



RELAZIONE FINALE

Contratto di Ricerca fra

Dipartimento Energia del Politecnico di Torino

e

Fresia Alluminio S.p.a.

**VALIDAZIONE DI UN SOFTWARE PER LA DETERMINAZIONE
DEL POTERE FONOISOLANTE DI FINESTRE COMPOSTE DA
VETRO PIU' SERRAMENTO IN ALLUMINIO E
DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA DI AMBIENTI A
DIVERSA DESTINAZIONE D'USO TRAMITE CALCOLI E
MISURE IN CAMPO**

LUGLIO 2012

PROF.SSA ARIANNA ASTOLFI (RESP. DEL CONTRATTO)

DOTT. ANDREA PRATO



INTRODUZIONE ED OBIETTIVI DELL'ATTIVITÀ

Obiettivo del contratto di ricerca è stato la validazione del codice di calcolo "ACUSOFTWARE 1.0" messo a punto dalla Fresia Alluminio S.p.a, che permette di effettuare via WEB il calcolo del potere fonoisolante di finestre (vetro più telaio) e dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$), secondo le indicazioni del D.P.C.M. del 5 Dicembre 1997 sulla "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

La validazione è stata effettuata per confronto fra i risultati ottenibili mediante l'ACUSOFTWARE 1.0, i risultati ottenuti attraverso l'applicazione – indipendentemente dal software - della procedura di calcolo riportata nel rapporto tecnico UNI/TR 11175 del Novembre 2005 e la misurazione in opera.

In particolare l'attività è consistita nella:

1. identificazione di n° 6 configurazioni geometriche tipo di serramento rappresentative di campi di applicazione diversi e tali da coprire una ampio spettro di realizzazioni (finestra a 1 anta, finestra a 2 ante, finestra a 3 ante, porta finestra a 1 anta, 2 finestre a 2 ante, 2 finestre a 2 ante),
2. scelta della destinazione d'uso degli ambienti,
3. scelta del tipo di facciata (facciata piana con balcone sporgente o facciata con balcone rientrante),
4. scelta della superficie della facciata e del volume dell'ambiente retrostante,
5. scelta delle dimensioni dei serramenti tipo,
6. scelta della tipologia di superficie opaca della facciata,
7. individuazione di un cantiere per la posa di un serramento tipo individuato alle fasi precedenti per l'esecuzione delle misure in opera. Si individua un caso studio da testare tramite misura e calcolo prima e dopo la posa del serramento ad elevate prestazioni,
8. misurazioni in opera dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ai sensi della norma UNI EN ISO 140-5 per il caso studio individuato, prima e dopo la sostituzione del serramento esistente con uno a maggiori prestazioni (le misure saranno effettuate in bande di un terzo di ottava dal quale si determinerà l'indice di valutazione ai sensi della norma UNI EN ISO 717-1),
9. scelta della serie, della combinazione del profilo, della combinazione dei nodi centrali e/o inferiori e della combinazione dello zoccolo del telaio,
10. scelta del vetro per la realizzazione dei serramenti,
11. utilizzo del software "ACUSOFTWARE 1.0" fornito dalla Fresia Alluminio S.p.a. per il calcolo del potere fonoisolante della finestra (vetro più telaio) e per il calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di



riverberazione per i sei serramenti tipo e le relative facciate comprensive della parte opaca più il caso studio testato con le misure in opera,

12. determinazione indipendente, attraverso applicazione della procedura di calcolo standardizzata dalla norma UNI/TR 11175 del 2005, del potere fonoisolante della finestra (vetro più telaio) e dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione per i sei serramenti tipo e le relative facciate comprensive della parte opaca più il caso studio testato con le misure in opera,
13. confronto fra i valori di potere fonoisolante della finestra (vetro più telaio) e dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$, ottenuto tramite software "ACUSOFTWARE 1.0", tramite applicazione procedura normata (UNI/TR 11175) per i sei serramenti tipo, utilizzando differenti configurazioni illustrate nei punti precedenti, e tramite misurazioni in opera nell'unico caso considerato (Test 6),
14. definizione degli scarti percentuali fra le procedure di analisi.

I dettagli delle modalità operative utilizzate per l'analisi ed il confronto dei dati sono illustrati nelle appendici A e B alla presente relazione.



PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

CONFRONTO TRA I RISULTATI DEI CALCOLI INDIPENDENTI

L'analisi ha consentito di calcolare il potere fonoisolante della finestra $R_{wRfinestra}$ e l'indice di valutazione dell'isolamento di facciata normalizzato al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$, per sei differenti configurazioni di serramenti e di facciate dapprima con l' ACUSOFTWARE 1.0 poi, separatamente, utilizzando il metodo previsto da UNI/TR 11175 implementato su foglio di calcolo elettronico. Si sono così potuti confrontare i risultati ottenuti, stabilendo quale fosse lo scarto percentuale tra valori riferiti allo stesso serramento.

Lo scarto percentuale viene definito come:
$$S = \frac{x_A - x_N}{x_N} \quad [\%] \quad [1]$$

dove con x_A si intende il valore della variabile (potere fonoisolante della finestra o l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata) calcolato dall' ACUSOFTWARE 1.0 e con x_N il valore calcolato secondo metodo UNI/TR 11175.

Tabella I - Risultati ottenuti dai calcoli indipendenti

	R_{wFinA} (dB)	R_{wFinN} (dB)	D_A (dB)	D_N (dB)	ΔR_{wFin} (dB)	Scarto R_{wFin} (%)	ΔD (dB)	Scarto D (%)
Test 1	39	39	48.10	48.10	0	0	0	0
Test 2	39	39	45.70	45.70	0	0	0	0
Test 3	39	39	43.59	43.59	0	0	0	0
Test 4	36	36	38.56	38.56	0	0	0	0
Test 5	36	36	39.56	39.56	0	0	0	0
Test 6	38	38	43.05	43.00	0	0	0.05	0.001
			MEDIA		0	0	0.01	0.0002
			DEV. STANDARD		0	0	0.02	0.0005

I dati possono essere riassunti nei seguenti 4 grafici delle Figure da 1 a 4 dove, per ogni configurazione, sono riportati: i valori del potere fonoisolante della finestra (Fig. 1), i valori degli indici di valutazione dell'isolamento acustico di facciata (Fig. 3) ottenuti con l'ACUSOFTWARE 1.0 e con calcolo separato secondo Norma UNI/TR 11175, e i rispettivi scarti percentuali (Figg. 2 e 4).

