

## QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI DI VITA

a cura di Francesco Bianchi e Roberto Carratù  
misure fonometriche: Giancarlo Bianchi  
[bianchi@uniroma3.it](mailto:bianchi@uniroma3.it) [rcarratu@tiscali.it](mailto:rcarratu@tiscali.it)

***“Un giorno l’uomo dovrà lottare contro il rumore come ha fatto contro il colera e la peste”***

*Robert Koch- fine '800*

La protezione dal rumore negli ambienti abitativi è stata un aspetto a lungo trascurato, spesso non considerato, anche se di primaria importanza per lo svolgersi della nostra vita.

Il disturbo causato dal rumore pregiudica la qualità della vita, le condizioni abitative, è fonte di problemi di salute e continua ad aggravarsi con lo sviluppo generale.

L'inquinamento da rumore è un parametro decisivo di valutazione dell'ambiente: infatti, un'abitazione, un ufficio, un luogo di studio, risultano avere una qualità superiore se inseriti in un contesto ambientale non rumoroso, incidendo anche sul valore commerciale dell'immobile stesso.

Il rumore è tra le forme di energia più subdole e dannose: subdola perché non si "vede", non "pesa" e non "odora", dannosa perché non lede soltanto l'organo dell'udito ma, e per qualche verso forse persino con maggiori danni, rischia di interferire con il sistema neuro-vegetativo.

E' prassi del mercato immobiliare aumentare o diminuire le quotazioni di un appartamento in funzione dell'esposizione al rumore, in pratica di considerare, ad esempio, se l'appartamento è situato in prossimità di una via ad intenso traffico veicolare, o se in prossimità di attività produttive quali supermercati, mercati, pub, ristoranti e discoteche.

Per questo motivo può accadere che, oggi, appartamenti che si affacciano internamente verso il cortile risultino più appetibili di quelli con fronti visivi migliori, a causa del migliore comfort acustico, avendo valori di livello sonoro inferiori anche di 20 dBA.

Per l'acquirente, a volte, non è facile valutare il clima acustico di un ambiente, anche perché si devono anche considerare gli aspetti, per così dire, propri del manufatto stesso che fanno riferimento alle tecniche costruttive, alle tecnologie utilizzate, ai materiali ed alla loro messa in opera, che emergono inevitabilmente al momento in cui si utilizza l'immobile.

Il rumore, ad esempio, potrebbe provenire dall'interno, causato dagli impianti di servizio quali l'ascensore, il sistema riscaldamento, gli impianti idrico-sanitari, oppure da autoclavi, da parcheggi interrati o dallo scarso isolamento dei divisori verticali ed orizzontali e delle facciate.

La competenza dello Stato riguardo la determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti, l'indicazione dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie è stata stabilita nel 1995, con l'emanazione della Legge Quadro n. 447, sull'inquinamento acustico ed in particolare poi delegata a due distinti decreti attuativi, di cui solo uno emanato: il D.P.C.M. 5/12/97 *“Determinazione dei requisiti acustici degli edifici”* che fissa i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti (facciate, partizioni, solai).

Il decreto che indica i metodi previsionali e progettuali idonei al conseguimento dei requisiti prestazionali richiesti, non ha visto mai la luce, rendendo così di difficile interpretazione ed applicazione lo stesso D.P.C.M. 5/12/97.

La qualità del manufatto edilizio al livello acustico, dovrebbe essere certificata e far parte del fascicolo stesso del fabbricato come un qualsiasi altro documento da consegnare all'acquirente al momento dell'acquisto.

La rispondenza al Decreto sui requisiti acustici passivi, infatti, non viene richiesta neanche in fase di concessione edilizia o di certificato di abitabilità.

Eppure i contenziosi riguardanti il problema rumore sono numerosi e riempiono le pagine dei quotidiani.

Dal punto di vista giuridico, con riferimento alla nozione di immissione eccedente la **normale tollerabilità**, agli effetti dell'azione di cui all'art. 844 c.c., per rumore si deve intendere:

*“qualunque stimolo sonoro non gradito all'orecchio umano e che, per le sue caratteristiche di intensità e durata, può divenire patogeno per l'individuo”* (Tribunale Napoli - 17 novembre 1990, Basile / Strazzullo e altro Arch. locazioni 1991, 578).

Prima dell'entrata in vigore della Legge Quadro, le vertenze giudiziarie si riconducevano alle disposizioni contenute nell'art. 844 c.c. e nell'art. 659 c.p., che costituiscono il sistema normativo finalizzato alla repressione delle immissioni sonore intollerabili.

Con l'entrata in vigore poi della Legge Quadro e dei rispettivi decreti attuativi, si è ulteriormente consolidato l'interpretazione giurisprudenziale dell'art. 659 c.p., ma si è anche provocato una nuova confusione sulla pratica applicazione dell'art. 844 c.c. ed al fenomeno del disturbo causato dalla immissione di rumore che è ben diverso dal fenomeno dell'inquinamento acustico del territorio.

Per la valutazione della normale tollerabilità i giudici, oramai unanimemente, fanno ricorso al cosiddetto **criterio comparativo**, il quale assume come punto di riferimento **il rumore di fondo** e ritiene intollerabili le immissioni che superino di oltre 3 dB(A) (v., *ad es.*, Cass., 4.12.1978, n. 5695, Cass. 27.7.1983, App. Milano, 9.5.1986, App. Milano 17.6.1988, App. Milano 29.11.1992, Milano, 17.7. 1992, App. Milano 28.2.1995, Trib. Savona, 31.1. 1990, Trib. 26.6.1984, Trib. Monza, 26.1.1982.

*“Tale criterio, elaborato dalla giurisprudenza in assenza di precisa indicazione legislativa della soglia di tollerabilità delle immissioni si fonda ragionevolmente sul dato che (tenendo conto del fatto che l'intensità del suono si misura secondo una scala logaritmica) un aumento del rumore di 3dB(A) equivale a un raddoppio di intensità del suono e come tale provoca la reattività negativa del soggetto umano medio. Inoltre tale criterio ha il pregio di tenere conto della particolare situazione concreta, valorizzando l'insieme di suoni indistinti che costituiscono il rumore di fondo, in modo che la valutazione della tollerabilità non sia soggetta ad alcuna determinazione di valori assoluti.”*

Il rumore di fondo espresso con un dato numerico **“LAF95”**, livello minimo superato per il 95% del tempo di misura, definito nella normativa ISO 1996 del 1971, è desumibile da un'analisi statistica cumulativa con lettura eseguita con costante di tempo Fast, per misura protratta nel tempo di durata adeguata.

Il rumore di fondo risulta, quindi, un parametro differente dal rumore residuo, applicato in ambito ambientale come livello continuo equivalente ponderato A.

Il rumore statistico di fondo è dimostrabile risultare sempre inferiore al rumore residuo, e quindi prevedere l'utilizzo del rumore residuo sottostima il fenomeno di ben 4-5 dB.

Si deve evitare la confusione fra il criterio tollerabilità di estrazione giurisprudenziale ed il criterio di accettabilità che deriva dalle disposizioni ambientali “antinquinamento”.

Questa affermazione richiede un'ulteriore precisazione.

Quando si parla di rumorosità ambientale si fa riferimento al Livello Equivalente ( $L_{eq}$ ), che è il livello di pressione media dell'onda sonora in un quel tempo di misura, espresso in decibel.

Esprimere questo valore come un valore medio accumulato nel tempo ha pregi e difetti.

Il pregio è la sua capacità di rappresentare in maniera semplice un evento complesso, il difetto è che i dettagli del clima sonoro spariscono. Per non perdere la tipicità del fenomeno sonoro si usa, come visto, il livello statistico LAF95, che rappresenta il rumore superato per il 95% del tempo di rilievo, ovvero, potremmo dire, il livello di fondo tipico di un clima acustico.

Poniamo ad esempio un ambiente sonoro caratterizzato, ad esempio, dalla vicinanza di un torrente e da una strada.

Il valore misurato con il livello equivalente sarà influenzato dal rumore del transito dei veicoli mentre mediante il LAF95, sarà possibile individuare il rumore del torrente.

