

REGIONE PUGLIA

COMUNE:

COMUNE DI ANDRIA

Piazza Trieste e Trento - 76123 Andria (BT)

PROGETTO:

PROGETTO ESECUTIVO

aggiornato alle disposizioni del D.Lgs. 50/2016

RIUSO E RIDESTINAZIONE FUNZIONALE AD USO CULTURALE DELL'EX MATTATOIO COMUNALE

2° LOTTO FUNZIONALE

RESP. UNICO DEL PROCEDIMENTO: ING. SANTOLA QUACQUARELLI

SOCIETA' INCARICATA



S.T.A.

Società semplice tra professionisti
dell' Architetto CAMPANELLA e degli Ingegneri NARDULLI e PIEPOLI
70017 Putignano (BA) - Via C. Battisti, 25/C
Cod. fisc./Part. IVA: 00930370721
NUMERO DI ISCRIZIONE NEL REGISTRO DELLE IMPRESE (REA): 564034

Tel
Fax
E-mail
PEC

+39 0804913410
+39 0809024040
amministrazione@sta.ba.it
amministrazione@pec.sta.ba.it

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
IMPIANTISTICA E DIREZIONE LAVORI

ARCH. GIUSEPPE CAMPANELLA

COORDINATORE DELLA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE ED
ESECUZIONE

ING. GIACOMO ALICINO

76123 Andria (BAT) - Via Friuli, 1
P.IVA 07285310723
Tel. +39 0883556368
E-mail giacomo.alicino@libero.it
PEC giacomo.alicino@ingpec.eu

COLLABORAZIONI:

Ing. Donato Piepoli
progettazione impianti a fluido

Ing. Vincenzo Sportelli
progettazione strutturale

Arch. Maurizio Dalena
progettazione architettonica e direzione lavori

Ing. Angela Genco
progettazione acustica

P.I. Vincenzo Massaro
progettazione impianti elettrici

TITOLO ELABORATO:

RELAZIONE SPECIALISTICA SULL' ISOLAMENTO ACUSTICO

DATA 1ª EMISSIONE:

novembre 2015

AGGIORNAMENTO

settembre 2017

REDATTO:

VERIFICATO

Arch. G. Campanella

N. ELABORATO:

COMMESSA:

1977

PE

SETTORE:

FILE ARCHIVIO:

1977PErsia.doc

SCALA:

E

SOMMARIO

1	INDIRIZZI PROGETTUALI	2
1.1	La Sala E Le Destinazioni D'uso	2
1.2	Requisiti Acustici Per La Sala	3
1.2.1	Il livello sonoro della sorgente	4
1.2.2	Il livello sonoro del rumore di fondo	4
1.2.3	Il livello sonoro del rumore di fondo	5
1.2.4	Altri parametri acustici	7
1.2.5	Il tempo di riverberazione	7
1.2.6	L'indice di chiarezza e l'indice di definizione	9
1.2.7	L'indice di intensità	10
1.2.8	Speech transmission index (STI)	10
1.3	Analisi Modale.....	11
1.3.1	I modi	12
2	IL PROGETTO DELLA SALA.....	14
2.1	Descrizione Dello Stato Di Fatto.....	14
2.2	Il Progetto Acustico Della Sala.....	15
3	ANALISI MODALE	20

1 INDIRIZZI PROGETTUALI

Il fabbricato dell'ex Macello è ubicato su un'ampia area di proprietà comunale e l'intervento progettuale di restauro e riqualificazione funzionale riguarda sia il manufatto dell'ex Macello per il quale è prescritto il parere della Soprintendenza BB.AA. di Bari (parere favorevole espresso con nota MBAC-SBAP-BASTP 0015640 01/12/2011-CI.34.19.06/18.20) che altri manufatti di più recente costruzione per i quali si è effettuata la demolizione e la ricostruzione.

L'Amministrazione comunale, nel quadro di una più ampia strategia di recupero del suo tessuto urbano degradato e con l'intento di connotare meglio l'"uso culturale" dell'ex Macello, ha inteso realizzare una struttura teatrale nell'ambito di una compiuta integrazione tra il costruito storico, che viene preservato in tutti i suoi aspetti storico-architettonici, e la nuova struttura, che risulta minimamente invasiva e compatibile con il contesto. Nella fattispecie, l'intervento in oggetto si pone a completamento delle opere già realizzate con il primo stralcio progettuale, con il quale sono stati realizzati le sale e i tutti i servizi presenti al piano terra oltre alla sistemazione dell'area esterna riguardante l'esecuzione del teatro all'aperto e del giardino pensile.

Lo scopo di questo nuovo intervento progettuale è quello di realizzare il teatro interrato in tutte le sue parti (sala e palcoscenico, camerini, locali tecnici e servizi igienici) sia per quanto riguarda le opere edili sia per quanto concerne gli impianti (elettrici e speciali, di climatizzazione e riscaldamento, idrico-fognanti).

1.1 LA SALA E LE DESTINAZIONI D'USO

Le proposte progettuali presentate all'interno del presente documento sono state definite con l'obiettivo di rispondere alle esigenze di versatilità dello spazio dell'ex mattatoio comunale di Andria da riutilizzare e ridestinare ad uso culturale, espresse dalla Amministrazione. In particolare tali esigenze comprendono richieste in termini di adattamento dello spazio per diversi utilizzi della sala.

