

AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI ASILO AZIENDALE E SCUOLA MATERNA

nel complesso di via Filippo Re – via Filippo Re – Bologna

PROPRIETA' EDIFICIO
UNIVERSITA' DI BOLOGNA

COD. EDIFICIO
NUOVA REALIZZAZIONE

CUP
J39H12000630001

TICKET N.
23110

DIRIGENTE AREA EDILIZIA E LOGISTICA
ing. ANDREA BRASCHI

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
arch. CRISTINA TARTARI sost. da ing. ROBERTO BATTISTINI

PROFESSIONISTI INCARICATI

PROGETTO ARCHITETTONICO	arch. MARIA PANDOLFO
COLLABORATORE PROGETTO ARCHITETTONICO	geom. ALESSANDRO CARAPIA
PROGETTO VERDE	dott. ALESSANDRO RAGAINI
PROGETTO IMPIANTI MECCANICI	per. ind. ROBERTO RICCI
PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI	per. ind. UBER DEMOLA
PROGETTO OPERE STRUTTURALI	ing. TIZIANO CARLI
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE	ing. TIZIANO CARLI
	arch. MARIA PANDOLFO

LIVELLO DELLA PROGETTAZIONE: PRELIMINARE DEFINITIVO ESECUTIVO AS-BUILT

OGGETTO TAVOLA

RELAZIONE CAM

SCALA

DATA

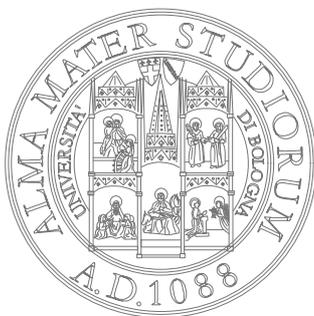
marzo 2021

REV.02

DATA

TAVOLA TAVOLA N°

REL_CAM



AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI ASILO AZIENDALE E SCUOLA MATERNA

nel complesso di via Filippo Re – via Filippo Re – Bologna

PROPRIETA' EDIFICIO
UNIVERSITA' DI BOLOGNA

COD. EDIFICIO NUOVA REALIZZAZIONE	CUP J39H12000630001	TICKET N. 23110
--------------------------------------	------------------------	--------------------

DIRIGENTE AREA EDILIZIA E LOGISTICA
ing. ANDREA BRASCHI

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
arch. CRISTINA TARTARI

PROFESSIONISTI INCARICATI

PROGETTO ARCHITETTONICO	arch. MARIA PANDOLFO
COLLABORATORE PROGETTO ARCHITETTONICO	geom. ALESSANDRO CARAPIA
PROGETTO VERDE	dott. ALESSANDRO RAGAINI
PROGETTO IMPIANTI MECCANICI	per. ind. ROBERTO RICCI
PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI	per. ind. UBER DEMOLA
PROGETTO OPERE STRUTTURALI	ing. TIZIANO CARLI
COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE	ing. TIZIANO CARLI
	arch. MARIA PANDOLFO

LIVELLO DELLA PROGETTAZIONE: PRELIMINARE DEFINITIVO ESECUTIVO AS-BUILT

OGGETTO TAVOLA

RELAZIONE CAM

SCALA _____

DATA GIUGNO 2019

REV. DATA

TAVOLA N°

REL-CAM

PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN ASILO AZIENDALE E SCUOLA MATERNA

Premessa

La presente relazione riguarda la verifica dei criteri ambientali minimi per la nuova costruzione di un asilo aziendale e scuola materna presso area Filippo Re di Bologna per l'Alma Mater Studiorum, secondo quanto previsto dal Decreto Ministeriale 11 gennaio 2017 e successive modifiche ed integrazioni.

La relazione si sviluppa secondo i punti previsti dalla vigente normativa sopra richiamata.

2.2.1 Inserimento naturalistico e paesaggistico - 2.2.2 Sistemazione aree a verde -

2.2.3 Riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli -

2.2.6 Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico

Fermo restando il rispetto delle linee guida del Decreto 11 ottobre 2017 - CAM in riferimento alle aree verdi di pertinenza dell'asilo Unibo; la natura del progetto viene condizionata dalla destinazione dei giardini alla fruizione di bambini molto piccoli (da 6 mesi a 6 anni).

In fase di studio, sono state considerate le linee guida indicate nel decreto integrandole con le esigenze specifiche alla realizzazione di un'ambiente protetto, pieno di stimoli adatti allo sviluppo cognitivo dei bambini (considerando la fascia d'età, sei mesi-sei anni).

Nel progetto per la realizzazione dei giardini asilo nido e materna le piante di maggiori dimensioni verranno posizionate nelle zone periferiche dell'area, verso la parte adiacente al bosco presente sulle mura e vicino all'orto botanico.

Questa sistemazione permette la realizzazione di un buon compromesso tra l'esigenza dell'integrazione del nuovo col paesaggio preesistente e la necessità della realizzazione di un luogo a misura di bambino.

Le dimensioni della vegetazione degraderanno per ogni giardino verso una zona centrale a prato che verrà attrezzata per le attività ludiche.

Le parti occupate da muri di contenimento saranno mitigate da cespugli, arbusti e siepi per una migliore integrazione col paesaggio e la contemporanea creazione di un più intimo e schermato spazio educativo adibito al gioco dei bambini.

In tal modo si viene a creare uno spazio dove l'esterno sembra il naturale proseguimento del giardino, nel rispetto dell'integrazione del nuovo col preesistente.

Le specie arboree e cespugliose sono state selezionate cercando di fornire una buona biomassa con un veloce accrescimento, ma contenendone le dimensioni finali per meglio integrarle nei giardini.

Le specie arboree e cespugliose selezionate forniscono una buona biomassa, un buon abbattimento dell'inquinamento atmosferico e della CO₂, nonostante il contenimento delle dimensioni finali per una migliore integrazione nei giardini.

La scelta di essenze arboree di imponenti dimensioni, avrebbe favorito un maggior assorbimento degli inquinanti, e una maggior produzione di biomassa, ma al contempo avremmo ottenuto un ombreggiamento eccessivo della zona gioco e reso sproporzionati i volumi nei giardini.

La scelta delle essenze vegetali ha lo scopo di offrire ai bambini un percorso educativo e stimolante in un ambiente protetto, avendo la cura di evitare le specie tossiche, urticanti o altro e permettendo percorsi sensoriali multipli; caratterizzati dal punto di vista tattile (con piante vellutate *Eremophila Nivea*), aromatico (*Rosmarino*, *Lavanda*), cromatico (fioriture varie) edule (*Melograno*, *Melo da fiore*, *Corbezzolo*, *Nespolo*, *Mirabolano*).

L'architettura dei giardini consente ai bambini di rendersi conto della stagionalità, mediante l'osservazione della successione stagionale nelle spoglianti affiancate alle sempreverdi, nel succedersi delle fioriture, nella maturazione scalare dei diversi frutti eduli presenti identificando i prodotti col periodo.

Nella scelta delle piante sono state selezionate specie a bassa manutenzione, ad esempio per la siepe di confine la scelta è la *Forsythia*, un arbusto caratterizzato da una buona vigoria, una ridotta manutenzione, indicata per i nostri terreni calcarei, con una buona resistenza alle fitopatologie e tollerante alle potature frequenti.

Nei due giardini (nidi e materna) il progetto prevede un impianto automatico di irrigazione.

Questo consente attraverso la programmazione degli interventi, l'ausilio di sensori (sensore pioggia, interrompe automaticamente l'erogazione in caso di evento atmosferico), l'utilizzo dell'irrigazione goccia a goccia e la subirrigazione un importante risparmio idrico.

Il progetto del parcheggio verde concorre insieme ai giardini nido e materna ad una riduzione del consumo del suolo, al mantenimento della permeabilità nelle zone d'intervento e al mantenimento di un microclima confortevole mediante l'evapotraspirazione delle aree verdi.

Questo ha permesso il mantenimento della percentuale della superficie verde sopra il 40% della superficie di progetto non edificata come indicato dalle linee guida del Decreto 11 ottobre 2017 - CAM.

La realizzazione si compone di un grigliato plastico (costituito da materiale riciclato) posizionato sopra un substrato di lapillo vulcanico grossolano (che fornisce portata e permeabilità).

Le celle del grigliato carrabile saranno riempite con un substrato adatto alla coltivazione a prato, seminate utilizzando essenze resistenti al calpestio frequente e al passaggio di autovetture.

Il parcheggio è ombreggiato dalle grandi alberature preesistenti e dall'edificio adiacente, come suggerito dalle linee guida del Decreto 11 ottobre 2017 - CAM.

Maggiori dettagli si possono trovare sul progetto dei giardini della materna e del nido e nella relativa relazione sul verde, tali documenti sono già stati preliminarmente visionati.

2.3.1 Diagnosi energetica

Criterio non pertinente in quanto l'intervento riguarda la sola nuova costruzione di fabbricato

2.3.2 Prestazione energetica

Parametri previsti dal comma B.8 del DGR 1715

B.8 REQUISITI DEGLI EDIFICI AD ENERGIA QUASI ZERO

Le caratteristiche di “edificio a energia quasi zero” sono riconosciute a tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per i quali risultino verificate entrambe le seguenti condizioni:

- sono rispettati tutti i requisiti previsti al precedente punto B.2 secondo i valori vigenti dal 1° gennaio 2017 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2019 per tutti gli altri edifici;
- sono rispettati gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei requisiti previsti al precedente punto B.7.

Requisito a

Calcolo del fabbisogno termico per Edificio

Dati utili per il calcolo

Volume netto climatizzato [m ³]	Volume lordo climatizzato [m ³]	Superficie utile climatizzata [m ²]	Superficie lorda disperdente [m ²]	S/V [1/m]	Gradi giorno [GG]
4896.97	6958.93	933.80	3601.23	0.52	2259

Risultati di calcolo

	Valore Effettivo	Valore di Riferim	
EP _{H,tot}	29.27	EP _{H,lim} 37.99 [kWh/(m ²)	
EP _{C,tot}	11.54	EP _{C,lim} 16.51 [kWh/(m ²)	
EP _{W,tot}	6.29	EP _{W,lim} 7.17 [kWh/(m ²)	
EP _{V,tot}	4.77	EP _{V,lim} 1.01 [kWh/(m ²)	
EP _{L,tot}	7.24	EP _{L,lim} 7.69 [kWh/(m ²)	
EP _{Tr,tot}	0.00	EP _{Tr,lim} 0.00 [kWh/(m ²)	
EP _{H,nd}	116.36	EP _{H,nd,lim} 118.39 [kWh/(m ²)	verificato
EP _{C,nd}	8.35	EP _{C,nd,lim} 10.37 [kWh/(m ²)	verificato
H'T	0.28	H'T _{lim} 0.55 [W/(m ² K)]	
η _h	0.90	η _{h,lim} 0.75 [-]	verificato
η _c	2.00	η _{c,lim} 1.60 [-]	verificato
η _w	0.76	η _{w,lim} 0.67 [-]	verificato
EP _{green}	37.31	[kWh/(m ²)	
EP _{g,tot}	59.12	EP _{g,tot,lim} 70.36 [kWh/(m ²)	verificato

Fonti rinnovabili

	Valore Effettivo	Valore di Riferim	
% _{Effettiva,w}	55.00	% _{Obbligo,w} 55.00 [-]	verificato
% _{Effettiva}	24.63	% _{Obbligo} 55.00 [-]	
P _{Effettiva}	24.45	P _{Obbligo} 23.91 [kW]	
EP _{g,tot}	59.12	EP _{g,tot,lim} 60.64 [kWh/(m ²)	verificato

Edificio ad Energia Quasi Zero - NZEB

	Valore Effettivo	Valore di Riferimento	
EP _{H,nd}	116.357	EP _{H,nd,lim} 118.389 [kWh/(m ²)	verificato
EP _{C,nd}	8.353	EP _{C,nd,lim} 10.369 [kWh/(m ²)	verificato
H'T	0.281	H'T _{lim} 0.550 [W/(m ² K)]	verificato
η _h	0.896	η _{h,lim} 0.748 [-]	verificato
η _c	2.003	η _{c,lim} 1.597 [-]	verificato
η _w	0.760	η _{w,lim} 0.667 [-]	verificato
Asol,est /	0.023	Asol,est / 0.040 [-]	verificato
EP _{g,tot}	59.115	EP _{g,tot,lim} 70.356 [kWh/(m ²)	verificato

ELEMENTO RICHIESTO IN VERIFICA	MINIMO RICHIESTO	VALORE DI PROGETTO
Trasmittanza termica U delle strutture verticali – parete senza pilastro	0,234	0,182
Trasmittanza termica U delle strutture verticali – parete con pilastro	0,234	0,225
Trasmittanza termica U delle strutture orizzontali – pavimento	0,234	0,175
Trasmittanza termica U delle strutture orizzontali – coperto piano/legno	0,198	0,179
Trasmittanza termica U delle strutture trasparenti – infissi	1,26	1,19

Si ritiene soddisfatto il requisito.

Requisito b

Il decreto regionale al punto B.7.1.5.b ritiene soddisfatto il requisito delle fonti rinnovabili per energia termica e acqua calda sanitaria se l'impianto è collegato ad una rete di teleriscaldamento che garantisca l'intero fabbisogno di energia termica. In particolare l'edificio verrà alimentato dalla rete di teleriscaldamento di HERA collegata alla centrale di Berti Pichat.

Si riporta l'articolo del decreto

“mediante il collegamento ad una rete di teleriscaldamento, che copra l'intero fabbisogno di calore per il riscaldamento degli ambienti e la fornitura di acqua calda sanitaria;”

Essendo la rete di Hera in costruzione non è possibile reperire i dati da inserire per il collegamento e pertanto i valori di riferimento sono stati presi quella previsti dalla UNI11300

Si ritiene soddisfatto il requisito.

Per la verifica del requisito di eccellenza del valore di prestazione energetica globale per i servizi di riscaldamento ed acqua calda sanitaria che deve essere minore di 8 kWh/m³/anno si evidenzia che dal nuovo documento allegato è identificabile il valore EP_{glnren} che corrisponde al valore dell'energia non rinnovabile per tutti i servizi energetici su m² di energia utile. Per paragonarlo al valore indicato nei requisiti di eccellenza si applica la seguente trasformazione:

$$EP_{\text{Inren}} \cdot Su = 37.31 \cdot 933.80 = 34.840,07 \text{ kWh}$$

$$= 34.840,07 / \text{volume netto climatizzato} = 34.840,07 / 4896,97 = 7,11 \text{ kWh/m}^3/\text{anno}$$

Si ritiene soddisfatto il requisito.

2.3.3 Approvvigionamento Energetico - 2.3.4 Risparmio Idrico

Le reti di acqua fredda, calda e calda di ricircolo sanitarie faranno capo alla centrale tecnologica interna al fabbricato. Per la distribuzione è stata scelta di installare, per i tratti principali e secondari tubazioni di tipo multistrato (strato esterno in polietilene ad alta densità, anima in alluminio con saldatura longitudinale, strato interno in polietilene) che permette di poter affrontare la disinfezione dei circuiti senza pericoli di danneggiamento.

Le reti dell'impianto idrico sanitario saranno completamente isolate con guaina a cellule chiuse per prevenire pericoli di condensa (acqua fredda) e per limitare le dispersioni termiche (acqua calda e ricircolo).

La dotazione di apparecchi sanitari sarà quella necessaria al numero di servizi e apparecchiature presenti.

Per la tipologia degli erogatori vedi paragrafo successivo.

Le linee di distribuzione saranno in grado di garantire una costante portata di acqua anche nei casi di elevati prelievi contemporanei da parte delle varie utenze; inoltre il ricircolo dell'acqua calda, consentirà a tutte le utenze un rapido e sempre pronto utilizzo dell'acqua calda, evitando gli sprechi ed i tempi di attesa dei comuni impianti.

L'acqua fredda ad uso potabile non verrà trattata mentre per l'acqua calda ad uso sanitario sarà previsto un impianto di addolcimento ed un impianto per il trattamento anti-legionella come indicato nel relativo paragrafo.

I sanitari previsti saranno del tipo adatto per uso collettivo, tali da conferire un elevato grado di igienicità agli ambienti; saranno quindi del tipo sospeso a parete per consentire la corretta pulizia di pavimenti e pareti; le cassette di risciacquo dei w.c. saranno del tipo da esterno posizionate alte a parete. Le tubazioni idriche avranno esclusivamente percorsi a pavimento o a parete: sono esclusi tratti sottotraccia a pavimento.

La linea di acqua calda di ricircolo che sarà portata il più possibile a ridosso dei punti di utilizzo per consentire il costante deflusso dell'acqua su tutto lo sviluppo della tubazione al fine di evitare punti in cui vi può essere ristagno d'acqua con conseguente proliferazione del batterio Legionella.

E' previsto inoltre un sistema per il recupero e riuso delle acque piovane sia ad uso irriguo che per alimentazione alle cassette dei WC.

CARATTERISTICA DEL SISTEMA

Sc=superficie interessata dalla raccolta delle acque meteoriche.

In questo caso si prende solo la superficie coperta in quanto l'intervento riguarda solo la realizzazione del nuovo asilo

Volume minimo di accumulo = $1100 \text{ m}^2 \times 0.05$ (p. 2.2) = 55 m^3 = 55.000 litri

Per ottemperare al requisito di eccellenza verranno installate n. 2 vasche di accumulo interrate nell'area cortiliva di pertinenza con capacità da 35.000 litri utili cadauna per complessivi 70.000 litri utili.

Il sistema raccoglie l'acqua proveniente dal tetto e viene immagazzinata nel serbatoio per poi essere riutilizzata sia ad uso irriguo che come alimentazione alle cassette di scarico dei WC. Il sistema prevede la separazione dei solidi prima dello stoccaggio nel serbatoio. I punti di erogazione di acque non potabili saranno chiaramente identificabili attraverso appositi avvisi/etichette che indicano la non potabilità dell'acqua

Dotazione servizi igienici:

Installazione di miscelatori a incasso per lavabi e docce dotati di classificazione europea WELL della Ditta IDEAL STANDARD serie Ceramix Blu in classe A con limitazione della portata a 5 l/m dotato di attivazione temporizzata.

Installazione di miscelatore dei lavabi IDEAL STANDARD serie Ceramix Blu dotato di certificazione WELL in classe A con limitazione della portata a 5 l/m

WELL
Water Efficiency Label

La certificazione WELL viene assegnata soltanto in base ai seguenti criteri:

- > risparmio immediato e dimostrato
- > rispetto degli standard internazionali
- > facilità di comprensione delle caratteristiche del prodotto



A **B** **C** **D** **A****

Classificazione dei rubinetti per lavabo

Criterio di valutazione	Valutazione
Portata	> 6,0 l/min e ≤ 9,0 l/min ★ ≥ 4,0 l/min e ≤ 6,0 l/min
Temperatura	Possibilità di regolare la temperatura, anche in assenza di flusso. ★
	Possibilità di limitare l'acqua calda o di erogare esclusivamente acqua fredda. ★ ★

www.well-online.eu
CERAMIX BLU MISCELATORE LAVABO > CLASSE B
CERAMIX BLU MISCELATORE LAVABO 5 l/m > CLASSE A

Cassette di scarico dei vasi GEBERIT serie sigma o Omega dotato di certificazione WELL in classe A con limitazione della capacità a 4÷6 l/scarico.

WELL Home
Water Efficiency Label

Hersteller: Geberit
Produktkategorie: WC-Spülsystem
Typ: Spülkasten
Modell: Sigma (UP320)
Registrierungsnummer: WS10009-20110209

A **B** **C** **D** **A*****

Wasser Effizienz Kriterien

Spülmenge 6,0 l	*
Spülmenge 5,0 / 4,0 l	**
Mit Spülstopp-Funktion	*
Zweimengenspülung	**

Informationen Betrieb und Montage: www.well-online.eu.
A Label of EUnited Valves
European Valve Manufacturers Association

Calcolo consumo acqua

N utilizzatori giornalieri 92 bambini + 16 personale = 108 persone

N. Abitanti equivalenti = 11

Consumo massimo giornaliero per requisito di eccellenza = 11 * 120 l/AE giorno = 1.320 litri/giorno

L'edificio sarà utilizzato come segue:

- 5 giorni di frequenza dalle 7:30 alle 18:00
- Durata funzionamento attività di nido 220 giorni

Dati di base:

- A. Consumo acqua vasi (considerati 4 scarichi ad utilizzatore) = $6 * 108 * 220 = 570.240$ litri anno
- B. Consumo acqua per lavabi da UNI 11300 per utente = 16 litri di acqua cadauno (8 caldi+8 freddi) *
 $108 * 220 = 380.160$ litri anno
- C. Consumo docce (considerata solo per il personale di cucina 4 pp) = $3 * 45 * 220 = 29.700$ litri anno

Consumo cucina non considerato nei consumi da recupero in quanto non è possibile riutilizzare acqua piovana per nessuna utenza

- Consumo totale = $570.240+380.160+44.000 = 380.100$ litri anno
- Calcolo acqua meteorica recuperata = $0,708$ m/anno (fonte ARPA)* 1.100 m² = 742.500 litri
- Volume di acqua di recupero = 70.000 litri
- Il serbatoio è in grado di recuperare la quantità d'acqua del singolo giorno considerando una piovosità media giornaliera di 50 mm al giorno (fonte arpa)

Pertanto il consumo di acqua dalla rete pubblica viene considerato solo quelli dei lavabi e delle docce pari a $380.160+29.700 = 409.860$ litri anno

Consumo giornaliero in prelievo dalla rete = $409.860 / 365 = 1122$ litri/gg

Consumo per AE = $1122 / 11 = 102$ l/AE giorno

2.3.5 Qualità ambientale interna

2.3.5.1 Illuminazione naturale

Sono garantiti i seguenti requisiti:

- Tutti i locali di attività principale regolarmente occupati sono provvisti di illuminazione naturale in grado di garantire un rapporto di illuminazione $R_i \geq 1/8$.
- Tutte le vetrature sono provviste dispositivi interni o esterni per il controllo della radiazione solare (frangisole in facciata e tende alla bolognese).

Prescrizione: *La ditta deve dimostrare anche attraverso prove in opera del rispetto dei fattori di illuminamento previsti dal progetto.*

2.3.5.2 Aerazione naturale e ventilazione meccanica controllate

Sono garantiti i seguenti requisiti:

- Tutti i locali di attività principale regolarmente occupati sono provvisti di ventilazione naturale nel rapporto minimo di 1/8 tra la superficie ventilante e la superficie del locale.
- Tutti i locali sono provvisti di impianto di ventilazione meccanica in grado di assicurare i seguenti ricambi:

I servizi igienici e gli spogliatoi privi di aerazione naturale sono provvisti di impianto di aerazione forzata con almeno 5 ricambi volume/ora.

Prescrizione: *L'impresa dovrà fornire le certificazioni dei dispositivi installati ed effettuare le verifiche in opere atte a dimostrare il rispetto di tali prescrizioni minime di progetto.*

2.3.5.3 Dispositivi di protezione solare

Sono garantiti i seguenti requisiti:

- Tutte le finestre dei locali di attività principale sono provviste di tende alla bolognese e di lamelle frangisole nelle facciate esposte a sud e sud-est (escluse dal presente appalto ma verranno realizzate in fase successiva).

2.3.5.4 Inquinamento elettromagnetismo indoor

Nell'elaborato progettuale IE-03 sono evidenziate le posizioni dei quadri elettrici generali e dei percorsi dei circuiti dorsali. In particolare il quadro generale è situato in vano tecnico dedicato attiguo ad altri locali senza permanenza prolungata di persona (lavanderia, spogliatoi e servizi igienici).

La posa dell'impianto è stata configurata mediante lo schema a "lisca di pesce"; inoltre i circuiti sono realizzati con cavi multipolari che mettono a stretto contatto i conduttori di andata e ritorno.

La trasmissione dati è realizzata mediante cablaggio strutturato filare e non sono previste tecnologie wi-fi.

2.3.5.5 Inquinamento indoor: Emissioni dei materiali

È richiesto che i materiali sotto indicati impiegati rispettino i limiti di emissione esposti nella successiva tabella:

- Pitture e vernici
- Laminati per pavimenti e rivestimenti flessibili
- Pavimenti e rivestimenti in legno
- Altre pavimentazioni (diverse da piastrelle di ceramica e laterizi)
- Adesivi e sigillanti
- Pannelli per rivestimento interni

Limite di emissione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) a 28 giorni	
Benzene, tricloroetilene (trielina), di-2-etilossietilato (DEHP), Dibutilftalato (DBP):	1 (per ogni sostanza)
COV totali	1.500
Formaldeide:	< 60
Acetaldeide:	< 300
Toluene :	< 450
Tetracloroetilene:	< 350
1,2,4 - Trimetilbenzene:	< 1.500
1,4 - diclorobenzene:	< 90

Etilbenzene:	< 1.000
2-Butossietanolo:	< 1.500
Stirene:	< 350

Prescrizione: L'impresa dovrà fornire le certificazioni dei materiali e dispositivi installati che dimostrino il rispetto dei limiti di cui sopra.

2.3.5.6 Comfort acustico

In base al presente criterio i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della Classe II della norma UNI 11367 (Tabella 1).

Nello specifico i requisiti acustici passivi delle scuole devono soddisfare il livello di "prestazione superiore" riportato nell'Appendice A della UNI 11367.

Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori di tempo di riverbero (T) e intelligibilità del parlato (STI) indicati nella norma UNI 11532.

Descrittore	Classe II
Isolamento di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]	≥ 40
Isolamento ai rumori tra unità immobiliari R'_w [dB]	≥ 53
Livello di rumori da calpestio L'_{nw} [dB]	≤ 58
Livello di rumore impianti continui L_{ic} [dBA]	≤ 28
Livello di rumore impianti discontinui L_{id} [dBA]	≤ 33

Tabella 1 – Norma UNI 11367 - Valori di Classe II

I requisiti richiesti dal criterio sono soddisfatti in quanto il progetto soddisfa i valori dei requisiti acustici passivi della classe II ai sensi della norma UNI 11367, ove questi sono applicabili.

A tal proposito si faccia riferimento alla relazione acustica allegata al progetto, inerente i requisiti acustici passivi e la valutazione dei tempi di riverbero.

