

COMUNE DI RIVA DEL GARDAAllegato alla deliberazione del Consiglio Comunale di data
25.10.2022 n. 107 e firmato digitalmenteIL PRESIDENTE IL SEGRETARIO GENERALE REGGENTE
Salvatore Mamone Anna Cattoi

PROGETTO-COMMESSA

OPK 942

RIORGANIZZAZIONE SPAZI INTERNI ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA DI
S. ALESSANDRO PER REALIZZAZIONE DEL POLO 0-6
CUP F84E22000450006

ALLEGATO

RELAZIONE ACUSTICA

Valutazione del clima acustico

Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi

Valutazione previsionale dell'impatto acustico

(ex L.P. 6/1991, ex D.P.C.M. 5/12/1997, ex D.M. 11/10/2017)

IL COMMITTENTE

COMUNE DI RIVA DEL GARDA

AREA OPERE PUBBLICHE-AMBIENTE

Piazza Tre Novembre, 5

I-38066 RIVA DEL GARDA (TN)

SIGLA

2022058

DATA

ottobre 2022

CODICE DIR

2022058-01_REL

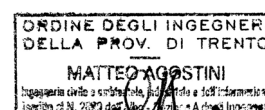
FILE

2022058-01_REL

n. ALLEGATO

RESPONSABILE PROGETTO

ing. MATTEO AGOSTINI



RELAZIONE TECNICA

sommarrio

1. PREMESSA	7
INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO.....	9
2. INQUADRAMENTO GENERALE	10
2.1 AREA DI STUDIO.....	10
2.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO.....	11
2.2.1 Obiettivo del progetto.....	11
2.2.2 Tecnica costruttiva.....	11
3. INQUADRAMENTO NORMATIVO	12
3.1 INTRODUZIONE AL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO NEL PCCA DI RIVA DEL GARDA.....	12
3.3 LIMITI PER LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO	13
3.3.1 Fascia di pertinenza acustica e limiti per gli insediamenti scolastici.....	13
3.4 SINTESI: CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELL'AREA.....	13
STUDIO DEL CLIMA ACUSTICO	15
4. CARATTERIZZAZIONE DEL CAMPO ACUSTICO ATTUALE	16
4.1 DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA DI RILIEVO FONOMETRICO	16
4.1.1 Individuazione dei punti di misura.....	16
4.1.2 Tempo di osservazione.....	16
4.1.3 Strumentazione utilizzata.....	16
4.1.4 Condizioni meteorologiche	16
4.1.5 Condizioni ambientali.....	16
4.1.6 Note relative alle modalità di misura.....	17
4.2 RISULTATI DEL RILIEVO FONOMETRICO	17
4.2.1 Metodologia di analisi ed elaborazione dei dati.....	17
4.2.2 Elaborazione delle misure	17
5. STUDIO DI CLIMA ACUSTICO	18
5.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO	18

5.2	ISOLAMENTO RISPETTO AI RUMORI PROVENIENTI DALL'ESTERNO: REQUISITO $D_{2m,nT,w}$	18
5.3	ESITO DELLO STUDIO DI CLIMA ACUSTICO	18
VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI		19
6. OBIETTIVI IN TERMINI DI PRESTAZIONI ACUSTICHE		20
6.1	QUADRO DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO NAZIONALE	20
6.1.1	Isolamento acustico	20
6.1.2	Osservazioni generali sul confort acustico interno	21
6.2	LEGISLAZIONE PROVINCIALE	21
6.3	SINTESI: PARAMETRI E VALORI DI RIFERIMENTO	22
6.3.1	Requisiti acustici passivi	22
6.3.2	Confort interno	22
7. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE GRANDEZZE ACUSTICHE		23
7.1	MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO	23
7.1.1	Metodo per la stima previsionale delle prestazioni acustiche	23
7.1.2	Banca dati per gli elementi in legno e per gli elementi leggeri	24
8. ELEMENTI ACUSTICAMENTE SIGNIFICATIVI DEL PROGETTO		25
8.1	SINTESI DEGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO	25
8.2	ANALISI DEGLI ELEMENTI DI FACCIATA	25
8.2.1	Analisi della destinazione d'uso degli ambienti	25
8.2.2	Criterio per la valutazione dei parametri di riferimento	25
8.2.3	Obiettivi di progetto	26
8.2.4	Stima del potere fonoisolante della parete di involucro esistente	27
8.2.5	Stima del potere fonoisolante della parete di involucro della parte in ampliamento	27
8.2.6	Stima del potere fonoisolante della copertura della parte in ampliamento	28
8.2.7	Stima del potere fonoisolante della copertura della palestra	28
8.2.8	Potere fonoisolante minimo dei serramenti	29
8.3	DIVISORIE INTERNE VERTICALI	29
8.3.1	Obiettivi di progetto	29
8.3.2	Stima del potere fonoisolante delle nuove divisorie	30
8.3.3	Considerazioni sulle divisorie esistenti	30
8.3.4	Prestazioni minime delle porte dei locali	30
8.3.5	Altre soluzioni progettuali	30
8.4	SOLAI	31

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

8.4.1	Obiettivi di progetto.....	31
8.4.2	Descrizione generale della tipologia di solaio	31
8.4.3	Osservazioni sulle prestazioni del solaio	31
8.5	ELEMENTI IMPIANTISTICI INTERNI	31
9.	VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI	32
9.1	VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DEGLI ELEMENTI EDILIZI AI SENSI DELLA L.P. 6/1991	32
9.2	VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI AI SENSI DELLA LEGISLAZIONE NAZIONALE	33
9.2.1	Criteri generali di valutazione	33
9.2.2	Definizione degli elementi soggetti a verifica	33
9.2.3	Conclusione: verifica dei requisiti acustici passivi.....	33
9.3	VERIFICHE DEI COMPONENTI DI FACCIATA AI SENSI DELLA L.P. 6/1991.....	36
10.	CONFORT ACUSTICO INTERNO	37
10.1	OBIETTIVI	37
10.2	INTERVENTI PROGETTUALI	37
10.2.1	Ambienti sottoposti a verifica.....	37
10.2.2	Descrizione dell'intervento tipo	37
10.3	verifiche del confort interno	39
11.	INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA E MODALITÀ DI POSA.....	40
11.1	INDICAZIONI PER I SERRAMENTI	40
11.1.1	Indice del potere fonoisolante minimo del sistema serramento R_w	40
11.1.2	Indicazioni per la posa in opera.....	40
11.2	ESECUZIONE DI PARETI E CONTROPARETI A SECCO	40
11.2.1	Indicazioni per la posa in opera dei cartongessi.....	40
11.2.2	Interazioni con le canalizzazioni impiantistiche.....	41
11.3	INDICAZIONI PER LE PARETI DIVISORIE INTERNE	41
11.4	PARETI IN BLOCCHI DI LATERIZIO.....	41
11.5	INDICAZIONI PER I SOLAI	42
11.5.1	Esecuzione del pavimento galleggiante.....	42
11.5.2	Interazioni con le canalizzazioni impiantistiche.....	42
11.6	ACCORGIMENTI PER IL CONTROLLO DEL RUMORE DEGLI IMPIANTI.....	43
	VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO ex L. 447/1995.....	45
12.	CONSIDERAZIONI IN MERITO ALL'IMPATTO ACUSTICO DEGLI IMPIANTI	46
12.1	CRITERI GENERALI E METODOLOGIA DI STUDIO	46

12.1.1	Modalità di studio dell'impatto acustico.....	46
12.2	IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI IMPIANTISTICHE	46
12.2.1	Identificazione delle sorgenti.....	46
12.2.2	Modalità di funzionamento delle sorgenti impiantistiche.....	46
12.3	IDENTIFICAZIONE DEI RICETTORI PIÙ ESPOSTI.....	46
12.4	VERIFICA PREVISIONALE DELLA COMPATIBILITÀ ACUSTICA	47
12.4.1	Limiti di riferimento	47
12.4.2	Modalità di valutazione	47
12.4.3	Risultati di calcolo	48
12.4.4	Considerazioni sul rispetto del limite differenziale	48
12.4.5	Eventuali misure di mitigazione	48
12.5	ELEMENTI DI INCERTEZZA E APPROFONDIMENTI RICHIESTI ALLE ANALISI	49
	CONCLUSIONI	51
13.	INQUADRAMENTO GENERALE	52
13.1	SINTESI DEL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO.....	52
13.2	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO E DELL'AREA DI STUDIO.....	52
13.3	CLASSIFICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO NEL PCCA DI RIVA DEL GARDA.....	52
14.	STUDIO DEL CLIMA ACUSTICO	52
14.1	CARATTERIZZAZIONE DEL CAMPO ACUSTICO ATTUALE	52
14.2	ESITO DELLO STUDIO DI CLIMA ACUSTICO	52
15.	VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI	53
15.1	DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI PROGETTUALI	53
15.2	VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI	53
15.3	VERIFICA DEL CONFORT ACUSTICO INTERNO	53
16.	CONSIDERAZIONI RIGUARDO ALL'IMPATTO ACUSTICO ex L.447/1995.....	53
17.	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	54
17.1	NORMATIVA NAZIONALE DI RIFERIMENTO	54
17.2	NORMATIVA PROVINCIALE DI RIFERIMENTO	54
17.3	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	55
17.4	BIBLIOGRAFIA TECNICA DI RIFERIMENTO	56
17.5	DOCUMENTAZIONE CONSULTATA.....	56
	ALLEGATI ALLA RELAZIONE TECNICA	57
18.	CAMPAGNA DI MONITORAGGIO FONOMETRICO	58

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

18.1	DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	58
18.2	SCHEDA RIASSUNTIVA CONDIZIONI METEOROLOGICHE OSSERVATE DURANTE IL RILIEVO.....	58
18.3	SCHEDA MONOGRAFICA DEI PUNTI DI MISURA DEL RILIEVO DI CLIMA ACUSTICO	59
18.4	SCHEDA DELLE MISURE PER LO STUDIO DI CLIMA ACUSTICO.....	60
19.	VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI: SCHEDE DI CALCOLO	63
19.1	PRESTAZIONI ACUSTICHE E VERIFICA DEI REQUISITI DI ACCETTABILITÀ (L.P. 6/1991)	63
19.2	SCHEDA DI VERIFICA REQUISITI ACUSTICI PASSIVI (D.P.C.M. 5/12/1997 E D.M. 11/10/2017)	68
19.3	SCHEDA DI CALCOLO DEL CONFORT ACUSTICO INTERNO.....	74
20.	COPIA ATTESTATO DI QUALIFICA.....	78

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la sintesi tecnica dello studio acustico allegato al progetto definitivo OPK942 RIORGANIZZAZIONE SPAZI INTERNI ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA DI S. ALESSANDRO PER REALIZZAZIONE DEL POLO 0-6 (CUP F84E22000450006) da realizzarsi nel comune di Riva del Garda, in provincia di Trento. Nello studio, in particolare, si approfondiscono i seguenti temi:

- Parte prima: essendo il progetto riconducibile alla realizzazione di un insediamento appartenente alla categoria dei ricettori sensibili, si effettua la valutazione di clima acustico ai sensi dell'articolo 8, comma 3, punto a) della L. 447/95 [5] mediante una campagna di monitoraggio fonometrico dei livelli sonori caratteristici dell'area di indagine per valutarne la compatibilità con la destinazione d'uso scolastica;
- Parte seconda: si approfondisce il tema dell'isolamento al rumore dell'edificio scolastico, secondo le indicazioni di cui alla L.P. 6/1991 [16], del D.P.C.M. 5/12/1997 [7] e del D.M. 11/10/2017 [15] effettuando la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi e si definiscono soluzioni progettuali con l'obiettivo di garantire un adeguato livello di confort acustico interno per le varie categorie di ambienti, nel rispetto delle indicazioni di cui al D.M. 11/10/2017 [15]
- Parte terza: in considerazione dell'introduzione di nuove sorgenti sonore riconducibili alle opere in progetto nell'ambiente esterno, si esprimono alcune considerazioni generali in via previsionale riguardo all'impatto acustico sull'area circostante ai sensi della L. 447/95 [6].

Le analisi effettuate e di seguito riportate sono impostate sulla base del quadro normativo vigente in materia di inquinamento acustico, definito, nelle sue linee essenziali, dalla L. 447/95, "Legge quadro sull'inquinamento acustico" e dai successivi decreti attuativi [5], comprese le novità introdotte dal D.M. 11/10/2017 [15] e in accordo con le indicazioni del piano di classificazione acustica del comune di Riva del Garda e delle relative norme di attuazione [56]. Per maggiori dettagli sui riferimenti normativi, si rimanda al capitolo 17.

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

2. INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 AREA DI STUDIO

Il sito interessato dalla realizzazione degli interventi in progetto è ricompreso all'interno del territorio amministrativo del comune di Riva del Garda, nel quartiere di Sant'Alessandro, nel quadrante nordorientale della città. Sinteticamente, l'intervento consiste in un ampliamento parziale dell'edificio e nella riorganizzazione degli spazi interni dell'asilo nido e della scuola materna di Sant'Alessandro, con l'obiettivo di realizzare il polo 0-6. L'area circostante è caratterizzata da insediamenti prevalentemente residenziali, circondati da zone agricole. Per quanto riguarda le principali sorgenti sonore, oltre all'area della Cartiera del Garda e del depuratore comunale, posti a una distanza superiore a 500 m, si individua la strada provinciale SP 118, a una distanza di circa 400 m e la via S. Alessandro, a una distanza di circa 75 m. Di seguito, in Figura 1, si riporta l'inquadramento generale dell'area di studio.



Figura 1: Inquadramento generale dell'area oggetto dello studio, localizzata nel quartiere di Sant'Alessandro, a Riva del Garda, in un'area a carattere prevalentemente residenziale. Le principali sorgenti sonore, sia di tipo industriale, sia di tipo infrastrutturale, sono distanti dal sito di intervento.

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

2.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO

2.2.1 Obiettivo del progetto

L'obiettivo del progetto consiste nella ristrutturazione dell'edificio per la creazione di nuovi spazi didattici e per il risanamento di quelli esistenti. In particolare, l'intervento si articola in:

1. Realizzazione di una nuova sala didattica in ampliamento del fronte sud;
2. Coibentazione termica del fronte ovest e di parte di quello sud, sui quali si intende posare un nuovo cappotto termico;
3. Riorganizzazione degli accessi esterni, dei percorsi e degli spazi interni per ridefinire nuovi locali della cucina, della dispensa, del guardaroba e degli spogliatoi;
4. Creazione di una nuova palestra in sostituzione del patio esistente;
5. Ristrutturazione globale dei servizi igienici della scuola;
6. Installazione di nuovi pannelli fonoassorbenti nelle sale gioco e nella palestra dell'asilo;
7. Realizzazione di un impianto di raffrescamento ad aria a servizio dell'intero comparto;

2.2.2 Tecnica costruttiva

La struttura esistente è stata realizzata con la tecnica costruttiva del calcestruzzo armato, utilizzata sia per le fondazioni sia per le elevazioni. I solai sono stati realizzati con travetti prefabbricati, la copertura è a falde inclinate in latero cemento e solo una piccola porzione ha una conformazione piana. I tamponamenti perimetrali sono in laterizio. La nuova aula polifunzionale sarà realizzata con struttura a setti in c.a. con solaio di copertura piano del tipo a piastra in cemento armato. Le murature perimetrali di tamponamento sono previste con struttura in laterizio e rivestimento a cappotto in lana di roccia con spessore di 14 cm. Sul fronte ovest, si integra il cappotto esistente con un nuovo spessore isolante in lana di roccia fino al raggiungimento di 15 cm. È prevista la sostituzione di tutti i serramenti esterni.



3. INQUADRAMENTO NORMATIVO

3.1 INTRODUZIONE AL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Per la determinazione dei limiti in vigore nell'area oggetto del presente studio, si fa riferimento alla vigente legislazione in materia di inquinamento da rumore, definita, nelle sue linee essenziali, dalla L. 447/95 [5] e chiarita dai successivi decreti attuativi. Per maggiori dettagli in merito al quadro di riferimento legislativo, si rimanda al capitolo 17. In generale, la L. 447/95 [5], nota come legge quadro sull'inquinamento acustico, definisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo interno dall'inquinamento dovuto al rumore. Il documento di sintesi previsto dalla legislazione vigente è rappresentato dal piano di classificazione acustica comunale, riferimento fondamentale per la caratterizzazione delle aree indagate e per l'impostazione di tutte le analisi. Nel piano, si individuano i livelli di rumorosità ammissibili, che sono espressi in termini di:

- **Limiti di emissione (art. 2 e tab. B D.P.C.M. 14/11/1997 [7]):** valore massimo che può essere emesso da una sorgente sonora, misurato in prossimità della sorgente stessa;
- **Limiti di immissione (art. 3 e tab. C D.P.C.M. 14/11/1997 [7]):** valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore in ambiente abitativo o esterno, misurato in prossimità dei ricettori.

Nel D.P.C.M. 14/11/1997 [7], sono stabiliti i limiti di rumore generato dalle sorgenti sonore fisse connesse alle attività produttive, commerciali e artigianali. La norma disciplina i valori limite di emissione e di immissione, oltre ai valori di attenzione e di qualità, secondo le tabelle che si rifanno alla classificazione acustica del territorio comunale. Ai sensi dell'articolo 4 del D.P.C.M. 14/11/1997 [7], inoltre, si introduce un'ulteriore misura di controllo dell'inquinamento acustico, quella del **criterio differenziale**, definito come differenza tra L_A , il livello equivalente di rumore ambientale, misurato con la sorgente da valutare in attività, ed L_R , il livello di rumore residuo, misurato con la stessa sorgente non attiva. Il valore limite differenziale è pari a 5 dB nel periodo di riferimento diurno, compreso fra le ore 6:00 del mattino e le ore 22:00, ed è pari a 3 dB nel periodo di riferimento notturno, compreso fra le ore 22:00 e le ore 6:00 del mattino successivo. I valori limite differenziali, inoltre, non si applicano al caso in cui il rumore disturbante, misurato a finestre aperte, sia inferiore a 50 dBA durante il periodo diurno e a 40 dBA durante il periodo notturno oppure al caso in cui il livello di rumore ambientale, misurato a finestre chiuse, sia inferiore a 35 dBA durante il periodo diurno e a 25 dBA durante il periodo notturno.

3.2 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO NEL PCCA DI RIVA DEL GARDA

L'area oggetto dello studio risulta essere inclusa nel PCCA del comune di Riva del Garda, un estratto del quale è riportato di seguito in Tabella 2. Ai sensi del piano vigente, l'area oggetto dell'intervento è classificata come classe II, riferita alle zone di tipo residenziale.

3.3 LIMITI PER LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO

I valori massimi ammissibili per i livelli di rumorosità immessi dalle infrastrutture di tipo stradale sono disciplinati dal D.P.R. 142/2004 [11]. Nel decreto, si individuano, per ciascuna tipologia di infrastruttura, i limiti ai livelli sonori per il periodo di riferimento diurno e notturno e le relative fasce di pertinenza acustica all'interno delle quali tali limiti sono vigenti. Le fasce di pertinenza identificano quelle aree entro le quali il rumore generato dalla specifica infrastruttura concorre da solo alla composizione del livello equivalente per la verifica dei limiti. All'esterno di tali fasce, la rumorosità dovuta al traffico sulle infrastrutture è soggetta ai limiti di immissione previsti dalla pianificazione comunale. Allo stato attuale, il piano di classificazione acustica del comune di Riva del Garda non è coordinato con le indicazioni del D.P.R. 142/2004 [11] e, quindi, le fasce di pertinenza acustica non sono individuate in cartografia.

3.3.1 Fascia di pertinenza acustica e limiti per gli insediamenti scolastici

Ai sensi della vigente normativa, all'interno delle fasce di pertinenza acustica delle infrastrutture stradali, tutti gli insediamenti di tipo scolastico sono classificati come ricettori sensibili e godono di una tutela speciale rispetto ai comuni ricettori di tipo residenziale. In particolare, per questa categoria di edifici, i limiti sono pari a LA_{eq} di emissione 45 dBA e LA_{eq} di immissione 50 dBA diurni. Per i ricettori sensibili di tipo scolastico, infatti, i limiti notturni non sono applicabili, dato che si considera che le attività didattiche si svolgano esclusivamente durante il periodo diurno. Considerando la distanza del sito oggetto delle indagini dalle principali infrastrutture stradali, si evince che l'area di studio non è inclusa in alcuna delle fasce di pertinenza acustica delle principali infrastrutture stradali che insistono nella zona di studio. Di seguito, in Tabella 1, sono indicate le infrastrutture con le rispettive distanze minime. L'area di studio, tuttavia, ricade parzialmente nella fascia di pertinenza della viabilità locale, classificata come E oppure D la cui ampiezza è pari a 30 m e i cui valori limite del D.P.R. 142/2004 [11] sono conformi alla pianificazione acustica per tutti i ricettori, sensibili e non sensibili.

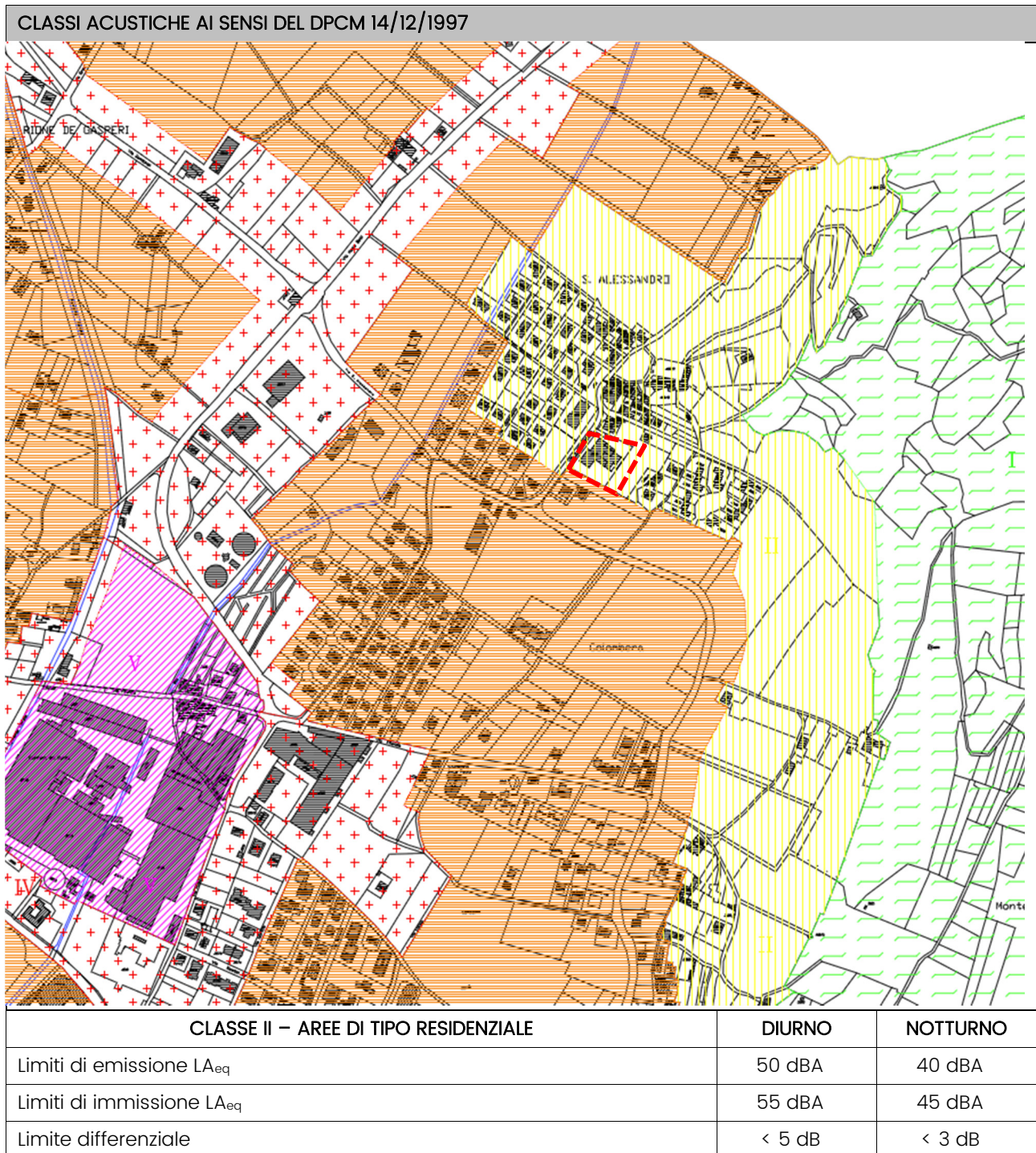
Tabella 1: Identificazione delle principali infrastrutture viarie nella zona di studio con indicazione della distanza rispetto al sito oggetto delle indagini.

