



REALIZZAZIONE REFETTORIO SCUOLA PRIMARIA A. GAYS

GRUPPO DI PROGETTAZIONE - COLLABORAZIONI

RESPONSABILE DI PROGETTO PROGETTO ARCHITETTONICO COORDINAMENTO PRESTAZIONI Arch. Diego Bertotti Collaborazione Arch. Sara Bertoncini	PROGETTO STRUTTURE Studio Associato LTG Ing. Matteo Lusso Ing. Alessandro Paino	PROGETTAZIONE ENERGETICA Studio Associato Pool Engineering Ing. Virgilio M. Chiono Geom. Andrea Zanusso
IMPIANTI ELETTRICI Per. Ind. Zenerino Massimo	ACUSTICA Ing. Matteo Corino	GEOLOGIA E GEOTECNICA Dott. Geol. Carlo Dellarole
IMPIANTI MECCANICI Studio Associato Pool Engineering Ing. Virgilio M. Chiono Geom. Andrea Zanusso	ANTINCENDIO Studio Associato Pool Engineering Ing. Virgilio M. Chiono Geom. Andrea Zanusso	CONSULENZA

FASE PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO	DATA PROGETTO	16-01-2023
	REV n. 00	16-01-2023
OGGETTO VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI	TAV-ELAB	ED.05

SOMMARIO

1.	INTRODUZIONE.....	2
2.	PRESENTAZIONE DEL DOCUMENTO	2
3.	DEFINIZIONI PRINCIPALI.....	3
4.	LEGISLAZIONE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
5.	METODOLOGIA ADOTTATA NELLO STUDIO	5
6.	ANALISI PRELIMINARE.....	6
6.1	Descrizione generale dell'intervento	6
6.2	Estratto tavole di progetto.....	6
6.3	Classificazione edificio secondo DM 11/01/2017 (CAM).....	8
6.4	Classificazione edificio e limiti secondo il DPCM 5/12/97	10
6.5	Considerazioni generali sui limiti DPCM 05/12/97 da rispettare	10
6.6	Applicabilità del DPCM 5/12/97 in caso di ristrutturazione.....	11
6.7	Limiti applicabili al caso specifico.....	12
6.8	Parametri da valutare applicabili al caso specifico.....	12
7.	ANALISI DELLE SOLUZIONI TECNICHE IN PROGETTO.....	14
7.1	Metodologia adottata	14
7.2	Prestazioni acustiche degli elementi di facciata.....	15
7.2.1	Indicazioni per la realizzazione corretta della facciata	15
7.3	Prestazioni acustiche dei solai.....	18
7.3.1	Indicazioni per la realizzazione corretta del solaio	18
7.4	Prestazioni acustiche del divisorio esistente refettorio - scuola	18
7.4.1	Indicazioni per la realizzazione corretta del divisorio	18
8.	TRATTAMENTO ACUSTICO	20
8.1	Soluzioni in progetto	20
8.1.1	WolfSystem NEXTPANEL.....	20
9.	METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE DI CALCOLO PREVISIONALE R.A.P.	21
10.	ELENCO CALCOLI EFFETTUATI E RISULTATI	22
10.1	Verifica D_{2mnTw} – Indice isolamento acustico di facciata normalizzato	22
10.2	Verifica $R'w$ – Indice potere fonoisolante apparente partizioni tra ambienti adiacenti.....	25
10.3	Calcolo TR - Tempo di riverberazione	30
10.4	Calcolo STI *- Speech transmission index	31
11.	ANALISI DEGLI IMPIANTI IN PROGETTO	32
11.1	Impianto riscaldamento.....	32
11.2	Impianto idrosanitario.....	33
11.3	Impianto estrazione aria.....	34
12.	RISULTATI CALCOLI PREVISIONALI E VERIFICA DEL RISPETTO LIMITI.....	35
12.1	Indice isolamento acustico di facciata normalizzato	35
12.2	Livello di rumore di calpestio di solai normalizzato	35
12.3	Potere fonoisolante apparente elementi separazione tra ambienti	35
12.4	Rumore prodotto da impianti tecnologici ciclo continuo	35
12.5	Rumore prodotto da impianti tecnologici ciclo discontinuo.....	35
12.6	Tempo di riverberazione	35
12.7	STI – Speech transmission index.....	36
13.	CONCLUSIONI	37
14.	ALLEGATO B - FIRME E PROVVEDIMENTO REGIONALE ISCRIZIONE ALBO TECNICI	38

1. INTRODUZIONE

Il documento è stato predisposto dall'ing. Matteo Corino, tecnico competente in acustica ambientale iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA) con n°4536 del 10/12/2018 (ex TCAA Regione Piemonte D.D. 62 del 16/04/2007), con studio presso TEKNOS ACUSTICA, Via Gallo Pecca n°24, Rivarolo (TO).

2. PRESENTAZIONE DEL DOCUMENTO

Il documento contiene la valutazione sui requisiti acustici passivi degli edifici redatta ai sensi del DPCM 5/12/97 e DM 11/11/2017, a corredo del progetto predisposto dall'arch. Diego Bertotti, avente studio in Via Verdi n°17, Valperga (TO).

Si tratta dell'analisi del progetto che attualmente è in fase definitiva, pertanto alcuni aspetti cogenti relativi all'acustica, sono analizzati in via preliminare. I dettagli, nello specifico, saranno eventualmente rivalutati in seguito nella fase esecutiva, quando anche gli aspetti progettuali connessi saranno più definiti.

Nella relazione sono fornite indicazioni sui requisiti minimi che i componenti dell'edificio oggetto di analisi dovranno rispettare al fine di garantire il comfort acustico oltre al rispetto dei valori minimi di legge, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore così come richiesto dall'art. 3 comma 1 lettera e della Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico n. 447 del 1995 e attuato dal DPCM n. 297 del 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

Lo studio prevede l'analisi o il calcolo degli elementi dell'edificio per cui è applicabile il rispetto del DPCM, e l'eventuale modellazione in opera degli stessi per la verifica dei valori di isolamento da confrontare con i limiti. Sono eventualmente riportate le principali indicazioni generiche e specifiche per la posa o la realizzazione di alcuni elementi/materiali.

I calcoli previsionali o le analisi riportate non considerano tuttavia fattori correttivi dovuti agli errori di posa, utilizzo di materiali non conformi o differenti da quelli valutati, oppure modifiche in corso d'opera dei componenti architettonici.

Il presente documento si intende pertanto valido solo a fronte dell'osservanza scrupolosa delle specifiche realizzative riportate e della regola d'arte.

3. DEFINIZIONI PRINCIPALI

Le definizioni principali adottate nella presente relazione sono riportate di seguito.

- **Inquinamento acustico**
L'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le legittime fruizioni degli ambienti stessi.
- **Ambiente abitativo**
Ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al decreto legislativo 81/08.
- **Sorgenti sonore fisse**
Gli impianti tecnici degli edifici e le altre installazioni unite agli immobili anche in via transitoria il cui uso produca emissioni sonore; le infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali, marittime, industriali, artigianali, commerciali ed agricole; i parcheggi; le aree adibite a stabilimenti di movimentazione merci; i depositi dei mezzi di trasporto di persone e merci; le aree adibite ad attività sportive e ricreative.
- **Sorgenti sonore mobili**
Tutte le sorgenti sonore diverse dalle sorgenti sonore fisse.
- **Valori limite di emissione**
Il valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa.
- **Valori limite di immissione**
Il valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno, misurato in prossimità dei ricettori.
- **Valori di attenzione**
Il valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente.
- **Valori di qualità**
I valori di rumore da conseguire nel breve, nel medio e nel lungo periodo con le tecnologie e le metodiche di risanamento disponibili, per realizzare gli obiettivi di tutela previsti dalla presente legge.
- **Classificazione o zonizzazione acustica**
La suddivisione del territorio in aree omogenee dal punto di vista della classe acustica; essa integra gli strumenti urbanistici vigenti, con i quali è coordinata al fine di armonizzare le esigenze di tutela dell'ambiente esterno e abitativo dall'inquinamento acustico con la destinazione d'uso e le modalità di sviluppo del territorio.
- **Impatto acustico**
Il risultato degli effetti indotti e le variazioni delle condizioni sonore preesistenti in una determinata porzione di territorio, dovute all'inserimento di nuove infrastrutture, opere, impianti, attività o manifestazioni.
- **Clima acustico**
Condizioni sonore esistenti in una determinata porzione di territorio, derivanti dall'insieme di tutte le sorgenti sonore naturali e antropiche.
- **Tempo di riverberazione (TR)**
È il tempo necessario affinché, in un determinato punto dell'ambiente, il livello di pressione sonora si riduca di 60 dB rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora cessa di funzionare. Varia al variare della frequenza.
- **Potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti (R')**
È una grandezza che definisce le proprietà isolanti di una parete divisoria tra due ambienti. Con il termine "apparente" si intende "misurato in opera" e quindi R' prende in considerazione tutta la potenza sonora che arriva nell'ambiente ricevente, non solo quella che attraversa la parete divisoria. Varia al variare della frequenza. Il DPCM 5/12/97 prevede il valore limite del suo indice di valutazione (R'_{w}) indicato dal pedice w, che è un valore unico ottenuto dai valori alle varie frequenze secondo una procedura normalizzata.

- **Isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$)**
E' una grandezza che definisce le proprietà isolanti di una parete divisoria tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno. Il pedice 2m significa che la misura avviene 2 metri dalla facciata; il pedice nT significa che tale risultato viene normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente. Varia al variare della frequenza. Il decreto prevede il valore limite del suo indice di valutazione ($D_{2m,nT}$) ottenuto dai valori alle varie frequenze secondo una procedura normalizzata.
- **Livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L_n)**
E' una grandezza che definisce il livello di rumore trasmesso per via strutturale e che interessa il complesso solaio-pavimento. Il pedice n indica che la misura viene normalizzata rispetto all'area equivalente di assorbimento acustico. Varia al variare della frequenza. Il decreto prevede il valore limite del suo indice di valutazione ($L_{n,w}$) ottenuto dai valori alle varie frequenze secondo una procedura normalizzata.
- **Livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow (L_{ASmax})**
E' il valore massimo del livello istantaneo di pressione sonora misurato durante l'evento sonoro causato da un impianto a ciclo discontinuo.
- **Livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A (L_{Aeq})**
E' il valore medio energetico del livello di pressione sonora prodotto da un impianto a ciclo continuo.
- **Tecnico competente in acustica ambientale**
Figura professionale a cui è stato riconosciuto il possesso dei requisiti previsti dall'articolo 2, commi 6 e 7, della L. 447/1995.

4. LEGISLAZIONE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nel caso specifico, risultano applicabili:

NUMERO-DATA	TITOLO
L. 26/10/1995, n. 447	Legge quadro sull'inquinamento acustico
D.P.C.M. 5/12/97	Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici
UNI EN ISO 140-4	Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti
UNI EN ISO 16283-1:2016	Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento acustico per via aerea
UNI EN ISO 16283-2:2016	Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento dal rumore di calpestio
UNI EN ISO 16283-3:2016	Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento acustico di facciata
UNI EN ISO 16032:2005	Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici di edifici
UNI EN ISO 10052:2010	Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, calpestio, e impianti. Metodo di controllo.
UNI EN ISO 717-1	Valutazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio-Isolamento rumori aerei"
UNI EN ISO 717-2	Valutazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio-Isolamento rumori di calpestio
UNI EN ISO 3382	Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici"
UNI EN 12354-1	Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti_ Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
UNI EN 12354-2	Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti_ Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
UNI EN 12354-3	Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti_ Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
UNI 11367	Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera
UNI 11532	Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati
DECRETO 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.