2.3.5.8 Radon

Non risultano problemi con concentrazioni di gas Radon tali da rendere necessari particolari interventi di bonifica. Il progetto prevede comunque la presenza di una intercapedine areata sotto tutto il nuovo fabbricato in grado di recepire eventuali emissioni e disperderle direttamente all'esterno dell'edificio.

Tale mitigazione è riportata all'interno degli elaborati grafici architettonici

Prescrizione: *L'impresa dovrà presentare una documentazione fotografica che attesti l'esatta e corretta esecuzione delle opere con data sovraimpressa.*

2.3.6 Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti/piano di gestione

Il nuovo fabbricato sarà inserito all'interno delle attività e dei controlli di manutenzione del gestore della nuova attività. tenendo presente il piano di manutenzione allegato al progetto.

2.3.7 Fine vita

Si veda tabella sulla disassemblabilità

2.4 SPECIFICHE TECNICHE DEI COMPONENTI EDILIZI

2.4.1 Criteri comuni a tutti i componenti edilizi

Al fine di garantire l'utilizzo di materiali recuperati o riciclati nella costruzione dell'edificio, sono previste le seguenti prescrizioni:

- Divieto di utilizzo di materiali contenenti sostanze ritenute dannose per lo strato di ozono (clorofluoro-carburi CFC, perfluorocarburi PFC, idro-bromo-fluoro-carburi HBFC, idro-cloro-fluoro-carburi HCFC, idro-fluoro-carburi HFC, esafloruro di zolfo SF6, Halon).
- Divieto di utilizzo di materiali contenenti sostanze elencate nella "Candidate List" o per le quali è prevista una "autorizzazione per usi specifici" ai sensi del regolamento REACH.
- Obbligo di utilizzo per almeno il 50% di componenti edilizi e degli elementi prefabbricati (valutato in rapporto sia al peso che al volume dell'intero edificio) che garantisca la possibilità alla fine del ciclo di vita di essere sottoposto a demolizione selettiva con successivo riciclo o riutilizzo. Almeno il 15% di tali materiali deve essere del tipo non strutturale. Per tale verifica è presente in calce alla relazione una tabella riassuntiva che dimostra il rispetto di tali percentuali del progetto a base di gara.
- Obbligo di utilizzo per la realizzazione del fabbricato di almeno in il 15% in peso valutato sul totale di tutti i materiali, di prodotti provenienti da riciclo o recupero; di tale percentuale, almeno il 5% deve essere costituita da materiali non strutturali.

Per la verifica di tali requisiti, l'appaltatore sarà tenuto a dimostrare la rispondenza a tali criteri per mezzo dei seguenti elementi:

1. Redazione di un elenco dei materiali recuperati o riciclati completo del loro peso in rapporto al peso totale dei materiali usati per l'edificio, accompagnato per ciascun materiale da una dichiarazione ambientale di Tipo III che dimostri la percentuale di materia riciclata oppure asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO 14021 verificata da un organismo terzo che dimostri il rispetto del criterio.
2. Redazione di un elenco dei materiali per il quale si prevedere la demolizione selettiva con successivo riciclo o recupero al termine del ciclo di vita, completo per ciascun materiale del relativo volume e peso rispetto al volume e peso totale del fabbricato.
3. Dichiarazione del legale rappresentante dei fornitori dei materiali attestante l'assenza di prodotti sostanza considerate dannose per lo strato di ozono.
4. Dichiarazione del legale rappresentante dei fornitori dei materiali attestante l'assenza di sostanze elencate nella "Candidate List" o per le quali è prevista una "autorizzazione per usi specifici" ai sensi del regolamento REACH.

2.4.2 Criteri specifici per i componenti edilizi

Al fine di ridurre l'impiego di risorse non rinnovabili e di aumentare il recupero dei rifiuti in particolare provenienti da demolizioni e costruzioni, il progetto prevede l'utilizzo dei materiali secondo quanto specificato nei successivi paragrafi e nella tabella sotto riportata (ALLEGATO 1); in particolare i seguenti materiali devono essere prodotti con un determinato contenuto di riciclato.

2.4.2.1 Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati

I calcestruzzi usati per il progetto dovranno essere prodotti con un contenuto minimo di materiale riciclato (secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto (inteso come somma delle singole componenti). Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale.

Verifica: il progettista nel capitolato tecnico delle strutture ha specificato le informazioni sul profilo ambientale dei prodotti scelti e prescritto che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi

della rispondenza al criterio. La percentuale di materiale riciclato dovrà essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato come ReMade in Italy® o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori con le modalità indicate in premessa.

2.4.2.2 Elementi Prefabbricati In Calcestruzzi

Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo utilizzati nell'opera devono avere un contenuto totale di almeno il 5% in peso di materie riciclate, e/o recuperate, e/o di sottoprodotti.

Verifica: il progettista nel capitolato tecnico delle strutture ha specificato le informazioni sul profilo ambientale dei prodotti scelti e prescritto che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio. La percentuale di materiale riciclato dovrà essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy® o equivalenti;

- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori con le modalità indicate in premessa

2.4.2.3 Laterizi

E' obbligatorio che i laterizi utilizzati per murature e solai debbano essere prodotti con un contenuto minimo di materia riciclata non inferiore al 10% in peso; tale percentuale si riduce al 5% in peso per i laterizi utilizzati per coperture, pavimenti e murature faccia a vista. Tale requisito dovrà essere dimostrato dall'appaltatore con una delle seguenti modalità:

- Dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025;
- Asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO 14021 verificata da un organismo terzo che dimostri il rispetto del criterio.

2.4.2.4 Sostenibilità e legalità del legno

Per materiali e i prodotti costituiti di legno o in materiale a base di legno, o contenenti elementi di origine legnosa, il materiale dovrà provenire da boschi/foreste gestiti in maniera sostenibile/responsabile o essere costituito da legno riciclato o un insieme dei due.

Verifica: il progettista ha scelto prodotti che consentono di rispondere al criterio e ha prescritto nel capitolato tecnico delle strutture che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio tramite la documentazione nel seguito indicata, che dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori:

- per la prova di origine sostenibile e/o responsabile, una certificazione del prodotto, rilasciata da organismi di valutazione della conformità, che garantisca il controllo della “catena di custodia” in relazione alla provenienza legale della materia prima legnosa e da foreste gestite in maniera sostenibile/responsabile, quali quella del Forest Stewardship Council® (FSC®) o del Programme for Endorsement of Forest Certification schemes™ (PEFC™), o altro equivalente;
- per il legno riciclato, certificazione di prodotto “FSC® Riciclato” (oppure “FSC® Recycled”), FSC® misto (oppure FSC® mixed) o “Riciclato PEFC™” (oppure PEFC Recycled™) o ReMade in Italy® o equivalenti, oppure una asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO 14021 che sia verificata da un organismo di valutazione della conformità.

2.4.2.5 ghisa ferro acciaio

Per gli usi strutturali deve essere utilizzato acciaio prodotto con un contenuto minimo di materiale riciclato come di seguito specificato in base al tipo di processo industriale:

- Acciaio da forno elettrico: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 70%;
- Acciaio da ciclo integrale: contenuto minimo di materiale riciclato pari al 10%.

Verifica: il progettista nel capitolato tecnico delle strutture ha prescritto le informazioni sul profilo ambientale dei prodotti scelti e ha prescritto che in fase di approvvigionamento l'appaltatore dovrà accertarsi della rispondenza al criterio.

La percentuale di materiale riciclato deve essere dimostrata tramite una delle seguenti opzioni:

- una dichiarazione ambientale di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025, come EPDIItaly o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa, come ReMade in Italy® o equivalenti;
- una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021.

Qualora l'azienda produttrice non fosse in possesso delle certificazioni richiamate ai punti precedenti, è ammesso presentare un rapporto di ispezione rilasciato da un organismo di ispezione, in conformità alla ISO/IEC 17020:2012, che attesti il contenuto di materia recuperata o riciclata nel prodotto. In questo caso è necessario procedere ad un'attività ispettiva durante l'esecuzione delle opere. Tale documentazione dovrà essere presentata alla stazione appaltante in fase di esecuzione dei lavori con le modalità indicate in premessa.

2.4.2.6 Componenti in materie plastiche

È obbligatorio che il contenuto minimo di materia prima riciclata o recuperata utilizzata per i componenti in materie plastiche non sia inferiore al 30% in peso valutato sul totale di tutti i componenti in materia plastica utilizzati.

Il rispetto del suddetto requisito potrà essere dimostrato presentando le seguenti certificazioni:

- Redazione di un elenco dei componenti in materie plastiche costituiti anche parzialmente da materiali recuperati o riciclati completo del loro peso in rapporto al peso totale dei componenti usati per l'edificio.
- Per ciascun componente in elenco presentazione di una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025 che dimostri la percentuale di materia riciclata oppure asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO 14021 verificata da un organismo terzo che dimostri il rispetto del criterio.

2.4.2.7 Murature in pietrame e miste

Criterio non pertinente in quanto tale opera non risulta prevista in progetto.

2.4.2.8 Tamponature, tramezzature e controsoffitti

E' obbligatorio che i prodotti in cartongesso devono essere accompagnati dalle informazioni sul loro profilo ambientale secondo il modello delle dichiarazioni di tipo III ed avere un contenuto minimo del 5% in peso di materiale riciclato.

Il rispetto dei suddetti requisiti potrà essere dimostrato presentando le seguenti certificazioni:

- Dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025 oppure asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO 14021 verificata da un

organismo terzo che dimostri il rispetto del criterio.

2.4.2.9 Isolanti termici ed acustici

È obbligatorio che i prodotti isolanti di rispettare i seguenti criteri:

- Non devono essere prodotti utilizzando ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni previste da normative nazionali o comunitarie applicabili;
- Non devono essere prodotti con agenti espandenti con un potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero.
- Non devono essere prodotti o formulati utilizzando catalizzatori al piombo quando spruzzati o nel corso della formazione della schiuma di plastica.
- Se prodotti da una resina di polistirene espandibile gli agenti espandenti devono essere inferiori al 6% del peso del prodotto finito.
- Il prodotto finito deve contenere le seguenti quantità minime di prodotto riciclato (calcolato come somma di pre e post consumo) misurato sul peso del prodotto finito.

	Isolante in forma di pannello	Isolante stipato a spruzzo o insufflato	Isolante in materassini
Cellulosa		80%	
Lana di vetro	60%	60%	60%
Lana di roccia	15%	15%	15%
Perlite espansa	30%	40%	8% - 10%
Fibre di polistirene	60% – 80%		60% - 80%
Polistirene espanso	Dal 10% al 60% in funzione della tecnologia di produzione	Dal 10% al 60% in funzione della tecnologia di produzione	
Polistirene estruso	Dal 5% al 45% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia di produzione		
Poliuretano espanso	Dal 1% al 10% in funzione della tipologia del prodotto e della	Dal 1% al 10% in funzione della tipologia del prodotto e della	

	tecnologia di produzione	tecnologia di produzione	
Aggiornamento di Poliuretano	70%	70%	70%
Agglomerati di gomma	60%	60%	60%
Isolante riflettente in alluminio			15%

Il rispetto dei suddetti requisiti potrà essere dimostrato presentando le seguenti certificazioni:

- Dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025 oppure asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO 14021 verificata da un organismo terzo che dimostri il rispetto del criterio.

2.4.2.10 Pavimenti e rivestimenti interni ed esterni

E' obbligatorio che per i pavimenti e i rivestimenti di presentare all'atto dell'approvazione materiali, la documentazione che attesti la conformità ai criteri ecologici e prestazionali della Decisione 2010/18/UE, 2009/607/CE e 2009/967/CE relative all'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica, attraverso uno dei successivi strumenti elencati:

- il Marchio Ecolabel;
- un'altra etichetta ambientale conforme alla ISO 14024 che soddisfi i medesimi requisiti previsti dalle Decisioni sopra richiamate;
- un'asserzione ambientale del produttore conforme alla norma ISO14021, verificata da un organismo di valutazione della conformità che dimostri il rispetto del criterio;
- una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma
- ISO 14025 da cui si evinca il rispetto del presente criterio. Ciò può essere verificato se nella dichiarazione ambientale sono presenti le informazioni specifiche relative ai criteri contenuti nelle decisioni sopra richiamate.

2.4.2.11 Pitture e vernici

E' obbligatorio che per le pitture e le vernici sia presentato all'atto dell'approvazione materiali, la documentazione che attesti la conformità ai criteri ecologici e prestazionali della Decisione 2014/312/UE relativa all'assegnazione del marchio comunitario di qualità ecologica, attraverso uno dei successivi strumenti elencati:

- il Marchio Ecolabel;
- un'altra etichetta ambientale conforme alla ISO 14024 che soddisfi i medesimi requisiti previsti dalle Decisioni sopra richiamate;
- una dichiarazione ambientale di Tipo III, conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025 da cui si evinca il rispetto del presente criterio. Ciò può essere verificato se nella dichiarazione ambientale sono presenti le informazioni specifiche relative ai criteri contenuti nelle decisioni sopra richiamate.

2.4.2.12 Impianti per illuminazione per interni ed esterni

Il riferimento è la normativa UNI EN 12464-1, che stabilisce le modalità per scegliere, valutare e misurare le grandezze fotocolorimetriche necessarie per definire le caratteristiche di un impianto d'illuminazione artificiale per interni.

Premesso che l'impianto d'illuminazione influisce sulla capacità visiva, sull'attività, sulla sicurezza e sul benessere delle persone, è indispensabile che soddisfi le specifiche esigenze degli utenti. Nel rispetto delle esigenze di risparmio energetico deve considerare perciò i seguenti parametri:

- livello ed uniformità di illuminamento;
- ripartizione della luminanza;
- limitazione dell'abbagliamento;
- direzionalità della luce;
- colore della luce e resa del colore.

L'impianto in oggetto si può suddividere in due diversi impianti:

- Impianto di illuminazione ordinaria

- Impianto di illuminazione d'emergenza

Illuminazione ordinaria

L'impianto di illuminazione rivestirà un ruolo fondamentale per lo svolgimento delle attività delle persone, pertanto esso dovrà essere realizzato con particolare cura secondo i disposti normativi vigenti in materia .

Gli apparecchi illuminanti non dovranno essere installati a portata di mano (< 2.5 m da terra) e dovranno essere fissati in modo sicuro, protetti da urti od altre azioni meccaniche.

Tutti gli apparecchi saranno installati secondo le disposizioni del costruttore nelle posizioni indicate in planimetria e dovranno essere idonei all'ambiente di installazione; la loro alimentazione dovrà eseguirsi con tubazioni in PVC in esecuzione incassata / a vista con grado di protezione IP4X.

Negli uffici e comunque in tutti quei locali dove vengono svolti compiti visivi particolari (ad es. l'uso di videoterminali o aule didattiche) dovrà essere utilizzata un'ottica anti riflesso adeguata (UGR<19).

I livelli luminosi medi previsti per gli ambienti dell'edificio sono:

- Aule	500 lx
- Laboratori e altri ambienti	300 lx
- Servizi	100 lx
- Corridoi	200 lx

L'illuminazione esterna sarà comandata da orologio astronomico.

La gestione delle accensioni ed i comandi di tutti gli apparecchi interni avverrà tramite comandi automatici distribuiti nei locali associati a comandi manuali.

Tutti gli apparecchi e i comandi saranno dotati di tecnologia DALI

Illuminazione d'emergenza

Al mancare della tensione di rete, oppure in caso di guasto sul circuito di illuminazione ordinario, dovrà comunque essere assicurato un livello di illuminamento tale da garantire l'evacuazione del locale da parte degli occupanti. Tale illuminamento dovrà essere non inferiore a 5 lux ad un metro dal piano di calpestio lungo le vie di esodo ed a 2 lux in ogni altro ambiente normalmente frequentato..

A tale scopo ogni ambiente sarà dotato di illuminazione di sicurezza con attivazione automatica in meno di 0.5S e persistenza del livello suddetto non inferiore a una ora.

Il sistema di illuminazione di sicurezza / emergenza sarà realizzato mediante apparecchi autoalimentati; il dispositivo di ricarica degli accumulatori dovrà essere del tipo automatico con ricarica completa in massimo 12 ore.

In particolare, sulle porte delle uscite di sicurezza dovranno essere installate plafoniere con pittogramma a norme CEE.

SPECIFICHE TECNICHE DEL CANTIERE

Prestazioni ambientali

Ferme restando le norme e i regolamenti più restrittivi, l'impresa durante le attività di cantiere è tenuta garantire le seguenti prestazioni:

- per tutte le attività di cantiere e trasporto dei materiali devono essere utilizzati mezzi che rientrano almeno nella categoria EEV (veicolo ecologico migliorato)

Per impedire fenomeni di diminuzione di materia organica, calo della biodiversità, contaminazione locale o diffusa, salinizzazione, erosione del suolo, ecc, dovranno essere attuate le seguenti azioni a tutela del suolo:

- tutti i rifiuti prodotti dovranno essere selezionati e conferiti nelle apposite discariche autorizzate quando non sia possibile avviarli al recupero.
- eventuali aree di deposito provvisori di rifiuti non inerti devono essere opportunamente impermeabilizzate e le acque di dilavamento devono essere depurate prima del convogliamento verso i recapiti idrici finali.

Al fine di tutelare le acque superficiali e sotterranee da eventuali impatti dovranno essere rispettate le seguenti azioni:

- gli ambiti interessati dai fossi e torrenti (fasce ripariali) e da filari o altre formazioni vegetazionali devono essere recintati e protetti con apposite reti al fine di proteggerli da danni accidentali.

Al fine di ridurre i rischi ambientali, l'impresa è tenuta a produrre una relazione tecnica e dovrà contenere

anche l'individuazione puntuale delle possibili criticità legate all'impatto nell'area di cantiere e alle emissioni di inquinanti sull'ambiente circostante, con particolare riferimento alle singole tipologie di lavorazione. La relazione tecnica dovrà inoltre contenere:

- le misure adottate per la protezione delle risorse naturali, paesistiche e storico-culturali presenti nell'area del cantiere;
- le misure per implementare la raccolta differenziata nel cantiere (tipo di cassonetti/contenitori per la raccolta differenziata, le aree da adibire a stoccaggio temporaneo, ecc..) e per realizzare e la demolizione selettiva e il riciclaggio dei materiali di scavo e dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D);
- le misure adottate per aumentare l'efficienza nell'uso dell'energia nel cantiere e per minimizzare le emissioni di gas climalteranti, con particolare riferimento all'uso di tecnologie a basso impatto ambientale (lampade a scarica di gas a basso consumo energetico o a led, generatori di corrente eco-diesel con silenziatore pannelli solari per l'acqua calda, ecc.);
- le misure per l'abbattimento del rumore e delle vibrazioni; dovute alle operazioni di scavo, di carico/scarico dei materiali di taglio dei materiali, di impasto del cemento e di disarmo, ecc., l'eventuale installazione di schermature/ coperture antirumore (fisse o mobili) nelle aree più critiche e nelle aree di lavorazione più rumorose con particolare riferimento alla disponibilità ad utilizzare gruppi elettrogeni super-silenziati;
- le misure atte a garantire il risparmio idrico e la gestione delle acque reflue nel cantiere e l'uso delle acque piovane e quelle di lavorazione degli inerti, prevedendo opportune reti di drenaggio e scarico delle acque;
- le misure per l'abbattimento delle polveri e fumi anche attraverso periodici interventi di irrorazione delle aree di lavorazione con acqua o altre tecniche di contenimento del fenomeno del sollevamento della polvere;
- le misure per garantire la protezione del suolo e del sottosuolo; anche attraverso la verifica periodica degli sversamenti accidentali di sostanze e materiali inquinanti e la previsione dei relativi interventi di estrazione e smaltimento del suolo contaminato;
- le misure idonee per ridurre l'impatto visivo del cantiere, anche attraverso schermature e sistemazioni a verde, soprattutto in presenza di abitazioni contigue e habitat con presenza di specie particolarmente sensibili alla presenza umana;

- le misure per attività di demolizione selettiva e riciclaggio dei rifiuti con particolare riferimento al recupero dei laterizi, del calcestruzzo e di materiale proveniente dalle attività di cantiere con minori contenuti di impurità, le misure per il recupero e il riciclaggio degli imballaggi.

Altre prescrizioni per la gestione del cantiere, per le preesistenze arboree e arbustive:

- rimozione delle specie arboree e arbustive alloctone invasive (in particolare, *Ailanthus altissima* e *Robinia pseudoacacia*); comprese radici e ceppaie; Per l'individuazione delle specie alloctone si dovrà fare riferimento alla "Watch List della flora alloctona d'Italia" (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; Carlo Blasi, Francesca Pretto & Lauta Celesti - Grapow);
- protezione delle specie arboree e arbustive autoctone: gli alberi nel cantiere devono essere protetti con materiali idonei, per escludere danni alle radici, al tronco e alla chioma. In particolare intorno al tronco verrà legato del tavolame di protezione dello spessore minimo di 2 cm. Non è ammesso usare gli alberi per infissione di chiodi, appoggi e per l'installazione di corpi illuminanti, cavi elettrici, ecc;
- i depositi di materiali di cantiere non devono essere effettuati in prossimità delle preesistenze arboree e arbustive autoctone (deve essere garantita almeno una fascia di rispetto di metri 5).

L'impresa dovrà dimostrare la rispondenza ai criteri suindicati tramite la seguente documentazione:

- Relazione tecnica nella quale siano evidenziate le azioni previste per la riduzione dell'impatto ambientale nel rispetto dei criteri
- Piano per il controllo dell'erosione e della sedimentazione per le attività di cantiere.
- Piano per la gestione dei rifiuti da cantiere e per il controllo della qualità dell'aria durante le attività di cantiere.

L'attività di cantiere sarà oggetto di verifica programmata effettuata sia dal D.L. e C.S.E.

Personale di cantiere

Il personale impiegato nel cantiere oggetto dell'appalto, che svolge mansioni collegate alla gestione ambientale dello stesso, dovrà essere adeguatamente formato per tali specifici compiti.

In particolare, il personale impiegato dovrà essere a conoscenza di:

- sistema di gestione ambientale
- gestione delle acque
- gestione dei rifiuti.

Scavi e rinterri

I riempimenti con miscela di materiale betonabile (pozzolana, granello di pozzolana, cemento; acqua) deve essere utilizzato materiale riciclato.

Si riporta infine il prospetto del calcolo delle percentuali del materiale riciclabile che dovrà essere aggiornato e riverificato dall'Impresa al termine dei lavori, sulla base dei materiali effettivamente utilizzati.