In particolare le destinazioni d'uso previste sono:

- conferenze e convegni in presenza di pubblico;
- esecuzione di manifestazioni teatrali e/o musicali in presenza di pubblico;
- piccoli eventi di proiezione cinematografica.

La molteplicità di utilizzi della sala impone che la progettazione sia mirata **all'individuazione** di soluzioni che garantiscano una buona risposta acustica in ognuna delle condizioni citate.

Nell'ambito della presente relazione verranno analizzate in particolare le soluzioni acustiche adatte alle destinazioni d'uso della sala configurata come luogo destinato ad attività polifunzionali.

1.2 REQUISITI ACUSTICI PER LA SALA

L'acustica passiva della sala deve essere ottimizzata sia per la l'ascolto della parola che della musica. La definizione degli obiettivi acustici prende avvio dall'individuazione dei parametri che permettono di descrivere le qualità della sala, sia per quanto riguarda il "buon ascolto" sia per quanto riguarda il controllo della rumorosità. In particolare la progettazione acustica ha come obiettivo la corretta trasmissione del messaggio sonoro apartire dal palco verso la platea (anche in assenza di impianto di diffusione sonora). Le **caratteristiche acustiche dell'ambiente in cui avviene la comunicazione possono perturbare** la qualità della trasmissione del segnale emesso, rendendolo meno intelligibile per **l'ascoltatore**. Per una buona ricezione è necessario un buon livello sonoro del segnale utile, un basso livello di rumore di fondo ed il controllo della riverberazione sonora, quantificato attraverso la misura o il calcolo del tempo di riverberazione. Questi tre parametri, non **ottimizzati, riducono l'intelligibilità della parola e del segnale musicale e, di conseguenza, le condizioni di comfort acustico all'interno della sala.**

1.2.1 IL LIVELLO SONORO DELLA SORGENTE

Il campo sonoro che tende a stabilirsi in condizioni stazionarie in un ambiente confinato è dato dalla sovrapposizione del campo sonoro diretto, costituito dalle onde provenienti **direttamente dalla sorgente, e dal campo riverberato, costituito dall'insieme di tutte le** onde riflesse, che si susseguono nel tempo.

Il suono diretto si riduce in intensità in funzione della distanza dalla sorgente, ma viene contemporaneamente integrato dalle riflessioni provenienti dalle superfici delimitanti il **locale. La pressione sonora in un punto all'interno del campo è direttamente** proporzionale alla potenza sonora della sorgente ed al suo fattore di direttività, ed è inversamente **proporzionale alla distanza tra sorgente e ricevitore e all'assorbimento acustico totale dell'ambiente (o area di assorbimento equivalente).** Per la sala oggetto di studio la sorgente sonora può essere rappresentata dalla voce umana, la cui potenza sonora, nel **caso di un oratore maschio che parli in una sala conferenze con sforzo vocale "forte"** è pari a circa 80 dB.

Dai valori di pressione sonora si determina il livello globale di pressione sonora ponderato A, cioè il livello sonoro pesato in funzione della curva di ponderazione A che tiene conto della **diversa sensibilità dell'orecchio umano alle diverse frequenze.** Per una buona ricezione il livello sonoro deve sovrastare il rumore di fondo di almeno 15 dB(A) in tutti i punti della sala. Considerando che in una sala il livello di rumore di fondo, prodotto essenzialmente dagli impianti e dal vociare degli occupanti, non dovrebbe superare i 35 dB(A), nella **posizione più distante dall'oratore il livello sonoro dovrà essere** almeno 50 dB(A).

1.2.2 IL LIVELLO SONORO DEL RUMORE DI FONDO

Per caratterizzare oggettivamente la risposta soggettiva al rumore di un individuo medio viene utilizzato il livello globale continuo equivalente di pressione sonora ponderato A, LAeq,T, a causa della buona correlazione esistente tra il livello misurato e il disturbo

percepito. L'effetto disturbante del rumore viene correlato al contributo energetico medio temporale piuttosto che all'energia sonora istantanea effettivamente percepita.

Per gli ambienti confinati, in funzione della loro destinazione d'uso e della tipologia di rumore, sono fissati i valori massimi di $L_{Aeq,T}$ da non superare per non incorrere in disturbo. I limiti di riferimento sono definiti su base statistica in relazione a ben precise condizioni ambientali. Si può citare, nell'ambito della legislazione nazionale, il DPCM 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Tale decreto definisce limiti sulla rumorosità degli impianti tecnologici a funzionamento continuo e discontinuo. Gli impianti a funzionamento continuo sono gli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento.

Nel caso di edifici adibiti ad attività ricreative, ai quali può ricondursi una sala conferenze/musica, il decreto stabilisce un livello massimo per tali impianti pari a 35 dB(A).

1.2.3 IL LIVELLO SONORO DEL RUMORE DI FONDO

Gli effetti del suono riverberato sulla qualità dell'ascolto si valutano con la determinazione del tempo di riverberazione convenzionale, T_{60} . Il valore ottimale del tempo di riverberazione rappresenta il giusto compromesso tra il raggiungimento di un livello sonoro sufficiente in condizioni di acustica passiva, in tutti i punti dell'ambiente, e la riduzione degli effetti dannosi provocati da un eccesso di riverberazione.