Ma quali sono i valori di riferimento di un rumore di fondo? La letteratura scientifica in merito è ricca di numerosi parametri, tra cui i principali sono:

le curve NC (noise criteria)

le curve NR (noise ratings)

le curve RC (revisited criteria o secondo l'ASHRAE, room criteria)

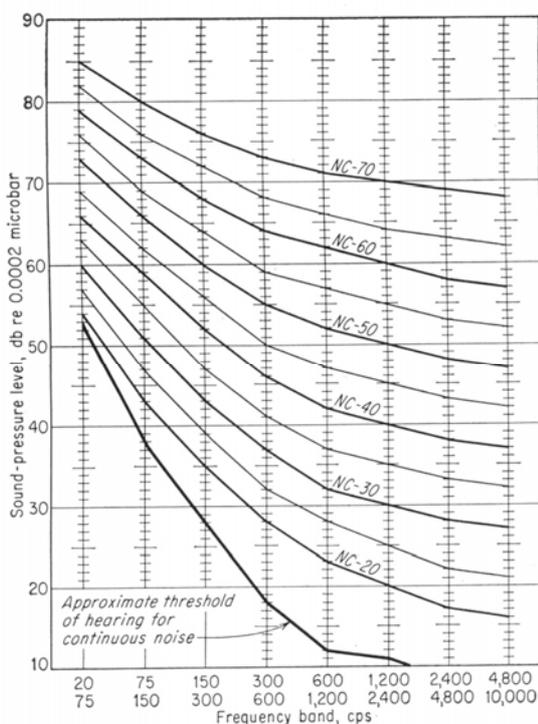
le curve NCB (balanced noise criteria)

Ultimamente si sono aggiunte le curve RC Mark II (Blazer, 1997) e le curve RCN pubblicate nel 2000 da Shomer.

### Curve NC

Nel 1957 L. Beranek propose una famiglia di curve (Noise Criteria) dopo avere effettuato una serie di interviste fatte in ambienti di lavoro, domestici, in spazi aperti, in cui ci si riferiva all'interferenza con il parlato, con l'ascolto della Tv, della radio. Queste curve ricordano come andamento quelle isofoniche e rappresentano una famiglia di spettri in bande di ottava ad ognuno dei quali è associato un indice di valutazione NC rappresentato da quello corrispondente alla curva più alta toccata.

Questa famiglia di curve è stata nel 1989 aggiornata dallo stesso autore con una nuova serie di curve chiamata NCB (Balaced Noise Criteria).



Valori raccomandati di NC

AMBIENTI	NC
Palestre, piscine	50
Ristoranti	45
Biblioteche	30
Chiese non amplificate	25
Ospedali	30
Cinema	30
<b>Abitazione, camera letto</b>	<b>25 - 35</b>
Alberghi	25 - 30
Studi televisivi	25
Aule scolastiche	25
Sale da musica	25
Teatri (non amplificati, 500 posti)	20 - 25
Sale da concerto	15 - 20
Studi di registrazione	15 - 20

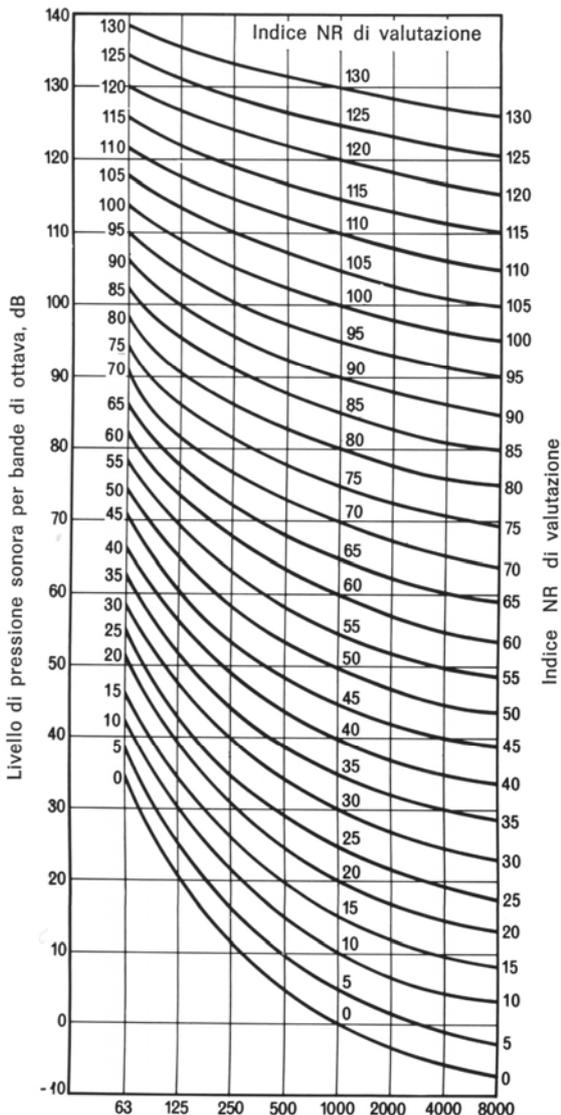
## Curve NR

Sono state elaborate recentemente in Europa per essere usate più in generale per la previsione di reazioni al rumore da parte di una comunità umana. Sono state adottate dall'ISO (International Standard Organization). Allo stesso modo delle curve NC, si basano sulla tangenza del punto più elevato dello spettro di rumore interessato.

Le curve uniscono i punti che generano, per ogni frequenza lo stesso disturbo fisiologico. Il valore di ogni curva è individuata al valore che assume la curva a 1000 Hz.

Si considera il valore massimo di rumore pari a NR40 per i lavori mentali, i rumori compresi tra NR 40 e 60 sono considerati disturbanti, quelli superiori producono anche dolore e a volte lesioni all'apparato uditivo.

Per quel che riguarda il valore dei livelli raccomandati per tipi di ambiente si può far riferimento alla seguente tabella:



### Valori raccomandati di NR

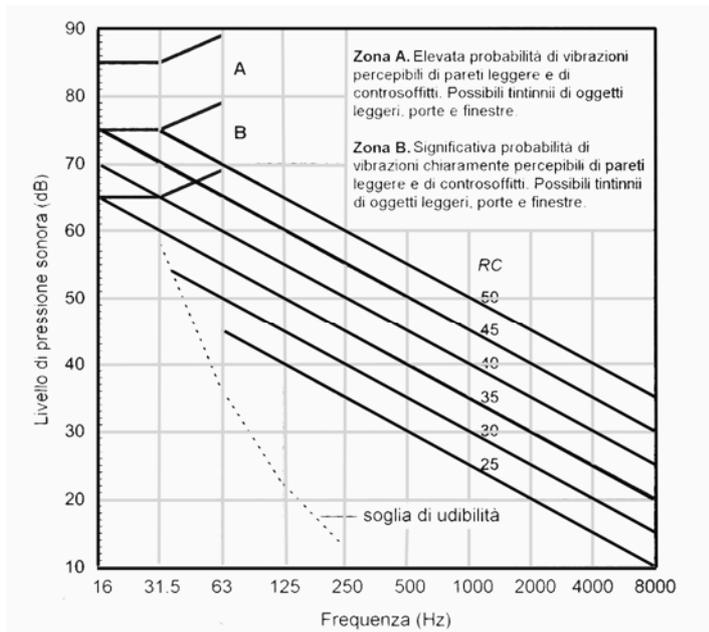
AMBIENTI	NR
Officine	60 - 70
Ambienti di lavoro meccanizzati	50 - 55
Palestre, piscine	40 - 50
Ristoranti, bar mense	35 - 45
Uffici, biblioteche	30 - 40
Cinema, studi televisivi, piccole sale conferenza	25 - 35
Cinema, aule scolastiche, grandi sale conferenza	20 - 30
Sale da concerto, teatri	20 - 25
Cliniche diagnostiche, cabine audiometriche	10 - 20

## Curve RC

Queste curve sono indicate per la valutazione del rumore di fondo in ambienti "non occupati" prodotto dagli impianti di climatizzazione e sono state elaborate da Blazer nel 1981.

Si basano sul principio di confrontare lo spettro di un rumore in esame con uno spettro di riferimento ben bilanciato che produce lo stesso grado di interferenza sul parlato.

bilanciato che produce lo stesso grado di interferenza sul parlato.



Si classifica il rumore secondo il seguente schema:

	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>RV</b>	<b>H</b>
<b>Tipo di rumore</b>	<b>Neutro</b>	<b>Rombante</b>	<b>Fonte di vibrazioni percepibili</b>	<b>Sibilante</b>
	I livelli di rumore non superano la curva RC per più di 5 dB in una o più bande inferiori o uguali a 500 HZ e per più di 3 dB nelle bande uguali o superiori a 1000 HZ.	I livelli di rumore superano la curva RC per più di 5 dB in una o più bande inferiore o uguale a 500 HZ.	I livelli di rumore cadono nelle zone A della figura.	I livelli di rumore superano la curva RC per più di 3 dB nella bande uguali o superiori a 1000 HZ.