**ALLEGATO 1: TABELLA CALCOLO PERCENTUALI MATERIALE RECUPERATA,
RICICLABILE E DISASSEMBLABILITA'**

VERIFICA DEL PUNTO 2.4.1.1 D.M. 28/01/2017: DISASSEMBLABILITA'

Componenti edilizi	Materiale	Quantità	Unità di misura	Peso specifico [Kg/m ²] [kg/m ³]	Peso totale componenti edilizi [kg]	% riciclabile o riutilizzabile a fine vita [%]	Peso effettivo di riciclabile o riutilizzabile	Incidenza peso riciclabile parziale (elementi non strutturali ed elementi strutturali)	Incidenza peso riciclabile sul totale complessivo (elementi non strutturali + elementi strutturali)
ELEMENTI NON STRUTTURALI									
Riempimenti									
Sabbia da riempimento	sabbia	510	m3	1800	918.000	70	642.600	37,3%	15,8%
Pavimentazione piano terra									
Vespaio areato	Plastica	998,00	m2	5,20	5.190	100	5.190	0,3%	0,1%
Strato di isolante	Polistirene espanso	995,00	m2	3,50	3.483	100	3.483	0,2%	0,1%
Massetto alleggerito	Sabbia,cemento,polistirolo	179,10	m3	1300,00	232.830	50	116.415	6,7%	2,9%
Sottofondo	Sabbia,cemento	884,20	m2	85,00	75.157	2	1.503	0,1%	0,0%
Pavimentazione	Ceramica	460,41	m2	20,00	9.208	0	0	0,0%	0,0%
Pavimentazione	Linoleum	720,85	m2	10,00	7.209	100	7.209	0,4%	0,2%
Pareti esterne									
Tampognature	Laterizio tipo poroton	492,73	m2	220,00	108.401	70	75.880	4,4%	1,9%
	Blocchi di laterizio	109,06	m2	150,00	16.359	70	11.451	0,7%	0,3%
Intonaco esterno+finitura	Calce	839,80	m2	30,00	25.194	80	20.155	1,2%	0,5%
Intonaco interno+finitura	Calce	752,56	m2	30,00	22.577	80	18.061	1,0%	0,4%
Tavella	laterizio	254,17	m2	35,00	8.896	80	7.117	0,4%	0,2%
Isolante	Polistirene espanso	346,66	m2	3,60	1.248	100	1.248	0,1%	0,0%
Soglie, bancali	Pietra serena	44,00	m2	80,00	3.520	100	3.520	0,2%	0,1%
Pareti interne									
Tramezzi	Cartongesso	1375,84	m2	30,00	41.275	100	41.275	2,4%	1,0%
Isolante	Fibra di legno	1375,84	m2	5,00	6.879	100	6.879	0,4%	0,2%
struttura per lastre di cartongesso	alluminio	1375,84	m2	5,00	6.879	70	4.815	0,3%	0,1%
Controsoffitti									
Controsoffitti	Cartongesso	510,48	m2	35,00	8.896	70	6.227	0,4%	0,2%
	Fibre minerali	121,68	m2	15,00	1.248	80	998	0,1%	0,0%
struttura per lastre di cartongesso	alluminio	632,16	m2	3,00	3.520	70	2.464	0,1%	0,1%
Tetto di copertura inclinato									
Coppi	Laterizio	671,60	m2	80,00	53.728	80	42.982	2,5%	1,1%
Impermeabilizzante	PVC su Tessuto in poliestere	799,63	m2	3,50	2.799	100	2.799	0,2%	0,1%
Isolante	fibra di legno	799,63	m2	27,00	21.590	100	21.590	1,3%	0,5%
Membrana al vapore	polipropilene	799,63	m2	0,15	120	20	24	0,0%	0,0%
Tetto di copertura piana									
Guaina impermeabilizzante	poliestere	392,58	m2	4,50	1.767	100	1.767	0,1%	0,0%
Pannello	legno OBS	392,58	m2	4,00	1.570	100	1.570	0,1%	0,0%
Isolante	fibra di legno	392,58	m2	27,00	10.600	100	10.600	0,6%	0,3%
Barriera al vapore	polipropilene	392,58	m2	0,15	59	0	0	0,0%	0,0%
Massetto per pendenze	sabbia, cemento	392,58	m2	85,00	33.369	40	13.348	0,8%	0,3%
Sistemazioni esterne									
Muretto di recinzione	Laterizio	17,01	m3	1700,00	28.917	12	3.470	0,2%	0,1%
Copertina muretto	Pietra serena	104,90	ml	24,00	2.518	100	2.518	0,1%	0,1%
Recinzione	metallo	5460,70	kg	-	5.461	100	5.461	0,3%	0,1%
Pavimentazioni esterne	Laterizio	225,72	m2	30,00	6.772	80	5.417	0,3%	0,1%
massetto	cemento e sabbia	225,72	m2	85,00	19.186	2	384	0,0%	0,0%
impermeabilizzante	polietilene	225,72	m2	3,00	677	0	0	0,0%	0,0%
pavimentazione esterna	Granuli di gomma	153,95	m2	30,00	4.619	100	4.619	0,3%	0,1%
Strati allettamento	ghiaio	7,70	m3	1600,00	12.320	7	862	0,1%	0,0%
Impermeabilizzante	polietilene	153,95	m2	3,00	462	0	0	0,0%	0,0%
Infissi esterni									
Infissi	Vetro	219,04	m2	20,00	4.381	100	4.381	0,3%	0,1%
	Legno	219,04	m2	16,00	3.505	80	2.804	0,2%	0,1%
Infissi interni									
Porte interne	legno	106,53	m2	12,00	1.278	100	1.278	0,1%	0,0%
oblo	Vetro	25,02	m2	20,00	500	100	500	0,0%	0,0%
	pvc	25,02	m2	10,00	250	80	200	0,0%	0,0%
Lattoneria									
lamiera preverniciata - Sp. 8/10	Lamiera preverniciata	374,52	m2	6,25	2.341	100	2.341	0,1%	0,1%
TOTALE PESO MATERIALI NON STRUTTURALI:					1.724.755		1.105.405	64,1%	

% DI MATERIA RICICLABILE NON STRUTTURALE RISPETTO AL MATERIALE TOTALE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **27,2%** > 15% VERIFICATO vedi pt 2.4.1.1 dm28.01.2017

% MATERIA RICICLABILE NON STRUTTURALE RISPETTO AL TOTALE DELLA MATERIA RICICLABILE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **40,4%**

ELEMENTI STRUTTURALI									
Magrone 150 Kg/mc	Cls magro	132,75	m3	2400,0	318.600	80	254.880	10,9%	6,3%
CLS Rck 30 N/mm ²	Calcestruzzo	561,22	m3	2400,0	1.346.928	70	942.850	40,2%	23,2%
CLS Rck 35 N/mm ²	Calcestruzzo	175,50	m3	2400,0	421.200	70	294.840	12,6%	7,2%
FERRI D'ARMATURA SOLAIO 24+4	Acciaio B450C	61574,39	kg	1,0	61.574	70	43.102	1,8%	1,1%
	cls (Rck 35 N/mm ²)	412,45	m2	244	100638	40	40.255	1,7%	1,0%
	pignatte in laterizio	412,45	m2	116	47844	40	19.138	0,8%	0,5%
SOLAIO COLLABORANTE IN	Acciaio	88,00	m2	10,0	880	10	88	0,0%	0,0%
TRAVI LEGNO	Legno lamellare	33,97	m3	450,0	15.287	80	12.229	0,5%	0,3%
TAVOLATO	legno d'abete	47,78	m3	500,0	23.888	80	19.110	0,8%	0,5%
CARPENTERIA IN ACCIAIO	Acciaio S275	6865,84	kg	1,0	6.866	80	5.493	0,2%	0,1%
TOTALE PESO MATERIALI STRUTTURALI:					2.343.704		1.631.984	69,6%	

% MATERIA RICICLABILE RISPETTO AL MATERIALE TOTALE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **40,1%**

TOTALE PESO COMPLESSIVO: **4.068.459**

2.737.389 **TOTALE COMPLESSIVO DI MATERIA RICICLABILE A FINE VITA**

% IN PESO DI MATERIA RICICLABILE A FINE VITA CONTENUTA NEI MATERIALI UTILIZZATI PER L'EDIFICIO RISPETTO AL MATERIALE TOTALE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **67,3%** > 50% VERIFICATO vedi pt 2.4.1.1 dm28.01.2017

VERIFICA DEL PUNTO 2.4.1.2 D.M. 28/01/2017: MATERIA RECUPERATA O RICICLATA

Incidenza peso totale componenti edilizi parziali (elementi non strutturali ed elementi strutturali)	Incidenza peso totale componenti edilizi sul totale complessivo (elementi non strutturali + elementi strutturali)	% di materia riciclata contenuta del prodotto	Peso di materia riciclata contenuta nel prodotto
53,2%	22,6%	100%	918.000
0,3%	0,1%	30%	1.557
0,2%	0,1%	10%	348
13,5%	5,7%	0%	0
4,4%	1,8%	0%	0
0,5%	0,2%	10%	921
0,4%	0,2%	100%	7.209
6,3%	2,7%	10%	10.840
0,9%	0,4%	10%	1.636
1,5%	0,6%	0%	0
1,3%	0,6%	0%	0
0,5%	0,2%	0%	0
0,1%	0,0%	10%	125
0,2%	0,1%	0%	0
2,4%	1,0%	5%	2.064
0,4%	0,2%	105%	7.223
0,4%	0,2%	0%	0
0,5%	0,2%	5%	445
0,1%	0,0%	5%	62
0,2%	0,1%	100%	3.520
3,1%	1,3%	0%	0
0,2%	0,1%	0%	0
1,3%	0,5%	30%	6.477
0,0%	0,0%	0%	0
0,1%	0,0%	0%	0
0,1%	0,0%	0%	0
0,6%	0,3%	0%	0
0,0%	0,0%	0%	0
1,9%	0,8%	0%	0
1,7%	0,7%	0%	0
0,1%	0,1%	0%	0
0,3%	0,1%	0%	0
0,4%	0,2%	0%	0
1,1%	0,5%	0%	0
0,0%	0,0%	0%	0
0,3%	0,1%	0%	0
0,7%	0,3%	0%	0
0,0%	0,0%	10%	46
0,3%	0,1%	0%	0
0,2%	0,1%	10%	350
0,1%	0,0%	-190%	-2.429
0,0%	0,0%	-90%	-450
0,0%	0,0%	10%	25
0,1%	0,1%	0%	0
100%	42%		957.969

PESO COMPLESSIVO DI MATERIA RICICLATA NON STRUTTURALE

% MATERIA RICICLATA NON STRUTTURALE RISPETTO AL MATERIALE TOTALE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **23,5%** > 5% VERIFICATO vedi pt 2.4.1.2 dm28.01.2017

% MATERIA RICICLATA NON STRUTTURALE RISPETTO AL TOTALE DELLA MATERIA RICICLATA (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **85,7%**

13,6%	7,8%	5%	15.930
57,5%	33,1%	5%	67.346
18,0%	10,4%	5%	21.060
2,6%	1,5%	10%	6.157
4,3%	2,5%	5%	5.032
2,0%	1,2%	10%	4.784
0,0%	0,0%	10%	88
0,7%	0,4%	100%	15.287
1,0%	0,6%	100%	23.888
0,3%	0,2%	10%	687

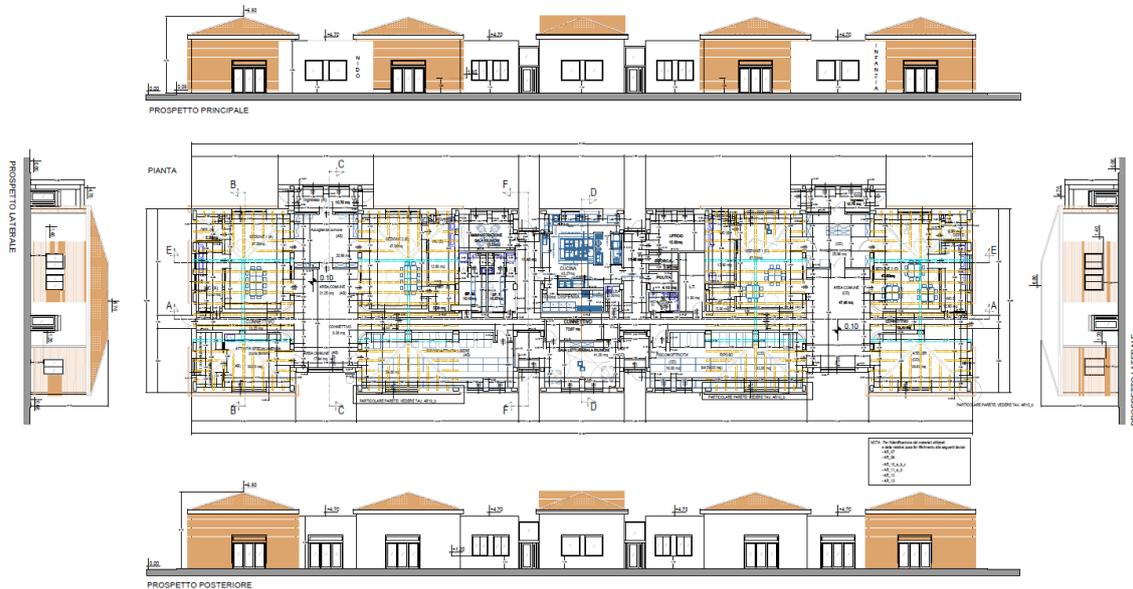
PESO COMPLESSIVO DI MATERIA RICICLATA STRUTTURALE

% MATERIA RICICLATA RISPETTO AL MATERIALE TOTALE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **3,9%**

1.118.228 **TOTALE COMPLESSIVO DI MATERIA RICICLATA PRESENTE NEI MATERIALI DA COSTRUZIONE**

% IN PESO DI MATERIA RICICLATA CONTENUTA NEI MATERIALI UTILIZZATI PER L'EDIFICIO RISPETTO AL MATERIALE TOTALE (NON STRUTTURALE + STRUTTURALE): **27,5%** > 15% VERIFICATO vedi pt 2.4.1.2 dm28.01.2017

Progetto di edificio a destinazione scuola materna e asilo nido sito in Bologna, comparto Filippo RE



Committente: **Università degli Studi di Bologna**

Verifica dei requisiti acustici passivi dell'edificio e verifiche di progetto del comfort acustico interno

Il Tecnico competente: Ing. Gabriele Raffellini

Tecnico competente in acustica, iscritto negli appositi elenchi della Provincia di Bologna (P.G. 0226199 del 21/09/2004). Iscritto all'Elenco Nazionale Tecnici Competenti in Acustica – ENTECA – n°5156

Bologna 06/02/2021



Indice

1. Introduzione	3
2. Altre Norme tecniche di riferimento.....	3
3. Legislazione vigente	3
4. Definizione delle grandezze e metodi di calcolo.....	4
4.1. Potere fonoisolante apparente	5
4.2. Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione	7
4.3. Livello normalizzato di rumore da calpestio L_{nT}	11
5. Valutazione dei requisiti passivi degli elementi edilizi.....	13
5.1. Indice di valutazione del potere fonoisolante R_w delle pareti esterne dell'edificio.....	14
5.2. Isolamento acustico di facciata. Ambiente Sezione tipo.....	16
5.3. Isolamento acustico di facciata. Ambiente attività libere-riposo	18
6. Accorgimenti costruttivi per la limitazione dei rumori di impianti.....	20
7. CAM Edilizia	24
8. valutazione delle caratteristiche acustiche e dei tempi di riverbero degli ambienti potenzialmente riverberanti.....	25
Valutazioni di acustica architettonica – generalità.....	25
Materiali rilevanti dal punto di vista acustico	26
Analisi tempo di riverbero sezione tipo.....	27
9. Conclusioni	30

1. Introduzione

La presente relazione concerne la verifica dei requisiti acustici passivi dell'edificio a destinazione d'uso scuola materna e asilo nido sito a Bologna oggetto di nuova costruzione da parte dell'Università di Bologna – comparto Filippo Re. L'edificio di progetto si sviluppa al solo piano terreno.

In particolare verranno presi a riferimento i valori:

- del D.P.C.M. 5 dicembre 1997 - "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici";
- della norma UNI 11367:2010 "Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari Procedura di valutazione e verifica in opera";
- DM 11-10-2017 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici"

2. Altre Norme tecniche di riferimento

- UNI EN ISO 10052:2010 Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti
- Metodo di controllo;
- UNI EN ISO 16032:2005 Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale;
- UNI EN ISO 12354 parti da 1 a 4
- UNI EN 12354-5:2006 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 5: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici.

3. Legislazione vigente

I requisiti acustici passivi degli edifici e dei componenti degli edifici sono definiti dal D.P.C.M. 5.12.97, "Requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti", attuativo della Legge 447/95, Legge quadro sull'inquinamento acustico.

Il decreto, in vigore dal marzo 1998, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi dei loro componenti in opera (partizioni orizzontali e verticali), al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Per l'applicazione del decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art.2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella seguente Tabella I allegata al decreto stesso.

Tabella I - Classificazione degli ambienti abitativi	
Categoria	Destinazione
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili
C	alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
F	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto ed assimilabili
G	edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Per quanto riguarda i servizi, questi sono classificati in funzione delle modalità di funzionamento secondo la seguente Tabella II, fermo restando che gli stessi devono essere considerati fissi, ovvero parte integrante dell'edificio.

Tabella II - Classificazione dei servizi in relazione alle modalità di funzionamento	
Tipologia funzionamento servizi	Tipo di servizio
funzionamento discontinuo	ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria
funzionamento continuo	impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento

Il decreto in oggetto, in funzione della destinazione d'uso degli ambienti, indica valori minimi per le prestazioni dei componenti edilizi, in termini di (Cfr. Tabella III) isolamento acustico ai rumori aerei di partizioni interne tra unità immobiliari (indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w);

Il valore minimo stabilito dal decreto è:

$R'_w \geq 50$ dB per le pareti interne tra distinte unità immobiliari

Tabella III - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici					
Categoria	Parametri				
	R'_w (*) (dB)	$D_{2m,nT,W}$ (dB)	$L'_{n,W}$ (dB)	L_{ASmax} dB(A)	L_{Aeq} dB(A)
D	55	45	58	35	25
A,C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B,F,G	50	42	55	35	35

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

Nella presente relazione non viene presa in esame la verifica analitica della rumorosità degli impianti, non essendo disponibile al momento alcun metodo normativo di calcolo; vengono tuttavia fornite indicazioni in merito agli accorgimenti costruttivi in grado di limitare la trasmissione di rumore dovuta al funzionamento dei servizi in questione.

4. Definizione delle grandezze e metodi di calcolo

Il D.P.C.M. 5.12.97 prescrive che le prestazioni di isolamento acustico dei componenti vengano assicurate in opera: in altri termini nella fase di progettazione è necessario disporre di un metodo di calcolo analitico che consenta di prevedere con sufficiente approssimazione tali prestazioni a partire dalle caratteristiche acustiche dei singoli elementi che compongono l'edificio; queste sono normalmente rilevabili dalle certificazioni di laboratorio fornite dai produttori dei vari componenti edilizi (pareti, solai, serramenti, ecc.), oppure da dati reperibili in letteratura, e dipendono in buona parte dalle modalità costruttive e di montaggio che si ritiene di dover adottare.

La norma UNI EN 12354, "Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti", riporta metodi di calcolo utilizzabili per tale

valutazione. Occorre tuttavia evidenziare che l'attendibilità del metodo è strettamente vincolata :

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

4.1. Potere fonoisolante apparente

Il potere fonoisolante apparente R' di una partizione è una grandezza che esprime la quantità di energia sonora trasmessa dalla parete nelle reali condizioni di utilizzo. Tale grandezza differisce dal potere fonoisolante R risultante da misure di laboratorio in quanto tiene conto, oltre che della trasmissione diretta attraverso la parete (τ_d), anche di eventuali percorsi di trasmissione aerea del suono (τ_e e τ_s) e dei percorsi di trasmissione sonora dovuti alle strutture laterali (τ_f) (v. figura 1).

Se la potenza sonora complessivamente trasmessa tra due ambienti è $W_t = W_1 + W_2$, con W_1 potenza trasmessa direttamente dalla partizione e W_2 potenza trasmessa dalle strutture laterali, e la potenza sonora incidente sulla partizione è W_i , si ha:

$$R = 10 \lg \frac{W_i}{W_1} \quad (\text{dB})$$

$$R' = 10 \lg \frac{W_i}{W_1 + W_2} \quad (\text{dB})$$

A partire dalla suddetta grandezza è poi possibile calcolare l'indice di valutazione del potere fonisolante apparente R'_w (norma UNI EN ISO 717-1).

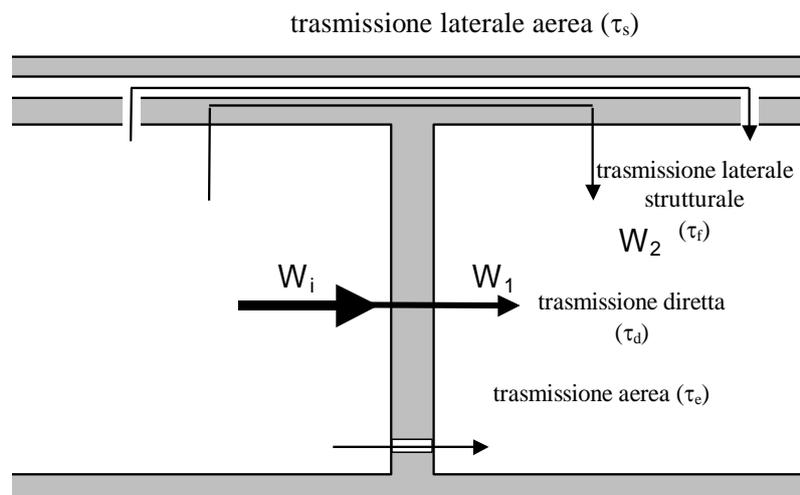


Figura.1 Percorsi di trasmissione del suono tra due ambienti adiacenti

Il potere fonoisolante apparente R' si calcola in base alla seguente relazione, definita dalla citata norma europea.

$$R' = -10 \lg \tau' = -10 \lg \left(\tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s \right) \quad (\text{dB})$$

dove:

τ_d è il coefficiente di trasmissione diretta della partizione in esame;

τ_f è il coefficiente di trasmissione per via laterale strutturale;

τ_e e τ_s sono i coefficienti di trasmissione sonora di piccoli elementi posti nella partizione (ad esempio prese d'aria) o di sistemi in grado di trasmettere il suono per via aerea (condotti di ventilazione con uscite nei due ambienti) (vedi figura 1).

La distinzione tra piccoli e grandi elementi è dettata dalla norma ISO 140-10, dove si intendono per piccoli elementi quelli aventi una superficie minore di 1 m², ad esclusione delle finestre e delle porte. Per tali elementi e sistemi la prestazione acustica viene valutata in termini di isolamento acustico normalizzato D_n invece che di potere fonoisolante R , come per i grandi elementi (partizioni, porte, ecc.). I coefficienti di trasmissione τ_e e τ_s sono dati dal rapporto tra la potenza sonora complessivamente irradiata dall'elemento o dal sistema e la potenza sonora incidente sull'intera partizione.

La trasmissione laterale (τ_f) ha origine strutturale ed è funzione delle caratteristiche della struttura di separazione e delle strutture laterali dei due ambienti (solai e pareti).

Uno studio approfondito di questa trasmissione comporta la conoscenza di parametri di difficile valutazione e per i quali sono disponibili scarsi valori di riferimento.

Quando tuttavia le strutture che delimitano i due ambienti sono omogenee e si mantengono invariate oltre la linea di separazione tra i due ambienti, possono essere fatte delle ipotesi semplificative che permettono di quantificare la trasmissione laterale a partire da dati generalmente noti.

Secondo la norma europea citata, possono essere considerate strutture omogenee i solai in laterocemento, quelli a soletta piena in calcestruzzo, le pareti in laterizio forato o pieno, in blocchi di gesso, di calcestruzzo, ecc.

Trascurando la trasmissione sonora dovuta ad eventuali elementi e sistemi che trasmettono per via aerea (τ_e e τ_s), il potere fonoisolante apparente tra i due ambienti può essere calcolato mediante la conoscenza dei valori del potere fonoisolante R_{Dd} , R_{Ff} , R_{Df} , R_{Fd} per trasmissione attraverso il percorso diretto (Dd) ed i percorsi laterali (vedi figura 2), tenuto conto del valore di incremento del potere fonoisolante ΔR_{ij} di eventuali strati di rivestimento applicati ad una o entrambe le strutture.

$$R' = -10 \lg \left(10^{\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Fd}}{10}} \right) \quad (\text{dB})$$

dove:

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \Delta R_{ij} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S}{l_0 l_{ij}} \quad (\text{dB})$$

Per poter calcolare il potere fonoisolante per i suddetti percorsi di trasmissione è necessario porre due ipotesi semplificative:

i percorsi di trasmissione strutturale del suono sono tra di loro indipendenti;
 i percorsi di trasmissione di ordine superiore al secondo possono essere trascurati (ad esempio la trasmissione dovuta alle onde sonore che incidendo sulla struttura opposta a quella di separazione si trasmettono ad una struttura laterale e da questa all'ambiente ricevente).

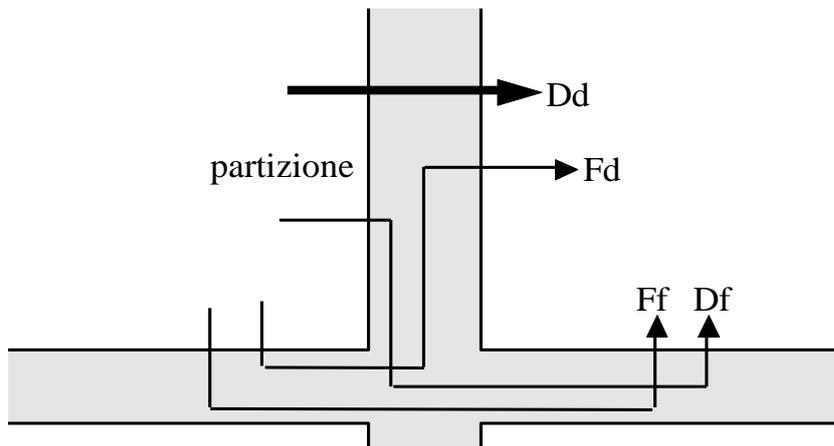


Figura 2: I tre percorsi di trasmissione strutturale laterale relativi a ciascuno dei quattro giunti tra partizione e strutture laterali.

Il potere fonoisolante apparente di una partizione posta tra ambienti adiacenti può dunque essere determinata a partire dai seguenti dati:

- potere fonoisolante R (dB) di tutte le strutture coinvolte (generalmente quattro strutture laterali più una di separazione);
- indice di riduzione delle vibrazioni K (dB) per ogni giunto tra strutture laterali e tra queste e la struttura di separazione e per ogni percorso di fiancheggiamento (generalmente si hanno quattro nodi con tre percorsi di fiancheggiamento ciascuno per complessivi dodici valori dell'indice di riduzione K);
- eventuale incremento del potere fonoisolante ΔR (dB) per l'aggiunta di strati di rivestimento; tale valore è fornito in forma tabellare o può essere calcolato;
- tempo di riverberazione strutturale (s) delle diverse strutture (eventuale);
- massa superficiale m' (kg/m^2) delle medesime strutture;
- dimensioni principali dei due ambienti (m).

4.2. Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione

L'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione D_{nT} di una partizione è la differenza tra le medie spazio-temporali dei livelli di pressione sonora prodotti in due ambienti da una sorgente in uno degli stessi, corrispondente al valore di riferimento del tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente.

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ (dB)}$$

L_1 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente emittente (dB);
 L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente (dB);
 T è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente (s);
 T_0 il tempo di riverberazione di riferimento, pari a (0,5 s).
 D_{nT} può essere calcolato a partire dal potere fonoisolante apparente R' , in base alla seguente relazione:

$$D_{nT} = R' + 10 \lg \left(\frac{0,32 V}{S_s} \right) \text{ (dB)}$$

dove:

V è il volume dell'ambiente ricevente (m^3);
 S_s è l'area dell'elemento di separazione (m^2).

Isolamento acustico di facciata

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero $D_{2m,nT}$ è definito dalla norma UNI EN ISO 140-5 mediante la seguente relazione:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ (dB)}$$

dove:

$L_{1,2m}$ è il livello esterno di pressione sonora rilevato a 2 metri dalla facciata, prodotto dal rumore del traffico o da un altoparlante con incidenza del suono di 45° ;

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente;

T è il tempo di riverberazione dello stesso ambiente ricevente;

T_0 il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s.

A partire dalla suddetta grandezza è poi possibile calcolare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero, $D_{2m,nT,w}$ (norma UNI EN ISO 717-1).

L'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$ può essere calcolato a partire dal potere fonoisolante apparente di facciata, R' , in base alla seguente relazione:

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) \text{ (dB)}$$

dove:

ΔL_{fs} è la differenza di livello di pressione sonora per la forma della facciata (dB);

V è il volume dell'ambiente ricevente (m^3);

T_0 è il valore di riferimento del tempo di riverberazione (0,5 s);

S è la superficie della facciata, vista dall'interno (m^2).

Il termine ΔL_{fs} dipende dalla forma della facciata, dall'assorbimento acustico delle superfici aggettanti (balconi) e dalla direzione del campo sonoro .

La forma della facciata si individua su una sezione verticale della facciata (v. figura 1) in cui le eventuali barriere (parapetti di balconi, ecc.) sono indicate solo se a sezione piena; l'assorbimento α_w si riferisce all'indice di valutazione dell'assorbimento sonoro come definito dalla norma UNI EN ISO 11654. Il valore massimo per α_w ($\geq 0,9$) si applica anche qualora la superficie riflettente sopra la facciata sia assente.

La direzione dell'onda sonora incidente si caratterizza mediante l'altezza definita dalla intersezione tra la linea di veduta dalla sorgente ed il piano della facciata.

Illustrazione dei parametri rilevanti per l'isolamento acustico dovuto alla forma della facciata

Legenda

- 1 Assorbimento
- 2 Altezza dell'orizzonte visivo
- 3 Piano della facciata
- 4 Sorgente sonora

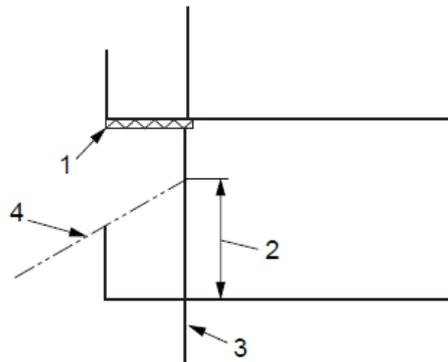


Figura 3: individuazione dei parametri da impiegare per il calcolo di ΔL_{fs}

Isolamento acustico dovuto alla forma della facciata per diverse forme di facciata ed orientan della sorgente sonora

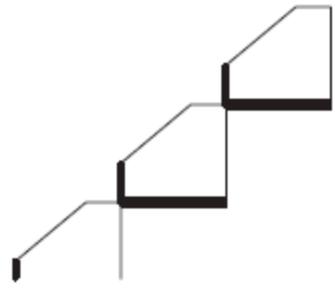
ΔL_{fs} dB	1 facciata piana	2 ballatoio			3 ballatoio			4 ballatoio			5 ballatoio				
															
Assorbimento del tetto (α_w) \Rightarrow	Non applicabile	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$		
Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	Non applicabile				
(1,5 - 2,5) m	0	Non applicabile			-1	0	2	0	1	3					
>2,5 m	0				1	1	2	2	2	3	3	4			
	6 balcone			7 balcone			8 balcone			9 terrazza					
															
										Ringhiera aperta		Ringhiera chiusa			
Assorbimento del tetto (α_w) \Rightarrow	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	3	3	
(1,5 - 2,5) m	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	
>2,5 m	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	

Tabella V: valore della differenza di livello per forma della facciata ΔL_{fs} , in dB

Il potere fonoisolante apparente di facciata R' viene calcolato a partire dalle prestazioni acustiche dei singoli elementi di facciata, in base alla seguente relazione:

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,i}}{10}} \right) - K \quad (\text{dB})$$

in cui il primo termine è relativo all'isolamento degli n elementi "normali" di facciata; il secondo termine all'isolamento dei p elementi "piccoli" di facciata.

Nello specifico:

R_i è il potere fonoisolante dell'elemento "normale" di facciata i (dB);

S_i è la superficie dell'elemento "normale" di facciata i (m^2);

A_0 sono le unità di assorbimento di riferimento (10 m^2);

$D_{n,e,i}$ è l'isolamento acustico normalizzato del "piccolo" elemento di facciata i (dB), calcolato o risultante da misure di laboratorio effettuate secondo la ISO 140-10;

S è la superficie complessiva della facciata (m^2), vista dall'interno (corrispondente alla somma della superficie di tutti gli elementi che compongono la facciata);

K è la correzione relativa al contributo globale della trasmissione laterale. Il termine K può essere assunto pari a 0 per elementi di facciata non connessi e pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi.

4.3. Livello normalizzato di rumore da calpestio L_{nT}

Il livello di rumore da calpestio (L_i) è il livello medio di pressione sonora che si stabilisce in un ambiente quando sul solaio dell'ambiente disturbante agisce un generatore di rumore da calpestio normalizzato.

Il livello di rumore da calpestio in opera normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (L'_{nT}) si ottiene dal livello di rumore da calpestio misurato in opera (L'_i) mediante la seguente equazione:

$$L'_{nT} = L'_i - 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB})$$

dove:

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente (s);

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento (0,5 s).

Dai valori misurati del livello normalizzato di rumore da calpestio nelle bande di terzi di ottava comprese tra 100 Hz a 3150 Hz, si calcola l'indice di valutazione del livello normalizzato di rumore da calpestio $L'_{n,w}$ secondo la procedura descritta dalla norma UNI EN ISO 717-2.

L'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio normalizzato ($L_{n,w,eq}$) può essere calcolato, per solai omogenei, mediante la seguente espressione empirica:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log(m') \quad (\text{dB})$$

dove:

m' è la massa superficiale del solaio (kg/m^2).

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato in opera si ottiene in base alla seguente relazione:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K \text{ (dB)}$$

dove:

K = correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le costruzioni laterali omogenee (dB);

ΔL_w = indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio dovuto ad un rivestimento di pavimentazione (dB).

Termine di correzione K per la trasmissione laterale, in decibel

Massa per unità di area dell'elemento divisorio (pavimento) kg/m ²	Massa media per unità di area degli elementi laterali omogenei non ricoperti con rivestimenti supplementari kg/m ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Tabella VI Contributo della trasmissione laterale in dB per rumori impattivi

5. Valutazione dei requisiti passivi degli elementi edilizi

Ai fini delle valutazioni dei requisiti acustici sono stati assunti i seguenti parametri costitutivi dei componenti edilizi opachi e trasparenti, sulla base del progetto fornito, e della corrispondenza intercorsa.

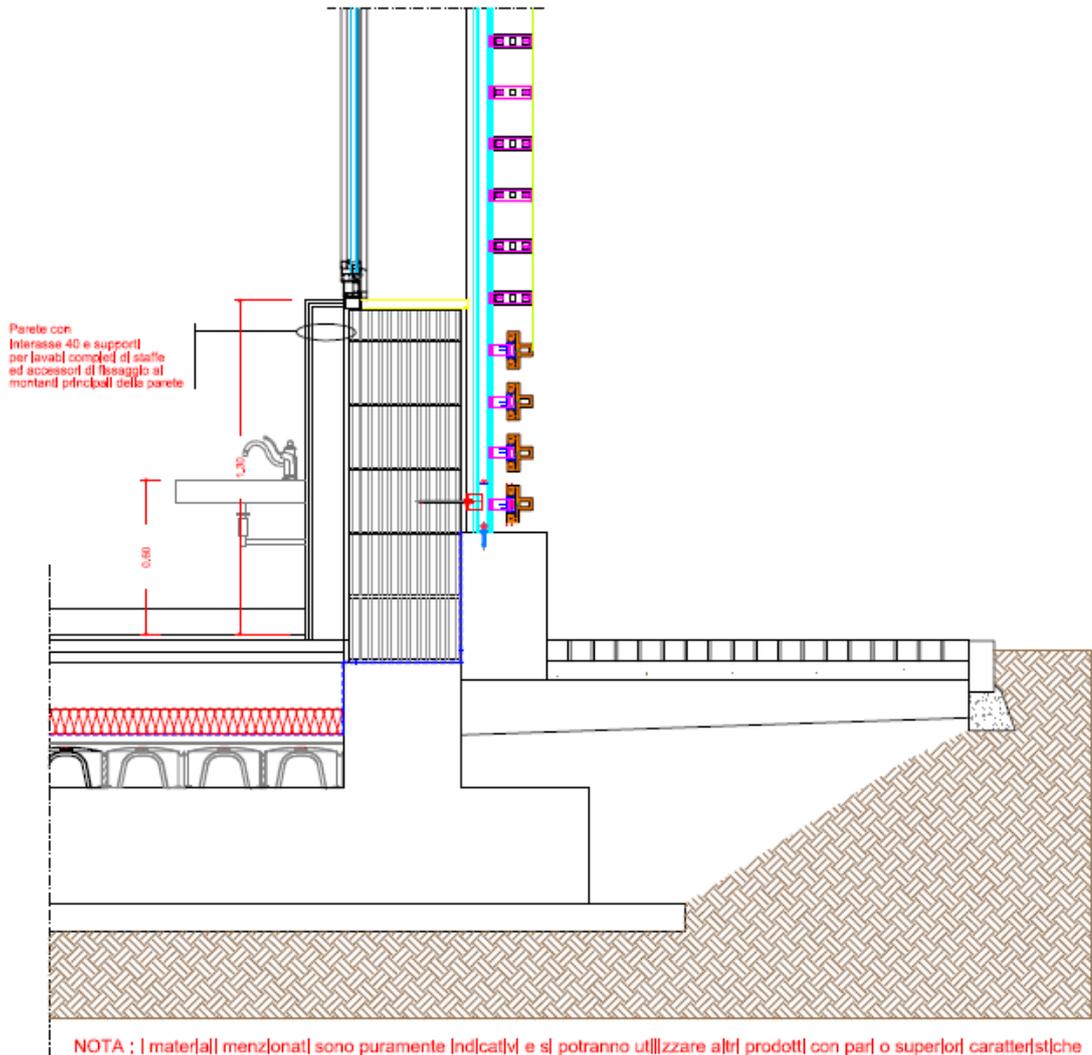
I sistemi di involucro considerati nelle verifiche sono quelli più critici, cioè quelli degli ambienti a destinazione d'uso più sensibile, o quelli che per tipologia, stratigrafia e materiali rappresentano una più ampia casistica di situazioni presenti nel progetto.

Trattandosi di edificio monopiano costituito da unica unità immobiliare non sono necessarie le verifiche dell'isolamento al calpestio e dell'isolamento acustico tra distinte unità immobiliari.

5.1. Indice di valutazione del potere fonoisolante R_w delle pareti esterne dell'edificio

Le pareti esterne dell'edificio sono di una unica tipologia:

1. parete in termolaterizio cm 28 intonacato su entrambe le facce con isolamento a cappotto (spessore complessivo 45 cm e massa superficiale 500 kg/m^2):



In base alla legge di massa:

$$R_w = 37,5 * \log(m') - 42$$

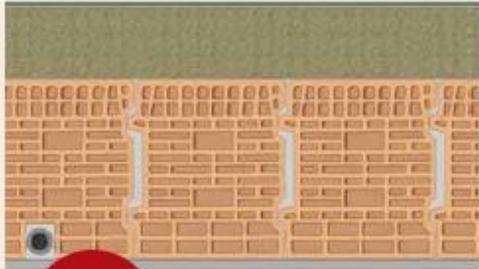
con m' massa superficiale della parete,

l'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w per questi pacchetti è di:

1. parete M1: $R_w = 51,8$ dB

La prestazione è confermata, a onor del vero in positivo anche da pareti di questa tipologia, nelle schede tecniche dei produttori , delle quali si riporta di seguito un esempio.

Muratura blocco + cappotto



55 dB

Caratteristiche della stratigrafia				
Materiale	Peso specifico Kg/m³	Massa superficiale Kg/m²	Conducibilità termica λ_{eq} W/mK	Spessore cm
Intonaco silossanico per cappotto	1.500	7,5	0,3	0,5
Cappotto in lana di roccia	40	4,8	0,035	12
Pth BIO PLAN 30 ETICS	880	269	0,14	30
Intonaco base calce	1.500	22,5	0,54	1,5

Caratteristiche tecniche		Caratteristiche termico - acustiche			Potere fonoisolante
Spessore della parete intonacata	Massa superficiale (compresi gli intonaci)	Trasmittanza termica	Sfasamento	Trasmittanza termica periodica	R_w
cm	Kg/m²	U	s	Y_e	dB
44	317,6	W/m²K	ore	W/m²K	55

Ai fini delle valutazioni della presente relazione verrà utilizzato il valore più basso.

5.2. Isolamento acustico di facciata. Ambiente Sezione 1 (A)

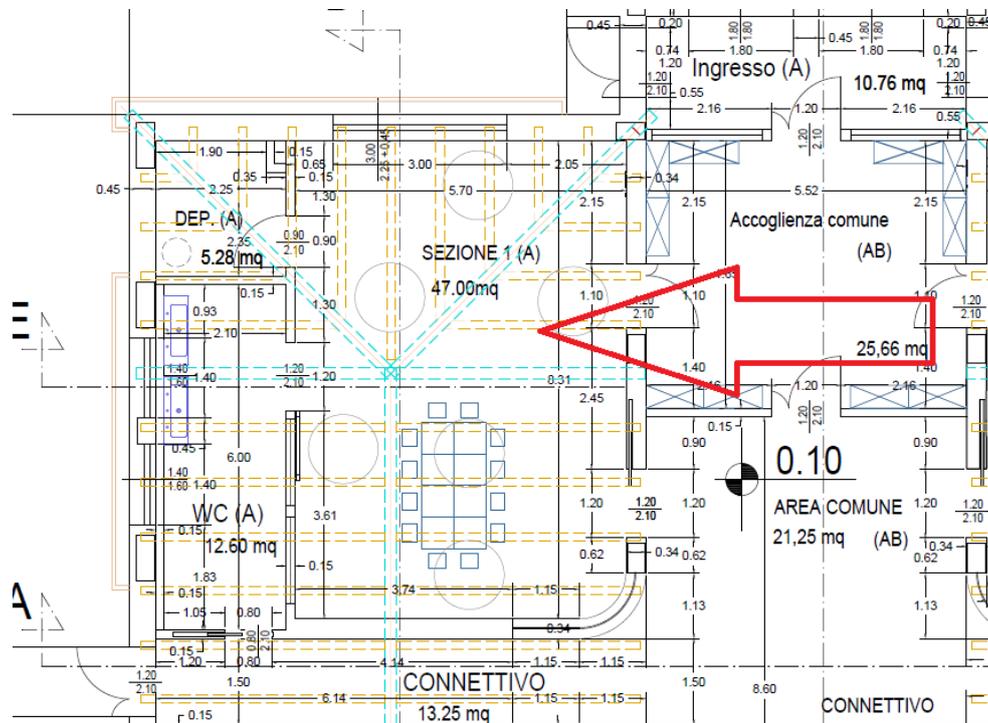


Figura: pianta della sezione 1

Ai fini delle valutazioni dei requisiti acustici sono stati assunti i parametri costitutivi dei componenti edilizi opachi e trasparenti di progetto.

Serramenti

Le finestre saranno costituite da infissi a taglio termico con sistemi di tenuta all'aria e doppi vetri di tipo stratificato con interposizione di PVB acustico.

Sono state eseguite le verifiche dell'isolamento di facciata con la soluzione di infissi con le seguenti caratteristiche acustiche:

$$R'_{w,infissi} = 40 \text{ dB}$$

In base ai calcoli, riportati in dettaglio nella tabella seguente, considerando le varie parti di cui è composta la facciata, la sua forma e il volume dell'ambiente si ottiene:

$$D_{2m,nT,w} = 49,8 \text{ dB} > 48 \text{ dB} \text{ VERIFICATO}$$



Figura - individuazione planimetrica ambiente oggetto di verifica

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						
Facciata Sezione Tipo	Superficie [m ²]	Si (= S o 10) [m ²]	Si/Stot []	Rw [dB]	te []	
Elemento facciata						
1 Facciata opaca	22,18	22,18	0,831	52,0	5,245E-06	
2 Infilso 150x300	4,50	4,50	0,169	40,0	1,687E-05	
3			0,000		0,000E+00	
4			0,000		0,000E+00	
5			0,000		0,000E+00	
Stot	26,68 m ²					
Volume ambiente	215,00 m ³					
ΔL_{fs}	0 dB					
trasmissione laterale	1 dB					
RISULTATI						
R'w	46,6 dB					
R'w con trasmissione laterale	45,6 dB					
D2m,n,T,w	49,8 dB					
	limite R'w [dB]	limite D2m,n,T,w [dB]	verificato [VERO/FALSO]			
LIMITI		48	VERO			

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						
Facciata riposo-att libere						
Elemento facciata	Superficie [m ²]	Si (= S o 10) [m ²]	Si/Stot	Rw [dB]	re	
1 Facciata opaca	64,60	64,60	0,878	52,0	5,538E-06	
2 Infissi 150x300 -n°2	9,00	9,00	0,122	40,0	1,223E-05	
3			0,000		0,000E+00	
4			0,000		0,000E+00	
5			0,000		0,000E+00	
Stot	73,60 m ²					
Volume ambiente	315,00 m ³					
ΔL_{fs}	0 dB					
trasmissione laterale	1 dB					
RISULTATI						
R'w	47,5 dB					
R'w con trasmissione laterale	46,5 dB					
D2m,nT,w	48,0 dB					
	limite R'w [db]	limite D2m,nT,w [db]	verificato [VERO/FALSO]			
LIMITI		48	VERO			

6. Accorgimenti costruttivi per la limitazione dei rumori di impianti

Poiché l'intervento è caratterizzato da un clima acustico particolarmente favorevole e l'isolamento acustico di facciata sarà conforme ai dettati normativi, molto probabilmente l'intervento in questione sarà caratterizzato da un livello di rumore residuo all'interno degli ambienti particolarmente ridotto, in assenza di persone.

Per contro le sezioni di una scuola materna sono normalmente molto rumorose per via dell'esuberanza dei bambini e delle attività didattiche e di gioco che si svolgono all'interno.

Da questo punto di vista la sezione di una scuola materna poco ha a che fare dal punto di vista acustico con un'aula scolastica.

Nel caso in esame la rumorosità degli impianti di scarico non è particolarmente rilevante, per via del fatto che l'edificio è monopiano e non esistono quindi colonne di scarico.

Anche lo scarico dei WC interni alle sezioni non è problematico in quanto i WC sono sempre attestati su pareti esterne o su pareti verso altri servizi/locali tecnici.

Inoltre i servizi igienici, come in tutte le scuole materne sono interni alle sezioni, per esigenze di controllo da parte degli insegnanti; per questo motivo la rumorosità connessa non può essere considerata disturbante, non proveniendo da ambienti diversi rispetto all'ambiente ricevente.

In ogni caso per le tubazioni, con particolare riguardo a quelle di scarico, si realizzerà il disaccoppiamento acustico tra tubazioni e struttura dell'edificio: tutte le tubazioni saranno isolate dall'opera edile: attacco rubinetti con isolamento integrato, braccialetti di fissaggio con inserto isolante, guaina isolante per attraversamenti della parete o della soletta.

Ad ogni buon conto si riporta di seguito una valutazione della rumorosità connessa alle tubazioni di scarico dei WC, tenendo presente il limite normativo LAS max < 35 dBA, e le seguenti condizioni:

- 1- Il progetto prevede vasi igienici a pavimento con scarico a pavimento in polipropilene con innesto a bicchiere, di tipo fonoassorbente (cfr. elab impianti IM-SC-01).

Si riporta qui di seguito un estratto della specifica desunta dall'elaborato suddetto

SPECIFICHE TUBAZIONI DI SCARICO

Le porzioni delle reti di scarico dovranno essere realizzate con tubazioni fonoassorbenti ad innesto da installare all'interno degli edifici, per acque reflue ad una temperatura massima di 95 °C e pH compreso tra 2 e 12. Il sistema è costituito da raccordi e tubazioni monostrato realizzato con mescola omogenea in polipropilene (PP) con carica minerale. Tubi e raccordi sono del tipo ad innesto con bicchiere e guarnizione di tenuta a semplice labbro in elastomero. Il sistema ha densità di almeno 1,6 kg/m³ e colore grigio RAL 7035 con classe di autoestinguenza paria a B2 secondo normativa DIN 4102. Il sistema di scarico ha un livello sonoro di 6 dB(A) misurato alla portata di 2 l/s per un sistema di scarico De 110,0x5,6 mm secondo UNI EN 14366.

Il livello di rumorosità garantito dalla soluzione progettuale individuata è quindi ampiamente rispettoso dei limiti di legge.

Impianti di ventilazione

Gli impianti di ventilazione dovranno essere quindi realizzati in modo da ridurre al minimo la rumorosità generata, nel rispetto dei parametri fissati dalla norma UNI 8199. A tale scopo sono stati previsti su tutte le UTA appositi silenziatori, sia sui canali di mandata che di ripresa.(cfr. progetto imp.meccanici)

La tipologia dei silenziatori degli impianti di ventilazione è descritta nel dettaglio nel progetto impianti, nello specifico nell'elaborato ASILO UNIBO-ESE-CAPITOLATO MEKK-rev1. I riferimenti sono comunque stati inseriti nella relazione di verifica dei requisiti acustici passivi.

La sezione tipo, che è l'ambiente in cui i bambini e gli insegnanti trascorrono gran parte del tempo, è ventilata con UTA indipendente (cfr. elab. progetto impianti meccanici IM-AE-01 e IM-AE-02).

Si è presa in esame la UTA 3, a servizio della sezione 2 (B), le cui collocazione ed area di influenza sono individuate nelle figure seguenti, estratte dagli elaborati sopra citati.

Tale UTA è ritenuta rappresentativa ed ha le seguenti caratteristiche:

- portata d'aria in mandata e ripresa 1.500 m³/h,



Figura - individuazione planimetrica imp. ventilazione sezione 2 (B)

Le caratteristiche comuni alle UTA sono le seguenti (da CAPITOLATO MEKK-rev1)

“UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA DA INTERNO CON RECUPERATORE DI CALORE (SISTEMA ARIA-ACQUA)

La centrale di trattamento aria sarà del tipo orizzontale a sezioni componibili, con struttura portante in profilati angolari saldati in acciaio zincato a sezione “smussata” e mantello costituito da pannelli sandwich rimovibili dello spessore di mm. 50 con coefficiente globale di trasmissione termica 0,58 Watt/mq.°C; i infiltrazioni d’acqua ed ai ponti termici, e realizzati in lamiera di acciaio zincato-plastificato con interposto isolamento termoacustico in schiume poliuretaniche iniettate a cellule chiuse ad alta densità (46 kg./mc.) con grado di reazione al fuoco certificato non superiore alla classe 1. Tutti i lamierati in vista non dovranno presentare parti taglienti in quanto protetti da guarnizioni ed angolari, tale costruzione dovrà presentare la totale assenza di ponti termici.

Allo scopo di limitare la rumorosità, in corrispondenza delle sezioni ventilanti l’interno delle pannellature sarà in lamiera forellinata con ulteriore strato d’isolamento acustico in lana minerale (densità 90 Kg./mc.) ricoperta da strato di neoprene antisfaldamento.

Le unità così realizzate avranno classe di tenuta B secondo CEN (Comitato Normazione Europeo) che definisce una perdita per fuga d’aria max. ammessa pari a 0.8 l/sm² con pressione di prova di 1000 Pa .

valori d’attenuazione acustica delle termopareti costituenti l’involucro

f (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000
R (db)	28	28	33	34	41	35	35

Sezioni ventilanti

Le giranti sono direttamente accoppiate ai motori con giunto fisso o bussola conica. I ventilatori devono avere giranti a 7 pale rovesce in acciaio saldato e protetto contro la corrosione con una verniciatura a polvere. Essi devono essere dotati con d'aspirazione aerodinamici per prestazioni ottimizzate. Le prestazioni dei ventilatori devono essere determinate secondo ISO 5801. I dati di rumorosità devono essere riferiti alla norma DIN 45635-38, ISO 3745 (classe 1) o ISO 13347-3. I ventilatori devono essere bilanciati staticamente e dinamicamente in base alle G2.5 / 6,3 a ISO 1940 T1. I motori devono essere conformi alla norma IEC, raffreddati ad aria, forma costruttiva B3, testati VDE, in classe di protezione IP55, in classe di isolamento F, classe di efficienza IEC60034: IE2, e adatto per collegamento con inverter. Essi saranno dotati di protezione termica PTC.

Rumorosità

In fase di offerta il costruttore dovrà indicare :

- potenza sonora globale della girante [dB]
- pressione sonora ad 1m in campo libero, misurata in camera anecoica [dB(A)]
- frequenza di pala [Hz]
- abbattimento della pannellatura [dB(A)].

I valori dichiarati (sopra elencati) saranno soggetti a verifica da parte della Direzione Lavori con strumenti di misura conformi alle normative IEC123-179-225.

Silenziatore di mandata

Silenziatore rettilineo di mandata con lunghezza non inferiore a mm. 1000, realizzato con setti interni in lana minerale con rivestimento in lana di vetro ad alto coefficiente di assorbimento acustico (classe A1 - DIN 4102), nonché ad alta resistenza all'umidità ed alle abrasioni, montati su intelaiatura in acciaio.

Il silenziatore dovrà essere dotato di giunto elastico per il collegamento alle canalizzazioni.

A monte del silenziatore l'unità di trattamento dell'aria dovrà essere dotata di apposita sezione di equalizzazione del flusso d'aria, costituita da un diffusore con lamiera forata frontale al silenziatore.”

“SILENZIATORE PER CANALI RETTANGOLARI

I silenziatori a sezione rettangolare dovranno essere del tipo rettilineo a settori.

La cassa dovrà essere realizzata in lamiera d'acciaio zincata, di spessore minimo 10/10, con opportuni rinforzi che ne garantiranno una perfetta solidità; alle estremità della cassa dovranno essere predisposte flange, guarnizioni e bulloni per il collegamento delle canalizzazioni.

Il materiale fonoassorbente utilizzato dovrà essere costituito da speciali pannelli in fibra di minerale ad altissima densità (100 kg/mc) non combustibile, apprettati sulla superficie a contatto con l'aria con uno strato di neoprene perfettamente permeabile alle onde sonore che dovrà assicurare una notevole resistenza superficiale all'erosione dovuta al flusso dell'aria.

Il materiale fonoassorbente non dovrà essere igroscopico, non dovrà favorire lo sviluppo e la formazione di batteri, non dovrà essere soggetto a corrosione da parte degli agenti atmosferici.

I settori, costruiti col materiale fonoassorbente sopra descritto, dovranno avere uno spessore minimo di 150 mm., essere racchiusi entro apposite cornici di acciaio zincato ed essere solidamente inseriti e fissati alla cassa di contenimento.

Le pareti laterali della cassa di contenimento dovranno essere rivestite interamente con settori di spessore di 100 mm. onde impedire le fughe laterali di rumore.

Il silenziatore dovrà avere caratteristiche di abbattimento complessivo (tenuto conto anche della rigenerazione) per banda di ottava non inferiore ai seguenti valori:

Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000
dB	7	12	16	28	35	35	28

Tali prestazioni dovranno essere rese con una perdita di carico, valutata alla portata di esercizio, non superiore a 50 Pascal.

Il silenziatore sarà raccordato al canale con appositi tronchi conici, con conicità non superiore a 15 gradi.

Le prestazioni su esposte devono intendersi come dei minimi, nel senso che se la rumorosità nei locali superasse, a causa di rumori provenienti dalle canalizzazioni, i livelli pressione acustica consigliati, la Ditta dovrà, senza alcun onere per la Stazione Appaltante, sostituire o modificare i silenziatori, in modo da far rientrare la rumorosità entro livelli accettabili.”

Considerando i dati delle sezioni ventilanti sotto riportati emerge che la situazione più critica è quella del ventilatore di mandata.

RUMOROSITÀ SEZIONI DI MANDATA									
Potenza sonora espressa in dB - tolleranza +/- 3dB (+/- 5 db fino a 125Hz). Analisi in frequenza.									
F [Hz]	db(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bocca di aspirazione	50	60	52	58	40	24	20	20	30
Bocca di mandata	87	77	75	85	83	83	78	74	68
Attraverso pannellature	73	69	67	74	67	69	64	49	37
Pressione sonora a 1 m in dB(A) con propagazione semisferica - tolleranza +/- 4dB. Analisi in frequenza.									
F [Hz]	db(A)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Bocca di aspirazione	35	27	28	42	29	17	13	14	21
Bocca di mandata	79	44	51	69	72	76	72	67	59
Attraverso pannellature	65	36	43	43	58	56	62	58	42

Sull'abasse dei dati sopra riportati il Livello di pressione sonora previsto in ambiente, come da calcoli di dettaglio riportati in allegato, sarà inferiore alle curve NR30, che si ritengono idonee per l'applicazione in oggetto.

7. CAM Edilizia

In base al Decreto CAM i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della Classe II della norma UNI 11367 (Tabella 1).

Nello specifico I requisiti acustici passivi delle scuole devono soddisfare il livello di “prestazione superiore” riportato nell’Appendice A della UNI 11367 .

Descrittore	Classe II
Isolamento di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]	≥ 40
Isolamento ai rumori tra unità immobiliari R'_w [dB]	≥ 53
Livello di rumori da calpestio L'_{nw} [dB]	≤ 58
Livello di rumore impianti continui L_{ic} [dBA]	≤ 28
Livello di rumore impianti discontinui L_{id} [dBA]	≤ 33

Tabella 1 – Norma UNI 11367 - Valori di Classe II

I requisiti richiesti dal criterio sono soddisfatti in quanto il progetto soddisfa i valori dei requisiti acustici passivi della classe II ai sensi della norma UNI 11367, ove questi sono applicabili.

Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori di tempo di riverbero (T) e intelligibilità del parlato (STI) indicati nella norma UNI 11532. Il calcolo di dettaglio degli indici è riportato in allegato alla presente.

8. valutazione delle caratteristiche acustiche e dei tempi di riverbero degli ambienti potenzialmente riverberanti

Valutazioni di acustica architettonica – generalità

Al fine di valutare la qualità acustica degli ambienti sono stati individuati alcuni ambienti ritenuti di maggiore interesse in modo che, per ciascuno di tali ambienti possa essere valutato il parametro più comunemente impiegato allo scopo, ovvero il Tempo di riverberazione (o tempo di riverbero).

Tale parametro si ricava dalla risposta all’impulso delle sale, che è la misura del decadimento nel tempo di un segnale sonoro di tipo impulsivo.

In particolare la riverberazione rappresenta la durata convenzionale della coda sonora che si manifesta in uno spazio chiuso al cessare dell’emissione di un suono stazionario. Viene classicamente definito tempo di riverberazione, e indicato con T60, il tempo necessario affinché in seguito allo spegnimento della sorgente sonora, operante in regime stazionario, il livello sonoro diminuisca di 60 dB.

La figura seguente riporta i valori ottimali del tempo di riverberazione riferiti a diversi tipi di ambienti ed alle relative volumetrie (dati di letteratura specialistica).

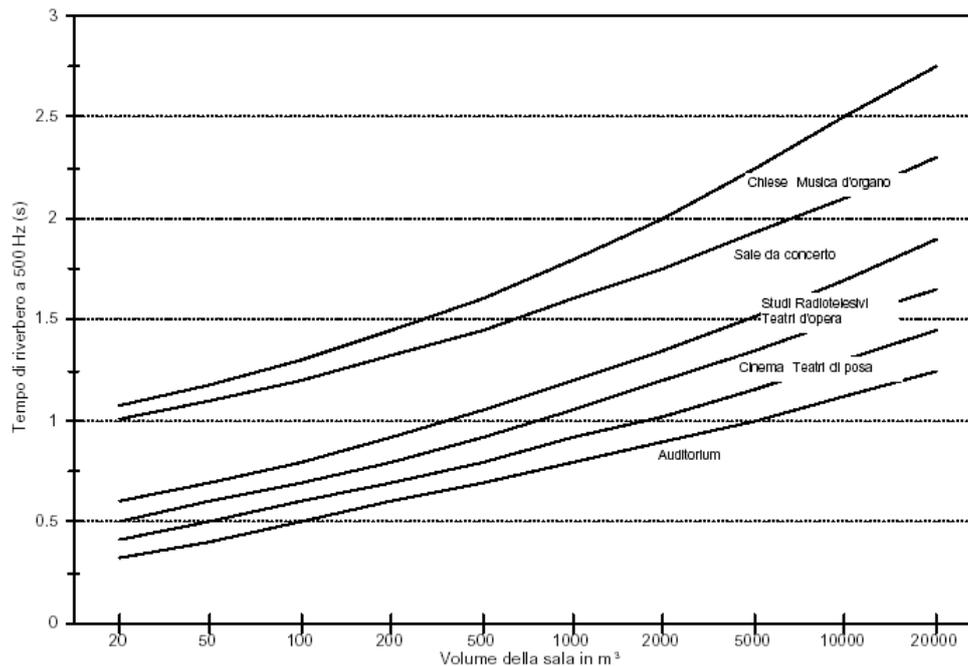


Figura 1 – valori ottimali del tempo di riverberazione

In particolare, i valori limite del tempo di riverberazione sono definiti in funzione del volume dell'ambiente interno e della frequenza del suono.

La letteratura scientifica suggerisce che i risultati ottenuti dalle misurazioni di tempo di riverberazione T ad ambiente non occupato siano tali che $T \leq 1,2 T_{ott}$.

Negli spazi destinati all'ascolto della parola è molto importante la qualità del suono. Non devono verificarsi fenomeni di interferenza, ma soprattutto deve essere garantita la chiarezza e l'intelligibilità della parola: i suoni devono, cioè, arrivare distinti all'ascoltatore.

Il linguaggio parlato è costituito da suoni elementari quasi impulsivi, chiamati fonemi; ogni fonema non coincide necessariamente con una lettera. La comprensione del linguaggio consiste nel corretto riconoscimento della sequenza fonetica, possibile soltanto se i fonemi sono sufficientemente distanziati tra di loro.

A causa del fenomeno della riverberazione, la coda sonora di ogni fonema può sovrapporsi al fonema successivo: questo è il motivo per cui un tempo di riverberazione eccessivamente alto può impedire l'identificazione dei fonemi e la corretta comprensione del linguaggio parlato.

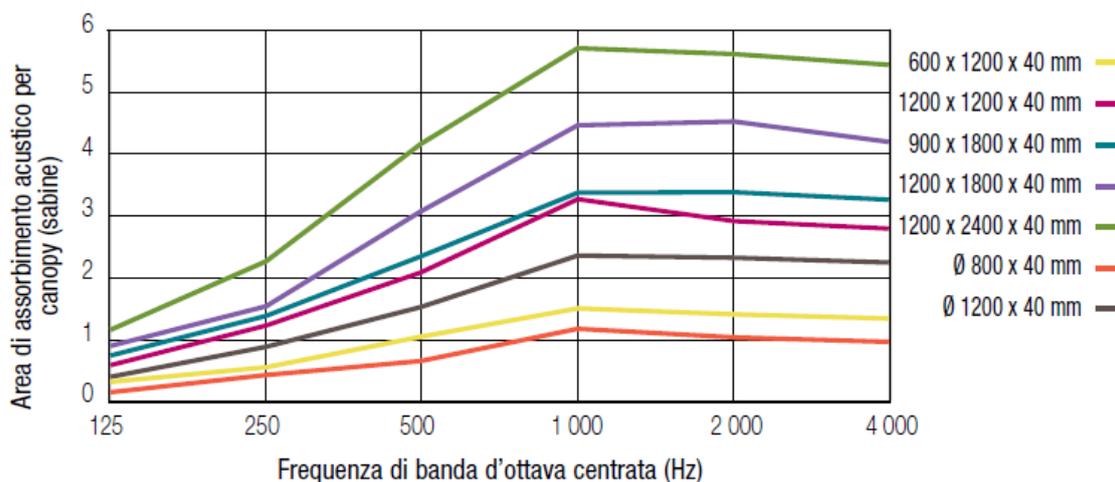
Questi principi guida hanno governato la progettazione acustica delle sezioni, spazi in cui lo scopo è direttamente quello di ridurre la riverberazione del suono e rendere quindi gli spazi maggiormente fruibili e meno affaticanti.

Materiali rilevanti dal punto di vista acustico

Il materiale fonoassorbente previsto a progetto è del tipo deducibile dalla scheda tecnica allegata (Optima canopy), le cui caratteristiche fonoassorbenti sono di seguito riportate.

DATI ACUSTICI - Intercapedine di 1000 mm

Si veda sopra per i valori espressi in Sabine



Analisi tempo di riverbero sezione tipo



Figura - individuazione planimetrica ambienti oggetto di verifica

La sezione tipo dell'edificio, area in cui avviene gran parte dell'attività didattica presenta, in assenza di correzione acustica, un tempo di riverbero decisamente superiore rispetto ai valori ottimali, come da tabella e grafico sotto riportati.

TEMPO DI RIVERBERO FORMULA DI SABINE - sezione tipo - Ambiente non occupato							
Volume ambiente m ³ =	230,00	Superficie calpestabile ambiente m ² =	46,00	Altezza media m =	5,00	Caratteristiche geometriche dell'ambiente in esame	
TEMPO DI RIVERBERO	$0,161 \frac{V}{A}$ (secondi)						
VALORE OTTIMALE TEMPO DI RIVERBERO NORMA UNI 11367		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
		0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	
TEMPO DI RIVERBERO		1,53	1,75	2,64	2,94	2,84	
MATERIALI DELL'AMBIENTE							
Descrizione Materiale (valori α)	Sup. m ² / n. elementi	α per Frequenza (Hz) / area equiv m ²					
		125	250	500	1000	2000	4000
pareti laterali	140,00	0,12	0,10	0,08	0,05	0,05	0,06
Pavimento	46,00	0,12	0,10	0,08	0,05	0,05	0,06
elementi vetrati	7,50	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
soffitto in legno	46,00	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10	0,12
Sedie imbottite non occupate	10,00	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35

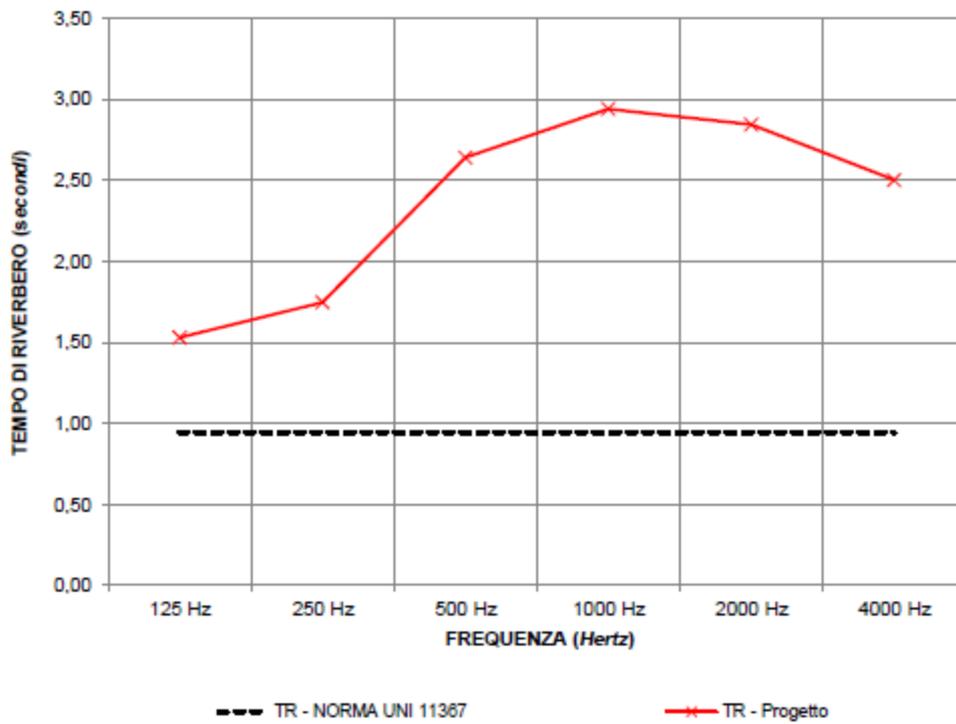


Figura 2- tempo di riverbero senza correzione acustica

Mettendo in opera sistemi fonoassorbenti sospesi a soffitto (n° 12 elementi fonoassorbenti diametro 120 cm per ogni sezione), la situazione migliora decisamente, come da figure seguenti.

TEMPO DI RIVERBERO FORMULA DI SABINE - sezione tipo - Ambiente non occupato							
Volume ambiente m ³ =	230,00	Superficie calpestabile ambiente m ² =	46,00	Altezza media m =	5,00	Caratteristiche geometriche dell'ambiente in esame	
TEMPO DI RIVERBERO	$0,161 \frac{V}{A}$ (secondi)			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz
VALORE OTTIMALE TEMPO DI RIVERBERO NORMA UNI 11367				0,94	0,94	0,94	0,94
TEMPO DI RIVERBERO				1,23	1,16	1,11	0,92
MATERIALI DELL'AMBIENTE							
Descrizione Materiale (valori α)	Sup. m2 / n. elementi	α per Frequenza (Hz) / area equiv m2					
		125	250	500	1000	2000	4000
pareti laterali	140,00	0,12	0,10	0,08	0,05	0,05	0,08
Pavimento	48,00	0,12	0,10	0,08	0,05	0,05	0,08
elementi vetrati	7,50	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
soffitto in legno	46,00	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10	0,12
Sedie imbottite non occupate	10,00	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35
elementi fonoassorbenti circolari diam 120 cm	12,00	0,50	0,90	1,60	2,30	2,30	2,20

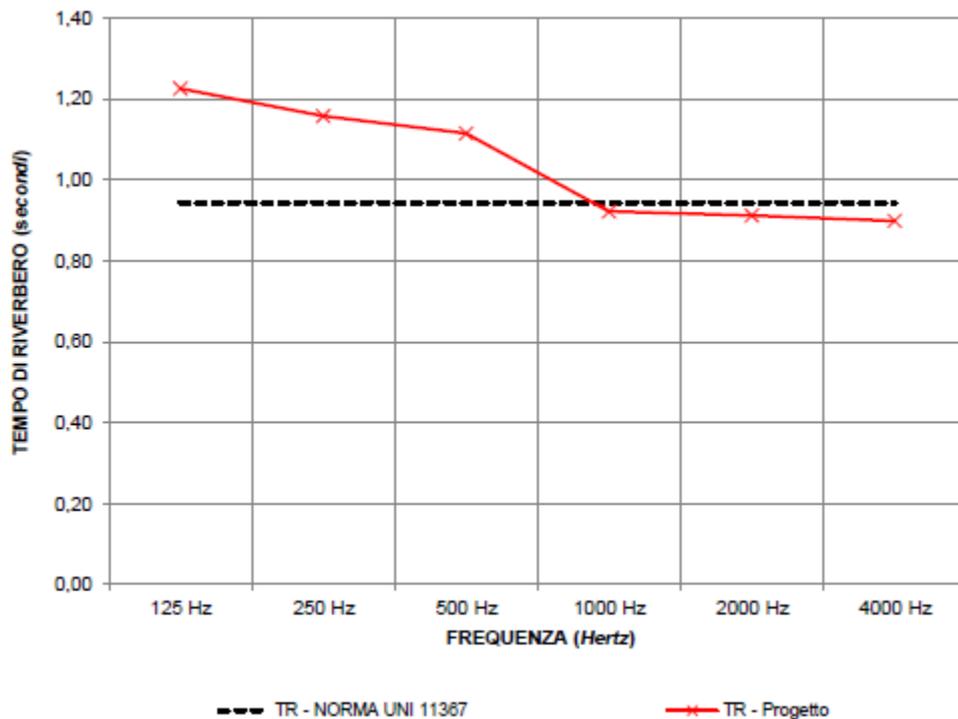


Figura 3- tempo di riverbero con correzione acustica n.12 isole diam. 120 cm

Analoga correzione, forse anche leggermente migliore alle basse frequenze, è ottenibile mediante il rivestimento (a soffitto o a parete) con pannelli in fibra di poliestere per 40 m2 complessivi in ogni sezione.

Di seguito i risultati della correzione acustica in questo secondo caso.

TEMPO DI RIVERBERO FORMULA DI SABINE - sezione tipo - Ambiente non occupato								
Volume ambiente m ³ =	230,00	Superficie calpestabile ambiente m ² =	46,00	Altezza media m =	5,00	Caratteristiche geometriche dell'ambiente in esame		
TEMPO DI RIVERBERO	$0,161 \frac{V}{A}$ (secondi)		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
VALORE OTTIMALE TEMPO DI RIVERBERO NORMA UNI 11367			0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
TEMPO DI RIVERBERO			1,15	1,05	0,97	0,83	0,79	0,76
MATERIALI DELL'AMBIENTE								
Descrizione Materiale (valori α)	Sup. m2 / n. elementi	α per Frequenza (Hz) / area equiv m2						
		125	250	500	1000	2000	4000	
pareti laterali	140,00	0,12	0,10	0,08	0,05	0,05	0,06	
Pavimento	46,00	0,12	0,10	0,06	0,05	0,05	0,06	
elementi vetrati	7,50	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	
soffitto in legno	46,00	0,15	0,12	0,12	0,10	0,10	0,12	
Sedie imbottite non occupate	10,00	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	
isolmant isolspace style	40,00	0,20	0,35	0,60	0,80	0,85	0,85	

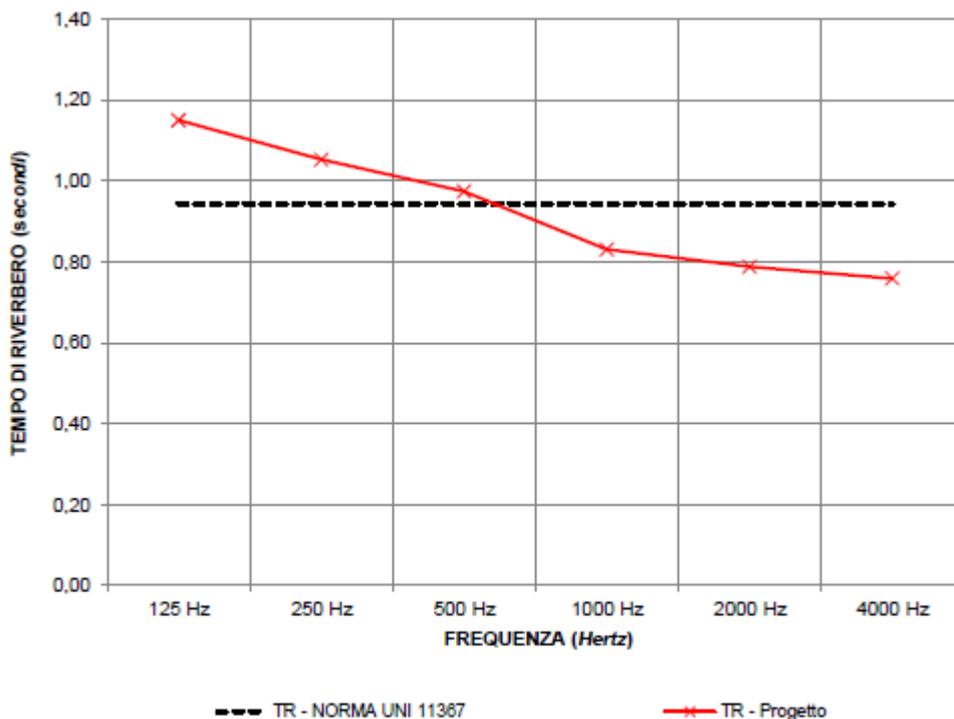


Figura 4- tempo di riverbero con pannelli in fibra di poliestere a soffitto e/o parete

9. Conclusioni

I risultati dei calcoli effettuati hanno dato esito positivo per quanto attiene il rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici. Perché i valori calcolati preventivamente risultino effettivamente corrispondenti a quelli posti in opera sarà determinante una attenta realizzazione di tutti i particolari di posa delle varie componenti dell'edificio.

Per quanto riguarda le sezioni didattiche l'analisi ha determinato la necessità di una correzione acustica con materiale fonoassorbente, a vale della quale i valori possono essere considerati soddisfacenti.

Ing. Gabriele Raffellini

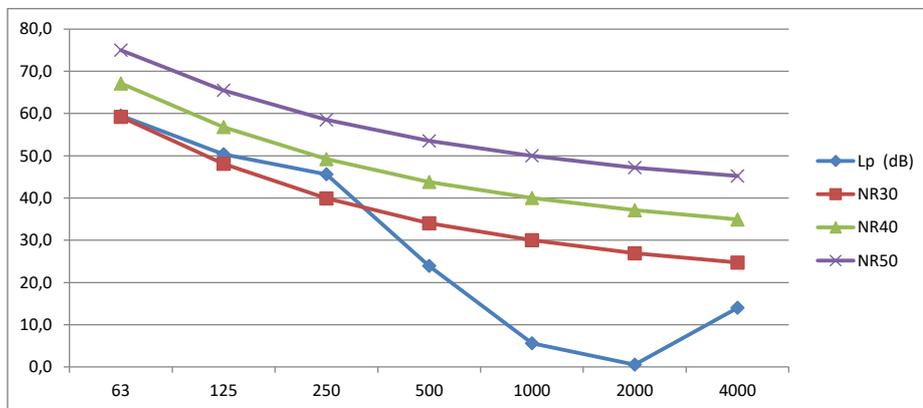
ventilatore di mandata Potenza sonora							
f	63	125	250	500	1000	2000	4000
dB	77	75	85	83	83	78	74
attenuazione silenziatore							
f	63	125	250	500	1000	2000	4000
dB	7	12	16	28	35	35	28
potenza sonora attenuata a valle del silenziatore							
f	63	125	250	500	1000	2000	4000
dB	70	63	69	55	48	43	46
attenuazione canale aria m							
	5						
f	63	125	250	500	1000	2000	4000
dB	2,25	4,5	15	22,5	33	33	22,5
potenza sonora attenuata a valle del canale							
f	63	125	250	500	1000	2000	4000
dB	67,75	58,5	54	32,5	15	10	23,5

rumorosità ventilatore in ambiente

Dati	f	63	125	250	500	1000	2000	4000	Lin	A
Volume ufficio		200								
Superficie (m2)		47								
Tempo di riverberazione (s)		1,2	1,23	1,16	1,11	0,92	0,91	0,9		
Assorbimento equivalente (m2)		26,7	26,0	27,6	28,8	34,8	35,2	35,6		
alfamedio		0,57	0,55	0,59	0,61	0,74	0,75	0,76		
Potenza immessa		67,8	58,5	54,0	32,5	15,0	10,0	23,5	68,4	48,3
Lp (dB)		59,5	50,4	45,6	23,9	5,6	0,6	14,0	60,2	40,0
NR30		59,2	48,1	39,9	34	30	26,9	24,7		
NR40		67,1	56,8	49,2	43,8	40	37,1	34,9		
NR50		75	65,5	58,5	53,5	50	47,2	45,2		

Filtro A

-26,2 -16,1 -8,6 -3,2 0 1,2 1 -1,1



Requisiti acustici passivi secondo DPCM 5-12-97

Unità immobiliare
Destinazione d'uso

T - Tempo di riverberazione - Tempo di riverberazione

Valore limite: non previsto

	Ambienti	nr elementi	T [s]	STI	C50
1	sezione tipo	1	1,2	0,64	2,37

CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE sezione tipo

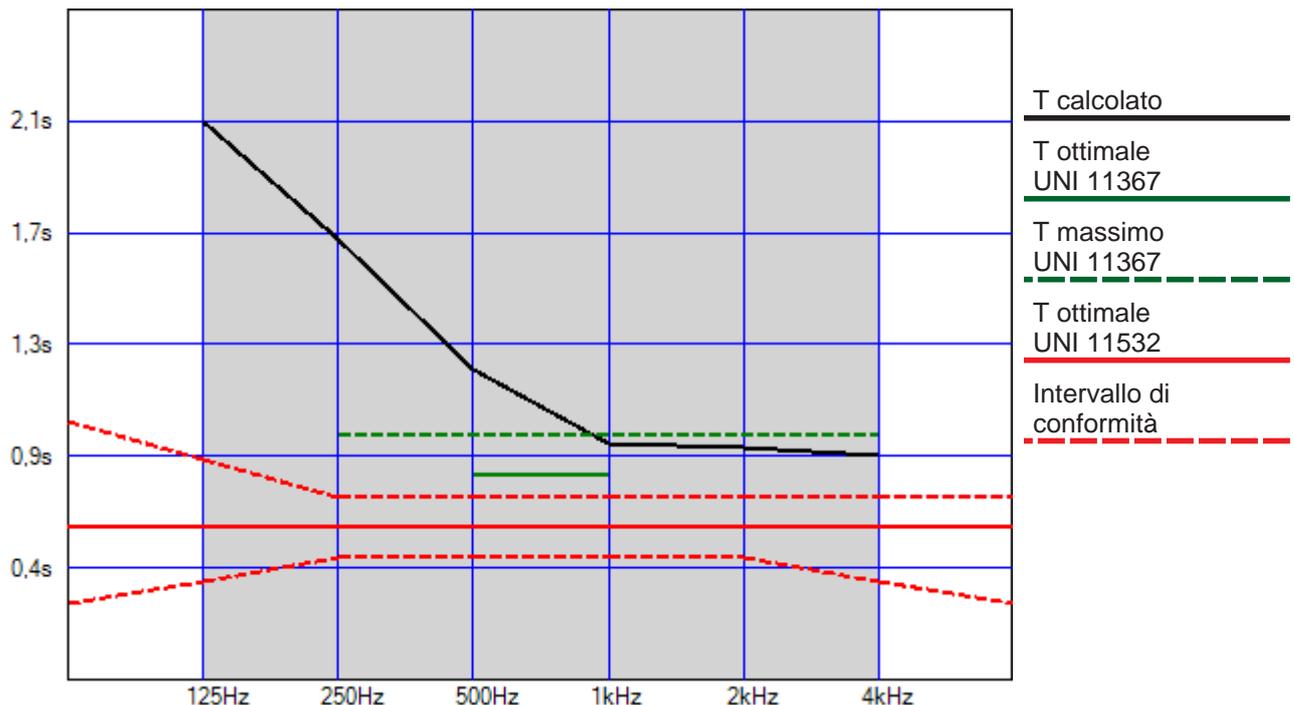
Volume dell'ambiente 230,00 m³

Aree di assorbimento equivalente

Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Coperture rigide per pavimenti (per esempio, PVC, parquet) su pavimenti pesanti	46,00	0,92	1,38	1,84	2,30	2,30	2,76
Finestre, facciata di vetro	7,50	0,90	0,60	0,38	0,30	0,23	0,15
Calcestruzzo, mattoni intonacati	140,00	1,40	1,40	1,40	2,80	2,80	4,20
soffitto in legno a vista	46,00	6,90	5,52	5,52	4,60	4,60	5,52
Sedia singola imbottita	0,00	1,00	2,00	2,50	3,00	3,50	3,50
elementi fonoassorbenti canopy 120mm	12,00	6,00	10,80	19,20	27,60	27,60	26,40

Risultati

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T	2,15 s	1,70 s	1,19 s	0,91 s	0,90 s	0,87 s
T ottimale (UNI 11367)			0,79 s			
T massimo (UNI 11367)			0,94 s			
T ottimale (UNI 11532)			0,59 s			
T medio (250 Hz - 2000 Hz)			1,17 s			
T massimo (DPCM 5/12/97)			1,20 s			
Limite verificato						



STI - INDICE DI TRASMISSIONE DEL PARLATO

Modello di calcolo Campo riverberato diffuso e contributo del suono diretto
 Distanza tra parlatore e ascoltatore: 1,5 m
 Parlatore Femmina
 Sforzo vocale normale
 Livello di pressione sonora a 1 m: 60 dBA

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Tempo di riverberazione							
T [s]	2,1	1,7	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9
Direttività della sorgente							
Q	1,6	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	2,5
ID	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Distanza critica							
r _c [m]	0,59	0,66	0,79	0,90	0,91	0,92	0,92
5·r _c [m]	2,93	3,29	3,93	4,51	4,53	4,61	4,61
Livello del rumore di fondo							
L _n [dB]	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Livello del parlato							
L _{s,1m} [dB]	60,0	65,3	58,1	50,9	44,2	43,3	42,0
L _{sr} [dB]	62,7	66,9	58,2	47,8	41,1	40,0	38,7
L _{sd} [dB]	56,5	61,8	54,6	47,4	40,7	39,8	38,5
Indice di trasferimento della modulazione							
MTI	0,47	0,52	0,59	0,69	0,66	0,66	0,64
Indice di trasmissione del parlato							
STI	0,64						
STI minimo	0,55						
Qualità parlato	Buono						

Chiarezza							
C50	-2,25	-0,95	1,14	2,95	3,02	3,27	3,27
C50 medio	2,37						
C50 minimo	2,00						

COMUNE DI BOLOGNA
CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA

**PROGETTO DI EDIFICIO A DESTINAZIONE SCUOLA MATERNA E ASILO NIDO SITO IN
BOLOGNA, COMPARTO FILIPPO RE**

<i>Committente</i>	<i>Timbro e Firma del committente</i>
RAFFELLINI GABRIELE Via S.Mamolo, 58 40136 Bologna	
<i>Società e professionisti incaricati</i>	<i>Timbro e Firma del tecnico</i>
 <p>INGEGNERIA PER L'AMBIENTE AIRIS S.r.l. Ingegneria per l'Ambiente Del Porto, 1 - 40122 Bologna Tel 051/266075 - Fax 266401 e-mail: info@airis.it</p> <p>Dott.ssa Francesca RAMETTA* Dott. Juri ALBERTAZZI* Ing. Ilaria ACCORSI Geom. Andrea BARBIERI</p> <p>* tecnico acustico competente, abilitato ai sensi della legge 447/95 e Decreto Legislativo n° 42/2017</p>	 <p>AIRIS TECNICO ACUSTICO COMPETENTE Dott.ssa Francesca Rametta</p>

STUDIO ACUSTICO	N. Elaborato: Unico
	Scala: Varie

B	2021-02-11	Revisione	VARI	FR	FM
A	2020-12-29	Emissione	VARI	FR	FM
Revisione	Data	Descrizione	Sigla	Sigla	Sigla
			Redazione	Controllo-emissione	autorizzazione

Nome file: Vari	Codice commessa: 2020SASA	Data: Febbraio 2021
-----------------	---------------------------	---------------------

INDICE

1. Premessa.....	1
2. Riferimenti normativi.....	3
3. Descrizione dell'ambito di analisi	8
4. Clima acustico attuale.....	8
4.1 i livelli acustici calcolati nello scenario attuale	11
5. il clima acustico futuro.....	17
5.1. Elementi di progetto	17
5.2. Verifica di compatibilità acustica	20

ALLEGATI

A – fotografie postazione di misura

B – taratura fonometro e calibratore

C – Dichiarazione a firma di Ing. Raffellini in merito alla validità delle misure acustiche

1. PREMESSA

Lo scopo del presente studio è quello di valutare il clima acustico in cui si inserirà l'intervento di costruzione di edificio ad uso scolastico (asilo nido e scuola materna) sito in via Filippo RE, a Bologna, all'interno di un'area di proprietà dell'Università attualmente adibita a parcheggio-area verde nei pressi dell'Orto Botanico.

Trattandosi di nuova costruzione di un edificio in un'area della città ormai consolidata dal punto di vista urbanistico-edilizio, il clima acustico prevedibile per il futuro corrisponde al clima acustico rilevato.

Il presente documento riprende ed integra i contenuti della Documentazione Previsionale di Clima Acustico redatta dal Tecnico competente Ing. Gabriele Raffellini nell'aprile 2018 relativamente al medesimo progetto, alla luce delle richieste formulate dal Comune di Bologna di prevedere simulazioni acustiche finalizzate a dimostrare, anche in riferimento al nuovo assetto previsto per il comparto (modifica alla viabilità ed ai parcheggi, carico veicolare indotto dagli usi esistenti e di progetto), il rispetto dei limiti diurni della I classe sia in facciata al nuovo edificio, sia presso le aree di pertinenza esterna fruite dai bambini.

Img. 1.1 -- Individuazione dell'area oggetto di verifica



Lo studio è stato condotto ai sensi delle disposizioni della Legge Quadro sull'inquinamento acustico, n. 447 del 26 ottobre 1995 e decreti attuativi discendenti.

Le fasi secondo cui è stata svolta da verifica di impatto acustico, sono le seguenti:

Fase di inquadramento; ha riguardato essenzialmente la lettura, in chiave acustica, degli aspetti territoriali, normativi e progettuali in cui si collocherà l'edificio di progetto. In questa fase lo strumento principale che costituisce la base di orientamento delle analisi successive è costituito dal Piano di Classificazione Acustica comunale.

Caratterizzazione acustica del sito allo stato attuale; il rilievo fonometrico e le relative analisi utilizzate nella taratura del modello di simulazione, sono state svolte dal Tecnico Acustico Ing. Gabriele Raffellini nella giornata del 20/01/2018.

Verifica previsionale di clima acustico; è consistita nella verifica del rispetto dei limiti acustici di norma sul progetto e sui ricettori sensibili nell'intorno, effettuate anche mediante l'uso di un software previsionale: le verifiche modellistiche sono state effettuate dal Tecnico Acustico Dott.ssa Francesca Rametta¹ (AIRIS S.r.l.-Bologna).

Il software utilizzato per le verifiche previsionali è il modello di calcolo LIMA². Il programma, sviluppato in Germania da Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft di Dortmund, consente di costruire gli scenari acustici di riferimento rendendo così confrontabili i livelli sonori rilevati sul campo con i limiti di zona relativi ai periodi temporali di riferimento. Questo modello è stato validato in ambito nazionale in occasione del seminario "Metodi numerici di previsione del rumore da traffico"³ ed è stato utilizzato dagli scriventi nell'ambito della redazione di numerosissimi studi, anche in collaborazione con gli enti di controllo.

Va specificato infine che, nel corso del presente studio, le procedure e la strumentazione utilizzate sono conformi alle norme vigenti, o in assenza di queste, risultano validate nell'ambito di esperienze nazionali o internazionali.

¹ tecnico competente abilitato ai sensi della legge 447/95 e Decreto Legislativo n° 42/2017, con Iscrizione n. 5786 dell'Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (ENTECA)

² Il modello attualmente è utilizzato a livello europeo presso numerosi dipartimenti regionali per la difesa dell'Ambiente (Baviera, del Baden-Württemberg, del Brandeburgo, dell'Assia, ecc..) e municipalità per la previsione ed il controllo dell'inquinamento acustico (Berlino, Bonn, Francoforte, Amburgo, Colonia, Birmingham, Linz, ecc...).

³ Atti del seminario "Metodi numerici di previsione del rumore da traffico" a cura di Roberto Pompili dell'Associazione Italiana di Acustica. Parma 12 aprile 1989.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

A livello nazionale la materia riguardante la difesa dal rumore è regolata dalla Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico n. 447 del 26/10/95 che "... stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico" e che sostituisce pressoché interamente il precedente D.P.C.M. 01/03/91. La norma, avendo valore di legge quadro, fissa il contesto generale e demanda a decreti successivi la definizione dei parametri tecnico - operativi relativi a tutta la parte strettamente applicativa. Dei decreti attuativi discesi dalla norma di riferimento quelli fondamentali ai fini dello studio in esame sono quelli elencati di seguito:

- D.P.C.M. del 14/11/1997 contenente la "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore" che completa quanto già stabilito nel D.P.C.M. 01/03/91;
- D.P.C.M. del 16/03/1998 contenente le "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- DPR n. 142 del 30/03/2004 contenente le "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare".
- D.Lgs n. 42 del 17/02/2017 contenente le "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.

Per quanto riguarda i limiti acustici, mentre il D.P.C.M. 1/3/91 si limitava a fissare dei limiti massimi di immissione livello sonoro per specifiche zone, il D.P.C.M. del 14/11/1997 stabilisce i valori dei quattro diversi limiti, determinati in funzione della tipologia della sorgente, del periodo della giornata e della destinazione d'uso introdotti dalla Legge Quadro 447/95. In particolare si tratta dei valori limite di emissione (valore massimo di rumore che può essere emesso da una sorgente sonora), dei valori di attenzione (valore di rumore che segnala la presenza di un potenziale rischio per la salute umana o per l'ambiente) e dei valori di qualità, (valore di rumore da conseguire nel breve, medio e lungo periodo)⁴; i valori di immissione (valore massimo di rumore che può essere immesso da una o più sorgenti sonore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno) sono stati distinti in assoluti e differenziali⁵.

I limiti assoluti di immissione per le diverse classi acustiche sono riportati nella tabella seguente.

Tab. 2.1 -Classi acustiche e limiti assoluti del livello equivalente

Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Leq,TRD (dBA) diurno(06,00-22,00)	Leq,TRN (dBA) notturno(22,00-06,00)
I	aree particolarmente protette	50	40
II	aree prevalentemente residenziali	55	45
III	aree di tipo misto	60	50
IV	aree di intensa attività umana	65	55
V	aree prevalentemente industriali	70	60

⁴ I valori di *attenzione e qualità* rappresentano un fondamentale strumento a disposizione dell'amministrazione locale in quanto i primi segnalano le soglie oltre le quali è indispensabile predisporre e attuare i *Piani di Risanamento* mentre i secondi sono i valori da conseguire tramite il risanamento.

⁵ Per criterio differenziale si intende, ai sensi dell'art.2 comma 3 lett.b della Legge quadro 447/95: "...la differenza tra il livello equivalente del rumore ambientale e del rumore residuo..." questa differenza è stata stabilita nell'art.4 del DPCM 14.11.97, in:"... 5 dBA per il periodo diurno e 3 dBA per il periodo notturno all'interno degli ambienti abitativi..."

Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
VI	aree esclusivamente industriali	70	70

Il D.P.C.M. 1 marzo 1991 ha introdotto l'obbligo per i comuni di classificazione del proprio territorio in zone omogenee, allo scopo di fissare dei limiti massimi di rumorosità ambientale. La classificazione acustica del territorio diventa lo strumento di pianificazione principale sotto il profilo acustico.

Per le infrastrutture stradali il DPR n. 142, fissa i limiti acustici relativi alle fasce di pertinenza stradale, entro le fasce il rumore generato dall'infrastruttura stradale va valutato separatamente dalle rimanenti sorgenti. All'esterno di tali fasce di pertinenza i contributi acustici riferibili alle diverse sorgenti presenti nell'intorno territoriale, vanno invece sommati.

Per l'ambito locale occorre ricordare che la Regione Emilia Romagna si è provvista di una legge propria a riguardo dello specifico settore. A tale riguardo è infatti stata promulgata la Legge Regionale n. 15 del 9/5/2001 recante "Disposizioni in materia di inquinamento acustico", in attuazione dell'art. 4 della suddetta Legge Quadro 447/1995; la legge regionale detta norme per la tutela della salute e la salvaguardia dell'ambiente esterno ed abitativo dalle sorgenti sonore.

Il provvedimento regionale si inserisce negli adempimenti della legge quadro nazionale in materia di inquinamento acustico, la quale, benché ancora incompiuta, individua nelle Regioni i soggetti che hanno il compito di definire i criteri per la suddivisione dei territori comunali a seconda delle soglie di rumore e per la redazione dei piani di risanamento acustico. La finalità principale del corpo normativo regionale è dunque proprio quello di definire le linee procedurali per la redazione dei piani di classificazione acustica dei territori comunali (zonizzazioni) e di dettare le tempistiche per le loro attuazioni. Tra i compiti della Regione sono inoltre compresi la definizione dei criteri per la redazione dei Piani comunali di risanamento acustico che dovranno essere adottati qualora non sia possibile rispettare i limiti previsti dalla classificazione acustica.

L'organo legislativo locale ha perciò emanato un ulteriore dispositivo normativo; in attuazione dell'articolo 2 della legge regionale n. 15 è infatti stata pubblicata la delibera di Giunta Regionale 2053/2001 del 9/10/2001, per l'individuazione dei criteri e delle condizioni per la redazione della classificazione acustica del territorio comunale.

I criteri per la classificazione acustica introdotti dalla delibera comprendono sia il territorio urbanizzato rispetto allo stato di fatto che quello urbanizzabile, con riferimento agli aspetti di disciplina di uso del suolo e delle trasformazioni urbanistiche non ancora attuate. La Legge dispone infatti, agli articoli 4 e 17, che i Comuni verifichino la coerenza degli strumenti urbanistici vigenti e delle loro previsioni con la classificazione acustica del l'intero territorio.

Al momento della formazione di tale classificazione acustica il Comune provvede ad assumere un quadro conoscitivo finalizzato all'individuazione delle caratteristiche urbanistiche e funzionali delle diverse parti del territorio con riferimento:

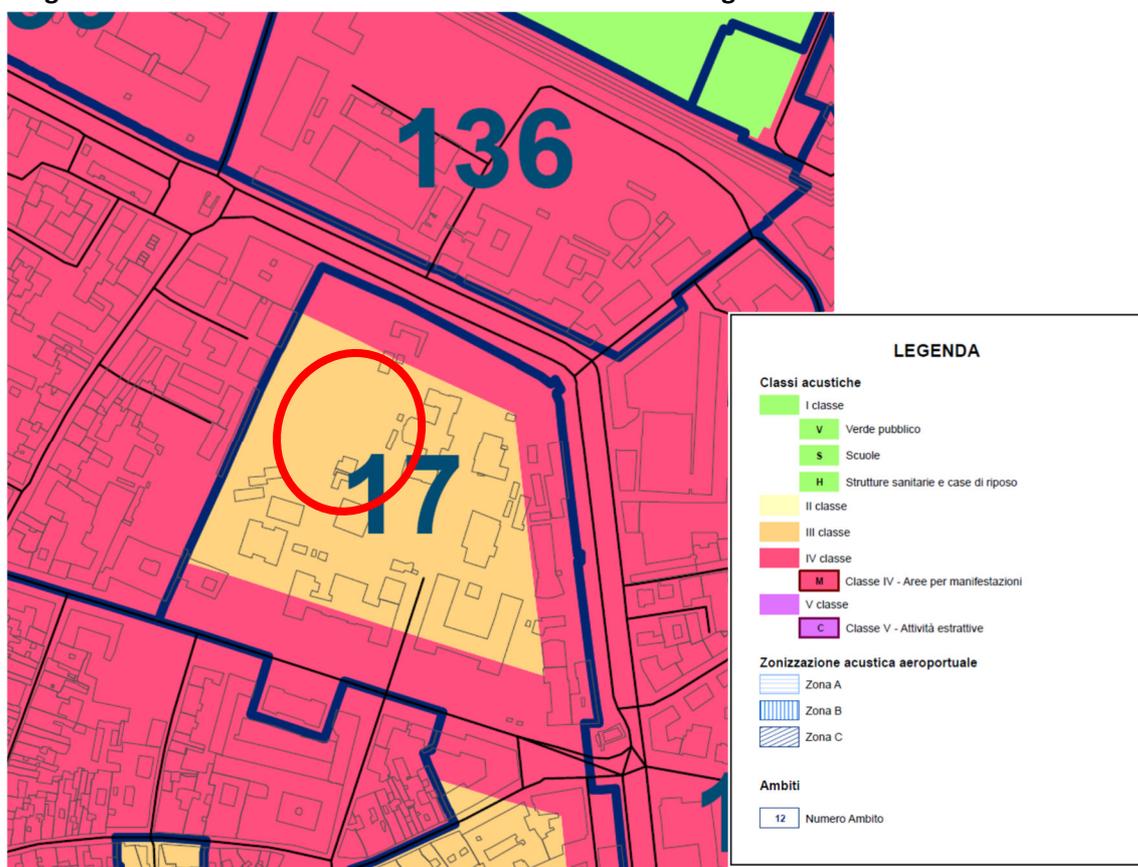
- all'uso reale del suolo, per il territorio urbanizzato (stato di fatto);
- alla vigente disciplina di destinazione d'uso del suolo, per il territorio urbanizzabile (stato di progetto).

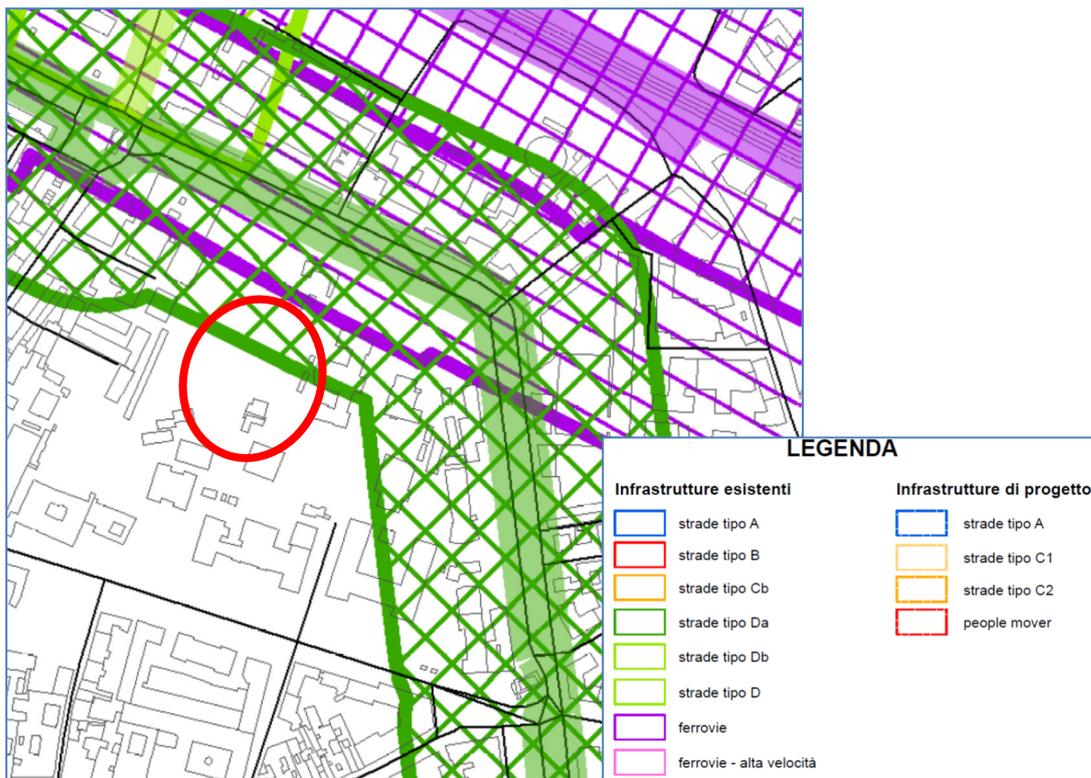
L'area in questione, area esclusivamente dedicata ad attività universitarie, risulta classificata in **classe III (aree di tipo misto)**. La realizzazione di un edificio scolastico comporta la necessità di verificare il rispetto dei limiti della **classe I (aree particolarmente protette)**.

Con Deliberazione del Consiglio Comunale OdG 336/15 (PG 328998/15) del 23.11.2015 è stata approvata la variante alla Classificazione acustica del territorio comunale, con le relative Norme tecniche di attuazione, elaborata secondo i criteri stabiliti dalla Regione Emilia-Romagna con DGR n. 2053/2001, recante "Criteri e condizioni per la classificazione del territorio".

Di seguito è riportato l'estratto della vigente classificazione acustica del Comune di Bologna, relativo all'area in questione nella quale è evidenziata l'area esame.

Img. 3.1 – Stralcio Classificazione acustica Comune di Bologna





Il caso specifico è perfettamente ricadente nell'ambito di quanto descritto ai paragrafi 6.4.1 e 6.4.2 della Classificazione acustica del territorio comunale (rispettivamente pag. 21 e 24) che si riporta di seguito per semplicità di consultazione.

6.4.1. INDIVIDUAZIONE DIRETTA DELLE I, IV E V CLASSI ACUSTICHE

I classe acustica: aree particolarmente protette.

“In tale classe acustica rientrano, in base a quanto previsto dalla delibera regionale, le attrezzature e gli spazi di massima tutela: scuole, ospedali, cliniche, parchi e giardini pubblici utilizzati dalla popolazione come patrimonio verde comune, escludendo pertanto le piccole aree verdi di quartiere.

Fanno eccezione le strutture scolastiche o sanitarie inserite in edifici adibiti principalmente ad altri usi: queste strutture saranno classificate secondo la zona di appartenenza di tali edifici.

Le case di cura e di riposo, anche se non sono espressamente menzionate, sono da intendersi comprese tra le attrezzature di massima tutela, come d'altronde confermato dalla vigente normativa nazionale: in termini di tutela acustica, infatti, il DPR n. 459/1998 e, più recentemente, il DPR n. 142/2004 equiparano tali attrezzature alle strutture ospedaliere.”

6.4.2. METODOLOGIA PER L'ATTRIBUZIONE DELLE II, III E IV CLASSI ACUSTICHE

Per gli edifici destinati ad uso universitario, per i quali, applicando in modo rigoroso la normativa, si dovrebbe prevedere una loro collocazione in area di Classe I, in considerazione della specificità propria dell'attività e delle strutture universitarie, della contemporanea presenza di funzione scolastica e attività di servizio collegate, dell'indotto determinato, della significativa presenza di impianti tecnologici, come già previsto nella

Zonizzazione acustica del 1999, si prevede una deroga ai limiti di Classe I e l'inserimento di tali strutture in aree di Classe III.

Il rispetto dei valori di immissione della Classe III deve essere verificato nelle facciate dell'edificio e nelle pertinenze esterne fruibili e limitatamente al periodo diurno.

Qualora la struttura universitaria in progetto ricada all'interno di fasce di pertinenza infrastrutturali, il valore limite assoluto di immissione da rispettare in facciata all'edificio non deve in alcun caso superare il limite diurno previsto per la Classe III (60 dBA), comprensivo anche del contributo dell'infrastruttura stessa.

L'edificio di progetto sarà localizzato in una posizione sufficientemente lontana dalla ferrovia, schermata dalle mura cittadine limitrofe e, come è possibile vedere dallo stralcio di classificazione acustica sopra riportata, esterna alla fascia di pertinenza ferroviaria.

Per tale motivo non vengono considerati i limiti propri delle fasce di pertinenza delle infrastrutture ferroviarie.

L'edificio ricade parzialmente in fascia di rispetto infrastrutturale stradale, strade di tipo Da, che, per normativa, ammetterebbe limiti meno restrittivi. Si è scelto di considerarlo cautelativamente fuori fascia, valutando il contributo di tutte le sorgenti congiuntamente, in quanto è chiaro che **il vincolo da rispettare sia quello del valore di immissione diurno per la classe I.**

3. DESCRIZIONE DELL'AMBITO DI ANALISI

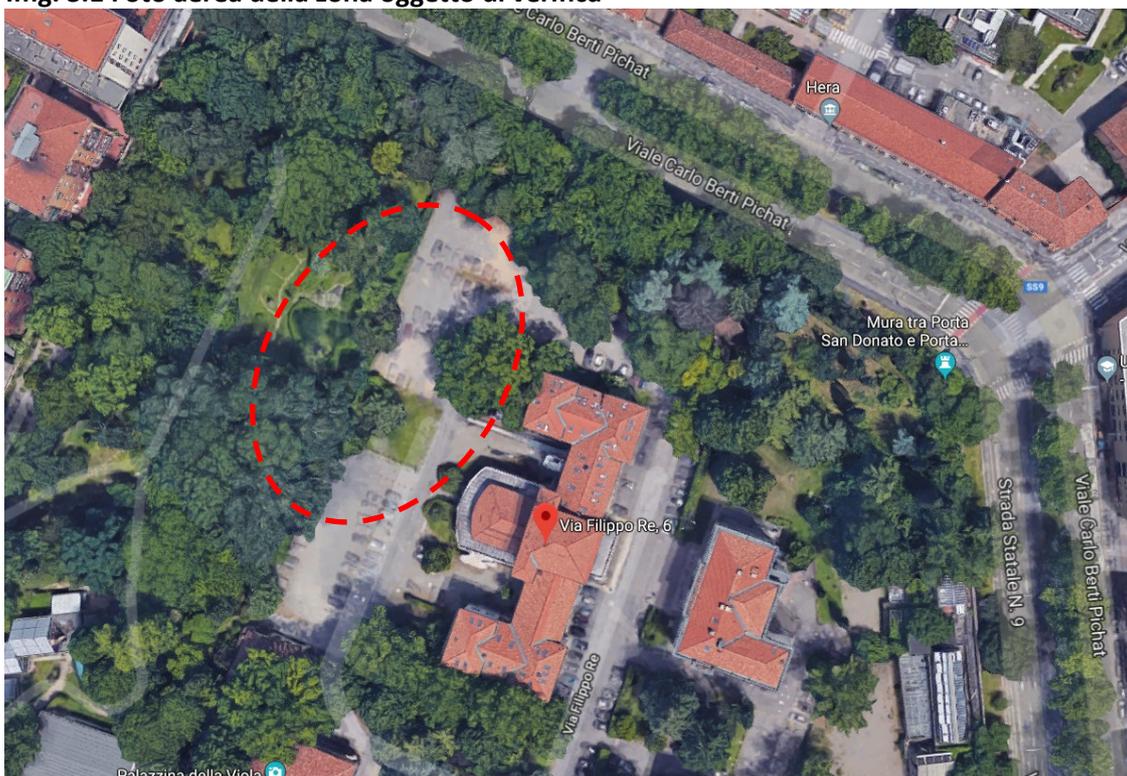
L'area in cui sorgerà l'edificio scolastico si colloca nella zona centrale del Comune di Bologna racchiusa dai viali di circonvallazione, all'interno di un'area di proprietà dell'Università del Comune attualmente adibita a parcheggio-area verde nei pressi dell'Orto Botanico in cui sono presenti costruzioni adibite a uffici.

I recettori sensibili potenzialmente più impattati dalle attività oggetto di verifica si riferiscono ad alcuni edifici residenziali e uffici ubicati in corrispondenza dell'intorno dell'area oggetto di verifica.

Il clima acustico dell'ambito in oggetto è influenzato principalmente dalla presenza di sorgenti di rumore di tipo lineare, principalmente via Berti Pichat, via Irnerio e, in minor luogo, dalla viabilità interna di via Filippo RE.

Dalle analisi svolte non sono emerse ulteriori sorgenti in grado di incidere in maniera significativa sul clima acustico dell'area, pertanto il carattere sporadico ed energeticamente ridotto di ulteriori potenziali immissioni acustiche rende scarsamente significativa la loro caratterizzazione acustica di dettaglio.

Img. 3.1 Foto aerea della zona oggetto di verifica



4. CLIMA ACUSTICO ATTUALE

L'edificio di progetto è un edificio monopiano, la cui quota è quindi ben minore dell'altezza delle mura storiche cittadine ancora integre.

Img. 4.1 Foto mura da Viale Berti Pichat



Al fine di caratterizzare la rumorosità dell'area vengono riportati in allegato i risultati delle rilevazioni fonometriche eseguite.

Le misurazioni sono state effettuate secondo la metodologia prevista dal decreto 16 marzo 1998 "tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico", posizionando il microfono a 1,5 metri di distanza dalla pavimentazione esterna dell'edificio di progetto, al piano terra, nel punto A, in posizione anche più prossima alla sede stradale rispetto alla futura facciata dell'edificio.

Il punto di misura è stato scelto cercando di effettuare la misura in posizione corrispondente alla futura facciata dell'edificio, con l'affaccio più critico.

Sono state eseguite misurazioni dei livelli di pressione sonora il giorno 20/01/2018 nel **periodo diurno** tra le ore 8.20 e le ore 17.40 circa. Le misure sono corredate di time history.

Il Leq misurato nel periodo diurno è stato di 48,8 dBA < 50 dBA previsti da normativa per la classe I. È stato impiegato un fonometro Brüel & Kjær 2250 (ser.n° 3009507). La calibrazione del fonometro è stata verificata prima e dopo ogni periodo di misurazione mediante il calibratore Brüel & Kjær 4231.

In allegato sono disponibili i certificati di taratura del fonometro e del calibratore. Il dettaglio delle misure effettuate, completo di time history, è riportato in allegato.

Si riporta inoltre in allegato una dichiarazione a firma dell'Ing. Gabriele Raffellini, dalla quale emerge che l'area di studio, alla data delle valutazioni previsionali riportate nel presente studio, non è mutata dal punto di vista acustico, e che quindi il monitoraggio effettuato nell'anno 2018 risulta valido per la determinazione del clima acustico attuale

La caratterizzazione delle sorgenti, unitamente alla ricostruzione tridimensionale dell'andamento morfologico del territorio e degli ostacoli (edifici) attualmente esistenti o di progetto, ha costituito l'input nel modello previsionale per le simulazioni dello scenario di riferimento.

La quantificazione del rumore presente nell'area di intervento è stata condotta assumendo quali sorgenti i flussi di traffico stradale circolanti sulla viabilità dell'area e quella interna al comparto di progetto.

4.1 i livelli acustici calcolati nello scenario attuale

Lo studio acustico dello scenario attuale è basato su un'analisi puntuale, attraverso il modello di simulazione acustica appositamente predisposto, tesa ad evidenziare i livelli acustici prevedibili in corrispondenza dei ricettori disposti presso le facciate degli edifici residenziali più esposti alle sorgenti presenti nell'area.

L'analisi puntuale consente di valutare con sufficiente precisione le condizioni acustiche prevedibili nei ricettori maggiormente significativi, ai fini delle verifiche di compatibilità con i limiti di norma: assoluti (di immissione ed emissione) e differenziali.

La quantificazione del rumore presente nell'area di intervento è stata condotta assumendo quali sorgenti i flussi di traffico stradale circolanti sulla viabilità dell'area: le principali arterie stradali influenti sull'area sono Viale Carlo Berti Pichat, via Irnerio e Via Filippo Re.

Lo scenario di riferimento attuale costruito per questo studio prende come base di partenza lo scenario Attuale del PUMS della città metropolitana di Bologna, aggiornato nella rete alla configurazione delle viabilità presente ad ottobre 2019.

Si sottolinea inoltre che il modello di simulazione non è in grado di riprodurre velocità inferiori ai 30 km/h, motivo per cui per la viabilità di Filippo Re è stata considerata al più con questa velocità.

Una volta ricostruita tridimensionalmente la morfologia dell'area in esame, è stata effettuata una cosiddetta "taratura" del modello così costruito all'interno del software LIMA: i livelli acustici relativi al periodo diurno, ottenuti fornendo in ingresso al modello i flussi di traffico stradale dello scenario Attuale PUMS, sono stati confrontati con quelli ottenuti durante la misura effettuata dal Tecnico Acustico Ing. Raffellini

Si riporta di seguito la tabella con i valori di taratura del modello dell'area.

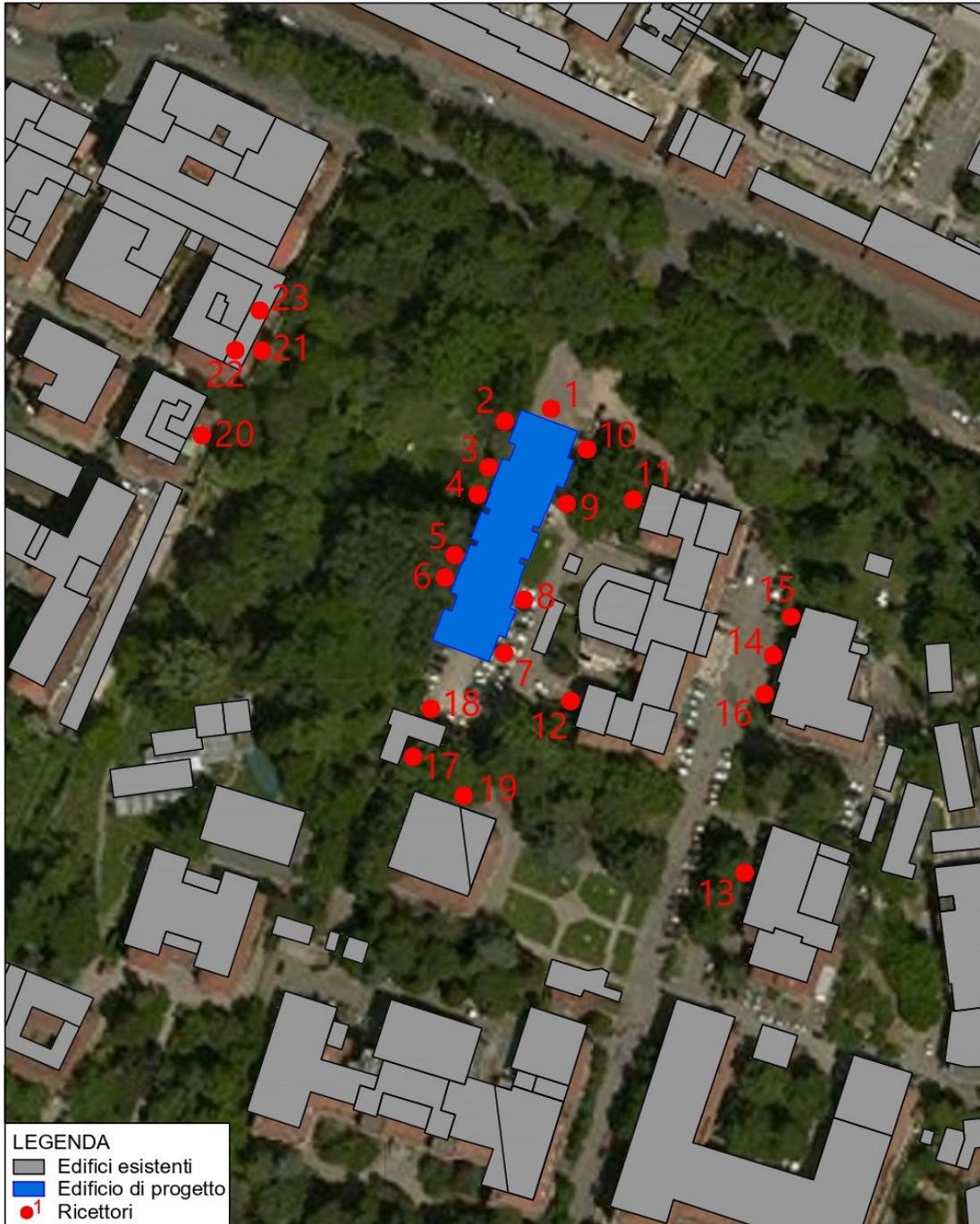
Tab. 4.1 - Verifica del modello di simulazione

Postazione	Misura	Livello rilevato	Livello simulato	Differenza
A	TRD	48.8	48.0	-0.8

La tabella precedente mostra una buona approssimazione del rilievo da parte del modello di simulazione: il livello calcolato si discosta dal rilevato di un valore inferiore a 1dBA.

Nell'immagine seguente sono riportati i ricettori localizzati in corrispondenza degli edifici nell'intorno maggiormente esposti alle potenziali ricadute acustiche dovute all'insediamento di progetto. Sono dunque stati posti ricettori in corrispondenza delle facciate maggiormente esposte al rumore generato dall'incremento del flusso su Via Filippo Re e dagli impianti di progetto.

Img. 4.3 Individuazione ricettori sensibili



I livelli acustici calcolati sui ricettori sotto le condizioni appena esposte, sono riportati nella tabella seguente.

Tab. 4.2 - Verifiche dei livelli acustici sui ricettori esistenti stato attuale

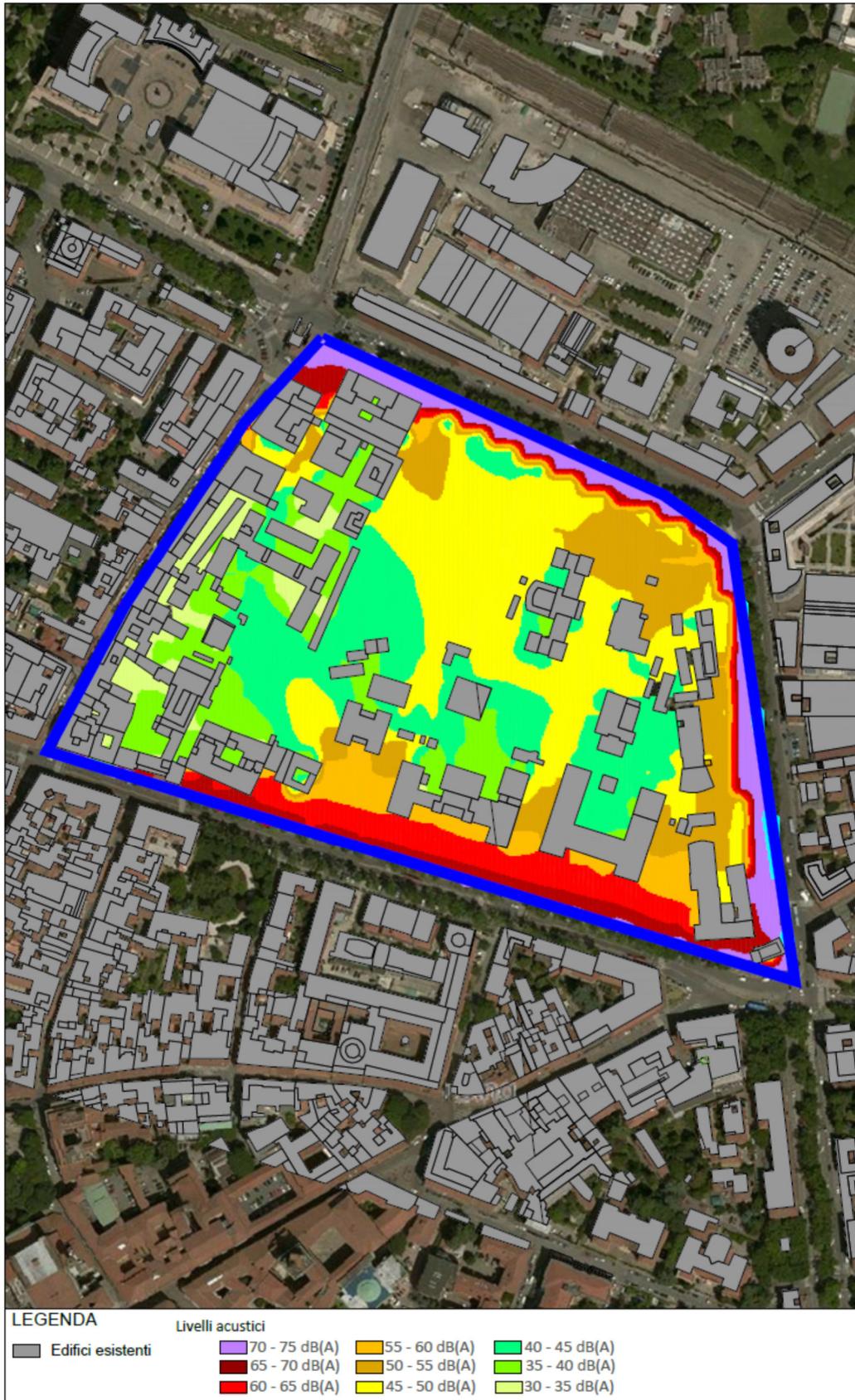
Ricettore	Piano	Limiti normativi	
		Livelli simulati	
		LeqD - dBA	Stradale LeqD - dBA
11	PT	60	45,7
11	1	60	47,5
11	2	60	48,9
12	PT	60	43,1
12	1	60	44,9
12	2	60	45,6
13	PT	60	40,6
13	1	60	42,8
13	2	60	46,3
14	PT	60	43,9
14	1	60	45,0
14	2	60	47,5
15	PT	60	43,1
15	1	60	44,6
15	2	60	47,7
16	PT	60	43,7
16	1	60	45,0
16	2	60	47,3
17	PT	60	38,6
18	PT	60	45,2
19	PT	60	40,7
19	1	60	44,9
20	PT	65	45,8
20	1	65	45,4
20	2	65	46,0
20	3	65	46,6
20	4	65	47,2
21	PT	65	47,6
22	PT	65	48,5
22	1	65	49,2
22	2	65	49,9
22	3	65	50,5
22	4	65	51,2
23	PT	65	49,5
23	1	65	50,3
23	2	65	51,1
23	3	65	51,8
23	4	65	52,5

L'analisi della tabella precedente evidenzia una piena compatibilità dei livelli acustici calcolati sui ricettori esistenti con i limiti di norma

Oltre all'analisi sui ricettori, per lo scenario attuale è stata effettuata un'analisi areale dei livelli acustici nell'ambito di analisi tramite una mappa acustica ad un'altezza pari a 1,5 m sul p.c. per il periodo diurno, riportata nella figura seguente.

Secondo quanto definito nel DGR 673/04 "Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della L.R 9 Maggio 2001, n.15 recante 'Disposizioni in materia di inquinamento acustico' non ci sono indicazioni riguardo l'obbligo di una mappatura acustica. Si è scelto di riportare la mappatura acustica a 1,5m di altezza per rappresentare la fruizione all'area esterna.

Img. 4.3 Mappa acustica a 1,5m sul p.c. – scenario attuale – periodo diurno



5. IL CLIMA ACUSTICO FUTURO

Il clima acustico futuro è stato caratterizzato tramite l'uso del modello previsionale di calcolo LIMA6, mediante il calcolo dei livelli acustici sugli stessi ricettori analizzati nello scenario attuale, ai quali sono stati aggiunti una serie di ricettori collocati in corrispondenza di tutte le facciate dell'edificio di progetto. Tutti i ricettori sono stati posizionati a diverse altezze corrispondenti ai diversi piani di ogni edificio.

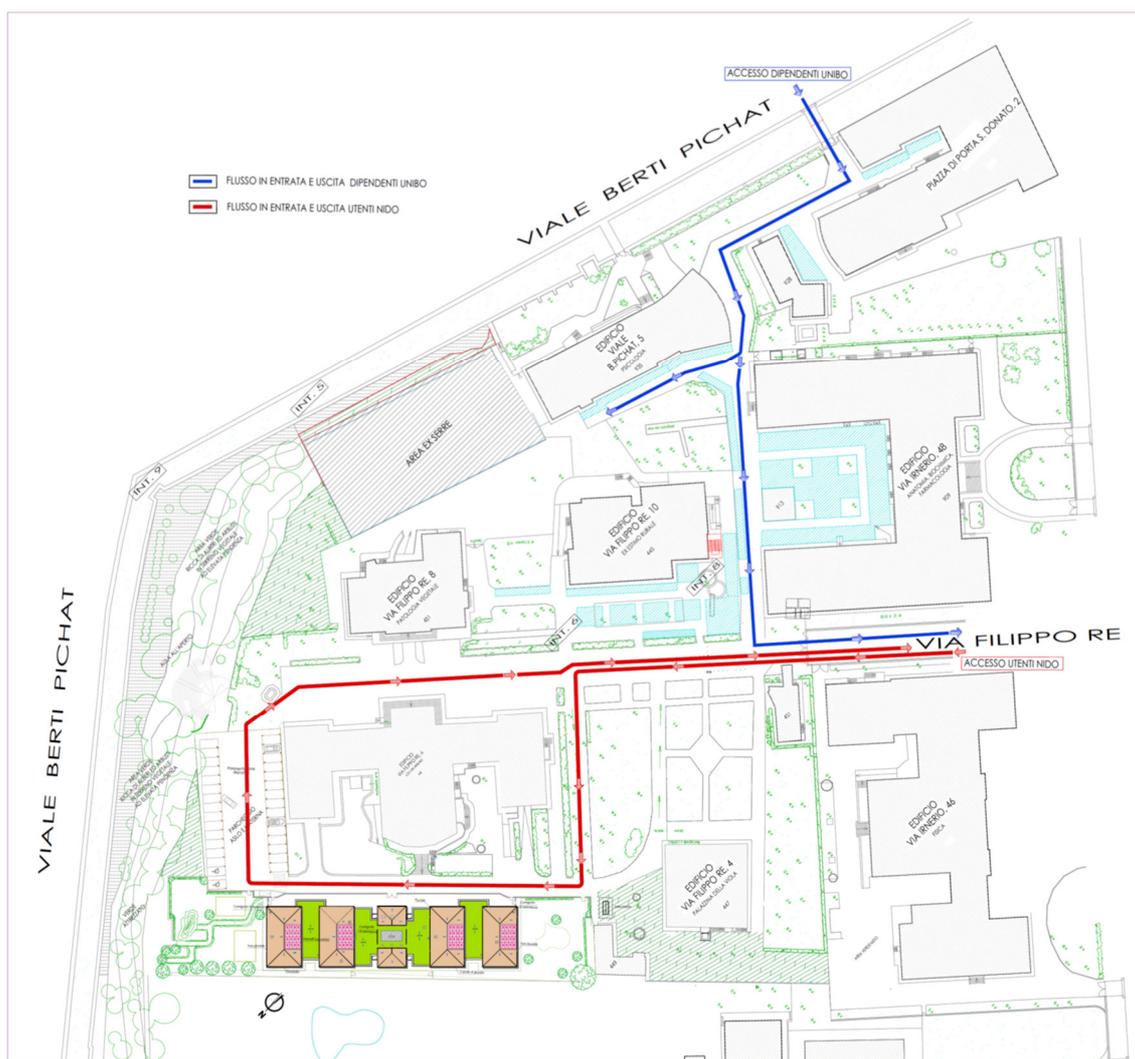
5.1. Elementi di progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un edificio di un piano, di proprietà dell'Università di Bologna, con funzione di Asilo Aziendale e Scuola Materna.

L'immagine seguente mostra il progetto oggetto della presente verifica ed i dettagli della viabilità interna.

⁶ Il programma, sviluppato da Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft di Dortmund; il software consente di costruire gli scenari acustici di riferimento rendendo così confrontabili i livelli sonori calcolati con i limiti di zona relativi ai periodi di riferimento diurno e notturno. Il modello attualmente è utilizzato a livello europeo presso numerosi dipartimenti regionali per la difesa dell'Ambiente (Baviera, del Baden-Württemberg, del Brandeburgo, dell'Assia, ecc.) e municipalità per la previsione ed il controllo dell'inquinamento acustico (Berlino, Bonn, Francoforte, Amburgo, Colonia, Birmingham, Linz, ecc...).

Img. 5.1 il progetto e la viabilità interna



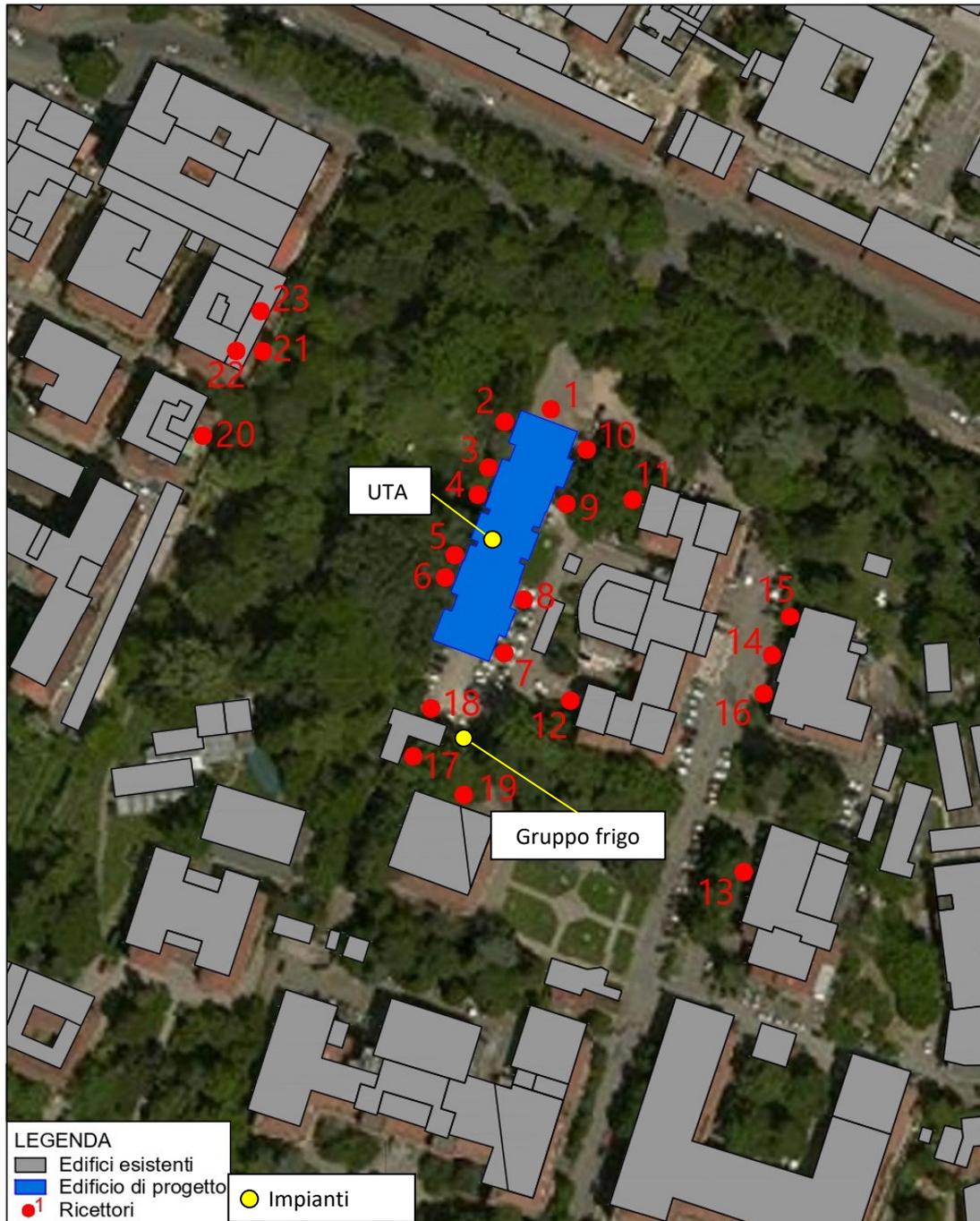
Lo scenario futuro di riferimento sarà costituito dal contesto esistente a cui si aggiungeranno le previsioni del progetto urbanistico oggetto dello studio. Il calcolo dei flussi di traffico generati e attratti nel nuovo scenario è stato fornito dalla proprietà Unibo e consiste in 40 autovetture in ingresso ed altrettante in uscita.