Il tempo di riverberazione ottimale può essere stabilito in funzione del volume dell'ambiente e della sua destinazione d'uso. In linea generale per ambienti destinati all'ascolto della parola, dove il suono diretto viene privilegiato rispetto a quello riverberato, si indicano valori di tempo di riverberazione più brevi rispetto a quelli ideali per sale destinate all'ascolto della musica. Si passa da poco meno di un secondo per il parlato a poco più di due secondi per la musica. In letteratura sono riportati diagrammi che forniscono tali valori ottimali in funzione della frequenza

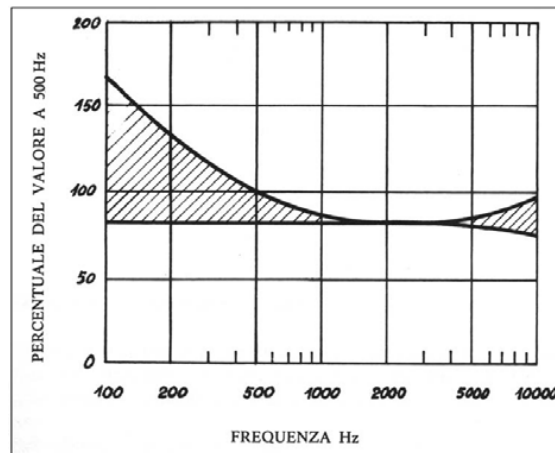


Figura 1 – Curva in frequenza del tempo di riverberazione. Calcolo riferito alle frequenze principali (bande di ottava)

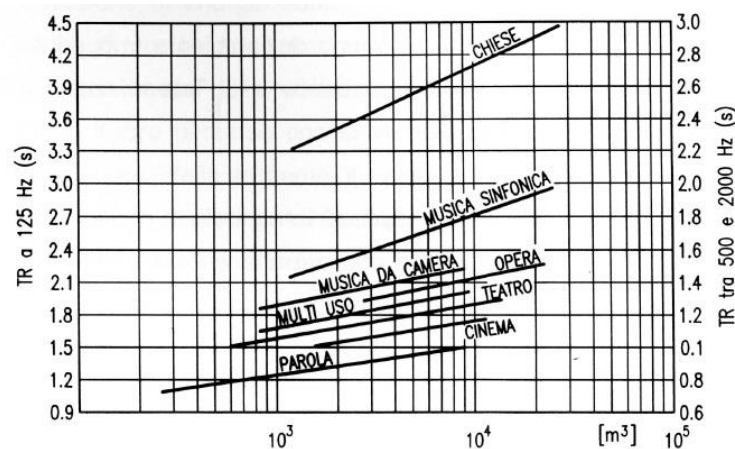


Figura 2 –Curva del tempo di riverberazione in funzione del volume della sala e della destinazione d'uso.

Per la sala oggetto di studio il valore ottimale del tempo di riverberazione è stato **individuato in relazione alla destinazione d'uso come sala polifunzionale, considerando che il controllo e la riduzione della riverberazione rispetto alla situazione attuale siano funzionali anche per l'ascolto della parola, che, in ogni caso, sarà favorito dall'impiego di sistemi di diffusione sonora.**

1.2.4 ALTRI PARAMETRI ACUSTICI

Dal punto di vista normativo, la norma UNI EN ISO 3382-1:2009 - Acustica – Misura dei parametri acustici degli ambienti-Sale da spettacolo, introduce non solo la standardizzazione delle metodologie di misurazione del tempo di riverberazione, ma rappresenta anche il riferimento normativo per la definizione dei principali parametri di caratterizzazione acustica per le sale.

Tra i parametri descritti nella norma si citano:

- l'indice di chiarezza, C80 e l'indice di definizione, D50;
- l'indice di intensità, G;
- gli indici di *supporto* per i musicisti, ST.

1.2.5 IL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

Gli effetti del suono riverberato sulla qualità dell'ascolto si valutano con la determinazione del tempo di riverberazione convenzionale, T60. Esso rappresenta il tempo necessario affinché il livello sonoro in ambiente si riduca di 60 dB, rispetto al valore che assume nell'istante in cui una sorgente sonora che emette in modo stazionario cessa di funzionare figura 3.

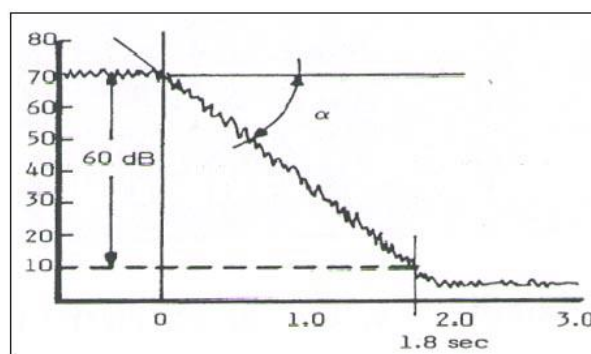


Figura 3 – Decadimento del livello sonoro in ambiente e tempo di riverberazione

Più è alto il tempo di riverberazione più è lunga la coda sonora in ambiente.

