

COMMITTENTE:

COMUNE DI PORTOMAGGIORE



LAVORI DI RESTAURO E RECUPERO DEL PICCOLO TEATRO DELLA CONCORDIA
Corso Vittorio Emanuele II, 52 - Portomaggiore (FE)

PROGETTO ESECUTIVO

Raggruppamento temporaneo di progettisti

Capogruppo, progetto architettonico, strutturale, impiantistico, sicurezza e prevenzione incendi:



Studio Berlucchi srl

Contrada Soncin Rotto 4 - 25122 Brescia

Tel: +39 030 291583 - E-mail: restauro@studioberlucchi.it

Ing. Nicola Berlucchi, Ing. Nicola Fumagalli, Arch. Samuele Ferlicca
Arch. Flavia Mainardi, Ing. Annacarla Tognoli, Ing. Mariana Napoli, Ing. Gemma Mininno
Consulente impianti: Ing. Raphael Caratti

Professionista scenotecnico:

Ing. Silvano Cova
Via Mancini 3 - Torino

Tecnico acustico:

Ing. Cesare Trebeschi
Via del Castello 1 - Brescia

Responsabile del procedimento:

Ing. Luisa Cesari

Timbro e firma del responsabile:

| | | | | | | |
|---|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|--------|-------|
| E | | | | | | |
| D | | | | | | |
| C | | | | | | |
| B | | | | | | |
| A | 10-2021 | Emissione a seguito di Rapporto Intermedio di Verifica Progetto - RIVP (rif. doc. J17611/21/RG/ddr) del 30/09/2021 | C236_PEA_r06_revA.dwg | CT | NF | NB |
| - | 07-2021 | prima emissione | C236_PEA_r05.pdf | CT | NF | NB |
| | DATA | REVISIONE | NOME FILE | DIS. | CONTR. | APPR. |

TITOLO:

PROGETTO ARCHITETTONICO
Relazione acustica

TIMBRO E FIRMA:

| CODICE COMMESSA | ELABORATO | | | | |
|--------------------|-----------|-------|-------------|--------|------|
| | PRATICA | PARTE | DISC. PROG. | NUMERO | REV. |
| C236 | | P | EA | r05 | A |

SCALA:

-

COMUNE DI PORTOMAGGIORE
Provincia di Ferrara

**RESTAURO E RECUPERO DEL PICCOLO TEATRO DELLA
CONCORDIA DI PORTOMAGGIORE**

Progettazione Architettonica-Strutturale- Coordinamento:

Studio Berlucchi srl - Società di Ingegneria
c.da Soncin Rotto, 4 - 25122 Brescia
tel. +39 030 291583
restauro@studioberlucchi.it

Consulenza Acustica:

STUDIO TREBESCHI
Via del Castello, 1 (BS)
info@trebeschi.it

Archivio: AK 20_11
Brescia, novembre 2020

Indice

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| INDICE | 2 |
| 1 PREMESSA..... | 3 |
| 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO | 4 |
| 2.1 NORMATIVA NAZIONALE..... | 4 |
| 2.2 NORMATIVA REGIONALE..... | 7 |
| 2.3 CRITERI AMBIENTALI MINIMI | 9 |
| 3 IL SUONO: IL FENOMENO FISICO | 12 |
| 3.1 GENERALITÀ SUL SUONO E RUMORE | 12 |
| 3.2 IL RUMORE ED IL DISTURBO | 12 |
| 3.3 PARAMETRI ACUSTICI DI QUALITÀ DEGLI AMBIENTI CHIUSI..... | 14 |
| 4 ACUSTICA AMBIENTALE | 17 |
| 4.1 DESCRIZIONE DELL'AREA | 17 |
| 4.2 ZONIZZAZIONE ACUSTICA E POC..... | 17 |
| 4.3 LA CAMPAGNA DI MISURA..... | 19 |
| 4.4 I RICETTORI | 21 |
| 4.5 LE SORGENTI SONORE..... | 22 |
| 4.6 MISURE DI MITIGAZIONE ACUSTICA..... | 28 |
| 4.7 IL MODELLO DI CALCOLO..... | 29 |
| 4.8 RISULTATI E CONFRONTO COI LIMITI DI LEGGE..... | 30 |
| 5 ACUSTICA EDILIZIA..... | 32 |
| 5.1 FACCIATA | 32 |
| 5.2 CALPESTIO E RUMORE DA IMPATTI | 34 |
| 5.3 VIBRAZIONI..... | 38 |
| 5.4 RUMORE DA IMPIANTI A CICLO CONTINUO..... | 40 |
| 5.5 RUMORE DA IMPIANTI A CICLO DISCONTINUO | 51 |
| 5.6 SCATOLE ELETTRICHE E QUADRI ELETTRICI..... | 56 |
| 5.7 CAM..... | 56 |
| 6 ACUSTICA ARCHITETTONICA | 57 |
| 6.1 ANALISI STORICA..... | 57 |
| 6.2 IL PROGETTO ACUSTICO DELLA SALA | 64 |
| 6.3 IL MODELLO ACUSTICO | 69 |
| 6.4 RISULTATI DELL'ANALISI ACUSTICA | 73 |
| 7 CONCLUSIONI | 79 |
| ALLEGATO 1: NOMINA DI TECNICO COMPETENTE | 80 |
| ALLEGATO 2: CERTIFICATI DI MISURA | 81 |
| ALLEGATO 3: CERTIFICATI DI TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE | 86 |
| ALLEGATO 4: SCHEDE TECNICHE | 91 |

1 Premessa

La presente relazione ha per oggetto la progettazione acustica definitiva del piccolo Teatro della Concordia sito in Corso Vittorio Emanuele a Portomaggiore (FE).

La progettazione acustica si inserisce nel progetto di "Restauro scientifico e recupero del Piccolo Teatro della Concordia" assegnato mediante gara europea a procedura aperta al gruppo di progettazione facente capo allo Studio Berlucchi srl - Società di Ingegneria.

La valutazione viene condotta considerando l'acustica ambientale ed edilizia, nonché il confort dato dall'acustica interna della sala principale.

E' stata effettuata una valutazione inerente il clima acustico della zone limitrofe all'edificio, con effettuazione di una campagna di misure fonometriche. Sulla base delle misure fonometriche è stato possibile effettuare una valutazione dell'impatto acustico del complesso, per fornire le indicazioni per il contenimento della rumorosità dell'attività, in modo che vi sia il rispetto dei limiti previsti in ambito amministrativo. Non si fanno valutazioni acustiche in ambito civilistico.

La valutazione sull'acustica edilizia si pone l'obiettivo di individuare le stratigrafie e le prestazioni degli elementi tecnici che compongono l'edificio e necessarie al rispetto della legislazione italiana e dei Criteri Minimi Ambientali richiesti per l'edilizia pubblica.

Alcuni ambienti non sono oggetto di valutazione acustica, se non per quanto riguarda la componente edilizia (requisiti acustici passivi) e pertanto non si esprime alcuna valutazione su possibili (ed auspicabili) trattamenti acustici per migliorare l'intelligibilità ed il confort in generale, trattasi nello specifico del foyer, del ridotto e della sala conferenze.

Particolare attenzione è posta al recupero dell'acustica originaria della sala principale, che è stata stimata a partire da una analisi bibliografica di teatri analoghi della zona e del medesimo periodo, con una possibilità di introduzione di elementi diffondenti a soffitto, dato dal progetto del recupero del soffittone della sala.

Il progetto di recupero del teatro è consapevole di una progettazione con acustica non variabile, cioè sono note le difficoltà di adeguatezza nei confronti di varie tipologie differenti di utilizzo (situazioni estreme sono cinema – teatro).

Nei limiti del caso, viene richiesta una buona qualità per un efficace ascolto di esperienze di narrazione, canto, concertistica, video proiezione, convegnistica, con una opportuna scelta di materiali e rivestimenti per le pedane di palco/platea, poltrone, pareti, tendaggi;

2 Inquadramento Normativo e Legislativo

2.1 Normativa nazionale

A livello nazionale la materia riguardante la difesa dall'inquinamento da rumore è disciplinata fondamentalmente dalle seguenti leggi e decreti:

- DPCM 01/03/1991 (G.U. n. 57 dell'8/3/91) - Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno;
- Legge n. 447 del 26/10/1995 (G.U. 30/10/95) - Legge quadro sull'inquinamento acustico;
- Decreto 11 Dicembre 1996 Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo
- DECRETO 31/10/1997 (in Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 267 del 15 novembre 1997) Metodologia di misura del rumore aeroportuale.
- DPCM 14/11/1997 (G.U. n. 280 del 1/12/97) – Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore;
- DPCM 05/12/1997 (G.U. n. 297 del 22/12/97) – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;
- DMA 16/03/98 (G.U. n. 76 del 1/4/98) – Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico;
- DPR 18/11/1998, n. 459 Regolamento recante norme di esecuzione dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario.
- DPCM 16/04/1999, n.215 Regolamento recante norme per la determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante e di pubblico spettacolo e nei pubblici esercizi.
- DMA 20/05/1999 Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico
- DPR 09/11/1999 n. 476 "Regolamento recante modificazioni al decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997, n. 496, concernente il divieto di voli notturni."
- DMA 03/11/1999 "Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti".
- DMA 29/11/2000 Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.
- DPR 03/04/2001, n.304 Regolamento recante disciplina delle emissioni sonore prodotte nello svolgimento delle attività motoristiche, a norma dell'articolo 11 della legge 26 novembre 1995, n. 447.
- DPR 30/03/2004, n. 142 (Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare)
- Circolare 6/09/2004 Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio. Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali.

Limiti previsti dal D.P.C.M. 1/3/1991

| Zona | Limite diurno Leq(A) (06-22) | Limite notturno Leq(A) (22-06) |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Tutto il territorio nazionale | 70 dB | 60 dB |
| Zona A (D.M. 1444/68) | 65 dB | 55 dB |
| Zona B (D.M. 1444/68) | 60 dB | 50 dB |
| Zona esclusivamente industriale | 70 dB | 70 dB |

Classificazione del territorio comunale D.P.C.M. 14/11/1997

| |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CLASSE I - aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc. |
| CLASSE II – aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali ed artigianali. |
| CLASSE III - aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici. |
| CLASSE IV - aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie. |
| CLASSE V – aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni. |
| CLASSE VI – aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi. |

Valori limite assoluti di emissione - Leq in dB(A) D.P.C.M. 14/11/1997

| Classi di destinazione d'uso del territorio | | Tempi di riferimento | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | Diurno (06.00 - 22.00) | Notturmo (22.00 - 06.00) |
| I | aree particolarmente protette | 45 | 35 |
| II | aree prevalentemente residenziali | 50 | 40 |
| III | aree di tipo misto | 55 | 45 |
| IV | aree di intensa attività umana | 60 | 50 |
| V | aree prevalentemente industriali | 65 | 55 |
| VI | aree esclusivamente industriali | 65 | 65 |

Valori limite assoluti di immissione - Leq in dB(A) D.P.C.M. 14/11/1997

| Classi di destinazione d'uso del territorio | | Tempi di riferimento | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | Diurno (06.00 - 22.00) | Notturmo (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 |
| VI | aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

Valori di qualità – Leg in dB(A) D.P.C.M. 14/11/1997

| Classi di destinazione d'uso del territorio | | Tempi di riferimento | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | Diurno (06.00 - 22.00) | Notturmo (22.00 - 06.00) |
| I | aree particolarmente protette | 47 | 37 |
| II | aree prevalentemente residenziali | 52 | 42 |
| III | aree di tipo misto | 57 | 47 |
| IV | aree di intensa attività umana | 62 | 52 |
| V | aree prevalentemente industriali | 67 | 57 |
| VI | aree esclusivamente industriali | 70 | 70 |

L'articolo 4 del DPCM 14/11/1997 fissa inoltre i valori limite differenziali di immissione in 5 dB per il periodo diurno e in 3 dB per il periodo notturno, stabilendo anche i casi in cui detti limiti non si debbano applicare.

Il DPCM 05/12/97 dal titolo "Requisiti acustici passivi degli edifici" è entrato in vigore il 21 febbraio '98 ed è il decreto attuativo per l'edilizia della legge quadro sull'inquinamento acustico 447/95.

Il decreto definisce e fissa i limiti di rispetto dei requisiti acustici che i nuovi edifici devono rispettare; tali requisiti sono definiti "passivi" perché intrinseci agli elementi strutturali e di partizione dell'edificio stesso.

Le grandezze cui far riferimento per l'applicazione del suddetto decreto, sono definite nell'Allegato A, che ne costituisce parte integrante.

La tabella che segue riassume le categorie di intervento di competenza del decreto (ovvero tutta l'edilizia con l'esclusione degli edifici artigianali e industriali, per i quali si deve fare riferimento ad altri decreti attuativi della 447).

classificazioni degli ambienti abitativi (Art. 2)

| |
|------------------------------------------------------------------------------------------|
| - categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili; |
| - categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili; |
| - categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili; |
| - categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili; |
| - categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili; |
| - categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili; |
| - categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili. |

A partire dalla classificazione in categorie di edificio della tabella A, vengono definiti i limiti che i requisiti acustici passivi devono garantire (vedi tabella seguente).

requisiti acustici degli edifici, dei loro componenti e degli impianti

| Categorie di cui alla Tab. A | Parametri | | | | |
|---------------------------------|-----------|---------------|-----------|-------------|-----------|
| | R_w (*) | $D_{2m,nT,w}$ | $L_{n,w}$ | L_{ASmax} | L_{Aeq} |
| 1. D | 55 | 45 | 58 | 35 | 25 |
| 2. A, C | 50 | 40 | 63 | 35 | 35 |
| 3. E | 50 | 48 | 58 | 35 | 25 |
| 4. B, F, G | 50 | 42 | 55 | 35 | 35 |

(*) Valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Ai parametri in precedenza citati il D.P.C.M. attribuisce il seguente significato:

R_w = potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti;

$D_{2m,nT,w}$ = indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata;

$L_{n,w}$ = indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato;

$L_{A_{max}}$ = livello di pressione sonora massimo ponderato A misurato con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;

$L_{A_{eq}}$ = livello di pressione sonora equivalente ponderato A per i servizi a funzionamento continuo

Il requisito acustico passivo della struttura sottoposta a test s'intende rispettato quando:

- Potere fonoisolante: il valore sperimentale risulta superiore al limite di riferimento
- Isolamento di facciata: il valore sperimentale risulta superiore al limite di riferimento
- Calpestio: il valore sperimentale risulta inferiore al limite di riferimento
- Rumorosità degli impianti: il valore sperimentale risulta inferiore al limite di riferimento

Il DPCM stabilisce espressamente che i requisiti siano soddisfatti in opera e quindi l'unico modo per accertarsi della rispondenza alla norma è fare un collaudo acustico con prove a campione ad edificio ultimato.

L'unico processo in grado di fornire risultati certi è quindi quello composto da: progettazione, posa in opera corretta, collaudo.

2.2 Normativa regionale

Il principale riferimento normativo a livello regionale è la Legge Regionale del 09/05/2001, n.15 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico". All'articolo 10 vengono riportate le disposizioni per l'impatto acustico.

Art. 10 Disposizioni in materia di impatto acustico

[.....]

3. La documentazione di previsione di impatto acustico, redatta sulla base dei criteri fissati dalla Regione entro sessanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge, è allegata, ai sensi del comma 4 dell'art. 8 della Legge n. 447 del 1995 alle domande per il rilascio:

- a) di concessioni edilizie relative a nuovi impianti ed infrastrutture adibite ad attività produttive, sportive e ricreative ed a postazioni di servizi commerciali polifunzionali;*
- b) di altri provvedimenti comunali di abilitazione all'utilizzazione degli immobili e delle infrastrutture di cui alla lett. a);*
- c) di qualunque altra licenza od autorizzazione finalizzata all'esercizio di attività produttive.*

4. I criteri di cui al comma 3 prevedono modalità semplificate per la documentazione di previsione di impatto acustico relativamente alle attività produttive che non utilizzano macchinari o impianti rumorosi ovvero che non inducono significativi aumenti di flussi di traffico.

[....]

6. Qualora in luogo della domanda di rilascio dei provvedimenti di cui al comma 3 sia prevista la denuncia di inizio di attività, od altro atto equivalente, la documentazione prescritta deve essere tenuta dal titolare dell'attività e deve essere presentata a richiesta dell'autorità competente al controllo.

7. La documentazione di impatto acustico prescritta ai sensi dei commi precedenti, qualora i livelli di rumore previsti superino i valori limite di immissione ed emissione definiti dal D.P.C.M. 14 novembre 1997, ai sensi dell'art. 3, comma 1, lett. a) della Legge n. 447 del 1995, deve contenere l'indicazione delle misure previste per ridurre o eliminare le emissioni sonore causate dall'attività o dagli impianti.

8. I Comuni entro centottanta giorni dall'entrata in vigore della presente legge provvedono ad adeguare i propri regolamenti relativi al rilascio delle concessioni, autorizzazioni e provvedimenti di cui ai commi precedenti.

I criteri per la valutazione di impatto ambientale a livello regionale sono contenuti nella Delibera della Giunta Regionale del 14/04/2004 n. 673 "Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della LR 9/05/01, n.15 recante "Disposizioni in materia di inquinamento acustico"

L'articolo 6 riporta le specifiche della valutazione per i Centri commerciali e grandi strutture di vendita, discoteche, circoli privati e pubblici esercizi, impianti sportivi e ricreativi.

- 1. La documentazione di previsione di impatto acustico relativa ai centri commerciali e alle grandi strutture di vendita, di cui al D. Lgs. 31 marzo 1998, n. 114 recante "Riforma della disciplina relativa al settore del commercio, a norma dell'art. 4, comma 4, della L. 15 marzo 1997 n. 59" deve contenere, oltre a quanto previsto all'articolo 1, i dati e le informazioni di seguito elencate:*
 - a) tipologia e caratteristiche dei locali o delle strutture;*
 - b) eventuali modificazioni al regime di traffico veicolare esistente nella zona indotte dall'insediamento;*
 - c) descrizione delle attività, degli impianti, delle apparecchiature con riferimento alle sorgenti di rumore previste (carico/scarico merci, ventilazione, condizionamento, refrigerazione, diffusione sonora, etc.). Per le sorgenti che danno origine ad immissioni sonore nell'ambiente esterno o abitativo occorre indicare la loro puntuale collocazione, specificando se è interna od esterna, le modalità e i tempi di funzionamento. La descrizione delle sorgenti può essere dedotta da dati relativi ai livelli di potenza sonora e/o ai livelli sonori a distanza nota forniti dal produttore o disponibili in letteratura oppure ottenuti con misure fonometriche effettuate su impianti o apparecchiature dello stesso tipo;*
 - d) i livelli sonori (post operam) previsti al confine di proprietà ed ai ricettori presenti al di fuori. Tali livelli devono tenere conto delle caratteristiche di emissione delle sorgenti sonore (presenza di componenti impulsive, tonali e tonali in bassa frequenza) e consentire altresì di valutare il rispetto dei valori limite differenziali negli ambienti abitativi;*
 - e) dati e notizie specifiche devono inoltre essere fornite per le aree attrezzate per il carico e lo scarico merci e le aree destinate a parcheggio se le stesse sono prossime ad aree esterne con presenza di ambienti abitativi.*
- 2. La documentazione di previsione di impatto acustico per le discoteche e per gli impianti sportivi e ricreativi (intendendo per impianti ricreativi strutture fisse e permanenti, anche ad esercizio stagionale, come parchi divertimenti, impianti con giochi acquatici, luna park, etc.) deve contenere, oltre a quanto previsto all'articolo 1, i dati e le informazioni di seguito elencate:*
 - a) tipologia e caratteristiche dei locali o delle strutture;*
 - b) eventuali modificazioni al regime di traffico veicolare esistente nella zona indotte dall'insediamento;*
 - c) descrizione degli impianti e delle apparecchiature con riferimento alle sorgenti di rumore previste (ventilazione, condizionamento, refrigerazione, diffusione sonora, etc.). Per le sorgenti che danno origine ad immissioni sonore nell'ambiente esterno o abitativo occorre indicare la loro puntuale collocazione, specificando se è interna od esterna, le modalità e i tempi di funzionamento. La descrizione delle sorgenti può essere dedotta da dati relativi ai livelli di potenza sonora e/o ai livelli sonori a distanza nota, forniti dal produttore o disponibili in letteratura oppure ottenuti con misure fonometriche effettuate su sorgenti sonore dello stesso tipo;*

- d) i livelli sonori (post operam) previsti al confine di proprietà ed ai ricettori presenti al di fuori, considerando anche la rumorosità connessa alla presenza degli avventori, all'utilizzo delle zone di parcheggio e degli spazi utilizzati per l'accesso ed il deflusso dei mezzi di trasporto e delle persone. Tali livelli devono tener conto delle caratteristiche di emissione delle sorgenti sonore (presenza di componenti impulsive, tonali e tonali in bassa frequenza) e consentire altresì di valutare il rispetto dei valori limite differenziali negli ambienti abitativi;
- e) per i locali collocati all'interno o strutturalmente connessi ad edifici con destinazioni ad ambiente abitativo occorre fornire la descrizione delle caratteristiche acustiche passive degli elementi strutturali attraverso i quali può avvenire la propagazione del suono.

In sostanza, in ambito amministrativo vige la legislazione nazionale, che impone la valutazione previsionale di impatto acustico per le attività che possono creare disturbo, da redigere con modalità definite da regolamenti regionali o comunali (con riferimento alla zonizzazione acustica).

I limiti acustici da non superare sono quelli precedentemente citati, che sono di tipo assoluto e differenziale.

2.3 Criteri Ambientali Minimi

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'«Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici» sono riportati nell'allegato al Decreto ministeriale 11 ottobre 2017 (che aggiorna il DM 24 dicembre 2015 e il DM 11 gennaio 2017)

Il documento s'inserisce nel Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della Pubblica Amministrazione (PANGPP) per ridurre l'impatto ambientale degli interventi di nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione degli edifici e aumentare il numero di appalti verdi.

Nell'Allegato 2 al Paragrafo 2.3.5.6 si legge che:

- I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della Classe II della norma 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 |

- L'isolamento acustico tra ambienti di uso comune ed ambienti abitativi deve rispettare almeno i valori caratterizzati come "prestazione buona" nell'Appendice B della UNI 11367

| Livello prestazionale | Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi | |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| | Ospedali e scuole | Altre destinazioni d'uso |
| Prestazione ottima | ≥ 34 | ≥ 40 |

| | | |
|---------------------|-----------|-----------|
| Prestazione buona | ≥ 30 | ≥ 36 |
| Prestazione di base | ≥ 27 | ≥ 32 |
| Prestazione modesta | ≥ 23 | ≥ 28 |

- 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.

Nello stesso documento sono riportate le caratteristiche che devono possedere gli isolanti acustici in termini di materiale. Il D.M. specifica che i progettisti dovranno evidenziare il rispetto dei criteri di acustica sia in fase di progetto che in fase di verifica finale. In particolare sarà necessario realizzare un progetto acustico ante-operam e una relazione di conformità basata su misure acustiche al termine dei lavori.

Vista la tipologia di intervento è opportuno segnalare che le succitate norme non trovano diretta applicazione, in quanto esse sono valide per ambienti con volumi ridotti e con diversa destinazione d'uso.

In generale per i teatri valgono target di progetto non normati, che sono il frutto di esperienza comune e condivisa su testi scientifici, che richiama alcuni indici acustici di interesse e per essi fornisce dei range di valori per definire la qualità soggettiva ed oggettiva degli ambienti.

Approfondimento a seguire alcuni aspetti di norme già sopra citate, che richiamano alcuni indici acustici con relativi valori di qualità, le cui definizioni saranno date nel Capitolo 3 - Il Suono: il Fenomeno Fisico.

2.3.1 UNI 11367

Nell'appendice C della norma UNI 11367:2010 vengono definiti i parametri per valutazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti.

C.2 I descrittori acustici C₅₀ e STI

Le caratteristiche interne di un ambiente, soprattutto quando sia essenziale garantire una buona intelligibilità del parlato, possono essere ben descritte attraverso i parametri C₅₀(chiarezza) e STI (speechtransmissionindex). Nel prospetto C.1 sono riportati i valori consigliati per ognuna delle due grandezze citate, in relazione ad ambienti in cui la comprensione del parlato sia il requisito principale, e ad ambienti dedicati ad attività per le quali è sufficiente il controllo della riverberazione acustica (per esempio attività sportive).

prospetto C.1 Valori consigliati dei parametri C₅₀ e STI

| | C ₅₀ dB | STI dB |
|---------------------------------------|--------------------|------------|
| Ambienti adibiti al parlato | ≥ 0 | $\geq 0,6$ |
| Ambienti adibiti ad attività sportive | ≥ -2 | $\geq 0,5$ |

Le modalità di misurazione e di valutazione sono descritte nella serie UNI EN ISO 3382 e nella CEI EN 60268-16.

C.3 il tempo di riverberazione

Nella pratica corrente è molto diffuso, per quanto generalmente meno affidabile, l'utilizzo del tempo di riverberazione T per valutare le caratteristiche acustiche interne di un ambiente.

I valori ottimali del tempo di riverberazione medio fra 500 Hz e 1 000 Hz sono ricavabili dalle espressioni seguenti:

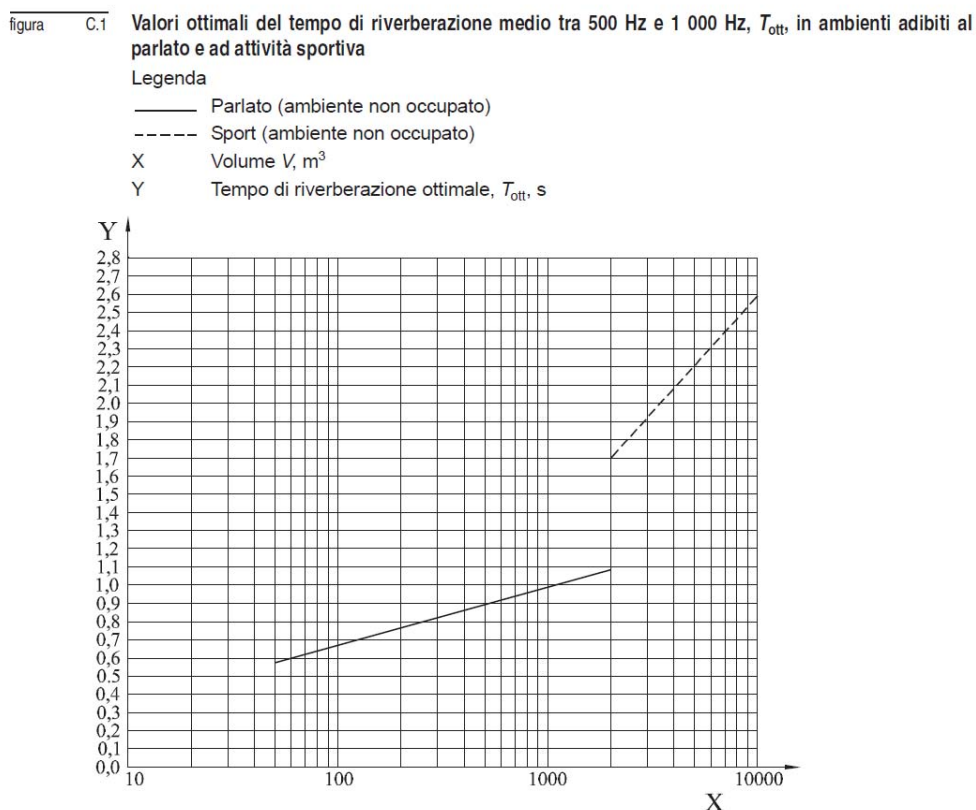
$T_{ott} = 0,32 \lg(V) + 0,03$ [s] (ambiente non occupato adibito al parlato) (C.1)

$T_{ott} = 1,27 \lg(V) - 2,49$ [s] (ambiente non occupato adibito ad attività sportive) (C.2)

dove:

V è il volume dell'ambiente, in metri cubi.

Nel diagramma in figura C.1 è rappresentato T_{ott} in funzione del volume V , in accordo con le formule (C.1) e (C.2).



Si suggerisce che i risultati ottenuti dalle misurazioni di tempo di riverberazione T ad ambiente non occupato, rispettino il seguente criterio, in tutte le bande di ottava comprese fra 250 Hz e 4 000 Hz:

$T \leq 1,2 T_{ott}$

2.3.2 UNI 3382

La norma specifica i metodi per la misurazione del tempo di riverberazione e di altri parametri acustici nelle sale da spettacolo. Essa descrive le procedure di misurazione, l'apparecchiatura necessaria, la copertura richiesta e il metodo per la valutazione dei dati e la stesura del rapporto di prova. Essa è destinata all'applicazione delle moderne tecniche di misura digitale e alla valutazione di parametri acustici delle sale derivate dalla risposta a un impulso.

2.3.3 UNI 11532

La norma è attualmente stata completata per la parte 1 Requisiti Generali e la parte 2 Settore Scolastico non trova applicazione al caso in esame.

3 Il Suono: Il Fenomeno Fisico

Il presente capitolo non ha la presunzione di essere un trattato scientifico sul fenomeno fisico del rumore, ma ha lo scopo di fornire le conoscenze di base agli operatori tecnici (architetti, ingegneri, geometri ed impresari) che interverranno nelle successive fasi di progettazione e di cantiere, in modo da comprendere le esigenze e le specifiche tecniche per la componente acustica del progetto.

3.1 Generalità sul Suono e Rumore

Il suono è una perturbazione meccanica di carattere oscillatorio che si propaga in un mezzo elastico (gas, liquido, solido), senza trasporto di materia.

Una sorgente sonora può essere costituita da qualsiasi oggetto, dispositivo, macchina o essere vivente atto a produrre emissioni sonore. Il corpo elastico, messo in vibrazione, crea una serie di compressioni e rarefazioni delle molecole dell'aria, che a loro volta trasmettono la perturbazione a quelle adiacenti e così via, producendo l'onda sonora.

3.2 Il Rumore ed il Disturbo

Il rumore, inteso come suono indesiderato, costituisce una forma di inquinamento che riceve una sempre maggiore attenzione, a seguito di una più diffusa sensibilità sul tema, seguita dall'introduzione di specifiche normative di settore.

Esso può essere fonte di disagi e, a livelli estremi, anche di danni fisici per le persone esposte.

Le componenti fondamentali del rumore da considerare ai fini della protezione ambientale sono:

- la frequenza;
- l'intensità;
- la durata.

La frequenza corrisponde a quella che comunemente viene chiamata "l'altezza del suono" e risulta un parametro determinante nella percezione sonora dell'orecchio umano.

L'intensità corrisponde al livello di sensazione sonora e si misura usualmente in decibel (dB), funzione del rapporto tra l'intensità di un suono e l'intensità minima del suono che l'orecchio umano può percepire (soglia dell'udito).

L'inquinamento acustico di un ambiente presenta caratteristiche differenti in funzione della tipologia delle sorgenti sonore presenti, che possono essere così classificate:

- sorgenti fisse costituite da impianti produttivi e servizi;
- sorgenti mobili costituite dal traffico in tutte le sue forme;
- rumore causato dalle attività antropiche, riscontrabile nelle zone di intensa attività umana e nei centri storici.

La tabella che segue riporta, in termini generali, le situazioni tipiche di rumorosità, evidenziando con immediatezza le sorgenti di rumore particolarmente critiche all'interno dei centri urbani.

livelli di pressione sonora (dBA) e situazioni tipiche di rumorosità (Fonte: OCSE)

| | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 120 | Rumore di aereo in zona di decollo |
| 110 | Musica rock |
| 100 | Martello pneumatico (a 1 m); abitazioni prossime ad aeroporto; motocicletta in accelerazione (a 7 m). |
| 90 | Metropolitana di modello vecchio; camion o autobus (a 7 m); macinacaffè, frullatore (a 60 cm). |
| 80 | Strada di attraversamento a traffico intenso; metropolitana con ruote gommate. |
| 70 | Abitazioni prossime ad autostrade; ufficio rumoroso. |
| 60 | Interno di edificio con finestra aperta su strada a traffico intenso |
| 50 | Interno di edificio con finestra chiusa su strada a traffico intenso |
| 40 | Stanza di soggiorno tranquilla |
| 30 | Stanza da letto silenziosa; fruscio di foglie. |
| 20 | Studio di registrazione radiofonica; deserto. |

I possibili effetti dannosi del rumore sull'uomo possono riguardare sia l'apparato uditivo che l'organismo in generale. Sull'apparato uditivo il rumore agisce con modalità diverse a seconda che esso sia forte ed improvviso o che abbia carattere di continuità.

Nel primo caso sono da attendersi, a seconda dell'intensità, lesioni riguardanti la membrana timpanica (rotture, fori ecc.). Nel secondo caso, il rumore arriva alle strutture nervose dell'orecchio interno provocandone, per elevate intensità, un danneggiamento consistente in una riduzione della trasmissione degli stimoli nervosi del cervello, dove vengono tradotti in sensazione sonora.

La conseguente diminuzione della capacità uditiva ha generalmente carattere di reversibilità: cessato lo stimolo sonoro la funzione uditiva rientra nella normalità con un tempo di recupero, dipendente sia da fattori individuali (età, condizioni di salute ecc.) che dai tempi e livelli di esposizione.

Perdite irreversibili dell'udito, evidenziate da spostamenti permanenti di soglia e diagnosticabili da misure audiometriche, caratterizzano invece la sordità professionale.

Nella Tabella seguente vengono riassunti molto schematicamente alcuni effetti fisiologici derivanti dall'esposizione a fonti di rumore.

livelli di pressione sonora ed influenza sul corpo umano

| Livello di intensità sonora [dB(A)] | Caratteristiche della fascia di livelli di intensità sonora |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 - 35 | Rumore che non arreca fastidio né danno |
| 36 - 65 | Rumore fastidioso e molesto che può disturbare il sonno e il riposo |
| 66 - 85 | Rumore che affatica e disturba, capace di provocare danno psichico e neurovegetativo ed in alcuni casi danno uditivo |
| 86 - 115 | Rumore che produce danno psichico e neurovegetativo, che determina effetti specifici a livello auricolare e che può indurre malattie psicosomatiche |
| 116 - 130 | Rumore pericoloso: prevalgono gli effetti specifici su quelli psichici e neurovegetativi |
| 131 - 150 ed oltre | Rumore molto pericoloso impossibile da sopportare senza adeguata protezione; insorgenza immediata o comunque molto rapida del danno |

Generalmente il deficit uditivo si manifesta alle frequenze di 4.000 Hz e si accentua progressivamente fino ad interessare le frequenze della voce parlata (circa 1.000 Hz).

E' generalmente riconosciuto che livelli sonori compresi tra 36 e 65 dB(A) possono risultare fastidiosi e disturbare il sonno, livelli compresi tra 66 e 85 dB(A) sono tali da recare disturbo ed affaticamento e da poter determinare effetti di tipo psichico e neurovegetativo.

La valutazione oggettiva del rischio uditivo, così come per molti altri parametri di inquinamento ambientale, si rivela problematica in quanto si tratta di rendere omogeneo il fenomeno fisico rumore, con una percezione fisiologica e soggettiva come la sensazione uditiva.

Il parametro che viene solitamente considerato come riferimento per le valutazioni acustiche è il livello sonoro continuo equivalente (L_{eq}) che esprime la media dell'energia sonora diffusa nell'intervallo temporale di riferimento.

3.3 Parametri Acustici di Qualità degli Ambienti Chiusi

Per la qualità acustica degli ambienti destinati all'ascolto, requisiti essenziali sono l'assenza di disturbo e la buona ricezione. Parlando di assenza di disturbo si può intendere non solo l'assenza di un rumore di fondo che maschera il suono, provocando una riduzione di intelligibilità del parlato, ma anche l'assenza di un suono non gradito in grado di provocare una sensazione uditiva sgradevole e fastidiosa.

La buona ricezione è legata alla presenza di un sufficiente livello sonoro in ambiente e alla percezione ottimale delle onde sonore dirette e riflesse dalle superfici dell'ambiente, sia per quanto riguarda la loro composizione in frequenza, sia per quanto riguarda gli sfasamenti temporali che le caratterizzano.

3.3.1 Rumore di fondo

Un parametro fondamentale, che va controllato per garantire la buona comprensione della parola e un buon comfort acustico interno, è il rumore di fondo. Con questo termine si indica il rumore presente nell'ambiente in assenza di attività

ed è dato dai contributi sonori delle sorgenti che si collocano all'esterno dell'aula (traffico veicolare, rumore aereo e di calpestio proveniente da altri ambienti) o all'interno di essa (impianti tecnologici e bocchette di ventilazione).

La minimizzazione del rumore di fondo si ottiene grazie all'attenta progettazione dei requisiti acustici passivi dell'edificio e dell'attenuazione del rumore degli impianti tecnologici.

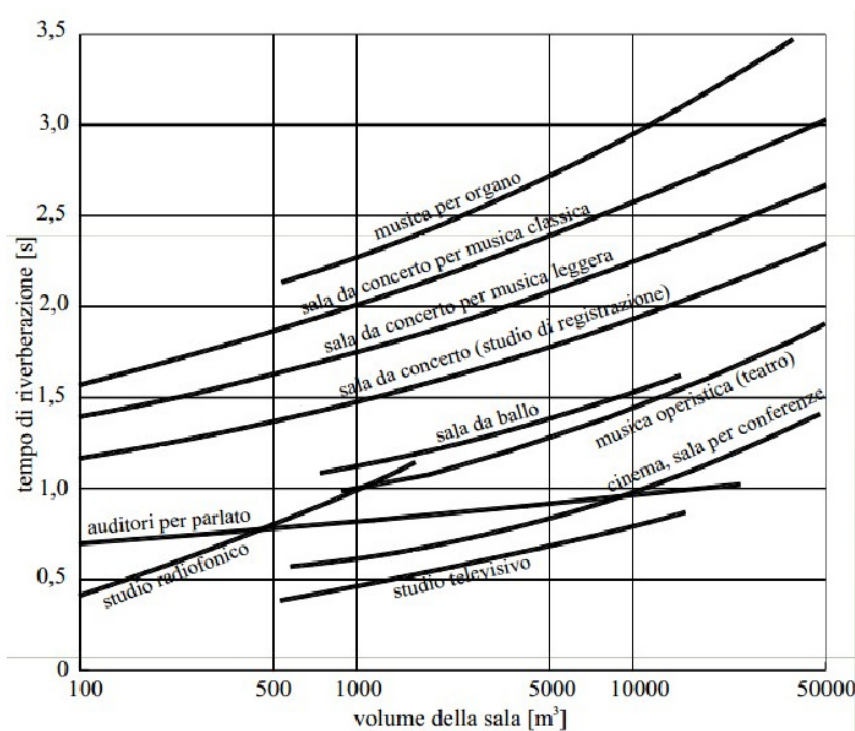
3.3.2 Tempo di riverberazione (TR)

Il tempo di riverberazione T_{60} è la durata in secondi necessaria affinché il livello di pressione sonora generato da una sorgente sonora in un ambiente in condizioni stazionarie e di saturazione si riduca 60 dB, dopo che è cessata l'emissione da parte della sorgente sonora medesima.

Se il tempo di riverberazione è troppo lungo, o comunque inadeguato, l'ambiente si dice riverberante o rimbombante e i suoni tendono a fondersi riducendo la comprensibilità del parlato o "legando" eccessivamente la musica.

Il tempo di riverberazione viene valutato secondo quanto previsto dalla norma ISO 3382 partendo dal tempo decadimento di 20 dB (T_{20}).

Il tempo di riverbero ottimale in relazione alla destinazione d'uso del locale è espresso nella figura seguente.



Tempi di riverbero ottimali in funzione delle varie destinazioni d'uso dei locali.

3.3.3 Indici di chiarezza (C_{50} e C_{80})

Il parametro chiarezza esprime il rapporto tra l'energia che giunge all'orecchio entro i primi 80 o 50 ms e l'energia che perviene negli istanti successivi, ovvero è il rapporto tra energia diretta unita all'energia delle prime riflessioni ed energia delle successive riflessioni.

I valori di indice precoce-tardivo C_{50} e C_{80} vengono definiti come il rapporto tra l'arrivo precoce e quello tardivo dell'energia sonora secondo la formula seguente.

$$C_{t_0} = 10 \log \left(\frac{\int_0^{t_0} p^2(t) dt}{\int_{t_0}^{\infty} p^2(t) dt} \right) [dB]$$

Dove:

C_{t_0} definisce l'indice precoce-tardivo;

t_0 è il limite di tempo precoce di 50 ms o di 80 ms (generalmente C_{80} è chiamato "chiarezza")

I valori ottimali proposti in letteratura sono:

$-12 < C_{50} < -6$ comprensione pessima

$-6 < C_{50} < +4$ accettabile

$+4 < C_{50} < +10$ buona

$+10 < C_{50} < +18$ ottima

$-12 < C_{80} < -2$ musica per organo

$-2 < C_{80} < +2$ musica sinfonica

$+1 < C_{80} < +3$ opera

$+6 < C_{80} < +10$ musica leggera

In generale quando il parametro di chiarezza C_{80} risulta maggiore di 3 dB esso assicura una buona intelligibilità della parola.

3.3.4 Speech Transmission Index (STI)

L'indice STI (Speech Transmission Index) ha lo scopo di quantificare in modo oggettivo l'intelligibilità del parlato in una specifica posizione di un ambiente, quando il "parlato" viene prodotto attraverso un segnale normalizzato in un'altra specifica posizione dell'ambiente stesso.

