



STUDIO  
SOUND  
SERVICE

# Acustica ed Elettroacustica

La Qualità dell'ascolto in ambienti storici e  
monumentali molto riverberanti -  
materiali e tecniche di diffusione sonora

# Who we are



Studio Sound Service è uno studio di progettazione e consulenza acustica, situato a **Firenze**. Dal 1983 progettiamo ambienti destinati alla musica e alla produzione audio/video. Ci occupiamo di acustica ed elettroacustica in ogni campo, dal settore musicale e culturale a quello edilizio, commerciale e industriale.

- Iyuno • SDI Media Acoustic Designers (2019-ongoing);
- 3Cycle postproduction Facility @ Rome;
- FOX Dolby Atmos HE Studios @ Rome (IT)
- FOX post-production studios @ München (DE);
- FOX post-production studios @ London (UK);
- In House (Dolby® approved – Sorrentino) @ Roma;
- Aemme Recording Studio – Salvatore Addeo @ Lecco
- D:POT Recording Arts @ Prato – Fabrizio Simoncioni;
- Platinum Studio @ San Gimignano – Diego Calvetti;
- Mulinetti Studio @ Genova – Alberto Parodi  
*(Resolution Award 2015 Best Audio Facility, Nomination);*
- The Garage @ Civitella v.d.C. (AR)  
*(Resolution Award 2014 Best Audio Facility, Nomination);*
- House of Glass @ Viareggio (LU) – Gianni Bini  
*(Resolution Award 2013 Best Audio Facility, Nomination);*
- Waves Music @ Genova;
- PPG Studios (Andrea Bocelli) @ S. Pietro Belvedere (PI);
- SonicFab Studio @ Pioltello (MI);
- Renato Zero Studio @ Rome;
- Marco Masini Studio @ Florence;
- Biagio Antonacci Studio @ Bologna;
- Damian Lazarus, Monastic Studio @ Vicchio (FI);
- Giorgia Angiuli Studio @ Florence;
- Vinai Studio @ Brescia;
- Barys Arena (ice hockey) @ Astana, Kazakhstan;
- George Lucas Home Theater, Italy;
- Chiesa Santa Maria Nuova (Arch. M. Botta) @ Terranuova B. (AR);
- Prada Auditorium and Conference Room via Orobica @ Milano;
- Presentation room Ferrari HQ @ Maranello (MO);
- Duomo di Siena new audio system;
- Siemens HQ @ Milano;
- Chorus Life (arena e cittadella) @ Bergamo
- EVAC Dubai Metro;
- EVAC Bahrain and Islamabad airport (THALES).

Il lavoro a step:

## Analisi preliminare

## Soluzioni e progettazione

- A. Misure acustiche e stato di fatto:
  - *analisi delle criticità e problematiche.*
- B. Interfaccia con gli altri progettisti coinvolti:
  - *destinazione d'uso;*
  - *Integrazione architettonica;*
  - *Esigenze tecniche (resistenza al fuoco);*
  - *impianti HVAC;*
  - *impianti audio/video/EVAC.*
- C. Acustica geometrica.
- D. Studio al CAD acustico:
  - *scelta e posizionamento dei materiali (acustici e non);*
  - *scelta e posizionamento delle sorgenti sonore;*
  - *quantificazione interventi VS target.*
- E. Direzione specialistica e supporto per i lavori.
- F. Misure finali, collaudo e *fine tuning* impianto.

# Barys Arena

Astana Kazakhstan

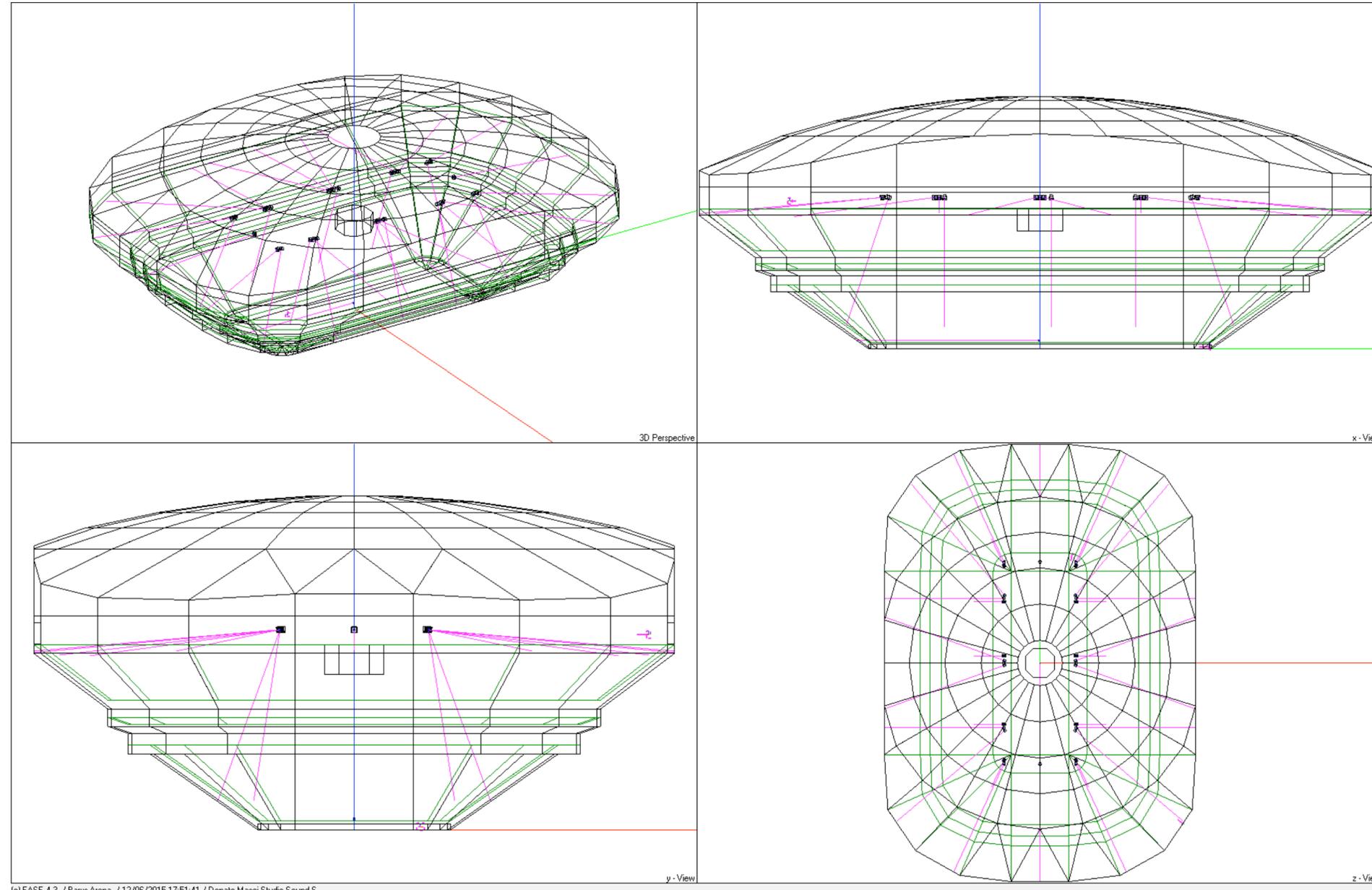


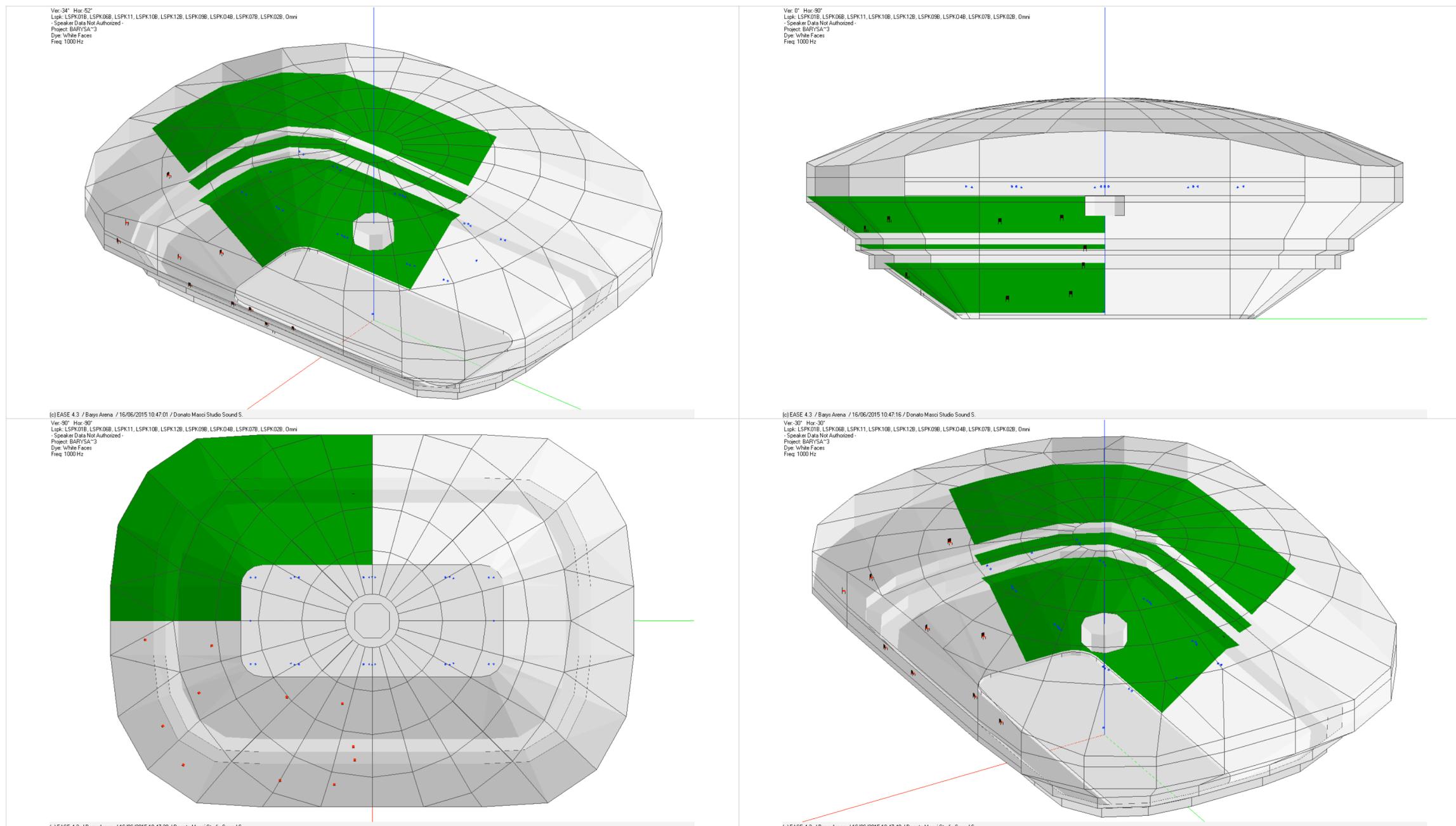
Il volume della Barys Arena è stato stimato col modello al CAD acustico all'incirca 300.000 m<sup>3</sup>.

Sulla base di questo il tempo di riverberazione ottimale a sala vuota dovrà essere di circa 4.47 s @ 500 Hz.

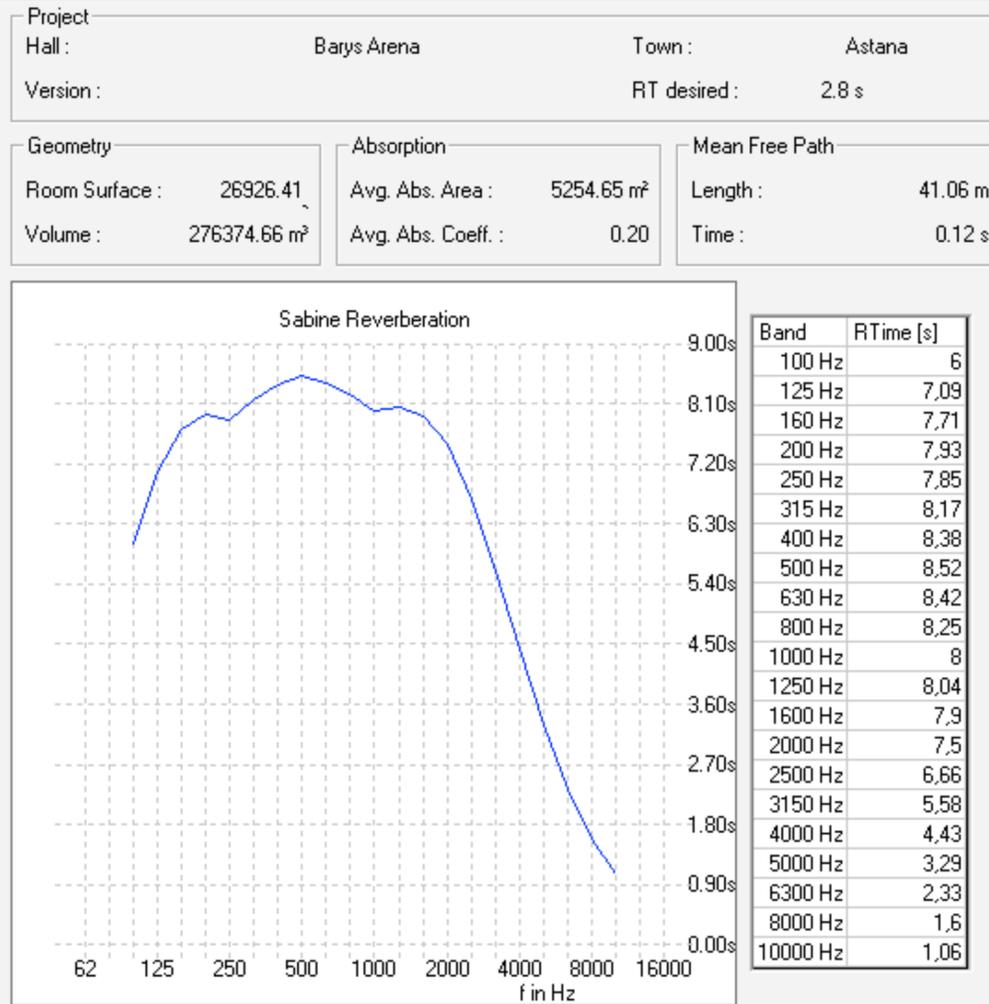
Dato che il pubblico ricopre una grandissima parte di superficie a sala piena, la variazione sarà sostanziale e si stima essere dell'ordine di 3.6 s.

	125	250	500	1000	2000	4000
T30	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
Sala Piena [s]	5.4	4.3	3.6	3.2	2.9	2.6
Sala Vuota [s]	6.8	5.4	4.5	4.0	3.2	2.9



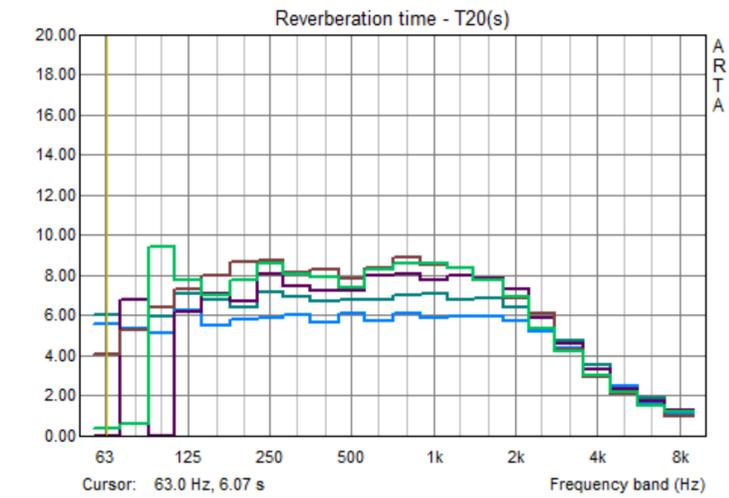


## Taratura del modello su EASE sulla base delle misure effettuate

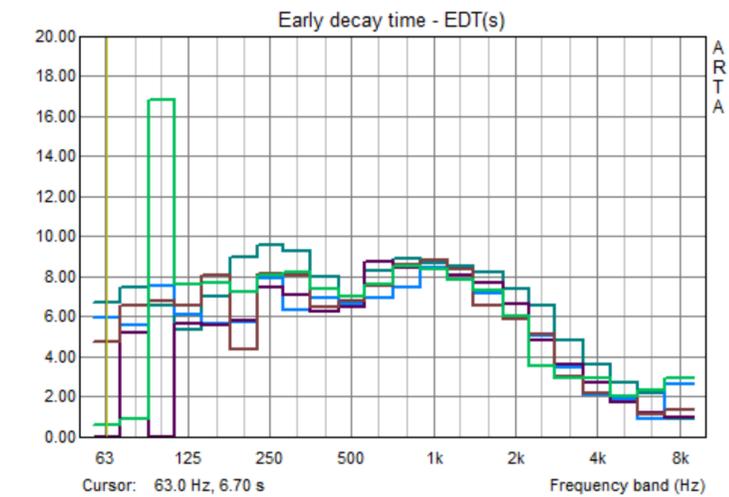


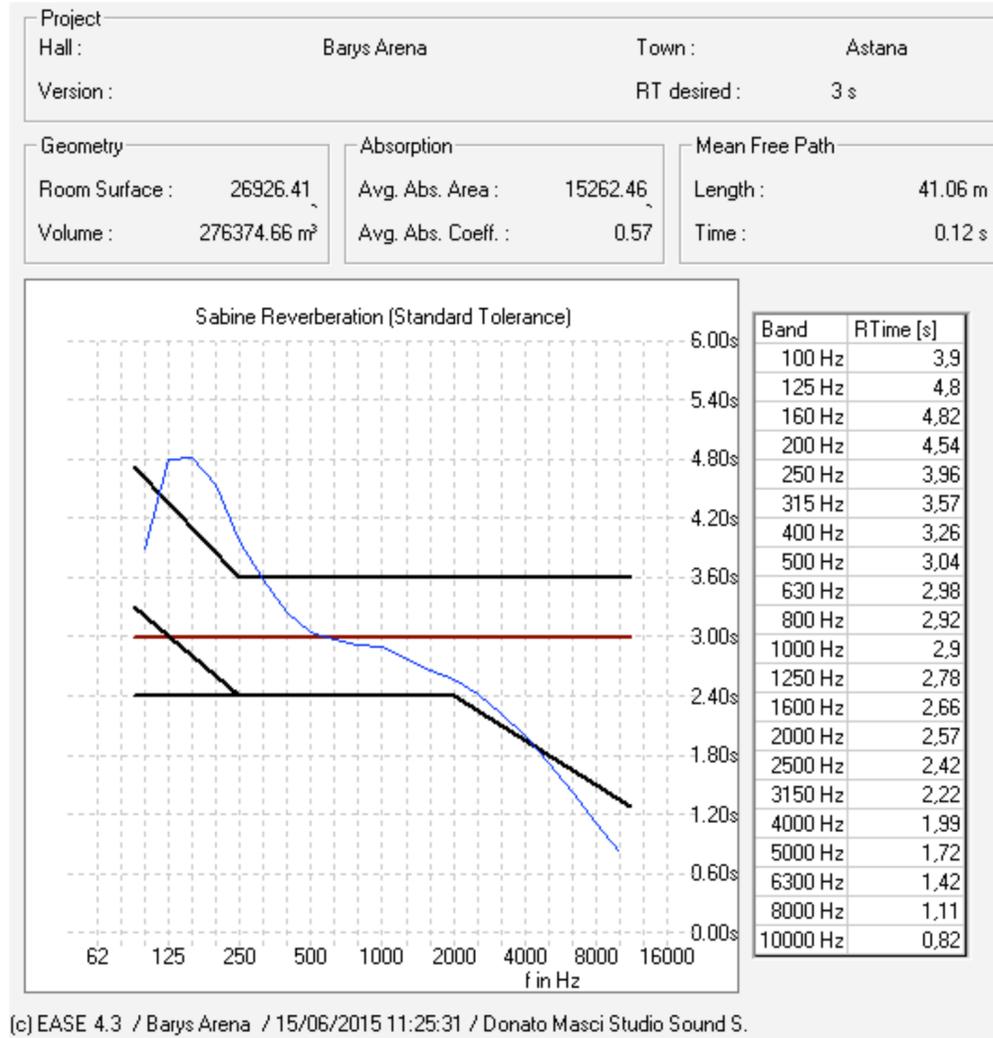
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 12/06/2015 17:53:13 / Donato Masci Studio Sound S.

**T20**  
Tempo di  
riverberazione

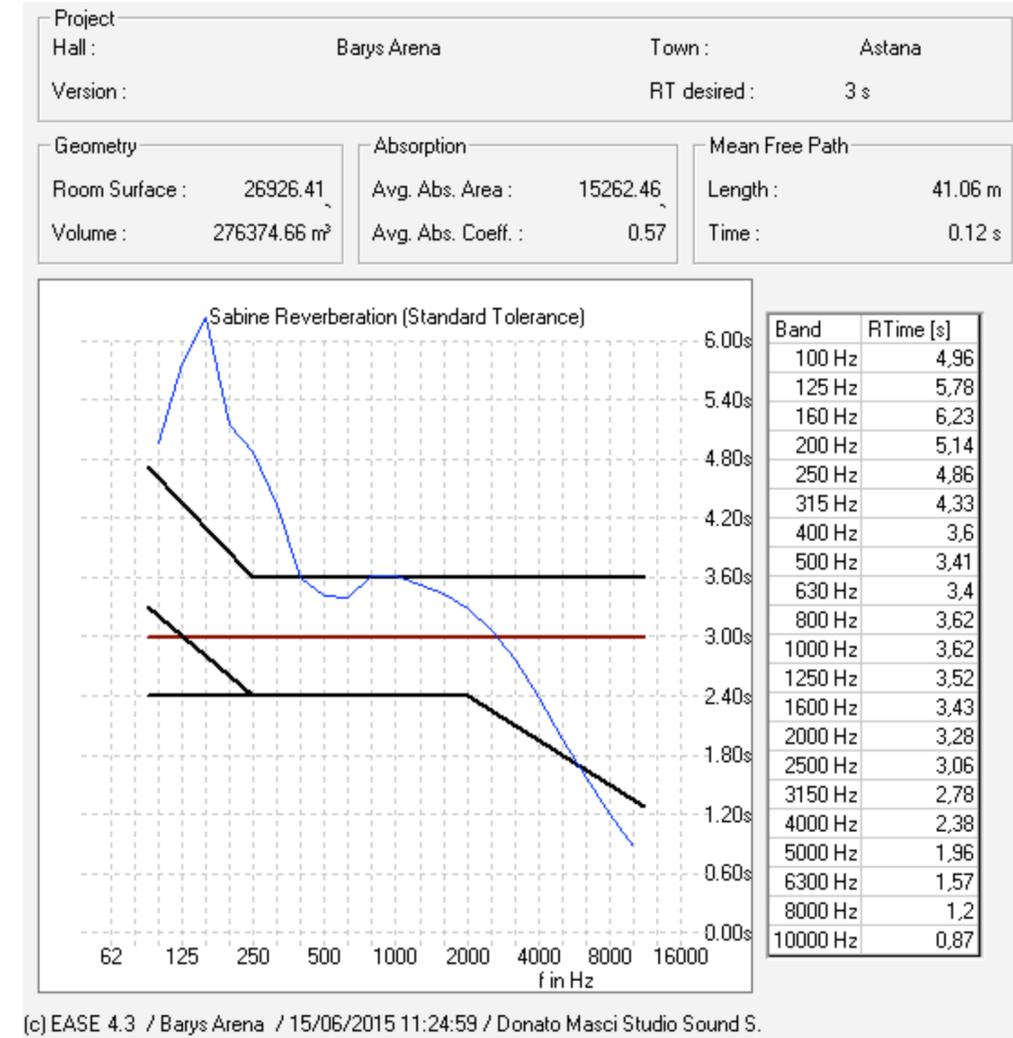


**EDT**  
Tempo di  
riverberazione "veloce"

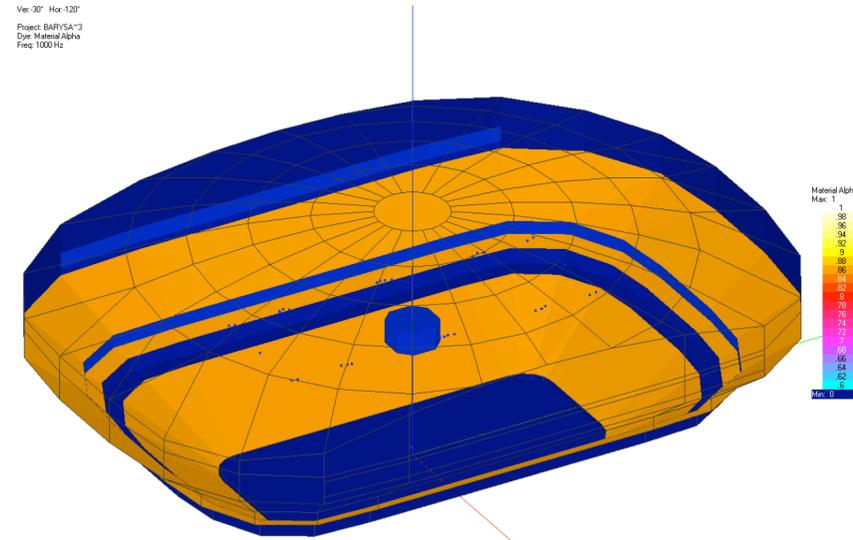




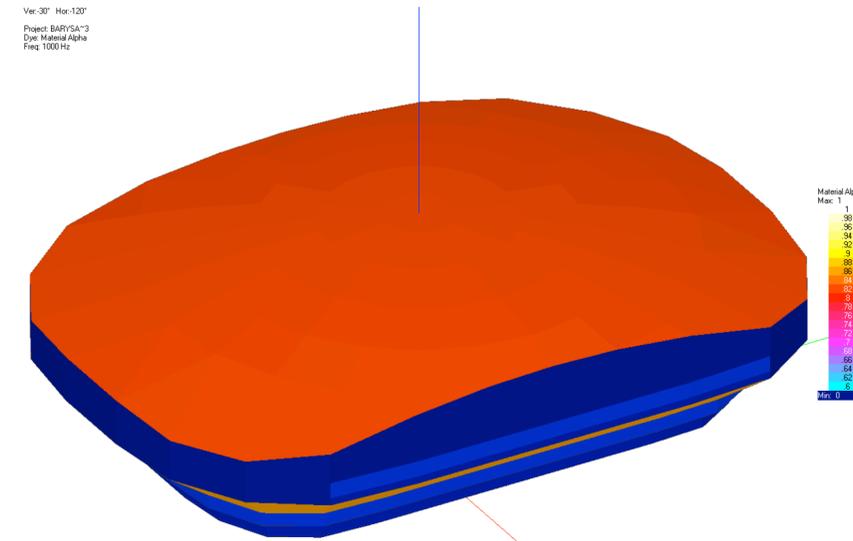
**Sala Piena**



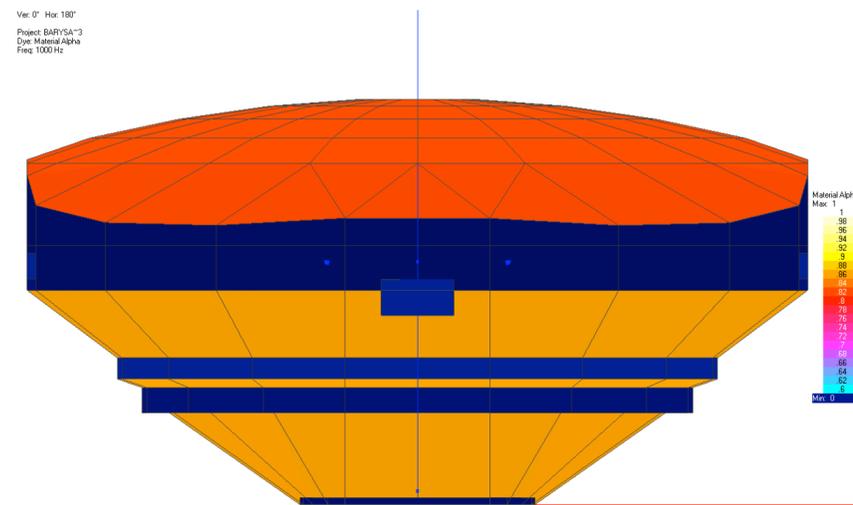
**Sala Vuota**



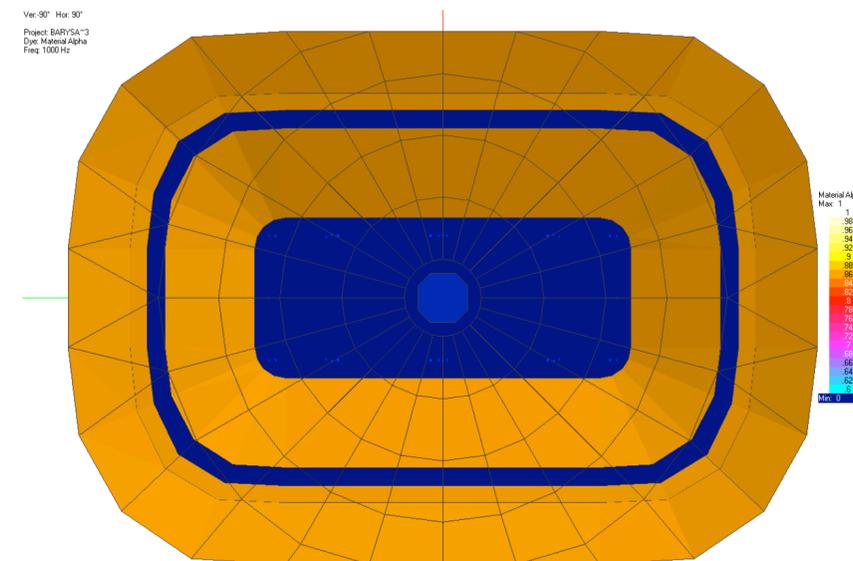
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 14/06/2015 13:15:56 / Donato Masco Studio Sound S.



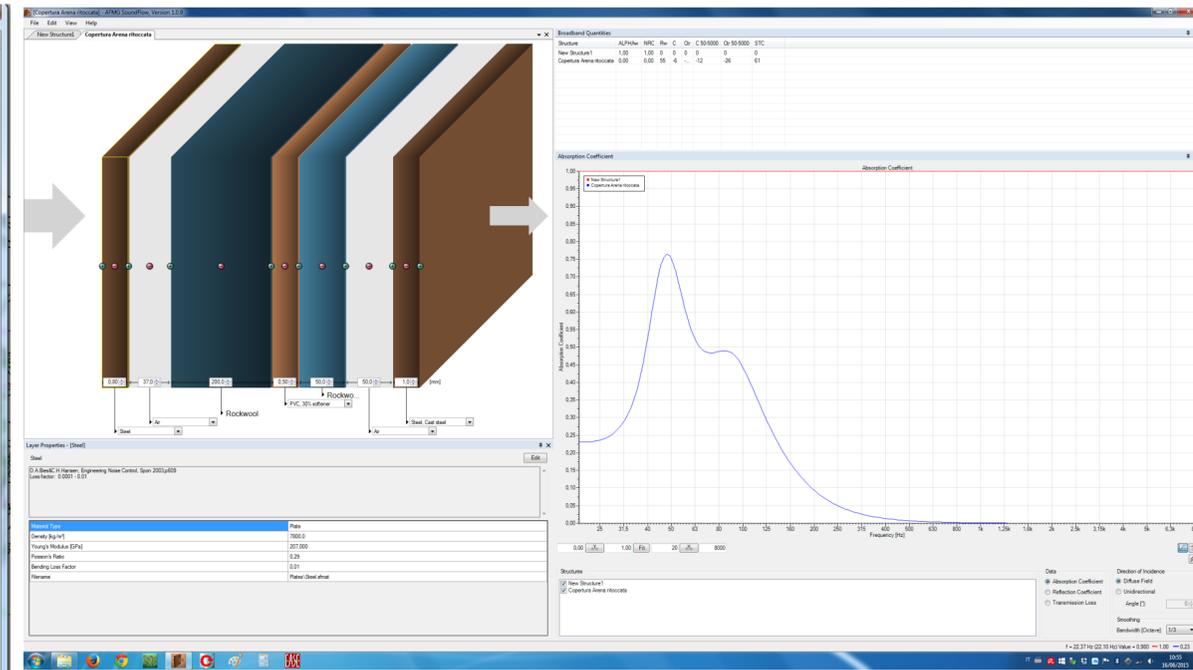
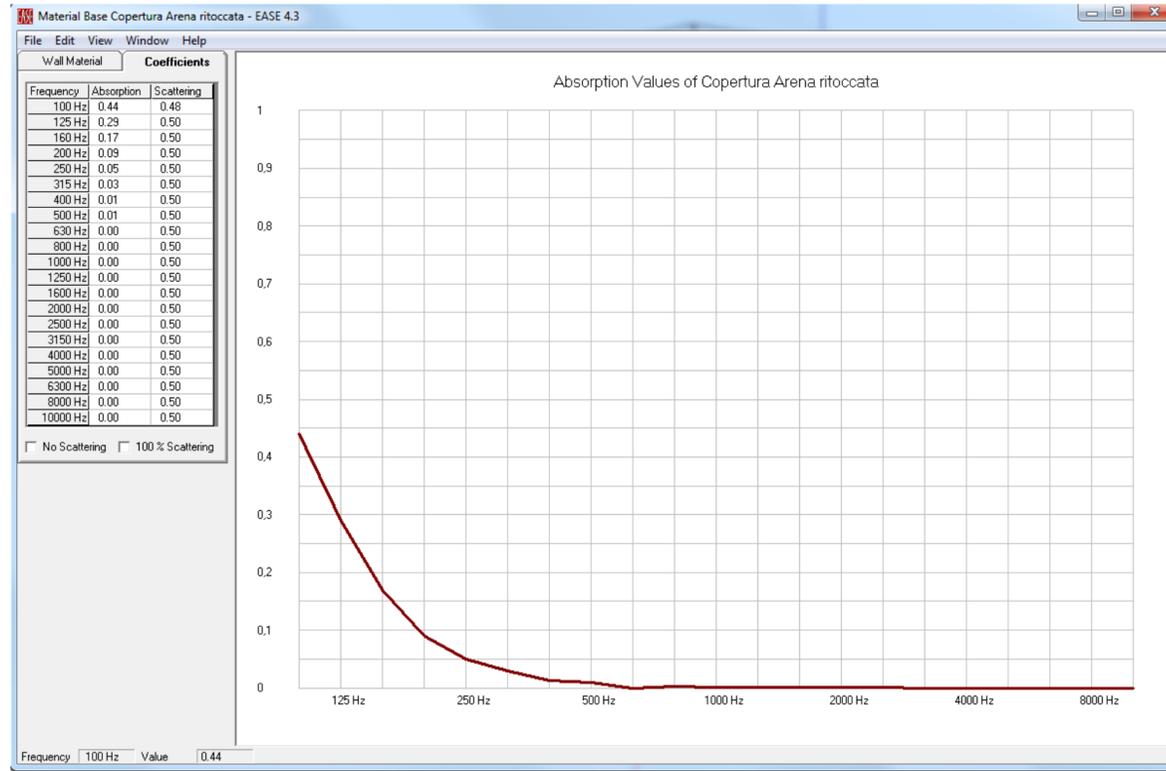
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 14/06/2015 13:16:06 / Donato Masco Studio Sound S.



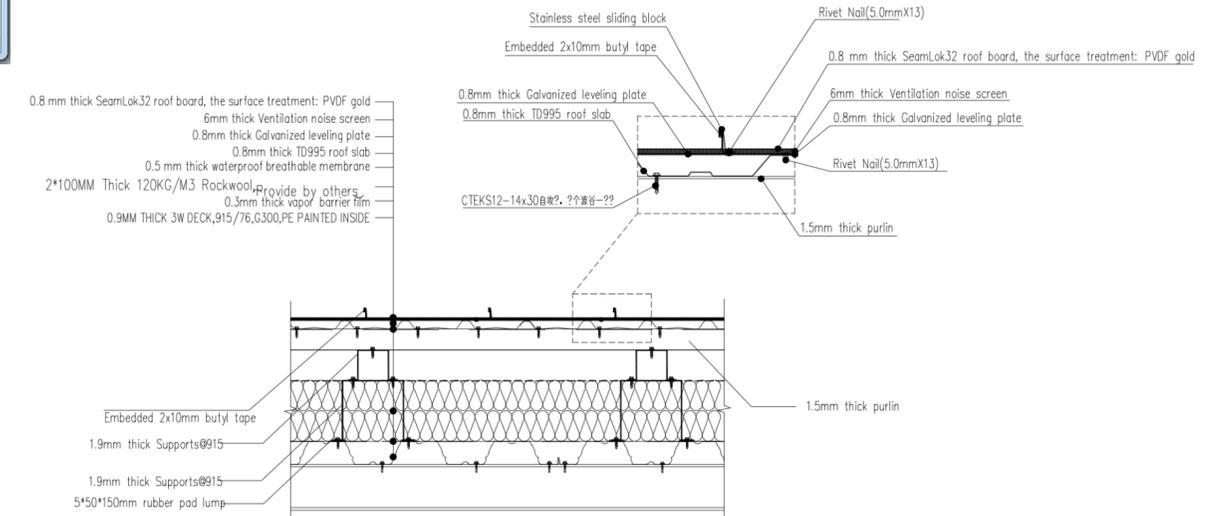
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 14/06/2015 13:17:16 / Donato Masco Studio Sound S.