La determinazione del valore ottimale per le diverse destinazioni d'uso è stata ottenuta in seguito a numerose valutazioni soggettive sulla qualità dell'audizione in ambienti diversi anche in volumetria. In linea generale per ambienti destinati all'ascolto della parola, dove il suono diretto viene privilegiato rispetto a quello riverberato, si indicano valori di tempo di riverberazione più brevi rispetto a quelli ideali per sale destinate all'ascolto della musica. Si passa da poco meno di un secondo per il parlato a poco più di due secondi per la musica. In letteratura sono riportati diagrammi che consentono la determinazione del tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume dell'ambiente e della sua destinazione d'uso. I diagrammi generalmente forniscono tali valori ottimali in funzione della frequenza. Il tempo di riverberazione può essere calcolato attraverso alcune formule che si basano sull'assunzione che in ambiente si crei un campo sonoro perfettamente diffuso. La più semplice e impiegata delle formule è la relazione di Sabine, secondo la quale il tempo di riverberazione è direttamente proporzionale al volume dell'ambiente e inversamente proporzionale all'assorbimento totale:

$$T_{60} = \frac{0.161 \cdot V}{A_{tot}} [sec]$$

dove V è il volume dell'ambiente, in m³ e A_{tot} è l'assorbimento acustico totale, in m².

La letteratura ormai consolidata, oltre all'esperienza sul campo, indica i seguenti tempi di riverberazione ottimali per le destinazioni d'uso indicate:

Ambiente	T _{Rm,ott} [s]
Prosa	1,0 ÷ 1,1
Teatro d'opera (musica lirica)	1,2 ÷ 1,5
Sala da concerto (musica sinfonica)	1,6 ÷ 2,3

Tabella 1 – tempi di riverberazione ottimali per diverse destinazioni d'uso

$T_{Rm,ott}$ è definito come la media aritmetica dei tempi di riverberazione nelle bande d'ottava centrali di 500 Hz e 1 kHz, a sala occupata. Per ciò che riguarda il tempo di riverberazione alle basse frequenze, è consigliato un incremento rispetto al valore del tempo di riverberazione alle medie frequenze, che comunque non deve superare il 20%. Un $T_{Rm,ott}$ pari a 1,2 s porta a determinare per le basse frequenze (125 e 250 Hz) un valore del tempo di riverberazione che non deve superare 1,4 s; con $T_{Rm,ott}$ pari a 1,5 s, non deve superare 1,8 s.

Nonostante il tempo riverberazione non sia l'unico parametro da prendere in considerazione per la valutazione e la progettazione di una buona acustica, per un'analisi preliminare resta comunque il più importante.

Il tempo di primo decadimento (Early Decay Time o EDT) è il tempo di riverberazione basato sui primi 10 dB di decadimento di un suono interrotto bruscamente e calcolato con il metodo della retta di **regressione lineare**. **L'EDT è stato dimostrato avere una maggiore correlazione con il giudizio soggettivo di riverberazione rispetto al tempo di riverberazione tradizionale.**

1.2.6 L'INDICE DI CHIAREZZA E L'INDICE DI DEFINIZIONE

L'indice di "chiarezza" è riportato nella UNI EN ISO 3382 come misura della comprensione della musica, e rappresenta il rapporto tra l'energia cosiddetta "utile", che comprende il suono diretto e il suono riflesso che giunge all'ascoltatore entro i primi 80 ms dopo l'arrivo del suono diretto, e l'energia successiva a tale istante.

Tale indice è risultato di uno studio soggettivo specifico sulla percezione del messaggio musicale che ha portato la definizione del limite temporale di 80 ms, come finestra entro la quale l'orecchio recepisce le riflessioni sonore come utili per la comprensione della musica.

Rispetto al parlato, la musica richiede un tempo pari a circa 80 ms entro il quale le riflessioni contribuiscono all'intelligibilità dell'articolazione del fraseggio musicale, senza che si verifichi un mescolamento e mascheramento dei suoni. La comprensione delle frasi pronunciate richiede un tempo inferiore, pari a 50 ms. Su tale constatazione di basa

l'espressione di un indice simile alla chiarezza C80, utilizzato per la parola: l'indice di "definizione" D.

1.2.7 L'INDICE DI INTENSITÀ

L'indice di intensità G è particolarmente importante per garantire un ascolto senza sforzo, del segnale sonoro. Esso è significativo per il pubblico e deve essere valutato anche in termini di uniformità dei valori distribuiti in sala. L'indice di intensità può essere misurato, oltre come rapporto energetico, anche come differenza di livello e rappresenta in questo modo una misura diretta dell'amplificazione, cioè del rinforzo del suono, generata dalla sala stessa.

1.2.8 SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI)

L'effetto combinato dell'interferenza della riverberazione e del rumore di fondo sulla riduzione di intelligibilità del parlato si valutano con l'indice STI, *Speech Transmission Index*.

La voce umana può essere considerata come un segnale modulato in ampiezza e in un ambiente si avranno buone condizioni di intelligibilità se si mantengono il più possibile invariate le caratteristiche iniziali di **modulazione, esprimibili dall'indice di modulazione**.

La procedura per la determinazione dello STI si **applica per valutare l'intelligibilità del parlato con e senza sistemi di amplificazione sonora**.

Lo STI si ottiene dalla determinazione della funzione di trasferimento della modulazione (*Modulation Transfer Function*), che quantifica la **riduzione dell'indice di modulazione del segnale di test, dall'emissione alla ricezione, in funzione della frequenza di modulazione**. Per **ciascuna frequenza di modulazione** la MTF è determinata dal rapporto tra l'indice di modulazione del segnale in corrispondenza **dell'ascoltatore, mo**, e l'indice di modulazione del segnale di test, **mi**.