Il metodo di misura associa le caratteristiche dell'ambiente con la funzione di trasferimento determinata dal confronto fra il segnale con cui si alimenta un altoparlante di test o il sistema di amplificazione residente e il segnale microfonico nella postazione in cui occorre determinare lo STI. Il risultato della misura è un numero compreso tra 0 (nessuna intelligibilità) e 1 (intelligibilità molto elevata), la tabella seguente, presa dalla versione in lingua inglese della norma IEC 60268-16, riporta i valori attesi di STI in varie categorie di ambienti

Table G.1 – Examples between STI qualification bands and typical applications

| Category | Nominal STI value | Type of message information | Examples of typical uses (for natural or reproduced voice) | Comment |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| A+ | >0,76 | | Recording studios | Excellent intelligibility but rarely achievable in most environments |
| A | 0,74 | Complex messages, unfamiliar words | Theatres, speech auditoria, parliaments, courts, Assistive Hearing Systems (AHS) | High speech intelligibility |
| B | 0,7 | Complex messages, unfamiliar words | | |
| C | 0,66 | Complex messages, unfamiliar words | Theatres, speech auditoria, teleconferencing, parliaments, courts | High speech intelligibility |
| D | 0,62 | Complex messages, familiar words | Lecture theatres, classrooms, concert halls | Good speech intelligibility |
| E | 0,58 | Complex messages, familiar context | Concert halls, modern churches | High quality PA systems |
| F | 0,54 | Complex messages, familiar context | PA systems in shopping malls, public buildings' offices, VA systems, cathedrals | Good quality PA systems |
| G | 0,5 | Complex messages, familiar context | Shopping malls, public buildings' offices, VA systems | Target value for VA systems |
| H | 0,46 | Simple messages, familiar words | VA and PA systems in difficult acoustic environments | Normal lower limit for VA systems |
| I | 0,42 | Simple messages, familiar context | VA and PA systems in very difficult spaces | |
| J | 0,38 | | Not suitable for PA systems | |
| U | <0,36 | | Not suitable for PA systems | |
| NOTE 1 These values should be regarded as minimum target values. | | | | |
| NOTE 2 Perceived intelligibility relating to each category will also depend on the frequency response at each listening position. | | | | |
| NOTE 3 The STI values refer to measured values in sample listening positions or as required by specific application standards. | | | | |

4 Acustica Ambientale

4.1 Descrizione dell'Area

Il teatro della Concordia è situato nel centro storico di Portomaggiore, in una delle vie principali del centro abitato (Corso Vittorio Emanuele). La zona è residenziale con presenza di attività commerciali.

Limitrofi all'edificio sono presenti ricettori residenziali, anche in connessione strutturale.

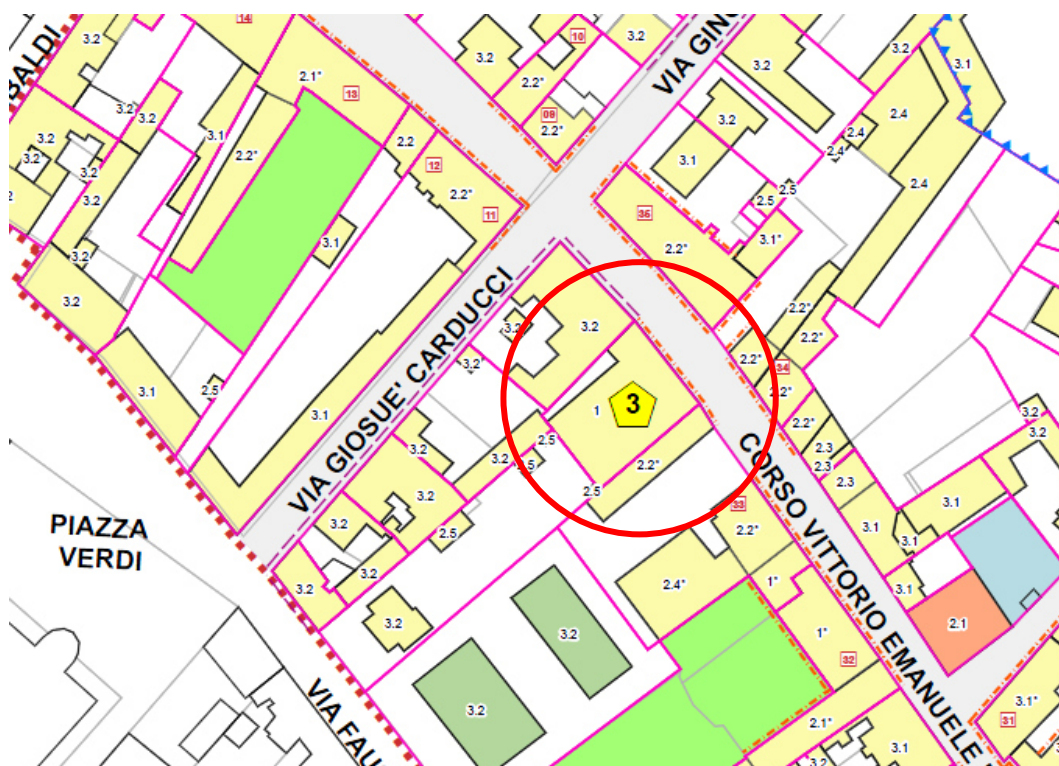
Nella figura seguente si riporta la vista satellitare dell'area in oggetto con individuazione dell'edificio ospitante il teatro.








Vista satellitare dell'area

4.2 Zonizzazione Acustica e POC

Il Piano Operativo Comunale "POC" vigente classifica la categoria di intervento del fabbricato come "restauro scientifico". L'immobile è soggetto a vincoli di tutela ai sensi del D.Lgs. 42/2004 ai sensi del "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio".



TEMATISMI POC

-  P1 - Parcheggi pubblici di urbanizzazione primaria
-  P3 - Parcheggi pertinenziali ad uso pubblico
-  1 - Messa in sicurezza Scuola Primaria Portomaggiore
-  2 - Ristrutturazione e riqualificazione Centro Sportivo Comunale (art. 5.2 bis del 2° POC)
-  3 - Recupero Teatro Concordia


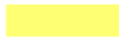



Piano Operativo Comunale Portomaggiore

La Zonizzazione Acustica Comunale (ZAC) del Comune di Portomaggiore costituisce parte integrante del 2° POC approvato con Delibera di Consiglio Unione n. 2 del 16.03.2017. in base alla cartografia della ZAC l'area di interesse appartiene alla Classe III (aree di tipo misto): rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici, con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici.



LEGENDA

STATO DI FATTO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|  | Classe I (diurni 50dB, notturni 40dB) |
|  | Classe II (diurni 55dB, notturni 45dB) |
|  | Classe III (diurni 60dB, notturni 50dB) |
|  | Classe IV (diurni 65dB, notturni 55dB) |
|  | Classe V (diurni 70dB, notturni 60dB) |

Zonizzazione Acustica Comunale Portomaggiore

4.3 La Campagna di Misura

Le misure sono state condotte utilizzando la strumentazione di seguito indicata, della quale si forniscono i certificati di taratura e di conformità nell'Allegato 2 (Certificati di taratura della strumentazione):

- fonometro integratore L & D 831, numero di serie 0001980;
- preamplificatore PRM 831 numero di serie 015253;
- microfono PCB modello 377B02 numero di serie 111975;
- fonometro integratore L & D 831, numero di serie 0002515;
- preamplificatore PRM 831 numero di serie 017040;
- microfono PCB modello 377B02 numero di serie 142654;
- calibratore di livello sonoro CAL 200 numero di serie 5609;
- software di elaborazione dati NWW;

Il sistema di misura soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle norme EN 50651/1994 EN 0804/1994.

La misura di livello equivalente è stata effettuata con un fonometro conforme alla classe 1 delle norme EN 60651/1994 e EN 60804/1994 ai sensi dell'Art. 2 comma 1 del Decreto 16 marzo 1998.

I filtri ed i microfoni utilizzati per le misure sono conformi, rispettivamente, alle norme EN 61620/1995 (IEC 1260) e EN 61094-1/1994, EN 61094-2/1993, EN 61094-3/1995, EN 61094-4/1995. Il calibratore è conforme alle norme CEI 29-4, ai sensi dell'Art. 2 comma 2 del decreto 16 Marzo 1998.

La strumentazione e/o la catena di misura, prima e dopo ogni ciclo di misura, è stata controllata con un calibratore di classe 1, secondo la norma IEC 942/1988.

Tutta la strumentazione utilizzata è stata sottoposta alla calibrazione biennale prevista dall'art. 2 comma 3 del decreto 16 marzo 1998 (si allega certificato di taratura).

Le calibrazioni effettuate prima e dopo ogni ciclo di misura hanno evidenziato livelli che differiscono dal valore di calibrazione meno di 0,5 dB, come previsto dall'art. 2 comma 3 del Decreto 16 marzo 1998.

Si è valutato di effettuare il rilievo in un punto di misura all'interno dell'area oggetto di intervento.

Il microfono è stato posizionato su un cavalletto a 1.5 m dal piano campagna, è stato dotato di cuffia antivento per la presenza di una leggera brezza; le condizioni ambientali sono state adeguate per l'esecuzione della campagna di misura.

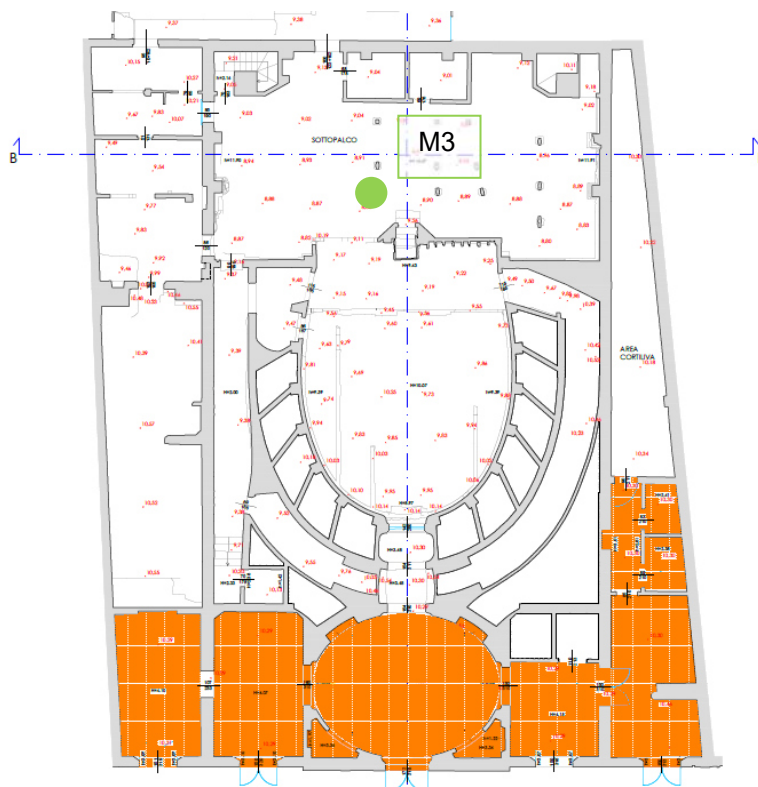
Le misure sono state condotte nella giornata di giovedì 2 luglio 2020, in periodo diurno e notturno.

- | | |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| – Condizioni meteorologiche: | tempo sereno durante il rilievo |
| – Velocità del vento: | quasi totale assenza di vento |
| – Direzione del vento: | variabile |
| – Tempo di riferimento: | periodo diurno (dalle 06:00 alle 22:00) periodo notturno (dalle 22:00 alle 06:00) |

Sono stati scelti n.2 punti di misura in ambiente esterno e n.1 punto di misura in ambiente interno a finestre chiuse, atto a fornire l'indicazione del residuo presente nelle abitazioni in connessione strutturale. Non è stato possibile accedere ad altre posizioni di misura significative



Punti di misura in ambiente esterno



Punto di misura in ambiente interno

Nella tabella seguente si riporta il risultato delle misure; il valore di L_{Aeq} è stato approssimato allo 0.5 più vicino come richiesto dal Decreto 16/03/1998 Allegato B art. 3. I report di misura sono forniti in allegato.

Risultati misure in sito

| Numero misura | Fonometro | Punto di misura | Periodo | Ora inizio | Durata [min:sec] | L_{Aeq} [dB(A)] | L_{95} [dB(A)] |
|---------------|-----------|-----------------|----------|------------|------------------|-------------------|------------------|
| 12 | 2515 | M1 | Diurno | 20:04:31 | 15:14 | 54.0 | 40.4 |
| 13 | 2515 | M2 | Diurno | 20:21:26 | 15:42 | 51.0 | 38.2 |
| 14 | 2515 | M3 | Notturmo | 22:25:13 | 41:48 | 26.0 | 18.2 |
| 5 | 1980 | M1 | Notturmo | 22:29:50 | 21:27 | 49.0 | 33.6 |
| 6 | 1980 | M2 | Notturmo | 22:53:48 | 20:51 | 46.5 | 31.8 |

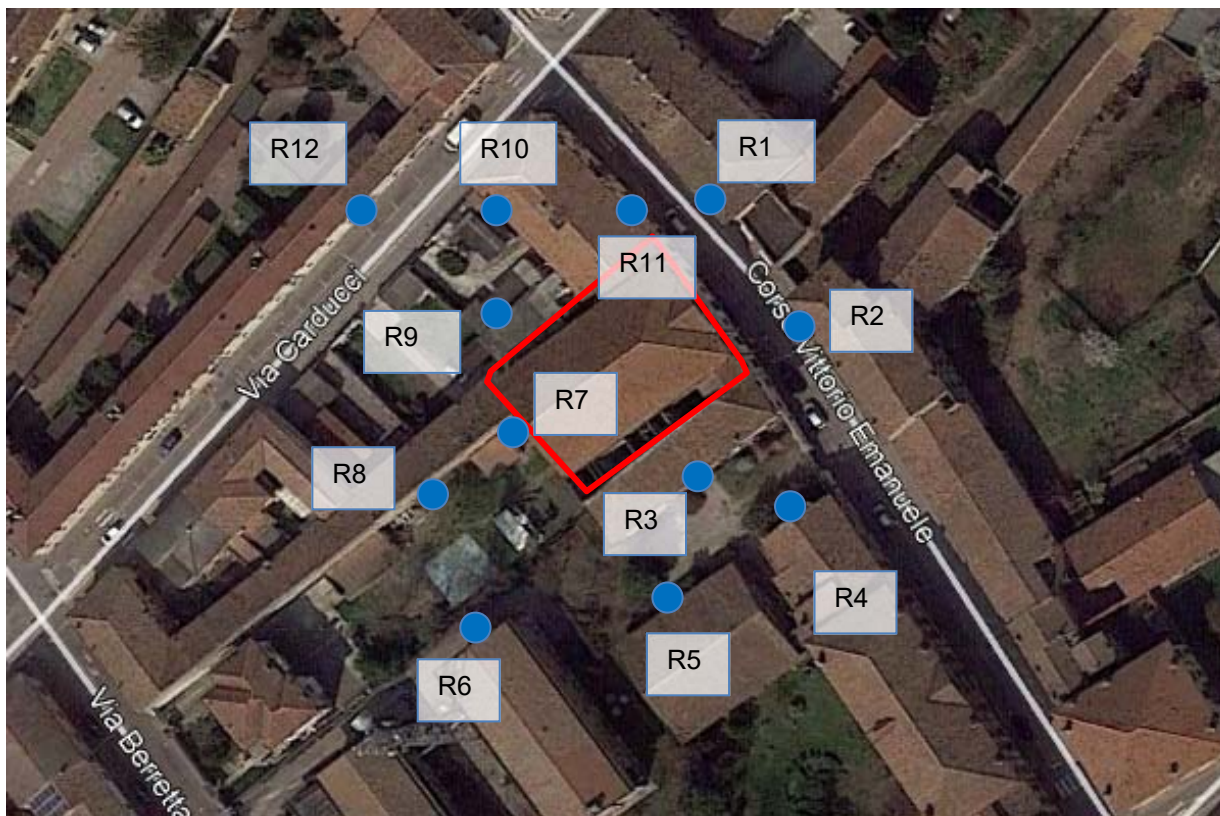
L'edificio si trova in classe acustica III (limiti di immissione sono a 60 dB(A) nel periodo diurno e 50 dB(A) nel periodo notturno). I valori di L_{eq} rilevati durante la campagna di misura nei punti M1 ed M2 e riportati nella tabella precedente configurano il rispetto di tali limiti.

4.4 I ricettori

I ricettori considerati sono costituiti dagli edifici residenziali più prossimi. Per quanto riguarda gli ambienti abitativi posti in connessione strutturale, tra essi e l'ambiente principale del teatro sono posti locali tecnici che forniscono una

schermatura alla propagazione del rumore; saranno attentamente studiati i materiali e la posa in opera degli elementi edilizi, al fine di minimizzare il rumore trasmesso. Si valuta pertanto trascurabile l'impatto verso tali ricettori.

I ricettori considerati sono evidenziati nella immagine seguente.



Individuazione ricettori

4.5 Le Sorgenti Sonore

Per la valutazione in esame vengono considerate le seguenti sorgenti sonore:

- attività all'interno del teatro;
- impianti;
- rumore nelle aree esterne: traffico indotto e mezzi in manovra.

4.5.1 Attività all'interno del teatro

L'attività interna al teatro, comprensiva di spettacolo e rumore antropico dovuto agli spettatori, viene valutata utilizzando una sorgente areale posta in corrispondenza del palcoscenico, tale da determinare il livello di pressione sonora ad 1 metro pari a 95 dB(A), che corrisponde ad una orchestra che suona con livello medio-forte (non fortissimo).

Le attività nel teatro dovranno essere modulate in funzione della rumorosità consentita dagli elementi tecnici di isolamento forniti dalla struttura e realizzabili compatibilmente con le specifiche della Soprintendenza e con i limiti di spesa del progetto.

I contributi eventualmente presenti nei camerini e nel foyer non vengono considerati in quanto influenti rispetto all'evento principale.

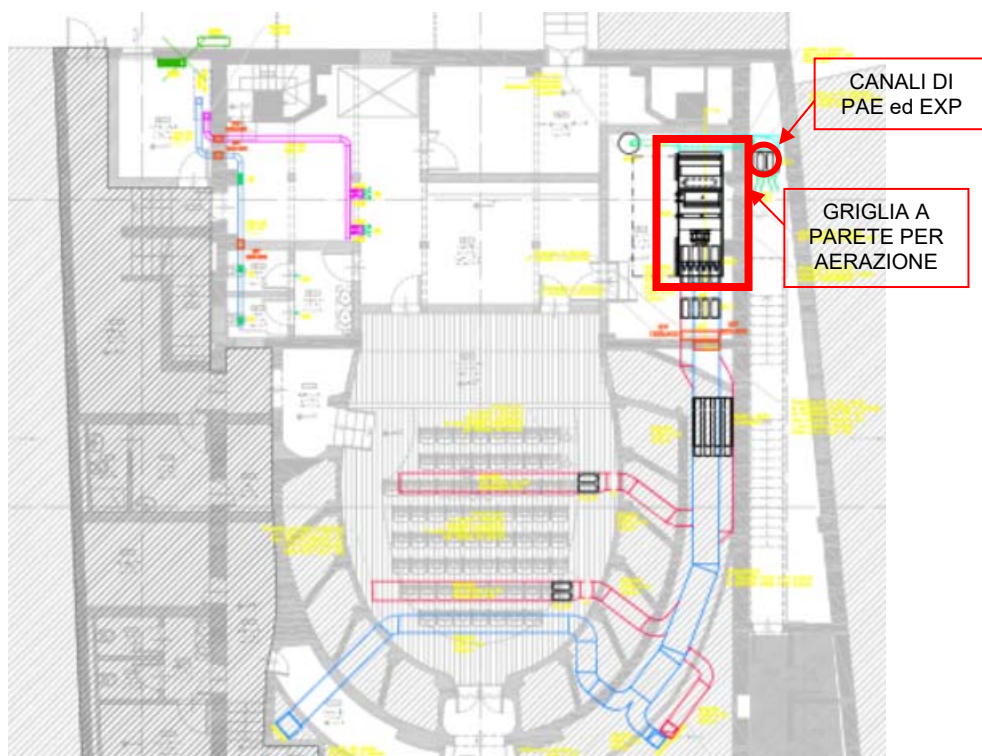
4.5.2 Impianti

UTA Platea (UTA01)

L'unità di trattamento aria a servizio della Platea è una UTA marca Clivet i cui dati tecnici sono riportati in allegato.

I dati acustici di potenza sonora sono riportati nel successivo paragrafo dedicato al modello di calcolo.

L'UTA sarà posizionata nel sottopalco, i canali di immissione ed espulsione sono collegati nell'area cortiliva posta ad ovest dell'edificio ad una presa posta a quota 6 m, come mostrato nell'immagine seguente. L'aerazione dell'ambiente sarà garantita tramite un'apertura dotata di griglie afoniche Sagicofim AFO AL1 a parete al piano di posizionamento della UTA.



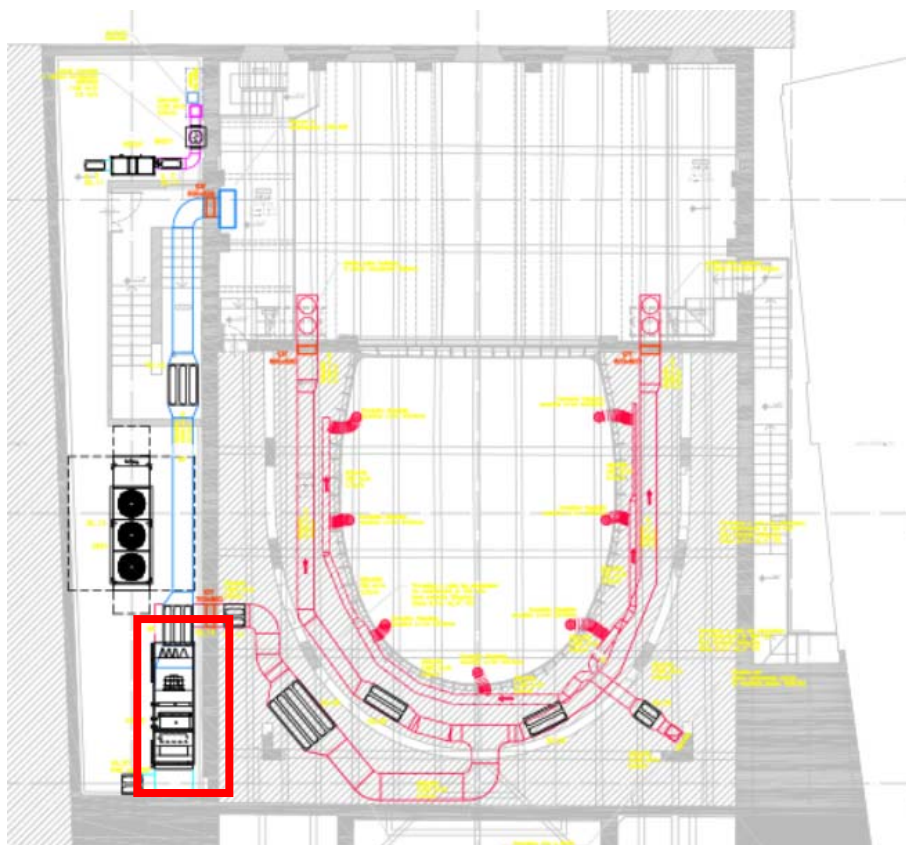
Posizione UTA01

I canali esterni saranno adeguatamente coibentanti e dotati di supporti antivibranti; si prevede l'utilizzo di silenziatori sui canali di mandata, espulsione e distribuzione, del tipo Sagicofim; per maggiori dettagli sulle misure di mitigazione acustica si rimanda ai paragrafi successivi.

UTA Palco e Camerini (UTA02)

L'unità di trattamento aria a servizio del Palco e dei Camerini è una UTA marca Clivet i cui dati tecnici sono riportati in allegato. I dati acustici di potenza sonora sono riportati nel successivo paragrafo dedicato al modello di calcolo.

L'UTA02 sarà posizionata in una terrazza posta a quota +8,75 m, unitamente all'immissione ed espulsione, come mostrato nell'immagine seguente.



Posizione UTA02

Si prevede l'utilizzo di silenziatori sui canali di mandata ed espulsione del tipo Sagicofim; per maggiori dettagli sulle misure di mitigazione acustica si rimanda ai paragrafi successivi.

Boiler pompa di calore ACS01

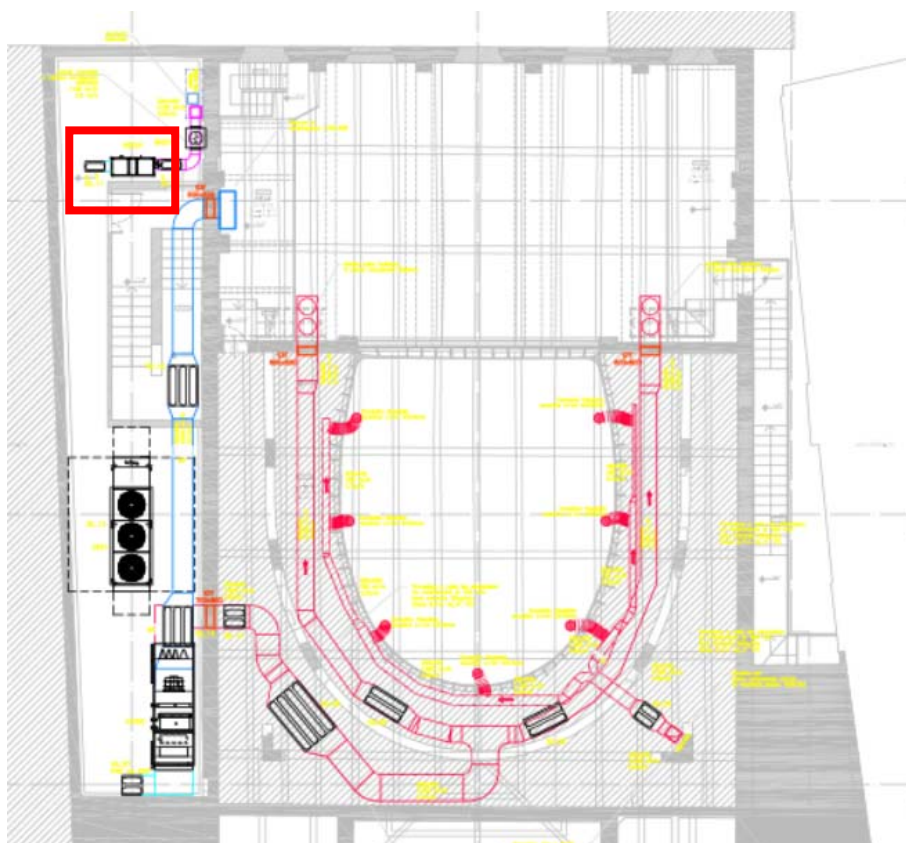
Lo scaldacqua in pompa di calore monoblocco a basamento sarà installato nel vano tecnico al piano interrato, come mostrato nell'immagine seguente. Il livello di potenza sonora è pari a 59 dB(A); la sorgente risulta trascurabile rispetto all'UTA 01 posta nello stesso ambiente.



Posizione ACS01

Recuperatore camerini REC01

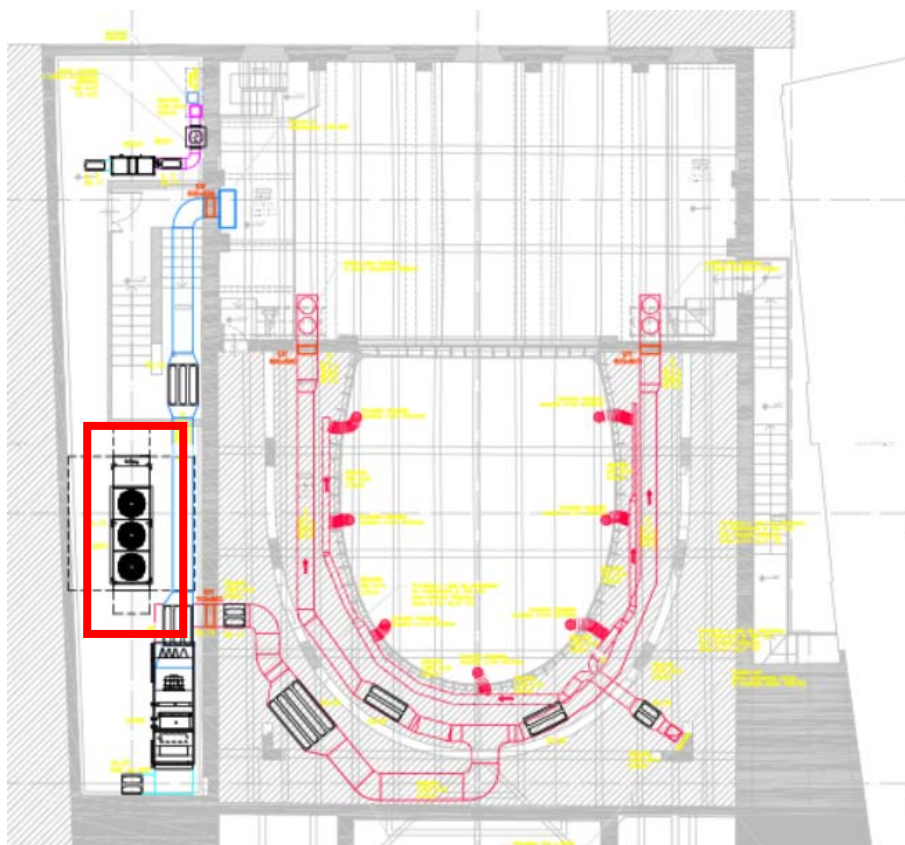
L'unità di ventilazione marca UTEK modello DUOEC 3 V a servizio dei camerini verrà installata in copertura, come mostrato nell'immagine seguente. La scheda tecnica è contenuta negli allegati. I dati acustici di potenza sonora sono riportati nel successivo paragrafo dedicato al modello di calcolo.



Posizione REC01

Pompa di calore GF01

Si prevede l'installazione di una pompa di calore marca Clivet modello ElfoEnergy Large² 552 versione supersilenziata; la macchina verrà installata in copertura, come mostrato nell'immagine seguente.



Posizione GF01

I dati acustici di potenza sonora sono riportati nel successivo paragrafo dedicato al modello di calcolo.

La macchina sarà installata su giunti antivibranti per eliminare il rumore trasmesso attraverso il collegamento a terra.

Per i ventilatori è prevista l'installazione di un silenziatore cilindrico Sagicofim MCA 2D 1000. Per maggiori dettagli sulle misure di mitigazione acustica si rimanda ai paragrafi successivi.

Condizionatore MC01

Sarà installato in ambiente esterno sulla facciata sud dell'edificio un condizionatore a servizio del locale quadri, come mostrato nell'immagine seguente.

I dati acustici di potenza sonora sono riportati nel successivo paragrafo dedicato al modello di calcolo.

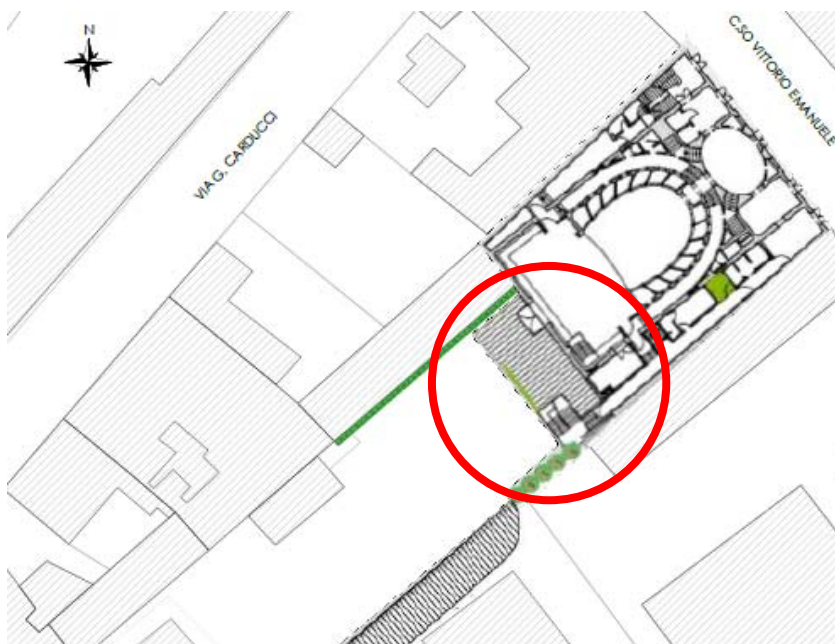


Posizione MC01

4.5.3 Rumore in ambiente esterno

La presente valutazione tiene in considerazione unicamente i contributi dovuti alla presenza sulle aree interne di proprietà. Per il traffico determinato sulla strada comunale, il contributo al flusso di traffico dovuto all'afflusso e deflusso risulta essere irrilevante rispetto ai normali flussi presenti sull'infrastruttura. Il teatro non è dotato di parcheggi pertinenziali, pertanto non vi sono contributi dovuti ad autoveicoli in manovra nelle aree di proprietà. Le attività di carico e scarico degli allestimenti e delle attrezzature avverranno solamente in periodo diurno dall'ingresso posteriore con collegamento a via Beretta. Tale attività viene valutata come una sorgente puntuale, con propagazione sferica e valore di pressione sonora ad 1 metro pari a 70 dB(A).

L'attività è da effettuarsi con mezzi a motore spento, e con lavorazioni in silenzio per il trasposto e scarico/carico delle attrezzature.



Posizione carico-scarico attrezzatura e allestimenti

4.6 Misure di Mitigazione Acustica

I valori di potenza sonora desunti dalle schede tecniche degli impianti sono riportati nella tabella seguente.

Livelli di potenza sonora impianti

| | | Freq | [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 k | 2 k | 4 k | 8 k | dBA |
|----------|---------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Macchina | Posizione | Descr. | | | | | | | | | | |
| UTA 01 | Cortile ovest | PAE | [dB] | 74 | 78 | 77 | 74 | 72 | 72 | 74 | 68 | 79.7 |
| UTA 01 | Cortile ovest | EXP | [dB] | 64 | 76 | 72 | 74 | 76 | 75 | 77 | 66 | 82.1 |
| UTA 01 | Cortile ovest | Body | [dB] | | 69 | 64 | 64 | 65 | 64 | 46 | 39 | 69.2 |
| UTA 02 | Copertura | PAE | [dB] | 76 | 80 | 80 | 76 | 74 | 73 | 73 | 68 | 80.7 |
| UTA 02 | Copertura | EXP | [dB] | 64 | 75 | 71 | 73 | 75 | 74 | 77 | 64 | 81.5 |
| UTA 02 | Copertura | Body | [dB] | 66 | 66 | 63 | 63 | 62 | 63 | 50 | 34 | 67.5 |
| REC 01 | Copertura | canale | [dB] | | 74.2 | 85.1 | 79.7 | 73.3 | 71.2 | 65.4 | 70.8 | 81.5 |
| REC 01 | Copertura | Body | [dB] | | 70.1 | 75.5 | 67.4 | 57.1 | 50.6 | 45.1 | 43.8 | 69.3 |
| GF 01 | Copertura | Body | [dB] | 64 | 80 | 84 | 78 | 77 | 78 | 71 | 68 | 83.5 |
| MC 01 | Cortile sud | Body | [dB] | 43.7 | 51.2 | 52.7 | 46.7 | 41.7 | 41.7 | 39.2 | 37.7 | 50.0 |

I livelli sonori sono elevati; per questo motivo si valuta l'utilizzo di silenziatori sui canali e griglia afonica per l'aerazione del vano tecnico UTA 01:

- Silenziatori tipo Sagicofim RAS 2F su canali PAE ed EXP di UTA 01 e UTA 02
- Griglia afonica tipo Sagicofim AFO AL1 su foro di aerazione del vano tecnico di UTA 01
- Silenziatori tipo Sagicofim MCA 1,5D 1000 sui ventilatori di GF01
- Silenziatori tipo Sagicofim MCA 2D 315 sui canali di REC01
- Silenziamento dei canali esterni vicini alle macchine

Per il calcolo della rumorosità prodotta da GF 01 con l'applicazione dei silenziatori sui ventilatori, i dati disponibili non permettono un calcolo analitico. Per questo motivo e sulla base di esperienze pregresse, è possibile considerare che i silenziatori vadano ad attenuare il rumore prodotto da questa macchina di al massimo 10 dB(A).

Si ottengono pertanto i valori delle sorgenti impianti riassunti nella tabella seguente; si considera anche la sorgente costituita dal rumore prodotto sul canale della UTA 02 in corrispondenza del silenziatore dovuto al passaggio dell'aria nel silenziatore.

Livelli di potenza sonora impianti con opere di mitigazione acustica

| | | Freq | [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 k | 2 k | 4 k | 8 k | dBA |
|----------|---------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| Macchina | | Descr. | | | | | | | | | | |
| UTA 01 | Cortile ovest | PAE sil | [dB] | 59.3 | 68 | 55.1 | 41.5 | 36.5 | 36.3 | 47 | 49 | 55.4 |
| UTA 01 | Cortile ovest | EXP sil | [dB] | 55.8 | 63.1 | 50.3 | 43.3 | 39.3 | 37.2 | 49 | 49 | 54.0 |
| UTA 01 | Cortile ovest | Body + GR | [dB] | 64 | 64 | 57 | 52 | 47 | 43 | 30 | 23 | 54.6 |
| UTA 02 | Copertura | PAE sil | [dB] | 57.3 | 62.1 | 57 | 42.3 | 34.5 | 34.3 | 46 | 57 | 57.5 |
| UTA 02 | Copertura | EXP sil | [dB] | 61.1 | 64.1 | 53.1 | 45.1 | 39.2 | 36.2 | 50 | 52 | 55.7 |
| UTA 02 | Copertura | Body | [dB] | 66 | 66 | 63 | 63 | 62 | 63 | 50 | 34 | 67.5 |
| UTA 02 | Copertura | RIP sfugg | [dB] | 55 | 62 | 48 | 39 | 35 | 36.4 | 49.4 | 33.4 | 52.3 |
| REC 01 | Copertura | cnl sil | [dB] | 64 | 67.2 | 72.1 | 55.7 | 35.3 | 35.2 | 36.4 | 57.8 | 64.8 |
| REC 01 | Copertura | Body | [dB] | 64 | 70.1 | 75.5 | 67.4 | 57.1 | 50.6 | 45.1 | 43.8 | 69.3 |
| GF 01 | Copertura | Body sil | [dB] | 61 | 75 | 76 | 63 | 62 | 69 | 63 | 61 | 73.6 |
| MC 01 | Cortile sud | Body | [dB] | 43.7 | 51.2 | 52.7 | 46.7 | 41.7 | 41.7 | 39.2 | 37.7 | 50.0 |

Si prescrive inoltre che il lato interno del muro di confinamento della terrazza dove trovano alloggio la UTA 02, il GF01 e le prese dei canali dell'UTA 01 sia rivestito di materiale fonoassorbente.

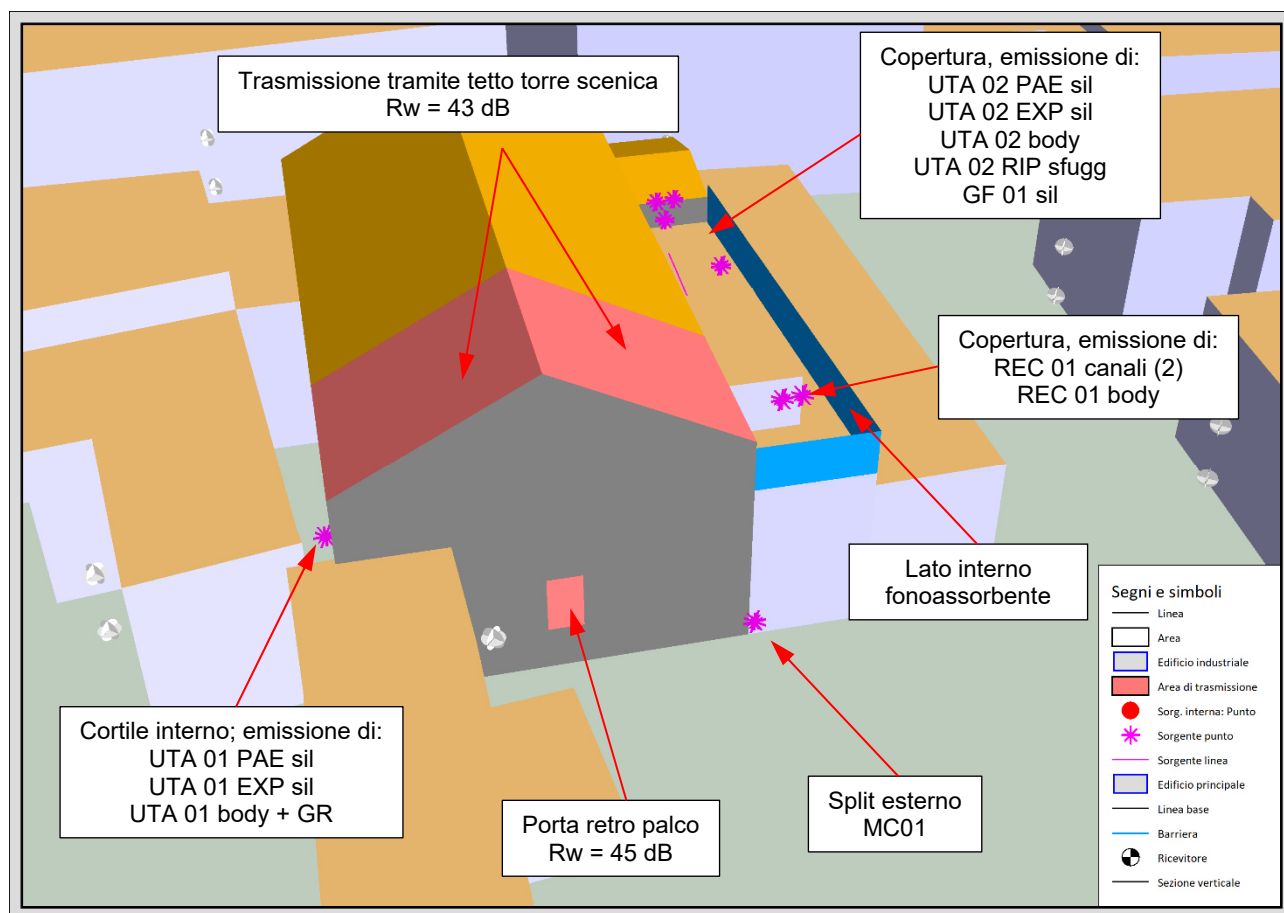
4.7 Il Modello di Calcolo

La valutazione acustica è stata condotta tramite modello previsionale Soundplan8.2.