ID STRADA	AMPIEZZA FASCIA (IPOTESI)	DISTANZA ASILO
SP 118	100+150 m	400 m
Via S. Alessandro	30 m	75 m
Via S. Alessandro	30 m	25 m

3.4 SINTESI: CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELL'AREA

In conclusione, per le valutazioni e per gli obiettivi del presente studio, considerando la destinazione d'uso del futuro insediamento e la sua posizione, si fa riferimento ai limiti previsti dal vigente PCCA per la classe acustica II. I valori di riferimento sono riportati di seguito in Tabella 2.

Tabella 2: Individuazione dell'area di progetto all'interno della cartografia del PCCA di Riva del Garda. Il sito oggetto delle opere è incluso in un'area classificata come classe II, riferita agli insediamenti di tipo residenziale.



ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

STUDIO DEL CLIMA ACUSTICO

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

4. CARATTERIZZAZIONE DEL CAMPO ACUSTICO ATTUALE

4.1 DESCRIZIONE DELLA CAMPAGNA DI RILIEVO FONOMETRICO

L'obiettivo della campagna di misura è quello di caratterizzare il clima acustico nella zona dell'insediamento scolastico, individuando le sorgenti di rumore prevalenti. Viste le condizioni al contorno dell'area, descritte in dettaglio al capitolo 2 e al capitolo 3, si concentra l'attenzione sulla facciata meridionale del lotto, in corrispondenza della porzione in ampliamento, ovvero quella maggiormente esposta al potenziale impatto del traffico stradale lungo via S. Alessandro, che, insieme alla viabilità locale e alle sorgenti ambientali, costituisce la principale fonte di rumore identificata nell'area di studio.

4.1.1 *Individuazione dei punti di misura*

Analizzate le caratteristiche dell'area di studio e accertata la disponibilità di postazioni accessibili, si dispone la strumentazione all'interno del giardino dell'edificio scolastico, in corrispondenza della linea sulla quale sarà realizzata la facciata dell'ampliamento in progetto, a una distanza di circa 6 m dall'edificio scolastico esistente e a un'altezza di circa 4 m dal suolo. La scheda dettagliata del punto di misura è riportata al paragrafo 18.3.

4.1.2 *Tempo di osservazione*

La misura si è protratta dalle ore 10:00 del giorno lunedì 1 agosto 2022 alle ore 10:00 del giorno successivo. Il tempo di osservazione è stato giudicato rappresentativo del fenomeno analizzato.

4.1.3 *Strumentazione utilizzata*

La strumentazione impiegata è conforme alle specifiche della classe I e alle prescrizioni previste dall'art. 2 del D.M. 16/3/1998 [8]. Una scheda riassuntiva delle caratteristiche principali della catena di misura, ai sensi dell'allegato D "Presentazione dei risultati" del D.M. 16/3/1998 [8] è riportata in allegato al presente studio, al paragrafo 18.1.

4.1.4 *Condizioni meteorologiche*

Nel corso dei rilievi fonometrici, le condizioni meteorologiche sono risultate adatte all'esecuzione delle misure e conformi a quanto previsto dal D.M. 16/3/1998 [8], con l'esclusione di un evento temporalesco di forte intensità verificatosi a cavallo fra il periodo di riferimento notturno e quello diurno di martedì 2 agosto 2022. Le misure, quindi, sono state elaborate escludendo la porzione di periodo di osservazione interessata dall'evento meteorologico. Una scheda riassuntiva delle condizioni meteo osservate durante il rilievo è riportata in allegato, al paragrafo 18.2.

4.1.5 *Condizioni ambientali*

Con esclusione del temporale, di cui al paragrafo 4.1.4, durante l'esecuzione dei rilievi, non si sono verificati eventi esterni rilevanti rispetto al fenomeno indagato. In fase di elaborazione dei dati, quindi, non è stato necessario escludere alcun ulteriore intervallo temporale dalle analisi.

4.1.6 Note relative alle modalità di misura

I rilievi sono stati eseguiti nel rispetto dei criteri indicati nell'allegato B del D.M. 16/3/1998 [8]. All'inizio e al termine di ogni ciclo di misura, è stata effettuata una calibrazione della strumentazione e, in nessuna occasione, sono state evidenziate variazioni significative del segnale.

4.2 RISULTATI DEL RILIEVO FONOMETRICO

4.2.1 Metodologia di analisi ed elaborazione dei dati

Allo scopo di definire i livelli sonori di riferimento per l'area di studio, le misure sono state elaborate nel rispetto delle indicazioni del D.M. 16/3/1998 [8]. I dati, quindi, sono stati sottoposti a un'analisi spettrale finalizzata a individuare l'eventuale presenza di componenti tonali e di componenti in bassa frequenza, non evidenziando alcuna criticità. Dall'analisi del segnale monitorato, inoltre, non emerge la presenza di alcun fenomeno di tipo impulsivo.

4.2.2 Elaborazione delle misure

I risultati della campagna di misura sono riassunti di seguito in Tabella 3 in termini di livelli sonori esterni caratteristici dell'area di indagine. Le schede di dettaglio con la sintesi della misura sono allegate al paragrafo 18.4. Dall'elaborazione delle misure, emerge come il sito oggetto dello studio non sia interessato da rilevanti fenomeni sonori legati all'esercizio di eventuali attività rumorose nell'area circostante. La principale fonte di rumore è costituita da una diffusa rumorosità di fondo ascrivibile, in generale, alla viabilità locale. Attraverso l'analisi spettrale, inoltre, si riconosce la presenza di un intenso frinire di cicale, particolarmente evidente durante il periodo di riferimento diurno e circoscritto alla frequenza di circa 4000 Hz. Tale fenomeno acustico, tuttavia, non è soggetto al rispetto dei limiti di cui al PCCA di Riva del Garda, indicati al paragrafo 3.4, essendo un evento di origine naturale e, quindi, caratteristico del paesaggio acustico locale nella stagione estiva. Il contributo energetico complessivo del frinire delle cicale è pari a circa 3 dB durante il periodo di riferimento diurno e, quindi, risulta essere significativo. Tuttavia, per gli obiettivi del presente studio, tale fenomeno acustico non è escluso dalla valutazione. Come esito dei monitoraggi effettuati in corrispondenza del sito di nuovo insediamento all'interno dell'area scolastica esistente, quindi, non si identifica la presenza di sorgenti sonore antropiche di entità significativa e non si evidenziano particolari criticità dal punto di vista acustico. In conclusione, pertanto, gli eventi correlati al traffico veicolare e le altre attività di origine antropica esercitate nell'area di studio non costituiscono elementi di criticità dal punto di vista dell'impatto acustico sulle attività previste.

Tabella 3: Esito della campagna di monitoraggio fonometrico per la caratterizzazione acustica del sito oggetto di studio. Di seguito, sono riportati i livelli sonori rappresentativi della rumorosità in corrispondenza della facciata esterna dell'edificio di futura realizzazione espressi come livello equivalente, approssimati a 0,5 dB. Data la destinazione d'uso del ricettore, non si effettua la caratterizzazione del periodo di riferimento notturno.

COD. MISURA	SORGENTE SONORA	VALORE DI RIFERIMENTO (RISULTATO DELLA MISURA)	VALORE LIMITE (PCCA COMUNE)
MISURA 24h	VARIE (P. DI RIF. DIURNO – 6/22)	LA _{eq} = 52,0 dBA	LA _{eq} = 55 dBA

5. STUDIO DI CLIMA ACUSTICO

5.1 OBIETTIVO DELLO STUDIO

L'obiettivo delle analisi consiste nella valutazione della compatibilità acustica fra l'area oggetto dello studio e gli interventi progettuali, verificando la conformità del paesaggio sonoro attuale alle esigenze di tutela dall'inquinamento da rumore, indicate dal rispetto dei limiti vigenti, in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 8 della L. 447/95 [5].

5.2 ISOLAMENTO RISPETTO AI RUMORI PROVENIENTI DALL'ESTERNO: REQUISITO $D_{2m,nT,w}$

Conformemente alle indicazioni del D.P.C.M. 5/12/1997 [7], per la parte di edificio a destinazione d'uso scolastica, si prevede una prestazione $D_{2m,nT,w}$ 48 dB, mentre per le restanti porzioni il valori di riferimento è $D_{2m,nT,w}$ 43 dB, conformemente alle indicazioni del D.M. 11/10/2017 [15]. In considerazione degli esiti della campagna di monitoraggio, le prestazioni isolanti dell'involucro esterno risultano essere adeguate al clima acustico locale. In conclusione, quindi, si stima che le attività didattiche non possano essere disturbate dalla rumorosità esterna.

5.3 ESITO DELLO STUDIO DI CLIMA ACUSTICO

Come esito delle analisi effettuate con il supporto della misurazione in campo dei livelli sonori attuali e considerando le elevate caratteristiche isolanti dell'involucro, si verifica la completa compatibilità del progetto con il clima acustico esterno nel periodo di riferimento diurno, come richiesto dalla vigente normativa. Le prestazioni isolanti delle facciate sono elevate e adeguate alla situazione rilevata. Il clima acustico, quindi, è da considerarsi idoneo alla realizzazione dell'intervento in progetto e non emerge la necessità di particolari interventi di mitigazione.

Tabella 4: Risultati dell'analisi di compatibilità acustica del progetto con i limiti vigenti ai sensi del piano di classificazione acustica del comune di Riva del Garda.

COMPATIBILITÀ ACUSTICA	DIURNO (06-22)	NOTTURNO (22-06)
Compatibilità dei livelli misurati con i limiti per recettori sensibili	SI	-N.A.-
Compatibilità dei livelli misurati con i limiti di immissione	SI	-N.A.-
Compatibilità con i limiti per le infrastrutture	SI	-N.A.-
NOTE: L'isolamento acustico dell'edificio deve essere realizzato in conformità al DPCM 5/11/1997 e al successivo DM 11/10/2017 rispettando, in particolare, le indicazioni per le prestazioni isolanti delle facciate.		
PRESTAZIONI (D.P.C.M. 5/12/1997)	PARAMETRO	RIFERIMENTO
Isolamento acustico standardizzato delle facciate (ambienti destinati alla didattica)	$D_{2m,nT,w}$	≥48 dB
PRESTAZIONI (D.M. 11/10/2017)	PARAMETRO	RIFERIMENTO
Isolamento acustico standardizzato delle facciate (ambienti con funzione non didattica)	$D_{2m,nT,w}$	≥43 dB

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

6. OBIETTIVI IN TERMINI DI PRESTAZIONI ACUSTICHE

6.1 QUADRO DI RIFERIMENTO LEGISLATIVO NAZIONALE

I riferimenti per le prestazioni acustiche degli edifici scolastici nella legislazione della Repubblica sono il D.M. 10/12/1975 [2] e il D.M. 13/09/1977 [3], integrati e aggiornati significativamente dal D.P.C.M. 5/12/1997 [7] e dalle novità introdotte dal D.M. 24/12/2015 [12], poi sostituito dal D.M. 11/01/2017 [13] e integrato dal D.M. 11/10/2017 [15]. Sinteticamente, le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi di un edificio e delle sorgenti sonore interne sono:

- Indice dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$;
- Indice del potere fonoisolante apparente tra distinte unità immobiliari R'_w ;
- Indice dell'isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$;
- Indice del livello di rumore da calpestio normalizzato L'_{nw} ;
- Rumorosità degli impianti a funzionamento continuo L_{Aeq} , L_{ic} ;
- Rumorosità degli impianti a funzionamento discontinuo L_{ASmax} , L_{id} ;
- Tempo di riverberazione T_R (ed eventuali altri parametri STI e C_{50}).

6.1.1 Isolamento acustico

I valori limite stabiliti dal D.P.C.M. 5/12/1997 [7] per gli edifici a destinazione scolastica sono riportati di seguito in Tabella 5. Con la promulgazione del D.M. 24/12/2015 [12], del successivo D.M. 11/01/2017 [13] e, infine, del D.M. 11/10/2017 [15], i livelli di prestazione richiesti per gli edifici a destinazione d'uso scolastica sono stati integrati e aggiornati con i valori di seguito riportati in Tabella 6. In particolare, i requisiti acustici passivi di ospedali, case di cura e scuole devono soddisfare il cosiddetto *livello di prestazione superiore* definito nell'Appendice A della norma tecnica UNI 11367 [30] e il *livello di prestazione buona* definito nel prospetto B.1 dell'Appendice B della stessa norma.

Tabella 5: Requisiti acustici passivi in opera ai sensi del D.P.C.M. 5/12/1997 [7] per gli edifici scolastici.

PARAMETRI E VALORI LIMITE DA D.P.C.M. 5/12/1997					
R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}	T_R (*)
≥ 50 dB	≥ 48 dB	≤ 58 dB	≤ 35 dB	≤ 25 dB	1,2 s
(*) Media alle frequenze di 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz (circ. min. Il.pp. n. 3150 del 22 maggio 1967)					

Tabella 6: Requisiti acustici passivi in opera ai sensi del D.M. 11/10/2017 [15] per gli edifici scolastici.

CRITERI AMBIENTALI MINIMI PER EDIFICI SCOLASTICI DA D.M. 11/10/2017						
$D_{nT,w}$ (*)	$D_{nT,w}$ (**)	$D_{nT,w}$ (***)	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ic}	L_{id}
≥ 50 dB	≥ 55 dB	≥ 30 dB	≥ 43 dB	≤ 53 dB	≤ 28 dB	≤ 34 dB
(*) Isolamento acustico di partizioni fra ambienti adiacenti						
(**) Isolamento acustico di partizioni fra ambienti sovrapposti						
(***) Isolamento acustico fra ambienti di uso comune e abitativi collegati mediante accessi o aperture						

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

6.1.2 Osservazioni generali sul confort acustico interno

Nel D.M. 11/10/2017 [15], al punto 2.3.5.6 Confort acustico, si specifica che gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori di confort riportati nelle norme tecniche della serie UNI 11532 [34]. I descrittori acustici da utilizzare sono T_R , il tempo di riverberazione, il rapporto tra area di assorbimento equivalente e volume dell'ambiente A/V , che descrive anch'esso il fenomeno della riverberazione, l'indice STI, ovvero l'indice di trasmissione del parlato e C_{50} , l'indice di chiarezza. In particolare, per gli edifici scolastici, il riferimento adottato per il progetto è la norma UNI 11532-2:2020 [36], nella quale sono definiti quei descrittori che meglio rappresentano la qualità acustica di un ambiente, indicandone anche i valori ottimali di riferimento in relazione alla destinazione d'uso. Per garantire un adeguato livello di confort interno, quindi, come criterio progettuale, si definiscono specifici valori di riferimento, espressi in termini di tempi di riverberazione ottimale, di indice di trasmissione del parlato oppure di indice di chiarezza, differenziati in funzione delle varie categorie di ambienti previsti in progetto. I valori sono definiti secondo le metodologie di cui alle norme tecniche UNI 11367:2010 [30], UNI 11532:2014 [34], UNI 11532-1 [35] e UNI 11532-2 [36], oltre che coerentemente alle indicazioni della letteratura di settore, di cui si riporta una sintesi non esaustiva al capitolo 17. La trattazione di dettaglio di tali aspetti è riportata al capitolo 10.

6.2 LEGISLAZIONE PROVINCIALE

Per la valutazione previsionale delle prestazioni di isolamento acustico, nel territorio della provincia autonoma di Trento si fa riferimento anche alla vigente normativa provinciale. In particolare, il dispositivo di riferimento è costituito dal D.P.G.P. 4/08/1992, n. 12-65/leg [17], regolamento di attuazione della L.P. 18/03/1991, n. 6, [16], così come modificato dall'articolo 60 della L.P. 11/09/1998, n. 10 [18]. Le disposizioni si applicano agli edifici di nuova costruzione, agli ampliamenti, oltre che a tutte le ristrutturazioni di edifici esistenti che comportino rifacimenti di murature e di serramenti esterni, di divisorie tra appartamenti, di solai e di pavimenti. All'articolo 14 del citato decreto, sono definiti i requisiti acustici di accettabilità degli ambienti civili a uso privato, pubblico o collettivo, mentre all'allegato D, sono definiti i criteri e le metodologie per il contenimento dell'inquinamento acustico degli stessi ambienti e i relativi requisiti acustici, riportati schematicamente di seguito in Tabella 7.

Tabella 7: Requisiti acustici di accettabilità degli elementi edilizi ai sensi del D.P.G.P. 4/08/1992 n. 12-65/Leg della provincia autonoma di Trento.

TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE	POTERE FONOISOLANTE α 500 Hz - R_{500}
Strutture divisorie interne	$R_{500} \geq 40$ dB
Infissi verso l'esterno	$R_{500} \geq 25$ dB
Griglie e prese d'aria verso l'esterno	$R_{500} \geq 20$ dB
Strutture divisorie interne orizzontali (solai)	$R_{500} \geq 42$ dB
Strutture divisorie esterne verticali senza serramenti	$R_{500} \geq 45$ dB
Strutture divisorie esterne verticali con serramenti	$R_{500} \geq 35$ dB

6.3 SINTESI: PARAMETRI E VALORI DI RIFERIMENTO

6.3.1 Requisiti acustici passivi

Il criterio adottato per la definizione degli obiettivi progettuali prevede di incrociare le varie indicazioni della legislazione vigente, che a volte si sovrappongono, selezionando il valore di riferimento più restrittivo per ciascun parametro. Per quanto riguarda le prestazioni acustiche degli edifici destinati a ospitare scuole, quindi, i valori di riferimento per i requisiti acustici passivi sono riassunti schematicamente di seguito in Tabella 8.

Tabella 8: Requisiti acustici passivi in opera per edifici scolastici ai sensi della L.P. 6/1991 [16], del D.P.C.M. 5/12/1997 [7] e del D.M. 11/10/2017 [15].

REQUISITI ACUSTICI PASSIVI – EDIFICI SCOLASTICI	
PARAMETRI DA RISPETTARE	LIMITE
Divisorie verticali interne alla stessa unità immobiliare (D.M. 11/10/2017)	$D_{nT,W} \geq 50$ dB
Divisorie tra aule e corridoi (D.M. 11/10/2017)	$D_{nT,W} \geq 30$ dB
Divisorie orizzontali interne alla stessa unità immobiliare (D.M. 11/10/2017)	$L'_{nT,W} \leq 53$ dB
Facciate esterne (D.P.C.M. 5/12/1997) – porzione a destinaz. d'uso scolastica	$D_{2m,nT,W} \geq 48$ dB
Facciate esterne (D.M. 11/10/2017) – porzione a destinaz. d'uso non scolastica	$D_{2m,nT,W} \geq 43$ dB
Strutture divisorie interne (L.P. 6/1991)	$R_{500} \geq 40$ dB
Infissi verso l'esterno (L.P. 6/1991)	$R_{500} \geq 25$ dB
Griglie e prese d'aria verso l'esterno (L.P. 6/1991)	$R_{500} \geq 20$ dB
Strutture divisorie interne orizzontali (L.P. 6/1991)	$R_{500} \geq 42$ dB
Strutture divisorie esterne verticali senza serramenti (L.P. 6/1991)	$R_{500} \geq 45$ dB
Strutture divisorie esterne verticali con serramenti (L.P. 6/1991)	$R_{500} \geq 35$ dB

6.3.2 Confort interno

Per quanto riguarda l'acustica interna degli spazi scolastici, gli obiettivi progettuali di riferimento, definiti con i criteri di cui al paragrafo 6.1.2 e ricavati dalla normativa tecnica e dalla letteratura di settore nelle modalità descritte al paragrafo 6.1.2, sono riportati di seguito in Tabella 9.

Tabella 9: Parametri progettuali di riferimento in funzione della destinazione d'uso dei locali.

TOPOLOGIA LOCALE	CATEGORIA UNI 11532-2:2020	TEMPO RIVERBERAZIONE T_{0T} [s]	TRASMISSIBILITÀ PARLATO STI [%]	CHIAREZZA C_{50} - dB
AULE NIDO/MATERNA	A6.5	$A/V \geq [1,47 + 4,69 * \text{Log}(h)]^{-1}$	-	-
PALESTRA	A5	$T_{0T,A5} = (0,75 \text{Log} V - 1,00)$	-	-

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

7. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE GRANDEZZE ACUSTICHE

Per sua natura, la legislazione nazionale disciplina le prestazioni *in opera* dei singoli elementi e delle strutture di cui sono composti gli edifici in progetto. Esse sono definite come prestazioni apparenti, sono identificate da un apice e sono influenzate non solo dalla prestazione di laboratorio del singolo elemento edilizio considerato, ma anche dalle modalità di posa in opera e dalle scelte cantieristiche. Nel caso specifico, quindi, visto il carattere previsionale dello studio, per la stima dei requisiti acustici passivi dell'edificio in esame, ci si avvale di un modello per il calcolo delle prestazioni acustiche in opera a partire dalle prestazioni di laboratorio. I risultati di seguito riportati, quindi, hanno un valore previsionale e sono suscettibili di variazioni, anche sostanziali, derivanti dalle modalità di esecuzione dei lavori. Per questa ragione, quindi, in fase di realizzazione delle opere, è molto importante, oltre a rispettare integralmente le indicazioni progettuali in termini di spessori, qualità, requisiti e certificazioni dei materiali impiegati, curare attentamente anche la realizzazione e la posa degli stessi materiali, onde evitare scadimenti delle prestazioni acustiche previste come obiettivi progettuali. Di seguito nel documento, al capitolo 10, sono riportate alcune indicazioni generali per una corretta gestione e posa in opera delle soluzioni progettuali individuate.

7.1 MODELLO DI CALCOLO ADOTTATO

7.1.1 *Metodo per la stima previsionale delle prestazioni acustiche*

Lo strumento di calcolo numerico del quale ci si avvale per la stima delle prestazioni acustiche di progetto necessita di informazioni quali le dimensioni delle strutture e degli ambienti, sia ricevente, sia sorgente, la tipologia, la stratigrafia e i materiali delle partizioni di separazione, nonché la tipologia, la stratigrafia e i materiali delle partizioni collegate e il tipo di giunti impiegati. I due programmi di calcolo utilizzati sono SONIDO PRO di Microbel s.r.l. ed ECHO di ANIT. Il modello di calcolo si basa su relazioni matematiche ricavate dalle teorie consolidate disponibili in letteratura o dalle norme tecniche. In particolare, per ciò che riguarda la previsione del comportamento acustico degli edifici, si fa riferimento alle norme europee della serie EN 12354. La previsione del comportamento fonoisolante di singoli componenti si effettua utilizzando i concetti della legge di massa e della frequenza di coincidenza, oltre ai metodi di calcolo che contemplano lo smorzamento dei sistemi noti come *massa-molla-massa*. Per componenti che richiedano un approccio più complesso, sono utilizzate le teorie di B. Sharp, F. Fahy, o, ancora, altri approcci specifici ritenuti di volta in volta più idonei alle modalità costruttive adottate. Il calcolo modellistico è integrato, ove necessario e ove esistano dati disponibili, dall'analisi, dall'elaborazione e dalla valutazione di soluzioni certificate oppure testate mediante prove di laboratorio o campagne di misurazione realizzate in opera. In particolare, queste ultime informazioni sono ottenute da banche dati o da pubblicazioni diffuse da enti, associazioni od organismi di certificazione di comprovata affidabilità e sono ricavate da campagne di monitoraggio e valutazione in opera oppure da studi sperimentali condotti sui parametri fisici che influenzano i fenomeni acustici.

