

**Affidamento in «Concessione mediante project financing del servizio di assistenza passeggeri e di Stazione Marittima nel porto di Ravenna, nonché delle aree per la realizzazione e gestione della nuova Stazione Marittima e degli altri beni strumentali e/o complementari alla prestazione del suddetto servizio da realizzare sulla banchina crociere di Porto Corsini (RA) e aree demaniali adiacenti»**

**CUP: C61B21002130003 - CIG: 8709330E77 – CUI L92033190395202100009**

**Progetto Esecutivo – Relazione Comfort Acustico**



## Committente



## Progettista Definitivo ed Esecutivo



### Atelier(S) Alfonso Femia / AF517

55 rue des petites Ecuries 75010 Paris  
tel. +33 1 42 46 28 94

[paris@atelierfemia.com](mailto:paris@atelierfemia.com)

via interiano 3/11 16124 Genova

tel. +39 010 54 00 95

[genova@atelierfemia.com](mailto:genova@atelierfemia.com)

via cadolini 32/38 20137 Milano

tel. +39 02 54 01 97 01

[milano@atelierfemia.com](mailto:milano@atelierfemia.com)

#### Lead Architect

Simonetta Cenci, Alfonso Femia

Project Manager

Carola Picasso

Design Team

Stefania Bracco, Francesca Raffaella Pirrello, Sara Traverso,

Fabio Marchiori, Alessandro Bellus, Simone Giglio,

Fernando Cannata

Responsabile progettazione prevenzione incendi

#### AFC Srl

Ing. Antonio Corbo

[antonio.corbo@afcsrl.it](mailto:antonio.corbo@afcsrl.it)

[www.afcsrl.it](http://www.afcsrl.it)

#### Immagini

##### DIORAMA

DIORAMA Paris & Atelier(s) Alfonso Femia  
modello 3d e visualizzazioni

#### Paesaggio

##### ARCHITETTURA E PAESAGGIO MICHELANGELO PUGLIESE

STUDIO DI ARCHITETTURA E PAESAGGIO  
Arch. Michelangelo Pugliese  
Landscape architect PhD

#### Acustica

##### ACU.TO

Arch. Chiara Devecchi



### Rina Consulting S.p.A.

Via Cecchi, 6 – 16129 GENOVA – ITALIA

tel. +39 010 31961

[info@rina.org](mailto:info@rina.org)

<http://www.rinagroup.org>

#### Technical Director

Alessandro Odasso

Project Manager

Antonio De Ferrari, Alessandra Canale

Investment Analyst

Cristina Migliaro

Structural Engineers

Alaeddine Fatnassi, Simone Caffè, Alex Riolfo (AREA)

Geotechnical Engineers

Roberto Pedone, Luca Buraschi, Veronica Minardi (CEAS)

Sustainability, Energy Efficiency, LEED

Fabrizio Tavaroli, Eva Raggi

MEP

Diego Rattazzi, Andrea Guerra, Fabio Mantelli, Igor Ruscelli

Roads and Parkings

Nunzio Piscichio, Andrea Marengo

Environment

Pierluigi Guiso

H&S

Federico Barabino

Security

Giovanni Napoli, Davide Zanardi

BIM Manager

Fabio Figini, Michela Cirelli

#### Legal

Avv. Luigi Cocchi

Rev	Data	Verificato	Approvato	Oggetto Revisione
1	17/10/2022	ANTDE	ALEOD	

## INDICE

	Pag.	
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>I DESCRITTORI DELLA QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI</b>	<b>7</b>
2.1	TEMPO DI RIVERBERAZIONE	8
2.1.1	Valori di riferimento	8
2.2	DISTRIBUZIONE DEL LIVELLO SONORO	9
2.2.1	Metodi di qualificazione	9
2.3	LA FORMA DEGLI AMBIENTI: GLI ECHI MULTIPLI	10
2.4	INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO STI	11
2.4.1	Metodi di qualificazione per gli ambienti ordinari: comunicazioni tra presenti	12
2.4.2	Metodi di qualificazione per i grandi ambienti: intelligibilità del parlato per gli impianti di diffusione sonora ed EVAC	13
<b>3</b>	<b>METODI DI CALCOLO</b>	<b>15</b>
3.1	RIFERIMENTI NORMATIVI / METODI DI CALCOLO	15
3.2	VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ ACUSTICA: GRANDI AMBIENTI	15
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ACUSTICO: AMBIENTI ORDINARI</b>	<b>18</b>
4.1	TRATTAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI DEL PIANO TERRA	20
4.2	QUALIFICAZIONE DELLO STATO DI FATTO	20
4.3	QUALIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI CON I TRATTAMENTI ACUSTICI	25
4.3.1	Commento ai risultati conseguiti negli ambienti del piano terra	31
4.4	TRATTAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI DEL PIANO PRIMO	32
4.5	QUALIFICAZIONE DELLO STATO DI FATTO	33
4.6	QUALIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI CON I TRATTAMENTI ACUSTICI	39
4.6.1	<i>Commento ai risultati conseguiti negli ambienti del piano primo</i>	50
4.7	TRATTAMENTO ACUSTICO DELLE AREE ESTERNE	50
<b>5</b>	<b>VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ACUSTICO: GRANDI AMBIENTI</b>	<b>53</b>
5.1	EDIFICIO TERMINAL PIANO TERRA, AREA RITIRO BAGAGLI	53
5.1.1	Progetto: Intervento senza trattamenti acustici	54
5.1.2	Variante di progetto_inserimento trattamenti acustici	55
5.1.3	Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)	57
5.1.4	Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza	59
5.2	EDIFICIO TERMINAL PIANO TERRA, DROP-OFF AREA	60
5.2.1	Progetto: Intervento senza trattamenti acustici	61
5.2.2	<i>Variante di progetto_inserimento trattamenti acustici (soffitto)</i>	62
5.2.3	Variante di progetto_inserimento trattamenti acustici (soffitto+parete)	65
5.2.4	Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)	68
5.2.5	Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza	69
5.3	EDIFICIO TERMINAL PIANO TERRA, LOBBY AREA	71
5.3.1	Progetto: Intervento senza trattamenti acustici	72
5.3.2	Variante di progetto_inserimento trattamenti acustici (soffitto + pareti)	73
5.3.3	Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)	76
5.3.4	Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza	78

## Relazione Comfort Acustico

5.4	EDIFICIO TERMINAL PIANO PRIMO, AREA CHECK-IN	79
5.4.1	Progetto: Intervento senza trattamenti acustici	80
5.4.2	Variante di progetto 1_inserimento trattamenti acustici	81
5.4.3	Variante di progetto 2_inserimento trattamenti acustici (soffitto + zona desk)	84
5.4.4	Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)	86
5.4.5	Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza	87
5.5	EDIFICIO TERMINAL PIANO PRIMO, SALE ATTESA	89
5.5.1	Progetto: Intervento senza trattamenti acustici	89
5.5.2	Variante di progetto_inserimento trattamenti acustici	91
5.5.3	Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)	93
5.5.4	Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza	95
5.6	EDIFICIO TERMINAL PIANO PRIMO, AREE IMBARCO	96
5.6.1	Progetto: Intervento senza trattamenti acustici	97
5.6.2	Variante di progetto_inserimento trattamenti acustici	98
5.6.3	Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)	100
5.6.4	Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza	102
<b>6</b>	<b>DETTAGLI ACUSTICI</b>	<b>104</b>
6.1	EDIFICIO TERMINAL, TRATTAMENTO ACUSTICO LUCERNAI	104
6.2	EDIFICIO TERMINAL, LOCALI TECNICI: RIDUZIONE DEL RUMORE TRASMESSO PER VIA AEREA PRODOTTO DALLE MACCHINE	109
6.3	EDIFICIO TERMINAL, COMPARTIMENTAZIONI TRA LE AREE: RIDUZIONE DEL RUMORE PER TRASMISSIONE INDIRETTA TRA AREE TECNICHE E AMBIENTI DI VITA	112
<b>7</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>117</b>

# 1 PREMESSA

La presente relazione, redatta dagli scriventi Arch. Chiara Devecchi ed Ing. Paolo Onali, ha come obiettivo la valutazione del livello di comfort acustico degli ambienti della nuova stazione marittima nell'area limitrofa alla banchina crociere di Porto Corsini, sita nell'area del Porto di Ravenna.

L'obiettivo del lavoro è la riduzione del disturbo dovuto alla difficoltà di utilizzo degli ambienti del piano terra e del piano primo, prodotto essenzialmente da attività contemporanee per la presenza di sorgenti sonore (es vociare di persone nei diversi spazi, impianto di diffusione sonora, etc.) che esaltano le criticità dovute alle caratteristiche degli spazi (caratteristiche dimensionali, tipologia di trattamenti delle superfici e connessioni fra le aree)

In sintesi, al fine di massimizzare il comfort interno degli spazi, deve essere:

- **ottimizzato il comfort acustico dei singoli ambienti** che si esplicita nel controllo del tempo di riverberazione, quindi, con l'inserimento di unità fonoassorbenti;
- **ridotta la percezione di riverberazione e la presenza di echi multipli**, ossia devono essere individuate le superfici più significative, che determinano riflessioni multiple, per ottimizzare l'assorbimento dell'energia sonora
- **ridotta la percezione di disturbo reciproco**, influenzata dai punti precedenti e dovuta, come detto, a particolari riflessioni del suono che si propagano nelle diverse aree.

Tali aspetti, tra l'altro, determinano un beneficio complessivo anche in relazione alla riduzione del rumore di fondo presente negli ambienti, generato essenzialmente dagli impianti tecnologici e, in generale, dalla presenza di attività antropiche.

Nello specifico, il presente lavoro è strutturato come segue, in funzione della tipologia di ambiente:

- **AMBIENTI ORDINARI** (locali con volume totale inferiore a 1.000 m<sup>3</sup>), sono state effettuate le seguenti analisi:
  - Verifica del tempo di riverberazione;
  - Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: comunicazioni tra presenti;
- **GRANDI AMBIENTI** (locali con volume totale superiore a 1.000 m<sup>3</sup>), sono state effettuate le seguenti analisi:
  - Verifica del tempo di riverberazione;
  - Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza;
  - Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni).

I documenti di riferimento alla base delle valutazioni sono riportati negli elaborati di Figura 1, Figura 2 e Figura 3) relativamente al piano terreno e del piano primo della nuova stazione come da elaborati forniti.

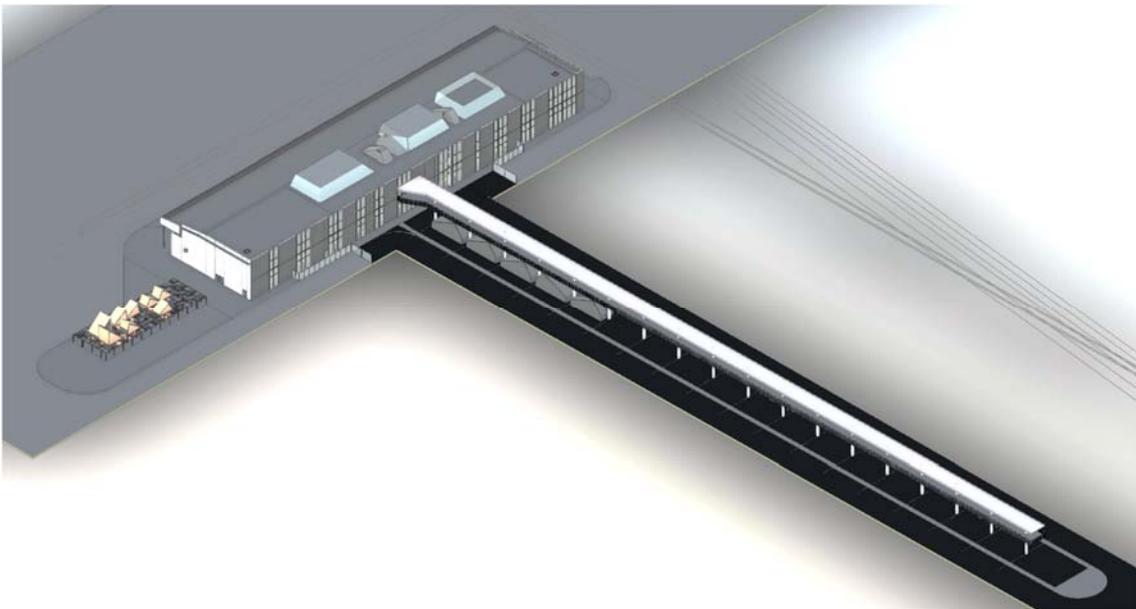


Figura 1 – Nuova stazione marittima, Porto Corsini banchina crociere (rif. P0024375-PE-ARC- M2-  
TERMINAL.rvt)



Figura 2 - Pianta piano terra

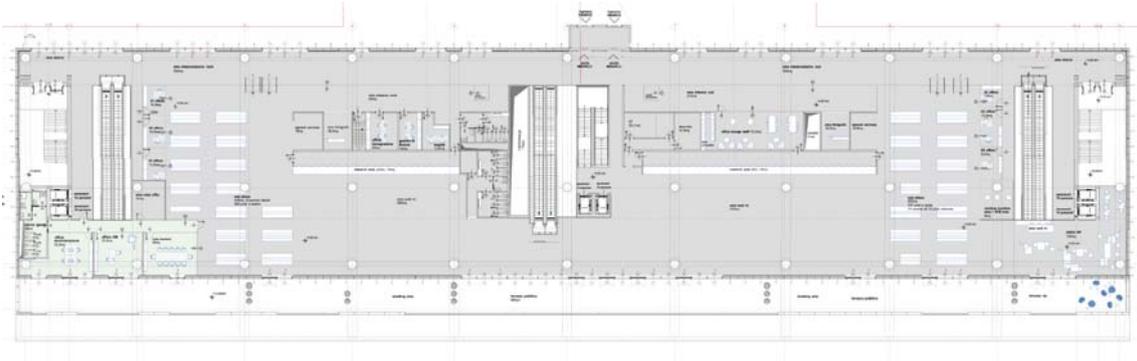


Figura 3 - Pianta piano primo

Nel seguito, dopo un breve riferimento ai descrittori acustici ed ai metodi di calcolo adottati, verranno illustrati i risultati dello studio in relazione agli indici di valutazione considerati.

## 2 I DESCRITTORI DELLA QUALITÀ ACUSTICA DEGLI AMBIENTI

È oggi riconosciuto che il disagio acustico produce stress ed affaticamento d'ascolto che è in parte collegato alla bassa qualità di un ambiente sonoro: scopo dei trattamenti acustici progettati è stato quello di considerare la "qualità acustica" come parametro compreso nel processo di progettazione degli spazi considerati.

La qualità acustica che determina il comfort di una sala non è definita unicamente attraverso il tempo di riverberazione, esso, pur costituendo uno dei più importanti descrittori della qualità acustica, se non correlato ad altri parametri, non è sufficiente a creare le condizioni di un buon ascolto della parola e della voce. Infatti, per la valutazione dell'acustica di ambienti come uffici, sale riunioni e, soprattutto delle "grandi aree" del terminal (ritiro bagagli, check-in, etc.), tali spazi sono valutati mediante parametri acustici che rendono oggettiva la percezione soggettiva del suono in un ambiente confinato quali:

- **Risposta all'impulso:** i modelli di previsione basati su modello tridimensionale consentono, per gli ambienti più complessi (grandi ambienti, connessioni tra piani, etc.) di determinare la risposta dell'ambiente ad un'eccitazione sonora (risposte all'impulso) e, da essa, la valutazione dell'ecogramma sonoro mediante l'analisi di:
  1. **Suono diretto:** il primo suono prodotto da una sorgente sonora che raggiunge gli altri occupanti dell'ambiente senza essere riflesso da superfici oppure ostacolato da oggetti.
  2. **Prime riflessioni:** le riflessioni prodotte dalle superfici dell'ambiente che arrivano con un certo ritardo e intensità dopo il suono diretto.
  3. **Riflessioni successive e diffuse:** coda della risposta all'impulso prodotta dalle successive riflessioni e diffusi delle superfici.
- **Tempo di riverberazione:** grandezza che quantifica la riverberazione di un ambiente.
- **Livello di pressione sonora /propagazione del campo sonoro:** i parametri acustici in ambienti controllati nei diversi punti nello spazio di ascolto, ovvero la qualità della sala non varia al variare della posizione dell'ascoltatore nell'ambiente. Tuttavia, per gli scopi del presente lavoro, il campo sonoro deve essere limitato agli ambienti in cui si origina per ridurre la sensazione di disturbo reciproco fra le aree.
- **Intelligibilità del parlato (STI):** il concetto alla base della valutazione della comprensione della parola STI (Speech Transmission Index), è dato dalla prova che chiunque può effettuare quando si ripetono delle frasi o semplicemente si pronunciano delle parole e chi ascolta è in grado o meno di riconoscerle. La percentuale di parole correttamente riconosciute è proporzionale al livello di comprensione della parola.

Nel presente lavoro, come detto, per la valutazione previsionale degli indici di prestazione acustica, sono state utilizzate diverse tecniche, comprendenti il calcolo basato su metodi normativi in relazione ad "ambienti ordinari" e analisi basate sulla determinazione della risposta all'impulso in relazione agli ambienti più complessi (Figura 4).

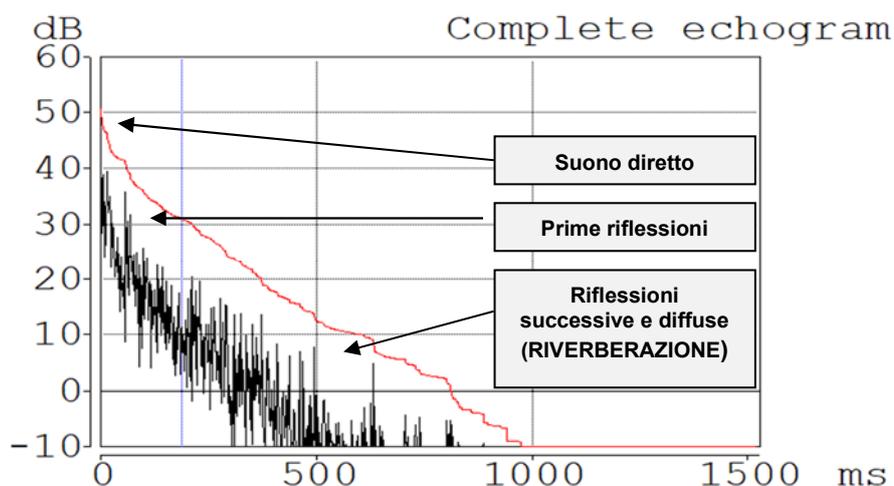


Figura 4- Ecogramma della risposta all'impulso - indicazione delle riflessioni principali

## Relazione Comfort Acustico

La risposta all'impulso fornisce, quindi, il metodo per il calcolo dei parametri acustici degli spazi analizzati, descritti nei paragrafi seguenti.

### 2.1 TEMPO DI RIVERBERAZIONE

L'origine degli studi dell'acustica degli ambienti confinati è dovuta a Sabine, che mise in relazione:

- le **caratteristiche geometriche** (volume V, superficie S);
- le **caratteristiche fisiche** (coefficienti di assorbimento "alfa" dei materiali che costituiscono l'ambiente. I coefficienti alfa possono avere valori compresi tra 0,00 per i materiali riflettenti e 1,00 per i materiali completamente assorbenti);
- il **tempo di riverberazione** è il tempo che un suono prodotto da una sorgente sonora (rumore, parlato o musica), dal momento in cui essa viene spenta, impiega per ridursi di 60 dB (ovvero di un milione di volte l'intensità sonora iniziale).

La formula è la seguente:

$$RT60 = 0,161 \frac{V}{S \cdot \alpha}, \text{ in secondi} \quad [1]$$

Questo parametro definisce la relazione di proporzionalità inversa tra tempo di riverberazione e le unità assorbenti: il valore di RT60 si riduce se vengono aggiunti nell'ambiente materiali che hanno proprietà fonoassorbenti elevate (prossime ad  $\alpha=1,00$ ): ne consegue che l'inserimento di particolari materiali può variare significativamente i valori del RT60.

La norma ISO 3382-1 (2009) definisce più specificatamente il tempo di riverberazione T30 (ovvero T20), che rappresenta la misura dell'intervallo temporale nel quale il livello sonoro si riduce di 30 dB (ovvero 20 dB) passando dal valore di -5 dB rispetto al livello del suono diretto fino a -35 dB (ovvero -25 dB) riferito al livello del suono diretto.

Si precisa che il parametro T30 (ovvero T20) risulta rilevabile efficacemente nella quasi totalità dei casi reali, per i quali invece il valore di RT60 richiederebbe un valore di rumore di fondo eccessivamente basso (a rigore 60 dB inferiore al livello sonoro prodotto dall'esplosione oppure dal rumore). In generale, i valori di RT60 e T30 (ovvero T20) sono identici.

La percezione legata alla riverberazione è proporzionale alla sensazione di confusione tra diversi suoni e tale effetto può manifestarsi con riduzione dell'intelligibilità del parlato (per le comunicazioni tra presenti) oppure con il disturbo reciproco tra aree adiacenti, come, ad esempio nel primo piano tra l'area check-in e la sala.

#### 2.1.1 Valori di riferimento

Nel caso in oggetto, i valori di riferimento sono i seguenti (ipotesi: ambienti vuoti e non occupati da persone) che sono stati definiti a seguito della progettazione dei trattamenti acustici che verranno realizzati:

- |  |        |
|--|--------|
| a) Tempo di riverberazione medio "grandi ambienti"<br>1.000m <sup>3</sup> <Volume<8.000 m <sup>3</sup> : | T<1,0s |
| b) Tempo di riverberazione medio per uffici, sale riunioni   | T<0,6s |
| c) Tempo di riverberazione medio per corridoi, scale   | T<1,3s |

i punti b) e c) sono dedotti dalle tipologie indicate nella norma UNI 11532:2014 "Acustica in edilizia – caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati"

In Tabella 1 sono indicati i "grandi ambienti", si precisa che il volume complessivo è stimato dalla superficie in pianta indicata negli elaborati e dall'altezza dedotta dalle sezioni.

**Tabella 1 - Elenco “grandi ambienti” (Volume complessivo uguale o maggiore di 1.000 m<sup>3</sup>)**

Piano	Luogo	Volume
		[m <sup>3</sup> ]
Piano Terra	Area Ritiro bagagli (1550m <sup>2</sup> )	7.300
Piano Terra	Drop off area (240 m <sup>2</sup> )	1.200
Piano Terra	Lobby area (675 m <sup>2</sup> )	3.200
Piano Terra	Area Ritiro bagagli (1350 m <sup>2</sup> )	6.300
Piano Terra	Area Imbarco-Sbarco-NORD, SUD (300 m <sup>2</sup> )	1.000
Piano Terra	Sala-Attesa (445m <sup>2</sup> )/(452 m <sup>2</sup> )	1.500
Piano Terra	Area-Check-in (362 m <sup>2</sup> )	1.200
Piano Terra	Area-Check-in (530 m <sup>2</sup> )	1.800

## 2.2 DISTRIBUZIONE DEL LIVELLO SONORO

L'inserimento di opportuni elementi “correttivi” (superfici acusticamente assorbenti) influenza, come visto, i valori del tempo di riverberazione e contemporaneamente il campo sonoro nello spazio analizzato.

Le eventuali ipotesi di trattamento acustico riflettono l'esigenza di controllo del campo sonoro nell'ambiente, sia in relazione al contributo diretto, che si riduce allontanandosi dalla sorgente, sia in relazione al contributo riverberato, che ha un valore più piccolo via via che si introducono unità fonoassorbenti. Si conclude che, se un ambiente funziona “correttamente”, la riduzione del livello sonoro per distanze sempre maggiori dalla sorgente sonora (lontane dal campo diretto) non è significativa e, soprattutto, non è funzione della posizione della sorgente sonora.

Quindi, risulta fondamentale, per soddisfare l'obiettivo di ridurre l'energia del campo diffuso, l'inserimento di unità fonoassorbenti sulle superfici più significative. Infine, per verificare se i trattamenti ipotizzati lavorano in modo adeguato i contributi diretto e riverberato si possono prevedere teoricamente e, soprattutto, confrontare con i livelli calcolati mediante il software di calcolo per differenti sorgenti di rumore collocato e per tutti i ricettori posti nelle differenti aree.

### 2.2.1 Metodi di qualificazione

Per la quantificazione dell'efficacia dei trattamenti acustici, nel presente lavoro sono utilizzati alcuni parametri definiti negli standard ISO 3382-3 / norma francese NFS 31-080, che definiscono metodi e utilizzati per determinare previsionamente la qualità acustica degli Open Space e, in generale, ambienti non ordinari quali

- ufficio individuale,
- sala riunioni,
- open office,
- spazi comuni,
- zona relax.

I parametri considerati nell'ambito di questa analisi sono:

- il **Livello del rumore di fondo** (livello di pressione sonora in bande di ottava, durante l'attività dello spazio non causato dal personale - impianti tecnologici: è una media spaziale sui punti ricettore);
- lo **Spettro della voce normale** (livello di pressione sonora in bande di ottava emesso da un parlatore con sforzo vocale "normale");
- il **Decadimento spaziale del parlato D2S** (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);

- il **Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m  $L_{p,A,S,4m}$**  (livello di pressione sonora prodotto da una sorgente sonora omnidirezionale con livello di voce normale, determinata dalla regressione di una serie di punti di misura);
- la **Distanza di distrazione  $r_0$**  (distanza del parlatore dove l'indice  $STI < 0,50$ ); **Distanza di privacy  $r_p$**  (distanza dal parlatore dove l'indice  $STI < 0,20$ ).

### 2.3 LA FORMA DEGLI AMBIENTI: GLI ECHI MULTIPLI

La forma geometrica degli ambienti può contribuire alla creazione di echi multipli (*Flutter echoes*) tra superfici opposte parallele. Tali superfici, se non adeguatamente trattate, possono generare la percezione di echi distinti e peggiorare i valori del tempo di riverberazione. La riduzione di questi effetti avviene attraverso la scelta ed il corretto posizionamento delle superfici fonoassorbenti e acusticamente diffondenti.

A titolo di esempio, nelle immagini seguenti si indicano alcune superfici suscettibili che possono produrre riflessioni significative:

- Figura 5 – Edificio terminal, piano primo check-in area/sala attesa: soffitto in cui sono stati evidenziati gli elementi suscettibili di generare riflessioni multiple
- Figura 6 – Edificio terminal, piano terra drop-off area: pareti in cui sono stati evidenziati gli elementi suscettibili di generare riflessioni multiple

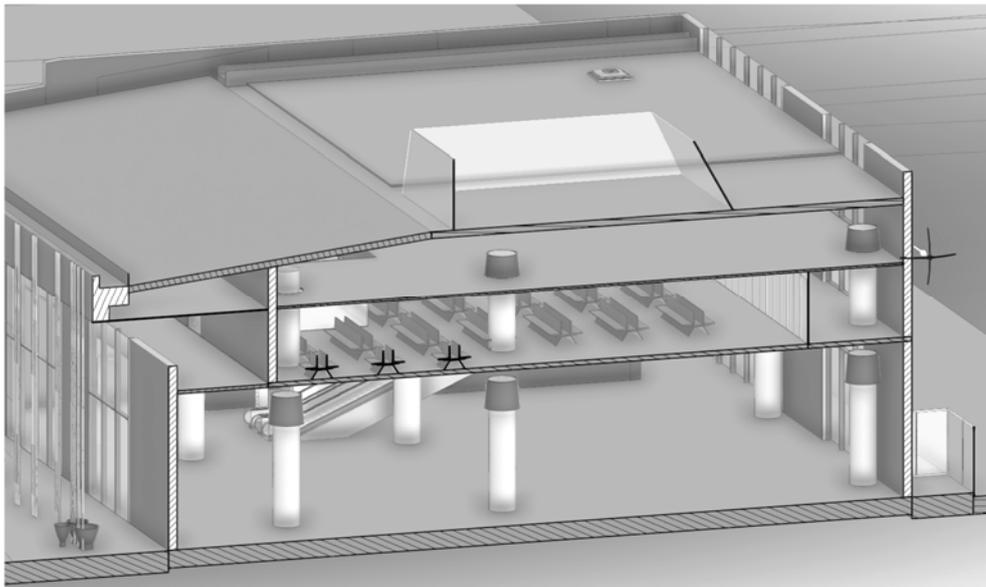
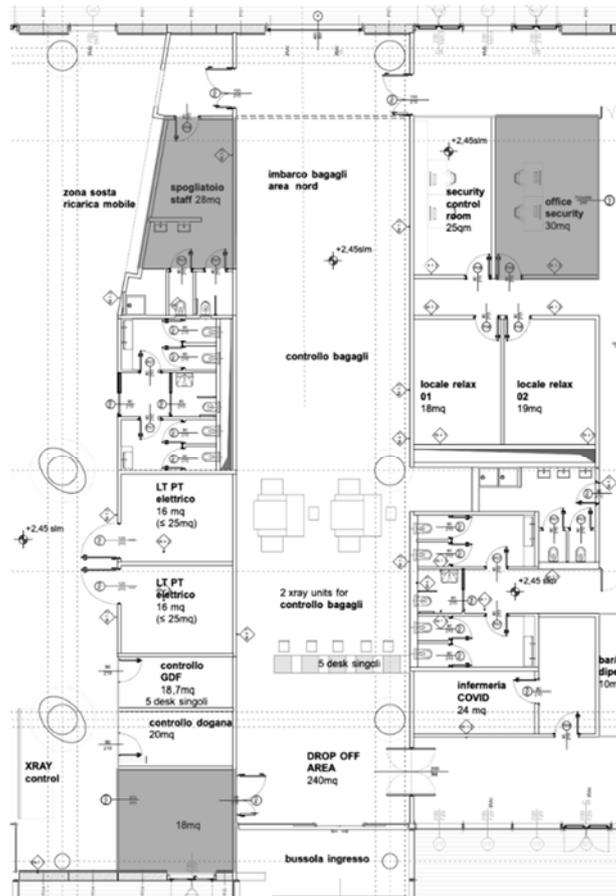


Figura 5 – Edificio terminal, piano primo check-in area/sala attesa: soffitto in cui sono stati evidenziati gli elementi suscettibili di generare riflessioni multiple



**Figura 6 – Edificio terminal, piano terra drop-off area: pareti in cui sono stati evidenziati gli elementi suscettibili di generare riflessioni multiple**

L'analisi della presenza di riflessioni multiple (echi) sarà effettuata, in relazione ai grandi ambienti, mediante il calcolo previsionale con il software di simulazione.

Qualora emergessero criticità, diventerà necessario definire interventi di mitigazione, che si realizzano, in generale, con l'apposizione di elementi fonoassorbenti e/o riflettori nelle parti alte dello spazio, in modo tale che l'emergere delle riflessioni a maggior energia sia attenuata, o sia diretta verso aree meno sensibili al disturbo prodotto dalla presenza di persone nelle differenti zone.

La forma e le caratteristiche fisiche specifiche dei materiali da attribuire a tali superfici sarà oggetto di analisi specifica riportata nei paragrafi seguenti.

## 2.4 INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO STI

Il concetto alla base della valutazione della comprensione della parola è dato da una prova che chiunque può effettuare, quando ripetendo delle frasi, o semplicemente pronunciando delle parole, nella posizione occupata dall'oratore, chi ascolta deve essere in grado di riconoscerle. La percentuale di parole correttamente riconosciute è proporzionale al livello intelligibilità.

Il concetto esposto è formalizzato mediante l'indice STI (*Speech Intelligibility Index*, definito dalla norma IEC 60268 – 16) che correla la misura del numero delle parole riconosciute in rapporto al numero totale di parole pronunciate:

## Relazione Comfort Acustico

il campo di valori che può assumere è compreso tra zero, per il quale si ha una cattiva comprensione della parola (ambiente che con le riflessioni contribuisce ad un mascheramento continuo dei fonemi pronunciati da un oratore), fino ad un massimo di uno per il quale si ha una perfetta intelligibilità.

I fattori che influenzano e che possono degradare l'indice STI (intelligibilità del parlato) sono:

- Il **tempo di riverberazione**. È correlato alla percezione di rimbombo ed è legato alle proprietà fisiche globali della sala: le scelte progettuali relative alle forme e ai materiali impiegati modificano profondamente la qualità della sala in relazione a questo termine. La misura di questa grandezza è definita secondo i metodi contenuti nella norma ISO 3382.
- Il **rumore di fondo**. Gli impianti tecnologici, il disturbo proveniente da aule adiacenti o dai corridoi ed eventuali altre sorgenti presenti nei locali adiacenti possono essere considerati elementi potenzialmente disturbanti. Infatti, le emissioni sonore e le vibrazioni che si possono propagare per via strutturale riducono rapidamente la comprensione della parola in ambienti dove è fondamentale avere un ridotto rumore di fondo. In particolare, con riferimento al rumore di fondo, il termine di paragone è funzione della tipologia di rumore presente (impianto a ciclo continuo, presenza di componenti tonali o impulsive, etc.) ed esistono differenti criteri in letteratura per quantificare il disturbo in termini di difficoltà di concentrazione o sensazione di fastidio come le curve *Noise Criteria*, *Room Criteria*, etc.

I fattori sopra elencati hanno una diretta influenza sull'indice di comprensione della parola STI che contempla in un unico numero tali diversi aspetti.

L'indice STI fornisce inoltre, in alcuni casi, la base per la valutazione e per la scelta relativa alle caratteristiche dell'impianto di diffusione sonora. Aspetti come la direttività, la potenza e il posizionamento dei diffusori possono risultare estremamente critici in ambiente acusticamente "difficili" ossia carenti per gli aspetti sopra indicati.

Nella Tabella 2 si riporta la corrispondenza tra indice STI e la relativa fascia di valutazione della comprensione del parlato secondo quanto indicato nell'Annesso A della norma ISO 9921 "Ergonomia - Valutazione della comunicazione verbale".

**Tabella 2 (ISO 9921) Indice STI e fascia di valutazione della comprensione del parlato**

Fascia di valutazione	STI
Eccellente	> 0,75
Buono	0,60 – 0,75
Accettabile	0,45 – 0,60
Scarso	0,30 – 0,45
Cattivo	< 0,30

### 2.4.1 Metodi di qualificazione per gli ambienti ordinari: comunicazioni tra presenti

Lo scenario "comunicazioni tra presenti" si basa sull'ipotesi di normale attività negli ambienti ordinari (uffici, sale controllo, etc.).

Si determina il livello di comprensione della parola, sulla base dei seguenti metodi ed assunzioni:

- 1 **Tempo di riverberazione stimato** sulla base dei metodi di calcolo indicati nella UNI EN 12354-6:2006 "*Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi*"
- 2 **Caratteristiche del parlatore** (UNI EN ISO 9921:2004)  
Tipo: Voce maschile  
Sforzo vocale: sforzo vocale normale

## Relazione Comfort Acustico

Livello del parlato ad 1 m dalla bocca del parlatore  $L_{s,1m}$ : 60,0 dB(A)

### 3 Livello di rumore ambientale di riferimento

Sorgenti: Fondo (vociare, impianti, esterno) con livello minimo pari a  $L_n = 55$  dB(A).

**In merito agli impianti di ventilazione e condizionamento, nell'ambito di queste analisi sono stati posti dei livelli di riferimento secondo le linee guida HVAC Ashrae: il livello globale di rumore di fondo imposto è pari a 35 dB(A) (uffici singoli e sale riunione), pari a 45 dB(A) (grandi ambienti).**

### 2.4.2 Metodi di qualificazione per i grandi ambienti: intelligibilità del parlato per gli impianti di diffusione sonora ed EVAC

I grandi ambienti (sale attesa, aree check-in, etc.) sono interessate a grandi flussi di persone durante le operazioni di sbarco ed imbarco che costituiscono la principale sorgente di rumore all'interno (vociare, etc.) e contemporaneamente i fruitori dei sistemi di diffusione sonora e, eventualmente dei messaggi di emergenza emessi dall'EVAC.

**In particolare, il secondo aspetto legato alla sicurezza è particolarmente sensibile: un ambiente trattato acusticamente garantisce comunque uno spazio con una prestazione acustica in grado di determinare un elevato grado di comprensione della parola, indipendentemente dal sistema di diffusione definito a progetto.**

Si determina il livello di comprensione della parola, sulla base dei seguenti metodi ed assunzioni estratti dalle norme indicate in relazione a "metodi di misurazione dell'intelligibilità del parlato" riferiti alle norme seguenti

- UNI-ISO 7240-19:2010 - Sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio. Parte 19: Progettazione, installazione, messa in servizio, manutenzione ed esercizio dei sistemi di allarme vocale per scopi di emergenza.
- IEC 60268-16:2011 - Sound system equipment Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index

I valori risultanti derivanti dal metodo di misura (in questo lavoro metodo di previsione) non devono essere inferiori ai valori indicati nel prospetto 2 normativo (Tabella 1)

**Tabella 1 – (prospetto 2 – Valori richiesti dell'intelligibilità del parlato)**

Metodo di misurazione scelto	valore medio	valore minimo
<b>STIr o STIPA</b>	<b>0.50</b>	<b>0.45</b>
PB 256 parole %	94	91
PB 1000 parole %	77	68
MRT	94	90
SII	0.50	0.45

Nello specifico si utilizza il metodo STIr / STIPA, indicato in grigio nella tabella.

I requisiti di intelligibilità del parlato sono considerati requisiti minimi ragionevoli, anche se con un'elevata riverberazione e nelle aree con livelli molto elevati di rumore ambientale può essere impossibile raggiungerli.

Nello specifico, il metodo di qualificazione adottato nel presente lavoro per la determinazione dell'indice STIr / STIPA per gli ambienti in oggetto assume le ipotesi del "Metodo prescrittivo" di misura, indicate nei punti seguenti.

## Relazione Comfort Acustico

Per ogni "area acustica distinguibile", sono richiesti i seguenti requisiti:

1. **Tempo di riverbero medio nelle bande d'ottava 500Hz, 1000Hz, 2000Hz non superiore a 1,3 s.** Per il presente lavoro si intende il tempo di riverberazione calcolato secondo il metodo UNI 12354-6,
2. **Livello di rumore ambientale di riferimento inferiore a 65 dB(A),**
3. **Livello di pressione sonora del messaggio vocale superiore a  $L_{Aeq} = 75$  dB(A),**
4. gli **ascoltatori seduti** devono essere considerati ad un'altezza di **1.2 m** al di sopra del pavimento e **gli ascoltatori in piedi** devono essere considerati ad un'altezza di **1.6 m** al di sopra del pavimento.

### 3 METODI DI CALCOLO

Sulla base degli elaborati del progetto architettonico sono state analizzate soluzioni destinate all'adeguamento dello spazio alle specifiche acustiche minime necessarie a garantire la fruibilità degli spazi. Il procedimento di analisi acustica ha determinato una ipotesi progettuale "ottimale" che garantisce un elevato comfort all'interno dei singoli ambienti.

Si descrivono sinteticamente i principi alla base della progettazione degli spazi degli ambienti della nuova stazione marittima, al fine di incrementarne la qualità acustica, specifica per le tipologie seguenti:

1. Ambienti ordinari: analisi e valutazione di soluzioni progettuali basata su modelli analitici basati su metodi normativi;
2. Grandi ambienti: analisi e valutazione di soluzioni progettuali basata su modelli geometrici / fisici di previsione, software di simulazione

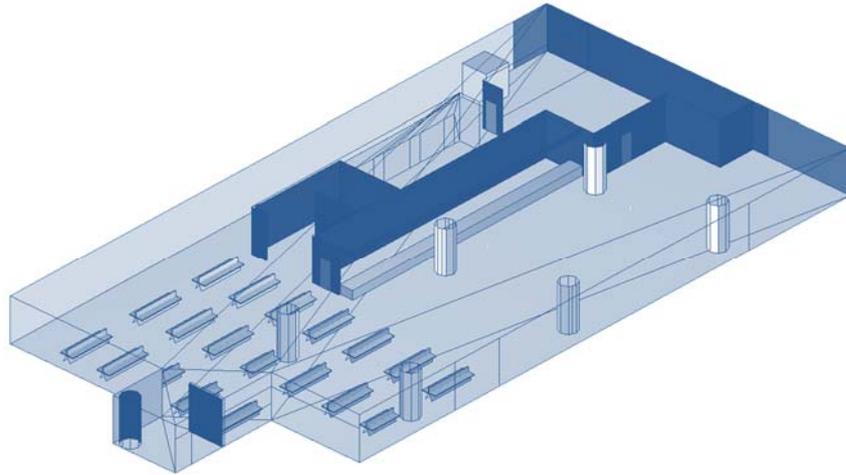
#### 3.1 RIFERIMENTI NORMATIVI / METODI DI CALCOLO

I seguenti disposti normativi sono alla base del progetto e delle valutazioni effettuate nel presente documento:

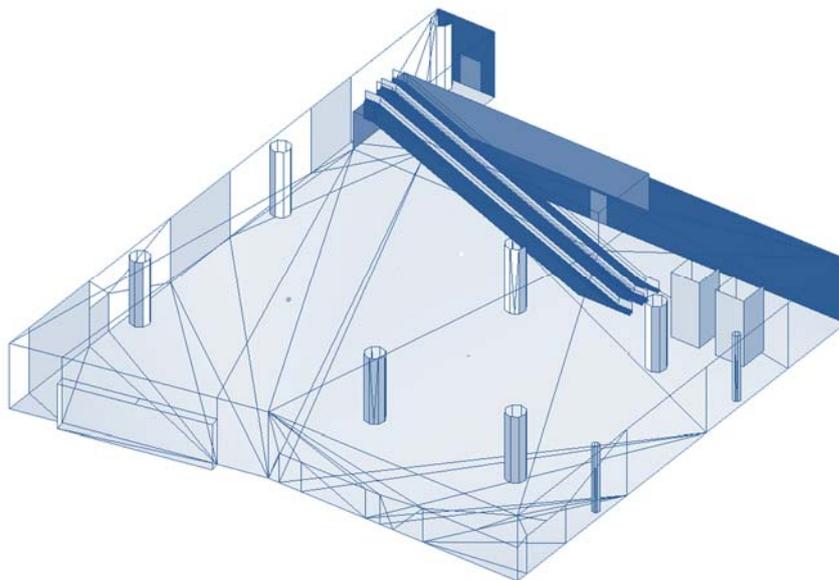
- UNI EN 12354-6:2006 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi
- UNI 11532 "Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati"
- NF S 31-080 Janvier 2006 "Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques per type d'espace"

#### 3.2 VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ ACUSTICA: GRANDI AMBIENTI

Lo studio acustico di una sala può essere realizzato esclusivamente per via numerica, effettuando delle simulazioni a computer utilizzando il metodo del "*triangle beam-tracing*". Questo metodo è implementato nel programma di simulazione e si traduce in pratica con la realizzazione di un disegno tridimensionale al CAD (Disegno assistito dal calcolatore) che definisce il "modello numerico di previsione" che è la versione numerica di un modello in scala dello spazio. Il programma al calcolatore utilizza il modello matematico tridimensionale per effettuare le diverse simulazioni al fine di ottimizzare le scelte progettuali.