La realizzazione dell’asilo prevede la presenza di due impianti tecnologici a servizio dello stesso, motivo per cui, oltre alla verifica dei limiti assoluti di immissione, per lo scenario di progetto è stata effettuata anche la verifica del criterio differenziale rispetto alle facciate maggiormente esposte dei potenziali ricettori nell’intorno, considerando la possibile presenza di uffici o residenze.

Gli impianti che rappresentano le sorgenti di maggior disturbo sono due: un’unità di trattamento aria, posta in copertura all’asilo, e un gruppo frigorifero situato nelle vicinanze del ricettore 18.

Si riporta di seguito un’immagine che rappresenta tali sorgenti e i rispettivi dati di potenza sonora.

Img. 5.2 localizzazioni degli impianti di progetto



La tabella seguente riporta le potenze sonore degli impianti considerati nelle simulazioni acustiche.

Tab. 5.1 – Emissioni acustiche degli impianti di progetto

Impianto	Potenza - dBA
UTA	84
Gruppo frigo	86

Il progetto dell'edificio prevede l'installazione di ulteriori 6 UTA, tutte collocate all'interno, in vani tecnici dedicati. Si tratta di macchine di sola immissione d'aria, la cui pressione sonora a 1m è dell'ordine dei 35 dB(A), per cui la rumorosità di tali sorgenti si può ritenere non significativa ai fini dell'impatto acustico esterno.

5.2. Verifica di compatibilità acustica

La caratterizzazione delle sorgenti nello scenario futuro, unitamente alla ricostruzione tridimensionale dell'andamento morfologico del territorio e degli ostacoli (edifici) attualmente esistenti o di progetto, ha costituito l'input nel modello previsionale per le simulazioni dello scenario di riferimento.

L'analisi puntuale consente di valutare con sufficiente precisione le condizioni acustiche prevedibili nei ricettori maggiormente significativi, ai fini delle verifiche di compatibilità con i limiti di norma: assoluti (di immissione ed emissione) e differenziali.

La verifica del criterio differenziale appare sempre maggiormente critica, pertanto è da tale analisi che è partito lo studio dello scenario futuro.

Come precedentemente detto, la realizzazione dell'asilo prevede la realizzazione di due impianti motivo per cui, oltre alla verifica dei limiti assoluti di immissione, per lo scenario di progetto è stata effettuata anche la verifica del criterio differenziale rispetto alle facciate maggiormente esposte dei ricettori esistenti nell'intorno.

Il limite differenziale rappresenta l'incremento del rumore residuo apportato da una specifica sorgente o da un insieme di sorgenti (impianti). Tale gradiente che la legge prevede non debba essere superiore ai 5 dBA nel periodo diurno, andrebbe misurato all'interno degli ambienti abitativi.

I limiti di riferimento differenziali sono relativi alla differenza tra il livello acustico in corrispondenza dei ricettori durante il funzionamento delle sorgenti disturbanti (rumore ambientale) e quello rilevabile in assenza delle sorgenti stesse (rumore residuo), nel momento di massimo disturbo (ovvero di minimo rumore residuo). Sono esclusi dalla verifica del criterio di applicabilità quei ricettori per cui il rumore ambientale risulta inferiore a 50 dB nel periodo diurno.

A sostegno di quest'ultima affermazione la norma UNI/TS 11143-7, nota 3, ammette che “..in presenza di un serramento senza particolari prestazioni acustiche si può indicativamente assumere un isolamento sonoro di almeno 15 dB circa. Prodotti specifici consentono di ottenere prestazioni molto più elevate”. Consultando i dati indicati nella norma 12354-3 un vetro singolo di 3mm garantirebbe un abbattimento tale per cui per valori al di sotto di 50 dB a finestre aperte garantisce di per sé i 35 dB a finestre chiuse.

In merito al rumore residuo, costituito sostanzialmente dal solo traffico stradale, sulla base delle curve di traffico tipiche della viabilità dell'area sono stati considerati i flussi minimi diurni

e notturni sulla viabilità locale, mediamente corrispondente al 40% dell'ora media diurna ed al 20% dell'ora media notturna.

Cautelativamente la verifica è fatta in facciata ai ricettori e non all'interno di essi come prevedrebbe la normativa, che generalmente comporta livelli di rumore ambientale di almeno 3 dBA inferiori rispetto al valore in facciata.

La norma UNI/TS 11143-7:2013 a pagina 12, paragrafo 4.5.2 nota 3 suggerisce che “numerosi riferimenti bibliografici indicano per una parete con finestra completamente aperta un isolamento sonoro compreso nell'intervallo da 5 dB a 10 dB ponderati A (in mancanza di informazioni si suggerisce 6 dB in riferimento al valore di attenuazione più ricorrente in letteratura)”. A sostegno di queste affermazioni si citano due fonti: l'articolo di Di Bella e un documento di Gherardi.

Il primo ha svolto una serie di misure effettuate secondo la ISO 140-5 dalla quale emerge come il valore medio di attenuazione tra esterno ed interno nel caso di finestre aperte sia di circa 5-6 dB. Gherardi invece, in “Approvazione della Circolare interna recante la Linea Guida 22/DT per l'espressione dei pareri in materia di acustica ambientale: documentazione di impatto/clima acustico”, sostiene che “..si ritiene in via cautelativa di non accettare, di norma, decurtazioni maggiori di 3 dB(A) del livello stimato in facciata.”

Una prima verifica ha mostrato un superamento del limite differenziale diurno su alcuni ricettori nell'interno, dovuto alla presenza del gruppo frigo. La tabella seguente riporta tali risultati.

Tab. 5.2 - Verifica dei limiti differenziali in assenza di mitigazioni

Ricettore	Piano	Limiti normativi	LeqD - dBA			
		LeqD - dBA	Residuo (stradale)	Impianti	Ambientale	Differenziale
11	PT	5	40,7	27,0	42,0	n.a
11	1	5	45,3	29,9	47,9	n.a
11	2	5	46,4	34,3	48,4	n.a
12	PT	5	40,5	37,5	49,6	n.a
12	1	5	43,7	38,3	49,6	n.a
12	2	5	44,1	35,0	49,2	n.a
13	PT	5	37,6	51,9	53,7	4,6
13	1	5	39,8	45,9	51,0	1,6
13	2	5	42,5	44,9	49,1	n.a
14	PT	5	41,6	38,1	42,7	n.a
14	1	5	42,3	44,0	47,4	n.a
14	2	5	44,4	44,5	50,6	1,2
15	PT	5	40,6	44,8	51,4	1,1
15	1	5	41,3	48,9	50,2	5,8
15	2	5	44,5	49,0	51,4	3,7
16	PT	5	41,5	48,7	51,4	3,3
16	1	5	42,2	39,7	43,8	n.a

Ricettore	Piano	Limiti normativi	LeqD - dBA			
		LeqD - dBA	Residuo (stradale)	Impianti	Ambientale	Differenziale
16	2	5	43,9	39,7	45,2	n.a
17	PT	5	41,3	39,6	47,3	n.a
18	PT	5	42,5	18,5	45,6	n.a
19	PT	5	36,4	20,1	46,3	n.a
19	1	5	41,6	21,9	48,3	n.a
20	PT	5	40,7	18,7	44,6	n.a
20	1	5	41,2	20,2	45,3	n.a
20	2	5	41,8	21,8	48,5	n.a
20	3	5	41,2	18,5	45,5	n.a
20	4	5	41,8	20,1	46,2	n.a
21	PT	5	43,5	22,1	47,8	n.a
22	PT	5	42,5	54,0	54,1	15,3
22	1	5	43,2	44,9	48,8	n.a
22	2	5	43,8	54,7	54,9	14,5
22	3	5	44,6	54,5	55,0	9,4
22	4	5	45,3	38,0	45,5	n.a
23	PT	5	44,0	38,0	46,0	n.a
23	1	5	45,7	38,0	46,5	n.a
23	2	5	46,5	38,0	45,9	n.a
23	3	5	47,3	37,9	46,5	n.a
23	4	5	48,0	38,2	48,0	n.a

n.a.=inferiore alla soglia di applicabilità del criterio differenziale

I limiti differenziali risultano soddisfatti con la realizzazione di una apposita mitigazione (barriera) dell'altezza di 5,5m, posta a protezione del gruppo frigorifero, a 1,5m di distanza dalla macchina stessa.

I livelli acustici calcolati sui ricettori sotto le condizioni appena esposte, ovvero in presenza della mitigazione, sono riportati nella tabella seguente.

Tab. 5.3 - Verifica dei limiti differenziali in presenza della mitigazione sul gruppo frigo

Ricettore	Piano	Limiti normativi	LeqD - dBA			
		LeqD - dBA	Residuo (stradale)	Impianti	Ambientale	Differenziale
11	PT	5	40,7	43,9	45,6	n.a
11	1	5	45,3	43,6	47,6	n.a
11	2	5	46,4	43,7	48,2	n.a
12	PT	5	40,5	40,7	43,6	n.a
12	1	5	43,7	41,7	45,8	n.a
12	2	5	44,1	41,8	46,1	n.a

Ricettore	Piano	Limiti normativi	LeqD - dBA			
		LeqD - dBA	Residuo (stradale)	Impianti	Ambientale	Differenziale
13	PT	5	37,6	23,1	37,8	n.a
13	1	5	39,8	23,6	39,9	n.a
13	2	5	42,5	24,3	42,5	n.a
14	PT	5	41,6	19,5	41,7	n.a
14	1	5	42,3	20,8	42,4	n.a
14	2	5	44,4	22,2	44,4	n.a
15	PT	5	40,6	19,4	40,6	n.a
15	1	5	41,3	20,6	41,4	n.a
15	2	5	44,5	22,0	44,6	n.a
16	PT	5	41,5	19,5	41,5	n.a
16	1	5	42,2	20,9	42,2	n.a
16	2	5	43,9	22,5	43,9	n.a
17	PT	5	41,3	37,2	42,7	n.a
18	PT	5	42,5	39,0	44,1	n.a
19	PT	5	36,4	39,1	41,0	n.a
19	1	5	41,6	41,1	44,4	n.a
20	PT	5	40,7	35,5	41,8	n.a
20	1	5	41,2	35,5	42,3	n.a
20	2	5	41,8	35,5	42,7	n.a
20	3	5	41,2	35,5	42,2	n.a
20	4	5	41,8	35,5	42,7	n.a
21	PT	5	43,5	36,1	44,2	n.a
22	PT	5	42,5	36,3	43,4	n.a
22	1	5	43,2	36,3	44,0	n.a
22	2	5	43,8	36,2	44,5	n.a
22	3	5	44,6	35,4	45,1	n.a
22	4	5	45,3	35,4	45,7	n.a
23	PT	5	44,0	35,2	44,5	n.a
23	1	5	45,7	35,2	46,1	n.a
23	2	5	46,5	35,2	46,8	n.a
23	3	5	47,3	35,2	47,5	n.a
23	4	5	48,0	35,1	48,2	n.a

n.a.=inferiore alla soglia di applicabilità del criterio differenziale

Oltre alla verifica dei limiti differenziali e stata effettuata un'analisi dei livelli di immissione assoluti al fine di un confronto con i relativi limiti di norma. Nella tabella seguente vengono riportati i risultati delle valutazioni puntuali sui ricettori con l'attuazione del comparto di progetto.

Tab. 5.4 - Verifiche dei livelli acustici di immissione assoluti sui ricettori esistenti stato di progetto

Ricettore	Piano	Limiti normativi	Livelli simulati		
			Stradale	Impianti	Rumore complessivo
		LeqD - dBA	LeqD - dBA	LeqD - dBA	LeqD - dBA
1	PT	50	41,8	26,9	42,0
2	PT	50	47,8	29,8	47,9
3	PT	50	48,2	34,2	48,4
4	PT	50	49,4	37,4	49,6
5	PT	50	49,3	38,3	49,6
6	PT	50	49,0	34,4	49,2
7	PT	50	49,2	40,9	49,8
8	PT	50	49,1	42,3	49,9
9	PT	50	47,0	41,1	48,0
10	PT	50	40,8	38,1	42,6
11	PT	60	44,7	43,9	47,3
11	1	60	49,3	43,6	50,4
11	2	60	50,4	43,7	51,2
12	PT	60	44,5	40,7	46,0
12	1	60	47,7	41,7	48,6
12	2	60	48,1	41,8	49,0
13	PT	60	41,6	23,1	41,7
13	1	60	43,8	23,6	43,8
13	2	60	46,5	24,3	46,5
14	PT	60	45,6	19,5	45,6
14	1	60	46,3	20,8	46,3
14	2	60	48,3	22,2	48,3
15	PT	60	44,6	19,4	44,6
15	1	60	45,3	20,6	45,3
15	2	60	48,5	22,0	48,5
16	PT	60	45,5	19,5	45,5
16	1	60	46,2	20,9	46,2
16	2	60	47,8	22,5	47,8
17	PT	60	43,6	37,2	44,5
18	PT	60	47,5	39,0	48,0
19	PT	60	39,9	39,1	42,5
19	1	60	43,9	41,1	45,7
20	PT	65	44,6	35,5	45,1
20	1	65	45,2	35,5	45,7
20	2	65	45,8	35,5	46,2
20	3	65	45,1	35,5	45,6
20	4	65	45,8	35,5	46,2
21	PT	65	47,5	36,1	47,8
22	PT	65	46,4	36,3	46,8

Ricettore	Piano	Limiti normativi	Livelli simulati		
			Stradale	Impianti	Rumore complessivo
		LeqD - dBA	LeqD - dBA	LeqD - dBA	LeqD - dBA
22	1	65	47,2	36,3	47,5
22	2	65	47,8	36,2	48,1
22	3	65	48,6	35,4	48,8
22	4	65	49,3	35,4	49,5
23	PT	65	48,0	35,2	48,2
23	1	65	49,7	35,2	49,9
23	2	65	50,5	35,2	50,6
23	3	65	51,3	35,2	51,4
23	4	65	52,0	35,1	52,1

Come visibile dai dati riportati in tabella, i livelli sono compatibili con i limiti normativi di immissione assoluti.

Per quanto riguarda la verifica dei limiti assoluti di emissione, il contributo delle sorgenti interne al progetto costituite dagli impianti, mostra un completo rispetto dei limiti diurni sui ricettori esterni, come emerge dalla tabella seguente.

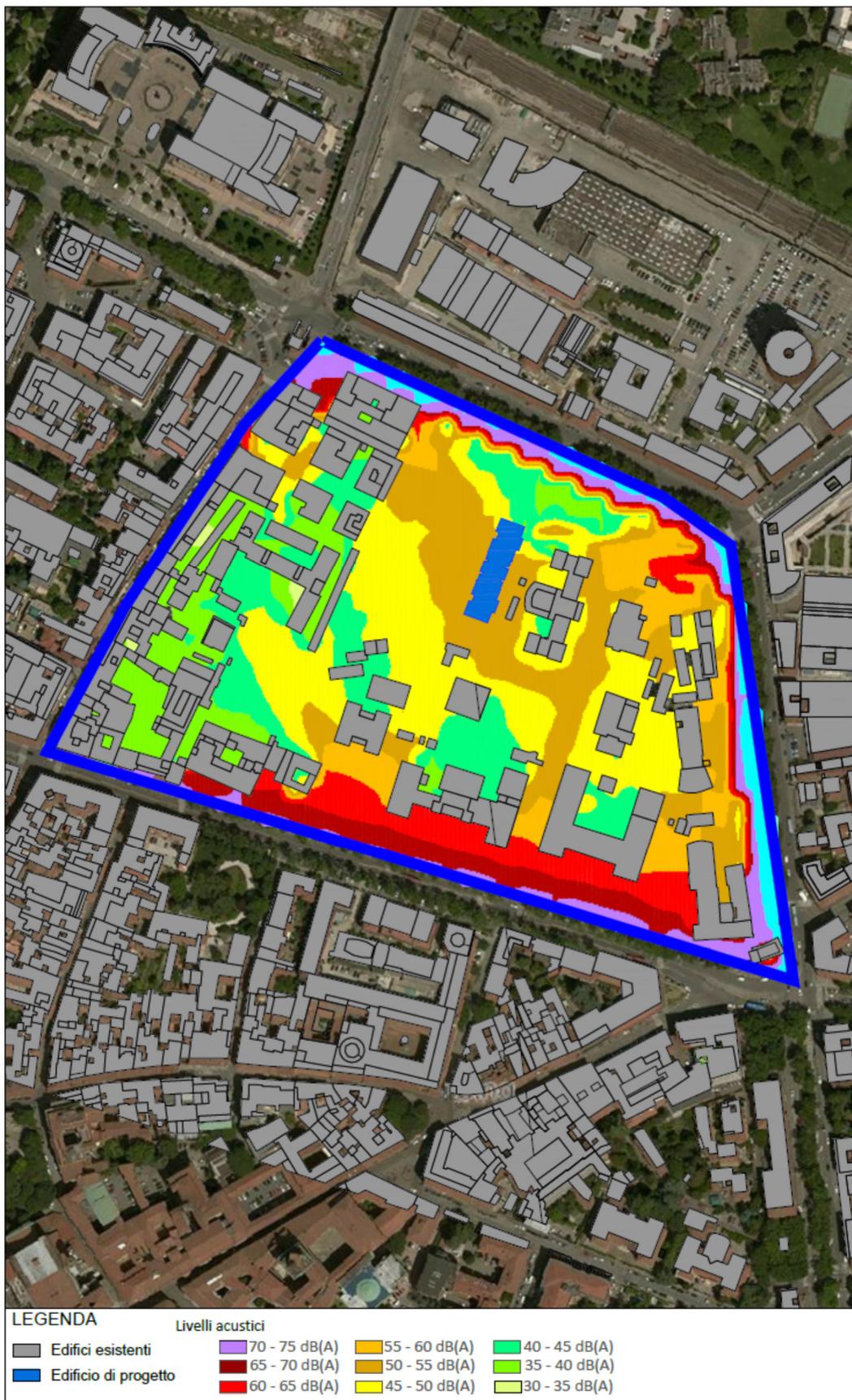
Tab. 5.5 - Verifiche dei livelli acustici di emissione sui ricettori esistenti stato di progetto

Ricettore	Piano	Limiti normativi	Livelli simulati
			impianti
		LeqD - dBA	LeqD - dBA
11	PT	55	43,9
11	1	55	43,6
11	2	55	43,7
12	PT	55	40,7
12	1	55	41,7
12	2	55	41,8
13	PT	55	23,1
13	1	55	23,6
13	2	55	24,3
14	PT	55	19,5
14	1	55	20,8
14	2	55	22,2
15	PT	55	19,4
15	1	55	20,6
15	2	55	22,0
16	PT	55	19,5
16	1	55	20,9
16	2	55	22,5
17	PT	55	37,2
18	PT	55	39,0

Ricettore	Piano	Limiti normativi	Livelli simulati
		LeqD - dBA	impianti LeqD - dBA
19	PT	55	39,1
19	1	55	41,1
20	PT	60	35,5
20	1	60	35,5
20	2	60	35,5
20	3	60	35,5
20	4	60	35,5
21	PT	60	36,1
22	PT	60	36,3
22	1	60	36,3
22	2	60	36,2
22	3	60	35,4
22	4	60	35,4
23	PT	60	35,2
23	1	60	35,2
23	2	60	35,2
23	3	60	35,2
23	4	60	35,1

Al fine di verificare il clima acustico atteso nell'area di fruizione esterna del comparto scolastico, per lo scenario futuro è stata effettuata un'analisi areale dei livelli acustici nell'ambito di analisi tramite una mappa acustica ad un'altezza pari a 1,5 m sul p.c. per il periodo diurno, riportata nella figura seguente.

Img. 5.3 Mappa acustica a 1,5m sul p.c. – scenario futuro – periodo diurno



La mappa acustica dell'area scolastica calcolata a 1,5m di altezza, corrispondente alla quota di fruizione dell'area esterna, evidenzia un'ampia porzione a nord dell'edificio dove i livelli acustici si mantengono inferiori al limite diurno I classe pari a 50 dBA; la porzione di area che supera tale limite presenta comunque livelli compresi fra 50 e 51 dBA.

Alla luce delle indagini sin qui fatte è possibile dunque concludere che l'intervento può essere effettuato in una condizione di compatibilità e di rispetto dei limiti acustici, non comportando superamenti dei limiti normativi, a condizione di prevedere le mitigazioni considerate.

Allegato A fotografie

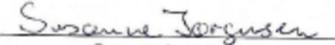


foto 1:postazione di misura.



foto 2: postazione di misura - vista verso le mura storiche

Allegato B taratura fonometro e calibratore

					
<p>The Calibration Laboratory Skodsborgvej 307, DK-2850 Nærum, Denmark</p>					
<p>CERTIFICATE OF CALIBRATION</p>			<p>No: CDK1604520</p>		<p>Page 1 of 11</p>
<p>CALIBRATION OF</p>					
Sound Level Meter:	Brüel & Kjær Type 2250	No: 3009507	Id: -		
Microphone:	Brüel & Kjær Type 4189	No: 3022970			
Preamplifier:	Brüel & Kjær Type ZC-0032	No: 23963			
Supplied Calibrator:	None				
Software version:	BZ7224 Version 4.6.1	Pattern Approval:	PENDING		
Instruction manual:	BE1712-22				
<p>CUSTOMER</p>					
<p>RAFFELLINI ING. GABRIELE VIA SAN MAMOLO, 58 40136 BOLOGNA BO, Italy</p>					
<p>CALIBRATION CONDITIONS</p>					
Preconditioning:	4 hours at 23°C ± 3°C				
Environment conditions:	See actual values in <i>Environmental conditions</i> sections.				
<p>SPECIFICATIONS</p>					
<p>The Sound Level Meter Brüel & Kjær Type 2250 has been calibrated in accordance with the requirements as specified in IEC61672-1:2013 class 1. Procedures from IEC 61672-3:2013 were used to perform the periodic tests. The accreditation assures the traceability to the international units system SI.</p>					
<p>PROCEDURE</p>					
<p>The measurements have been performed with the assistance of Brüel & Kjær Sound Level Meter Calibration System 3630 with application software type 7763 (version 6.0 - DB: 6.01) by using procedure B&K proc 2250, 4189 (IEC61672:2013).</p>					
<p>RESULTS</p>					
<p>Calibration Mode: Calibration as received.</p>					
<p>The reported expanded uncertainty is based on the standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with EA-4/02 from elements originating from the standards, calibration method, effect of environmental conditions and any short time contribution from the device under calibration.</p>					
<p>Date of calibration: 2016-07-11</p>			<p>Date of issue: 2016-07-11</p>		
<p> Lene Petersen Calibration Technician</p>			<p> Susanne Jørgensen Approved Signatory</p>		
<p>Reproduction of the complete certificate is allowed. Parts of the certificate may only be reproduced after written permission.</p>					

 The Calibration Laboratory Skodsborgvej 307, DK-2850 Nærum, Denmark		 CAL. Reg. No. 307 Member of EA M.L.A.
CERTIFICATE OF CALIBRATION	No: CDK1602407	Page 1 of 4
CALIBRATION OF		
Calibrator:	Brüel & Kjær Type 4231	No: 2685613 Id: -
½ Inch adaptor:	Brüel & Kjær Type UC-0210	
Pattern Approval:	PTB-1.61-4057176	
CUSTOMER		
RAFFELLINI ING. GABRIELE VIA SAN MAMOLO, 58 40136 BOLOGNA BO, Italy		
CALIBRATION CONDITIONS		
Preconditioning:	4 hours at 23°C ± 3°C	
Environment conditions:	Pressure: 101.78 kPa. Humidity: 43 % RH. Temperature: 22.3 °C.	
SPECIFICATIONS		
The Calibrator Brüel & Kjær Type 4231 has been calibrated in accordance with the requirements as specified in IEC60942:2003 Annex B Class 1. The accreditation assures the traceability to the international units system SI.		
PROCEDURE		
The measurements have been performed with the assistance of Brüel & Kjær acoustic calibrator calibration application software Type 7794 (version 2.5) by using procedure P_4231_D07.		
RESULTS		
Calibration Mode: Calibration as received.		
The reported expanded uncertainty is based on the standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$ providing a level of confidence of approximately 95 %. The uncertainty evaluation has been carried out in accordance with EA-4/02 from elements originating from the standards, calibration method, effect of environmental conditions and any short time contribution from the device under calibration.		
Date of calibration: 2016-04-11	Date of issue: 2016-04-12	
 Jonas Johannessen Calibration Technician	 Nicki Eriksen Approved Signatory	
Reproduction of the complete certificate is allowed. Parts of the certificate may only be reproduced after written permission.		

Allegato C Dichiarazione Ing. Raffellini

ING. GABRIELE RAFFELLINI

Progetto di edificio a destinazione scuola materna e asilo
nido sito in Bologna, comparto Filippo RE

Committente: **Università degli Studi di Bologna**

Documentazione Previsionale di Clima Acustico
dichiarazione a corredo

Il sottoscritto ing. Gabriele Raffellini, nato a Bologna il 29/12/1969, con la presente si dichiara, che l'area di studio, alla data delle valutazioni previsionali (anno 2020), non è mutata dal punto di vista acustico, e che quindi il monitoraggio effettuato nell'anno 2018 risulta valido per la determinazione del clima acustico attuale.

Si ritiene anzi che misure acustiche effettuate in questo periodo sarebbero meno prudentziali, per via della limitazione agli spostamenti connessa alle misure di prevenzione della diffusione del COVID -19, che riducono i flussi di traffico.

Il Tecnico competente: **Ing. Gabriele Raffellini**

(tecnico abilitato inserito negli appositi elenchi della Provincia di Bologna Prot. 226199 del 20/09/2004 – iscritto all'elenco nazionale dei tecnici competenti in acustica al n°5156 dal 10/12/2018)

Bologna 03/02/2021



VIA SAN MAMOLO 58 - 40136 BOLOGNA
CF RFFGRL69T29A944Q
PARTITA IVA 04339500375

TEL 051-580363
E-MAIL: GABRIELE@STUDIORAFF.IT
PEC: GABRIELE.RAFFELLINI@INGPEC.EU