Il software si basa su tecniche di calcolo di tipo ray-tracing che simulano il percorso sonoro nello spazio in base alla teoria dell'acustica geometrica, tenendo conto degli effetti di attenuazione, diffrazione e riflessione.

Le sorgenti sono state caratterizzate in termini di potenza sonora, orario di funzionamento e quota rispetto al piano campagna secondo la norma ISO 9613.

Nell'immagine seguente si mostra un'immagine tridimensionale dell'edificio ospitante il teatro con indicazione della posizione delle sorgenti e le ipotesi assunte alla base di calcolo.



Vista 3d dell'edificio teatro con indicati i dati per il modello matematico

4.8 Risultati e Confronto coi Limiti di legge

Per il calcolo dell'emissione si considera la situazione peggiorativa con tutte le sorgenti attive e funzionanti contemporaneamente in orario notturno e diurno.

Nella mappa si mostrano i risultati del modello matematico ad un'altezza di 4,5 metri.



Risultati modello – Mappa a 4,5 metri

Dato che il confine della proprietà è rappresentato da una linea virtuale posta alla quota della copertura dell'edificio, il livello sonoro simulato in corrispondenza del confine non è significativo. Il livello sonoro di emissione è stato quindi stimato in posizioni significative e raggiungibili anche per una eventuale misura di controllo e cioè in prossimità dei ricettori maggiormente esposti.

Dato che gli impianti sono considerati come sempre funzionanti sia in orario notturno che diurno, i confronti con i limiti di legge nelle tabelle seguenti vengono eseguiti in riferimento all'orario notturno, che presenta i limiti più stringenti.

La tabella seguente riporta i valori simulati in facciata agli edifici dei ricettori più esposti, escludendo il contributo dovuto alla riflessione sulla facciata stessa.

Livello di emissione simulato in facciata ai ricettori

| Ricevitore | Piano | Livello simulato dB(A) | Limite di emissione notturno dB(A) | Verifica |
|------------|-------------|------------------------|------------------------------------|----------|
| R1 | piano terra | 20.6 | 45 | Sì |
| R1 | piano 2 | 28.1 | 45 | Sì |
| R2 | piano 2 | 33.6 | 45 | Sì |
| R3 | piano 1 | 31.8 | 45 | Sì |
| R4 | piano 1 | 34.2 | 45 | Sì |
| R5 | piano 1 | 34.6 | 45 | Sì |
| R6 | piano 1 | 30.3 | 45 | Sì |
| R7 | piano 1 | 37.5 | 45 | Sì |
| R8 | piano 1 | 31.1 | 45 | Sì |
| R9 | piano 1 | 26.3 | 45 | Sì |
| R10 | piano 1 | 29.1 | 45 | Sì |
| R11 | piano 1 | 25.8 | 45 | Sì |
| R12 | piano 1 | 30.5 | 45 | Sì |

Verifica del rispetto dei limiti di immissione in facciata ai ricettori

| Ricevitore | Piano | Livello di emissione simulato dB(A) | Rumore residuo misurato dB(A) | Livello di immissione assoluta stimato dB(A) | Differenziale | Limite di immissione assoluto/differenziale notturno dB(A) | Verifica |
|------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------|----------|
| R1 | piano terra | 20.6 | 49 | 49.0 | 0.0 | 50 / +3 | Sì |
| R1 | piano 2 | 28.1 | 49 | 49.0 | 0.0 | 50 / +3 | Sì |
| R2 | piano 2 | 33.6 | 49 | 49.1 | 0.1 | 50 / +3 | Sì |
| R3 | piano 1 | 31.8 | 46.5 | 46.6 | 0.1 | 50 / +3 | Sì |
| R4 | piano 1 | 34.2 | 46.5 | 46.7 | 0.2 | 50 / +3 | Sì |
| R5 | piano 1 | 34.6 | 46.5 | 46.8 | 0.3 | 50 / +3 | Sì |
| R6 | piano 1 | 30.3 | 46.5 | 46.6 | 0.1 | 50 / +3 | Sì |
| R7 | piano 1 | 37.5 | 46.5 | 47.0 | 0.5 | 50 / +3 | Sì |
| R8 | piano 1 | 31.1 | 46.5 | 46.6 | 0.1 | 50 / +3 | Sì |
| R9 | piano 1 | 26.3 | 46.5 | 46.5 | 0.0 | 50 / +3 | Sì |
| R10 | piano 1 | 29.1 | 46.5 | 46.6 | 0.1 | 50 / +3 | Sì |
| R11 | piano 1 | 25.8 | 49 | 49.0 | 0.0 | 50 / +3 | Sì |
| R12 | piano 1 | 30.5 | 46.5 | 46.6 | 0.1 | 50 / +3 | Sì |

I livelli simulati di emissione sono quindi congrui a configurare il rispetto dei limiti di emissione, immissione assoluta e differenziale, sia nel periodo diurno che notturno.

In particolare, essendo i livelli simulati di emissione in facciata sempre pari o inferiori a 37.5 dB(A), si configura la condizione di non applicabilità del criterio differenziale di estrazione amministrativa, o, in alternativa, il suo implicito soddisfacimento.

5 Acustica Edilizia

Ai sensi del DPCM 5/12/97 l'edificio ricade nella categoria F "edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili"; i cui valori limite sono riportati nella tabella seguente; si applica inoltre quanto previsto dai CAM, che prescrivono il rispetto dei valori della Classe II della norma UNI 11367.

Valori requisiti acustici passivi

| | Parametri | | | | |
|-----------------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|--------------------|
| | R_w (*) | $D_{2m,nT,w}$ | $L_{n,w}$ | L_{ASmax} / L_{ID} | L_{Aeq} / L_{IC} |
| Categoria Tab. A D.P.C.M. 5/12/97 | ≥ 50 | ≥ 42 | ≤ 55 | ≤ 35 | ≤ 35 |
| Classe II norma UNI 11367 | ≥ 53 | ≥ 40 | ≤ 58 | ≤ 28 | ≤ 33 |

(*) Valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

NOTA: i parametri relativi alla rumorosità degli impianti previsti dal D.P.C.M. 5/12/97 non sono direttamente confrontabili con gli analoghi parametri previsti dalla norma UNI, in quanto la UNI prevede una correzione sul tempo di riverberazione.

Si ricorda che tutti i materiali da impiegare in cantiere devono essere sempre accompagnati da un certificato di prova effettuata presso un ente abilitato, che ne attesti le proprietà acustiche; materiali privi delle necessarie certificazioni non possono essere accettati in cantiere.

Stabilità dimensionale, geometrica e di resistenza dei materiali impiegati deve essere garantita dai produttori e vagliata dalla D.L.

L'immobile è soggetto a vincoli di tutela ai sensi del D.Lgs. 42/2004 ai sensi del "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio; i materiali e le scelte progettuali dovranno tenere in considerazione tale aspetto, in collaborazione con le eventuali prescrizioni della sovrintendenza.

5.1 Facciata

Con il termine "facciata" si considera tutta la porzione edilizia che separa uno spazio occupato dei fruitori rispetto all'ambiente esterno. Per l'edilizia di classe F deve essere garantito che l'isolamento di facciata sia superiore ai 42 dB

Dal momento che le prestazioni acustiche sono espresse in dB (misura di livello espresso in scala logaritmica), l'isolamento acustico è sempre condizionato dall'elemento debole che compone la facciata, indipendentemente dalla sua dimensione.

Molta attenzione deve quindi essere posta in fase costruttiva agli elementi deboli, quali essenzialmente i serramenti, eventuali bocchette per l'aerazione, ecc...

Nella posa dei serramenti dovranno essere eliminati tutti i possibili ponti acustici legati alla zancatura dei falsi telai ed alla luce che rimane tra falso telaio e telaio del serramento.

Affinché i dati di progetto siano confermati durante la posa, si dovrà evitare l'uso di schiume espandenti, se non quelle con specifiche caratteristiche di isolamento certificate, indice $R_s > 60$ dB e si dovrà preferire l'impiego di malta e materiali che abbiano caratteristiche di fonoassorbimento ed isolamento (quali lane di roccia, legno, guarnizioni di gomma pesante ecc.).

Per la chiusura delle fessure laterali si consiglia di usare gomme ad alta densità da mascherare coi profili del serramento. Al fine di definire in sede esecutiva la posa del serramento è necessario valutare attentamente il certificato di prova di laboratorio del produttore dei serramenti, in modo da evitare di creare in cantiere condizioni diverse da quelle del certificato e di difficile valutazione acustica.

Copertura della zona palco

La stratigrafia della copertura è così composta:

- Coppi,
- Guaina bituminosa 4mm,
- Tavella in cotto 3 cm,
- Travetti in legno 8 cm
- Lana di vetro a bassa densità 10 cm
- Doppia lastra in cartongesso posata con distanziatore universale (verifica a cura del termotecnico la eventuale necessità di barriera al vapore tra e lastre)

Come indicato nell'Allegato 6: Schede Tecniche dei Materiali, un calcolo teorico con il software Sonido PRO fornisce per la stratigrafia indicata sopra il valore di $R_w = 43$ dB.

Integrati nella copertura sono presenti due finestre per l'evacuazione di fumo caratterizzate da un indice di isolamento acustico R_w pari almeno a 37 dB che occupano un'area totale di 3 mq. Con tali caratteristiche, il contributo di tali evacuatori risulta trascurabile. Nello specifico, eseguendo una media pesata degli indici di isolamento acustico rispetto superficie (secondo norma UNI EN ISO 12354-3) è possibile stimare l'isolamento acustico complessivo della copertura, che risulta pari a 42.9 dB.

Sulla base di tale valore è possibile stimare il livello di isolamento acustico di facciata, che risulta pari a 43.8 dB utilizzando la formula seguente, riportata nella norma UNI EN ISO 12354-3.

$$D_{2mnT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \log \left(C_{sab} \frac{V}{T_0 S} \right)$$

Dove:

- R' è il potere fonoisolante della facciata, in questo caso consideriamo il valore di 42.9 dB calcolato in precedenza, decurtato di 2 dB, in favore di sicurezza, a causa delle possibili trasmissioni laterali
- ΔL_{fs} è l'isolamento acustico per la forma della facciata, in questo caso pari a 0 dB
- C_{sab} è la costante di Sabine, pari a 0.16 s/m
- V è il volume di tutto l'ambiente, stimato in 2300 m³ (considerando anche la torre scenica)
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0.5 s
- S è la superficie totale della facciata vista dall'interno (stimata in 390 mq)

Tale valore soddisfa il requisito del limite di legge, ma al contempo risulta non misurabile per il caso in essere secondo le norme UNI di settore, essendo il volume dell'ambiente superiore ai 250 m³.

Il livello di isolamento della copertura siffatto limita il rumore che dall'esterno entra verso l'interno e viceversa, ma non lo elimina, l'unica modalità che rende possibile tale condizione è la realizzazione di una copertura con soletta isolante massiva (ad esempio calcestruzzo), cosa non possibile per vincoli dettati dalla Soprintendenza.

Per quanto sopra l'impatto acustico dell'attività avrà un limite possibile, dettato proprio dal rumore che può uscire dalla copertura della zona palco, entro i livelli indicati al precedente capitolo relativo all'Impatto Acustico.

Porte verso l'esterno

Le principali aperture verso l'esterno sono quelle sul fronte strada per gli ambienti bar, foyer e due atri di ingresso; tutti questi ambienti possono essere considerati ambienti non con permanenza di persone, ma di passaggio e per tale ragione per essi si prescrive che l'isolamento dei serramenti sia almeno R_w di 42 dB di laboratorio, ma non si prevede che siano ambienti da collaudare, ove i limiti di legge debbano essere garantiti.

Gli ambienti al piano primo, al contrario, sono ambienti di misura acustica e devono essere dotati di serramenti certificati come minimo 42 dB di laboratorio.

Altre aperture sono quelle di ambienti bagno o ambienti tecnici verso il retro dell'edificio, per essi si prescrive il valore di R_{w-c} cioè indice di isolamento decurtato dell'indice c almeno pari a 45 dB, con riferimento ai valori da certificato di laboratorio.

I serramenti dovranno essere posati conformemente alle prescrizioni utilizzate per la corrispondente prova di laboratorio, pena l'uso del serramento con risultati totalmente incerti.

È vietato l'uso di schiume che non abbiano proprietà acustiche isolanti nella posa dei falsi (è consentito l'uso solo nel caso di indice $R_s > 60$ dB): per la sigillatura possono anche essere usate gomme o silicone o guarnizioni espandenti, tipo illmod che forniscano garanzia di durabilità nel tempo.

Al fine di garantire la prestazione acustica, infine, i serramenti devono essere certificati in classe IV in base alle classificazioni UNI 12207.

In sede di progettazione costruttiva dovrà essere studiato il dettaglio di posa dei serramenti, tale da garantire che non si crei un ponte acustico in corrispondenza della posa del falso telaio o del serramento medesimo.

5.2 Calpestio e Rumore da Impatti

Non è previsto l'uso di materiali anticalpestio per le zone platea e palco, al contrario è previsto un trattamento acustico al rumore da impatto per le zone di corridoi e palchi, nonché quelle tecniche dei spogliatoi e camerini e bagni.

Le zone foyer, ridotto e sala conferenze non sono oggetto di intervento per il pavimento.

Si deve prevedere l'uso di materassino resiliente, tipo dBRed F5 piano zero (si veda scheda tecnica in allegato), dal momento che non è prevista la realizzazione di una caldana sottopavimento standard, viste quote di riferimento non modificabili.

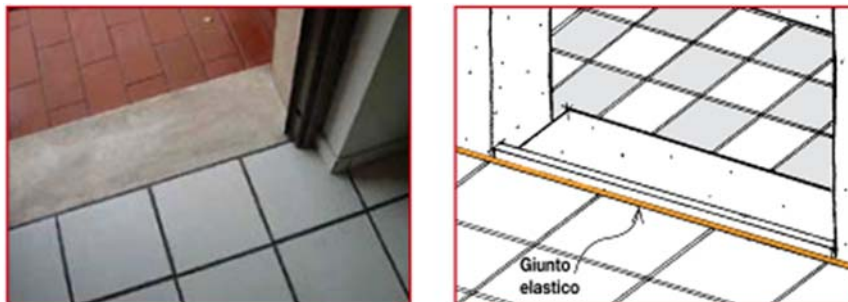
Ciò vale per gli spogliatoi, i corridoi di accesso ai palchi e per i palchi.

Al contrario, per i bagni è prevista la realizzazione di una caldana e la posa tradizionale di piastrelle e rivestimento. La posa andrà effettuata con cura prestando attenzione alle indicazioni del produttore e dovrà essere posata anche la bandella perimetrale, più alta del filo del pavimento finito di almeno 5 cm; tale fascia non dovrà essere in alcun modo forata o discontinua (verrà tagliata solo a pavimentazione ultimata).

Il battiscopa deve essere incollato a parete e desolidarizzato dal pavimento.

Deve essere realizzato prima il pavimento e successivamente il rivestimento verticale, staccando quest'ultimo dal pavimento, interponendovi del silicone o risvoltando il materassino resiliente.

I sottofondi dei pavimenti devono essere interrotti in prossimità delle soglie di ingresso ai diversi ambienti così come verso i vani scala (è possibile stuccare la fuga con silicone elastico).



Esempio nodo in corrispondenza della soglia di un serramento (estratto catalogo Index)

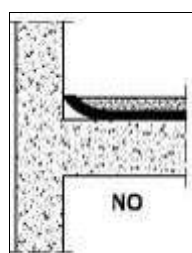
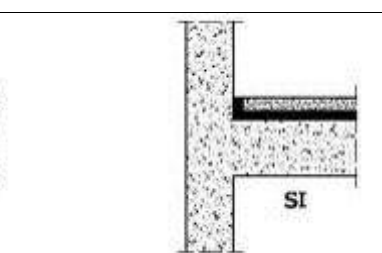
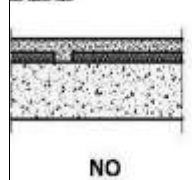
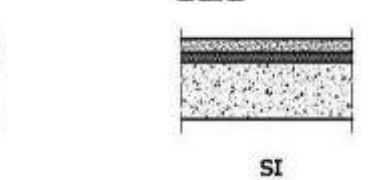
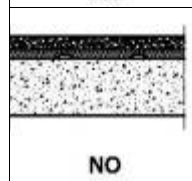
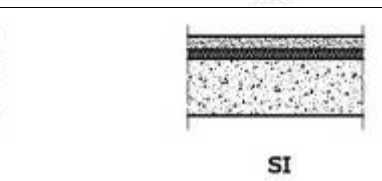
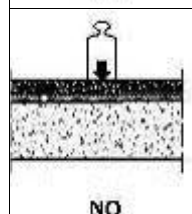
Per effetto dell'uso di materiali elastici per l'anticalpestio, ci si deve attendere nel tempo un cedimento del pavimento, con abbassamento anche di qualche millimetro.

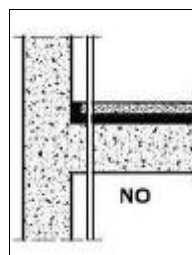
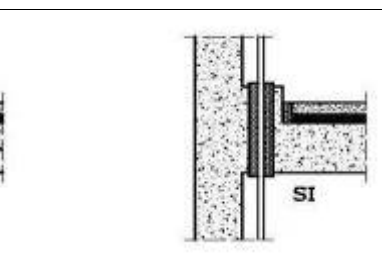
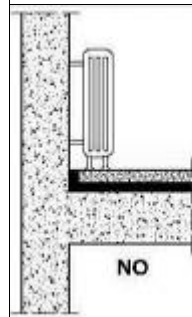
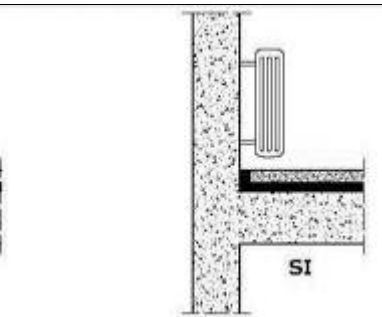
Superiormente al materiale resiliente deve essere sempre posato del cellophane a protezione meccanica durante il getto, ma anche per impedire che la boiaccia possa penetrare negli interstizi dello strato resiliente inficiandone l'elasticità. Si raccomanda un corretto calcolo da parte del tecnico strutturista per verificare la necessità del quantitativo di armatura con rete zincata da posizionare nel massetto sottopavimento (avente spessore minimo pari a 5 cm).

A seguire alcuni consigli pratici di cantiere per la corretta realizzazione della vasca anticalpestio.

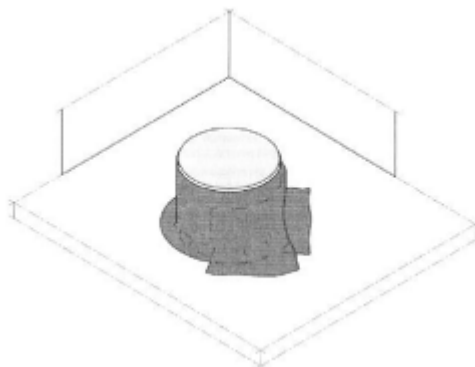
A seguire alcuni consigli pratici di cantiere per la corretta realizzazione della vasca anticalpestio.

| | |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>NO</p> <p>SI</p> | <p>vellare il solaio prima della posa del materiale isolante</p> <p>Evitare diminuzioni di spessore del massetto di calpestio</p> |
| <p>NO</p> <p>SI</p> | <p>applicare lo strato resiliente anche sui bordi del piano di calpestio</p> |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>NO</p> |  <p>SI</p> | |
|  <p>NO</p> |  <p>SI</p> | Evitare discontinuità dello strato resiliente |
|  <p>NO</p> |  <p>SI</p> | Evitare assottigliamenti dello strato resiliente |
|  <p>NO</p> | | Evitare fessurazioni e rotture nel massetto provocate da irregolarità e presenza di impianti nel supporto |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>NO</p> |  <p>SI</p> | Evitare che il passaggio di tubazioni crei dei ponti acustici tra massetto di calpestio e strutture dell'edificio |
|  <p>NO</p> |  <p>SI</p> | Evitare collegamenti causa di ponti acustici |

A riferimento si possono anche considerare le varie prescrizioni inserite nella norma UNI 11516/2013 "Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico", ove compaiono le seguenti.

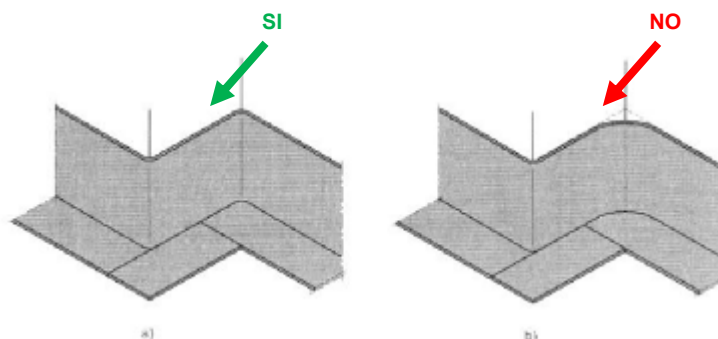


Esempio di posa della banda perimetrale: Nel caso vi siano elementi verticali emergenti dallo strato di supporto, quali impianti tecnologici, pilastri, anche questi devono essere rivestiti con materiali resilienti.



Foto del caso vi siano elementi verticali emergenti dallo strato di supporto, quali impianti tecnologici, pilastri, anche questi devono essere rivestiti con materiali resilienti.

Nel caso in cui la banda di isolamento perimetrale comporti delle sovrapposizioni con il materiale resiliente si deve verificare che il successivo getto del massetto soprastante abbia gli spessori minimi indicati a progetto anche in corrispondenza della sovrapposizione. Si deve porre particolare attenzione nella realizzazione della disconnessione mediante la banda di isolamento perimetrale in corrispondenza delle porte di ingresso, delle porte finestre verso i balconi, dei giunti strutturali, dei pilastri.



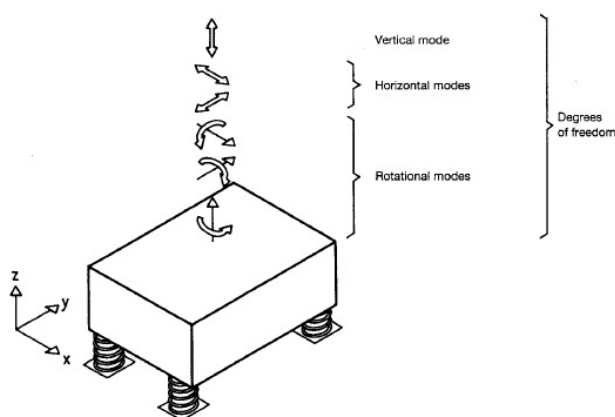
Corretta posa della banda laterale (a sinistra): non devono essere presenti vuoti in corrispondenza di angoli o spigoli

5.3 Vibrazioni

Al fine di contenere il rumore aereo generato dalla UTA a servizio della sala, nel sottopalco è prevista la realizzazione di un vano tecnico in c.a. con pareti da 25 cm e solaio da 20 cm in getto pieno.

Le porte di accesso al vano tecnico sono descritte nel Capitolo Acustica Architettonica, in ogni caso trattati di una doppia porta, ognuna delle quali ad alto potere fonoisolante.

Per il dimensionamento dei supporti antivibranti è stata realizzata un'analisi statica di ciascun impianto considerato ai fini del calcolo come corpo rigido. Un sistema rigido sospeso elasticamente è dunque caratterizzato da sei gradi di libertà ai quali sono associate altrettanti modi di vibrare o frequenze proprie (vedi Figura).



Modi di vibrare di un sistema sospeso elasticamente

Nella quasi totalità degli impianti possono venire eccitate solamente le frequenze proprie associate al modo verticale e ai modi combinati di rotazione rispetto ad un polo inferiore intorno agli assi orizzontali x ed y. Delle tre frequenze la più alta risulta essere sempre quella verticale che diventa pertanto la grandezza di riferimento nel dimensionamento del sistema elastico.

Considerando il parametro η come rapporto tra la frequenza della forzante del macchinario e la frequenza propria del sistema il grado di abbattimento delle vibrazioni trasmesse dal sistema elastico alla struttura di supporto può essere calcolato con la seguente formula.

$$I[\%] = \frac{\eta^2 - 2}{\eta^2 - 1} * 100$$

Il grado di isolamento sarà quindi tanto più elevato quanto più bassa sarà la frequenza propria del sistema.

Inoltre è bene notare come la vibrazione residua comunque si propaga nell'ambiente circostante. Nel caso in cui le frequenze proprie della struttura di supporto al di sotto degli antivibranti sia prossima alla frequenza propria del sistema smorzante potrebbero generarsi delle amplificazioni delle vibrazioni residue dovute al fenomeno di risonanza.

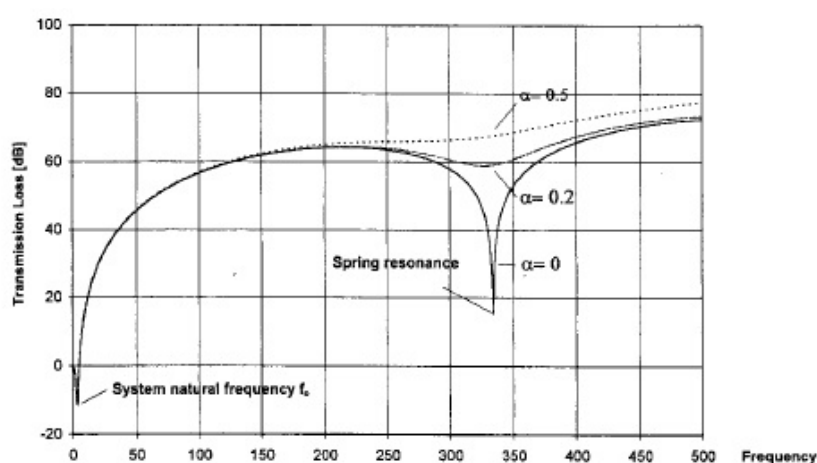
Ancora una volta avere una frequenza propria del sistema bassa significa ridurre a priori il rischio di innesco di tale fenomeno.

Gli antivibranti proposti sono costituiti da molle elicoidali in acciaio avente una caratteristica di carico lineare. In questo caso la frequenza propria verticale del sistema può essere determinata dalla seguente formula

$$f_v = \frac{5}{\sqrt{\Delta z}}$$

dove Δz è la compressione statica della molla espressa in cm.

Inoltre gli antivibranti sono equipaggiati da uno smorzatore denominato “Sordino” per l’abbattimento dei picchi di vibrazione alla frequenza propria del filo della molla e conseguente miglioramento della prestazione acustica (vedi Figura seguente).



Smorzamento della frequenza propria della spira della molla

In tal modo si ottiene l’efficacia massima nell’abbattimento del rumore strutturale (structure borne noise).

Le molle sono dimensionate per lavorare a fatica e pertanto sono escluse rotture. Lo smorzatore “Sordino” non è soggetto ad usura. Pertanto per gli antivibranti proposti non è richiesto alcun tipo di manutenzione ordinaria.

Il fissaggio dei supporti antivibranti a pavimento avviene per semplice appoggio. L’altezza sotto carico statico è pari a ca. 68 mm, regolatore d’altezza escluso. Le altre dimensioni e le principali caratteristiche sono riportate nella scheda tecnica riportata di seguito ed in allegato.

Il telaio di supporto della UTA deve essere sufficientemente rigido da consentire l’installazione su molle e quindi l’appoggio su punti discreti.

Gli antivibranti proposti sono costituiti da molle elicoidali in acciaio, avente una caratteristica di carico lineare, che consente un isolamento al 99% a 50 Hz, trattasi di supporti antivibranti a molla del tipo F4-S della ditta GERB, nel numero definito dagli schemi presenti in Allegato, sia per le UTA che per le PDC.

Spring Elements F4

| Type | load [N] | | vertical spring rate ²⁾ [N/mm] |
|-------|----------|---------------------|----------------------------------------------|
| | from | to | |
| F4-10 | 690 | 1280 | 56 |
| F4-20 | 1040 | 1930 | 84 |
| F4-30 | 1530 | 2840 | 124 |
| F4-40 | 2560 | 4770 | 208 |
| F4-50 | 4150 | 7710 | 336 |
| F4-60 | 6720 | 11100 ³⁾ | 544 |

Comments:
¹⁾ accessories, have to be ordered separately
²⁾ calculated acc. to DIN EN 13906-1
³⁾ load at 3,5 Hz

Estratto dal Catalogo GERB



Esempio di antivibrante a molle

5.4 Rumore da Impianti a Ciclo Continuo

5.4.1 Descrizione dell'Impianto

L'impianto di condizionamento e ricircolo dell'aria è costituito delle seguenti macchine:

- UTA 01: fornisce il ricambio di aria (mandata e ripresa) per la sala, è posizionato in un vano tecnico sotto al palco, prende ed espelle aria nel cortile esterno lato nord-ovest;
- UTA 02: fornisce il ricambio di aria (mandata e ripresa) per il palco, è posizionato in copertura (lato sud-est), assieme ai relativi canali di presa aria esterna ed espulsione;
- REC 01: fornisce il ricambio di aria (mandata e ripresa) per camerini, sottopalco, è posizionato in copertura (lato sud-est), assieme ai relativi canali di presa aria esterna ed espulsione

- GF 01: pompa di calore, posizionata in copertura (lato sud-est), non direttamente collegata all'interno del teatro, ma contributo trascurabile sulla base dell'isolamento fornito dalla copertura (vedi paragrafo dedicato ai requisiti acustici passivi)

La distribuzione dell'aria per la sala è costituita dai seguenti rami principali:

- Mandata aria tramite il plenum sotto alla platea e uscita da bocchette posizionate sotto alle poltrone
- Mandata aria dai fori circolari presenti nella parte curva del soffitto
- Ripresa aria in corrispondenza dei cavedi triangolari verticali posizionati nei corridoi dietro ai palchi dei tre livelli (le porte dei palchi, essendo alzate di un paio di centimetri rispetto al pavimento, permettono il passaggio di aria)

La distribuzione dell'aria per il palco è costituita da:

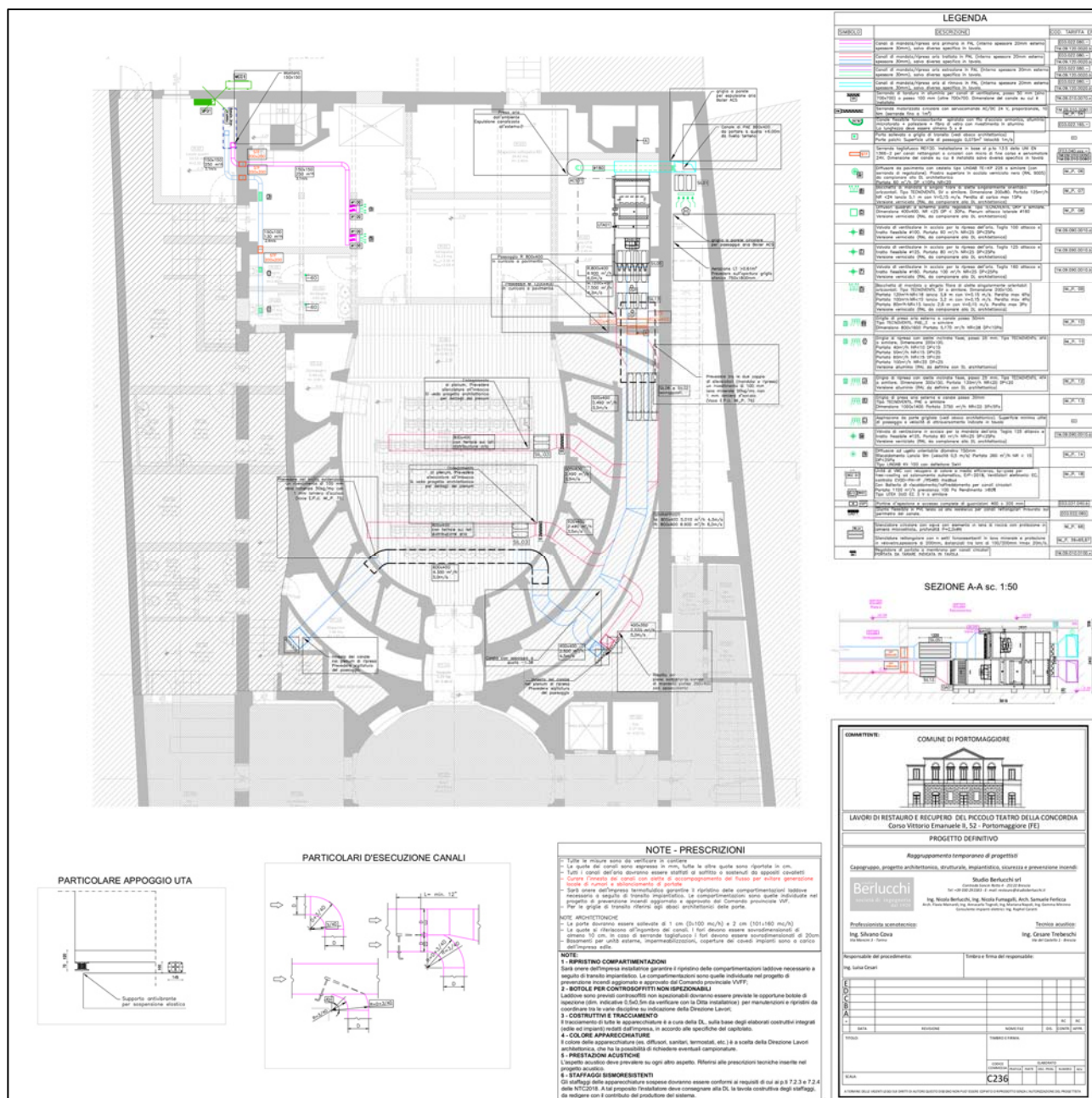
- due coppie di canali microforati (una coppia a destra e una a sinistra) per la mandata dell'aria
- una ripresa di aria a livello del palco costituita da due griglie sovrapposte di dimensioni 1 x 1.4 m.

5.4.2 Interventi di Mitigazione Acustica

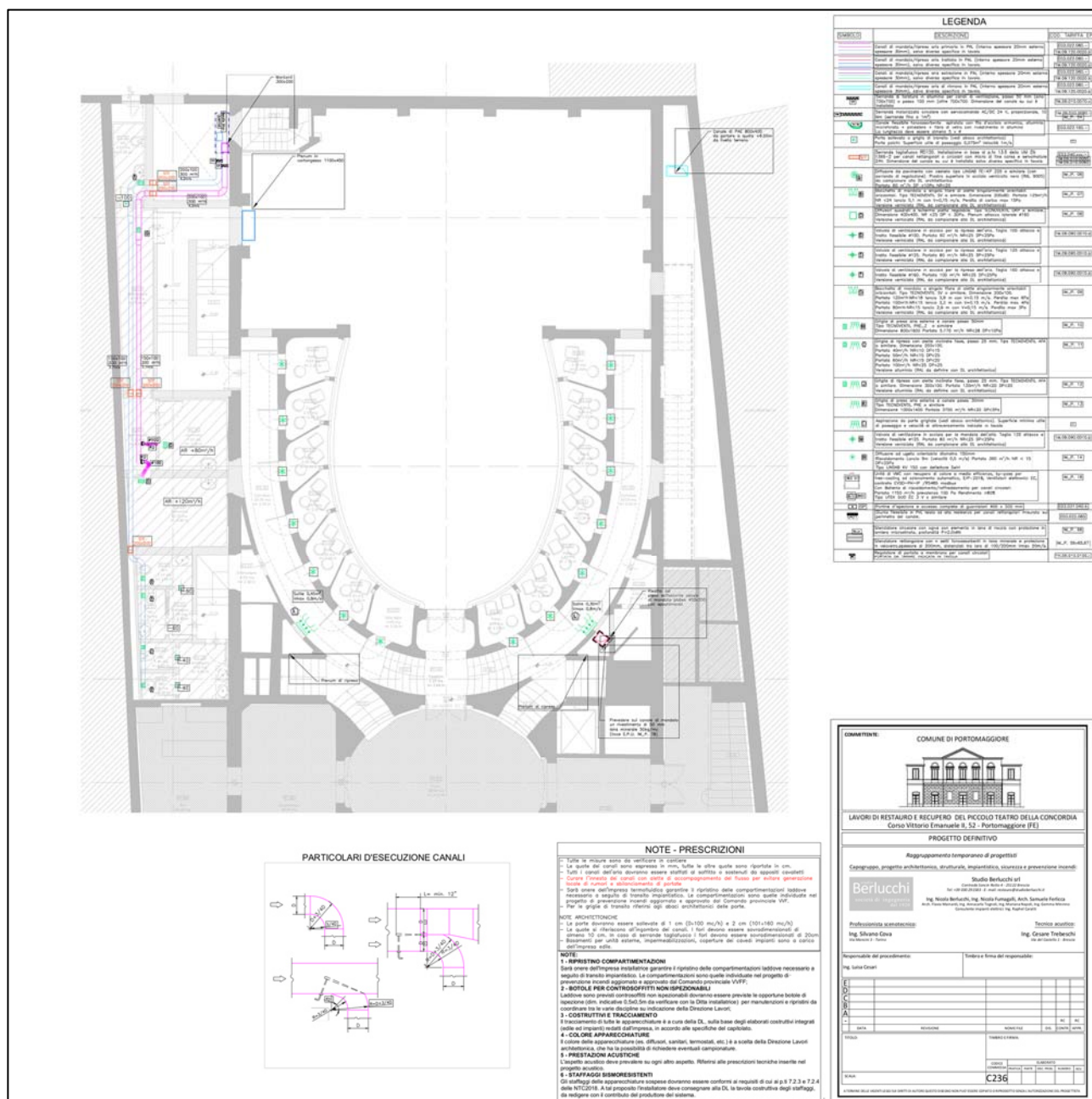
Le velocità dell'aria nei canali devono essere mantenute il più basso possibili e comunque inferiore a 5 m/s. In corrispondenza delle bocchette, la velocità dell'aria deve essere ancora inferiore (nel progetto il target è stato di 1 m/s). Le bocchette stesse non devono generare rumore (ovvero il rumore generato deve essere trascurabile). Nei canali devono essere evitati cambi improvvisi di geometrie, soprattutto in corrispondenza delle bocchette della sala e del palco.

Tutti rami devono essere silenziati il più possibile in vicinanza alle macchine, che, a loro volta, devono essere il più possibile silenziose. Trattandosi di un teatro il target è di avere un livello massimo di pressione sonora dovuta agli impianti a funzionamento continuo di 25 dB(A) per ogni posto occupato dal pubblico e sul palco e di 35 dB(A) per gli altri ambienti. Le immagini seguenti riportano le posizioni delle macchine e dei silenziatori per i vari livelli del teatro.

Particolare cura deve essere riservata ai canali microforati di distribuzione dell'aria per il palco, che non devono generare eccessivo rumore.