### Curve NCB

Queste curve sono indicate per la valutazione del rumore di fondo in ambienti occupati, prodotto da un impianto di climatizzazione.

Queste curve sono individuate dal valore del SIL (Speech Interference Level), secondo la più recente definizione (ISO 9921) che corrisponde alla media aritmetica dei livelli di pressione delle quattro bande con centro di banda a 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHz.

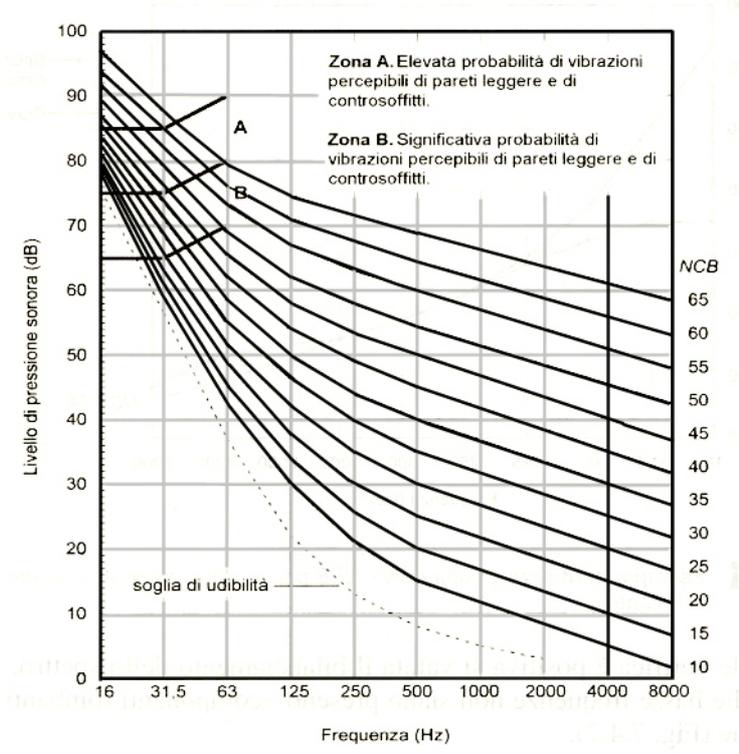
Il procedimento è simile a quello usato per le curve RC, infatti si procede nel seguente modo:

- si determina il valore del SIL, valore medio nelle frequenze 500 Hz, 1 KHz, 2 KHz, 4 KHz.
- si valuta che sia inferiore o uguale alla curva NCB di riferimento, oggetto della verifica.
- si valuta il bilanciamento dello spettro.

Per la valutazione del bilanciamento dello spettro si opera seguendo il seguente schema:

- si disegna il grafico del rumore in bande di ottava
- si calcola il valore NCB e si aggiungono 3 dB

- si disegna una nuova curva interpolando la curva del rumore così ottenuta e le curve NCB disponibili
- si verifica che i livelli nelle frequenze inferiori o uguali a 500 Hz non siano superiori alla curva disegnata



Per fissare le idee in tema di rumore ambientale, possiamo indicare come riferimento i seguenti livelli espressi in dB:

20 dBA e meno	ambiente silenziosissimo	stanza da letto di notte in ambiente silenzioso con doppi vetri chiusi.
30 dBA	ambiente silenzioso	rumore di fondo di una camera tranquilla di giorno a finestre chiuse.
40 dBA	si avvertono rumori ambientali in lontananza	una stanza di giorno a finestre aperte, in zone tranquille.
50 dBA	rumore in esterno di giorno in zone tranquille	
60 dBA	rumore in esterno di giorno in zone trafficate	
70 dBA e oltre	strada molto trafficata e rumorosa	

In ambiente di vita non si misurano in genere livelli di rumore superiori a 75 – 80 dBA, superati solo se si ascolta un brano musicale ad alto volume.

Nel novembre 2002 sono state pubblicate tre parti della norma UNI EN 12354 "Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti", destinata essenzialmente agli addetti ai lavori, che fornisce la struttura di base per lo sviluppo di documenti applicativi e di strumenti per la valutazione in opera della costruzione di edifici, tenendo conto delle condizioni locali.

La Parte 1 descrive i modelli di calcolo per valutare l'isolamento dal rumore trasmesso per via aerea tra i diversi ambienti di un edificio, utilizzando principalmente i dati misurati che caratterizzano la trasmissione laterale diretta o indiretta da parte degli elementi di edificio e i metodi di derivazione teorica riguardanti la propagazione sonora negli elementi strutturali.

La Parte 2 definisce, in particolare, i modelli di calcolo per l'isolamento acustico al calpestio tra ambienti sovrapposti.

La Parte 3 definisce invece un modello di calcolo per l'isolamento acustico o la differenza di livello di pressione sonora di una facciata o di una diversa superficie esterna di un edificio.

Il calcolo è basato sul potere fonoisolante dei diversi elementi che costituiscono la facciata e considera la trasmissione diretta e laterale che fornisce dei risultati che dovrebbero corrispondere ai risultati ottenuti con misurazioni in opera, secondo la UNI EN ISO 140-5.

Questa norma però non indica, se non in modo parziale, i valori da considerare per applicare il modello di calcolo. Tali valori dovrebbero essere ottenuti da misurazioni in laboratorio, spesso mancanti o se presenti non coincidenti.

Allo stato attuale l'UNI ha ormai concluso un lavoro che si propone come linee guida per il calcolo di progetto e di verifica acustica, che completa la serie EN 12354.

Queste linee guida si configurano come un manuale che riprendono il modello di calcolo della EN 12354-1, proponendo l'utilizzo, anche se in modo parziale, di valori ottenuti da misurazioni in laboratorio per giungere alla previsione del risultato acustico di un edificio nel suo complesso.

## **Il D.P.C.M. 5/12/97**

Questo decreto che ha visto la luce nel 1995, classifica gli edifici in base alla loro destinazione d'uso e definisce i livelli prestazionali degli edifici e dei loro componenti in opera, i requisiti acustici degli impianti tecnologici all'interno degli edifici ed i relativi livelli di rumorosità da esse (tab. 1), oltre ai parametri descrittivi delle prestazioni e le metodologie di misura.

Si applica, dalla data della sua entrata in vigore, agli interventi di nuova costruzione e di ristrutturazione edilizia ma anche il cambiamento di destinazione d'uso degli immobili (o di attività all'interno degli ambienti) comporta la riclassificazione degli stessi e, se necessario, l'adeguamento di partizioni, solai e facciate ai nuovi requisiti.

Questo decreto, frutto di una stesura accelerata della norma, pone però diversi interrogativi.

A parte le numerose inesattezze a livello di termini e definizioni e l'errato riferimento a norme non aggiornate si evidenzia ad esempio che, nella classificazione degli ambienti abitativi proposta, non sono contemplati gli edifici a destinazione mista e i polifunzionali, come quelli aventi un piano destinato ad uffici, o ad uso commerciale, e gli edifici pubblici.

Tabella 1

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI	REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI			RUMORE PRODOTTO DAGLI IMPIANTI TECNOLOGICI	
	<i>Potere fonoisolante apparente</i>	<i>Isolamento acustico standardizzato di facciata</i>	<i>Livello di rumore di calpestio normalizzato</i>	<i>Funzionamento discontinuo</i>	<i>Funzionamento continuo</i>
	<b>R'w</b>	<b>D<sub>2m,nT,w</sub></b>	<b>L'n,w</b>	<b>LA<sub>Smax</sub></b>	<b>LA<sub>eq</sub></b>
<b>D</b> edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>A</b> edifici adibiti a residenza o assimilabili	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>63</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>C</b> edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili					
<b>E</b> edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	<b>50</b>	<b>48</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>B</b> edifici adibiti ad uffici e assimilabili	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>55</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>F</b> edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili					
<b>G</b> edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili					

Isolamento per via aerea tra ambienti: indice di valutazione del potere fonoisolante apparente.