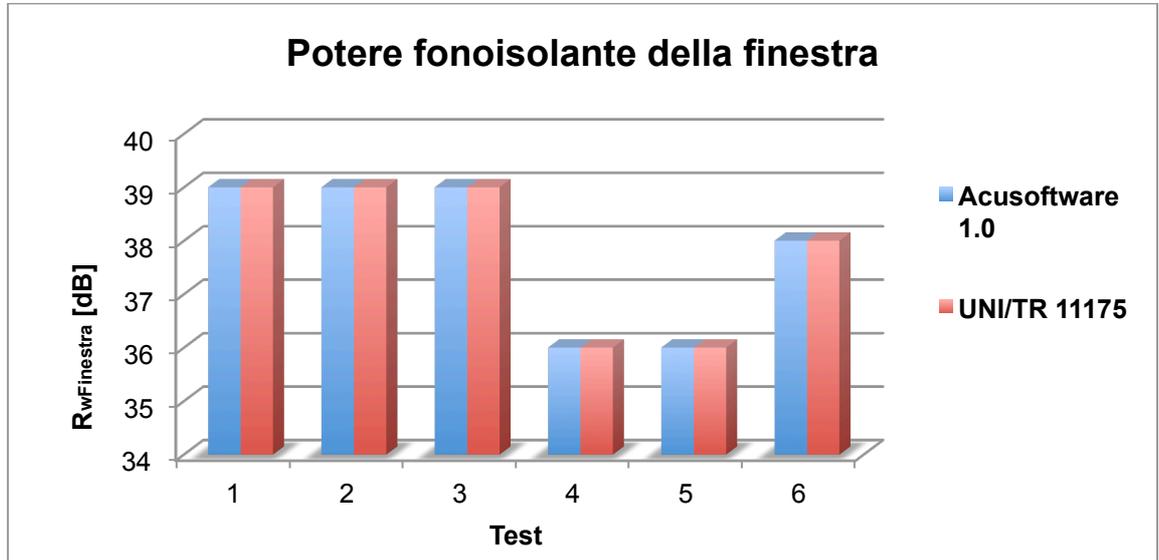


Figura 1- Valori del potere fonoisolante delle finestre ottenuti con ACUSOFTWARE 1.0 e secondo Norma UNI/TR 11175

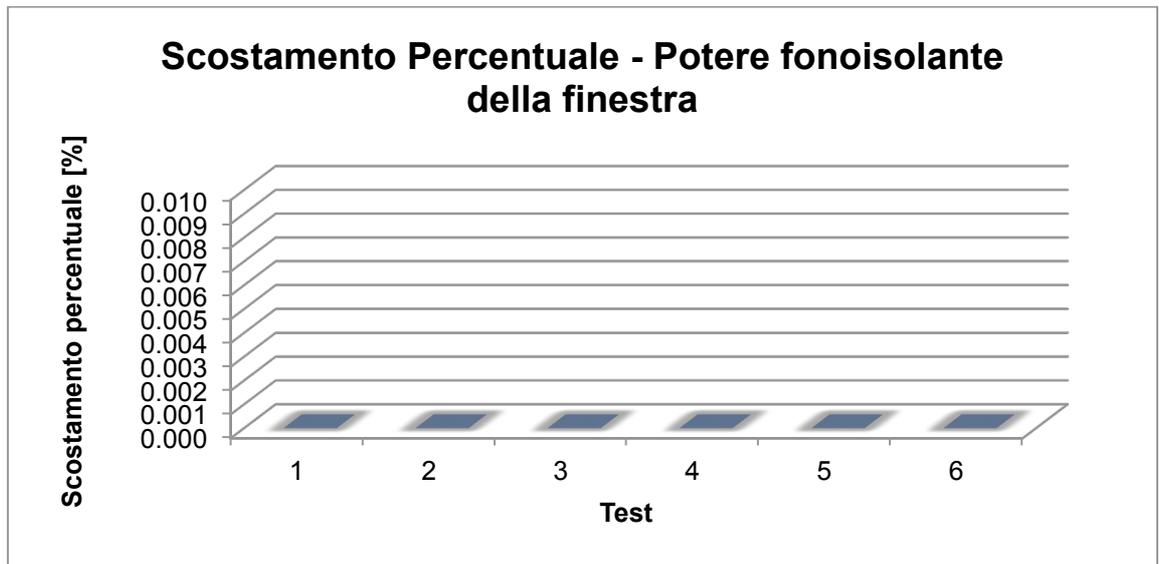


Figura 2 - Scostamento percentuale - Potere fonoisolante della finestra, $R_{wRfinestra}$

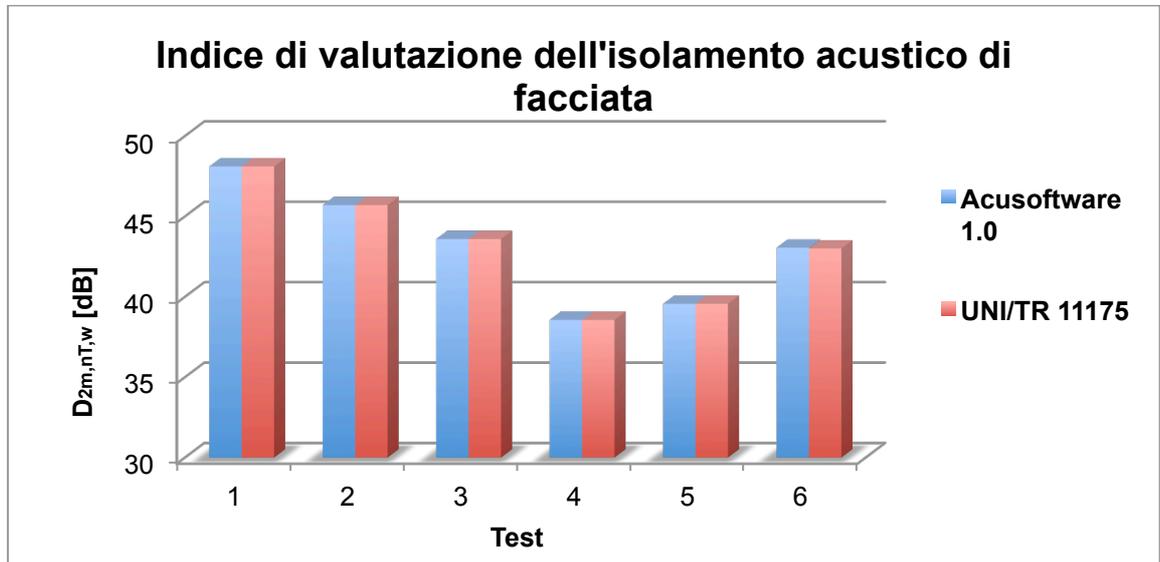


Figura 3- Valori degli indici di valutazione dell'isolamento acustico di facciata ottenuti con ACUSOFTWARE 1.0 e secondo Norma UNI/TR 11175