**Figura 7 - Edificio terminal, piano primo; area check-in lato nord. Resa tridimensionale del modello numerico di previsione acustica per gli ambienti interni**



**Figura 8 - Edificio terminal, piano terra, area ritiro bagagli lato sud. Resa tridimensionale del modello numerico di previsione acustica per gli ambienti interni**

Si passa, quindi, alla caratterizzazione acustica di ogni superficie in base alla risposta acustica del materiale, che costituisce l'elemento fonoassorbente che verrà applicato. Tale fase si esplicita tramite l'attribuzione delle proprietà di assorbimento acustico e diffusione del suono proprie del materiale impiegato. Inoltre, si introducono nel modello le sorgenti acustiche volute, con specifiche caratteristiche di emissione, mentre nelle zone interessate alla ricezione del suono si posiziona un numero adeguato di superfici oppure ricettori per la simulazione delle aree occupate dai fruitori (audience plane/receiver). Il campo sonoro simulato viene costruito accumulando i singoli raggi sonori emessi dalle sorgenti e fornisce la risposta all'impulso puntuale.

## Relazione Comfort Acustico

Scelti opportunamente una serie di parametri che determinano il tipo di calcolo che si vuole eseguire, il programma determina i risultati, in forma numerica, tabellare o grafica.

**Gli interventi che saranno descritti, al fine di ottenere le prestazioni acustiche desiderate, sono volti all'ottimizzazione dello spazio in relazione alla destinazione d'uso secondo le grandezze acustiche precedentemente descritte, nel rispetto dell'attuale immagine architettonica dell'ambiente. Tutte le scelte sono state eseguite cercando di inserire gli interventi nelle posizioni più "favorevoli" dal punto di vista del miglioramento della prestazione acustica al fine di massimizzare il comfort ma scegliendo sempre sia delle tipologie di materiale sia delle collocazioni degli stessi che rispettassero l'immagine architettonica definita dai progettisti.**

## 4 VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ACUSTICO: AMBIENTI ORDINARI

Nel seguente paragrafo verranno espone le tipologie di trattamento proposte per i diversi ambienti. Tali proposte sono state sviluppate tenendo conto della destinazione d'uso dei vari ambienti, dei fruitori, delle caratteristiche geometriche degli spazi e dei vincoli progettuali ed architettonici.

Per ciascun "ambiente tipo" sono state svolte delle analisi dettagliate per determinare il trattamento acustico necessario per ottenere una buona qualità acustica.

Sulla base dei metodi di calcolo indicati al capitolo specifico, sono state:

- definite le prestazioni acustiche attualmente riscontrabili
- valutate le varianti per incrementare la qualità acustica mediante l'utilizzo dei trattamenti proposti.

Il modello geometrico realizzato viene completato mediante la definizione delle caratteristiche acustiche dei materiali costituenti gli elementi definiti: le superfici sono caratterizzate mediante le loro caratteristiche di assorbimento acustico e di diffusione sonora.

Ogni singolo ambiente è stato valutato ed è stata determinata la qualità acustica, le immagini seguente riportano a titolo di esempio la scheda di qualificazione acustica.

- Figura 9 - Scheda di valutazione dell'ambiente, informazioni generali
- Figura 10 - Scheda di valutazione dell'ambiente, tempo di riverberazione (indicazioni sul volume dell'ambiente, raggio critico, etc.)
- Figura 11 - Scheda di valutazione dell'ambiente, intelligibilità del parlato (indicazioni sul livello e genere del parlatore, livello di rumore di fondo, etc.)

<b>Informazioni</b>	Cliente: <b>Royal Caribbean Group</b> Data: 09/09/2022 Luogo: Comune di Ravenna destinazione d'uso: settore direzionale commerciale - sportivo - terziario -
<b>Ambiente</b>	Ambiente: - Superficie: 19 mq Ambiente: Controllo GDF (Sup.19mq) - Piano Terra

Figura 9 - Scheda di valutazione dell'ambiente, informazioni generali

# Relazione Comfort Acustico

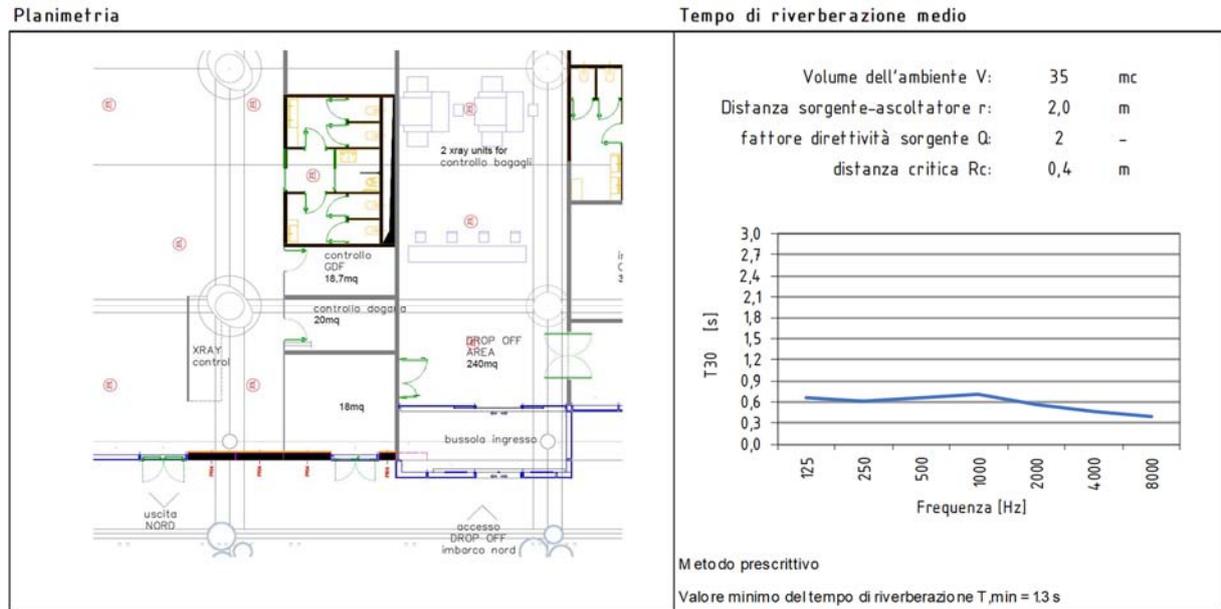


Figura 10 - Scheda di valutazione dell'ambiente, tempo di riverberazione

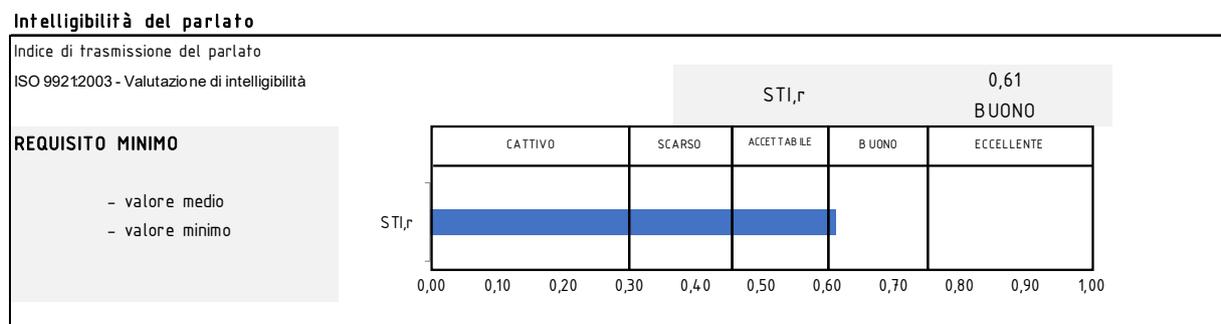
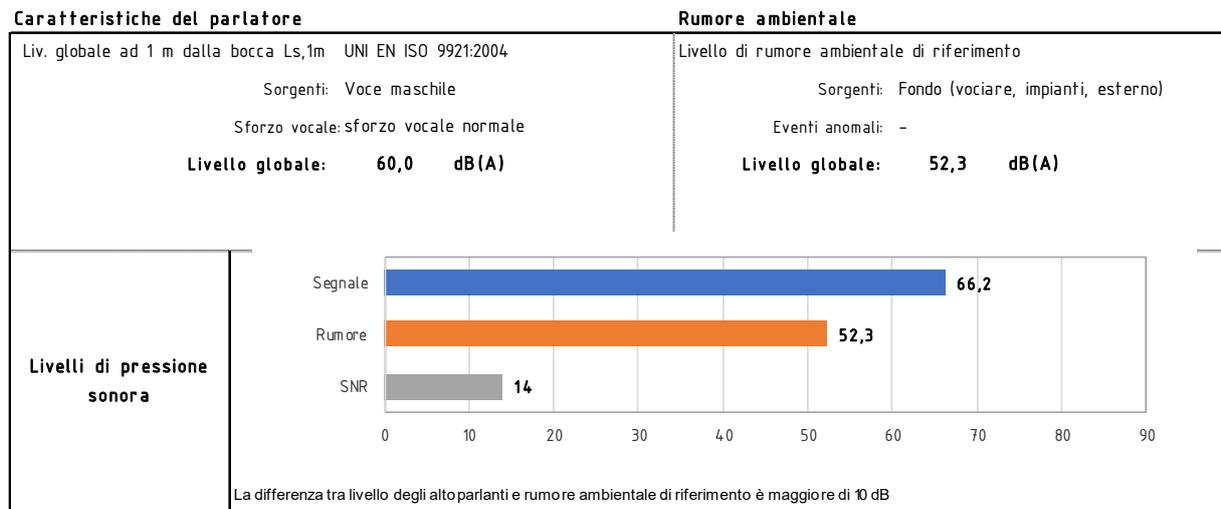


Figura 11 - Scheda di valutazione dell'ambiente, intelligibilità del parlato

Nei paragrafi successivi saranno descritti i trattamenti acustici previsti come variante al progetto.

### 4.1 TRATTAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI DEL PIANO TERRA

Il piano terra ospita diversi spazi destinati ad uffici / sale di controllo etc. con superfici comprese tra 10 m<sup>2</sup> e 50 m<sup>2</sup>. Nella tabella seguente si riporta l'elenco degli ambienti tipologici utilizzati per la qualificazione acustica dell'edificio terminal.

**Tabella 3 - Edificio terminal, piano terra: elenco degli ambienti tipologici utilizzati per la qualificazione acustica**

Piano	Ambiente:	Volume	Superficie in pianta
		[m3]	[mq]
Terra	Controllo GDF	35	19
Terra	Office Security	75	30
Terra	Infermeria	95	37
Terra	Bar-Break	132	47
Terra	Spogliatoio	60	21

Il progetto acustico è stato redatto, come detto, al fine di ottenere la massima qualità ambientale all'interno di questi "spazi ordinari" da parte dei differenti fruitori (operatori, passeggeri) ed i tempi di riverberazione richiesti.

Le conseguenze negative dovute ad ambienti con un ridotto livello di comfort acustico interno si ripercuoterebbero, infatti, sia su chi lavora per lunghi periodi provocando affaticamento (vocale, di attenzione), sia sui clienti con una percezione di fastidio dovuta alla scarsa intelligibilità ed alla mancanza di controllo del rumore che proviene dagli impianti (computer, dispositivi vari, etc.).

Il paragrafo seguente riporta i risultati del calcolo di qualificazione dello stato di fatto, secondo le indicazioni estratte dalle planimetrie e dagli abachi di progetto.

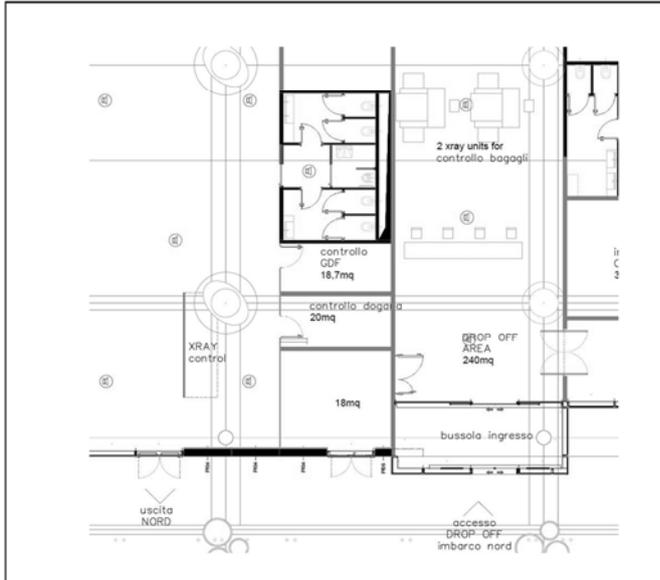
### 4.2 QUALIFICAZIONE DELLO STATO DI FATTO

I risultati del calcolo del tempo di riverberazione e dell'indice di intelligibilità STI all'interno dell'AMBIENTE CONTROLLO GDF, OFFICE SECURITY, INFERMERIA, BAR-BREAK e SPOGLIATOIO sono riportati di seguito:

**Ambiente CONTROLLO GDF**

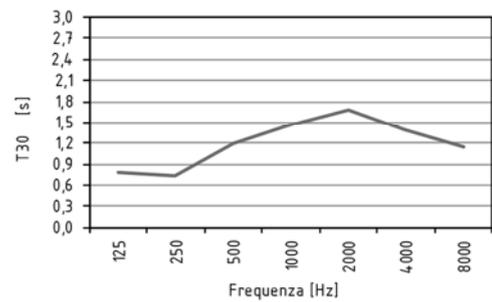
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 19 mq
	Ambiente: Controllo GDF (Sup.19mq) - Piano Terra

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	35	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,3	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>1,26</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

**STI,r**      0,48  
**ACCETTABILE**

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo

CATTIVO	SCARSO	ACCETTABILE	B UONO	ECCELLENTE

STI,r

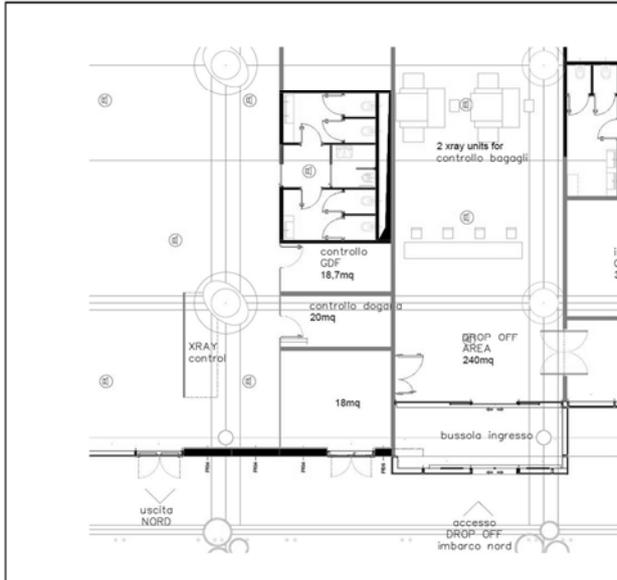
**Figura 12 - Edificio terminal, piano terra. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Controllo GDF)**

# Relazione Comfort Acustico

## Ambiente OFFICE SECURITY

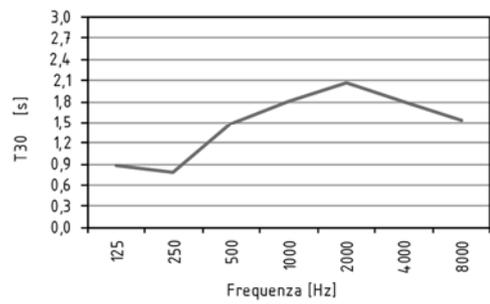
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 30 mq
	Ambiente: Office Security (Sup.30mq) - Piano Terra

### Planimetria



### Tempo di riverberazione medio

Volume dell'ambiente V:	75	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,4	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>1,54</b>	<b>s</b>



### Intelligibilità del parlato

Indice di trasmissione del parlato

ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,43  
SCARSO

#### REQUISITO MINIMO

- valore medio
- valore minimo

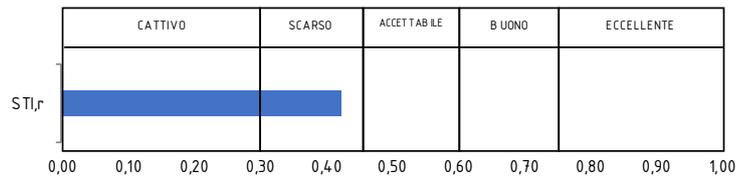


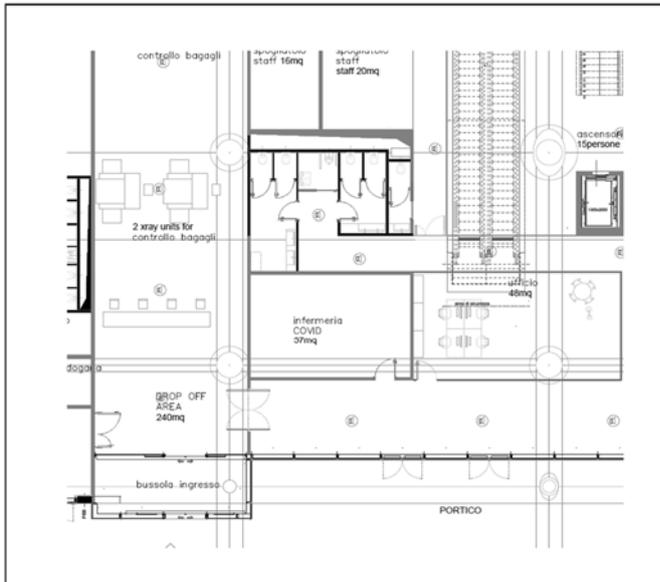
Figura 13 - Edificio terminal, piano terra. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Office Security)

# Relazione Comfort Acustico

## Ambiente INFERMERIA

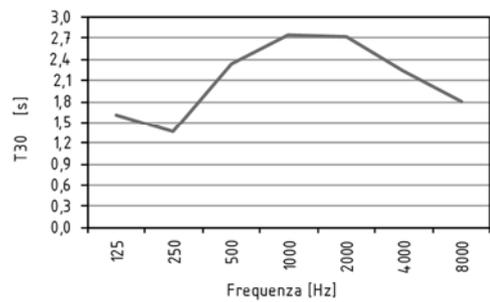
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 37 mq
	Ambiente: Infermeria (Sup.37mq) - Piano Terra

### Planimetria



### Tempo di riverberazione medio

Volume dell'ambiente V:	95	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,3	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>2,30</b>	<b>s</b>



### Intelligibilità del parlato

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,37  
SCARSO

#### REQUISITO MINIMO

- valore medio
- valore minimo

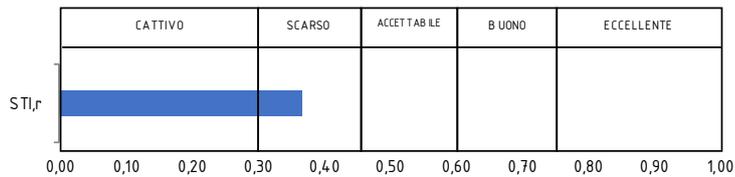
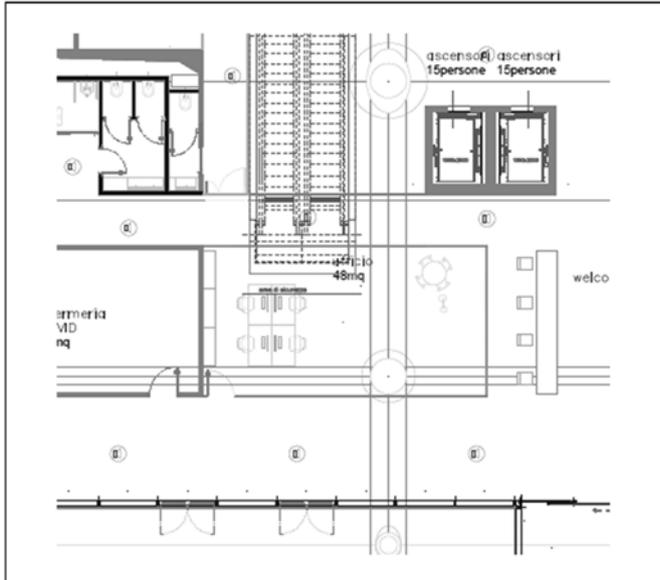


Figura 14 - Edificio terminal, piano terra. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Infermeria)

**BAR-BREAK**

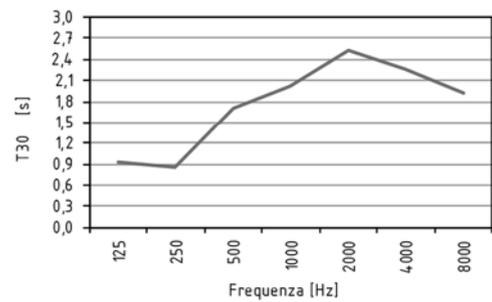
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 47 mq
	Ambiente: Bar-Break (Sup.47mq) - Piano Terra

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	132	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,4	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>1,78</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 9921:2003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,39  
SCARSO

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo

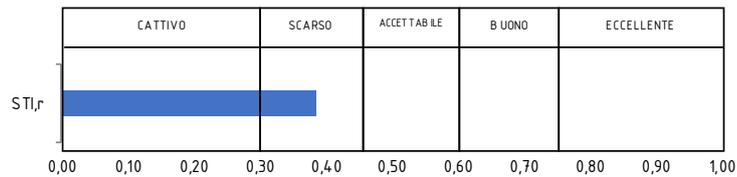
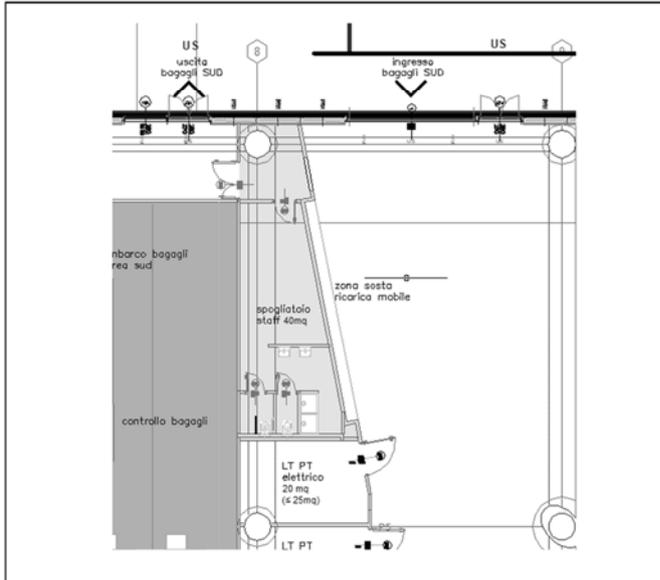


Figura 15 - Edificio terminal, piano terra. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Bar-Break)

**SPOGLIATOIO**

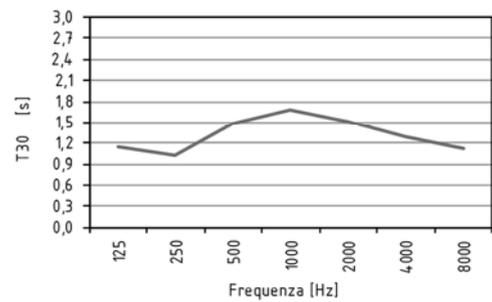
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 21 mq
	Ambiente: Spogliatoio (Sup.21mq) - Piano Terra

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	60	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,4	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>1,43</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

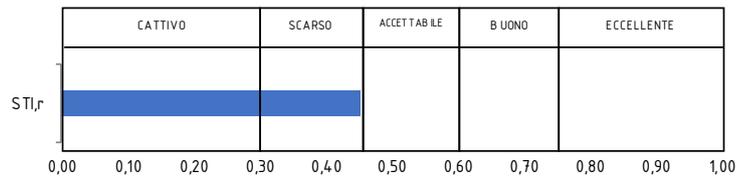
Indice di trasmissione del parlato

ISO 9921:2003 - Valutazione di intelligibilità

STI,r **0,45**  
ACCETTABILE

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo



**Figura 16 - Edificio terminal, piano terra. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Spogliatoio)**

**4.3 QUALIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI CON I TRATTAMENTI ACUSTICI**

Il paragrafo precedente ha evidenziato che gli ambienti tipo al piano terra hanno le seguenti prestazioni medie:

- Tempo di riverberazione minimo pari a 1,3 s e mediamente pari a 1,77 s. Valori non compatibili con le destinazioni d'uso.
- Indice di intelligibilità STI minimo di 0,37 (fascia di giudizio "SCARSO") e mediamente pari a 0,42 (fascia di giudizio "SCARSO").

## Relazione Comfort Acustico

Obiettivo del progetto è l'inserimento del trattamento acustico a soffitto al fine di garantire l'adeguamento degli spazi tipo al requisito acustico richiesto. In tabella si indica la tipologia trattamenti per le tipologie di ambienti analizzati (uffici, sale, ambiente controllo GDF, office security, infermeria, bar-break, spogliatoio, etc.).

Per tutti gli ambienti ordinari è previsto l'inserimento di un trattamento fonoassorbente (TIPO 5) con le caratteristiche sotto riportate.

All'interno dei locali tecnici, invece, è previsto l'inserimento di un pannello in fibra minerale (spessore 70mm e densità 70 kg/mc) – pannello fonoassorbente TIPO 6.

**Tabella 4 - Tipologia trattamenti per ambienti ordinari**

ID materiale	Posizione elemento	Materiale	Coefficients di assorbimento acustico del materiale								Indice di assorbimento acustico
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
TIPO 5	Soffitto	Controsoff . Fonoass.	0,30	0,40	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90
TIPO 6	Soffitto, Parete	Lana minerale sp.70mm, dens.70kg /mc	-	0,50	0,70	0,95	0,95	0,95	0,90	0,80	>0,80

**Il trattamento acustico considera, per gli ambienti “ordinari” del piano terra, l'inserimento del materiale fonoassorbente a soffitto (Tipo 5) con un materiale avente le caratteristiche di assorbimento acustico descritte nella Tabella 4.**

Nelle piante di seguito riportate si indicano, suddivisi per differente tipologia di spazio, i locali dove applicare i trattamenti al piano terra.

- Figura 17 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie compresa tra 10 m2 e 15 m2 (controsoffitto)
- Figura 18 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie compresa tra 20 m2 e 25 m2 (controsoffitto)
- Figura 19 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie di 30 mq (controsoffitto)
- Figura 20 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie di 40 mq (controsoffitto)

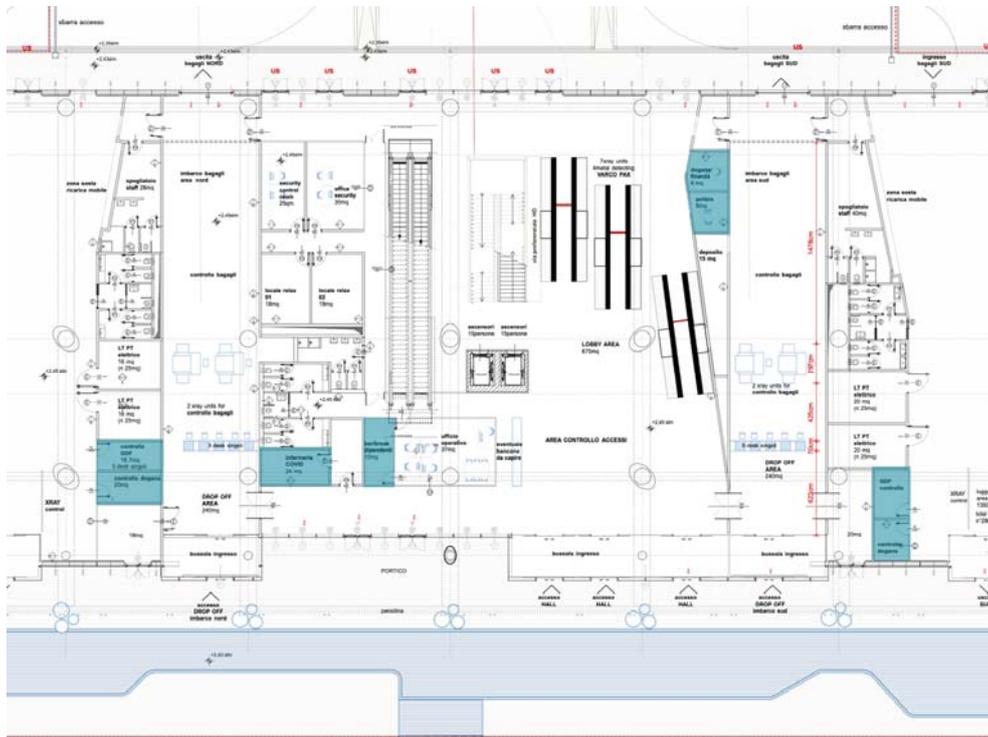


Figura 17 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie compresa tra 10 m2 e 15 m2 (controsoffitto)

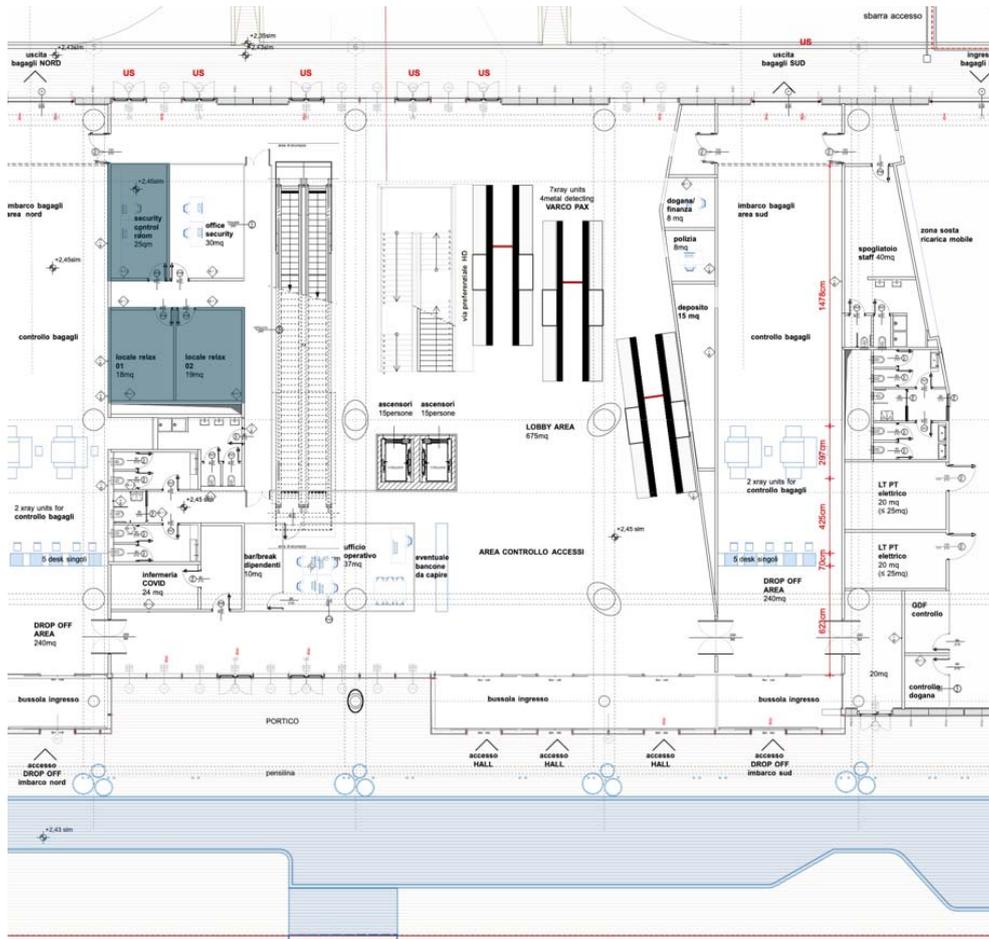


Figura 18 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie compresa tra 20 m<sup>2</sup> e 25 m<sup>2</sup> (controsoffitto)

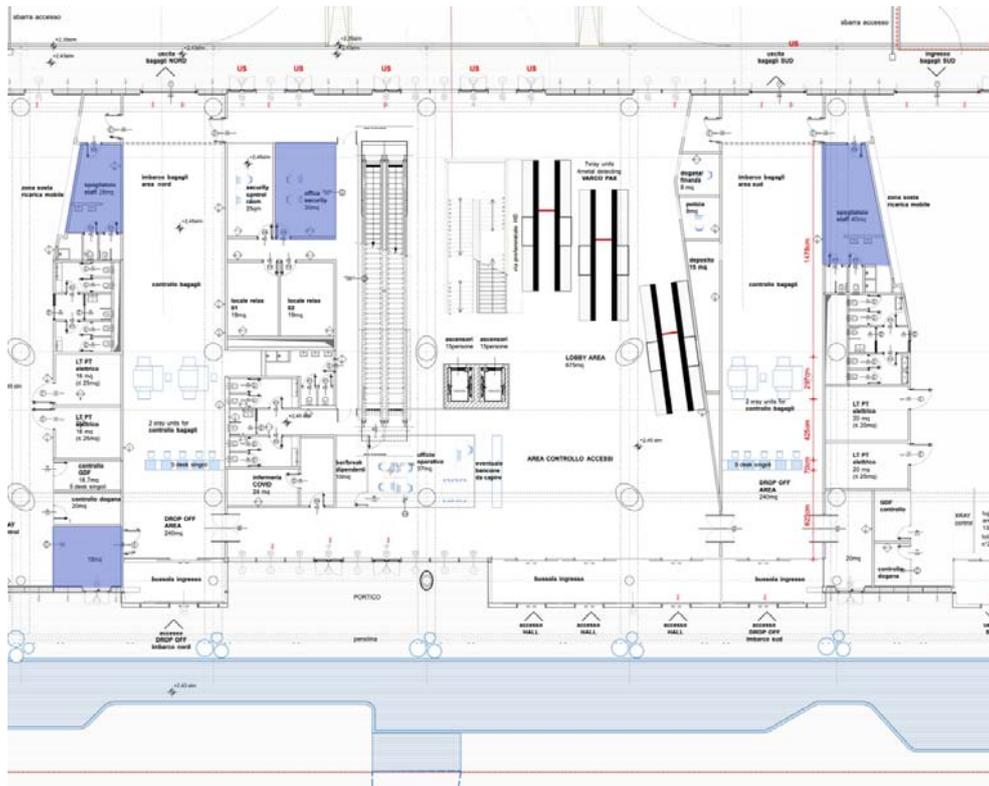


Figura 19 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie di 30 mq (controsoffitto)

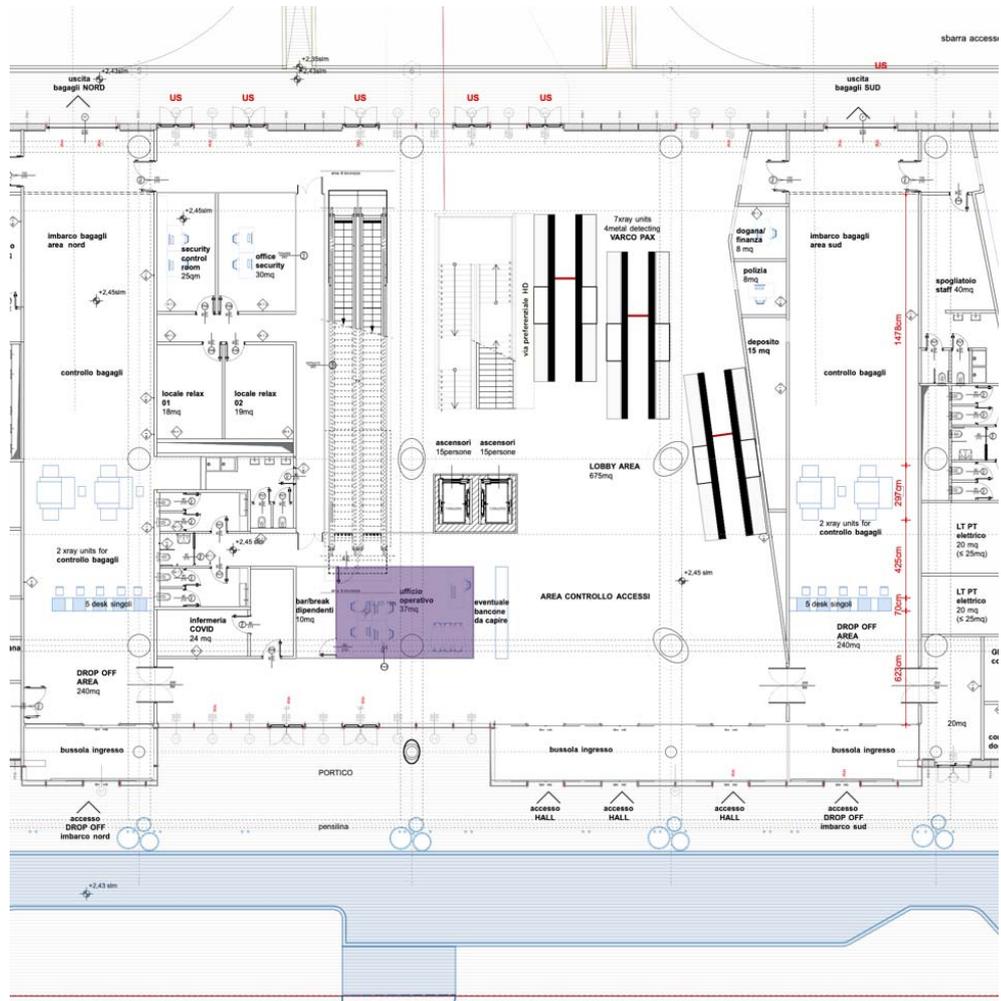


Figura 20 – Edificio terminal, piano terra ed indicazione dei trattamenti acustici da realizzare negli ambienti con superficie di 40 mq (controsoffitto)

I risultati conseguiti a seguito dell’inserimento dei materiali descritti sono indicati nelle tabelle seguenti in relazione al piano terra. La tabella riporta anche il valore medio del tempo di riverberazione e l’indice di comprensione della parola STI espresso sia in termini di livello che fascia di giudizio corrispondente.

Si evidenzia che i risultati forniti dall’analisi degli ambienti tipo è stata estesa a tutti gli ambienti aventi caratteristiche geometriche simili (ad esempio per tutti gli ambienti aventi superficie in pianta inferiore a 10 m<sup>2</sup> ossia volume totale inferiore a 40 m<sup>3</sup> si attribuisce lo stesso risultato).

Tabella 5 - Edificio terminal, piano terra: indicazione dei trattamenti acustici e risultati

Posizione	Tempo di riverberazione calcolato RT	Comunicazione tra presenti		Trattamento acustico		
		Indice di intelligibilità STI	Fascia di giudizio	Posizione elemento	ID materiale	Superficie trattamento
	[s]	[-]	[-]			[m <sup>2</sup> ]
locale impianti (44mq)	0,60	-	-	Pareti soffitto /	Tipo 6	44
spogliatoio/locale servizio (28mq)	0,72	0,57	ACCETTABILE	Soffitto	Tipo 5	19
LT PT elettrico (16mq)	0,50	-	-	Soffitto	Tipo 6	16
LT PT elettrico (16mq)	0,50	-	-	Soffitto	Tipo 6	16
controllo GDF (20mq)	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	9
controllo dogana (20mq)	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	10
security control room(25mq)	0,56	0,60	BUONO	Soffitto	Tipo 5	20
office security (30mq)	0,79	0,53	ACCETTABILE	Soffitto	Tipo 5	27
infermeria COVID (37mq)	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	12
ufficio (48mq)	0,66	0,59	ACCETTABILE	Soffitto	Tipo 5	49
dogana finanza (8mq)	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	8
polizia (8mq)	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	8
2 locali tecnici LT PT elettrici (20mq)	0,50	-	-	Soffitto	Tipo 6	40
GDF controllo	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	8
controllo dogana	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	8
Pre -Infermeria	0,64	0,61	BUONO	Soffitto	Tipo 5	11
Bar-Break-Dipendenti (10mq)	0,79	0,53	ACCETTABILE	Soffitto	Tipo 5	11
Ufficio Operativo (37mq)	0,66	0,59	ACCETTABILE	Soffitto	Tipo 5	36

Si ricorda che in tutti gli ambienti ordinari, sopra riportati è previsto l'utilizzo di un controsoffitto fonoassorbente (TIPO 5) con le caratteristiche di assorbimento qui riportate:

ID materiale	Posizione elemento	Materiale	Coefficients di assorbimento acustico del materiale								Indice di assorbimento acustico
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
<b>TIPO 5</b>	Soffitto	Controsof. Fonoass.	0,30	0,40	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90

#### 4.3.1 Commento ai risultati conseguiti negli ambienti del piano terra

##### TEMPO DI RIVERBERAZIONE (RT)

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per le destinazioni d'uso in sono inferiori a  $T = 0,8$  s. Pertanto, il tempo di riverberazione medio calcolato per tutti gli ambienti del piano terra è

## Relazione Comfort Acustico

sempre inferiore o, al massimo, uguale ai valori previsti, mantenendosi in linea con la curva ottimale per tutta la banda di frequenze.

Tale valore del tempo di riverberazione, si ridurrà ulteriormente ad ambiente occupato (con la presenza di persone all'interno dello spazio) attestandosi sui valori esatti della curva ottimale.

### INDICE DI INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO (STI)

I valori dell'indice STI a seguito dei trattamenti acustici sono compresi tra 0,50 e 0,80 che corrispondono ad un livello "ACCETTABILE/BUONO" in tutti gli ambienti; tale caratteristica garantisce l'utilizzo dello spazio anche in diverse condizioni di affollamento e quindi una flessibilità a secondo delle condizioni dello spazio (arredi, persone presenti, etc.)

## 4.4 TRATTAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI DEL PIANO PRIMO

Il piano primo ospita diversi spazi destinati ad uffici / sale di controllo / servizi passeggeri etc. con superfici comprese tra 10 m<sup>2</sup> e 150 m<sup>2</sup>. Nella tabella seguente si riporta l'elenco degli ambienti tipologici utilizzati per la qualificazione acustica dell'edificio terminal, piano primo.

**Tabella 6 - Edificio terminal, piano terra: elenco degli ambienti tipologici utilizzati per la qualificazione acustica**

Piano	Ambiente:	Volume	Superficie In pianta
		[m <sup>3</sup> ]	[mq]
Primo	Ufficio	32	12
Primo	Area-Relax-Ufficio	62	22
Primo	Ufficio	102	33
Primo	Sala riunioni	122	39
Primo	Special Service	52	17
Primo	Lounge Bar	178	60
Primo	Ufficio	24	7
Primo	VIP	330	125

Il progetto acustico è stato redatto, come detto, al fine di ottenere la massima qualità ambientale all'interno di questi "spazi ordinari" da parte dei differenti fruitori (operatori, passeggeri) ed i tempi di riverberazione richiesti.

Le conseguenze negative dovute ad ambienti con un ridotto livello di comfort acustico interno si ripercuoterebbero, infatti, sia su chi lavora per lunghi periodi provocando affaticamento (vocale, di attenzione), sia sui clienti con una percezione di fastidio dovuta alla scarsa intelligibilità ed alla mancanza di controllo del rumore che proviene dagli impianti (computer, dispositivi vari, etc.).

Il paragrafo seguente riporta i risultati del calcolo di qualificazione dello stato di fatto, secondo le indicazioni estratte dalle planimetrie e dagli abachi di progetto.