Le prestazioni del sistema di trasmissione vengono quantificate mediante la determinazione della funzione di trasferimento della modulazione per le 7 bande di ottava, ottenendo $7 \times 14 = 98$ valori di **fattore di riduzione dell'indice di modulazione m per ogni posizione d'ascolto**. In particolare con indice di modulazione del segnale di test m_i pari ad 1 (modulazione del **100%**), l'indice di modulazione m_o coincide con il **fattore di riduzione dell'indice di modulazione m** .

L'indice STI è stato correlato a scale soggettive di intelligibilità.

Classe di qualità della comunicazione	Valore dell'indice STI
Pessima	$< 0,2$
Scadente	$0,2 \div 0,4$
Discreta	$0,4 \div 0,6$
Buona	$0,6 \div 0,8$
Eccellente	$> 0,8$

Tabella 2 – Classificazione della qualità acustica della comunicazione in relazione all'indice STI

In sede progettuale, con l'utilizzo di procedure di calcolo numerico, è possibile ricostruire secondo tecniche *ray tracing* la risposta all'impulso nei diversi punti di una sala. In questo modo, anche in sede di progetto è possibile scegliere correttamente la forma, i materiali e le tecnologie d'involucro dell'ambiente di ascolto rispettando le specifiche di capitolato.

1.3 ANALISI MODALE

L'analisi modale trova applicazione principalmente in ambienti piccoli ma può essere estesa ad ambienti di maggiori dimensioni nei casi in cui vi sia la presenza di superfici piane parallele.

1.3.1 I MODI

Si definiscono modi di un ambiente le frequenze delle onde sonore la cui lunghezza d'onda è confrontabile con le dimensioni dell'ambiente. Data una sorgente che emette una certa onda sonora nell'ambiente in esame, se la lunghezza spaziale di tale onda è confrontabile con le dimensioni della stanza, tale frequenza è detta modo.

I modi producono fenomeni di colorazione del suono, ovvero si ha un incremento del livello di pressione sonora in corrispondenza delle frequenze modali.

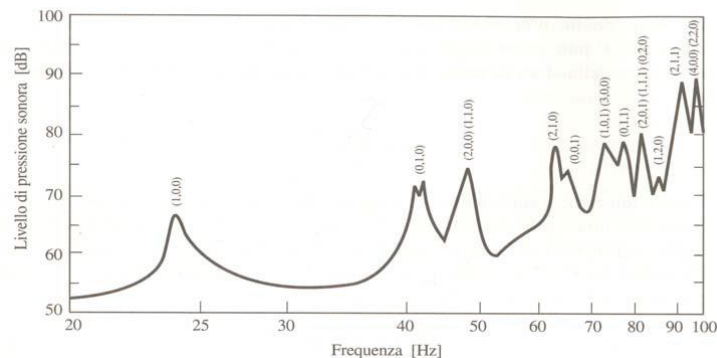


Figura 4 - Livello di pressione in un vertice dell'ambiente a forma di parallelepipedo. Le dimensioni dell'ambiente sono 7x4x2.6 m

La figura mostra l'andamento del livello di pressione sonora in un vertice di un ambiente a forma di parallelepipedo quando nel vertice opposto è in funzione una sorgente in grado di emettere nello spazio libero un suono di livello costante in frequenza. Si distinguono i modi possibili in tre tipi:

- Modi assiali – coinvolgono 2 superfici del parallelepipedo;
- Modi tangenziali – coinvolgono 4 superfici del parallelepipedo;
- Modi obliqui – coinvolgono tutte le superfici del parallelepipedo.



Figura 5 – Rappresentazione dei modi assiali, tangenziali e obliqui.

L'analisi modale ha validità per le frequenze basse, in particolare al di sotto di una determinata frequenza detta di Schroeder. Tale frequenza dipende dal volume della stanza e dal tempo di riverberazione.

Al di sotto della frequenza di Schroeder prevalgono le caratteristiche modali legate al particolare ambiente. Negli ambienti di grandi dimensioni la considerazione dei modi non ha senso. Le frequenze modali vengono calcolate considerando la tipologia di modi (assiali, tangenziali e obliqui).

$$f_n = \frac{c}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2} \text{ [Hz]}$$

Dove:

- c è la velocità del suono pari a 340/m/s²;
- n sono coefficienti da 0 a n (con n numero intero) che identificano l'ordine del modo in una delle tre direzioni x,y o z. Se n=0 il modo non è presente;
- l sono le dimensioni dell'ambiente lungo x, y e z.

2 IL PROGETTO DELLA SALA

Il progetto acustico dell'ex mattatoio ed in particolare della sala da destinare ad eventi e manifestazioni culturali, prevede interventi volti all'ottimizzazione della risposta acustica all'interno della sala per le diverse destinazioni d'uso previste.

2.1 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Attualmente l'ambiente presenta una area trapezoidale di circa 200 m² destinata ad ospitare la platea e la zona del palcoscenico di forma rettangolare di circa 85 m² destinata ad ospitare la scena. La sala attualmente possiede altezza variabile nella zona della platea che varia da un minimo di 5.04 m fino a 8.70 m (in prossimità della scena). L'area destinata al palco possiede altezza costante di 9.45 m. Il volume complessivo allo stato attuale è di circa 2.214 m³ (1.410 m³ per la platea e 804 m³ per la scena).