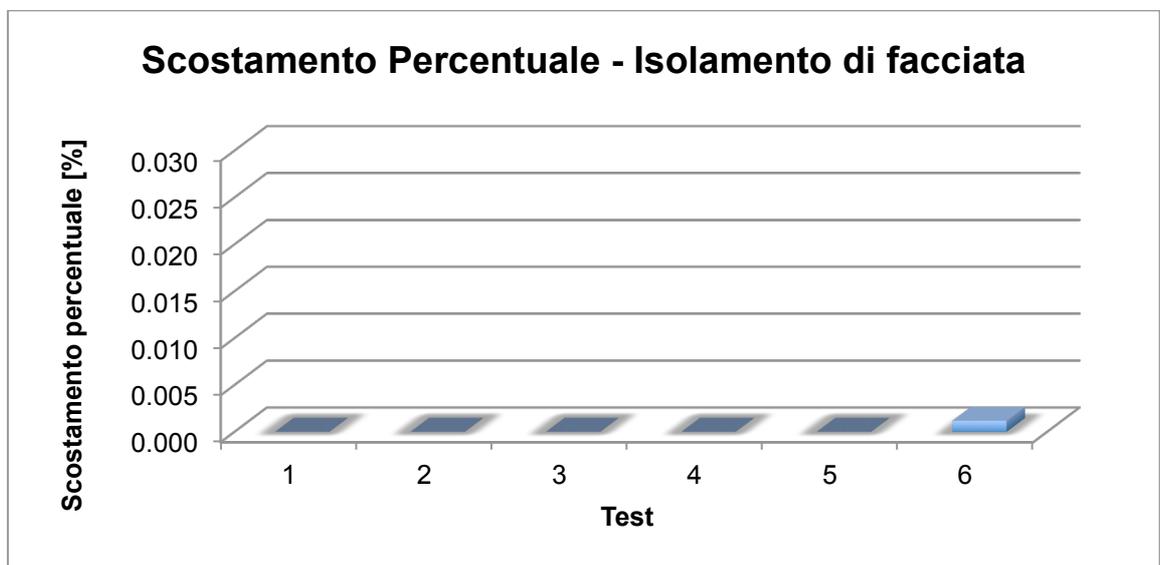


Figura 4 - Scostamento percentuale - Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$

CONFRONTO TRA MISURA SPERIMENTALE E CALCOLI INDIPENDENTI

La misura sperimentale dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico per via area di facciata secondo la normativa UNI EN ISO 140-5:2000 è stata condotta presso Cossato (BI), all'interno di un'abitazione (vedi Allegato 3). La misura aveva lo scopo di provare l'incremento dell'indice di isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$, a



seguito della completa sostituzione di due finestre a due ante con un nuovo modello di serramento (vedi Tabella II) installate all'interno di una stanza di tale abitazione.

Tabella II - Scheda tecnica del serramento

<i>Tipo di serramento</i>	2 Finestre a 2 ante
<i>Serie profilo</i>	Planet Neo 62
<i>Vetro</i>	3+3/12 argon/4/12 argon/3+3
<i>Superficie telaio</i>	0,5874 m ²
<i>Superficie vetro</i>	0,7593 m ²

Inoltre si sono confrontati i valori dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata, $D_{2m,nT,w}$, calcolati con l'ACUSOFTWARE 1.0 e secondo la Norma UNI/TR 11175 (vedi sopra Test 6 e Appendice B) con il valore ottenuto a seguito della misura sperimentale dopo l'installazione del nuovo serramento. Di seguito (Tabella III e Fig. 5) sono stati riportati i valori ottenuti arrotondati per eccesso ad un decimale come richiesto dalla Norma UNI/TR 11175.

Tabella III - Risultati ottenuti dai calcoli indipendenti e dalla misura

	$D_{2m,nT,w}$
<i>Acusoftware 1.0</i>	43,1
<i>Norma UNI/TR 11175</i>	43
<i>Misura sperimentale</i>	43

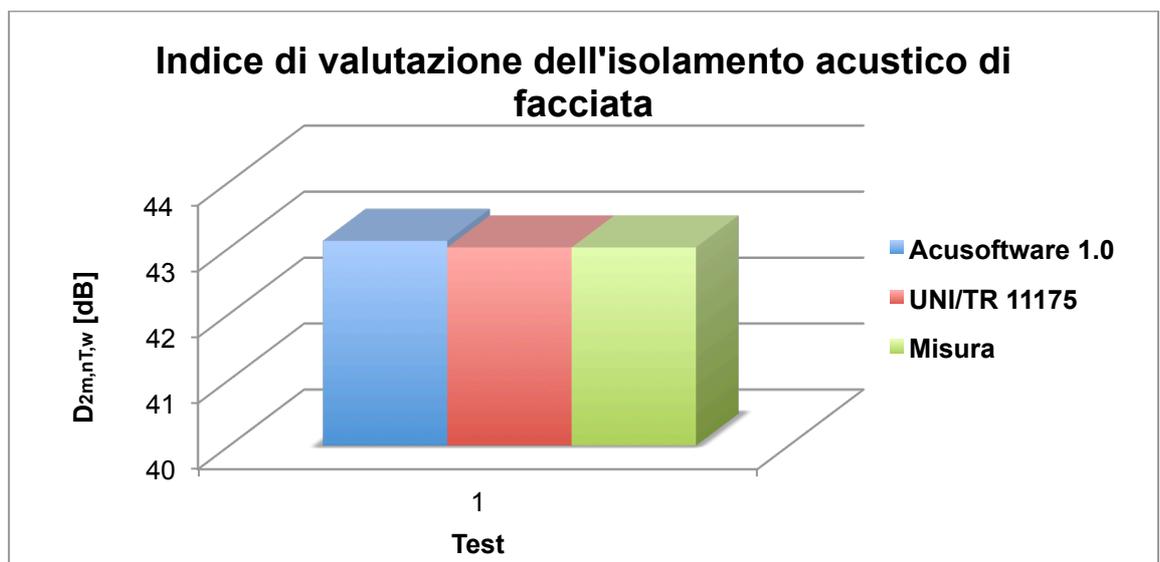


Figura 5- Valori degli indici di valutazione dell'isolamento acustico di facciata ottenuti con ACUSOFTWARE 1.0 e secondo la Norma UNI/TR 11175