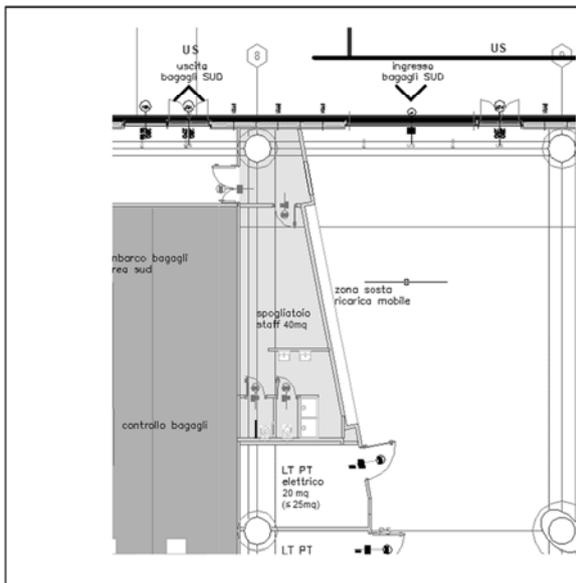
### 4.5 QUALIFICAZIONE DELLO STATO DI FATTO

I risultati del calcolo del tempo di riverberazione e dell'indice di intelligibilità, verificati per gli ambienti. UFFICIO, AREA RELAX-UFFICIO, UFFICIO, SALA RIUNIONI, SPECIAL SERVICE, LOUNGE BAR, UFFICIO, VIP sono riportati di seguito

#### UFFICIO

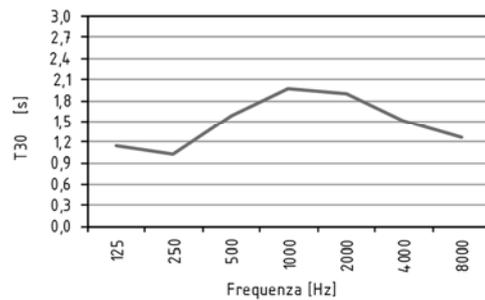
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 12 mq
	Ambiente: Ufficio (Sup.12mq) - Piano Primo

#### Planimetria



#### Tempo di riverberazione medio

Volume dell'ambiente V:	32	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,2	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>1,62</b>	<b>s</b>



#### Intelligibilità del parlato

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

STI,r 0,45  
ACCETTABILE

#### REQUISITO MINIMO

- valore medio
- valore minimo

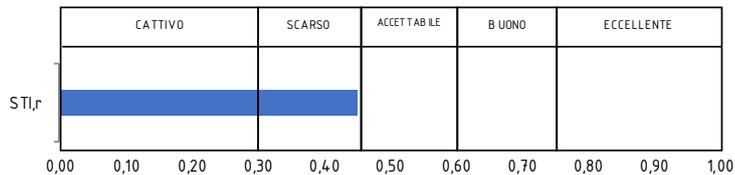
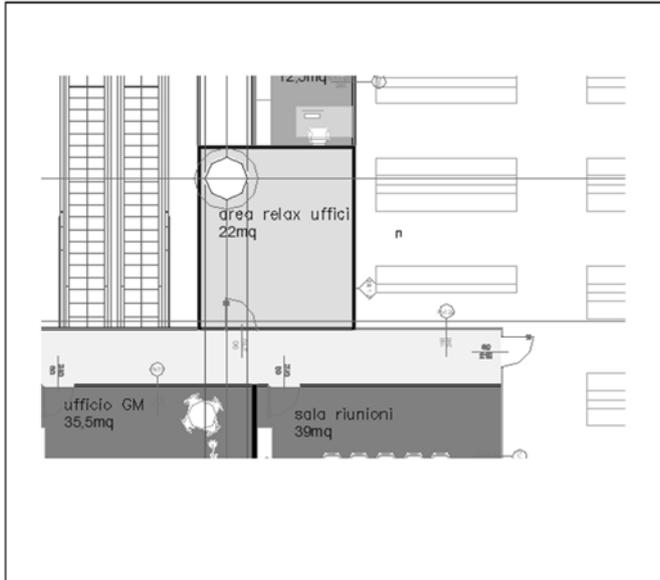


Figura 21 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Ufficio 12m<sup>2</sup>)

**AREA RELAX UFFICIO**

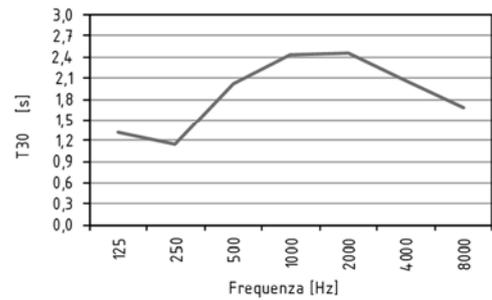
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 22 mq
	Ambiente: Area-Relax-Ufficio (Sup.22mq) - Piano Primo

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V: 62 mc  
 Distanza sorgente-ascoltatore r: 2,0 m  
 fattore direttività sorgente Q: 2 -  
 distanza critica Rc: 0,3 m  
**T20 medio (500Hz - 2.000 Hz): 2,01 s**



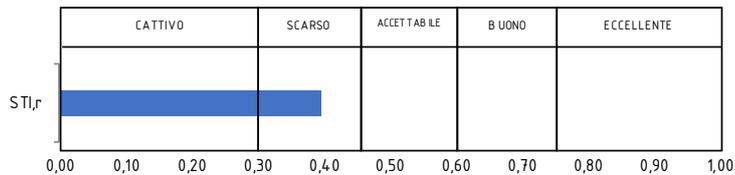
**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato  
 ISO 9921:2003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,40  
 SCARSO

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo



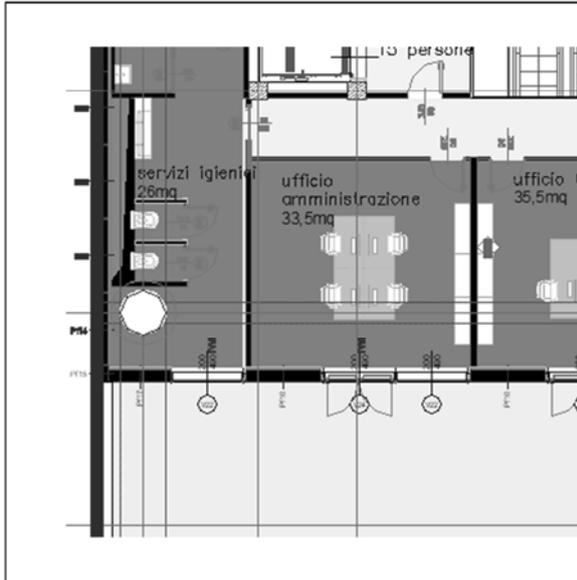
**Figura 22 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Area-Relax-Ufficio)**

# Relazione Comfort Acustico

## UFFICIO 30mq

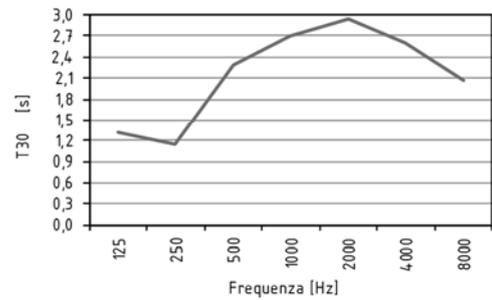
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 33 mq
	Ambiente: Ufficio (Sup.33mq) - Piano Primo

### Planimetria



### Tempo di riverberazione medio

Volume dell'ambiente V:	102	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,4	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>2,27</b>	<b>s</b>



### Intelligibilità del parlato

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 9921:2003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,36  
SCARSO

#### REQUISITO MINIMO

- valore medio
- valore minimo

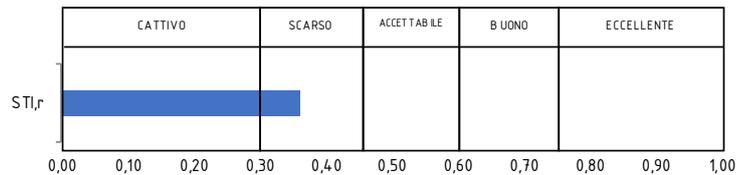
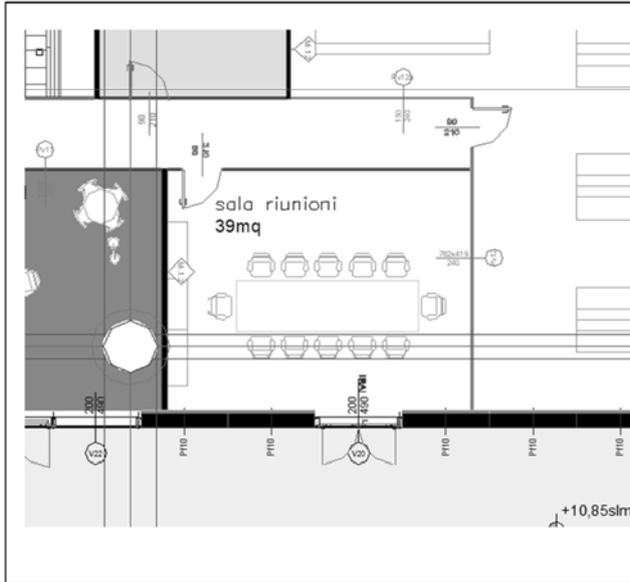


Figura 23 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Ufficio 30 m<sup>2</sup>)

**SALA RIUNIONI**

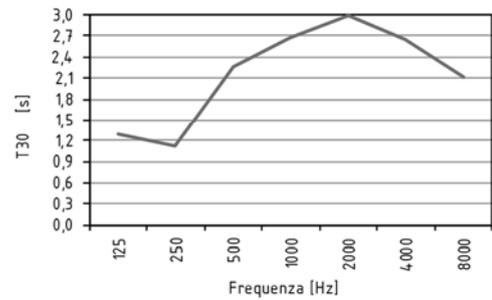
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 39 mq
	Ambiente: Sala Riunioni (Sup.39mq) - Piano Primo

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	122	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,4	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>2,27</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,36  
SCARSO

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo

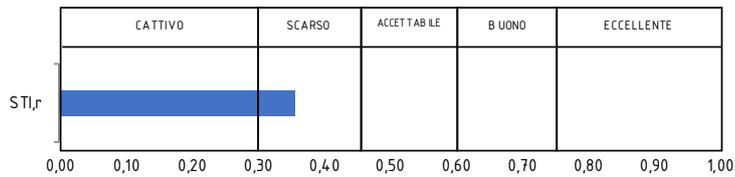
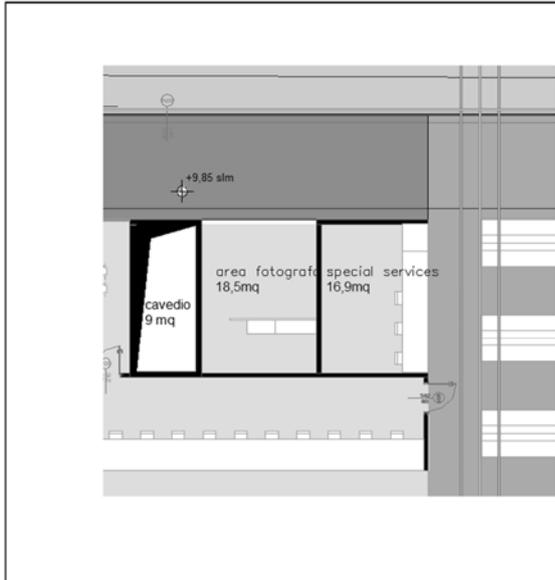


Figura 24 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Sala riunioni)

**SPECIAL SERVICE**

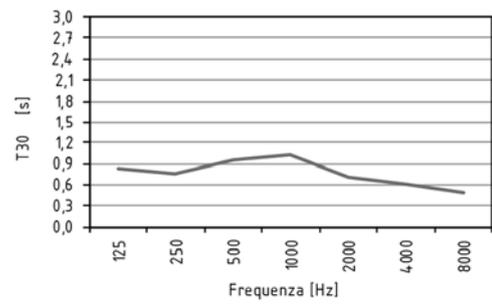
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 17 mq
	Ambiente: Special Service (Sup.17mq) - Piano Primo

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	52	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,4	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>0,86</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,52  
ACCETTABILE

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo

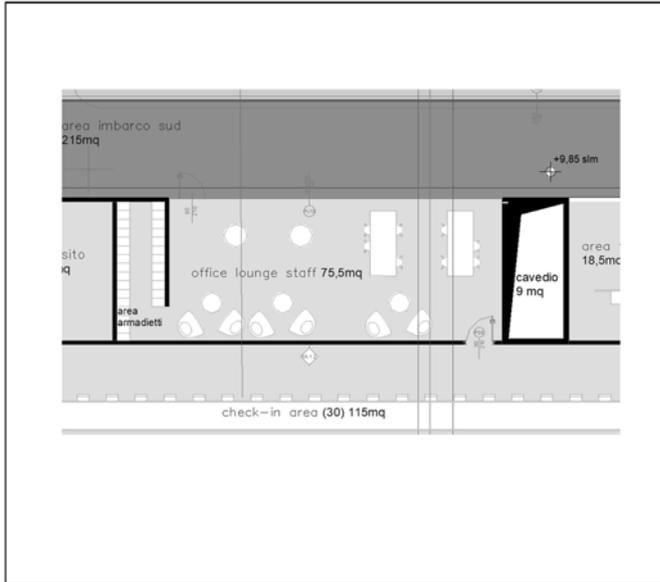


Figura 25 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Special Service)

**LOUNGE BAR**

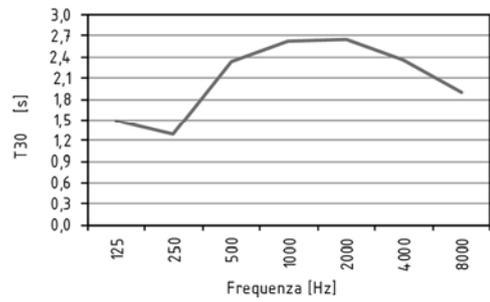
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 60 mq
	Ambiente: Lounge Bar (Sup.60mq) - Piano Primo

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	178	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,5	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>2,22</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato  
ISO 99212003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,36  
SCARSO

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo

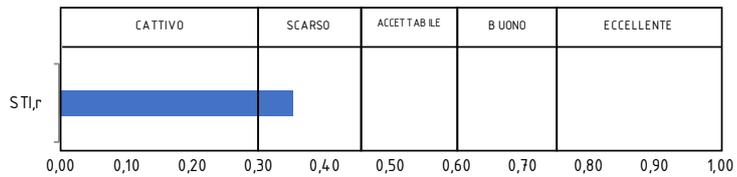
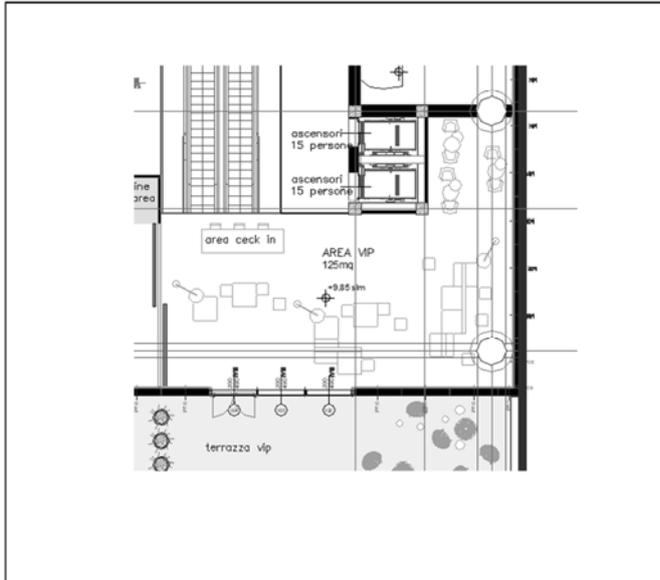


Figura 26 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Lounge Bar)

**SALA VIP**

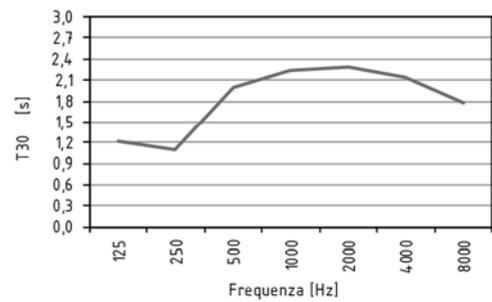
Ambiente	Ambiente: -
	Superficie: 120 mq
	Ambiente: VIP (Sup.120mq) - Piano Primo

**Planimetria**



**Tempo di riverberazione medio**

Volume dell'ambiente V:	330	mc
Distanza sorgente-ascoltatore r:	2,0	m
fattore direttività sorgente Q:	2	-
distanza critica Rc:	0,7	m
<b>T20 medio (500Hz - 2.000 Hz):</b>	<b>1,91</b>	<b>s</b>



**Intelligibilità del parlato**

Indice di trasmissione del parlato

ISO 9921:2003 - Valutazione di intelligibilità

STI<sub>r</sub> 0,36  
SCARSO

**REQUISITO MINIMO**

- valore medio
- valore minimo



**Figura 27 - Edificio terminal, piano primo. Risultati della qualificazione acustica dello stato attuale (Sala VIP)**

**4.6 QUALIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI CON I TRATTAMENTI ACUSTICI**

Il paragrafo precedente ha evidenziato che, gli ambienti tipo al piano primo, hanno le seguenti prestazioni medie:

- Tempo di riverberazione minimo pari a 1,0 s e mediamente pari a 2,3 s. Valori non compatibili con le destinazioni d'uso.
- Indice di intelligibilità STI minimo di 0,36 (fascia di giudizio "SCARSO") e mediamente pari a 0,41 (fascia di giudizio "SCARSO").

Obiettivo del trattamento è l'adeguamento degli spazi tipo al requisito acustico richiesto. In tabella si indica la tipologia trattamenti per ambienti questi ordinari (uffici, sale, locali tecnici, etc.).

## Relazione Comfort Acustico

In tutti gli ambienti ordinari sono previsti i trattamenti acustici (TIPO 5) a soffitto ed il trattamento fonoassorbente (TIPO 6) nei locali tecnici.

Nei due ambienti (sala riunioni 39 mq e sala VIP 125mq) è necessario incrementare il trattamento fonoassorbente previsto a soffitto con una superficie di trattamento fonoassorbente (TIPO 3) anche a parete. Di seguito si riportano i coefficienti di assorbimento minimo che i differenti materiali dovranno garantire ed i mq minimi di trattamento fonoassorbente presente nei due ambienti (sala riunioni e area VIP)

**Tabella 7 – Tipologia trattamenti per ambienti ordinari**

ID materiale	Posizione elemento	Materiale	Coefficienti di assorbimento acustico del materiale								Indice di assorbimento acustico
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	aw
<b>TIPO 3</b>	Parete	Es. pannello acustico in materiale poroso rivestito in tessuto		0,20	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>
<b>TIPO 5</b>	Soffitto	Controsof. Fonoass.	0,30	0,40	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	<b>0,90</b>
<b>TIPO 6</b>	Soffitto, Parete	Lana minerale sp.70mm, dens.70kg /mc	-	0,50	0,70	0,95	0,95	0,95	0,90	0,80	<b>&gt;0,80</b>

Il progetto acustico prevede l'inserimento dei trattamenti acustici come riportato al fine di ottenere l'incremento della qualità acustica degli ambienti:

**Il trattamento acustico considera, per gli ambienti "ordinari" del piano primo,**

- 1) **L'inserimento integrale, in tutti gli ambienti, di un controsoffitto fonoassorbente avente le caratteristiche di assorbimento acustico descritte nella Tabella 7.**
- 2) **L'inserimento di pannelli a parete (Tipo 3), negli ambienti Sala riunioni e Area VIP, secondo le superfici minime così come riportato in Tabella 8.**

**Tabella 8 - Elenco degli ambienti con trattamento acustico a parete**

Ambiente	Tipologia pannello	Superficie minima
Sala riunioni (39mq)	Tipo 3	15 m <sup>2</sup>
Area VIP (125mq)	Tipo 3	25 m <sup>2</sup>

Nelle piante di seguito riportate si indicano i trattamenti da applicare al piano primo, gli ambienti sono suddivisi per tipologia di spazio:

- Figura 28 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 10 m<sup>2</sup>
- Figura 29 - Edificio terminal, primo piano lato sud ambienti con superficie 10 m<sup>2</sup>
- Figura 30 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 15 m<sup>2</sup> – 20 m<sup>2</sup>
- Figura 31 - Edificio terminal, primo piano lato sud ambienti con superficie 15 m<sup>2</sup> – 20 m<sup>2</sup>

## Relazione Comfort Acustico

- Figura 32 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 30 m<sup>2</sup> – 35 m<sup>2</sup>
- Figura 33 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 40 m<sup>2</sup>
- Figura 34 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 60 m<sup>2</sup>
- Figura 35 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 120 m<sup>2</sup>

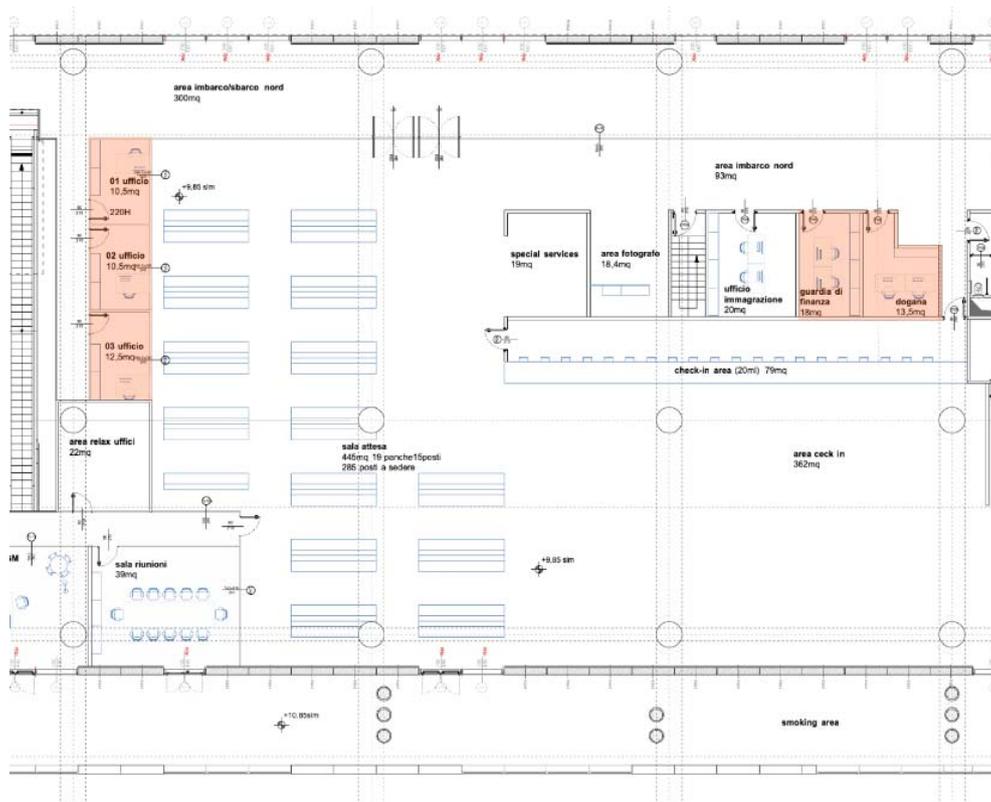


Figura 28 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 10 m<sup>2</sup>

## Relazione Comfort Acustico

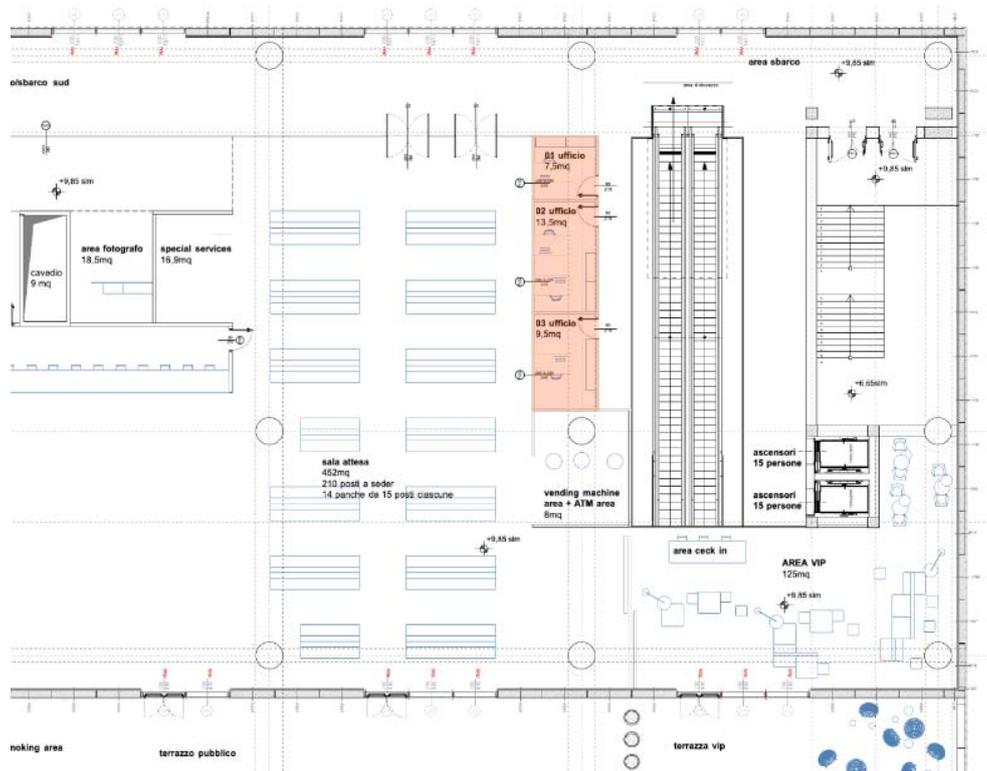


Figura 29 - Edificio terminal, primo piano lato sud ambienti con superficie 10 m2

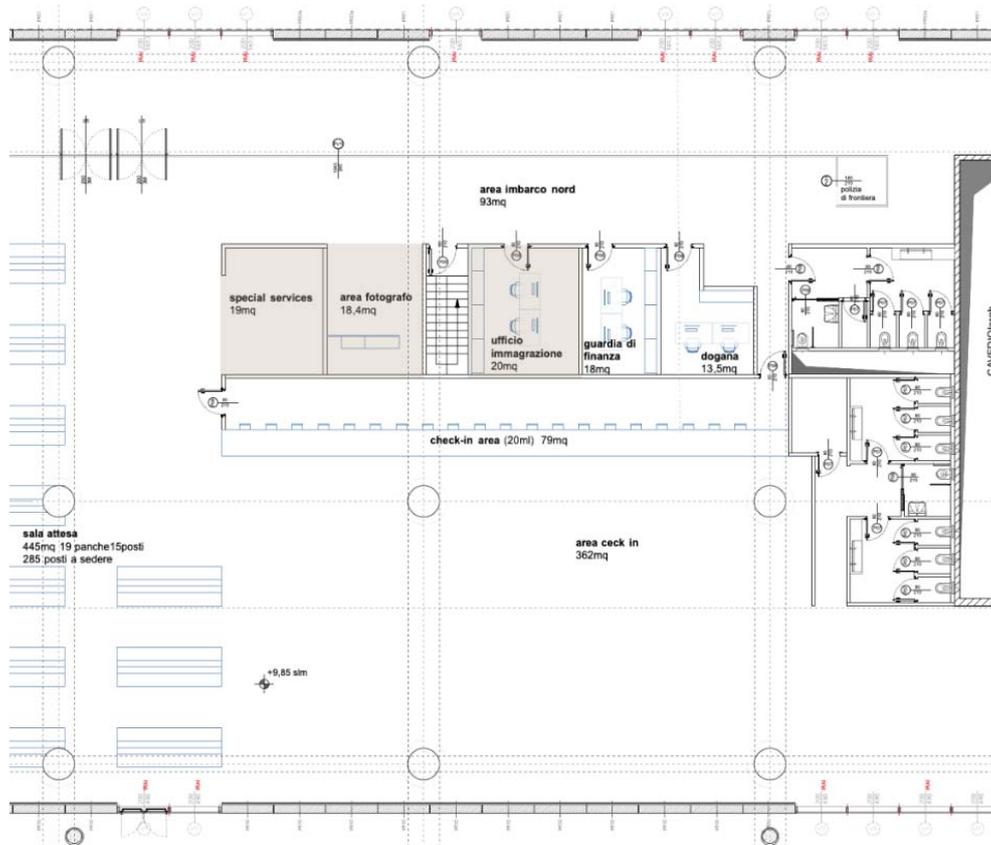


Figura 30 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 15 m<sup>2</sup> – 20 m<sup>2</sup>

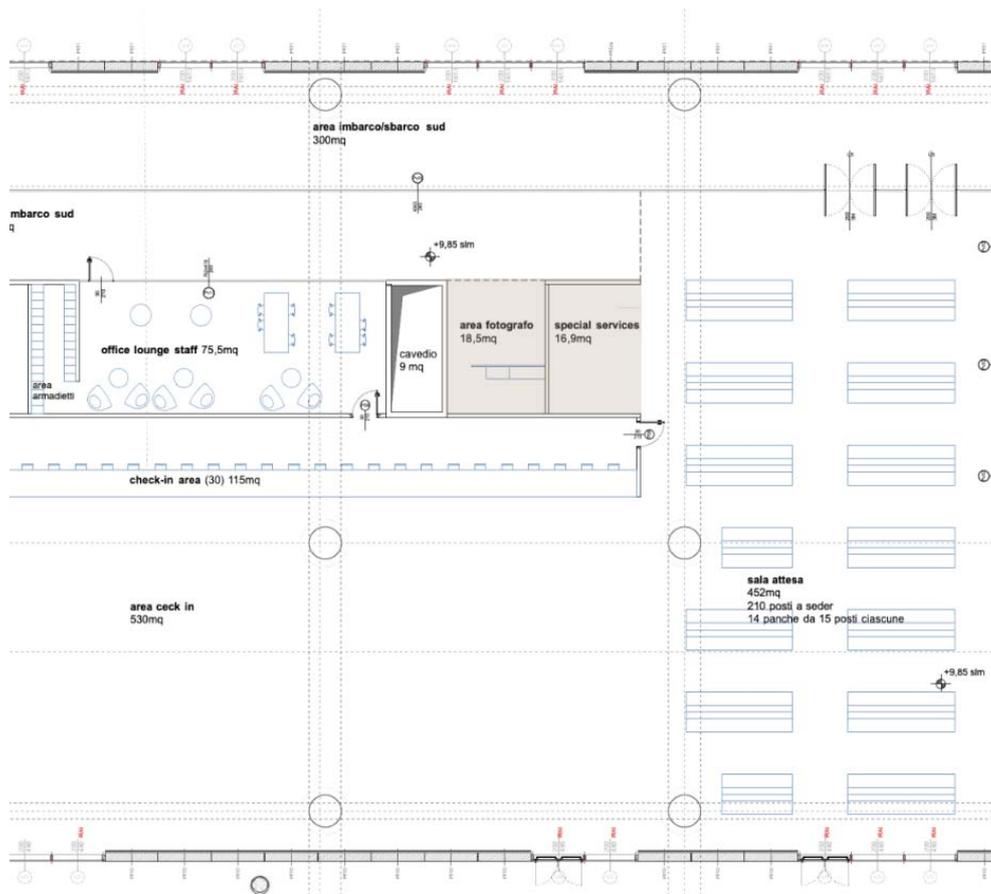


Figura 31 - Edificio terminal, primo piano lato sud ambienti con superficie 15 m<sup>2</sup> – 20 m<sup>2</sup>

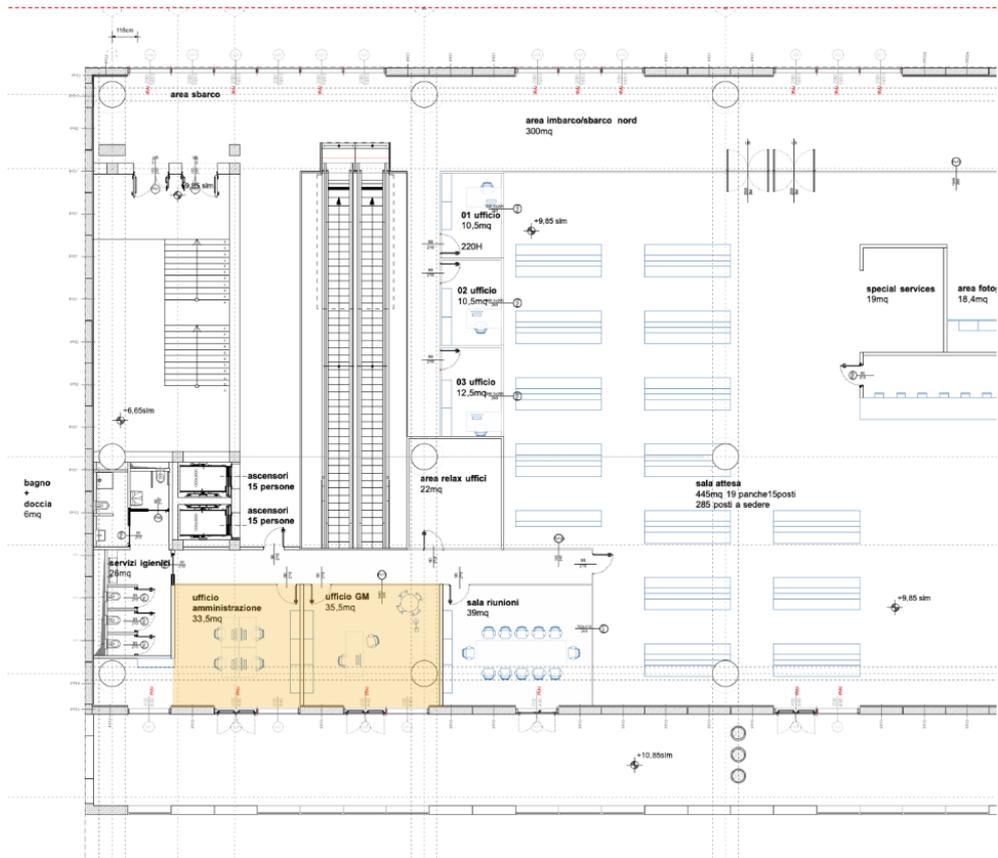


Figura 32 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 30 m<sup>2</sup> – 35 m<sup>2</sup>

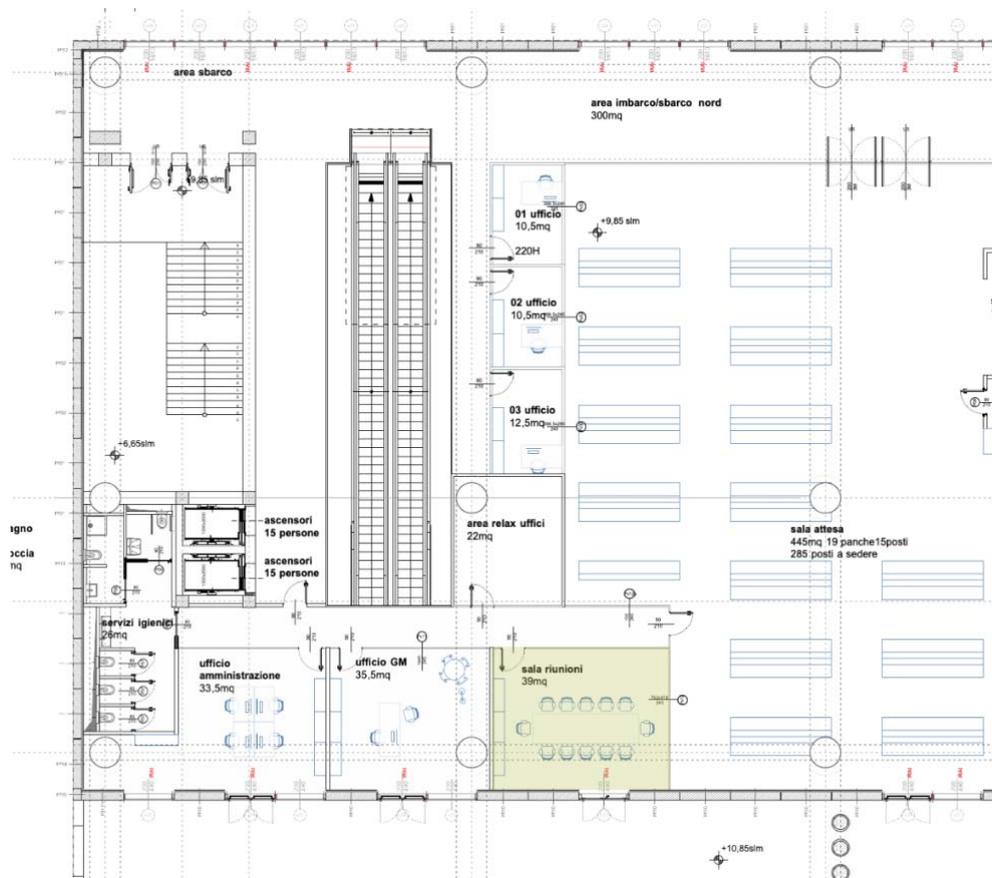


Figura 33 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 40 m<sup>2</sup>

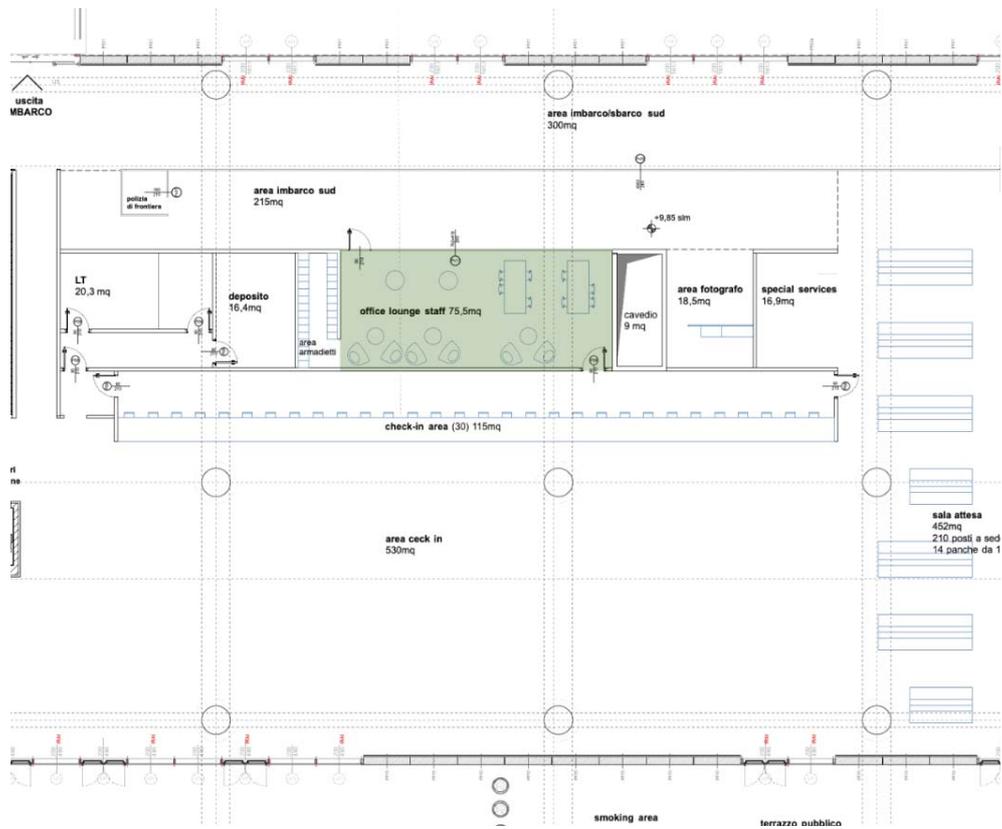
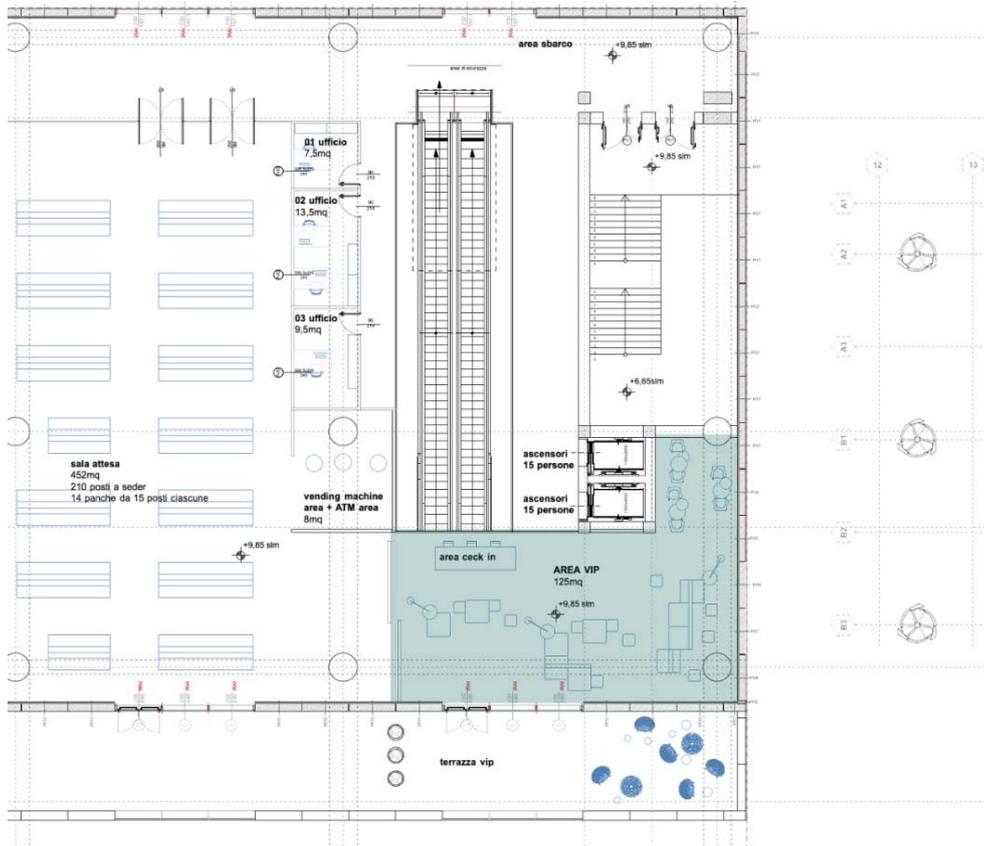


Figura 34 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 60 m<sup>2</sup>



**Figura 35 - Edificio terminal, primo piano lato nord ambienti con superficie 120 m<sup>2</sup>**

I risultati conseguiti a seguito dell'inserimento dei materiali descritti sono indicati nelle tabelle seguenti, in relazione al piano primo. La tabella riporta anche il valore medio del tempo di riverberazione e l'indice di comprensione della parola STI espresso sia in termini di livello che fascia di giudizio corrispondente.

Si evidenzia che i risultati forniti dall'analisi degli ambienti tipo è stata estesa a tutti gli ambienti aventi caratteristiche geometriche simili (ad esempio per tutti gli ambienti aventi superficie in pianta inferiore a 10 m<sup>2</sup> ossia volume totale inferiore a 40 m<sup>3</sup> si attribuisce lo stesso risultato).