Per la caratterizzazione delle condizioni acustiche *ante operam* dell'ambiente è stata svolta un'analisi teorica volta alla determinazione del tempo di riverberazione. Non è stato possibile effettuare rilievi sperimentali in quanto in quanto la sala è attualmente in condizioni di cantiere, priva di porte e finestre, in presenza di materiale da costruzione depositato a pavimento e in assenza delle partizioni interne previste per la configurazione di progetto dell'ambiente.

La proposta progettuale prevede la realizzazione di gradonata per la zona della platea e la realizzazione del palcoscenico come riportato nelle tavole. Nella configurazione siffatta, l'ambiente presenta una area trapezoidale - delimitata da pareti laterali curve - di circa 200 m² destinata ad ospitare la platea e la zona del palcoscenico di forma rettangolare di circa 85 m² destinata ad ospitare la scena. La sala presenta altezza variabile nella zona della platea che varia da un minimo di 3.95 m fino a 7.00 m (in prossimità della scena). L'area destinata al palco possiede altezza costante di 6.95 m. Il volume complessivo risulta essere di circa 1.908 m³ (1.318 m³ per la platea e 590 m³ per la scena).

2.2 IL PROGETTO ACUSTICO DELLA SALA

Nelle tavole sono riportate la pianta e le sezioni della sala l'indicazione della collocazione dei pannelli di rivestimento fonoassorbenti previsti a soffitto, a parete e in corrispondenza della parete di fondo della sala. Il soffitto sarà rivestito uniformemente con controsoffitto in cartongesso finito con pitturazione a base di calce. Tale controsoffitto consentirà il passaggio dell'impianto elettrico e di illuminazione. La soluzione prevista corre parallelamente al soffitto. Sono previste due zone ribassate realizzate con sistema fonoassorbente a moduli microforati con l'alloggiamento dei corpi illuminanti puntiformi in fasce di acciaio.

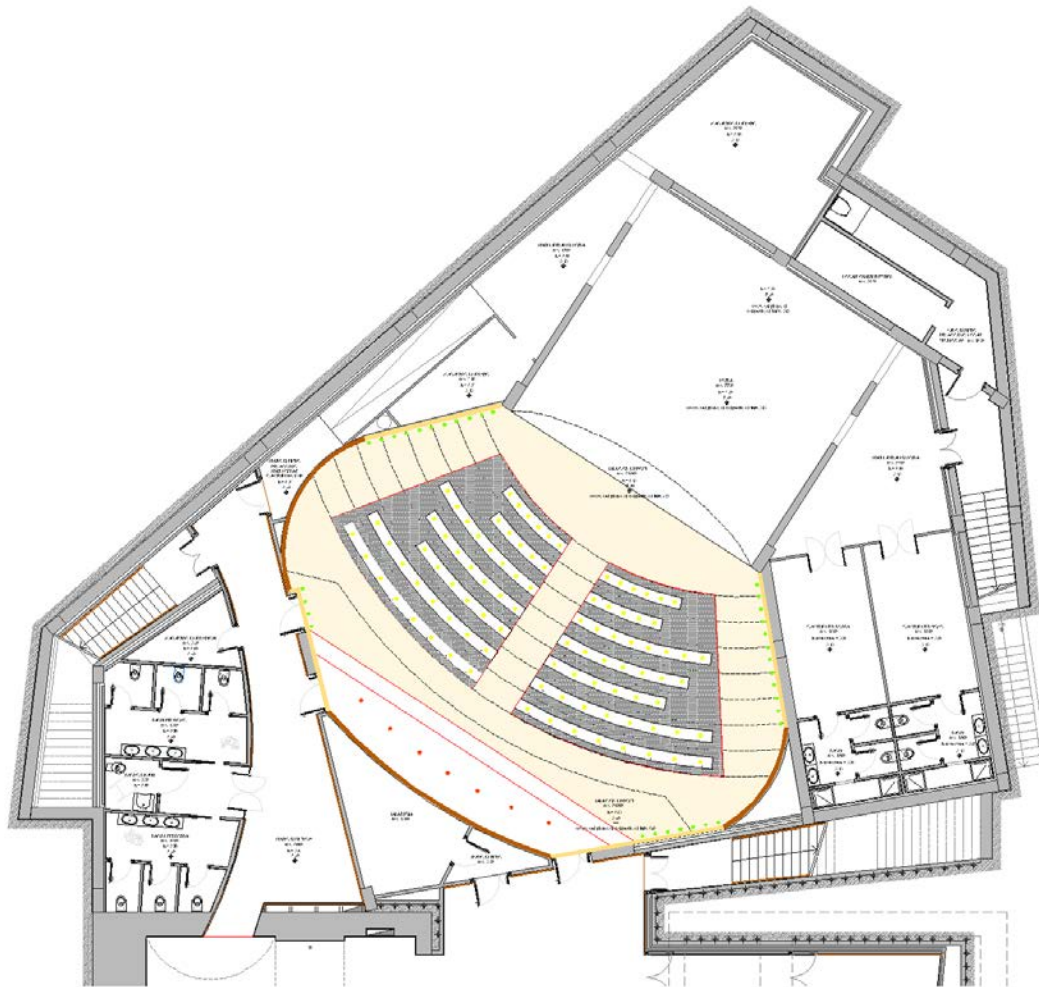


Figura 6 – Individuazione della zona ribassata

Le due aree ribassate presentano un profilo curvilineo e sezione variabile. La percentuale di foratura dei moduli microforati è del 1,1%; il montaggio a soffitto prevede la sospensione dei moduli forati lasciando una intercapedine di profondità 200 mm e la posa di materassino in fibra di poliestere da 30 mm. La figura 7 mostra i coefficienti di assorbimento del controsoffitto siffatto nelle condizioni di posa descritte.