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

dove:

L<sub>1</sub> livello di pressione sonora medio nell'ambiente sorgente;

L<sub>2</sub> livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente;

Isolamento di facciata: indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione

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

dove:

L<sub>1,2m</sub> livello di pressione sonora esterno a 2 m dalla facciata

L<sub>2</sub> livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente;

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

$$L'_{n,w} = L_1 + 10 \log T/T_0 \text{ (dB)}$$

dove:

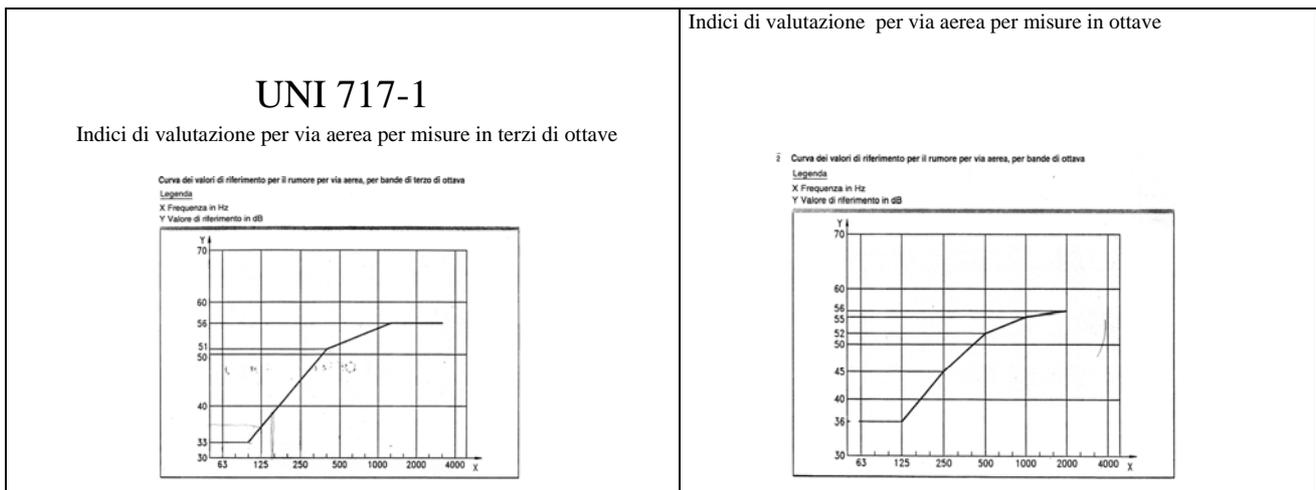
$L'_{n,w}$  livello standardizzato del rumore trasmesso per via solida

$L_1$  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

$T_0$  tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 secondi.

Per la stima dell'indice di valutazione delle curve ci si riferisce alla normativa UNI EN ISO 7171-1 che si è resa necessaria per avere un indice valutativo univoco e confrontabile.

In pratica la curva sperimentale, ottenuta rispetto alla frequenza, viene confrontata con una curva di riferimento che tiene conto della sensibilità dell'udito umano, scarsa alle basse frequenze. Si effettua un confronto grafico sovrapponendo le due curve facendo scorrere verso l'alto, sul grafico dove è segnata la curva sperimentale, la curva da noi calcolata in modo che la somma degli scostamenti dei valori di R rimanga inferiore ai 32 dB nel caso di misure in terzi di ottava e 10 nel caso di ottave. Il valore preso come riferimento è quello riferito a 500 Hz, che rappresenta il valore  $R_w$ . E' chiaro che se si usa una misurazione in ottave, va scelta la curva di riferimento delle ottave altrimenti quella dei terzi di ottava.



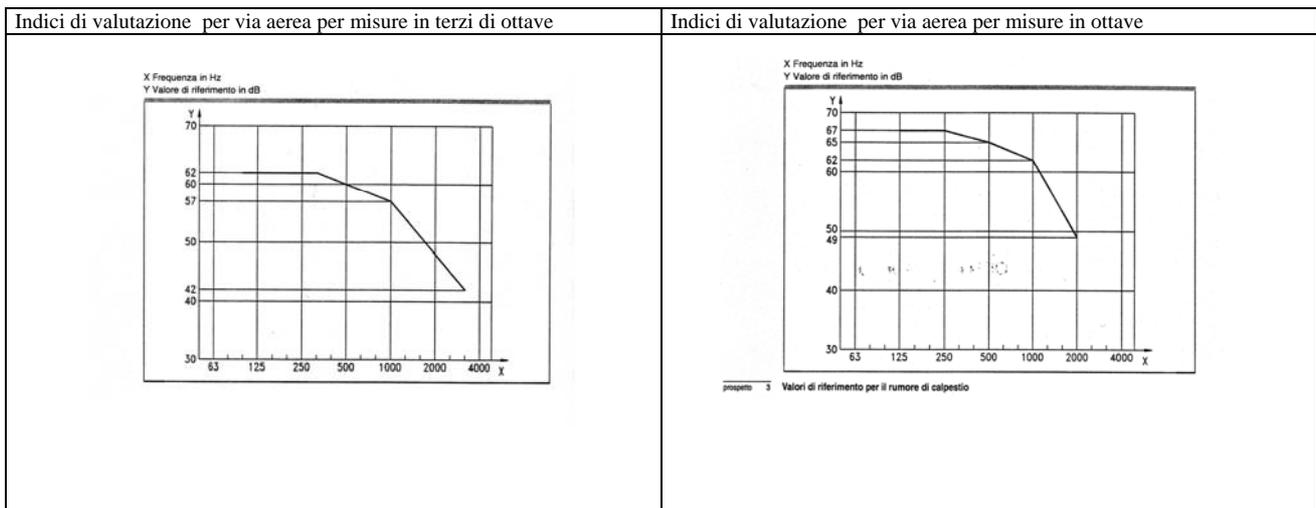
Un'analogha procedura si usa per il calcolo dell'isolamento del rumore di calpestio (EN ISO 140-7, dicembre 2000). In questo caso, come sorgente, si usa un generatore di rumore di calpestio normalizzato, posizionato in almeno quattro posizioni diverse, a 45° gradi rispetto all'asse delle travi e a non meno di 0,5 m dal perimetro del pavimento e si rileva nella camera ricevente il livello di pressione in almeno quattro punti. Con la stessa procedura si calcola poi:

$$D_n = L_1 - L_2 - 10 \log \frac{A}{A_0}$$

$$D_{n,T} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0}$$

dove i valori di  $A_0$  e  $T_0$  hanno lo stesso valore visto in precedenza. Come indice di valutazione  $L_{n,w}$  si usa la normativa UNI EN 712-2.

L'indice di valutazione prevede differenti curve:



Per la misura degli elementi di facciata e delle facciate ci si riferisce alla UNI EN ISO 140-5 (ottobre 2000), che sostituisce la norma UNI 8270-5.

Si distinguono due metodi fondamentali:

1. metodo degli elementi
2. metodo globale

Il metodo degli elementi stima il potere fonoisolante di facciata, come ad esempio un muro, una finestra. Il metodo degli elementi usa un altoparlante come sorgente di rumore artificiale per stimare il rumore in maniera più accurata. Esistono altri metodi per stimare il rumore, che risultano però meno accurati, come quelli che usano come sorgente il traffico veicolare.

Il metodo globale invece stima la differenza di livello sonoro esterno - interno nelle reali condizioni di traffico.

Usando quindi il metodo degli elementi con altoparlante come sorgente, si fa la valutazione di un singolo elemento di facciata in relazione alle sue prestazioni di laboratorio; usando il metodo globale si ha la valutazione di una reale attenuazione, incluso ad esempio anche le trasmissioni laterali.

Per quanto riguarda il potere fonoisolante apparente ( $R'w$ ), l'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ), il livello di rumore di calpestio normalizzato ( $L'n,w$ ), i valori relativi ai requisiti passivi devono intendersi come rilevati in opera, anche se definiti nel testo del Decreto con riferimento ad alcune norme della serie ISO 140 (3-4-5) relative a misure in laboratorio.

Riguardo ai valori prestazionali richiesti ad esempio per l'isolamento di facciata, si rileva, che indici di valutazione di 45 o 48 dB non sono facilmente attuabili con serramenti tradizionali, con presenza di cassonetti, seppur dotati di infissi e vetri ad elevate prestazioni in particolare se riferiti alle tecnologie costruttive correnti.

Si deve notare inoltre che questi valori non sono legati ai livelli di rumorosità dell'ambiente su cui insiste l'edificio o alla classificazione acustica, se vigente e ciò può essere giustificato dalla periodicità prevista per l'aggiornamento e la revisione dei piani di classificazione acustica ma anche dalla lunga vita media degli edifici che non permetterebbe adeguamenti prestazionali.

Quindi per un'abitazione ad un piano intermedio, confinante con altre unità immobiliari si deve procedere alle seguenti valutazioni:

1. potere fonoisolante apparente di ciascun elemento verticale di separazione ( $R'w$ )
2. potere fonoisolante apparente delle chiusure orizzontali inferiori ( $R'w$ )
3. potere fonoisolante apparente delle chiusure superiori ( $R'w$ )
4. livello di rumore di calpestio normalizzato indotto negli ambienti sottostanti ( $L'n,w$ ) in ambienti destinati al soggiorno di persone (non in un garage)
5. isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ).