CONCLUSIONI

Gli scarti fra i valori del potere fonoisolante delle finestre (individuati in modo da coprire una casistica di campi di applicazione ampia e variegata) determinati attraverso l'ACUSOFTWARE 1.0 sviluppato da Fresia Alluminio S.p.a. e calcolati in via indipendente secondo la procedura standardizzata dalla norma UNI/TR 11175 del 2005, riportati in Fig. 2, risultano nulli, mentre gli scarti fra i valori dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata, riportati in Fig. 4, sono nulli o estremamente contenuti (Test 6). Per quest'ultima valutazione, lo scarto medio è dello 0,0002% con una deviazione standard pari a 0,0005%. Tali risultati confermano un ottimo accordo tra i valori di $D_{2m,nT,w}$ ottenuti attraverso l'ACUSOFTWARE 1.0 e la Norma UNI/TR 11175.

Il lieve scostamento percentuale riscontrato nel Test 6, l'unico che presenta due serramenti su una stessa facciata (vedi Appendice B, Tabella II), è dovuto all'arrotondamento per eccesso a valori interi che opera l'ACUSOFTWARE 1.0 quando si immettono misure di superficie di facciata e volume dell'ambiente retrostante con cifre decimali (in questo caso due cifre decimali). E' da notare che tale approssimazione non è mostrata direttamente a video dall'ACUSOFTWARE 1.0, ma è stata riscontrata per via indiretta. Provando ad approssimare per eccesso a numeri interi i valori di superficie di facciata e di volume dell'ambiente retrostante la facciata nel calcolo separato secondo la Norma UNI/TR 11175 dell'indice $D_{2m,nT,w}$, si è ottenuto lo stesso risultato dell'ACUSOFTWARE 1.0 ($D_{2m,nT,w} = 43,05$ dB). È necessario implementare nell'Acusoftware 1.0 la possibilità di inserire dimensioni di facciata e volume con almeno 2 cifre decimali per ottenere un risultato più attendibile.

Nei Test 1, 2, 3 e 6, i valori di $D_{2m,nT,w}$ risultano superiori ai limiti di legge relativi alla destinazione d'uso degli edifici a cui sono associati (Appendice B, Tabella II) e illustrati nel D.P.C.M. del 5 Dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Nei Test 4 e 5, invece, i valori di $D_{2m,nT,w}$ risultano, anche se di poco, inferiori ai limiti di legge.

Per quanto riguarda il confronto con la misura sperimentale (Test 6), la Tabella III evidenzia l'ottimo accordo tra la misura e i calcoli indipendenti, a parte una lieve differenza dell'Acusoftware 1.0 discussa in precedenza. È importante sottolineare che, poichè il tipo di vetro utilizzato per il nuovo serramento non era presente nella selezione dell'Acusoftware, è stato inserito nei dati di input un vetro che avesse analoghe prestazioni acustiche. In particolare, il potere fonoisolante del vetro utilizzato sperimentalmente, non essendo stato certificato in un laboratorio autorizzato, è stato desunto da misure sperimentali effettuate presso l'I.N.Ri.M. su un vetro di simile composizione.

In conclusione per le configurazioni di serramento e di facciata testate, il codice ACUSOFTWARE 1.0 fornisce risultati altamente confrontabili sia con quelli ottenuti secondo la UNI/TR 11175, sia con il risultato ottenuto da una misura sperimentale. Infine è importante sottolineare che la UNI/TR 11175 (vedi esempio nel paragrafo 5.2 e confronti con la misura sperimentale) richiede un'approssimazione del valore di $D_{2m,nT,w}$ a una sola cifra decimale. Operando in questo modo, le conclusioni riportate sopra restano invariate, ma è comunque necessario modificare l'Acusoftware 1.0 in modo da ottenere un'espressione del valore di $D_{2m,nT,w}$ con una sola cifra decimale.

POLITECNICO DI TORINO



Torino – Luglio 2012

pagina 9/27

Il Responsabile del contratto
Prof.ssa Arianna Astolfi

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Arianna Astolfi'.

Dipartimento Energia



APPENDICE A - METODOLOGIA DI ANALISI UTILIZZATA

Dovendo effettuare una verifica del funzionamento dell' ACUSOFTWARE 1.0, come primo passo si è impiegato tale applicativo per la determinazione del potere fonoisolante della finestra (vetro più telaio), $R_{wRfinestra}$, e dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$, con i serramenti prescelti come riferimento.

In una seconda fase, sono state calcolate le stesse grandezze separatamente, facendo riferimento a quanto normato in tale ambito dall'UNI.