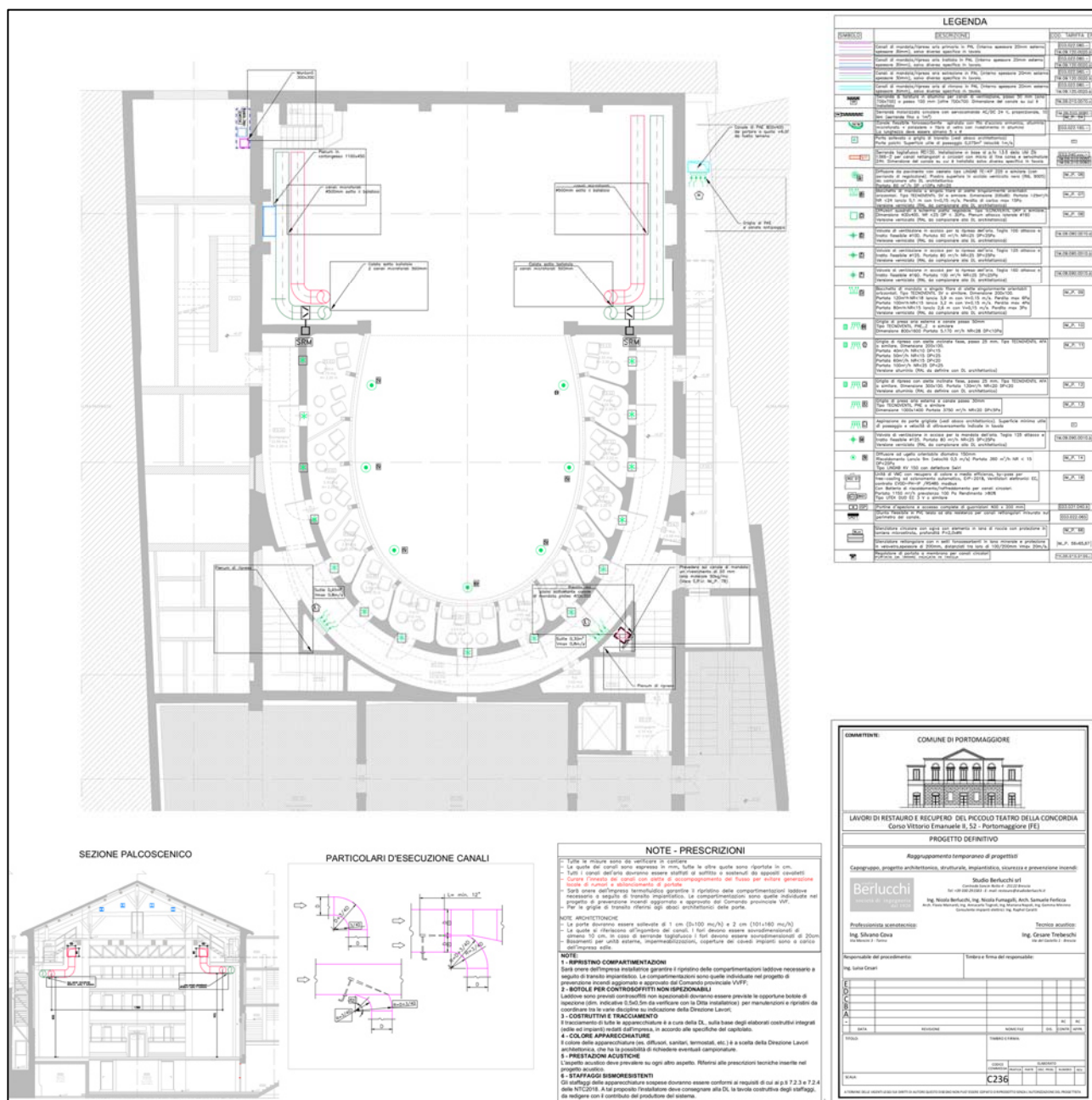


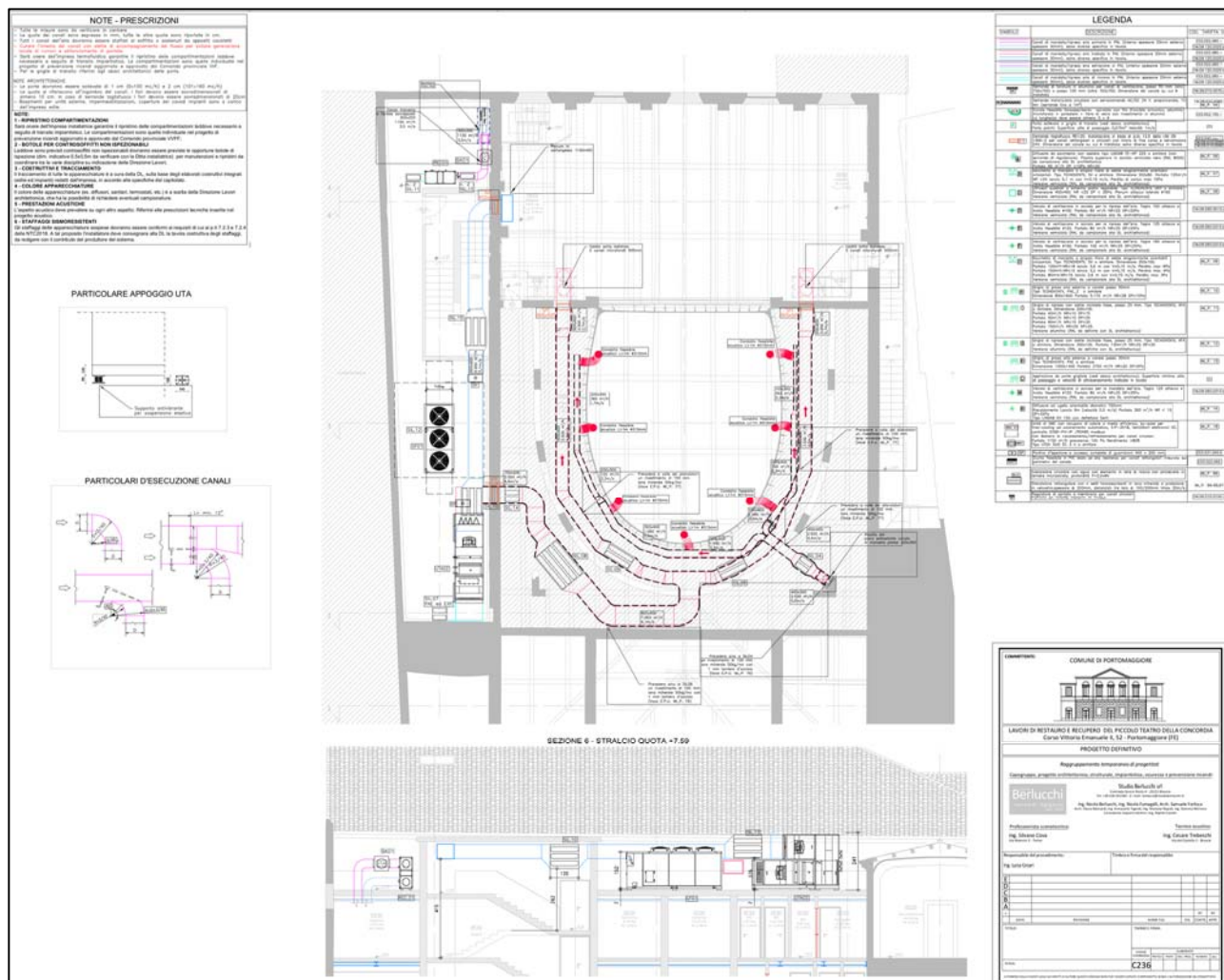
Schema impianto aeraulico piano interrato



Schema impianto aeraulico piano primo







Schema impianto aeraulico piano sottotetto

I tratti di canali esposti e non completamente silenziati devono essere foderati con un materassino di lana di roccia e lamierino metallico per limitarne l'uscita di rumore verso gli altri ambienti. Nello specifico sono stati trattati in questa maniera i seguenti tratti:

- Attraversamento canali dal vano tecnico sotto al palco verso i silenziatori nel cavedio fino ai silenziatori successivi
- Canale di ripresa nel plenum sotto la platea
- Canali di mandata nel sottotetto fino ai silenziatori

I canali che corrono nel sottotetto, al di sopra della porzione curva del soffitto e il canale di mandata aria che passa nel plenum verticale di destra, sono foderati con solo lana di roccia con velo vetro al fine di assorbire anche il suono proveniente dalla sala ed evitare eventuali riflessioni.

Gli stacchi flessibili dai canali principali verso le bocchette devono essere realizzati con canali fonoassorbenti tipo Tecnoventil T4A o Sonodec di lunghezza pari a cinque volte il diametro (aree interne, camerini, sottopalco, ecc...), oppure pari a un metro (mandata aria del soffitto della sala).

La tabella seguente riporta i dati principali di rumorosità delle UTA, la scelta effettuata con i silenziatori a marca Sagicofim, il livello della sorgente e, nell'ultima colonna, il livello di potenza sonora atteso a valle di ogni silenziatore (calcolato considerando anche il rumore rigenerato dal silenziatore stesso, che deve essere il più basso possibile). Tale livello di potenza sonora è stato poi utilizzato per calcolare il livello di pressione sonora ai ricevitori, considerando anche la disposizione e il numero delle bocchette, la loro distanza rispetto alle persone, la lunghezza dei canali, le portate in gioco e l'acustica stessa degli ambienti utilizzando le formule del manuale Sharland. A tal proposito si nota che alcuni valori di potenza calcolati a valle del silenziatore sembrano essere decisamente bassi, addirittura inferiori a quanto richiesto per avere i target di pressione sonora, ma questo è stato necessario al fine di limitare anche i rumori provenienti da disturbi non quantificabili.

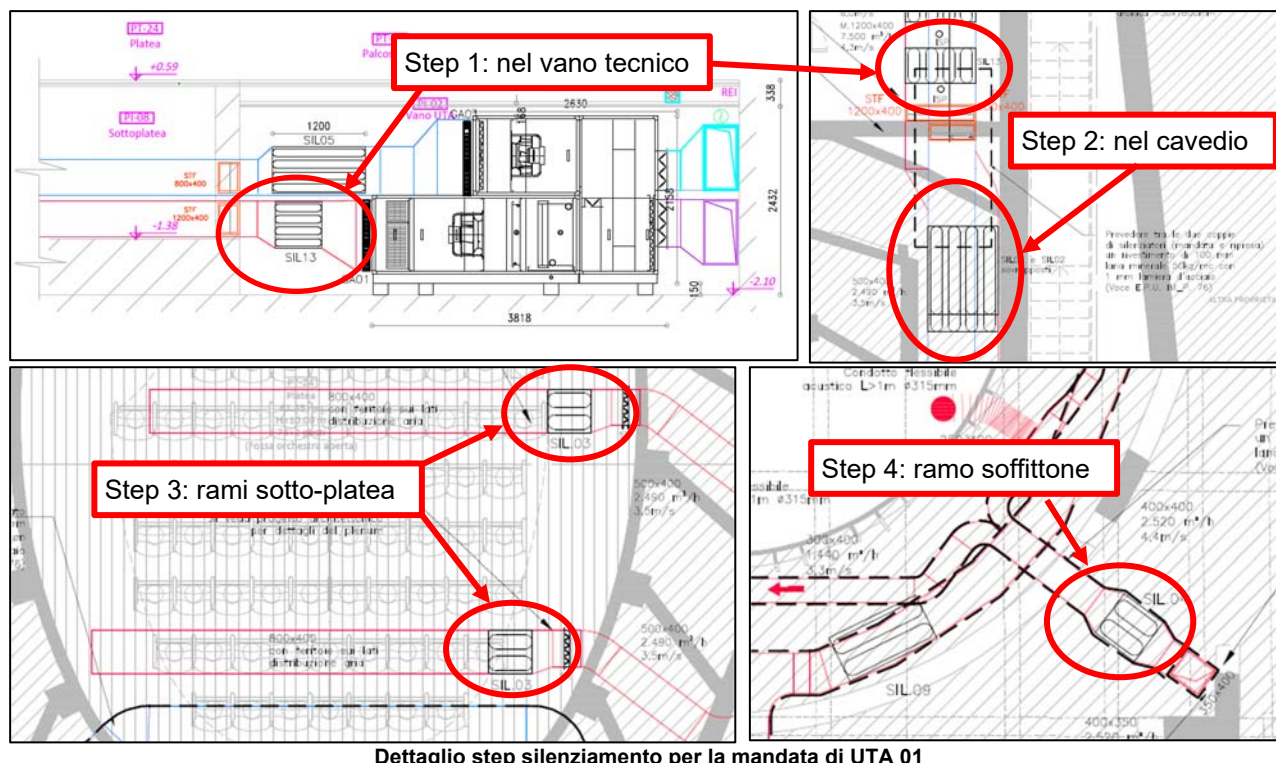
Per chiarezza, nella tabella seguente, sono riportate tutte le unità e tutti i canali nei quali sono presenti dei silenziatori; nello specifico:

- PAE si riferisce ai canali di presa aria esterna (considerati per l'impatto acustico)
- MAN si riferisce ai canali di mandata (riguardano l'interno del teatro)
- RIP si riferisce ai canali di ripresa (riguardano l'interno del teatro)
- EXP si riferisce ai canali di espulsione (considerati per l'impatto acustico)

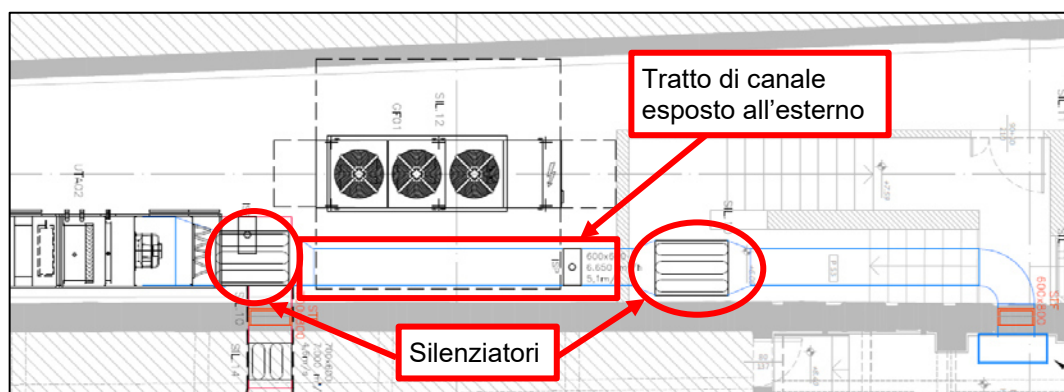
Riepilogo scelta e prestazioni finali silenziatori

| ITEM | | | | Q.tà | Portata aria | NOTE | Silenziatore RAS- mod. | DIMENSIONI | | | Dp MAX | VENTILATORE: POTENZA SONORA Lw (dB) | | | | | | | | | | LwA dBA calcolato a valle del silenziatore |
|------|-----|-------|--|------|-----------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------|-----------|---------------------------------------|--------|--------|--------|------|-------|-------|------|------|------|-----------------------------------------------------|
| | SIL | | | | [N.] | [mc/h] | | b (mm) | h (mm) | l (mm) | Pa | 63 hz | 125 hz | 250 hz | 500 hz | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | | | |
| | 1 | UTA01 | | PAE | 1 | 5,170 | in esterno | 2F | 800 | 800 | 600 | 36 | 68 | 80 | 77 | 72 | 74 | 74 | 74 | 67 | 55.4 | |
| | 13 | UTA01 | | MAN | 1 | 7,500 | Step 1 - ramo principale nel VT | 2F | 1200 | 800 | 600 | 34 | 71 | 81 | 78 | 75 | 76 | 79 | 78 | 72 | 58.1 | |
| | 2 | UTA01 | | MAN | 1 | 7,500 | Step 2 - ramo principale nel cunicolo | 6A | 1200 | 800 | 1800 | 19 | 62.2 | 69 | 56.1 | 44.3 | 38.4 | 41.1 | 51 | 54 | 35.6 | |
| | 3 | UTA01 | | MAN | 2 | 2,500 | Step 3 - rami sottoplatea (n. 2) | 2H | 550 | 600 | 600 | 5 | 46.8 | 45.6 | 29.3 | 22 | 17 | 14 | 13.3 | 21 | 22.5 | |
| | 4 | UTA01 | | MAN | 1 | 2,500 | Step 4 - ramo soffittone | 2H | 550 | 600 | 600 | 5 | 46.8 | 45.6 | 29.3 | 22 | 17 | 14 | 13.3 | 21 | 22.5 | |
| | 5 | UTA01 | | RIP | 1 | 6,900 | Step 1 - ramo principale nel VT | 4F | 1200 | 800 | 1200 | 32 | 60 | 74 | 72 | 68 | 70 | 74 | 62 | 42.3 | | |
| | 6 | UTA01 | | RIP | 1 | 6,900 | Step 2 - ramo principale | 5H | 1100 | 800 | 1500 | 7 | 50.1 | 53.6 | 43.2 | 31.8 | 26.2 | 24.1 | 34.2 | 36.4 | 26.1 | |
| | 1 | UTA01 | | EXP | 1 | 5,170 | in esterno | 2F | 800 | 800 | 600 | 36 | 64 | 75 | 72 | 74 | 77 | 75 | 76 | 67 | 54.1 | |
| | 7 | UTA02 | | PAE | 1 | 2,000 | in esterno | 2F | 400 | 600 | 600 | 38 | 66 | 74 | 79 | 73 | 72 | 72 | 73 | 75 | 57.6 | |
| | 14 | UTA02 | | MAN | 1 | 7,000 | Step 1 - ramo principale | 2A | 600 | 1000 | 600 | 31 | 72 | 79 | 84 | 80 | 88 | 86 | 83 | 82 | 69.5 | |
| | 8 | UTA02 | | MAN | 1 | 7,000 | Step 2 - ramo principale | 6F | 1200 | 800 | 1800 | 36 | 67.1 | 69.1 | 69 | 60 | 58 | 58 | 64 | 65 | 37.7 | |
| | 9 | UTA02 | | MAN | 2 | 3,500 | Step 3 - rami secondari (n. 2) | 4G | 500 | 1000 | 1200 | 7 | 50.3 | 44 | 35.8 | 28 | 23.1 | 20.1 | 19.6 | 30.2 | 20.8 | |
| | 10 | UTA02 | | RIP | 1 | 6,650 | Step 1 - esterno | 4F | 800 | 1000 | 1200 | 43 | 66 | 78 | 80 | 77 | 75 | 76 | 83 | 76 | 51.5 | |
| | 10 | UTA02 | | RIP | 2 | 6,650 | Step 2 - interno | 6C | 900 | 1000 | 1200 | 20 | 55.5 | 57.6 | 50.5 | 38.1 | 30.5 | 29 | 43.1 | 50 | 29 | |
| | 7 | UTA02 | | EXP | 1 | 2,000 | in esterno | 2F | 400 | 600 | 600 | 38 | 70 | 76 | 75 | 76 | 77 | 74 | 77 | 70 | 55.7 | |
| | 11 | REC01 | | PAE | 1 | 1,130 | in esterno, diametro attacco: 315 mm | MCPA 2D 315 | Diam. 315 | Lungh. 600 | 8 | 69.47 | 79.18 | 68.65 | 67.23 | 64.6 | 58.84 | 61.84 | | 55.9 | | |
| | 11 | REC01 | | MAN | 1 | 1,130 | in esterno, diametro attacco: 315 mm | MCPA 2D 315 | Diam. 315 | Lungh. 600 | 8 | 69.47 | 79.18 | 68.65 | 67.23 | 64.6 | 58.84 | 61.84 | | 55.9 | | |
| | 11 | REC01 | | RIP | 1 | 1,130 | in esterno, diametro attacco: 315 mm | MCPA 2D 315 | Diam. 315 | Lungh. 600 | 8 | 69.47 | 79.18 | 68.65 | 67.23 | 64.6 | 58.84 | 61.84 | | 55.9 | | |
| | 11 | REC01 | | EXP | 1 | 1,130 | in esterno, diametro attacco: 315 mm | MCPA 2D 315 | Diam. 315 | Lungh. 600 | 8 | 69.47 | 79.18 | 68.65 | 67.23 | 64.6 | 58.84 | 61.84 | | 55.9 | | |
| | 12 | GF01 | | BODY | 3 | 65,500 | 3 ventilatori, portata totale, silenziatori diametro 900 mm, lunghezza 1350 mm | MCA 1,5D 1000 | Diam 1000 | Lungh. 1500 | 5 | 64 | 80 | 84 | 78 | 77 | 78 | 71 | 68 | 71 | | |

Dalla tabella precedente si nota che sono presenti diversi "step" di silenziamento. Questi step sono stati resi necessari per raggiungere gli obiettivi di rumorosità considerando i vincoli di natura architettonica o perché erano presenti svariate ramificazioni, o ancora per limitare la possibilità di ingresso di rumori non quantificabili. Ad esempio, sulla mandata di UTA 01 sono presenti due silenziatori nel ramo principale: uno nel vano tecnico e uno appena fuori per limitare le sfuggite di rumore dal canale nel cavedio (che sarebbero state presenti senza il primo silenziatore); inoltre è presente un ulteriore silenziatore prima di ciascuna uscita nel plenum sotto-platea e prima della biforcazione dei canali nel soffittone. Inoltre, le uscite nel plenum sotto-platea non sono concentrate in un punto, ma sono distribuite tramite due opportuni canali. Le immagini seguenti riportano i dettagli di questa soluzione.



Un altro punto interessante è il silenziamento del canale di ripresa di UTA 02: tale canale passa vicino alla pompa di calore e quindi non è possibile posizionare un unico silenziatore di prestazioni adeguate vicino alla macchina in quanto è necessario garantire gli spazi operativi minimi di manutenzione della pompa di calore. Al contempo, un canale non silenziato in esterno di lunghezza consistente può tramutarsi in una sorgente di disturbo per l'impatto esterno e può immettere rumore nel vano scale comunicante con l'interno dell'edificio. Per questo motivo il silenziatore è stato diviso in due sezioni, come si vede nell'immagine seguente. Inoltre, il canale che scende verso il palco deve essere trattato con materiale fonoassorbente dal lato interno anche per evitare che "suoni" come una canna d'organo.



Gli impianti di aerazione e ventilazione saranno caratterizzati da silenziatori e dispositivi antivibranti di collegamento alle partizioni, cioè tutti i canali devono essere sospesi con supporti antivibranti e tra UTA e canali deve essere interposto un tratto a soffietto che abbatta la trasmissione delle vibrazioni tra macchina e canali.

Ai passaggi dei canali attraverso pareti e solette è vietato il contatto tra canali e strutture e devono essere seguite le seguenti prescrizioni:

1. passaggi dei canali aria ove lo spazio tra canale e muro è ridotto (qualche centimetro): uso di fascia auto espandente (tipo quelle per posa serramenti) in modo da creare un "tappo" su un lato del passaggio, riempimento ove possibile con lana minerale a bassa densità (40 kg/mc) da costipare di tutto lo spazio tra canale e murature, posa di un altro "tappo come al punto a.
2. Passaggi dei canali aria ove lo spazio tra canale e muro è consistente: posa di nastro auto espandente sul canale e posa di lastre di cartongesso a chiusura del buco, lasciando circa 5 mm liberi che si taperanno ad espansione del nastro completata, Riempimento ove possibile con lana minerale a bassa densità (40 kg/mc) così da costipare tutto lo spazio tra canale e murature, Posa di un altro "tappo come al punto a.

5.4.3 Livelli Sonori Attesi

A partire dai livelli di potenza sonora e considerando puntualmente le distanze in gioco e l'acustica dei vari ambienti, sono stati verificati i livelli di pressione sonora. Tra questi calcoli, riportiamo, nello specifico, alcuni elementi interessanti, tra i quali:

- Il contributo di tutte le sorgenti considerando il solo campo riverberato,
- Il contributo del rumore diretto della mandata dal sotto-platea verso le poltroncine della platea

Per il primo punto consideriamo la somma delle potenze acustiche in uscita dagli step terminali dei silenziatori, e sulla base delle formule del calcolo del livello di pressione in campo riverberato possiamo stimare il livello di pressione sonora secondo la formula

$$L_p = L_w + 10 * \log_{10}(4/A)$$

Nella quale L_p rappresenta il livello di pressione sonora in campo riverberato, L_w il livello di potenza sonora e A è l'area di assorbimento acustico equivalente, che si ottiene dalla formula di Sabine. In questo caso, abbiamo stimato un tempo di riverberazione di 1.5 s e un volume di 1800 mc, da cui risulta $A = 200 m^2$. Nel nostro caso si ottiene

$$L_w = 34.3 \text{ dB(A)}$$

$$L_p = 17.4 \text{ dB(A)}$$

Per il calcolo della pressione sonora in campo semiriverberato, la formula da utilizzare è riportata qui sotto e viene utilizzata per verificare puntualmente i livelli di pressione sonora dovuti a sorgenti che possono essere assimilate a sorgenti puntiformi (ad esempio il rumore che esce dalle bocchette di aspirazione del soffitto e percepito nei palchetti, oppure il rumore percepito sul palco e dovuto all'aspirazione dal palco stesso oltre una certa distanza, ecc...)

$$L_p = L_w + 10 * \log_{10}\left(\frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{A}\right)$$

Dove Q è il fattore di direttività (che deve considerare sia l'emissione – mezza sfera, quarto di sfera – ma anche la direttività dovuta al flusso di aria) e d è la distanza tra il punto di indagine e la bocchetta.

Per il calcolo del rumore percepito vicino a griglie di dimensioni elevate o per la platea, non è possibile assimilare la sorgente di rumore ad una sorgente puntiforme, in quanto il ricevitore è molto vicino o all'interno di un'area che irradia rumore, quindi la pressione in questo caso è uguale all'intensità acustica, ovvero alla potenza acustica distribuita sulla superficie dell'area radiante. In altre parole:

$$L_p = L_w - 10 * \log_{10}(S)$$

Ad esempio considerando il rumore prodotto dalla bocchetta della ripresa di aria del palco $L_w = 29 \text{ dB(A)}$, ponendoci a 4 m (non propriamente in campo lontano) e considerando un Q di 8, otteniamo un livello di pressione di 16.8 dB(A), mentre, utilizzando l'ultima formula e considerando una superficie radiante di 1.2 x 2.4 m, otteniamo un livello, in prossimità della griglia, di 24.4 dB(A).

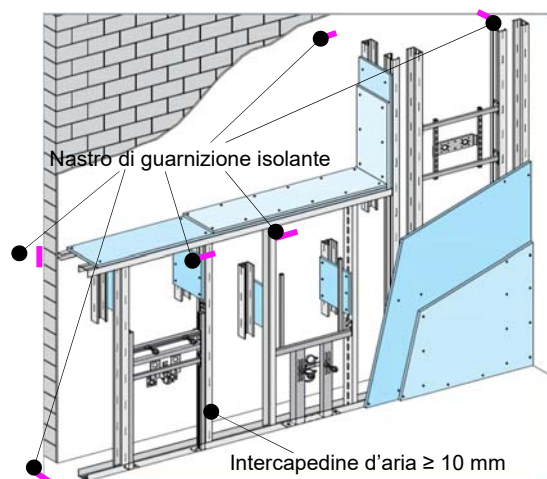
Per le sedute della platea, invece, è necessario utilizzare esclusivamente l'ultima formula, così come per il rumore emesso dalle griglie di ripresa di aria dei corridoi.

5.5 Rumore da Impianti a Ciclo Discontinuo

La definizione in sede progettuale di tutte le specifiche relative all'isolamento da impianti è quasi impossibile, in quanto in fase di cantiere si realizzano molto spesso modifiche o varianti, che rischiano di compromettere qualunque ipotesi progettuale fatta. È sufficiente che nella posa delle tubazioni vi siano accavallamenti di canali, passacavi o scarichi che non erano stati preventivati per inficiare tutte le considerazioni progettuali a monte.

Ci si limita in questa sede a segnalare che deve essere sempre garantito il pacchetto acustico e quindi che se non ci sono le sufficienti stratigrafie derivanti da spaccature, forometrie, tracce ecc., ove necessario si devono realizzare lesene con materiali isolanti o anche fonoassorbenti.

La presenza di impianti e di locali con impianti impone l'installazione di una controparete e lo studio di particolari esecutivi, tali da garantire che ci siano sufficienti isolamenti, come ad esempio nell'immagine seguente.



Particolare di controparete per l'alloggio dell'impiantistica in un locale bagno

Si consiglia l'uso di sanitari appoggiati a terra (sulla soletta del bagno desolidarizzata come visto in precedenza) e con cassetta del wc esterna.

In caso alternativo devono essere previsti elementi elastici da posare tra sanitario e muro e tra sanitario e pavimento, come il materassino anticalpestio o apposite protezioni antiurto acustiche in polietilene ad espansione irraggiante a cellule chiuse, come indicato nelle immagini seguenti.

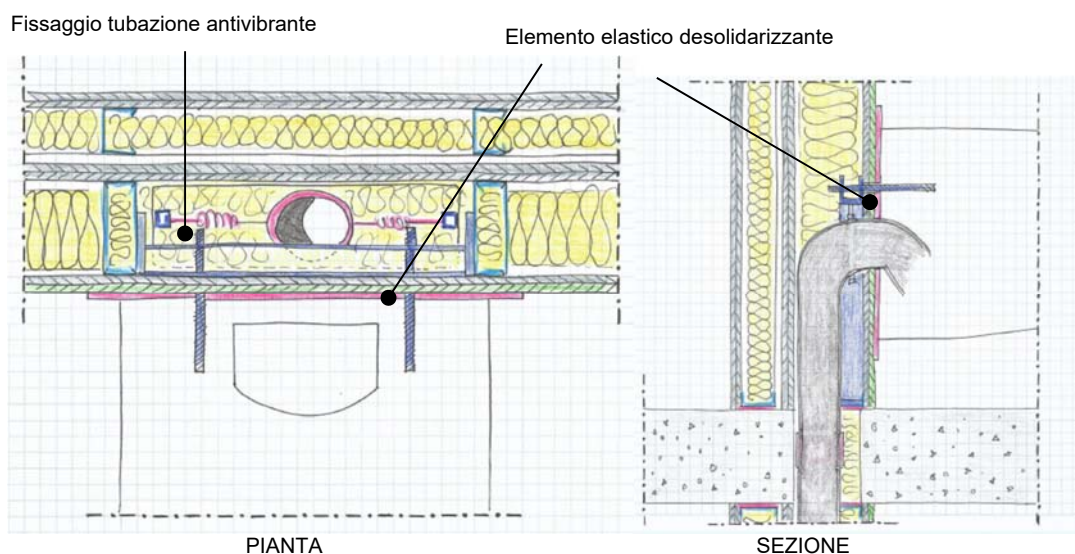


Esempi di protezione antiurto acustica per sanitari sospesi e per piatti doccia (fonte: catalogo Otval)

Le contropareti alle quali saranno applicati i sanitari sospesi dovranno essere opportunamente dimensionate per sopportare i carichi. (il dimensionamento è a carico del produttore dei sistemi a secco)

All'interno dei profili montanti sarà inserita la lana minerale di spessore tale da occupare l'80% dello spazio: 45 mm nel caso del montante da 50 x 50 mm, 70 mm nel caso del montante da 75 x 50 mm.

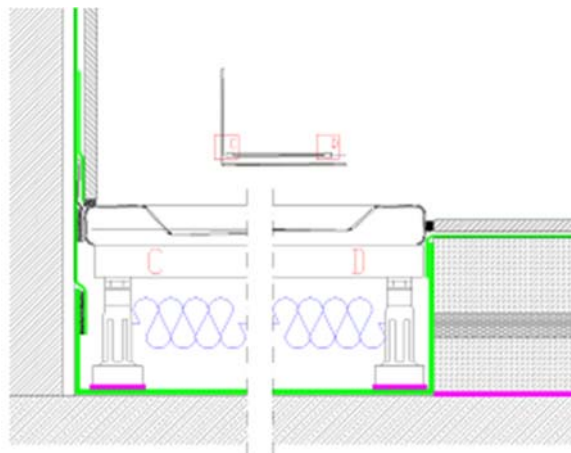
I profili saranno isolati dalle strutture (pareti e pavimenti) mediante l'applicazione del nastro di guarnizione isolante in polietilene e posizionati ad almeno 10 mm dalla parete retrostante per evitare il contatto tra esistente e paramento o dal secondo montante della parete con doppia struttura.



Esempi fissaggio sanitario sospeso su struttura a secco: pianta e sezione

Nelle figure seguenti viene mostrato come posizionare, in modo esemplificativo, il piatto doccia con la seguente legenda di colori:

- verde, trattamento impermeabilizzante per evitare perdite di acqua (guaine);
- blu, lana di vetro a bassa densità (a riempimento dello spazio sottostante i piani doccia e vasca da bagno);
- viola, materassino anticalpestio da posizionare sotto i piedini antivibranti.



Esempio posa piano doccia

Devono essere sempre evitati tutti i contatti rigidi tra gli impianti e gli elementi strutturali o di finitura, ovvero si devono utilizzare sempre i materiali elastici di rivestimento in polietilene per le tubazioni e per gli impianti in genere. In particolare, si devono limitare al minimo le tubazioni orizzontali.

Si devono usare tubazioni con alto potere fonoisolante e rivestirle completamente con calza resiliente e isolante (calza che non sia di 3 mm, ma almeno da 6 mm).

Per la tipologia di tubazione si deve sentire l'idraulico fornitore, e si possono usare tubazioni, tipo ValsirSilere o tipo Bampi Polo Kal 3S o Geberit Silent.

Gli scarichi devono esser completamente rivestiti, compresi tutti i tratti orizzontali nell'alleggerito dai sanitari fino alla colonna. Le colonne verticali possono essere posate in cavedio o in traccia, l'importante è che sia garantita la desolidarizzazione tra tubazioni e strutture



Esempio di staffe antivibranti [Fonte sito Valsir e Geberit]

Ove siano presenti cavedi, questi devono essere interamente riempiti con lana minerale a bassa densità.

Nei casi di cavedi non a contatto con le pareti perimetrali, devono essere realizzati elementi strutturali indipendenti, tali da garantire che non vi sia contatto tra i pendini delle tubazioni con le pareti e le strutture del cartongesso o dei laterizi delle pareti doppie dello strato sul lato degli ambienti di vita.

Ad esempio, possono essere usate strutture con putrelle e colonne in acciaio da vincolare alle strutture portante dell'edificio. Le colonne devono essere vincolate agli elementi strutturali con pendini dotati di gommini smorzanti.

La chiusura del cavedio andrà realizzata con una doppia controparete autoportante distanziate 10 mm tra di loro.

La prima controparete andrà realizzata con un'orditura a perdere da 50x50x0,6 mm, rivestita con una lastra standard tipo A da 12,5 mm e interponendo un pannello in lana di vetro da 45 mm.

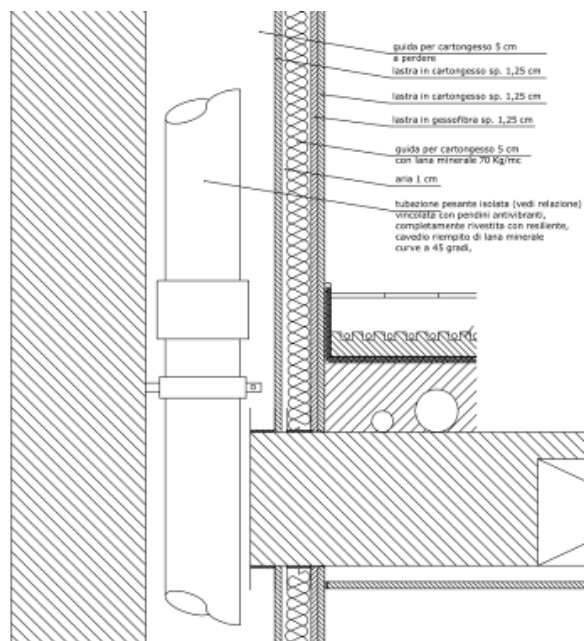
La seconda controparete, quella a vista, andrà realizzata con un'orditura da 50x50x0,6 mm (o maggiorate se devono essere sospesi dei sanitari sospesi), rivestita con una doppia lastra ad alta densità da 12,5 mm e interponendo un pannello in lana di vetro da 45 mm (75 mm se si utilizza il profilo da 75x50 mm).

Il cavedio andrà completamente riempito di lana minerale a bassa densità.

La scelta della tipologia della controparete è stata valutata basandosi sulla documentazione tedesca della società Knauf che ha effettuato degli studi specifici per valutare l'influenza della densità delle lastre di gesso rivestito sul potere fonoisolante:

| Controparete | d | Riegelwerk mit CW-Profilen - zweilagig beplankt | 75 | 50 | 30 | 36 | 36 | - |
|--------------|---------|-------------------------------------------------|-----|-----|----|----|----|----|
| | 2x 12,5 | | 100 | 75 | | | | |
| | 2x 12,5 | | 125 | 100 | | | | |
| | 2x 12,5 | | 75 | 50 | 31 | 37 | - | 40 |
| | 2x 12,5 | | 100 | 75 | | | | |

Valore di isolamento della controparete autoportante per la chiusura di un cavedio tecnico



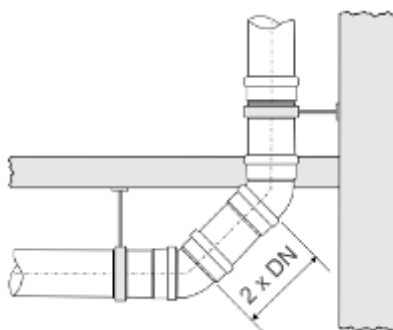
Particolare fissaggio sanitario impianti nel cavedio tecnico realizzato con sistemi a secco

Tutta l'impiantistica (comprese eventuali caldaie, boiler e corpi con valvole, ecc.) deve essere appesa con materiali antivibranti.

Tutte le tubazioni (anche di adduzione e i pluviali) devono essere rivestite con materiale resiliente e dotate ove necessario di valvole anti colpo di ariete.

Anche nel caso di tubi verticali in traccia, la tubazione deve essere completamente rivestita di materiale resiliente (calza elastica) e poi si deve posizionare lana minerale a riempimento ed infine tra la tubazione e qualunque ambiente deve essere posato almeno una controparete a secco da 10 cm per la distanza di almeno 1 metro.

Ridurre al minimo indispensabile i cambiamenti di direzione della colonna nel suo percorso verticale e, se inevitabili, realizzarli utilizzando due curve a 45° ed un tubo interposto di lunghezza pari a due volte il diametro



Curva a 45° per i cambiamenti di direzione

Le rubinetterie devono essere selezionate tra quelle a bassa rumorosità, ovvero del gruppo acustico 1 secondo le norme UNI EN 817 e UNI EN 200.

In fase di progettazione della rete di distribuzione dell'acqua si deve prevedere velocità del fluido non elevata, utilizzando idonee sezioni per le tubazioni, si veda la Tabella seguente.

| Diametro tubo [mm] | Velocità massima fluido [m/s] |
|--------------------|-------------------------------|
| 25 | 0,9 |
| 50 | 1,2 |
| 80 | 1,5 |
| 100 | 1,8 |
| 125 | 2,1 |
| 150 | 2,4 |
| 200 | 2,7 |
| 250 | 2,9 |
| >300 | 3,0 |

Diametro delle tubazioni e la rispettiva velocità dell'acqua al loro interno

Le portate di scarico degli apparecchi idrico-sanitari dovranno essere inferiori a 2,5 l/s; si vedano nella Tabella seguente le portate consigliate.

| Apparecchio | Portata [l/s] |
|-------------------------|---------------|
| Lavabi / lavandini | 0,5 |
| Bidet | 0,5 |
| Vasche da bagno / docce | 1,0 |
| Wc | 2,0 |

Portate consigliate per i diversi apparecchi

5.6 Scatole elettriche e quadri elettrici

Qualsiasi elemento che possa interrompere la continuità della parete dovrà essere adeguatamente sigillato con sigillante poliuretanico a basso modulo elastico (0.3 n/mm² circa al 100% di allungamento) adatto per applicazioni interne ed esterne caratterizzato da una densità non inferiore a 1.3 kg/l.

Dove necessario le tracce cavate per l'eventuale passaggio di cavi elettrici dovranno essere accuratamente sigillate lungo tutto il percorso.

5.7 CAM

Oltre a quanto richiesto in merito ai requisiti acustici passivi, i CAM prevedono ulteriori prescrizioni.

I requisiti previsti dall'Appendice B della UNI 11367 relativi all'isolamento acustico tra ambienti di uso comune ed ambienti abitativi non sono applicabili al caso in esame in quanto non sono presenti accessi o aperture di collegamento ad ambienti abitativi.

La norma UNI 11532 citata dai CAM per i parametri di acustica interna non contempla gli ambienti teatrali di grandi dimensioni; i parametri di qualità acustica sono stati studiati con l'obiettivo di ottimizzare la fruizione dell'ambiente rispettando le caratteristiche del teatro, come illustrato nel capitolo seguente.

6 Acustica Architettonica

Come anticipato in Premessa il lavoro acustico non comprende gli ambienti Foyer, Sala Convegni, Ridotto e ambienti accessori, per i quali è previsto unicamente il dato di isolamento di facciata, altri temi non sono qua contemplati in quanto non oggetto dell'incarico.

6.1 Analisi Storica

6.1.1 L'Acustica dei teatri storici italiani per la lirica

I primi studi sistematici sulla "buona acustica" dei teatri, in particolare d'opera, appaiono all'inizio degli anni novanta. Grazie a una collaborazione di diversi poli universitari italiani [1], a partire dal 2003 sono state svolte misure e valutazioni in 18 teatri d'opera della penisola, volte ad un'analisi comparativa tra di essi, al fine di valutarne aspetti comuni e discrepanze oltre che di fornire informazioni fondamentali per il mantenimento delle loro caratteristiche nel tempo. Interventi di manutenzione o restauro difatti non devono apportare modifiche alle proprietà acustiche originali delle sale, se non per comprovate esigenze specifiche.

I teatri analizzati sono: il Piccinni di Bari, il Paisiello di Lecce, La Scala di Milano, il Valli di Reggio Emilia, il Regio di Parma, il San Carlo di Napoli, l'Opera di Roma, il Mercadante di Napoli, il Verdi di Salerno, il Fraschini di Pavia, il Sociale di Como, l'Alfieri di Asti, il Grande di Brescia, il Comunale di Bologna, Modena e Ferrara, il Bonci di Cesena, la Fenice di Venezia e il Verdi di Trieste.

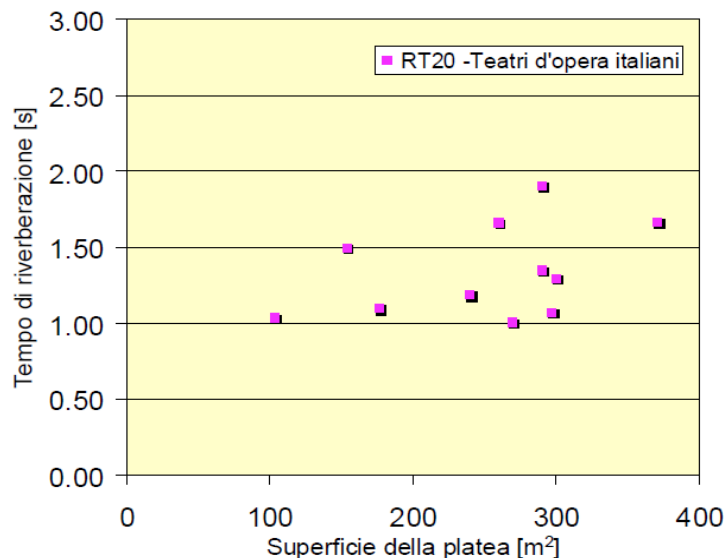
I parametri acustici analizzati (secondo la ISO 3382-1997) [8] sono:

- Il tempo di primo decadimento EDT [s]
- I tempi di riverberazione T20 o T30 [s]
- Gli indici di chiarezza C50 e C80 [dB]
- L'indice di definizione D50 [dB]
- L'indice di robustezza del suono G [dB]
- Il coefficiente di correlazione mutua interaurale IACC
- La frazione di energia laterale LF

I principali parametri succitati sono descritti nel capitolo 3 Il Suono: il Fenomeno Fisico.