La serie delle norme UNI EN ISO 140, espresse con gli indici di valutazione delle norme UNI EN ISO 717 (1-2), permettono all'acquirente la valutazione a livello acustico del manufatto edile.

#### **UNI EN ISO 140 Acustica - Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio**

- Parte 1 - Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale;
- Parte 3 - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio;
- Parte 4 - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti;
- Parte 5 - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate;
- Parte 6 - Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai;
- Parte 7 - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai;
- Parte 8 - Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato.
- UNI EN 20140 Acustica - Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio
- Parte 2 - Determinazione, verifica e applicazione della precisione dei dati;
- Parte 9 - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea da ambiente a ambiente coperti dallo stesso controsoffitto;
- Parte 10 - Misura in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di piccoli elementi di edificio.
- UNI EN ISO 717 Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio
- Parte 1 - Isolamento di rumori aerei;
- Parte 2 - Isolamento di rumore di calpestio.
- UNI EN 29052-1 Acustica. Determinazione della rigidità dinamica. Materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali
- UNI EN ISO 11654 Acustica - Assorbitori acustici per l'edilizia - Valutazione dell'assorbimento acustico

L'attenuazione del rumore deve essere considerata sempre più un requisito da pretendere nell'ambito della progettazione degli spazi di vita per consentire idonee condizioni nel lavoro, nello studio dove occorre concentrazione, nonché nello svago e nel riposo.

Le principali sorgenti di rumore possono essere classificate in due gruppi:

1. sorgenti interne:  
dipendenti dalle persone, dalle attrezzature o dai macchinari all'interno di uno spazio confinato;
2. sorgenti esterne:  
prodotte dal traffico, dai trasporti, dall'industria, dalle attrezzature meccaniche esterne agli edifici, dai cantieri di costruzione, dai lavori stradali, dalle attività sportive esterne, dagli annunci pubblicitari, ecc.

Vi sono due modalità di trasmissione di suono relativamente al modo di propagazione, anche se ciò non deve trarre in inganno, visto che la propagazione **avviene sempre per via strutturale**:

- a. per via aerea:  
le onde sonore si trasmettono facendo vibrare pareti e solai attraverso il mezzo aria;
- b. per via strutturale:  
le onde sonore si propagano per via solida attraverso le strutture di un edificio.

Per le trasmissioni dall'esterno attraverso l'elemento di facciata, l'isolamento effettivo ai rumori aerei esterni risulta dipendere da:

- elementi di confine (muratura) costituenti la facciata
- incassi e passaggi impiantistici (riduzioni di sezione)
- elementi di finestra (infisso + telaio + vetro)
- trasmissioni laterali attraverso giunti degli elementi di separazione verticali o orizzontali
- trasmissioni attraverso prese d'aria, cassonetti delle tapparelle
- volume dei locali riceventi, qualità e quantità del materiale fonoassorbente presente nei locali riceventi.

La trasmissione dei rumori che avviene all'interno dell'edificio, è direttamente relazionata alle strutture di confine tra le varie unità abitative, pareti divisorie, soffitti e solai, e risulta somma dell'isolamento del rumore da impatto e dell'isolamento del rumore aereo.

Ci sarebbero, anche in fase di progettazione, degli importanti accorgimenti da prendere, come ad esempio l'allineamento verticale dei bagni e cucine (con minore incidenza del rumore impiantistico), mentre l'accostamento orizzontale e l'allontanamento da locali di riposo, diminuirà la necessità d'incremento dell'isolamento delle partizioni verticali.

Non è da trascurare l'utilizzo di locali come corridoi, ingressi da frangiporre come barriera acustica tra i luoghi notoriamente rumorosi (vani tecnici, ascensori..) e le camere destinate al riposo.

Tenendo sempre a riguardo che il rumore si trasmette soprattutto attraverso l'elemento più debole può quindi risultare inutile scegliere una partizione con un isolamento elevato in presenza di un elemento vetrato non adeguato.

La letteratura offre numerose tabelle con le prestazioni acustiche, il dato però è riferibile a prove effettuate in laboratorio (R) mentre l'esperienza insegna che questi valori ben si discostano dai valori in opera (R')

Tipo di divisorio	R (in dB) alle frequenze (Hz)						R <sub>w</sub>
	125	250	500	1000	2000	4000	
Parete di mattoni piena intonacata (s=12 cm, p=220 kg/m <sup>2</sup> )	34	35	40	50	55	57	45
Parete di mattoni piena intonacata (s=24 cm, p=440 kg/m <sup>2</sup> )	40	44	50	56	57	57	54
Parete di mattoni forati (s=28 cm)	37	43	52	60	64	65	57
Parete in calcestruzzo intonacata (s=18 cm, p=440 kg/m <sup>2</sup> )	40	42	50	58	66	68	54
Parete in calcestruzzo (2 strati di 5 cm, separati da intercapedine di 2,5 cm)	37	40	44	50	56	62	49
Parete in calcestruzzo (2 strati di 7,5 cm, separati da intercapedine di 7,5 cm)	37	40	50	54	56	63	52
Divisorio in gesso-perlite (s=5 cm, p=49 kg/m <sup>2</sup> )	26	28	30	31	42	47	33
Divisorio in gesso-perlite (s=6,3 cm, p=107 kg/m <sup>2</sup> )	31	30	29	35	45	52	34
Tramezzo mobile	15	22	26	27	33	35	29
Tramezzo mobile munito di pannelli vetrati (cristallo 7-9 mm di spessore)	17	20	25	24	28	28	26

Per le partizioni orizzontali l'isolamento acustico aereo è ancor più legato a fattori strutturali e dimensionali che ne influenzano le rese.

La fonoassorbente è legata alla porosità, ma anche a spessore e massa e quindi alla capacità di vibrare dei materiali utilizzati; oltre a questo è importante, e molto spesso determinante, anche dove e come installare questi materiali. Aggiungiamo anche che i vari materiali devono, in funzione della loro destinazione d'uso, rispondere anche ad altri requisiti, spesso ugualmente importanti perché riguardano la reazione al fuoco e la compatibilità con la loro destinazione. Fino a qualche anno fa il mercato offriva solamente una gamma di prodotti, a basso costo e derivati generalmente da fibre minerali o vegetali; se pur validi acusticamente, avevano però controindicazioni tali da renderli inutilizzabili o molto poco efficienti in alcune particolari condizioni di utilizzo, come quello alimentare o farmaceutico.

## Disturbo da vibrazioni negli edifici

Al fine della valutazione del disturbo, i metodi di misura delle vibrazioni sono definiti dalle norme ISO 2631-2:1989 e UNI 9614: 1990. Tali norme si basano sulla norma generale ISO 2631-1 :1974, più volte revisionata e dal 1997 definitivamente abbandonata.

Per questo motivo è necessario considerare anche il progetto di norma ISO 2631-2 del 2001 e il progetto di norma sperimentale UNI U21010380 del 2002 che insieme condividono l'impostazione della nuova norma generale ISO 2631-1:1997. Va però osservato che in questi progetti di norma non sono riportati valori limite o di accettabilità; su questi ultimi vi sono infatti opinioni discordanti dato che non si sono maturate sufficienti esperienze impiegando i nuovi metodi di misura.

## Conclusioni

Un progetto edilizio soddisfacente anche dal punto di vista delle prestazioni acustiche permette agli utenti un notevole grado di comfort abitativo.

L'applicazione del D.P.C.M 5/12/1997 sta creando una serie di problemi riguardanti sia l'interpretazione che gli aspetti tecnici ed economici legati al soddisfacimento dei requisiti. Il decreto prevede requisiti minimi per cinque parametri, tre di tipo edilizio e due impiantistico. I primi tre sono indici di valutazione (caratterizzati dalla lettera *w*), gli ultimi due sono valori riferiti al rumore prodotto dagli impianti tecnologici a funzionamento discontinuo ( $L_{ASmax}$ ) e a funzionamento continuo ( $L_{Aeq}$ ).