La determinazione di $D_{2m,nT,w}$, che prevede il calcolo di $R_{wRfinestra}$, è stata condotta secondo quanto previsto dalla UNI/TR 11175: *Isolamento a rumori aerei di facciata (paragrafo 4.4), valutazione del potere fonoisolante, R_w , di pareti semplici (paragrafo B.4.1) e doppie (paragrafo B.4.2), valutazione del potere fonoisolante del serramento, $R_{wRfinestra}$ (paragrafo B.4.4).*

Il modello di calcolo descritto nella Norma UNI/TR 11175 consente di valutare la riduzione prodotta da una facciata sulla trasmissione dei suoni all'interno dell'edificio attraverso la determinazione dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (espresso in dB), definito come:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_f + 10 \log \left(\frac{V}{3S} \right) \quad [2]$$

dove:

1) R'_w è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata definito dalla seguente relazione:

$$R'_w = -10 \log \left[\sum_{i=0}^n \frac{S_i}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{wi}}{10}} + \sum_{i=0}^n \frac{A_0}{S} \cdot 10^{\frac{-D_{n,e,wi}}{10}} \right] - K \quad [3]$$

dove:

- R_{wi} è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (i), in decibel (dB)
- S_i è l'area dell'elemento (i), in metri quadrati (m^2)
- S è l'area totale della facciata vista dall'interno, in metri quadrati (m^2)
- $D_{n,e,wi}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente del "piccolo elemento" (i), in decibel (dB)
- K è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale pari a 0, per elementi di facciata non connessi, e pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi
- A_0 è l'area di assorbimento equivalente, pari a $10m^2$

Nel nostro caso particolare, poichè l'ACUSOFTWARE 1.0 non considera la presenza di "piccoli elementi" e utilizzando $K=2$ come fattore correttivo, l'equazione [2] si riduce a:

$$R'_w = -10 \log \left[\sum_{i=0}^n \frac{S_{finestra,i}}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{wRfinestra,i}}{10}} + \frac{S_0}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{w,O}}{10}} \right] - 2 \quad [4]$$



dove:

- $R_{wRfinestra,i}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante di progetto del serramento (i), in decibel (dB) definito come

$$R_{wRfinestra} = R_W + K_P + K_{RA} + K_{DS} + K_{FG} + K_{F1,5} + K_{F,3} + K_{GB} \quad [5]$$

dove:

- R_W è il valor medio del potere fonoisolante di laboratorio del serramento ottenuto a partire dai valori del potere fonoisolante del vetro $R_{w,vetro}$ (vedere prospetto B.10 della Norma)
 - K_P è un coefficiente di aggiustamento che ha valore -2 dB per le finestre e -5 dB per le porte
 - K_{RA} è un coefficiente di aggiustamento per telai <30% rispetto alla superficie totale del serramento (vedere prospetto B.10 della Norma)
 - K_{DS} è un coefficiente di aggiustamento per serramenti con doppio telaio mobile senza montante centrale (vedere prospetto B.10 della Norma)
 - K_{FG} è un coefficiente di aggiustamento per serramenti con telaio non in vista e con maggiore superficie trasparente (vedere prospetto B.10 della Norma) (non implementato nell'ACUSOFTWARE 1.0, in quanto Fresia Alluminio S.p.a non dispone di tale prodotto)
 - $K_{F1,5}$ è un coefficiente di aggiustamento per serramenti con superficie <1,5 m² (vedere prospetto B.10 della Norma)
 - $K_{F,3}$ è un coefficiente di aggiustamento per serramenti con lastre di vetro >3 m² (vedere prospetto B.10 della Norma)
 - K_{GB} è un coefficiente di aggiustamento per serramenti a nastro (vedere prospetto B.10 della Norma)
- $R_{w,O}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della superficie opaca (pareti semplici o doppie) ottenuto da prove in laboratorio (vedere prospetto B.2 e B.3 della Norma)
 - S_i è l'area del serramento (i), in metri quadrati (m²)
 - S_O è l'area totale della superficie opaca
 - S è l'area totale della facciata vista dall'interno, in metri quadrati (m²).

2) ΔL_f è la differenza di livello esterno per forma della facciata definito come

$$\Delta L_f = L_{1,2m} - L_{1,s} + 3 \quad [6]$$

dove:

- $L_{1,2m}$ è il livello medio di pressione sonora rilevato a 2 m dal piano di facciata (dB)
- $L_{1,s}$ è il livello medio di pressione sonora rilevato, effetto di riflessione incluso, sulla superficie esterna della facciata (dB)



Nell'ACUSOFTWARE 1.0, sono stati implementati tre tipi di facciata: facciata piana, con balcone sporgente o con balcone rientrante. Questi ultimi corrispondono a valori approssimati, $\Delta L_f = 0$ dB per il primo caso e $\Delta L_f = -1$ dB per i restanti, dedotti nel modo più rigoroso possibile dalla Norma UNI/TR 11175 (prospetto 6).

- 3) S è la superficie della facciata, in metri quadrati (m^2)
- 4) V è il volume dell'ambiente retrostante la facciata, in metri cubi (m^3).

E' importante notare che l'ACUSOFTWARE 1.0 è inserito nel TERMOSOFTWARE 2.0, quindi alcune variabili in input derivano direttamente dagli output dello stesso (superficie del telaio, superficie del vetro, superficie del serramento, $R_{w,vetro}$ del vetro). L'ACUSOFTWARE 1.0, inoltre, limita il campo di scelta rispetto alla Norma UNI/TR 11175 per due delle variabili citate precedentemente, quali il tipo di facciata (piana, con balcone sporgente o con balcone rientrante) e il tipo di superficie opaca (17 opzioni riportate in Allegato 2). Per queste ultime, l'indice di valutazione del potere fonoisolante della superficie opaca è stato ricavato dai prospetti B.2 e B.3 della Norma UNI/TR 11175.

I valori di $R_{w,vetro}$ dei vetri presenti nell'ACUSOFTWARE, inseribili soltanto manualmente in via provvisoria, sono stati desunti dai certificati forniti da laboratori autorizzati (vedi Allegato 2 del presente documento).



APPENDICE B - CONFIGURAZIONI DI RIFERIMENTO DEI SERRAMENTI UTILIZZATE PER LA VALIDAZIONE

L'analisi ha preso in considerazione n. 6 configurazioni di serramenti, scelti in funzione della maggior diffusione commerciale tra quelli proposti sul sito dell'Azienda, e differenti tipi di superfici opache, facciate, telai e vetrate per testare su un ampio spettro di casi studio l'effettivo funzionamento del software.

In Tabella IV sono riportate le caratteristiche delle varie configurazioni di serramento utilizzate, i tipi di facciata e le dimensioni geometriche della facciata e dell'ambiente retrostante la facciata su cui si sono effettuati i test.