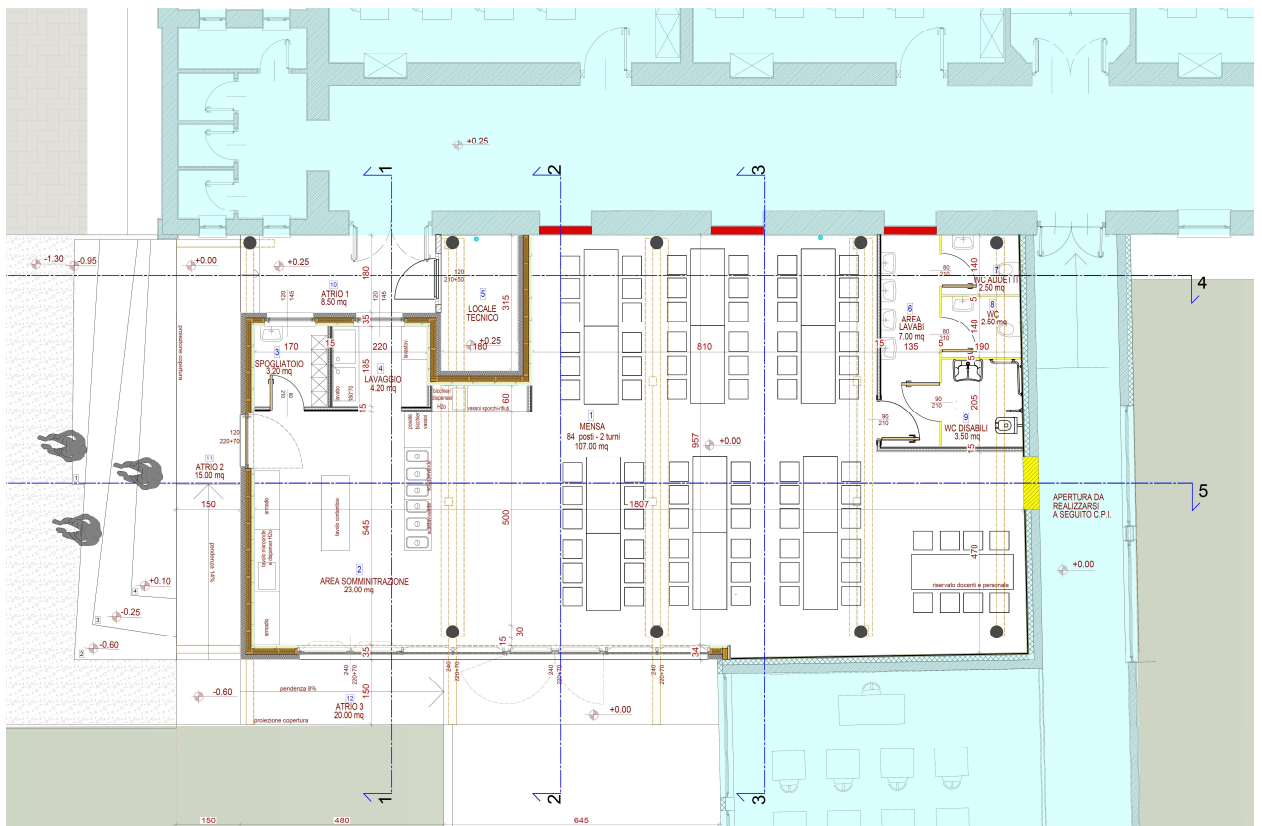
5. METODOLOGIA ADOTTATA NELLO STUDIO

Lo studio previsionale dei requisiti acustici dei componenti dell'edificio si è svolto nelle seguenti fasi:

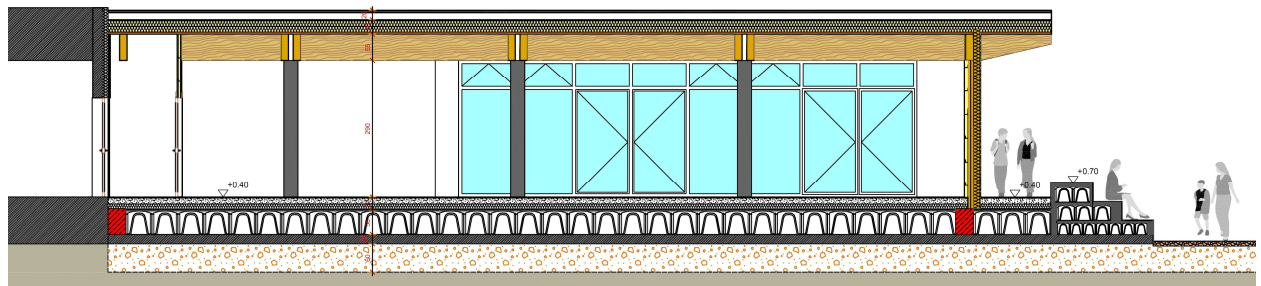
- analisi degli elaborati del progetto;
- verifica applicabilità DPCM;
- studio ambientale del sito prescelto e del contesto architettonico;
- interazione con committenza e progettisti per lo studio preliminare delle soluzioni ottimali volte a garantire il corretto isolamento acustico delle partizioni e degli impianti;
- studio delle caratteristiche tecniche dei materiali adottati;
- analisi e calcolo dell'isolamento dei singoli componenti degli elementi divisorii in progetto;
- calcolo del potere fonoisolante in opera, secondo tavole di progetto, degli elementi divisorii, modellazione con software dedicati degli ambienti oggetto di analisi;
- analisi del rumore generato dagli impianti;
- confronto dei risultati con i valori limite di legge.



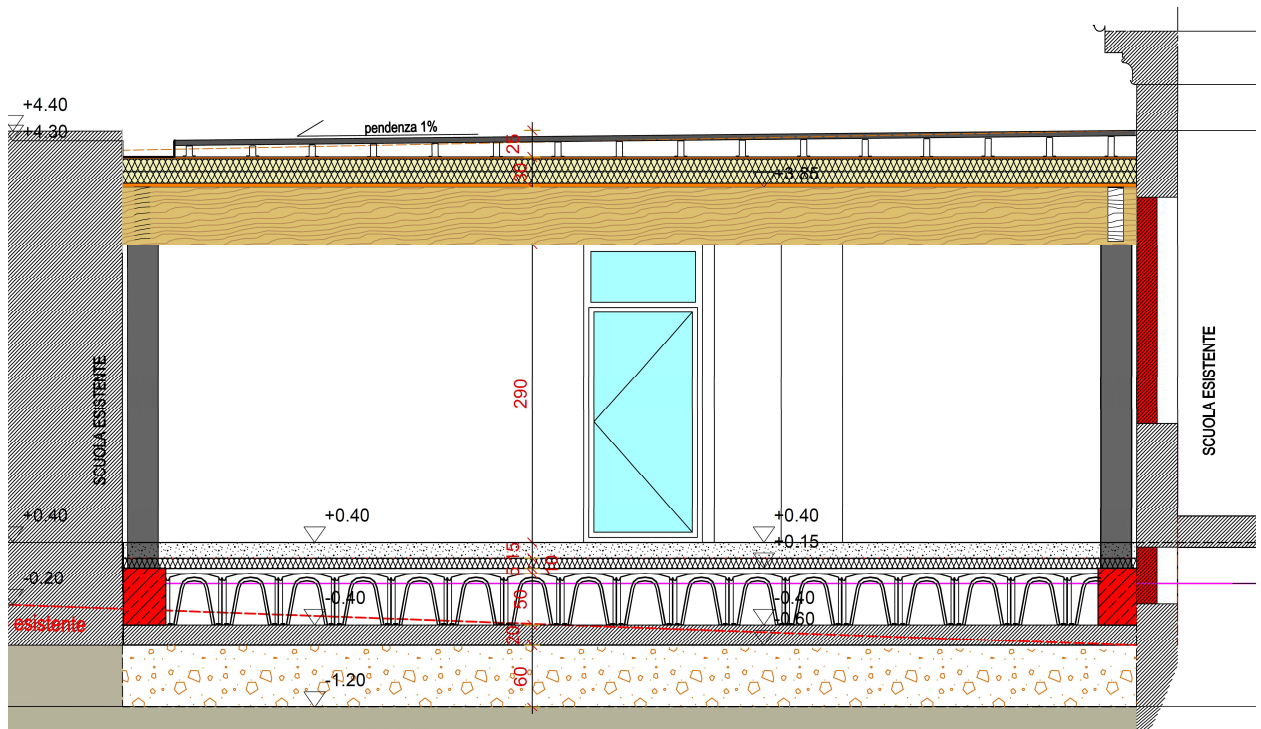
Rendering stato finale



Pianta progetto - Piano terra



Sezione progetto



Sezione progetto

6.3 Classificazione edificio secondo DM 11/01/2017 (CAM)

L'edificio rientra nelle categorie comprese nel Decreto ministeriale 11 gennaio 2017 Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare: CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER L'AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI PROGETTAZIONE E LAVORI PER LA NUOVA COSTRUZIONE, RISTRUTTURAZIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI PUBBLICI.

In particolare l'allegato II riguarda le prestazioni acustiche; segue un estratto del DM.

2.3.5.6 Comfort acustico

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.

Parametro		Prestazione base	Prestazione superiore
$D_{2m,n,T,w}$	Isolamento acustico di facciata	≥ 38	≥ 43
R'_w	Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari	≥ 50	≥ 56
L'_{nw}	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari	≤ 63	≤ 53
L_{ic}	Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quello di installazione	≤ 32	≤ 28
L_{id}	Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quello di installazione	≤ 39	≤ 34
$D_{nT,w}$	Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	≥ 50	≥ 55
$D_{nT,w}$	Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare	≥ 45	≥ 50
L'_{nw}	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	≤ 63	≤ 53

UNI 11367 Appendice A – Prospetto A.1 – Valori riferimento scuole e ospedali

Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come “prestazione buona” nel prospetto B.1 dell'Appendice B alla norma UNI 11367.

Parametro		Livello prestazionale	Ospedali/scuole	Altre destinazioni
$D_{nT,w}$	Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi.	Ottimo	≥ 34	≥ 40
		Buono	≥ 30	≥ 36
		Di base	≥ 27	≥ 32
		Modesto	≥ 23	≥ 28

UNI 11367 Appendice B - Prospetto B.1 – Valori riferimento per isolamento da ambienti ad uso collettivo (vani scale ecc.)

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.

HOTEL e affini			AULE DIDATTICHE e affini		
Stanze	$\leq 0,8$ s	SE	Aule didattiche	$\leq 0,6-0,8$ s UK	
Sala conferenze	$\leq 0,6$ s	SE		$\leq 1,2$ s	IT
Ristorante	$\leq 0,6$ s	SE		$\leq 0,6$ s	NO
Accettazione	$\leq 0,6$ s	SE		$\leq 0,5$ s	SE
Ingresso/Atrio	$\leq 0,8$ s	SE		$\leq 0,5$ s	SE
	$\leq 1,3$ s	NO		$\leq 0,6-0,8$ s FR	
UFFICI e ambienti collaterali			AMBIENTI SPORTIVI		
Ufficio privato	$\leq 0,6$ s	SE	Palestre	$\leq 1,2$ s	IT
	$\leq 0,8$ s	NO	Piscine	$\leq 2,3$ s	DK
Open space <20	$\leq 0,5$ s	SE		$\leq 2,0$ s	UK
Open space >20	$\leq 0,4$ s	SE		$\leq 1-1,5$ s	SE
Sala riunioni	$\leq 0,7$ s	FI			
Auditorium	$\leq 0,9$ s	FI			
RESIDENZIALE					
Amb. domestici	$\leq 0,6$ s	FI			
Corridoi	$\leq 0,9$ s	FI			

Verifica: Il progettista deve dare evidenza del rispetto del criterio, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, conseguendo rispettivamente un progetto acustico e una relazione di conformità redatta tramite misure acustiche in opera, che attestino il raggiungimento della classe acustica prevista dal criterio e i valori dei descrittori acustici di riferimento ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444, UNI 11532.