Per quanto riguarda l'indice di valutazione del *potere fonoisolante apparente* tra ambienti, nel decreto è precisato che questo va misurato tra unità immobiliari distinte. Tale precisazione non è sufficiente a chiarire l'ambito di applicazione anche perché diversa può essere l'interpretazione sul significato di unità immobiliare. Sarebbero esclusi dall'applicazione del decreto le pareti divisorie tra appartamenti e vani scale, le pareti divisorie tra camere di ospedali, di scuole, tra uffici. Comunque, anche adoperando il buon senso, il potere fonoisolante apparente ( $R'$ ) è un valore che può essere raggiunto facilmente facendo ricorso a tecnologie costruttive d'uso comune.

La stessa cosa non può dirsi per quanto riguarda *l'isolamento acustico standardizzato di facciata* ( $D_{2m,nT}$ ). Innanzi tutto, i valori non tengono conto della classificazione acustica del territorio imponendo limiti differenti in relazione al reale clima acustico. Il valore proposto di 40 dB per gli edifici residenziali, è praticamente irrealizzabile nella maggioranza dei casi. Se sulla facciata, come ovvio, si inseriscono finestre per almeno 1/8 della superficie del pavimento, con soprastante cassonetto per avvolgibile, anche utilizzando un vetro camera 8-12-6 ( $R_w$  35 dB) non si raggiungono prestazioni accettabili. Peggio accade per gli ospedali, dove il limite è di 45 dB, o per edifici scolastici, dove il limite richiesto è addirittura di 48 dB. Si potrà obiettare che alcune normative europee sono persino più stringenti, ma occorre anche dire che i sistemi costruttivi sono differenti ed il clima è differente (assenza di persiane o tapparelle, finestre più piccole ...). Appare peraltro inutile spendere tanto per isolarsi quando, per la nostra situazione climatica favorevole, le finestre sono spesso aperte. Inoltre l'isolamento comporta anche la necessità di un condizionamento dell'aria: a questo punto i costi subirebbero un notevole incremento.

Per il rumore trasmesso per via solida, l'*indice di valutazione del livello normalizzato di rumore di calpestio* ( $L_{n,w}$ ), appare errato, avendo il legislatore commesso l'errore di interpretare il concetto di livello di rumore di calpestio pensando che bassi livelli corrispondessero a prestazioni peggiori. A parte le varie interpretazioni, i livelli limite possono essere facilmente ottenuti con le tecniche costruttive d'uso.

Anche relativamente agli impianti tecnologici c'è una contraddizione sui valori limite per i servizi a funzionamento continuo. *Il livello equivalente continuo di pressione sonora generato dagli impianti di climatizzazione* nella tabella B viene fissato un limite di  $L_{Aeq}$  35 dB(A) per gli edifici appartenenti alle categorie A,C,B,F,G e di 25 dB(A) per le categorie D,E. Nell'allegato A, tale limite viene poi portato, indistintamente per le categorie edilizie, a 35 dB(A)  $L_{ASmax}$  per i servizi a

funzionamento discontinuo e 25 dB(A)  $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo. Il decreto specifica che la rumorosità degli impianti va rilevata nell'ambiente più rumoroso purché diverso da quello in cui il rumore viene generato. Forse sarebbe meglio intendere il *massimo disturbo* piuttosto che il massimo livello poiché il massimo livello si potrebbe avere in locali non abitati. Rispettando la lettera della legge, vengono esclusi da questa verifica tutti quegli impianti, tipo fan-coil, aerotermi, canali con bocchette di immissione dove la rumorosità si genera all'interno dell'ambiente desiderato.

### Misure sperimentali

A riprova di quanto detto, abbiamo eseguito delle misure fonometriche su una facciata di un edificio di recente costruzione, in zona tranquilla, con infissi in legno di ottima fattura, forniti di guarnizioni, vetro camera e cassonetto sul quale sono state inserite due bocchette per l'immissione dell'aria di ventilazione estratta attraverso bagni e cucina. Le finestre si affacciano su di un terrazzo. La misura è stata eseguita nel soggiorno arredato (non come appare nella foto, scattata precedentemente). La superficie della finestra rappresenta **1/6 della superficie in pianta**.

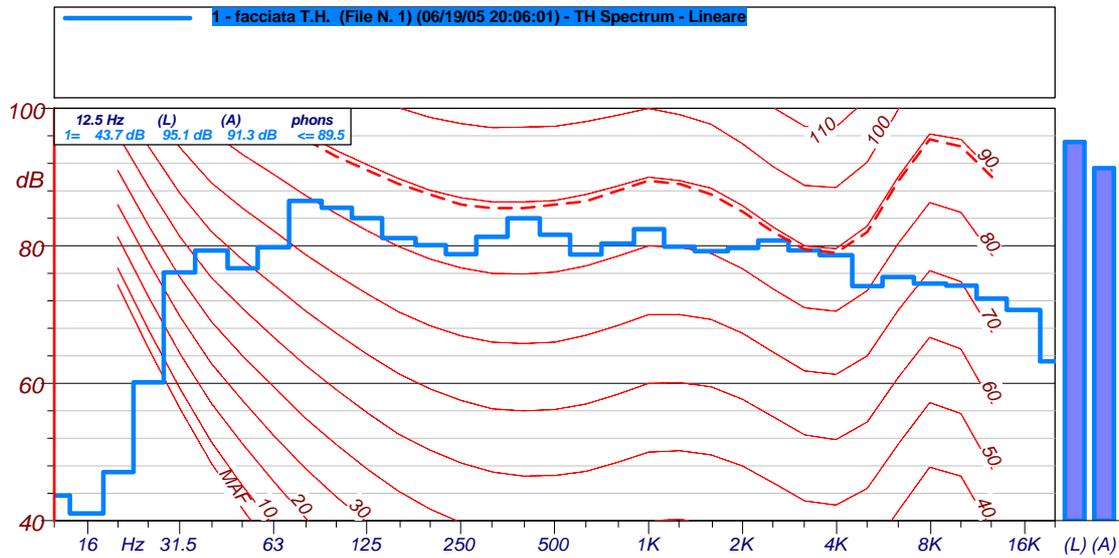
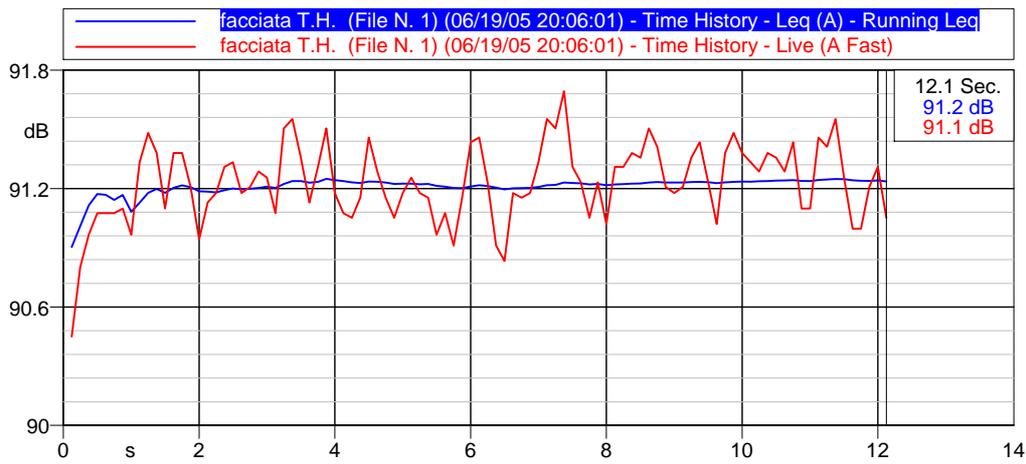


A finestre chiuse l'ambiente risulta silenzioso e confortevole.

Quanto vale l'isolamento acustico normalizzato di facciata? 28 dB!!! Appena 12 dB sotto il valore limite!!! Eppure la sensazione prodotta è senz'altro positiva. Intervistando i residenti tutti dichiarano che le loro abitazioni sono confortevoli dal punto di vista dell'isolamento acustico, mentre rilevano una certa rumorosità dovuto dall'impianto di ventilazione meccanica in prossimità delle bocchette di estrazione situate nei bagni e nella cucina: 47 dB(A) a 1.5 metri di distanza.