7.1.2 Banca dati per gli elementi in legno e per gli elementi leggeri

Il principale riferimento per la definizione delle prestazioni di laboratorio degli elementi lignei è costituito dalla banca dati di *dataholz.com* che contiene un vasto catalogo di schede tecniche di materiali in legno o a base di legno, di materiali da costruzione, di componenti da costruzione e di collegamenti per componenti da costruzione, con dettaglio delle caratteristiche delle grandezze fisiche, tecniche ed ecologiche. La documentazione pubblicata è verificata, autorizzata e approvata per le costruzioni di legno ed è rilasciata da istituti ed enti di controllo accreditati mentre le verifiche, i calcoli e le valutazioni sono stati effettuati in base alle norme attualmente in vigore. Gli enti accreditati, inoltre, verificano costantemente le schede tecniche per garantirne l'aggiornamento e la correttezza. I parametri contenuti in queste schede possono essere utilizzati come base per le procedure di verifica presso le autorità austriache competenti in materia di edilizia. In assenza di metodi di calcolo previsionale affidabili e di analoghi strumenti riferiti alla realtà italiana, quindi, si adottano le informazioni delle banche dati di *dataholz.com* come riferimento per le valutazioni, considerando che tutte le indicazioni in esse contenute e i documenti tecnici prodotti tramite *dataholz.com* e in accordo con essa possono essere usati quali documenti tecnici per l'approvazione da parte delle autorità di sorveglianza in Austria. Occorre sottolineare, inoltre, che le indicazioni, le caratteristiche e i dati tecnici contenuti in *dataholz.com* sono determinati sulla base di normative europee correnti e forniscono, quindi, indicazioni di caratteristiche fisiche sotto forma di valori numerici che hanno valore, sia pure in termini generalmente non cogenti, in tutta Europa. Nel caso dei parametri acustici, per esempio, i valori sono basati su verifiche, calcoli o valutazioni da parte di enti di certificazione accreditati, secondo le normative EN ISO 140-1 e/o EN ISO 717-1 per il valore dell'isolamento acustico R_w , e secondo EN ISO 140-6 e/o EN ISO 717-2 per il valore normato del rumore di calpestio $L_{n,w}$. Tutte le indicazioni e i dati disponibili, infine, rappresentano lo stato della scienza attuale e si basano sulle normative attualmente in vigore in Austria, che corrispondono, in molti casi, alle attuali norme europee EN. Un ulteriore riferimento, recentemente pubblicato, è il Catalogo degli elementi costruttivi per l'acustica in edilizia, realizzato dall'Agenzia provinciale per l'ambiente della provincia autonoma di Bolzano. Il catalogo è composto da un manuale e da numerose schede tecniche suddivise in base agli elementi costruttivi, al tipo di costruzione e ai materiali utilizzati. In ciascuna delle schede, sono messi in evidenza i risultati delle misure del rumore con le prestazioni riferibili a ciascuna soluzione progettuale analizzata. Le prove raccolte e contenute nel catalogo sono tutte riferite a misure in opera, con il vantaggio di fornire dei dati realistici rispetto alle prestazioni attese dalle strutture in quanto si tiene conto delle trasmissioni laterali, degli errori e delle incertezze legate alla fase di realizzazione in cantiere. Il database, inoltre, ha il pregio di essere attuale, molto recente e aggiornato e rappresentativo delle tecniche costruttive e dei materiali adottati nella nostra area geografica. Fonti aggiuntive di informazioni per valutare in via preliminare le prestazioni delle componenti lignee, delle strutture leggere e dei relativi pacchetti stratigrafici sono i certificati delle prove di laboratorio dei vari produttori di soluzioni edilizie oltre al materiale didattico e informativo messo a disposizione dall'istituto IVALSA nell'ambito dei corsi di formazione per il protocollo di certificazione ARCA.

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

8. ELEMENTI ACUSTICAMENTE SIGNIFICATIVI DEL PROGETTO

Individuate le caratteristiche degli interventi in progetto, di seguito, in questo capitolo, si analizzano in dettaglio quegli elementi edilizi determinanti nel definire le prestazioni acustiche del sistema edificio in termini di requisiti acustici passivi per via delle loro caratteristiche e delle loro proprietà fisico-tecniche.

8.1 SINTESI DEGLI INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

L'edificio si sviluppa su un unico livello fuori terra. L'obiettivo degli interventi in progetto consiste nella riqualificazione energetica dell'edificio scolastico mediante il completamento dell'applicazione di un isolante sull'involucro esterno, costituito sia dalle pareti perimetrali, sia dalla copertura e mediante la sostituzione dei serramenti. Inoltre, con l'intervento, si prevede di attuare a una parziale riorganizzazione degli spazi interni e l'ampliamento dell'edificio con una nuova ala sul lato meridionale. Per l'esecuzione delle opere, si adotta un sistema costruttivo in calcestruzzo e laterizio. Considerando le osservazioni di cui al paragrafo 6.3, trattandosi di edifici pubblici a destinazione scolastica, dal punto di vista acustico i temi di analisi progettuale consistono nello studio di:

- $D_{2m,nT,W}$: isolamento al rumore aereo delle facciate di involucro esterno;
- $D_{nT,W}$ isolamento al rumore aereo delle divisorie verticali;
- $L_{n,W}$: isolamento al calpestio dei solai fra locali adiacenti;
- Rumorosità degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo;
- Qualità acustica interna degli ambienti comuni destinati al parlato.

8.2 ANALISI DEGLI ELEMENTI DI FACCIATA

8.2.1 *Analisi della destinazione d'uso degli ambienti*

Nell'edificio, sono presenti un primo gruppo di locali a destinazione d'uso scolastica, ovverossia le aule, un secondo gruppo di locali destinati al sonno dei bambini, un terzo gruppo la cui destinazione d'uso è più affine a quella terziaria, trattandosi di uffici e sale destinate agli insegnanti e, infine, un ultimo gruppo di ambienti classificabili come accessori, quali mense, cucine, servizi e connettivi.

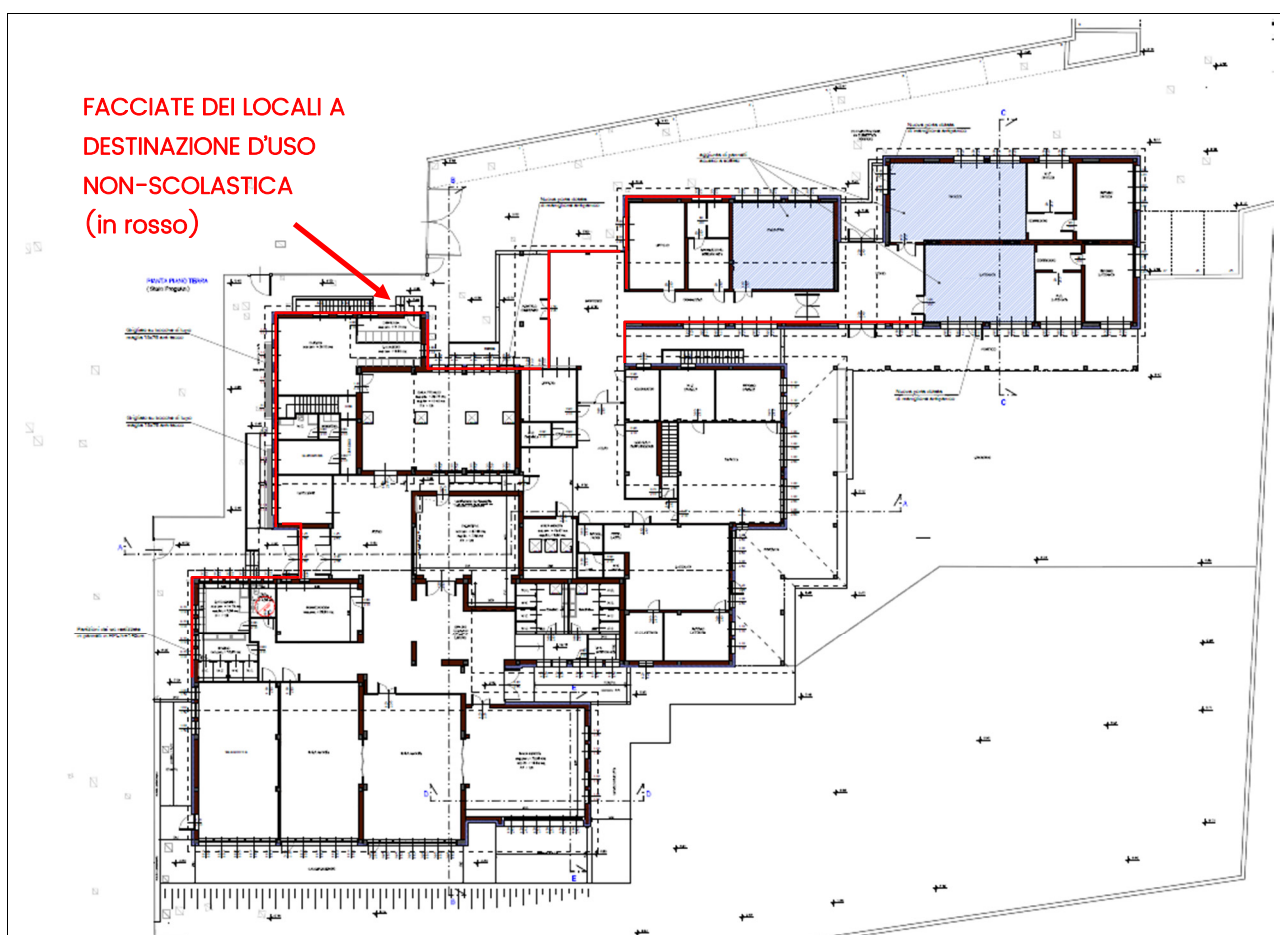
8.2.2 *Criterio per la valutazione dei parametri di riferimento*

Questa distinzione funzionale ha importanti ricadute sull'identificazione dei parametri di riferimento per la definizione dei requisiti minimi di isolamento facciata. In funzione della destinazione d'uso, infatti, è possibile distinguere tali locali in due differenti categorie, considerando la reale necessità di isolamento acustico, più accentuata per gli ambienti didattici e di riposo, meno marcata per gli altri ambienti. Per la prima categoria di ambienti, quindi, è richiesto un $D_{2m,nT,W}$ minimo pari a 48 dB, conformemente alle indicazioni del D.P.C.M. 5/12/1997 [7], mentre per la seconda categoria è ammissibile un $D_{2m,nT,W}$ minimo pari a 43 dB, conformemente alle indicazioni di cui al D.M. 11/10/2017 [15]. Questo approccio è coerente con il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, espresso nell'adunanza del 26/06/2014, nel quale si evidenzia come, qualora sia possibile determinare con chiarezza e in via permanente le differenti destinazioni d'uso presenti all'interno di uno stesso immobile, agli ambienti facenti capo alla medesima destinazione d'uso si possono applicare i relativi requisiti acustici passivi.

8.2.3 Obiettivi di progetto

Con questo criterio, quindi, si identificano alcuni locali caratterizzati da una destinazione d'uso extra scolastica, non riconoscendone la funzione didattica come prevalente. Si tratta di un gruppo di locali, costituiti da servizi, locali accessori e uffici, distribuiti nel quadrante nord e ovest dell'edificio e identificati di seguito in Tabella 10. Per questo gruppo di ambienti, la cui funzione non è direttamente assimilabile a quella degli spazi didattici, ma, al più, è a essi ausiliaria, si adotta $D_{2m,nT,W}$ 43 dB come valore di riferimento, conformemente alle indicazioni di cui al D.M. 11/10/2017 [15]. Per tutti gli altri locali dell'edificio, che comprendono le aule didattiche, i locali destinati al sonno dei bambini e i laboratori didattici, il parametro di riferimento per la progettazione, quindi, è $D_{2m,nT,W}$ 48 dB, conformemente alle indicazioni del D.P.C.M. 5/12/1997 [7].

Tabella 10: Sintesi degli obiettivi di progetto per le prestazioni di facciata e degli elementi di facciata.



NORMATIVA DI RIFERIMENTO	TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE	OBIETTIVO
D.P.C.M. 5/12/1997	Facciate esterne (destinaz. uso didattica)	$D_{2m,nT,W} \geq 48$ dB
D.M. 11/10/2017	Facciate esterne (destinaz. uso non scolastica)	$D_{2m,nT,W} \geq 43$ dB
L.P. 18/03/1991, n. 6	Infissi verso l'esterno	$R_{500} \geq 25$ dB
L.P. 18/03/1991, n. 6	Strutture divisorie esterne verticali senza serramenti	$R_{500} \geq 45$ dB
L.P. 18/03/1991, n. 6	Strutture divisorie esterne verticali con serramenti	$R_{500} \geq 35$ dB

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

8.2.4 Stima del potere fonoisolante della parete di involucro esistente

Lo schema tipologico di riferimento per la parete perimetrale dell'involucro esistente, che sarà unicamente oggetto dell'applicazione di un isolamento a cappotto, è riportato di seguito in Tabella 11 e consiste in un setto in laterizio di spessore 35 cm. Per la stima delle prestazioni acustiche, espresse in termini di potere fonoisolante R_w , si trascura cautelativamente il contributo del cappotto esterno e si adotta una teoria di calcolo coerente con la legge di massa per le pareti in laterizio impiegando il software SONIDO, descritto al paragrafo 7.1

Tabella 11: Stratigrafia di riferimento della parete esterna di involucro esistente e valutazione delle relative prestazioni acustiche dell'elemento. Scheda di calcolo S01 par. 19.1.

TIPOLOGIA: PARETE ESTERNA	DENSITÀ kg/m ³	SPESSORE cm	MASSA SUPP. kg/m ²
INTONACO	1400	1	14
LATERIZIO	800	35	280
CAPPOTTO IN LANA DI ROCCIA	80	14	11
RASANTE PER CAPPOTTO	1400	1	14
INTONACO	1400	1	14
PARETE ESTERNA		51	319
R_w (CALCOLO SONIDO – S01 par. 19.1)		53 dB	
R_{500} (CALCOLO SONIDO – S01 par. 19.1)		53 dB	

8.2.5 Stima del potere fonoisolante della parete di involucro della parte in ampliamento

Lo schema tipologico di riferimento per la parete perimetrale dell'involucro in ampliamento è riportato di seguito in Tabella 12 e consiste in una struttura in laterizio di spessore 30 cm. Per la stima delle prestazioni acustiche, espresse in termini di potere fonoisolante R_w , si trascura cautelativamente il contributo del cappotto esterno e si adotta una teoria di calcolo coerente con la legge di massa per le pareti in laterizio impiegando il software SONIDO, descritto al paragrafo 7.1

Tabella 12: Stratigrafia di riferimento della parete esterna di involucro della parte in ampliamento e valutazione delle relative prestazioni acustiche dell'elemento. Scheda di calcolo S02 par. 19.1.

TIPOLOGIA: PARETE ESTERNA	DENSITÀ kg/m ³	SPESSORE cm	MASSA SUPP. kg/m ²
INTONACO	1400	1	14
LATERIZIO	800	35	280
CAPPOTTO IN LANA DI ROCCIA	80	14	11
RASANTE PER CAPPOTTO	1400	1	14
INTONACO	1400	1	14
PARETE ESTERNA		51	319
R_w (CALCOLO SONIDO – S02 par. 19.1)		52 dB	
R_{500} (CALCOLO SONIDO – S02 par. 19.1)		51 dB	

8.2.6 Stima del potere fonoisolante della copertura della parte in ampliamento

Lo schema tipologico della copertura della parte in ampliamento, riportato di seguito in Tabella 13, consiste in una struttura in calcestruzzo armato di spessore 28 con una coibentazione esterna in lana minerale. Il pacchetto è completato da un tavolato su cui è posata una lamiera zincata. Per la definizione delle prestazioni acustiche della copertura, espresse in termini di potere fonoisolante R_w , si fa riferimento alle stime effettuate mediante il software SONIDO, di cui al paragrafo 7.1. Nella stima delle prestazioni, cautelativamente, si trascura il contributo della coibentazione esterna, adottando una teoria di calcolo coerente con la legge della massa.

Tabella 13: Stratigrafia della copertura e valutazione delle relative prestazioni acustiche dell'elemento. Scheda di calcolo S03 par. 19.1.

TIPOLOGIA: COPERTURA	DENSITÀ kg/m ³	SPESSORE cm	MASSA SUPF. kg/m ²
LAMIERA ZINCATA	7800	0,1	8
TAVOLATO	450	2	9
ARIA	0	5	0
ISOLANTE LANA DI ROCCIA	100	20	20
SOLAIO IN CA	2400	28	672
COPERTURA		55	709
R_w (CALCOLO SONIDO – S03 par. 19.1)		60 dB	
R_{500} (CALCOLO SONIDO – S03 par. 19.1)		60 dB	

8.2.7 Stima del potere fonoisolante della copertura della palestra

Lo schema tipologico della copertura della palestra, riportato di seguito in Tabella 14, ricalca quello della copertura dell'ampliamento, ma è realizzato con uno spessore inferiore di calcestruzzo armato. Per la definizione delle prestazioni acustiche si fa riferimento alle stime effettuate con il software SONIDO, di cui al paragrafo 7.1, adottando una teoria di calcolo coerente con la legge della massa e trascurando cautelativamente il contributo della coibentazione esterna.

Tabella 14: Stratigrafia della copertura e valutazione delle relative prestazioni acustiche dell'elemento. Scheda di calcolo S03 par. 19.1.

TIPOLOGIA: COPERTURA	DENSITÀ kg/m ³	SPESSORE cm	MASSA SUPF. kg/m ²
LAMIERA ZINCATA	7800	0,1	8
TAVOLATO	450	2	9
ARIA	0	5	0
ISOLANTE LANA DI ROCCIA	100	20	20
SOLAIO IN CA	2400	25	600
COPERTURA		52	637
R_w (CALCOLO SONIDO – S04 par. 19.1)		59 dB	
R_{500} (CALCOLO SONIDO – S04 par. 19.1)		59 dB	

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

8.2.8 Potere fonoisolante minimo dei serramenti

L'elemento critico per la funzione isolante delle facciate è costituito dal potere fonoisolante R_{WFIN} del serramento, componente più debole del sistema di facciata. L'analisi di seguito riassunta, quindi, è effettuata con l'intento di fissare le prestazioni minime dei serramenti per garantire il rispetto degli obiettivi progettuali, essendo note e invariabili quelle dell'elemento opaco, stimate come descritto al paragrafo 8.2.4. Detta A_{TOT} la superficie complessiva della parete, A_P e A_{FIN} rispettivamente la superficie della parte opaca e della parte finestrata della facciata, ΔL_{FS} il termine correttivo per la forma della facciata, K il contributo della trasmissione laterale, V il volume dell'ambiente interno racchiuso dalla facciata, R_{WP} l'indice del potere fonoisolante della parte opaca della facciata, il potere fonoisolante minimo dei serramenti si calcola come:

$$R_{WFIN} = -10 \log \left[\frac{A_{TOT}}{A_{FIN}} \left(10^{\frac{(-D_{2m,nTW} + \Delta L_{FS} + 10 \log(V/(6T_0 A_{TOT}))) - K}{10}} - \frac{A_P}{A_{TOT}} 10^{-R_{WP}/10} \right) \right]$$

Considerando i parametri e le dimensioni previsti a progetto, si calcola un potere fonoisolante minimo per i serramenti come di seguito riassunto in Tabella 15. La corretta e precisa posa in opera del sistema serramento nel suo insieme è l'elemento cruciale per garantire il risultato in termini di prestazioni finali. Il valore di R_w dell'intero sistema serramento deve essere certificato dal produttore.

Tabella 15: Potere fonoisolante minimo dei serramenti. Il valore di R_w dell'intero sistema serramento deve essere certificato dal produttore.

R_w	45 dB	TUTTI I SERRAMENTI DEGLI AMBIENTI DIDATTICI
R_w	40 dB	TUTTI I SERRAMENTI DEI LOCALI NON DIDATTICI
R_w	43 dB	TUTTI I SERRAMENTI DEI BAGNI
R_w	37 dB	SERRAMENTI IN COPERTURA (TIPO VELUX)

8.3 DIVISORIE INTERNE VERTICALI

8.3.1 Obiettivi di progetto

Per quanto riguarda le prestazioni acustiche delle divisorie interne verticali, gli obiettivi di progetto sono quelli fissati dal D.M. 11/10/2017 [15] e sono di seguito indicati in Tabella 18. Le verifiche delle prestazioni sono riportate al capitolo 9, mentre le relative schede di calcolo e i certificati di riferimento per le soluzioni adottate sono riportati in allegato, al capitolo 19.

Tabella 16: Sintesi degli obiettivi di progetto per le prestazioni delle divisorie interne.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO	TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE	OBIETTIVO
D.M. 11/10/2017	Divisorie orizzontali e verticali interne di separazione fra differenti ambienti di vita	$D_{nT,w} \geq 50$ dB
D.M. 11/10/2017	Divisorie orizzontali interne verso spazi comuni con aperture	$D_{nT,w} \geq 30$ dB
L.P. 18/03/1991, n. 6	Strutture divisorie interne	$R_{500} \geq 40$ dB

8.3.2 Stima del potere fonoisolante delle nuove divisorie

Lo schema tipologico della parete divisoria interna, riportato di seguito in Tabella 11, è costituito da un sistema di pareti a secco multistrato con un'intercapedine in lana minerale. Il funzionamento di questo sistema isolante acustico si basa sulla dissipazione di energia sonora dovuta al movimento delle lastre e alla presenza del materiale fonoassorbente nell'interno delle intercapedini. In particolare, la soluzione adottata consiste in una parete a cinque lastre di cartongesso, montata su ossature separate, in modo da minimizzare la trasmissione interna e ridurre i potenziali ponti acustici dovuti al contatto fra i telai metallici. La divisoria, quindi, si configura come un'unica parete a tre lastre cui è accoppiata una controparete autoportante con due lastre. Per la definizione delle prestazioni acustiche, espresse in termini di potere fonoisolante R_w , si fa riferimento alle stime effettuate utilizzando le formule di calcolo di cui alla serie UNI 12354 [27], implementate nel software SONIDO, di cui al paragrafo 7.1.

Tabella 17: Stratigrafia di riferimento della parete divisoria tra le differenti cellule residenziali di tutti gli edifici e valutazione delle relative prestazioni acustiche. Scheda di calcolo S03 par. 19.1.

TIPOLOGIA: DIVISORIE INTERNA TRA CELLULE RESIDENZIALI	DENSITÀ kg/m ³	SPESSORE cm	MASSA SUPF. kg/m ²
DOPPIA LASTRA CARTONGESSO	680	2,5	17
LANA DI ROCCIA	40	5	2
INTERCAPEDINE ARIA	0	1	0
LASTRA CARTONGESSO	680	1,25	9
INTERCAPEDINE ARIA	0	1	0
LANA DI ROCCIA	40	5	2
DOPPIA LASTRA CARTONGESSO	680	2,5	17
PARETE ESTERNA		18,3	47
R_w (CALCOLO SONIDO – S05 par. 19.1)		58 dB	
R_{500} (CALCOLO SONIDO – S05 par. 19.1)		60 dB	

8.3.3 Considerazioni sulle divisorie esistenti

Le divisorie esistenti fra gli ambienti didattici, ovverosia fra i locali con maggiore esigenza di isolamento acustico, non saranno oggetto di intervento. Unicamente nella porzione in ampliamento si definirà una nuova divisoria che, tuttavia, sarà dotata di un'ampia apertura mobile sui locali esistenti.