Tabella IV - Le 6 configurazioni utilizzate per effettuare i test

Test	Tipologia e numero di serramenti	Destinazione d'uso	Serie profilo	Facciata	Superficie facciata (m ²)	Volume ambiente retrostante la facciata (m ³)
1	1 Finestra ad 1 anta	Residenza	Planet 62TT AP	Piana	15	60
2	1 Finestra a 2 ante	Residenza	Planet 62TT AP	Balcone rientrante	12	60
3	1 Finestra a 3 ante	Ufficio	Planet NEO 62	Piana	12	48
4	1 Portafinestra a 1 anta	Residenza	Planet 50TT	Balcone sporgente	9	36
5	1 Portafinestra a 2 ante	Residenza	Planet 50TT	Piana	9	36
6	2 Finestre a 2 ante	Residenza	Planet NEO 62	Piana	15,24	61,72

Di seguito vengono riportate le dimensioni delle varie configurazioni dei serramenti utilizzati nei vari test, i profili impiegati per realizzarlo, i vetri con il relativo valore di potere fonoisolante $R_{w, \text{vetro}}$ (quest'ultimo valore è stato desunto dai certificati di prova effettuati in laboratori autorizzati e forniti dalla Fresia Alluminio S.p.a., riportati in Allegato al presente documento) e i codici, come riportati dall'ACUSOFTWARE 1.0, riferiti ai tipi di parete opaca su cui sono stati installati i serramenti e i relativi indici di valutazione del potere fonoisolante desunto dai prospetti B.2 e B.3 della Norma UNI/TR 11175 (vedi Allegato 2 per la completa descrizione).

Politecnico di Torino –Dipartimento Energia

Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129 Torino Italia

tel: +39 011 5644496 fax: +39 011 39 011 5644499 email: arianna.astolfi@polito.it

url: www.polito.it



TEST 1

Larghezza del serramento	900 mm
Altezza del serramento	1480 mm
Combinazione del profilo	6102+6112
Combinazione del nodo inferiore	6101+6112
Vetro	44.2 a / 20 / 12
$R_{w, vetro}$	44 dB
Parete opaca	4
$R_{w,o}$	56,9 dB

TEST 2

Larghezza del serramento	1230 mm
Altezza del serramento	1480 mm
Combinazione del profilo	6102+61151
Combinazione del nodo centrale	6112+61413+61112
Combinazione del nodo inferiore	6101+6112
Vetro	55.1 a / 12 / 33.1 a
$R_{w, vetro}$	43 dB
Parete opaca	2
$R_{w,o}$	54 dB



TEST 3

Larghezza del serramento	2100 mm
Altezza del serramento	1500 mm
Combinazione del profilo	6103+6112
Combinazione del nodo centrale	6112+61138+6112
Combinazione del nodo inferiore	6102+6112
Vetro	44.2 a / 12 / 12
$R_{w, \text{vetro}}$	43 dB
Parete opaca	1
$R_{w,0}$	52,9 dB

TEST 4

Larghezza del serramento	1230 mm
Altezza del serramento	2400 mm
Combinazione del profilo	5102+5111
Combinazione dello zoccolo	5102+5112+5147
Vetro	55.1 a / 12 / 33.1 a
$R_{w, \text{vetro}}$	43 dB
Parete opaca	15
$R_{w,0}$	48 dB



TEST 5

Larghezza del serramento	1230 mm
Altezza del serramento	2400 mm
Combinazione del profilo	5102+5112
Combinazione del nodo centrale	5135+5113+5135
Combinazione dello zoccolo	5102+5112+5148
Vetro	44.2 a / 20 / 12
$R_{w, vetro}$	44 dB
Parete opaca	15
$R_{w,o}$	48 dB

TEST 6

Larghezza dei serramenti	910 mm
Altezza dei serramenti	1480 mm
Combinazione del profilo dei serramenti	6122+6112
Combinazione del nodo centrale dei serramenti	6112+61313+6112
Combinazione del nodo inferiore dei serramenti	6103+6112
Vetro dei serramenti	44.2 a / 12 / 12
$R_{w, vetro}$	43 dB
Parete opaca	14
$R_{w,o}$	47,5 dB



ALLEGATO 1

Viene riportato in allegato:

- output di calcolo secondo Norma UNI/TR 11175
- output fornito dal ACUSOFTWARE 1.0 per ciascuno dei test fatti

ALLEGATO 2

Elenco dei vetri e delle superfici opache selezionabili nell'ACUSOFTWARE 1.0 con i rispettivi valori di potere fonoisolante.

ALLEGATO 3

Risultati della misura sperimentale eseguita secondo la Norma UNI EN ISO 10140-5:2010 e UNI EN ISO 717-1:2007.



ALLEGATO 1

OUTPUT RICAVATI DAL CALCOLO SECONDO NORMA UNI/TR 11175 E DALL'ACUSOFTWARE 1.0

Test 1

	NORMA UNI/TR 11175	ACUSOFTWARE 1.0
R_W	42	42
K_P	-2	-2
K_{RA}	0	0
K_{DS}	0	0
$K_{F1,5}$	-1	-1
$K_{F,3}$	0	0
K_{GB}	0	0
$R_{wRfinestra}$	39	39
R'_w	46,85	46,85
ΔL_f	0	0
$D_{2m,nT,w}$	48,10	48,10



Test 2

	NORMA UNI/TR 11175	ACUSOFTWARE 1.0
R_W	41	41
K_P	-2	-2
K_{RA}	0	0
K_{DS}	0	0
$K_{F1,5}$	0	0
$K_{F,3}$	0	0
K_{GB}	0	0
$R_{WRfinestra}$	39	39
R'_w	44,48	44,48
ΔL_f	-1	-1
$D_{2m,nT,w}$	45,70	45,70

Test 3

	NORMA UNI/TR 11175	ACUSOFTWARE 1.0
R_W	41	41
K_P	-2	-2
K_{RA}	0	0
K_{DS}	0	0
$K_{F1,5}$	0	0
$K_{F,3}$	0	0
K_{GB}	0	0
$R_{WRfinestra}$	39	39
R'_w	42,34	42,34
ΔL_f	0	0
$D_{2m,nT,w}$	43,59	43,59



Test 4

	NORMA UNI/TR 11175	ACUSOFTWARE 1.0
R_W	41	41
K_P	-5	-5
K_{RA}	0	0
K_{DS}	0	0
$K_{F1,5}$	0	0
$K_{F,3}$	0	0
K_{GB}	0	0
$R_{wRfinestra}$	36	36
R'_w	38,31	38,31
ΔL_f	-1	-1
$D_{2m,nT,w}$	38,56	38,56