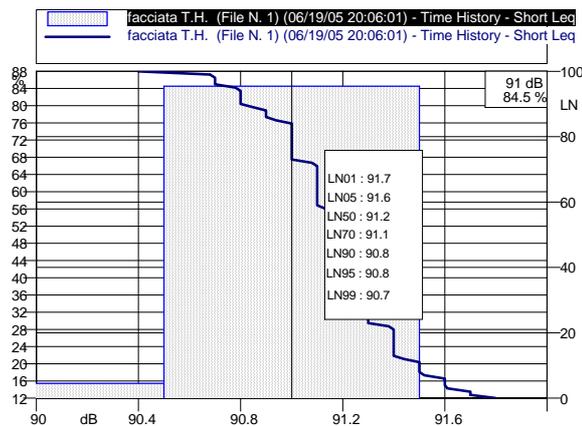
Per ottenere i 40 dB(A) di isolamento di facciata, come previsti dalla normativa, occorrerebbero tecnologie e sistemi costruttivi che non possono ritenersi *normali*, ma specialistici (vetri stratificati di spessore elevato, infissi metallici, pareti doppie ma con intercapedini maggiori di cm. 5, rapporti tra superficie vetrata e opaca molto contenuti ecc.). Inoltre, non sarebbe possibile utilizzare bocchette di immissione che garantiscono un indispensabile ricambio d'aria (secondo normativa 0,5 mc/h), non sarebbe possibile avere finestre così ampie, non sarebbe possibile utilizzare cassonetti con avvolgibili, non sarebbe possibile ... Insomma appare evidente che tale legge va in qualche modo riscritta sulla base di una effettiva sperimentazione che tenga conto anche delle reali condizioni di uso, delle tecniche costruttive e delle richieste dell'utenza.

# Livello ambientale disturbante

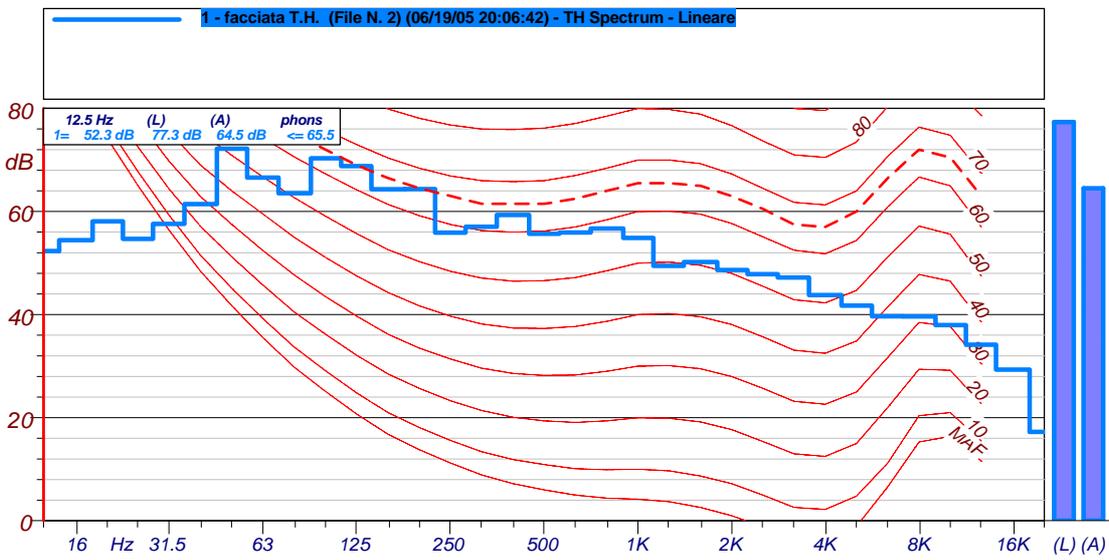
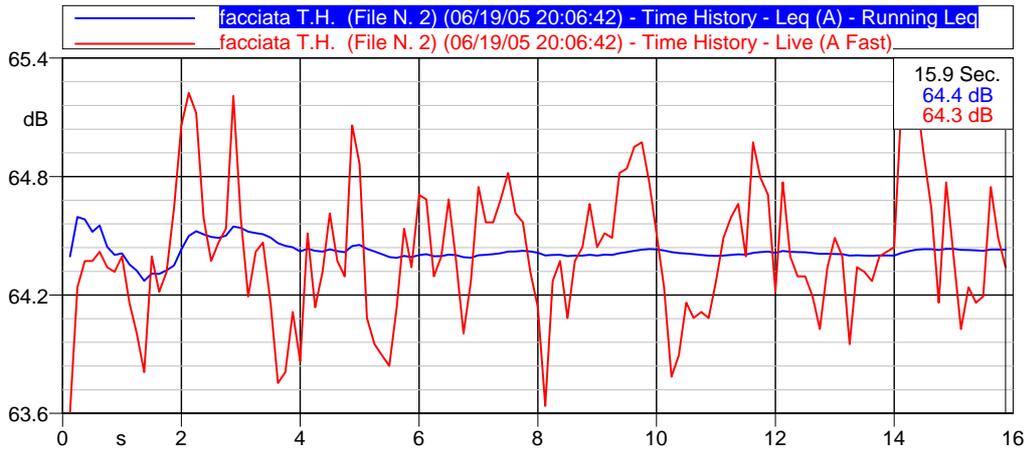


facciata T.H. (File N. 1) (06/19/05 20:06:01)  
TH Spectrum - Lineare

Hz	dB
12.5 Hz	43.7 dB
16 Hz	41.1 dB
20 Hz	47.1 dB
25 Hz	60.1 dB
31.5 Hz	76.1 dB
40 Hz	79.3 dB
50 Hz	76.7 dB
63 Hz	79.8 dB
80 Hz	86.6 dB
100 Hz	85.5 dB
125 Hz	84.0 dB
160 Hz	81.1 dB
200 Hz	80.1 dB
250 Hz	78.8 dB
315 Hz	81.3 dB
400 Hz	84.0 dB
500 Hz	81.6 dB
630 Hz	78.7 dB
800 Hz	80.3 dB
1000 Hz	82.4 dB
1250 Hz	79.9 dB
1600 Hz	79.2 dB
2000 Hz	79.7 dB
2500 Hz	80.8 dB
3150 Hz	79.3 dB
4000 Hz	78.6 dB
5000 Hz	74.1 dB
6300 Hz	75.4 dB
8000 Hz	74.5 dB
10000 Hz	74.2 dB
12500 Hz	72.3 dB
16000 Hz	70.7 dB
20000 Hz	63.2 dB