8.3.4 Prestazioni minime delle porte dei locali

Considerando le prestazioni delle pareti divisorie, nel rispetto delle indicazioni di cui al D.M. 11/10/2017 [15], si stima un potere fonoisolante R_w minimo per le porte interne pari a 30 dB.

8.3.5 Altre soluzioni progettuali

Qualora si rendesse necessario modificare il pacchetto della divisoria interna, deve essere mantenuto il valore minimo di prestazione fonoisolante R_w , a garanzia del rispetto degli obiettivi progettuali.

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

8.4 SOLAI

8.4.1 Obiettivi di progetto

Per quanto riguarda le prestazioni acustiche dei solai, gli obiettivi di progetto sono quelli fissati dal D.M. 11/10/2017 [15] e sono indicati di seguito in Tabella 18. Data la configurazione dell'edificio, che non presenta ambienti di vita fra loro sovrapposti, l'unica prestazione da verificare consiste nell'isolamento al calpestio fra locali adiacenti ed è applicabile unicamente a quei locali in cui saranno effettuati interventi sui solai. Le verifiche delle prestazioni sono riportate al capitolo 9, mentre le relative schede di calcolo e i certificati di riferimento per le soluzioni adottate sono riportati in allegato, al capitolo 19.

Tabella 18: Sintesi degli obiettivi di progetto per le prestazioni dei solai.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO	TIPOLOGIA DELLE STRUTTURE	OBIETTIVO
D.M. 11/10/2017	Divisorie orizzontali interne	$L_{n,w} \leq 58$ dB

8.4.2 Descrizione generale della tipologia di solaio

Come strategia generale, si adotta la tecnica del pavimento galleggiante, realizzata mediante l'interposizione di un elemento resiliente nel pacchetto del solaio. Il solaio di base è costituito da un elemento strutturale in calcestruzzo armato su cui è posato uno strato di isolamento termico. Lo strato resiliente, con funzioni anticalpestio, consiste in un materassino caratterizzato da un valore di rigidità dinamica s' certificata compreso fra 18 e 30 MN/m³. La stratigrafia, infine, è completata superiormente da un massetto con un sistema di riscaldamento radiante a pavimento.

8.4.3 Osservazioni sulle prestazioni del solaio

Come detto, anche nel solaio contro terra deve essere previsto l'utilizzo dell'elemento resiliente anticalpestio per evitare la trasmissione del rumore di calpestio fra i locali adiacenti del piano terra con l'obiettivo, quindi, di garantire un adeguato confort abitativo complessivo.

8.5 ELEMENTI IMPIANTISTICI INTERNI

Fra gli elementi impiantistici interni, si individua, come potenziale fonte di rumorosità, l'unità interna del sistema di raffrescamento. Considerando le caratteristiche geometriche e acustiche dei locali in cui saranno installati gli impianti di riscaldamento e raffrescamento e considerando l'obiettivo di L_{Aeq} 25 dBA ed L_{ic} 28 dBA, come indicato al paragrafo 6.3, si calcola, come potenza sonora massima di riferimento per le unità interne, un valore massimo pari a L_w 30 dBA. Le strategie impiegate per la riduzione della rumorosità interna sono riportate al paragrafo 11.6, mentre quelle adottate per la riduzione della rumorosità esterna sono riportate capitolo 12.

9. VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

9.1 VERIFICA DELLE PRESTAZIONI DEGLI ELEMENTI EDILIZI AI SENSI DELLA L.P. 6/1991

Di seguito, in Tabella 19, è riportato uno schema riassuntivo dei risultati delle analisi delle prestazioni dei singoli elementi edilizi considerati nello studio. I valori rappresentativi delle prestazioni, ove previsto, sono confrontati con i valori di accettabilità nel rispetto della normativa provinciale di cui alla L.P. 6/1991 [16]. Nel caso in esame, trattandosi di un edificio costituito da un'unica unità immobiliare, non si verificano le prestazioni di isolamento al rumore aereo e al calpestio delle divisorie interne orizzontali e verticali. Le verifiche di tali requisiti, comunque, sono effettuate nel rispetto della vigente normativa nazionale, più restrittiva, e sono riportate di seguito al paragrafo 9.2. Le schede di dettaglio con i parametri fisici adottati per lo studio e con i risultati delle analisi sono raccolte in allegato al paragrafo 19.1.

Tabella 19: Schema riassuntivo delle prestazioni acustiche dei singoli elementi edilizi e verifica ai sensi della legge provinciale, ove previsto. I valori degli indici sono approssimati a 1 dB.

RIFERIMENTO	DESCRIZIONE ELEMENTO	PARAMETRO CALCOLATO	VERIFICA AI SENSI DELLA L.P. 6/1991	
			PARAMETRO CALCOLATO	ESITO VERIFICA
S01 (PAR. 19.1)	Parete esterna esistente	$R_w = 53$ dB	$R_{500} = 53$ dB	ESISTENTE N.A.
S02 (PAR. 19.1)	Parete esterna in ampliamento	$R_w = 52$ dB	$R_{500} = 51$ dB	$R_{500} > 45$ dB VERIFICATO
S03 (PAR. 19.1)	Copertura ampliamento	$R_w = 60$ dB	$R_{500} = 60$ dB	$R_{500} > 45$ dB VERIFICATO
S04 (PAR. 19.1)	Copertura palestra	$R_w = 59$ dB	$R_{500} = 58$ dB	$R_{500} > 45$ dB VERIFICATO
S05 (PAR. 19.1)	Divisoria interna	$R_w = 58$ dB	$R_{500} = 60$ dB	NESSUNA RICHIESTA
PRESCRIZIONE	Serramenti in facciata (ambienti didattici)	$R_w \geq 45$ dB	$R_{500} > 25$ dB	$R_{500} > 25$ dB VERIFICATO
PRESCRIZIONE	Serramenti in facciata (ambienti non didattici)	$R_w \geq 40$ dB	$R_{500} > 25$ dB	$R_{500} > 25$ dB VERIFICATO
PRESCRIZIONE	Serramenti in facciata (servizi igienici)	$R_w \geq 43$ dB	$R_{500} > 25$ dB	$R_{500} > 25$ dB VERIFICATO
PRESCRIZIONE	Serramenti in copertura	$R_w \geq 37$ dB	$R_{500} > 25$ dB	$R_{500} > 25$ dB VERIFICATO

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

9.2 VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI AI SENSI DELLA LEGISLAZIONE NAZIONALE

9.2.1 *Criteri generali di valutazione*

La verifica dei requisiti acustici passivi, ai sensi della legislazione nazionale, è effettuata attraverso il collaudo in opera delle prestazioni degli elementi tecnici significativi per l'edificio in esame. Il riferimento più recente in questo ambito è dato dalle indicazioni della norma UNI 11367 relativa alla classificazione acustica delle unità immobiliari [30], nella quale è disciplinata sia la scelta degli elementi tecnici sui quali effettuare le rilevazioni, sia la modalità con cui effettuare tali rilevazioni. La citata norma, parzialmente applicabile agli interventi sugli edifici pubblici, completa un lungo percorso di approfondimento effettuato con l'obiettivo di risolvere alcune incertezze nell'interpretazione del D.P.C.M. 5/12/1997 [7], prefigurando gli elementi generali cui dovrà essere ispirata la futura legislazione nazionale di settore. Per queste ragioni, quindi, essa rappresenta il riferimento per la definizione dello stato dell'arte nell'ambito dell'acustica in edilizia. Nelle analisi di seguito effettuate, quindi, si adottano alcuni criteri ispirati alla norma UNI 11367 [30] e alle indicazioni di cui al D.M. 11/10/2017 [15] come linee guida per la progettazione e per la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi nel caso in esame.

9.2.2 *Definizione degli elementi soggetti a verifica*

Allo scopo di stimare il comportamento in opera degli elementi tecnici interessati dagli interventi edilizi in oggetto, si identificano alcune casistiche rappresentative delle condizioni acusticamente più sfavorevoli per effetto sia della destinazione d'uso dei locali, sia delle dimensioni e le caratteristiche costruttive degli stessi. Adottando tale criterio, quindi, le casistiche esaminate possono essere considerate come un limite inferiore alle prestazioni acustiche dell'edificio e delle sue componenti e garantiscono un approccio cautelativo nell'interpretazione dei risultati. In sintesi, date le caratteristiche dimensionali, tipologiche e funzionali dell'intervento, si identificano le seguenti partizioni da sottoporre alla verifica previsionale dei requisiti acustici passivi:

- Verifica previsionale dell'isolamento al rumore aereo ($D_{2m,nT,W}$) di 10 facciate esterne;
- Verifica previsionale dell'isolamento acustico fra vani adiacenti con aperture ($D_{nT,W}$) di 1 divisorio verticale con apertura.

Non si verificano le prestazioni dell'isolamento al rumore di calpestio. Il solo intervento possibile, infatti, consiste nell'inserimento di un materassino resiliente con le caratteristiche indicate al paragrafo 8.4.2. Tale soluzione, tuttavia, interessa anche locali connessi fra loro attraverso porte o aperture e, quindi, le verifiche previsionali in queste configurazioni non sono possibili. L'intervento di posa in opera di un materassino, tuttavia, è l'unico compatibile con gli obiettivi di progetto.

9.2.3 *Conclusione: verifica dei requisiti acustici passivi*

Di seguito, in Tabella 20 e in Tabella 21, sono riportati i risultati delle verifiche dei requisiti acustici passivi effettuate ai sensi del D.P.C.M. 5/12/1997 [7] e del D.M. 11/10/2017 [15]. In Tabella 22, le stesse verifiche sono individuate in pianta. Considerando che per le verifiche, cautelativamente, sono state selezionate le condizioni più sfavorevoli dal punto di vista geometrico, l'edificio risulta completamente rispondente alle vigenti normative in termini di requisiti acustici passivi. Le schede di calcolo relative alle singole verifiche sono riportate in allegato al capitolo 19.2.

Tabella 20: Verifiche dei requisiti acustici passivi riferiti all'isolamento delle facciate esterne effettuate ai sensi del DPCM 5/12/1997 [7] e del DM 11/10/2017 [13]. Le schede di calcolo relative alle singole verifiche, con l'indicazione planimetrica degli elementi, sono riportate in allegato al presente documento, al capitolo 19.2.

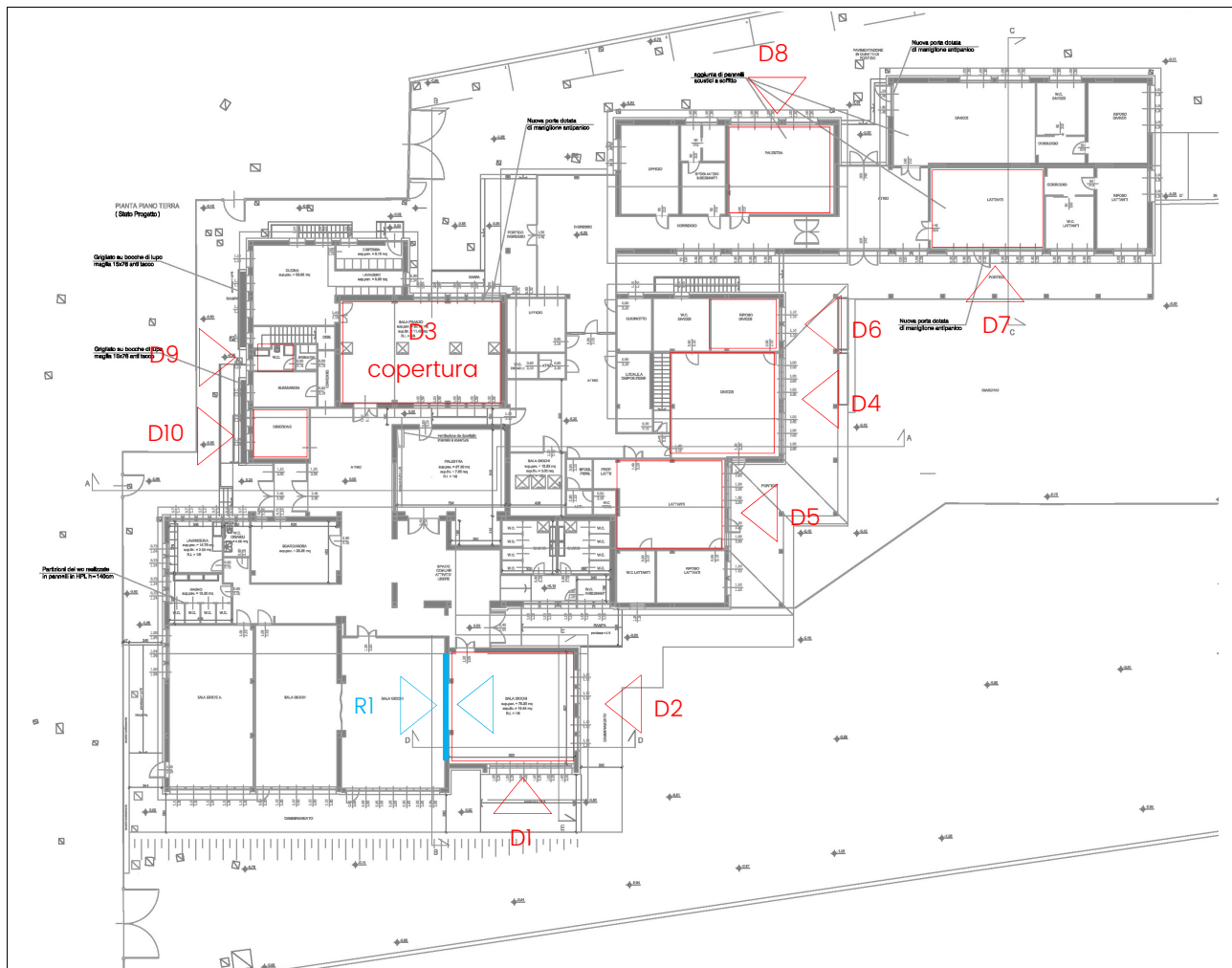
COD.	CODICE DEL LOCALE RICEVENTE	CODICE DEL LOCALE EMITTENTE	VERIFICA AI SENSI DEL DPCM 5/12/1997 E DEL DM 11/10/2017		
			PARTIZIONE VERIFICATA	D _{2m,nT,W} CALCOLATO	ESITO VERIFICA
D01	SALA GIOCHI (ampliamento)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	48 dB	≥ 48 dB
D02	SALA GIOCHI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	50 dB	≥ 48 dB
D03	SALA PRANZO (ampliamento)	Amb. Esterno	COP + SERR	49 dB	≥ 48 dB
D04	DIVEZZI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	49 dB	≥ 48 dB
D05	LATTANTI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	48 dB	≥ 48 dB
D06	RIPOSO DIVEZZI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	48 dB	≥ 48 dB
D07	LATTANTI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	49 dB	≥ 48 dB
D08	PALESTRA (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	45 dB	≥ 43 dB
D09	SERVIZI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	44 dB	≥ 43 dB
D10	DIREZIONE (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	44 dB	≥ 43 dB

Tabella 21: Verifiche dei requisiti acustici passivi riferiti all'isolamento al rumore aereo offerto dalle divisorie verticali effettuate ai sensi del D.M. 11/10/2017 [15]. Le schede di calcolo relative alle singole verifiche, con l'indicazione planimetrica degli elementi, sono riportate in allegato al presente documento, al capitolo 19.2.

COD.	CODICE DEL LOCALE RICEVENTE	CODICE DEL LOCALE EMITTENTE	VERIFICA AI SENSI DEL DPCM 5/12/1997 E DEL DM 11/10/2017		
			PARTIZIONE VERIFICATA	D _{nTW} CALCOLATO	ESITO VERIFICA
R01	SALA GIOCHI (ampliamento)	SALA GIOCHI (esistente)	DIVISORIA + PORTA	34 dB	> 30 dB (*)

(*) Isolamento acustico fra ambienti di uso comune e abitativi collegati mediante accessi o aperture.

Tabella 22: Identificazione in pianta degli elementi edilizi dei piani residenziali sottoposti a verifica dei requisiti acustici passivi ai sensi del D.P.C.M. 5/12/1997 [5] e del D.M. 11/10/2017 [15]. In rosso sono indicate le verifiche dell'isolamento acustico di facciata e in blu quelle di isolamento acustico dei divisori verticali.



9.3 VERIFICHE DEI COMPONENTI DI FACCIATA AI SENSI DELLA L.P. 6/1991

Di seguito, in Tabella 23, sono sintetizzati i risultati delle verifiche delle prestazioni complessive di ciascuna facciata in termini di potere fonoisolante R_{500} del componente edilizio costituito dall'insieme di serramento e parete opaca, effettuate sulle stesse partizioni individuate al paragrafo 9.2.3. Il limite previsto dalla L.P. 6/1991 [16], pari a R_{500} 35 dB, risulta essere ovunque rispettato. Le relative schede di calcolo, eseguito con il software ECHO di cui al paragrafo 7.1.1, sono riportate in allegato al presente documento, al paragrafo 19.2.

Tabella 23: Sintesi delle verifiche dei componenti di facciata ai sensi della L.P. 6/1991. Nel calcolo, si ipotizza che il valore R_w sia coincidente con il valore R_{500} . Le schede di calcolo relative alle singole verifiche sono riportate in allegato al presente documento, al paragrafo 19.2.

COD.	LOCALE RICEVENTE	LOCALE EMITTENTE	VERIFICA AI SENSI DELLA L.P. 6/1991		
			PARTIZIONE VERIFICATA	R_{500} (*) CALCOLATO	ESITO VERIFICA
D01	SALA GIOCHI (ampliamento)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	45 dB	≥ 35 dB
D02	SALA GIOCHI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	46 dB	≥ 35 dB
D03	SALA PRANZO (ampliamento)	Amb. Esterno	COP + SERR	49 dB	≥ 35 dB
D04	DIVEZZI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	46 dB	≥ 35 dB
D05	LATTANTI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	45 dB	≥ 35 dB
D06	RIPOSO DIVEZZI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	48 dB	≥ 35 dB
D07	LATTANTI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	47 dB	≥ 35 dB
D08	PALESTRA (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	43 dB	≥ 35 dB
D09	SERVIZI (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	45 dB	≥ 35 dB
D010	DIREZIONE (esistente)	Amb. Esterno	PEXT + SERR	44 dB	≥ 35 dB
(*) Per il calcolo dell'indice del potere fonoisolante a 500 Hz, si assume che R_{500} sia coincidente con R_w					

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

10. CONFORT ACUSTICO INTERNO

10.1 OBIETTIVI

L'obiettivo dello studio, i cui risultati sono riassunti in questa sezione del documento, è quello di ottimizzare il livello di confort acustico interno dei locali, considerando sia la peculiarità della destinazione d'uso dei locali, sia la specificità delle attività in essi effettuate. Gli obiettivi sono definiti in coerenza con il quadro normativo di riferimento per la valutazione del confort interno degli ambienti, definito in dettaglio al capitolo 6. In particolare, al paragrafo 6.3.2, sono riportati i valori di riferimento del T_R e del rapporto A/V per gli ambienti sottoposti a verifica. Viste le destinazioni d'uso previste in progetto e le corrispettive categorie della norma, per nessun ambiente è richiesta la verifica dei parametri STI e C50.

10.2 INTERVENTI PROGETTUALI

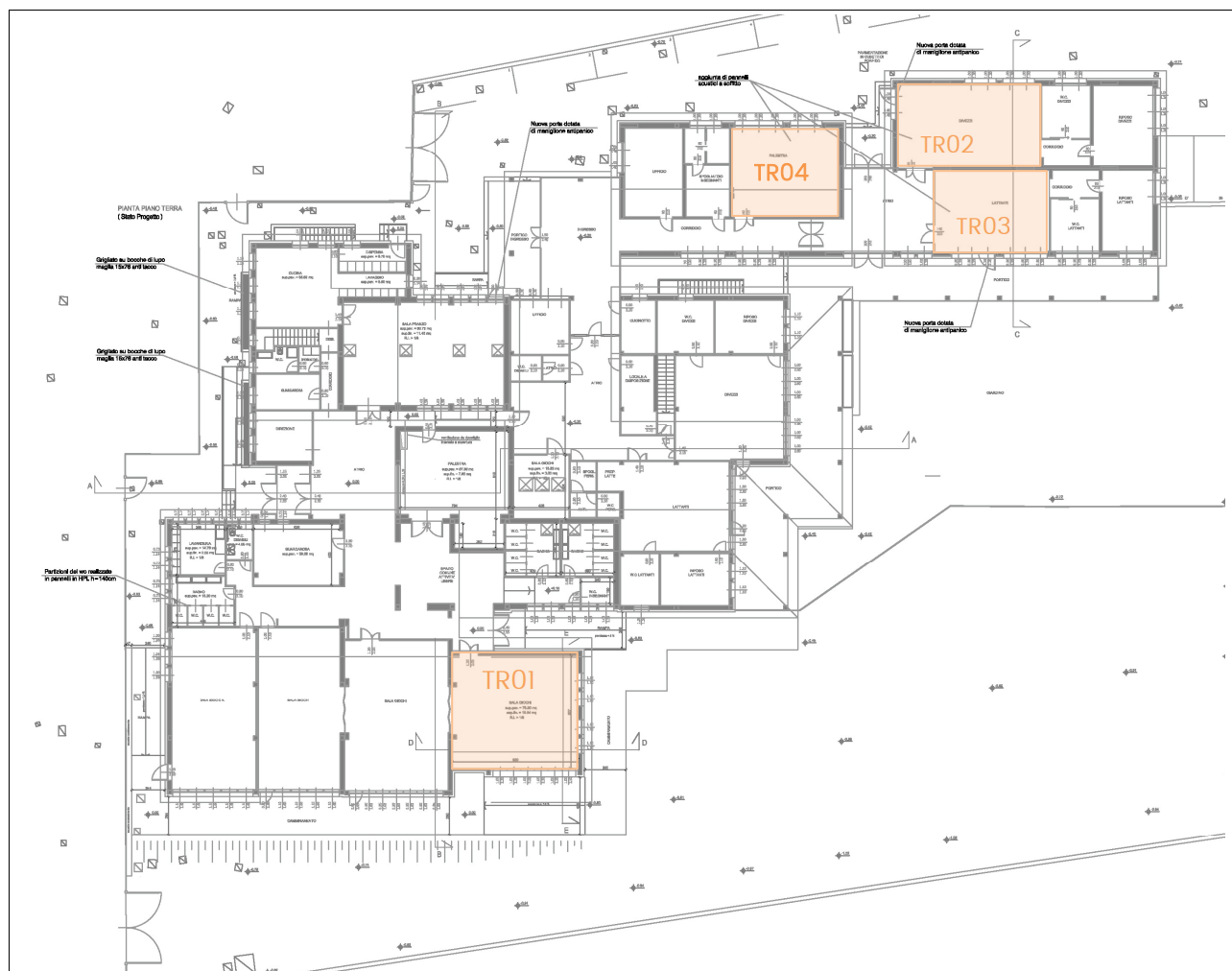
10.2.1 Ambienti sottoposti a verifica

La strategia adottata per raggiungere gli obiettivi di progetto si concretizza nel controllo della riverberazione all'interno degli ambienti, con un approccio differente in relazione alle tipologie e alle destinazioni d'uso previste per i locali. L'analisi si concentra sulle aule in cui sono previsti specifici interventi di bonifica acustica e sulla nuova sala giochi posta nel corpo in ampliamento. In particolare, per la verifica, si identificano alcuni ambienti rappresentativi delle varie condizioni geometriche e acustiche, di seguito riportati in Tabella 24. Per ciascuno di questi locali, inoltre, sono riportati i valori di riferimento.