Qualora il progetto sia sottoposto ad una verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientali 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.

6.4 Classificazione edificio e limiti secondo il DPCM 5/12/97

Si riporta la *Tabella A - CLASSIFICAZIONI, DEGLI AMBIENTI ABITATIVI* tratta dal DPCM 5/12/97 con evidenziata la categoria di appartenenza dell'edificio.

<input checked="" type="checkbox"/>	Categoria
	A: edifici adibiti a residenza o assimilabili
	B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili
	C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
	D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
<input checked="" type="checkbox"/>	E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
	F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
	G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

In base alla classificazione la *Tabella B - REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI* del DPCM 5/12/97 riporta i limiti da rispettare.

<input checked="" type="checkbox"/>	Categorie di cui alla tabella A	R'_w (*)	D_{2mnTw}	$L_{n,w}$	I_{ASmax}	L_{Aeq}
	D	≥ 55.0 dB	≥ 45.0 dB	≤ 58.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
	A, C	≥ 50.0 dB	≥ 40.0 dB	≤ 63.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 35.0 dB
<input checked="" type="checkbox"/>	E	≥ 50.0 dB	≥ 48.0 dB	≤ 58.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 25.0 dB
	B, F, G	≥ 50.0 dB	≥ 42.0 dB	≤ 55.0 dB	≤ 35.0 dB	≤ 35.0 dB

(*) Valori di R'_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

6.5 Considerazioni generali sui limiti DPCM 05/12/97 da rispettare

R'_w - Isolamento dai rumori aerei

I limiti di R'_w sono valori minimi consentiti e riguardano solo "elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari". Pertanto non vi sono specifiche prescrizioni per le pareti tra aule scolastiche, camere d'albergo, camere d'ospedale, uffici o per le pareti tra appartamento e vano scala comune.

Di seguito tre definizioni di "unità immobiliare":

- D.P.R. 01/12/1949, n.1142 "Nuovo catasto edilizio urbano":
Unità immobiliare urbana: si accerta come distinta unità immobiliare urbana ogni fabbricato, o porzione di fabbricato od insieme di fabbricati che appartenga allo stesso proprietario e che, nel lo stato in cui si trova, rappresenta, secondo l'uso locale, un cespite indipendente.
- D.M. LL. PP.14/06/1989, n.236 "Barriere architettoniche."
Per unità immobiliare si intende una unità ambientale suscettibile di autonomo godimento ovvero un insieme di unità ambientali funzionalmente connesse, suscettibile di autonomo godimento.
- D.M. 2/01/1998, n.28 "catasto fabbricati e nuova cartografia":
L'unità immobiliare è costituita da una porzione di fabbricato, o da un fabbricato, o da un insieme di fabbricati ovvero da un'area, che, nello stato in cui si trova e secondo l'uso locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale.

D_{2mnTw} - Isolamento facciata

I limiti $D_{2m,nT,w}$ sono valori minimi consentiti, riguardano i singoli ambienti abitativi (non l'intera facciata della U.I.) e non dipendono dal rumore esterno. Nel caso l'immobile venga edificato in prossimità di opere rumorose la L.447/1995 richiede di realizzare una valutazione di "clima acustico" dell'area. Tale valutazione ha lo scopo di analizzare i livelli di rumore ambientale e, se necessario, prescrivere adeguati interventi di mitigazione dei rumori quali, ad esempio, isolamenti di facciata superiori ai limiti definiti nel DPCM. Per definire l'entità dell'isolamento possono essere utilizzate le prescrizioni riportate negli artt. 4 e 5 del DPR 18/11/1998, n. 459 (traffico ferroviario) e l'art. 6 del DPR 30/03/2004, n. 142 (traffico

veicolare). Altre indicazioni sui livelli di rumori accettabili all'interno di ambienti abitativi sono riportati nella norma tecnica UNI 8199.

L'_{nw} - Isolamento rumore calpestio

I limiti L'_{nw} sono valori massimi consentiti, il DPCM non chiarisce se la prescrizione è riferita ai solai "a soffitto" o ai solai "a pavimento" degli ambienti abitativi esaminati. Pertanto in caso di edifici a destinazione d'uso mista (ad esempio uffici a piano terra e residenze a piano primo) non è chiaro quali limiti si debbano applicare. Si suggerisce di adottare sempre i valori più restrittivi. Si segnala però che ragionevolmente i limiti del DPCM possono avere senso solo se si considera il solaio "a pavimento" dell'ambiente in esame. Ad esempio è ragionevole che il "pavimento" di un ambiente destinato ad uffici ($L'_{nw}=55$ dB) debba avere un limite di calpestio più restrittivo del "pavimento" di un ambiente destinato a residenza ($L'_{nw}=63$ dB).

Il Decreto non specifica che la macchina da calpestio debba essere posizionata in una unità immobiliare differente rispetto a quella dell'ambiente disturbato. Pertanto è possibile eseguire rilevazioni di calpestio anche all'interno della medesima unità immobiliare. La prescrizione è più che ragionevole se si considerano scuole, ospedali, alberghi o uffici. D'altro canto si segnala che realizzare misure di livello di calpestio tra stanze di una unità immobiliare residenziale può risultare, in alcuni casi, particolarmente complicato. Gli ambienti infatti possono essere tra loro collegati da vani scale o altri "ponti acustici". Il Decreto non specifica che la sorgente di calpestio debba essere posizionata nell'ambiente soprastante all'ambiente di misura. E' quindi possibile realizzare anche rilevazioni tra stanze adiacenti sullo stesso piano o ambienti sfalsati. Non vi sono specifiche indicazioni nel Decreto in merito al calpestio proveniente dalle scale comuni anche se è opportuno prendere provvedimenti anche per queste ultime.

Rumore impianti

I limiti di L_{ASmax} e L_{Aeq} sono valori massimi consentiti, il disturbo deve essere misurato in ambienti diversi da quello in cui il rumore si origina ed è possibile eseguire rilievi anche all'interno della medesima unità immobiliare. Anche in questo caso quest'ultima indicazione è più che ragionevole se si considerano scuole, ospedali, alberghi o uffici, ma più difficile da realizzare per due ambienti interni a una residenza. Si evidenzia che anche la misura su impianti a funzionamento continuo deve essere eseguita in ambienti diversi da quello in cui il rumore si origina. Pertanto, ad esempio, il rumore di un fan-coil a servizio di una camera d'albergo deve essere misurato nella camera adiacente.

6.6 Applicabilità del DPCM 5/12/97 in caso di ristrutturazione

Si domanda se esista l'obbligo di adeguamento di un edificio in caso di una ristrutturazione parziale, alla luce della normativa esistente. In proposito si osserva quanto segue.

- 1) L'art.3, c.1 lett. f, della L. 447/95 afferma che è competenza dello Stato *l'indicazione, con decreto del ministro dei Lavori pubblici, di concerto con il ministro dell'Ambiente e con, il ministro dei Trasporti e della navigazione, dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la **ristrutturazione** delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti ai fini della tutela dall'inquinamento acustico;*
- 2) Il successivo D.P.C.M. 5/12/97 però non menziona esplicitamente i casi di ristrutturazione. Emerge unicamente che, a partire dall'entrata in vigore del decreto, tutti gli edifici di nuova costruzione (o comunque con data della Concessione Edilizia successiva al 20/2/98) sono sottoposti alle prescrizioni del decreto.
- 3) Trattandosi di una materia non ben definita, il Ministero dell'Ambiente, ha emesso una circolare con data 9/3/99, che tuttavia non chiarisce i dubbi. Il documento in particolare riporta:
 - *sono soggetti al rispetto dei limiti specifici tutti i nuovi impianti tecnologici, siano essi installati ex novo che in sostituzione ad altri già esistenti;*
 - *non sono soggetti all'adeguamento delle caratteristiche passive delle pareti e dei solai gli edifici che non siano oggetto di totale ristrutturazione, in particolare l'accertato superamento dei limiti degli impianti tecnologici dovrà essere risolto con un intervento sull'impianto ma senza adeguare le caratteristiche passive delle pareti già esistenti.*

Premettendo che in definitiva ogni decisione spetta ai responsabili tecnici del Comune o degli Enti della Pubblica Amministrazione chiamati ad esprimere pareri o a rilasciare atti, tra gli esperti del settore sono seguite pertanto le seguenti interpretazioni:

- a) in caso di ristrutturazione totale tutti i parametri sono da verificare;

- b) in caso di ristrutturazione parziale i parametri sono da applicare per le parti interessate ove non esistano insormontabili problemi tecnici o se le soluzioni proponibili non siano confacenti alle caratteristiche anche storico/documentali dell'edificio.
- c) In caso di ristrutturazione di impianti non vanno verificate le murature e, allo stesso modo solo per le parti interessate quale intervento eventualmente da completarsi in futuro anche nelle altre porzioni.

6.7 Limiti applicabili al caso specifico

Parametro		DPCM 5/12/97	CAM
$D_{2m,n,T,w}$	Isolamento acustico di facciata	≥ 48 *	≥ 43 *
R'_w	Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari	≥ 50	≥ 56
L'_{nw}	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari	≤ 58	≤ 53
L_{ic}	Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo in ambienti diversi da quello di installazione	≤ 25 *	≤ 28 *
L_{id}	Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo in ambienti diversi da quello di installazione	≤ 35	≤ 34
$D_{nT,w}$	Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	-	≥ 55
$D_{nT,w}$	Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare	-	≥ 50
L'_{nw}	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare	-	≤ 53
$D_{nT,w}$	Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi.	-	≥ 30
TR	Tempo riverbero aula	≤ 1.2 sec *	Uni 11532-2 *
TR	Tempo riverbero palestra	≤ 2.2 sec *	Uni 11532-2 *
STI	Speech transmission index aula	-	Uni 11532-2

NOTA: come si evince dalla tabella soprastante i limiti imposti dai CAM si sovrappongono a quelli imposti dal DPCM. E' prassi perseguire, nel caso di sovrapposizione di due normative, la più restrittiva.

6.8 Parametri da valutare applicabili al caso specifico

Sulla base di quanto dichiarato dal progettista, con riferimento alle tavole di progetto, per ognuno dei parametri che devono essere verificati per il rispetto dei limiti indicati dal DPCM, è riportata l'applicabilità al caso specifico.

Parametro da verificare	Elemento edificio	Note
D_{2mnTw} - Isolamento acustico facciata	Nuove facciate.	--

Parametro da verificare	Elemento edificio	Note
$L'_{n,w}$ - Isolamento rumore calpestio	Non applicabile. <i>Non esistono ambienti al piano inferiore; l'edificio è di fatto svincolato rispetto all'esistente, pertanto anche la componente di trasmissione orizzontale può essere considerata trascurabile.</i>	--

Parametro da verificare	Elemento edificio	Note
R'_w - Isolamento rumore aereo	Non applicabile <i>Non esistono unità distinte e adiacenti.</i>	--

Parametro da verificare	Elemento edificio	Note
$D_{nT,w}$ – Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare.	Divisorio (esistente) tra refettorio e aula didattica (esistente). <i>L'attuale facciata dell'aula che si troverà in contatto con la nuova struttura diventerà in sostanza il divisorio tra i due ambienti, e come tale viene analizzato.</i>	--

Parametro da verificare	Elemento edificio	Note
$D_{nT,w}$ – Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi.	Divisorio (esistente) tra refettorio e corridoio. <i>L'attuale facciata del corridoio che si troverà in contatto con la nuova struttura diventerà in sostanza il divisorio tra i due ambienti, e come tale viene analizzato.</i>	--

Parametro da verificare	Impianto	Note
L_{Aeq} - Impianti a ciclo continuo / L_{ic} - Impianti a ciclo continuo in ambienti diversi da quello di installazione	-Riscaldamento <i>Nuovo impianto interno al refettorio.</i> -Estrazione aria	--

Parametro da verificare	Impianto	Note
$L_{AS_{max}}$ - Impianti a ciclo discontinuo / L_{id} - Impianti a ciclo discontinuo in ambienti diversi da quello di installazione	Idrosanitario <i>Nuovo impianto interno al refettorio</i>	--

Parametro da verificare	Ambiente di rilievo	Note
TR - Tempo di riverberazione	Refettorio	--

Parametro da verificare	Ambiente di rilievo	Note
STI - Speech transmission index	Refettorio	--

7. ANALISI DELLE SOLUZIONI TECNICHE IN PROGETTO

7.1 Metodologia adottata

Con riferimento alla descrizione dei lavori e all'applicabilità del DPCM al caso specifico, di seguito è riportata l'analisi acustica delle stratigrafie che compongono le partizioni in progetto per le quali è previsto il rispetto dei parametri legislativi ed eventualmente di quelle ritenute significative per l'ottenimento di un adeguato comfort acustico degli ambienti.