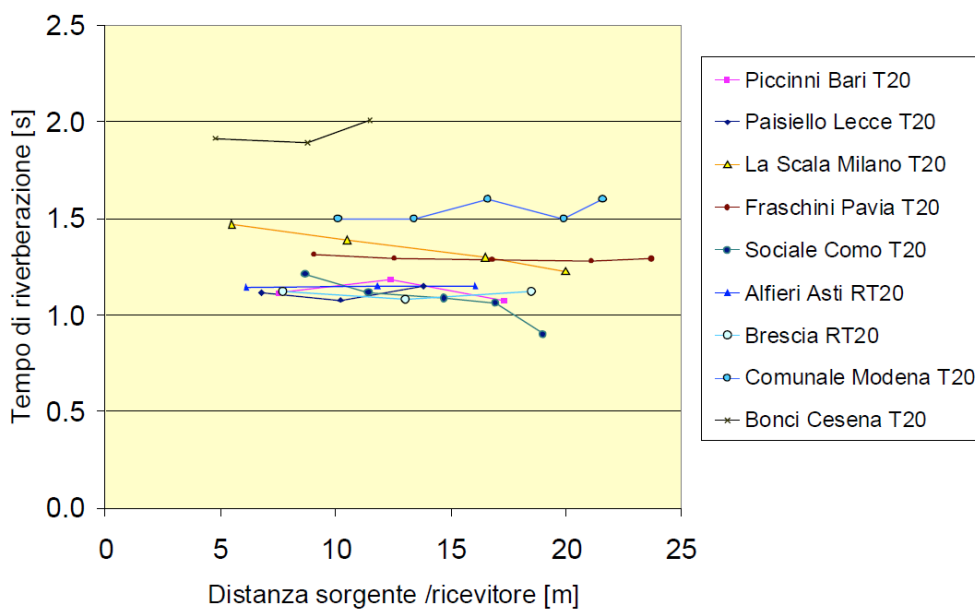
Gli ultimi due parametri sono particolarmente utili per la valutazione della spazialità del suono, ovvero la sua capacità di "avvolgere" l'ascoltatore (sono necessari trasduttori microfonici in grado di misurare risposte all'impulso binaurali e B-format, un formato spaziale full surround sphere).

Nella figura seguente si può osservare come vi sia una leggera tendenza all'aumento del tempo di riverberazione in funzione dell'aumento della superficie della platea, mentre dalla figura seguente si evince che la distribuzione della riverberazione è uniforme nelle sale, con una tendenza a decrescere molto lieve.



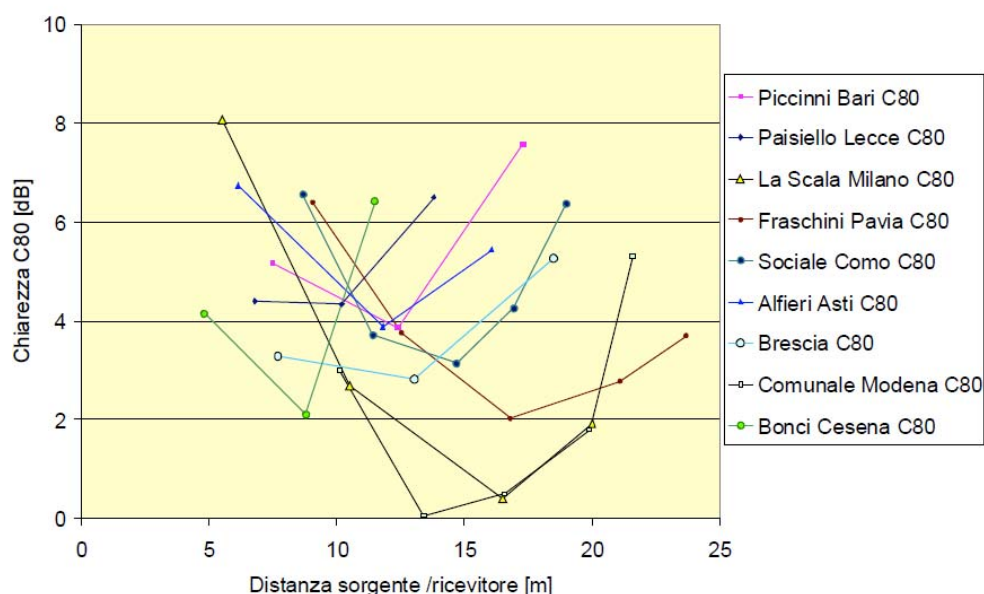
Tempo di riverberazione medio (125Hz-4kHz) delle sale in funzione della superficie della platea.

Nella figura seguente si evidenzia un comportamento comune a tutti i teatri: vi è un minimo del valor medio dell'indice di chiarezza C80 corrispondente circa al centro della platea.

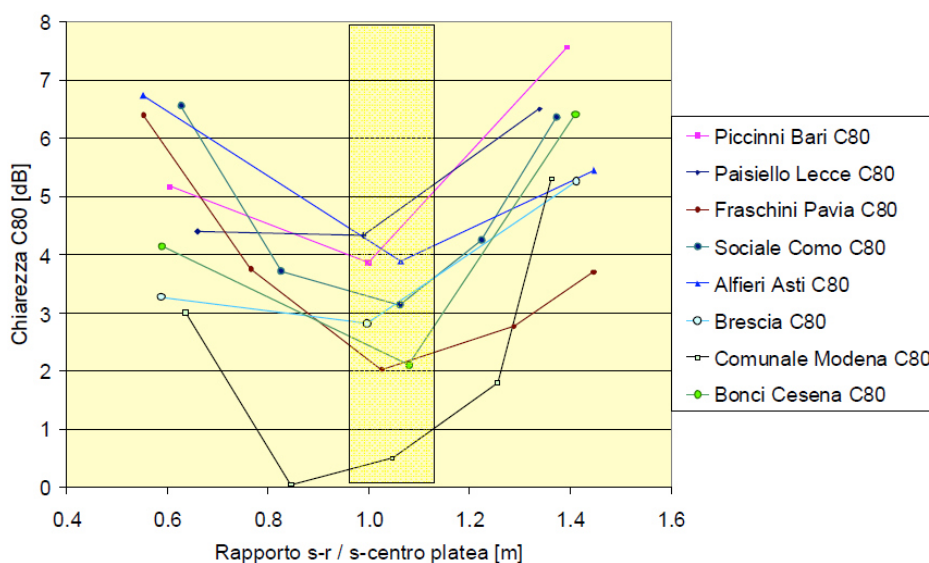


Tempo di riverberazione medio (125Hz-4kHz) in punti distribuiti su asse longitudinale dal palco al fondo della sala.

La figura seguente mostra la rappresentazione del C80 in funzione del rapporto tra la distanza sorgente-ricevitore e la distanza sorgente-centro platea.



Chiarezza C80 media (125Hz-4kHz) in punti distribuiti lungo un asse longitudinale dal palco al fondo della sala.



Chiarezza media C80 (125Hz-4kHz) in punti distribuiti di una distanza normalizzata.

Plausibile spiegazione del fenomeno è il legame con la curvatura delle pareti verticali, le quali sono prive di aggettazioni dalla pavimentazione della platea fino al primo ordine di palchi.

La risalita della chiarezza con la distanza invece è almeno parzialmente spiegabile con l'addensamento di energia di prima riflessione verso il fondo della platea.

6.1.2 Confronto tra principali parametri acustici di alcuni teatri storici dell'Emilia-Romagna

A livello costruttivo, con l'introduzione del genere operistico agli inizi del Seicento, i teatri iniziarono a presentare le note forme a ferro di cavallo, ellittica, semi circolare con palchi sulle pareti.

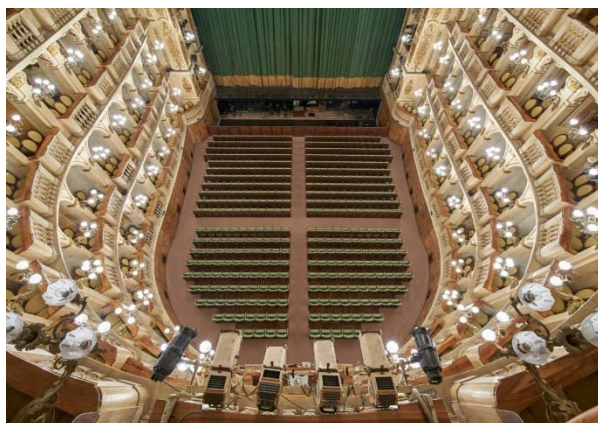
Di seguito le sale di alcuni teatri emiliani.



Teatro Valli di Reggio Emilia



Teatro Regio di Parma



Teatro Comunale di Bologna



Teatro Comunale di Ferrara

Nella tabella seguente si riportano tutti i teatri inclusi nello studio e alcuni dati ad essi relativi. Si può notare come quasi tutti i teatri analizzati presentino tempi di riverberazione medi (T20) compresi tra 1.5 e 2 secondi, a differenza della media italiana compresa tra 1 e 1.5 secondi [1]. Questo fattore è forse ciò che più accomuna i teatri emiliani.

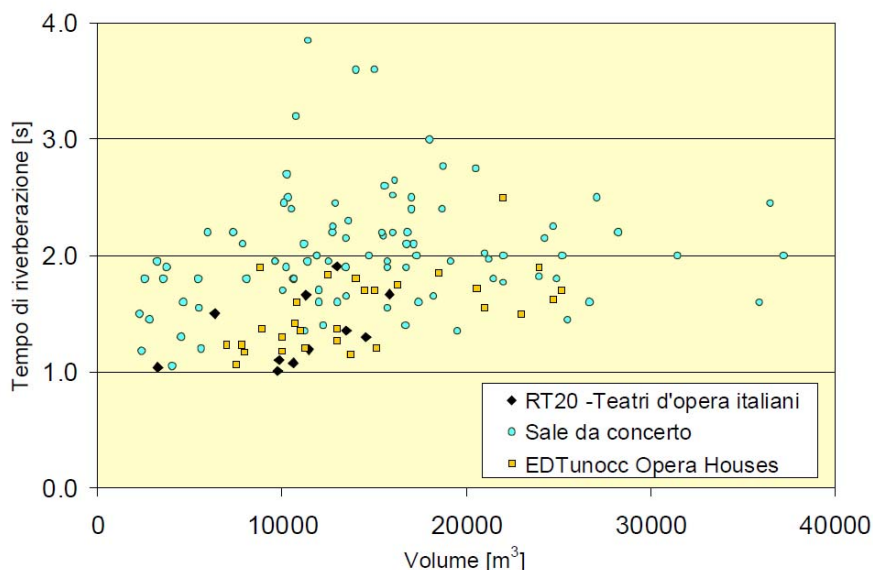
Gli indici di chiarezza sono un po' meno confrontabili in quanto di alcuni è provvisto il C80 e non il C50.

Si può tuttavia affermare che mediamente i valori si scostano da quelli ritenuti ottimali.

In Tabella sono riassunti i teatri presi in analisi con le rispettive caratteristiche principali [1][2][3][4][5][6][7].

| Teatro | Anno di apertura | Pianta | Volume totale o capienza | Triv sala vuota [s] | C50 [dB] |
|---------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|----------|
| Teatro Comunale (Bologna) | 1763 | A campana | 1034 | T60 medio =1.685 | -2.45 |
| Teatro Comunale (Ferrara) | 1798 | A ferro di cavallo | 990 posti | 1.5 ÷ 2 | - |

| Teatri dell'800 | | | | | |
|----------------------------------------------------|------|--------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| Teatro Comunale (Modena) | 1841 | A ferro di cavallo | 901 posti | 1.5 ÷ 2 | C80≈3 (media) |
| Teatro Bonci (Cesena) | 1846 | A ferro di cavallo | 800 posti ca. | 1.5 ÷ 2 | C80=4 ÷ 5 (media) |
| Teatro del Convitto Nazionale Maria Luigia (Parma) | 1829 | Rettangolare | 1500m3 ca. | T60 a 1kHz =1.6 | - |
| Teatro Regio (Parma) | 1829 | Ellittica | Dimensioni massime 84 x 37.5 x 30 1200 posti | T20 a 1kHz =1.12 T20 medio=1.03 | -0.61 a 1kHz |
| Teatro Valli (Reggio Emilia) | 1857 | A ferro di cavallo | Sala 415m2 ca. Palco 830m2 ca. 1088 posti | T20 a 1kHz =1.46 T20 medio=1.57 | 1.64 a 1kHz |
| Teatro Alighieri (Ravenna) | 1852 | A ferro di cavallo | 800 posti | T20 a 1kHz =1.1 T20 medio=1.21 | 2.7 a 1kHz |
| Teatro Amintore Galli (Rimini) | 1857 | Semi circolare | 800 posti ca. | T20 a 1kHz =1.6 (simulazione numerica) | 1.0 a 1kHz (simulata) |



Tempo di riverberazione medio (125-4000 Hz) di teatri d'opera italiani a confronto con valori misurati in sale per la musica di diversi Paesi, rapportati al volume dell'ambiente. Gli EDT son quelli misurati da Beranek in varie Opera Houses a sala non occupata. I quattro teatri italiani con tempo medio superiore a 1.5s sono quelli di Ferrara, Modena, Bologna e Cesena [1].

Di seguito si riportano i parametri completi disponibili solo per alcuni di questi teatri [2][3][4][5].

Parametri acustici dell'Alighieri di Ravenna in bande d'ottava [3]

| ALIGHIERI | 31.5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 16000 | Lin | A |
|-----------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|
| C50 [dB] | 1.8 | -3.9 | -3.7 | 0.5 | 2.3 | 2.7 | 3.2 | 3.0 | 4.3 | 7.7 | 3.3 | 3.4 |
| C80 [dB] | 4.3 | -0.7 | 0.1 | 3.5 | 5.0 | 5.8 | 6.2 | 6.4 | 8.8 | 12.9 | 6.6 | 6.7 |
| D50 [%] | 57.7 | 31.1 | 31.5 | 52.4 | 62.1 | 64.4 | 66.2 | 64.9 | 71.5 | 83.5 | 66.7 | 67.1 |
| Ts [ms] | 110.0 | 156.3 | 138.5 | 83.0 | 59.2 | 53.5 | 49.6 | 49.5 | 37.0 | 23.1 | 47.4 | 46.4 |
| EDT [s] | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.3 | 1.1 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.8 | 0.8 |
| T20 [s] | 3.2 | 2.1 | 2.0 | 1.6 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 1.1 | 1.0 |
| LF IACC | | | | | | | | | | | 0.28 | |
| | | | | | | | | | | | 0.34 | |

Parametri acustici del Regio di Parma per bande d'ottava [4]

| Freq. [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| C50 [dB] | 5.46 | -1.91 | -3.59 | -0.61 | 2.71 | 5.14 | 6.71 |
| C80 [dB] | 6.76 | 2.16 | 0.03 | 2.21 | 5.31 | 8.05 | 10.32 |
| D50 [%] | 71 | 40 | 31 | 46 | 65 | 76 | 82 |
| Ts [ms] | 161 | 131 | 110 | 85 | 61 | 41 | 26 |
| EDT [s] | 0.99 | 1.12 | 1.16 | 1.11 | 1.00 | 0.78 | 0.60 |
| T10 [s] | 1.16 | 1.10 | 1.07 | 1.12 | 1.01 | 0.88 | 0.63 |
| T20 [s] | 1.31 | 1.21 | 1.10 | 1.12 | 1.02 | 0.87 | 0.59 |
| T30 [s] | 1.47 | 1.33 | 1.18 | 1.12 | 1.04 | 0.88 | 0.60 |
| IACC | 0.64 | 0.57 | 0.34 | 0.28 | 0.31 | 0.27 | 0.43 |
| LF | 0.08 | 0.08 | 0.14 | 0.13 | 0.20 | 0.34 | 0.40 |

Parametri acustici medi del Teatro Comunale di Bologna [2]

| Teatro Comunale Bologna | T60 | EDT | Ts | C50 | C80 | IACC |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Valori medi | 1.685 | 1.712 | 112.6 | -2.45 | 0.38 | 0.48 |

Parametri acustici del Valli di Reggio Emilia per bande d'ottava [5]

| Freq. [Hz] | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| C50 [dB] | -4.42 | -2.08 | 1.59 | 1.64 | 2.02 | 3.17 | 2.30 |
| C80 [dB] | 1.92 | 2.04 | 4.20 | 4.30 | 4.24 | 5.74 | 5.67 |
| D50 [%] | 28 | 39 | 59 | 59 | 61 | 66 | 62 |
| Ts [ms] | 141 | 117 | 76 | 69 | 78 | 55 | 58 |
| EDT [s] | 1.83 | 1.70 | 1.47 | 1.36 | 1.24 | 1.12 | 0.96 |
| T10 [s] | 2.25 | 1.86 | 1.53 | 1.34 | 1.32 | 1.26 | 1.04 |
| T20 [s] | 2.26 | 1.94 | 1.60 | 1.46 | 1.44 | 1.28 | 1.01 |
| T30 [s] | 2.43 | 2.07 | 1.72 | 1.60 | 1.54 | 1.35 | 1.05 |
| IACC | 0.98 | 0.90 | 0.72 | 0.66 | 0.42 | 0.38 | 0.20 |
| LF | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.03 | 0.06 | 0.07 | 0.12 |

6.1.3 Riferimenti bibliografici

- [1] "Caratteristiche acustiche dei teatri storici italiani: una collaborazione di ricerca tra le Università di Bologna, Ferrara, Napoli Federico II, Napoli 2, Padova, Parma, Pavia e dei Politecnici di Bari e Torino", A. Magrini, R. Zecchin, A. Di Bella, A. Farina, A. Capra, L. Maffei, G. Iannace, C. Ianniello, R. Dragonetti, E. Cirillo, F. Martellotta, M. Masoero, A. Astolfi, R. Pompoli, N. Prodi, V. Tarabusi, L. Tronchin, Associazione Italiana di Acustica, 23 Novembre 2011
- [2] "Acoustic quality of theatres: correlation between experimental measures and subjective evaluations", A. Cocchi, A. Farina, P. Fausti, L. Tronchin, Università di Bologna, Parma e Ferrara
- [3] "Comparison between Opera houses: Italian and Japanese cases", A. Farina, L. Tronchin, V. Tarabusi, International Symposium on Room Acoustics: Design and Science 2004, Japan
- [4] "Caratterizzazione Acustica del Teatro Regio di Parma", A. Farina, A. Capra, E. Armelloni, C. Varani, Associazione Italiana di Acustica, 23 Novembre 2011
- [5] "Caratterizzazione Acustica del Teatro Valli di Reggio Emilia", A. Farina, A. Capra, E. Armelloni, C. Varani, Associazione Italiana di Acustica, 23 Novembre 2011
- [6] "L'acustica del teatro del Convitto Nazionale Maria Luigia di Parma", A. Farina, R. Pompoli
- [7] "The New Teatro "Aminore Galli" In Rimini: Acoustic Design And Measurements On Diffusing Panels", L. Tronchin, A. Farina, S. Campanini, P. Fiumana, Auditorium Acoustics 2018, Hamburg
- [8] ISO 3382:1997, Acoustics—Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.

6.1.4 La Sala

Si riporta di seguito una sintesi di quanto illustrato nel progetto a corredo della gara europea in relazione alla storia del teatro e dello stato pre intervento dell'edificio.

Il teatro, studiato nella struttura del teatro all'italiana con cavea a forma di ferro di cavallo, è opera dell'Arch. Ing. Giovanni Tosi, progettista nel secolo diciannovesimo di diversi teatri in Italia e all'estero, tra cui sicuramente quello di palazzo Bonaccorsi a Ferrara (distrutto).

Da quanto emerso da un manoscritto del 1849 si evince che il progettista ha seguito il trattato del matematico e scienziato Francesco Riccati intitolato "Della costruzione dei teatri secondo il costume dell'italia" in cui veniva approfondito il tema dell'armonia.

Il teatro viene progressivamente abbandonato a partire dal primo dopoguerra, a causa del cambiamento delle forme di spettacolo (scomparsa delle piccole compagnie teatrali, mancanza di palchettisti finanziatori e avvento del cinema). Durante il ventennio fascista la struttura ha ospitato manifestazioni propagandistiche e successivamente diventa sede di Comitati politici e scuole.

Nel 1955 il teatro viene chiuso e completamente abbandonato in quanto non più agibile.

Tra il 1985 e il 1998 si realizzano diversi interventi di parziale restauro della facciata, della copertura e degli ambienti nella parte anteriore dell'edificio; alcune parti interne pericolanti sono state demolite.

6.1.5 Target acustici

Sulla base della ricerca effettuata, si può ipotizzare che il teatro abbia avuto, al momento della sua costruzione, tempi di riverberazione assimilabili ad altri teatri costruiti nella stessa area e nello stesso periodo, ovvero un T20 medio compreso tra 1.5 e 2 s. Al contempo questo teatro ha dimensioni più compatte: il volume della sala è di circa 1100 mc, la platea ha

un'occupazione di 91 posti a sedere su una superficie di 74 mq, mentre i palchi sono distribuiti su tre ordini; il muro alle spalle della platea è a circa 10 m dal bordo anteriore del palco.

In base a queste misure, il teatro risulta piccolo rispetto agli studi presentati nei paragrafi precedenti, quindi il target del tempo di riverberazione medio può essere fissato attorno a 1.5 s ad ambiente non occupato, target valido per rappresentazioni di prosa non amplificate. Per applicazioni con musica amplificata sarebbe meglio puntare a tempi di riverberazione più bassi, che però andrebbero a snaturare la funzione del teatro, mentre per opere liriche e concerti di musica classica sarebbe utile aumentare il tempo di riverbero per dare più rinforzo alla musica non amplificata.

Per consentire l'utilizzo del teatro per esigenze così diverse, si potrebbe pensare ad un sistema di acustica variabile, ad esempio dotando la torre scenica di conchiglie acustiche mobili, da utilizzare solo quando necessario, da associare ad eventuali riflettori e diffusori acustici sulla parete di fondo del teatro, da coprire o scoprire con una tenda pesante (che deve essere montata su adeguati binari per consentirne lo scorrimento). Lo studio di queste soluzioni, non facendo parte della dotazione fissa del teatro, è escluso dalla presente relazione. La figura seguente mostra una possibile configurazione di una conchiglia acustica.



Esempio di conchiglia acustica

6.2 Il Progetto Acustico della Sala

6.2.1 Il Palco

Il palco è realizzato con doppio tavolato ligneo spessore 3 cm appoggiato a travetti in legno di dimensioni 10x10 cm interasse 40 cm, che poggiano su travi principali in legno sostenute da muri o pilastri in muratura.

Non avendo trovato altra collocazione possibile, una porzione del sottopalco è dedicata alla realizzazione del vano tecnico ove è installata l'UTA a servizio della platea, con pareti e solaio di copertura in c.a.

Su quest'ultimo poggia direttamente una porzione di palco, con elementi puntuali analoghi per passo a quelli della struttura del palco in generale, in modo che dal punto flessionale il palco abbia strutturalmente un comportamento uniforme.

La posa della struttura del palco avviene tramite l'interposizione di neoprene tra travi e travetti.

Nella modellazione acustica è stata valutata la presenza di tendaggi per scenotecnica dati da quinte a soffitto e laterali e fondale, così come descritto nel paragrafo dedicato al modello acustico.

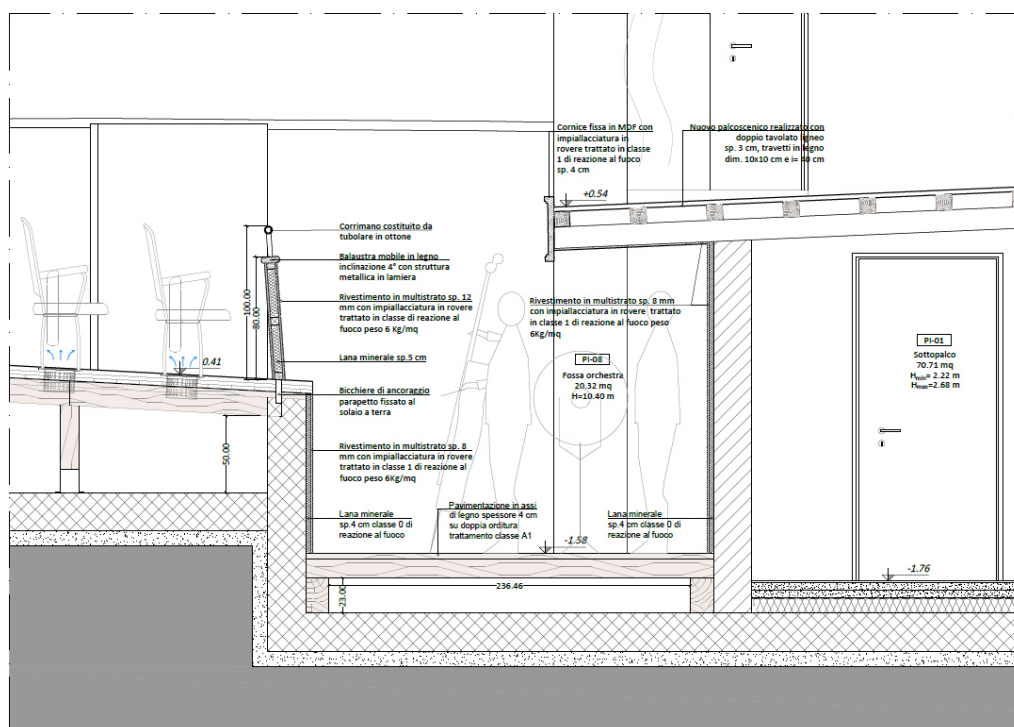
6.2.2 La Buca d'Orchestra

La buca d'orchestra è realizzata con una struttura fissa in legno con travetti appoggiati su neoprene e doppio assito da 4 cm, tali da realizzare una camera acustica sottostante.

Il parapetto è inclinato di 4 gradi (non verticale) e realizzato pieno fino alla quota di 80 cm in modo da realizzare un possibile schermo riflettente, tale da consentire una mutua comprensione di testi e musica tra fossa e palco.

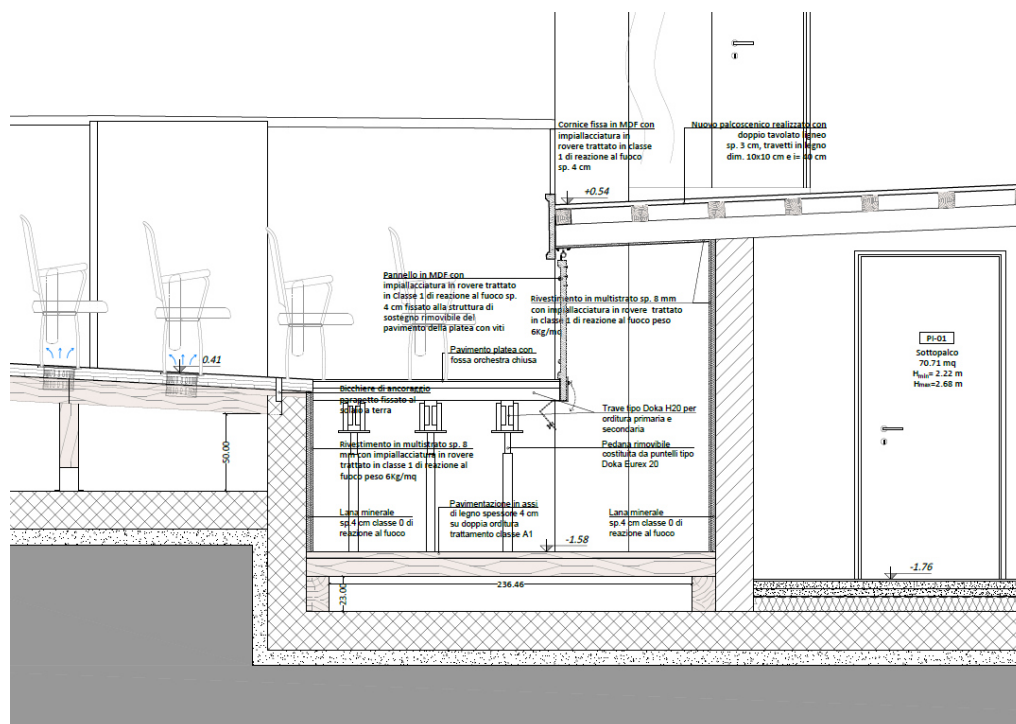
La struttura del parapetto è realizzata con intelaiatura in metallo e rivestimento in multistrato 8 mm con lana minerale interposta spessore 5 cm.

Le pareti della buca d'orchestra sono realizzate con rivestimento in multistrato 8mm e retrostante lana minerale da 4 cm, il soffitto della zona sottopalco è realizzato con multistrato 8 mm e superiore lana minerale tra i travetti.



Sezione della buca d'orchestra in configurazione aperta

La buca d'orchestra può essere predisposta nella configurazione chiusa, cioè di estensione della platea, tramite l'uso di una struttura rimovibile costituita da puntelli tipo Doka Eurex 20 e doppia orditura di travi tipo Doka 20 con interposto neoprene e superiore pannelli a pavimento di platea a chiusura della fossa.

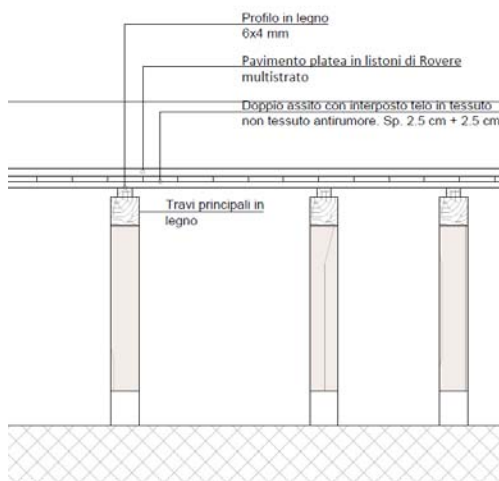


Sezione della buca d'orchestra in configurazione chiusa

6.2.3 La Platea

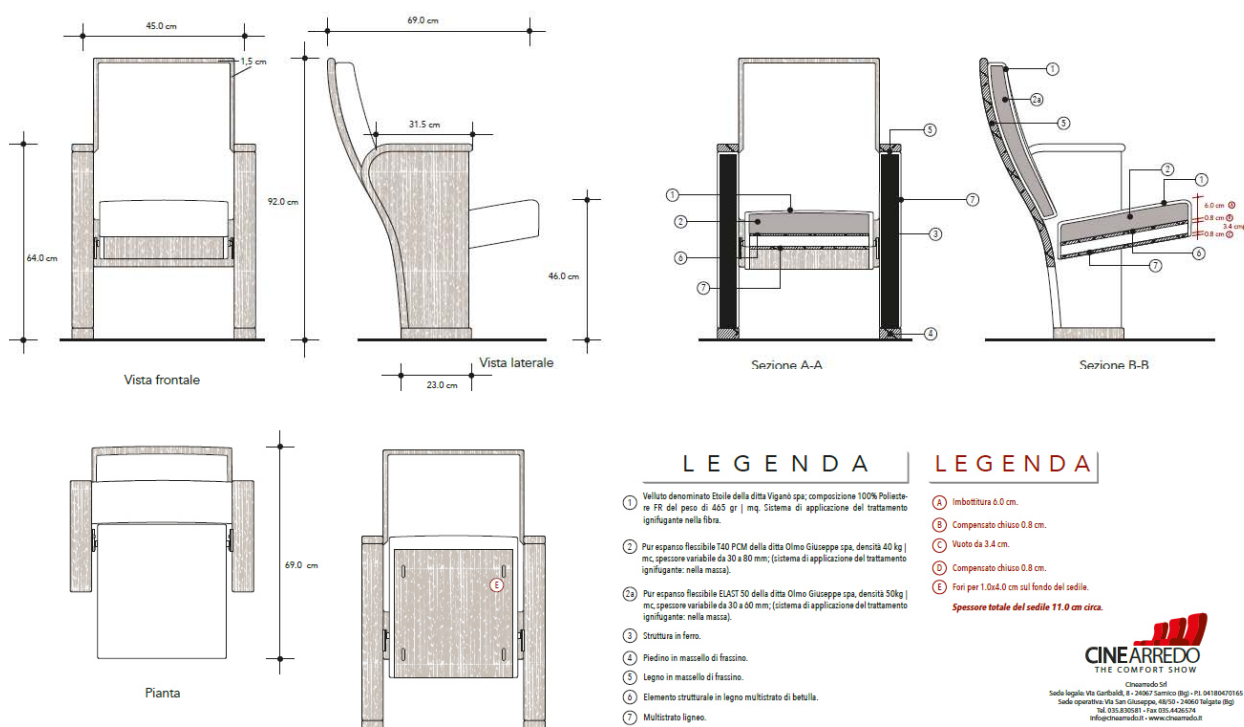
La platea viene realizzata con pavimentazione in listoni di rovere multistrato, posati su un doppio assito con interposto tessuto non tessuto spessore 2.5 + 2.5 cm posato su profili in legno 6x4 cm appoggiati tramite supporti in neoprene a travi principali in legno.

Il tutto come nella immagine seguente.



Sezione del pavimento della platea

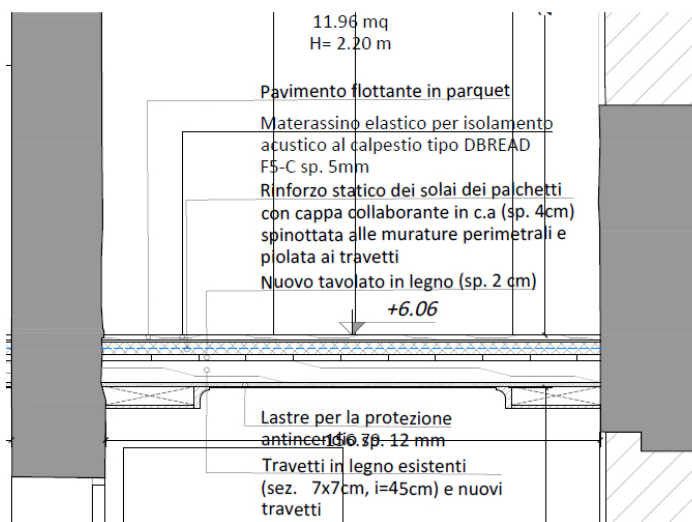
In platea si prevedono poltroncine del tipo indicato nell'immagine seguente, con imbottitura per seduta e schienale, ma con il resto delle superfici piene e dure, con sotto seduta con pannello forato.



6.2.4 I Palchi

I palchi sono realizzati come da progetto architettonico e per essi non è previsto alcun trattamento acustico, salvo l'impiego di poltroncine e sedie mediamente imbottite, con schienale libero o rigido. La struttura portante dei solai viene rinforzata con assito in legno e cappa collaborante in c.a. al di sopra della quale si prevede la posa del materassino resiliente tipo dBred F5 Piano Zero, con superiore posa di pavimento flottante in parquet.

La posa dell'anticalpestio deve essere fatta in modo che non vi siano contatti tra pavimento e pareti laterali, con posa di battiscopa a parete e staccato dal pavimento.



Sezione del pavimento corridoio e palchi

6.2.5 Il Soffitto

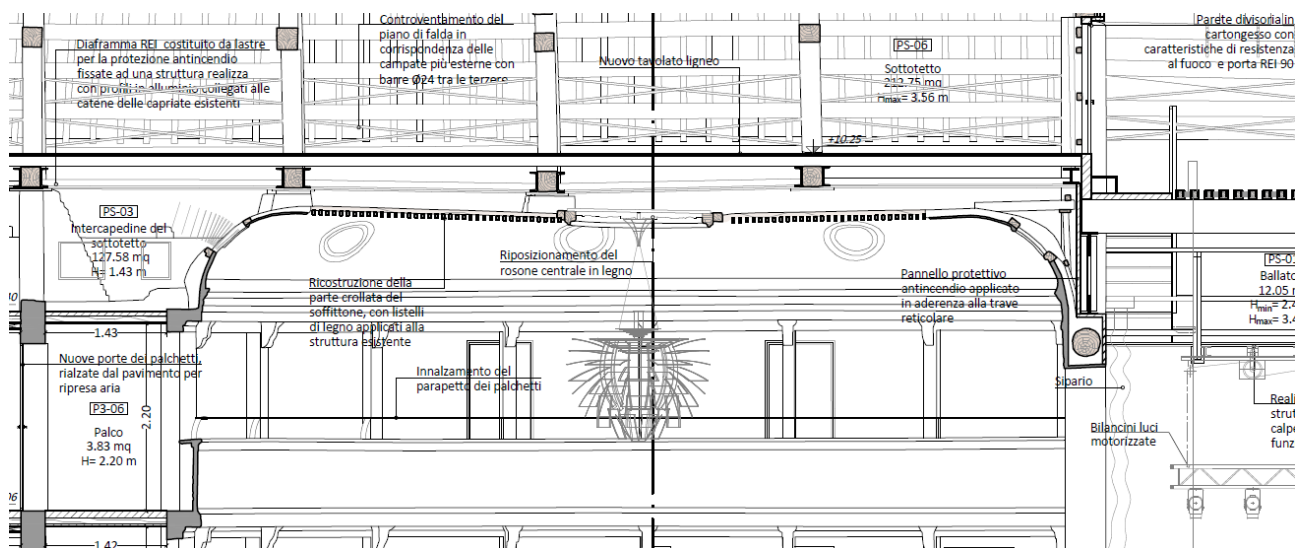
Il soffitto del teatro risulta nella condizione di rilievo quasi completamente demolito, il progetto prevede il ripristino del soffitto originale, con relativo rosone centrale, con alcune modifiche sostanziali di tipo materico e geometrico.

Alcuni accorgimenti di ordine estetico, impiantistico ed acustico vengono inseriti, considerando anche il fatto che è prevista la realizzazione di uno strato isolante REI per compartimentare il sottotetto rispetto alla sala.

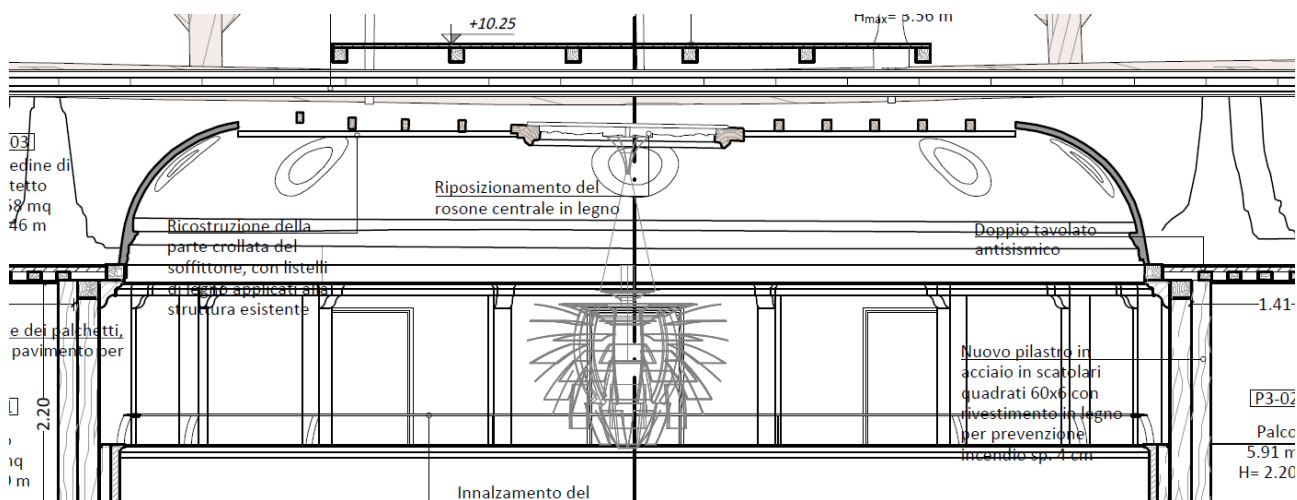
Nei tondi presenti nella porzione di soffitto curvo vengono inseriti i canali di aerazione per la mandata dell'aria primaria e la porzione di soffitto piano (anche se non si tratta di un piano perfetto) viene ricostruita con travetti in legno, tali da lasciare una intercapedine d'aria tra gli stessi.

Il sistema costituito dai travetti ed il volume d'aria limitato superiormente dalle lastre Promat (profondità variabile con media di circa 30 cm) determina acusticamente un elemento capace di diffondere l'onda sonora proveniente dal palco.

Anche il rosone non si comporta acusticamente come un riflettore, dal momento che non è realizzato come superficie piana, ma presenta una superficie non regolare.



Sezione longitudinale del soffittone con porzione a listoni e soprastante lastre per compartimentazione REI



Sezione trasversale del soffittone con porzione a listoni e soprastante lastre per compartimentazione REI

6.2.6 Porte ed Accessi

Alcune porte interne devono essere oggetto di particolare attenzione acustica, trattandosi di elementi che separano ambienti per i quali deve essere garantito un alto potere fonoisolante.

Trattasi in particolare di:

1. Porte di accesso al vano tecnico sottopalco: nel locale tecnico sottopalco è alloggiata la UTA a servizio della sala del teatro, di conseguenza è necessario prevedere un alto grado di isolamento ai rumori aerei (per i rumori da impatto e vibrazioni si dirà più avanti). Tale isolamento è fornito grazie all'impiego di un sistema di doppia porta isolante e materiale fonoassorbente posto a trattamento dello spazio tra le porte. Ognuna delle due porte deve essere dotata di un valore indice di isolamento $R_w - c > 45$ dB (cioè di deve considerare il contributo del coefficiente correttivo c nella valutazione del serramento).
2. Porte di accesso al sottopalco dalla Fossa di Orchestra: questi serramenti devono essere certificati REI, con valore come da progetto VVF, e devono possedere un indice di isolamento ai rumore R_w di laboratorio pari almeno a $R_w - c > 45$ dB (cioè di deve considerare il contributo del coefficiente correttivo c nella valutazione del serramento).
3. Finestra tra vano tecnico sottopalco e locale silenziatori: tale serramento è necessario per consentire l'accesso al vano silenziatori, per eventuali interventi di pulizia o manutenzione all'impianto, deve essere certificato un con un indice di isolamento ai rumore R_w di laboratorio pari almeno a $R_w - c > 45$ dB (cioè di deve considerare il contributo del coefficiente correttivo c nella valutazione del serramento).
4. Porte di accesso alla sala dal Foyer: tra il foyer e la sala è necessario fare in modo che vi sia un alto valore di isolamento, per quanto possibile in funzione id vincoli architettonici di conservazione dell'edificio. È necessario predisporre serramenti che siano dotati di un valore indice di isolamento $R_w - c > 45$ dB (cioè di deve considerare il contributo del coefficiente correttivo c nella valutazione del serramento). Dal momento che tra le scale laterali vi è una comunicazione diretta (a meno di tendaggi) con i corridoi di accesso ai palchi (questi ultimi con porte sopraelevate per consentire il passaggio di aria di recupero) l'isolamento tra foyer e sala ha un limite superiore non quantificabile acusticamente e in ogni caso non superabile, che sarà da valutare in sede di cantiere e collaudo acustico.
5. Porta di uscita dal Retropalco verso l'esterno: come da valutazione di impatto acustico si richiede che l'indice R_w di laboratorio pari almeno a $R_w - c > 45$ dB (cioè di deve considerare il contributo del coefficiente correttivo c nella valutazione del serramento).

6.3 Il Modello Acustico

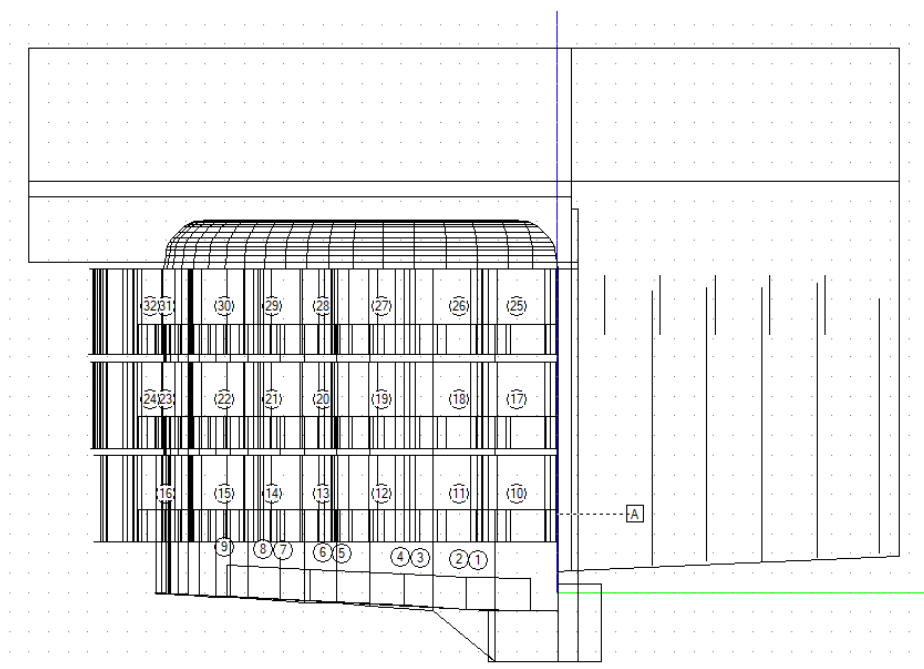
L'analisi acustica è stata condotta con modello tridimensionale geometrico della sala, e l'assegnazione alle varie superfici che definiscono il volume della sala le specifiche caratteristiche acustiche di assorbimento, isolamento e scattering.

Il software impiegato per il calcolo è Ramsete, che si basa sulla tecnica del pyramid tracing e dell'acustica geometrica, con la possibilità di visualizzazione grafica e tabellare dei risultati dei calcoli.

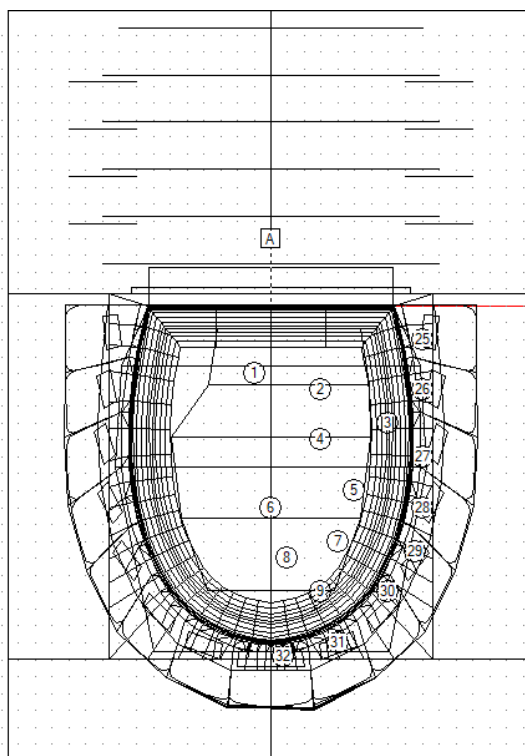
A seguire si riporta un estratto liberamente riassunto della descrizione tecnica del software, disponibile sul sito di Spectra Srl, azienda che distribuisce il software.

Il software calcola la risposta all'impulso, per dieci bande di ottava, lineare e pesato A, di ciascun ascoltatore e quella media della sala, i livelli SPL per bande di ottava, lineare e pesato A per ciascun ascoltatore, la curva di decadimento di Schroeder e il tempo di riverberazione EDT e gli altri principali indici acustici di interesse.

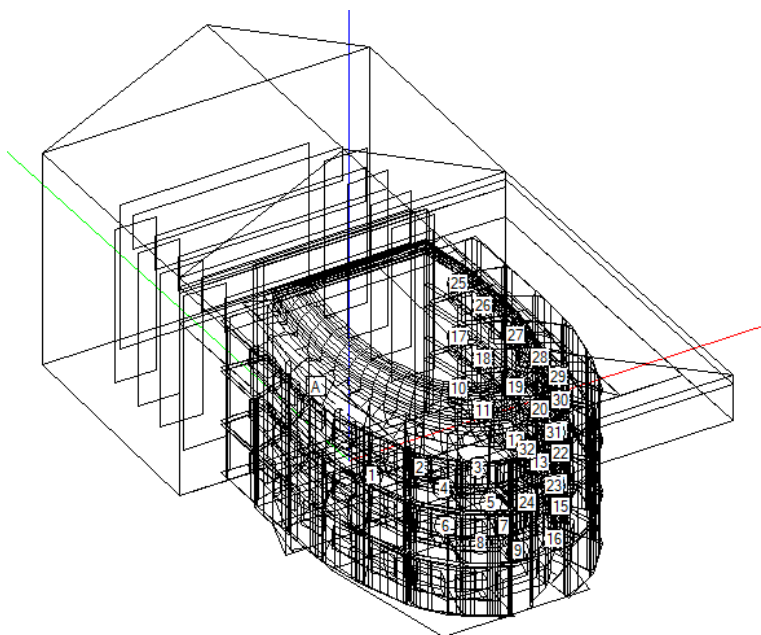
L'interno del teatro è stato modellizzato in 3D semplificandolo il più possibile. Il modello è costituito da svariate facce, che rappresentano le superfici esposte sia della sala che della torre scenica. Le immagini seguenti riportano le viste in pianta, laterale e assonometrica del modello acustico.



Vista laterale del modello acustico



Vista in pianta del modello acustico



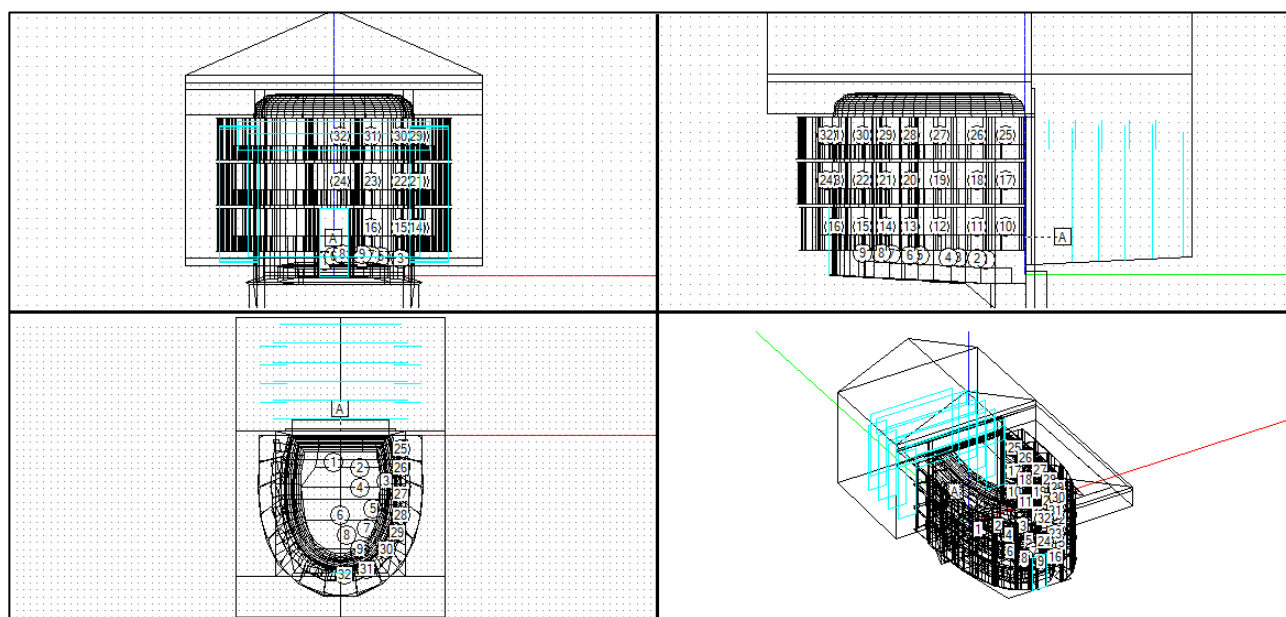
Vista assonometrica del modello acustico

Dal modello si nota che la torre scenica presenta un volume decisamente importante rispetto alla sala, motivo per il quale si rende necessario utilizzare opportuni tendaggi sul palco, che sono comunque necessari per le tipiche esigenze teatrali.

Nel modello, a livello ipotetico, si considera la presenza di tendaggi da 500 gr/mq a copertura della porta di ingresso e distribuiti sul palco secondo questo schema:

- n. 8 quinte 2 x 7 m
- n 5 soffitti 10 x 1.5 m
- n 1 fondale 9 x 6.5 m

La figura seguente riporta la distribuzione di tali tendaggi nelle varie viste del modello.



Tendaggi presenti nel modello acustico (in azzurro)

A ciascuna superficie presente nel modello viene assegnato un coefficiente di assorbimento acustico, che consente al software di stimare l'energia riflessa da ciascun elemento.

La tabella seguente riporta i coefficienti di assorbimento acustico dei materiali utilizzati nel modello, ove è stato impiegato il coefficiente relativo all'intonaco ruvido anche per modellare le porzioni di soffitto intonacate, di pareti interne e parapetti dei palchetti.

Coefficienti di assorbimento acustico utilizzati nel modello

| | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Intonaco ruvido | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.02 |
| Pavimento legno | 0.10 | 0.11 | 0.09 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| Tende velluto tese | 0.05 | 0.13 | 0.40 | 0.52 | 0.43 | 0.41 | 0.41 |
| Sedute platea non occupate | 0.43 | 0.65 | 0.60 | 0.59 | 0.57 | 0.54 | 0.50 |
| Sedute palchi non occupate | 0.21 | 0.32 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.26 | 0.25 |

Ciascun blocco di sedute è stato modellato tramite superfici che delimitano il volume occupato dal ciascun specifico blocco di sedute.

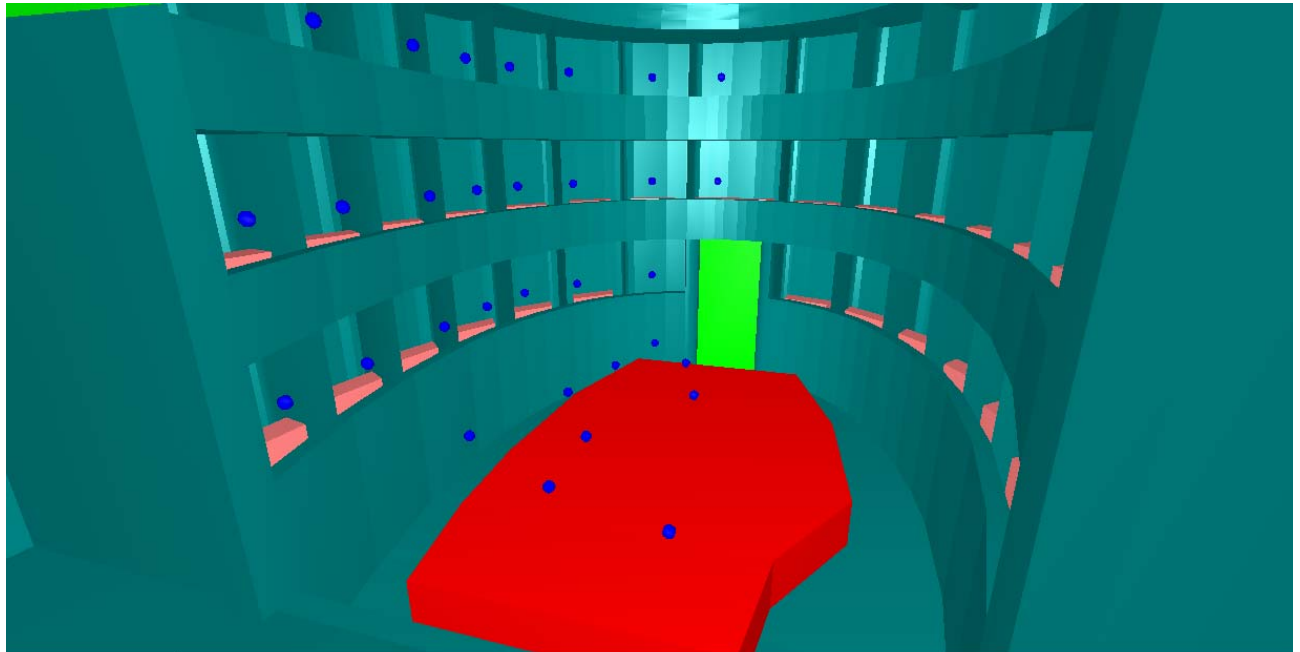
A queste superfici è stato assegnato un coefficiente di assorbimento acustico ottenuto moltiplicando l'area di assorbimento acustico di ciascuna seduta per il numero di sedute e dividendolo per l'area totale delle superfici coinvolte.

La tabella seguente riporta gli estremi del calcolo di questi coefficienti.

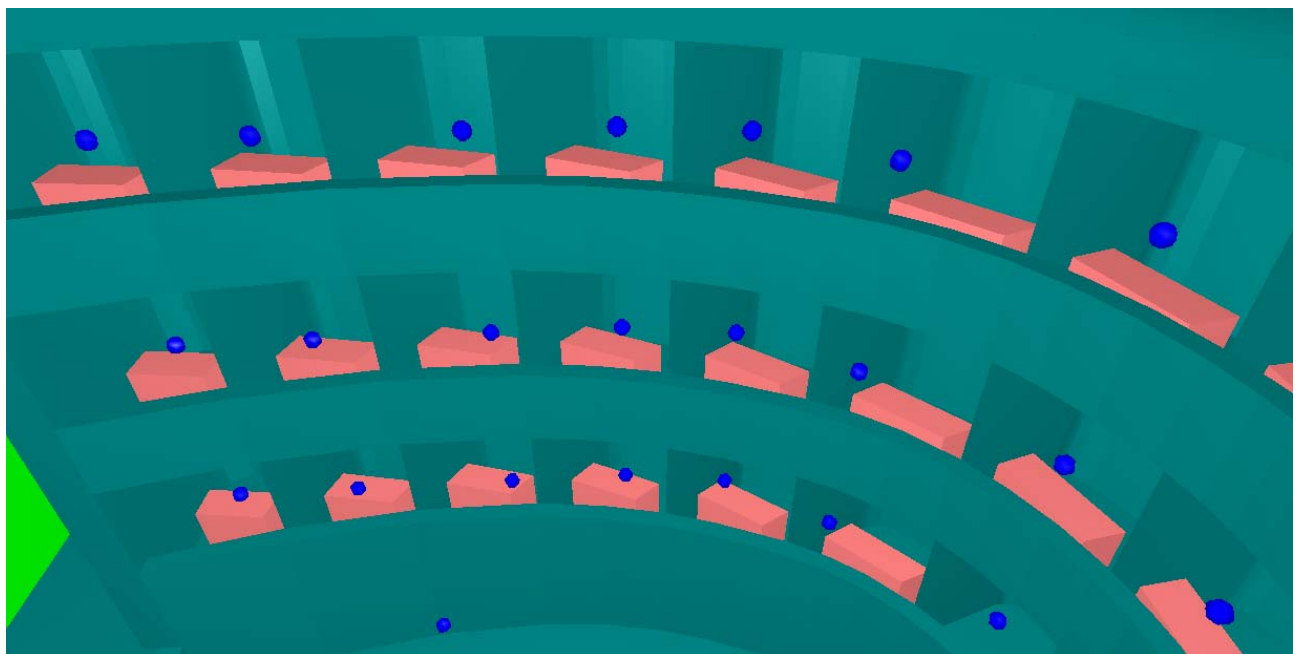
Calcolo dei coefficienti di assorbimento acustico per le superfici caratterizzanti le sedute

| Materiale considerato | | | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------|------|------|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| A | [mq] | | 0.28 | 0.42 | 0.39 | 0.38 | 0.37 | 0.35 | 0.32 |
| | | | | | | | | | |
| Platea | | | | | | | | | |
| n | [] | 91 | numero di sedie | | | | | | |
| S | [mq] | 58.2 | superficie totale platea occupata da sedie | | | | | | |
| A sedie | [mq] | | 25.3 | 38.1 | 35.1 | 34.1 | 33.3 | 31.7 | 29.1 |
| alpha eq | [] | | 0.43 | 0.65 | 0.6 | 0.59 | 0.57 | 0.54 | 0.50 |
| | | | | | | | | | |
| Palchetti | | | | | | | | | |
| n | [] | 2 | numero di sedie | | | | | | |
| S | [mq] | 2.64 | superficie totale platea occupata da sedie | | | | | | |
| A sedie | [mq] | | 0.56 | 0.84 | 0.77 | 0.75 | 0.73 | 0.7 | 0.64 |
| alpha eq | [] | | 0.21 | 0.32 | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.26 | 0.25 |

Le viste tridimensionali più caratteristiche del modello sono riportate nelle immagini seguenti.



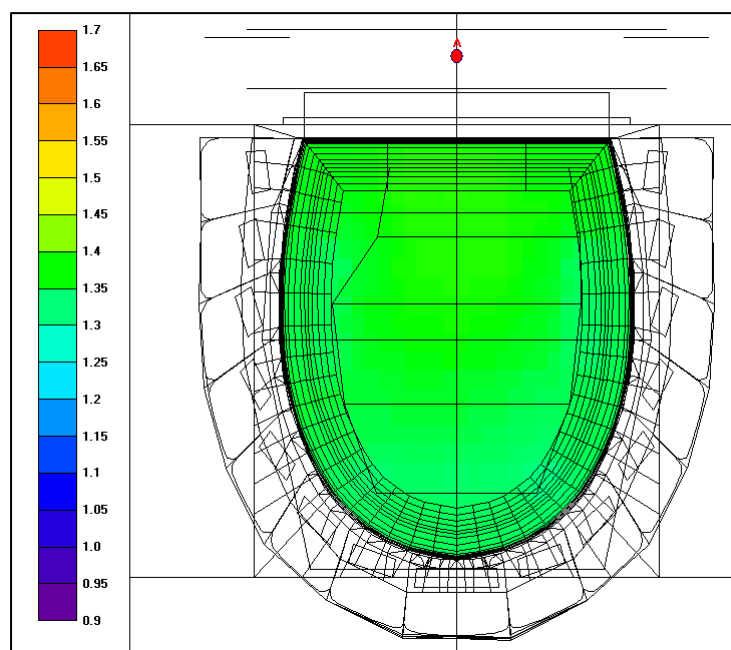
Vista tridimensionale interna del modello, i blocchi di sedie siano modellati da superfici costituenti dei volumi



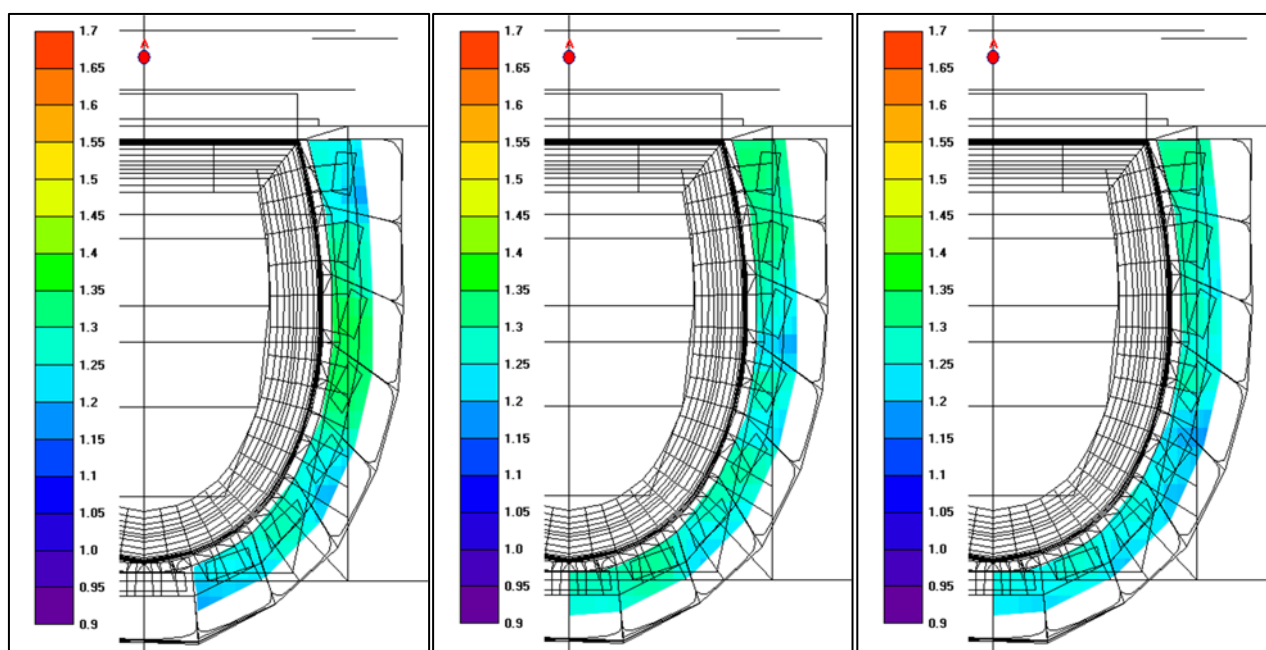
Vista tridimensionale dei palchetti laterali, in blu sono presenti i punti di calcolo, mentre in rosa i volumi occupati dalle sedute

6.4 Risultati dell'Analisi Acustica

I grafici seguenti riportano i risultati principali delle simulazioni.



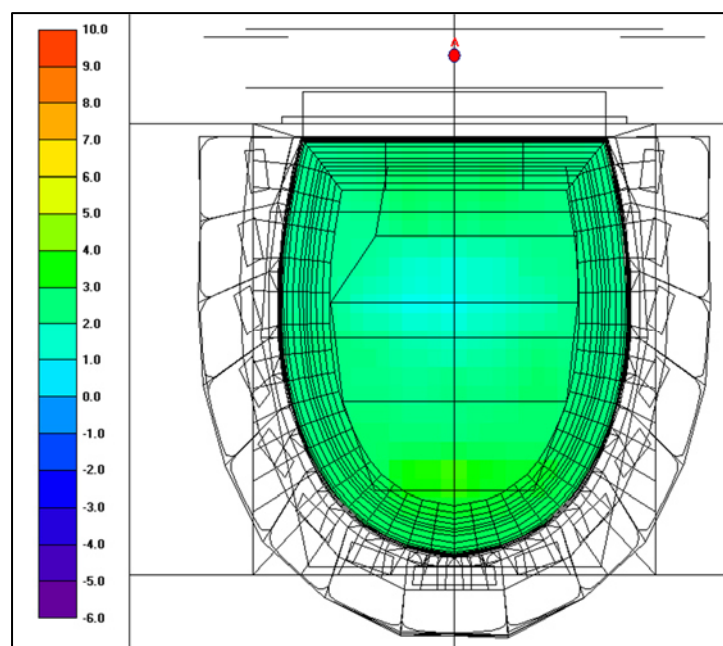
simulazione indice T20 platea



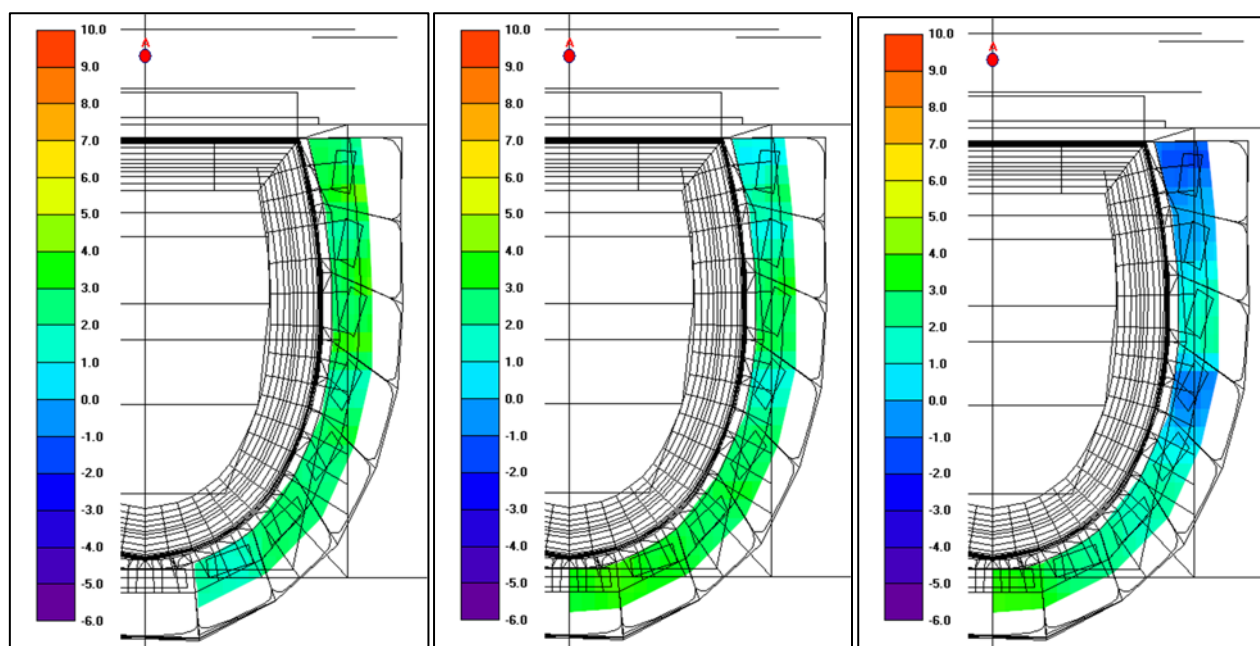
simulazione indice T20 per palchi a livello 1, 2 e 3 rispettivamente

Rapporto T20 per sezioni

| T20_sezioni | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Platea | 3.87 | 2.56 | 1.61 | 1.36 | 1.54 | 1.65 | 1.52 |
| Palchi liv 1 | 3.95 | 2.57 | 1.59 | 1.34 | 1.52 | 1.62 | 1.49 |
| Palchi liv 2 | 3.96 | 2.57 | 1.59 | 1.33 | 1.52 | 1.62 | 1.50 |
| Palchi liv 3 | 3.86 | 2.52 | 1.61 | 1.36 | 1.55 | 1.65 | 1.53 |
| Media | 3.91 | 2.56 | 1.60 | 1.35 | 1.53 | 1.64 | 1.51 |



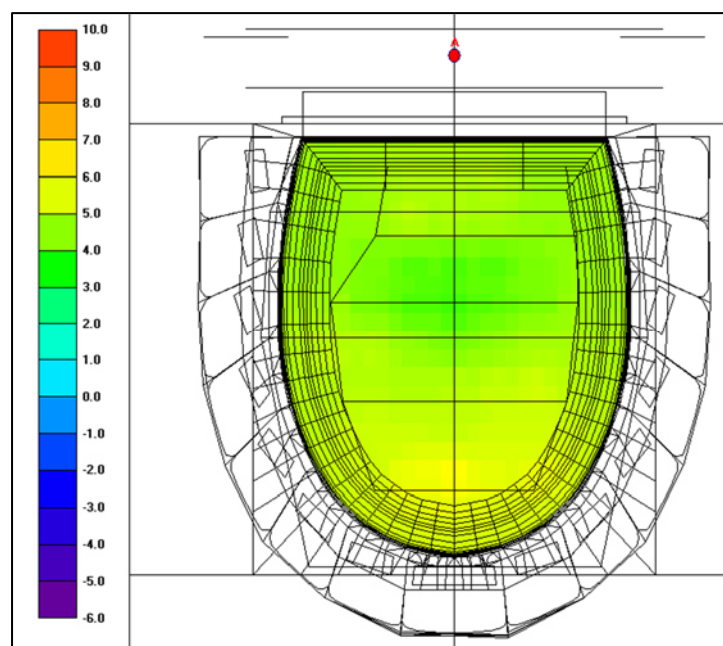
indice C50 platea



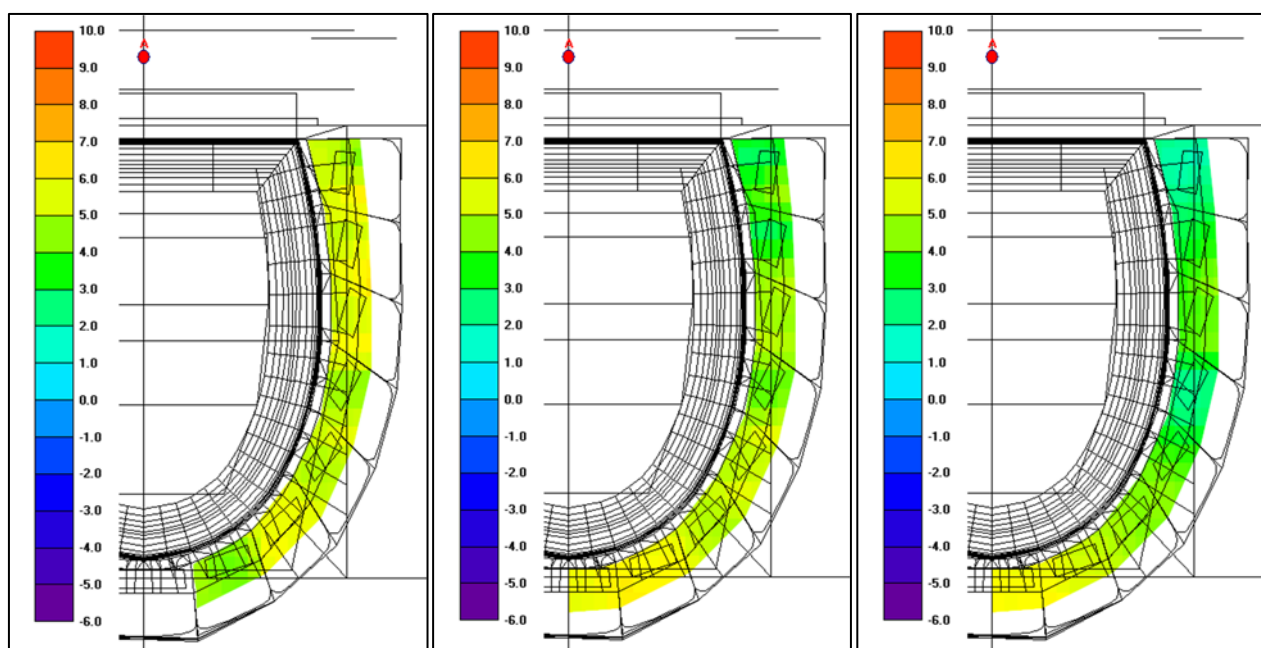
simulazione indice C50 per palchi a livello 1, 2 e 3 rispettivamente

Rapporto C50 per sezioni

| C50_sezioni | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|--------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Platea | -3.43 | -1.12 | 1.11 | 2.15 | 1.57 | 1.26 | 1.53 |
| Palchi liv 1 | -3.54 | -1.48 | 0.38 | 1.22 | 0.63 | 0.37 | 0.66 |
| Palchi liv 2 | -3.34 | -1.24 | 0.58 | 1.43 | 0.86 | 0.50 | 0.72 |
| Palchi liv 3 | -4.30 | -2.20 | -0.42 | 0.43 | -0.04 | -0.33 | -0.12 |
| Media | -3.65 | -1.51 | 0.41 | 1.31 | 0.75 | 0.45 | 0.70 |



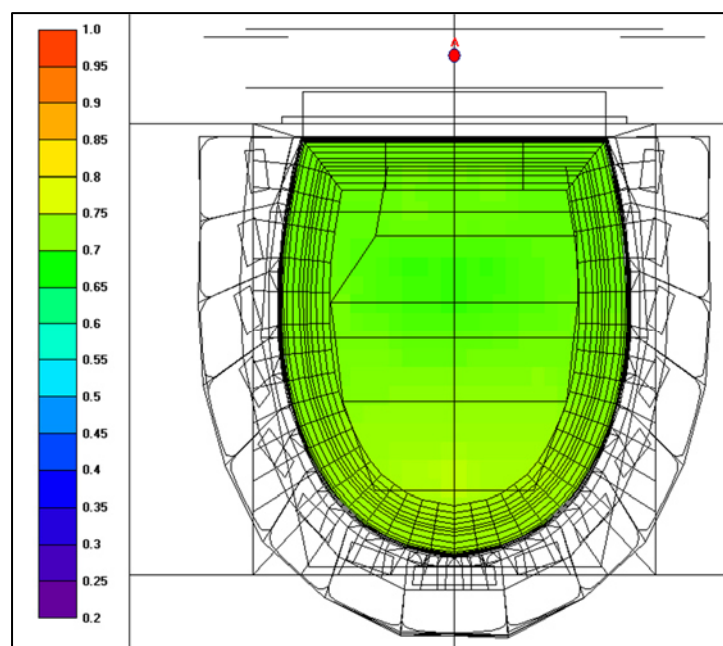
simulazione indice C80 platea



simulazione indice C80 per palchi a livello 1, 2 e 3 rispettivamente

Rapporto C80 per sezioni

| C80_sezioni | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
|--------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Platea | -1.63 | 0.83 | 3.40 | 4.57 | 3.89 | 3.55 | 3.92 |
| Palchi liv 1 | -1.68 | 0.59 | 2.82 | 3.84 | 3.18 | 2.85 | 3.22 |
| Palchi liv 2 | -1.42 | 0.85 | 3.01 | 4.01 | 3.35 | 2.98 | 3.30 |
| Palchi liv 3 | -2.16 | 0.08 | 2.19 | 3.18 | 2.59 | 2.25 | 2.57 |
| Media | -1.73 | 0.59 | 2.85 | 3.90 | 3.25 | 2.91 | 3.25 |



simulazione indice STI platea

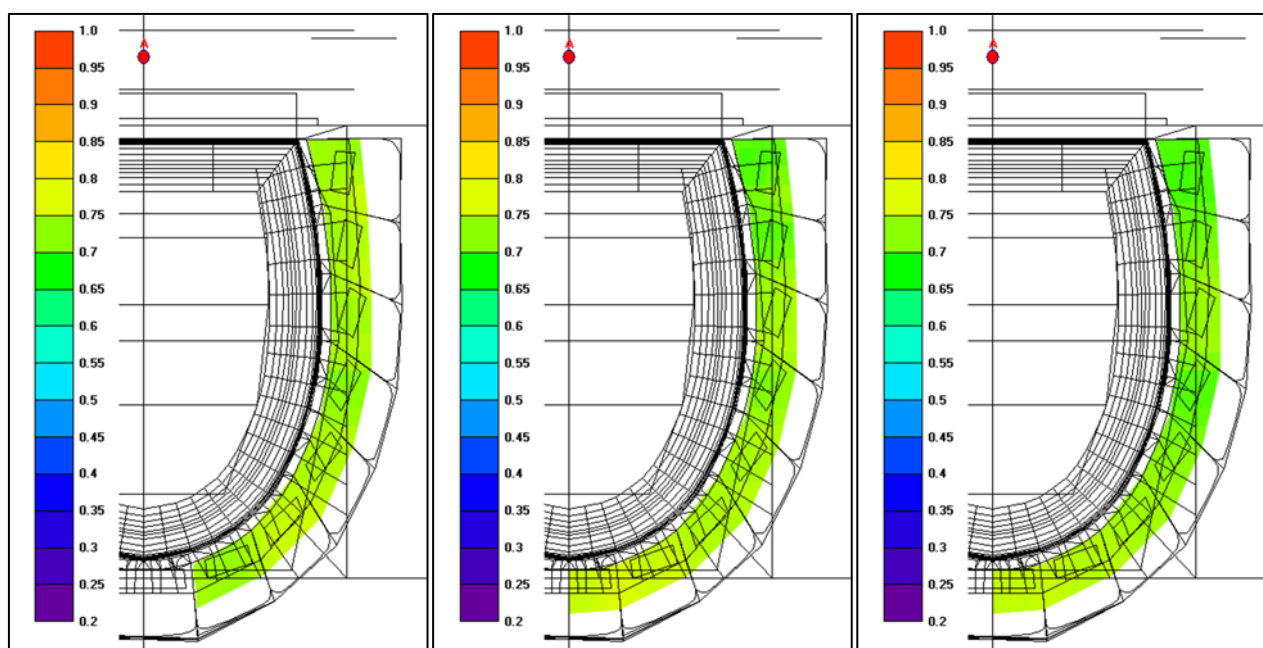


Figura 1: simulazione indice STI per palchi a livello 1, 2 e 3 rispettivamente

Rapporto STI per sezioni

| STI_sezioni | |
|--------------|------|
| Platea | 0.70 |
| Palchi liv 1 | 0.69 |
| Palchi liv 2 | 0.70 |
| Palchi liv 3 | 0.69 |
| Media | 0.70 |

6.4.1 Analisi critica dei risultati delle simulazioni acustiche

Dalle simulazioni acustiche si nota un marcato incremento dei tempi di riverberazione per le bande di 250 Hz, 125 Hz e per le bande inferiori, non riportate nelle tabelle precedenti.

Tale incremento è probabilmente dato dall'impossibilità, per i software di acustica geometrica, di valutare correttamente tutti gli effetti di assorbimento presenti nell'ambiente.

Nello specifico saranno presenti effetti di assorbimento di membrana dovuti alla presenza di pannelli, assi e simili che possono vibrare, dissipando energia sonora alle basse frequenze (ad esempio si pensi al pavimento del palco e della platea, ai diaframmi REI, alla copertura in lastre di cartongesso, ecc...).

Di conseguenza, ci si attende, a teatro ultimato, tempi di riverberazione più contenuti a tali frequenze.

Lo stesso ragionamento vale anche per tutti gli altri parametri acustici.

I tempi di riverberazione simulati a sala vuota (considerando una dotazione standard di tendaggi per la torre scenica) sono in linea con gli obiettivi del progetto.

I parametri di chiarezza (C50 e C80) risultano tutti sopra lo zero a partire da 500 Hz, e risultano molto buoni; questo è probabilmente dato dal fatto che il teatro è di ridotte dimensioni e tutte le riflessioni sono abbastanza vicine, in termini temporali.

L'indice STI, sebbene non sia un parametro caratteristico dei teatri, viene preso in considerazione in questa analisi, dato l'obiettivo del teatro di essere utilizzato anche per altri scopi (ad esempio per conferenze); tale parametro permette di valutare quanto il parlato di una persona sia intelligibile. La simulazione, eseguita considerando un rumore di fondo trascurabile, fornisce un valore costante attorno a 0.7 che rientra nell'intervallo di valori associati ad un'alta intelligibilità.

7 Conclusioni

La presente relazione ha valutato gli aspetti inerenti l'acustica definitiva del piccolo Teatro della concordia sito in Corso Vittorio Emanuele a Portomaggiore (FE).

La valutazione è stata condotta considerando l'acustica ambientale ed edilizia, nonché il confort dato dall'acustica interna della sala.

E' stata effettuata una valutazione inerente il clima acustico della zone limitrofe all'edificio, con effettuazione di una campagna di misure fonometriche.

Sulla base delle misure fonometriche è stato possibile effettuare una valutazione dell'impatto acustico del complesso nel rispetto delle ipotesi assunte nella presente valutazione, la nuova attività rispetterà i limiti imposti dalla vigente legislazione.

La valutazione sull'acustica edilizia ha avuto l'obiettivo di individuare le stratigrafie e le prestazioni acustiche degli elementi tecnici che compongono l'edificio necessarie al rispetto della legislazione italiana e dei Criteri Minimi Ambientali richiesti per l'edilizia pubblica.

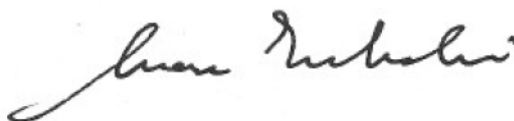
Con le indicazioni tecniche e i materiali indicati a progetto saranno rispettati i requisiti richiesti; al fine di accertare la rispondenza alla norma di legge vigente nel corso del cantiere potranno essere eseguite misure in opera, sì da validare le scelte progettuali fatte e la relativa posa in opera dei materiali.

La progettazione dell'acustica interna della sala permetterà di ottenere valori ottimali dei parametri acustici di qualità, rispettando le caratteristiche originali del luogo.


La presente relazione di compone di 116 pagine comprensive di quattro allegati.

Brescia, 5 ottobre 2021

Tecnico competente in acustica
Decreto n. 6856 del 2008 - Regione Lombardia
CODICE ENTECA 2227
Ing. Cesare Trebeschi



ALLEGATO 1: NOMINA DI TECNICO COMPETENTE


Regione Lombardia

Giunta Regionale
Direzione Generale
Qualità dell'ambiente

Egr. Sig.
TREBESCHI CESARE
Via Del Castello, 1
25122 BRESCIA (BS)

Milano: **26 GIU 2008**

Prot: T1 2008.00 **15 6 7 8**

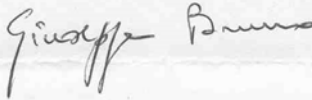
TC 1112

Oggetto: Decreto del 25 giugno 2008, n. 6856, avente per oggetto: Valutazione delle domande presentate alla Regione Lombardia per il riconoscimento della figura professionale di "tecnico competente" nel campo dell'acustica ambientale, ai sensi dell'articolo 2, commi 6 e 7, della Legge 447/95.

Si trasmette, in allegato, copia conforme all'originale del decreto indicato in oggetto, col quale Lei è stato riconosciuto "tecnico competente" in acustica ambientale.

Distinti saluti.

Il Dirigente della Struttura
(Dott. Giuseppe Bruno)



All:1

Il Funzionario Referente: Enrico Pozzi (tel.02 67655067)

Unità Organizzativa Programmazione e Progetti Speciali di Protezione Ambientale
Struttura Prevenzione Inquinamenti e Progetti Speciali
Via Taramelli, 12 - 20124 Milano - <http://www.regione.lombardia.it>
Tel. 02/6765.4356 - Fax 02/6765.4406

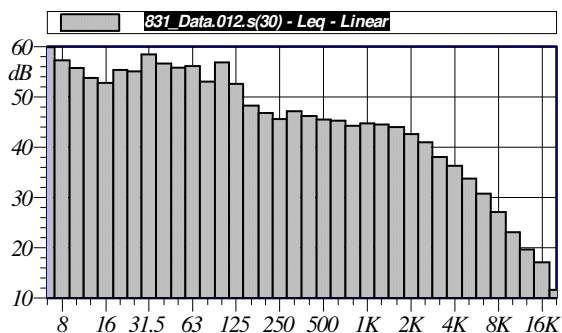
ALLEGATO 2: CERTIFICATI DI MISURA

Nome misura: 831_Data.012.s(30)
Località:
Strumentazione: 831 0002515
Durata misura [s]: 914.0
Nome operatore:
Data, ora misura: 7/2/2020 8:04:31 PM
Over SLM: 0 Over OBA: 0

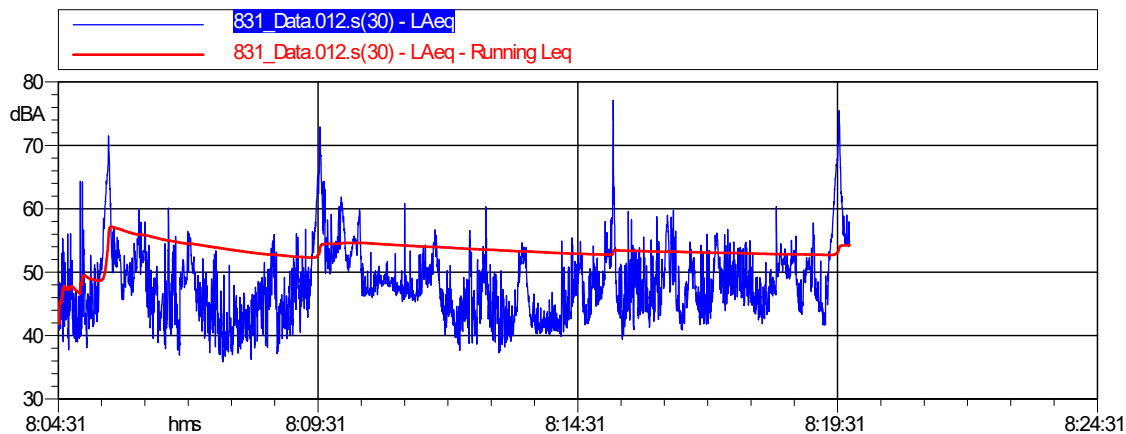
L1: 66.7 dBA L5: 57.7 dBA
L10: 54.7 dBA L50: 47.5 dBA
L90: 41.6 dBA L95: 40.4 dBA

$L_{Aeq} = 54.2 \text{ dB}$

| 831_Data.012.s(30) Leq - Linear | | | | | |
|------------------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| | dB | | dB | | dB |
| 6.3 Hz | 59.9 dB | 100 Hz | 56.9 dB | 1600 Hz | 44.0 dB |
| 8 Hz | 57.3 dB | 125 Hz | 52.6 dB | 2000 Hz | 42.6 dB |
| 10 Hz | 55.7 dB | 160 Hz | 48.3 dB | 2500 Hz | 41.0 dB |
| 12.5 Hz | 53.8 dB | 200 Hz | 46.8 dB | 3150 Hz | 38.0 dB |
| 16 Hz | 52.8 dB | 250 Hz | 45.6 dB | 4000 Hz | 36.3 dB |
| 20 Hz | 55.4 dB | 315 Hz | 47.2 dB | 5000 Hz | 33.8 dB |
| 25 Hz | 55.1 dB | 400 Hz | 46.2 dB | 6300 Hz | 30.8 dB |
| 31.5 Hz | 58.5 dB | 500 Hz | 45.5 dB | 8000 Hz | 27.1 dB |
| 40 Hz | 56.6 dB | 630 Hz | 45.3 dB | 10000 Hz | 23.1 dB |
| 50 Hz | 55.8 dB | 800 Hz | 44.3 dB | 12500 Hz | 19.7 dB |
| 63 Hz | 56.1 dB | 1000 Hz | 44.7 dB | 16000 Hz | 17.1 dB |
| 80 Hz | 53.0 dB | 1250 Hz | 44.5 dB | 20000 Hz | 11.7 dB |



Annotation:



| 831_Data.012.s(30) LAeq | | | |
|----------------------------|---------|----------|----------|
| Name | Start | Duration | Leq |
| Total | 8:04:31 | 00:15:14 | 54.2 dBA |
| Unmasked | 8:04:31 | 00:15:14 | 54.2 dBA |
| Masked | | 00:00:00 | 0.0 dBA |

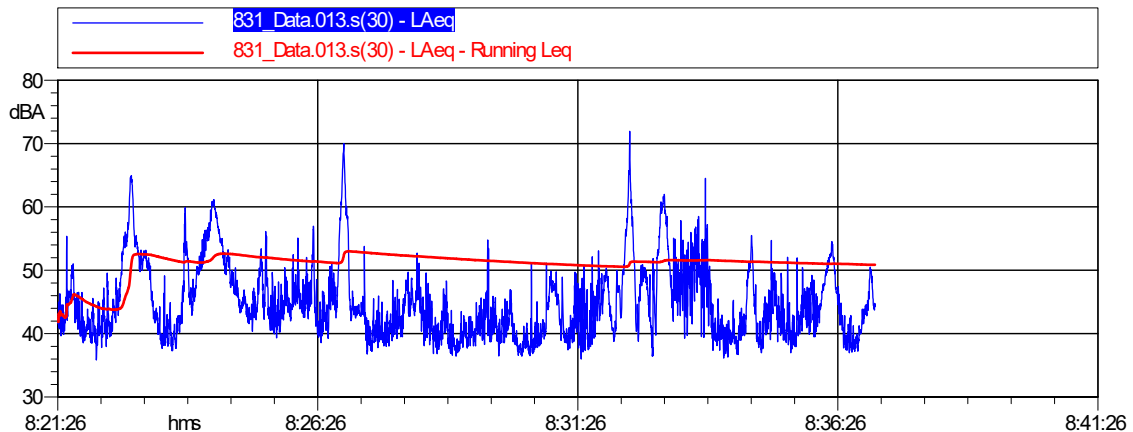
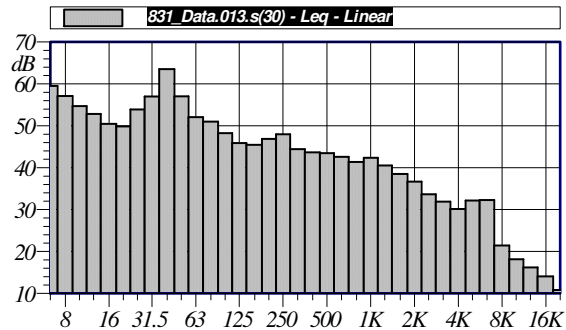
Nome misura: 831_Data.013.s(30)
Località:
Strumentazione: 831 0002515
Durata misura [s]: 942.8
Nome operatore:
Data, ora misura: 7/2/2020 8:21:26 PM
Over SLM: 0 Over OBA: 0

L1: 62.8 dBA L5: 56.4 dBA
L10: 52.9 dBA L50: 43.7 dBA
L90: 38.8 dBA L95: 38.2 dBA

$L_{Aeq} = 50.9 \text{ dB}$

Annotation:

| 831_Data.013.s(30) | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Leq - Linear | | | | | |
| dB | | dB | | dB | |
| 6.3 Hz | 59.5 dB | 100 Hz | 48.2 dB | 1600 Hz | 38.5 dB |
| 8 Hz | 57.1 dB | 125 Hz | 45.9 dB | 2000 Hz | 36.7 dB |
| 10 Hz | 54.7 dB | 160 Hz | 45.4 dB | 2500 Hz | 33.6 dB |
| 12.5 Hz | 52.8 dB | 200 Hz | 46.9 dB | 3150 Hz | 31.9 dB |
| 16 Hz | 50.5 dB | 250 Hz | 48.0 dB | 4000 Hz | 30.1 dB |
| 20 Hz | 49.9 dB | 315 Hz | 44.5 dB | 5000 Hz | 32.2 dB |
| 25 Hz | 53.9 dB | 400 Hz | 43.7 dB | 6300 Hz | 32.3 dB |
| 31.5 Hz | 57.0 dB | 500 Hz | 43.5 dB | 8000 Hz | 21.4 dB |
| 40 Hz | 63.5 dB | 630 Hz | 42.6 dB | 10000 Hz | 18.1 dB |
| 50 Hz | 57.1 dB | 800 Hz | 41.4 dB | 12500 Hz | 16.2 dB |
| 63 Hz | 52.1 dB | 1000 Hz | 42.3 dB | 16000 Hz | 14.1 dB |
| 80 Hz | 51.0 dB | 1250 Hz | 40.5 dB | 20000 Hz | 10.8 dB |



| 831_Data.013.s(30) LAeq | | | |
|----------------------------|---------|--------------|----------|
| Name | Start | Duration | Leq |
| Total | 8:21:26 | 00:15:42.800 | 50.9 dBA |
| Unmasked | 8:21:26 | 00:15:42.800 | 50.9 dBA |
| Masked | | 00:00:00 | 0.0 dBA |

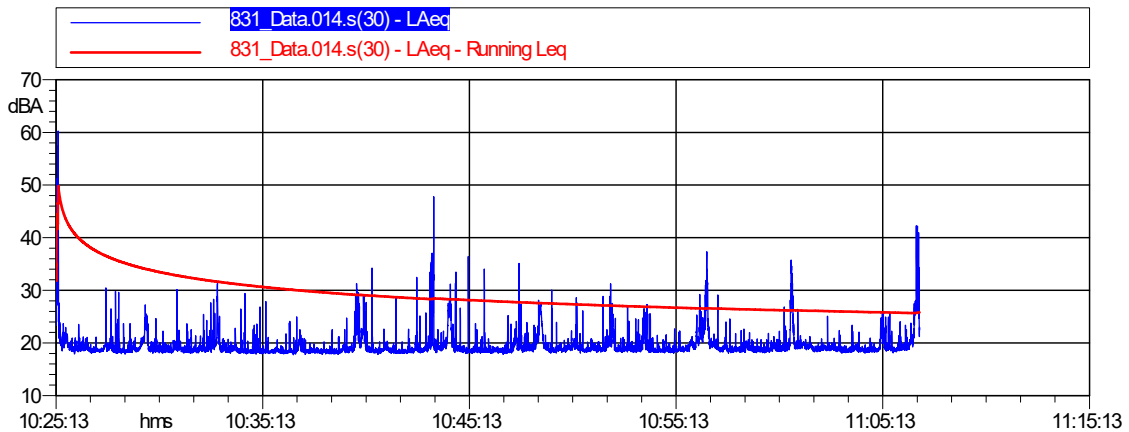
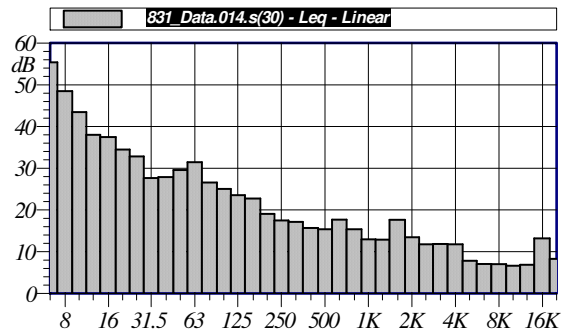
Nome misura: 831_Data.014.s(30)
Località:
Strumentazione: 831 0002515
Durata misura [s]: 2506.8
Nome operatore:
Data, ora misura: 7/2/2020 10:25:13 PM
Over SLM: 0 Over OBA: 0

L1: 30.8 dBA L5: 23.4 dBA
L10: 21.0 dBA L50: 18.8 dBA
L90: 18.3 dBA L95: 18.2 dBA

$L_{Aeq} = 25.8 \text{ dB}$

Annotation:

| 831_Data.014.s(30) | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Leq - Linear | | | | | |
| | dB | | dB | | dB |
| 6.3 Hz | 55.4 dB | 100 Hz | 25.1 dB | 1600 Hz | 17.6 dB |
| 8 Hz | 48.5 dB | 125 Hz | 23.6 dB | 2000 Hz | 13.5 dB |
| 10 Hz | 43.4 dB | 160 Hz | 22.7 dB | 2500 Hz | 11.8 dB |
| 12.5 Hz | 38.0 dB | 200 Hz | 19.1 dB | 3150 Hz | 11.9 dB |
| 16 Hz | 37.4 dB | 250 Hz | 17.5 dB | 4000 Hz | 11.8 dB |
| 20 Hz | 34.5 dB | 315 Hz | 17.1 dB | 5000 Hz | 7.8 dB |
| 25 Hz | 32.8 dB | 400 Hz | 15.7 dB | 6300 Hz | 7.1 dB |
| 31.5 Hz | 27.7 dB | 500 Hz | 15.4 dB | 8000 Hz | 7.0 dB |
| 40 Hz | 27.9 dB | 630 Hz | 17.7 dB | 10000 Hz | 6.7 dB |
| 50 Hz | 29.6 dB | 800 Hz | 15.4 dB | 12500 Hz | 6.9 dB |
| 63 Hz | 31.4 dB | 1000 Hz | 13.0 dB | 16000 Hz | 13.2 dB |
| 80 Hz | 26.6 dB | 1250 Hz | 12.9 dB | 20000 Hz | 8.3 dB |



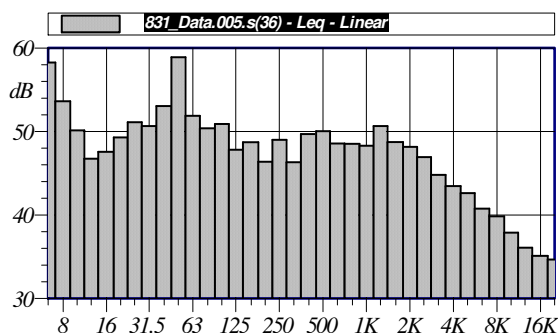
| 831_Data.014.s(30) | | | |
|--------------------|----------|--------------|----------|
| LAeq | | | |
| Name | Start | Duration | Leq |
| Total | 10:25:13 | 00:41:46.800 | 25.8 dBA |
| Unmasked | 10:25:13 | 00:41:46.800 | 25.8 dBA |
| Masked | | 00:00:00 | 0.0 dBA |

Nome misura: 831_Data.005.s(36)
Località:
Strumentazione: 831 0001980
Durata misura [s]: 1287.4
Nome operatore:
Data, ora misura: 7/2/2020 10:29:50 PM
Over SLM: 0 Over OBA: 1

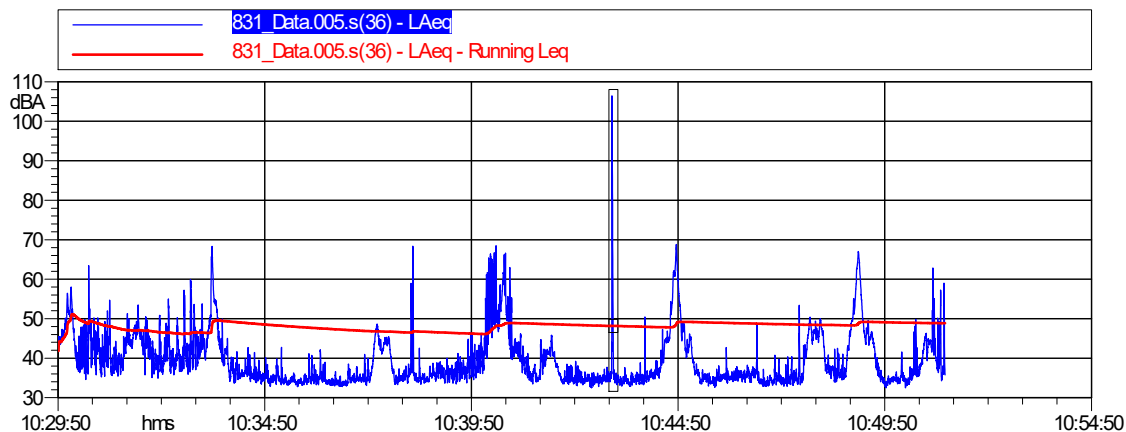
L1: 63.5 dBA L5: 53.0 dBA
L10: 47.8 dBA L50: 36.7 dBA
L90: 34.0 dBA L95: 33.6 dBA

$L_{Aeq} = 48.9 \text{ dB}$

| 831_Data.005.s(36) | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Leq - Linear | | | | | |
| | dB | | dB | | dB |
| 6.3 Hz | 58.3 dB | 100 Hz | 50.9 dB | 1600 Hz | 48.7 dB |
| 8 Hz | 53.6 dB | 125 Hz | 47.8 dB | 2000 Hz | 48.1 dB |
| 10 Hz | 50.1 dB | 160 Hz | 48.7 dB | 2500 Hz | 46.9 dB |
| 12.5 Hz | 46.7 dB | 200 Hz | 46.4 dB | 3150 Hz | 44.8 dB |
| 16 Hz | 47.6 dB | 250 Hz | 49.0 dB | 4000 Hz | 43.5 dB |
| 20 Hz | 49.3 dB | 315 Hz | 46.3 dB | 5000 Hz | 42.6 dB |
| 25 Hz | 51.1 dB | 400 Hz | 49.7 dB | 6300 Hz | 40.8 dB |
| 31.5 Hz | 50.7 dB | 500 Hz | 50.0 dB | 8000 Hz | 39.8 dB |
| 40 Hz | 53.0 dB | 630 Hz | 48.6 dB | 10000 Hz | 37.9 dB |
| 50 Hz | 58.9 dB | 800 Hz | 48.5 dB | 12500 Hz | 36.1 dB |
| 63 Hz | 51.9 dB | 1000 Hz | 48.3 dB | 16000 Hz | 35.1 dB |
| 80 Hz | 50.4 dB | 1250 Hz | 50.7 dB | 20000 Hz | 34.7 dB |



Annotation:



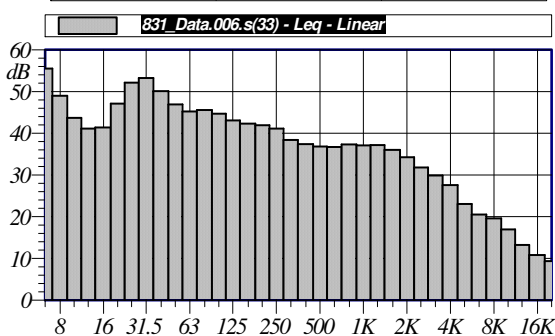
| 831_Data.005.s(36) | | | |
|--------------------|----------|--------------|----------|
| LAeq | | | |
| Name | Start | Duration | Leq |
| Total | 10:29:50 | 00:21:27.400 | 69.0 dBA |
| Unmasked | 10:29:50 | 00:21:14.600 | 48.9 dBA |
| Masked | 10:43:09 | 00:00:12.800 | 89.0 dBA |
| Nuova Maschera 1 | 10:43:09 | 00:00:12.800 | 89.0 dBA |

Nome misura: 831_Data.006.s(33)
Località:
Strumentazione: 831 0001980
Durata misura [s]: 1251.5
Nome operatore:
Data, ora misura: 7/2/2020 10:53:48 PM
Over SLM: 0 Over OBA: 0

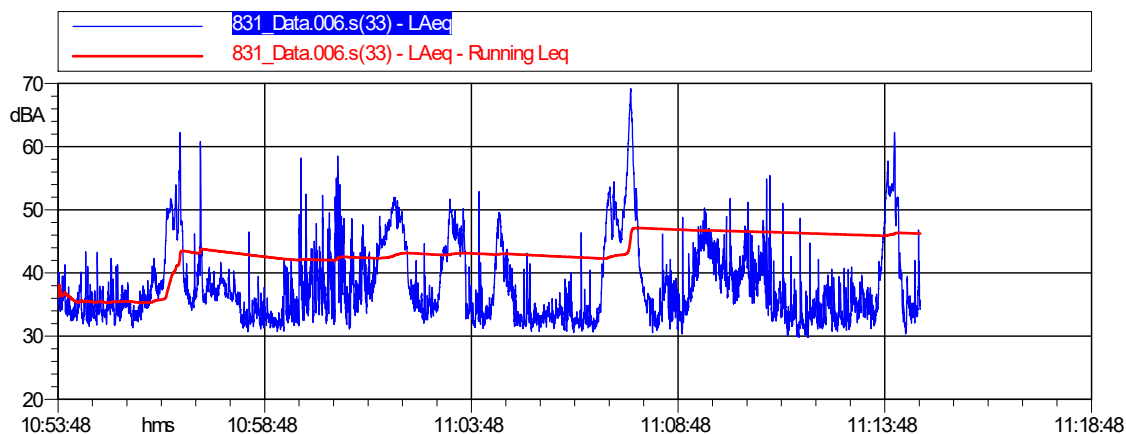
L1: 57.1 dBA L5: 50.5 dBA
L10: 47.5 dBA L50: 36.2 dBA
L90: 32.4 dBA L95: 31.8 dBA

$L_{Aeq} = 46.3 \text{ dB}$

| 831_Data.006.s(33) | | | | | |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Leq - Linear | | | | | |
| | dB | | dB | | dB |
| 6.3 Hz | 55.5 dB | 100 Hz | 44.7 dB | 1600 Hz | 36.0 dB |
| 8 Hz | 49.0 dB | 125 Hz | 43.1 dB | 2000 Hz | 34.3 dB |
| 10 Hz | 43.7 dB | 160 Hz | 42.3 dB | 2500 Hz | 31.8 dB |
| 12.5 Hz | 41.1 dB | 200 Hz | 41.9 dB | 3150 Hz | 29.9 dB |
| 16 Hz | 41.4 dB | 250 Hz | 41.1 dB | 4000 Hz | 27.6 dB |
| 20 Hz | 47.1 dB | 315 Hz | 38.4 dB | 5000 Hz | 23.0 dB |
| 25 Hz | 52.1 dB | 400 Hz | 37.4 dB | 6300 Hz | 20.5 dB |
| 31.5 Hz | 53.2 dB | 500 Hz | 36.8 dB | 8000 Hz | 19.6 dB |
| 40 Hz | 50.1 dB | 630 Hz | 36.7 dB | 10000 Hz | 17.0 dB |
| 50 Hz | 46.9 dB | 800 Hz | 37.3 dB | 12500 Hz | 13.3 dB |
| 63 Hz | 45.2 dB | 1000 Hz | 37.1 dB | 16000 Hz | 10.8 dB |
| 80 Hz | 45.6 dB | 1250 Hz | 37.2 dB | 20000 Hz | 9.4 dB |



Annotation:



| 831_Data.006.s(33) | | | |
|--------------------|----------|--------------|----------|
| LAeq | | | |
| Name | Start | Duration | Leq |
| Total | 10:53:48 | 00:20:51.500 | 46.3 dBA |
| Unmasked | 10:53:48 | 00:20:51.500 | 46.3 dBA |
| Masked | | 00:00:00 | 0.0 dBA |

ALLEGATO 3: CERTIFICATI DI TARATURA DELLA STRUMENTAZIONE



Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 6133233
skylab.taratura@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 163

Pagina 1 di 10
Page 1 of 10

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 20537-A Certificate of Calibration LAT 163 20537-A

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| - data di emissione date of issue | 2019-05-14 |
| - cliente customer | SPECTRA S.R.L. 20862 - ARCORE (MB) |
| - destinatario receiver | TREBESCHI ING. CESARE 25122 - BRESCIA (BS) |
| - richiesta application | Accordo Spectra |
| - in data date | 2019-01-07 |
| <u>Si riferisce a</u> Referring to | |
| - oggetto item | Fonometro |
| - costruttore manufacturer | Larson & Davis |
| - modello model | 831 |
| - matricola serial number | 2515 |
| - data di ricevimento oggetto date of receipt of item | 2019-05-14 |
| - data delle misure date of measurements | 2019-05-14 |
| - registro di laboratorio laboratory reference | Reg. 03 |

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 163 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 6133233
skylab.taratura@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 163

Pagina 1 di 6
Page 1 of 6

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 20538-A
Certificate of Calibration LAT 163 20538-A

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|
| - data di emissione date of issue | 2019-05-14 |
| - cliente customer | SPECTRA S.R.L. 20862 - ARCORE (MB) |
| - destinatario receiver | TREBESCHI ING. CESARE 25122 - BRESCIA (BS) |
| - richiesta application | Accordo Spectra |
| - in data date | 2019-01-07 |

Si riferisce a
Referring to

| | |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| - oggetto item | Filtri 1/3 |
| - costruttore manufacturer | Larson & Davis |
| - modello model | 831 |
| - matricola serial number | 2515 |
| - data di ricevimento oggetto date of receipt of item | 2019-05-14 |
| - data delle misure date of measurements | 2019-05-14 |
| - registro di laboratorio laboratory reference | Reg. 03 |

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 163 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



Sky-lab S.r.l.
Area Laboratori
Via Belvedere, 42 Arcore (MB)
Tel. 039 6133233
skylab.taratura@outlook.it

Centro di Taratura LAT N° 163
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 163

Pagina 1 di 4
Page 1 of 4

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 163 20536-A
Certificate of Calibration LAT 163 20536-A

| | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| - data di emissione date of issue | 2019-05-14 |
| - cliente customer | SPECTRA S.R.L. 20862 - ARCORE (MB) |
| - destinatario receiver | TREBESCHI ING. CESARE 25122 - BRESCIA (BS) |
| - richiesta application | Accordo Spectra |
| - in data date | 2019-01-07 |
| Si riferisce a <i>Referring to</i> | |
| - oggetto item | Calibratore |
| - costruttore manufacturer | Larson & Davis |
| - modello model | CAL200 |
| - matricola serial number | 5609 |
| - data di ricevimento oggetto date of receipt of item | 2019-05-14 |
| - data delle misure date of measurements | 2019-05-14 |
| - registro di laboratorio laboratory reference | Reg. 03 |

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 163 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 163 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



L.C.E. S.r.l.
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 068

Pagina 1 di 10
Page 1 of 10

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 43846-A
Certificate of Calibration LAT 068 43846-A

| | |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| - data di emissione date of issue | 2019-09-07 |
| - cliente customer | STUDIO DE POLZER SRL 20141 - MILANO (MI) |
| - destinatario receiver | STUDIO DE POLZER SRL 20141 - MILANO (MI) |
| - richiesta application | 19-00574-T |
| - in data date | 2019-09-05 |
| Si riferisce a <i>Referring to</i> | |
| - oggetto item | Fonometro |
| - costruttore manufacturer | Larson & Davis |
| - modello model | 831 |
| - matricola serial number | 0001980 |
| - data di ricevimento oggetto date of receipt of item | 2019-09-05 |
| - data delle misure date of measurements | 2019-09-07 |
| - registro di laboratorio laboratory reference | Reg. 03 |

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accreditamento LAT N° 068 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Centro e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Centro.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 068 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Centre and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Centre.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Centro e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Il Responsabile del Centro
Head of the Centre



SERGENTI MARCO
19.11.2019 15:47:38
UTC



L.C.E. S.r.l.
Via dei Platani, 7/9 Opera (MI)
T. 02 57602858 - www.lce.it - info@lce.it

Centro di Taratura LAT N° 068
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di
Taratura



LAT N° 068

Pagina 2 di 10
Page 2 of 10

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 068 43846-A
Certificate of Calibration LAT 068 43846-A

Di seguito vengono riportate le seguenti informazioni:

- la descrizione dell'oggetto in taratura (se necessaria);
- l'identificazione delle procedure in base alle quali sono state eseguite le tarature;
- gli strumenti/campioni che garantiscono la riferibilità del Centro;
- gli estremi dei certificati di taratura di tali campioni e l'Ente che li ha emessi;
- il luogo di taratura (se effettuata fuori dal Laboratorio);
- le condizioni ambientali e di taratura;
- i risultati delle tarature e la loro incertezza estesa.

In the following, information is reported about:

- description of the item to be calibrated (if necessary);
- technical procedures used for calibration performed;
- instruments or measurement standards which guarantee the traceability chain of the Centre;
- relevant calibration certificates of those standards with the issuing Body;
- site of calibration (if different from Laboratory);
- calibration and environmental conditions;
- calibration results and their expanded uncertainty.

Strumenti sottoposti a verifica
Instrumentation under test

| Strumento | Costruttore | Modello | Matricola |
|------------------|----------------|---------|-----------|
| Fonometro | Larson & Davis | 831 | 0001980 |
| Preamplificatore | PCB | PRM831 | 015253 |
| Cavo di prolunga | Tasker | C 6015 | N.P. |
| Microfono | PCB | 377B02 | 111975 |

Procedure tecniche, norme e campioni di riferimento
Technical procedures, Standards and Traceability

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando la procedura di taratura N. IPTL 08 Rev. 1.1.

Le verifiche effettuate sull'oggetto della taratura sono in accordo con quanto previsto dalla norma CEI EN 61672-3:2014-05.

I limiti riportati sono relativi alla classe di appartenenza dello strumento come definito nella norma CEI EN 61672-1:2014-07.

Nella tabella sottostante vengono riportati gli estremi dei campioni di riferimento dai quali ha inizio la catena della riferibilità del Centro.

| Strumento | Matricola | Certificato | Data taratura | Data scadenza |
|-------------------------------------------------|--------------------|-----------------------|---------------|---------------|
| Pistonofono Brüel & Kjaer 4228 | 1652021 | INRIM 19-0138-01 | 2019-02-25 | 2020-02-25 |
| Microfono Brüel & Kjaer 4180 | 1627793 | INRIM 19-0136-03 | 2019-02-25 | 2020-02-25 |
| Multimetro Hewlett Packard 3458A | 2823A07910 | LAT 046-360201 | 2018-11-16 | 2019-11-16 |
| Barometro digitale MKS 270D-4 + 680A13TRB | 196989 + 3D4064 | LAT 104 1298/2018 | 2018-09-07 | 2019-09-07 |
| Stazione meteo Ahlborn Almemo 2590+FHAD48-C2L00 | H17121184+17110088 | LAT157 24+48 19 TA+UR | 2019-03-07 | 2020-03-07 |

Condizioni ambientali durante le misure
Environmental parameters during measurements

| Parametro | Di riferimento | All'inizio delle misure | Alla fine delle misure |
|------------------|----------------|-------------------------|------------------------|
| Temperatura / °C | 23,0 | 25,5 | 25,4 |
| Umidità / % | 50,0 | 54,3 | 56,4 |
| Pressione / hPa | 1013,3 | 1002,0 | 1002,1 |

Nella determinazione dell'incertezza non è stata presa in considerazione la stabilità nel tempo dell'oggetto in taratura.

Sullo strumento in esame sono state eseguite misure sia per via elettrica che per via acustica. Le misure per via elettrica sono state effettuate sostituendo alla capsula microfonica un adattatore capacitivo con impedenza elettrica equivalente a quella del microfono.

Tutti i dati riportati nel presente Certificato sono espressi in Decibel (dB). I valori di pressione sonora assoluta sono riferiti a 20 µPa.

Il numero di decimali riportato in alcune prove può differire dal numero di decimali visualizzati sullo strumento in taratura in quanto i valori riportati nel presente Certificato possono essere ottenuti dalla media di più letture.

ALLEGATO 4: SCHEDE TECNICHE



N. OFFERTA 2184-20/IT010638 DATA 28-10-2020 REVISIONE 5fb
CLIENTE PICCOLO TEATRO DELLA CONCORDIA UTENTE: AndreaM
GRANDEZZA UNITA': AQX12 PORTATA ARIA m³/h 7000 / 6650 SCHEDA TECNICA
UTA Palcoscenico N. unità: 1

Altitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

Model box: RW50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

| | | | |
|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Profilo | 50 mm | Profondità | 1220+800 mm |
| Pannello | 50 mm | Lunghezza | 3690 mm |
| Isolamento | lana minerale | Altezza | 1890 + 120 mm |
| Interno | in acciaio zincato sp 8/10 mm | Altezza mandata | 1020 mm |
| Esterno | in acciaio zincato preplastificato 6/10 mm | Altezza ripresa | 870 mm |
| Mat. carpenteria | Acciaio zincato | Peso totale | 1035 kg |
| Telaio | Alluminio | Temperatura esterna invernale | -5.0 °C* |
| Tetto | Peralluman | Velocità aria interno macchina | 1.89 / 2.14 m/s |
| Vano tecnico | Vano tecnico per trattamento prof. 800 mm | Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva | |
| Basamento | 120 mm | | |



LIVELLO POTENZA SONORA UTA

AHU sound levels Lw

| Banda di ottava (Hz) | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Tot. dBA |
|---------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|----------|
| Lw asp. (mandata) [dB] | 76 | 80 | 80 | 76 | 74 | 73 | 73 | 68 | 81 |
| Lw mandata [dB] | 78 | 81 | 80 | 78 | 78 | 83 | 78 | 73 | 86 |
| Lw asp. (ripresa) [dB] | 62 | 73 | 72 | 68 | 69 | 69 | 74 | 60 | 78 |
| Lw mandata (ripresa) [dB] | 64 | 75 | 71 | 73 | 75 | 74 | 77 | 64 | 82 |
| Lw irradiata [dB] | 0 | 66 | 63 | 63 | 62 | 63 | 50 | 34 | 67 |



Tutte le rumorosità riportate hanno una tolleranza di +/-4dB

Elementi aggiuntivi

Serranda sopra e sotto per free cooling totale



N. OFFERTA **2184-20/IT010638**
CLIENTE

DATA **28-10-2020**
RIF. OFFERTA **PICCOLO TEATRO DELLA CONCORDIA**

REVISIONE **5fb**
UTENTE: **AndreaM**

GRANDEZZA UNITA': AQX12
UTA Palcoscenico

PORTATA ARIA m³/h **7000 / 6650**

SCHEDA TECNICA
N. unità: 1

Altitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

Model box: RW50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

| | | | |
|-------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Profilo | 50 mm | Profondità | 1220+800 mm |
| Pannello | 50 mm | Lunghezza | 3690 mm |
| Isolamento | lana minerale | Altezza | 1890 + 120 mm |
| Interno | in acciaio zincato sp 8/10 mm | Altezza mandata | 1020 mm |
| Esterno | in acciaio zincato preplastificato 6/10 mm | Altezza ripresa | 870 mm |
| Mat. carpenteria | Acciaio zincato | Peso totale | 1035 kg |
| Telaio | Alluminio | Temperatura esterna invern | -5.0 C° |
| Tetto | Peralluman | Velocità aria interno macchina | 1.89 / 2.14 m/s |
| Vano tecnico | Vano tecnico per trattamento prof. 800 mm | <i>Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva</i> | |
| Basamento 120 mm | | | |



LIVELLO POTENZA SONORA UTA

AHU sound levels Lw

| Banda di ottava (Hz) | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Tot. dBA |
|---------------------------|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|----------|
| Lw asp. (mandata) [dB] | 76 | 80 | 80 | 76 | 74 | 73 | 73 | 68 | 81 |
| Lw mandata [dB] | 78 | 81 | 80 | 78 | 78 | 83 | 78 | 73 | 86 |
| Lw asp. (ripresa) [dB] | 62 | 73 | 72 | 68 | 69 | 69 | 74 | 60 | 78 |
| Lw mandata (ripresa) [dB] | 64 | 75 | 71 | 73 | 75 | 74 | 77 | 64 | 82 |
| Lw irradiata [dB] | 0 | 66 | 63 | 63 | 62 | 63 | 50 | 34 | 67 |



Tutte le rumorosità riportate hanno una tolleranza di +/-4dB

Elementi aggiuntivi

Serranda sopra e sotto per free cooling totale



REC01

AIR FACTORY Configurator

RIEPILOGO DELLA CONFIGURAZIONE "297_PORTOMAGGIORE_001"




| | |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MODELLO SELEZIONATO | DUO-EC 3 V codice ZXCCR0020BSV Prezzo € 8.868,00 |
| TIPO DI POST-RISCALDAMENTO | batteria acqua fredda/calda BA-AF/C |
| FILTRO PER ARIA DI ESTRAZIONE | Filtro classe M5 (EN 779) |
| FILTRO PER ARIA DI RINNOVO | Filtro classe F7 (EN 779) |
| PANNELLATURA | Doppia pannellatura |
| BY-PASS | Con by-pass parziale |
| DISPOSIZIONE | Verticale |
| MODALITA' DI FUNZIONAMENTO | Volume aria variabile (VAV) |
| CONTROLLO A MICROPROCESSORE | EVO D PH R5485 |
| ACCESSORI DI PROTEZIONE | n.1 - SIPH Sifone - codice 011000000000 - prezzo: € 45,00 n.1 - T Tettuccio parapioviglia DUOED/EC 3 V - codice 0CZ0000000042 - prezzo: € 92,00 n.1 - Cuffia di protezione con rete D.315mm - codice 0IZ0000000315 - prezzo: € 77,00 n.1 - Cuffia di protezione con rete D.315mm - codice 0IZ0000000315 - prezzo: € 77,00 |
| TOTALE | € 9.159,00 |

LIVELLI DI RUMOROSITÀ

Lw Livello di potenza sonora misurato secondo UNI EN ISO 3747 - CLASSE 3




| | RUMORE DALLA CASSA (dB) | | | | | | | |
|----------|-------------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|----------------------|
| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz | 8000 Hz | L _w dB(A) |
| DUO-EC 1 | 00,0 | 04,0 | 00,7 | 53,0 | 40,4 | 41,3 | 43,0 | 01,2 |
| DUO-EC 2 | 05,0 | 07,2 | 01,4 | 58,3 | 48,0 | 43,3 | 45,8 | 03,0 |
| DUO-EC 3 | 70,1 | 75,5 | 07,4 | 57,1 | 50,0 | 45,1 | 43,8 | 00,3 |
| | RUMORE NEL CANALE (dB) | | | | | | | |
| | 125 Hz | 250 Hz | 500 Hz | 1000 Hz | 2000 Hz | 4000 Hz | 8000 Hz | L _w dB(A) |
| DUO-EC 1 | 05,1 | 00,4 | 07,0 | 58,2 | 50,8 | 50,8 | 04,0 | 00,0 |
| DUO-EC 2 | 00,2 | 75,0 | 08,7 | 02,0 | 03,0 | 58,4 | 07,3 | 72,0 |
| DUO-EC 3 | 74,2 | 85,1 | 70,7 | 73,3 | 71,2 | 05,4 | 70,8 | 81,5 |

**GF01**

**Bollettino
Tecnico**
8712N0031-008

ELFOEnergy Large²
Pompa di calore reversibile ad alta efficienza
raffreddata ad aria per installazione esterna

SERIE WSA-N-XEE 352-802
Potenza termica nominale da 99 a 233 kW
Potenza frigorifera nominale da 85 a 203 kW



Configurazione acustica super silenziosa (EN)

Livelli sonori

| Grandezze | Livello di Potenza Sonora (dB) | | | | | | | | Livello di Potenza Sonora | Livello di Pressione Sonora |
|-----------|--------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|---------------------------|-----------------------------|
| | Bande d'ottava (Hz) | | | | | | | | | |
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | | |
| 352 | 63 | 79 | 81 | 76 | 71 | 75 | 67 | 65 | 80 | 62 |
| 402 | 62 | 78 | 81 | 75 | 73 | 76 | 68 | 67 | 81 | 63 |
| 432 | 62 | 78 | 83 | 77 | 74 | 77 | 69 | 66 | 82 | 64 |
| 452 | 63 | 79 | 81 | 77 | 75 | 76 | 69 | 67 | 82 | 64 |
| 502 | 62 | 78 | 83 | 77 | 75 | 77 | 69 | 65 | 82 | 64 |
| 552 | 64 | 80 | 84 | 78 | 77 | 78 | 71 | 68 | 84 | 65 |
| 602 | 64 | 80 | 84 | 79 | 77 | 78 | 71 | 68 | 84 | 65 |
| 702 | 66 | 81 | 85 | 80 | 78 | 79 | 72 | 69 | 85 | 66 |
| 802 | 66 | 82 | 85 | 81 | 79 | 80 | 72 | 69 | 85 | 66 |