10.2.2 Descrizione dell'intervento tipo

Per garantire un adeguato confort acustico all'interno dei locali oggetto di intervento, si prevedono due diverse soluzioni progettuali. Per la sala giochi, posta nel volume in ampliamento, si prevede l'installazione di un controsoffitto dotato di proprietà fonoassorbenti. Il sistema a controsoffitto è costituito da pannelli in lana di vetro ad alta densità di spessore 40 mm installati a vista, con un'intercapedine di ampiezza almeno 9,5 cm. Di seguito, in Tabella 25, sono riassunte le prestazioni di fonoassorbimento minime richieste per la soluzione a controsoffitto. Per le aule divezzi, lattanti e palestra in cui sono previsti interventi di bonifica acustica, invece, si prevede l'installazione di pannelli sospesi a soffitto e pannelli a parete, in grado di ridurre il tempo di riverberazione all'interno degli ambienti. I pannelli fonoassorbenti in questo caso sono realizzati in lana minerale rivestita in tessuto e hanno una dimensione di 180x120x5 cm. Di seguito, in Tabella 25, sono riassunte le prestazioni di fonoassorbimento minime richieste per i pannelli da installare a soffitto e a parete, mentre in Tabella 26 sono indicate le quantità di pannelli considerate per le diverse aule analizzate. Entrambe le soluzioni progettuali comportano una distribuzione omogenea di materiale fonoassorbente su tutta la superficie dei locali e, quindi, risultano essere ottimali per il controllo delle riflessioni e del riverbero interno ai vari ambienti.

Tabella 24: Individuazione in pianta dei locali sottoposti a verifica di confort acustico interno con indicazione dei valori di riferimento per i parametri di progetto del confort acustico interno.



COD.	TOPOLOGIA LOCALE	VOLUME [m³]	NORMA DI RIFERIMENTO	CATEGORIA	VALORI DI RIFERIMENTO DEL TEMPO RIVERBERAZIONE
TR01	SALA GIOCHI	226	UNI 11532-2:2020	A6.5	$A/V_{\text{minimo}} = 0,27 \text{ m}^2/\text{m}^3$
TR02	DIVEZZI	259	UNI 11532-2:2020	A6.5	$A/V_{\text{minimo}} = 0,23 \text{ m}^2/\text{m}^3$
TR03	LATTANTI	192	UNI 11532-2:2020	A6.5	$A/V_{\text{minimo}} = 0,23 \text{ m}^2/\text{m}^3$
TR04	PALESTRA	154	UNI 11532-2:2020	A5 / A6.5 (*)	$A/V_{\text{minimo}} = 0,27 \text{ m}^2/\text{m}^3$

(*) L'ambiente palestra ricadrebbe per via della destinazione d'uso nella categoria A5 della norma UNI 11532-2:2020, che però indica valori di riferimento del tempo di riverberazione ottimale T_{ott} solo per ambienti con volumi superiori ai 200 m³. In assenza di un valore di riferimento per il caso in esame, quindi, si attribuisce all'ambiente palestra la categoria A6.5, corrispondente ad aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido.

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

Tabella 25: Valori minimi del coefficiente di assorbimento per i materiali da impiegare nel trattamento acustico.

TIPOLOGIA DI MATERIALE	COEFF. ASSORBIMENTO α IN FREQUENZA [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
CONTROSOFFITTO IN LANA DI VETRO AD ALTA DENSITÀ sp. 40 mm CON INTERCAPEDINE sp. 95 mm	0,40	0,70	0,75	0,90	1,00	1,00
PANNELLI IN LANA MINERALE RIV. IN TESSUTO, 180x120x5 cm	0,70	0,87	0,91	1,00	1,00	1,00

Tabella 26: Indicazione sulla quantità e sulla disposizione dei trattamenti fonoassorbenti nelle aule analizzate.

TOPOLOGIA LOCALE	TIPOLOGIA DI TRATTAMENTO FONOASSORBENTE
SALA GIOCHI	Controsoffitto realizzato con pannelli in lana di vetro ad alta densità di spessore 40 mm, posizionati su tutto il soffitto con intercapedine di spessore 95 mm
DIVEZZI	10 pannelli in lana minerale rivestita in tessuto dim. 180x120x5 cm sospesi a soffitto 6 pannelli in lana minerale rivestita in tessuto dim. 180x120x5 cm a parete
LATTANTI	8 pannelli in lana minerale rivestita in tessuto dim. 180x120x5 cm sospesi a soffitto 3 pannelli in lana minerale rivestita in tessuto dim. 180x120x5 cm a parete
PALESTRA	7 pannelli in lana minerale rivestita in tessuto dim. 180x120x5 cm sospesi a soffitto 5 pannelli in lana minerale rivestita in tessuto dim. 180x120x5 cm a parete

10.3 VERIFICHE DEL CONFORT INTERNO

Di seguito, in Tabella 27, sono riportate le verifiche dei valori di tempo di riverberazione, espressi in termini di rapporto A/V , per gli ambienti rappresentativi individuati al paragrafo 10.2.1. Le schede di calcolo sono riportate in allegato al presente documento, al capitolo 19.3. Per le categorie in esame, la norma UNI 11532-2:2020 [36] richiede la valutazione dei parametri di riferimento nelle bande d'ottava comprese tra 250 Hz e 2000 Hz. Inoltre, non è richiesta la valutazione dei valori di STI e C50. In conclusione, con le ipotesi descritte, in tutti i locali analizzati si verifica il rispetto delle richieste della UNI 11532-2:2020 [36] per la valutazione del confort acustico interno degli ambienti scolastici.

Tabella 27: Verifica dei parametri per la valutazione del confort acustico interno. In tutti i locali analizzati, sono rispettate le richieste di cui alla UNI 11532-2:2020 in termini di rapporto A/V . Non è richiesta la valutazione di C50 e STI. Le schede di dettaglio dei calcoli sono riportate in allegato al presente documento, al capitolo 19.3.

COD.	TIPOLOGIA LOCALE	PARAMETRO	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	VALORI DI RIFERIMENTO	VERIFICA
TR01	SALA GIOCHI	A/V	0,27	0,28	0,33	0,37	$A/V_{\text{minimo}} = 0,27 \text{ m}^2/\text{m}^3$	VERIFICATO
TR02	DIVEZZI	A/V	0,23	0,23	0,26	0,26	$A/V_{\text{minimo}} = 0,23 \text{ m}^2/\text{m}^3$	VERIFICATO
TR03	LATTANTI	A/V	0,23	0,23	0,26	0,26	$A/V_{\text{minimo}} = 0,23 \text{ m}^2/\text{m}^3$	VERIFICATO
TR04	PALESTRA	A/V	0,27	0,28	0,32	0,32	$A/V_{\text{minimo}} = 0,27 \text{ m}^2/\text{m}^3$	VERIFICATO

11. INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE ESECUTIVA E MODALITÀ DI POSA

11.1 INDICAZIONI PER I SERRAMENTI

11.1.1 *Indice del potere fonoisolante minimo del sistema serramento R_w*

L'indice del potere fonoisolante R_w richiesto ai serramenti dovrà essere certificato dal fornitore mediante prove di laboratorio conformi alla normativa tecnica vigente. La prova dovrà riguardare l'intero sistema del serramento, costituito sia dal vetro, sia dal telaio. Il valore minimo di progetto previsto per le varie categorie di serramento è riportato di seguito in Tabella 28.

Tabella 28: Potere fonoisolante minimo dell'intero sistema serramento certificato dal produttore.

R_w	45 dB	TUTTI I SERRAMENTI DEGLI AMBIENTI DIDATTICI
R_w	40 dB	TUTTI I SERRAMENTI DEI LOCALI NON DIDATTICI
R_w	43 dB	TUTTI I SERRAMENTI DEI BAGNI
R_w	37 dB	SERRAMENTI IN COPERTURA (TIPO VELUX)

11.1.2 *Indicazioni per la posa in opera*

Il fornitore dei serramenti dovrà indicare tutte le prescrizioni di corretta posa in opera dei propri sistemi. Le guarnizioni e i sigillanti dovranno essere posati con estrema attenzione, in modo continuo lungo tutto il perimetro del serramento, limitando il più possibile le interruzioni e senza alcuna rottura. Particolare attenzione dovrà essere posta alla realizzazione degli angoli. Oltre all'uso di guarnizioni auto-espandenti, si consiglia di interporre del materiale fibroso fonoassorbente fra il falso telaio e il telaio, mentre il telaio fisso dovrà essere giuntato sul perimetro interno ed esterno utilizzando del sigillante di tipo siliconico. Il potere fonoisolante minimo del sigillante deve essere pari o superiore a R_w 60 dB. Per la scelta delle caratteristiche prestazionali dei sigillanti, si raccomanda di fare riferimento alle indicazioni di cui alla norma ISO 11673-1 [32].

11.2 ESECUZIONE DI PARETI E CONTROPARETI A SECCO

11.2.1 *Indicazioni per la posa in opera dei cartongessi*

Per la realizzazione delle pareti divisorie interne, delle contropareti e dei controsoffitti, dovranno essere adottate tutte le prescrizioni progettuali in termini di R_w minimo della stratigrafia. Per evitare scadimenti delle prestazioni del sistema parete previsto a progetto, deve essere assicurata la completa desolidarizzazione delle orditure metalliche di supporto da tutte le strutture perimetrali, sia verticali, sia orizzontali. Le lastre devono essere vincolate alla struttura metallica di supporto in modo tale da poter essere libere di vibrare e, quindi, di dissipare l'energia sonora incidente senza trasmetterla agli elementi adiacenti. Le giunture delle prime lastre devono essere sfalsate rispetto a quelle delle seconde lastre e i giunti fra lastra e lastra e fra lastre e strutture laterali quali soffitto, pavimento e pareti devono essere trattati con specifici materiali quali stucchi coprifughe, silicone acrilico e nastro di rinforzo.

11.2.2 *Interazioni con le canalizzazioni impiantistiche*

L'eventuale presenza di passaggi impiantistici deve essere curata e trattata con estrema attenzione, evitando di creare ponti acustici e attenendosi scrupolosamente alle indicazioni del capitolato del produttore del sistema costruttivo. In particolare, in corrispondenza delle divisorie verticali fra differenti cellule abitative, devono essere evitati gli scassi per l'alloggiamento delle prese elettriche oltre a tutti quegli elementi che possano determinare lo schiacciamento del materiale isolante interno oppure la riduzione dello spessore dello stesso, la foratura senza alcun ripristino o la rimozione delle lastre.

11.3 INDICAZIONI PER LE PARETI DIVISORIE INTERNE

Per la realizzazione delle pareti divisorie interne, dovranno essere adottate tutte le prescrizioni in termini di scelta delle soluzioni e dei materiali da impiegare per riprodurre fedelmente sia la stratigrafia, sia le condizioni di vincolo previste dal capitolato del produttore del sistema costruttivo al fine di minimizzare le trasmissioni di rumore ed evitare la formazione di collegamenti rigidi. L'eventuale presenza di passaggi impiantistici deve essere curata e trattata con estrema attenzione, evitando di creare ponti acustici e attenendosi scrupolosamente alle indicazioni del capitolato del produttore del sistema costruttivo. In particolare, devono essere evitati gli scassi per l'alloggiamento delle prese elettriche oltre a tutti quegli elementi che possano determinare lo schiacciamento del materiale isolante interno oppure la riduzione dello spessore dello stesso, la foratura senza alcun ripristino o la rimozione delle lastre. In ogni caso, per evitare scadimenti delle prestazioni del sistema parete previsto a progetto, deve essere assicurata la desolidarizzazione delle orditure metalliche da tutte le strutture perimetrali, sia verticali, sia orizzontali. Le strutture metalliche, inoltre, devono avere ossature separate, ovvero sia devono essere separate fra loro per evitare la formazione di collegamenti rigidi. Le lastre devono essere vincolate alla struttura metallica di supporto seguendo le indicazioni previste dal produttore, in modo tale da poter essere libere di vibrare e, quindi, di dissipare l'energia sonora incidente senza trasmetterla agli elementi adiacenti. Le giunture delle prime lastre devono essere sfalsate rispetto a quelle delle seconde lastre e i giunti fra lastra e lastra e fra lastre e strutture laterali quali soffitto, pavimento e pareti devono essere trattati con specifici materiali quali stucchi coprifughe, silicone acrilico e nastro di rinforzo.

11.4 PARETI IN BLOCCHI DI LATERIZIO

Come criterio generale, nella realizzazione delle pareti di involucro in blocchi, deve essere posta particolare attenzione per evitare che si formino fessure o aperture fra i singoli elementi. I blocchi componenti l'involucro devono essere scelti evitando quei pezzi che sono fessurati e devono essere posati in opera evitando di provocare fessurazioni durante le lavorazioni. Conformemente ai certificati di prova, nella posa dei blocchi è previsto che i vuoti d'aria interni siano riempiti completamente di malta cementizia, per incrementarne la massa e, quindi, le prestazioni isolanti acustiche. È necessario utilizzare abbondante malta sia nei corsi orizzontali, sia nei giunti verticali. La malta, inoltre, deve essere ben costipata, per evitare di lasciare vuoti che potrebbero costituire pericolosi ponti acustici. All'esterno e all'interno della parete, deve essere posato l'intonaco in malta di rinzafo con continuità su tutte le superficie e con spessore uno minimo di 1,5 cm.

11.5 INDICAZIONI PER I SOLAI

11.5.1 *Esecuzione del pavimento galleggiante*

Per quanto riguarda la realizzazione dei solai e, in particolare, l'esecuzione di pavimenti galleggianti, si fa riferimento alle indicazioni di posa previste nella norma UNI 11516:2013 [31]. I materassini anticaplestio utilizzati devono avere prestazioni di rigidità dinamica certificate. La posa in opera dell'isolante acustico è effettuata con particolare cura, al fine di evitare l'introduzione di ponti acustici tali da generare trasmissioni laterali del rumore di calpestio. Il materiale deve essere posato in modo tale da realizzare una vasca che isoli il soprastante massetto da tutte le altre strutture rendendolo completamente desolidarizzato. Il contatto fra massetto e pareti laterali, pertanto, deve essere evitato mediante l'interposizione di una striscia di materiale isolante. Il materiale isolante non deve essere posato solo sul solaio, ma anche risvoltato a parete per uno spessore pari ad almeno quello del massetto, più quello della pavimentazione finale. Così facendo si evita che le facce verticali del massetto, possano toccare le pareti costituendo da un lato un pericoloso ponte acustico e dall'altro un freno statico al galleggiamento del sistema. Anche la fascia perimetrale dovrà risultare continua e integra. In presenza di pilastri, lesene, porte, soglie delle porte, falsi telai di tutte le porte e altri movimenti delle pareti, la fascia perimetrale va modellata senza interruzione per seguire fedelmente il perimetro dei locali per garantire la completa desolidarizzazione tra massetto ed elementi strutturali. Nel caso all'interno dei locali vi siano elementi verticali emergenti dallo strato di appoggio, anche questi devono essere rivestiti con la banda di isolamento perimetrale o con materiale resiliente in modo da evitare qualsiasi contatto rigido con il massetto. L'eccedenza di fascia perimetrale va rifilata solo al termine della posa della pavimentazione. Il pavimento andrà dunque posato a contatto con la fascia perimetrale garantendo così la riduzione del passaggio di rumore e il funzionamento elastico del sistema. Anche la posa del battiscopa deve essere realizzata con attenzione al funzionamento acustico del sistema. Il battiscopa non deve essere realizzato in contatto diretto con il pavimento, ma fissato a muro con una fessura di 3-5 mm che può essere colmata da finitura in silicone o guaine autoespandenti, per evitare ponti acustici. Sia i battiscopa perimetrali, sia le piastrelle di rivestimento dovranno essere distaccati di qualche millimetro dal rivestimento a pavimento in modo da evitare la formazione di collegamenti rigidi tra pavimentazione e pareti laterali. L'impresa esecutrice si assume l'onere di verificare la compatibilità dei pacchetti stratigrafici eventualmente proposti con gli obiettivi progettuali.

11.5.2 *Interazioni con le canalizzazioni impiantistiche*

Qualora si dovesse manifestare l'esigenza di posare in opera canalizzazioni impiantistiche attraverso i solai, per evitare che si possano formare collegamenti rigidi fra il massetto e le strutture dalle quali esso è separato mediante la guaina anticaplestio, è necessario che siano adottate opportune soluzioni per desolidarizzare tali passaggi.

11.6 ACCORGIMENTI PER IL CONTROLLO DEL RUMORE DEGLI IMPIANTI

Il sistema impiantistico interno all'edificio è limitato alle reti idrauliche, mentre la parte energetica è indipendente per ciascuna cellula residenziale e consiste nell'impiego di ventilconvettori autonomi. La strategia adottata per il controllo della rumorosità degli impianti consiste nella realizzazione di un sistema di cavedi isolati acusticamente per il collegamento fra i vari piani e per la distribuzione delle utenze. Per ottimizzare il sistema di isolamento nei confronti della rumorosità degli impianti, si raccomanda l'impiego dei seguenti accorgimenti:

- Installazione di tubazioni silenziante realizzate con materiali dotati di un valore elevato di massa specifica;
- Realizzazione degli ancoraggi di supporto per le tubazioni in corrispondenza di nodi e di strutture fisse, evitando punti in cui possa essere maggiore l'inflessione del materiale su cui è fissato il supporto;
- Impiego di supporti antivibranti per il collegamento delle tubazioni alle strutture dell'edificio;
- Eliminazione dei collegamenti rigidi tra canali e strutture laterali mediante l'utilizzo di collari di tipo silenziato e attraverso l'interposizione di materiale elastico negli attraversamenti;
- Interposizione di uno strato di materiale elastico tra i sanitari e le strutture di supporto;
- Desolidarizzazione degli organi meccanici degli impianti mobili quali, per esempio, il motore dell'ascensore, adottando soluzioni finalizzate allo smorzamento delle vibrazioni;
- Evitare il montaggio degli organi meccanici degli impianti in corrispondenza di locali particolarmente sensibili al rumore;
- Prevedere sistemi silenziatori lungo le canalizzazioni dell'impianto di trattamento aria, in particolare in corrispondenza degli stacchi per i locali più delicati acusticamente, quali le aule scolastiche;
- Evitare di creare collegamenti o ponti acustici attraversando direttamente o indebolendo le divisorie che separano ambienti appartenenti a differenti unità funzionali.

Considerando le caratteristiche geometriche e acustiche dei locali in cui saranno installati gli impianti di riscaldamento e raffrescamento e considerando l'obiettivo di L_{ic} 28 dBA, come indicato al paragrafo 6.3, si calcola, come potenza sonora massima di riferimento per le unità interne, un valore pari a L_w 35 dBA.

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO ex L. 447/1995

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

12. CONSIDERAZIONI IN MERITO ALL'IMPATTO ACUSTICO DEGLI IMPIANTI

Di seguito, si analizza in via generale il tema dell'impatto acustico correlato al funzionamento dei sistemi impiantistici posti a servizio dell'edificio scolastico nella sua configurazione di progetto. Nello studio previsionale, tuttavia, si introducono alcune ipotesi semplificative, inevitabili allo stato attuale del progetto, che rendono i risultati suscettibili di un certo grado di incertezza. Per questa ragione, quindi, è necessario che, in una fase successiva del processo progettuale, quando saranno definiti in dettaglio gli elementi di interesse acustico, siano rivalutate tali ipotesi con l'obiettivo di affinare le analisi e renderle più aderenti alle reali configurazioni impiantistiche.

12.1 CRITERI GENERALI E METODOLOGIA DI STUDIO

12.1.1 *Modalità di studio dell'impatto acustico*

Lo studio del campo acustico e delle sue evoluzioni per effetto degli interventi in progetto si esegue con un modello in grado di simulare la propagazione sonora, sviluppato su un foglio di calcolo con le ipotesi di propagazione in campo libero. In particolare, detto L_i il livello di pressione sonora in corrispondenza di un punto ricevitore, L_e il livello di potenza della sorgente e A la somma delle attenuazioni sul percorso fra sorgente e ricevitore, il modello di calcolo è basato su relazioni semi-empiriche del tipo:

$$L_i = L_e - A$$

Il calcolo è stato eseguito considerando l'attenuazione dovuta a tutti i fenomeni fisici più rilevanti quali la divergenza geometrica, le riflessioni e l'effetto schermante di tutti gli ostacoli presenti sul percorso di propagazione.

12.2 IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI IMPIANTISTICHE

12.2.1 *Identificazione delle sorgenti*

La gran parte del sistema impiantistico è collocata all'interno dell'edificio, ed è prevista l'installazione di un'unica unità esterna, lungo il lato nordorientale del lotto. Si tratta dell'unità esterna a servizio del sistema di trattamento dell'aria.

12.2.2 *Modalità di funzionamento delle sorgenti impiantistiche*

Come condizione di verifica più cautelativa, si ipotizza il funzionamento notturno degli impianti. Durante questo periodo, inoltre, si assume che le sorgenti sonore siano in funzione in modo continuativo, con un livello di potenza sonora costante e massimo.

12.3 IDENTIFICAZIONE DEI RICETTORI PIÙ ESPOSTI

Di seguito, in Figura 2, si identifica la posizione del ricettore residenziale più esposto alle emissioni sonore e il percorso più breve su cui si calcola la propagazione del suono. La minima distanza che separa la sorgente sonora dalle pertinenze esterne del ricettore residenziale è pari a 13 m.

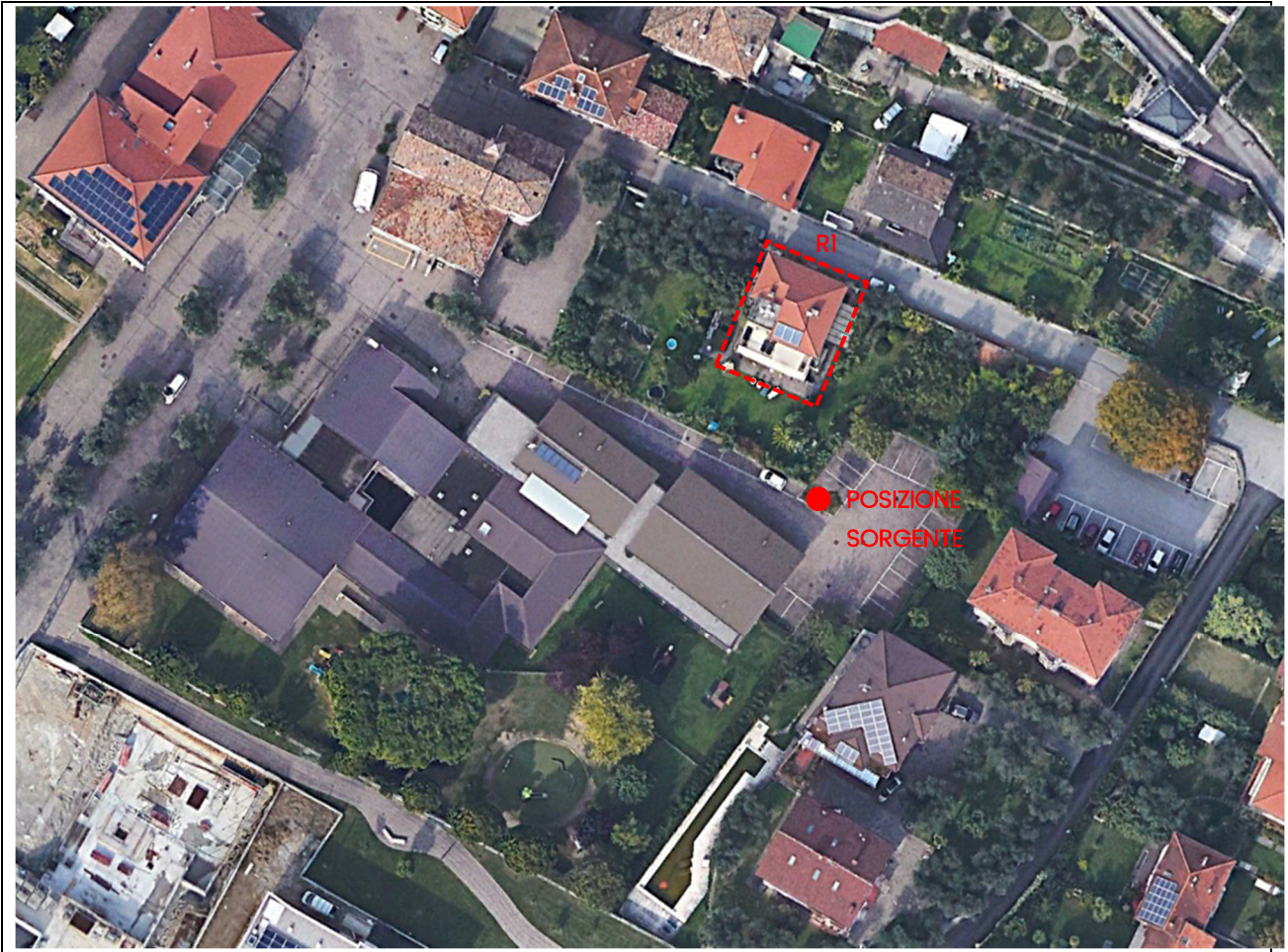


Figura 2: Schema della posizione della sorgente sonora rispetto al ricettore più prossimo. Nello studio, si calcola la propagazione del suono lungo il percorso fra sorgente e ricettore, che distano circa 13 m fra loro.