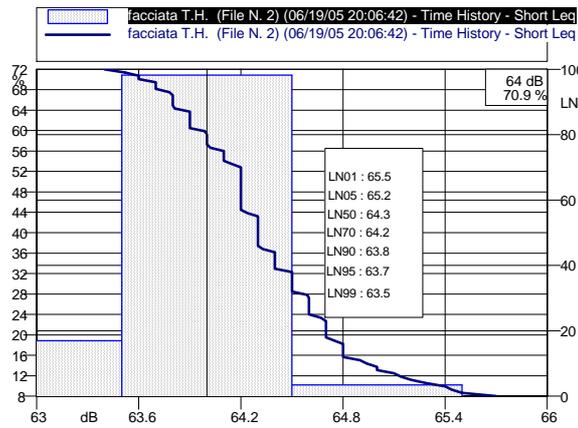
# Livello ambientale disturbato



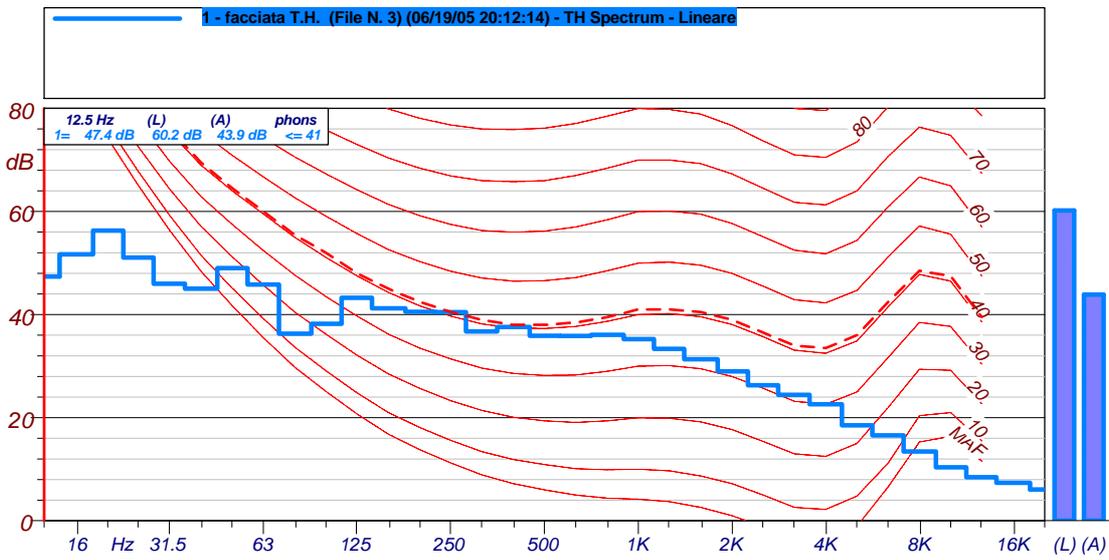
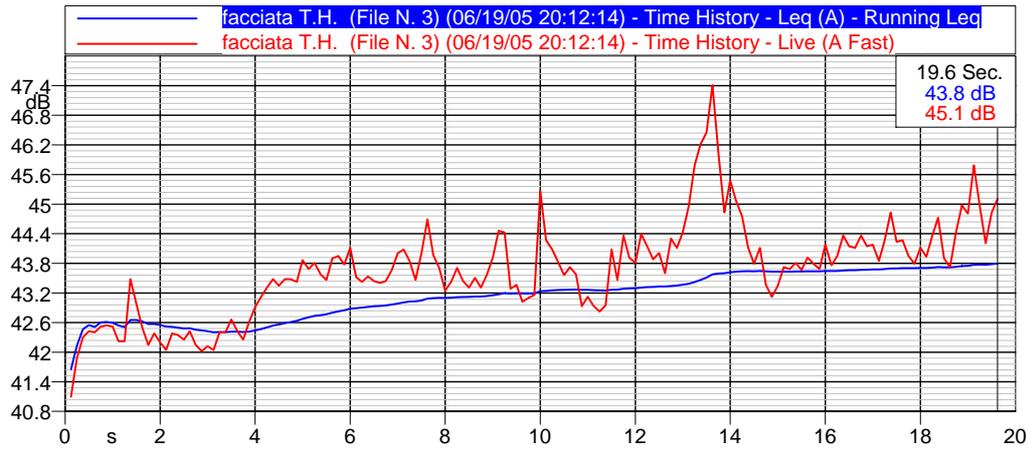
facciata T.H. (File N. 2) (06/19/05 20:06:42)

TH Spectrum - Lineare

Hz	dB
12.5 Hz	52.3 dB
16 Hz	54.4 dB
20 Hz	58.1 dB
25 Hz	54.7 dB
31.5 Hz	57.6 dB
40 Hz	61.4 dB
50 Hz	72.2 dB
63 Hz	66.6 dB
80 Hz	63.6 dB
100 Hz	70.3 dB
125 Hz	66.8 dB
160 Hz	64.3 dB
200 Hz	64.3 dB
250 Hz	55.9 dB
315 Hz	57.0 dB
400 Hz	59.3 dB
500 Hz	55.7 dB
630 Hz	55.9 dB
800 Hz	56.7 dB
1000 Hz	54.9 dB
1250 Hz	49.5 dB
1600 Hz	50.2 dB
2000 Hz	48.6 dB
2500 Hz	47.8 dB
3150 Hz	47.2 dB
4000 Hz	43.8 dB
5000 Hz	41.7 dB
6300 Hz	39.7 dB
8000 Hz	39.6 dB
10000 Hz	38.0 dB
12500 Hz	34.1 dB
16000 Hz	29.3 dB
20000 Hz	17.2 dB

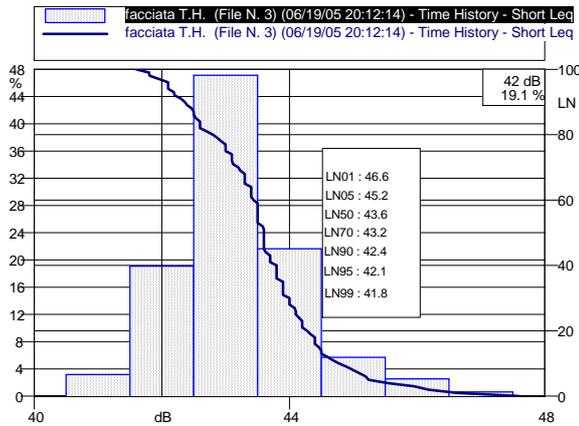


# Livello residuo disturbato



facciata T.H. (File N. 3) (06/19/05 20:12:14)  
 TH Spectrum - Lineare

Hz	dB
12.5 Hz	47.4 dB
16 Hz	51.7 dB
20 Hz	56.3 dB
25 Hz	51.1 dB
31.5 Hz	46.0 dB
40 Hz	45.0 dB
50 Hz	49.0 dB
63 Hz	45.8 dB
80 Hz	36.3 dB
100 Hz	38.2 dB
125 Hz	43.3 dB
160 Hz	41.2 dB
200 Hz	40.5 dB
250 Hz	40.5 dB
315 Hz	36.7 dB
400 Hz	37.6 dB
500 Hz	35.9 dB
630 Hz	35.9 dB
800 Hz	36.1 dB
1000 Hz	35.2 dB
1250 Hz	33.3 dB
1600 Hz	31.3 dB
2000 Hz	29.0 dB
2500 Hz	26.3 dB
3150 Hz	24.4 dB
4000 Hz	22.6 dB
5000 Hz	18.5 dB
6300 Hz	16.6 dB
8000 Hz	13.4 dB
10000 Hz	10.4 dB
12500 Hz	8.4 dB
16000 Hz	7.4 dB
20000 Hz	6.1 dB



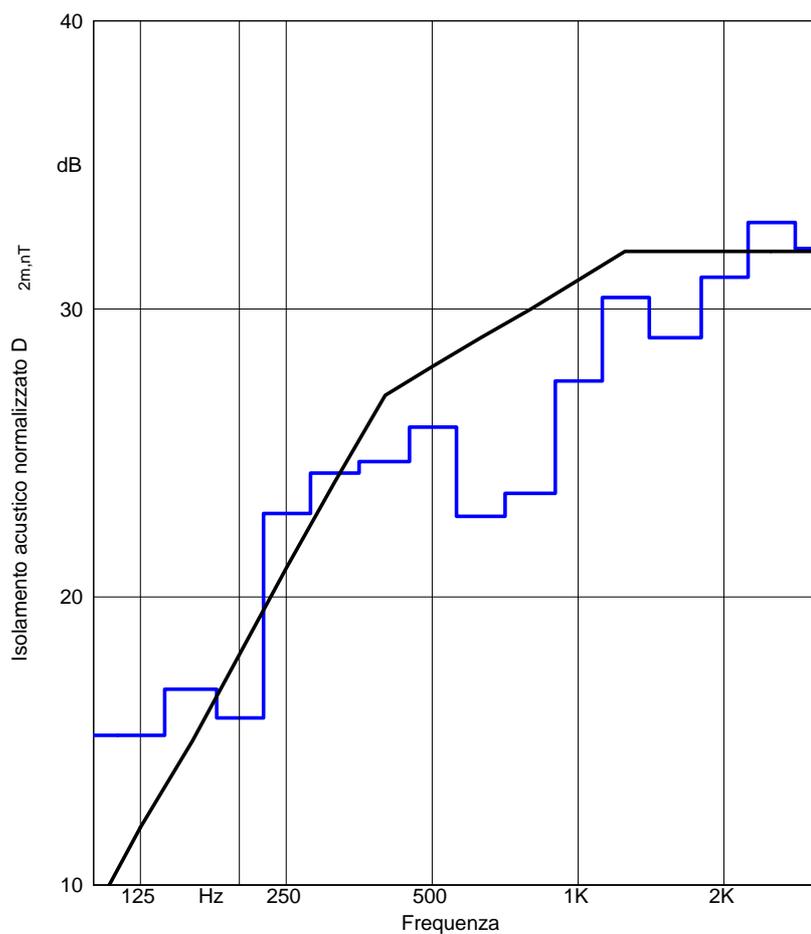
**Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione secondo UNI EN ISO140-5: 2000**  
**Misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate**

Cliente:

Descrizione e identificazione della struttura edilizia e delle condizioni di misurazione,  
 direzione della misurazione:

Volume dell'ambiente ricevente: 150.0 m<sup>3</sup>

Frequenza Hz	D <sub>2m,nT</sub> dB
100	15.2
125	15.2
160	16.8
200	15.8
250	22.9
315	24.3
400	24.7
500	25.9
630	22.8
800	23.6
1000	27.5
1250	30.4
1600	29.0
2000	31.1
2500	33.0
3150	32.1



Valutazione secondo la UNI EN ISO140-5: 2000

$D_{2m,nT,w} (C; C_{tr}) = 28.0 \quad (-1; -4) \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in  
 opera ottenuti mediante un metodo tecnico  
 progettuale

N° del resoconto di prova:

Nome dell'istituto di prova:

Data: 19/06/05

Firma: