

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO		
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO ESECUTIVO				
CUP C14E21001220001	TITOLO INTERVENTO "TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO' REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO			
CODICE OPERA 22044D02				
ELABORATO N. AC016	TITOLO ELABORATO Valutazione previsionale di rispetto dei requisiti acustici passivi e del comfort			
DATA EMISSIONE 20/11/2024	SCALA -	AREA PROGETTUALE Acustica		
FORMATO DI STAMPA A4	CODICE GENERALE ELABORATO TNT_22044D02_3_0_E_AC_00_CZ_016_1		NOME FILE TNT_22044D02_3_0_E_AC_00_CZ_016_1	
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
0	20/11/2024	Emissione Progetto Esecutivo	ABDR	ABDR
1	26/02/2025	Integrazioni Progetto Esecutivo (rif. Prot.n.1840/21.02.2025)	ABDR	ABDR
IMPRESA AGGIUDICATARIA				
		COBAR S.p.A. Sede Legale: Via Selva 101; Sede Amm.: Via Monte Pollino 3 70022 Altamura (Ba) Italy		
RTP PROGETTAZIONE				
Capogruppo Mandataria:		Integrazione Prestazioni Specialistiche:		
 ABDR Architetti Associati S.r.l.		Arch. Michele Beccu - ABDR Architetti Associati S.r.l.		
Mandanti:		Progettazione Categoria Edilizia - Beni Tutelati:		
 MJW STRUCTURES		Arch. Filippo Raimondo - ABDR Architetti Associati S.r.l.		
 Manens S.p.A.		Progettazione Categoria Strutture		
Dott. Geol. Roberto Salucci Biobyte s.r.l. Ing. Maria Cairoli Dott. Enrico Moretti Ing. Roberto De Lieto Vollaro Ing. Alessandro Leonardi Ing. Roberto De Lieto Vollaro Arch. Laura Calcagnini		Ing. Massimo Majowiecki - MJW STRUCTURES Progettazione Impianti Elettrici e Speciali Ing. Massimo Cadorin - Manens S.p.A. Progettazione Impianti Meccanici Ing. Viliam Stefanutti - Manens S.p.A.		
		Geologo		
		Consulenti Acustica sala		
		Consulenti Comfort acustico ambientale		
		Consulenti Progettazione Antincendio		
		Consulente		
		Consulente Ambiente/DNSH		
Timbri e Firme				
Documento firmato digitalmente				
COMMITTENTE		Responsabile del Procedimento:		
 SCR PIEMONTE S.p.A.		Arch. Sergio Manto		
ORGANISMO DI CONTROLLO		Responsabile di Commessa:		
CONTECO S.p.A.		Ing. Tiziana Costanzo		

BIOBYTE

Via Segantini 6/A - 24128 Bergamo
telefono 035 252530
fax 0354329409
e-mail: info@biobyte.net
www.biobyte.net

TEATRO NUOVO

TORINO

**VALUTAZIONE PREVISIONALE DI RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI E DEL
COMFORT**

PROGETTO ESECUTIVO



BIOBYTE SRL

SEDE LEGALE: VIA AMPÈRE 40, 20131 MILANO • CAPITALE SOCIALE € 46.481,12 • CF e P.IVA 04428820155 • ISCR. REG. IMPR. DI MILANO 04428820155

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI E DEL COMFORT

INDICE

1. D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici
2. D.M. 23 giugno 2022 - Criteri ambientali minimi
3. UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari
 - 3.1. Elenco delle norme tecniche per la verifica dei requisiti acustici passivi
4. Elementi di facciata
5. Partizioni verticali interne
 - 5.1. Parete involucro sala grande
 - 5.2. Parete laterale ridotti
 - 5.3. Parete di fondo ridotti, parete sala prova danza, parete regia sala grande
 - 5.4. Parete tra uffici e ufficio-corridoio
 - 5.5. Serramenti interni
 - 5.6. Solai interpiano
6. Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi
7. Parametri Di Qualità Acustica
 - 7.1. Il trattamento acustico
 - 7.2. Verifiche del tempo di riverbero
8. Rumore Degli Impianti

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI E DEL COMFORT

La presente relazione conferma quanto già indicato nel documento del PFTE "Valutazione Previsionale Di Rispetto Dei Requisiti Acustici Passivi E Del Comfort 22044d02_3_0_P_Ac_00_Cz_002_2".

Di seguito si descrivono i riferimenti normativi.

1. D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

Per i requisiti acustici richiesti per il teatro in merito all'isolamento acustico e alla rumorosità ammissibile degli impianti a servizio degli stessi, il riferimento normativo è il D.P.C.M. 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici, il quale stabilisce i valori limite relativi a misure in opera".

I requisiti acustici passivi sono suddivisi come segue:

- isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT}$;
- potere fonoisolante apparente di partizioni tra unità abitative distinte R' ;
- livello di rumore di calpestio normalizzato di solai L'_{n} ;
- livello di pressione sonora ponderato A per impianti a funzionamento continuo L_{Aeq} ;
- livello massimo di pressione sonora ponderato A e misurato con costane di tempo Slow per impianti a funzionamento discontinuo $L_{A,S,max}$.

Per quanto riguarda gli elementi divisorii, i requisiti relativi al potere fonoisolante apparente (R'_{w}) sono riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Relativamente alle dotazioni impiantistiche, sono definiti impianti a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e ventilazione mentre sono definiti impianti a funzionamento discontinuo gli impianti idrico-sanitari, gli ascensori e tutti quegli impianti che non hanno un funzionamento prolungato nel tempo. Si sottolinea, inoltre, che ai sensi del Decreto la rumorosità degli impianti deve essere valutata nell'ambiente maggiormente disturbato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. Per quanto riguarda le pareti di separazione dei locali tecnici il vincolo prevede il rispetto del requisito di rumorosità in base al tipo di impianto (L_{Aeq} per impianti a servizio continuo, L_{ASmax} per impianti a servizio discontinuo).

In Tabella 1 sono riportati i limiti imposti dal D.P.C.M 5/12/97, divisi per categoria di edificio. In rosso sono indicati i valori limite relativi alla destinazione d'uso a cui può essere assimilata quella dell'edificio in esame.

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI		L'_{n,w}	D_{2m,n,T,w}	R'_{w}	L_{A,eq}	L_{A,S,max}
Categoria A:	edifici adibiti a residenza o assimilabili	63	40	50	35	35
Categoria C:	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili					
Categoria B:	edifici adibiti ad uffici o assimilabili					
Categoria F:	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	55	42	50	35	35
Categoria G:	edifici adibiti ad attività commerciali o ad attività assimilabili					
Categoria E:	edifici adibiti ad attività scolastiche e a tutti i livelli assimilabili	58	48	50	25	35
Categoria D:	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	58	45	55	25	35

Nel caso in esame, trattandosi di un intervento che riguarda un immobile situato nel Comune di Torino, si segnala che l'articolo 25 del "Regolamento comunale per la tutela dall'inquinamento acustico" approvato dal consiglio comunale della Città di Torino in seduta del 6 marzo 2006 (modificato con deliberazione del Consiglio Comunale in data 24 luglio 2023), prevede che il progetto sia accompagnato da una Valutazione Previsionale di rispetto dei Requisiti Acustici degli Edifici, da allegare in fase di richiesta di permesso di costruire.

Si esplicita inoltre il criterio di applicazione delle prescrizioni del D.P.C.M. 5/12/1997 in relazione al tipo di intervento. Nel caso di rifacimento parziale di partizioni orizzontali o verticali e/o delle chiusure esterne dell'edificio, la valutazione previsionale deve dimostrare il miglioramento dei parametri di cui al D.P.C.M. 5/12/1997, interessati dall'intervento o, laddove non ne sussista la fattibilità tecnica ed economica, che non si determini sotto il profilo acustico un peggioramento della situazione preesistente.

Relativamente al caso in esame, l'intervento si configura come riqualificazione di un immobile costituito da un'unica unità immobiliare, pertanto sono definite le specifiche tecniche relativamente ai componenti edilizi di involucro, oggetto di intervento parziale, per incrementare l'isolamento acustico di facciata.

BIOBYTE

2. D.M. 23 giugno 2022 - Criteri ambientali minimi

Per gli edifici pubblici occorre far riferimento al D.M. 23 giugno 2022 n. 256 Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di interventi edilizi nel quale; per quanto riguarda i requisiti acustici passivi, si rimanda alla norma UNI 11367.

Al paragrafo 2.4.11 si prescrive quanto segue: i valori prestazionali dei requisiti acustici passivi dei singoli elementi tecnici dell'edificio, partizioni orizzontali e verticali, facciate, impianti tecnici, definiti dalla norma UNI 11367 corrispondono almeno a quelli della classe II del prospetto 1 di tale norma.

Sono esclusi gli edifici scolastici, ospedalieri e le case di cura per i quali valgono specifici parametri e valori di riferimento, date le maggiori esigenze di protezione dal rumore.

Si precisa inoltre che in caso di discordanza tra il D.M. 23 giugno 2022 e il D.P.C.M. 5/12/1997 per lo stesso indicatore, dovrà essere conseguito il valore più restrittivo tra i due.

Relativamente agli interventi su edifici esistenti, i limiti del D.M. sono applicabili se l'intervento riguarda la ristrutturazione totale degli elementi edilizi di separazione tra ambienti interni ed ambienti esterni o tra unità immobiliari differenti e contermini, la realizzazione di nuove partizioni o di nuovi impianti. Per gli altri interventi su edifici esistenti va assicurato il miglioramento dei requisiti acustici passivi preesistenti. Detto miglioramento non è richiesto quando l'elemento tecnico rispetti le prescrizioni sopra indicate, quando esistano vincoli architettonici o divieti legati a regolamenti edilizi e regolamenti locali che precludano la realizzazione di soluzioni per il miglioramento dei requisiti acustici passivi, o in caso di impossibilità tecnica ad apportare un miglioramento dei requisiti acustici esistenti degli elementi tecnici coinvolti.

3. UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari

La norma italiana UNI 11367:2023 Classificazione acustica delle unità immobiliari – procedura di valutazione e verifica in opera definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione, oltreché una classificazione acustica per l'intera unità immobiliare.

Per gli immobili a destinazione d'uso ricreativa come quello in esame, sono definite le seguenti grandezze:

- indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$;
- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni tra unità abitative distinte R'_w ;
- indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di solai fra ambienti adiacenti o sovrapposti appartenenti a differenti unità immobiliari L'_{n} ;
- livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic} ;
- livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{id} .

In Tabella 2 si riporta il prospetto 1 della norma UNI 11367, con indicazione in rosso dei valori corrispondenti alla classe II.

Classe	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L'_{nw}	L_{ic}	L_{id}
I	≥ 43 dB	≥ 56 dB	≤ 53 dB	≤ 25 dB(A)	≤ 30 dB(A)
II	≥ 40 dB	≥ 53 dB	≤ 58 dB	≤ 28 dB(A)	≤ 33 dB(A)
III	≥ 37 dB	≥ 50 dB	≤ 63 dB	≤ 32 dB(A)	≤ 37 dB(A)
IV	≥ 32 dB	≥ 45 dB	≤ 68 dB	≤ 37 dB(A)	≤ 42 dB(A)

3.1. Elenco delle norme tecniche per la verifica dei requisiti acustici passivi

Di seguito si riportano le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei requisiti acustici passivi.

Misura della rumorosità interna degli impianti:

- UNI 8199:2016 Acustica - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti;
- UNI 10052:2021 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 16032:2024 "Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale".
- UNI 11367:2023 Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari: procedura di valutazione e verifica in opera.

4. Elementi di facciata

Di seguito si riporta la descrizione dei componenti edilizi considerati.

Facciata

Per le facciate, oggetto di intervento parziale, si garantisce il miglioramento della prestazione acustica ante-operam ai sensi del D.P.C.M. 5/12/1997 e del D.M. 23 giugno 2022.

Involucro opaco

Non sono previsti interventi sull'involucro, ad eccezione della realizzazione del cappotto (esterno sulle facciate intonacate, interno sulle pareti con rivestimento marmoreo) che consenta di raggiungere i necessari valori di efficientamento termico dell'involucro.

Serramenti vetrati

Il miglioramento della prestazione acustica della facciata è perseguito intervenendo sui serramenti esterni, la parte più debole della facciata.

In particolare, si prevede l'installazione di serramenti caratterizzati da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_{w, \text{vetro}} \geq 45 \text{ dB}$ e $R_{w, \text{serramento}} \geq 42 \text{ dB}$.

Coperture

Relativamente alle coperture, il progetto prevede interventi parziali.

BIOBYTE

Si aggiunge un nuovo manto di copertura in lamiera di alluminio nervata, montata su specifica sottostruttura in acciaio desolidarizzata dalla soletta strutturale tramite l'interposizione di materiale isolante. Si ritiene che, dal punto di vista acustico, gli interventi previsti, seppur parziali, migliorino le prestazioni acustiche della copertura esistente.

La sola demolizione e ricostruzione del solaio strutturale di copertura prevista è quella relativa alla copertura piana del volume a ridosso della torre scenica sul lato della biblioteca per la realizzazione di una sala prove di altezza adeguata, oltre alla demolizione di una piccola porzione del solaio del foyer per la realizzazione di un nuovo lucernario.

Tra le nuove costruzioni si segnala inoltre la realizzazione di nuove porzioni di solaio per la chiusura di superiore delle maniche laterali. Queste saranno realizzate in carpenteria metallica, con lamiera grecata e getto collaborante, strato coibente in schiuma poliuretanic, completo di impermeabilizzazione. La stratigrafia è completata da un controsoffitto, montato con retrostante lana minerale.

Complessivamente il solaio è caratterizzato da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB, al fine di garantire adeguato isolamento rispetto al rumore delle unità di trattamento aria presenti al livello superiore.

A tal proposito si segnala infine la costruzione di nuovi vani tecnici sulla copertura delle maniche laterali (lato Biblioteca e lato via Petrarca), destinati ad ospitare le unità di trattamento aria a servizio degli ambienti del teatro.

5. Partizioni verticali interne

L'edificio è un'unica unità immobiliare, quindi non risulta applicabile il requisito di isolamento tra ambienti adiacenti ai sensi del D.P.C.M. 5/12/1997 poichè questo è da riferirsi alle partizioni tra differenti unità immobiliari.

Si riportano le stratigrafie per le quali è richiesto l'isolamento acustico ai fini di garantire lo svolgimento delle attività previste, in particolare le pareti che delimitano la sala grande, le due sale più piccole al primo piano denominate "ridotti" e gli uffici.

BIOBYTE

5.1. Parete involucro sala grande

Costituita da blocchi in calcestruzzo a cui sono ancorati i rivestimenti acustico-architettonici.
Potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB.

5.2. Parete laterale ridotti

Le pareti che separano i ridotti dall'atrio a doppia altezza sono caratterizzate da un potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB.

5.3. Parete di fondo ridotti, parete sala prova danza, parete regia sala grande

La parete su cui sono collocati gli accessi alle sale denominate "ridotti" e per i relativi locali regia, oltre che per le pareti che delimitano la sala prove danza (verso il palco e verso il locale tecnico adiacente) è la medesima stratigrafia impiegata per la realizzazione della parete di fondo della sala grande, a separazione del vano destinato a regia.

Potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB.

5.4. Parete tra uffici e ufficio-corridoio

Parete realizzata a secco, con orditura metallica (sp. 5 cm) riempita di lana minerale e doppia lastra di cartongesso su ciascun lato. Potere fonoisolante $R_w \geq 52$ dB.

5.5. Serramenti interni

Visive vetrate - regie

Per la visiva della regia della sala grande (prevista al piano terra, sulla parete di fondo) e per quella delle regie dei due ridotti al primo piano, è previsto il montaggio di due serramenti affiancati caratterizzati da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_{w, \text{vetro}} \geq 46$ dB, $R_{w, \text{serramento}} \geq 44$ dB.

In entrambi i casi il serramento verso la sala dovrà essere montato con inclinazione rispetto alla verticale di circa 7°. Nel caso di doppio serramento, il vetro interno alla regia potrà essere installato verticale.

BIOBYTE

Porte di accesso alla sala grande e ai ridotti

Tutte le porte di accesso alla sala principale del Teatro dovranno essere del tipo fonoisolante e dovranno essere caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 40$ dB.

Porte di accesso agli uffici del piano primo

Al piano primo le porte di accesso agli uffici dovranno essere caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w \geq 34$ dB.

Porte di accesso ai locali tecnici

Le porte di accesso ai locali tecnici sono caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 40$ dB al fine di limitare la propagazione del rumore verso spazi acusticamente sensibili.

5.6. Solai interpiano

Solaio sala prove danza

La stratigrafia è prevista per la realizzazione del solaio di pavimento della sala prove danza al primo piano. Il solaio separa la sala prove dallo spazio di supporto presente a lato del palco della sala grande.

Tale stratigrafia è caratterizzata da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB. Si specifica che in nessun caso potrà essere prevista la contemporaneità di utilizzo della sala prove danza e della sala grande.

Solaio ridotti

La stratigrafia è prevista per la realizzazione del solaio di pavimento dei ridotti al primo piano. Il solaio separa i ridotti da spazi in cui sono presenti funzioni accessorie al Teatro (guardaroba, bagni, biglietteria).

La stratigrafia è caratterizzata da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB.

Solaio uffici

La stratigrafia è prevista per la realizzazione del solaio di pavimento degli uffici al primo piano, posti sopra la zona del foyer.

La stratigrafia è caratterizzata da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 55$ dB.

Solaio tra ridotti e locali tecnici

TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO Fiume: MEMORIA E FUTURO REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO

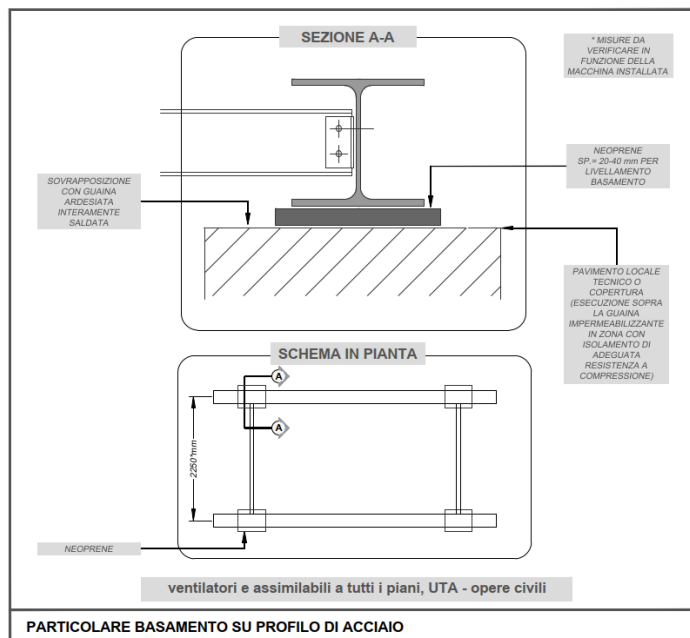
BIOBYTE

Il solaio superiore dei ridotti, che li separa dai vani tecnici soprastanti, sarà realizzato con struttura in carpenteria metallica con lamiera grecata e getto di completamento in calcestruzzo (sp. 11 cm).

Complessivamente il solaio è caratterizzato da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 58$ dB, al fine di garantire adeguato isolamento rispetto al rumore delle unità di trattamento aria installate nei vani tecnici ricavati in corrispondenza delle torri sceniche dei ridotti.

Tale stratigrafia è stata verificata in funzione delle caratteristiche di emissione sonora delle macchine che saranno installate all'interno del locale impianti, considerando le soluzioni impiantistiche prevista da progetto. In particolare i ventilatori interni sono dotati di appoggi su molle forniti con l'UTA per annullare le vibrazioni.

Nel Progetto Esecutivo è stato aggiunto un dettaglio non previsto nel PFTE, cioè i longheroni non poggiano direttamente sul pavimento, ma su quadrotti in gomma che de solidarizzano macchina e struttura. Questi appoggi sono circa ogni 2,5 metri, cioè da 4 a 6 per ogni lato lungo. Il materiale che va previsto è tipo Isolmant DAMP.



6. Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi

Di seguito si riportano le verifiche condotte per gli ambienti tipo ritenuti significativi.

BIOBYTE

Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$

Sulla base del Regolamento comunale per la tutela dell'inquinamento acustico della Città di Torino la verifica dell'isolamento acustico di facciata ai sensi del D.P.C.M 5/12/97 e del D.M. 23 giugno 2022 non risulta applicabile dal momento che il progetto in esame prevede la sola sostituzione dei serramenti.

Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni tra unità abitative distinte R'_w

Ai sensi del D.P.C.M 5/12/97 e del D.M. 23 giugno 2022 la verifica del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali non risulta applicabile, poiché gli ambienti adiacenti e sovrapposti appartengono alla medesima unità immobiliare.

Calcolo del livello di pressione sonora di calpestio, L'_{nw}

Ai sensi del D.P.C.M 5/12/97 e del D.M. 23 giugno 2022, poiché gli ambienti sovrapposti appartengono alla medesima unità immobiliare, la verifica del livello di pressione sonora di calpestio non risulta applicabile.

7. PARAMETRI DI QUALITÀ ACUSTICA

Di seguito si elencano i principali riferimenti normativi.

D.M. 23 giugno 2022 - Criteri ambientali minimi

Trattandosi di un edificio pubblico occorre far riferimento al D.M. 23 giugno 2022 n. 256 Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione ed esecuzione dei lavori di interventi edilizi nel quale, si rimanda all'Appendice C della norma UNI 11367 per quanto riguarda la risposta acustica - tempo di riverberazione e intelligibilità - all'interno degli ambienti a destinazione d'uso diversa da quella scolastica.

UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari

L'Appendice C della norma UNI 11367 prevede di applicare la relazione riportata di seguito per la definizione dei valori ottimali di tempo di riverberazione in un ambiente non occupato adibito al parlato:

$$T_{ott} = 0,32 \log(V) + 0,03 \text{ [s]}$$

dove V è il volume dell'ambiente.

Per ambienti di volume pari a circa 600 m³, come i ridotti al piano primo, il valore ottimale del tempo di riverberazione è pari a 0,9 s.

Il valore così ottenuto corrisponde al valore ottimale del tempo di riverberazione medio fra 500 Hz e 1000 Hz. La norma suggerisce inoltre che il tempo di riverberazione in tutte le bande di ottava comprese tra 250 Hz e 4000 Hz, al fine di garantire condizioni di comfort acustico, rispetti il seguente criterio: $T \leq 1,2 T_{ott}$.

La norma raccomanda inoltre i valori di riferimento per una buona intelligibilità del parlato. In particolare indica per la chiarezza (C50) valori pari o superiori a 0, mentre per lo speech transmission index (STI) valori pari o superiori a 0,6.

Si rende esplicito che la norma non fornisce indicazioni circa gli ambienti destinati all'ascolto della musica. Pertanto, al fine di garantire il conseguimento di condizioni acustiche ottimali per gli spettatori e per i musicisti, in relazione alle principali destinazioni d'uso previste per la sala grande, si farà riferimento a valori indicati come ottimali da letteratura. Per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato specifico.

Elenco delle norme tecniche per la verifica dei parametri di qualità acustica

I calcoli sono eseguiti in accordo con i metodi di calcolo illustrati nelle seguenti norme tecniche:

UNI 11367:2023 Classificazione acustica delle unità immobiliari – procedura di valutazione e verifica in opera

Le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei parametri di qualità acustica sono le seguenti:

UNI EN ISO 3382-1:2009 Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 1: Sale da spettacolo;

UNI EN ISO 3382-2:2008 Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari.

La sala

Per il progetto acustico della sala principale del teatro, comprensivo della analisi geometriche, delle scelte relative ai trattamenti acustici, delle valutazioni di dettaglio, nonché per i risultati di calcolo relativi ai parametri di qualità acustica si rimanda all'elaborato specifico.

Gli ambienti di servizio (ridotti, atrio, foyer, sala prove)

Il progetto acustico di un ambiente interno ha come obiettivo il contenimento della riverberazione sonora. La rumorosità di fondo elevata e l'eccessiva riverberazione, infatti, rendono difficoltosa la comprensione del messaggio verbale e possono avere un'influenza negativa sul benessere degli occupanti, anche in ambienti non destinati all'ascolto della parola.

In particolare il controllo della riverberazione risulta di primaria importanza all'interno di spazi in cui si prevedono presenze numerose.

Nei paragrafi successivi si riporta la descrizione degli interventi acustici per gli ambienti in progetto e i risultati di calcolo.

7.1. Il trattamento acustico

Il presente capitolo illustra le scelte progettuali finalizzate all'ottimizzazione delle prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno degli ambienti in progetto.

BIOBYTE

Ridotti

Al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno dei ridotti il progetto ha previsto la realizzazione di un controsoffitto fonoassorbente. In particolare si prevede l'installazione di un controsoffitto in lastre di cartongesso forato in corrispondenza della porzione occupata dalla platea, tipo Gyproc Gyptone Big Quattro 44 o equivalenti, caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,8$. Il trattamento acustico è pari al 70% della superficie di pavimento.

Atrio e foyer

Relativamente alla zona dell'atrio e del foyer è previsto il trattamento acustico dei soffitti, realizzando un intervento di tipo mimetico, al fine di preservare l'aspetto estetico originale degli ambienti.

Il trattamento acustico di questi spazi risulta necessario, anche in assenza di obblighi normativi, al fine di contenere la riverberazione e limitare la sensazione di fastidio per gli occupanti tipica dei grandi spazi che prevedono la presenza di un numero elevato di persone che parlano tra loro.

In particolare si prevede l'installazione di un sistema fonoassorbente monolitico, tipo Ecophon Fade Acoustic Plaster Plus+ o equivalenti, costituito da un pannello in lana minerale con la faccia rivestita con uno specifico intonaco acustico a spruzzo, montato in aderenza all'intradosso del solaio superiore.

Sala prove danza

Anche nella sala prove danza si raccomanda l'installazione di un controsoffitto fonoassorbente, al fine di evitare l'instaurarsi di riflessioni sonore fastidiose tra ampie superficie piane parallele (pavimento e soffitto). Il contenimento della riverberazione, anche in questo caso, risulta fondamentale per lo svolgimento delle attività previste al suo interno, seppur in assenza di specifici obblighi normativi.

Il progetto prevede la realizzazione di un controsoffitto in lastre di cartongesso forato, tipo Gyproc Gyptone Big Quattro 44 o equivalenti, caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,8$. Il trattamento acustico ha un'estensione almeno pari al 50% della superficie di pavimento.

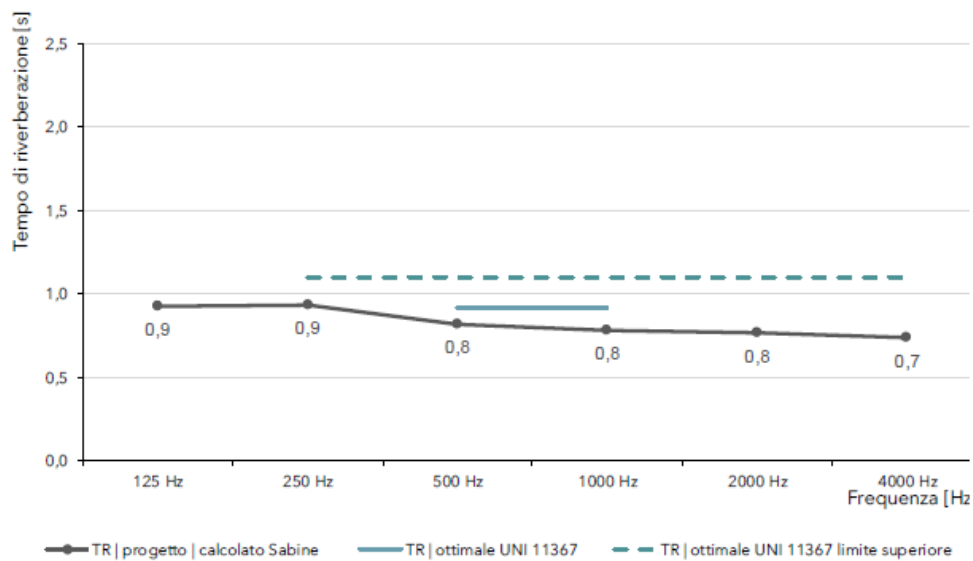
TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO Fiume: MEMORIA E FUTURO REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E QUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO
BIOBYTE

In aggiunta al trattamento acustico a soffitto, è prevista l'installazione di tendaggi pesanti in velluto in corrispondenza dei lati lunghi della sala, per un'altezza di 3,5 m dal piano di pavimento.

7.2. Verifiche del tempo di riverbero
Ridotti

Il primo parametro considerato per la valutazione della risposta acustica è stato il tempo di riverberazione calcolato applicando la relazione di Sabine, in funzione della frequenza per bande di ottava, considerando l'ambiente arredato e non occupato.

Nella figura che segue si riportano i risultati del calcolo. Nel grafico compaiono anche i valori ottimali ai sensi della norma UNI 11367, in frequenza per bande di ottava, per ambienti adibiti al parlato.



	Calcolo del tempo di riverberazione, T_{60} [s]						Valore medio 500-2000 Hz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
TR progetto calcolato Sabine	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
TR ottimale UNI 11367			0,9	0,9			0,9
TR ottimale UNI 11367 limite superiore		1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

BIOBYTE

Dall'analisi del grafico emerge che il trattamento acustico proposto consente di ottenere valori di riverberazione in linea con i valori ottimali, ad indicare il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti in riferimento alla destinazione d'uso dell'ambiente.

Si specifica che la valutazione è stata condotta ipotizzando che le sedute siano non imbottite (realizzate in legno o in materie plastiche). L'impiego di sedute imbottite permetterà l'ulteriore riduzione del tempo di riverberazione, ma soprattutto permetterà di limitare la differenza nella risposta acustica tra la condizione a sala vuota e a sala occupata.

Si sottolinea che la risposta acustica dell'ambiente è da ritenersi soddisfacente esclusivamente in riferimento ai materiali considerati e precedentemente descritti. Ogni variazione al progetto dovrà essere pertanto verificata dal punto di vista acustico.

Oltre al tempo di riverberazione sono stati analizzati l'indice di intelligibilità del parlato STI e la chiarezza C50, calcolato utilizzando il software Echo 8.2. La valutazione è stata eseguita, considerando la sorgente sonora posizionata in corrispondenza della cattedra, in posizione baricentrica, rispetto a tre punti in asse con l'oratore (rispettivamente nella posizione più prossima all'oratore, in centro e nell'ultima fila) e nel punto più distante (in fondo alla sala in angolo).

Ricevitore	Distanza dalla sorgente	STI calcolato
R1	3,3 m	0,64
R2	10,2 m	0,60
R3	16,2 m	0,60
R4	16,4 m	0,60

Tabella 6 – Indice di chiarezza C50: valori di progetto.

Ricevitore	Distanza dalla sorgente	C50 calcolato
R1	3,3 m	3,1 dB
R2	10,2 m	1,7 dB
R3	16,2 m	1,6 dB
R4	16,4 m	1,6 dB

La valutazione è stata condotta, in condizioni di acustica passiva, considerando un oratore che si esprima con sforzo vocale elevato (Ls,A,1m 66 dB(A)) e valori di rumore di fondo relativi alla curva NR30.

BIOBYTE

Dall'analisi dei risultati emerge che, in tutti i punti considerati, i valori di STI e C50 risultano in linea con i valori consigliati per l'ascolto della parola nell'Appendice C della norma UNI 11367. L'intelligibilità della parola in condizioni di acustica passiva risulta pari o superiore a 0,6 (che corrisponde a una qualità del parlato buona, in accordo con la CEI EN 60268-16), mentre la chiarezza risulta in tutti i casi > 0 dB.

Per permettere agli oratori di esprimersi con minor sforzo vocale e garantire allo stesso tempo l'ottimale comprensione del parlato da parte del pubblico, si raccomanda l'impiego di sistemi di amplificazione sonora.

8. RUMORE DEGLI IMPIANTI

Dal momento che sia ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 che della norma UNI 11367 la rumorosità degli impianti deve essere valutata nell'ambiente maggiormente disturbato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina, non esistono riferimenti normativi nazionali in merito alle prestazioni che devono essere garantite relativamente alla rumorosità degli impianti a funzionamento continuo all'interno degli ambienti abitativi in cui siano presenti terminali di impianto.

È consigliabile, tuttavia, controllare il livello di pressione sonora in ambiente per garantire il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti seppur in assenza di obblighi normativi.

Al fine di indirizzare lo studio, il progetto si è riferito alle curve Noise Rating – NR. Si tratta di curve di riferimento che sono state sviluppate dall'ente internazionale di normazione ISO (International Organization of Standardization) al fine di conseguire condizioni di rumorosità accettabile all'interno degli ambienti interni, in funzione della loro destinazione d'uso, per la tutela della salute e del disturbo.

La progettazione esecutiva raggiunge, a partire dai livelli di potenza sonora dei macchinari e delle attenuazioni acustiche dei silenziatori, il raggiungimento delle prescrizioni acustiche previste nel PFTE.

8.1 Descrizione dell'impianto di climatizzazione e ventilazione

Tutta l'energia termica per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio è fornito da un impianto geotermico a mezzo di pompa di calore. Tale impianto sarà in comune con l'adiacente Biblioteca Civica, presso la quale sarà realizzata la centrale termofrigorifera che servirà entrambi i complessi (Biblioteca e Teatro).

Per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti del foyer si prevede l'utilizzo di un sistema a pannelli radianti, mentre per gli ambienti accessori (ad esempio camerini, uffici, sala prove danza) si prevede l'impiego di ventilconvettori installati sottofinestra. Per la sala principale e i ridotti invece, si prevede la realizzazione di un impianto a tutt'aria.

Il ricambio dell'aria verrà effettuato attraverso 13 unità di trattamento aria con recuperatori di calore ad alta efficienza, posizionate principalmente all'interno dei vani tecnici presenti sulle coperture delle maniche laterali.

BIOBYTE

La produzione dell'acqua calda sanitaria a servizio del Teatro, invece, avverrà nella sottocentrale presente al piano secondo interrato attraverso una pompa di calore condensata ad acqua.

Per quanto riguarda il rumore emesso in ambiente esterno dai nuovi impianti tecnologici a servizio del complesso si rimanda alla Valutazione previsionale di impatto acustico.

Per quanto riguarda il rumore immesso in ambiente interno sono stati adottati tutti gli accorgimenti (silenziatori, cofanature fonoisolanti, condotti fonoassorbenti,) necessari a contenere il livello sonoro all'interno degli ambienti sensibili. Per il dimensionamento dei sistemi di mitigazione da adottare sono stati sviluppati approfondimenti, per garantire i livelli sonori negli ambienti di ricezione previsti da progetto. Tali valutazioni sono sviluppate in base alle caratteristiche tecniche delle unità che saranno installate.

8.2 Specifiche tecniche per il controllo del rumore degli impianti

8.2.1 La climatizzazione

Non è prevista la realizzazione di una centrale termofrigorifera specifica per il Teatro. Gli impianti per la produzione del caldo e del freddo a servizio degli ambienti in esame saranno installati all'interno della centrale già prevista per la Biblioteca Civica, con la quale il Teatro condivide l'impianto geotermico.

8.2.2 La produzione di acqua calda sanitaria

Il progetto prevede l'installazione di una pompa di calore condensata ad acqua per la produzione dell'acqua calda sanitaria, da installarsi nella sottocentrale presente al piano secondo interrato.

8.2.2.1 La pompa di calore

La pompa di calore è stata selezionata con il criterio della minima emissione sonora, privilegiando unità in versione silenziata.

Al fine di limitare la trasmissione per via strutturale delle vibrazioni legate al funzionamento della pompa di calore, questa dovrà appoggiare su idonei supporti visco-elastici dimensionati per ottenere la massima attenuazione alle frequenze maggiormente critiche in funzione delle caratteristiche della macchina. A tal proposito sarà prevista la posa delle unità su specifici

BIOBYTE

basamenti (in cls o in acciaio) desolidarizzati dal sottostante solaio attraverso l'interposizione di materiale isolante da dimensionare in funzione del carico e della frequenza minima caratteristica della macchina. La soluzione è stata individuata in riferimento alle specifiche tecniche delle unità che verranno effettivamente installate, con l'obiettivo di garantire una frequenza naturale del sistema inferiore alle frequenze disturbanti prodotte dal funzionamento delle macchine.

8.3 La ventilazione

Il progetto prevede l'installazione di 13 unità di trattamento aria collocate principalmente all'interno dei due vani tecnici chiusi previsti sulle coperture delle maniche laterali (lato Biblioteca e lato via Petrarca), ad eccezione delle seguenti unità:

- UTA sala prove danza al primo piano, posizionata all'interno del locale tecnico adiacente;
- UTA foyer, posizionate all'interno dei locali tecnici ricavati in corrispondenza delle torri sceniche dei ridotti;
- UTA camerini piani interrati, posizionata in un locale tecnico dedicato al secondo interrato;
- UTA palco, posizionata nel locale tecnico di nuova realizzazione nel retropalco.

8.3.1 Le unità di trattamento aria.

Le UTA sono generalmente componenti impiantistici piuttosto rumorosi, le cui emissioni sono legate principalmente alla sezione ventilante.

Oltre al rumore direttamente irradiato dal corpo delle macchine, occorre tenere presente che il rumore provocato dai ventilatori e dalla turbolenza dell'aria si trasmette anche lungo i canali. La fluttuazione della pressione dell'aria all'interno dei condotti provoca inoltre vibrazioni che, almeno in parte, comportano l'irradiazione di energia verso l'esterno sotto forma di suono.

Al fine di limitare la trasmissione per via strutturale delle vibrazioni legate al funzionamento delle macchine collocate in vani tecnici dedicati all'interno dell'edificio, queste sono appoggiate su idonei supporti antivibranti dimensionati per ottenere la massima attenuazione alle frequenze maggiormente critiche in funzione delle caratteristiche della macchina. A tal proposito è prevista la posa su travi desolidarizzate dal sottostante solaio attraverso l'interposizione di materiale isolante da dimensionare in funzione del carico e della frequenza minima caratteristica della macchina. La soluzione è stata individuata in riferimento alle

BIOBYTE

specifiche tecniche delle unità che verranno effettivamente installate, con l'obiettivo di garantire una frequenza naturale del sistema inferiore alle frequenze disturbanti prodotte dal funzionamento delle macchine.

La soluzione è stata individuata al fine di garantire all'interno degli spazi sensibili più prossimi, non serviti dalle stesse unità, valori di livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $L_{ic} \leq 28$ dB(A).

E' stata verificata la necessità di dotare le unità di trattamento aria di silenziatori in corrispondenza delle mandate e delle riprese aria, opportunamente dimensionati in funzione del rispetto dei limiti di rumorosità all'interno dei locali sensibili e verso l'ambiente esterno.

Tali valutazioni di dettaglio sono state effettuate in base alle caratteristiche tecniche delle unità che saranno installate.