Per ognuna di esse è stato eseguito il calcolo del potere fonoisolante mediante software di modellazione acustica (stima di R_w o L_{nw} , corrispettivi ad un valore da "laboratorio", ovvero non in opera).

I parametri di input derivano dalle caratteristiche fisiche proprie dei materiali, dalle banche dati del software, dalle schede tecniche e da eventuali report di misure di laboratorio di eventuali "sistemi di costruzione" certificati forniti dai produttori (es. pacchetti di costruzione a secco). Nel caso siano utilizzati questi ultimi certificati, il "pacchetto" o l'elemento è stato rimodellato con il software in modo che i dati di calcolo coincidano con quelli sperimentali.

La previsione del comportamento fonoisolante di singoli componenti avviene utilizzando i concetti della legge di massa e della frequenza di coincidenza.

I risultati così ottenuti saranno utilizzati in seguito per la simulazione delle prestazioni in opera, che terranno in considerazione il contesto e le partizioni adiacenti, i nodi strutturali e le trasmissioni per fiancheggiamento, i serramenti nelle facciate, ecc.

Sono stati utilizzati i seguenti software previsionali:

- SONIDO PRO
- SUONUS
- ECHO 8.1
- INSUL 9.0

Ogni previsione del comportamento acustico deve tenere in debito conto inevitabili approssimazioni, che possono portare incertezze nell'ordine di circa 2-3 dB su componenti semplici.

Di seguito si elencano le soluzioni adottate e le relative prestazioni acustiche reperite attraverso certificati di prove in laboratorio su campioni simili o, in mancanza di questi, stimate attraverso relazioni empiriche o su calcoli eseguiti con software previsionale. La valutazione delle prestazioni in opera sarà eseguita in seguito a partire dai risultati ottenuti.

7.2 Prestazioni acustiche degli elementi di facciata

Tamponamento (stratigrafia dall'interno verso l'esterno)

N°	Stratigrafia	Spessore (mm)	Note
01	Lastre fibrogesso (Fermacell)	18	Sp. totale
03	Intercapedine con fibra minerale 50 kg/mc	50	Su montante da 50 mm
04	Legno	120	-
05	Pannello fibra legno	140	-
06	Intonaco	10	-
Risultato calcolo (Scheda di calcolo n°01)			$R_w (C ; C_{tr}) = 49.0 (-2; -6) \text{ dB}$

Serramenti esterni

N°	Stratigrafia	Spessore (mm)	Note
01	Vetrocamera	3+3 / 16 / 4+4	-
Risultato calcolo (Scheda di calcolo n°02)			$R_w (C ; C_{tr}) = 43.0 (-3; -8) \text{ dB}$

7.2.1 Indicazioni per la realizzazione corretta della facciata

Le prestazioni isolanti della facciata prevedono che i lavori siano eseguiti a regola d'arte e secondo le indicazioni che saranno fornite in dettaglio nella fase esecutiva del progetto, in particolare per quanto riguarda la posa dei materiali e sui nodi tra elementi.

Seguono schede di calcolo di calcolo

Scheda di calcolo 01



SONIDO

by microbel srl

Calcolo previsionale del potere fonoisolante di elementi di edifici

Dati generali

Progetto: Mensa scuola

Cliente:

Progetto n.:

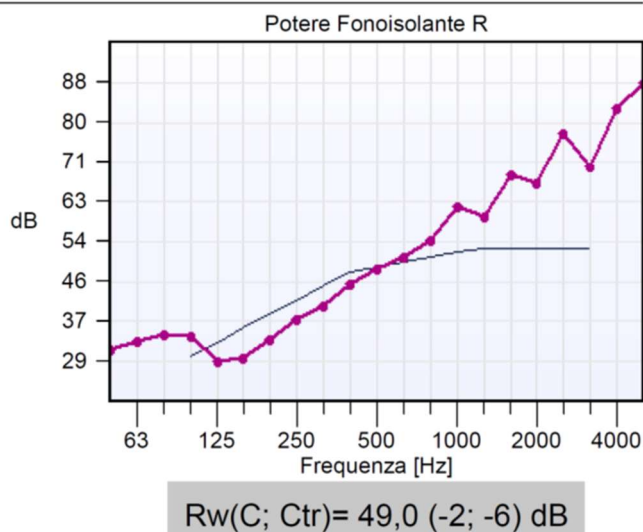
Tecnico:

Dati di progetto:

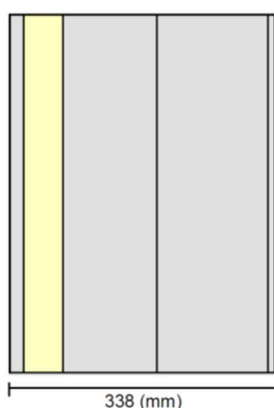
Note: Parete facciata

Risultati

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	rif [dB]
50	31,4	
63	33,3	
80	34,6	
100	34,3	30,0
125	29,0	33,0
160	29,8	36,0
200	33,8	39,0
250	38,0	42,0
315	40,7	45,0
400	45,4	48,0
500	48,4	49,0
630	51,2	50,0
800	54,5	51,0
1000	61,8	52,0
1250	59,6	53,0
1600	68,6	53,0
2000	66,8	53,0
2500	77,2	53,0
3150	70,1	53,0
4000	82,6	
5000	88,0	



Descrizione stratigrafia



Parete 1

1: Fibrogesso lastra. Sp: 18mm X 1

Parete 2

1: Legno. Sp: 120mm X 1

2: Pannello di fibra legno dura 800 [kg/m³]. Sp: 140mm X 1

3: Malta per intonaco (1500 kg/m³). Sp: 10mm X 1

Intercapedine

Intercapedine con materiale fonoassorbente Sp: 50mm

m' = 208,6 kg/m²

Scheda di calcolo 02



SONIDO

by microbel srl

Calcolo previsionale del potere fonoisolante di elementi di edifici

Dati generali

Progetto: Mensa scuola

Cliente:

Progetto n.:

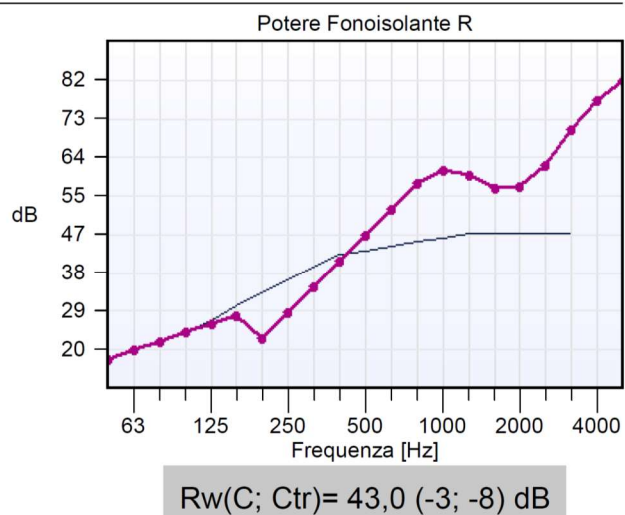
Tecnico:

Dati di progetto:

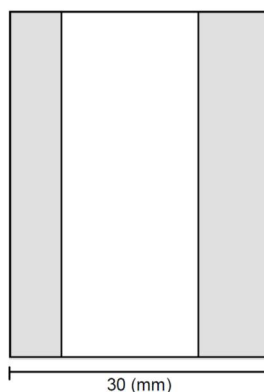
Note: Vetrata facciata

Risultati

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	rif [dB]
50	18,0	
63	20,0	
80	22,1	
100	24,0	24,0
125	26,0	27,0
160	28,1	30,0
200	22,6	33,0
250	28,8	36,0
315	34,8	39,0
400	40,7	42,0
500	46,7	43,0
630	52,7	44,0
800	58,6	45,0
1000	61,4	46,0
1250	60,4	47,0
1600	57,3	47,0
2000	57,7	47,0
2500	62,7	47,0
3150	70,8	47,0
4000	77,7	
5000	82,1	



Descrizione stratigrafia



Parete 1

1: Vetro da finestra. Sp: 6mm X 1

Parete 2

1: Vetro da finestra. Sp: 8mm X 1

Intercapedine

Intercapedine vuota Sp: 16mm

30 (mm)

 $m' = 35,0 \text{ kg/m}^2$

7.3 Prestazioni acustiche dei solai

Non applicabile, vedi par. 6.8.

7.3.1 Indicazioni per la realizzazione corretta del solaio

Non applicabile, vedi precedente.

7.4 Prestazioni acustiche del divisorio esistente refettorio - scuola

N°	Stratigrafia	Spessore (mm)	Note
01	Intonaco	15	-
02	Laterizio p.	310	-
03	Intonaco	15	-
Risultato calcolo (<i>Scheda di calcolo n°03</i>)			$R_w (C ; C_{tr}) = 58.0 (-2; -6) \text{ dB}$

7.4.1 Indicazioni per la realizzazione corretta del divisorio

Le prestazioni isolanti prevedono che i lavori siano eseguiti a regola d'arte e secondo le indicazioni che saranno fornite in dettaglio nella fase esecutiva del progetto, in particolare per quanto riguarda la posa dei materiali resilienti e sui nodi tra elementi.

Segue scheda di calcolo

Scheda di calcolo 03



SONIDO

by microbel srl

Calcolo previsionale del potere fonoisolante di elementi di edifici

Dati generali

Progetto: Mensa scuola

Cliente:

Progetto n.:

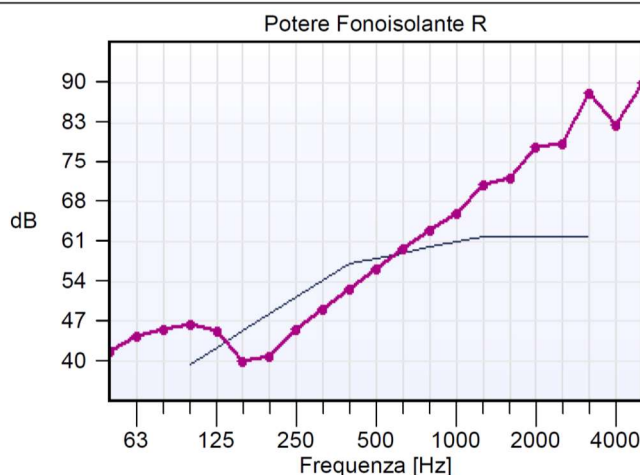
Tecnico:

Dati di progetto:

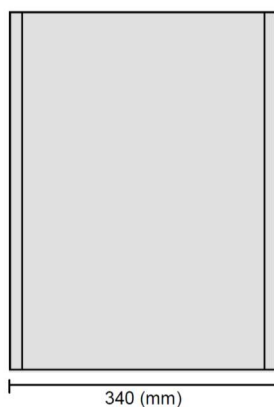
Note: Murature esistenti

Risultati

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	rif [dB]
50	41,4	
63	44,1	
80	45,4	
100	46,2	39,0
125	45,1	42,0
160	39,6	45,0
200	40,6	48,0
250	45,2	51,0
315	49,0	54,0
400	52,7	57,0
500	56,2	58,0
630	59,8	59,0
800	63,0	60,0
1000	66,2	61,0
1250	71,2	62,0
1600	72,5	62,0
2000	78,0	62,0
2500	78,8	62,0
3150	87,7	62,0
4000	82,1	
5000	89,7	


 $R_w(C; C_{tr}) = 58,0 (-2; -6) \text{ dB}$

Descrizione stratigrafia


 $m' = 603,0 \text{ kg/m}^2$

Parete

1: Malta per intonaco (1500 kg/m^3). Sp: 15mm X 1

2: Laterizio p.. Sp: 310mm X 1

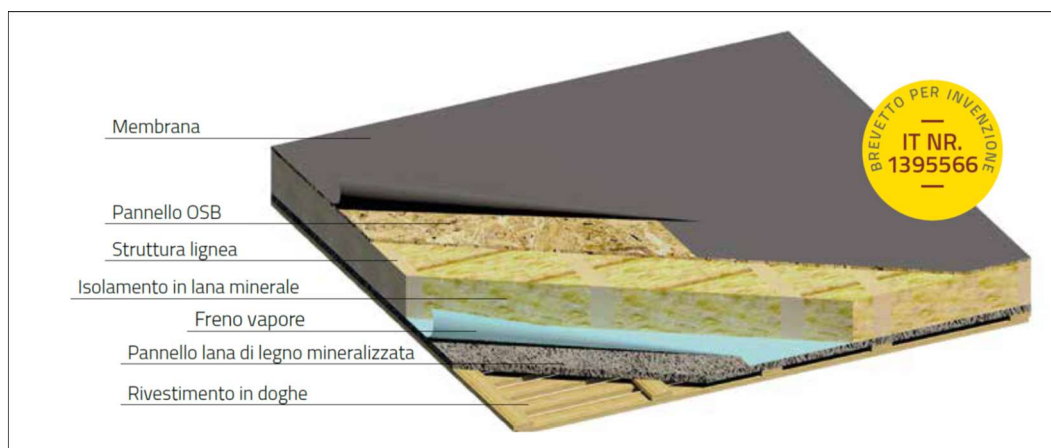
3: Malta per intonaco (1500 kg/m^3). Sp: 15mm X 13: Malta per intonaco (1500 kg/m^3). Sp: 15mm X 13: Malta per intonaco (1500 kg/m^3). Sp: 15mm X 1

8. TRATTAMENTO ACUSTICO

8.1 Soluzioni in progetto

Il trattamento acustico dei locali è garantito dalla posa del prodotto WolfSystem NEXTPANEL – Sistema copertura con lato a vista fonoassorbente:

8.1.1 WolfSystem NEXTPANEL

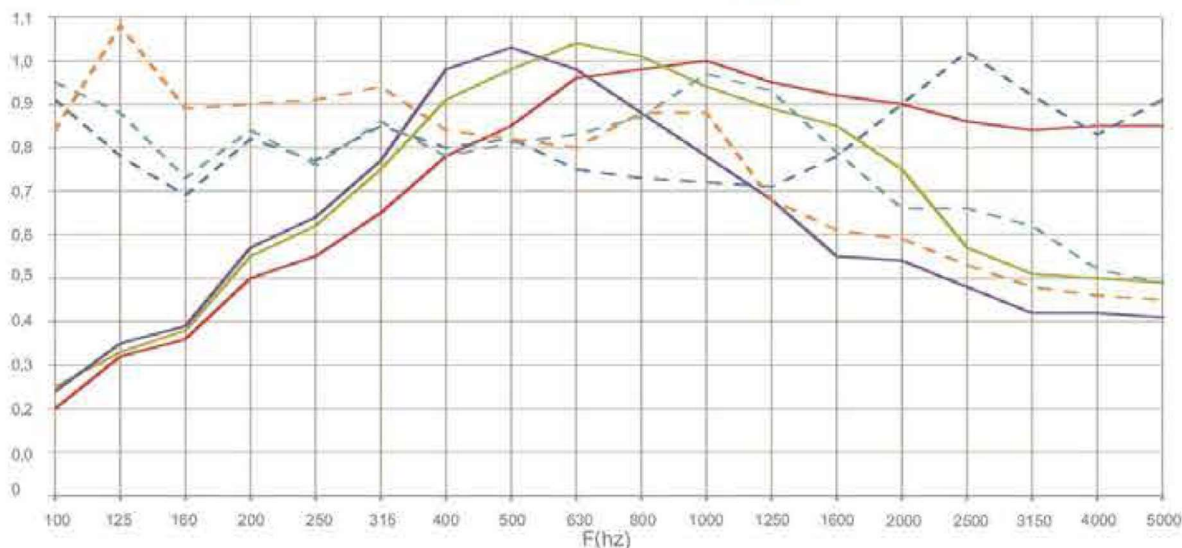


Stratigrafia sistema

Acustica: un punto di forza

Un **assorbimento acustico elevato** (con valori α_w fino 0,85, supportato da prove di laboratorio UNI EN ISO 354:2003), con prestazioni modulate per ottenere il pannello adatto alle diverse esigenze.

Caratteristiche di **abbattimento acustico** del rumore di 38 dB per il pannello standard e fino a 48 dB per edifici scolastici e assimilabili.



Coefficienti assorbimento acustico

9. METODOLOGIA E STRUMENTAZIONE DI CALCOLO PREVISIONALE R.A.P.

Il D.P.C.M. 5/12/97 prescrive che le prestazioni di isolamento acustico dei componenti siano assicurate in opera: in altri termini, nella fase di progettazione, è necessario disporre di un metodo di calcolo analitico che consenta di prevedere con sufficiente approssimazione tali prestazioni a partire dalle caratteristiche acustiche dei singoli elementi che compongono l'edificio; queste sono normalmente rilevabili dalle certificazioni di laboratorio fornite dai produttori dei vari componenti edilizi (pareti, solai, serramenti, ecc.), oppure dai dati reperibili in letteratura, e dipendono in buona parte dalle modalità costruttive e di montaggio che si ritiene di dover adottare.

La serie di norme UNI EN ISO 12354: 2001, e la UNI TR 11175: 2005 riportano i metodi di calcolo utilizzabili per tale valutazione.

Occorre evidenziare che l'attendibilità dei metodi di calcolo è strettamente vincolata:

- alla veridicità delle certificazioni acustiche dei componenti edilizi;
- alla effettiva utilizzazione in corso d'opera dei componenti certificati;
- alla esecuzione a regola d'arte dei componenti oggetto di valutazione;
- alla corretta installazione dei serramenti;
- alle incertezze insite nel modello stesso, e comunque presenti in ogni valutazione analitica del tipo in esame.

Per verificare il rispetto in opera teorico del DPCM, sono state effettuate delle simulazioni di tali condizioni per alcuni ambienti campione ritenuti significativi con particolare riferimento alle norme europee EN 12354 parti 1-2-3. Per simulare correttamente le condizioni in opera dei divisori, sono stati creati dei modelli tridimensionali degli ambienti oggetto di verifica, inserendo gli elementi dell'edificio precedentemente calcolati e le relative prestazioni acustiche.

Sono stati tenuti inoltre in considerazione i contributi penalizzanti che in opera forniscono una diminuzione delle prestazioni forniti da:

- trasmissione diretta attraverso la parete;
- percorsi di trasmissione per fiancheggiamento dovuti alle strutture laterali e ai rispettivi nodi;
- eventuali percorsi di trasmissione aerea del suono;
- piccoli elementi posti nella partizione (prese d'aria, impianti, ecc.);
- serramenti facciata (tipologia e caratteristiche telaio e componente vetrata) ;
- sistemi in grado di trasmettere il suono per via aerea (condotti di ventilazione con uscite negli ambienti separati).

Sono stati utilizzati i seguenti software previsionali:

- SONIDO PRO 1.5.0 prodotto da Microbel s.r.l
- SUONUS prodotto da ACCA software

Ogni previsione del comportamento acustico deve tenere in debito conto inevitabili approssimazioni, che possono portare incertezze nell'ordine di circa 2-3 dB su componenti semplici.

Avendo scelto per la verifica ambienti acusticamente significativi, e considerato che tutti sono realizzati con gli stessi materiali e criteri costruttivi, sia per quanto riguarda ad es. le partizioni di facciata, sia per i divisori interni, i parametri sono quindi da intendersi verificati anche per gli altri ambienti aventi caratteristiche analoghe ma non analizzati puntualmente.

10. ELENCO CALCOLI EFFETTUATI E RISULTATI

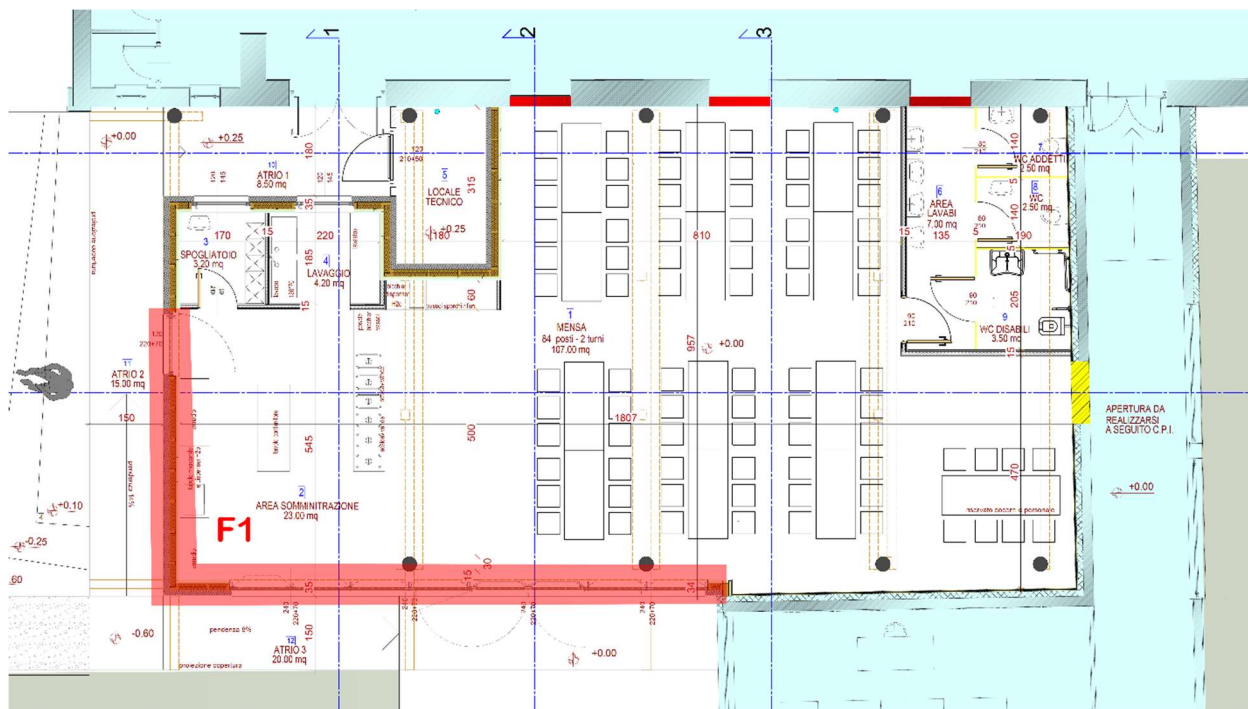
Si riportano di seguito le piante di riferimento e l'elenco dei calcoli relativi alle simulazioni in opera dei componenti, effettuate per i campioni ritenuti più significativi (sostanzialmente 1 per ogni tipologia di divisorio). Ulteriori analisi più approfondite, saranno eseguite in fase di progetto esecutivo.

I campioni analizzati possono ritenersi significativi e rappresentativi, dal punto di vista acustico, di ambienti analoghi non verificati puntualmente.

Seguono l'elenco, le piante con la posizione delle simulazioni effettuate e le schede di calcolo corrispondenti. La voce "N.a." indica un parametro "Non applicabile" secondo quanto riportato al par. "Applicabilità DPCM al caso specifico".

10.1 Verifica $D_{2m,nTw}$ – Indice isolamento acustico di facciata normalizzato

N°	Piano edificio	Ambiente ricevitore	$D_{2m,nTw}$ (C; Ctr)	Note
F1	Piano Terra	Mensa	48.0 (-2; -7)	



Pianta piano terra – Posizione verifiche



by microbel srl

Calcolo previsionale eseguito secondo 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

Dati generali

Progetto: REFETTORIO SCUOLA

Cliente:

Progetto n.: F1

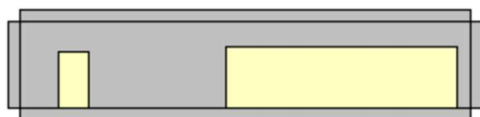
Technico:

Dati di progetto:

Note:

Schema Grafico

Vista interna



Elementi

D : Mensa scuola_Facciata;

f1: Mensa scuola_Facciata;

f2: ;

f3: ;

f4: ;

Proprietà acustiche degli elementi

Elem	m'	Rw (dB)	m' add	DRw (dB)
D	208,60	49,0	0,00	0,0
f1	208,60	49,0	0,00	0,0
f2	0,00	0,0	0,00	0,0
f3	0,00	0,0	0,00	0,0
f4	0,00	0,0	0,00	0,0

Giunti

Elem	Descrizione
f1	1. Giunzione rigida a croce
f2	1. Giunzione rigida a croce
f3	1. Giunzione rigida a croce
f4	1. Giunzione rigida a croce

Elem	m1 (kg/m²)	m2 (kg/m²)	M=log(m1/m2)
f1	208,6	208,6	0,00
f2	0,0	0,0	0,00
f3	0,0	0,0	0,00
f4	0,0	0,0	0,00

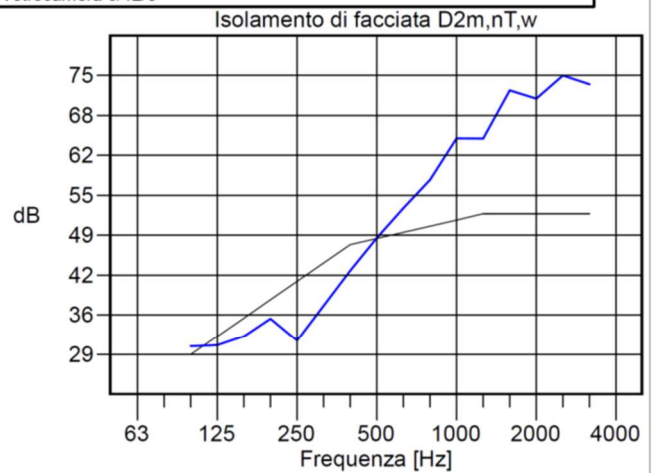


SONIDO

Infissi

Elemento	Rw (dB)	%	Area (m ²)	% Area	Note
parte opaca	0,0	0,0	59,5	0,0	
infisso1	0,0	0,0	2,6	0,0	Vetrocamera 6/12/8
infisso2	0,0	0,0	21,6	0,0	Vetrocamera 6/12/8

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	rif [dB]
50	24,6	
63	26,6	
80	28,7	
100	30,3	29,0
125	30,5	32,0
160	32,0	35,0
200	34,9	38,0
250	31,3	41,0
315	37,0	44,0
400	42,7	47,0
500	48,1	48,0
630	52,9	49,0
800	57,6	50,0
1000	64,3	51,0
1250	64,3	52,0
1600	72,1	52,0
2000	70,8	52,0
2500	74,5	52,0
3150	73,1	52,0
4000	82,4	
5000	88,0	

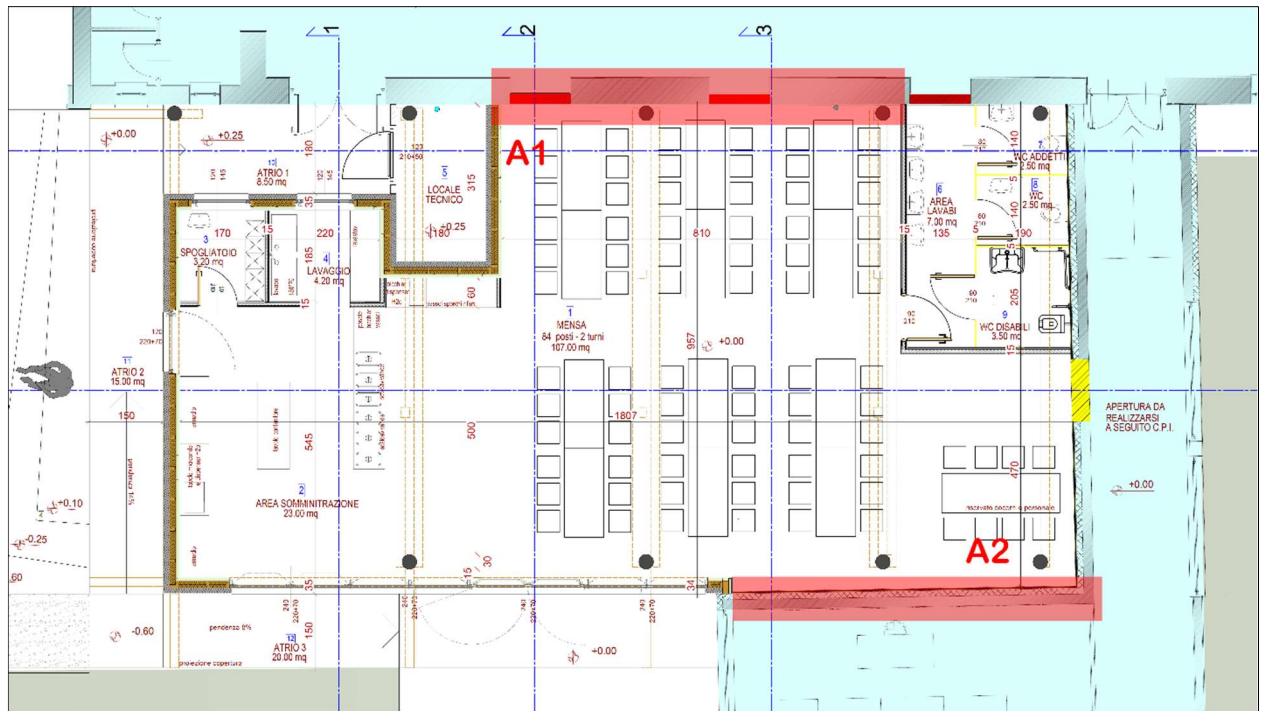


D2m,nT,w(C; Ctr)= 48,0 (-2; -7) dB

10.2 Verifica R'_w – Indice potere fonoisolante apparente partizioni tra ambienti adiacenti

N°	Ambiente emittente	Ambiente ricevitore	R'_w (C; Ctr)	Note
A1	Mensa	Corridoio	57.0 (-2; -6) [dB]	-
A2	Mensa	Aula didattica	57.0 (-1; -6) [dB]	-

Il parametro è da intendersi come $D_{nT,w}$



Pianta piano terra – Posizione verifiche



by microbel srl

Calcolo previsionale eseguito secondo 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

Dati generali

Progetto: REFETTORIO SCUOLA

Cliente:

Progetto n.: A1

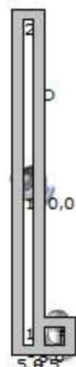
Tecnico:

Dati di progetto:

Note:

Schema Grafico

Vista in pianta



Vista laterale



Elementi

D: Mensa_Murature esistenti;

F1: Mensa_Murature esistenti;

F2: Mensa scuola_Facciata;

F3: ;

F4: ;

f1: Mensa_Murature esistenti;

f2: Mensa scuola_Facciata;

f3: ;

f4: ;

d:

Proprietà acustiche degli elementi

Elem	m'	Rw (dB)	m' add	DRw (dB)
D	603,00	58,0	0,00	0,0
F1	603,00	58,0	0,00	0,0
F2	208,60	49,0	0,00	0,0
F3	0,00	0,0	0,00	0,0
F4	0,00	0,0	0,00	0,0
f1	603,00	58,0	0,00	0,0
f2	208,60	49,0	0,00	0,0
f3	0,00	0,0	0,00	0,0
f4	0,00	0,0	0,00	0,0
d	0,00	0,0	0,00	0,0



SONIDO

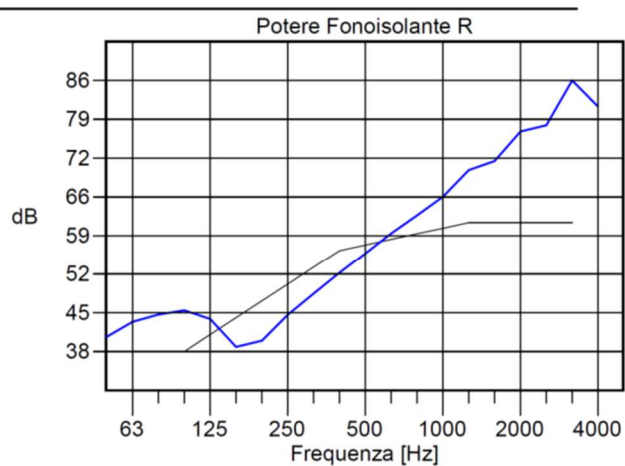
Giunti

Elem	Descrizione
f1	4. Giunzione rigida a T con camera ricevente spostata
f2	1. Giunzione rigida a croce
f3	1. Giunzione rigida a croce
f4	1. Giunzione rigida a croce

Elem	m1 (kg/m²)	m2 (kg/m²)	M=log(m1/m2)
f1	603,0	603,0	0,00
f2	208,6	603,0	0,46
f3	0,0	0,0	0,00
f4	0,0	0,0	0,00

Risultati

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	rif [dB]
50	40,6	
63	43,3	
80	44,6	
100	45,3	38,0
125	43,8	41,0
160	38,8	44,0
200	39,9	47,0
250	44,5	50,0
315	48,3	53,0
400	52,0	56,0
500	55,5	57,0
630	59,1	58,0
800	62,3	59,0
1000	65,6	60,0
1250	70,3	61,0
1600	71,9	61,0
2000	77,1	61,0
2500	78,3	61,0
3150	86,2	61,0
4000	81,6	
5000	89,1	



$R'w(C; Ctr) = 57,0 (-2; -6) \text{ dB}$



by microbel srl

Calcolo previsionale eseguito secondo 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

Dati generali

Progetto: REFETTORIO SCUOLA

Cliente:

Progetto n.: A2

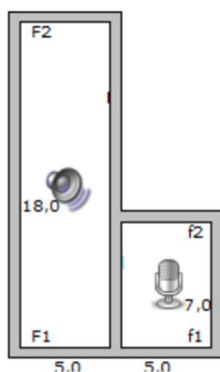
Tecnico:

Dati di progetto:

Note:

Schema Grafico

Vista in pianta



Vista laterale



Elementi

D : Mensa_Murature esistenti;

F1: Mensa_Murature esistenti;

F2: ;

F3: ;

F4: ;

f1: Mensa_Murature esistenti;

f2: ;

f3: ;

f4: ;

d :

Proprietà acustiche degli elementi

Elem	m'	Rw (dB)	m' add	DRw (dB)
D	603,00	58,0	0,00	0,0
F1	603,00	58,0	0,00	0,0
F2	0,00	0,0	0,00	0,0
F3	0,00	0,0	0,00	0,0
F4	0,00	0,0	0,00	0,0
f1	603,00	58,0	0,00	0,0
f2	0,00	0,0	0,00	0,0
f3	0,00	0,0	0,00	0,0
f4	0,00	0,0	0,00	0,0
d	0,00	0,0	0,00	0,0



SONIDO

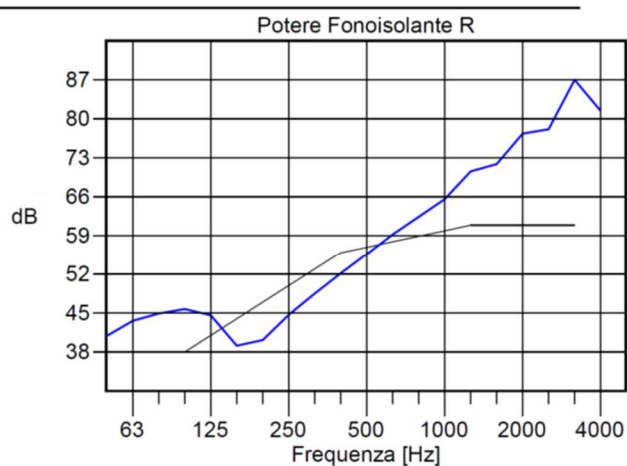
Giunti

Elem	Descrizione
f1	4. Giunzione rigida a T con camera ricevente spostata
f2	1. Giunzione rigida a croce
f3	1. Giunzione rigida a croce
f4	1. Giunzione rigida a croce

Elem	m1 (kg/m ²)	m2 (kg/m ²)	M=log(m1/m2)
f1	603,0	603,0	0,00
f2	0,0	0,0	0,00
f3	0,0	0,0	0,00
f4	0,0	0,0	0,00

Risultati

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	rif [dB]
50	40,9	
63	43,6	
80	44,9	
100	45,7	38,0
125	44,6	41,0
160	39,1	44,0
200	40,1	47,0
250	44,7	50,0
315	48,5	53,0
400	52,2	56,0
500	55,7	57,0
630	59,3	58,0
800	62,5	59,0
1000	65,7	60,0
1250	70,7	61,0
1600	72,0	61,0
2000	77,5	61,0
2500	78,3	61,0
3150	87,2	61,0
4000	81,6	
5000	89,2	



$R'w(C; Ctr) = 57,0 \text{ (-1; -6) dB}$

10.3 Calcolo TR - Tempo di riverberazione

Per l'ottenimento di un adeguato comfort acustico all'interno dei locali e per soddisfare i limiti previsti per la categoria di edificio, all'interno degli ambienti è stata prevista la posa di materiale fonoassorbente.

I calcoli del tempo di riverberazione sono stati eseguiti (per la verifica del DPCM 5/12/97) per gli ambienti dove è previsto il rispetto di alcuni parametri acustici (aule e palestra).

Sono stati scelti alcuni ambienti campione ritenuti significativi (es. uno per tipologia di materiale utilizzato); per la verifica dei TR è stato impostato un calcolo semplificato basato sulla formula di Sabine:

$$T_{60} = 0,16 \cdot (V/A)$$

dove:

- V è il volume dell'ambiente (mc);
- A è l'assorbimento equivalente (mq) che è dato dalla seguente relazione:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

Dove:

- n è il numero di elementi presenti;
- S_i è la superficie i-esima;
- α_i è il coefficiente di assorbimento acustico del materiale che ricopre la superficie i-esima.

I calcoli sono stati impostati utilizzando come input i valori di α o di superficie equivalente di assorbimento tratti dalle schede tecniche dei prodotti o da dati di letteratura specifica.

Gli ambienti sono stati verificati come "vuoti", ovvero senza arredamento che, una volta posizionato avrà un ulteriore effetto migliorativo sul TR del locale.

Codice - Ambiente	TRm [sec] calcolato	TRm [sec] ottimale
Mensa (Trattamento acustico: sistema Nextpanel)	0.63	0.6 *

* Per tale parametro l'ambiente oggetto di analisi non è soggetto a limiti vincolanti. n tuttavia il valore di 0.6 sec. Si riferisce ad ambienti adibiti a ristorazione.

Mensa - Estratto calcoli tempo di riverberazione

Volume netto dell'aria: 480,0 m³

Temperatura: 20 °C

Umidità relativa: 50% - 70%

Area totale di assorbimento equivalente dell'aria:

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
A [m ²]	0,192	0,576	1,152	1,92	3,264	7,872

VALORI DI RIFERIMENTO

DPCM 5/12/1997

Edificio scolastico - Altro ambiente

UNI 11367:2010

Ambiente adibito a Altre attività

UNI 11532-2:2020

A6 - Aree e spazi non destinati all'apprendimento

A6.4 - Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente

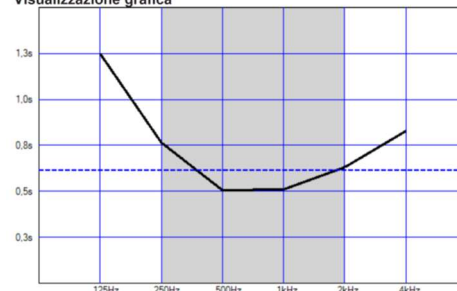
Altezza dell'ambiente 0,0 m

Senza impianto di amplificazione o con impianto spento

Visualizzazione tabellare

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
T calcolato [s]	1,30	0,80	0,53	0,53	0,66	0,86
Intervallo di conformità (UNI 11532) [s]	0,42-0,93	0,51-0,77	0,51-0,77	0,51-0,77	0,51-0,77	0,42-0,77
T massimo (UNI 11532) [s]	0,64					
T medio (250 Hz - 2000 Hz) [s]	0,63					

Visualizzazione grafica



T calcolato

T massimo

UNI 11532

10.4 Calcolo STI - Speech transmission index

Negli stessi ambienti dove è stato verificato il TR sono stati calcolati lo STI e il C50.

Gli ambienti sono stati verificati come “vuoti”, ovvero senza arredamento che, una volta posizionato avrà un ulteriore effetto migliorativo sul TR del locale.

Codice - Ambiente	STI calcolato	STI ottimale	Qualità parlato
Mensa (Trattamento acustico: sistema Nextpanel)	0.62	*	Buono

* Per tale parametro l'ambiente oggetto di analisi non è soggetto a limiti vincolanti.

Mensa - Estratto calcoli STI

Modello di calcolo Campo riverberato diffuso con contributo del suono diretto trascurabile
 Parlatore Maschio
 Sforzo vocale normale
 Livello di pressione sonora a 1 m: 60 dBA

	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz
Tempo di riverberazione							
T [s]	1,30	0,80	0,53	0,53	0,66	0,86	0,00
Direttività della sorgente							
Q	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
ID	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Livello del rumore di fondo							
L _n [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indice di trasmissione del parlato							
STI	0,62						
STI minimo	-						
Qualità parlato	Buono						
Chiarezza							
C50	-1,5	1,4	4,3	4,2	2,7	0,9	0,0
C50 medio	3,8						
C50 minimo	-						

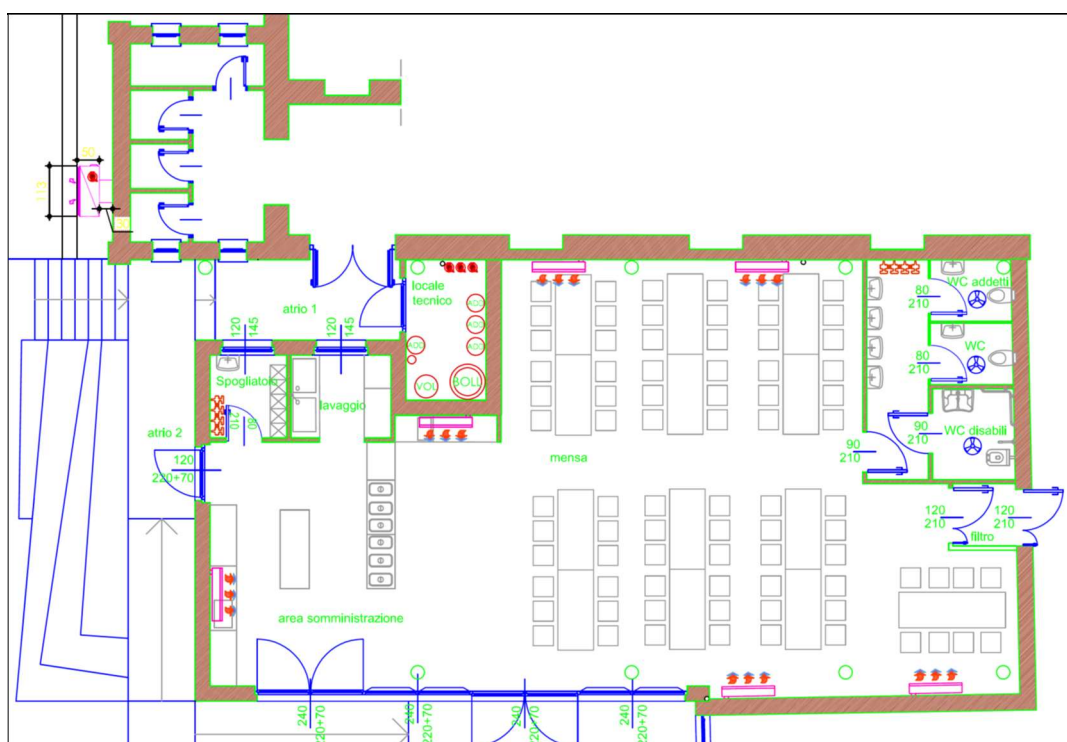
11. ANALISI DEGLI IMPIANTI IN PROGETTO

Segue l'analisi degli impianti tecnologici potenzialmente disturbanti, secondo quanto individuato al par. "Applicabilità DPCM al caso specifico".

11.1 Impianto riscaldamento

E' prevista la realizzazione di un impianto di riscaldamento con n. 6 ventilconvettori interni e pompa di calore esterna.

La scelta delle unità interne si è rivolta verso quelle con caratteristiche di minor emissione sonora. Le unità interne e in generale tutte le componenti che possono produrre vibrazioni trasmissibili alla struttura devono essere svincolate mediante supporti e collegamenti antivibranti opportunamente dimensionati. Nessun componente in vibrazione deve essere in contatto con elementi dell'edificio; in tal modo, considerate anche le prestazioni dei divisori, le emissioni di tale impianto sia di rumore aereo, sia strutturale, negli ambienti adiacenti possono essere ritenute trascurabili.