12.4 VERIFICA PREVISIONALE DELLA COMPATIBILITÀ ACUSTICA

12.4.1 Limiti di riferimento

I limiti di riferimento sono definiti dal piano di classificazione acustica comunale di Riva del Garda, come indicato al capitolo 3. In particolare, gli edifici circostanti all'edificio scolastico, identificati al paragrafo 12.3 sono classificati come classe II. Nell'area di studio, inoltre, è vigente il limite differenziale.

12.4.2 Modalità di valutazione

Per gli obiettivi del presente studio, si analizzano gli effetti delle emissioni delle sorgenti identificate al paragrafo 12.2 sull'edificio ricettore identificato al paragrafo 12.3, valutando la compatibilità con i limiti vigenti dei livelli sonori calcolati in facciata. In particolare, come criterio di valutazione, si calcola cautelativamente la massima potenza sonora installabile compatibilmente con il rispetto dei limiti di emissione della classe II per il periodo di riferimento notturno, pari a 40 dBA.

12.4.3 Risultati di calcolo

Di seguito, in Tabella 30, sono riportati i risultati dei calcoli effettuati per la valutazione della compatibilità acustica. In particolare, considerando un livello di potenza crescente della macchina impiantistica posta lungo il perimetro settentrionale della proprietà, si calcolano livelli sonori via via più elevati in corrispondenza delle pertinenze esterne dell'edificio ricettore R1, posto nelle immediate vicinanze della scuola. Si osserva come, con una potenza sonora superiore a 70 dBA, i livelli sonori calcolati in facciata al ricettore uguagliano la soglia di 40 dBA, identificata come limite di riferimento progettuale. In conclusione, quindi, dallo studio emerge come, per assicurare la compatibilità acustica degli interventi, è necessario che le macchine impiantistiche siano caratterizzate da un livello di potenza sonora complessivo L_w inferiore a 70 dBA.

12.4.4 Considerazioni sul rispetto del limite differenziale

La valutazione, effettuata con i livelli sonori calcolati in corrispondenza delle pertinenze esterne più esposte dell'edificio ricettore R1, risulta essere cautelativa anche per quanto riguarda le verifiche riguardo al rispetto del limite differenziale di immissione a finestre aperte, dato che la stima non tiene conto delle possibili attenuazioni fra ambiente esterno e ambiente interno. In particolare, tali variazioni sono dell'ordine di 3-5 dB a finestre aperte. Da questo confronto, quindi, è possibile esprimere alcune considerazioni, seppure parziali, a proposito del rispetto dei limite differenziale nella condizione di misura finestre aperte, considerando lo scenario di analisi relativo al periodo di riferimento notturno, durante il quale sono applicabili i limiti più severi. Verificando questa condizione più restrittiva, quindi, come diretta conseguenza è possibile dedurre il rispetto anche dei limiti diurni. Nelle ipotesi descritte, il funzionamento degli impianti durante il periodo di riferimento notturno non risulta essere in grado di provocare il superamento del limite differenziale, dato che i livelli interni risultano inferiori a 40 dBA, soglia di applicazione del limite. In conclusione, pertanto, ogni superamento della soglia di applicabilità e, potenzialmente, del limite differenziale, non può essere imputata al funzionamento degli impianti in progetto.

12.4.5 Eventuali misure di mitigazione

Come misura di mitigazione, finalizzata a ridurre cautelativamente le emissioni sonore provenienti dal sistema impiantistico installato all'aperto, si considera come elemento di garanzia l'installazione di un sistema di schermatura perimetrale realizzato con pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti. Tali elementi, oltre a intercettare le onde dirette verso l'edificio ricettore, limitando le emissioni dirette, evitano le riflessioni multiple sulle superficie interne degli schermi acustici, contribuendo a ridurre l'energia re-irradiata verso l'ambiente circostante. Come indicazione generale, di seguito, in Tabella 29, si riportano le caratteristiche generali della barriera acustica.

Tabella 29: Caratteristiche generali della barriera antirumore.

CATEGORIA DI PRESTAZIONE DELLA BARRIERA		
ISOLAMENTO ACUSTICO	CAT. B2 -B3	DLR > 20 dB
ASSORBIMENTO ACUSTICO (sup. interne)	CAT. A4	DL α > 11 dB

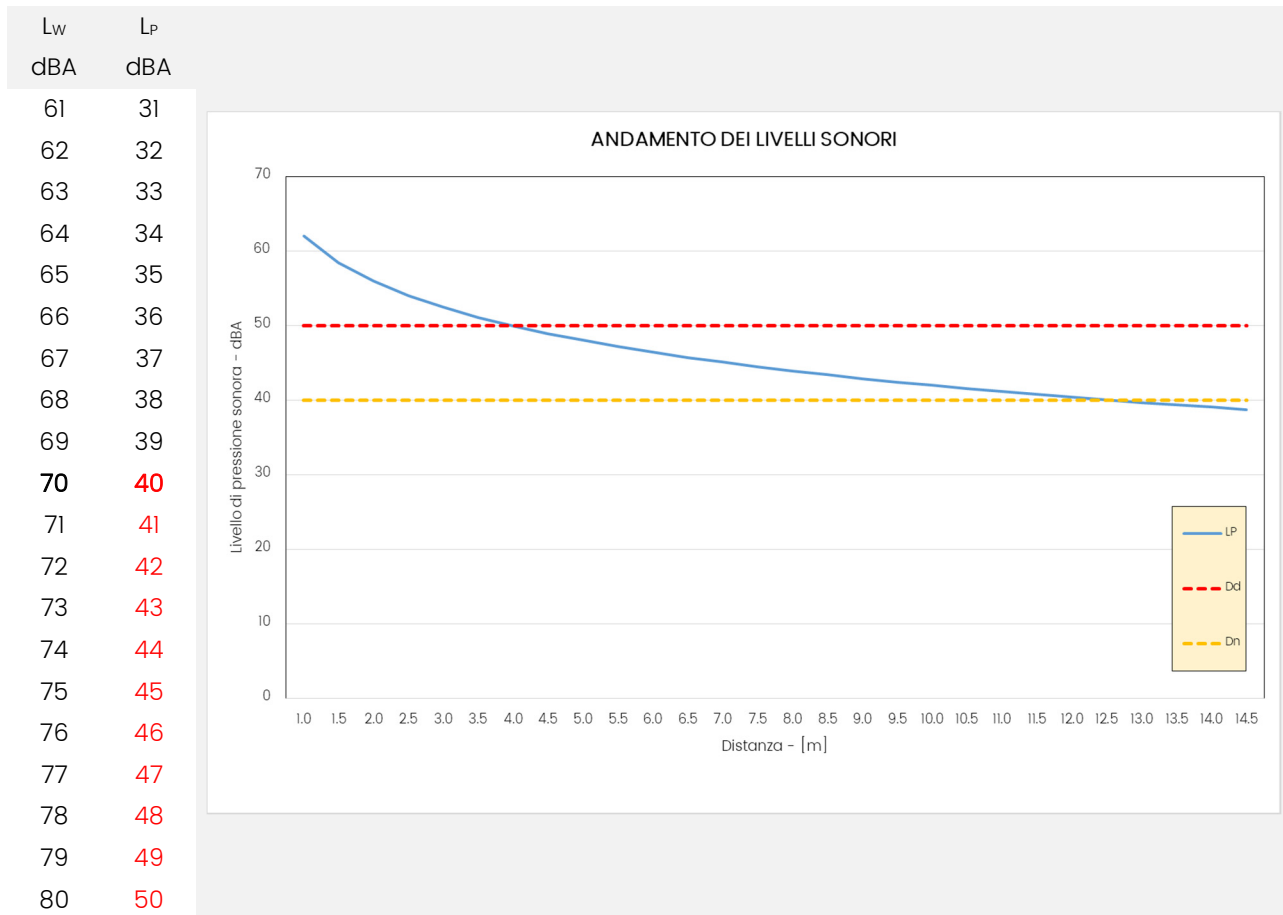
ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

Tabella 30: Livelli di pressione calcolati in corrispondenza delle pertinenze più esposte dell'edificio ricettore R1. Al crescere della potenza sonora installata, aumenta anche il livello di pressione stimato. La soglia di riferimento di 40 dBA rappresenta il limite di emissione notturno. Il grafico rappresenta l'andamento del LP per una potenza installata pari a L_w 70 dBA al crescere della distanza.



12.5 ELEMENTI DI INCERTEZZA E APPROFONDIMENTI RICHIESTI ALLE ANALISI

Nello studio, coerentemente con il livello di approfondimento progettuale complessivo, sono state introdotte alcune ipotesi che, tuttavia, immettono inevitabilmente degli elementi di incertezza nell'interpretazione dei risultati. Allo scopo di precisare le indagini, quindi, è opportuno prevedere un ulteriore stadio di analisi da eseguire in fase esecutiva o in fase di appalto, ovvero quando saranno specificati in dettaglio gli elementi impiantistici, per valutare con più accuratezza i seguenti elementi che, allo stato attuale, non sono disponibili:

- Definire in modo preciso le caratteristiche acustiche delle macchine impiantistiche, utilizzando le informazioni del produttore degli specifici impianti che saranno installati;
- Definire esattamente il periodo di funzionamento degli impianti, considerando, in particolare, l'operatività durante il periodo di riferimento notturno.

Alla luce dei risultati di queste analisi, sulla scorta dell'impostazione del presente studio, sarà possibile valutare con maggiore esattezza l'opportunità di introdurre degli eventuali interventi di mitigazione delle emissioni da realizzarsi direttamente alle sorgenti, mediante l'applicazione di silenziatori, oppure lungo la via di propagazione, mediante la messa in opera di schermi acustici.

ACUSTICA

 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

CONCLUSIONI

13. INQUADRAMENTO GENERALE

13.1 SINTESI DEL QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

Lo studio acustico allegato al progetto definitivo OPK942 RIORGANIZZAZIONE SPAZI INTERNI ASILO NIDO E SCUOLA MATERNA DI S. ALESSANDRO PER REALIZZAZIONE DEL POLO 0-6 (CUP F84E22000450006), nel comune di Riva del Garda, in provincia di Trento è impostato sulla base del quadro normativo vigente in materia di inquinamento acustico, definito dalla L. 447/95 e dai successivi decreti attuativi [5], comprese le novità introdotte dal D.M. 11/10/2017 [15]. Lo studio, inoltre, è redatto in accordo con le indicazioni del piano di classificazione acustica del comune di Riva del Garda e delle relative norme di attuazione [56]. Le analisi, infine, sono coerenti con la normativa provinciale di settore, indicata dalla L.P. 6/1991 [16].

13.2 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO E DELL'AREA DI STUDIO

Il sito è ricompreso nel territorio amministrativo del comune di Riva del Garda, nel quartiere di Sant'Alessandro. L'intervento consiste in un ampliamento parziale e nella riorganizzazione degli spazi interni dell'asilo nido e della scuola materna di Sant'Alessandro, per realizzare il polo 0-6 adottando la tecnica costruttiva del laterizio e calcestruzzo. L'area circostante è caratterizzata da insediamenti prevalentemente residenziali, circondati da zone agricole. Per quanto riguarda le principali sorgenti sonore, oltre all'area della Cartiera del Garda e del depuratore comunale, posti a una distanza superiore a 500 m, si individua la strada provinciale SP 118, a una distanza di circa 400 m e la via S. Alessandro, a una distanza di circa 75 m. Inoltre, nella zona, si individua la presenza di altre strade che compongono la rete della viabilità locale. Tali sorgenti, tuttavia, hanno carattere di infrastrutture di tipo urbano e sono contraddistinte da dispositivi per il controllo della velocità.

13.3 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO NEL PCCA DI RIVA DEL GARDA

L'area risulta inclusa nel PCCA del comune di Riva del Garda ed è classificata come classe II, relativa alle zone di tipo residenziale. L'area di studio, inoltre, ricade parzialmente nella fascia di pertinenza della viabilità locale, classificata come E oppure D, la cui ampiezza è pari a 30 m e i cui valori limite per tutti i ricettori, sensibili e non, sono conformi alla pianificazione acustica.

14. STUDIO DEL CLIMA ACUSTICO

14.1 CARATTERIZZAZIONE DEL CAMPO ACUSTICO ATTUALE

Come esito dei monitoraggi fonometrici, non si evidenziano particolari criticità dal punto di vista acustico. Gli eventi correlati al traffico veicolare e alle altre attività di origine artificiale esercitate nell'area di studio non costituiscono elementi limitanti dal punto di vista dell'impatto acustico.

14.2 ESITO DELLO STUDIO DI CLIMA ACUSTICO

Si verifica la completa compatibilità delle previsioni progettuali con il clima acustico esterno nel periodo di riferimento diurno, come richiesto dalla vigente normativa. Le prestazioni isolanti delle facciate sono più che adeguate alla situazione rilevata. Il clima acustico, quindi, è da considerarsi idoneo alla realizzazione dell'intervento in progetto e non sono necessari particolari interventi di mitigazione.

15. VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

15.1 DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI PROGETTUALI

Per la definizione degli obiettivi progettuali, si incrociano le varie indicazioni della legislazione vigente, che a volte si sovrappongono, selezionando il valore di riferimento più restrittivo. I riferimenti per le prestazioni acustiche degli edifici scolastici nella legislazione della Repubblica sono il D.M. 10/12/1975 [2] e il D.M. 13/09/1977 [3], integrati e aggiornati significativamente dal D.P.C.M. 5/12/1997 [7] e, recentemente, dalle novità introdotte dal D.M. 24/12/2015 [12], poi sostituito dal D.M. 11/01/2017 [13] e integrato dal D.M. 11/10/2017 [15]. Le analisi, infine, sono completate considerando le indicazioni del quadro normativo provinciale, definito dalla L.P. 6/1991 [16].

15.2 VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

Con le analisi effettuate, si verifica, a livello previsionale, la completa aderenza delle scelte costruttive agli standard di riferimento progettuali riferiti alla normativa nazionale e provinciale per quanto concerne i parametri definiti come requisiti acustici passivi. Nello studio, inoltre, si indicano alcune prescrizioni riferite alle prestazioni dei materiali, alle strategie progettuali e alle tecniche costruttive.

15.3 VERIFICA DEL CONFORT ACUSTICO INTERNO

La strategia adottata per il raggiungimento gli obiettivi progettuali si concretizza nel controllo della riverberazione all'interno degli ambienti, con un approccio differente in relazione alle tipologie e alle destinazioni d'uso previste per i locali.

16. CONSIDERAZIONI RIGUARDO ALL'IMPATTO ACUSTICO ex L.447/1995

Si analizza in via generale il tema dell'impatto acustico connesso al funzionamento dei sistemi impiantistici posti a servizio del nuovo edificio nella sua configurazione di progetto. Nello studio previsionale, tuttavia, si introducono alcune ipotesi semplificative, inevitabili allo stato attuale del progetto, che rendono i risultati suscettibili di un certo grado di incertezza. Per questa ragione, quindi, è necessario che, in una fase successiva del processo progettuale o, più probabilmente, nella fase di appalto, quando saranno definiti in dettaglio gli elementi di interesse acustico, siano rivalutate tali ipotesi con l'obiettivo di affinare le analisi e renderle più aderenti alle reali configurazioni impiantistiche.



TRENTO, OTTOBRE 2022

ING MATTEO AGOSTINI
TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

17. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

17.1 NORMATIVA NAZIONALE DI RIFERIMENTO

- [1] Circolare ministeriale del 22 maggio 1967, "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici";
- [2] D.M. 18 dicembre 1975, "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica";
- [3] D.M. 13 settembre 1977, "Modificazioni alle norme tecniche relative alla costruzione degli edifici scolastici";
- [4] D.P.C.M. 1 marzo 1991, "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- [5] L. 26 ottobre 1995, n. 447, "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- [6] D.P.C.M. 14 novembre 1997, "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- [7] D.P.C.M. 5 dicembre 1997, "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici";
- [8] D.M. 16 marzo 1998, "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- [9] D.P.C.M. 31 marzo 1998, "Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lettera b), e dell'art. 2, commi 6, 7 e 8, della legge 26 ottobre 1995, n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- [10] D.Lgs. 4 settembre 2002, n. 262, "Attuazione della direttiva 2000/14/CE concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto";
- [11] D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142, "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della L. 26 ottobre 1995, n. 447";
- [12] D.M. 24 dicembre 2015, "Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza";
- [13] D.M. 11 gennaio 2017, "Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per i prodotti tessili";
- [14] D. Lgs. 17 febbraio 2017, n. 42 "Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161";
- [15] D.M. 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";

17.2 NORMATIVA PROVINCIALE DI RIFERIMENTO

- [16] L.P. 18 marzo 1991, n. 6, "Provvedimenti per la prevenzione e il risanamento ambientale in materia di inquinamento acustico", così come modificato dall'articolo 60 della legge provinciale 11 settembre 1998, n. 10, recante "Misure collegate con l'assestamento di bilancio per l'anno 1998";
- [17] D.P.G.P. 4 agosto 1992, n. 12-65/Leg. "Approvazione del regolamento di esecuzione della legge provinciale 18 marzo 1991, n. 6 recante provvedimenti per la prevenzione e il risanamento ambientale in materia di inquinamento acustico";

ACUSTICA

- [18] L.P. 11 settembre 1998, n. 10, "Misure collegate con l'assestamento di bilancio per l'anno 1998";
- [19] D.G.P. 2 febbraio 2018, n. 141, "Prime disposizioni attuative delle norme provinciali di tutela ambientale in materia di applicazione dei criteri ambientali minimi ai contratti pubblici";
- [20] D.G.P. 20 dicembre 2019, n. 2076, "Determinazioni in materia di criteri ambientali minimi.";

17.3 NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- [21] UNI EN 12354-1:2002 Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti;
- [22] UNI EN 12354-2:2002 Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti;
- [23] UNI EN 12354-3:2002 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;
- [24] UNI EN 12354-4:2003 Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Trasmissione del rumore interno all'esterno;
- [25] UNI EN 12354-5:2009 Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici;
- [26] UNI EN 12354-6:2006 Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi;
- [27] UNI EN ISO 12354 Acustica in edilizia, aggiornamento 2017;
- [28] UNI TR 11175-1:2021 Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 1: applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale;
- [29] UNI TR 11175-2:2021 Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 2: dati di ingresso per il modello di calcolo;
- [30] UNI 11367:2010 Classificazione acustica delle unità immobiliari;
- [31] UNI 11516:2013 - Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico.
- [32] UNI 11673-1:2017 - Posa in opera di serramenti - Parte 1: Requisiti e criteri di verifica della progettazione;
- [33] UNI 11296:2018 - Acustica in edilizia - Posa in opera di serramenti e altri componenti di facciata - Criteri finalizzati all'ottimizzazione dell'isolamento acustico di facciata dal rumore esterno;
- [34] UNI 11532:2014 Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati;
- [35] UNI 11532-1:2018 Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 1: Requisiti generali;
- [36] UNI 11532-2:2020 Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 2: Settore scolastico;
- [37] UNI EN ISO 717-1:2007 Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea;
- [38] UNI EN ISO 717-2:2007 Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio;

17.4 BIBLIOGRAFIA TECNICA DI RIFERIMENTO

- [39] ANIT (2011), "Collana l'isolamento termico e acustico – Vol 3, Manuale di acustica edilizia", Bologna, TEP s.r.l. Editore;
- [40] ANIT (2011), "Collana l'isolamento termico e acustico – Vol 6, Classificazione acustica delle unità immobiliari", Bologna, TEP s.r.l. Editore;
- [41] C. BENEDETTI ET AL. (2010), "Sistema finestra", Bolzano Bozen, Bolzano University Press;
- [42] S. BERGERO ET AL. (2013), "Applicazioni pratiche di acustica in edilizia, ambiente e lavoro", Palermo, Dario Flaccovio Editore;
- [43] A. BRIGANTI (2008), "Il controllo del rumore negli impianti di climatizzazione degli edifici", Milano, Tecniche Nuove;
- [44] E. BROSIO ET AL. (2007), "Comportamento acustico dei solai in laterocemento: considerazioni preliminari su alcuni dati sperimentali, Atti del seminario "Il controllo del rumore di calpestio: progettazione e verifica ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97", Associazione Italiana di Acustica GAE 2;
- [45] E. CONVITO, C. VASSANELLI (2018), "Manuale di acustica applicata all'edilizia – Linee guida per la progettazione e l'esecuzione di edifici acusticamente efficienti" Palermo, Dario Flaccovio Editore;
- [46] L. HAMAYON (2009), "L'acustica nell'edificio – Progettazione e tecniche di realizzazione", Napoli, Gruppo editoriale Esselibri – Simone;
- [47] K. A. HOOVER (1999), "Compendio di acustica", Milano, Ed. Giorgio Campolongo;
- [48] J. KOLB (2007) "Holzbau mit System: Tragkonstruktion und Schichtaufbau der Bauteile", DGfH Deutsche Gesellschaft für Holzforschung;
- [49] I. SHARLAND (1994) "Manuale di acustica applicata – L'attenuazione del rumore", Milano, Ed. Flakt Woods;
- [50] I. OBERTI (2011), "Il benessere acustico dell'edificio", Sant'Arcangelo di Romagna, Maggioli Editore,
- [51] R. SPAGNOLO (2001), "Manuale di acustica" Torino, Ed. UTET Libreria s.r.l. ;
- [52] R. SPAGNOLO (2014), "Manuale di acustica applicata" Novara, de Agostini Scuola;

17.5 DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

- [53] www.dataholz.com;
- [54] Appendice di M. VORLÄNDER (2007), "Auralization: fundamentals of acoustics, modelling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality", Ed. Springer;
- [55] <https://ambiente.provincia.bz.it/rumore/catalogo-acustica-edilizia.asp>;
- [56] Piano comunale di classificazione acustica del comune di Riva del Garda;
- [57] Regolamento acustico comunale del comune di Riva del Garda.