8.3.2 Le canalizzazioni.

Le macchine sono allacciate alle canalizzazioni tramite appositi giunti antivibranti al fine di limitare la propagazione per via strutturale delle vibrazioni lungo i condotti, ove ritenuto necessario.

Le reti principali di distribuzione dell'aria dovranno essere previste in corrispondenza dei cavedi tecnici o degli spazi di circolazione e le forometrie necessarie per realizzare gli stacchi ai diversi ambienti saranno sigillate opportunamente per evitare l'insorgenza di ponti acustici.

8.3.3 I locali tecnici delle unità di trattamento aria

I componenti edilizi che delimitano i locali tecnici in cui è prevista l'installazione di componenti di impianto rumorosi, sono dimensionati dal punto di vista acustico in funzione delle caratteristiche di emissione sonora degli impianti tecnologici da compartimentare.

Di seguito si riportano le indicazioni relative ai vani tecnici presenti sulle coperture delle maniche laterali, in cui si prevede l'installazione della maggior parte delle unità per la ventilazione, analoghe considerazioni dovranno essere effettuate per gli altri locali in cui siano presenti macchine analoghe.

Gli elementi di involucro che delimitano i vani tecnici sulle maniche laterali avranno struttura in carpenteria metallica. In particolare la copertura sarà realizzata in lamiera grecata con soprastanti pannelli in lana minerale (sp. 6 cm e densità ≥ 60 kg/m³) e manto in lamiera di

BIOBYTE

alluminio nervata con accoppiata membrana antirombo. In aggiunta alla stratigrafia descritta, si prevede inoltre la posa tra le putrelle di pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti tipo Ekokit 300-S di Bosco Italia.

Analogamente le chiusure verticali saranno realizzate con pannelli sandwich in lamiera coibentata con isolante in lana minerale (sp. 6 cm e densità $\geq 60 \text{ kg/m}^3$). Sia sulla parete di nuova realizzazione così composta, che sulla parete verso il teatro, è prevista la posa di pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti tipo Ekokit 300-S di Bosco Italia.

Le stratigrafie descritte sono caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w \geq 40 \text{ dB}$.

Le porte di accesso a tali vani, ovvero le porte che non collegano direttamente i locali tecnici a spazi in cui si preveda la presenza di persone, sono del tipo fonoisolante, caratterizzate da un indice del potere fonoisolante, $R_w \geq 40 \text{ dB}$.

Le griglie di presa aria esterna e espulsione aria esausta sono canalizzate e installate preferibilmente in posizione opposta rispetto al lato rivolto verso la sala del teatro. I sistemi di mitigazione garantiscono che il livello di potenza sonora al terminale in esterno sia $L_w \leq 65 \text{ dB(A)}$.

Per quanto riguarda invece il controllo del rumore irradiato dal corpo delle macchine, è previsto il rivestimento con materiale fonoassorbente mediante l'installazione di pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti, al fine di contenere la riverberazione all'interno del locale tecnico. Il materiale fonoassorbente è costituito da pannelli con involucro esterno in acciaio zincato, con il lato rivolto verso l'ambiente forato (percentuale di foratura minima: 35% vuoto su pieno) e pannello interno in lana di roccia, di spessore complessivo pari a circa 5 cm.

8.4 I cavedi tecnici

Tutti i cavedi tecnici in cui siano alloggiati reti di distribuzione impiantistiche verticali, passanti all'interno degli ambienti sensibili, sono compartimentati tramite elementi caratterizzati da $R_w > 60 \text{ dB}$.

Ove si è ritenuto possibile, questi sono rivestiti internamente con un pannello in lana minerale rivestito su un lato con velo vetro nero, di spessore $\geq 3 \text{ cm}$ e densità $\geq 50 \text{ kg/m}^3$, al fine di aumentare l'assorbimento acustico all'interno dei cavedi e ridurre le riflessioni sonore

BIOBYTE

all'interno degli stessi. Tutte le tubazioni e canalizzazioni sono ancorate attraverso l'impiego di collari antivibranti.

8.5 Ventilconvettori

Ad eccezione degli ambienti del foyer (dove è previsto un sistema a pannelli radianti), della sala principale e dei ridotti (in cui si prevede un impianto a tutt'aria), nei restanti ambienti in progetto è prevista la climatizzazione dei locali tramite l'installazione di ventilconvettori installati nei sottofinestra.

Le unità sono selezionate con il criterio della minima emissione sonora possibile, preferendo unità che consentano la corretta climatizzazione anche alla velocità di funzionamento più bassa nel rispetto delle curve di livello NR previste dal progetto.

8.6 Diffusori d'aria – sala principale

Le bocchette dell'aria dal punto di vista acustico risultano particolarmente critiche, in quanto irradiano il rumore direttamente in ambiente a causa dei fenomeni di turbolenza. Dunque i terminali sono stati dimensionati in funzione della portata d'aria, con l'obiettivo di limitare la velocità in uscita e la relativa potenza sonora.

Relativamente al caso in esame, l'ambiente rispetto al quale risulta particolarmente importante controllare la rumorosità generata dai terminali di impianto è sicuramente la sala principale nella quale si prevede la presenza di un elevato numero di terminali, ma allo stesso tempo di ha l'esigenza di minimizzare il rumore di fondo.

A tal proposito si prevede l'installazione di diffusori installati sottopoltrona, caratterizzati ciascuno da un livello di potenza sonora $L_w \leq 15$ dB(A). Tali componenti sono stati individuati l'obiettivo di conseguire un livello globale di potenza sonora, $L_w \leq 28$ dB(A).

Bergamo, 14.01.25

Dot. Enrico Moretti

ing. Maria Cairoli

Biobyte s.r.l.