(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 14/06/2015 13:16:29 / Donato Masco Studio Sound S.



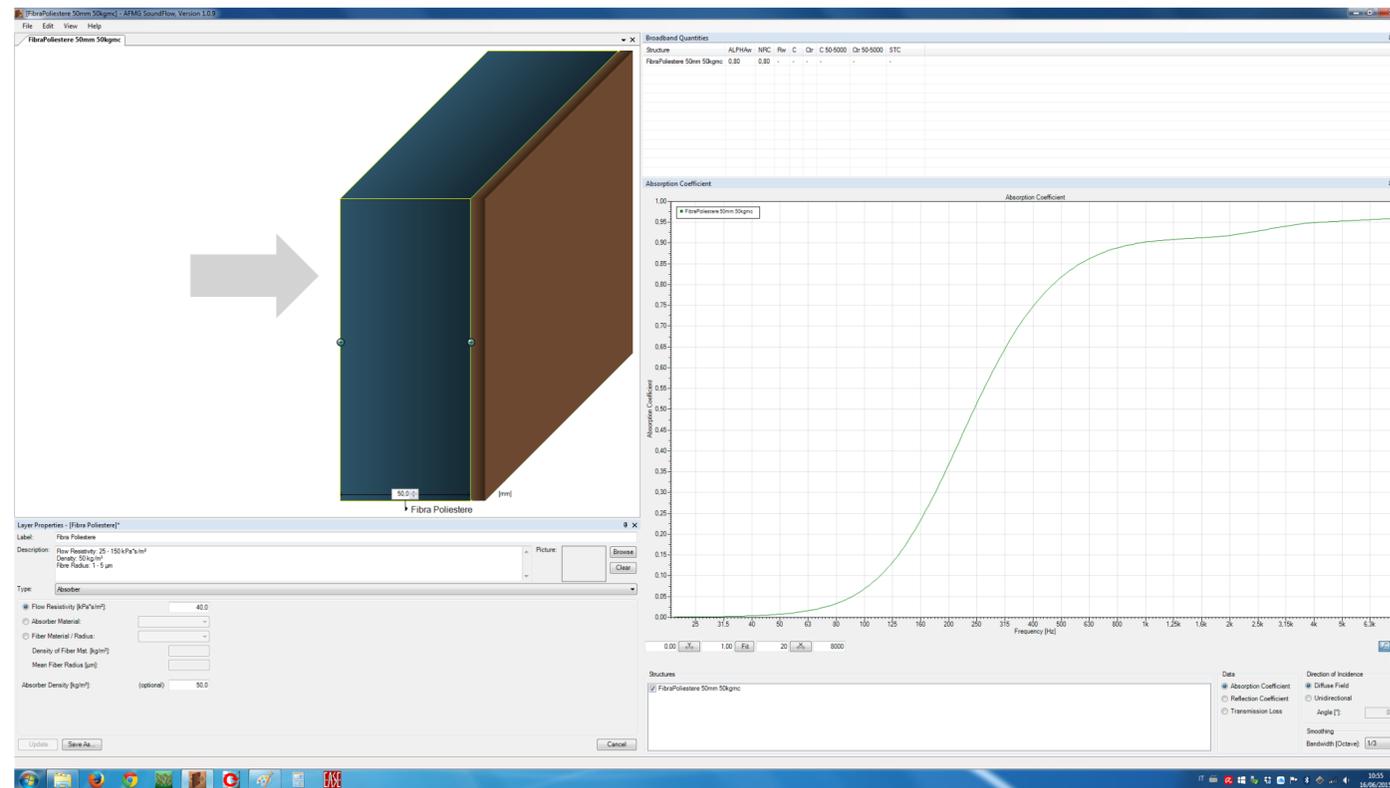
**simulato con Soundflow**



## Pannelli Baffle a soffitto

- A. Il coefficiente di assorbimento di un “pacchetto baffle” non ha un valore fissato, ma varia a seconda di molti parametri, primo fra tutti la distanza dalla superficie rigida, ma anche la distanza tra i baffle e la loro geometria (oltre che, ovviamente, le proprietà del materiale fonoassorbente).
- B. Il vero improvement, rispetto ai sistemi a cloud orizzontali, è che il materiale poroso, in questa configurazione, pur perdendo una piccola quantità di assorbimento ad alta frequenza (dove però il materiale poroso è già di per sé estremamente performante), acquista performance sulle basse frequenze.
- C. Per valutare le prestazioni del sistema, è stato verificato sperimentalmente che la semplice somma dell'area di assorbimento equivalente di un singolo baffle sovrastima l'assorbimento del sistema e, quindi, non è corretta.
- D. Per calcolare il coefficiente di assorbimento di una superficie equivalente di soffitto trattata con baffle verticali, si può ricorrere ad un metodo teorico (Wolfgang Probst, ACCON GmbH) che si basa su una costruzione di tipo geometrico, valida in situazioni in cui l'altezza dei baffle è dello stesso ordine di grandezza della loro spaziatura; questi sono gli step:

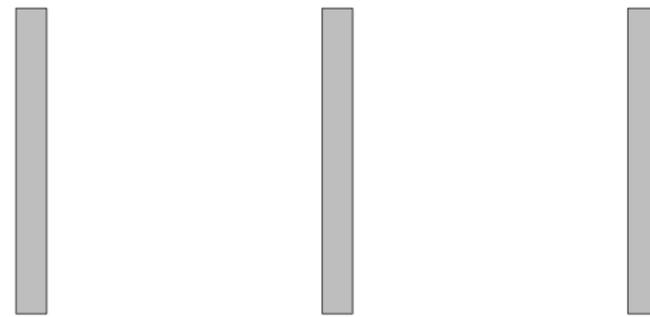
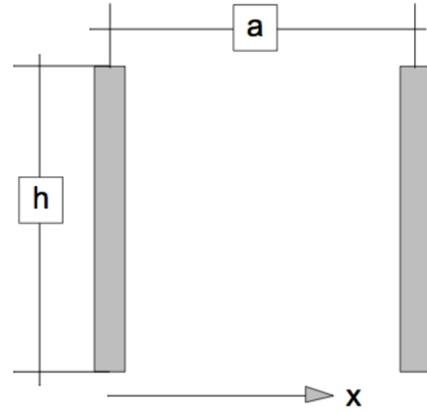
## Pannelli Baffle a soffitto



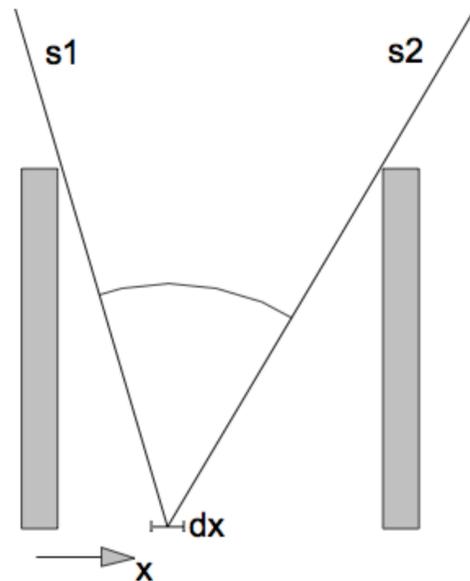
1. in primo luogo, si considera il coefficiente di assorbimento  $\alpha_B$  del pannello misurato in laboratorio secondo la normativa DIN EN ISO 354, ossia in camera riverberante, posizionato contro una superficie rigida; se non si dispone di questo dato, si può utilizzare un software (come SoundFlow dell'AFMG) per simulare il coefficiente di assorbimento del pannello: per la Barys Arena abbiamo tentato di costruire dei valori più realistici possibile comparando i valori di assorbimento riportati nella scheda tecnica del fornitore dei pannelli (che però si riferiscono a pannelli di spessori e densità leggermente diversi) con i valori simulati con SoundFlow; si riporta qui di seguito la schermata relativa allo studio che è stato eseguito con SoundFlow, mentre i valori di assorbimento forniti dal produttore si possono trovare sulle schede tecniche del materiale;

## Pannelli Baffle a soffitto

2. si considera il valore  $a'$  come rapporto di  $a$  (distanza tra i baffle) e  $h$  (altezza dei baffle) e si calcola la porzione di suono che passa tra i *baffle*: in questo caso è stato scelto  $h = 1,2$  m e  $a = 1,5$  m, quindi  $a' = 1.25$ ;



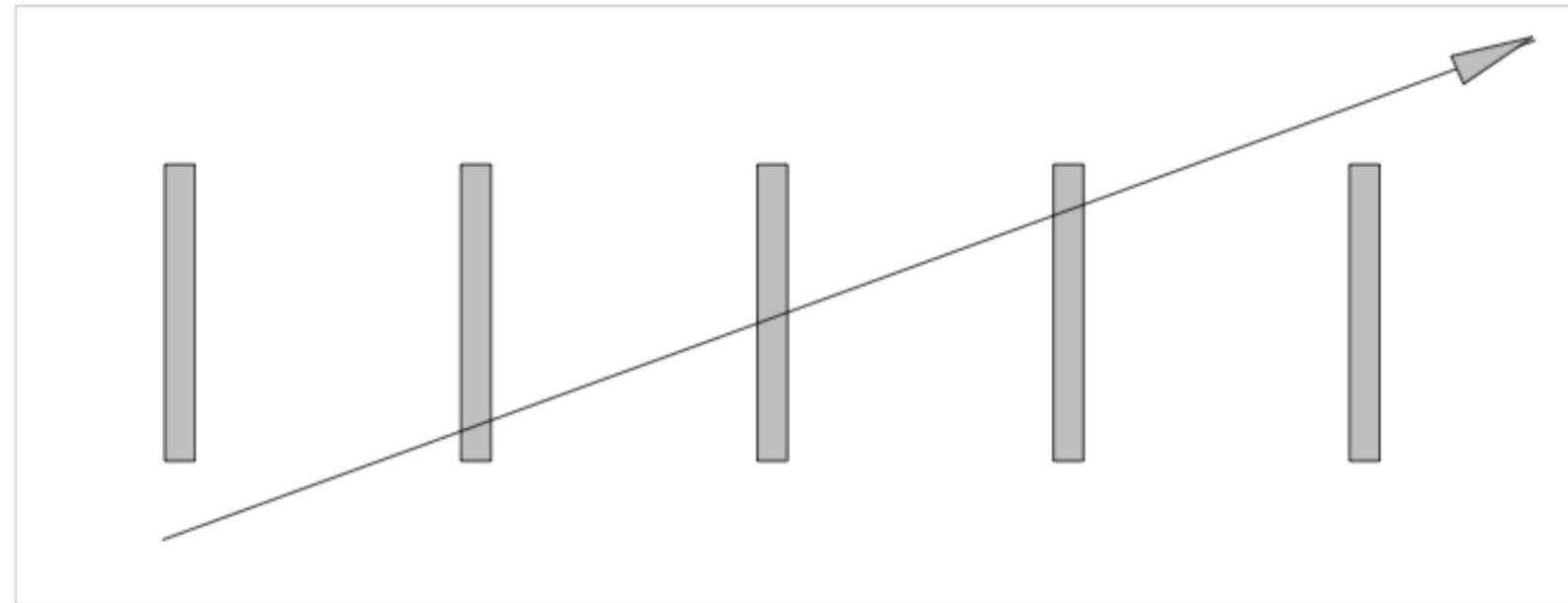
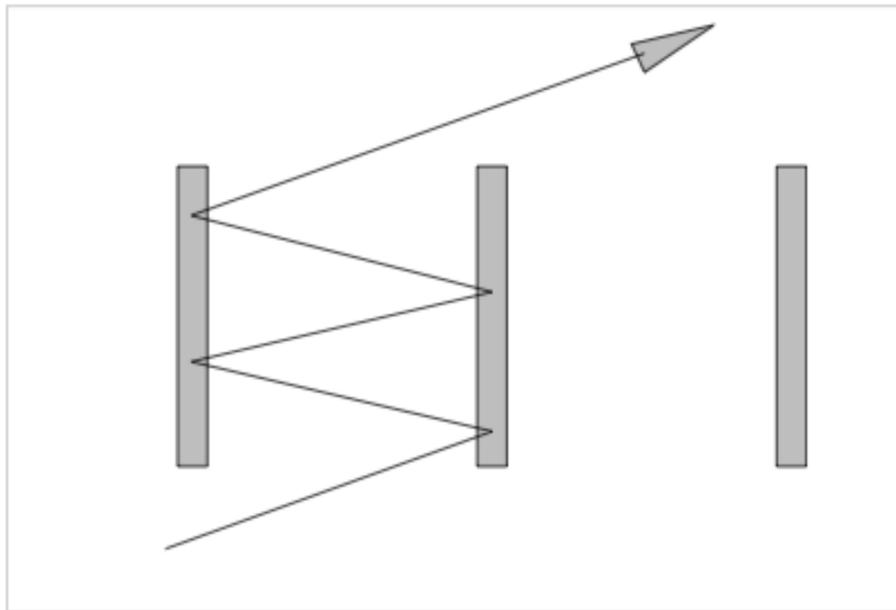
definizione di  $a' = a/h$



porzione di suono che passa senza interagire coi baffles

## Pannelli Baffle a soffitto

3. si considera poi la quantità di suono che viene dissipata in  $n$  passaggi attraverso i baffle (che riflettono o trasmettono il suono);

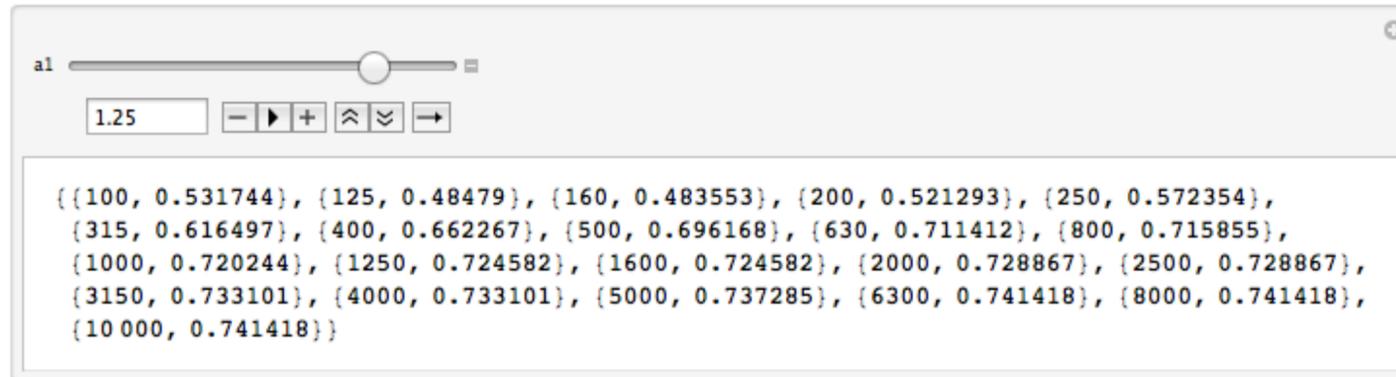


Baffle che riflettono (sinistra) o trasmettono (destra) l'energia sonora non assorbita

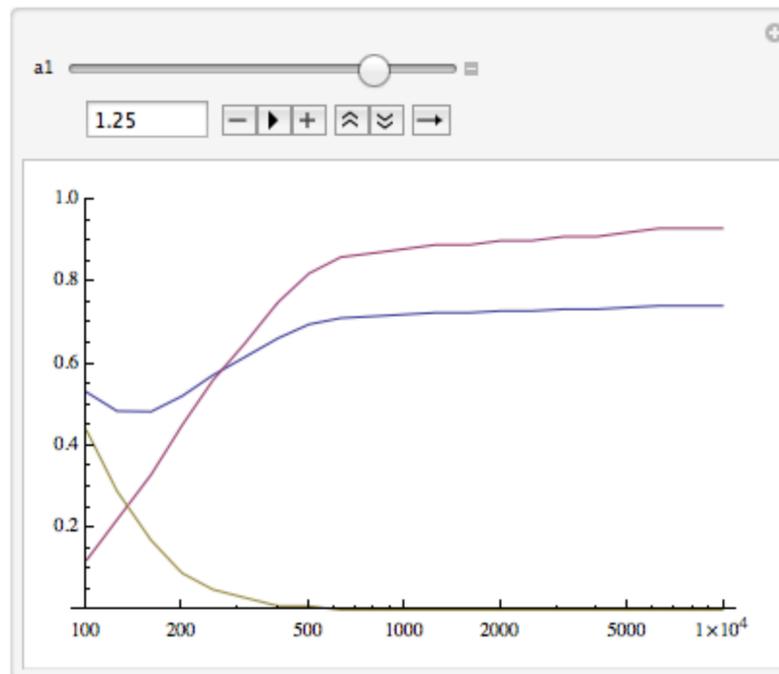
## Pannelli Baffle a soffitto

4. si deve considerare l'assorbimento del soffitto  $\alpha_H$ , sul quale si andrà a porre il sistema baffle: spesso le coperture non hanno un livello di isolamento molto elevato a bassa frequenza e, quindi, il loro coefficiente di assorbimento spesso è non nullo; In questo caso è stato considerato quello che abbiamo riportato alla sezione precedente;
5. si determina il coefficiente di assorbimento relativo all'unità di superficie del sistema baffle mediante una relazione costituita da una serie numerica con parametri:
  - a' rapporto di a (distanza tra i baffle) e h (altezza dei baffle);
  - $\alpha_B$  assorbimento del singolo pannello montato a ridosso di una superficie rigida;
  - $\alpha_H$  assorbimento del soffitto esistente.

```
Manipulate[Table[{f[[s]],  $\alpha$ Tot[a1, s, 1000]}], {s, 1, 21}], {a1, 0.1, 1.5}, SaveDefinitions -> True]
```



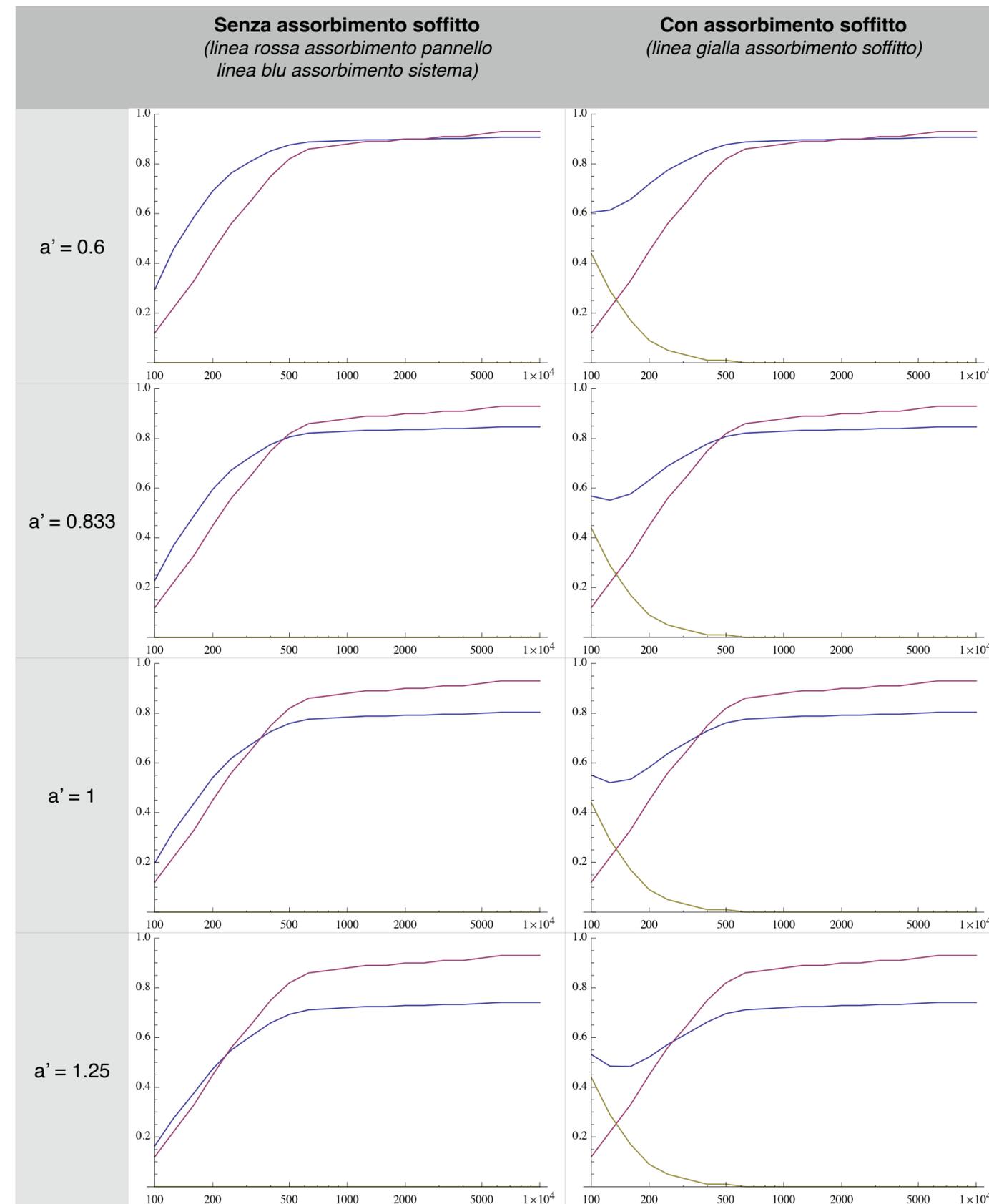
```
Manipulate[
ListLogLinearPlot[{Table[{f[[s]],  $\alpha$ Tot[a1, s, 1000]}], {s, 1, 21}],
Table[{f[[s2]],  $\alpha$ B[[s2]]}], {s2, 1, 21}], Table[{f[[s3]],  $\alpha$ H[[s3]]}], {s3, 1, 21}],
PlotRange -> {0, 1}, Joined -> True], {a1, 0.1, 1.5}, SaveDefinitions -> True]
```



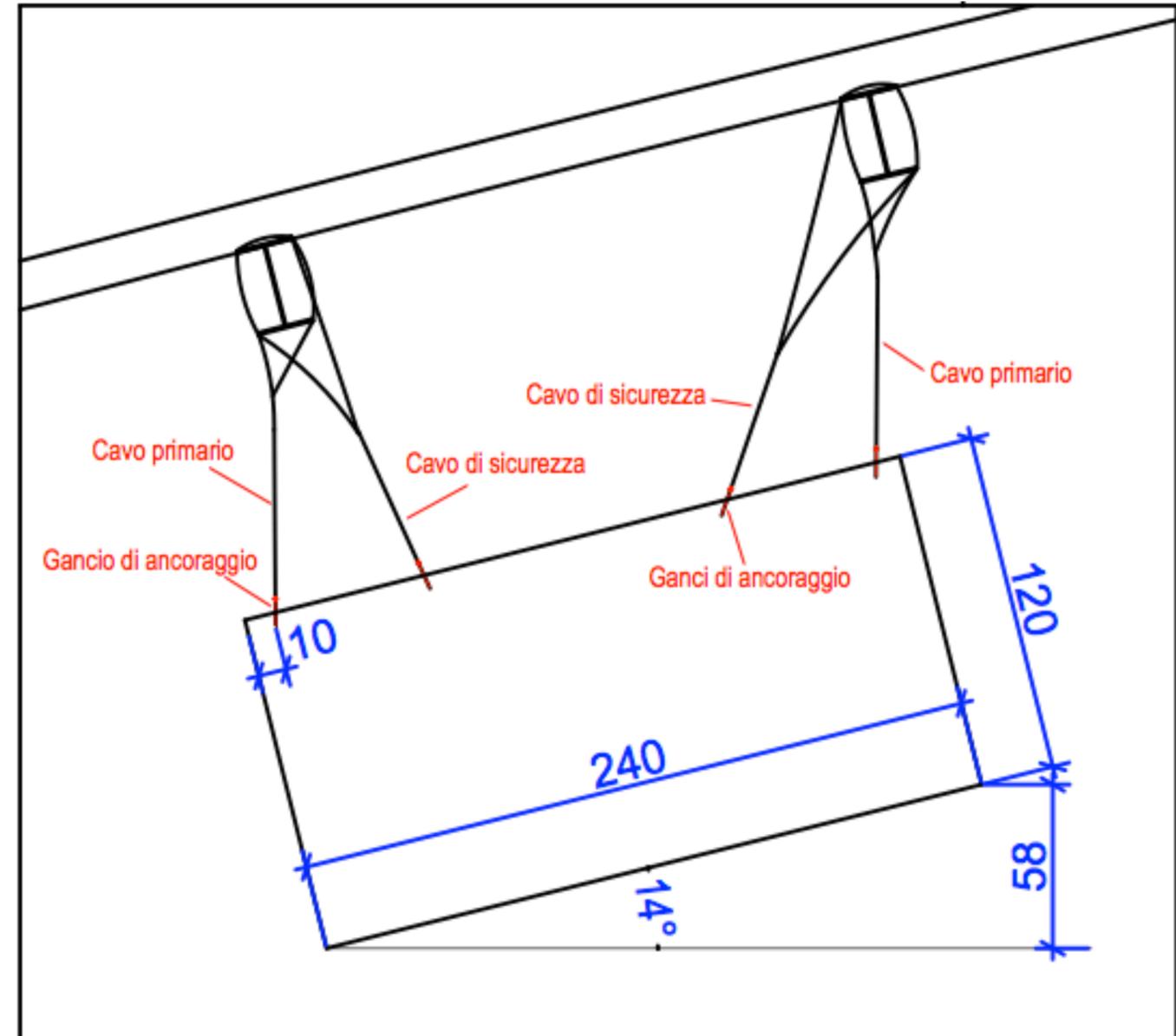
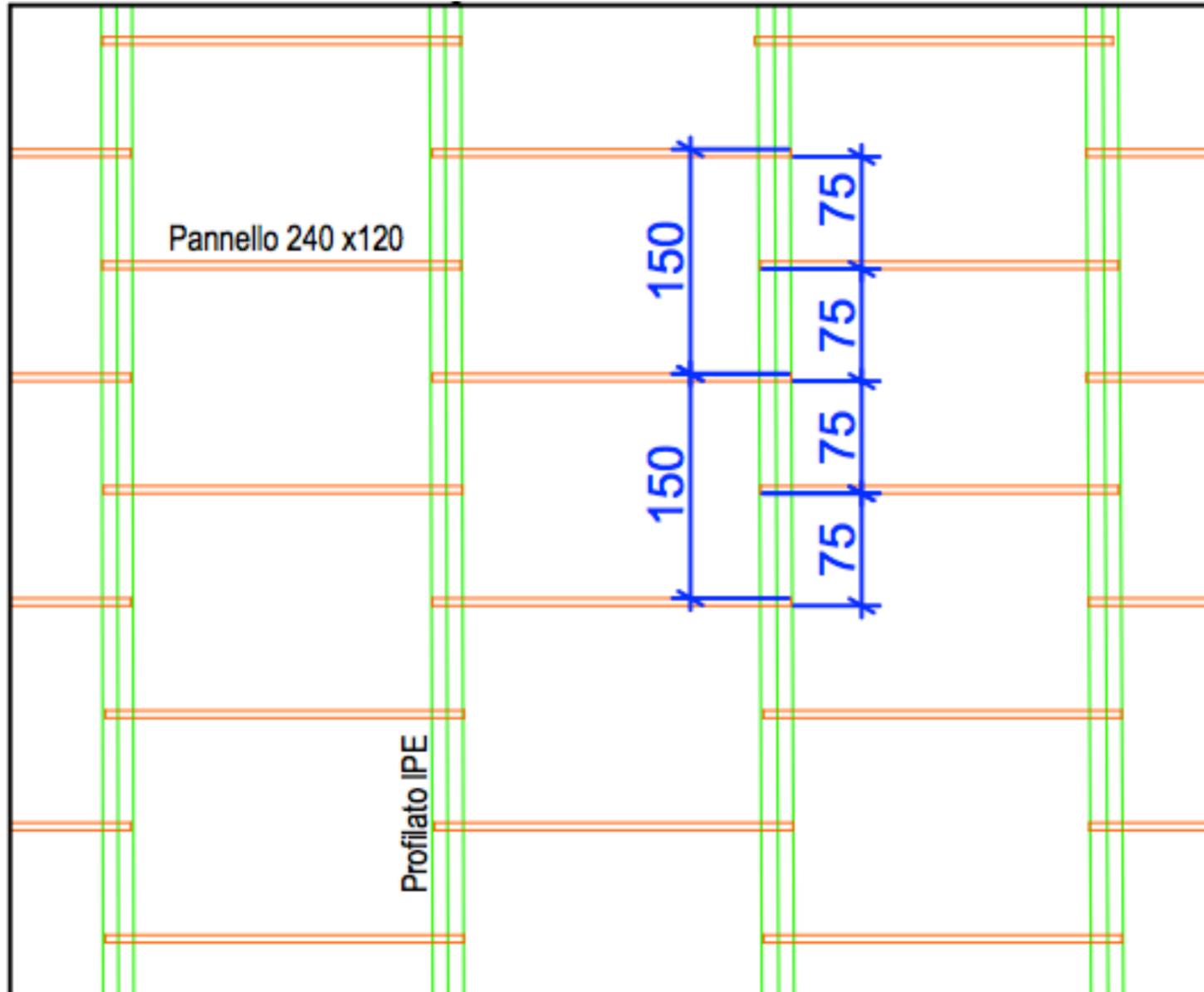
Questa relazione è stata programmata e calcolata con il software Mathematica per la combinazione dei parametri di nostro interesse:

## Esempi di assorbimento per diversi valori di $a'$

- Il valore utilizzato per il trattamento acustico della Barys Arena è relativo all'ultima riga, ossia  $a' = 1.25$
- per valori di  $a' < 0.6$  il baffle si comporta alle alte frequenze praticamente come il pannello semplice orizzontale (ma per valori più piccoli di questo il modello di calcolo non è efficace);
- spesso si preferisce avere un lieve peggioramento della parte delle alte frequenze (dato che l'inserimento di una grande quantità di materiale poroso rende il campo acustico "anecoico" in questo range, restituendo una sensazione di "fastidio percettivo") in favore del miglioramento a bassa frequenza, che sembrerebbe a prima vista minimo, ma praticamente per  $a' = 0.833$  già raddoppia i coefficienti @100 Hz;
- bisogna tenere di conto dell'assorbimento delle partizioni leggere come le coperture dei grandi palazzetti, che spesso sono determinanti alle basse frequenze



## Disposizione dei baffle





## Montaggio dei baffles

*cavo con occhiello, per formare il cappio e chiudere "a cravatta" attorno alle IPE*



*"molletta" di Manifattura Maiano per attaccarsi al pannello*



*inserimento del cavo nel morsetto per fissaggio alla "molletta"*



*Il morsetto può aiutare a fare un "fine-tuning" dell'altezza, se fosse necessario*



*aggancio della molletta al pannello: gli uncini si inseriscono nella fibra*



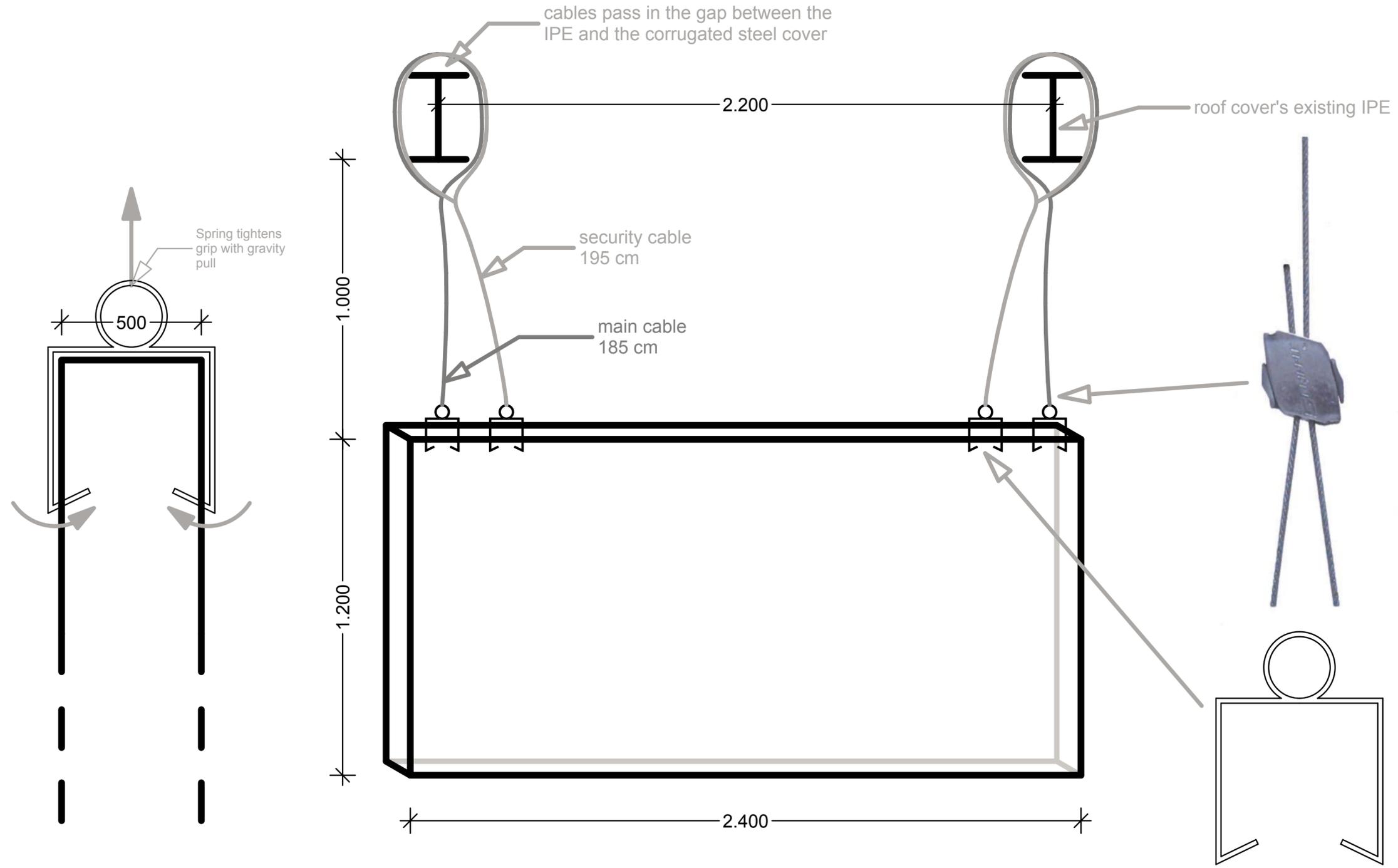
*aggancio della cavo con il blocco del morsetto alla molletta e sospensione del pannello*



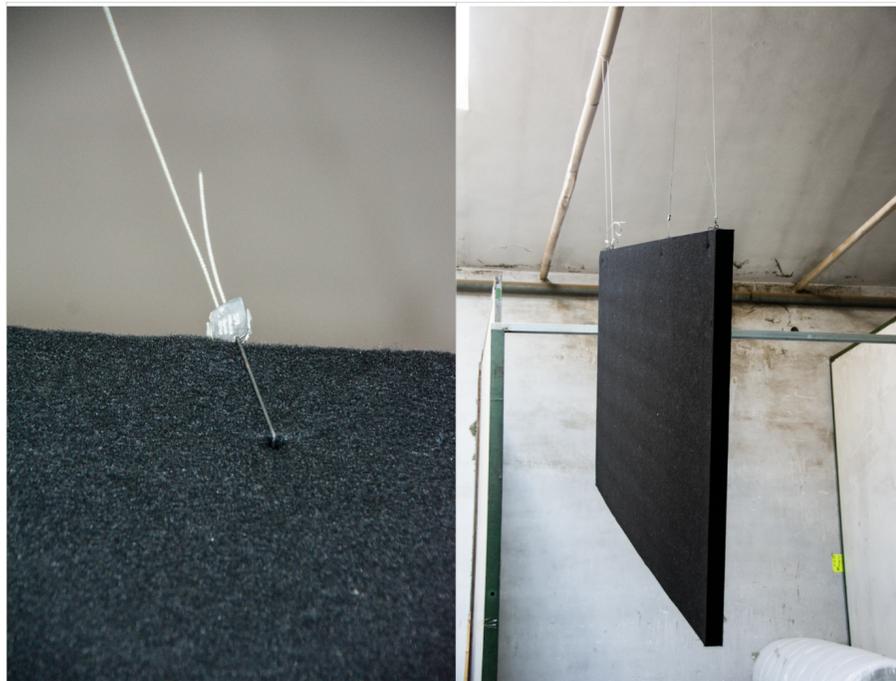
## Soffitto Esistente



# M1290 Hockey Stadium

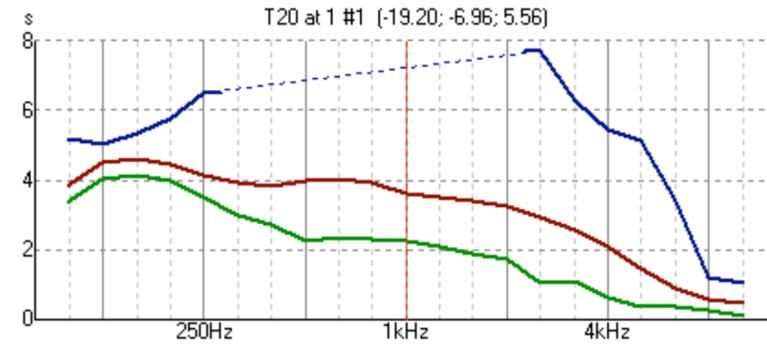


# Sistema di sospensione, test



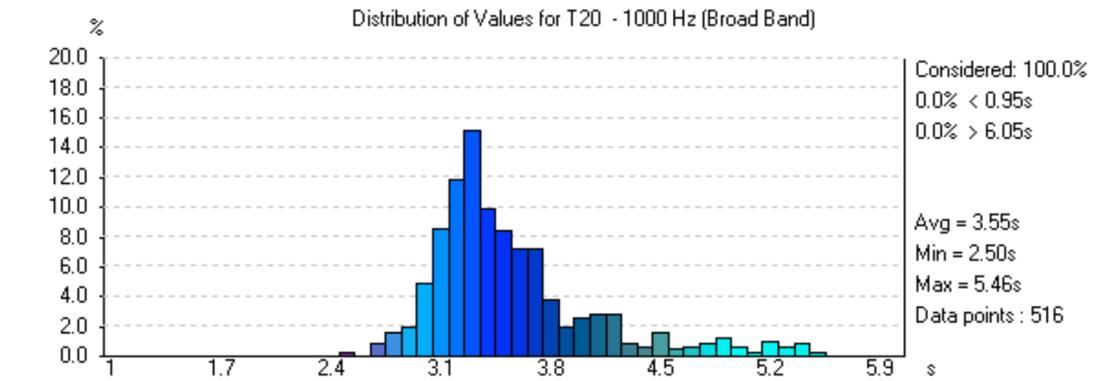
**T20**  
Tempo di  
riverberazione

**valori (max medio min)**

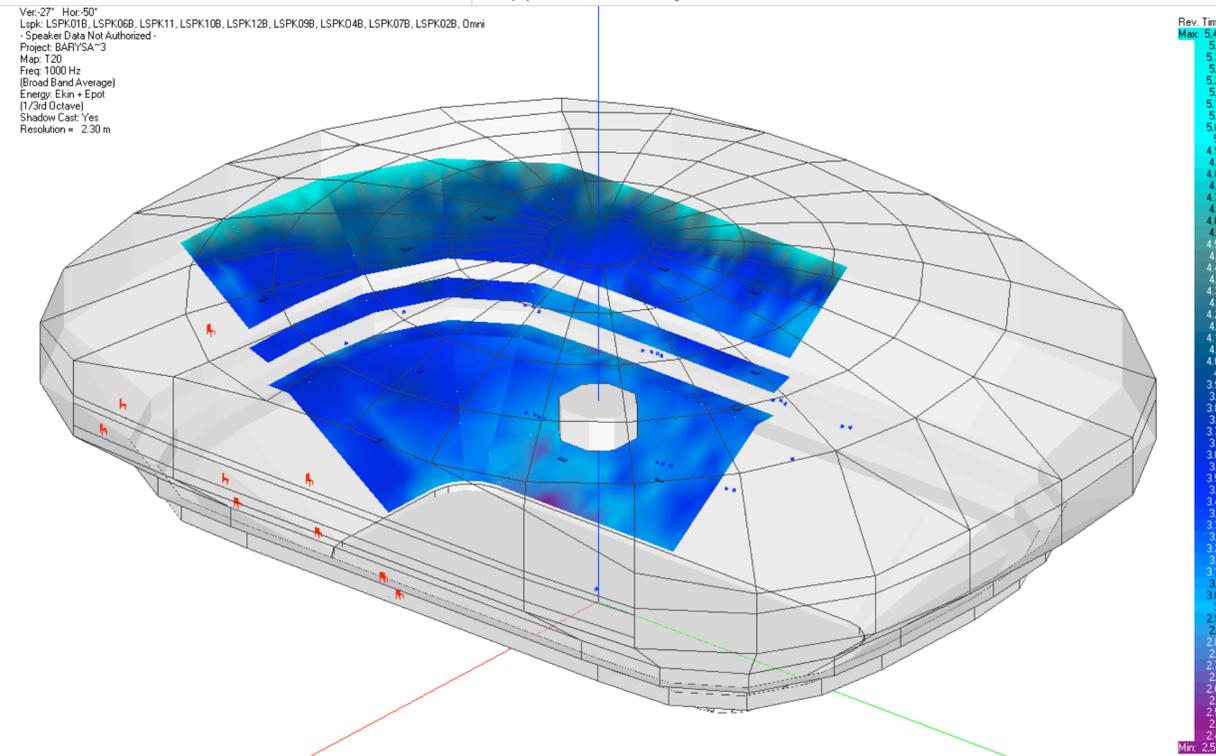


(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 16/06/2015 10:19:44 / Donato Masci Studio Sound S.

**distribuzione (statistica %)**



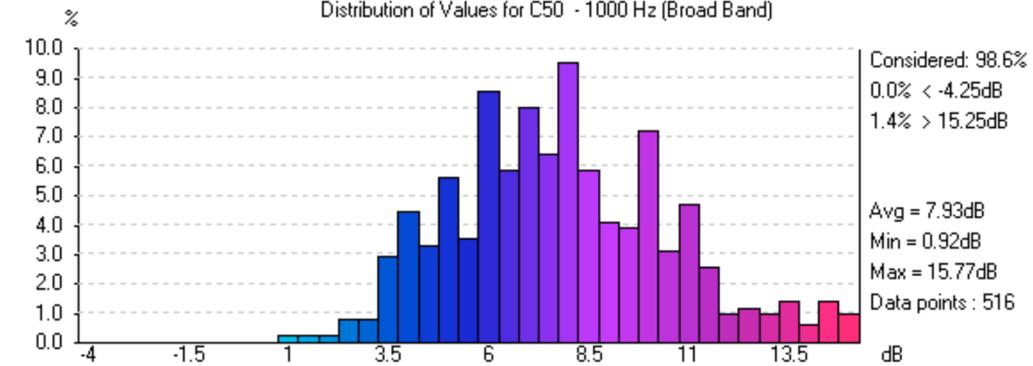
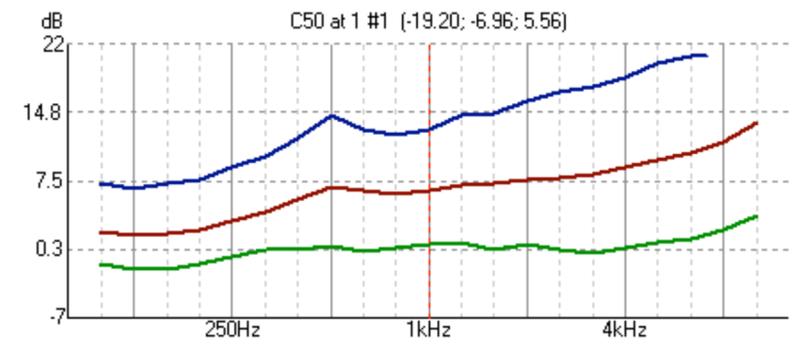
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 16/06/2015 10:42:36 / Donato Masci Studio Sound S.



(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 16/06/2015 10:42:46 / Donato Masci Studio Sound S.

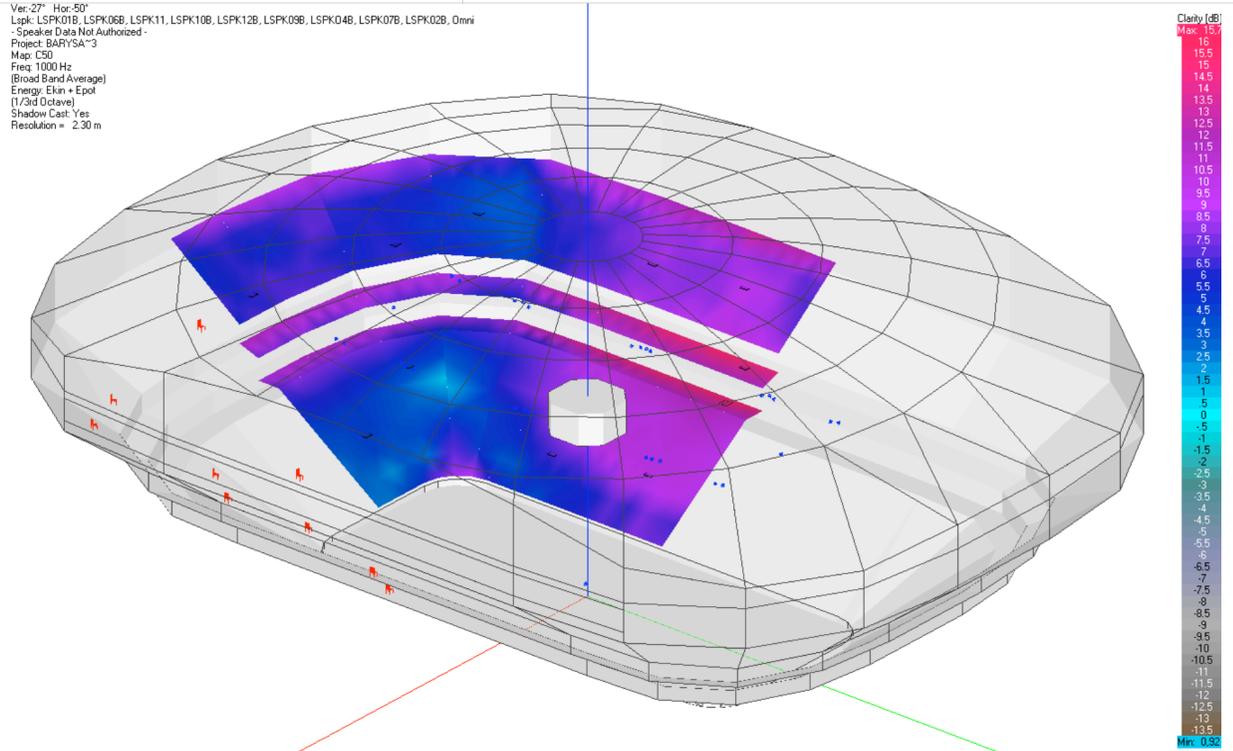
**C50**  
parametro di  
Chiarezza

**valori (max medio min)**                      **distribuzione (statistica %)**



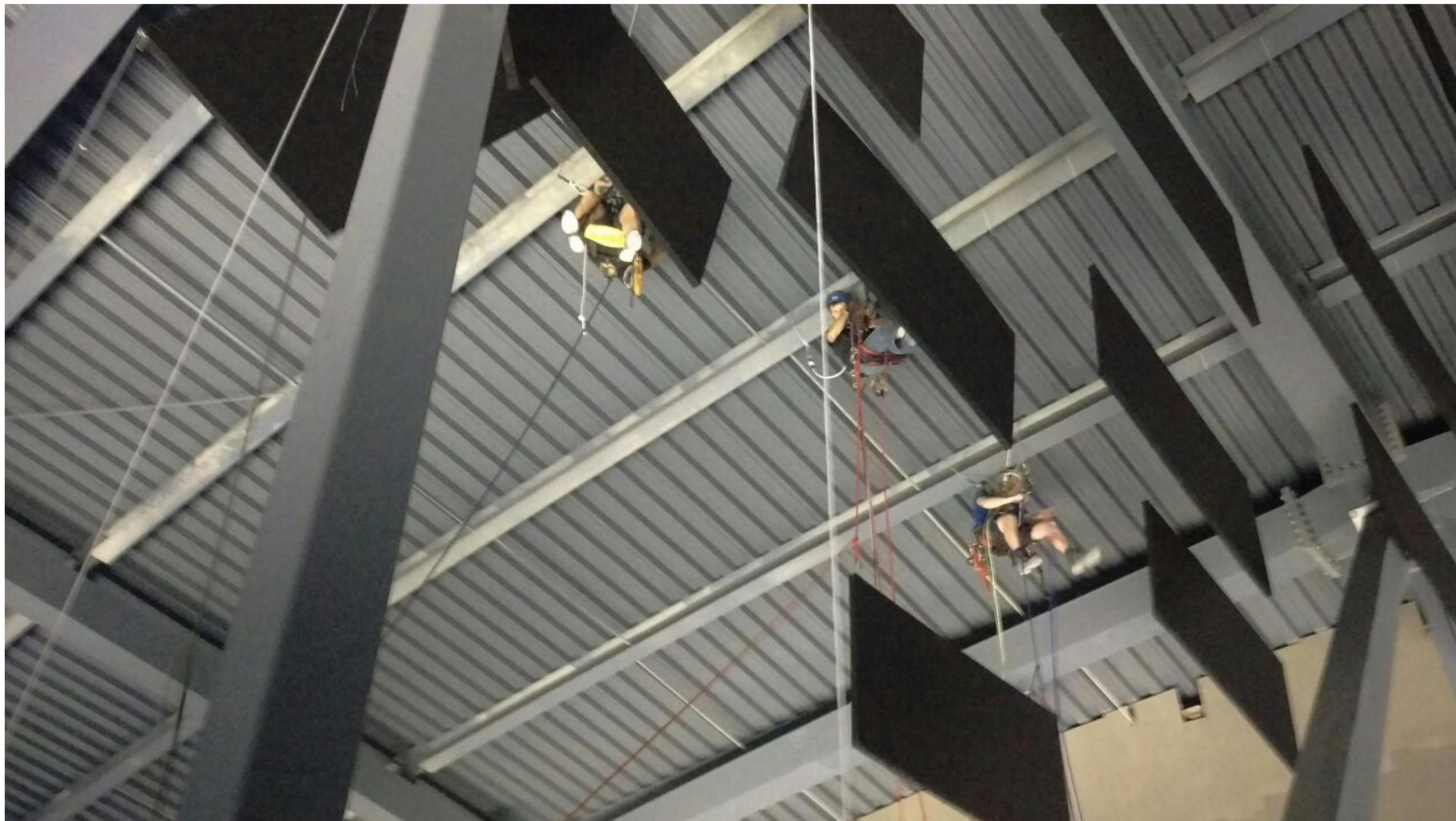
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 16/06/2015 10:27:40 / Donato Masci Studio Sound S.

(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 16/06/2015 10:29:09 / Donato Masci Studio Sound S.

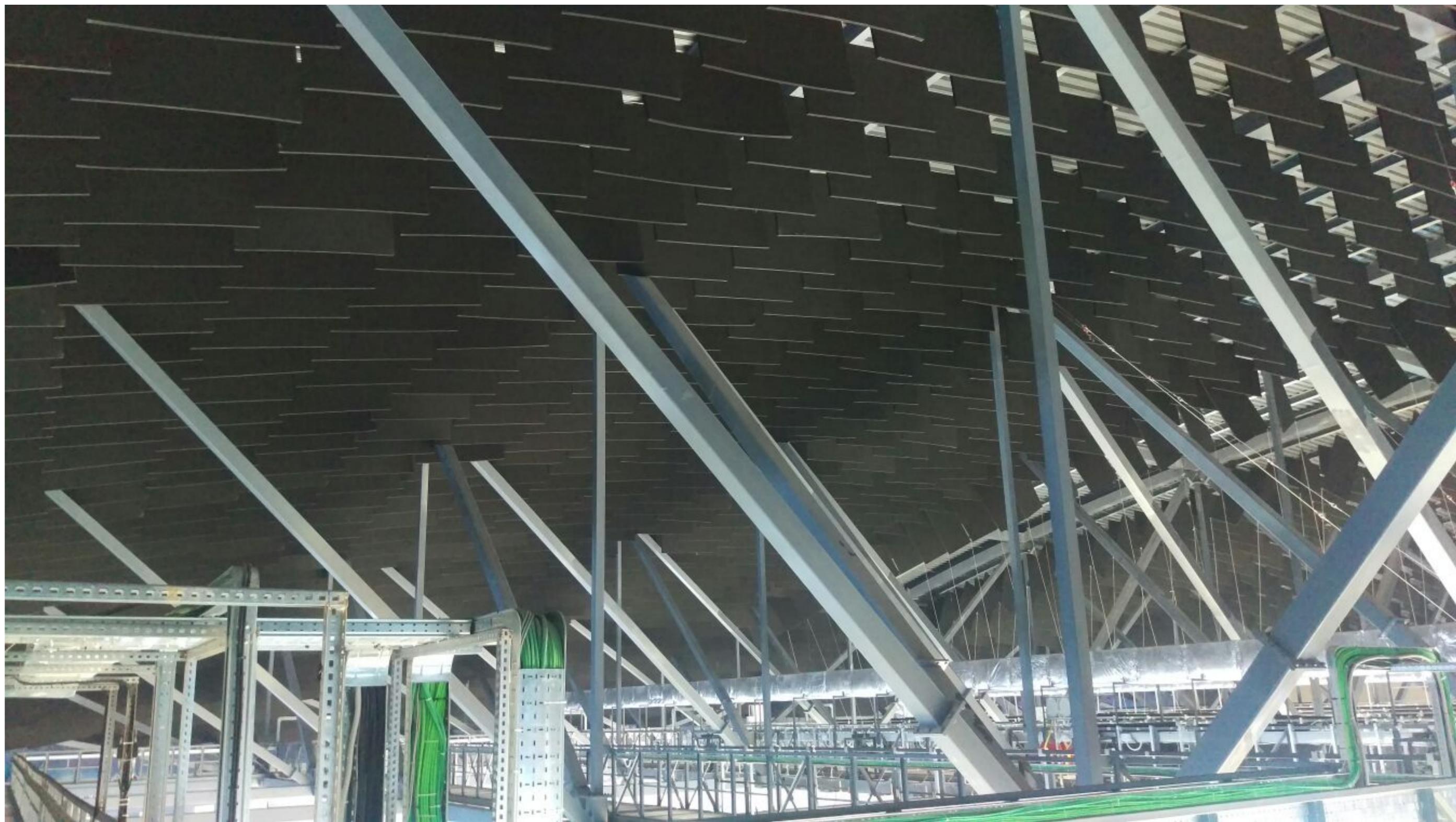


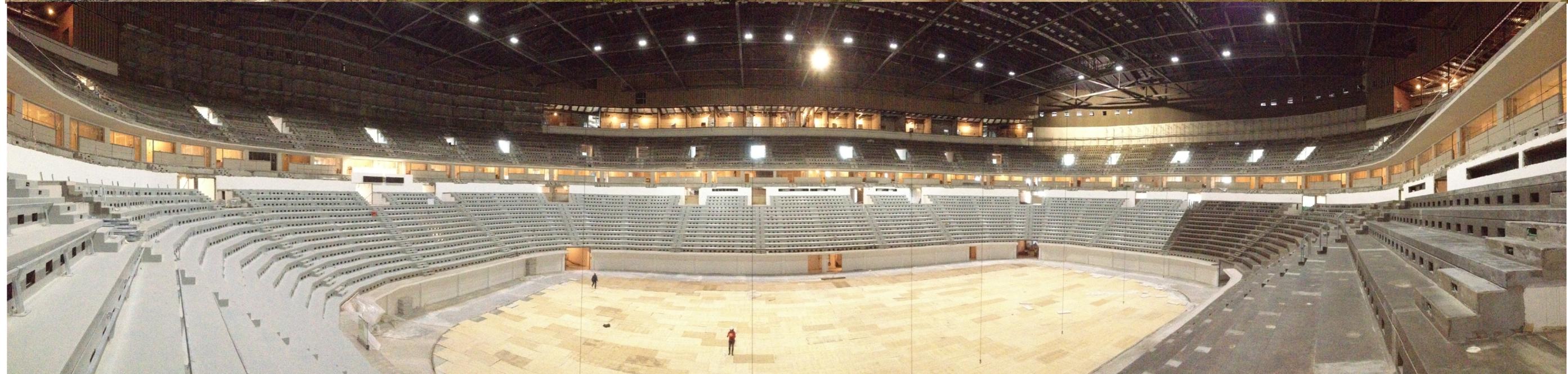
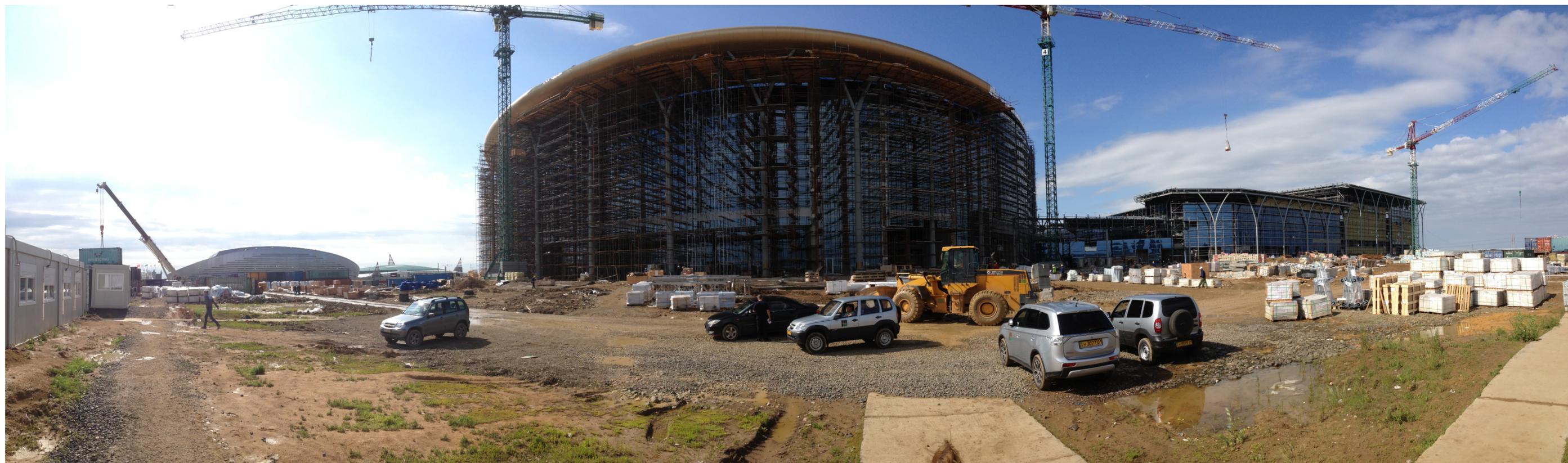
(c) EASE 4.3 / Barys Arena / 16/06/2015 10:29:28 / Donato Masci Studio Sound S.













	125	250	500	1000	2000	4000
RT	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
Valore atteso (impianto) [s]	5.4	4.3	3.6	3.2	2.9	2.6
Valore atteso (sorgente omni) [s]	6.0	4.6	3.7	3.7	3.2	2.9
Misure impianto T30 (Media) [s]	4.9	4.5	3.5	3.1	2.6	2.0
Misure impianto EDT (Media) [s]	4.4	4.1	3.8	3.7	3.1	2.7
Misure Palloncino T10-30 (Media) [s]	4.8	4.9	3.8	3.7	3.2	2.5

	125	250	500	1000	2000	4000
C50	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz	Hz
Misure impianto C50 (Media) [s]	-4.8	-0.4	-0.3	0.6	1,0	5,0
Misure Palloncino C50 (Media) [s]	-7.2	-0,4	0,0	0,9	1,4	4,2

# Manifattura Tabacchi

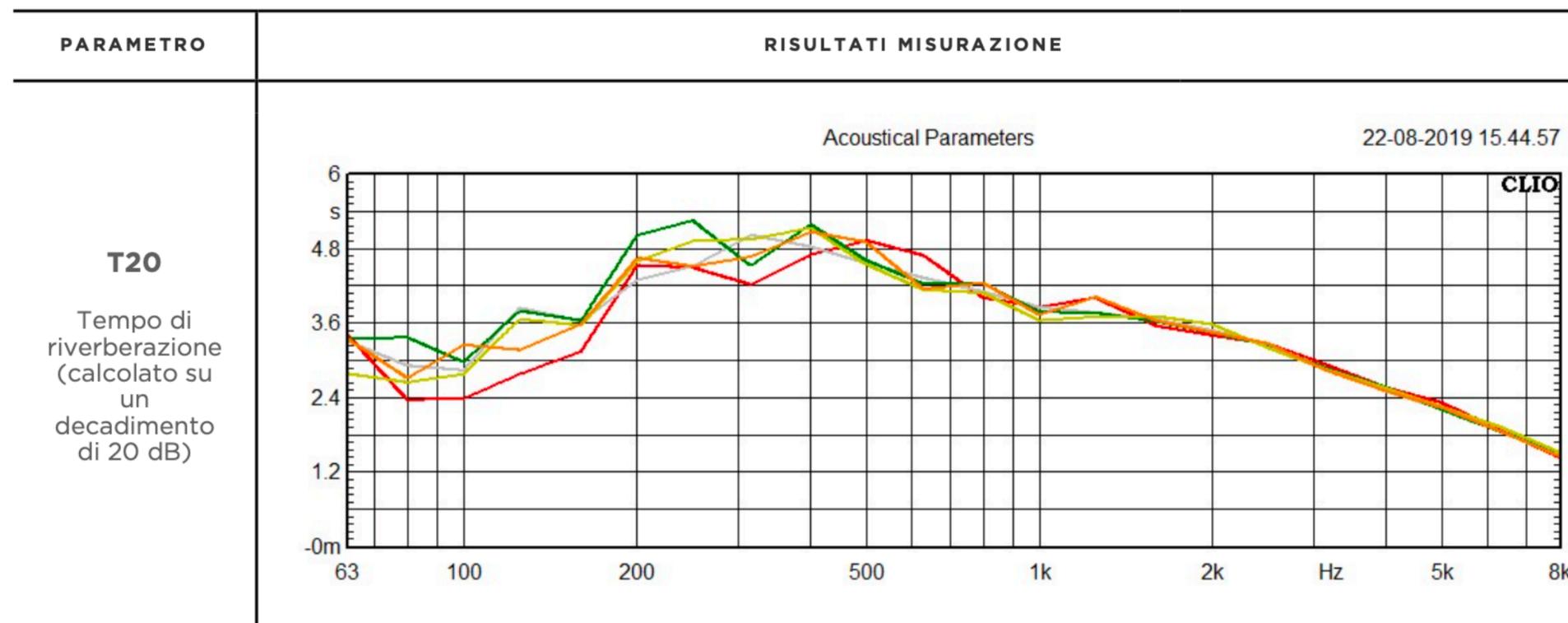
## Firenze



# Misurazioni ante operam

## Tempi di riverberazione

### Tempi di riverberazione



Valore ideale: < 1.5 s a 500-1000 Hz

## Intelligibilità del parlato

	<b>STI (male)</b>	<b>STI (female)</b>
<b>Media</b>	0.41	0.42

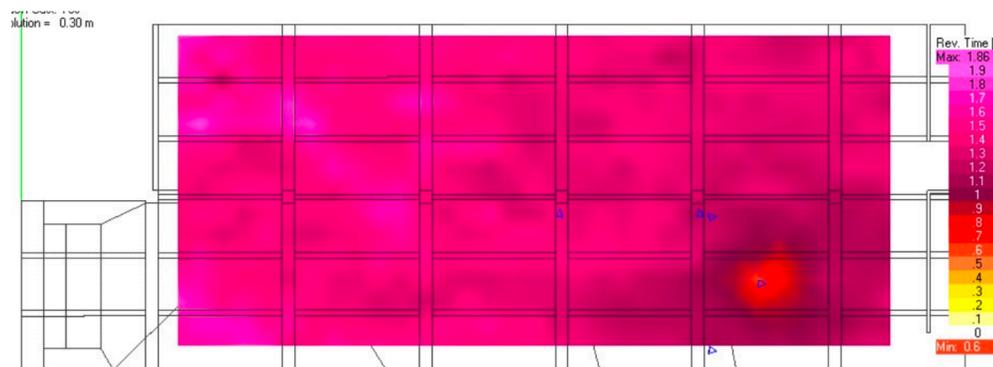
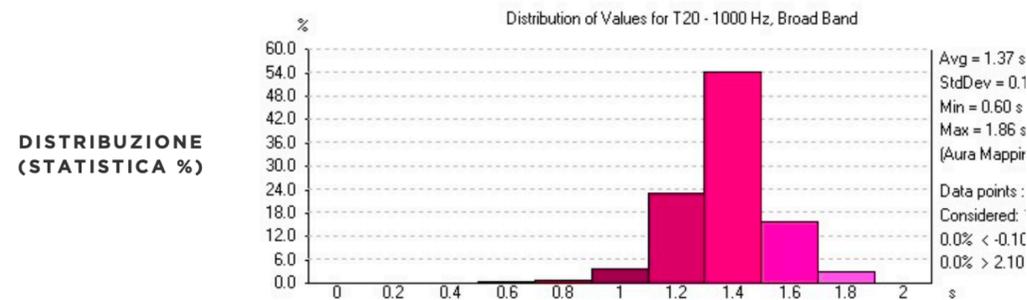
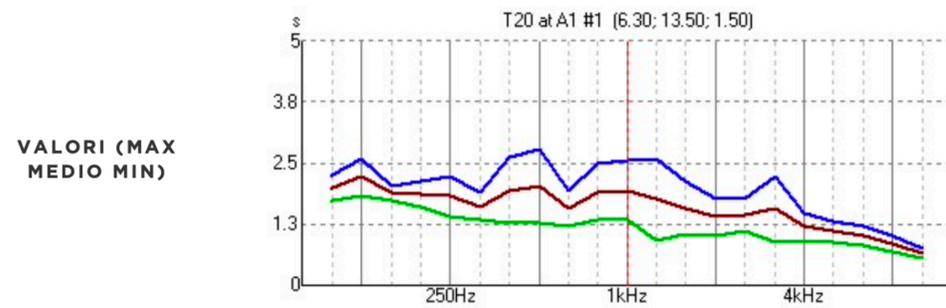
Valore ideale: > 0.6

# Intervento integrato: correzione acustica + nuovo impianto audio



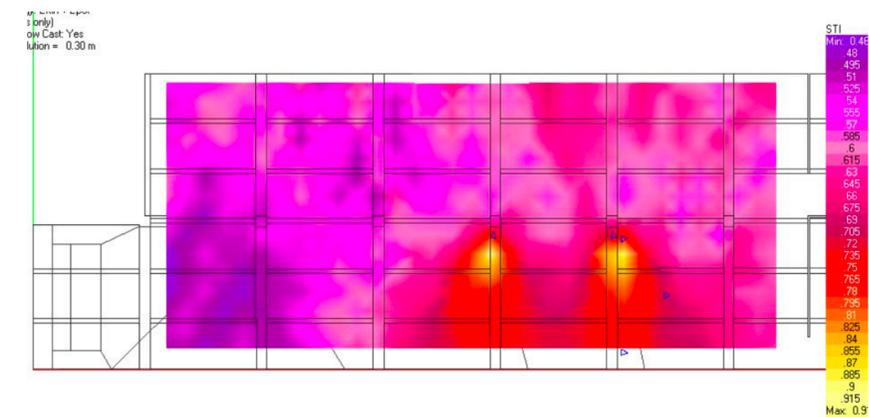
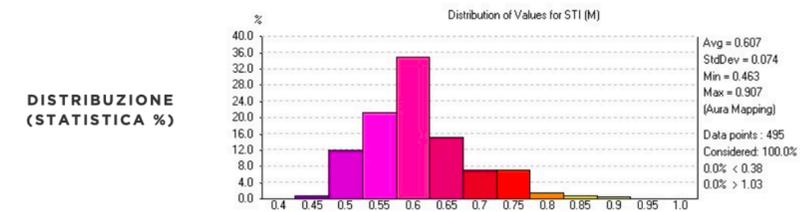
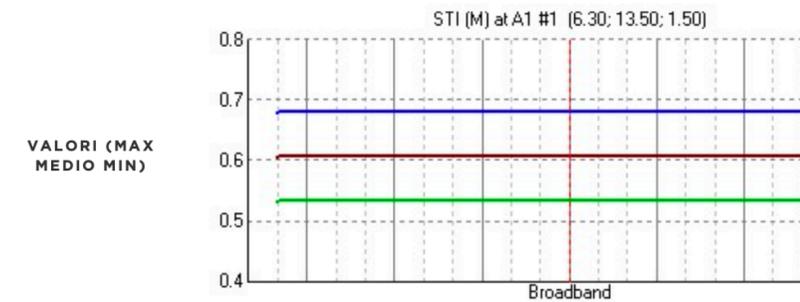
# Simulazioni post operam

T20 - TEMPO DI RIVERBERAZIONE



T20 medio: 1.4 s

STI - INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO



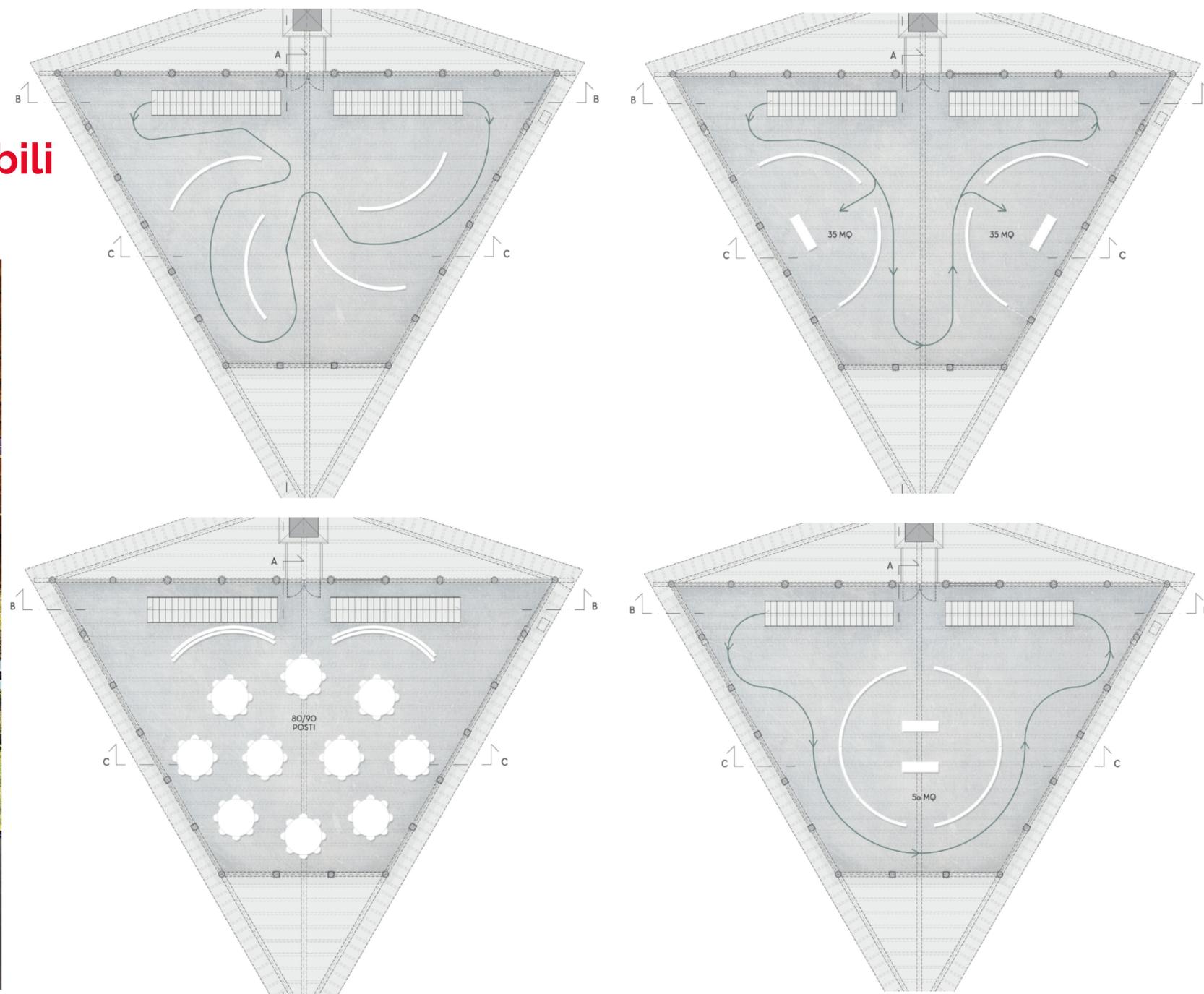
STI medio: 0.61



# Aquilone dell'Ornellaia Bolgheri

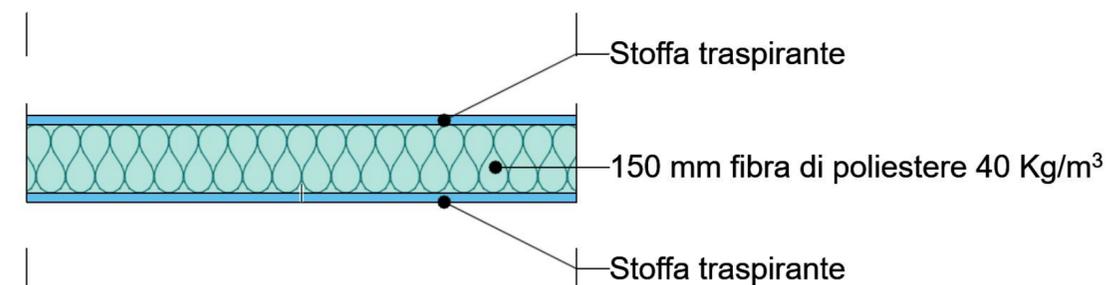


**Pianta: configurazioni funzionali varie**  
**Volume = 1240 m<sup>3</sup>**  
**Progetto acustico: soffitto e partizioni mobili**



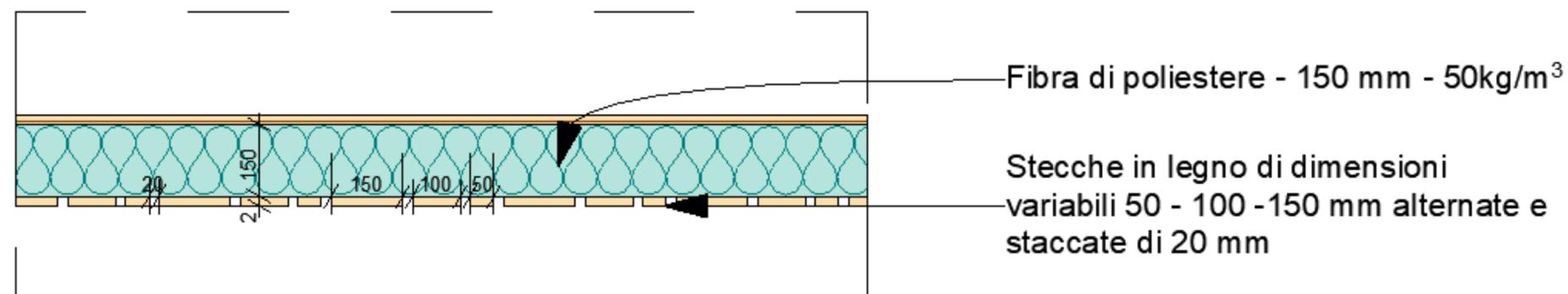
# Intervento integrato: acustica + architettura

Progetto acustico delle 4 partizioni mobili

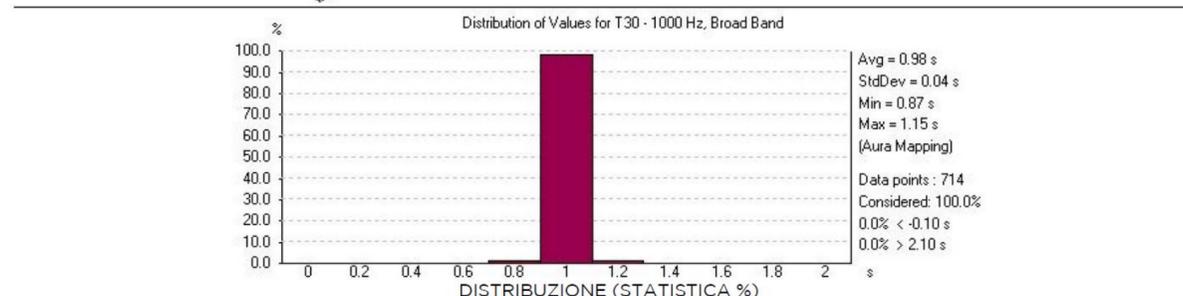
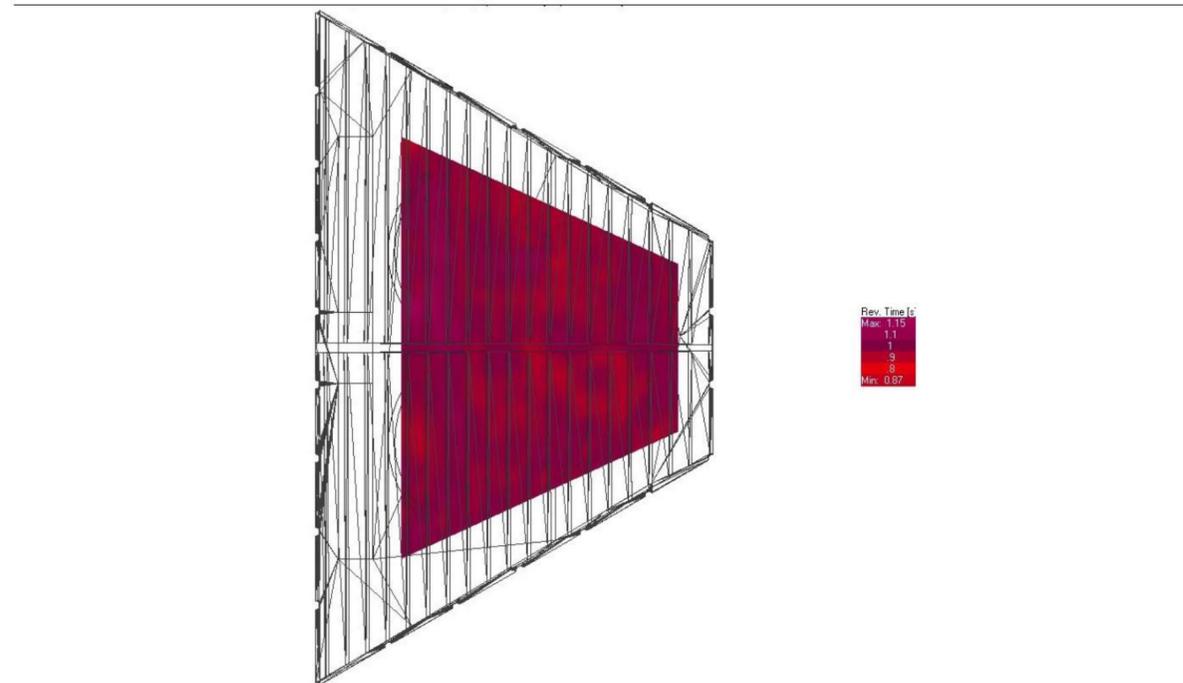
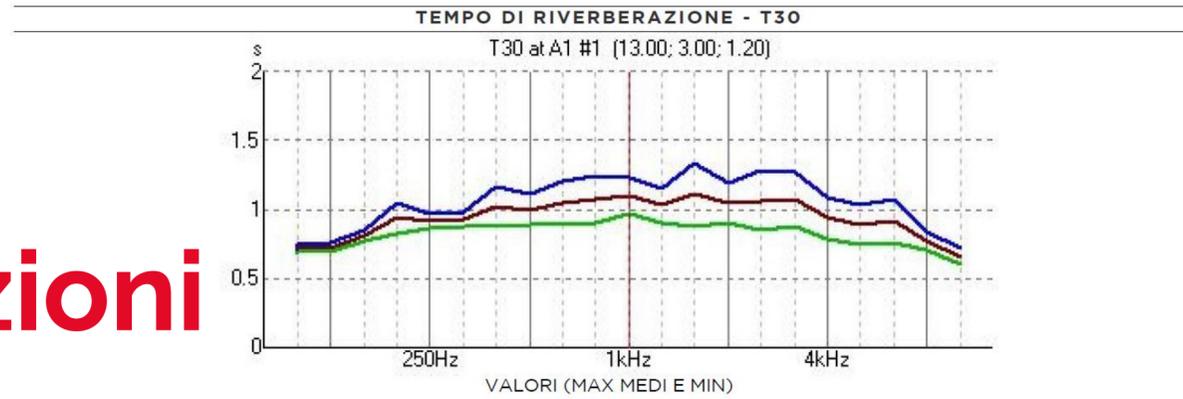


# Intervento integrato: acustica + architettura

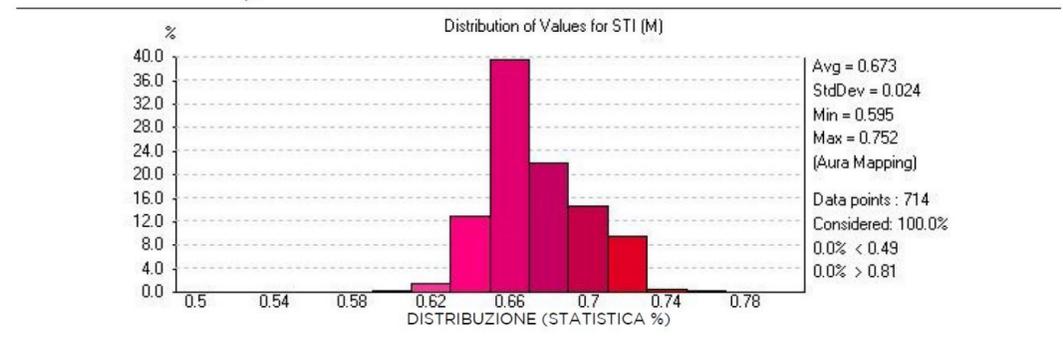
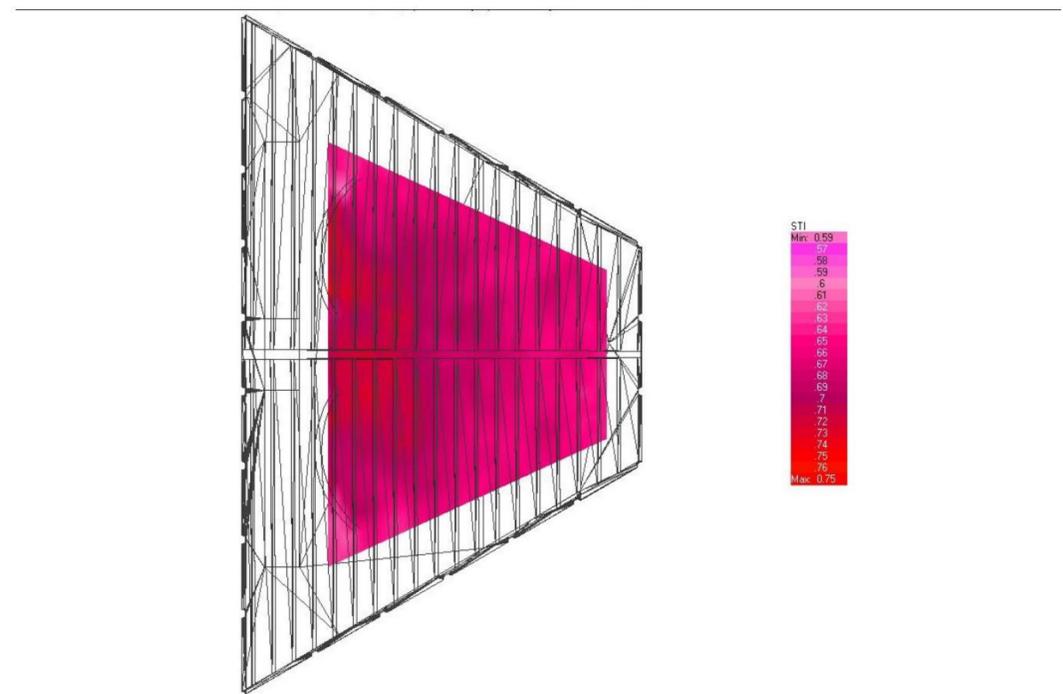
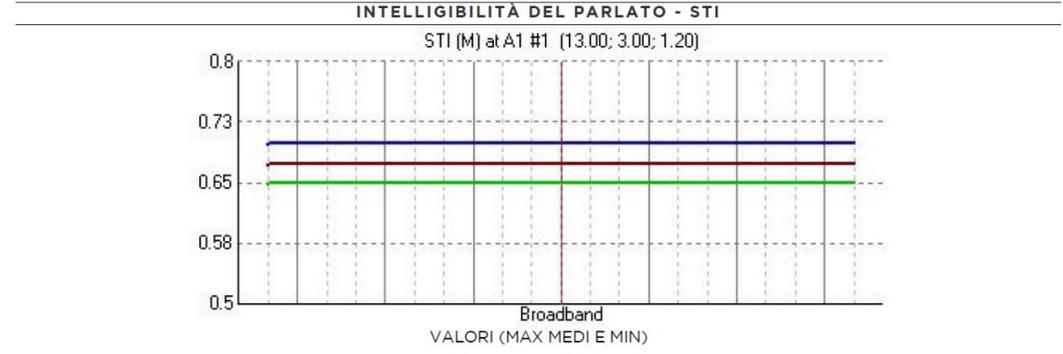
## Progetto acustico del soffitto



# Simulazioni



T30 valore ideale: = 0.9-1 s a 500 Hz  
T30 medio = 0.98 s



STI valore ideale: > 0.6  
STI medio = 0.67

# Auditorium dell'Opera del Duomo di Pisa

## Pisa

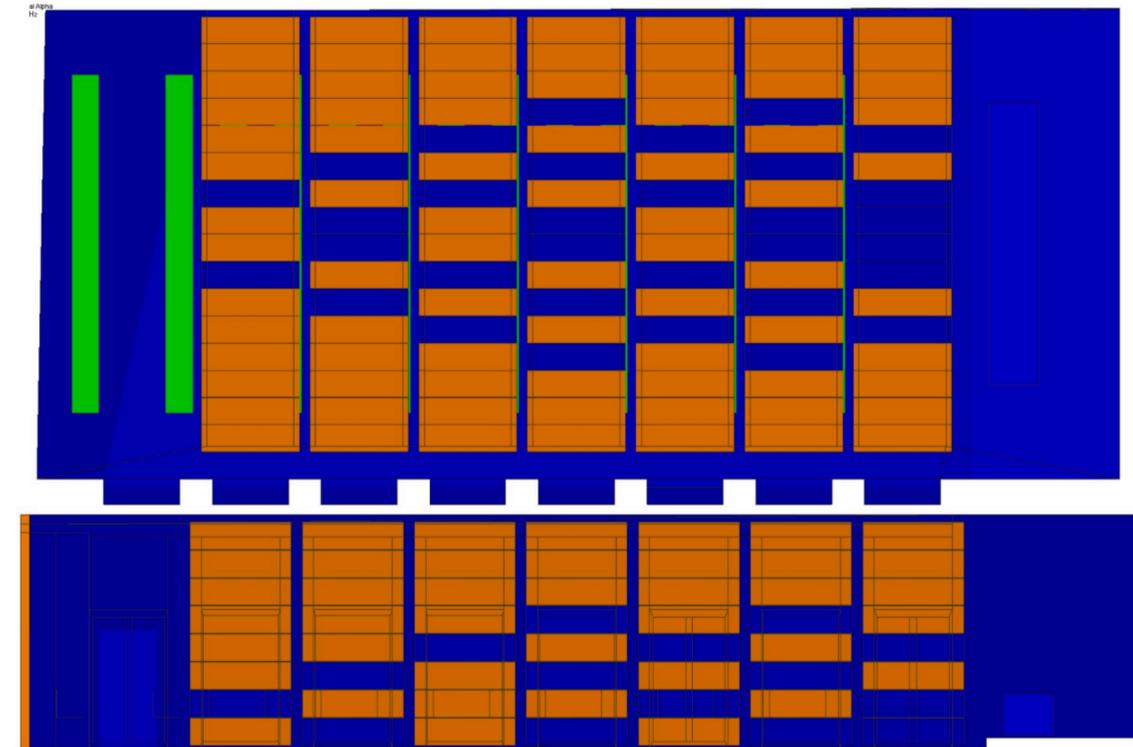
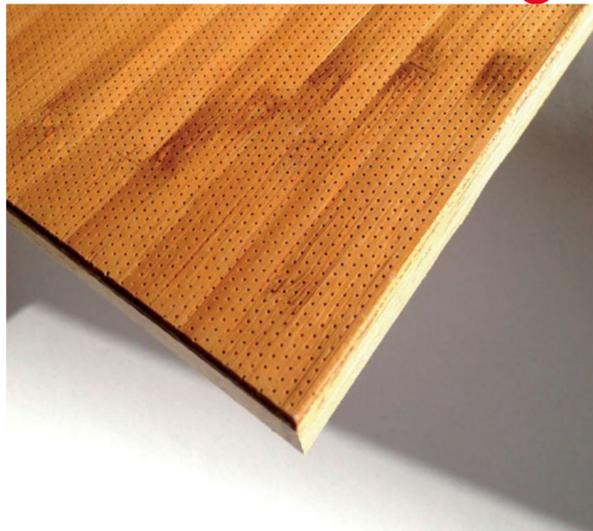


## Progetto acustico:

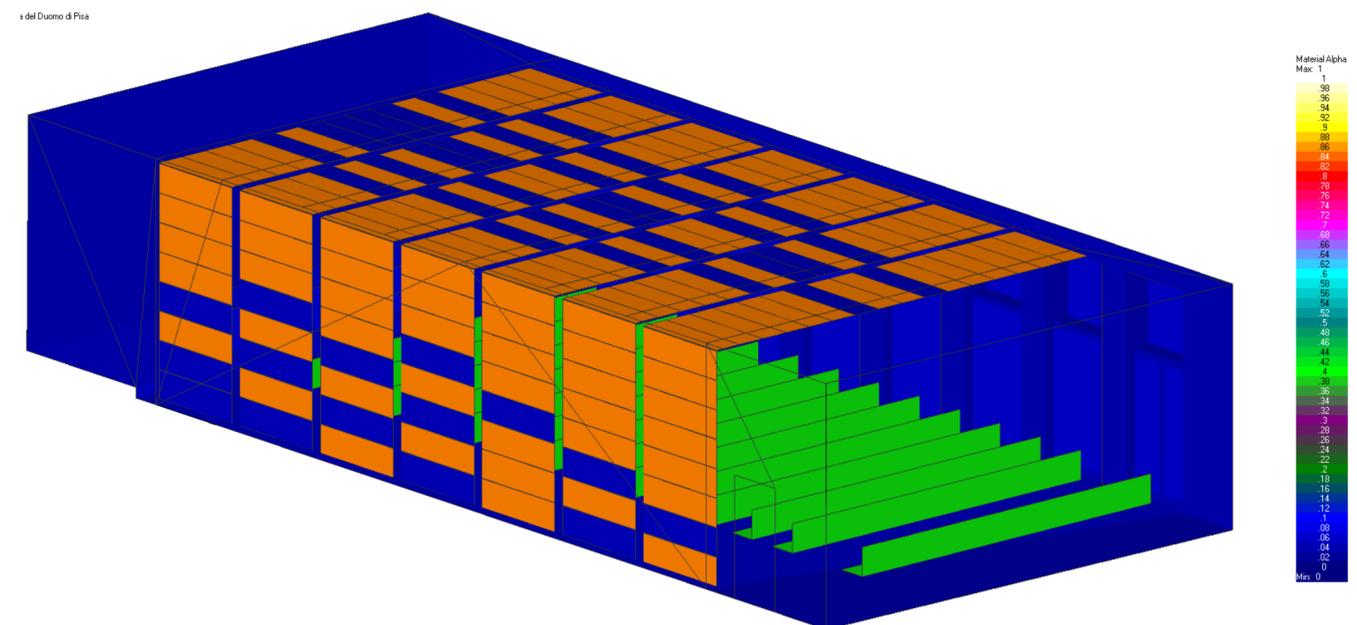
- Superfici a finitura liscia in blu
- Superfici a finitura microforata (fonoassorbente) in arancio

**Volume = 700 m<sup>3</sup>**

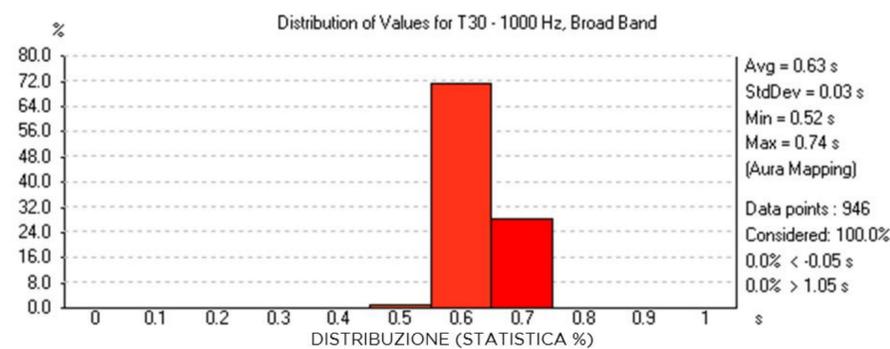
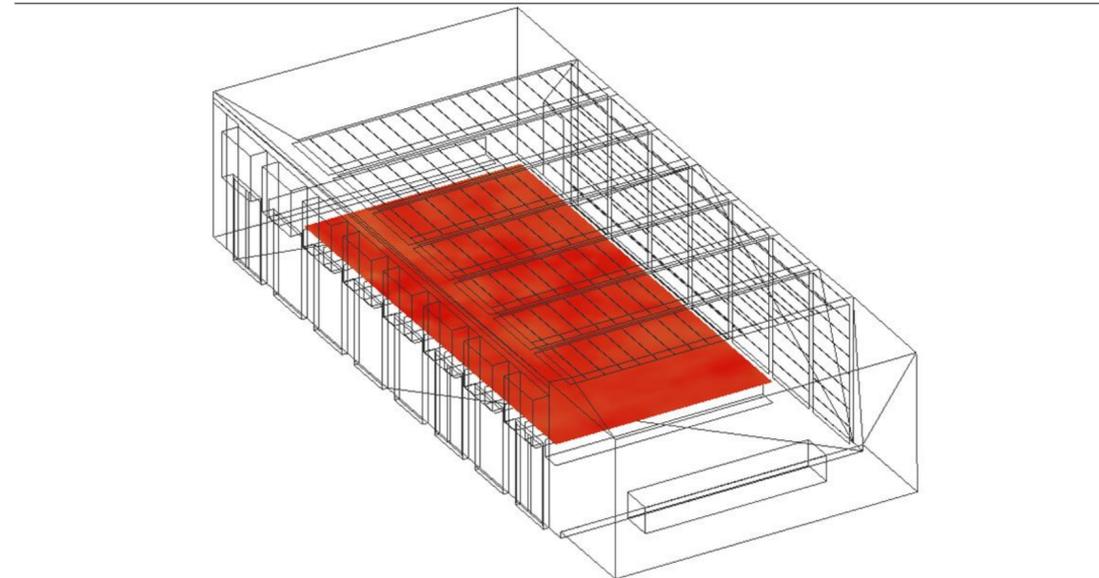
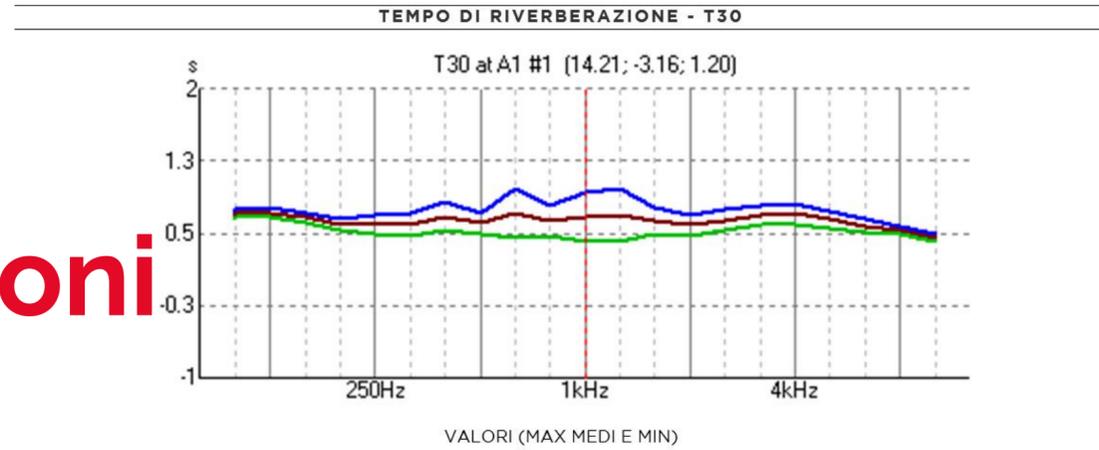
## Rivestimento in legno microforato



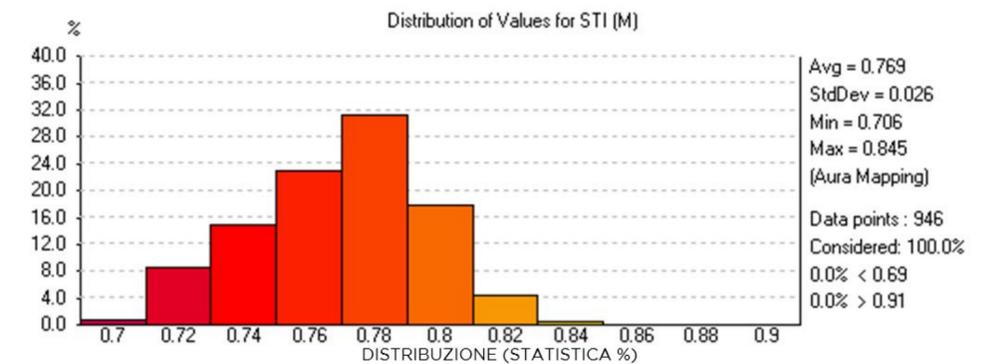
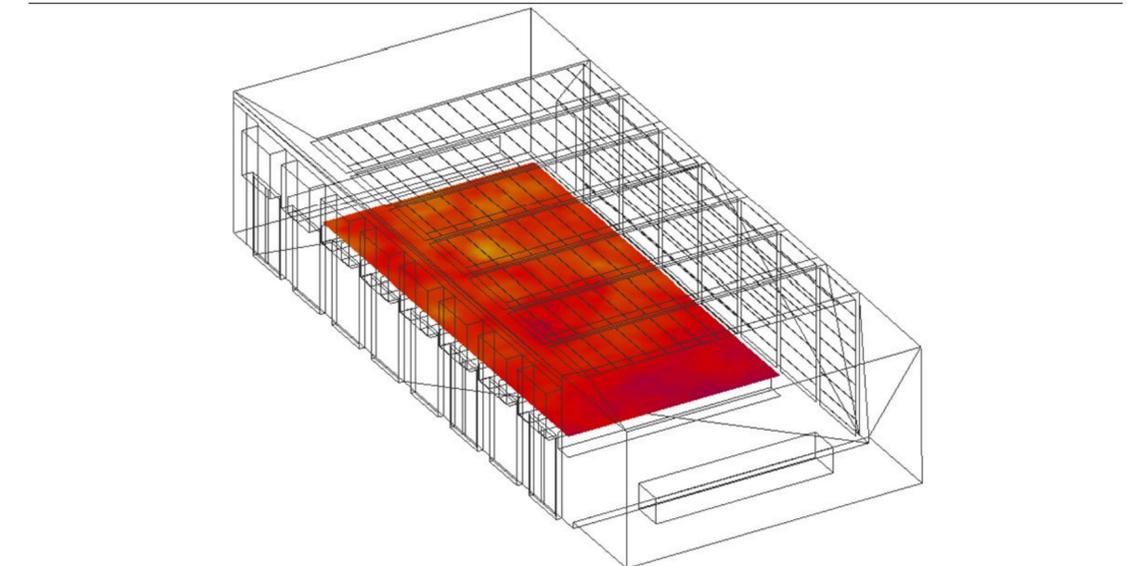
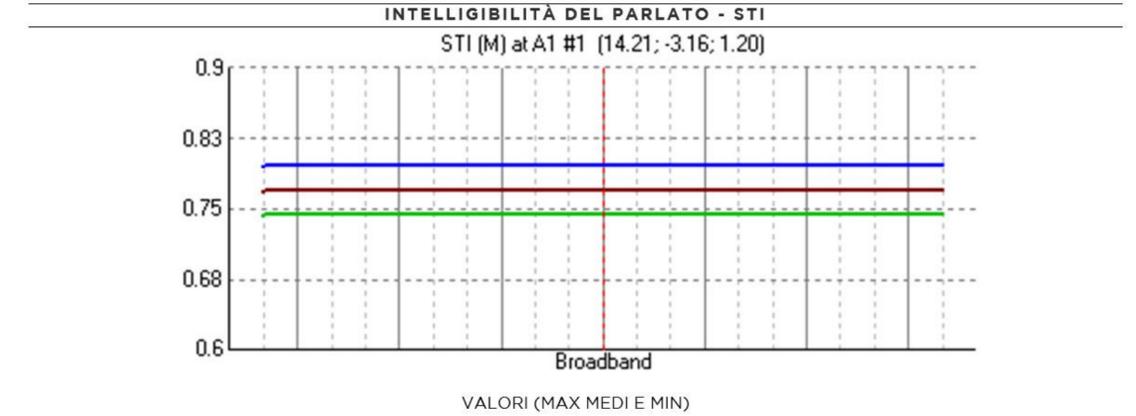
Disposizione pannelli lisci (in blu) e forati (in arancione) in pianta (sopra) e in sezione (sotto)



# Simulazioni (Sala vuota)

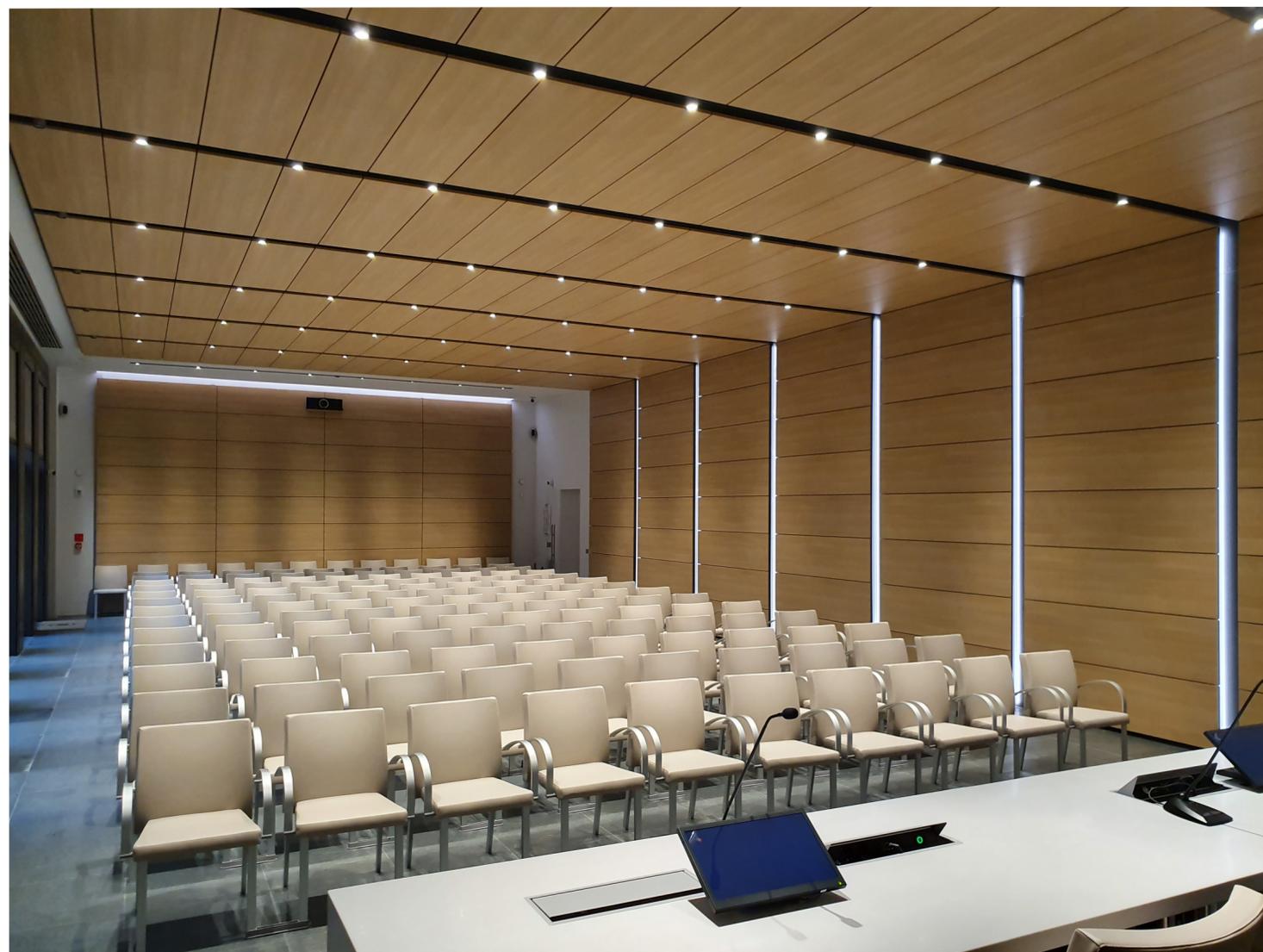


T30 valore ideale: = 0.7 a 500 Hz  
T30 medio = 0.63 s



STI valore ideale: > 0.6  
STI medio = 0.77

# Intervento integrato: acustica + architettura + impianto audio



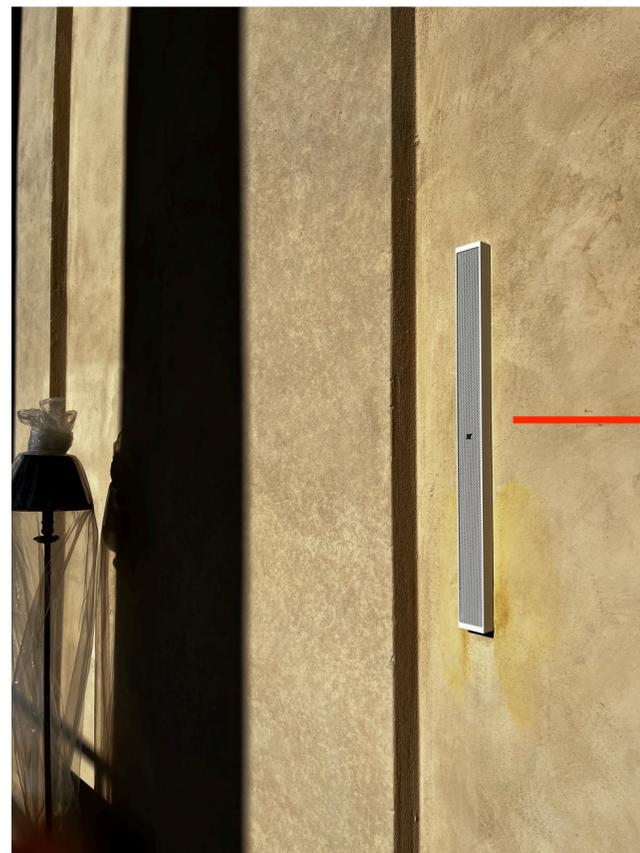
# Lungarno Collection - Hotel Portrait

## Milano



# Lungarno Collection - Hotel Portrait

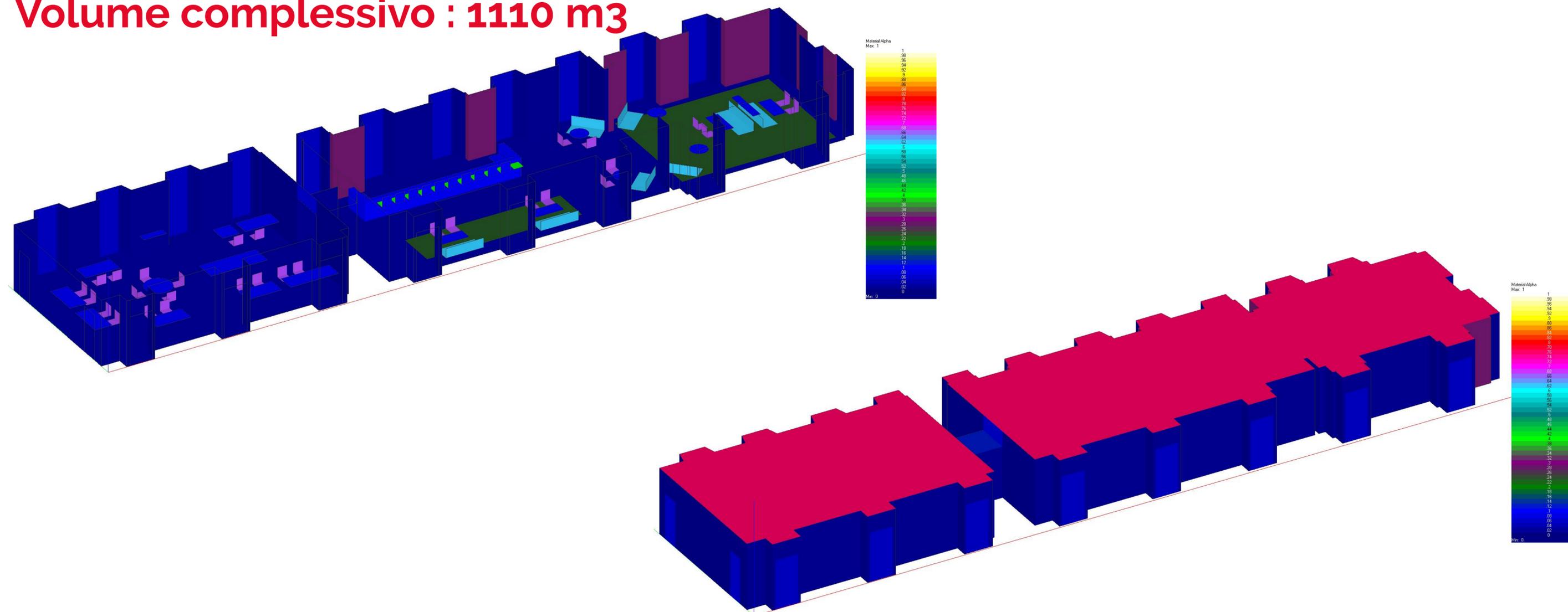
## Milano



# Intervento integrato: acustica + architettura + impianto audio

Biblioteca/Bar/Ristorante

Volume complessivo : 1110 m<sup>3</sup>



# Biblioteca - acustica + architettura + impianto audio

Progetto acustico: finitura fonoassorbente a soffitto

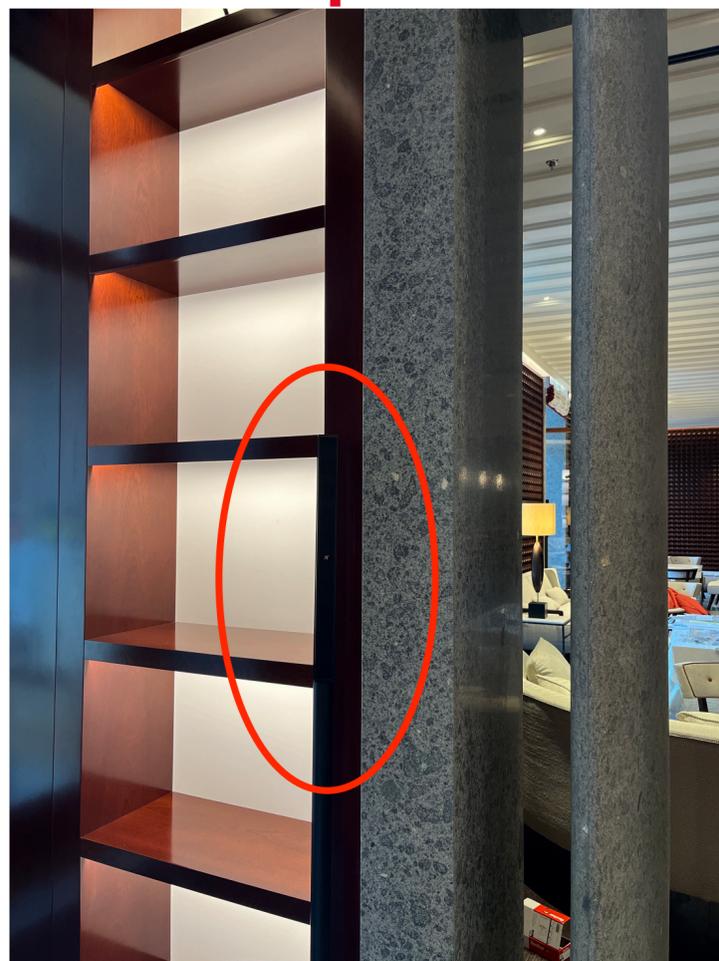
Pianta 84 m2



# Biblioteca - acustica + architettura + impianto audio

Progetto acustico: finitura fonoassorbente a soffitto

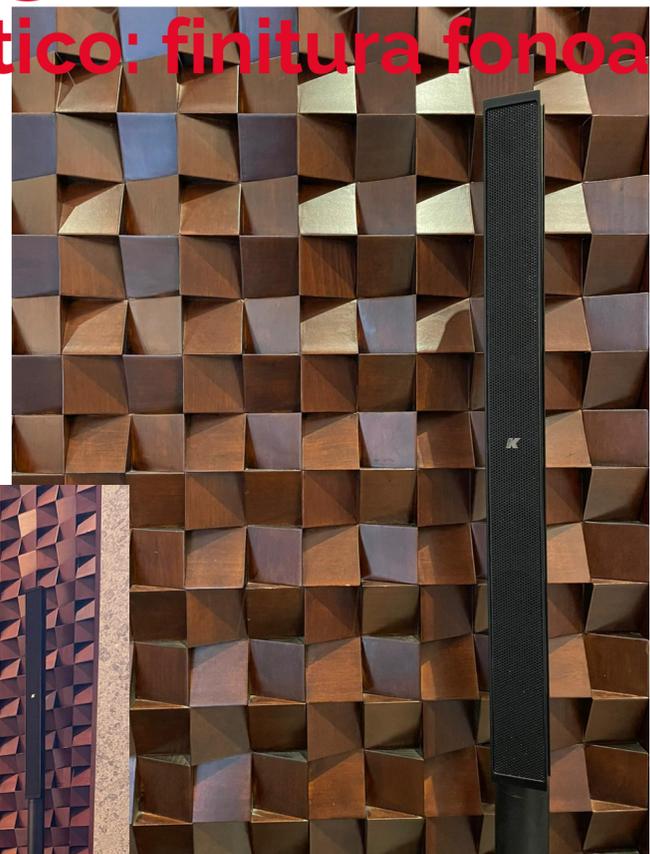
Pianta 84 m2



# Bar/Lounge - acustica + architettura + impianto audio

Progetto acustico: finitura fonoassorbente a soffitto

Pianta 140 m2



# Ristorante - acustica + architettura + impianto audio

Progetto acustico: finitura fonoassorbente a soffitto

Pianta 120 m2



# Ristorante - acustica + architettura + impianto audio

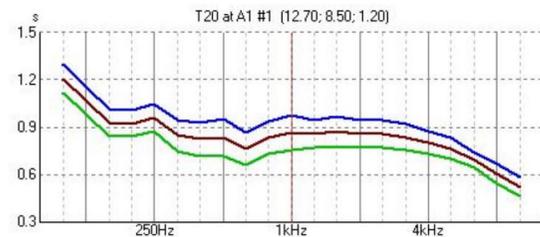
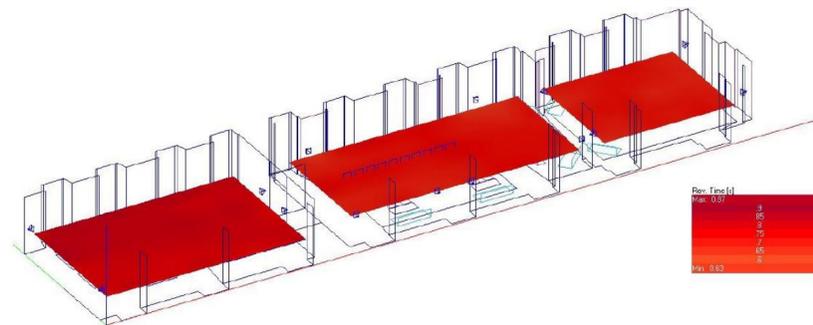
Progetto acustico: finitura fonoassorbente a soffitto

Pianta 120 m2

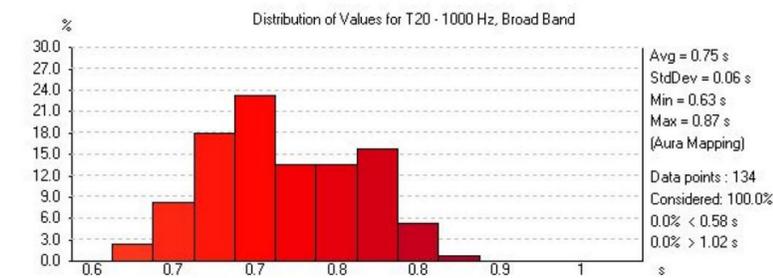


# Simulazioni di progetto: acustica + impianto audio

Tempo di riverberazione T20



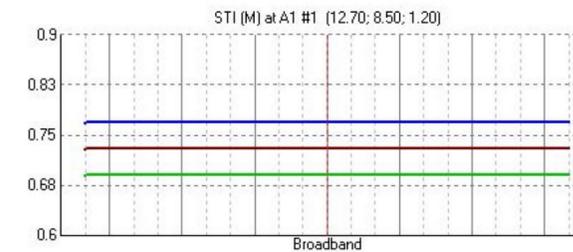
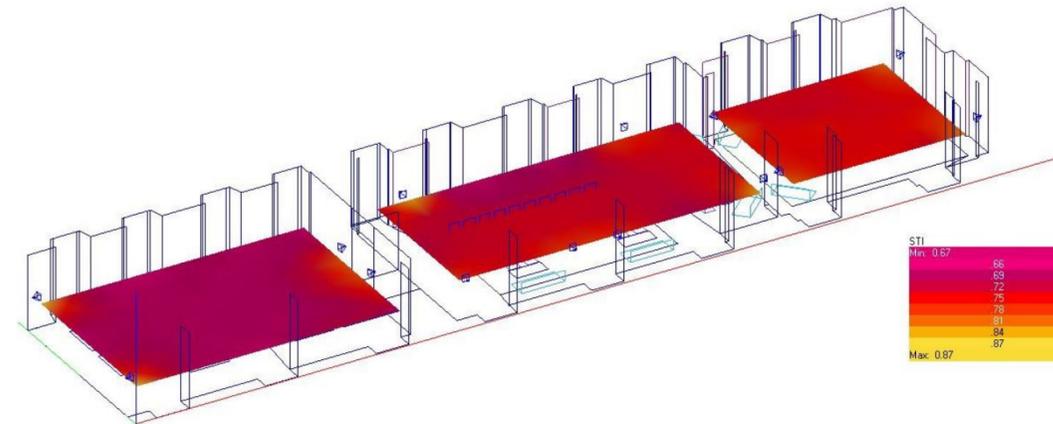
(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:21:12 AM / Donato Masci Studio Sou



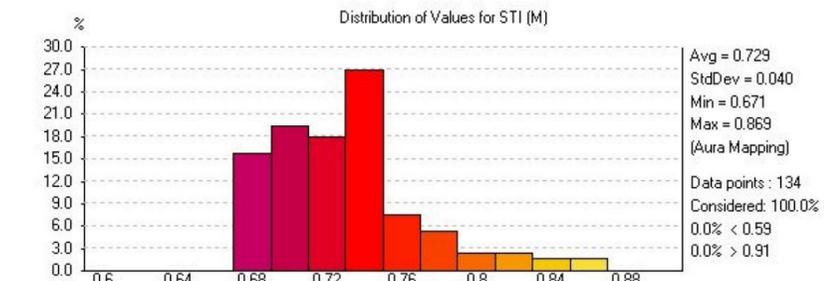
(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:23:15 AM / Donato Masci Studio Sound S.

T20 valore ideale: = 0.8 a 500 Hz  
T20 medio = 0.75 s

Indice di intelligibilità STI



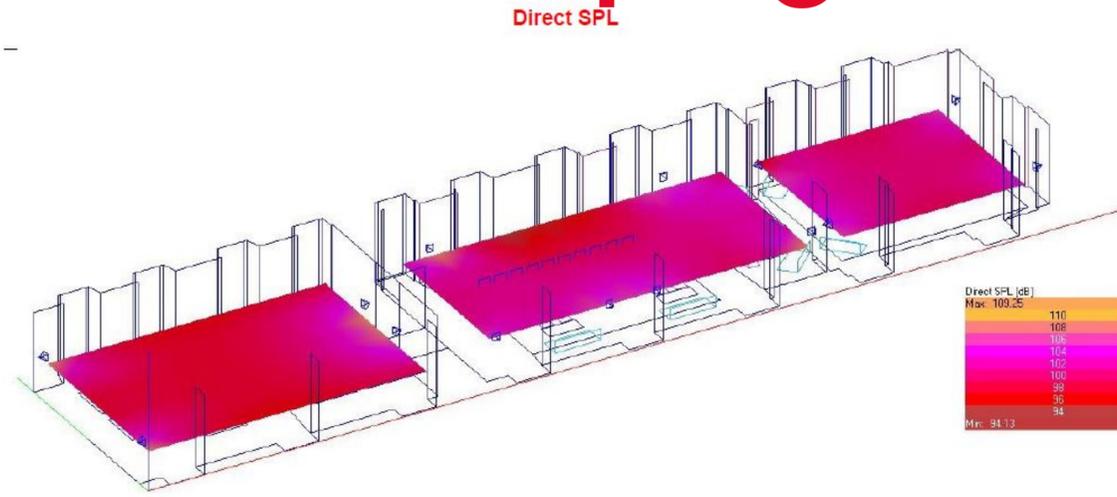
(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:37:35 AM / Donato Masci Studio Sou



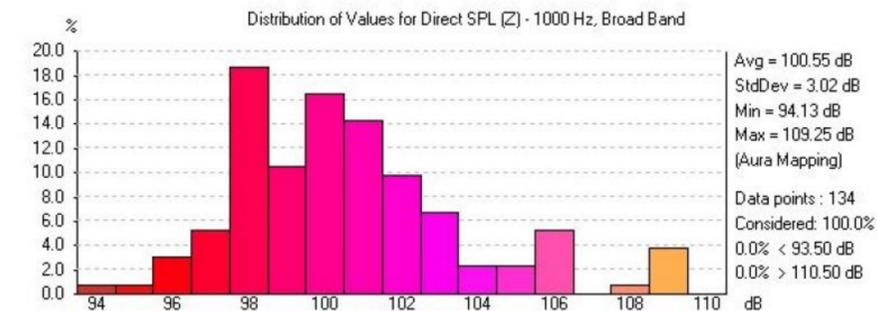
(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:38:16 AM / Donato Masci Studio Sound S.

STI valore ideale: > 0.6  
STI medio = 0.73

# Simulazioni di progetto: acustica + impianto audio

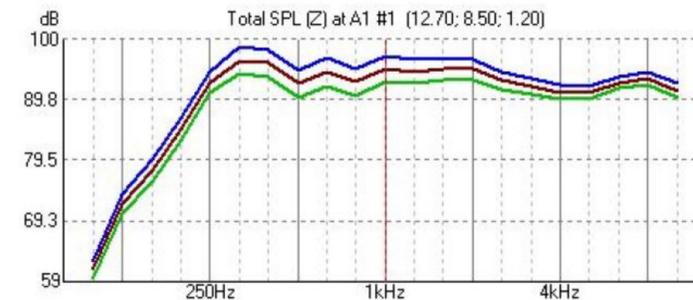
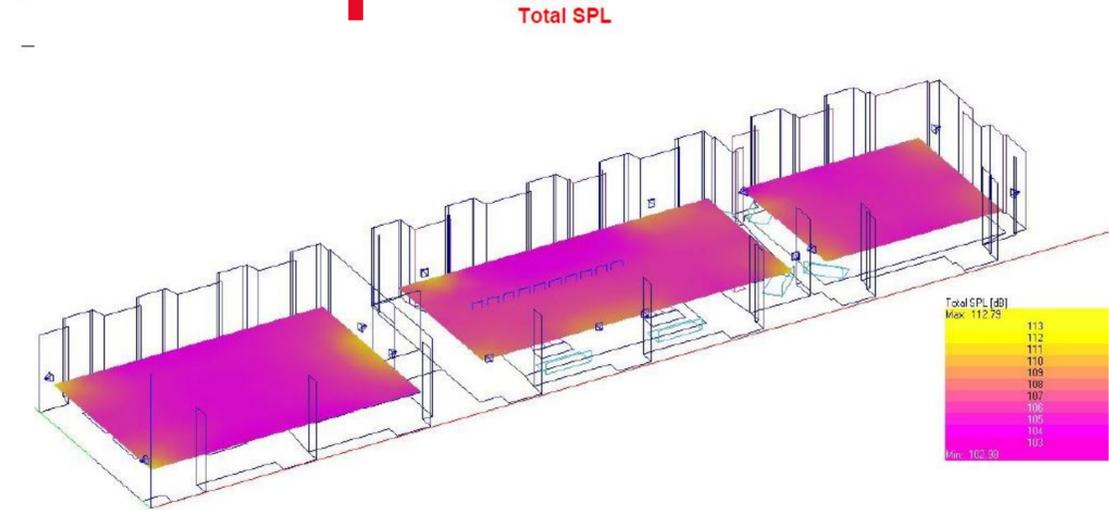


(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:32:46 AM / Donato Masci Studio Sou

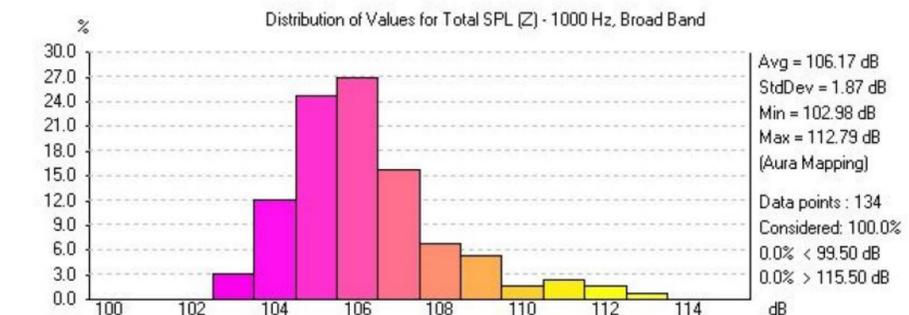


(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:33:19 AM / Donato Masci Studio Sound S.

Direct SPL = 100 dB



(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:34:31 AM / Donato Masci Studio Sou



(c) EASE 4.4 / SketchUp LC\_BRB\_2v7 / 2/25/2022 11:35:08 AM / Donato Masci Studio Sound S.

Total SPL = 106 dB

# Ristorante - acustica + architettura + impianto audio

Pianta 190 m<sup>2</sup>

Volume 800 m<sup>3</sup>

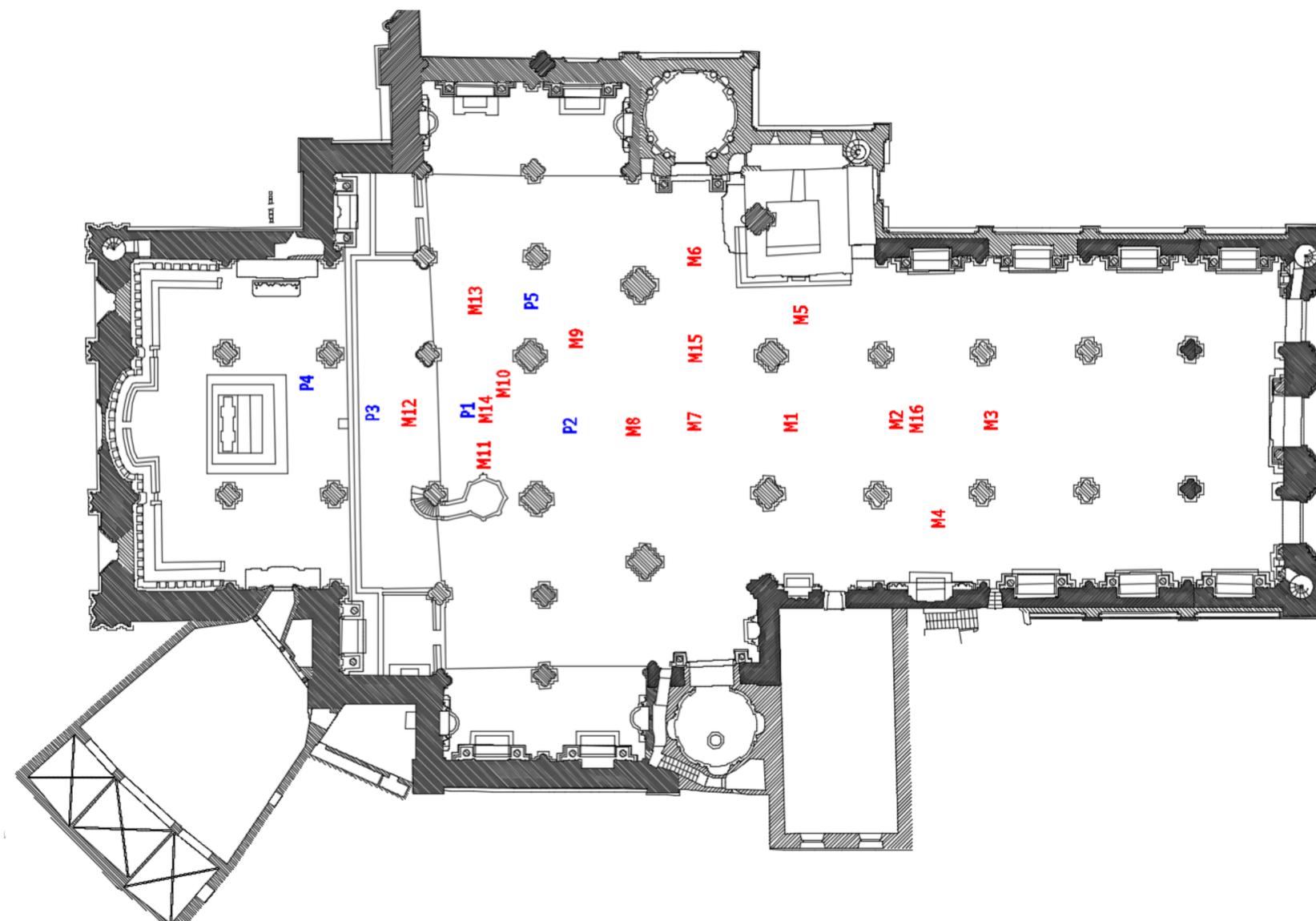


# Duomo di Siena

Cattedrale di Santa Maria  
Assunta



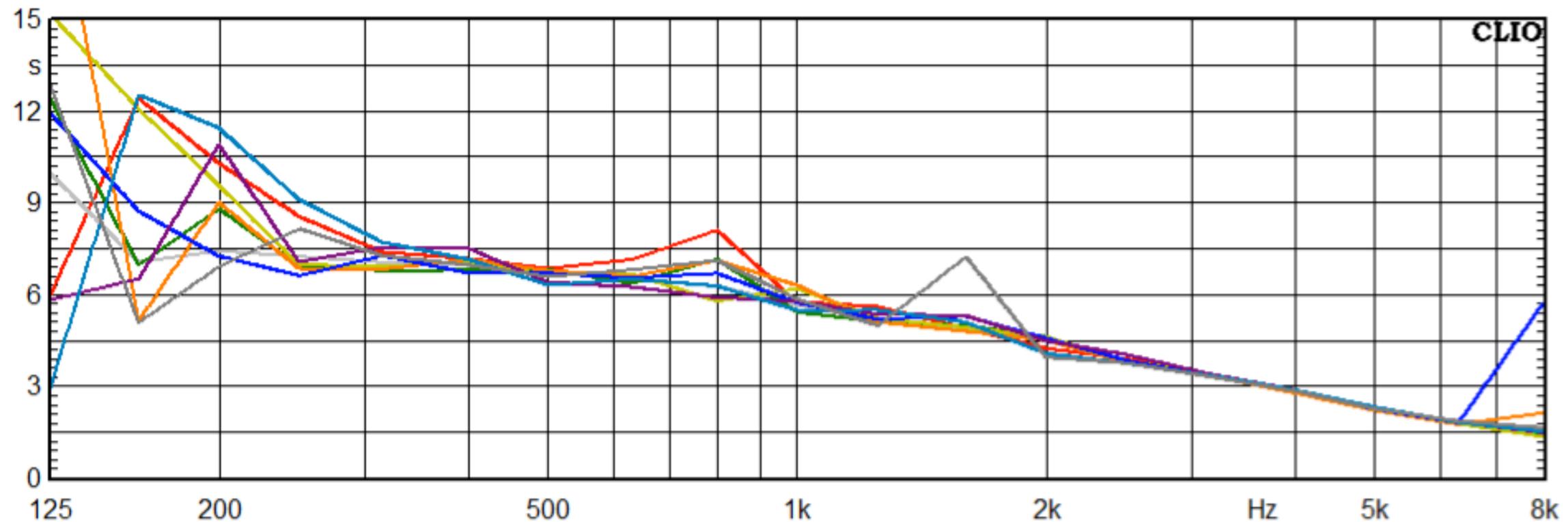
# Misurazione fonometrica della condizione acustica



Due sorgenti sonore: un segnale di tipo "sine-sweep" emesso dall'impianto residente e una pistola a salve

# Misurazione fonometrica della condizione acustica

## Tempi di riverberazione (T20)



Valori a 500-1000 Hz > 6.5 s

Valori a basse frequenze > 10 s

Il tempo di riverberazione ottimale per un ambiente con tale volume e destinazione d'uso dovrebbe essere di circa 3 s a 500-1000 Hz

# Misurazione fonometrica della condizione acustica

## Intelligibilità del parlato (STI)

MISURA	STI (MALE)	STI (FEMALE)
1	0,46	0,48
2	0,48	0,49
3	0,29	0,3
4	0,24	0,25
5	0,26	0,28
<b>MEDIA</b>	<b>0,346</b>	<b>0,36</b>

Perché un messaggio verbale venga compreso correttamente, sarebbero necessari valori di STI di almeno 0.5

# Misurazione fonometrica della condizione acustica

## Commento sulle misurazioni

La Cattedrale presentava evidenti problemi acustici dovuti principalmente al grande volume, alla geometria (le volte aumentano e amplificano i fenomeni di riflessione del suono) e ai materiali che rivestono le sue superfici che sono in gran parte riflettenti.

L'impianto presente al momento della misura non risultava adeguato all'utilizzo, non essendo in grado di far fronte alle problematiche riscontrate.

Si è rivelato, quindi, necessario elaborare una progettazione ad hoc dell'impianto audio in modo tale da minimizzare gli effetti di riverberazione e rimbombo.

# Proposta per il nuovo impianto audio

## Obiettivi:

- utilizzare il minor numero di diffusori al fine di ridurre le riflessioni
- garantire una pressione sonora costante in ogni punto in modo che ogni ascoltatore possa sentire con la stessa intensità

## Proposta:

- utilizzo di diffusori con dispersione verticale molto stretta in grado di concentrare la maggior parte dell'energia sul piano d'ascolto desiderato, riducendo il suono disperso verso il perimetro

# Proposta per il nuovo impianto audio

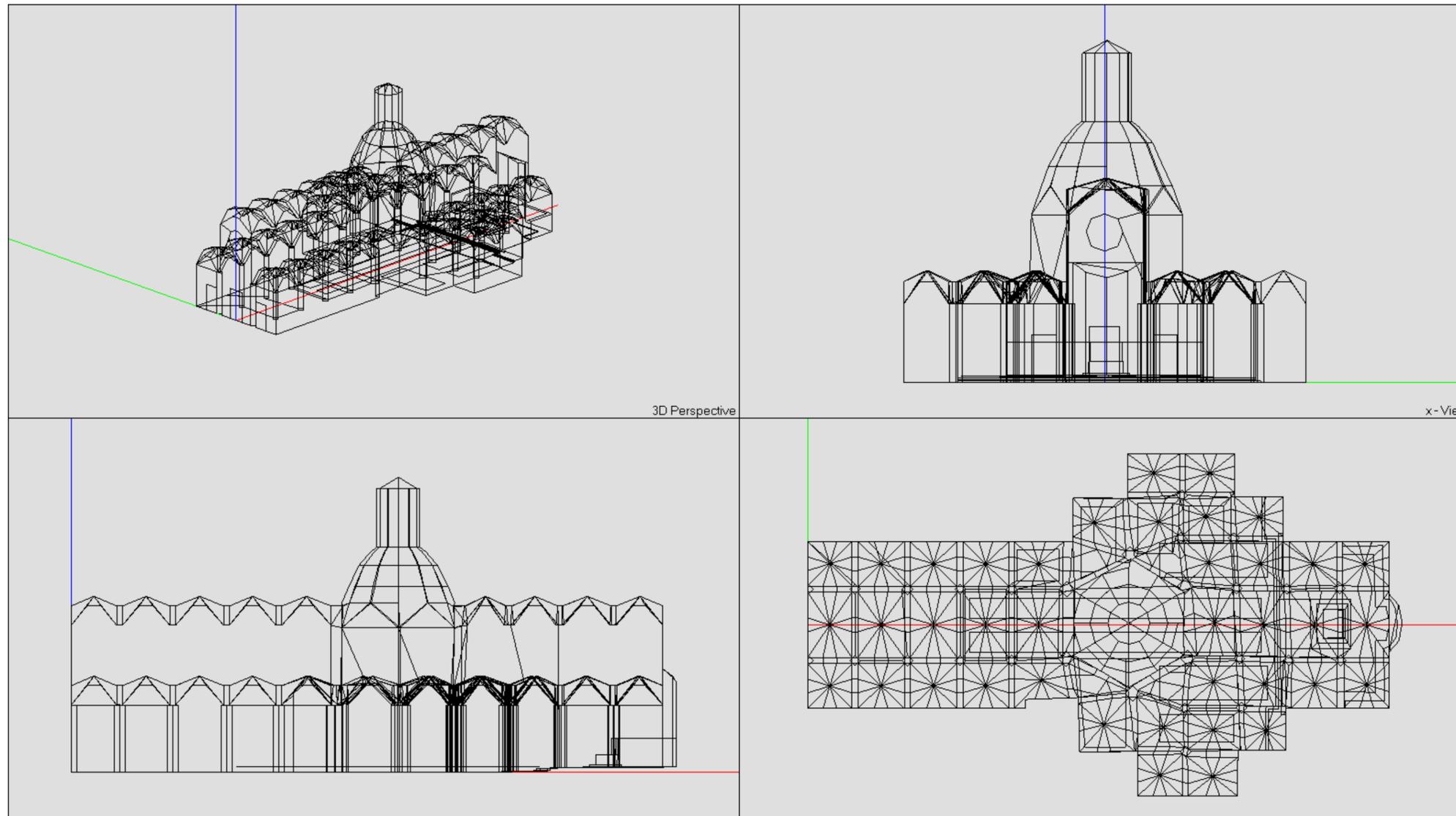


Posizionamento dei diffusori

# Simulazioni acustiche

## Costruzione del Modello semplificato:

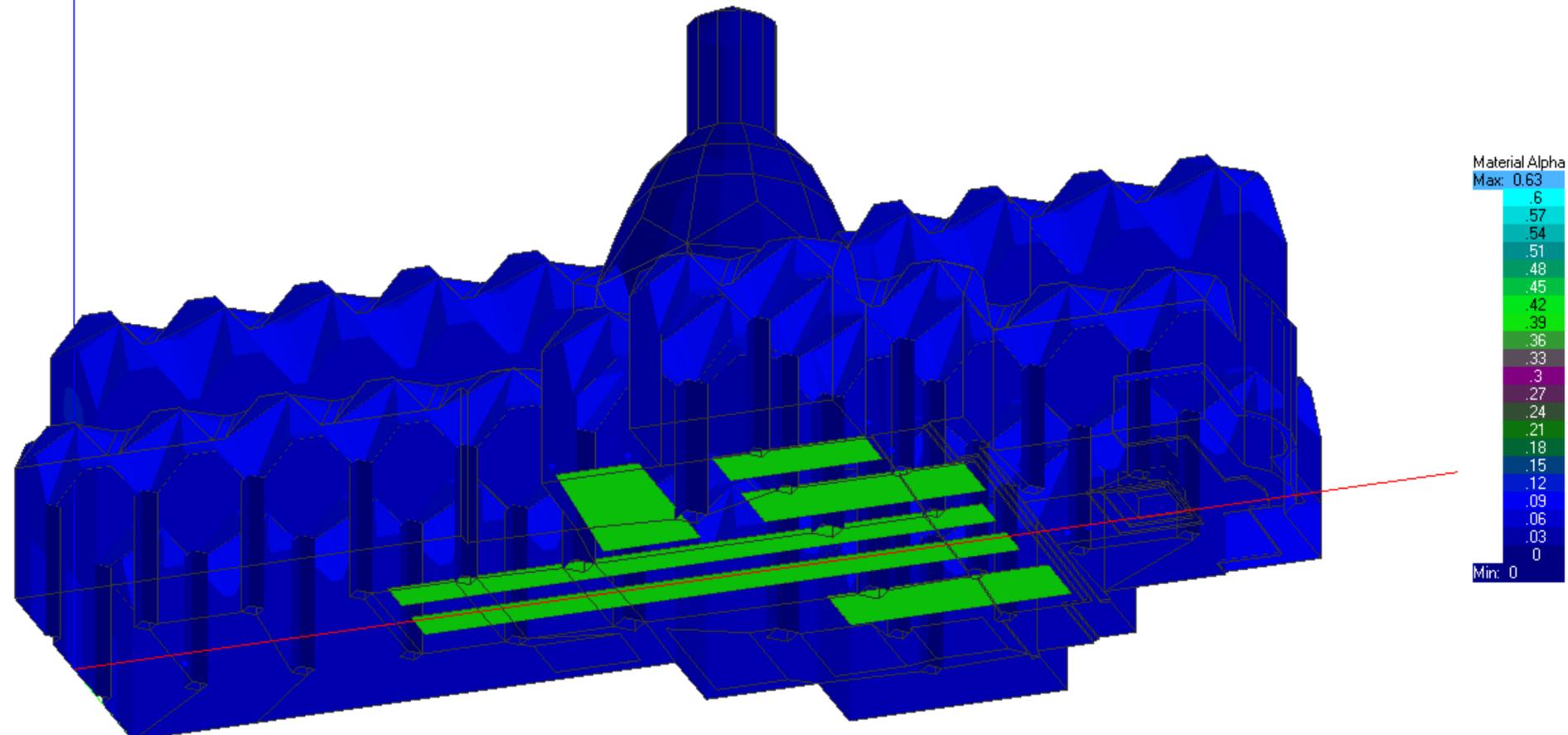
la semplificazione è necessaria perché il costo computazionale non sia troppo elevato e per non creare artefatti causati dalle troppe variabili in gioco



## Applicazione materiali:

Ogni materiale ha il suo coefficiente di assorbimento acustico in frequenza e il suo grado di "scattering"

Ver: 24° Hor: -161°  
Lspk: Fondo L, Fondo R, LAT L, LAT R, Altare L, Altare R, Esagono L, Esagono R, Ingresso L, Ingresso R, Altare retro R, Altare Retro L, Madonna DV L, Madonna DV R, Altare dss L, Altare dss R  
- Speaker Data Not Authorized -  
Project: Cattedrale Siena 1  
Dye: Material Alpha  
Freq: 1000 Hz

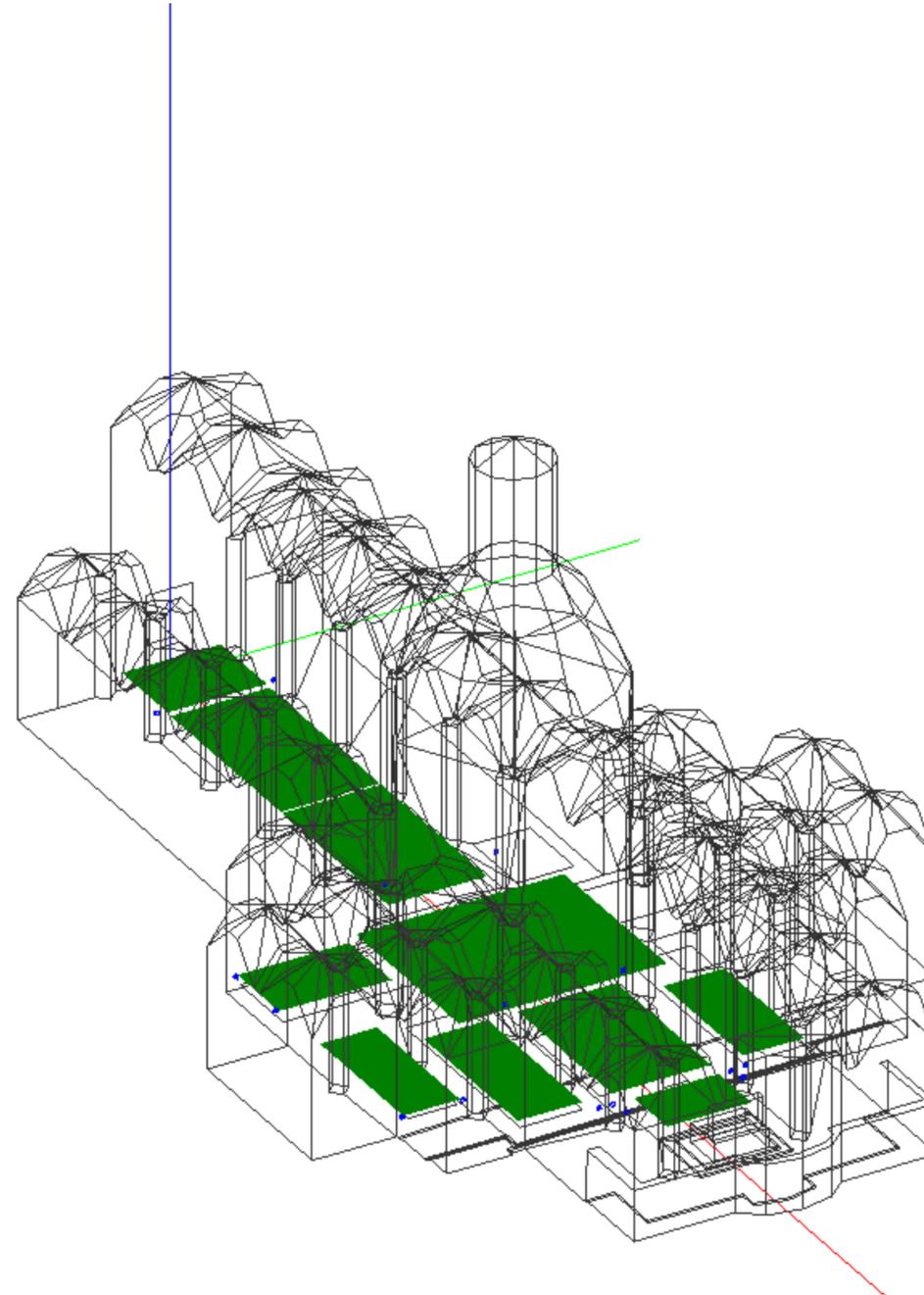


# Inserimento aree d'ascolto:

## Le superfici idealmente occupate dalle persone

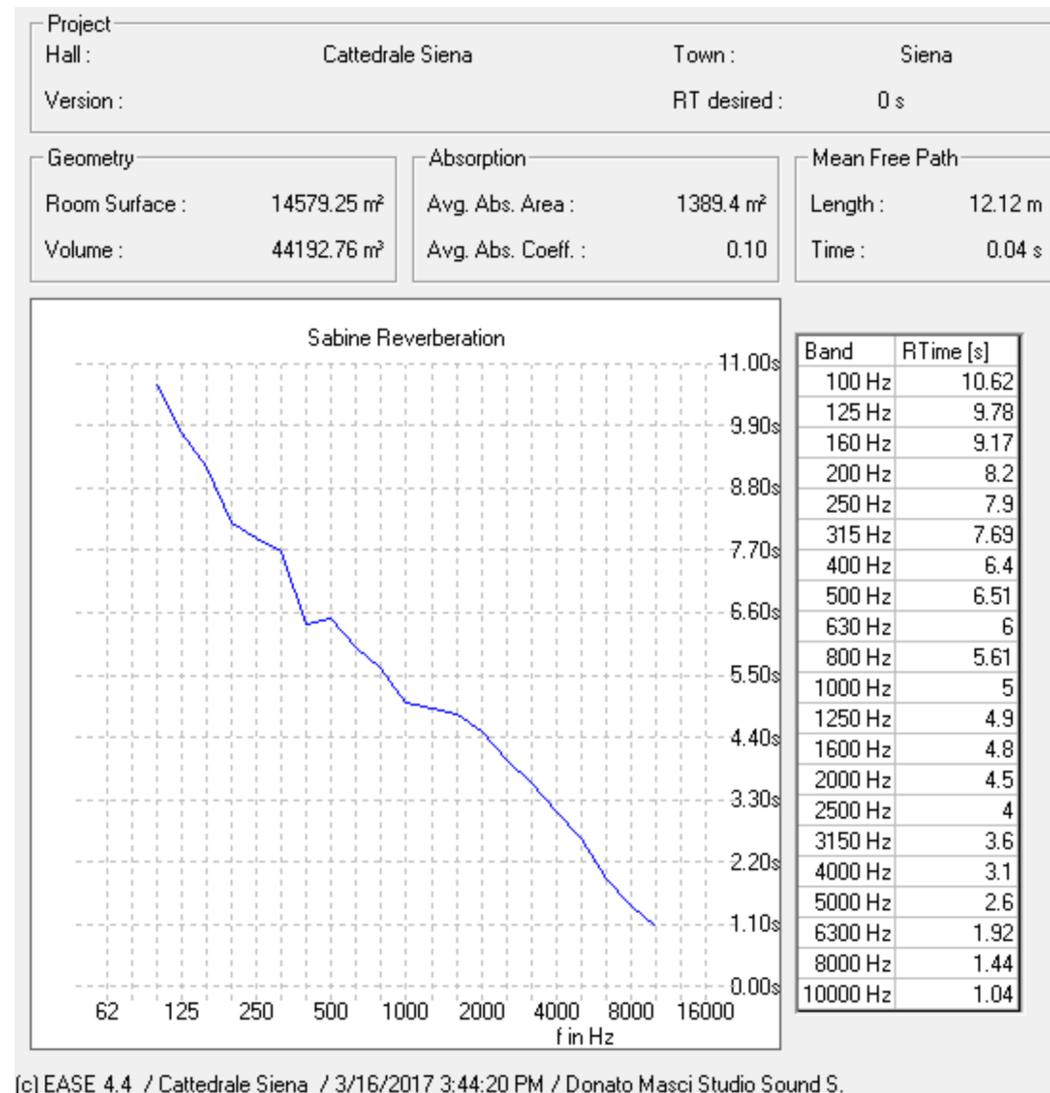
Ver:-30° Hor:-120°

Project: Cattedrale Siena 1  
Dye: White Faces  
Freq: 1000 Hz

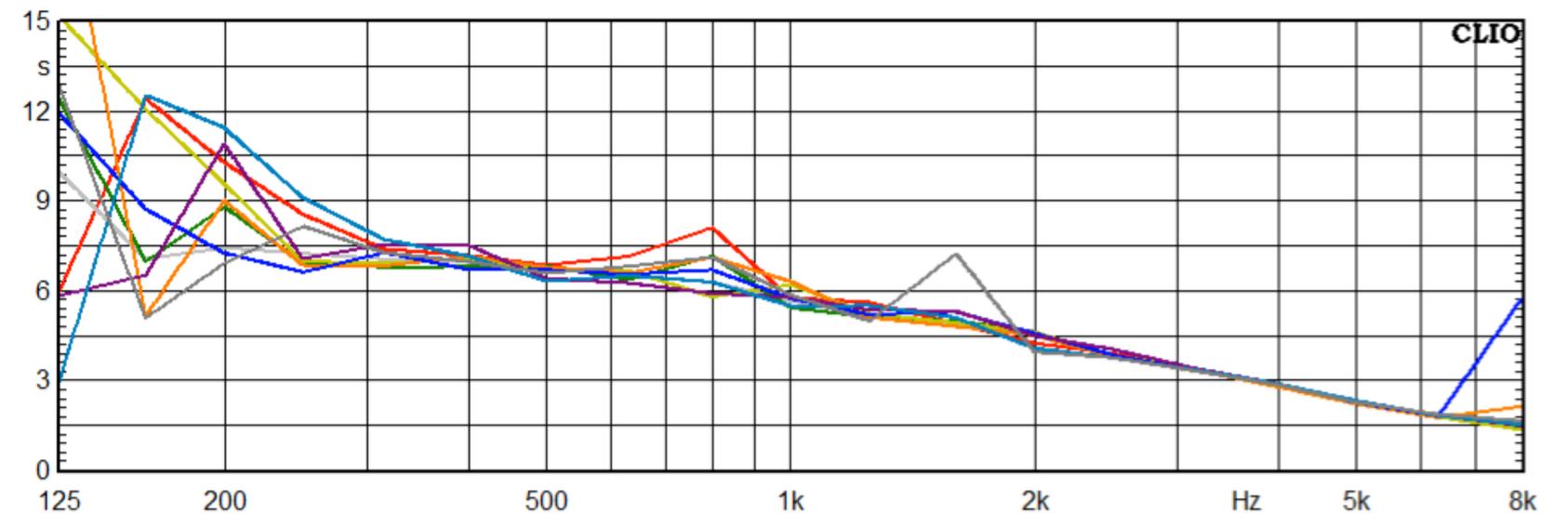


## Accordatura del modello con le misurazioni acustiche effettuate:

Il confronto tra le stime del tempo di riverberazione e i valori misurati ha permesso, con un processo iterativo, di “accordare” il modello CAD alla situazione reale.



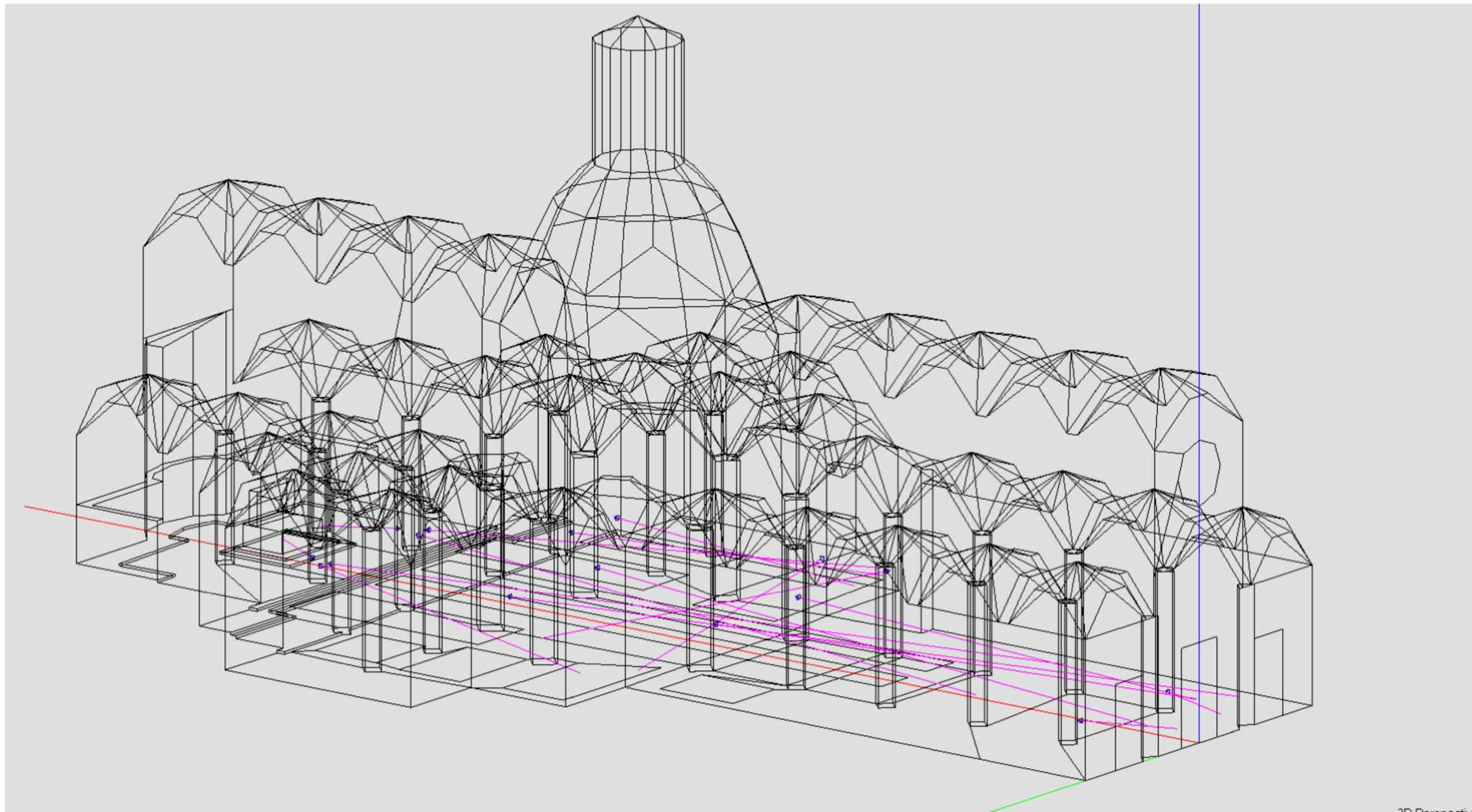
Simulazione (EASE)



Misurazione (CLIO)

## Inserimento sorgenti sonore

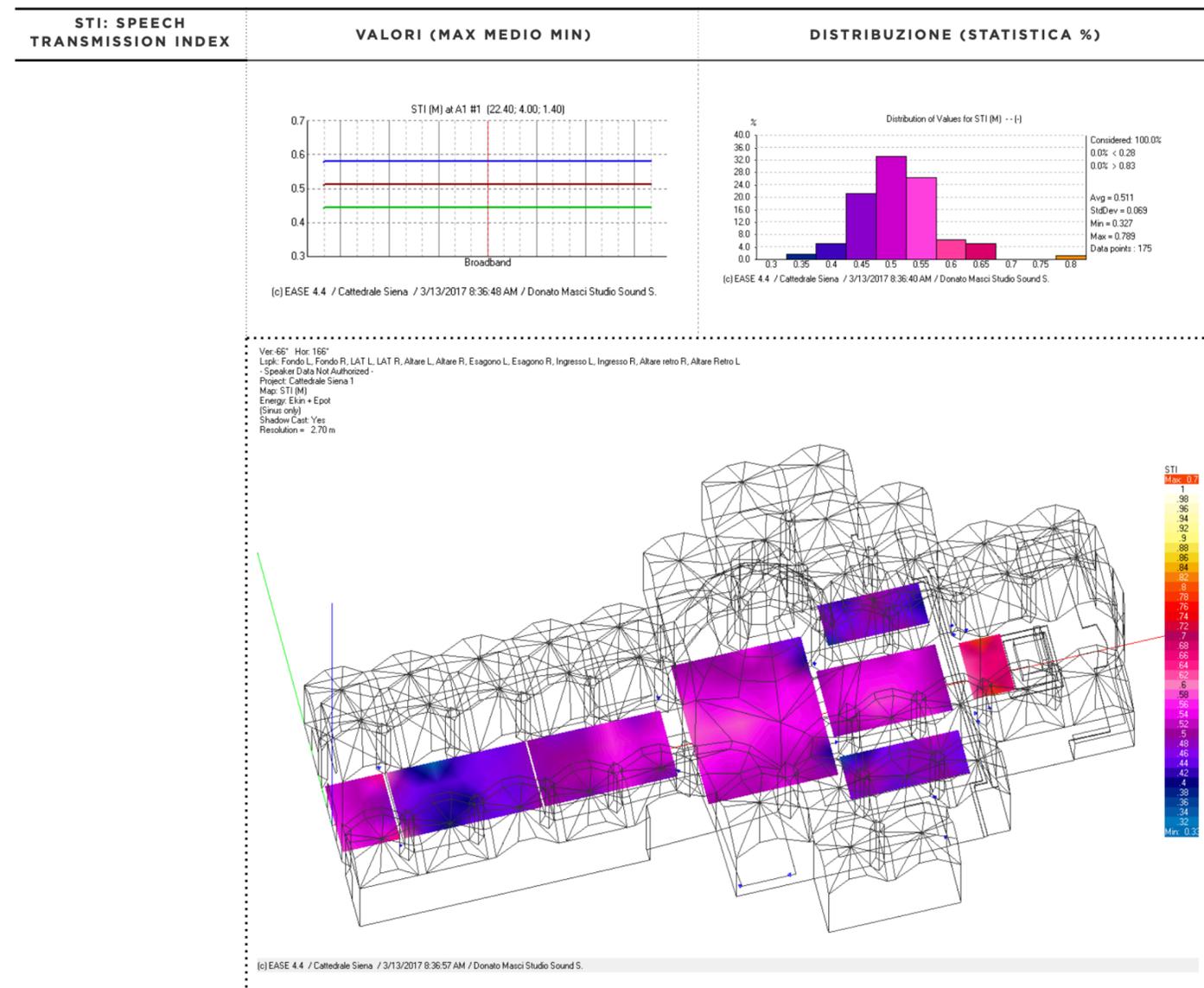
Il nuovo impianto audio è stato inserito nel modello. Di nuovo un processo iterativo ha permesso di definire quantità, tipologia e posizione dei diffusori.





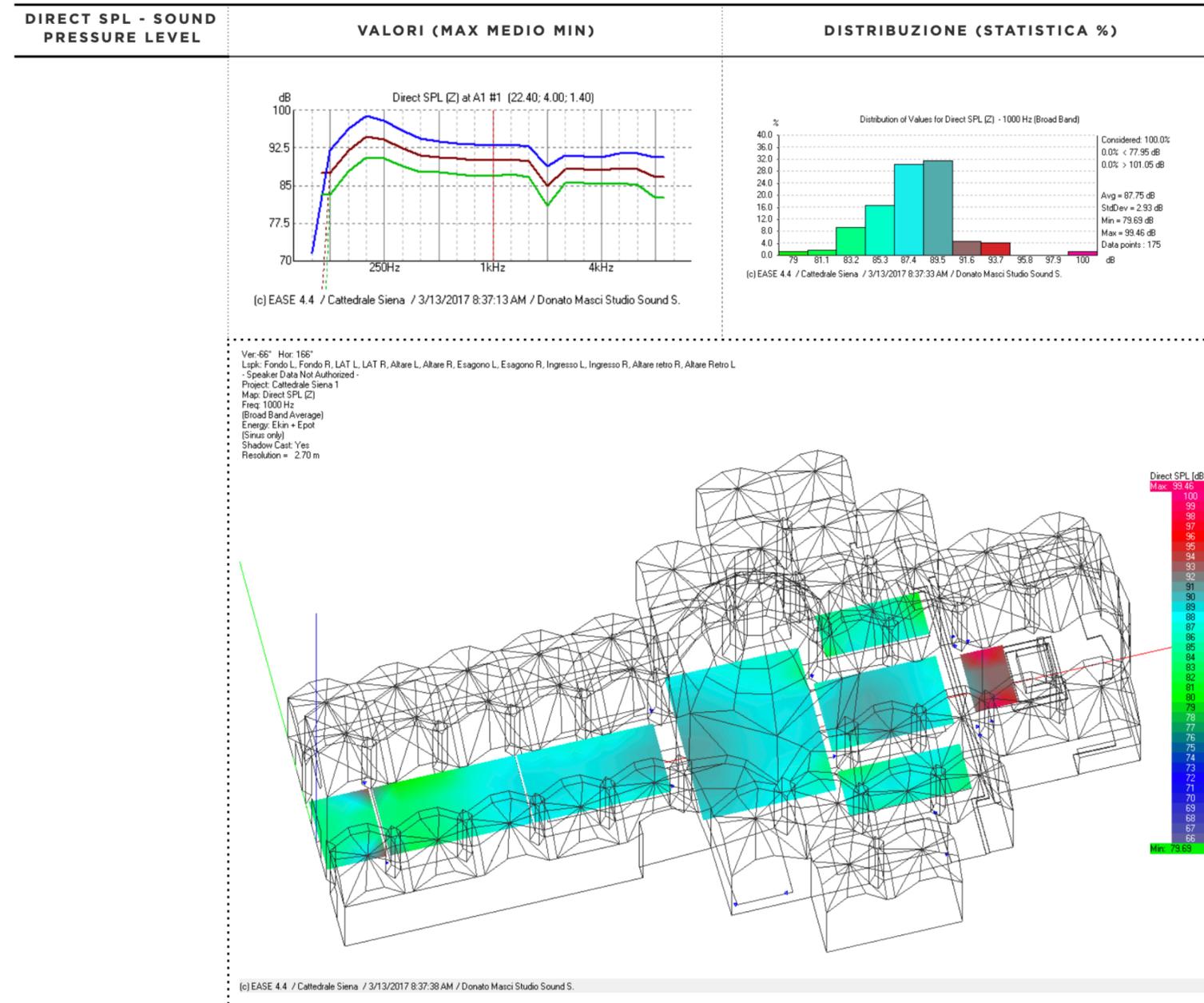
# Risultato delle simulazioni

STI - Speech transmission index - Indice di intelligibilità del parlato

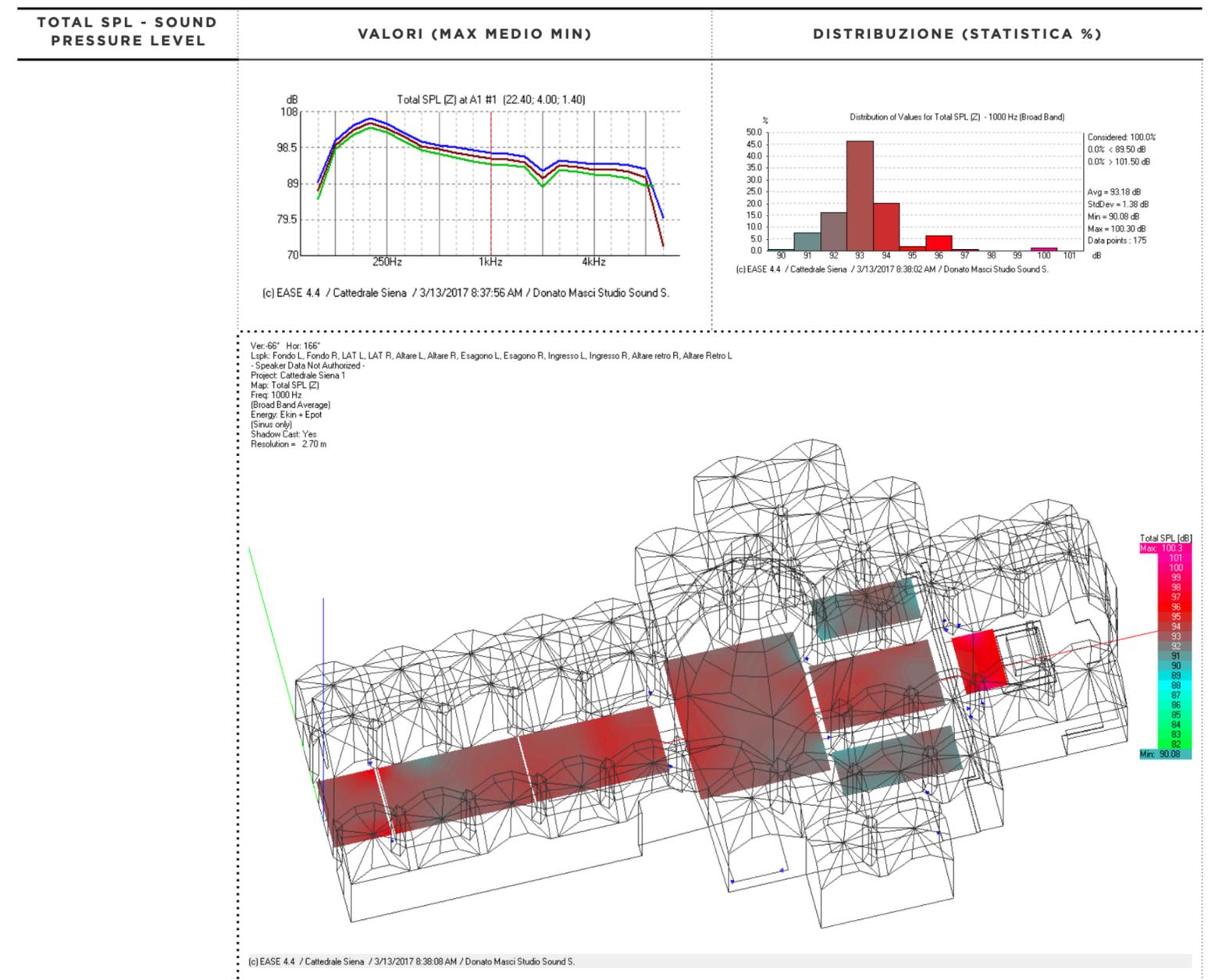


STI > 0.5 su tutte le aree d'ascolto  
(STI > 0.75 vicino all'altare della Madonna del Voto)

Direct SPL - Sound Pressure Level - Livello di pressione sonora diretta

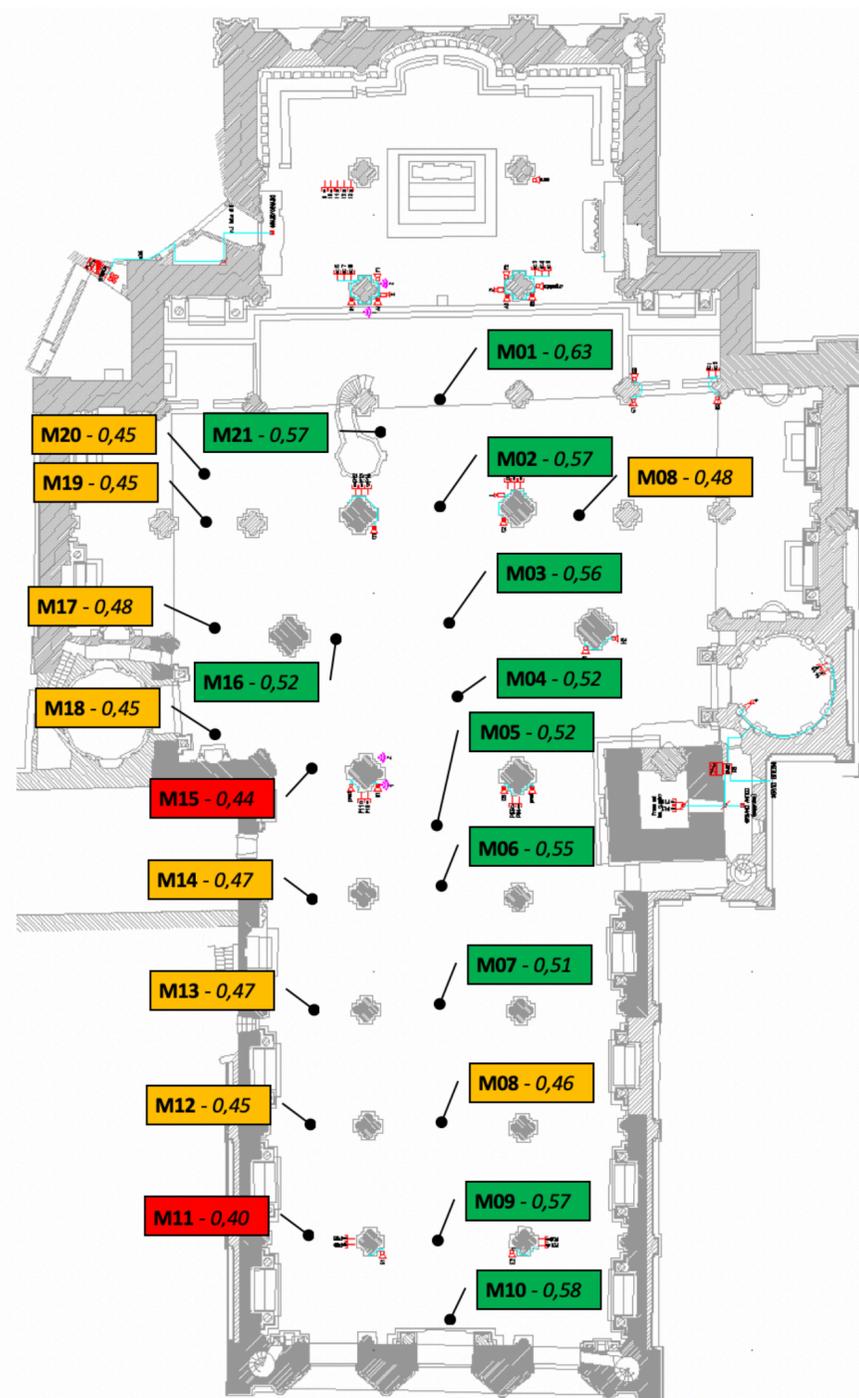


Total SPL - Sound Pressure Level - Livello di pressione sonora totale



La pressione risulta ben distribuita in tutto l'ambiente.  
Tra pressione diretta e totale c'è poca differenza, aspetto che conferma la poca dispersione del suono al di fuori delle aree d'ascolto

# Misurazione fonometrica della condizione finale



- È evidente la differenza tra l'intelligibilità del parlato nelle navate laterali (che non prevedono panche) e la centrale
- Intelligibilità buona nella navata centrale (area d'ascolto)
- L'impianto audio direttivo risulta efficiente ed ottimizzato

# Ex Cavallerizza (in corso di realizzazione)

Lucca



# Progetto integrato: correzione acustica + nuovo impianto audio



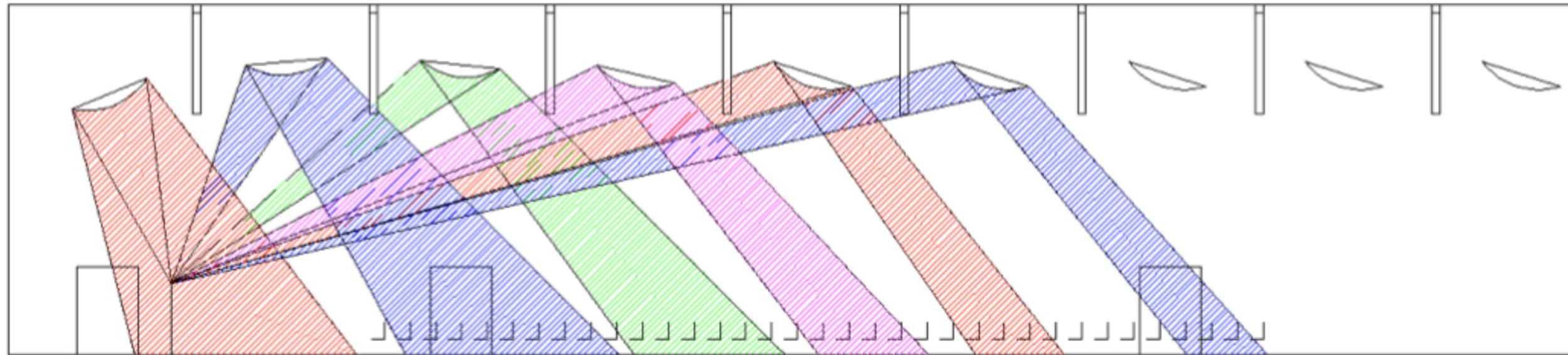
Sketch di progetto

# Progetto integrato: correzione acustica + nuovo impianto audio



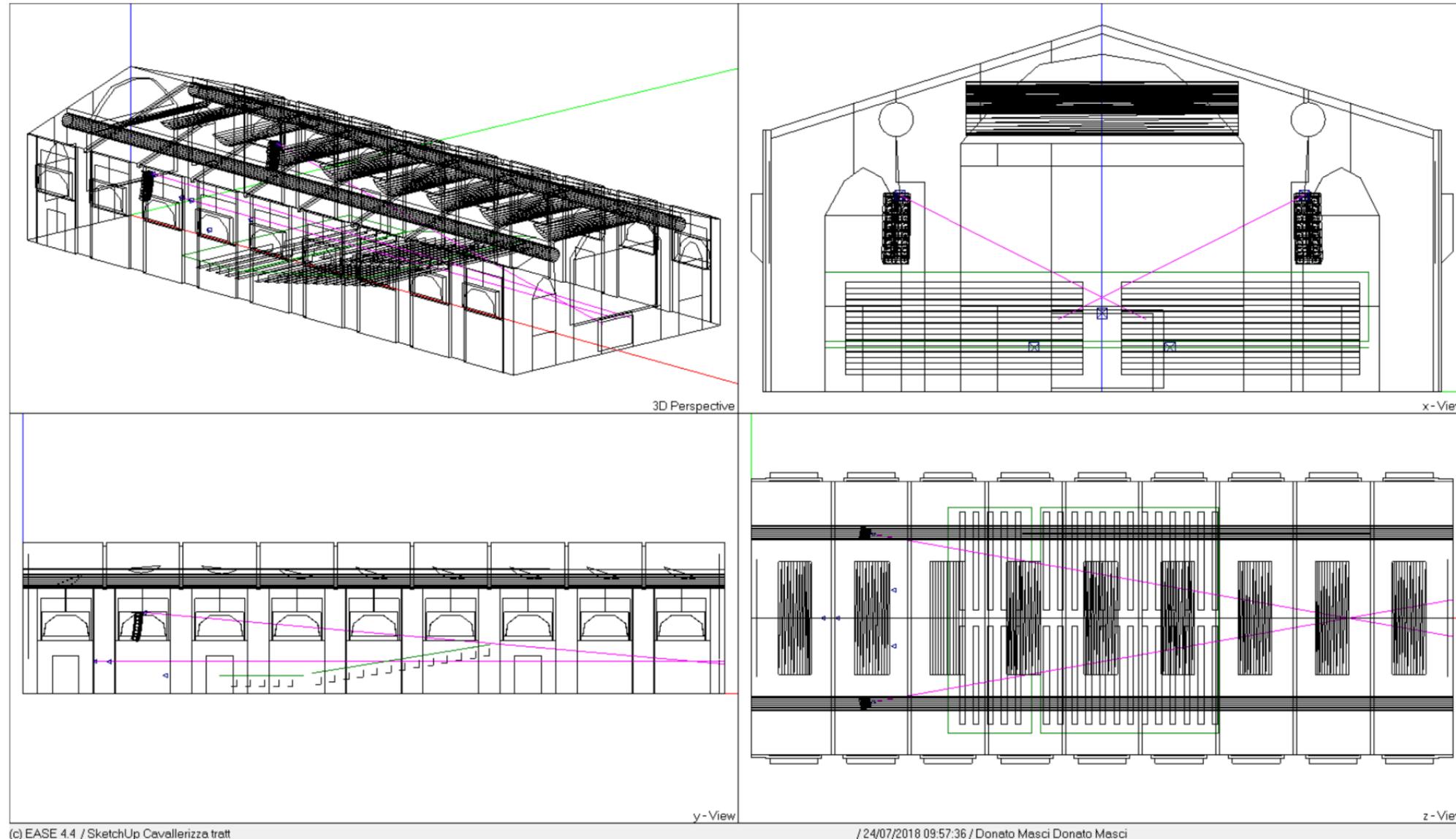
Sketch di progetto

# Progetto di correzione acustica



Studio di acustica geometrica

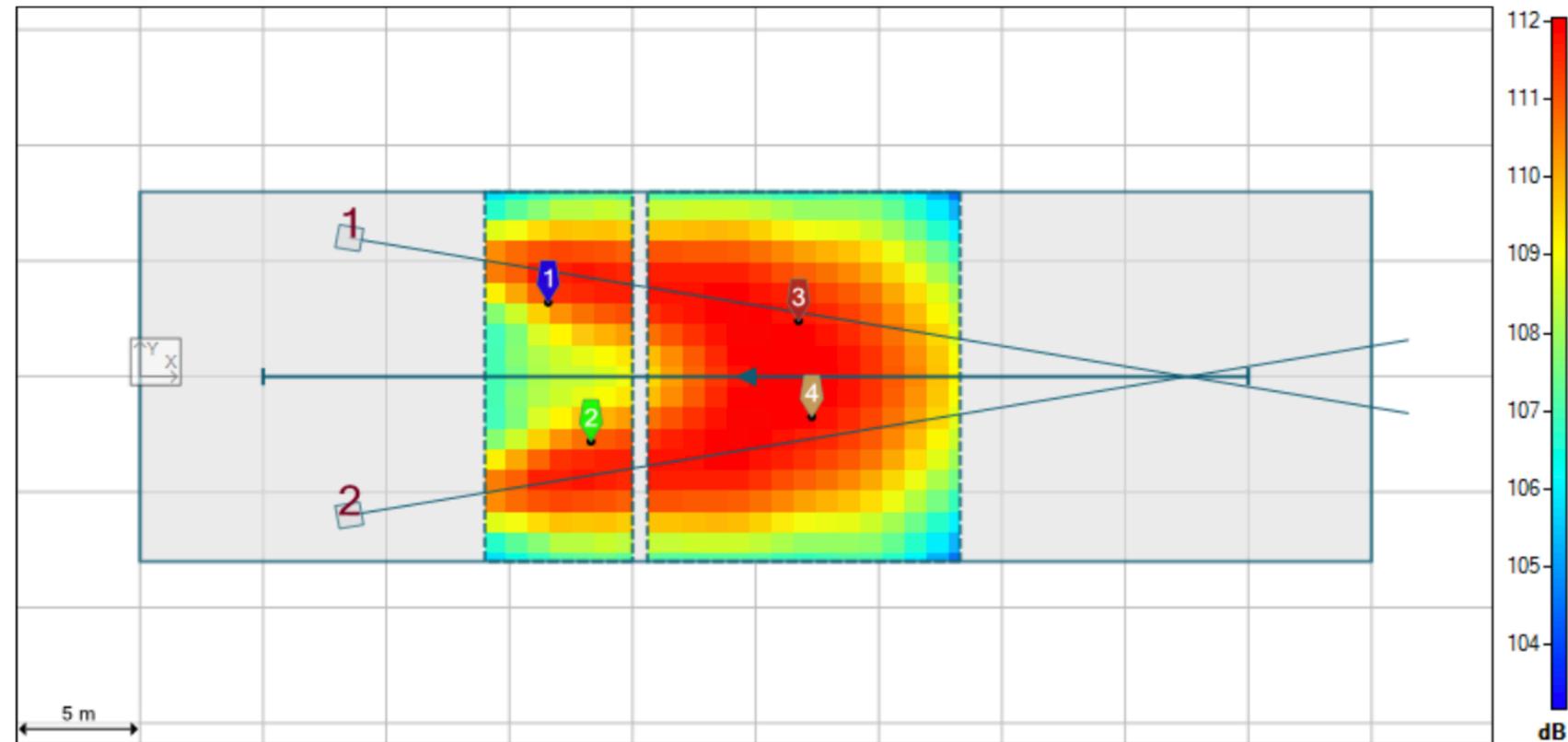
# Progetto di correzione acustica



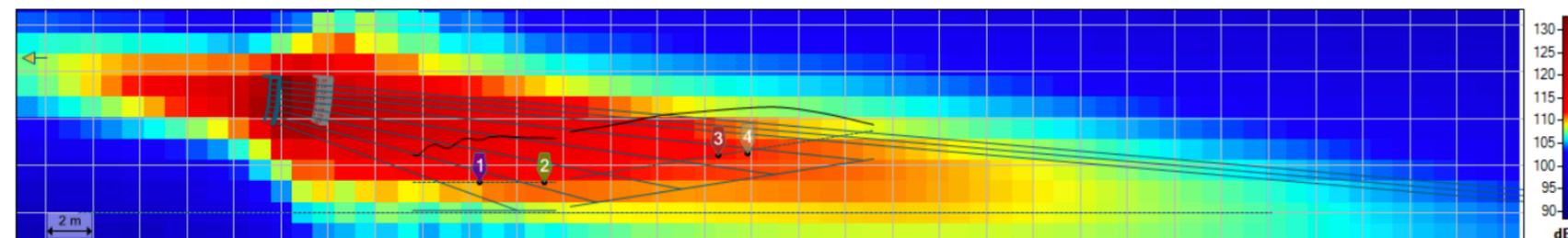
**Modello 3d per studio al cad acustico**

Studio al Cad acustico (EASE)

# Progetto impianto audio



Copertura SPL diretta in pianta

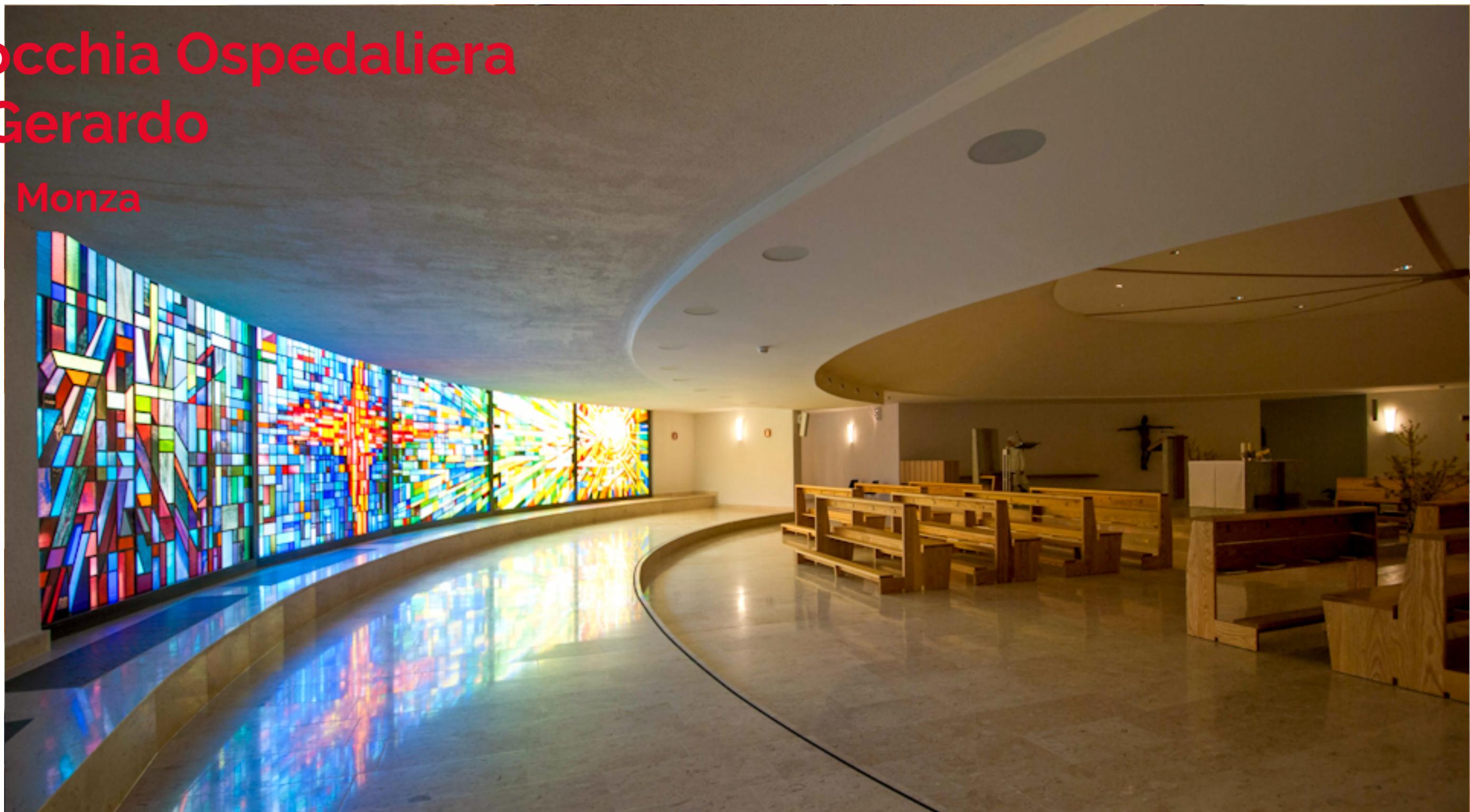


Copertura SPL diretta in sezione

Studio della direttività e della copertura

# Parrocchia Ospedaliera San Gerardo

Monza





misure preliminari a sala completamente vuota



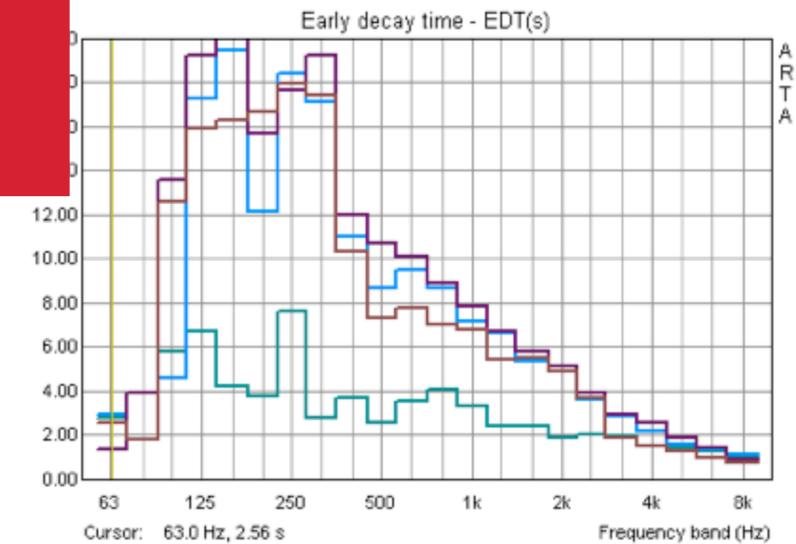
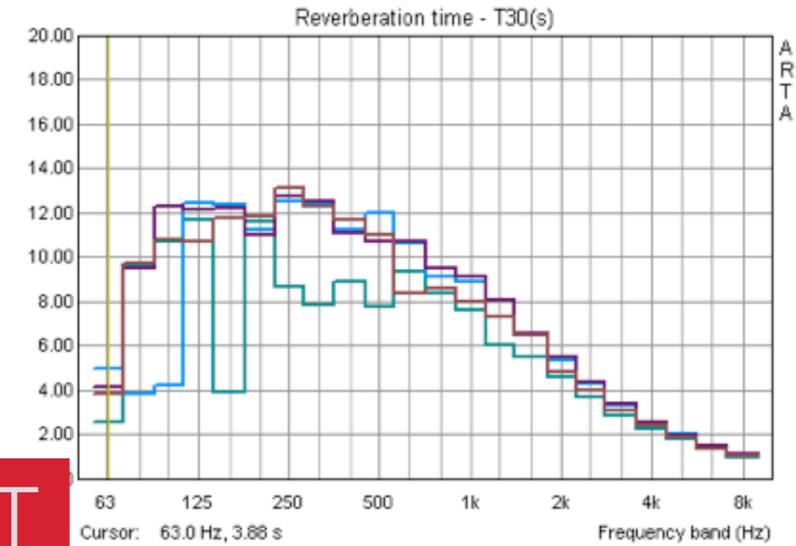
fenomeni di focalizzazione della cupola, strano fenomeno del soffitto

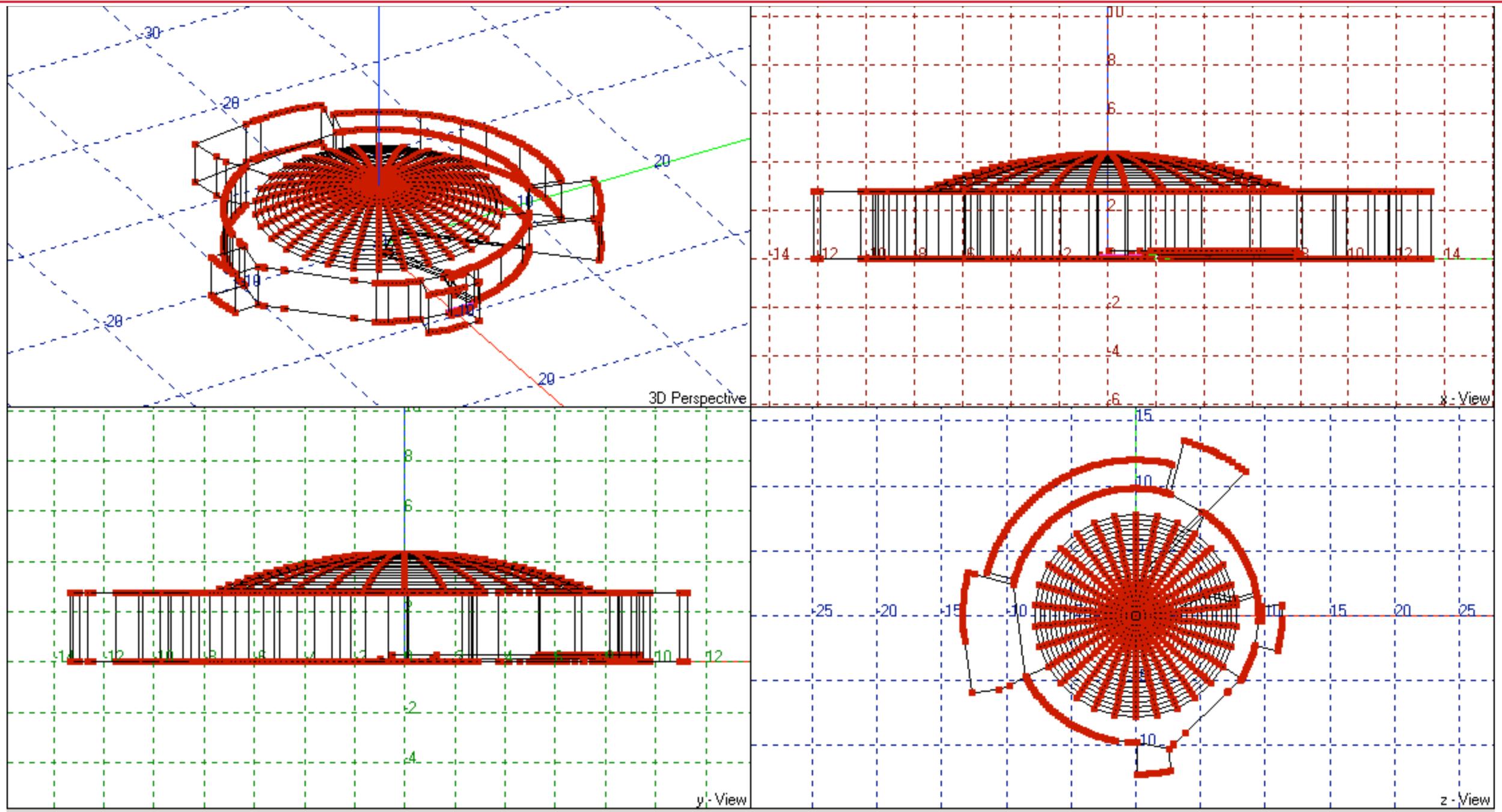
COLORE	PUNTO DI MISURA	
	ANTE OPERAM	POST OPERAM
1	1 m dal bordo cupola verso centro	davanti altare dx
2	2,5 m dal bordo cupola verso centro	davanti altare sx
3	5 m dal bordo cupola verso centro	fine cupola
4	7,5 m dal bordo cupola verso centro	appena sotto cupola



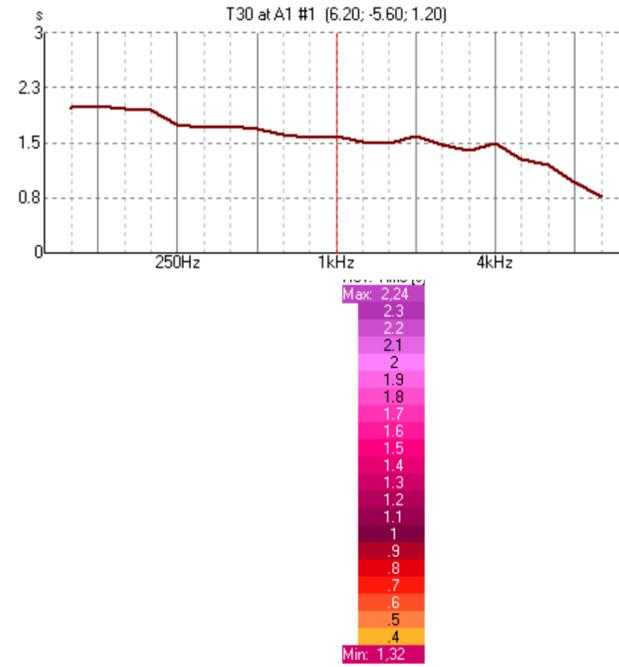
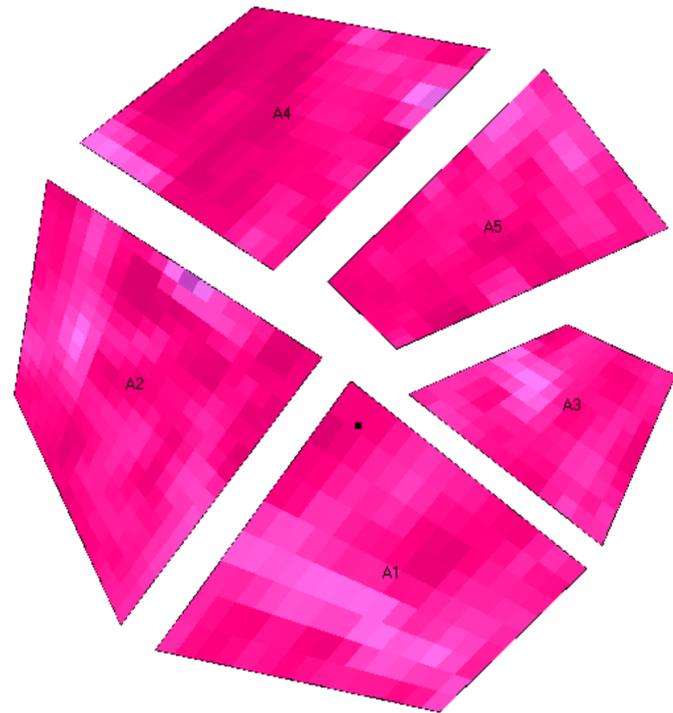
T30 di circa 12 s e EDT con punte di 20 s!!!  
...e non erano ancora chiuse le finestre...

Abbiamo verificato inoltre un fatto piuttosto interessante, ossia che il picco di riverberazione si spostava leggermente in frequenza tra le varie misure che abbiamo effettuato a distanze differenti dal centro della cupola (quello misurato sul bordo è più in basso di quello misurato al centro).

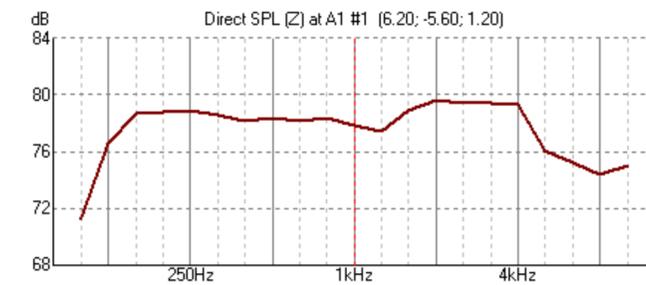
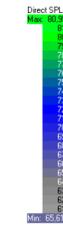
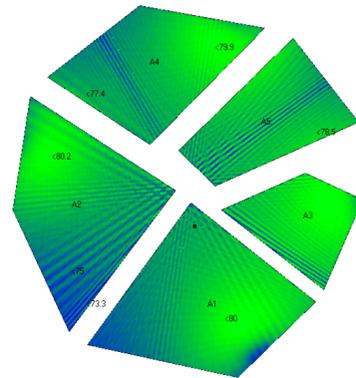
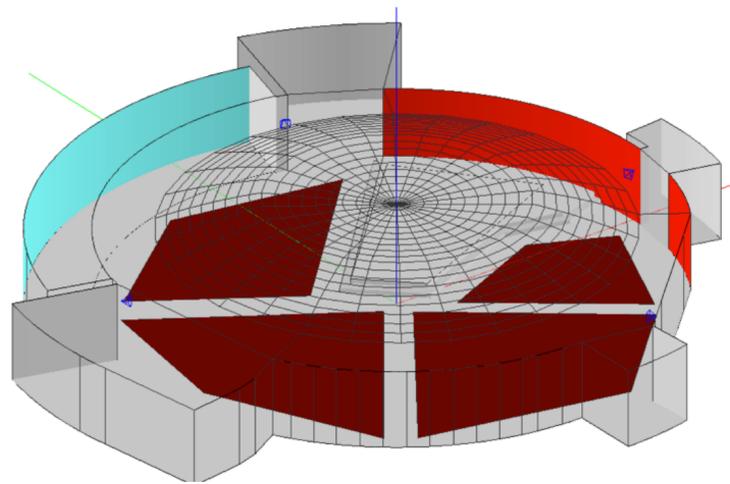
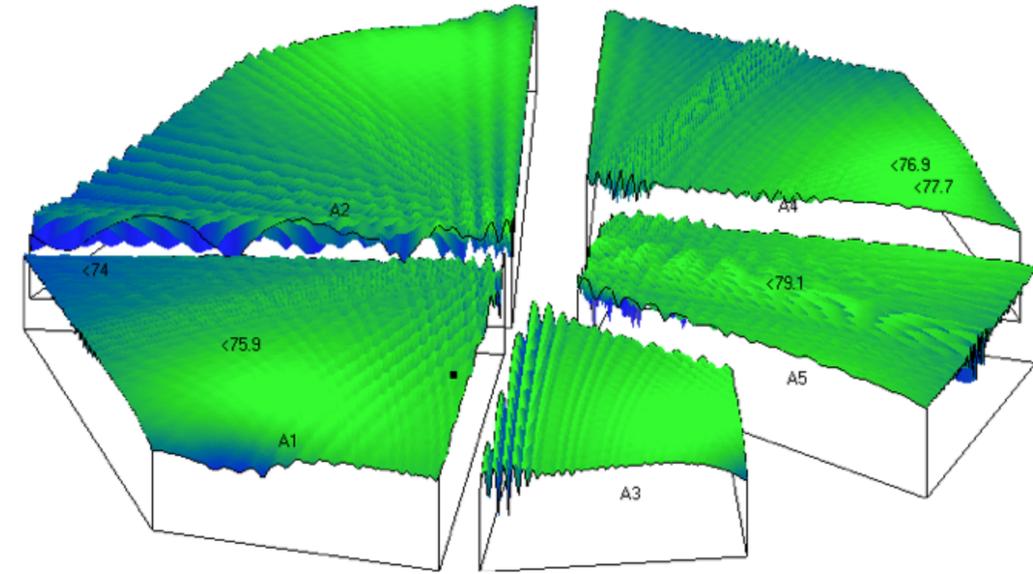




T30



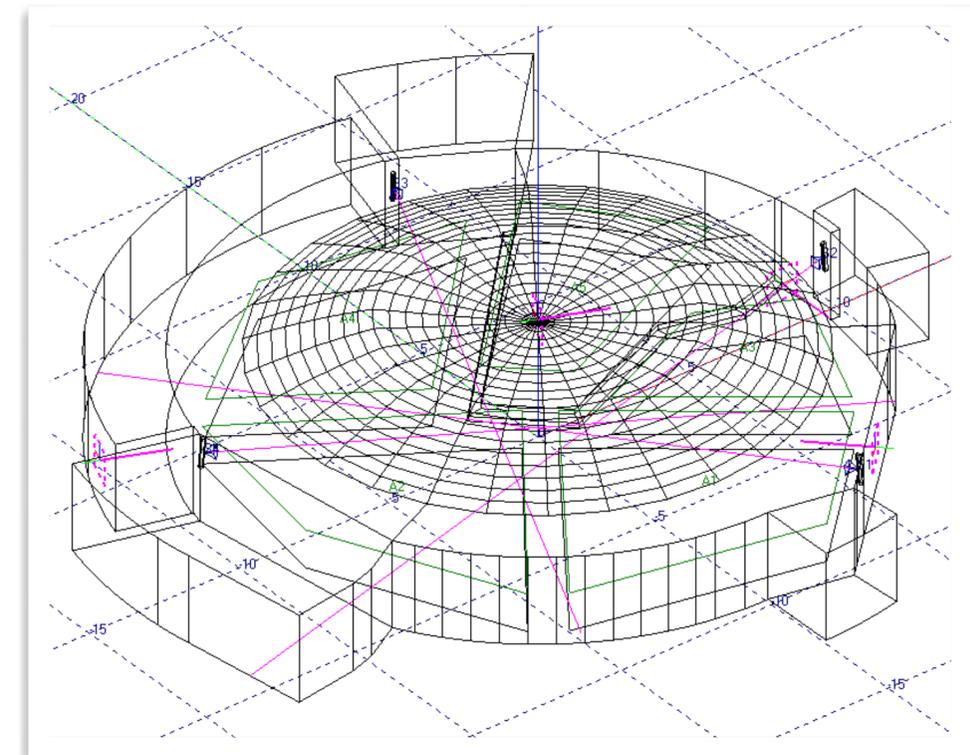
SPL@1000Hz



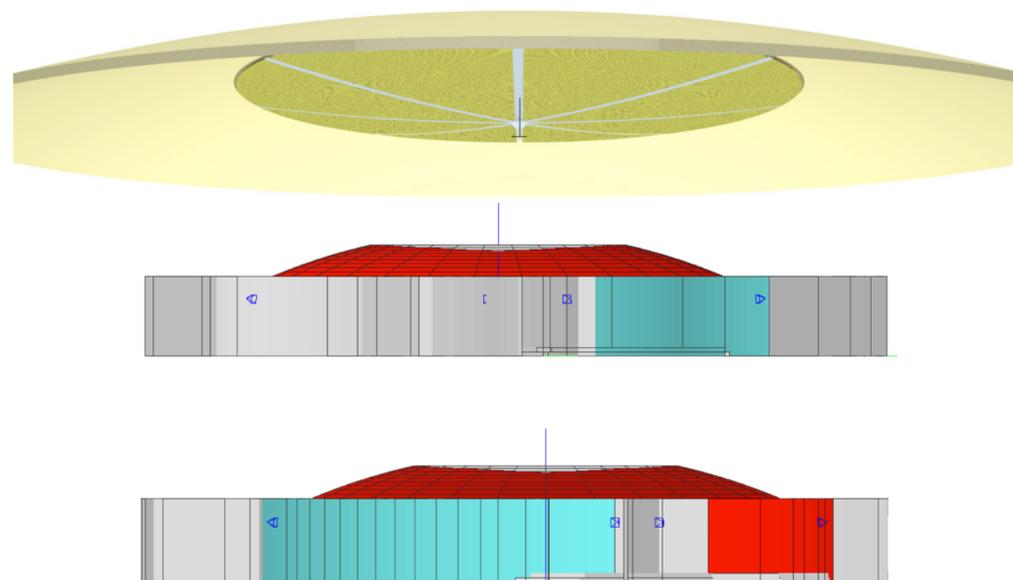
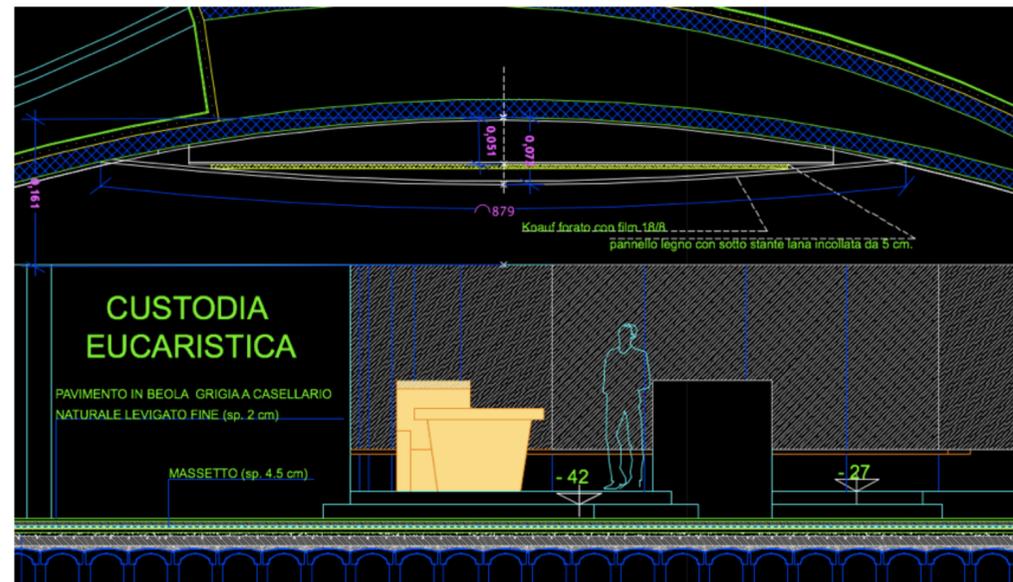


Gli altoparlanti scelti sono le JBL CBT 100LA (Line Array Column Loudspeaker with Sixteen 50 mm Drivers). Abbiamo effettuato questa scelta per la loro efficienza nel riprodurre il parlato, per lo stretto angolo di diffusione verticale (che è utile per non far lavorare la cupola in maniera negativa per il campo acustico) e per la facilità di inclinazione e montaggio.

Le casse sono state disposte in punti strategici e puntate con un angolo di 5° verso il basso per far sì che la cupola non influisca negativamente sull'acustica della chiesa. Nella figura accanto le linee rosa rappresentano il puntamento delle casse.

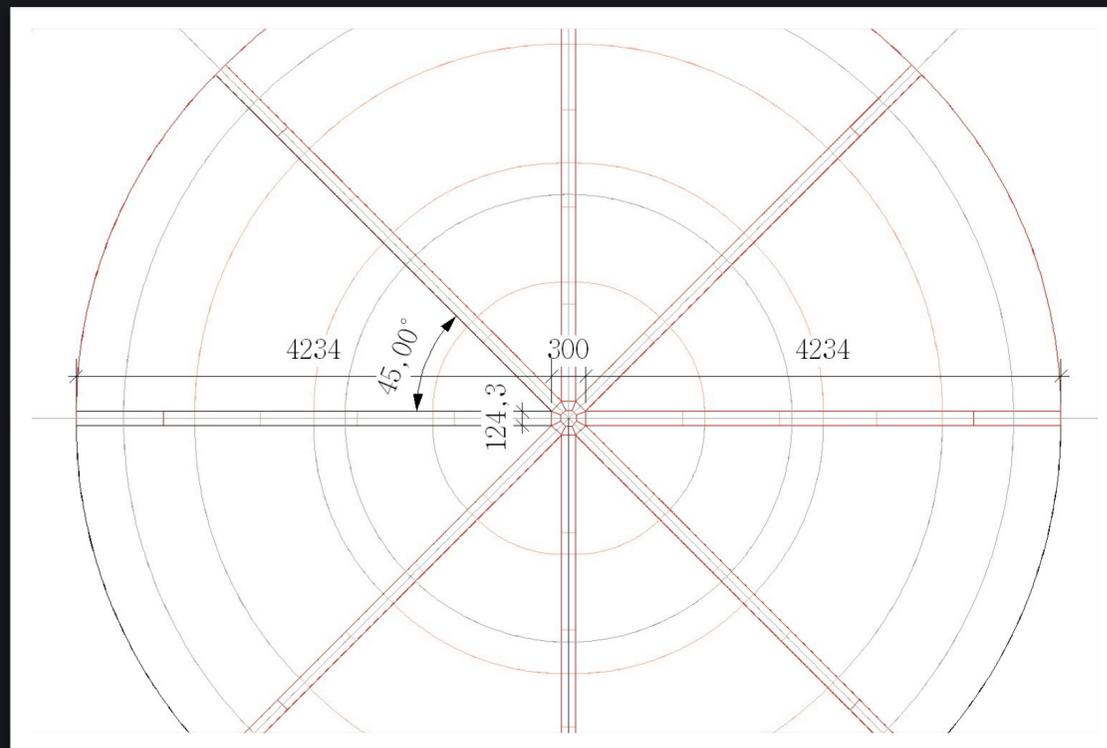


## La Correzione

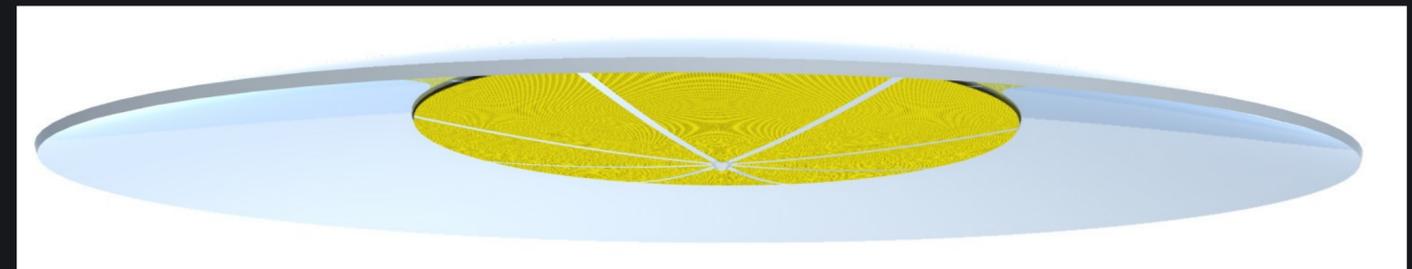


- A. Creazione di un controsoffitto a forma di cupola rovesciata dentro la cupola ("Controcupola"): il sistema funziona da trappola per le basse frequenze ed essendo una superficie convessa e non concava, diffonde il campo acustico con un angolo molto superiore a prima. L'interno della controcupola è riempito con materiale fonoassorbente (lana di vetro) e la superficie della controcupola è in legno forato con percentuale di foratura del 15%;
- B. rivestimento del resto delle pareti con intonaco fonoassorbente;
- C. scelta dell'impianto di diffusione acustica: JBL CBT100LA line array. Abbiamo effettuato questa scelta per la loro efficienza nel riprodurre il parlato, per lo stretto angolo di diffusione verticale (che è utile per non far lavorare la cupola in maniera negativa per il campo acustico) e per la facilità di inclinazione e montaggio. Abbiamo predisposto 4 di queste casse cercando il modo migliore per creare un campo acustico omogeneo in tutta la chiesa.

## Perché la controcupola?

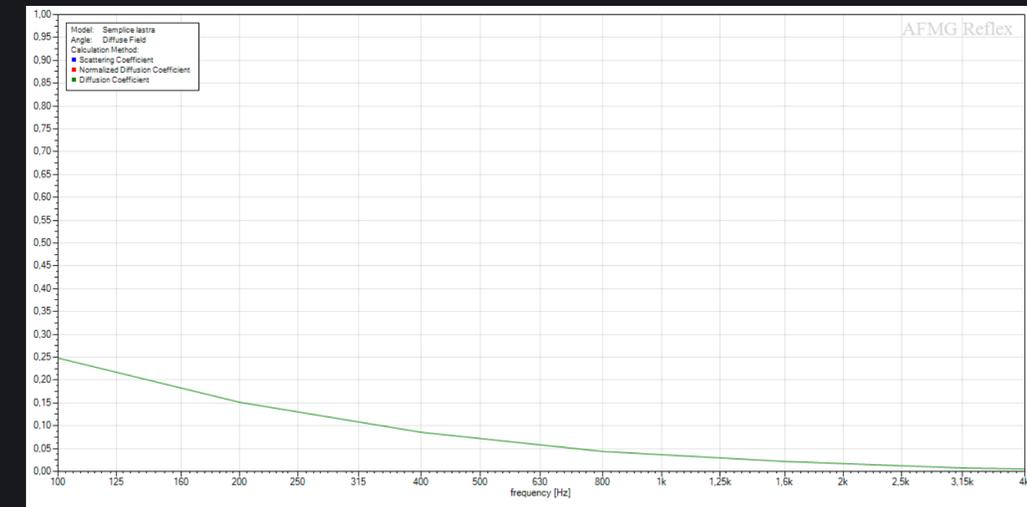
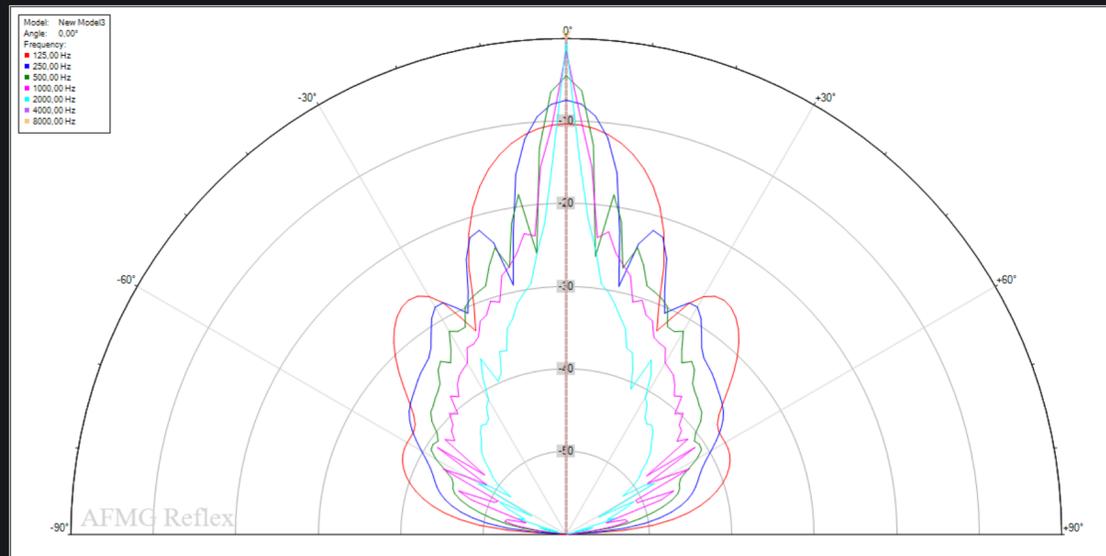


- A. L'esperienza degli studi di registrazione ci insegna che i flutter-echo sono molto fastidiosi e si creano non appena le superfici sono parallele (anche se in parte assorbenti come la controcupola).
- B. È stato poi studiato con Reflex AFMG il profilo e si notano le differenze nello scattering e nella diffusione sonora verso questo elemento.

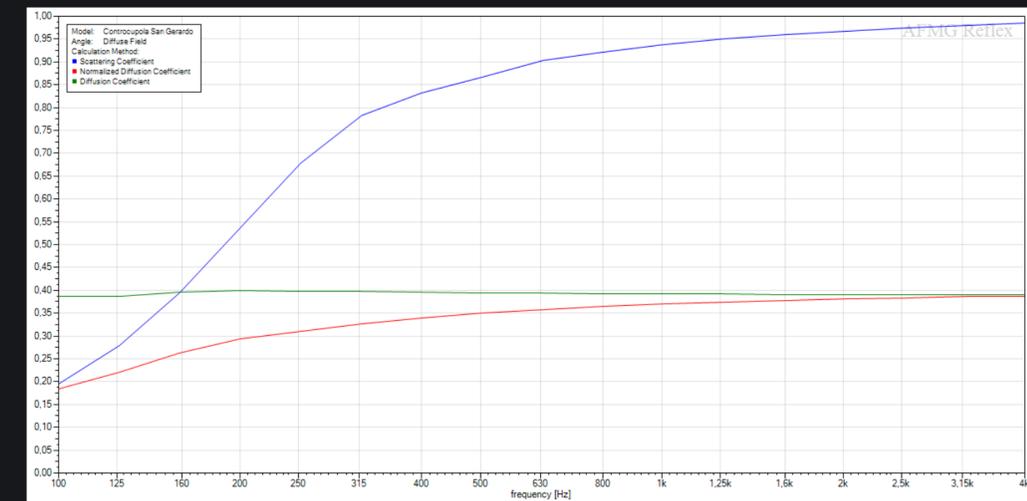
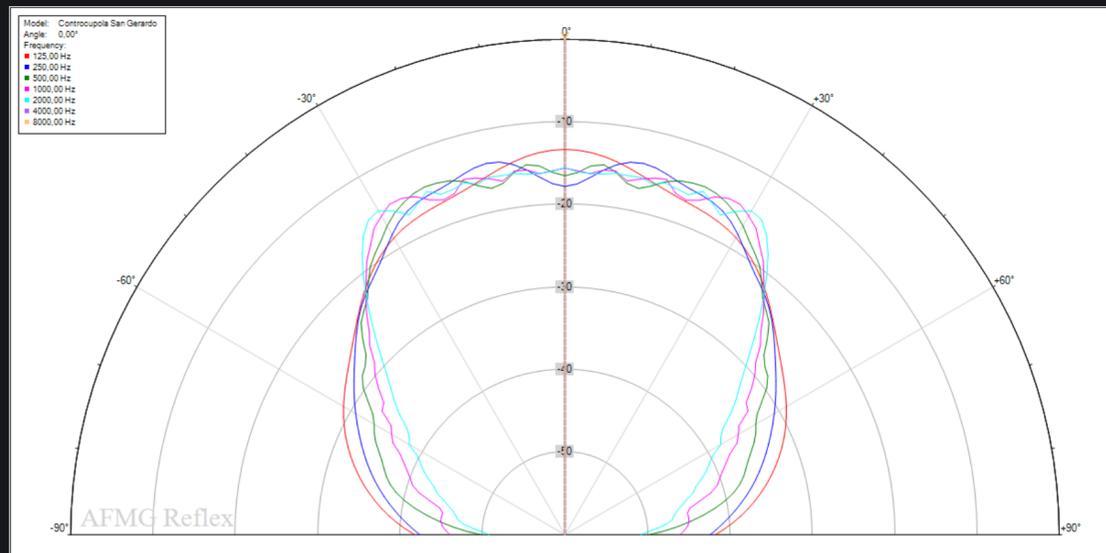


# Diffusione e scattering sulla controcupola

lastra normale



controcupola





controcupola costruita da Alberto Ferraris  
GGP Sound



Costruzione a terra del telaio in legno  
lamellare



Sospensione con tiranti



perno centrale e posizionamento fine



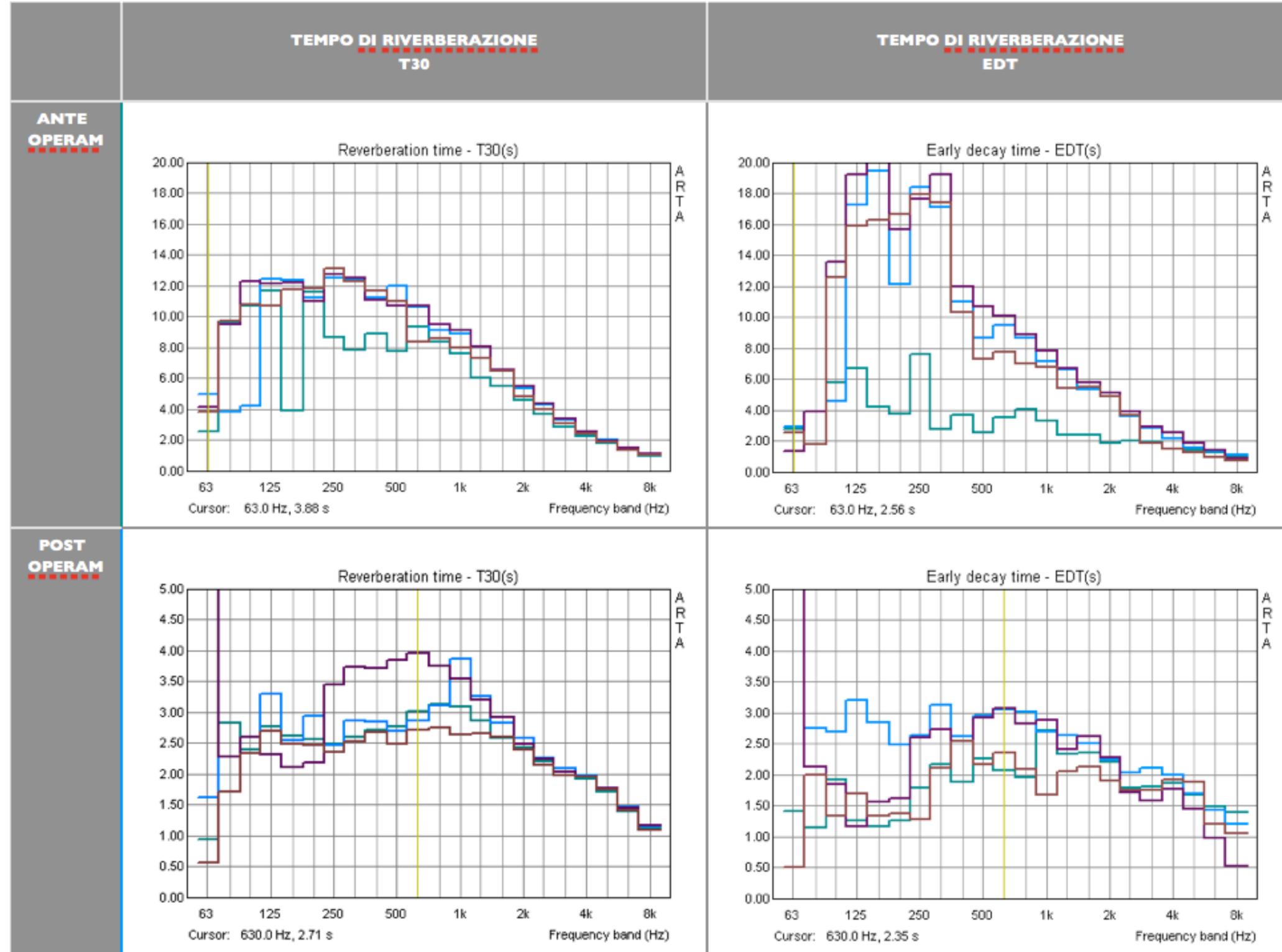
Applicazione delle lastre curvate e forate a pantografo



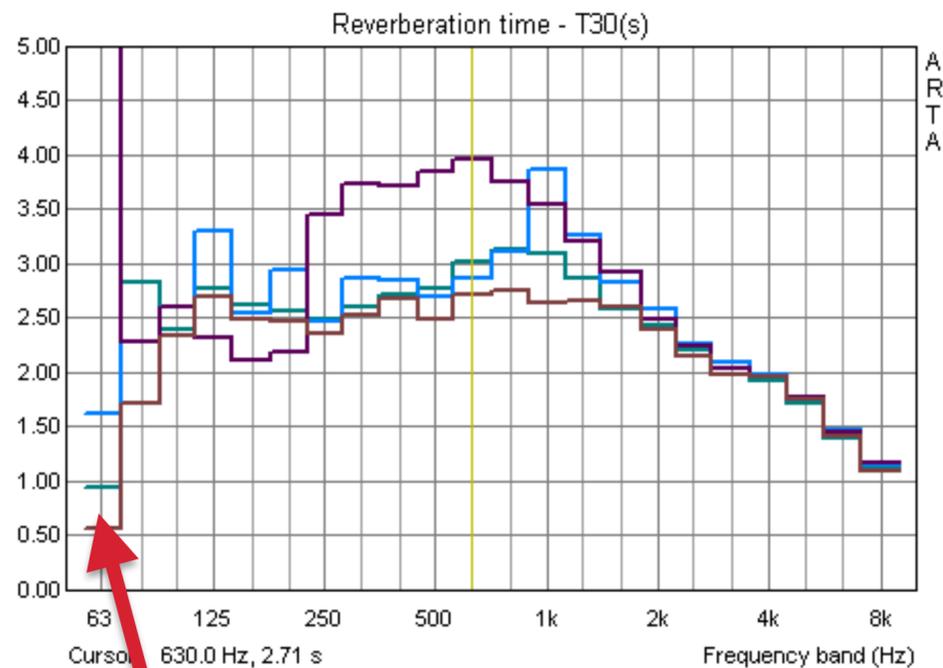
... ultimata la controcupola, mancano verniciatura e corpi illuminanti.

# Risultati

	STI		%Alcons	
	Ante operam	post opera	ante opera	post opera
1	0,40	0,56	19,50	8,72
2	0,38	0,61	22,00	6,87
3	0,30	0,58	33,20	7,61
4	0,35	0,58	25,60	8,36



## Il Tempo di Riverberazione



in questo range le misure sono poco attendibili perché effettuate con un sistema che arriva fino a 80 Hz.

- A. I risultati ottenuti dopo il trattamento di correzione acustica sono vicini al limite superiore del nostro range (sotto la cupola abbiamo valori @ 500 Hz di circa 2,5 s, l'unica eccezione è rappresentata dal punto di misura vicino alla porta che risentiva anche del fatto che il vano porta era aperto e quindi si apprezzava particolarmente la riverberazione proveniente dagli ambienti esterni).
- B. Va inoltre considerato che abbiamo misurato a sala vuota, senza né i fedeli né le panche, le sedute e gli arredi, quindi il risultato ottenuto sarà perfettamente in linea con i risultati simulati al CAD acustico (circa 1,8 ÷ 2,2 s @ 500 Hz).
- C. La colorazione della riverberazione tra l'altro è molto più naturale, con un buon bilanciamento tra frequenze medie e alte, mentre prima della correzione avevamo il massimo dell'energia sonora alle medio basse frequenze, che erano per la loro lunghezza d'onda quelle più enfatizzate dall'effetto "focalizzazione" della cupola, mentre le alte venivano smorzate e quindi ne risentiva l'intelligibilità del parlato.



controcupola e impianto audio JBL



intonaco fonoassorbente diasen

# Parrocchia Ospedaliera San Gerardo

Monza



# Auditorium della Fraternità di Romena Pratovecchio (AR)





L'auditorium è nato in una ex stalla, poi  
adibita a refettorio per la fraternità di  
Romena

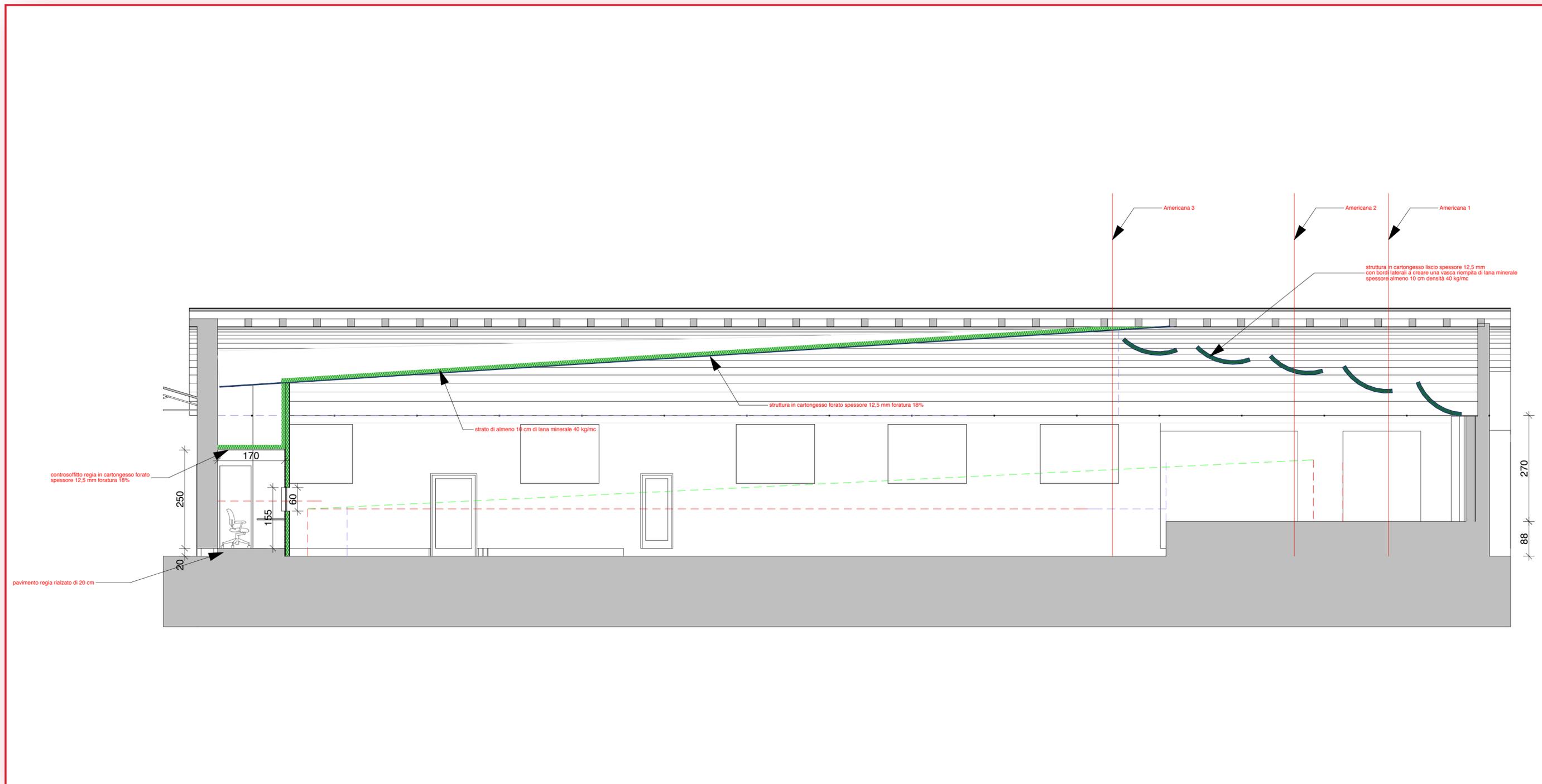


soffitto a volta in laterizio e pareti in pietra

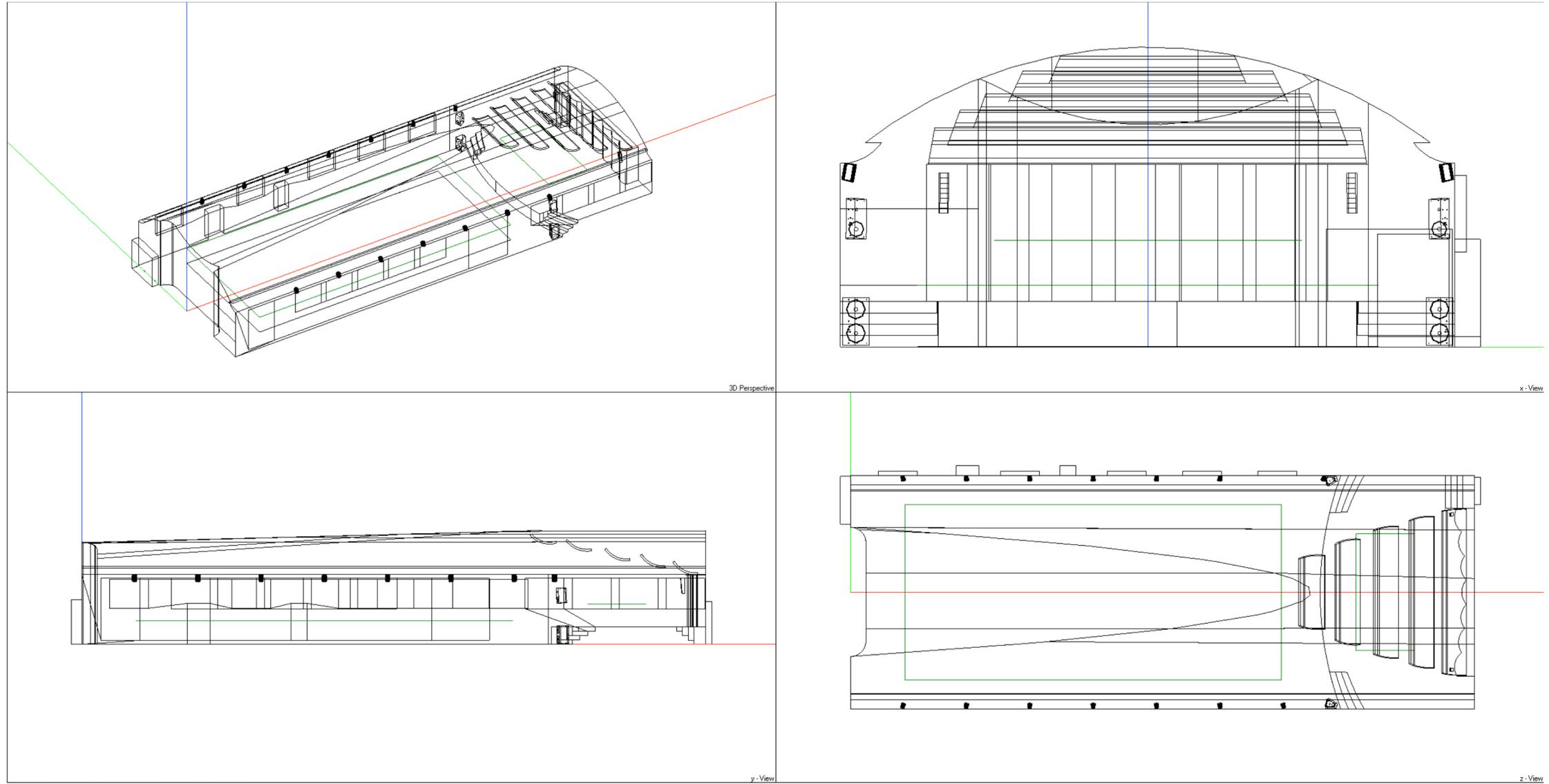
## Il lavoro a step

- A. Analisi dello stato di fatto → lunga riverberazione.
- B. Analisi dei materiali esistenti
  1. pietra (ok ma lavoro su intonaco x diffusione);
  2. laterizio su volta (problematico, necessita di correzione acustica);
  3. pavimento, da rifare;
  4. finestre (ok ma predisposizione di tendaggi per eventi con meno riverberazione).
- C. Acustica geometrica:
  1. canopy al soffitto;
  2. “controvolta” in cartongesso forato.
- D. Progettazione acustica interventi:
  1. modello previsionale al CAD acustico;
  2. scelta dei materiali ignifughi (la maggior parte dei quali in classe 0) per problemi di carico d'incendio del locale.

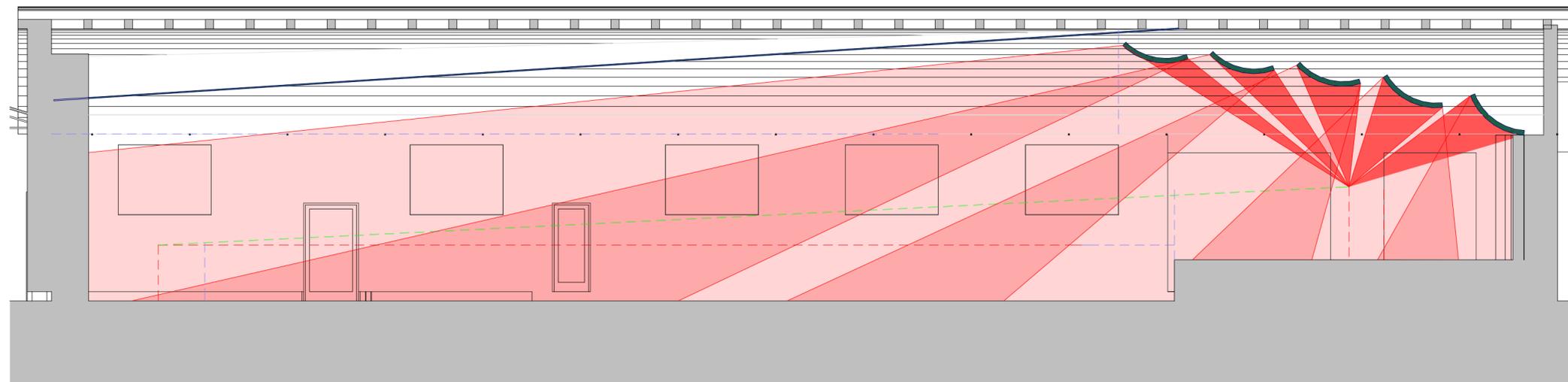




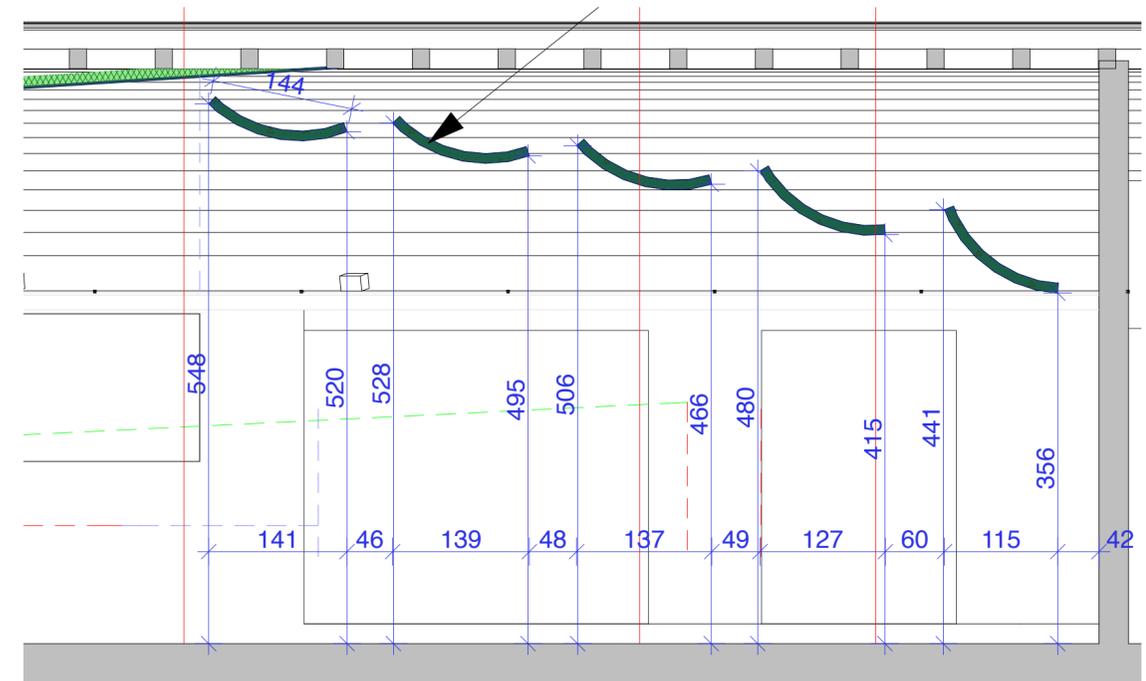
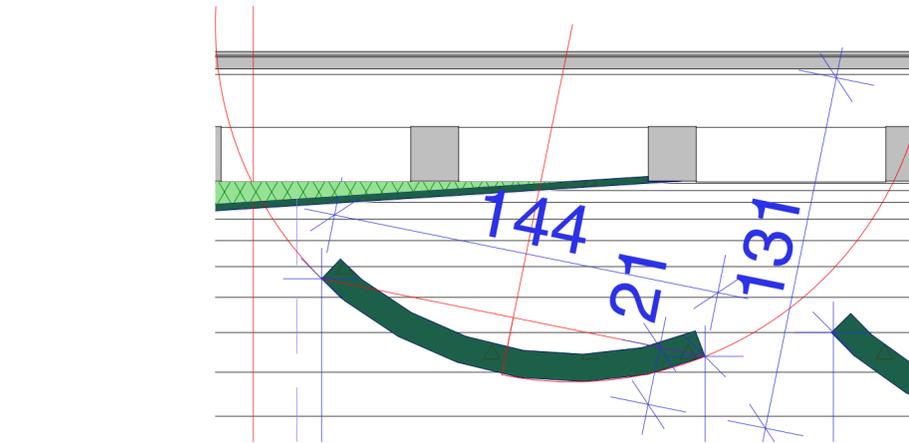
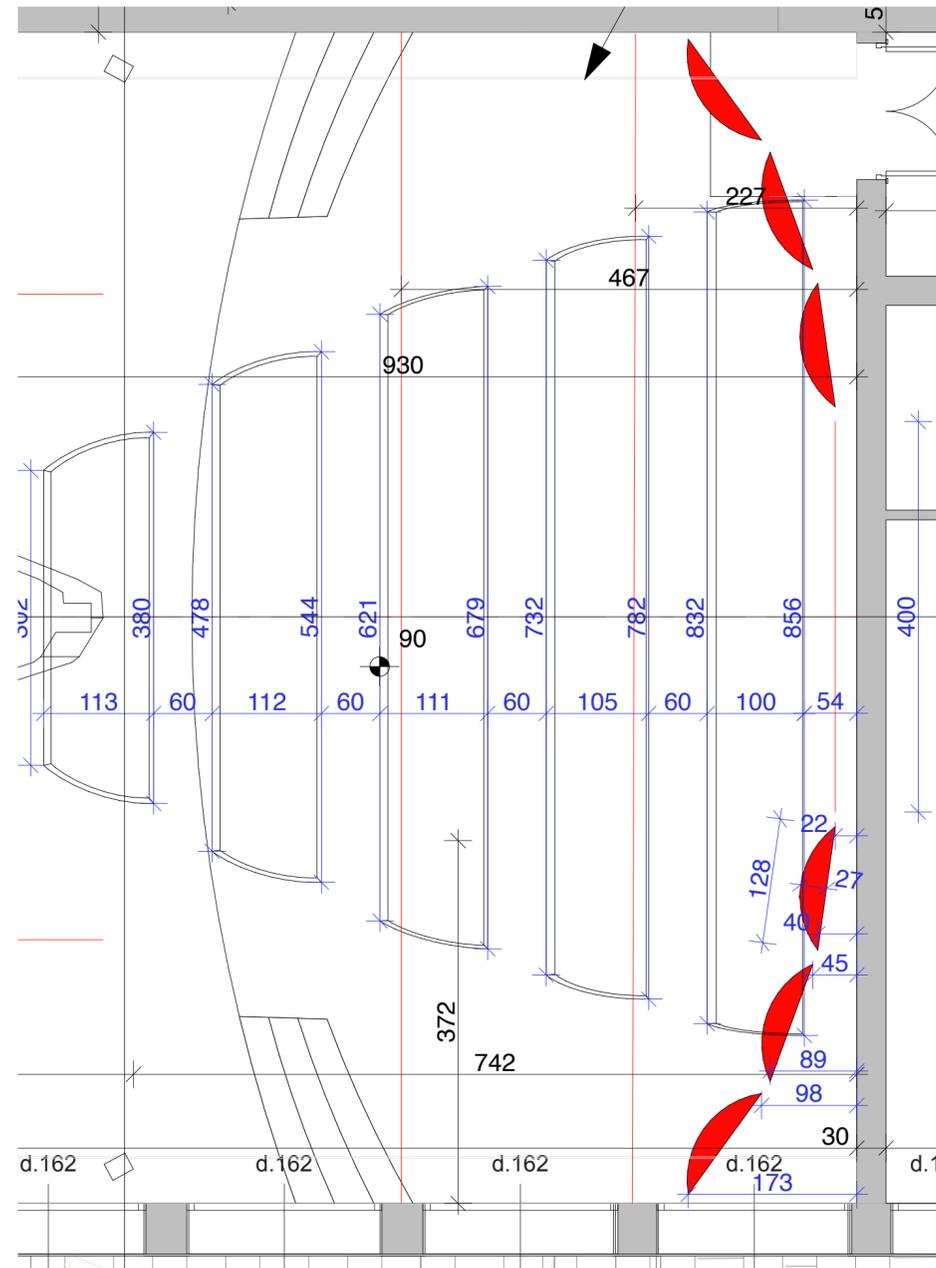
# Modello al CAD acustico



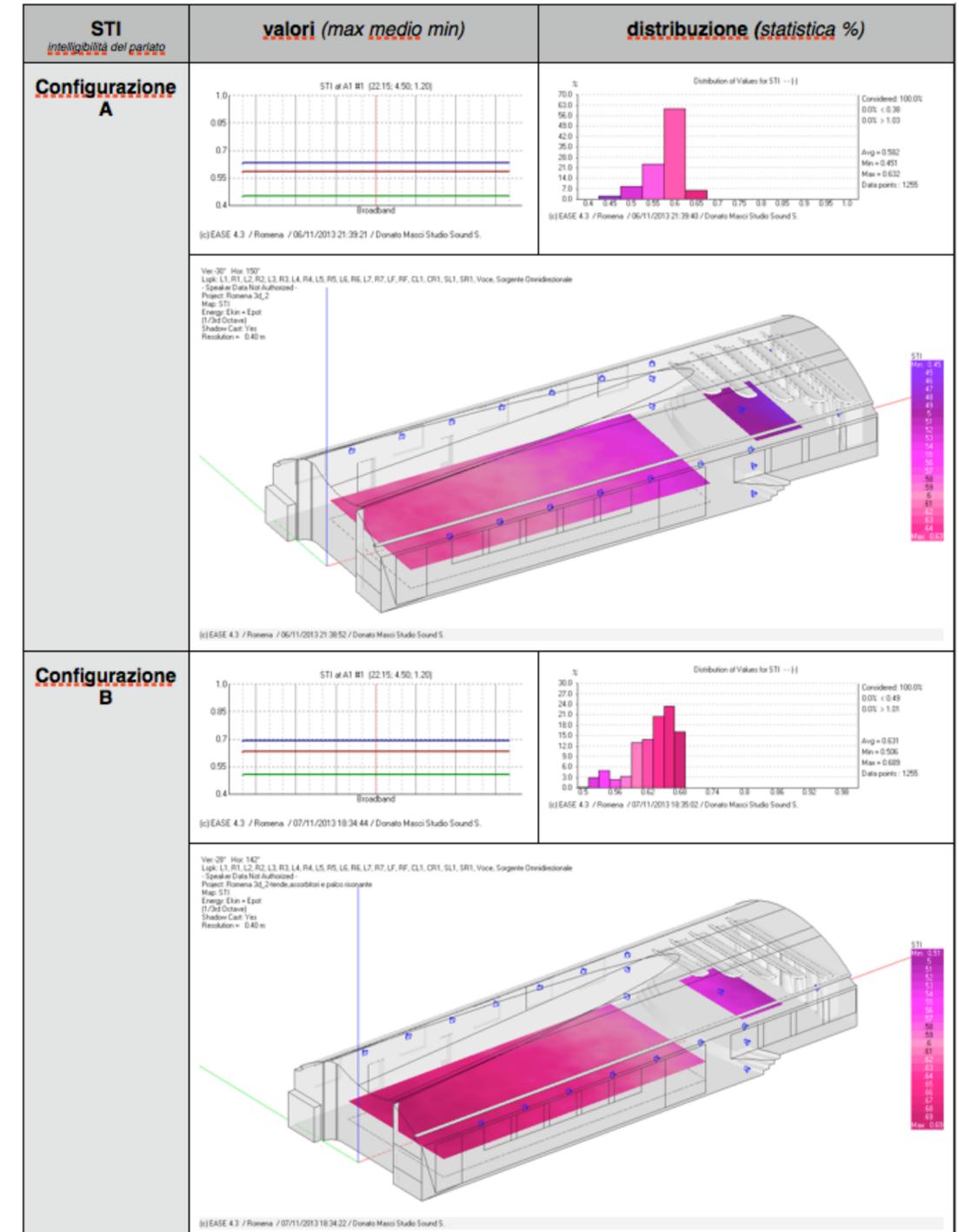
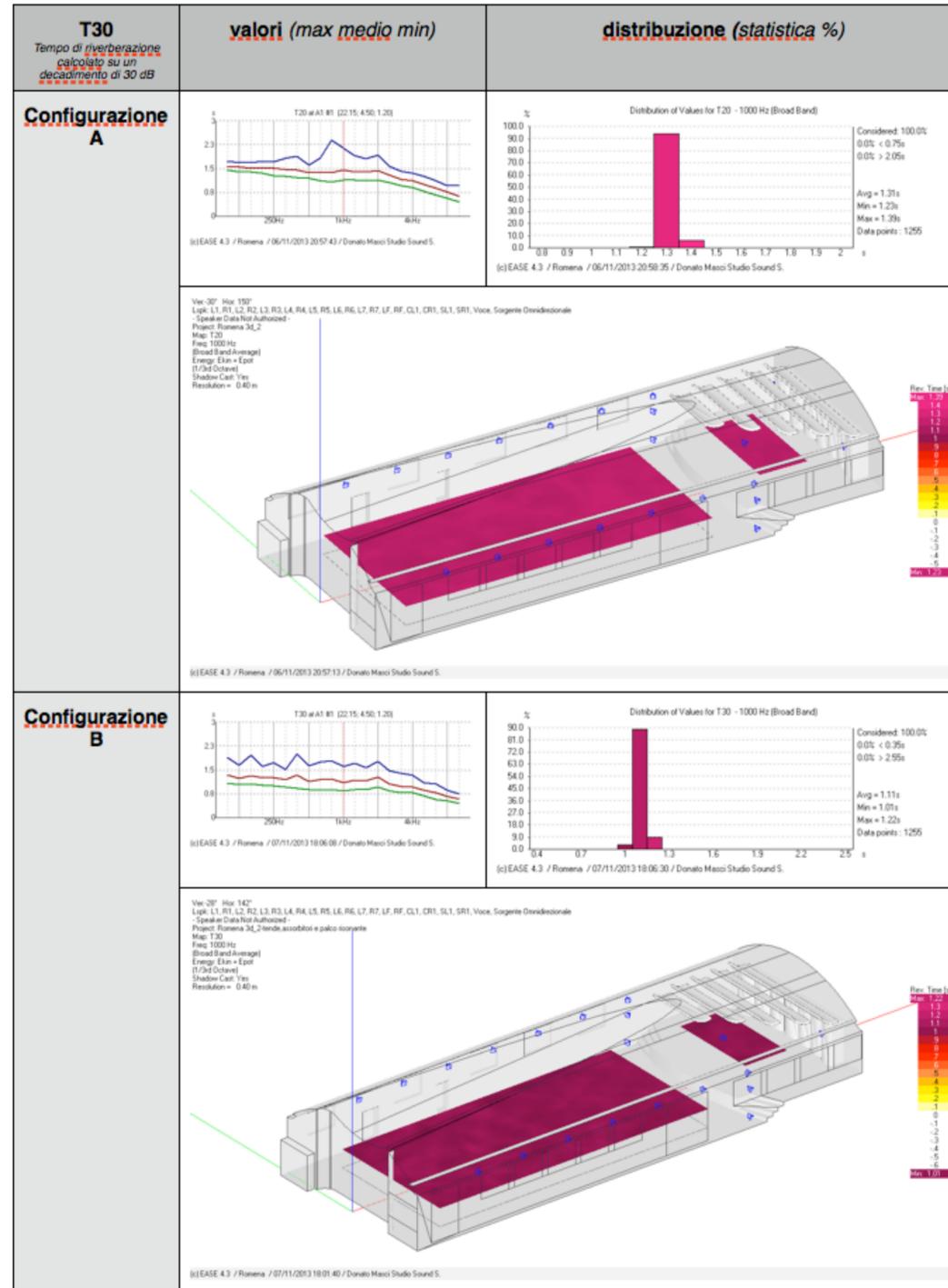
# Acustica Geometrica



# Camera acustica: voltine fondo palco, canopy



# Risultati al CAD acustico





abbiamo lasciato i materiali originali per  
rispetto verso la struttura



e abbiamo inserito delle correzioni  
integrate architettonicamente con  
materiali ignifughi



il palco è tecnologicamente evoluto per poter accogliere una conferenza, un reading, un concerto amplificato e un concerto acustico non amplificato

l'acustica del soffitto (e eventuali correzioni mobili laterali e sul retro a formare una "camera acustica") permettono l'amplificazione naturale di sorgenti acustiche come un'orchestra



anche le basse frequenze dei  
contrabbassi e violoncelli sono facilmente  
percepibili nell'ambiente

il retro è completamente proiettabile



una sala tecnologicamente avanzata in un ambiente tradizionale e antico, che funziona bene per la correzione acustica studiata ad hoc



le sedute sono completamente mobili e riarrangiabili per diverse tipologie di evento



**STUDIO  
SOUND  
SERVICE**

# Grazie!

**PDF Presentation Download**

[studiosoundservice.com/it/education](https://studiosoundservice.com/it/education)

**Contacts**

[info@studiosoundservice.com](mailto:info@studiosoundservice.com)

[studiosoundservice.com](https://studiosoundservice.com)