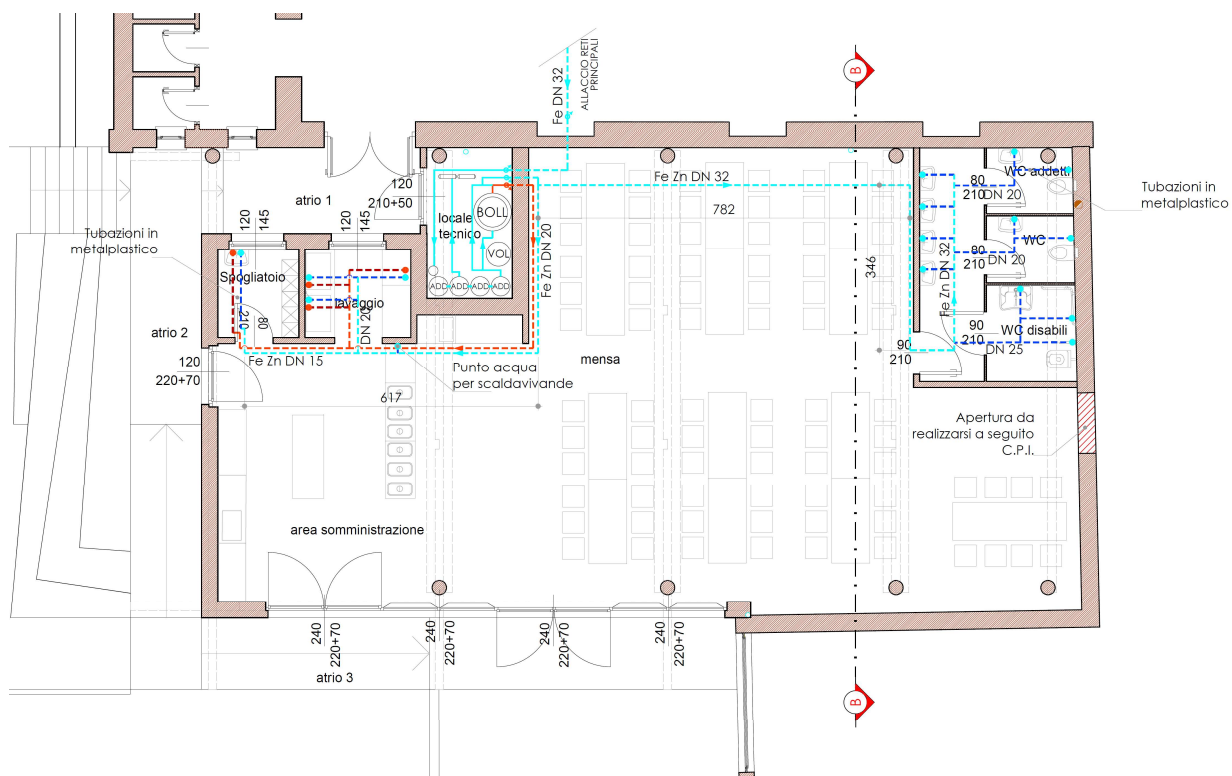
Pianta impianto riscaldamento

LEGENDA	
	Nuova pompa di calore aria/acqua per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria; costr. ///; mod. ///; P1 pdc= 30,10 kW (isc.); COP= 3,91; P: 3 bar
	Nuovo bollitore per accumulo ACS, capacità 800 litri
	Addalatore d'acqua
	Nuovo valano termico per pompa di calore, capacità 41 litri
	Ventilconvettore a soffitto Potenza a vel. max = ... kW Portata d'acqua a vel. max = ... l/h
	Radiatore a colonne in acciaio
	Gruppo di pompaggio
	Dispositivo di ventilazione forzata

11.2 Impianto idrosanitario

Per il rispetto dei requisiti richiesti dalla normativa applicabile al caso specifico sono stati adottati i seguenti accorgimenti:

- scelta di apparecchiature a bassa emissione (riduzione del rumore di tipo aereo alla sorgente);
- collocazione degli impianti e degli ambienti in essi contenuti, in modo da arrecare il minor disturbo degli ambienti di maggiore sensibilità (riduzione punti di conflittualità);
- riduzione della trasmissione delle vibrazioni da apparecchi (es cassette wc) o da tubazioni (riduzione rumore per via strutturale) mediante posa di materiali resilienti dedicati.
- Tubazioni di scarico collocate in cavedi dedicati fonoisolati e fissate con supporti resilienti.
- Uso di tubazioni (mandate e scarichi) di tipo coibentato.

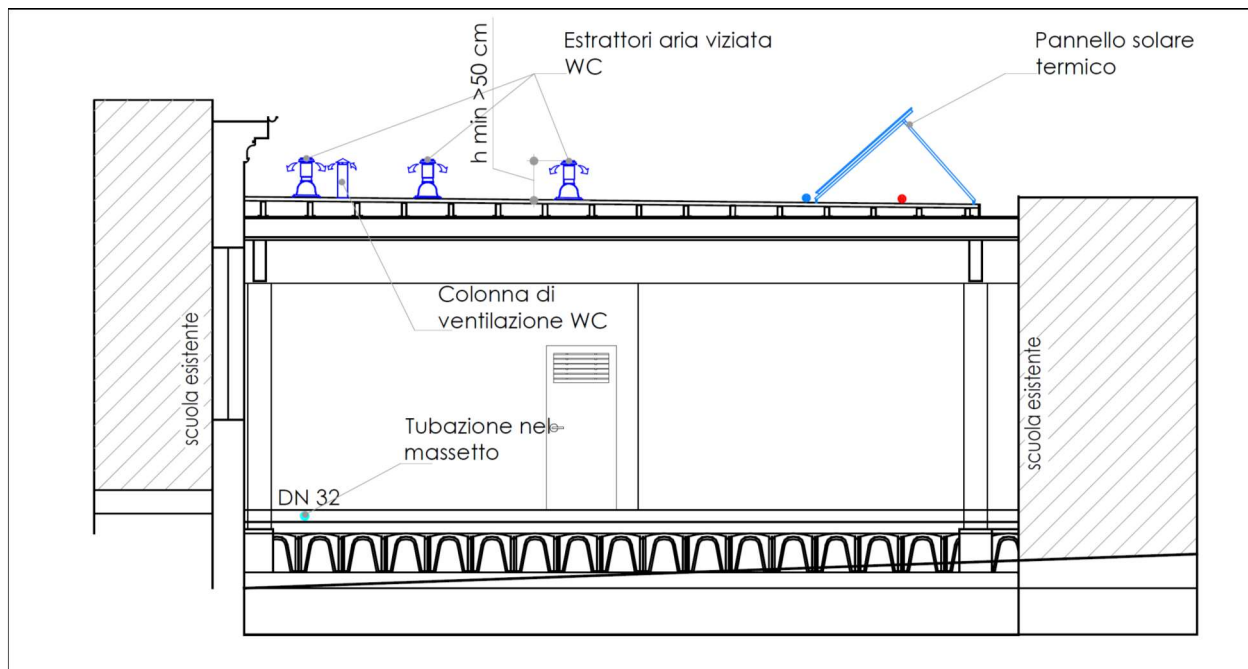


Pianta impianto idrico

11.3 Impianto estrazione aria

Sono previsti dei torrini posizionati in copertura per l'estrazione dell'aria viziata dai WC. Le emissioni di rumore di tipo aereo sono trascurabili.

Per la gestione della componente strutturale è necessario posizionarli su guarnizioni antivibranti, in modo che nessun punto sia a contatto con la struttura dell'edificio.



12. RISULTATI CALCOLI PREVISIONALI E VERIFICA DEL RISPETTO LIMITI

Tutti i report di calcolo estratti dal software sono inseriti nella relazione; di seguito i risultati delle simulazioni in opera effettuate e il confronto con i limiti del DPCM.

12.1 Indice isolamento acustico di facciata normalizzato

N°	Piano edificio	Ambiente ricevitore	$D_{2m,nTw}$ (C; Ctr)	Limite [dB]	Conformità
F1	Piano terra	Mensa	48.0 (-2; -7)	≥ 43 *	Si

* Riferimento DM CAM. Ad ogni modo risulterebbe rispettato anche il limite dettato dal DPCM 5/12/97 (48 dB) per gli ambienti ad uso didattico.

12.2 Livello di rumore di calpestio di solai normalizzato

Non applicabile vedi par. 6.8.

12.3 Potere fonoisolante apparente elementi separazione tra ambienti

N°	Ambiente emittente	Ambiente ricevitore	R'_w (C; Ctr)	Limite [dB]	Conformità
A1	Mensa	Corridoio	57.0 (-2; -6) [dB]	≥ 30 *	Si
A2	Mensa	Aula didattica	57.0 (-1; -6) [dB]	≥ 50 *	Si

* Riferimento DM CAM.

12.4 Rumore prodotto da impianti tecnologici ciclo continuo

N°	Impianto - Ambiente emittente	Ambiente ricevitore	L_{Aeq}	Limite [dB]	Conformità
-	-	-	-	≤ 28 **	Si *

* Non sono stati effettuati calcoli nello specifico, se vengono rispettate nella realizzazione le norme di buona tecnica e gli accorgimenti indicati nella relazione, si presume, sulla base dell'esperienza, che i valori in opera rispettino i limiti del DPCM. Eventuali approfondimenti e calcoli saranno predisposti per la fase esecutiva di progetto.

** Riferimento DM CAM.

12.5 Rumore prodotto da impianti tecnologici ciclo discontinuo

N°	Impianto - Ambiente emittente	Ambiente ricevitore	L_{ASmax}	Limite [dB]	Conformità
-	-	-	-	≤ 34 **	Si *

* Non sono stati effettuati calcoli nello specifico, se vengono rispettate nella realizzazione le norme di buona tecnica e gli accorgimenti indicati nella relazione, si presume, sulla base dell'esperienza, che i valori in opera rispettino i limiti del DPCM. Eventuali approfondimenti e calcoli saranno predisposti per la fase esecutiva di progetto.

** Riferimento DM CAM.

12.6 Tempo di riverberazione

N°	Ambiente verificato	TR [sec]	Limite [sec]	Conformità
TR 1	Mensa	0.63	*	Si

* Per tale parametro l'ambiente oggetto di analisi non è soggetto a limiti vincolanti. Il parametro è tuttavia prossimo al TR ottimale per le sale ristorante (0.6 sec – Valore più restrittivo).

12.7 STI – Speech transmission index

Codice - Ambiente	STI calcolato	STI ottimale	Qualità parlato
Mensa	0.62	*	Buono

* Riferimento DM CAM.

13. CONCLUSIONI

La presente relazione ha valutato il progetto dal punto di vista acustico, sia per la verifica del rispetto del DPCM 5/12/97 e del DM sui CAM, sia per l'ottenimento di un adeguato comfort acustico e fruibilità degli ambienti interni.

Le ipotesi progettuali soddisfano i requisiti previsti per gli elementi oggetto di valutazione; i valori, per la stessa tipologia costruttiva degli ambienti analoghi, possono essere assunti anche per i locali non valutati puntualmente.

Le simulazioni in opera hanno tenuto in considerazione quelle che sono le componenti di trasmissione laterale e i nodi tra le strutture; il margine dei risultati sui limiti è sufficiente a compensare eventuali diminuzioni dei valori in opera date da piccoli elementi o da eventuali piccoli errori di posa in corso d'opera.

I risultati, pur essendo frutto di calcoli eseguiti con criterio prudenziale, non tengono conto di variabili difficilmente ponderabili in fase previsionale; è verosimile che i valori in opera possano differire in caso di realizzazione non a "regola d'arte". Occorre pertanto seguire le raccomandazioni fornite e prestare molta attenzione alle problematiche acustiche durante la realizzazione delle opere. Errori banali realizzati in corso d'opera possono compromettere il risultato atteso, ed essere a lavori terminati di difficile rimedio.

Sulla base dei calcoli e delle considerazioni effettuate si desume che le previsioni progettuali rispettino le condizioni richieste dalla legislazione acustica applicabile.

Fine relazione.

14. ALLEGATO B - FIRME E PROVVEDIMENTO REGIONALE ISCRIZIONE ALBO TECNICI

Ing. Matteo Corino

- Tecnico competente in acustica ambientale iscritto all'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA) con n°4536 del 10/12/2018 (ex TCAA Regione Piemonte D.D. 62 del 16/04/2007).