I livelli sonori si riferiscono ad unità a pieno carico, nelle condizioni nominali di prova. Il livello di pressione sonora è riferito ad 1 m di distanza dalla superficie esterna dell'unità funzionante in campo aperto.
Le misure vengono effettuate in accordo alla normativa UNI EN ISO 9614-2, nel rispetto di quanto richiesto dalla certificazione EUROVENT 8/1.
Dati riferiti alle seguenti condizioni:
- acqua scambiatore interno = 12/7 °C
- temperatura aria esterna 35°C

I livelli sonori della versione EN valgono entro i limiti di funzionamento relativi a tale versione acustica; fare riferimento ai dati di rumore relativi alla versione SC per temperature dell'aria esterna superiori e comunque entro i limiti di funzionamento della versione SC



Cliente CARATTI ENGINEERING
Progetto Teatro di Portomaggiore
Locale UTAD1 PAE

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | | | | | | | |
|----------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Potenza sonora [dB] | 68,0 | 80,0 | 77,0 | 72,0 | 74,0 | 74,0 | 74,0 | 67,0 |
| Valore globale L _W | 84,0 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | 42,0 | 64,0 | 68,0 | 69,0 | 74,0 | 75,0 | 75,0 | 66,0 |
| Valore globale L _{WA} | 80,4 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|-----------------------|-----------|-------------------|-------|-----|-----|-----|
| RAS 2F 800x800 | 5170 m³/h | 36 Pa | F | 800 | 800 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | | | | | | | |
|----------------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Attenuazione del silenziatore [dB] | 9 | 12 | 22 | 31 | 38 | 38 | 27 | 18 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | 59,0 | 68,0 | 55,0 | 41,0 | 36,0 | 36,0 | 47,0 | 49,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | 55,3 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | 25,1 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

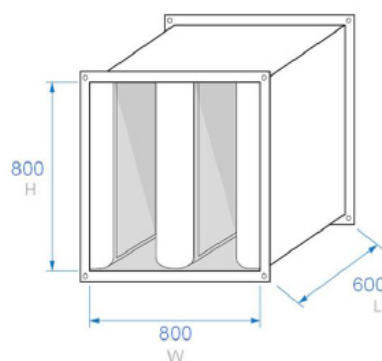
| | Frequenza [Hz] | | | | | | | |
|-----------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | 48,0 | 47,0 | 39,0 | 32,0 | 27,0 | 24,0 | 23,0 | 28,0 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | 36,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 59,3 | 68,0 | 55,1 | 41,5 | 36,5 | 36,3 | 47,0 | 49,0 |
| L_{WA} globale | 55,4 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotesizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 46,9 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenziali Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerologiche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA01 MAN - Step.1

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 71,0 | 81,0 | 78,0 | 75,0 | 76,0 | 79,0 | 78,0 | 72,0 |
| Valore globale L _W | | 86,3 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 45,0 | 65,0 | 69,0 | 72,0 | 76,0 | 80,0 | 79,0 | 71,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 84,1 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|------|-----|-----|
| RAS 2F 1200x800 | 7500 m³/h | 34 Pa | F | 1200 | 800 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 9 | 12 | 22 | 31 | 38 | 38 | 27 | 18 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 62,0 | 69,0 | 56,0 | 44,0 | 38,0 | 41,0 | 51,0 | 54,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 58,1 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 26,0 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

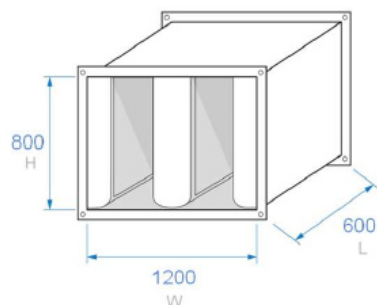
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 49,0 | 48,0 | 40,0 | 33,0 | 28,0 | 25,0 | 24,0 | 29,0 | |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 37,8 dB(A) | | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 62,2 | 69,0 | 56,1 | 44,3 | 38,4 | 41,1 | 51,0 | 54,0 |
| L_{WA} globale | 58,1 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotesizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 49,7 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING
Progetto Teatro di Portomaggiore
Locale UTAD1 MAN - Step 2 - rami sottoplatea

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|---------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 62,2 | 69,0 | 56,1 | 44,3 | 38,4 | 41,1 | 51,0 | 54,0 |
| Valore globale L_W | | 70,2 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L_{WA} [dB(A)] | | 36,2 | 53,0 | 47,1 | 41,3 | 38,4 | 42,1 | 52,0 | 53,0 |
| Valore globale L_{WA} | | 58,1 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|------|-----|------|
| RAS 6A 1200x800 | 7500 m³/h | 19 Pa | A | 1200 | 800 | 1800 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|---------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|-------|------|-----|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 12 | 20 | 34 | 46 | 50 | 50 | 46 | 32 |
| L_W [dB] a valle del silenziatore | | 50,2 | 49,0 | 22,1 | -1,7 | -11,6 | -8,9 | 5,0 | 22,0 |
| L_{WA} a valle del silenziatore | | 33,8 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 24,3 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

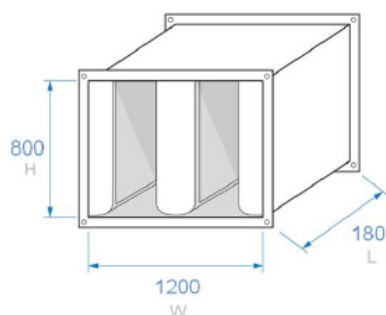
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 42,0 | 41,0 | 33,0 | 26,0 | 21,0 | 18,0 | 17,0 | 22,0 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 30,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 50,8 | 49,6 | 33,3 | 26,0 | 21,0 | 18,0 | 17,3 | 25,0 |
| L_{WA} globale | 35,6 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotesizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 27,1 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente: CARATTI ENGINEERING
Progetto: Teatro di Portomaggiore
Locale: UTAD1 MAN - Step 3 e Step 4

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 46,8 | 45,6 | 29,3 | 22,0 | 17,0 | 14,0 | 13,3 | 21,0 |
| Valore globale L _w | | 49,3 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 20,8 | 29,6 | 20,3 | 19,0 | 17,0 | 15,0 | 14,3 | 20,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 31,5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|-----------------------|-----------|-------------------|-------|-----|-----|-----|
| RAS 2H 550x600 | 2500 m³/h | < 5 Pa | H | 550 | 600 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|-----|------|------|------|-----|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 6 | 9 | 12 | 16 | 18 | 16 | 14 | 13 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 40,8 | 36,6 | 17,3 | 6,0 | -1,0 | -2,0 | -0,7 | 8,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 22,1 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 9,4 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

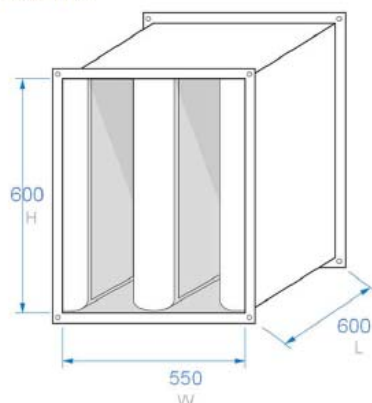
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|-----|-----|------|------|-----|--|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 23,5 | 22,5 | 14,5 | 7,5 | 2,5 | -0,5 | -1,5 | 3,5 | |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 12,3 dB(A) | | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 40,9 | 36,8 | 19,1 | 9,8 | 4,1 | 1,8 | 1,9 | 9,3 |
| L_{WA} globale | 22,5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotesizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 14 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA01 RIP - Step.1

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 60,0 | 74,0 | 72,0 | 68,0 | 70,0 | 70,0 | 74,0 | 62,0 |
| Valore globale L _W | | 79,8 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 34,0 | 58,0 | 63,0 | 65,0 | 70,0 | 71,0 | 75,0 | 61,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 77,9 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|------|-----|------|
| RAS 4F 1200x800 | 6900 m³/h | 32 Pa | F | 1200 | 800 | 1200 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 12 | 21 | 30 | 41 | 50 | 50 | 40 | 26 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 48,0 | 53,0 | 42,0 | 27,0 | 20,0 | 20,0 | 34,0 | 36,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 41,5 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 36,4 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

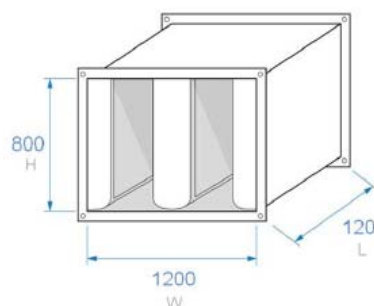
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 46,0 | 45,0 | 37,0 | 30,0 | 25,0 | 22,0 | 21,0 | 26,0 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 34,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 50,1 | 53,6 | 43,2 | 31,8 | 26,2 | 24,1 | 34,2 | 36,4 |
| L_{WA} globale | 42,3 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 33,8 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA01 RIP - Step.2

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 50,1 | 53,6 | 43,2 | 31,8 | 26,2 | 24,1 | 34,2 | 36,4 |
| Valore globale L _W | | 55,6 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 24,1 | 37,6 | 34,2 | 28,8 | 26,2 | 25,1 | 35,2 | 35,4 |
| Valore globale L _{WA} | | 42,3 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|------|-----|------|
| RAS 5H 1100x800 | 6900 m³/h | 7 Pa | H | 1100 | 800 | 1500 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 9 | 15 | 24 | 31 | 36 | 26 | 20 | 16 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 41,1 | 38,6 | 19,2 | 0,8 | -9,8 | -1,9 | 14,2 | 20,4 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 25,4 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 16,9 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

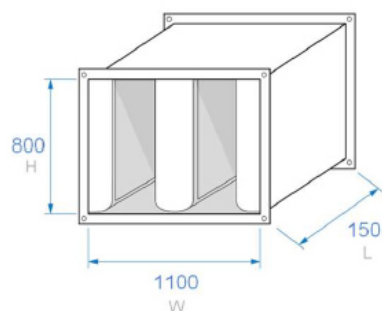
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 29,3 | 28,3 | 20,3 | 13,3 | 8,3 | 5,3 | 4,3 | 9,3 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 18,0 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 41,4 | 39,0 | 22,8 | 13,5 | 8,3 | 6,0 | 14,6 | 20,7 |
| L_{WA} globale | 26,1 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 17,6 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING
Progetto Teatro di Portomaggiore
Locale UTA01 EXP

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 64,0 | 75,0 | 72,0 | 74,0 | 77,0 | 75,0 | 76,0 | 67,0 |
| Valore globale L _W | | 83,0 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 38,0 | 59,0 | 63,0 | 71,0 | 77,0 | 76,0 | 77,0 | 66,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 82 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|-----------------------|------------------------|-------------------|-------|-----|-----|-----|
| RAS 2F 800x800 | 5170 m ³ /h | 36 Pa | F | 800 | 800 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 9 | 12 | 22 | 31 | 38 | 38 | 27 | 18 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 55,0 | 63,0 | 50,0 | 43,0 | 39,0 | 37,0 | 49,0 | 49,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 54,0 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 28,0 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

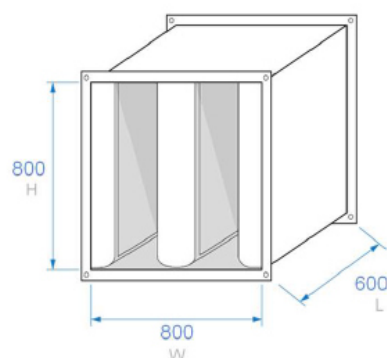
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 48,0 | 47,0 | 39,0 | 32,0 | 27,0 | 24,0 | 23,0 | 28,0 | |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 36,8 dB(A) | | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 55,8 | 63,1 | 50,3 | 43,3 | 39,3 | 37,2 | 49,0 | 49,0 |
| L_{WA} globale | 54,1 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 45,6 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING
Progetto Teatro di Portomaggiore
Locale UTA02 PAE

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 66,0 | 74,0 | 79,0 | 73,0 | 72,0 | 72,0 | 73,0 | 75,0 |
| Valore globale L _W | | 83,3 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 40,0 | 58,0 | 70,0 | 70,0 | 72,0 | 73,0 | 74,0 | 74,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 80,3 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|-----------------------|------------------------|-------------------|-------|-----|-----|-----|
| RAS 2F 400x600 | 2000 m ³ /h | 38 Pa | F | 400 | 600 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 9 | 12 | 22 | 31 | 38 | 38 | 27 | 18 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 57,0 | 62,0 | 57,0 | 42,0 | 34,0 | 34,0 | 46,0 | 57,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 57,5 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 22,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

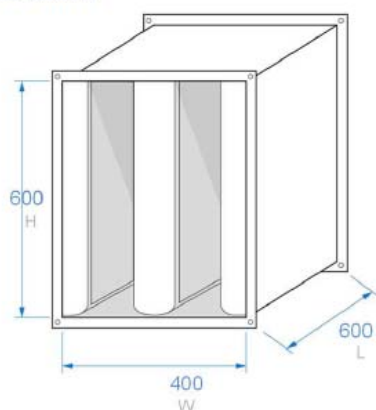
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 45,8 | 44,8 | 36,8 | 29,8 | 24,8 | 21,8 | 20,8 | 25,8 | |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 34,5 dB(A) | | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 57,3 | 62,1 | 57,0 | 42,3 | 34,5 | 34,3 | 46,0 | 57,0 |
| L_{WA} globale | 57,6 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direzionalità $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 49,1 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA02 MAN - Step. 1

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 72,0 | 79,0 | 84,0 | 80,0 | 88,0 | 86,0 | 83,0 | 82,0 |
| Valore globale L _W | | 92,6 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 46,0 | 63,0 | 75,0 | 77,0 | 88,0 | 87,0 | 84,0 | 81,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 92 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|-----|------|-----|
| RAS 2A 600x1000 | 7000 m³/h | 31 Pa | A | 600 | 1000 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 28 | 19 | 17 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 67,0 | 69,0 | 69,0 | 60,0 | 58,0 | 58,0 | 64,0 | 65,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 69,5 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 22,5 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

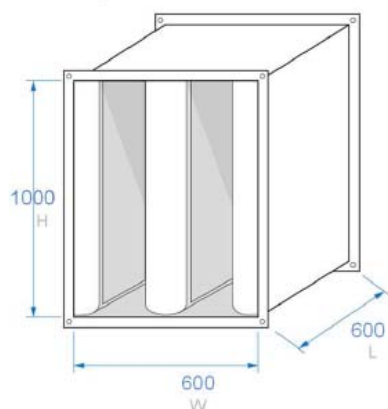
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k | |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 51,5 | 50,5 | 42,5 | 35,5 | 30,5 | 27,5 | 26,5 | 31,5 | |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 40,3 dB(A) | | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 67,1 | 69,1 | 69,0 | 60,0 | 58,0 | 58,0 | 64,0 | 65,0 |
| L_{WA} globale | 69,5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 61 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA02 MAN - Step. 2

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 67,1 | 69,1 | 69,0 | 60,0 | 58,0 | 58,0 | 64,0 | 65,0 |
| Valore globale L _W | | 74,6 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 41,1 | 53,1 | 60,0 | 57,0 | 58,0 | 59,0 | 65,0 | 64,0 |
| Valore globale L _{WA} | | 69.5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|------|-----|------|
| RAS 6F 1200x800 | 7000 m³/h | 36 Pa | F | 1200 | 800 | 1800 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 15 | 29 | 38 | 50 | 50 | 50 | 50 | 33 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 52,1 | 40,1 | 31,0 | 10,0 | 8,0 | 8,0 | 14,0 | 32,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 33,3 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 36,2 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

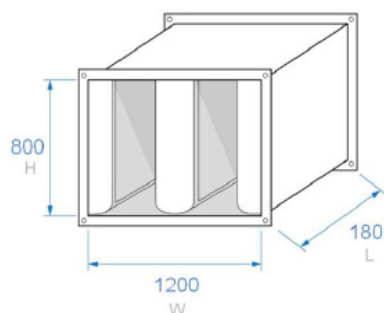
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 47,0 | 46,0 | 38,0 | 31,0 | 26,0 | 23,0 | 22,0 | 27,0 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 35,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 53,3 | 47,0 | 38,8 | 31,0 | 26,1 | 23,1 | 22,6 | 33,2 |
| L_{WA} globale | 37,7 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 29,2 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenziali Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA02 MAN - Step. 3

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 50,3 | 44,0 | 35,8 | 28,0 | 23,1 | 20,1 | 19,6 | 30,2 |
| Valore globale L _W | | 51,4 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L _{WA} [dB(A)] | | 24,3 | 28,0 | 26,8 | 25,0 | 23,1 | 21,1 | 20,6 | 29,2 |
| Valore globale L _{WA} | | 34,7 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|------------------------|-------------------|-------|-----|------|------|
| RAS 4G 500x1000 | 3500 m ³ /h | 7 Pa | G | 500 | 1000 | 1200 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 9 | 14 | 22 | 30 | 35 | 28 | 21 | 17 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 41,3 | 30,0 | 13,8 | -2,0 | -11,9 | -7,9 | -1,4 | 13,2 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 19,0 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 15,7 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

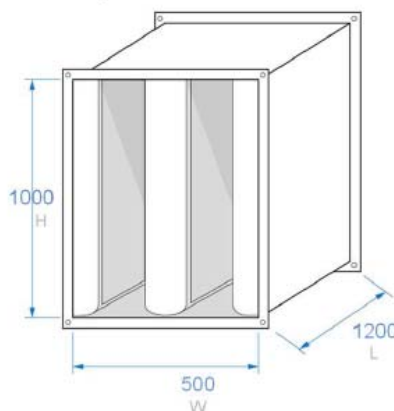
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 27,3 | 26,3 | 18,3 | 11,3 | 6,3 | 3,3 | 2,3 | 7,3 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 16,0 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 41,5 | 31,5 | 19,6 | 11,5 | 6,3 | 3,6 | 3,8 | 14,2 |
| L_{WA} globale | 20,8 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 12,3 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente: CARATTI ENGINEERING
Progetto: Teatro di Portomaggiore
Locale: UTA02 RIP - Step. 1

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|---------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 66,0 | 78,0 | 80,0 | 77,0 | 75,0 | 76,0 | 83,0 | 76,0 |
| Valore globale L_W | | 87,2 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L_{WA} [dB(A)] | | 40,0 | 62,0 | 71,0 | 74,0 | 75,0 | 77,0 | 84,0 | 75,0 |
| Valore globale L_{WA} | | 86,1 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|-----------|-------------------|-------|-----|------|------|
| RAS 4F 800x1000 | 6650 m³/h | 43 Pa | F | 800 | 1000 | 1200 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 12 | 21 | 30 | 41 | 50 | 50 | 40 | 26 |
| L _W [dB] a valle del silenziatore | | 54,0 | 57,0 | 50,0 | 36,0 | 25,0 | 26,0 | 43,0 | 50,0 |
| L _{WA} a valle del silenziatore | | 51,2 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 34,9 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

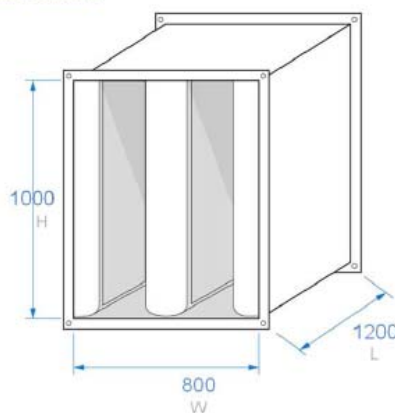
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rigenerato per ottava $L_{W OCT}$ [dB] | | 50,0 | 49,0 | 41,0 | 34,0 | 29,0 | 26,0 | 25,0 | 30,0 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 38,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\text{ OCT}}$ | 55,5 | 57,6 | 50,5 | 38,1 | 30,5 | 29,0 | 43,1 | 50,0 |
| L_{WA} globale | 51,5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotesizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 43 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenziatori Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING
Progetto Teatro di Portomaggiore
Locale UTA02 RIP - Step. 2

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Potenza sonora [dB] | 55,5 | 57,6 | 50,5 | 38,1 | 30,5 | 29,0 | 43,1 | 50,0 |
| Valore globale L_W | 60,7 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L_{WA} [dB(A)] | 29,5 | 41,6 | 41,5 | 35,1 | 30,5 | 30,0 | 44,1 | 49,0 |
| Valore globale L_{WA} | 51,5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|------------------------|------------------------|-------------------|-------|-----|------|------|
| RAS 6C 900x1000 | 6650 m ³ /h | 20 Pa | C | 900 | 1000 | 1800 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|------|------|-------|-------|-------|-----|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Attenuazione del silenziatore [dB] | 13 | 22 | 32 | 49 | 50 | 45 | 36 | 27 |
| L_W [dB] a valle del silenziatore | 42,5 | 35,6 | 18,5 | -10,9 | -19,5 | -16,0 | 7,1 | 23,0 |
| L_{WA} a valle del silenziatore | 24,9 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | 26,6 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

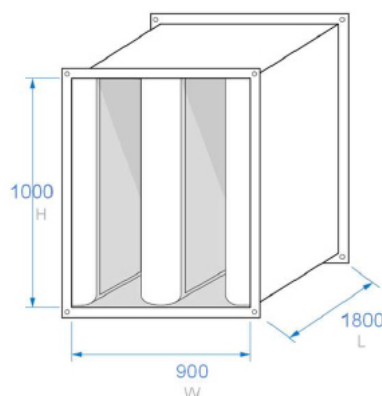
| | Frequenza [Hz] | | | | | | | |
|-----------------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | 38,0 | 37,0 | 29,0 | 22,0 | 17,0 | 14,0 | 13,0 | 18,0 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | 26,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 43,8 | 39,4 | 29,4 | 22,0 | 17,0 | 14,0 | 14,0 | 24,2 |
| L_{WA} globale | 29,0 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)



Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.

La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotesizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 20,5 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).



Cliente CARATTI ENGINEERING

Progetto Teatro di Portomaggiore

Locale UTA02 EXP

18/11/2020

Caratteristiche acustiche della sorgente sonora

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|---------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Potenza sonora [dB] | | 70,0 | 76,0 | 75,0 | 76,0 | 77,0 | 74,0 | 77,0 | 70,0 |
| Valore globale L_W | | 84,1 dB | | | | | | | |
| Potenza sonora L_{WA} [dB(A)] | | 44,0 | 60,0 | 66,0 | 73,0 | 77,0 | 75,0 | 78,0 | 69,0 |
| Valore globale L_{WA} | | 82,5 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore scelto

| | Portata | Perdita di carico | Serie | W | H | L |
|-----------------------|------------------------|-------------------|-------|-----|-----|-----|
| RAS 2F 400x600 | 2000 m ³ /h | 38 Pa | F | 400 | 600 | 600 |

Prestazioni acustiche con silenziatore

| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|---------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Attenuazione del silenziatore [dB] | | 9 | 12 | 22 | 31 | 38 | 38 | 27 | 18 |
| L_W [dB] a valle del silenziatore | | 61,0 | 64,0 | 53,0 | 45,0 | 39,0 | 36,0 | 50,0 | 52,0 |
| L_{WA} a valle del silenziatore | | 55,7 dB(A) | | | | | | | |
| Attenuazione globale del silenziatore | | 26,8 dB(A) | | | | | | | |

Rumore autogenerato dal silenziatore

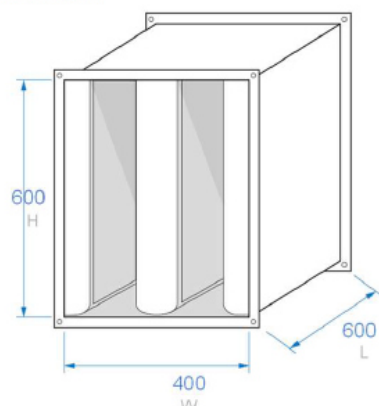
| | Frequenza [Hz] | 63 | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
|-----------------------------------------|----------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rigenerato per ottava $L_{W\ OCT}$ [dB] | | 45,8 | 44,8 | 36,8 | 29,8 | 24,8 | 21,8 | 20,8 | 25,8 |
| Rigenerato complessivo L_{WA} | | 34,5 dB(A) | | | | | | | |

Rumorosità in uscita dal silenziatore

(SORGENTE - ATTENUAZIONE + RIGENERATO)

| | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Valore risultante $L_{W\ OCT}$ | 61,1 | 64,1 | 53,1 | 45,1 | 39,2 | 36,2 | 50,0 | 52,0 |
| L_{WA} globale | 55,7 dB(A) | | | | | | | |

Silenziatore disposto con setti verticali
(installazione standard)




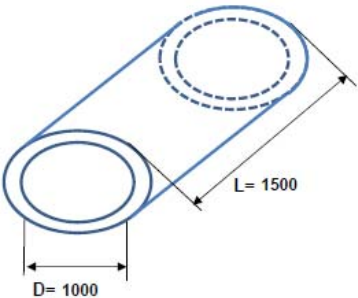
Silenziatore serie RAS costituito da cassa in lamiera d'acciaio zincata spessore minimo 1 mm, con flange perimetrali da 40 mm sulle due bocche e setti in lamiera zincata contenenti pannelli con classe di reazione al fuoco A1 incombustibile in fibra di vetro densità 30 kg/m³ rivestita con velo di vetro rinforzato 35 gr/m². I setti, fissati alla cassa tramite viti o rivetti, sono dotati di profili aerodinamici lato ingresso aria.


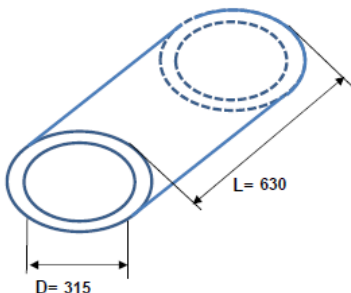
La configurazione standard è idonea per posizionamento con flusso aria solo orizzontale (la versione a setti rinforzati per flusso verticale è disponibile su richiesta).

Ipotizzando il silenziatore non canalizzato e considerando come fattore di direttività $Q = 4$, la pressione sonora a 1,5 m risulta essere 47,2 dB(A).



(Metodo Standard di Prova dei Materiali fonoassorbenti e dei Silenzianti Prefabbricati per la valutazione delle Prestazioni Acustiche ed Aerauliche).

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------|----------------------|------|--------------------|------|------|------|--|
| SAGICOFIM S.p.A. Acoustics Department | | | | | | | | | |
| Cemusco Sul Naviglio | | | | | 18/11/2020 | | | | |
| Cliente | CARATTI ENGINEERING | | | | | | | | |
| Riferimento | Teatro di Portomaggiore | | | | | | | | |
| Locale | GF 01 - BODY - singolo ventilatore | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| Caratteristiche acustiche della sorgente sonora | | | | | | | | | |
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2 K | 4 K | 8 K | |
| potenza sonora L_w [dB] | 59,0 | 75,0 | 79,0 | 73,0 | 72,0 | 73,0 | 66,0 | 63,0 | |
| valore globale $L_{w_{oct}}$ [dB] | 82,4 | | | | | | | | |
| valore globale L_{wA} [dB(A)] | 78,3 | | | | | | | | |
| Prestazioni acustiche con silenziatore | | | | | | | | | |
| silenziatore modello | portata 21.830 [m ³ /h] | | | | Diametro Lunghezza | | | | |
| MCA-1,5D | perdita di carico <5 [Pa] | | | | 1000 1500 | | | | |
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 K | 2 K | 4 k | 8 K | |
| Attenuazione del silenziatore [dB] | 4,0 | 6,0 | 11,0 | 18,0 | 15,0 | 10,0 | 9,0 | 8,0 | |
| L_w [dB] a valle del silenziatore | 55,0 | 69,0 | 68,0 | 55,0 | 57,0 | 63,0 | 57,0 | 55,0 | |
| L_w [dB(A)] a valle del silenziatore | 67,0 | | | | | | | | |
| Attenuazione statica del silenziatore [dB(A)] | 11,3 | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | |
| scheda n° ==>> | | | protocollo int. ==>> | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|------|------------------------------------------|------------|------------|------|------|--|------------|
| SAGICOFIM S.p.A. Acoustics Department | | | | | | | | | | |
| Cemusco Sul Naviglio | | | | | 18/11/2020 | | | | | |
| Cliente | CARATTI ENGINEERING | | | | | | | | | |
| Riferimento | Teatro di Portomaggiore | | | | | | | | | |
| Locale | REC 01 - PAE_MAN_RIP_EXP | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | |
| Caratteristiche acustiche della sorgente sonora | | | | | | | | | | |
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2 K | 4 K | 8 K | | |
| potenza sonora L_w [dB] | 69,5 | 69,5 | 79,2 | 68,7 | 67,2 | 64,6 | 58,8 | 61,8 | | |
| valore globale $L_{w_{tot}}$ [dB] | 80,7 | | | | | | | | | |
| valore globale L_{w_A} [dB(A)] | 74,1 | | | | | | | | | |
| Prestazioni acustiche con silenziatore | | | | | | | | | | |
| silenziatore modello | | | | portata 1.130 [m ³ /h] | | Diametro | | | | Lunghezza |
| MCPA-2D | | | | perdita di carico <10 [Pa] | | 315 | | | | 630 |
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1 K | 2 K | 4 k | 8 K | | |
| Attenuazione del silenziatore [dB] | 7,0 | 10,0 | 15,0 | 51,0 | 26,0 | 26,0 | 24,0 | 22,0 | | |
| L_w [dB] a valle del silenziatore | 62,5 | 59,5 | 64,2 | 17,7 | 41,2 | 38,6 | 34,8 | 39,8 | | |
| L_w [dB(A)] a valle del silenziatore | 55,9 | | | | | | | | | |
| Attenuazione statica del silenziatore [dB(A)] | 18,1 | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | |
| scheda n° ==>> | | | | protocollo int. ==>> | | | | | | |

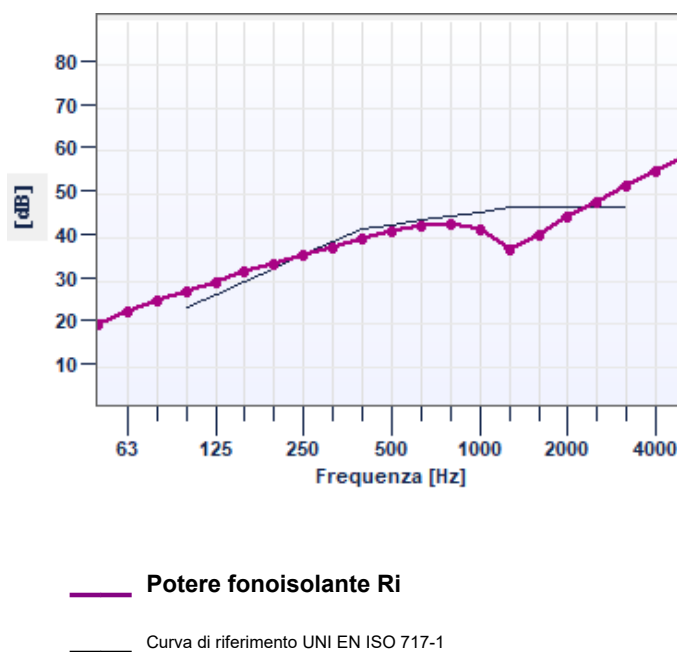
COPERTURA ZONA PALCO

Tipo di componente edile: **Parete verticale con intercapedine**
Teoria applicata: **Parete doppia generica: Metodo delle Impedenze Accoppiate, MIA**
Descrizione dell'elemento: **Copertura Zona Palco**
Note:

Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 43 (-2; -4) \text{ dB}$$

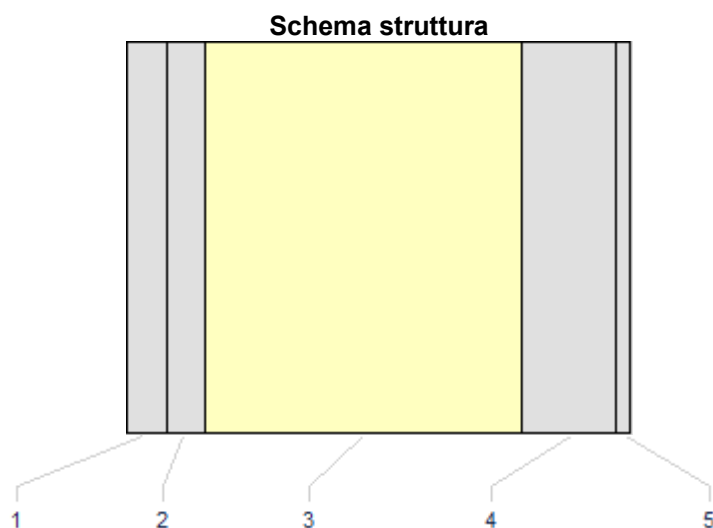
| Frequenza [Hz] | Ri [dB] | Riferimento [dB] |
|----------------|---------|------------------|
| 50 | 20.3 | |
| 63 | 23.2 | |
| 80 | 25.7 | |
| 100 | 27.9 | 24 |
| 125 | 30.0 | 27 |
| 160 | 32.3 | 30 |
| 200 | 34.2 | 33 |
| 250 | 36.1 | 36 |
| 315 | 38.0 | 39 |
| 400 | 39.9 | 42 |
| 500 | 41.5 | 43 |
| 630 | 42.8 | 44 |
| 800 | 43.5 | 45 |
| 1000 | 42.0 | 46 |
| 1250 | 37.5 | 47 |
| 1600 | 41.0 | 47 |
| 2000 | 45.0 | 47 |
| 2500 | 48.3 | 47 |
| 3150 | 52.1 | 47 |
| 4000 | 55.4 | |
| 5000 | 59.0 | |



Descrizione stratigrafia

| N° | Descrizione strato | s [mm] | ρ [Kg/m³] | E [GPa] | η_{int} | s' [MN] | r [Pa s/m²] |
|----|-------------------------------------|-----------|-------------------|------------|--------------|---------|----------------|
| 1 | Cartongesso standard 12,5mm | 12.5 | 690.0 | 2.01 | 0.01 | | |
| 2 | Cartongesso standard 12,5mm | 12.5 | 690.0 | 2.01 | 0.01 | | |
| 3 | Mat. fibroso / poroso max. 80 kg/m³ | 100.0 | | | | | |
| 4 | Tavole in cotto | 30 | 1,230.0 | 7 | 0.05 | | |
| 5 | Membrana bituminosa | 4 | 1,000.0 | 0.02 | 0.01 | | |

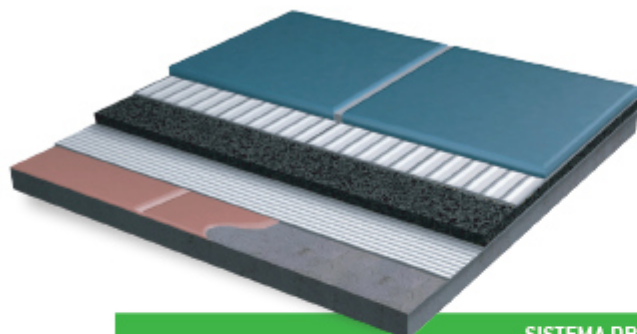
Spessore totale [mm]: **159.0**
Massa superficiale [Kg/m²]: **58.15**



Simbologia

| | | | |
|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| s | Spessore dello strato | η_{int} | Fattore di perdita interna |
| ρ | Densità | s' | Rigidità dinamica apparente |
| E | Modulo di Young | r | Resistenza specifica al flusso |

ANTICALPESTIO



SISTEMA DBRED PIANO ZERO

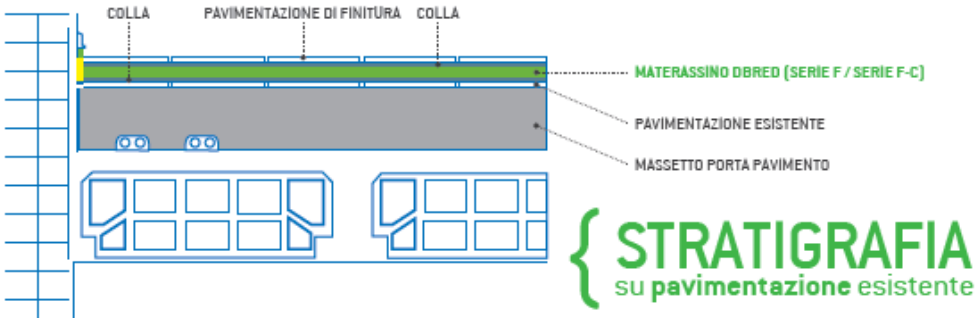
POSA DIRETTA DI PAVIMENTAZIONE
SU MATERASSINI ACUSTICI DBRED

| SISTEMA DBRED PIANO ZERO | | | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|
| Posa diretta di pavimentazione su materassini acustici dBred | | | |
| CONSUMO COLLANTE | Totale 9÷11 kg/m² [ca. 4÷5 kg/m² sotto il materassino; ca. 5÷6 kg/m² sopra il materassino]. Nel caso di incolleggio diretto di pavimentazione in legno si potrebbe avere un consumo maggiore di colla; si consiglia inoltre, in questo caso, di utilizzare un collante privo di acqua. | | |
| SUPERFICI ADATTE ALLA POSA | <ul style="list-style-type: none">Sottofondi leggeri monostrato Edilteco: Polterm Blu (a partire da 300 kg/m³), Isolcap Fein 300, Isolcap XX 500, Isolcap Speed 525, Isolcap Max 650, Isolcap Max 800.Massetti cementizi tradizionali o autolivellanti.Massetti autolivellanti a base anidrite.Pavimentazioni ceramiche esistenti. NB: si consiglia di non applicare il sistema su pavimentazione in legno. | | |
| PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI ALLA POSA IN OPERA | <ul style="list-style-type: none">Sottofondi leggeri Edilteco: levigatura superficiale con disco abrasivo, aspirazione delle polveri residue, bruciatura superficiale mediante cannello con fiamma alimentata a gas propano liquido (cannello da impermeabilizzatore) per eliminare i residui di perle presenti negli alveoli formati dopo la levigatura della superficie. Operazione da eseguirsi non prima di 7 giorni dalla posa del sottofondo Edilteco.Massetti cementizi tradizionali ed autolivellanti: levigatura superficiale e aspirazione delle polveri residue.Massetti autolivellanti base anidrite: abrasione superficiale ed aspirazione delle polveri residue e successiva applicazione di primer idoneo a neutralizzare le reazioni chimiche espansive.Pavimentazioni ceramiche esistenti: pallinatura superficiale o, in alternativa, picchettatura superficiale e successivo trattamento con acido. | | |
| CICLO DI APPLICAZIONE | <ol style="list-style-type: none">Applicazione della fascia perimetrale adesiva in polietilene dBred LF5 soltanto in verticale.Applicazione della colla utilizzando spatola dentata da 6 - 8 mm a seconda della planarità del piano di posa.Stesura del materassino dBred.Passeggio con rullo di sovraccarico di 25 kg al fine di permettere una perfetta adesione tra collante e pannello.Sigillatura delle giunzioni del materassino dBred con silicone.Attesa per la presa della colla.Applicazione della colla sopra il materassino con spatola dentata da 10 mm a dentature curve in modo da ottenere una posa a "letto pieno" tale da consentire una totale adesione del rivestimento di pavimentazione.Posa del rivestimento ceramico con fughe di larghezza variabile in relazione al formato del rivestimento. Si suggeriscono fughe di almeno 3 mm per rivestimenti con dimensioni fino a 60 cm e per superfici non superiori a 20 m², fughe di 5 mm per rivestimenti con lato maggiore di 60 cm e/o superfici di oltre 20 m².Stuccatura delle fughe del rivestimento ceramico (metodo tradizionale).Posa del battiscopa da effettuarsi tassativamente mantenendolo desolidarizzato dal pavimento mediante una delle seguenti opzioni:<ul style="list-style-type: none">a) posa sulla ceramica del D-Stick (distaccante adesivo per battiscopa) su cui appoggiare il battiscopa;b) realizzazione di una fuga di un paio di millimetri tra battiscopa e pavimento che dovrà essere sigillata con i sigillanti indicati. | | |
| CARATTERISTICHE TECNICHE | CARATTERISTICA | VALORE | NORMA DI RIFERIMENTO |
| | Resistenza allo strappo: | > 0,4 N/mm² | UNI EN 12004-2 |
| | Riduzione del rumore da calpestio ΔL_w : | fino a 17 dB | UNI EN ISO 140-7 |
| | Carico al 25% dello schiacciamento: | 0,28 N/mm² | EN ISO 3386-2 |



dBred Noise Reduction Division

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PRODOTTI INDICATI | MATERASSINI DBRED | F5 / F8 / F10 / F5-C / F8-C. |
| | COLLE / ADESIVI | KeraKoll H40 Flex; BaUmit BaUmecol Flex (per rivestimenti ceramici) o equivalenti. |
| | STUCCHI PER FUGHE DEI RIVESTIMENTI CERAMICI | KeraKoll serie Fugebella con additivo flessibilizzante; BaUmit Fuge con additivo flessibilizzante, o equivalenti. |
| | SIGILLANTE PER BATTISCOPA | BaUmit Silikon S/N o sigillanti siliconici. |
| Tutte le indicazioni riportate nella presente scheda tecnica si intendono puramente indicative e non vincolanti ai fini legali. Infatti i dati riportati sono desunti da prove di laboratorio e ne consegue che nelle pratiche applicazioni in cantiere le caratteristiche finali dei prodotti possono subire sostanziali variazioni in funzione delle situazioni meteorologiche e di posa in opera. L'utilizzatore dovrà sempre verificare l'idoneità del prodotto ai fini del suo utilizzo specifico, assumendosi ogni responsabilità insita e derivante dall'uso del prodotto stesso; oltre ad attenersi a tutte le modalità di impiego ed alle norme di utilizzo riconducibili in generale alla "regola d'arte". Editeco S.p.A. si riserva il diritto di modificare a suo insindacabile giudizio e senza preavviso il contenuto della presente scheda tecnica. La diffusione, con qualunque mezzo, della presente scheda sostituisce ed annulla la validità di ogni altra scheda tecnica precedentemente pubblicata. | | |



ANTIVIBRANTI A MOLLE