Test 5

	NORMA UNI/TR 11175	ACUSOFTWARE 1.0
R_W	42	42
K_P	-5	-5
K_{RA}	0	0
K_{DS}	-1	-1
$K_{F1,5}$	0	0
$K_{F,3}$	0	0
K_{GB}	0	0
$R_{wRfinestra}$	36	36
R'_w	38,31	38,31
ΔL_f	0	0
$D_{2m,nT,w}$	39,56	39,56



Test 6

	NORMA UNI/TR 11175	ACUSOFTWARE 1.0
R_W primo serramento	41	41
K_P primo serramento	-2	-2
K_{RA} primo serramento	0	0
K_{DS} primo serramento	0	0
$K_{F,1,5}$ primo serramento	-1	-1
$K_{F,3}$ primo serramento	0	0
K_{GB} primo serramento	0	0
$R_{WRfinestra}$ primo serramento	38	38
R_W secondo serramento	41	41
K_P secondo serramento	-2	-2
K_{RA} secondo serramento	0	0
K_{DS} secondo serramento	0	0
$K_{F,1,5}$ secondo serramento	-1	-1
$K_{F,3}$ secondo serramento	0	0
K_{GB} secondo serramento	0	0
$R_{WRfinestra}$ secondo serramento	38	38
R'_w	41,66	41,70
ΔL_f	0	0
$D_{2m,nT,w}$	43,05	43,00



ALLEGATO 2

ELENCO DEI VETRI E RISPETTIVO POTERE FONOISOLANTE

Vetro	Potere fonoisolante, $R_{w, \text{vetro}}$ (dB)
5 / 6 / 64.4	38 dB
44.1 a / 6 / 4	38 dB
8 / 9 / 64.1	39 dB
6 / 9 / 44 ep	39 dB
10 / 12 / 10	39 dB
64.4 / 6 / 33.1	40 dB
44.1 a / 6 / 6	40 dB
44.1 a / 16 / 6	41 dB
64.4 / 9 / 53.1	42 dB
55.1 a / 12 / 33.1 a	43 dB
44.2 a / 12 / 12	43 dB
44.2 a / 20 / 12	44 dB
64.2 a / 20 / 44.2 a	47 dB
66.1 a / 20 SF6 / 44.1 a	49 dB
66.2 a / 20 SF6 / 44.2 a	51 dB



ELENCO DELLE SUPERIFICI OPACHE E RISPETTIVO POTERE FONOISOLANTE

Codice Parete	Descrizione parete	Potere fonoisolante, $R_{w,o}$ (dB)
1	Blocchi termici in calcestruzzo di argilla espansa, 25x25x20, con densità pari a 1000 Kg/m ³ , e percentuale di foratura inferiore al 30%.	52,9 dB
2	Blocchi fonoisolanti in calcestruzzo di argilla espansa, 20x25x20, con densità pari a 1000 Kg/m ³ , e percentuale di foratura inferiore al 30%.	54 dB
3	Blocchi fonoisolanti in calcestruzzo di argilla espansa, 25x25x20, con densità pari a 1000 Kg/m ³ , e percentuale di foratura inferiore al 30%.	56,3 dB
4	Blocchi fonoisolanti in calcestruzzo di argilla espansa, 30x25x20, con densità pari a 1000 Kg/m ³ , e percentuale di foratura inferiore al 30%.	56,9 dB
5	Parete opaca costituita da: -1 intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm -2 blocchi in laterizio alleggerito, 8x45x25, con densità pari a 800 Kg/m ³ , e percentuale di foratura pari al 45%. -3 pannelli in lana di roccia, dello spessore di 50mm e densità pari a 40 Kg/m ³	57 dB
6	Parete opaca costituita da: -1 intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm -2 blocchi in laterizio alleggerito, 8x45x25, con densità pari a 800 Kg/m ³ , e percentuale di foratura pari al 45%. -3 pannelli in lana di roccia, dello spessore di 100mm e densità pari a 40 Kg/m ³ -4 blocchi in laterizio alleggerito, 12x45x25, con densità pari a 800 Kg/m ³ , e percentuale di foratura pari al 45%.	59 dB
7	Parete opaca costituita da: -1 intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm -2 blocchi in laterizio alleggerito, 8x45x25, con densità pari a 800 Kg/m ³ , e percentuale di foratura pari al 45%. -3 pannelli in lana di roccia, dello spessore di 50mm e densità pari a 40 Kg/m ³ -4 blocchi in laterizio alleggerito, 12x45x25, con densità pari a 800 Kg/m ³ , e percentuale di foratura pari al 45%.	57 dB
8	Parete opaca costituita da blocchi di laterizio porizzato a fori verticali, 30x30x19, con percentuale di foratura pari al 45%, intonacata su entrambe i lati (spessore intonaco 15mm).	54 dB
9	Parete opaca costituita da blocchi di laterizio porizzato a fori verticali, 30x30x19, con percentuale di foratura pari al 45%, intonacata su entrambe i lati (spessore intonaco 15mm). Tracce elettriche, realizzate su entrambe i lati, con schema contrapposto, riempite di malta.	53 dB



10	Parete opaca costituita da blocchi di laterizio porizzato a fori verticali, 30x30x19, con percentuale di foratura pari al 45%, intonacata su entrambe i lati (spessore intonaco 15mm). Tracce elettriche, realizzate su un lato; tracce per impianti, idraulici realizzate sul lato opposto, riempite di malta.	53 dB
11	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Mattoni pieni 6x12x24 - Intercapedine d'aria 50mm - Pannello in sughero espanso dello spessore di 30mm - Mattoni forati posati di taglio, spessore 80mm - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	52.3
12	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Mattoni forati 6x12x24 - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Intercapedine d'aria 60mm - Mattoni forati 6x12x24 - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	51
13	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Laterizi forati 12x25x25 (15 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Intercapedine d'aria 40mm - Laterizi forati 8x25x25 (10 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	47,5 dB
14	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Laterizi forati 12x25x25 (15 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Intercapedine d'aria 40mm - Laterizi forati 12x25x25 (10 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	47,5 dB
15	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Doppio UNI 12x25x12 (fori verticali F/A=40%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Intercapedine d'aria 40mm - Laterizi forati 8x25x25 (10 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	48 dB
16	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Laterizi forati 8x25x25 (10 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Intercapedine d'aria 50mm - Laterizi forati 8x25x25 (10 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	47,5 dB
17	Parete opaca costituita da: - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Doppio UNI 12x25x12 (fori verticali F/A=40%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm - Intercapedine con lana di vetro 40mm - Laterizi forati 8x25x25 (10 fori orizzontali F/A=60%) - Intonaco a base di malta cementizia dello spessore di 15mm	48,5 dB