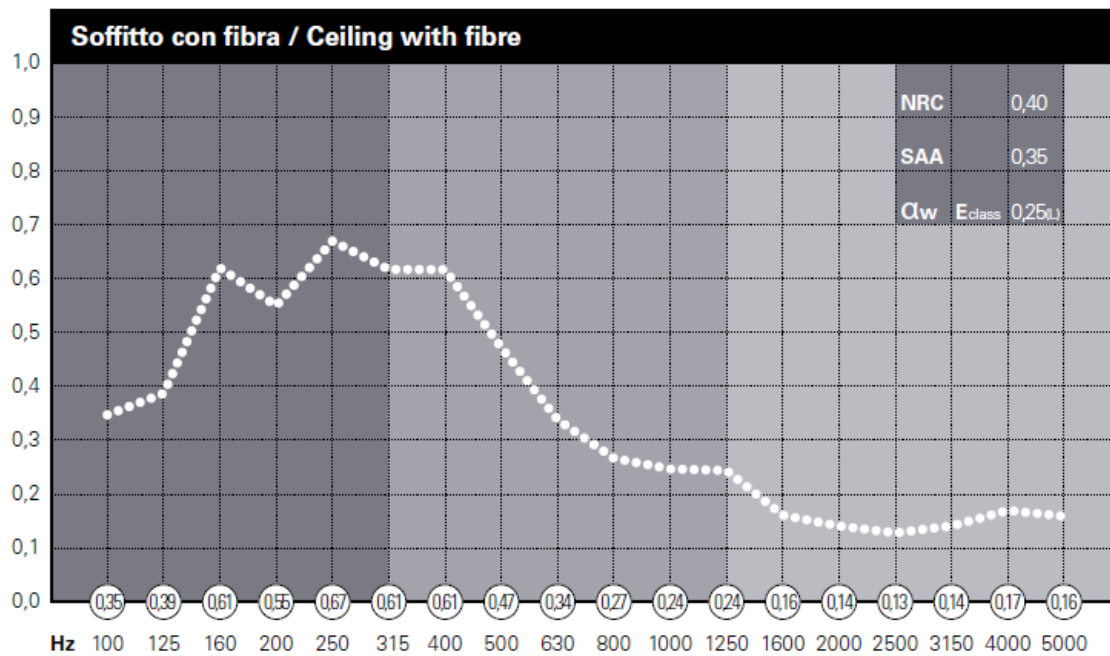


Figura 7 – Coefficienti di assorbimento acustico moduli forati montati a soffitto con fibra di poliestere

Nel caso della parete di fondo (parete che delimita la sala regia dalla zona destinata agli spettatori) per evitare che troppa energia sonora venga orientata verso il fondo della sala e il conseguente verificarsi di fenomeni di eco, si prevede la realizzazione di un rivestimento fonoassorbente con pannelli microforati con percentuale di foratura pari al 1,1%, montati con intercapedine pari a 5 cm. La posa in opera del sistema avviene attraverso intelaiatura metallica piana, con profili metallici piatti o scanalati fissati a parete sui quali i pannelli vengono applicati o ancorati a scomparsa. Il montaggio a parete

prevede la realizzazione di intercapedine di profondità 50 mm e la posa di materassino in fibra di poliestere da 30 mm.

Per **le pareti laterali della sala è stato previsto l'utilizzo di rivestimento in pietra locale con superficie piuttosto scabra** alternato a moduli microforati simili a quelli utilizzati per le zone a soffitto ribassate e per la parete di fondo.

Per il pavimento, nella zona di ingresso della sala è stata prevista la posa di pavimentazione in legno teak simile alla tipologia presente al piano terra ; le gradonate sono finite con pavimentazione in lastre di pietra locale, mentre la zona destinata alla scena **presenta una pavimentazione in legno simile all'area di ingresso ma di colorazione chiara**. La parte retrostante

Nella figura 8 **si riporta un'immagine** rappresentativa dei rivestimenti fonoassorbenti.