## Relazione Comfort Acustico

**Tabella 9 - Edificio terminal, piano primo: indicazione dei trattamenti acustici e risultati**

Posizione	Tempo di riverberazione calcolato RT	Comunicazione tra presenti		Trattamento acustico		
		Indice di intelligibilità STI	Fascia di giudizio	Posizione elemento	ID materiale	Superficie trattamento
	[s]	[-]	[-]			[m2]
ufficio amministr. (34mq)	<b>0,77</b>	<b>0,52</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	33
ufficio GM (34mq)	<b>0,77</b>	<b>0,52</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	35
sala riunioni (39mq)	<b>0,76</b>	<b>0,54</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto Parete	Tipo 5 Tipo 3	39 15
01 ufficio (10mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	11
02 ufficio (10mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	11
03 ufficio (12mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	11
ufficio immigraz. (20mq)	<b>0,70</b>	<b>0,56</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	20
guardia di finanza (18mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	14
dogana (14mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	14
office lounge staff (76mq)	<b>0,76</b>	<b>0,54</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	58
01 ufficio (8mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	8
02 ufficio (14mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	14
03 ufficio (10mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	12
04 ufficio (13mq)	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>BUONO</b>	Soffitto	Tipo 5	13
Corridoio	<b>0,97</b>	<b>0,50</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	31
Area relax uffici (22mq)	<b>0,70</b>	<b>0,56</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	22
Special services (19mq)	<b>0,70</b>	<b>0,56</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	18
Area fotografo (18mq)	<b>0,70</b>	<b>0,56</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	18
Area fotografo (18,5mq)	<b>0,70</b>	<b>0,56</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	18
Special services (17mq)	<b>0,53</b>	<b>0,58</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto	Tipo 5	17
Area VIP (125mq)	<b>0,95</b>	<b>0,52</b>	<b>ACCETTABILE</b>	Soffitto Parete	Tipo 5 Tipo 3	138 25
Locale tecnico (20mq)	<b>0,50</b>	-	-	Soffitto, pareti	Tipo 6	21

### 4.6.1 Commento ai risultati conseguiti negli ambienti del piano primo

#### TEMPO DI RIVERBERAZIONE

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per le destinazioni d'uso in sono inferiori a  $T = 0,8$  s. Pertanto, il tempo di riverberazione medio calcolato per tutti gli ambienti del piano primo è sempre inferiore ai valori previsti (valore medio pari a 0,65 s), mantenendosi in linea con la curva ottimale per tutta la banda di frequenze. Tale valore del tempo di riverberazione, si ridurrà ulteriormente ad ambiente occupato (con la presenza di persone all'interno dello spazio).

#### INTELLIGIBILITÀ DEL PARLATO

Si evidenzia che i valori dell'indice STI sono compresi tra 0,50 e 0,65 che corrispondono ad un livello "ACCETTABILE/BUONO" in tutti gli ambienti; tale caratteristica garantisce l'utilizzo dello spazio anche in diverse condizioni di affollamento e quindi una flessibilità nell'organizzazione.

## 4.7 TRATTAMENTO ACUSTICO DELLE AREE ESTERNE

Le aree esterne, a supporto delle attività del terminal, sono destinate alla ristorazione ed alla permanenza temporanea del personale, obiettivo dell'intervento è garantire un buon livello di comfort che renda la permanenza in tali aree piacevole.

Al fine di incrementare il comfort acustico all'interno dei locali presenti nelle aree esterne, anche se non strettamente richiesto da normativa si valuta l'inserimento di un trattamento acustico orientato al controllo del tempo di riverberazione anche in questi spazi: per ottenere un adeguata prestazione nel paragrafo sono indicati gli interventi che prevedono il materiale fonoassorbente TIPO 5 (Tabella 10).

Tabella 10 – Tipologia trattamenti per aree esterne

ID materiale	Posizione elemento	Materiale	Coefficienti di assorbimento acustico del materiale								Indice di assorbimento acustico aw
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
TIPO 5	Soffitto	Controsoff. Fonoass.	0,30	0,40	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	0,90

Nelle immagini seguenti si raffigura l'applicazione del materiale indicato sul controsoffitto / pareti: si indicano anche le superfici minime di trattamento

- Figura 36 - Aree esterne, Crew center: trattamento acustico dello spazio:

**Superficie minima  $S_{min} = 31 \text{ m}^2$**

- Figura 37 - Aree esterne, Info point: trattamento acustico dello spazio

**Superficie minima  $S_{min} = 15 \text{ m}^2$**

## Relazione Comfort Acustico

- Figura 38 - Aree esterne, Piadineria: trattamento acustico dello spazio

**Superficie minima  $S_{min} = 31 \text{ m}^2$**

- Figura 39 - Aree esterne, Slow food: trattamento acustico dello spazio

**Superficie minima  $S_{min} = 31 \text{ m}^2$**



**Figura 36 - Aree esterne, Crew center: trattamento acustico dello spazio**



**Figura 37 - Aree esterne, Info point: trattamento acustico dello spazio**



Figura 38 - Aree esterne, Piadineria: trattamento acustico dello spazio

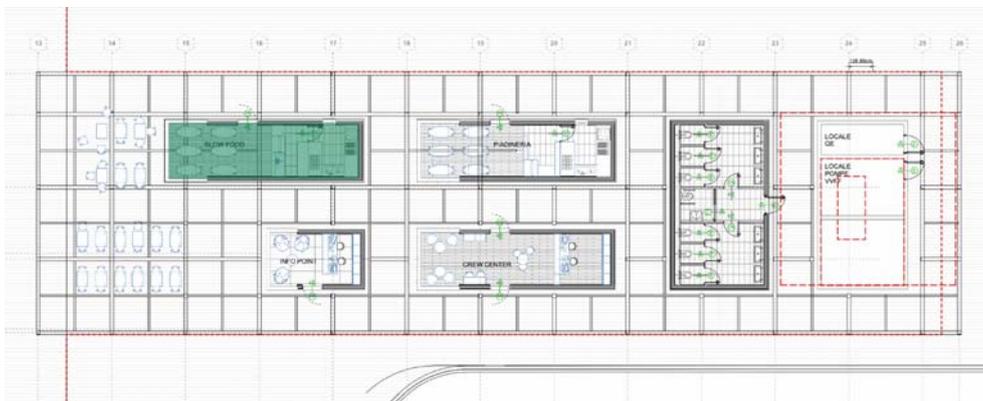


Figura 39 - Aree esterne, Slow food: trattamento acustico dello spazio

I risultati del calcolo del tempo di riverberazione a seguito dell'inserimento dei trattamenti acustici sono riportati di seguito:

Tabella 11 – Aree esterne, indicazione dei trattamenti acustici e risultati

Posizione	Tempo di riverberazione calcolato RT	Comunicazione tra presenti		Trattamento acustico		
		Indice di intelligibilità STI	Fascia di giudizio	Posizione elemento	ID materiale	Superficie trattamento
	[s]	[-]	[-]			[m <sup>2</sup> ]
Crew center	0,78	-	-	Soffitto	Tipo 5	31
Info point	0,70	-	-	Soffitto	Tipo 5	15
Piadineria	0,78	-	-	Soffitto	Tipo 6	31
Slow food	0,78	-	-	Soffitto	Tipo 6	31

A seguito dell'inserimento dei trattamenti acustici nei locali delle aree esterne del terminal, il tempo di riverberazione è riportato a valori inferiori di 0,80 s garantendo una livelli i comfort acustico adeguato alla destinazione d'uso dei luoghi e riducendo così il livello di rumore che di può produrre dalle condizioni di affollamento degli ambienti nei momenti di attività.

## 5 VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ACUSTICO: GRANDI AMBIENTI

Si riporta l'elenco integrale degli ambienti valutati. Sono indicati i risultati delle per tutti gli ambienti rilevati con relativi dati in forma tabellare e grafica ed annesso commento.

### 5.1 EDIFICIO TERMINAL PIANO TERRA, AREA RITIRO BAGAGLI

Gli ambienti oggetto di analisi nel presente paragrafo sono indicati nella figura seguente:

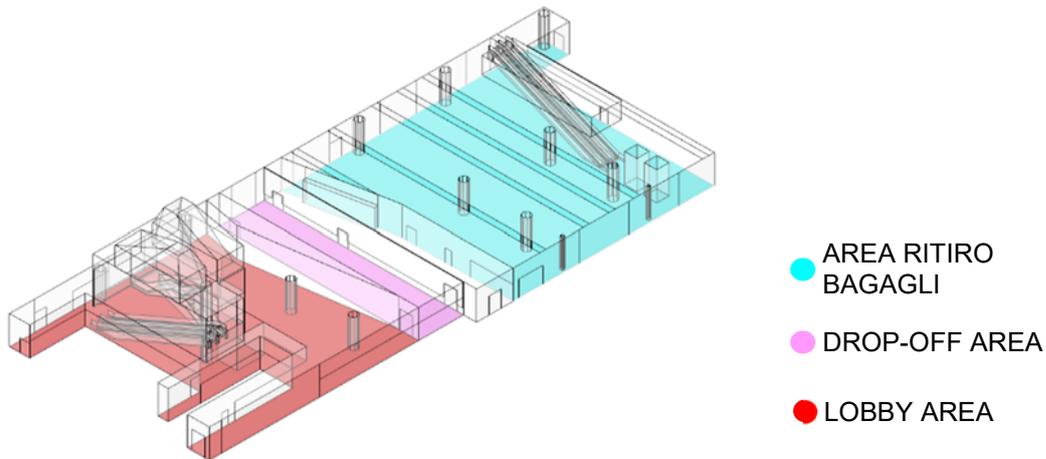


Figura 40 - Edificio terminal, piano terra lato sud ed indicazione dei grandi ambienti

L'area ritiro bagagli al piano terra è una grande area di permanenza interessata, nel periodo di attività, da un intenso flusso di persone. Sono, inoltre, presenti, generalmente, apparecchiature meccaniche che generano rumore oltre al sistema HVAC, come i carrelli ed i nastri trasportatori.

Il soffitto è alto 4,7 m ed il rapporto dimensionale tra altezza e larghezza/lunghezza è superiore a 5 quindi assimilabile ad un open space.

Lo spazio è connesso al piano primo attraverso le aree check-in / sale attesa: può determinarsi, quindi, una interferenza quando gli spazi sono utilizzati simultaneamente.

L'inserimento di unità assorbenti è perciò orientato al controllo della propagazione del suono ed alla riduzione del livello di rumore presente nell'ambiente stesso.

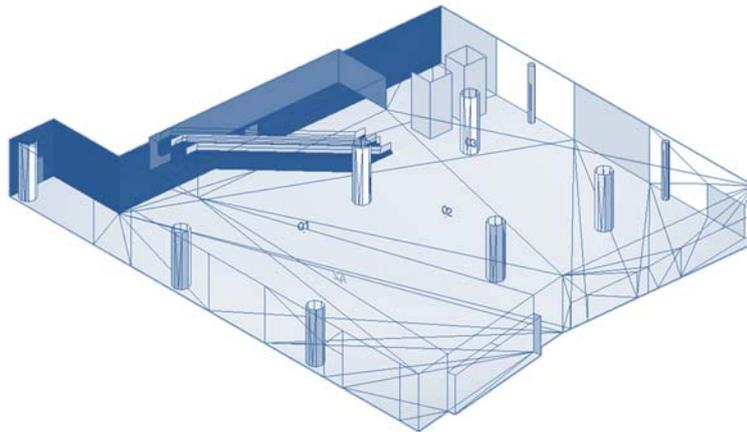


Figura 41 - Modello di simulazione 3D comprensivo di ricevitori e sorgenti di rumore

### 5.1.1 Progetto: Intervento senza trattamenti acustici

La prima analisi del progetto è stata effettuata non considerando l'inserimento di trattamenti acustici. Le figure seguenti riportano i risultati determinati dal software di simulazione al fine di valutare il tempo di riverberazione (RT) e l'indice di intelligibilità del parlato (STI) all'interno dell'ambiente: sono definiti n.1 posizione sorgente e n.3 posizioni ricettori a distanze comprese tra 7 m e 20 m.

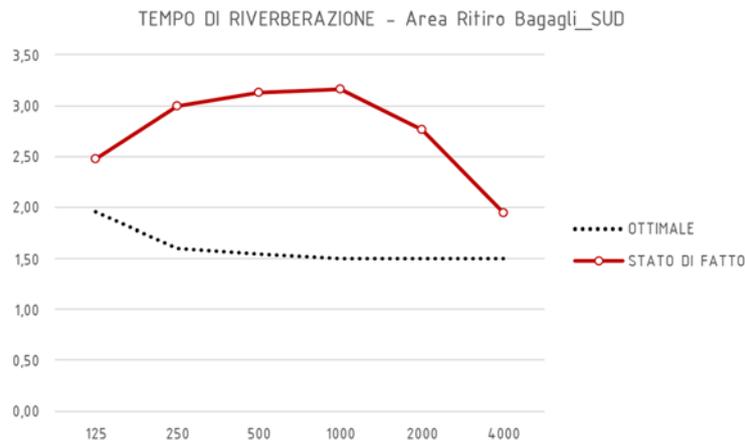


Figura 42 – Tempo di riverberazione area bagagli SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

#### OSSERVAZIONI T30

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per aree di queste dimensioni con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 1,5$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato, all'interno dell'ambiente senza l'inserimento di nessun trattamento acustico, risulta pari a  $T = 3,2$  s è nettamente superiore ai valori previsti per ambienti simili su tutta la banda di frequenze.

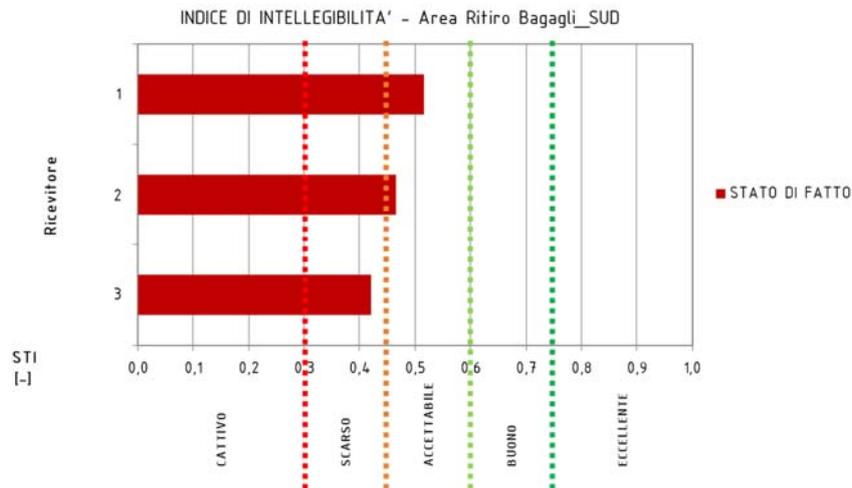


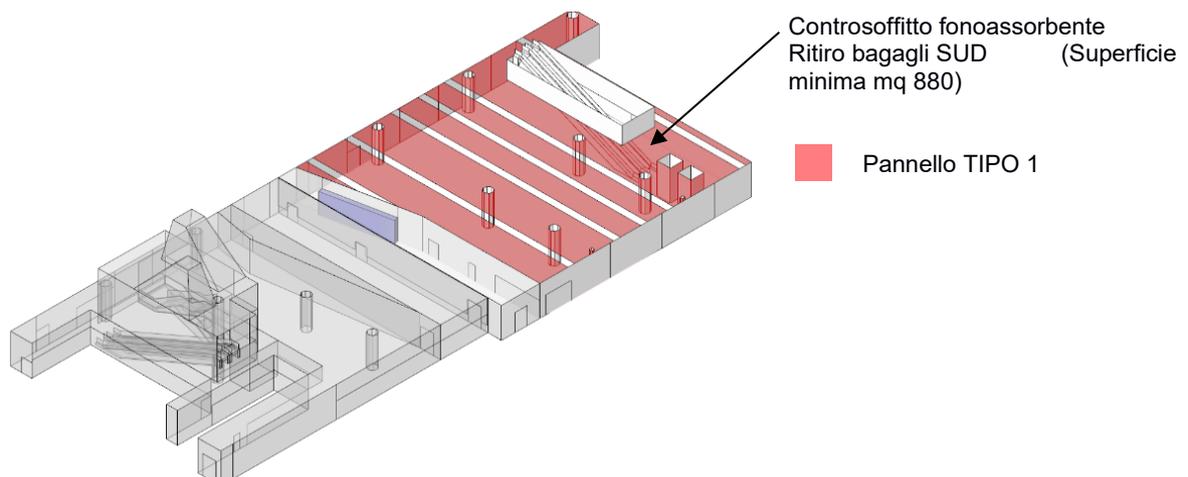
Figura 43 – Indice di intelligibilità del parlato area bagagli SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

**OSSERVAZIONI STI**

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è mediamente pari a 0,45, corrispondente ad una fascia di giudizio della comprensione della parola compresa nella fascia di giudizio "SCARSO / ACCETTABILE". Data la non rispondenza di entrambi i parametri (RT e STI) rispetto a quanto previsto per ambienti di tale destinazione d'uso con dimensioni paragonabili, sono stati progettati alcuni interventi di "correzione acustica" atti ad ottimizzare il comfort all'interno dello spazio.

**5.1.2 Variante di progetto\_inserimento trattamenti acustici**

I trattamenti acustici previsti sono costituiti dall'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima (pari a 880mq) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0.8.



Controsoffitto fonoassorbente TIPO 1

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Area Ritiro bagagli – Lato Nord (S.1.550m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>1.000</b>
Area Ritiro bagagli – Lato Sud (S.1.350m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>880</b>

Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "stato di fatto: senza trattamenti acustici" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

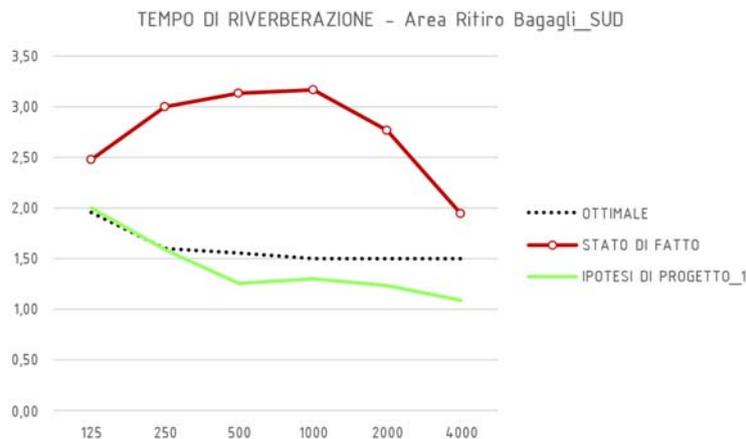


Figura 44 – Tempo di riverberazione area bagagli CON TRATTAMENTI ACUSTICI (curva verde)

**OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a RT = 1.5 s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a T = 1,4 s in aderenza ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze. Tale valore del tempo di riverberazione si ridurrà ulteriormente ad ambiente occupato da persone all'interno dello spazio.

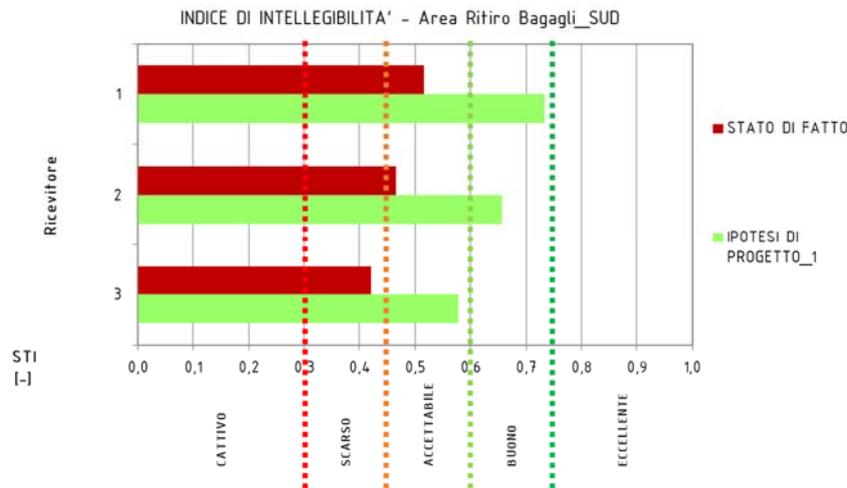


Figura 45 – Indice di intelligibilità del parlato area bagagli CON TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,45 (fascia di giudizio "SCARSO/ ACCETTABILE") ad un valore mediamente pari a 0,65, corrispondente ad una fascia di giudizio "BUONO": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento fonoassorbente previsto a soffitto risulta mediamente "BUONA" e non risulta mai inferiore ad "ACCETTABILE".

### 5.1.3 Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)

Il trattamento acustico ha diretta influenza sulla propagazione del suono nell'ambiente, in relazione:

- al **disturbo che sorgenti presenti in questo spazio** (persone che parlano tra loro, persone che parlano al telefono, rumorosità dovuta al passaggio o al transito di individui oppure di oggetti etc.) **possono produrre** verso gli spazi adiacenti (uffici, etc.)
- all' **incremento della privacy tra presenti**, intesa come possibilità di parlare tra gruppi separati di persone senza disturbare i vicini più prossimi all'interno dello stesso spazio.

Il confronto si basa sul calcolo della risposta all'impulso nello spazio, che è riferita ad una sorgente virtuale rappresentativa di un parlatore caratterizzato da una voce normale maschile con sforzo vocale normale ( $L_{Aeq} = 60$  dB(A) a distanza di 1 m).

I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto (PROGETTO: SENZA INSERIMENTI DI TRATTAMENTI ACUSTICI), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE: CON INSERIMENTO DI TRATTAMENTI ACUSTICI) all'interno degli ambienti. L'andamento del livello sonoro in funzione della distanza si rileva anche nel grafico di Figura 46.

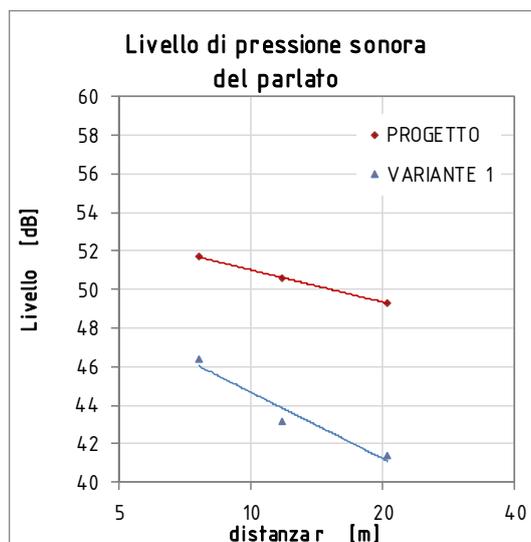


Figura 46 - propagazione del suono con la distanza

Dall'analisi della propagazione del suono all'interno dell'ambiente in funzione della distanza (riduzione del livello sonoro), si osserva che:

- PROGETTO SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI, il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione del livello sonoro pari a 2 dB (riduzione di energia sonora pari a 30%)
- VARIANTE a seguito della REALIZZAZIONE DEI TRATTAMENTI ACUSTICI PREVISTI, il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione di livello pari a 5 dB (riduzione di energia sonora pari a 70%)

Applicando i metodi normativi (ISO 3382-3, NF S 31-080) la tabella seguente riporta i risultati relativi ai parametri:

- Decadimento spaziale del parlato D2S (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);
- Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m Lp,A,S,4m ;
- Distanza di distrazione r0 (distanza del parlatore dove l'indice STI<0,50);
- Distanza di privacy rp (distanza dal parlatore dove l'indice STI<0,20).

Tabella 12 Area ritiro bagagli -- Parametri di qualità acustica normativi

	PROGETTO (Senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO: con l'inserimento di trattamenti acustici	Osservazioni
Decadimento spaziale del parlato D2S	2 dB(A)/raddoppio della distanza	3,5 dB(A)/raddoppio della distanza	
Livello del parlato a distanza di 4 m Lp,A,4m	57 dB(A)	49 dB(A)	Il livello si riduce di 6 dB ossia del 74 %
STI nella postazione di lavoro più vicina	0,58 / ACCETTABILE	0,79 / ECCELLENTE	
Distanza di distrazione rD	5 m	38 m	
Distanza di privacy rP	400 m	75 m	
Livello NF S 31-080	niveau courant	niveau performant	

Secondo la normativa francese la qualità acustica dello spazio passa da "niveau courant" (prestazione "livello qualitativo di base") a "niveau performant" (prestazione "livello qualitativo buono")

Concludendo, i dati ottenuti permettono di concludere che:

- 1 **Riduzione del disturbo percepito** (Figura 46): ad una distanza di 10 m il livello tra la situazione "PROGETTO" e la situazione "VARIANTE" si rileva una riduzione di livello pari a 8 dB, in altre parole l'energia sonora risulta ridotta di 8 volte che è equivalente a dire che un gruppo di

100 persone presenti nell'area ritiro bagagli diventano un gruppo "acusticamente equivalente" pari a 15 persone;

- 2 Tabella 12 Privacy / disturbo tra gruppi separati presenti all'interno dell'ambiente: i risultati indicano che per lo scenario "PROGETTO senza trattamenti acustici" una persona produce un disturbo alla distanza di 5 m da un altro gruppo presente. **Nella situazione "VARIANTE con trattamenti acustici" la stessa persona disturba virtualmente un altro gruppo di persone (con lo stesso sforzo vocale "normale") ad una distanza superiore a 30 m, il disturbo reciproco è stato reso, mediante la realizzazione dei trattamenti acustici, trascurabile che è equivalente a dire che persone o gruppi distanti oltre i 5m non sono più percepibili.**

### 5.1.4 Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza

La presente sezione valuta il livello di intelligibilità dello spazio in oggetto in relazione al sistema di diffusione sonora utilizzato per messaggi / EVAC. La Figura 47 riporta la planimetria dell'ambiente ed il relativo progetto del sistema di altoparlanti a soffitto

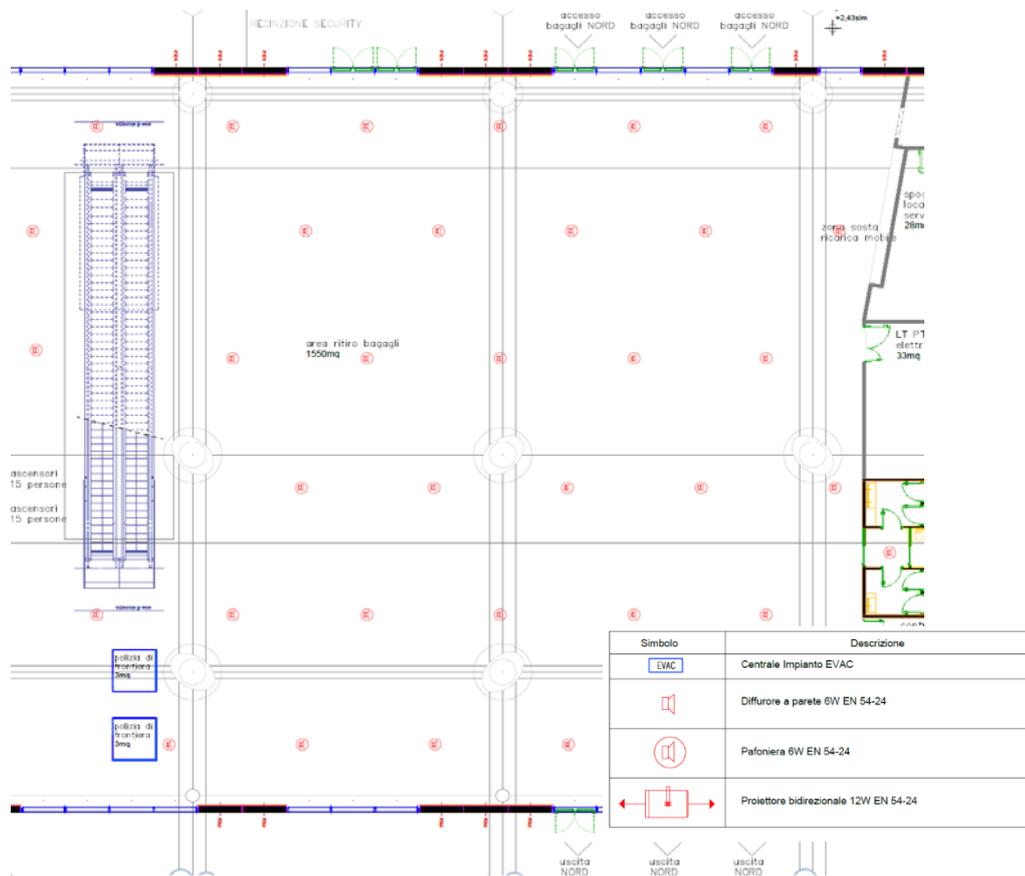


Figura 47 - Terminal piano terra, area consegna bagagli: impianto EVAC

La Tabella 13, riporta i risultati per l'area ritiro bagagli, relativi agli scenari "PROGETTO senza trattamenti acustici" e "VARIANTE con l'inserimento dei trattamenti acustici", i parametri di valutazione (livelli di pressione sonora prodotti dall'impianto, livello di rumore di fondo) si riferiscono ai valori indicati dalla norma ISO 7420-19 in accordo al "Metodo prescrittivo". Il tempo di riverberazione attribuito all'ambiente è determinato dagli scenari di simulazione.

Tabella 13 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO: con trattamenti acustici	Osservazioni
Livello del segnale emesso dal sistema EVAC/ PA L <sub>s</sub>	75,0 dB(A)	75,0 dB(A)	Livello minimo prescrittivo 75 dB(A)
Livello di rumore medio dell'ambiente L <sub>n</sub>	65,0 dB(A)	63,4 dB(A)	Livello massimo prescrittivo 65 dB(A)
Rapporto segnale-rumore SNR	10 dB	12 dB(A)	SNR minimo 10 dB
Intelligibilità del parlato STI <sub>r</sub>	0,44 / SCARSO	0,55 / ACCETTABILE	Valore minimo 0,45 Valore medio 0,50

La valutazione dell'ambiente in oggetto, basata sui requisiti minimi richiesti dal "Metodo prescrittivo" ISO 7420-19, determina un livello medio di intelligibilità nello scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI", con il sistema di diffusione sonora PA / EVAC definito, pari a 0,55 che soddisfa il valore minimo richiesto (intelligibilità pari a 0,45).

## 5.2 EDIFICIO TERMINAL PIANO TERRA, DROP-OFF AREA

Gli ambienti oggetto di analisi nel presente paragrafo sono indicati nella figura seguente:

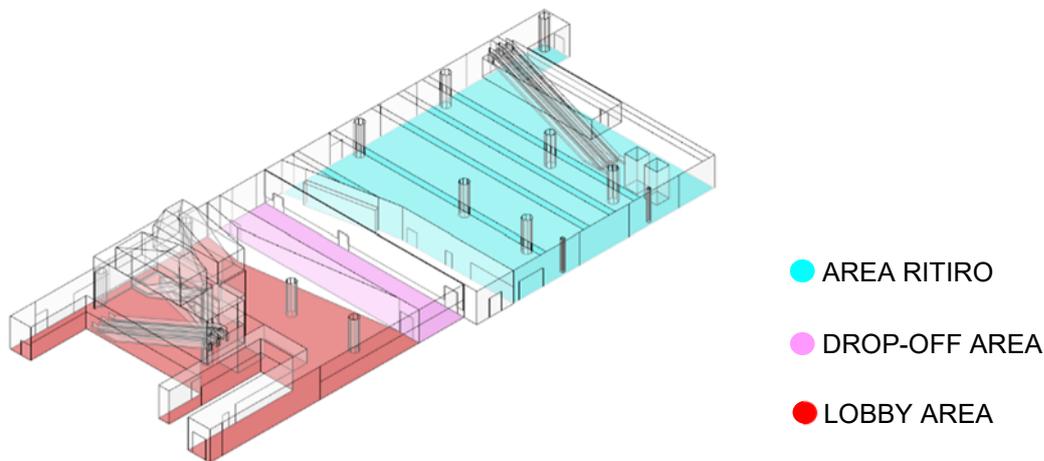


Figura 48 - Edificio terminal, piano terra lato sud ed indicazione dei grandi ambienti

La drop-off area (240 m<sup>2</sup> in pianta) è l'area di consegna dei bagagli, si accede dalla bussola ingresso (IMBARCO SUD) ed al suo interno sono presenti tre aree:

- imbarco bagagli
- controllo bagagli
- controllo bagagli con raggi X

Il soffitto è alto 4,7 m e l'ambiente è caratterizzato da una dimensione dominante (lunghezza pari a 28 m) che rende tale spazio assimilabile ad un corridoio: la presenza di pareti (sul lato lungo) "vicine" crea una sensazione di confusione tra i presenti, prodotto dalle riflessioni multiple che si creano durante le fasi di utilizzo dello spazio. L'ambiente è connesso alle altre zone con porte di accesso quindi il disturbo reciproco è minimo, anche quando gli spazi sono utilizzati simultaneamente.

## Relazione Comfort Acustico

L'inserimento di unità assorbenti a soffitto e l'integrazione con pannelli fonoassorbenti a parete è, quindi, orientato al controllo della propagazione del suono tra le "sotto-aree" ed alla riduzione delle riflessioni che si possono instaurare al suo interno.

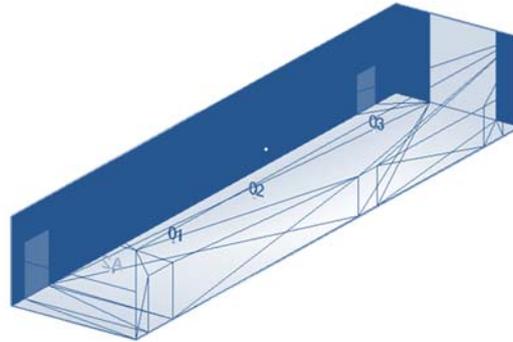


Figura 49 - Modello di simulazione 3D comprensivo di ricevitori e sorgenti di rumore

### 5.2.1 Progetto: Intervento senza trattamenti acustici

La prima analisi del progetto è stata effettuata non considerando l'inserimento di trattamenti acustici. Le figure seguenti riportano i risultati determinati dal software di simulazione al fine di valutare il tempo di riverberazione (RT) e l'indice di intelligibilità del parlato (STI) all'interno dell'ambiente: sono definiti n.1 posizione sorgente e n.3 posizioni ricettori a distanze comprese tra 7 m e 20 m.

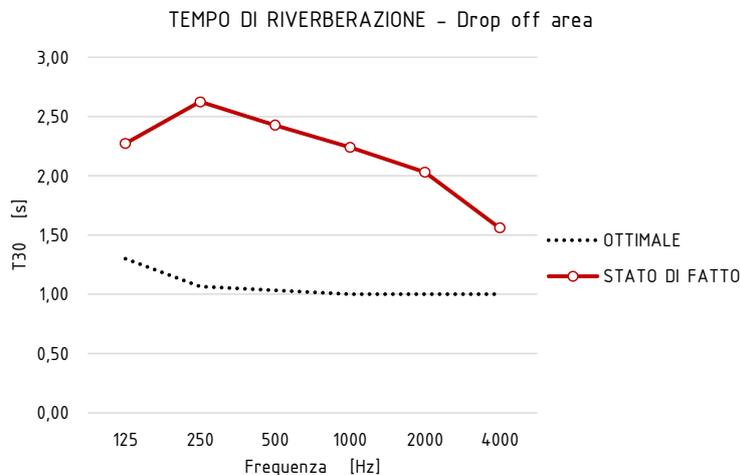


Figura 50 - Tempo di riverberazione drop off SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

#### **OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per aree di queste dimensioni con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 1.0$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato, all'interno dell'ambiente senza l'inserimento di nessun trattamento acustico, risulta pari a  $T = 2,5$  s, è nettamente superiore ai valori previsti per ambienti simili su tutta la banda di frequenze.

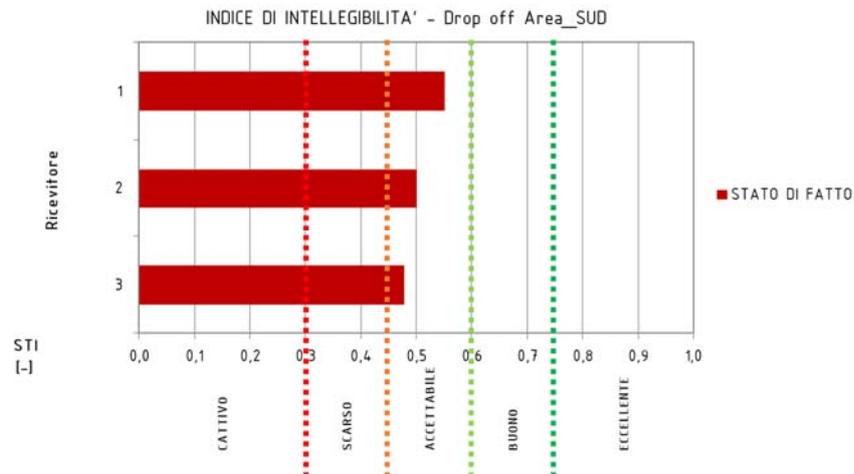


Figura 51 – Indice di intelligibilità del parlato drop – off area SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

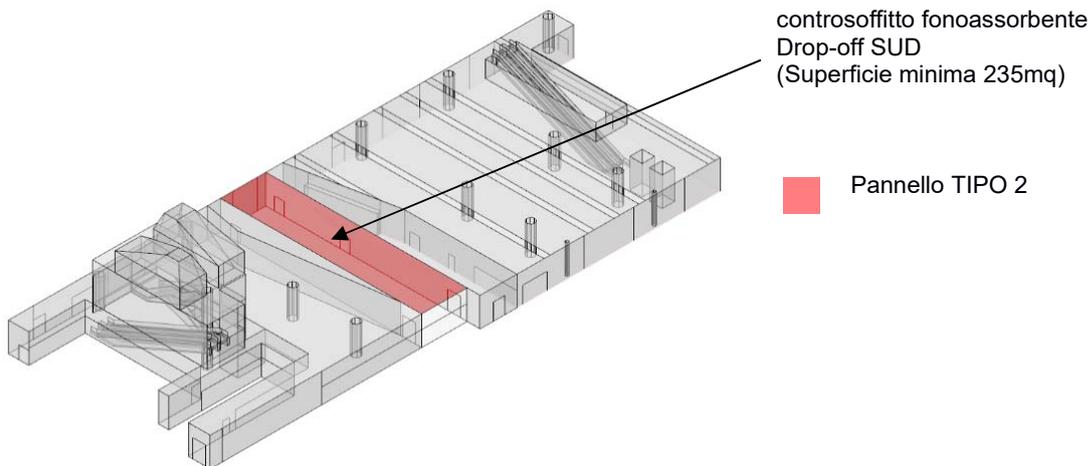
**OSSERVAZIONI STI**

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è mediamente pari a 0,50, corrispondente ad una fascia di giudizio della comprensione della parola "ACCETTABILE".

Data la non rispondenza rispetto a quanto previsto per ambienti di tale destinazione d'uso con dimensioni paragonabili, al fine di massimizzare il comfort acustico all'interno dell'ambiente sono stati progettati alcuni interventi di "correzione acustica" atti proprio ad ottimizzare il comfort all'interno dello spazio.

**5.2.2 Variante di progetto\_inserimento trattamenti acustici (soffitto)**

I trattamenti acustici previsti sono costituiti dall'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima (pari a 235mq) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0.9.



Controsoffitto fonoassorbente TIPO 2

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
<b>Drop-off SUD (Sup.240m<sup>2</sup>)</b> Pannello Tipo 2*	0,50	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	<b>0,90</b>	<b>235</b>
<b>Drop-off NORD (Sup.240m<sup>2</sup>)</b> Pannello Tipo 2*	0,50	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	<b>0,90</b>	<b>235</b>

Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "stato di fatto: senza trattamenti acustici" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

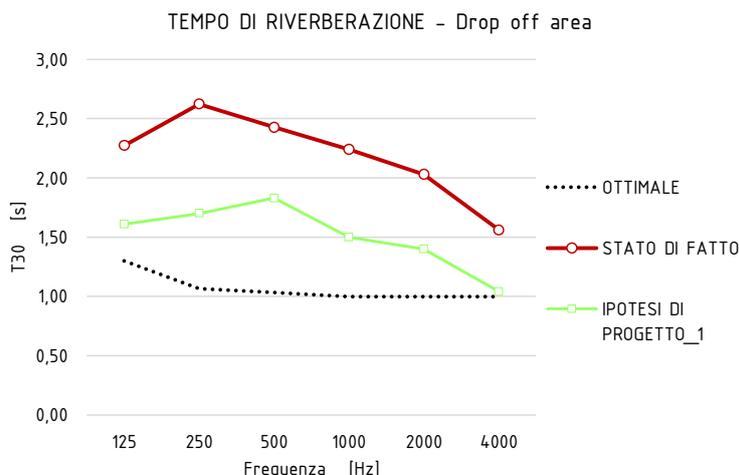


Figura 52 – Tempo di riverberazione drop-off area CON TRATTAMENTI ACUSTICI (curva verde)

**OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a RT = 1.0 s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a T = 1,6 s superiore ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze.

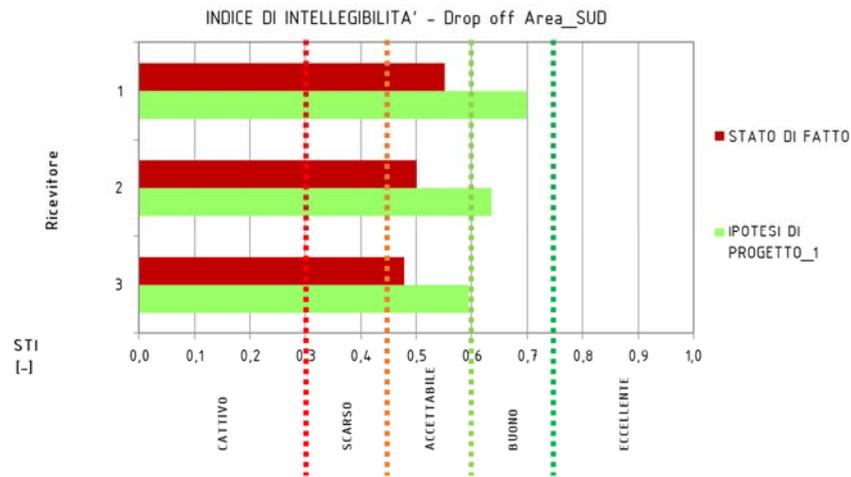
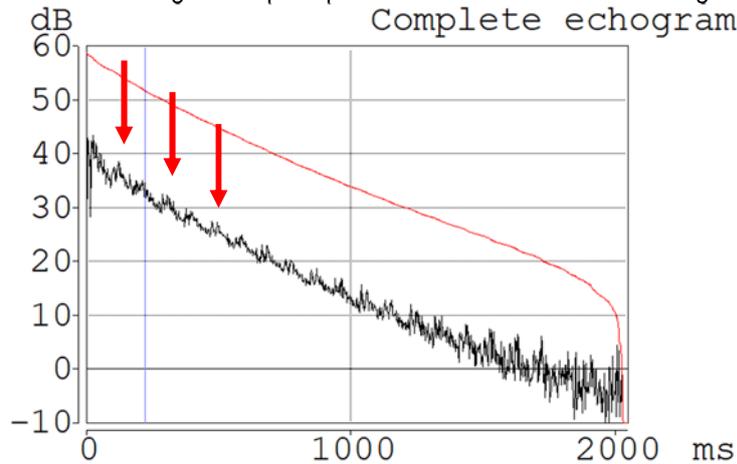


Figura 53 – Indice di intelligibilità del parlato drop-off area CON TRATTAMENTI ACUSTICI

**OSSERVAZIONI STI**

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,50 (fascia di giudizio "ACCETTABILE") ad un valore mediamente pari a 0,63, corrispondente ad una fascia di giudizio "BUONO": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento non risulta mai inferiore ad "BUONO".

Si riporta, di seguito, l'analisi dell'ecogramma per il punto 2 al fine di evidenziare la singolarità acustica.



**OSSERVAZIONI ECOGRAMMA E RILFESSIONI MULTIPLE**

L'ecogramma, che rappresenta il suono che incide dalla sorgente "parlatore" virtuale sul ricettore posto nel punto 2, evidenzia una continua ondulazione che è prodotta dagli echi multipli generati dalla parte alta delle pareti sul lato lungo dello spazio. La Figura 54 evidenzia tali elementi architettonici che determinano le riflessioni multiple.

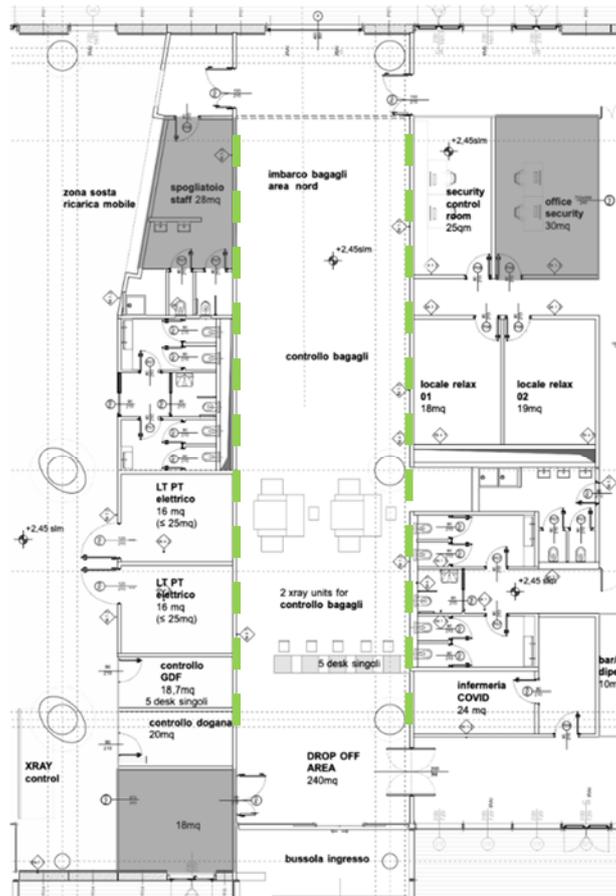


Figura 54 – Edificio terminal, piano terra drop-off area: pareti in cui sono stati evidenziati gli elementi suscettibili di generare riflessioni multiple

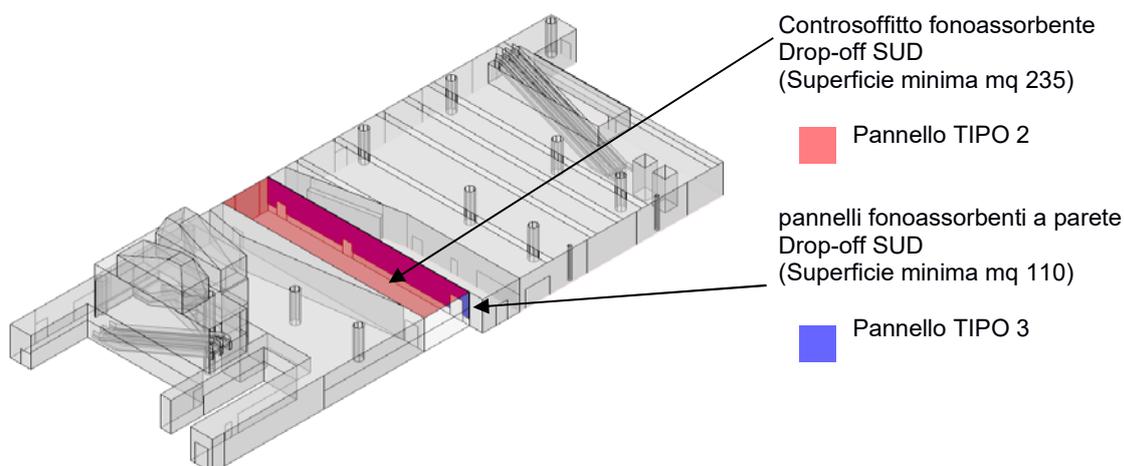
### 5.2.3 Variante di progetto\_inserimento trattamenti acustici (soffitto+parete)

Al fine di far scendere il valore del Tempo di riverberazione su valori ritenuti ottimali per ambienti di quelle dimensioni e soprattutto per eliminare gli echi multipli che potrebbero generarsi all'interno dell'ambienti è stata prevista l'integrazione dei trattamenti acustici anche a parete.

I trattamenti acustici sono costituiti:

- 1) Dall' inserimento di un controsoffitto fonoassorbente,
- 2) dall'apposizione di pannelli fonoassorbenti integrativi a parete.

Entrambi i trattamenti sono posizionati secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima ed i coefficienti acustici in ottava indicati, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$ .



**Controsoffitto fonoassorbente TIPO 2 + Pannello a parete TIPO3**

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
<b>Drop-off SUD (Sup.240m<sup>2</sup>)</b> Pannello Tipo 2*	0,50	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	<b>0,90</b>	<b>235</b>
<b>Drop-off NORD (Sup.240m<sup>2</sup>)</b> Pannello Tipo 2*	0,50	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	<b>0,90</b>	<b>235</b>
<b>Drop-off SUD (Sup.240m<sup>2</sup>)</b> Pannello parete Tipo 3	0,20	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>110</b>
<b>Drop-off NORD (Sup.240m<sup>2</sup>)</b> Pannello parete Tipo 3	0,20	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>110</b>

**Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.**

**Il pannello fonoassorbente a parete dovrà essere caratterizzato da un coefficiente di assorbimento così come sopra riportato e potrà essere posizionato direttamente in aderenza alla parete senza la presenza di una intercapedine.**

Il tempo di riverberazione calcolato l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE\_2: con trattamenti acustici a soffitto e a parete", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "varianete con trattamenti acustici a soffitto\_ipotesi 1" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

## Relazione Comfort Acustico

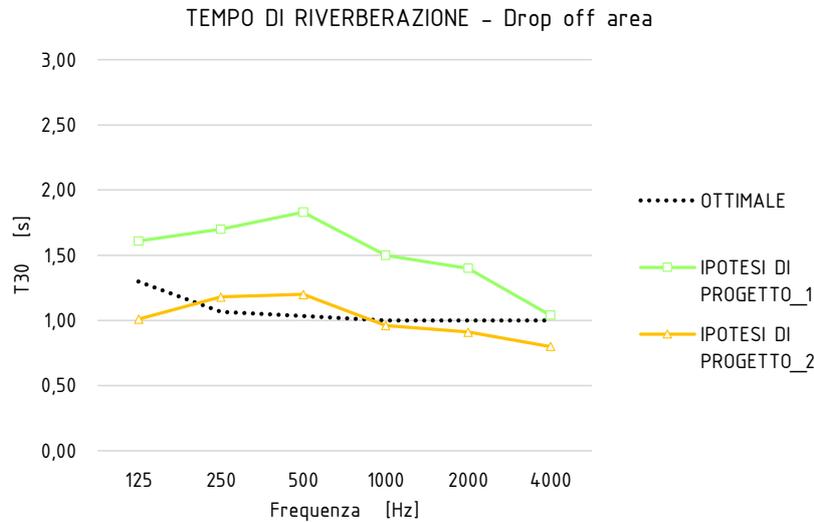


Figura 55 – Tempo di riverberazione drop-off area CON TRATTAMENTI ACUSTICI: soffitto + parete (curva gialla) o solo soffitto (curva verde)

### OSSERVAZIONI T30

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 1.0$  s.

L'inserimento di un trattamento acustico anche sulle pareti, oltre che a soffitto, determina un tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a  $T = 0,7$  s in aderenza ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze.

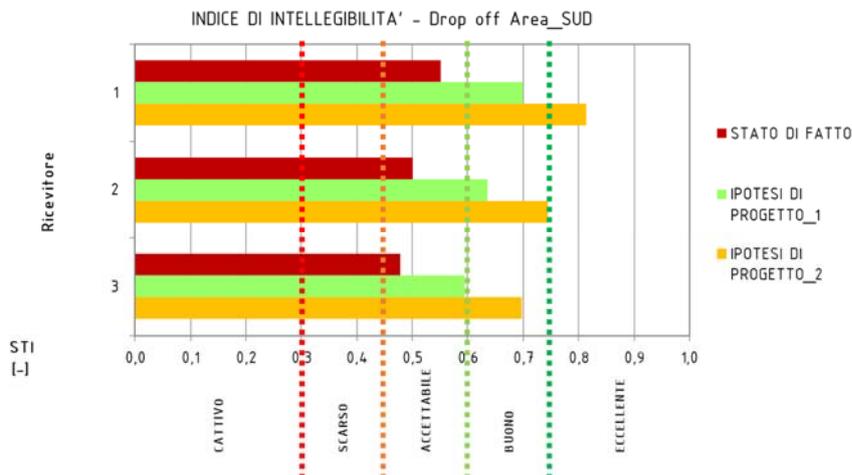


Figura 56 – indice di intelligibilità del parlato drop-off area CON TRATTAMENTI ACUSTICI: soffitto + parete (gialla) o solo soffitto (verde)

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato nello spazio è ulteriormente incrementata da un valore medio di 0,63 (fascia di giudizio "BUONO") ad un valore mediamente pari a 0,75, corrispondente ad una fascia di giudizio "ECCELLENTE": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento non risulta mai inferiore ad "BUONO".

### 5.2.4 Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)

Il trattamento acustico ha diretta influenza sulla propagazione del suono nell'ambiente, in relazione:

- al **disturbo che sorgenti presenti in questo spazio** (persone che parlano tra loro, persone che parlano al telefono, rumorosità dovuta al passaggio o al transito di individui oppure di oggetti etc.) **possono produrre** verso gli spazi adiacenti (uffici, etc.)
- all' **incremento della privacy tra presenti**, intesa come possibilità di parlare tra gruppi separati di persone senza disturbare i vicini più prossimi all'interno dello stesso spazio.

Il confronto si basa sul calcolo della risposta all'impulso nello spazio, che è riferita ad una sorgente virtuale rappresentativa di un parlatore caratterizzato da una voce normale maschile con sforzo vocale normale ( $L_{Aeq} = 60$  dB(A) a distanza di 1 m).

I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto (PROGETTO: SENZA INSERIMENTI DI TRATTAMENTI ACUSTICI), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE 2: CON INSERIMENTO DI TRATTAMENTI ACUSTICI A SOFFITTO E A PARETE) all'interno degli ambienti.

L'andamento del livello sonoro in funzione della distanza si rileva anche nel grafico di Figura 57.

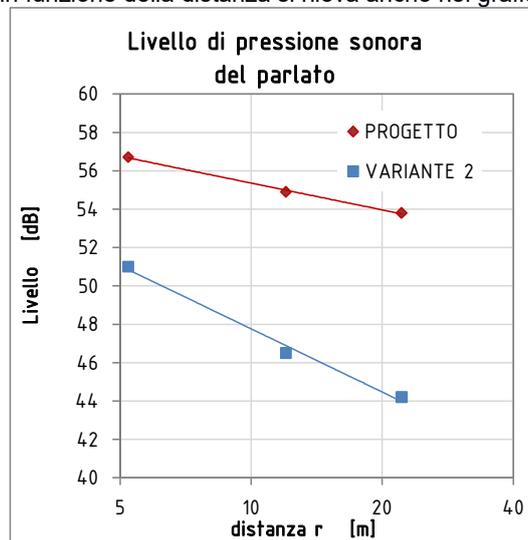


Figura 57 - propagazione del suono con la distanza

Dall'analisi della propagazione del suono all'interno dell'ambiente in funzione della distanza (riduzione del livello sonoro), si osserva che:

- PROGETTO SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI, il livello sonoro per le distanze comprese tra 5 m e 20 m subisce una riduzione del livello sonoro pari a 2,5 dB (riduzione di energia sonora pari a 40%)
- VARIANTE a seguito della REALIZZAZIONE DEI TRATTAMENTI ACUSTICI PREVISTI (SOFFITTO + PARETE), il livello sonoro per le distanze comprese tra 5 m e 20 m subisce una riduzione di livello pari a 7 dB (riduzione di energia sonora pari a 80%)

Applicando i metodi normativi (ISO 3382-3, NF S 31-080) la tabella seguente riporta i risultati relativi ai parametri:

- Decadimento spaziale del parlato D2S (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);
- Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m  $L_{p,A,S,4m}$  ;
- Distanza di distrazione  $r_0$  (distanza del parlatore dove l'indice  $STI < 0,50$ );
- Distanza di privacy  $r_p$  (distanza dal parlatore dove l'indice  $STI < 0,20$ ).

Tabella 14 Drop-off area -- Parametri di qualità acustica normativi

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 2	Osservazioni
Decadimento spaziale del parlato D2S	1 dB(A)/raddoppio della distanza	3 dB(A)/raddoppio della distanza	
Livello del parlato a distanza di 4 m LpA,4m	63 dB(A)	52 dB(A)	Il livello si riduce di 11 dB ossia del 90 %
STI nella postazione di lavoro più vicina	0,59/ ACCETTABILE	0,77 / ECCELLENTE	
distanza di distrazione rD	10 m	20 m	
distanza di privacy rP	300 m	150 m	
Livello NF S 31-080	niveau courant	niveau performant	

Secondo la normativa francese la qualità acustica dello spazio passa da “niveau courant” (prestazione “livello qualitativo di base”) a “niveau performant” (prestazione “livello qualitativo buono”).

Concludendo, i dati ottenuti permettono di concludere che:

1. **Riduzione del disturbo percepito** (Figura 57): ad una distanza di 10 m il livello tra la situazione “PROGETTO” e la situazione “VARIANTE 2” si rileva una riduzione di livello pari a 11 dB, in altre parole l'energia sonora risulta ridotta di 9 volte che equivale a dire che un gruppo di 100 persone presenti nella drop-off area diventano un gruppo “acusticamente equivalente” pari a 10 persone;
2. Tabella 14 **Privacy/disturbo tra gruppi separati presenti all'interno dell'ambiente**: i risultati indicano che per lo scenario “PROGETTO: senza trattamenti acustici” una persona produce un disturbo alla distanza di 10 m da un altro gruppo presente. **Nella situazione “VARIANTE 2: con trattamenti acustici (soffitto+parete)” la stessa persona disturba virtualmente un altro gruppo di persone (con lo stesso sforzo vocale “normale”) ad una distanza superiore a 20 m, il disturbo reciproco è stato reso, mediante la realizzazione dei trattamenti acustici (parete+soffitto), trascurabile che è equivalente a dire che persone o gruppi distanti oltre i 10 m non sono più percepibili.**

### 5.2.5 Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza

La presente sezione valuta il livello di intelligibilità dello spazio in oggetto in relazione al sistema di diffusione sonora utilizzato per messaggi / EVAC. La Figura 58 riporta la planimetria dell'ambiente ed il relativo progetto del sistema di altoparlanti a soffitto.

## Relazione Comfort Acustico

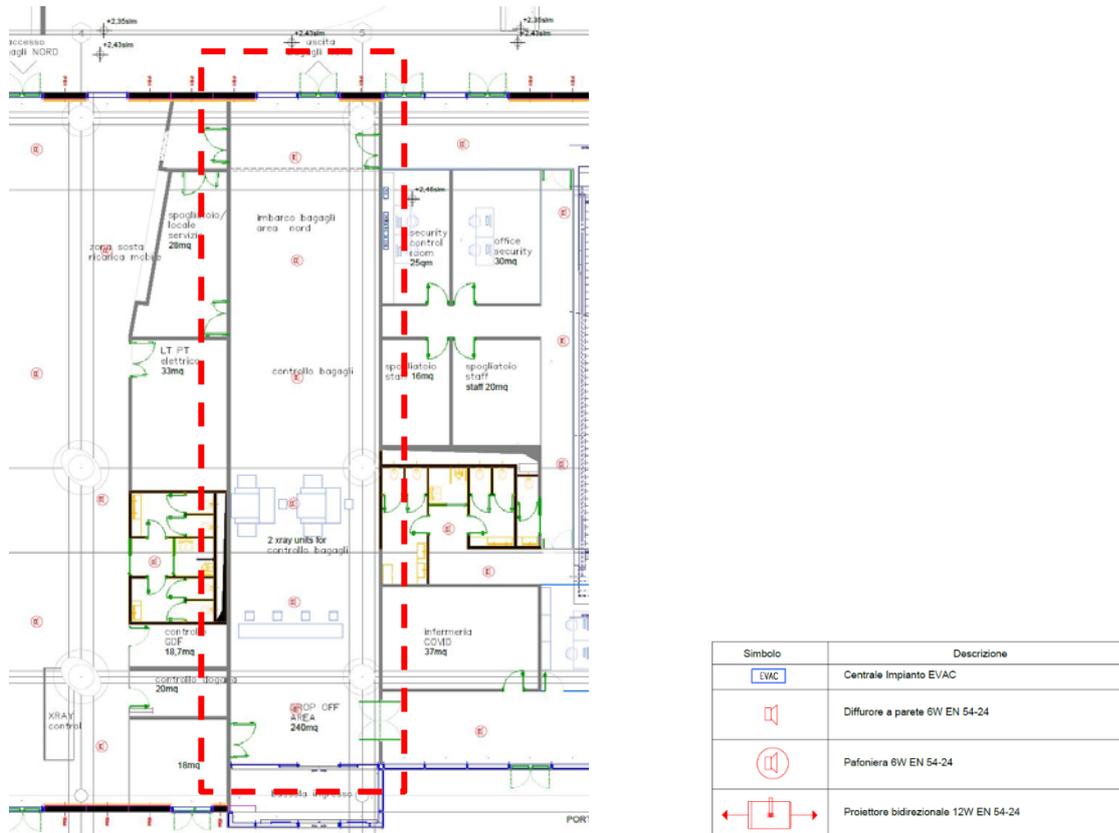


Figura 58 - Terminal piano terra, drop-off area: impianto EVAC

La Tabella 15 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio, riporta i risultati per l'area drop-off, relativi agli scenari "PROGETTO senza trattamenti acustici" e "VARIANTE 2: con trattamenti acustici (soffitto+parete)", i parametri di valutazione (livelli di pressione sonora prodotti dall'impianto, livello di rumore di fondo) si riferiscono ai valori indicati dalla norma ISO 7420-19 in accordo al "Metodo prescrittivo"). Il tempo di riverberazione attribuito all'ambiente è determinato dagli scenari di simulazione.

Tabella 15 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 1	Osservazioni
Livello del segnale emesso dal sistema EVAC/ PA Ls	75,0 dB(A)	75,0 dB(A)	Livello minimo prescrittivo 75 dB(A)
Livello di rumore medio dell'ambiente Ln	65,0 dB(A)	61,7 dB(A)	Livello massimo prescrittivo 65 dB(A)
Rapporto segnale-rumore SNR	10 dB	13 dB(A)	SNR minimo 10 dB
Intelligibilità del parlato STI,r	0,40 / SCARSO	0,61 / BUONO	Valore minimo 0,45 Valore medio 0,50

La valutazione dell'ambiente in oggetto, basata sui requisiti minimi richiesti dal "Metodo prescrittivo" ISO 7420-19, determina un livello medio di intelligibilità nello scenario "VARIANTE 2 CON TRATTAMENTI ACUSTICI (soffitto+parete)", con il sistema di diffusione sonora PA / EVAC definito, pari a 0,61 che soddisfa il valore minimo richiesto (intelligibilità pari a 0,45).

### 5.3 EDIFICIO TERMINAL PIANO TERRA, LOBBY AREA

Gli ambienti oggetto di analisi nel presente paragrafo sono indicati nella figura seguente

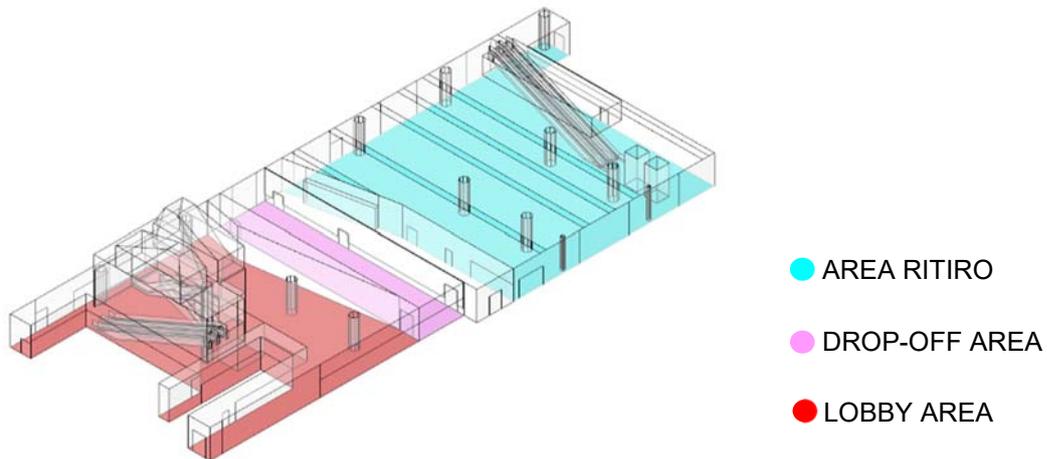


Figura 59 - Edificio terminal, piano terra lato sud ed indicazione dei grandi ambienti

La lobby area ha lo scopo di “accogliere” i clienti ed include le aree di controllo di sicurezza (7xray units, 4 metal detecting area), ingressi ai corridoi ed area ascensori in prossimità degli ingressi.

Si accede all'area delle bussole di ingresso ed avendo superficie di 675 m<sup>2</sup>, anche questo spazio è interessato, nel periodo di attività, ad un intenso flusso di persone. Sono inoltre presenti, i varchi che generano rumore oltre al sistema HVAC.

Il soffitto è alto 4,7 m ed il rapporto dimensionale tra altezza e larghezza/lunghezza è superiore a 5 quindi assimilabile ad un open space.

Lo spazio è connesso al piano primo verso le aree check-in / sale attesa: può determinarsi, quindi, una interferenza quando gli spazi sono utilizzati simultaneamente.

L'inserimento di unità assorbenti è quindi orientato al controllo della propagazione del suono ed alla riduzione del livello di rumore presente nell'ambiente stesso.

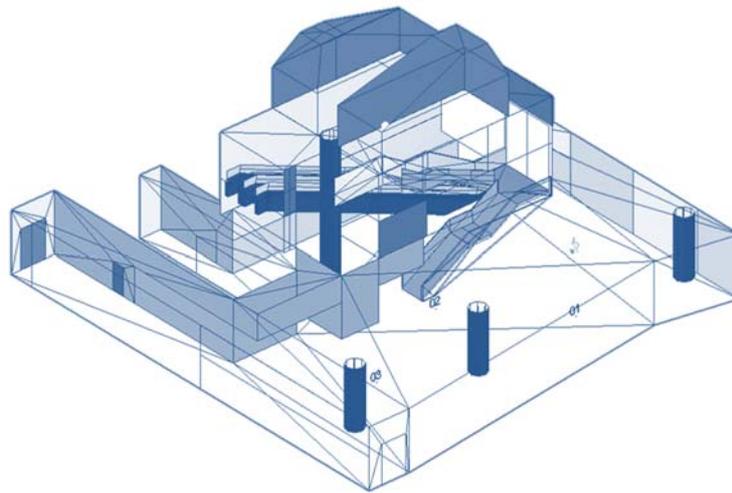


Figura 60 - Modello di simulazione 3D comprensivo di ricevitori e sorgenti di rumore

### 5.3.1 Progetto: Intervento senza trattamenti acustici

La prima analisi del progetto è stata effettuata non considerando l'inserimento di trattamenti acustici. Le figure seguenti riportano i risultati determinati dal software di simulazione al fine di valutare il tempo di riverberazione (RT) e l'indice di intelligibilità del parlato (STI) all'interno dell'ambiente: sono definiti n.1 posizione sorgente e n.3 posizioni ricettori a distanze comprese tra 7 m e 20 m.

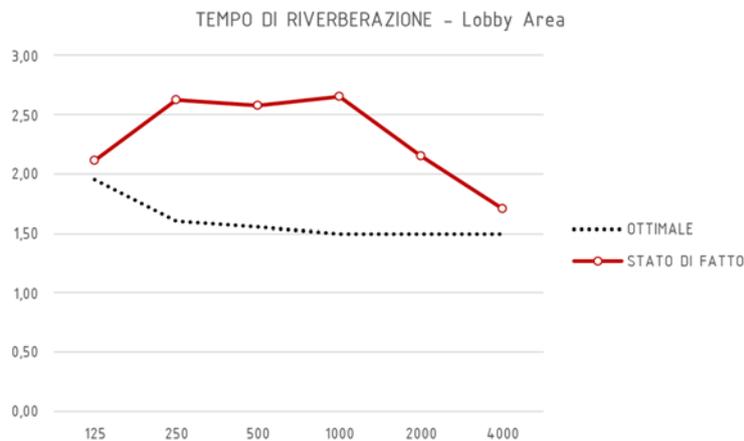


Figura 61 – Tempo di riverberazione lobby area SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

#### **OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per aree di queste dimensioni con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 1.5$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato, all'interno dell'ambiente senza l'inserimento di nessun trattamento acustico, risulta pari a  $T = 2,6$  s è nettamente superiore ai valori previsti per ambienti simili su tutta la banda di frequenze.

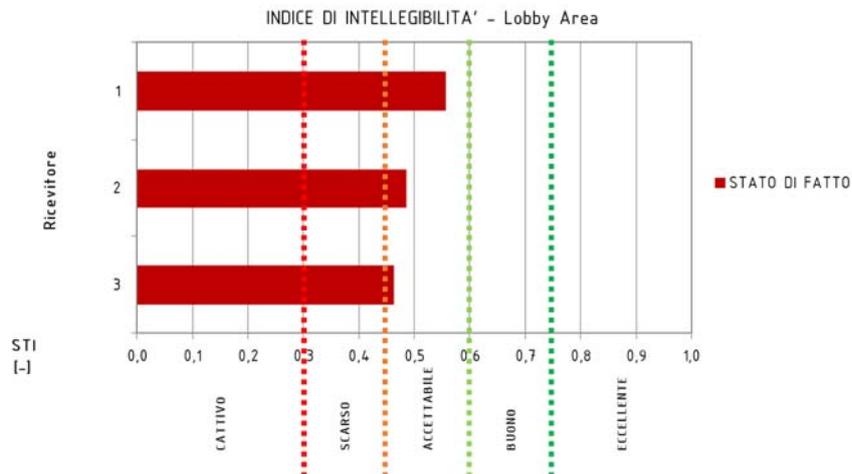


Figura 62 – Indice di intelligibilità del parlato lobby area SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è mediamente pari a 0,47, corrispondente ad una fascia di giudizio della comprensione della parola "SCARSO / ACCETTABILE".

Data la non rispondenza di entrambi i parametri (RT e STI) rispetto a quanto previsto per ambienti di tale destinazione d'uso con dimensioni paragonabili, sono stati progettati alcuni interventi di "correzione acustica" atti ad ottimizzare il comfort all'interno dello spazio.

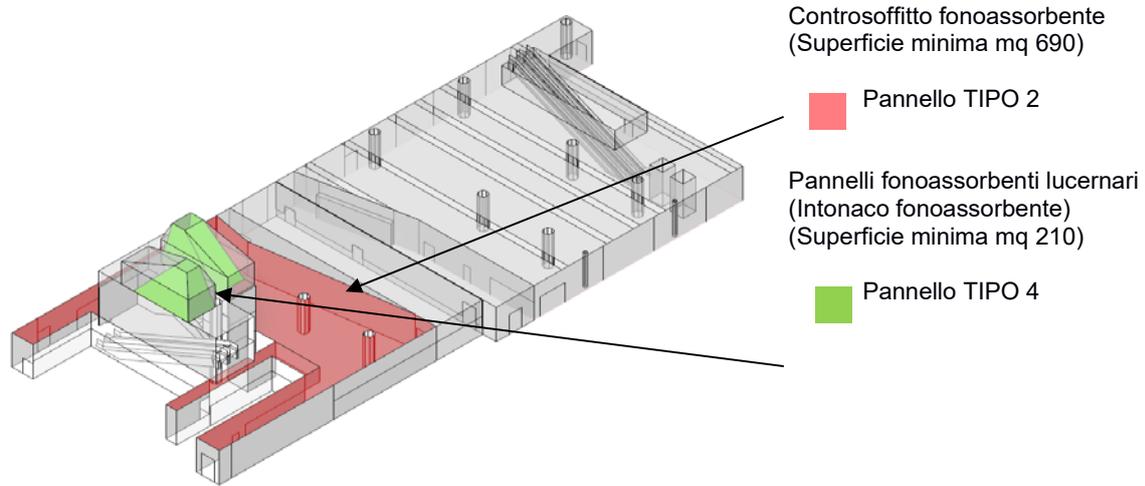
### 5.3.2 Variante di progetto\_inserimento trattamenti acustici (soffitto + pareti)

I trattamenti acustici previsti sono costituiti dall'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima (pari a 690mq) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0,9 e intonaco fonoassorbente a soffitto in accordo con la superficie minima (pari a 210mq) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0,75.

I trattamenti acustici sono così costituiti:

- 1) controsoffitto fonoassorbente Tipo 2
- 2) dall'apposizione di pannelli integrativi sulle pareti oblique dei lucernari e in porzioni orizzontali dell'intradosso dei lucernari. Tale trattamento, specifico per questo vano, ha come obiettivo la riduzione del rumore esterno (prodotto, ad esempio, dai rumori esterni in copertura e della pioggia) che risulterebbe amplificato dalla forma dello spazio, propagandosi verso gli ambienti di vita.

entrambi i trattamenti sono posizionati secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima ed i coefficienti acustici in ottava indicati, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$ .

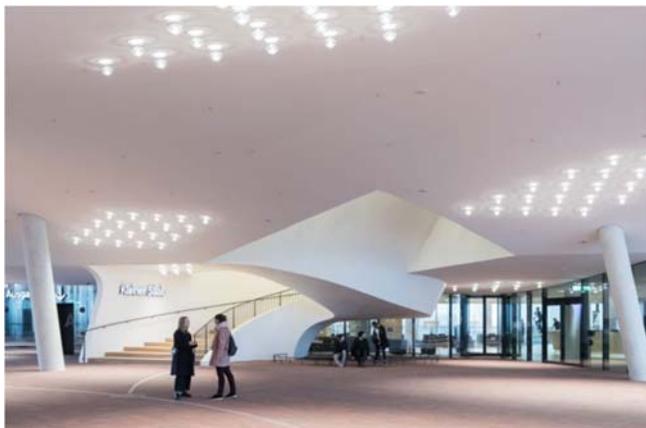


Controsoffitto fonoassorbente TIPO 2 + pannello a parete TIPO 4

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Lobby area (sup. 675 m <sup>2</sup> ) Pannello controsoffitto Tipo 2*	0,50	0,70	0,90	0,90	0,90	0,90	0,80	<b>0,90</b>	<b>690</b>
Lobby area (sup. 675 m <sup>2</sup> ) Pannello parete Tipo 4	0,40	0,65	0,90	0,75	0,65	0,70	0,70	<b>0,75</b>	<b>210</b>

Il trattamento fonoassorbente a soffitto (TIPO 2) dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.

Il trattamento fonoassorbente da realizzarsi sui lucernari (TIPO 4) sarà caratterizzato dalla presenza di intonaco fonoassorbente costituito da pannelli in fibra minerale rivestiti da strato microporoso di finitura (Intonaco fonoassorbente BASWA Acoustic – tipo Baswa Phon Classic Top spessore 50mm).



## Relazione Comfort Acustico

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio relativa allo scenario "VARIANTE", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "di progetto" e "obiettivo".

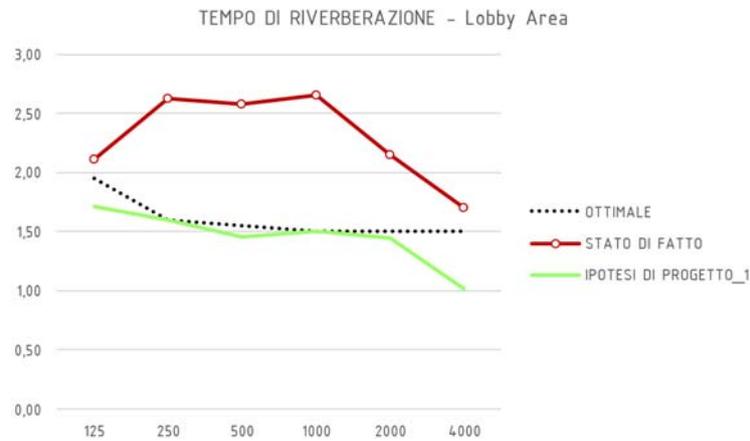


Figura 63 – Tempo di riverberazione lobby area CON TRATTAMENTI ACUSTICI (curva verde)

### OSSERVAZIONI T30

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 1.5$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a  $T = 1,4$  s in aderenza ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze. Tale valore del tempo di riverberazione si ridurrà ulteriormente ad ambiente occupato da persone all'interno dello spazio, conferendo all'ambiente un buon controllo del rumore proveniente dalle aree vicine e un adeguato livello di intelligibilità anche con poche presenze.

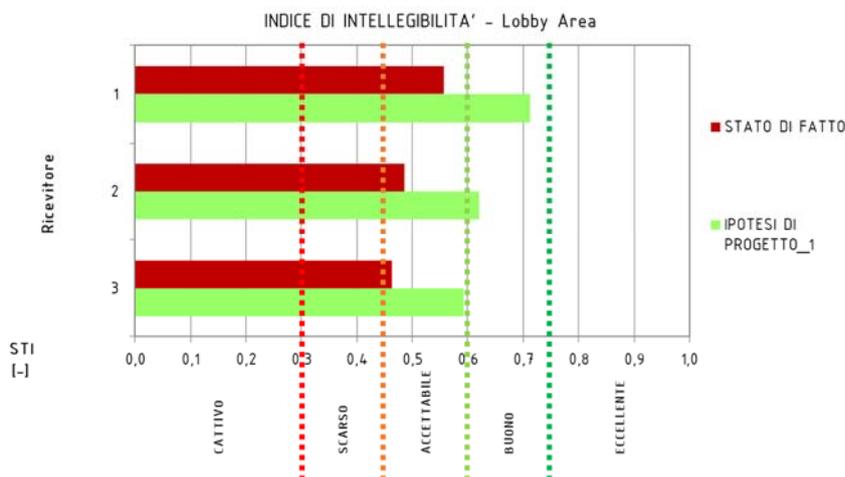


Figura 64 – Indice di intelligibilità del parlato lobby area CON TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,47 (fascia di giudizio "SCARSO/ ACCETTABILE") ad un valore mediamente pari a 0,70, corrispondente ad una fascia di giudizio "BUONO": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento non risulta mai inferiore a "BUONO".

### 5.3.3 Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)

Il trattamento acustico ha diretta influenza sulla propagazione del suono nell'ambiente, in relazione:

- al **disturbo che sorgenti presenti in questo spazio** (persone che parlano tra loro, persone che parlano al telefono, rumorosità dovuta al passaggio o al transito di individui oppure di oggetti etc.) **possono produrre** verso gli spazi adiacenti (uffici, etc.)
- all' **incremento della privacy tra presenti**, intesa come possibilità di parlare tra gruppi separati di persone senza disturbare i vicini più prossimi all'interno dello stesso spazio.

Il confronto si basa sul calcolo della risposta all'impulso nello spazio, che è riferita ad una sorgente virtuale rappresentativa di un parlatore caratterizzato da una voce normale maschile con sforzo vocale normale ( $L_{Aeq} = 60$  dB(A) a distanza di 1 m).

I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto (PROGETTO: SENZA INSERIMENTI DI TRATTAMENTI ACUSTICI), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE: CON INSERIMENTO DI TRATTAMENTI ACUSTICI) all'interno degli ambienti. I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto architettonico (PROGETTO senza trattamenti acustici), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE con trattamenti acustici) all'interno degli ambienti.

L'andamento del livello sonoro in funzione della distanza si rileva anche nel grafico di Figura 65.

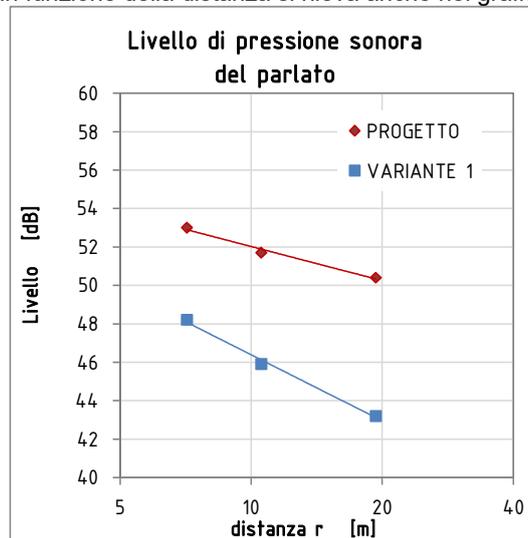


Figura 65 - propagazione del suono con la distanza

Dall'analisi della propagazione del suono all'interno dell'ambiente in funzione della distanza (riduzione del livello sonoro), si osserva che:

- PROGETTO SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI, il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione del livello sonoro pari a 3 dB (riduzione di energia sonora pari a 50%)
- VARIANTE a seguito della REALIZZAZIONE DEI TRATTAMENTI ACUSTICI PREVISTI, il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione di livello pari a 5 dB (riduzione di energia sonora pari a 70%)

Applicando i metodi normativi (ISO 3382-3, NF S 31-080) la tabella seguente riporta i risultati relativi ai parametri:

- Decadimento spaziale del parlato D2S (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);
- Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m  $L_{p,A,S,4m}$  ;
- Distanza di distrazione  $r_0$  (distanza del parlatore dove l'indice  $STI < 0,50$ );
- Distanza di privacy  $r_p$  (distanza dal parlatore dove l'indice  $STI < 0,20$ ).

Tabella 16 Lobby Area -- Parametri di qualità acustica normativi

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 1	Osservazioni
Decadimento spaziale del parlato D2S	2 dB(A)/raddoppio della distanza	3,5 dB(A)/raddoppio della distanza	
Livello del parlato a distanza di 4 m LpA,4m	61,5 dB(A)	50 dB(A)	Il livello si riduce di 11 dB ossia del 90 %
STI nella postazione di lavoro più vicina	0,58/ ACCETTABILE	0,71 / BUONO	
distanza di distrazione rD	7 m	12 m	
distanza di privacy rP	200 m	80 m	
Livello NF S 31-080	niveau courant	niveau performant	

Secondo la normativa francese la qualità acustica dello spazio passa da “niveau courant” (prestazione “livello qualitativo di base”) a “niveau performant” (prestazione “livello qualitativo buono”).

Concludendo, i dati ottenuti permette di stabilire che:

- 3** **Riduzione del disturbo percepito** (Figura 65): ad una distanza di 10 m il livello tra la situazione “PROGETTO” e la situazione “VARIANTE” **si rileva una riduzione di livello pari a 6 dB, in altre parole l’energia sonora risulta ridotta di 4 volte che è equivalente a dire che un gruppo di 100 persone presenti nell’area ritiro bagagli diventano un gruppo “acusticamente equivalente” pari a 25 persone;**

In

- 4 Tabella 16 **Privacy / disturbo tra gruppi separati presenti all'interno dell'ambiente**: i risultati indicano che per lo scenario "PROGETTO senza trattamenti acustici" una persona produce un disturbo alla distanza di 7 m da un altro gruppo presente. **Nella situazione "VARIANTE con trattamenti acustici" la stessa persona disturba virtualmente un altro gruppo di persone (con lo stesso sforzo vocale "normale") ad una distanza superiore a 12 m, il disturbo reciproco è stato reso, mediante la realizzazione dei trattamenti acustici, trascurabile che è equivalente a dire che persone o gruppi distanti oltre i 12m non sono più percepibili.**

### 5.3.4 Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza

La presente sezione valuta il livello di intelligibilità dello spazio in oggetto in relazione al sistema di diffusione sonora utilizzato per messaggi / EVAC. La Figura 66 riporta la planimetria dell'ambiente ed il relativo progetto del sistema di altoparlanti a soffitto.

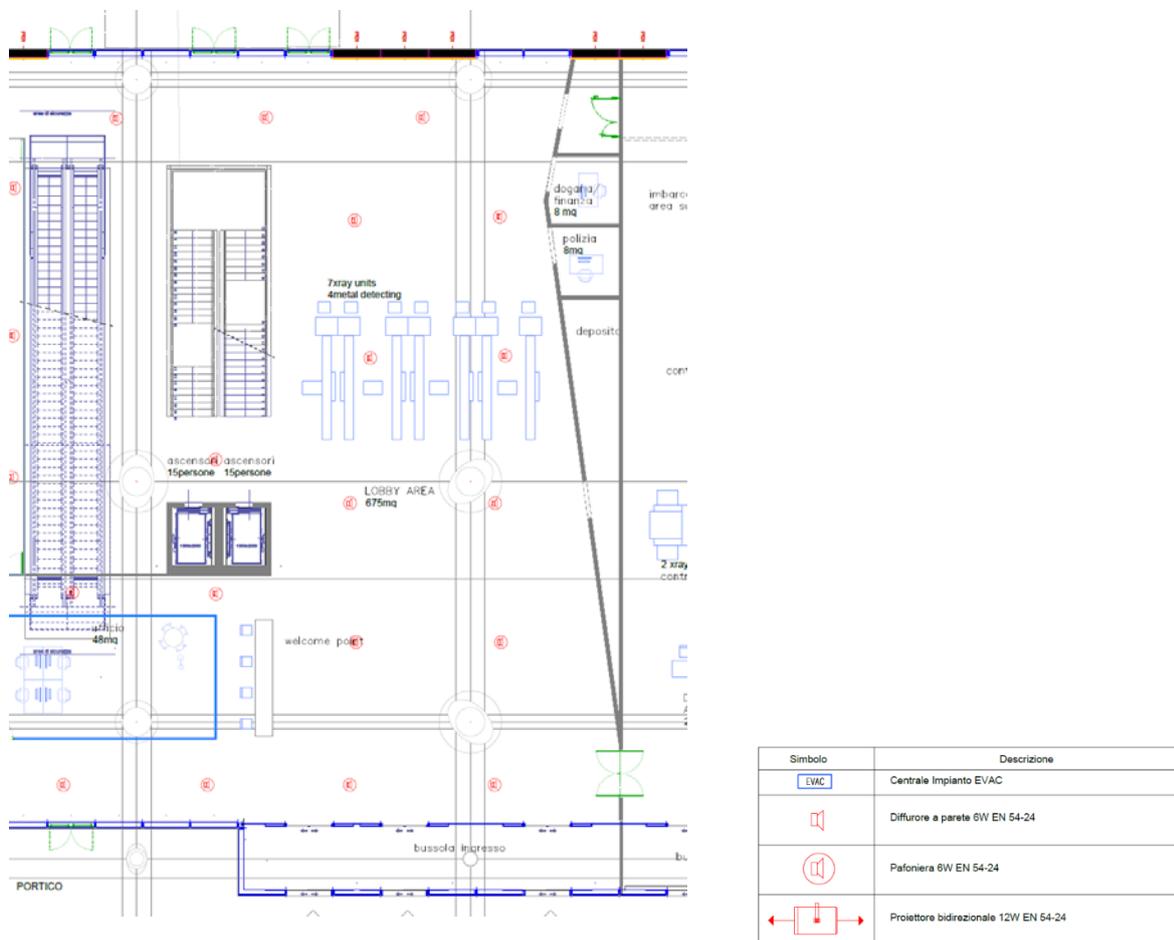


Figura 66 - Terminal piano terra, lobby area: impianto EVAC

La Tabella 17 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio, riporta i risultati per la lobby area, relativi agli scenari "PROGETTO senza trattamenti acustici" e "VARIANTE con trattamenti acustici", i parametri di valutazione (livelli di pressione sonora prodotto dall'impianto, livello di rumore di fondo) di riferiscono ai valori indicati dalla norma ISO 7420-19 in accordo al "Metodo prescrittivo"). Il tempo di riverberazione attribuito all'ambiente è determinato dagli scenari di simulazione.

Tabella 17 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 1	Osservazioni
Livello del segnale emesso dal sistema EVAC/ PA L <sub>s</sub>	75,0 dB(A)	75,0 dB(A)	Livello minimo prescrittivo 75 dB(A)
Livello di rumore medio dell'ambiente L <sub>n</sub>	65,0 dB(A)	63,0 dB(A)	Livello massimo prescrittivo 65 dB(A)
Rapporto segnale-rumore SNR	10 dB	13 dB(A)	SNR minimo 10 dB
Intelligibilità del parlato STI <sub>r</sub>	0,41 / SCARSO	0,58 / ACCETTABILE	Valore minimo 0,45 Valore medio 0,50

La valutazione dell'ambiente in oggetto, basata sui requisiti minimi richiesti dal "Metodo prescrittivo" ISO 7420-19, determina un livello medio di intelligibilità nello scenario "VARIANTE", con il sistema di diffusione sonora PA / EVAC definito, pari a 0,58 che soddisfa il valore minimo richiesto (intelligibilità pari a 0,45).

#### 5.4 EDIFICIO TERMINAL PIANO PRIMO, AREA CHECK-IN

Gli ambienti oggetto di analisi nel presente paragrafo sono indicati nella figura seguente

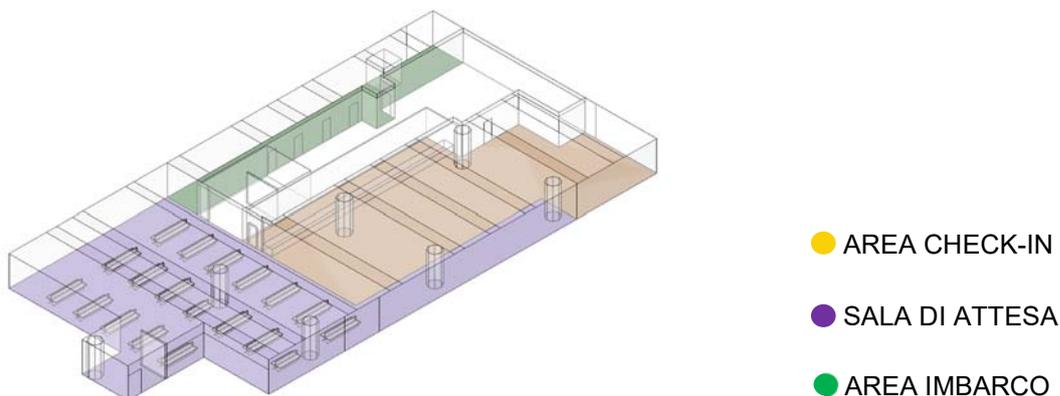


Figura 67 - Edificio terminal, piano primo lato nord ed indicazione dei grandi ambienti

La check-in area indirizza il flusso di passeggeri per le procedure di imbarco ed è adiacente alla sala d'attesa, si evidenzia che nella parte centrale vi sono i desk che ospitano gli operatori: questa sezione deve essere particolarmente curata dal punto di vista acustico in relazione alla privacy tra postazioni adiacenti.

Il terminal ha sviluppo simmetrico sull'asse nord-sud, vi sono le aree seguenti:

- Area-Check-in, lato Nord Sup.362 m<sup>2</sup>
- Area-Check-in, lato Sud Sup.530 m<sup>2</sup>

Il soffitto è alto 3,40 m e l'ambiente è caratterizzato da dimensioni orizzontali dominanti che rende tale spazio assimilabile ad un open office

Come detto, l'ambiente è connesso alle altre grandi aree (sala attesa), quindi, il disturbo reciproco non è trascurabile quando gli spazi sono utilizzati simultaneamente.

L'inserimento di unità assorbenti a soffitto e l'integrazione con pannelli a parete è quindi orientato al controllo della propagazione del suono tra le sotto-aree indicate.

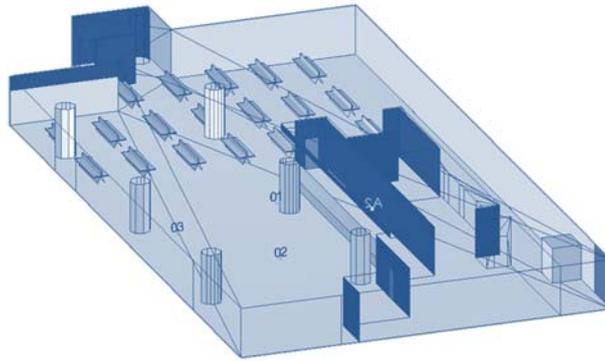


Figura 68 - Modello di simulazione 3D comprensivo di ricevitori e sorgenti di rumore

### 5.4.1 Progetto: Intervento senza trattamenti acustici

La prima analisi del progetto è stata effettuata non considerando l'inserimento di trattamenti acustici. Le figure seguenti riportano i risultati determinati dal software di simulazione al fine di valutare il tempo di riverberazione (RT) e l'indice di intelligibilità del parlato (STI) all'interno dell'ambiente: sono definiti n.1 posizione sorgente e n.3 posizioni ricettori a distanze comprese tra 5 m e 15 m.

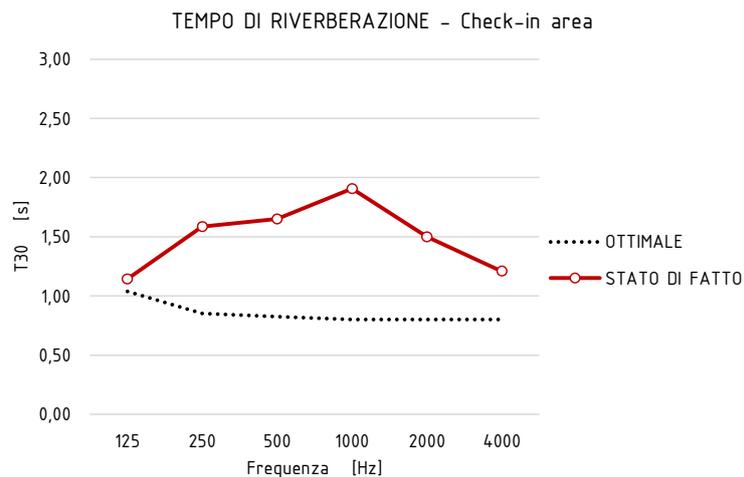


Figura 69 – Tempo di riverberazione area check-in SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

#### **OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per aree di queste dimensioni con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 0,8$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato, all'interno dell'ambiente senza l'inserimento di nessun trattamento acustico, risulta pari a  $T = 1,6$  s è nettamente superiore ai valori previsti per ambienti simili su tutta la banda di frequenze.

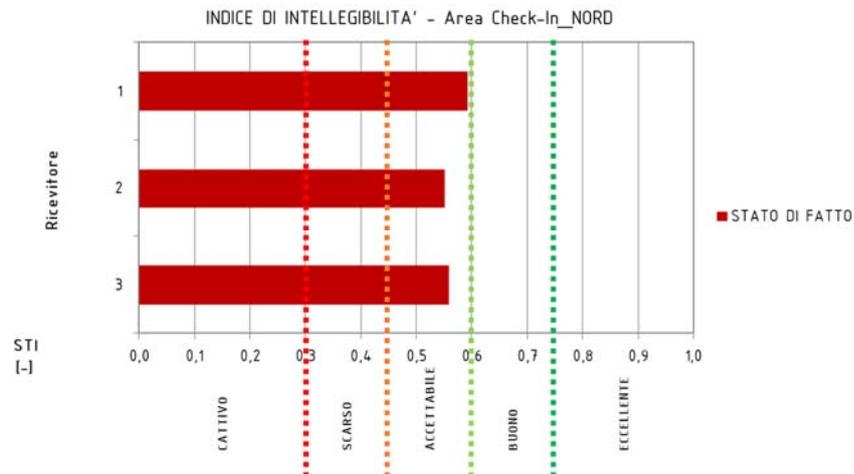


Figura 70 – Indice di intelligibilità del parlato area check-in SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

**OSSERVAZIONI STI**

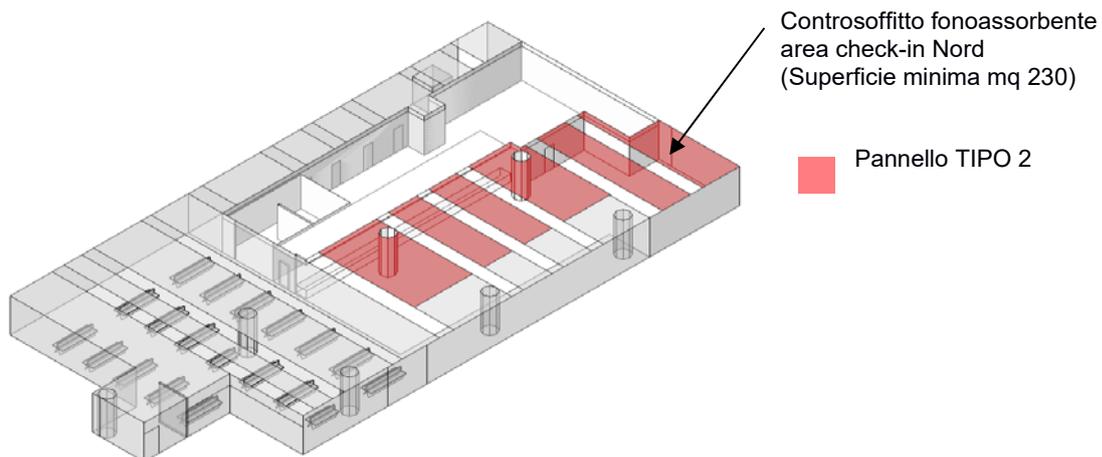
L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è mediamente pari a 0,55, corrispondente ad una fascia di giudizio della comprensione della parola compresa nella fascia di giudizio "ACCETTABILE".  
 Data la non rispondenza dei rispetto a quanto previsto per ambienti di tale destinazione d'uso con dimensioni paragonabili, sono stati progettati alcuni interventi di "correzione acustica" atti ad ottimizzare il comfort all'interno dello spazio.

**5.4.2 Variante di progetto 1\_inserimento trattamenti acustici**

I trattamenti acustici previsti sono costituiti dall'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima (pari a 230mq) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0.8.

**VARIANTE DI PROGETTO\_1**

I trattamenti acustici sono costituiti da sostituzione integrale del materiale previsto a progetto con controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima ed i coefficienti acustici in ottava indicati, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$ .



Controsoffitto fonoassorbente TIPO 1

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
area check-in Nord (Sup.362 m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>230</b>
area check-in Sud (Sup.530 m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>340</b>

**Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.**

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "stato di fatto: senza trattamenti acustici" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

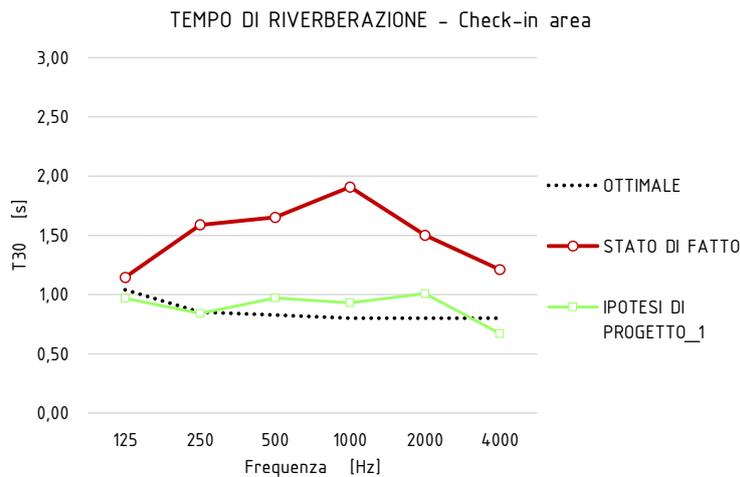


Figura 71 – Tempo di riverberazione area check-in CON TRATTAMENTI ACUSTICI (curva verde)

**OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a RT = 0,8 s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a T = 1,0 s in aderenza ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze.

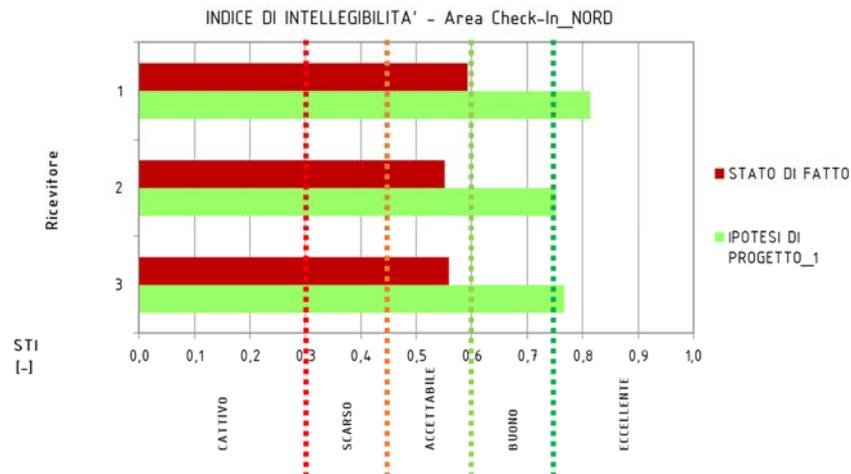


Figura 72 – Indice di intelligibilità del parlato area check-in CON TRATTAMENTI ACUSTICI

**OSSERVAZIONI STI**

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,55 (fascia di giudizio "ACCETTABILE") ad un valore mediamente pari a 0,76, corrispondente ad una fascia di giudizio "ECCELLENTE": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento fonoassorbente non risulta mai inferiore ad "ECCELLENTE".

Come detto, nella parte centrale delle aree check-in vi sono i desk che ospitano gli operatori: Questa sezione deve essere particolarmente curata dal punto di vista acustico in relazione alla privacy tra le postazioni adiacenti (Figura 73).

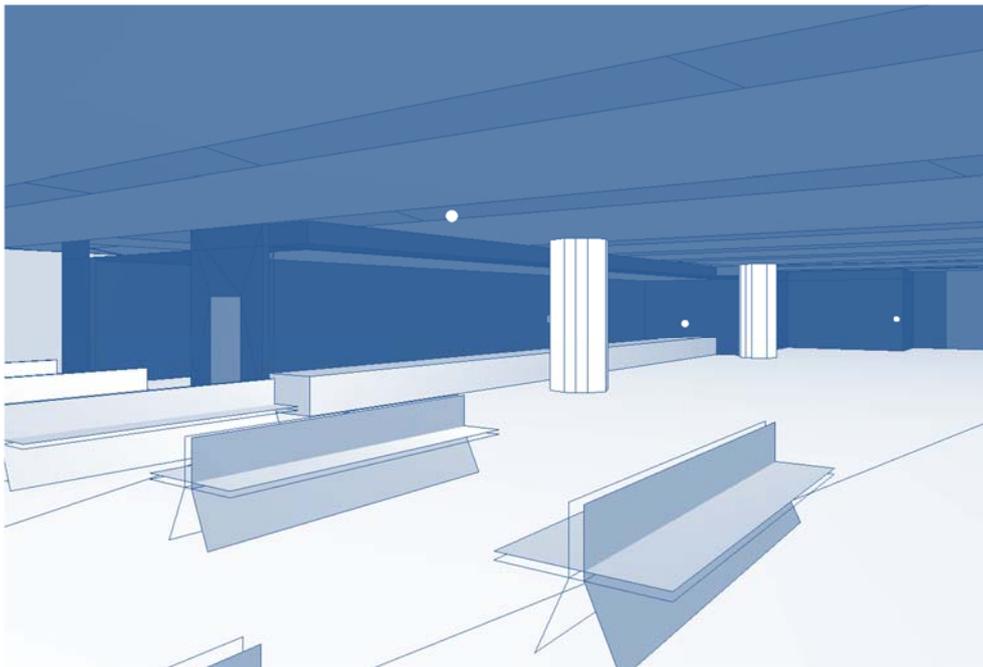


Figura 73 - edificio terminal, piano primo: aree check-con i desk che ospitano gli operatori

Le superfici suscettibili di trattamento acustico, per eliminare quanto possibile le riflessioni non volute, sono:

- La parete retrostante le zone di lavoro,

## Relazione Comfort Acustico

- Il soffitto dei desk
- La parete terminale, più corta verso l'area scale

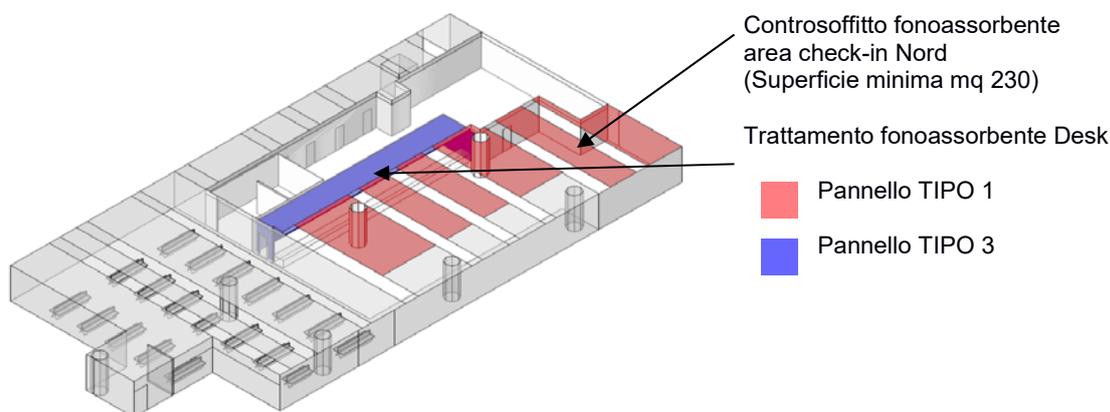
### 5.4.3 Variante di progetto 2\_inserimento trattamenti acustici (soffitto + zona desk)

Al fine di ottimizzare il comfort acustico all'interno dello spazio si è definito di incrementare il trattamento fonoassorbente del soffitto.

I trattamenti acustici previsti sono, quindi, costituiti:

- 1) dal trattamento integrale del controsoffitto fonoassorbente
- 2) dall'apposizione di pannelli integrativi a parete in zona desk

entrambi i trattamenti sono posizionati secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima ed i coefficienti acustici in ottava indicati, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$ .



#### Controsoffitto fonoassorbente TIPO 1 + pannello a parete TIPO3

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice $A_w$	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
area check-in Nord (Sup.362 m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>230</b>
area check-in Sud (Sup.530 m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>340</b>
area check-in Nord (Sup.362 m <sup>2</sup> ) Pannello parete Tipo 3	0,20	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>130</b>
area check-in Nord (Sup.362 m <sup>2</sup> ) Pannello parete Tipo 3	0,20	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>130</b>

**Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.**

## Relazione Comfort Acustico

L'area desk (soffitto e pareti laterali e retrostante) dovranno essere realizzati in materiale fonoassorbente (Pannello Tipo 3) caratterizzato da un coefficiente di assorbimento alfa = 0,8 come sopra riportato.

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI soffitto + area desk", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "ipotesi: con trattamenti acustici solo soffitto" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

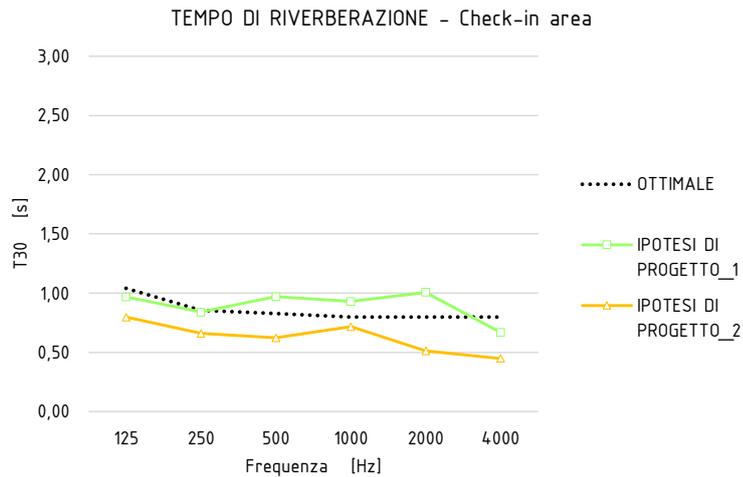


Figura 74 – Tempo di riverberazione area bagagli CON TRATTAMENTI ACUSTICI: curva verde (solo soffitto) e curva gialla (soffitto + area desk)

### OSSERVAZIONI T30

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 0,8$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a  $T = 0,7$  s in aderenza ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze.

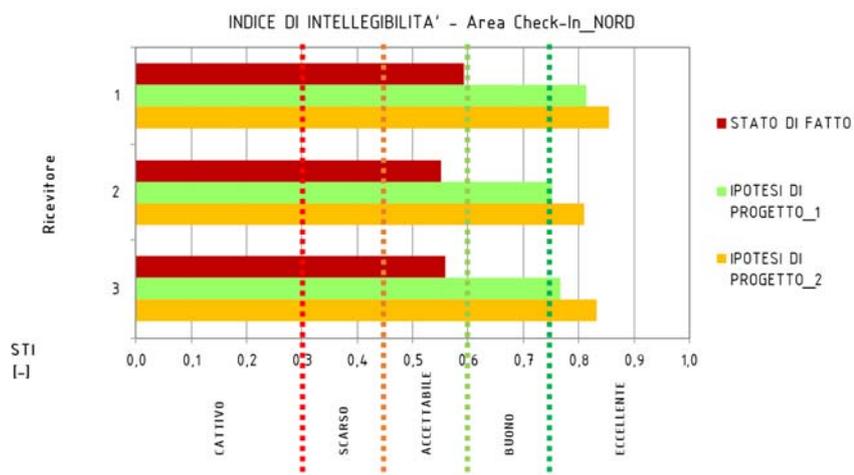


Figura 75 – Indice di intelligibilità del parlato area bagagli CON TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,76 (fascia di giudizio "eccellente") ad un valore mediamente pari a 0,83, corrispondente ad una fascia di giudizio "ECCELLENTE": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento fonoassorbente previsto a soffitto + area desk non risulta mai inferiore ad "ECCELLENTE".

### 5.4.4 Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)

Il trattamento acustico ha diretta influenza sulla propagazione del suono nell'ambiente, in relazione:

- al **disturbo che sorgenti presenti in questo spazio** (persone che parlano tra loro, persone che parlano al telefono, rumorosità dovuta al passaggio o al transito di individui oppure di oggetti etc.) **possono produrre** verso gli spazi adiacenti (uffici, etc.)
- all' **incremento della privacy tra presenti**, intesa come possibilità di parlare tra gruppi separati di persone senza disturbare i vicini più prossimi all'interno dello stesso spazio.

Il confronto si basa sul calcolo della risposta all'impulso nello spazio, che è riferita ad una sorgente virtuale rappresentativa di un parlatore caratterizzato da una voce normale maschile con sforzo vocale normale ( $L_{Aeq} = 60$  dB(A) a distanza di 1 m).

I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto (PROGETTO: SENZA INSERIMENTI DI TRATTAMENTI ACUSTICI), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE: CON INSERIMENTO DI TRATTAMENTI ACUSTICI) all'interno degli ambienti. L'andamento del livello sonoro in funzione della distanza si rileva anche nel grafico di Figura 76.

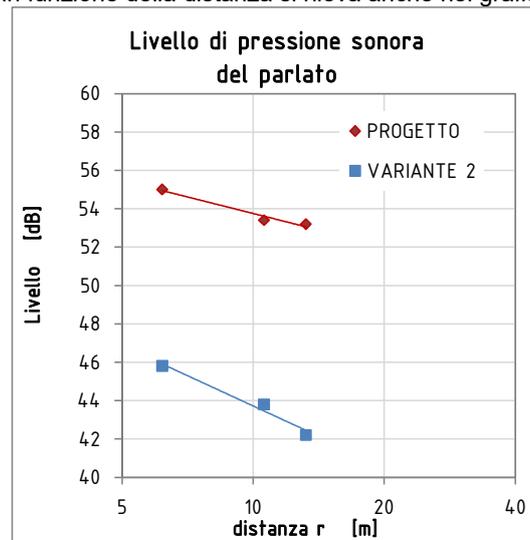


Figura 76 - propagazione del suono con la distanza

Dall'analisi della propagazione del suono all'interno dell'ambiente in funzione della distanza (riduzione del livello sonoro), si osserva che:

- PROGETTO SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI il livello sonoro per le distanze comprese tra 5 m e 15 m subisce una riduzione del livello sonoro pari a 2 dB (riduzione di energia sonora pari a 30%)
- VARIANTE a seguito della REALIZZAZIONE DEI TRATTAMENTI ACUSTICI PREVISTI (controsoffitto + area desk), il livello sonoro per le distanze comprese tra 5 m e 15 m subisce una riduzione di livello pari a 7 dB (riduzione di energia sonora pari a 60%)

Applicando i metodi normativi (ISO 3382-3, NF S 31-080) la tabella seguente riporta i risultati relativi ai parametri

- Decadimento spaziale del parlato  $D_{2S}$  (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);
- Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m  $L_{p,A,S,4m}$  ;
- Distanza di distrazione  $r_0$  (distanza del parlatore dove l'indice  $STI < 0,50$ );

## Relazione Comfort Acustico

- Distanza di privacy rp (distanza dal parlatore dove l'indice STI<0,20).

Tabella 18 Check-in area -- Parametri di qualità acustica normativi

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 2	Osservazioni
Decadimento spaziale del parlato D2S	1,5 dB(A)/raddoppio della distanza	3 dB(A)/raddoppio della distanza	
Livello del parlato a distanza di 4 m LpA,4m	56 dB(A)	48 dB(A)	Il livello si riduce di 8 dB ossia del 80 %
STI nella postazione di lavoro più vicina	0,58/ BUONO	0,76 / ECCELLENTE	
distanza di distrazione rD	11 m	16 m	
distanza di privacy rP	300 m	100 m	
Livello NF S 31-080	niveau courant	niveau performant	

Secondo la normativa francese la qualità acustica dello spazio passa da “niveau courant” (prestazione “livello qualitativo di base”) a “niveau performant” (prestazione “livello qualitativo buono”).

Concludendo, i dati ottenuti permette di concludere che:

1. **Riduzione del disturbo percepito** (Figura 76): ad una distanza di 10 m il livello tra la situazione “PROGETTO” e la situazione “VARIANTE 2” **si rileva una riduzione di livello pari a 9 dB, in altre parole l’energia sonora risulta ridotta di 8 volte che è equivalente a dire che un gruppo di 100 persone presenti nella check-in area diventano un gruppo “acusticamente equivalente” pari a 15 persone;**
2. **Privacy / disturbo tra gruppi separati presenti all’interno dell’ambiente:** i risultati indicano che per lo scenario “PROGETTO senza trattamenti acustici” una persona produce un disturbo alla distanza di 11 m da un altro gruppo presente. **Nella situazione “VARIANTE 2 con trattamenti acustici (soffitto + area desk)” la stessa persona disturba virtualmente un altro gruppo di persone (con lo stesso sforzo vocale “normale”) ad una distanza superiore a 16 m, il disturbo reciproco è stato reso, mediante la realizzazione dei trattamenti acustici, trascurabile che è equivalente a dire che persone o gruppi distanti oltre i 10 m non sono più percepibili.**

### 5.4.5 Valutazione dell’Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza

La presente sezione valuta il livello di intelligibilità dello spazio in oggetto in relazione al sistema di diffusione sonora utilizzato per messaggi / EVAC. La Figura 77 riporta la planimetria dell’ambiente ed il relativo progetto del sistema di altoparlanti a soffitto.

## Relazione Comfort Acustico

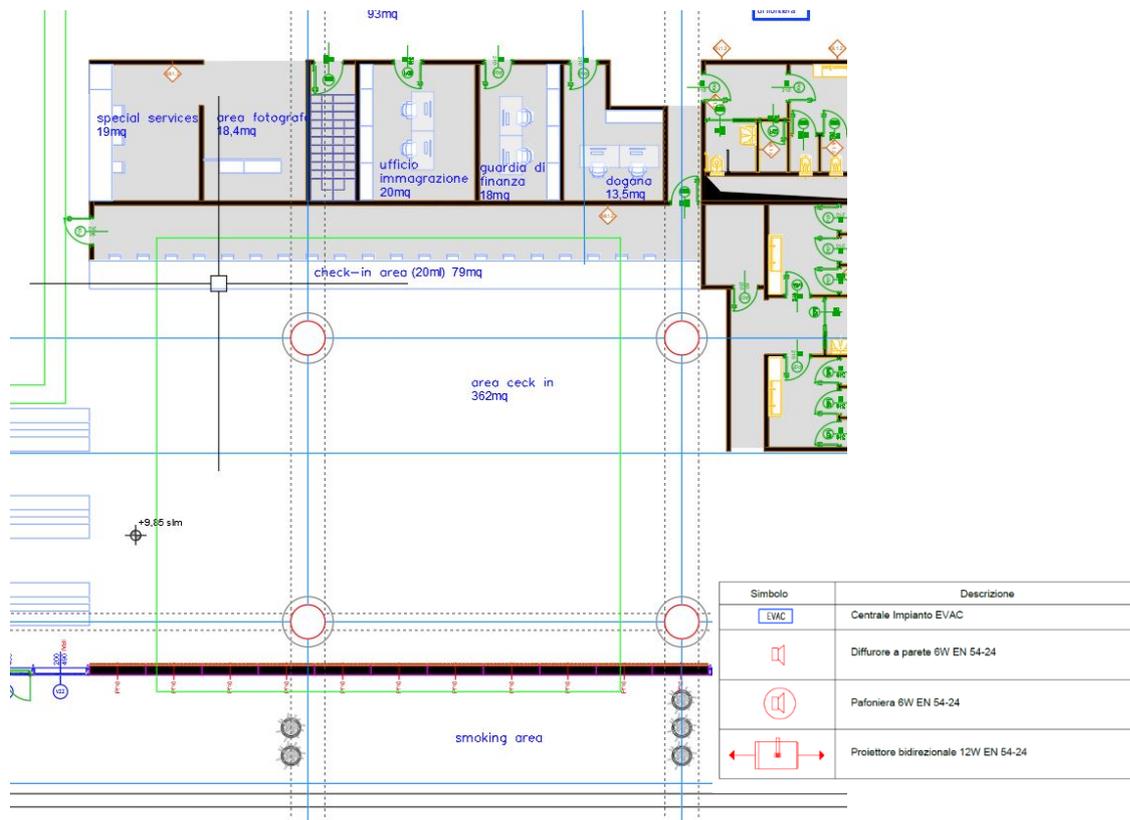


Figura 77 - Terminal piano primo, check-in area: impianto EVAC

La Tabella 19 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio, riporta i risultati per l'area check-in, relativi agli scenari "PROGETTO" e "VARIANTE 2", i parametri di valutazione (livelli di pressione sonora prodotto dall'impianto, livello di rumore di fondo) di riferimento ai valori indicati dalla norma ISO 7420-19 in accordo al "Metodo prescrittivo"). Il tempo di riverberazione attribuito all'ambiente è determinato dagli scenari di simulazione.

Tabella 19 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 2	Osservazioni
Livello del segnale emesso dal sistema EVAC/ PA Ls	75,0 dB(A)	75,0 dB(A)	Livello minimo prescrittivo 75 dB(A)
Livello di rumore medio dell'ambiente Ln	65,0 dB(A)	63,1 dB(A)	Livello massimo prescrittivo 65 dB(A)
Rapporto segnale-rumore SNR	10 dB	12 dB(A)	SNR minimo 10 dB
Intelligibilità del parlato STI,r	0,44 / SCARSO	0,58 / ACCETTABILE	Valore minimo 0,45 Valore medio 0,50

La valutazione dell'ambiente in oggetto, basata sui requisiti minimi richiesti dal "Metodo prescrittivo" ISO 7420-19, determina un livello medio di intelligibilità nello scenario "VARIANTE 2", con il sistema di diffusione sonora PA / EVAC definito, pari a 0,58 che soddisfa il valore minimo richiesto (intelligibilità pari a 0,45).

## 5.5 EDIFICIO TERMINAL PIANO PRIMO, SALE ATTESA

Gli ambienti oggetto di analisi nel presente paragrafo sono indicati nella figura seguente:

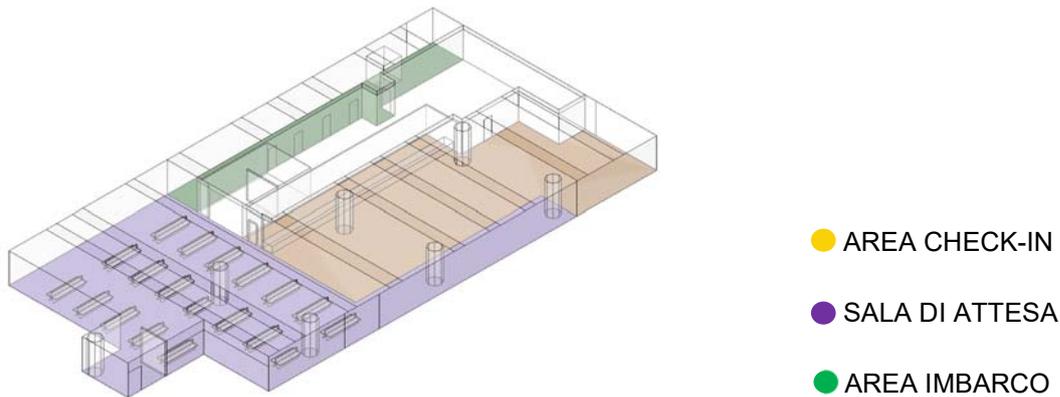


Figura 78 - Edificio terminal, piano primo lato nord ed indicazione dei grandi ambienti

Le sale d'attesa, collocate al piano primo nei lati nord e sud del terminal, sono adiacenti al check-in e sono separate mediante elementi vetrati dalle scale dalle aree di imbarco/sbarco passeggeri. Il soffitto è alto 3,4 m e l'ambiente è caratterizzato da dimensioni orizzontali dominanti che rende tale spazio assimilabile ad un open office.

La connessione tra le grandi aree determina, quindi, il disturbo reciproco che può essere non trascurabile: l'inserimento di unità assorbenti è quindi orientato al controllo della propagazione del suono ed alla riduzione del livello di rumore presente nell'ambiente stesso.

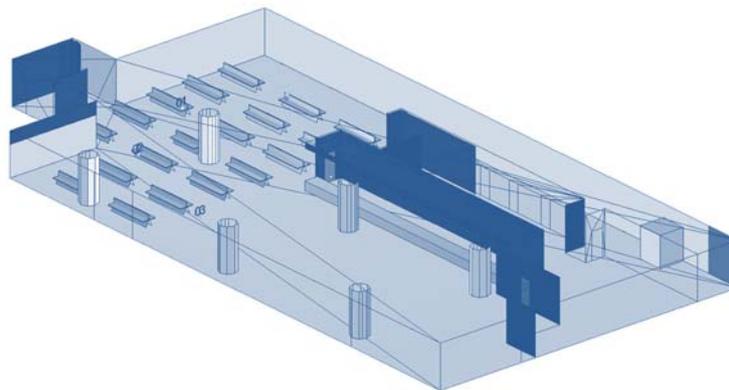


Figura 79 - Modello di simulazione 3D comprensivo di ricevitori e sorgenti di rumore

### 5.5.1 Progetto: Intervento senza trattamenti acustici

La prima analisi del progetto è stata effettuata non considerando l'inserimento di trattamenti acustici.

## Relazione Comfort Acustico

Le figure seguenti riportano i risultati determinati dal software di simulazione al fine di valutare il tempo di riverberazione (RT) e l'indice di intelligibilità del parlato (STI) all'interno dell'ambiente: sono definiti n.1 posizione sorgente e n.3 posizioni ricettori a distanze comprese tra 7 m e 20 m.

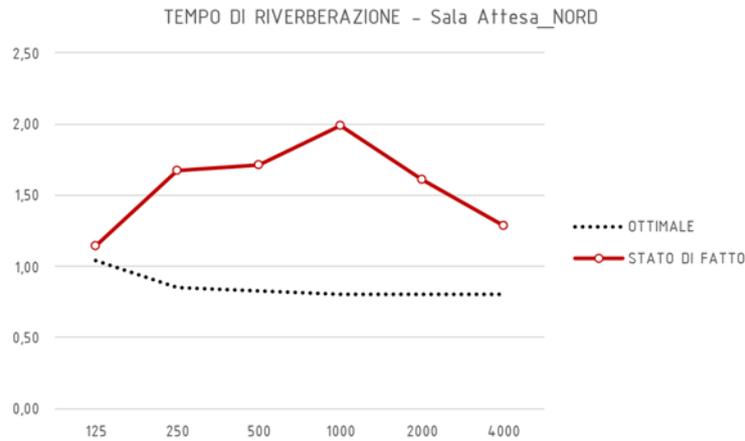


Figura 80 – Tempo di riverberazione sala attesa SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI T30

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per aree di queste dimensioni con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 0,8$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato, all'interno dell'ambiente senza l'inserimento di nessun trattamento acustico, risulta pari a  $T = 1,7$  s è nettamente superiore ai valori previsti per ambienti simili su tutta la banda di frequenze.

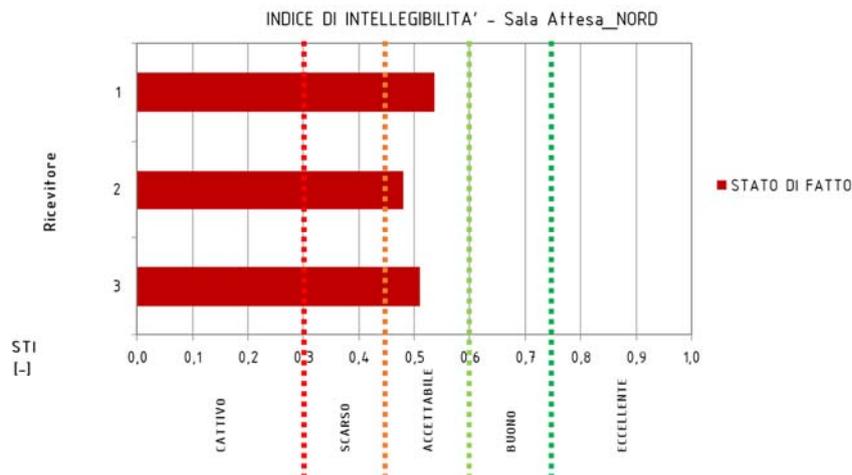


Figura 81 – Indice di intelligibilità del parlato sala attesa SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

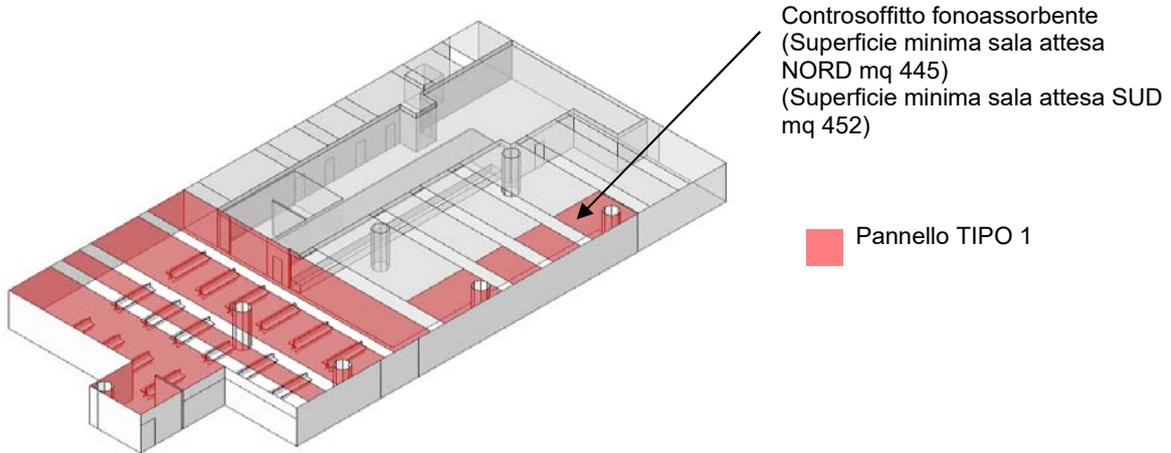
### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato nello spazio è mediamente pari a 0,50, corrispondente ad una fascia di giudizio della comprensione della parola pari ad "ACCETTABILE".

Data la non piena rispondenza dei parametri rispetto a quanto previsto per ambienti di tale destinazione d'uso con dimensioni paragonabili, sono stati progettati alcuni interventi di "correzione acustica" atti ad ottimizzare il comfort all'interno dello spazio.

### 5.5.2 Variante di progetto\_inserimento trattamenti acustici

I trattamenti acustici previsti sono costituiti dall'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima (pari a 897mq) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0.8.



Controsoffitto fonoassorbente TIPO 1

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
								[-]	[m2]
Sala attesa – Lato Nord (S.445m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>445</b>
Sala attesa – Lato Sud (S.452m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>452</b>

Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "stato di fatto: senza trattamenti acustici" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

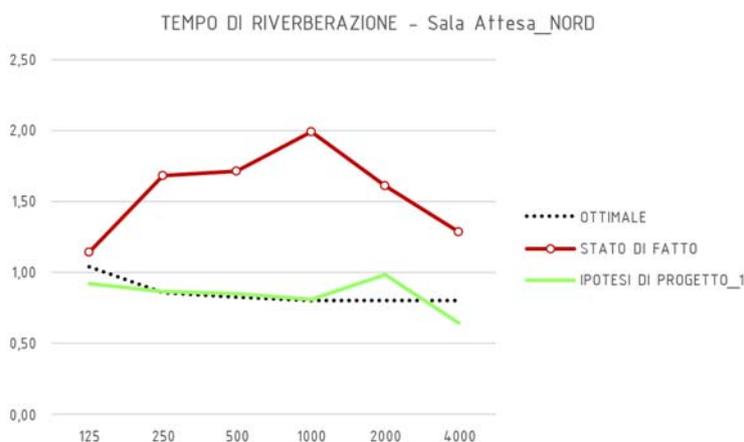


Figura 82 – Tempo di riverberazione sala attesa CON TRATTAMENTI ACUSTICI (curva verde)

**OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a RT = 0,8 s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito dell'inserimento del trattamento acustico così come riportato, risulta pari a T = 0,8 s in aderenza ai valori ritenuti ottimali per tutta la banda di frequenze.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito del trattamento acustico, risulta pari a T = 0.8 s, è compatibile con il requisito richiesto anche, si evidenzia che il calcolo è effettuato a sala d'attesa vuota, condizione in contrasto con la destinazione d'uso dell'ambiente.

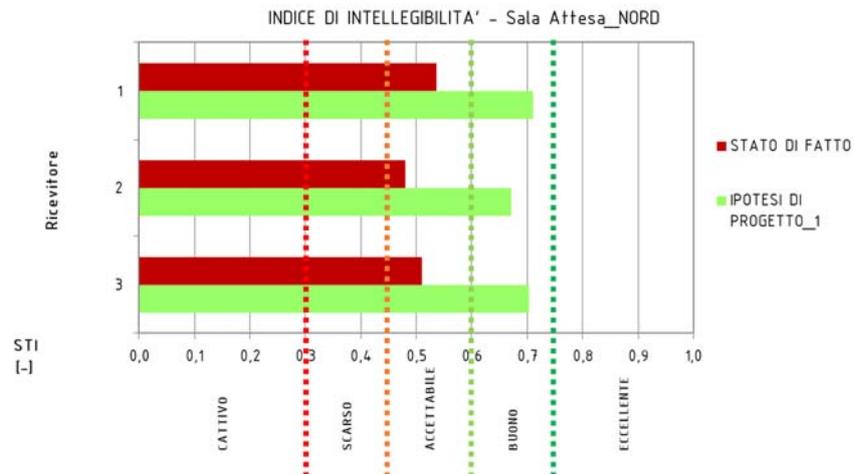


Figura 83 – Indice di intelligibilità del parlato sala attesa CON TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,50 (fascia di giudizio "ACCETTABILE") ad un valore mediamente pari a 0,68, corrispondente ad una fascia di giudizio "BUONO": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento non risulta mai inferiore ad "BUONO".

### 5.5.3 Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)

Il trattamento acustico ha diretta influenza sulla propagazione del suono nell'ambiente, in relazione:

- al **disturbo che sorgenti presenti in questo spazio** (persone che parlano tra loro, persone che parlano al telefono, rumorosità dovuta al passaggio o al transito di individui oppure di oggetti etc.) **possono produrre** verso gli spazi adiacenti (uffici, etc.)
- all' **incremento della privacy tra presenti**, intesa come possibilità di parlare tra gruppi separati di persone senza disturbare i vicini più prossimi all'interno dello stesso spazio.

Il confronto si basa sul calcolo della risposta all'impulso nello spazio, che è riferita ad una sorgente virtuale rappresentativa di un parlatore caratterizzato da una voce normale maschile con sforzo vocale normale ( $L_{Aeq} = 60$  dB(A) a distanza di 1 m).

I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto (PROGETTO: SENZA INSERIMENTI DI TRATTAMENTI ACUSTICI), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE: CON INSERIMENTO DI TRATTAMENTI ACUSTICI) all'interno degli ambienti. L'andamento del livello sonoro in funzione della distanza si rileva anche nel grafico di Figura 84.

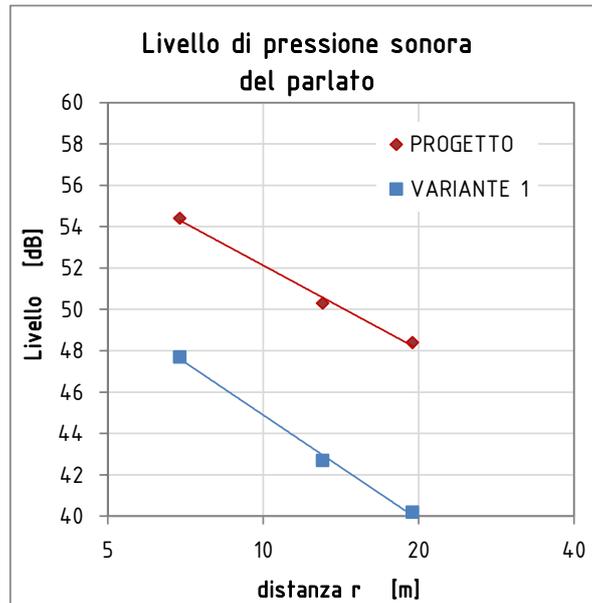


Figura 84 - propagazione del suono con la distanza

Dall'analisi della propagazione del suono all'interno dell'ambiente in funzione della distanza (riduzione del livello sonoro), si osserva che:

- PROGETTO SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI: il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione del livello sonoro pari a 4 dB (riduzione di energia sonora pari a 60%)
- VARIANTE a seguito della REALIZZAZIONE DEI TRATTAMENTI ACUSTICI PREVISTI (controsoffitto fonoassorbente), il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione di livello pari a 8 dB (riduzione di energia sonora pari a 85%)

Applicando i metodi normativi (ISO 3382-3, NF S 31-080) la tabella seguente riporta i risultati relativi ai parametri:

- Decadimento spaziale del parlato D2S (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);
- Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m Lp,A,S,4m ;
- Distanza di distrazione rD (distanza del parlatore dove l'indice STI<0,50);
- Distanza di privacy rP (distanza dal parlatore dove l'indice STI<0,20).

Tabella 20 Sala attesa -- Parametri di qualità acustica normativi

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 1	Osservazioni
Decadimento spaziale del parlato D2S	3 dB(A)/raddoppio della distanza	5 dB(A)/raddoppio della distanza	
Livello del parlato a distanza di 4 m LpA,4m	61 dB(A)	51 dB(A)	Il livello si riduce di 10 dB ossia del 90 %
STI nella postazione di lavoro più vicina	0,55/ ACCETTABILE	0,71 / BUONO	
distanza di distrazione rD	5 m	11 m	
distanza di privacy rP	150 m	65 m	
Livello NF S 31-080	niveau performant	niveau tres performant	

Secondo la normativa francese la qualità acustica dello spazio passa da "niveau courant" (prestazione "livello qualitativo di base") a "niveau performant" (prestazione "livello qualitativo buono").

Concludendo, i dati ottenuti permette di concludere che:

- 1 **Riduzione del disturbo percepito** (Figura 84): ad una distanza di 10 m il livello tra la situazione "PROGETTO" e la situazione "VARIANTE" si rileva una riduzione di livello pari a 7 dB, in altre

parole l'energia sonora risulta ridotta di 5 volte che è equivalente a dire che un gruppo di 100 persone presenti nella sala d'attesa diventano un gruppo "acusticamente equivalente" pari a 20 persone;

- 2 Tabella 20 Privacy / disturbo tra gruppi separati presenti all'interno dell'ambiente: i risultati indicano che per lo scenario "PROGETTO" una persona produce un disturbo alla distanza di 5 m da un altro gruppo presente. **Nella situazione "VARIANTE" la stessa persona disturba virtualmente un altro gruppo di persone (con lo stesso sforzo vocale "normale") ad una distanza superiore a 10 m, il disturbo reciproco è stato significativamente ridotto mediante la realizzazione dei trattamenti acustici, che è equivalente a dire che persone o gruppi distanti oltre i 10m non sono più percepibili.**

### 5.5.4 Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza

La presente sezione valuta il livello di intelligibilità dello spazio in oggetto in relazione al sistema di diffusione sonora utilizzato per messaggi / EVAC. La Figura 85 riporta la planimetria dell'ambiente ed il relativo progetto del sistema di altoparlanti a soffitto.

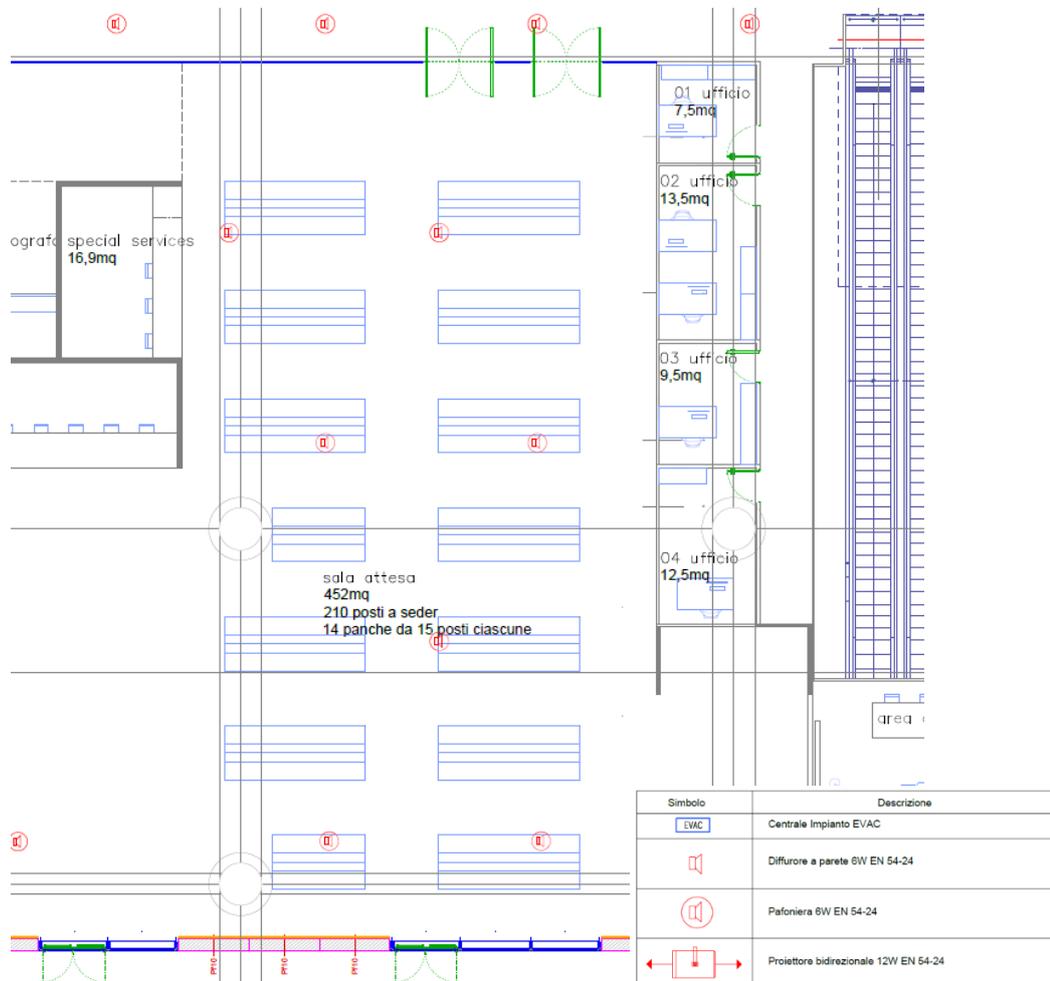


Figura 85 - Terminal piano terra, sala attesa: impianto EVAC

## Relazione Comfort Acustico

La Tabella 21 – Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio, riporta i risultati per l'area ritiro bagagli, relativi agli scenari "PROGETTO senza trattamenti acustici" e "VARIANTE con l'inserimento dei trattamenti acustici (controsoffitto fonoassorbente)", i parametri di valutazione (livelli di pressione sonora prodotto dall'impianto, livello di rumore di fondo) di riferiscono ai valori indicati dalla norma ISO 7420-19 in accordo al "Metodo prescrittivo"). Il tempo di riverberazione attribuito all'ambiente è determinato dagli scenari di simulazione.

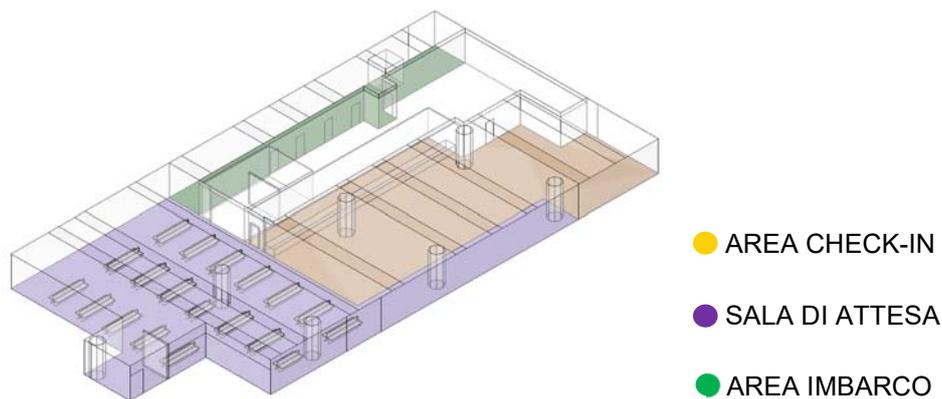
**Tabella 21 – Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio**

	<b>PROGETTO (senza trattamento acustico)</b>	<b>VARIANTE DI PROGETTO 1</b>	<b>Osservazioni</b>
Livello del segnale emesso dal sistema EVAC/ PA $L_s$	75,0 dB(A)	75,0 dB(A)	Livello minimo prescrittivo 75 dB(A)
Livello di rumore medio dell'ambiente $L_n$	65,0 dB(A)	63,0 dB(A)	Livello massimo prescrittivo 65 dB(A)
Rapporto segnale-rumore SNR	10 dB	12 dB(A)	SNR minimo 10 dB
Intelligibilità del parlato STI,r	0,43 / SCARSO	0,56 / ACCETTABILE	Valore minimo 0,45 Valore medio 0,50

**La valutazione dell'ambiente in oggetto, basata sui requisiti minimi richiesti dal "Metodo prescrittivo" ISO 7420-19, determina un livello medio di intelligibilità nello scenario "VARIANTE", con il sistema di diffusione sonora PA / EVAC definito, pari a 0,56 che soddisfa il valore minimo richiesto (intelligibilità pari a 0,45).**

## 5.6 EDIFICIO TERMINAL PIANO PRIMO, AREE IMBARCO

Gli ambienti oggetto di analisi nel presente paragrafo sono indicati nella figura seguente:



**Figura 86 - Edificio terminal, piano primo lato nord ed indicazione dei grandi ambienti**

Le aree imbarco nord e sud, aventi superficie in pianta pari a 300 m<sup>2</sup>, sono le zone di transito dei passeggeri da e verso le aree interne del terminal.

La forma, sostanzialmente assimilabile ad un corridoio di passaggio (altezza soffitto 3,4 m e larghezza inferiore a 5 m), determina una possibile condizione di affollamento e dunque un disturbo intenso verso le aree vicine (sale attesa, uffici).

## Relazione Comfort Acustico

Il trattamento acustico è quindi orientato al controllo della propagazione del suono tra le aree adiacenti indicate ed alla riduzione del livello di rumore presente nell'ambiente stesso.

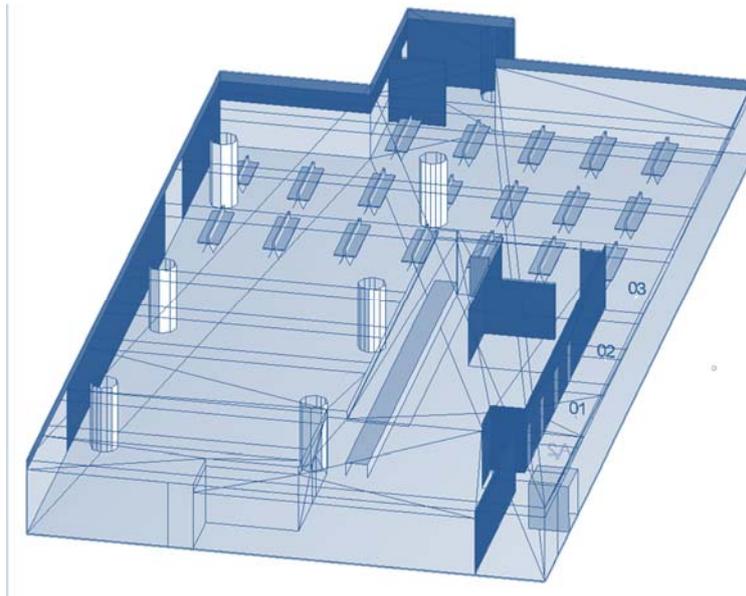


Figura 87 - Modello di simulazione 3D comprensivo di ricevitori e sorgenti di rumore

### 5.6.1 Progetto: Intervento senza trattamenti acustici

La prima analisi del progetto è stata effettuata non considerando l'inserimento di trattamenti acustici. Le figure seguenti riportano i risultati determinati dal software di simulazione al fine di valutare il tempo di riverberazione (RT) e l'indice di intelligibilità del parlato (STI) all'interno dell'ambiente: sono definiti n.1 posizione sorgente e n.3 posizioni ricettori a distanze comprese tra 4 m e 15 m.

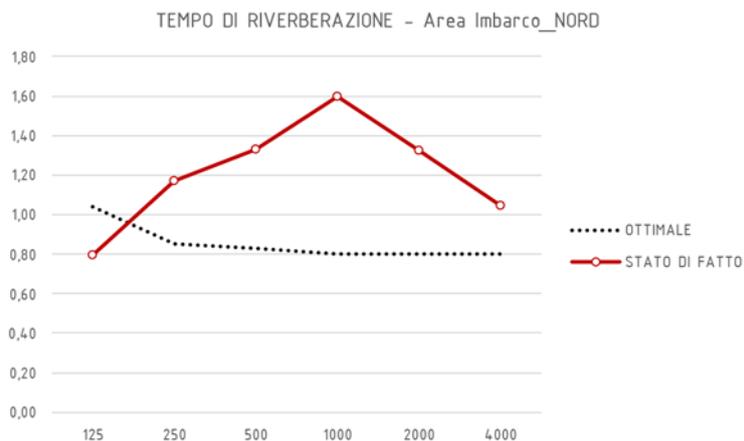


Figura 88 – Tempo di riverberazione area imbarco SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

**OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per aree di queste dimensioni con questa destinazione d'uso sono pari a  $RT = 0.8$  s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato, all'interno dell'ambiente senza l'inserimento di nessun trattamento acustico, risulta pari a  $T = 1,5$  s è nettamente superiore ai valori previsti per ambienti simili su tutta la banda di frequenze.

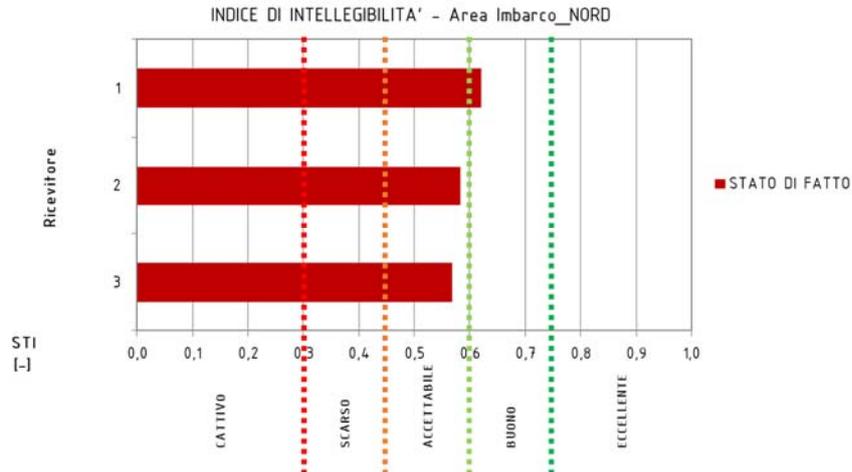


Figura 89 – Indice di intelligibilità del parlato area imbarco SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI

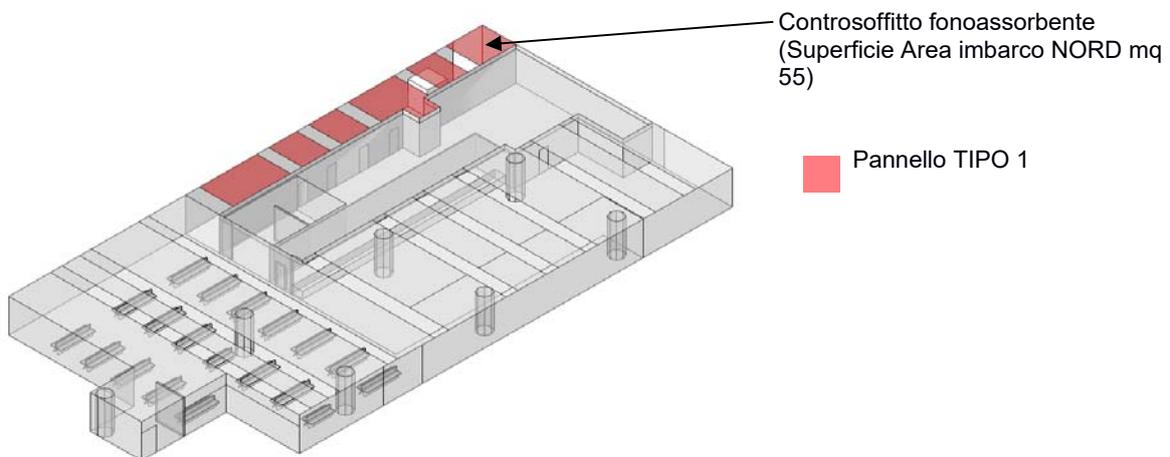
**OSSERVAZIONI STI**

L'intelligibilità del parlato (STI) nello spazio è mediamente pari a 0,58, corrispondente ad una fascia di giudizio della comprensione della parola compresa nella fascia di giudizio "ACCETTABILE".

Data la non piena rispondenza di entrambi i parametri (RT e STI) rispetto a quanto previsto per ambienti di tale destinazione d'uso con dimensioni paragonabili, sono stati progettati alcuni interventi di "correzione acustica" atti ad ottimizzare il comfort all'interno dello spazio.

**5.6.2 Variante di progetto\_inserimento trattamenti acustici**

I trattamenti acustici previsti sono costituiti dall'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente posizionato secondo quanto rappresentato nello schema di seguito riportato, in accordo con la superficie minima (pari a 55mq minimi) ed i coefficienti acustici in ottava indicati di seguito, ovvero in accordo con l'indice  $a_w$  pari a 0.8.



Controsoffitto fonoassorbente TIPO 1

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Area imbarco – Lato Nord (S.300m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>445</b>
Area imbarco – Lato Sud (S.300m <sup>2</sup> ) Pannello Tipo 1*	0,50	0,70	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	<b>452</b>

**Il trattamento fonoassorbente a soffitto dovrà essere realizzato integralmente (rispettando i mq minimi definiti per ogni singolo ambiente) e garantendo il rispetto dei coefficienti di assorbimento sopra riportati. Il controsoffitto dovrà garantire una modalità di posa realizzata mediante l'utilizzo di pendini caratterizzati dalla presenza di un elemento antivibrante (pendino antivibrante) al fine di garantire il disaccoppiamento per via strutturale sia rispetto al solaio soprastante sia rispetto ai condotti degli impianti meccanici presenti nell'intercapedine del controsoffitto stesso.**

Il tempo di riverberazione calcolato, l'indice di intelligibilità del parlato STI e la relativa fascia di giudizio per lo scenario "VARIANTE CON TRATTAMENTI ACUSTICI", sono riportati nei grafici seguenti. I grafici riportano, inoltre, il confronto con i valori "stato di fatto: senza trattamenti acustici" e "obiettivo definito ottimale per l'ambiente".

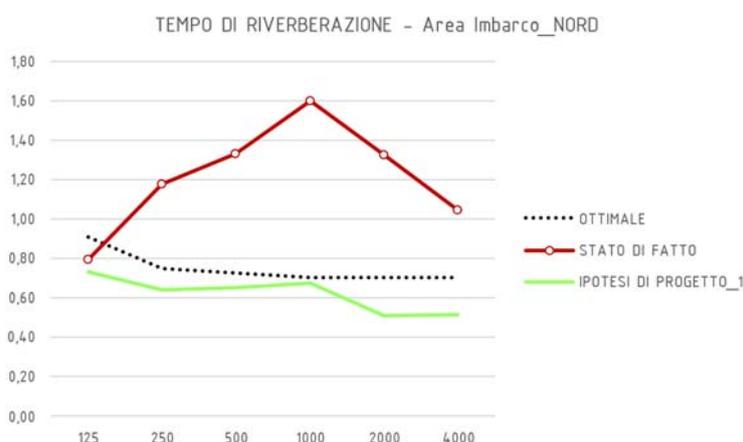


Figura 90 – Tempo di riverberazione area imbarco CON TRATTAMENTI ACUSTICI (curva verde)

**OSSERVAZIONI T30**

I valori tipici previsti alle medie frequenze (banda compresa tra 500 Hz e 2.000 Hz) per ambienti di queste dimensioni e con questa destinazione d'uso sono pari a RT = 0,8 s.

Il tempo di riverberazione medio calcolato a seguito del trattamento acustico, inferiore a T = 0.8 s, è compatibile con il requisito richiesto anche, si evidenzia che il calcolo è effettuato con l'area imbarco vuota, condizione in contrasto con la destinazione d'uso dell'ambiente.

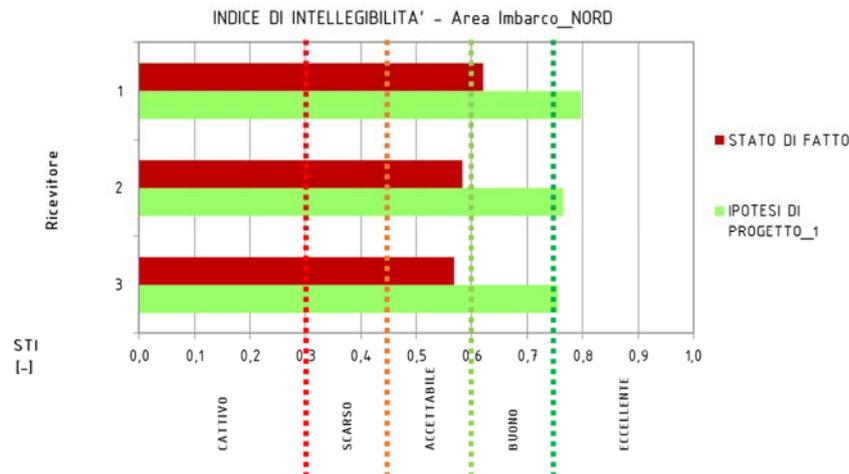


Figura 91 – Indice di intelligibilità del parlato area imbarco CON TRATTAMENTI ACUSTICI

### OSSERVAZIONI STI

L'intelligibilità del parlato nello spazio è incrementata da un valore medio di 0,58 (fascia di giudizio "ACCETTABILE") ad un valore mediamente pari a 0,75, corrispondente ad una fascia di giudizio "ECCELLENTE": la comunicazione tra presenti a seguito del trattamento non risulta mai inferiore ad "BUONO"

### 5.6.3 Verifica della privacy e del reciproco disturbo delle aree comuni (connessioni tra ambienti)

Il trattamento acustico ha diretta influenza sulla propagazione del suono nell'ambiente, in relazione:

- al **disturbo che sorgenti presenti in questo spazio** (persone che parlano tra loro, persone che parlano al telefono, rumorosità dovuta al passaggio o al transito di individui oppure di oggetti etc.) **possono produrre** verso gli spazi adiacenti (uffici, etc.)
- all' **incremento della privacy tra presenti**, intesa come possibilità di parlare tra gruppi separati di persone senza disturbare i vicini più prossimi all'interno dello stesso spazio.

Il confronto si basa sul calcolo della risposta all'impulso nello spazio, che è riferita ad una sorgente virtuale rappresentativa di un parlatore caratterizzato da una voce normale maschile con sforzo vocale normale ( $L_{Aeq} = 60$  dB(A) a distanza di 1 m).

I risultati sono riportati di seguito e contemplano, all'interno dello stesso spazio, sia i risultati del progetto (PROGETTO: SENZA INSERIMENTI DI TRATTAMENTI ACUSTICI), sia i risultati conseguiti a seguito del trattamento acustico (VARIANTE: CON INSERIMENTO DI TRATTAMENTI ACUSTICI) all'interno degli ambienti. L'andamento del livello sonoro in funzione della distanza si rileva anche nel grafico di Figura 92.

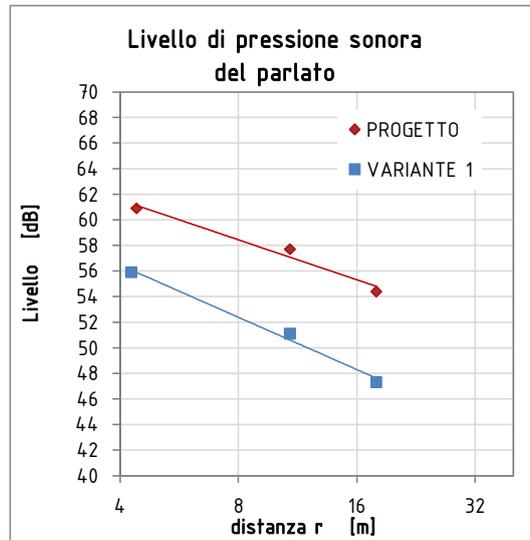


Figura 92 - propagazione del suono con la distanza

Dall'analisi della propagazione del suono all'interno dell'ambiente in funzione della distanza (riduzione del livello sonoro), si osserva che:

- PROGETTO SENZA TRATTAMENTI ACUSTICI il livello sonoro per le distanze comprese tra 4 m e 15 m subisce una riduzione del livello sonoro pari a 5 dB (riduzione di energia sonora pari a 70%)
- VARIANTE CON L'INSERIMENTO DEI TRATTAMENTI ACUSTICI (soffitto) a seguito della realizzazione dei trattamenti acustici previsti, il livello sonoro per le distanze comprese tra 7 m e 20 m subisce una riduzione di livello pari a 9 dB (riduzione di energia sonora pari a 90%)

Applicando i metodi normativi (ISO 3382-3, NF S 31-080) la tabella seguente riporta i risultati relativi ai parametri:

- Decadimento spaziale del parlato D2S (variazione del livello sonoro per raddoppio di distanza);
- Livello di pressione sonora pesato A alla distanza di 4m Lp,A,S,4m ;
- Distanza di distrazione rD (distanza del parlatore dove l'indice STI<0,50);
- Distanza di privacy rP (distanza dal parlatore dove l'indice STI<0,20).

Tabella 22 Area imbarco -- Parametri di qualità acustica normativi

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 1	Osservazioni
Decadimento spaziale del parlato D2S	3 dB(A)/raddoppio della distanza	4,5 dB(A)/raddoppio della distanza	
Livello del parlato a distanza di 4 m LpA,4m	61 dB(A)	56 dB(A)	Il livello si riduce di 5 dB ossia del 70 %
STI nella postazione di lavoro più vicina	0,61/ BUONO	0,80 / ECCELLENTE	
distanza di distrazione rD	20 m	50 m	
distanza di privacy rP	>200 m	100 m	
Livello NF S 31-080	niveau performant	niveau tres performant	

Secondo la normativa francese la qualità acustica dello spazio passa da "niveau courant" (prestazione "livello qualitativo di base") a "niveau performant" (prestazione "livello qualitativo buono").

Concludendo, i dati ottenuti permette di concludere che:

- 1 **Riduzione del disturbo percepito** (Figura 92): ad una distanza di 10 m il livello tra la situazione "PROGETTO" e la situazione "VARIANTE" si rileva una riduzione di livello pari a 7 dB, in altre parole l'energia sonora risulta ridotta di 5 volte che è equivalente a dire che un gruppo di 100 persone presenti nella sala d'attesa diventano un gruppo "acusticamente equivalente" pari a 20 persone;

- 2 Tabella 20 Privacy / disturbo tra gruppi separati presenti all'interno dell'ambiente: i risultati indicano che per lo scenario "PROGETTO" una persona produce un disturbo alla distanza di 20 m da un altro gruppo presente. **Nella situazione "VARIANTE" la stessa persona disturba virtualmente un altro gruppo di persone (con lo stesso sforzo vocale "normale") ad una distanza superiore a 50 m, il disturbo reciproco è stato significativamente ridotto mediante la realizzazione dei trattamenti acustici, che è equivalente a dire che persone o gruppi distanti oltre i 20m non sono più percepibili.**

### 5.6.4 Valutazione dell'Intelligibilità del parlato: impianto di diffusione / emergenza

La presente sezione valuta il livello di intelligibilità dello spazio in oggetto in relazione al sistema di diffusione sonora utilizzato per messaggi / EVAC. La Figura 93 riporta la planimetria dell'ambiente ed il relativo progetto del sistema di altoparlanti a soffitto.

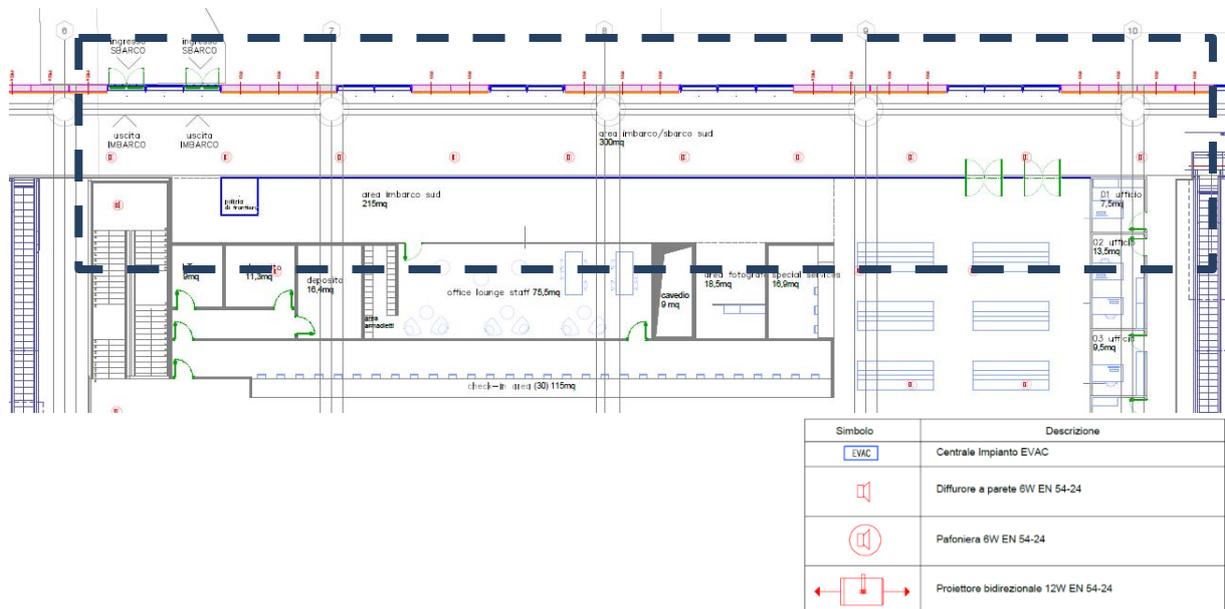


Figura 93 - Terminal piano terra, area imbarco: impianto EVAC

La Tabella 23, riporta i risultati per l'area imbarco, relativi agli scenari "PROGETTO senza trattamenti acustici" e "VARIANTE con l'inserimento dei trattamenti acustici (soffitto)", i parametri di valutazione (livelli di pressione sonora prodotto dall'impianto, livello di rumore di fondo) di riferimento ai valori indicati dalla norma ISO 7420-19 in accordo al "Metodo prescrittivo". Il tempo di riverberazione attribuito all'ambiente è determinato dagli scenari di simulazione.

Tabella 23 - Intelligibilità del parlato: sistemi fissi di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio

	PROGETTO (senza trattamento acustico)	VARIANTE DI PROGETTO 1	Osservazioni
Livello del segnale emesso dal sistema EVAC/ PA Ls	75,0 dB(A)	75,0 dB(A)	Livello minimo prescrittivo 75 dB(A)
Livello di rumore medio dell'ambiente Ln	65,0 dB(A)	62,8 dB(A)	Livello massimo prescrittivo 65 dB(A)
Rapporto segnale-rumore SNR	10 dB	12 dB(A)	SNR minimo 10 dB
Intelligibilità del parlato STI,r	0,43 / SCARSO	0,56 / ACCETTABILE	Valore minimo 0,45 Valore medio 0,50

La valutazione dell'ambiente in oggetto, basata sui requisiti minimi richiesti dal "Metodo prescrittivo" ISO 7420-19, determina un livello medio di intelligibilità nello scenario "VARIANTE", con il sistema di diffusione sonora PA / EVAC definito, pari a 0,56 che soddisfa il valore minimo richiesto (intelligibilità pari a 0,45).

## 6 DETTAGLI ACUSTICI

Nel presente paragrafo sono riportati i dettagli delle aree del terminal che, se non adeguatamente valutate, possono diventare elementi potenzialmente disturbanti e degradare rapidamente il livello di qualità acustica degli ambienti.

I paragrafi seguenti analizzano i seguenti aspetti attinenti all'edificio terminal:

- Trattamento acustico dei lucernai (blocco scale);
- Trattamento acustico delle bussole di ingresso;
- Locali tecnici: riduzione del rumore trasmesso per via aerea prodotto dalle macchine;
- Edificio Terminal, compartimentazioni tra aree.

### 6.1 EDIFICIO TERMINAL, TRATTAMENTO ACUSTICO LUCERNAI

Si rileva che in corrispondenza del blocco scala il della scala, il lucernaio è in parte in lamiera (pannello sandwich) sulla scala nella porzione obliqua per poi diventare vetrato nella parte alta (lucernario orizzontale). Le superfici interne che realizzano l'intradosso del lucernario, qualora costituite da superfici riflettenti possono determinare significativi livelli di rumore per la componente entrante dall'ambiente esterno, es. rumore della pioggia (area riquadrata in Figura 94).

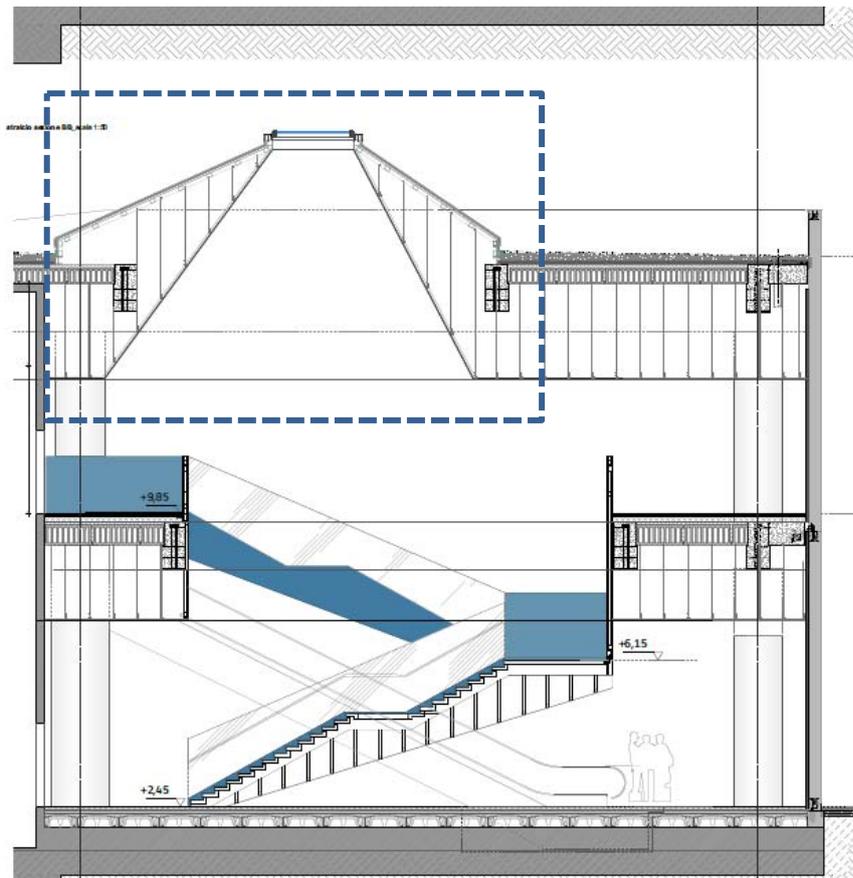


Figura 94 - edificio terminal, dettaglio del lucernaio e superfici

Il fenomeno maggiormente connesso a tale fenomeno di disturbo è dovuto al rumore della pioggia: come si osserva nella Figura 95, la potenza sonora delle gocce che battono sulle superfici vetrate può essere superiore a

## Relazione Comfort Acustico

70 dB(A)/m<sup>2</sup> con un'energia significativa compresa tra 300 Hz e 2.000 Hz producendo così la massima interferenza con la voce umana.

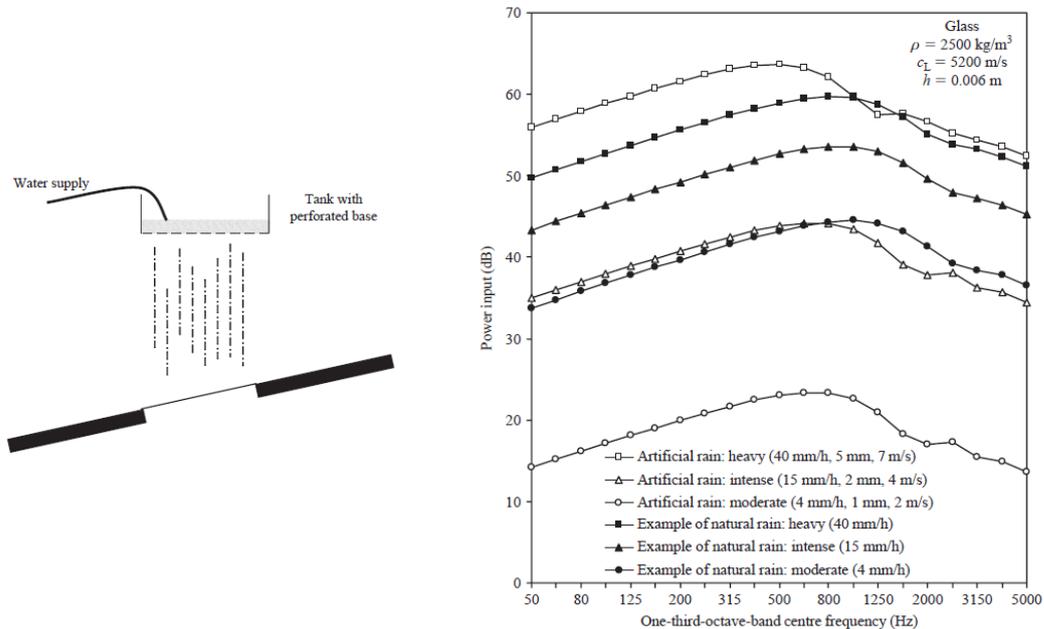


Figura 95 - Livello di potenza sonora per pioggia artificiale e naturale che cade su un'area di 1m<sup>2</sup> su vetro da 6 mm (Hopkins).

L'analisi della propagazione del rumore della pioggia è effettuata con il modello numerico di previsione (Figura 96) nel quale si definiscono i punti ricettori definiti lungo le scale per la stima del rumore proveniente dai lucernari.

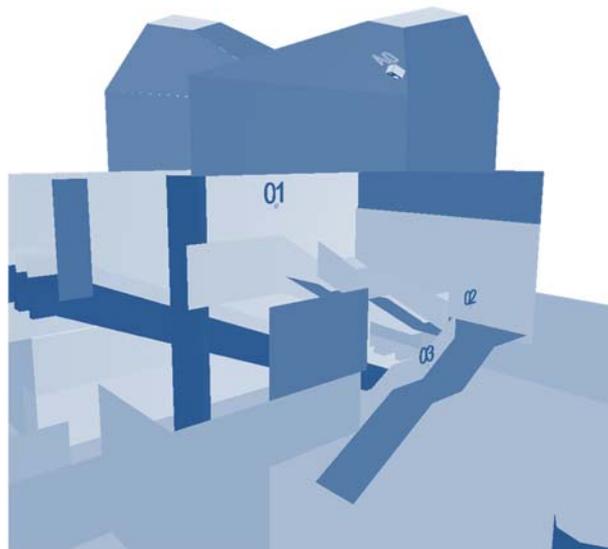
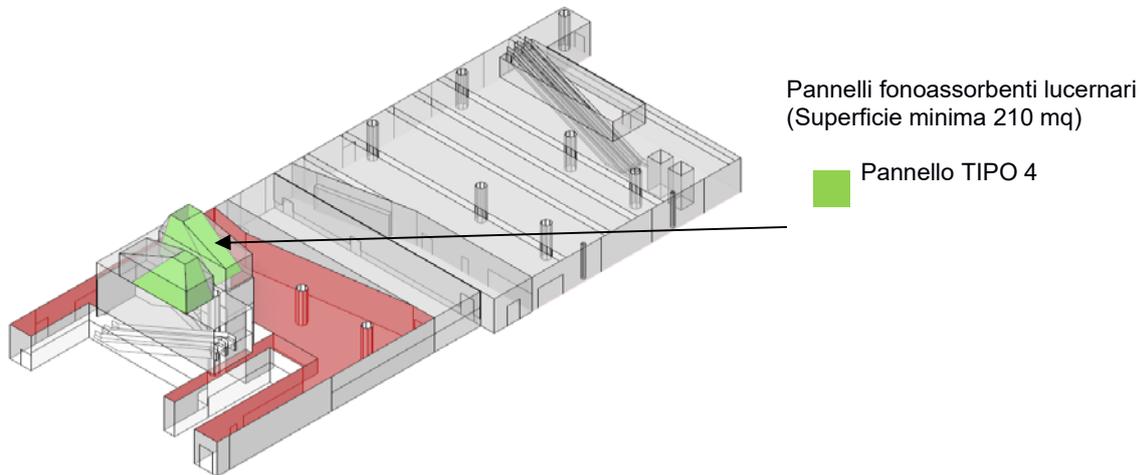


Figura 96 - Punti ricettori definiti lungo le scale per la stima della propagazione del rumore proveniente dai lucernari

## Relazione Comfort Acustico

Si determina, attraverso il modello di simulazione, l'effetto del trattamento dei lucernari, già descritto nel paragrafo specifico per la Lobby area e qui richiamato per chiarezza, che saranno rivestiti internamente di materiale fonoassorbente secondo quanto indicato nello schema di Figura 97 con il materiale aventi le caratteristiche del TIPO 4 (Intonaco fonoassorbente tipo Baswa Classic Top spessore 50mm)



**Figura 97 - Trattamento acustico pareti dei lucernari**

Di seguito si riporta il coefficiente di assorbimento dell'intonaco acustico fonoassorbente previsto sulle pareti dei lucernari.

### Controsoffitto fonoassorbente lucernaio – pannello TIPO4

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Pannello lucernai Tipo 4	0,40	0,65	0,90	0,75	0,65	0,70	0,70	<b>0,75</b>	210

Il beneficio prodotto dal trattamento è evidente dal grafico di Figura 98, che riporta il livello del rumore prodotto dalla pioggia nel vano scale / ascensori

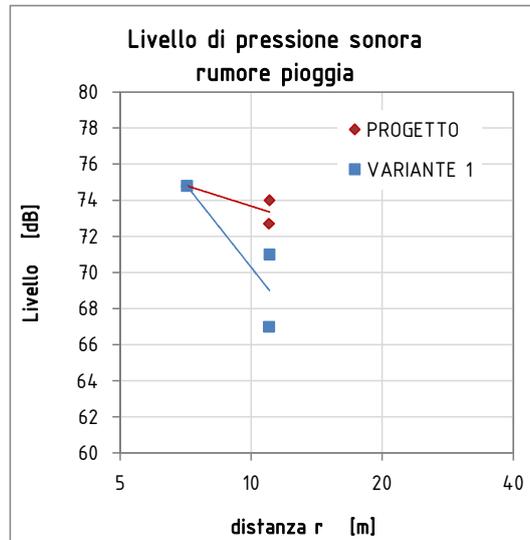


Figura 98 - livello del rumore prodotto dalla pioggia nel vano scale / ascensori

A seguito dell’inserimento dell’intonaco acustico fonoassorbente (tipo Baswa Classic Top sp. 50mm) all’interno dei lucernai, l’attenuazione del rumore prodotto dalla pioggia nel vano scale / ascensori è pari a 6 dB pari ad una riduzione del 75 % dell’energia sonora.

• **Trattamento acustico delle bussole di accesso**

In relazione alle bussole di ingresso al Terminal, riportate nelle planimetrie di:

- Figura 99 - Edificio terminal, lato nord, trattamento delle bussole di ingresso
- Figura 100 - Edificio terminal, lato sud, trattamento delle bussole di ingresso
- Figura 101 - Edificio terminal, lato sud, piano primo trattamento delle bussole di ingresso

Si rilevano i seguenti ambienti bussola di accesso da trattare acusticamente:

Piano terra	Uscita NORD	32 mq
Piano terra	Accesso DROP OFF imbarco NORD	21 mq
Piano terra	Accesso HALL	45 mq
Piano terra	Accesso DROP OFF imbarco SUD	21 mq
Piano terra	Uscita SUD	32 mq
Piano primo	Uscita sbarco	32 mq

Per ridurre il disturbo prodotto dall’ingresso e uscita dei passeggeri e del personale rispetto alle attività svolte all’interno del terminal, si prevede un trattamento acustico del tipo indicato di seguito.

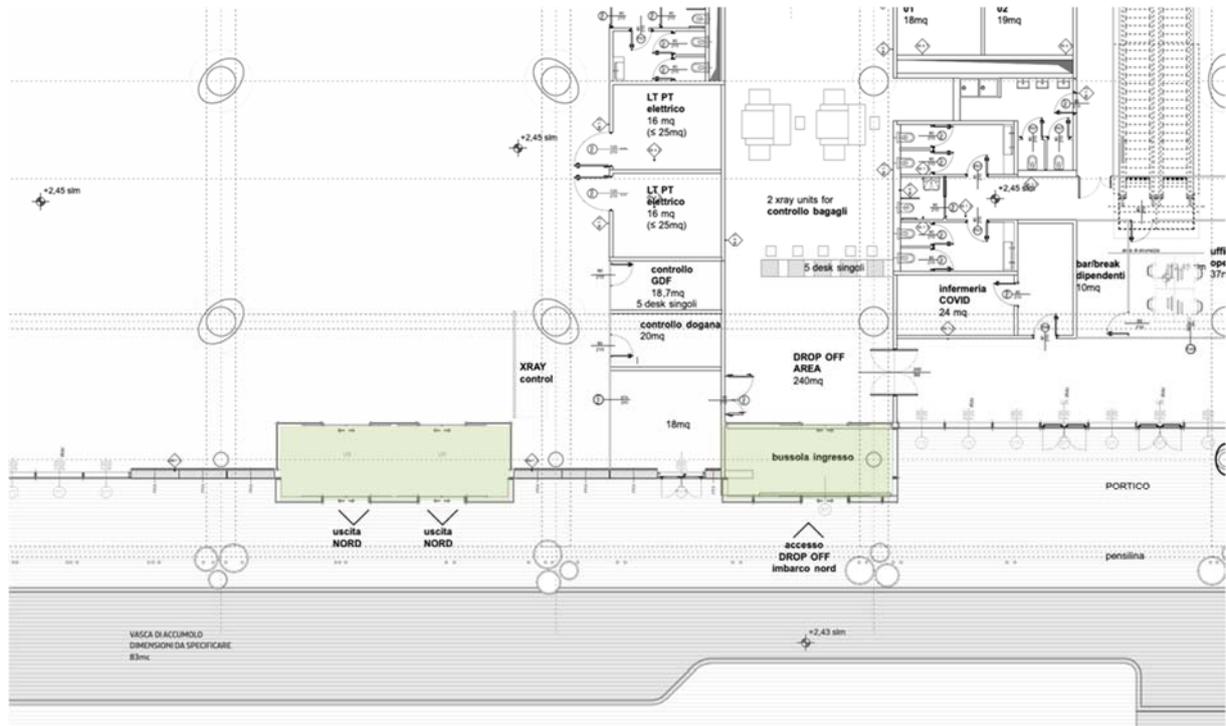


Figura 99 - Edificio terminal, lato nord, trattamento delle bussole di ingresso

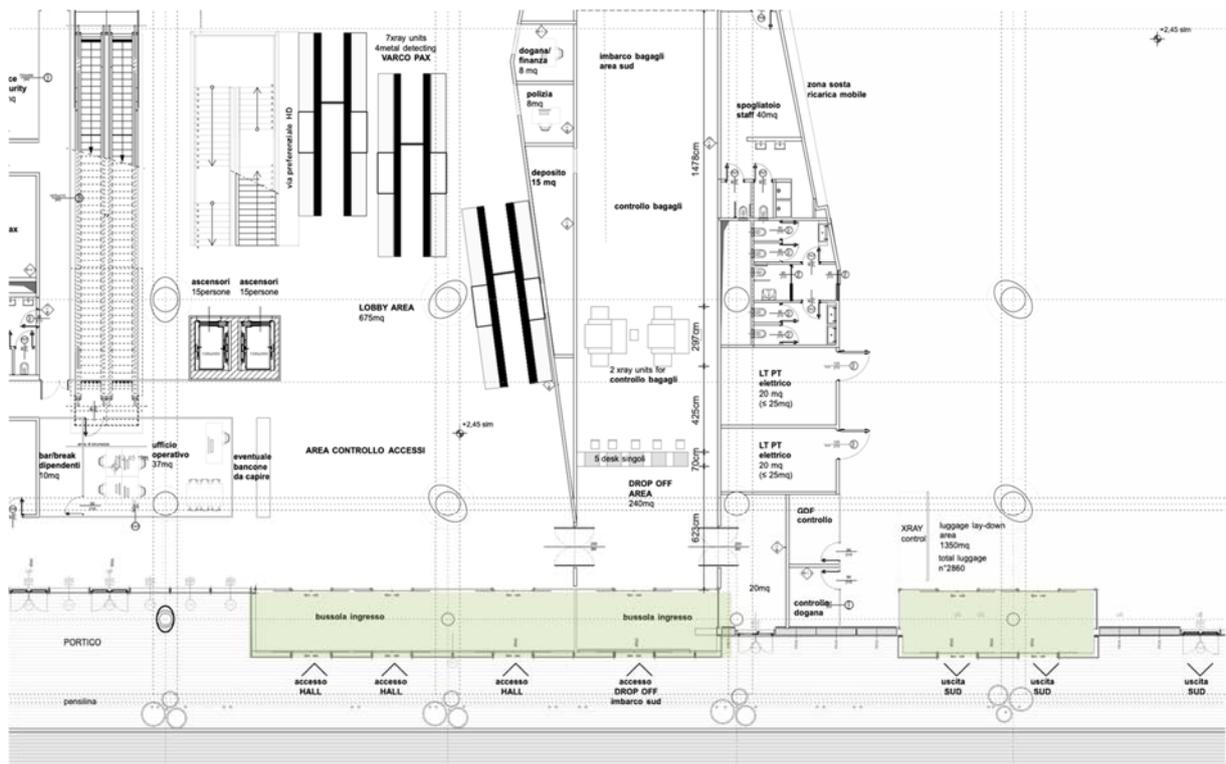


Figura 100 - Edificio terminal, lato sud, trattamento delle bussole di ingresso

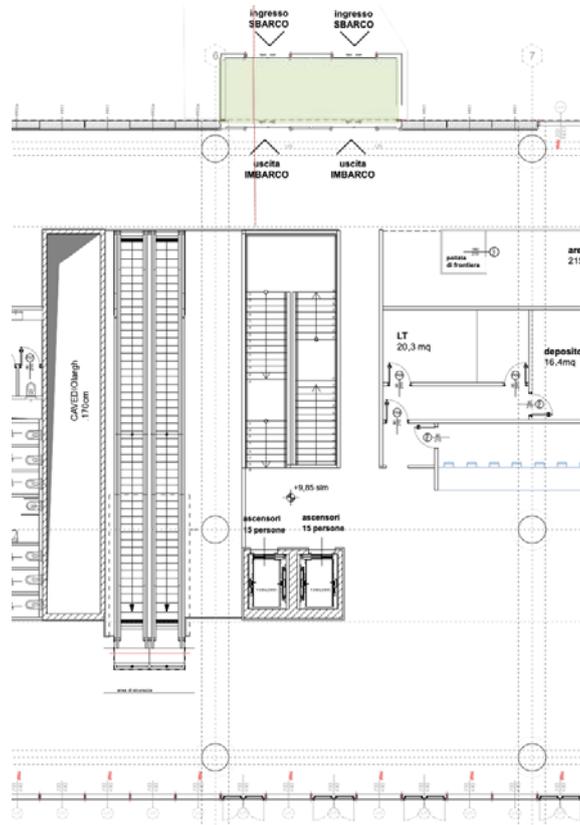


Figura 101 - Edificio terminal, lato sud, piano primo trattamento delle bussole di ingresso

Il trattamento acustico previsto sui soffitti delle bussole dovrà garantire il coefficiente di assorbimento riportato qui di seguito:

**Pannello fonoassorbente per bussola**

TIPOLOGIA	Bande di ottava							Indice Aw	Superficie minima
	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Bussole Pannello soffitto	0,20	0,50	0,80	0,80	0,80	0,80	0,70	<b>0,80</b>	-

**6.2 EDIFICIO TERMINAL, LOCALI TECNICI: RIDUZIONE DEL RUMORE TRASMESSO PER VIA AEREA PRODOTTO DALLE MACCHINE**

I locali tecnici presenti nell'edificio Terminal sono i seguenti

1. Piano terra, lato nord: locale impianti
2. Piano terra, area centrale: 4 locali tecnici (LT / PT elettrico)
3. Piano primo, area centrale: locale tecnico

## Relazione Comfort Acustico

Tali locali possono costituire significative sorgenti di rumore e vibrazione, in quanto al loro interno sono presenti impianti meccanici quali elettropompe / circolatori, etc. Le Figura 102 e Figura 103 riportano i dettagli della posizione di due dei quattro locali tecnici al piano terra ed al primo piano in relazione agli ambienti limitrofi.

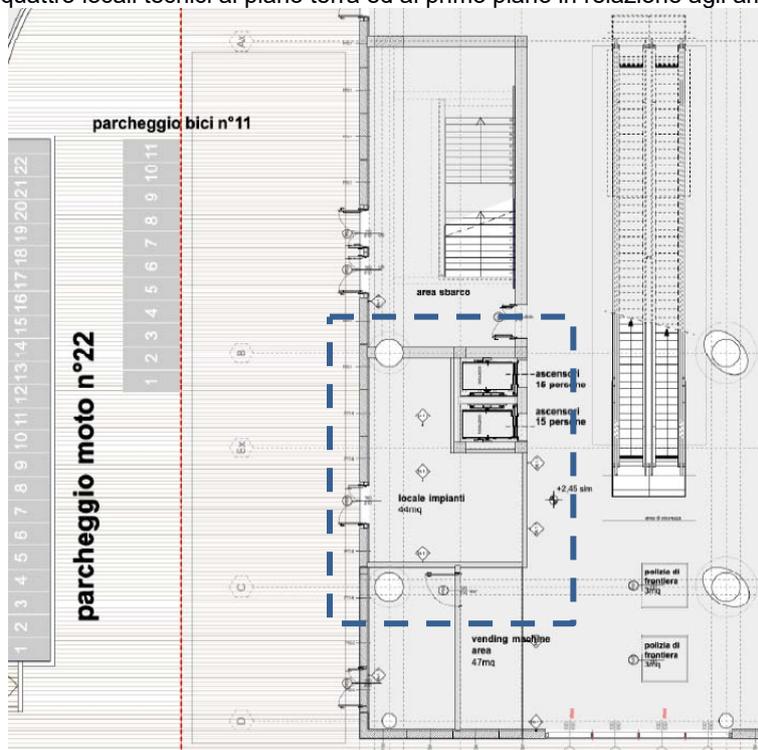


Figura 102 – Piano terra, lato nord: locale impianti (dettaglio)

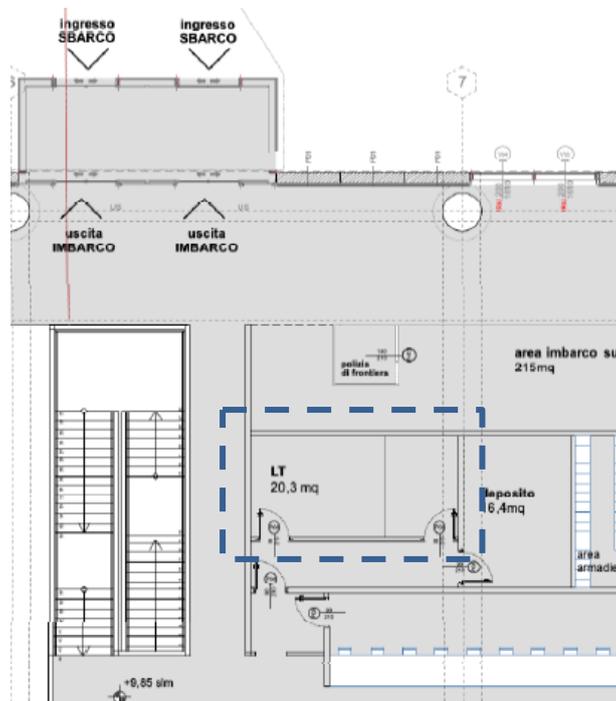


Figura 103 – Piano primo, area centrale: locale tecnico (dettaglio)

## Relazione Comfort Acustico

Per ridurre il rumore verso l'esterno, tenuto conto degli aspetti seguenti:

1. degli ingombri e degli agganci delle macchine presenti,
2. delle interferenze con tubazioni e passaggi
3. delle distanze minime da rispettare per i requisiti termici delle macchine
4. delle distanze minime da rispettare tra le unità presenti

e tenuto conto delle dimensioni dei locali tecnici stessi, riportate nella Tabella 24, si determinano i mq utili di trattamento fonoassorbente da realizzarsi all'interno dei locali.

**Tabella 24 - Edificio terminal, dimensioni geometriche dei locali tecnici**

Livello	Posizione	Descrizione	Superficie in pianta	Superficie totale	Volume
			[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
Piano terra	lato nord	locale impianti	32	128	89
Piano terra	area centrale	LT PT elettrico x quattro ambienti	16	78	45
Piano primo	area centrale	Locale tecnico 20,3mq	21	102	65

**Negli ambienti indicati si definiscono trattamenti fonoassorbente a soffitto e, eventualmente, a parete, per ridurre l'effetto delle superfici riflettenti, con pannelli in materiale poroso (tipo lana minerale) avente spessore 75 mm e densità 70 Kg/m<sup>2</sup>, come indicato nella Tabella 24: il beneficio apportato è significativo considerata la numerosità di macchine presenti.**

Nella Tabella seguente si riportano i mq minimi di trattamento fonoassorbente da realizzare (Tipo 6) e la riduzione di livello sonoro che si ottiene a seguito dell'inserimento del trattamento acustico.

**Tabella 25 - Edificio terminal, trattamento acustico dei locali tecnici**

Livello	Posizione	Descrizione	Indice di assorbimento acustico a <sub>w</sub>	Superficie minima pannelli fonoassorbenti	Riduzione del livello sonoro
			[-]	[m <sup>2</sup> ]	[dB]
Piano terra	lato nord	locale impianti	> 0.80	30	> 5
Piano terra	area centrale	LT PT elettrico x quattro ambienti	> 0.80	20	> 6
Piano primo	area centrale	Locale tecnico 20,3mq	> 0.80	20	> 6

Le superfici su cui si deve applicare il materiale sono indicate, a titolo di esempio, nella Figura 104 (planimetria locale impianti al piano terra) e corrispondono al soffitto e/o alle pareti in base alle disponibilità di spazio a seguito del posizionamento degli impianti tecnologici.

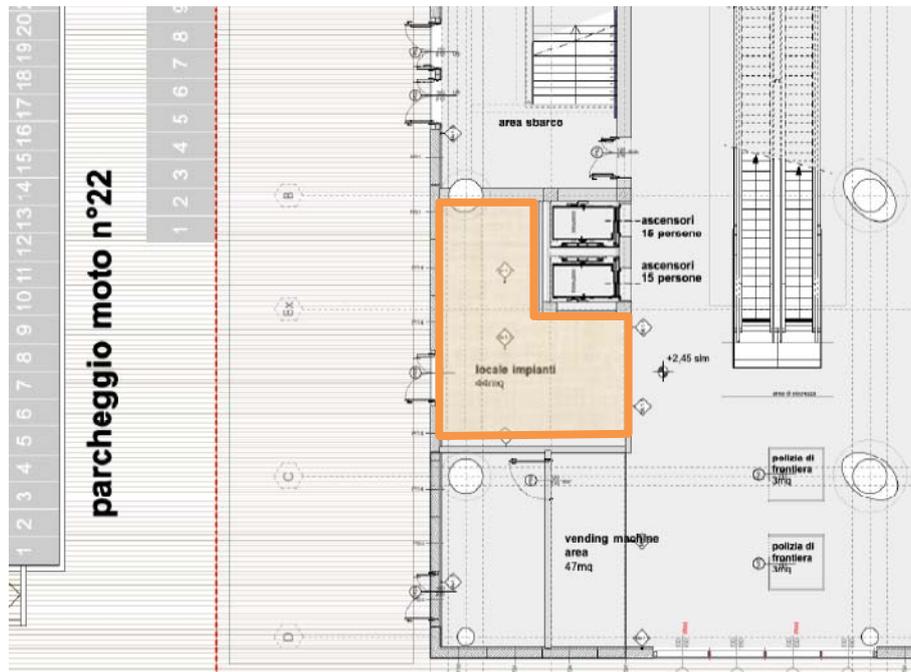


Figura 104 - Piano terra, lato nord: locale impianti (planimetria), superfici a parete ed a soffitto di trattamento acustico su cui si deve applicare il materiale fonoassorbente

### 6.3 EDIFICIO TERMINAL, COMPARTIMENTAZIONI TRA LE AREE: RIDUZIONE DEL RUMORE PER TRASMISSIONE INDIRECTA TRA AREE TECNICHE E AMBIENTI DI VITA

In relazione alla presenza, nell'edificio Terminal, sia al piano terra sia al primo piano, di grandi cavedi formati tra i controsoffitti e l'intradosso del solaio, vi può essere trasmissione del rumore tra aree adiacenti, siano esse costituite dai "grandi ambienti" (aree check-in, sale d'attesa, etc.) siano esse costituite tra le adiacenze tra locali tecnici e "ambienti ordinari" (uffici, sale riunioni, etc.).

Inoltre, la presenza di canali e tubazioni determina accoppiamenti non voluti tra tali cavedi e gli ambienti di vita indicati, incrementando il disturbo percepito dagli utenti e lavoratori (fenomeno del break-out del rumore prodotto dagli impianti meccanici).

Il fenomeno è definito come "trasmissione indiretta" tra ambienti (Figura 105) che determina accoppiamento acustico tra cavità (cavedio) ed ambiente servito (ambiente sottostante oppure adiacente)

L'effetto è attenuato mediante la compartimentazione tra aree con separazioni adeguate sia delle pareti sia della porzione di partizione collocata sopra al controsoffitto.

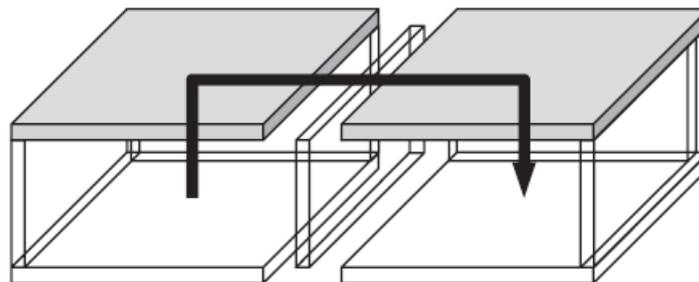
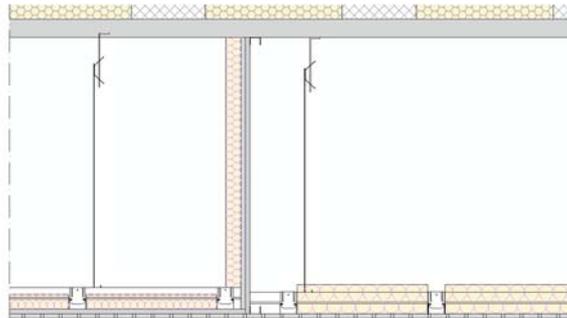


Figura 105 - "trasmissione indiretta" tra ambienti

## Relazione Comfort Acustico

È quindi necessario, soprattutto in relazione alle adiacenze critiche tra ambienti di vita ed aree comuni, realizzare una chiusura in cartongesso spessore 25 mm (12,5+12,5 mm) con retrostante (lato rivolto verso i cavedi con presenza di impianti o canalizzazioni importanti) e materiale poroso spessore minimo 50 Kg/m<sup>2</sup> e densità 50 kg/m<sup>2</sup>.

In Figura 106 si riporta il dettaglio costruttivo della stessa.



**Figura 106 - Chiusura degli accoppiamenti tra cavedi in corrispondenza delle adiacenze tra locali differenti (uffici, sale riunioni, etc.), tra locale tecnico verso i cavedi e tra locale tecnico e locali di permanenza**

**N.B. Il celino di chiusura da posizionarsi sopra al controsoffitto, dovrà essere costituito da doppia lastra in cartongesso 25mm (12,5+12,5mm) e materiale poroso spessore minimo 50 Kg/m<sup>2</sup> e densità 50 kg/m<sup>2</sup> dovrà essere posizionato sopra ad ogni partizione che divide ambienti adiacenti a differente destinazione d'uso o tra locali tecnici ed ambienti destinati alla permanenza di persone, al fine di garantire un adeguato isolamento acustico pari almeno pari a  $R_w=50$  dB, in modo da non degradare la prestazione acustica della parete sottostante.**

Gli esempi maggiormente significativi di trasmissioni indirette sono i seguenti:

- Figura 107 - edificio terminal, piano terra lato nord : compartimentazione tra ambienti (uffici / area ritiro bagagli )
- Figura 108 - edificio terminal, piano terra lato sud : compartimentazione tra ambienti (uffici / area ritiro bagagli)
- Figura 109 - edificio terminal, piano primo lato nord : compartimentazione tra ambienti
- Figura 110 - edificio terminal, piano primo lato sud : compartimentazione tra ambienti

Di seguito in planimetria si indicato tutte le partizioni sulle quali, compatibilmente con l'attraversamento dei canali dovrà essere realizzato il celino di chiusura della parete nella porzione sovrastante il controsoffitto.

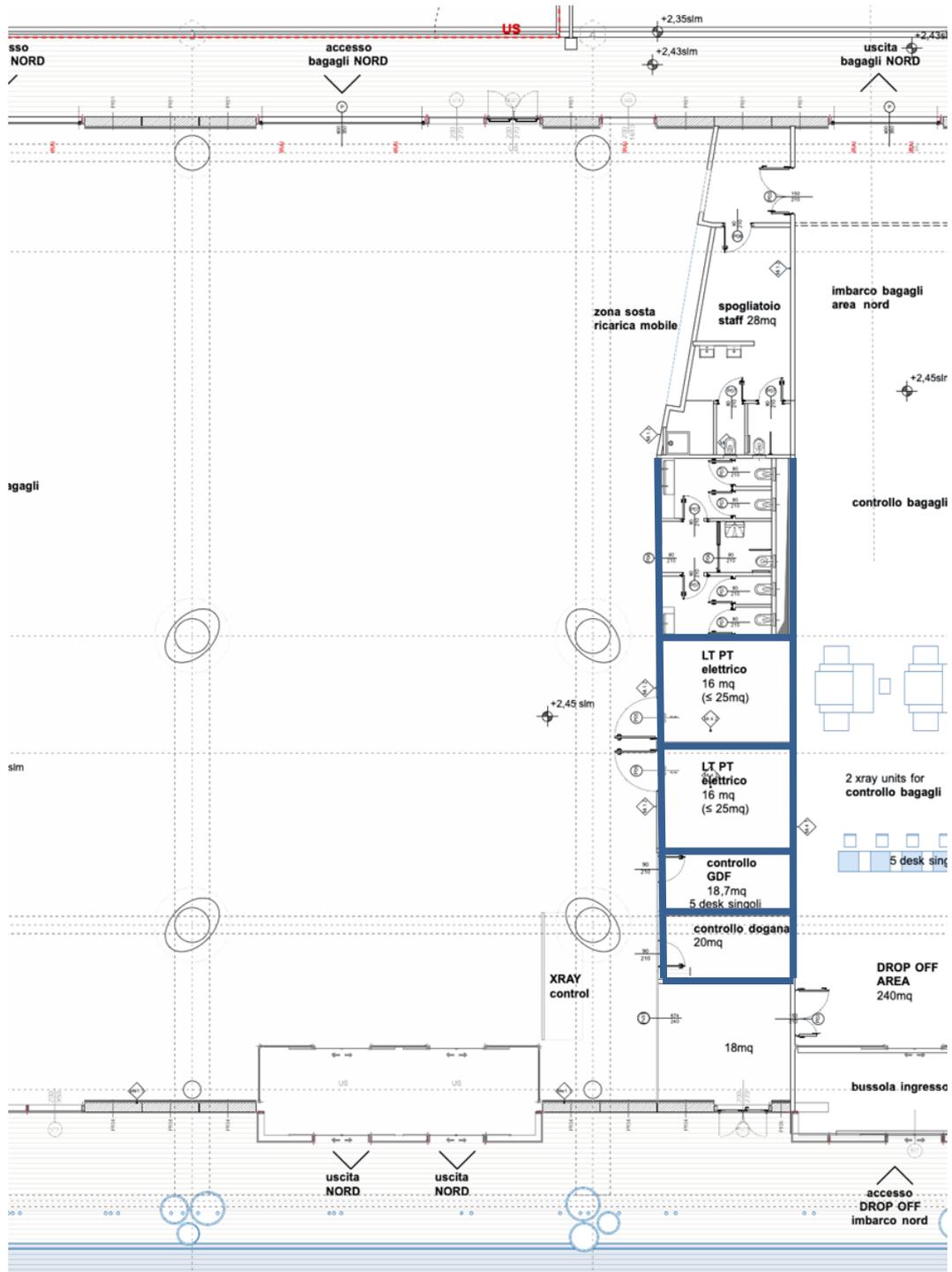


Figura 107 - edificio terminal, piano terra lato nord : compartimentazione tra ambienti (uffici / area ritiro bagagli )

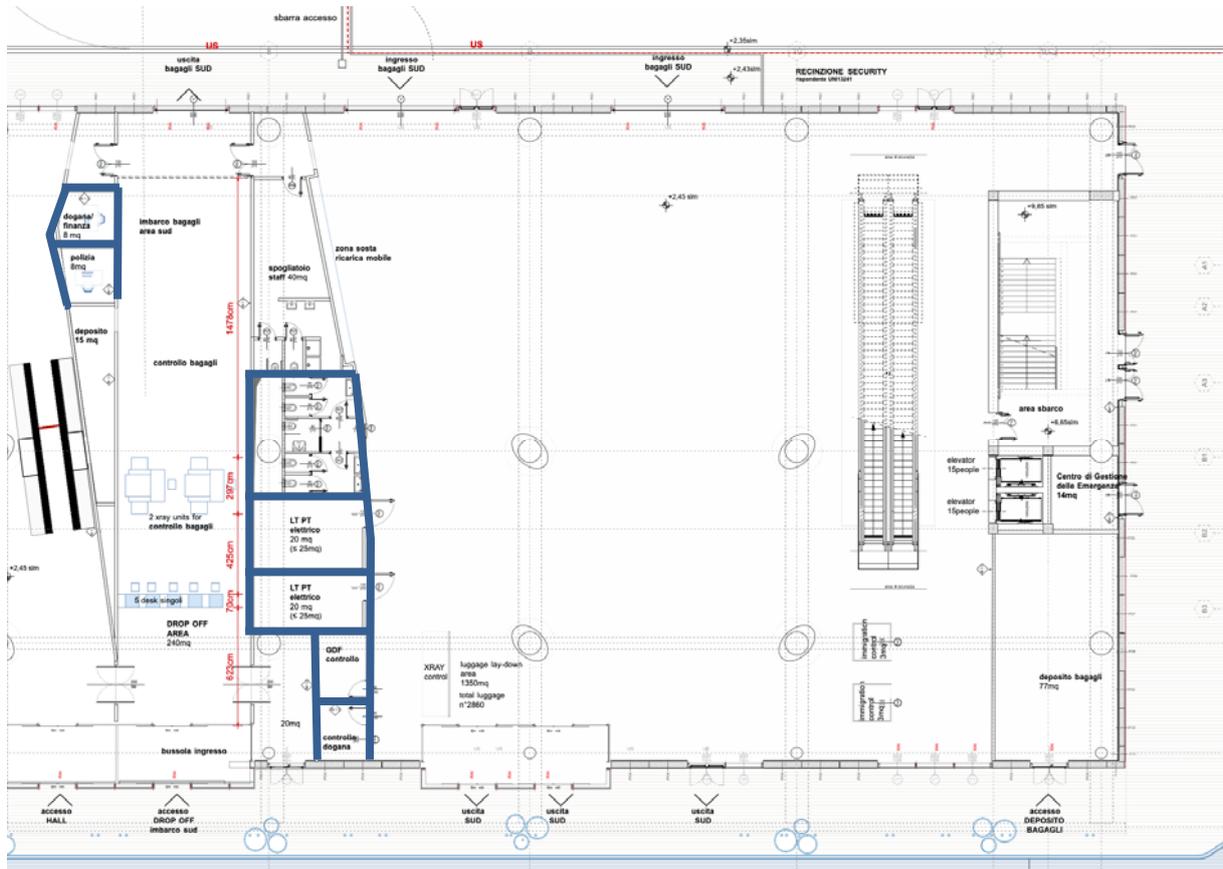


Figura 108 - edificio terminal, piano terra lato sud : compartimentazione tra ambienti (uffici / area ritiro bagagli)

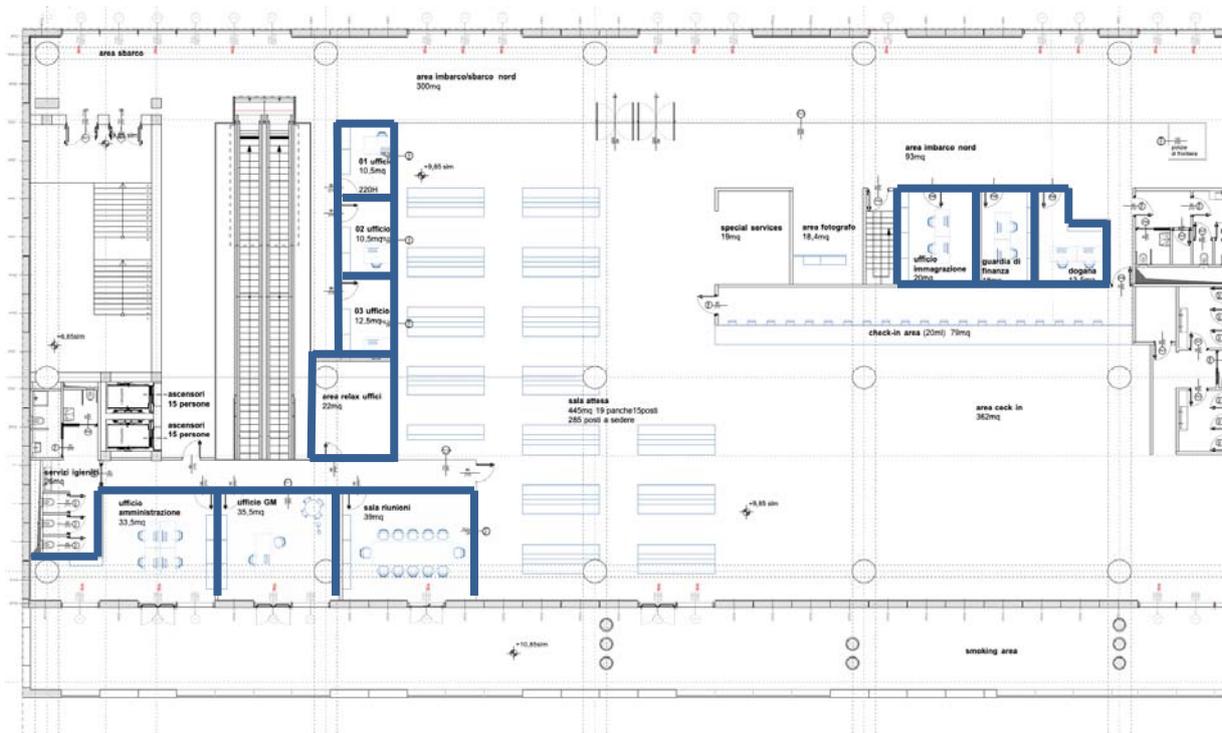


Figura 109 - edificio terminal, piano primo lato nord : compartimentazione tra ambienti

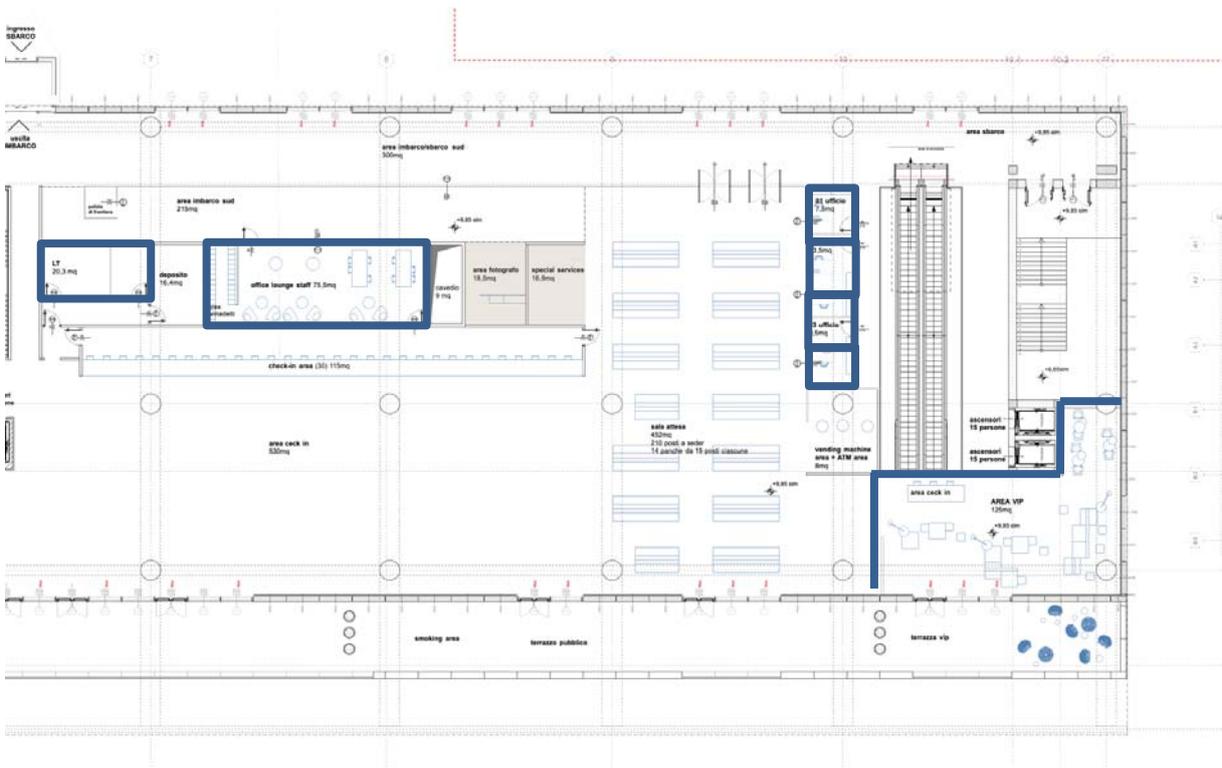


Figura 110 - edificio terminal, piano primo lato sud : compartimentazione tra ambienti

## 7 ALLEGATI

**Allegato A** Determina Dirigenziale di nomina a Tecnico Competente in Acustica Ambientale

Torino, 17 ottobre 2022



Arch. Chiara Devecchi  
(Tecnico competente in acustica ambientale  
Regione Piemonte Determina Dirigenziale  
n. 222/DB 10.04 del 14 luglio 2011)



Ing. Paolo Onali  
(Tecnico competente in acustica ambientale  
Regione Piemonte Determina Dirigenziale  
n. 143/DB 10.13 del 15 aprile 2014)

NUOVA STAZIONE MARITTIMA  
BANCHINA CROCIERE DI PORTO CORSINI (RA)

**ALLEGATO A**

Determine dirigenziali  
TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE

---

Data 15 LUG. 2011

Protocollo 12833 /DB10.04

Classificazione 13.90.20

Egr. Sig. *ca*

**DEVECCHI Chiara**

Via Michelangelo Buonarroti 62

10088 - VOLPIANO (TO)

**Oggetto: L. 447/1995 - Attività di tecnico competente in acustica ambientale.**

Si comunica che con determinazione dirigenziale n. 222/DB10.04 del 14/7/2011 allegata, la domanda da Lei presentata ai sensi dell'art.2, comma 7, della L. 26/10/1995 n. 447 è stata accolta. Detta determinazione sarà pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte unitamente al cinquantottesimo elenco di Tecnici riconosciuti.

Come previsto dall'art. 16, comma 2, della legge regionale 20 ottobre 2000, n. 52, i dati personali utili al fine del Suo reperimento, da Lei forniti in allegato alla domanda (cognome, nome, comune, numero di telefono fisso, numero di cellulare e indirizzo e-mail), saranno inseriti nell'elenco dei tecnici riconosciuti da questa Regione. Le eventuali comunicazioni di aggiornamento di tali dati possono essere comunicate a questa Direzione Ambiente, via Principe Amedeo 17 - 10123 TORINO anche via FAX al numero 011 432 3665.

Distinti saluti.

Il Dirigente del Settore

(ing. Carla CONTARDI)



referente:  
Baudino/Rosso  
Tel. 011/4324678-4479

Lettera accoglimento domanda tecnico competente in acustica

Data ...23 APR. 2014

Protocollo ...5653 /DB10.13

Classificazione 13.90.20/TC/9/2014A

Egr. Sig.  
ONALI Paolo  
Via Garibaldi 31  
10122 - TORINO (TO)

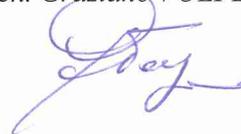
**Oggetto: L. 447/1995 - Attività di tecnico competente in acustica ambientale.**

Si comunica che con determinazione dirigenziale n. 143/DB10.13 del 15/4/2014 allegata, la domanda da Lei presentata ai sensi dell'art.2, comma 7, della L. 26/10/1995 n. 447 è stata accolta. Detta determinazione sarà pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte unitamente al sessantanovesimo elenco di Tecnici riconosciuti.

Come previsto dall'art. 16, comma 2, della legge regionale 20 ottobre 2000, n. 52, i dati personali utili al fine del Suo reperimento, da Lei forniti in allegato alla domanda (cognome, nome, comune, numero di telefono fisso, numero di cellulare e indirizzo e-mail), saranno inseriti nell'elenco dei tecnici riconosciuti da questa Regione. Le eventuali comunicazioni di aggiornamento di tali dati possono essere comunicate a questa Direzione Ambiente, via Principe Amedeo 17 - 10123 TORINO anche via FAX al numero 011 432 3665.

Distinti saluti.

Il Dirigente del Settore  
(*arch. Graziano VOLPE*)



referente:  
Roberta BAUDINO/Carla ROSSO  
Tel. 011/4324679-0114324479

Lettera accoglimento domanda tecnici competenti in acustica ambientale

## Committente



## Progettista Definitivo ed Esecutivo



Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto dei Proponenti.