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

ALLEGATI ALLA RELAZIONE TECNICA

18. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO FONOMETRICO

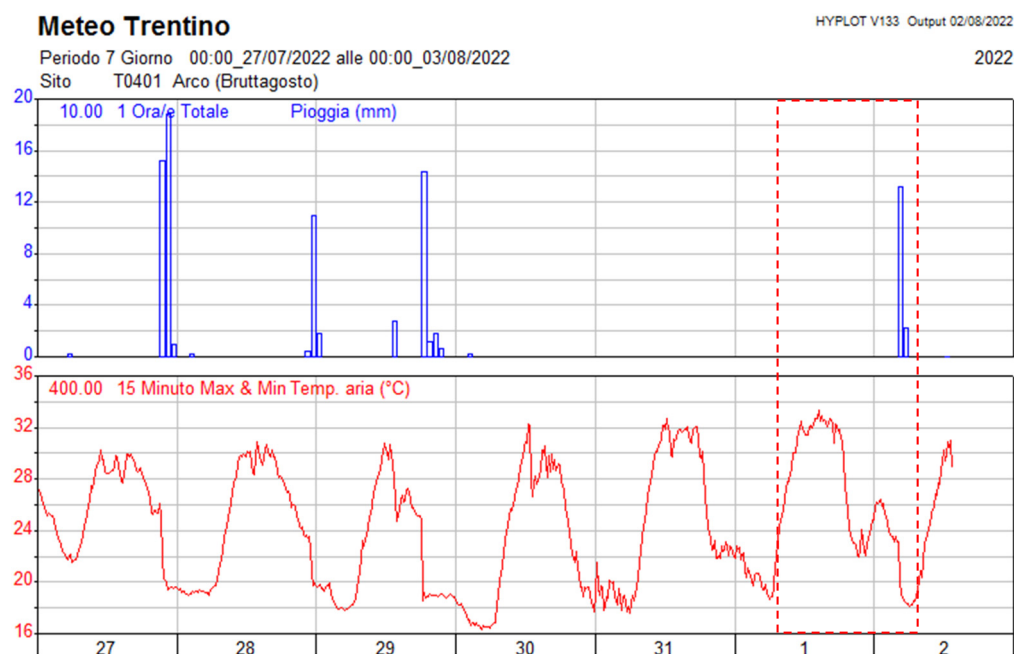
18.1 DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Ai sensi del D.M. 16/03/1998 [8], la strumentazione impiegata per il rilievo soddisfa le specifiche richieste per la classe 1, in accordo alle norme IEC 60651, IEC 60804, IEC 60942 e IEC 61260. In Tabella 31, sono riportate le caratteristiche della strumentazione di misura e i parametri impostati. All'inizio e al termine di ogni ciclo di misura, la strumentazione è stata calibrata, non riscontrando variazioni significative rispetto al segnale fornito dal calibratore. La differenza tra le letture di due controlli consecutivi è risultata minore di 0,5 dB.

Tabella 31: Caratteristiche generali della strumentazione impiegata e impostazioni di misura.

	FONOMETRI				
	STRUMENTO	MARCA	MODELLO	N. SERIE	TARATURA
	FONOMETRO	Larson Davis	831	0002776	10 DIC 2021
	MICROFONO	PCB	377B02	125336	10 DIC 2021
	CALIBRATORE	Larson Davis	CAL200	7572	20 LUG 2021
	PREAMPLIF.	PCB	PRM 831	0121310	10 DIC 2021
	FILTRI	PCB	831-PRM 831	2776	10 DIC 2021
	IMPOSTAZIONI				
	PONDERAZIONE IN FREQ.		Curva A		
	CORREZ. INCIDENZA SONORA		Frontal (in esterno) – Random (in interno)		
	FONDO SCALA		Variabile, in funz. del segnale monitorato		
	INCERTEZZA STRUM. MAX		±0,7 dB		

18.2 SCHEDA RIASSUNTIVA CONDIZIONI METEOROLOGICHE OSSERVATE DURANTE IL RILIEVO



ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

18.3 SCHEDA MONOGRAFICA DEI PUNTI DI MISURA DEL RILIEVO DI CLIMA ACUSTICO

PUNTO P01	INFORMAZIONI
	<p>LOCALIZZAZIONE: postazione di misura a distanza di circa 8 m dalla facciata meridionale dell'esistente scuola materna</p>
	<p>OBIETTIVO: caratterizzazione del clima acustico attuale per stimare i livelli sonori attesi in corrispondenza delle facciate esterne più esposte</p>
	<p>SORGENTI SONORE: rumore ambientale</p> <p>UBICAZIONE FONOMETRO: altezza di circa 4 m dalla quota locale del terreno</p>

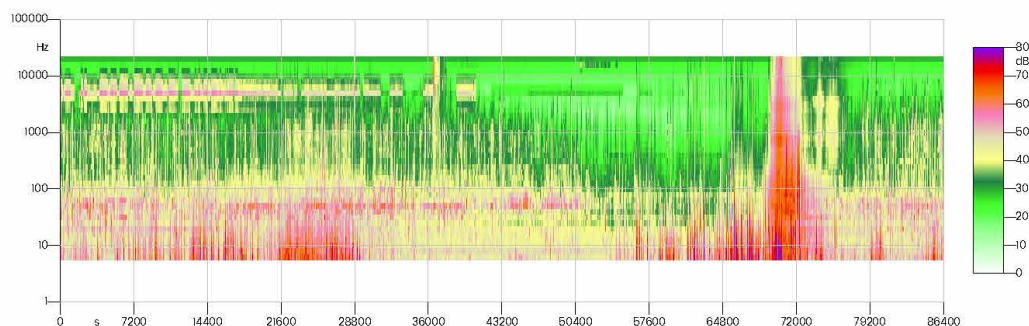
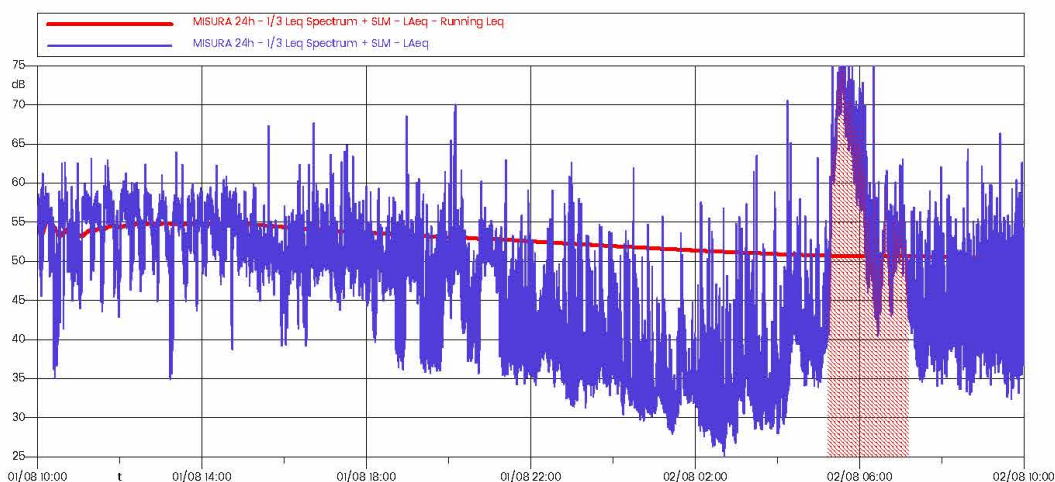
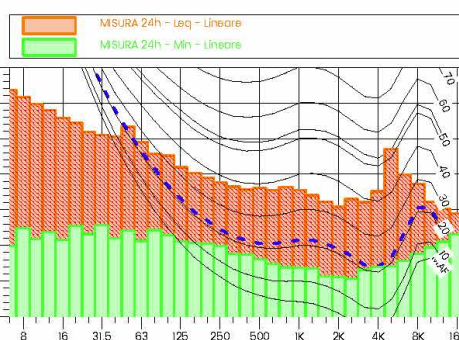
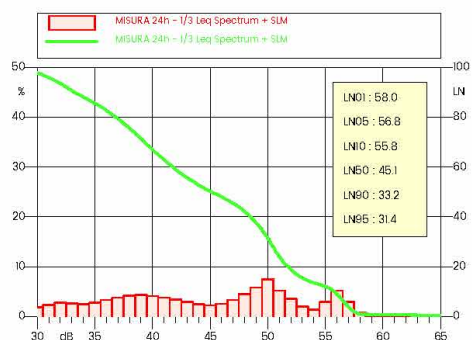
18.4 SCHEDE DELLE MISURE PER LO STUDIO DI CLIMA ACUSTICO

MISURA 24h

Nome misura: MISURA 24h
 Località: S.Alessandro
 Strumentazione: 831 0002776
 Durata misura [s]: 86400.5
 Nome operatore: M.A.
 Data, ora inizio misura: 01/08/2022 10:00:00
 Data, ora fine misura: 02/08/2022 10:00:00

$L_{Aeq} = 0.0$ dB

MISURA 24h					
Leq - Lineare					
	dB		dB		dB
6.3 Hz	62.6 dB	100 Hz	45.2 dB	1000 Hz	32.2 dB
8 Hz	61.8 dB	125 Hz	41.9 dB	2000 Hz	30.8 dB
10 Hz	59.7 dB	160 Hz	40.3 dB	2500 Hz	33.0 dB
12.5 Hz	57.9 dB	200 Hz	39.0 dB	3150 Hz	32.1 dB
16 Hz	55.8 dB	250 Hz	37.6 dB	4000 Hz	35.2 dB
20 Hz	54.4 dB	315 Hz	36.5 dB	5000 Hz	47.1 dB
25 Hz	51.9 dB	400 Hz	35.6 dB	6300 Hz	38.9 dB
31.5 Hz	51.0 dB	500 Hz	36.1 dB	8000 Hz	37.3 dB
40 Hz	50.6 dB	630 Hz	35.5 dB	10000 Hz	32.2 dB
50 Hz	53.3 dB	800 Hz	36.4 dB	12500 Hz	30.3 dB
63 Hz	49.0 dB	1000 Hz	35.6 dB	16000 Hz	28.9 dB
80 Hz	45.7 dB	1250 Hz	34.1 dB	20000 Hz	30.4 dB



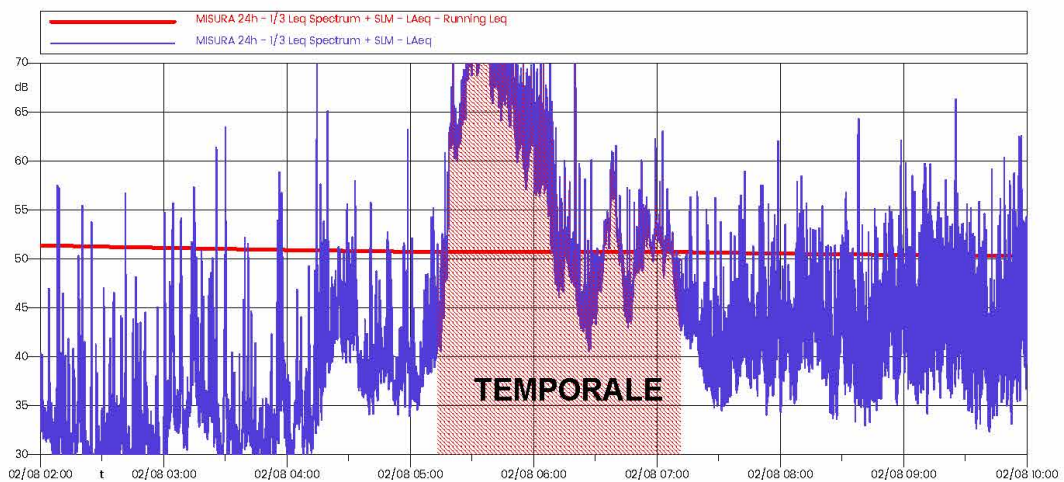
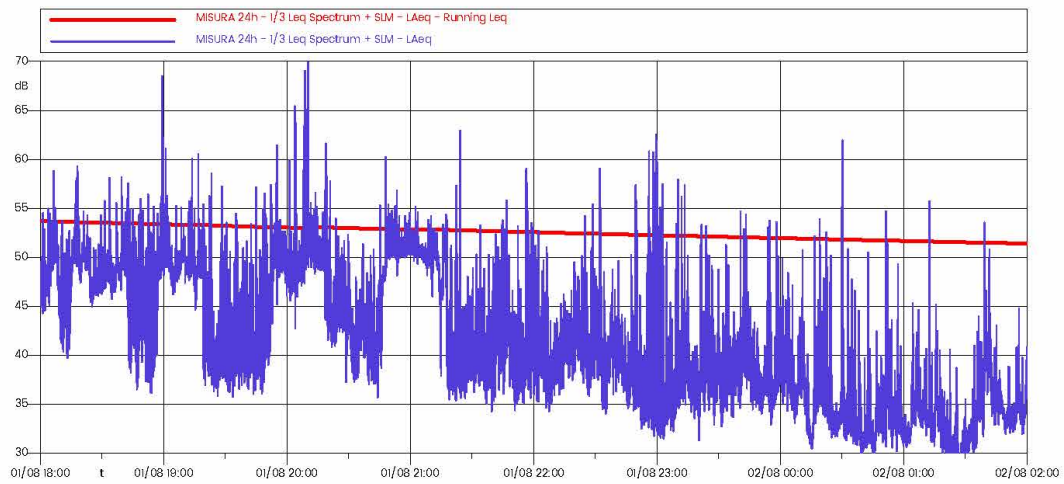
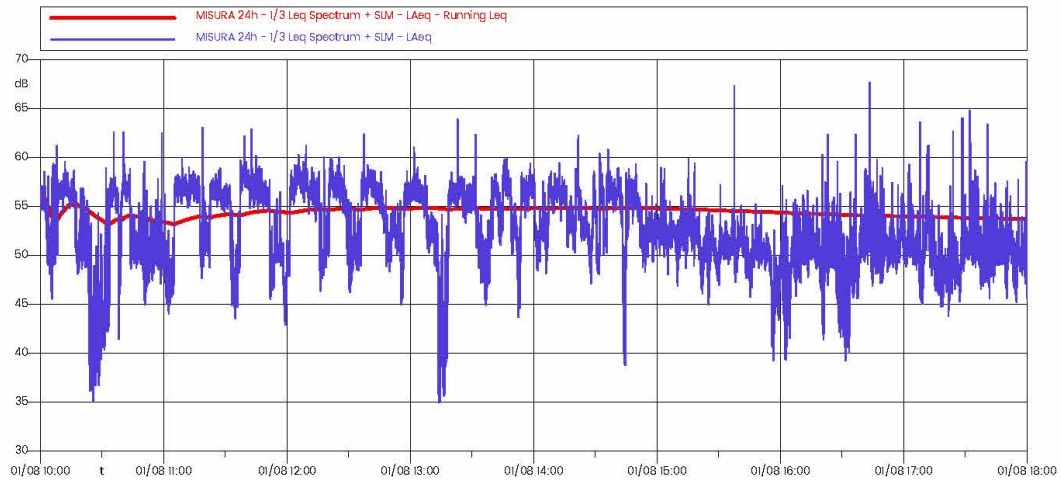
ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

MISURA 24h - STORIA TEMPORALE

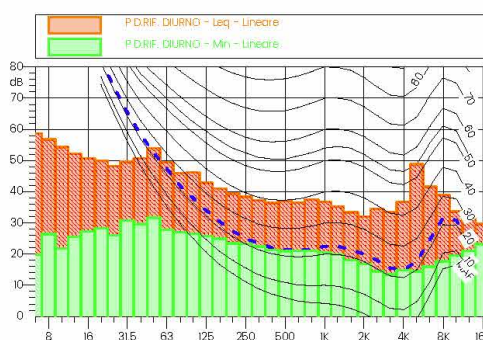


ANALISI DEL PERIODO DI RIFERIMENTO DIURNO (6-22)

Nome misura: P.D.RIF. DIURNO
Località: S.Alessandro
Strumentazione: 831 0002776
Durata misura [s]: 86400.5
Nome operatore: M.A.
Data, ora inizio misura: 01/08/2022 10:00:00
Data, ora fine misura: 02/08/2022 10:00:00

$L_{Aeq} = 51.8 \text{ dB}$

P.D.RIF. DIURNO					
Leq - Lineare					
	dB		dB		dB
6.3 Hz	58.7 dB	100 Hz	46.2 dB	1600 Hz	33.4 dB
8 Hz	56.6 dB	125 Hz	42.9 dB	2000 Hz	32.0 dB
10 Hz	54.3 dB	160 Hz	41.1 dB	2500 Hz	34.5 dB
12.5 Hz	52.3 dB	200 Hz	39.3 dB	3150 Hz	33.5 dB
16 Hz	50.6 dB	250 Hz	36.4 dB	4000 Hz	36.7 dB
20 Hz	50.0 dB	315 Hz	37.3 dB	5000 Hz	48.6 dB
25 Hz	49.1 dB	400 Hz	36.4 dB	6300 Hz	41.6 dB
31.5 Hz	49.6 dB	500 Hz	37.0 dB	8000 Hz	36.9 dB
40 Hz	50.7 dB	630 Hz	36.5 dB	10000 Hz	31.7 dB
50 Hz	54.0 dB	800 Hz	37.6 dB	12500 Hz	31.7 dB
63 Hz	49.4 dB	1000 Hz	36.6 dB	16000 Hz	29.7 dB
80 Hz	46.0 dB	1250 Hz	35.3 dB	20000 Hz	30.9 dB

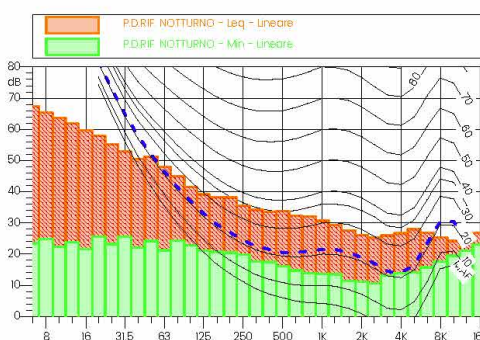
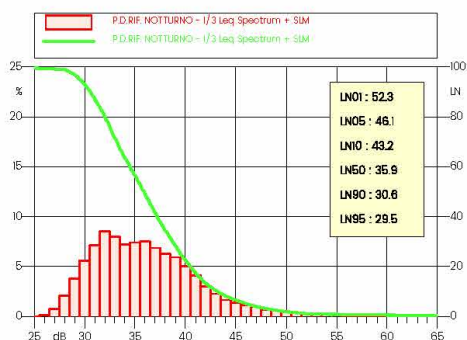


ANALISI DEL PERIODO DI RIFERIMENTO NOTTURNO (22-6)

Nome misura: P.D.RIF. NOTTURNO
Località: S.Alessandro
Strumentazione: 831 0002776
Durata misura [s]: 28800.0
Nome operatore: M.A.
Data, ora inizio misura: 01/08/2022 22:00:00
Data, ora fine misura: 02/08/2022 06:00:00

$L_{Aeq} = 41.3 \text{ dB}$

P.D.RIF. NOTTURNO					
Leq - Lineare					
	dB		dB		dB
6.3 Hz	67.3 dB	100 Hz	41.5 dB	1600 Hz	27.5 dB
8 Hz	65.4 dB	125 Hz	39.1 dB	2000 Hz	26.1 dB
10 Hz	63.6 dB	160 Hz	38.3 dB	2500 Hz	25.3 dB
12.5 Hz	61.9 dB	200 Hz	38.1 dB	3150 Hz	25.9 dB
16 Hz	59.7 dB	250 Hz	35.5 dB	4000 Hz	26.7 dB
20 Hz	58.0 dB	315 Hz	34.2 dB	5000 Hz	26.0 dB
25 Hz	55.2 dB	400 Hz	33.6 dB	6300 Hz	26.9 dB
31.5 Hz	52.9 dB	500 Hz	33.7 dB	8000 Hz	25.3 dB
40 Hz	50.5 dB	630 Hz	32.3 dB	10000 Hz	24.2 dB
50 Hz	51.3 dB	800 Hz	32.1 dB	12500 Hz	24.0 dB
63 Hz	48.0 dB	1000 Hz	30.7 dB	16000 Hz	26.9 dB
80 Hz	45.0 dB	1250 Hz	29.4 dB	20000 Hz	29.3 dB



19. VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI: SCHEDE DI CALCOLO

19.1 PRESTAZIONI ACUSTICHE E VERIFICA DEI REQUISITI DI ACCETTABILITÀ (L.P. 6/1991)

PARETE ESTERNA

NUMERO SCHEDA		S01
ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO		PARETE ESTERNA ESISTENTE (STIMA)
CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE DI ELEMENTI DI EDIFICI		

Tipo di componente edile:	Parete verticale singola
Metodo di analisi:	Parete singola generica: Metodo delle Impedenze Progressive, MIP
Descrizione dell'elemento:	Parete esterna in laterizio con cappotto

Note: Il calcolo costituisce una stima delle prestazioni, dato che non sono completamente note le caratteristiche costruttive e fisico-tecniche della parete attuale

STRATIGRAFIA	SPESSORE	MASSA UNITARIA	SCHEMA GRAFICO
Descrizione strato	cm	kg/m ²	
1 INTONACO	1	14	
2 LATERIZIO	35	280	
3 CAPPOTTO IN LANA DI ROCCIA	14	11	
4 RASANTE PER CAPPOTTO	1	14	
TOTALE	51	319	

PARETE BASE		
Frequenza	R _i	R _{if}
Hz	dB	dB
50	35.1	
63	37.0	
80	37.2	
100	33.2	34.5
125	30.6	37.5
160	34.4	40.5
200	38.3	43.5
250	42.1	46.5
315	45.8	49.5
400	49.1	52.5
500	52.5	53.5
630	56.5	54.5
800	60.3	55.5
1000	61.5	56.5
1250	69.3	57.5
1600	66.6	57.5
2000	77.2	57.5
2500	74.7	57.5
3150	78.9	57.5
4000	89.1	
5000	89.8	

R_w = 53 dB
C = -3 C_{tr} = -8

PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO	
PRESTAZIONE DELLA PARETE BASE	R _{w,0} = 53
CONTRIBUTO STRATI AGGIUNTIVI ESTERNI (UNI 11175-1:2021)	ΔR _w = 2
PRESTAZIONE COMPLESSIVA DELLA PARETE	R _w = 55

VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI DI ACCETTABILITÀ (D.P.G.P. 4 agosto 1992 n. 12-65/Leg)	
REQUISITO RICHIESTO	R ₅₀₀ ≥ 45
PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO	R ₅₀₀ = 53
RISULTATO VERIFICA	VERIFICATO

NUMERO SCHEDA

S02

ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

PARETE ESTERNA AMPLIAMENTO

CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE DI ELEMENTI DI EDIFICI

Tipo di componente edile:

Parete verticale singola

Metodo di analisi:

Parete singola generica: Metodo delle Impedenze Progressive, MIP

Descrizione dell'elemento:

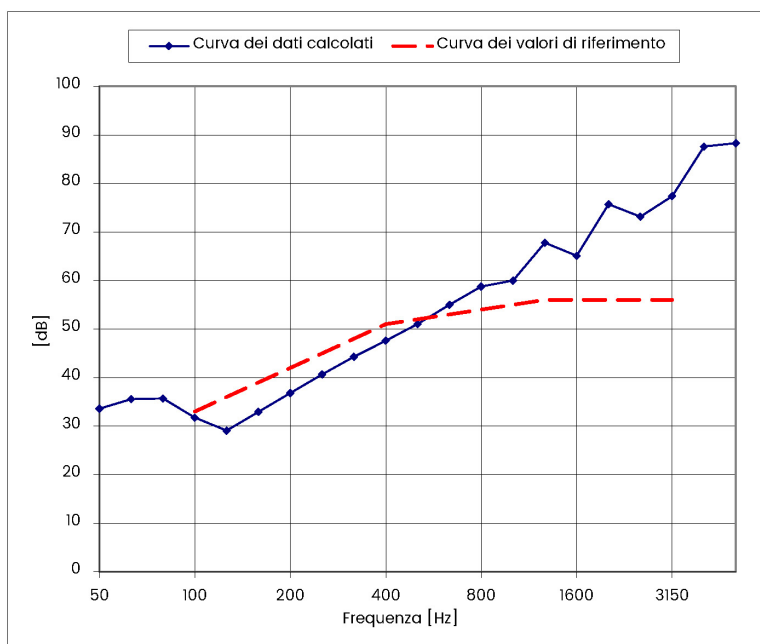
Parete esterna in laterizio con cappotto

Note:

STRATIGRAFIA	SPESSORE	MASSA UNITARIA	SCHEMA GRAFICO
Descrizione strato	cm	kg/m ²	
1 INTONACO	1	14	
2 LATERIZIO	30	240	
3 CAPPOTTO IN LANA DI ROCCIA	14	11	
4 RASANTE PER CAPPOTTO	1	14	
TOTALE	46	279	

PARETE BASE		
Frequenza	R _i	R _{if}
Hz	dB	dB
50	33.6	
63	35.5	
80	35.7	
100	31.7	33.0
125	29.1	36.0
160	32.9	39.0
200	36.8	42.0
250	40.6	45.0
315	44.3	48.0
400	47.6	51.0
500	51.0	52.0
630	55.0	53.0
800	58.8	54.0
1000	60.0	55.0
1250	67.8	56.0
1600	65.1	56.0
2000	75.7	56.0
2500	73.2	56.0
3150	77.4	56.0
4000	87.6	
5000	88.3	

$R_w = 52$ dB
 $C = -3$ $C_{tr} = -8$



PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

PRESTAZIONE DELLA PARETE BASE

CONTRIBUTO STRATI AGGIUNTIVI ESTERNI (UNI 11175-1:2021)

PRESTAZIONE COMPLESSIVA DELLA PARETE

 $R_{w,0} = 52$
 $\Delta R_w = 2$
 $R_w = 54$

VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI DI ACCETTABILITÀ (D.P.G.P. 4 agosto 1992 n. 12-65/Leg)

REQUISITO RICHIESTO

PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

RISULTATO VERIFICA

 $R_{500} \geq 45$
 $R_{500} = 51$

VERIFICATO

ACUSTICA

T E R A acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

S03
COPERTURA AMPLIAMENTO

NUMERO SCHEDA

S04

ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

COPERTURA PATIO/PALESTRA

CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE DI ELEMENTI DI EDIFICI

Tipo di componente edile:

Parete verticale singola

Metodo di analisi:

Parete singola generica: Metodo delle Impedenze Progressive, MIP

Descrizione dell'elemento:

Copertura in c.a.