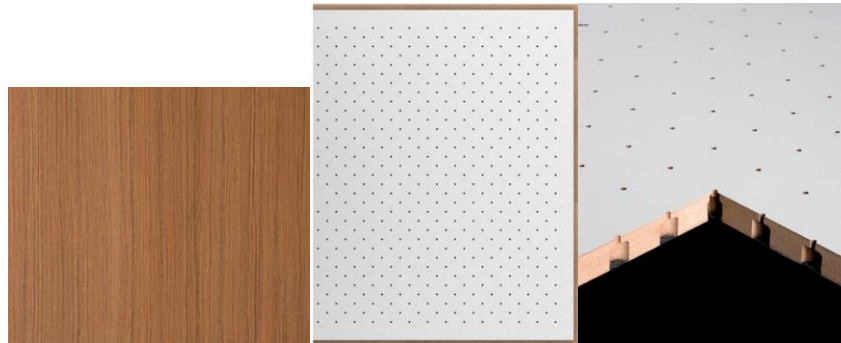


Figura 8 - Caratteristiche del materiale ipotizzato per la realizzazione del sistema fonoassorbente a soffitto e del rivestimento a parete - finitura teak

Per quanto riguarda le sedie, poiché si tratta di una sala polifunzionale in cui l'esigenza è quella di poter allestire in breve tempo la sala per diverse destinazioni d'uso, nonché quella di facilità di stoccaggio degli arredi della sala in appositi spazi quando non necessari è stato **previsto l'impiego di sedie con braccioli leggermente imbottite**, rivestite in tessuto ignifugo. In tabella 3 sono riportati i coefficienti di assorbimento, in bande di ottava, dei **diversi materiali di rivestimento interno assunti per l'esecuzione dei calcoli**.

Coefficienti di assorbimento - [-]

Materiali	125	250	500	1000	2000
Poltrone	0.1	0.2	0.25	0.35	0.35
Tendaggi retro scena	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8
Rivestimento pareti in pietra	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Rivestimento fonoassorbente con moduli forati tipo Topakustik % di foratura=1,1%, intercapedine media 50 mm_parete	0.35	0.67	0.47	0.24	0.14
Rivestimento fonoassorbente con moduli forati tipo Topakustik % di foratura=1,1%, intercapedine media 50 mm_sala regia	0.35	0.67	0.47	0.24	0.14
Rivestimento fonoassorbente con moduli forati tipo Topakustik % di foratura=1,1%, intercapedine media 50 mm_ soffitto ribassato	0.25	0.53	0.33	0.20	0.14
Intonaco civile tradizionale	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03
Controsoffitto in lastre di gesso sp. 15 cm	0.20	0.15	0.10	0.08	0.05
Controsoffitto in lastre di gesso sp. 67 cm	0.22	0.20	0.18	0.15	0.10
Pavimentazione in legno	0.12	0.10	0.06	0.05	0.05
Pavimentazione con lastre di pietra di trani	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Assorbimento equivalente [mq]

	125	250	500	1000	2000
Persone	0.5	0.75	1.1	1.3	1.4

Tabella 3 – Coefficienti di assorbimento ed assorbimento equivalente degli elementi di rivestimento, valori in frequenza, per le bande di ottava tra 125 e 2000 Hz.

Nella configurazione descritta e riportata in tavola, si ottengono i tempi di riverbero di progetto, come da tabella 4 qui di seguito.

	125	250	500	1000	2000
Tempi di riverbero ottimali [s]	1.77	1.07	1.07	1.07	1.07
Tempi di riverbero di progetto [s]	1.66	1.06	1.00	1.02	0.97

Tabella 4 – Tempi di riverbero di progetto

3 ANALISI MODALE

L'ambiente in esame è caratterizzato da un volume piuttosto grande; presenta pareti curve e una forma "a conchiglia". In questa configurazione è stata valutata l'eventuale insorgenza di fenomeni modali (eventualità piuttosto remota considerando il profilo architettonico della sala). In tabella 5 si riportano le caratteristiche dell'ambiente in esame e la frequenza di Schroeder calcolata.

L [m]	W [m]	H [m]	V [mc]	T60 [s]	F _{Schroeder} [Hz]
22.35	19.02÷10.00	3.95÷6.90	1908	1.07	44.40

Tabella 5 – Caratteristiche dell'ambiente (situazione di progetto) e frequenza di Schroeder

La frequenza di Schroeder risulta piuttosto bassa, pari a circa 44 Hz. Al di sotto della frequenza di Schroeder prevalgono le caratteristiche modali legate all'ambiente particolare (geometria e rapporti tra le grandezze). Si ritiene che gli effetti dell'insorgenza di fenomeni modali sia trascurabile in quanto la frequenza di Schroeder risulta essere bassa, la forma "a conchiglia" e l'assenza di pareti piate e parallele, il volume abbastanza "grande" della sala contribuiscono ad eccitare in risonanza tutti i modi delle bande e quindi contribuiscono efficacemente alla pressione sonora nell'ambiente.

È opportuno verificare l'efficacia delle scelte progettuali descritte nella presente relazione in fase operativa, a seguito di rilievi in opera (tempi di riverbero, ecc...) in fase di realizzazione delle opere quando le condizioni di cantiere consentono la misura delle grandezze acustiche caratterizzanti le prestazioni acustiche della sala. Come già espresso, in questa fase non è stato possibile effettuare rilievi in situ in quanto a seguito di sopralluogo presso il

sito di intervento, è emersa l'impossibilità di effettuare il rilievo in quanto le condizioni non lo consentivano (partizioni non esistenti – in quanto oggetto del presente progetto di "Completamento del progetto di "riuso e ridestinazione funzionale ad uso culturale dell'ex mattatoio comunale" di Andria - II lotto funzionale."- aperture nell'involucro edilizio che compromettono le prestazioni acustiche dello stesso e falsano i risultati delle misure, ecc...).

Ing. Angela Genco