ALLEGATO 3

MISURE SPERIMENTALI PRIMA E DOPO L'INSTALLAZIONE DEL NUOVO SERRAMENTO

DATA	SORGENTE	T60	D _{2m,nT,w} [dB]
7 febbraio 2012	S1	sparo	35
12 aprile 2012	S1	sparo	43
12 aprile 2012	S1	clappatore	43
12 aprile 2012	S2	sparo	43
12 aprile 2012	S2	clappatore	43

IMMAGINI DEL SERRAMENTO E DELLA PROCEDURA DI MISURA UTILIZZATA SECONDO LA NORMA ISO 10140-5:2010



Figura 6: Misura all'interno



Figura 7: Misura all'esterno



Figura 8: Serramento



Figura 9: Serramento



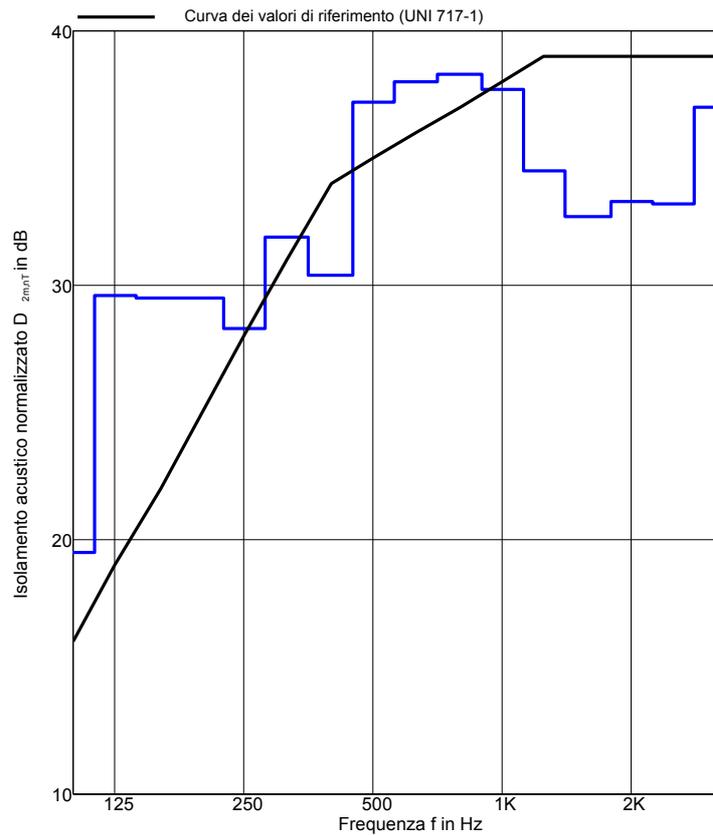
**Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione secondo UNI EN ISO140-5:2000
Misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate**

Volume dell'ambiente ricevente:

60.0m³

Somma degli scarti sfavorevoli: 28.2 dB

Frequenza f Hz	D _{2m,nT} Terzo di ottava dB
100	19.5
125	29.6
160	29.5
200	29.5
250	28.3
315	31.9
400	30.4
500	37.2
630	38.0
800	38.3
1000	37.7
1250	34.5
1600	32.7
2000	33.3
2500	33.2
3150	37.0



Valutazione secondo la ISO 717-1

D_{2m,nT,w} (C; Q) = 35 (-1; -2) 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**

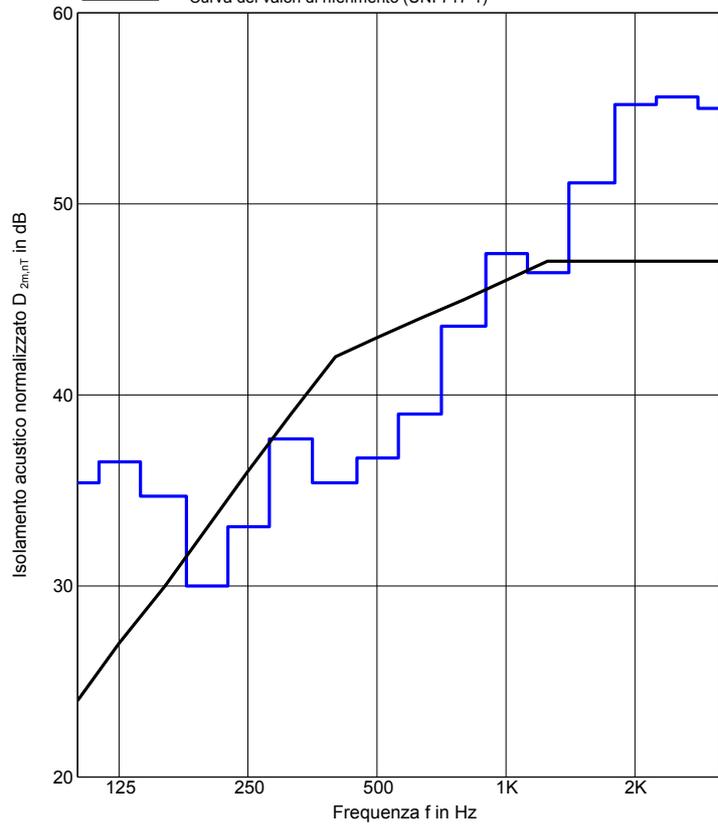
Volume dell'ambiente ricevente:

60.1 m³

Somma degli scarti sfavorevoli: 27.1 dB

Curva dei valori di riferimento (UNI 717-1)

Frequenza f Hz	D _{2m,nT} Terzo di ottava dB
100	35.4
125	36.5
160	34.7
200	30.0
250	33.1
315	37.7
400	35.4
500	36.7
630	39.0
800	43.6
1000	47.4
1250	46.4
1600	51.1
2000	55.2
2500	55.6
3150	55.0



Valutazione secondo la ISO 717-1

$$D_{2m,nT,w}(C; C_T) = 43 \quad (-1; -3) \text{ dB}$$