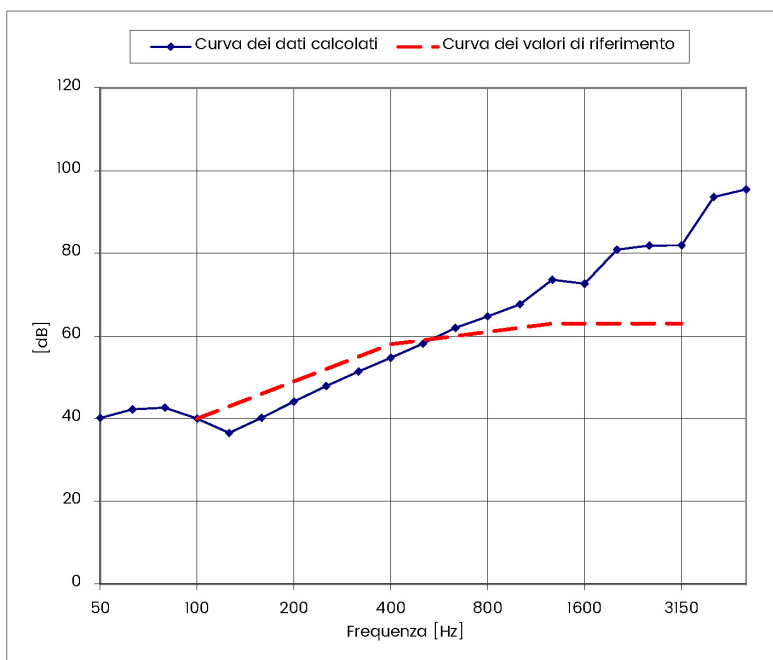
Note:

Cautelativamente, si trascura il contributo degli strati al di sopra del solaio base.

STRATIGRAFIA	SPESSORE	MASSA UNITARIA	SCHEMA GRAFICO
Descrizione strato	cm	kg/m ²	
1 LAMIERA ZINCATA	0,1	8	
2 TAVOLATO	2	9	
3 ARIA	5	0	
4 ISOLANTE LANA DI ROCCIA	20	20	
5 SOLAIO IN CA	25	600	
TOTALE	52,1	637	

PARETE BASE		
Frequenza	Ri	Rif
Hz	dB	dB
50	40,1	
63	42,3	
80	42,7	
100	40,0	40,0
125	36,6	43,0
160	40,2	46,0
200	44,1	49,0
250	47,9	52,0
315	51,4	55,0
400	54,7	58,0
500	58,1	59,0
630	62,0	60,0
800	64,7	61,0
1000	67,6	62,0
1250	73,6	63,0
1600	72,6	63,0
2000	80,9	63,0
2500	81,9	63,0
3150	81,9	63,0
4000	93,6	
5000	95,5	

R_w = 59 dB
C = -2 Ctr = -7



PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

PRESTAZIONE DELLA COPERTURA BASE

R_w = 59

VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI DI ACCETTABILITÀ (D.P.G.P. 4 agosto 1992 n. 12-65/Leg)

REQUISITO RICHIESTO

R₅₀₀ ≥ 40

PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

R₅₀₀ = 58

RISULTATO VERIFICA

VERIFICATO

ACUSTICA

T E R A acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

PARETE DIVISORIA INTERNA FRA CELLULE ABITATIVE

NUMERO SCHEDA
ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO
CALCOLO PREVISIONALE DEL POTERE FONOISOLANTE DI ELEMENTI DI EDIFICI

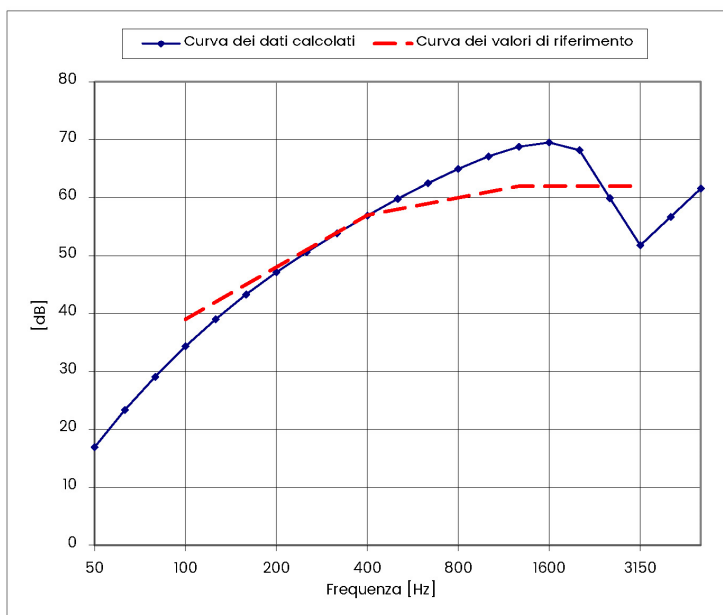
S05
PARETE DIVISORIA LEGGERA

Tipo di componente edile: Parete divisoria tra aule e corridoi
Metodo di analisi: Parete doppia in cartongesso: SEA
Descrizione dell'elemento: Parete divisoria interna leggera, realizzata con 5 lastre in cartongesso e doppia orditura
Note:

STRATIGRAFIA	SPESSORE	MASSA UNITARIA	SCHEMA GRAFICO
Descrizione strato	cm	kg/m ²	
1 DOPPIA LASTRA CARTONGESSO	25	17	
2 LANA DI ROCCIA	5	2	
3 INTERCAPEDINE ARIA	1	0	
4 CARTONGESSO	125	9	
5 INTERCAPEDINE ARIA	1	0	
6 LANA DI ROCCIA	5	2	
7 DOPPIA LASTRA CARTONGESSO	25	17	
TOTALE	18.25	47	

Frequenza	Ri	Rif
Hz	dB	dB
50	16.9	
63	23.4	
80	29.1	
100	34.3	39.0
125	39.0	42.0
160	43.3	45.0
200	47.1	48.0
250	50.6	51.0
315	53.8	54.0
400	56.9	57.0
500	59.8	58.0
630	62.5	59.0
800	65.0	60.0
1000	67.2	61.0
1250	68.8	62.0
1600	69.5	62.0
2000	68.2	62.0
2500	59.9	62.0
3150	51.8	62.0
4000	56.7	
5000	61.6	

$R_w = 58$ dB
 $C = -2$ Ctr = -7



PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

PRESTAZIONE DELLA COPERTURA

$R_w = 58$

VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI DI ACCETTABILITÀ (D.P.G.P. 4 agosto 1992 n. 12-65/Leg)

REQUISITO RICHIESTO

PRESTAZIONE DELL'ELEMENTO EDILIZIO ANALIZZATO

RISULTATO VERIFICA

$R_{500} \geq 40$

$R_{500} = 60$

VERIFICATO

ACUSTICA

TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

19.2 SCHEDE DI VERIFICA REQUISITI ACUSTICI PASSIVI (D.P.C.M. 5/12/1997 E D.M. 11/10/2017)

Requisiti acustici passivi secondo DPCM 5-12-97 e D.M. 11/10/2017

Unità immobiliare 2022058_ACU ASILO SALESSANDRO RDG
Destinazione d'uso Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} - Isolamento acustico di facciata - DPCM 5.12.97 / D.M. 11/10/2017

	Facciate	D _{2m,nT,w} calcolato [dB]	D _{2m,nT,w} limite [dB]
1	D01	48.2	≥ 48
2	D02	49.9	≥ 48
3	D03	48.9	≥ 48
4	D04	48.7	≥ 48
5	D05	48.1	≥ 48
6	D06	48.8	≥ 48
7	D07	49.0	≥ 48
8	D08 (*)	45.4	≥ 43
9	D09 (*)	43.8	≥ 43
10	D10 (*)	43.9	≥ 43

(*) Destinazione d'uso non didattica: uffici, sale per gli insegnanti, mensa, locali accessori.

D_{nT,w} - Isolamento acustico normalizzato - Divisorie verticali - D.M. 11/10/2017

	Divisori	D _{nT,w} calcolato [dB]	D _{nT,w} limite [dB]
1	R01 (**)	34.0	≥ 30

(**) Divisorie verticali interne verso spazi comuni con aperture.

T - Tempo di riverberazione - UNI 11532-2

	Ambienti	Volume [m³]	Rapporto A/V [m²/m³]				A/V limite
			250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	
1	TR01 - SALA GIOCHI	226.3	0.27	0.28	0.33	0.37	≥ 0.27
2	TR02 - DIVEZZI	259.2	0.23	0.23	0.26	0.26	≥ 0.23
3	TR03 - LATTANTI	192.5	0.23	0.23	0.26	0.26	≥ 0.23
4	TR04 - PALESTRA	153.6	0.27	0.28	0.32	0.32	≥ 0.27

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D01

Volume dell'ambiente 223.50 m³
Superficie della facciata 26.40 m²

Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Area [m²]	R _w [dB]
1	PARETE ESTERNA AMPLIAMENTO	11.40	52.00
2	Nuovo serramento	15.00	45.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB
Forma di facciata ΔL_{fs} = -1 dB

Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

R'_w 44.8 dB
D_{2m,nT,w} 48.2 dB
Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli
D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB

Limite verificato

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

1

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D02Volume dell'ambiente 223.50 m³Superficie della facciata 24.90 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESTERNA AMPLIAMENTO	20.06	52.00
2	Nuovo serramento	4.84	43.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 46.3 dBD_{2m,nT,w} 49.9 dB

Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB**Limite verificato****CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D03**Volume dell'ambiente 269.00 m³Superficie della facciata 86.83 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	COPERTURA SALA PRANZO	83.73	60.00
2	Nuovo serramento	3.10	37.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = 0$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 48.9 dBD_{2m,nT,w} 48.9 dB

Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB**Limite verificato****CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D04**Volume dell'ambiente 183.00 m³Superficie della facciata 23.10 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	12.70	53.00
2	Nuovo serramento	10.40	45.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 45.7 dBD_{2m,nT,w} 48.7 dB

Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB**Limite verificato**

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

2

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D05Volume dell'ambiente 165.00 m³Superficie della facciata 19.80 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	8.14	53.00
2	Nuovo serramento	11.66	45.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 44.8 dBD_{2m,nT,w} 48.1 dB

Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB**Limite verificato****CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D06**Volume dell'ambiente 58.80 m³Superficie della facciata 11.85 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	9.43	53.00
2	Nuovo serramento	2.42	45.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 47.8 dBD_{2m,nT,w} 48.8 dB

Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB**Limite verificato****CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D07**Volume dell'ambiente 149.00 m³Superficie della facciata 25.02 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	18.54	53.00
2	Nuovo serramento	6.48	45.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 47.2 dBD_{2m,nT,w} 49.0 dB

Categoria dell'edificio DPCM 5.12.97 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli

D_{2m,nT,w} minimo 48.0 dB**Limite verificato**

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

3

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D08Volume dell'ambiente 150.00 m³Superficie della facciata 23.28 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	17.28	53.00
2	Nuovo serramento	6.00	40.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 43.3 dBD_{2m,nT,w} 45.4 dB

Categoria dell'edificio D.M. 11/10/2017 – Edifici pubblici

D_{2m,nT,w} minimo 43.0 dB**Limite verificato****CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D09**Volume dell'ambiente 14.85 m³Superficie della facciata 4.98 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	3.32	53.00
2	Nuovo serramento	1.66	43.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 45.0 dBD_{2m,nT,w} 43.8 dB

Categoria dell'edificio D.M. 11/10/2017 – Edifici pubblici

D_{2m,nT,w} minimo 43.0 dB**Limite verificato****CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA: D10**Volume dell'ambiente 45.99 m³Superficie della facciata 11.22 m²**Elementi che compongono la facciata**

	Elemento	Area [m ²]	R _w [dB]
1	PARETE ESISTENTE	8.62	53.00
2	Nuovo serramento	2.60	40.00

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB

Forma di facciata $\Delta L_{fs} = -1$ dB**Indice di valutazione dell'isolamento di facciata**R'_w 43.7 dBD_{2m,nT,w} 43.9 dB

Categoria dell'edificio D.M. 11/10/2017 – Edifici pubblici

D_{2m,nT,w} minimo 43.0 dB**Limite verificato**

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

4

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO DEL DIVISORIO VERTICALE VERSO SPAZI COMUNI CON APERTURE R01

Area del divisorio: 25 m²

Elementi che compongono la struttura

		Elemento	Massa superficiale [kg/m ²]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔR _w [dB]
S		PARETE DIVISORIA CON APERTURA	280.0	34.0	Lato emitt:	0.0
					Lato ricev:	0.0
1		PARETE IN LATERIZIO	300.0	53.0		0.0
2		SOLAIO BASE	500.0	60.0		0.0
3		PARETE IN LATERIZIO	300.0	53.0		0.0
4		COPERTURA	709.0	60.0		0.0
5		PARETE IN LATERIZIO	300.0	53.0		0.0
6		SOLAIO BASE	500.0	60.0		0.0
7		PARETE IN LATERIZIO	300.0	53.0		0.0
8		COPERTURA	709.0	60.0		0.0

Giunzioni

Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1		A T in laterizio (caso 1)	3.0
2		A T in laterizio (caso 1)	8.0
3		A T in laterizio (caso 1)	3.0
4		A T in laterizio (caso 1)	8.0

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

5














ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Percorso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
S		Trasmissione diretta	34.00
1-5		A T in laterizio (caso 1)	67.49
2-6		A T in laterizio (caso 1)	67.46
3-7		A T in laterizio (caso 1)	67.49
4-8		A T in laterizio (caso 1)	65.89
1-S		A T in laterizio (caso 1)	64.81
2-S		A T in laterizio (caso 1)	64.41
3-S		A T in laterizio (caso 1)	64.81
4-S		A T in laterizio (caso 1)	64.98
S-5		A T in laterizio (caso 1)	64.81
S-6		A T in laterizio (caso 1)	64.41
S-7		A T in laterizio (caso 1)	64.81
S-8		A T in laterizio (caso 1)	64.98

Indice di valutazione del potere fonoisolante

R' _w	34.0 dB
Volume del locale ricevente	84 m ³
D _{nT,w}	34.5 dB
Categoria dell'edificio	D.M. 11/10/2017 – Scuole
D _{nT,w} minimo	30.0 dB

Limite verificato

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

6

ACUSTICA
 TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento
Tel 0461 931764 www.tera-group.it

19.3 SCHEDE DI CALCOLO DEL CONFORT ACUSTICO INTERNO

**CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE
TR01 - SALA GIOCHI NUOVA**

Per gli ambienti appartenenti alla categoria A6, il valore ottimale del tempo di riverberazione è in funzione dell'area di assorbimento (A) e delle caratteristiche geometriche dell'ambiente (V e h).

Volume dell'ambiente, V: 226.30 m³

Altezza dell'ambiente, h: 3.00 m

Categoria secondo UNI 11532-2:2020: A6.5 – Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido

Parametro obiettivo: Rapporto A/V tra 250 Hz e 2000 Hz

Valore di riferimento: $A/V \geq 0.27 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Aree di assorbimento equivalente

Elementi	Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Pavimento	Linoleum o parquet di legno, su cls	75.40	3.02	3.02	3.77	3.77	3.77	3.77
Pareti	Intonaco di calce e cemento	84.56	2.54	2.54	1.69	3.38	4.23	4.23
Finestre	Finestre, facciata di vetro	19.84	2.38	1.59	0.99	0.79	0.60	0.40
Controsoffitto	Pannelli modulari in lana di vetro ad alta densità sp. 40 plenum 95 mm	75.40	30.16	52.78	56.55	67.86	75.40	75.40

Calcolo del rapporto A/V

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
A [m ²] area di assorbimento equivalente complessiva	38.09	59.92	63.00	75.81	83.99	83.79
Rapporto A/V [m ² /m ³]	0.17	0.27	0.28	0.33	0.37	0.37
$A/V \geq 0.27 \text{ m}^2/\text{m}^3$	-	LIMITE VERIFICATO				-

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

7

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE TR02 - DIVEZZI

Per gli ambienti appartenenti alla categoria A6, il valore ottimale del tempo di riverberazione è in funzione dell'area di assorbimento (A) e delle caratteristiche geometriche dell'ambiente (V e h).

Volume dell'ambiente, V: 259.20 m³

Altezza dell'ambiente, h: 4.20 m

Categoria secondo UNI 11532-2:2020: A6.5 – Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido

Parametro obiettivo: Rapporto A/V tra 250 Hz e 2000 Hz

Valore di riferimento: $A/V \geq 0.23 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Aree di assorbimento equivalente

Elementi	Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Pavimento	Linoleum o parquet di legno, su cls	61.80	2.47	2.47	3.09	3.09	3.09	3.09
Soffitto	Intonaco liscio	63.60	1.27	1.27	1.91	1.91	2.54	3.82
Pareti	Intonaco di calce e cemento	124.60	3.74	3.74	2.49	4.98	6.23	6.23
Finestre	Finestre, facciata di vetro	12.54	1.50	1.00	0.63	0.50	0.38	0.25
10 Pannelli sospesi	Pannelli in lana minerale 180x120x5 cm rivestiti in tessuto	43.20	30.24	37.58	39.31	43.20	43.20	43.20
6 Pannelli a parete	Pannelli in lana minerale 180x120x5 cm rivestiti in tessuto	13.00	9.10	11.31	11.83	13.00	13.00	13.00

Calcolo del rapporto A/V

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
A [m ²] area di assorbimento equivalente complessiva	48.33	57.38	59.26	66.68	68.44	69.59
Rapporto A/V [m ² /m ³]	0.19	0.23	0.23	0.26	0.26	0.27
$A/V \geq 0.23 \text{ m}^2/\text{m}^3$	-	LIMITE VERIFICATO				-

CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE TR03 - LATTANTI

Per gli ambienti appartenenti alla categoria A6, il valore ottimale del tempo di riverberazione è in funzione dell'area di assorbimento (A) e delle caratteristiche geometriche dell'ambiente (V e h).

Volume dell'ambiente, V: 192.50 m³

Altezza dell'ambiente, h: 3.93 m

Categoria secondo UNI 11532-2:2020: A6.5 – Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido

Parametro obiettivo: Rapporto A/V tra 250 Hz e 2000 Hz

Valore di riferimento: $A/V \geq 0.23 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Aree di assorbimento equivalente

Elementi	Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Pavimento	Linoleum o parquet di legno, su cls	49.00	1.96	1.96	2.45	2.45	2.45	2.45
Soffitto	Intonaco liscio	49.00	0.98	0.98	1.47	1.47	1.96	2.94
Pareti	Intonaco di calce e cemento	100.80	3.02	3.02	2.02	4.03	5.04	5.04
Finestre	Finestre, facciata di vetro	10.86	1.30	0.87	0.54	0.43	0.33	0.22
3 Pannelli a parete	Pannelli in lana minerale 180x120x5 cm rivestiti in tessuto	6.50	4.55	5.66	5.92	6.50	6.50	6.50
8 Pannelli sospesi	Pannelli in lana minerale 180x120x5 cm rivestiti in tessuto	34.60	24.22	30.10	31.49	34.60	34.60	34.60

Calcolo del rapporto A/V

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
A [m ²] area di assorbimento equivalente complessiva	36.04	42.59	43.88	49.49	50.88	51.75
Rapporto A/V [m ² /m ³]	0.19	0.23	0.23	0.26	0.26	0.27
$A/V \geq 0.23 \text{ m}^2/\text{m}^3$	-	LIMITE VERIFICATO				-

Calcoli eseguiti con il software ECHO 8.2.0

9

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it

CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE TR04 - PALESTRA

Per gli ambienti appartenenti alla categoria A6, il valore ottimale del tempo di riverberazione è in funzione dell'area di assorbimento (A) e delle caratteristiche geometriche dell'ambiente (V e h).

Volume dell'ambiente, V: 153.60 m³

Altezza dell'ambiente, h: 3.00 m

Categoria secondo UNI 11532-2:2020: A6.5 – Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido

Parametro obiettivo: Rapporto A/V tra 250 Hz e 2000 Hz

Valore di riferimento: $A/V \geq 0.27 \text{ m}^2/\text{m}^3$

Aree di assorbimento equivalente

Elementi	Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Pavimento	Linoleum o parquet di legno, su cls	51.20	2.05	2.05	2.56	2.56	2.56	2.56
Soffitto	Intonaco liscio	51.20	1.02	1.02	1.54	1.54	2.05	3.07
Pareti	Intonaco di calce e cemento	80.16	2.40	2.40	1.60	3.21	4.01	4.01
Finestre	Finestre, facciata di vetro	6.00	0.72	0.48	0.30	0.24	0.18	0.12
5 Pannelli a parete	Pannelli in lana minerale 180x120x5 cm rivestiti in tessuto	10.80	7.56	9.40	9.83	10.80	10.80	10.80
7 Pannelli sospesi	Pannelli in lana minerale 180x120x5 cm rivestiti in tessuto	30.20	21.14	26.27	27.48	30.20	30.20	30.20

Calcolo del rapporto A/V

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
A [m ²] area di assorbimento equivalente complessiva	34.90	41.63	43.31	48.54	49.80	50.76
Rapporto A/V [m ² /m ³]	0.23	0.27	0.28	0.32	0.32	0.33
$A/V \geq 0.27 \text{ m}^2/\text{m}^3$	-	LIMITE VERIFICATO				-

20. COPIA ATTESTATO DI QUALIFICA



Numero Iscrizione Elenco Nazionale	1
Regione	Provincia Autonoma di Trento
Numero Iscrizione Elenco Regionale	1
Cognome	Agostini
Nome	Matteo
Titolo studio	Laurea in ingegneria ambiente e territorio
Estremi provvedimento	prot. n.1308 del 05/02/2009
Luogo nascita	Trento (TN)
Data nascita	17/02/1974
Regione	Provincia Autonoma di Trento
Provincia	TN
Comune	Trento
Via	Via Papiria
Cap	38100
Civico	15
Nazionalità	italiana
Email	agostini@tera-group.it
Pec	matteo.agostini3@ingpec.eu
Telefono	0461-931764
Cellulare	338-5618212
Dati contatto	TERA-GROUP – Via Solteri, n. 37/1 – 38121 Trento
Data pubblicazione in elenco	10/12/2018

ACUSTICA

○ TERA acustica

Via dei Solteri 37/1, 38121 Trento

Tel 0461 931764 www.tera-group.it