



POLITECNICO DI MILANO
AREA TECNICO EDILIZIA

Piazza Leonardo da Vinci, 32 – 20133 MILANO

Cod. lav. 823_10

**Restauro, ristrutturazione e adeguamento normativo dell'Edificio 4 del
Campus Leonardo – sede del D.I.I.A.R. – Lotto 1**

PROGETTO ESECUTIVO
ACUSTICA

Responsabile del Procedimento: arch. Riccardo Licari - A.T.E.

Responsabile del Progetto: ing. Gianluca Noto – A.T.E.

Progetto opere civili e strutture: Studio Tecnico Associato Brambilla Colombo
ing. Maurizio Colombo ®
ing. Ferdinando Brambilla
arch. Adriana Campanile
ing. Marco Solari

Progetto Impianti Meccanici: ing. Giuseppe Maddaloni

Progetto Impianti Elettrici ing. Fabio Innao – A.T.E.

**Coordinatore per la sicurezza
in fase di progettazione:** arch. Diana Bruno – A.T.E.

Verifiche acustiche ing. Michele Damiano Vivacqua

Tipo documento							n° documento				titolo documento		
P	E	.	D	.	A	C	-	0	1	.	R	1	RELAZIONE ACUSTICA
Emissione							13 dicembre 2011						
Revisione 1							20 gennaio 2012						
Revisione 2							16 maggio 2012						
Nome file							PE_D_AC_001_0_R1_RELAZIONE_TECNICA.pdf						
Redatto							Verificato				Approvato		
M.D.V.							G.N.				G.N.		

STUDIO DI INGEGNERIA VIVACQUA

SEZIONE ACUSTICA AMBIENTALE

**STUDIO ACUSTICO DELLA NUOVA SEDE D.I.I.A.R. LOTTO 1
P.SEMINT., P.RIAL, PIANO 1°.
POLITECNICO DI MILANO PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32.**

Milano, Maggio 2012

1. PREMESSA

La scrivente è stata incaricata dal Politecnico di Milano di effettuare studio acustico avente come oggetto la nuova sede D.I.I.A.R. lotto 1 P.semint., P.rial, Piano 1°. presso il Politecnico di Milano nella sede di piazza Leonardo da Vinci, 32. Tale lotto sarà oggetto di un intervento di manutenzione straordinaria consistente in interventi di sostituzione infissi, interventi sull'intradosso e estradosso dei tre livelli, diversificazione del layout distributivo dei tre livelli e installazione di nuovo impianto di climatizzazione.

Il presente studio viene effettuato in conformità a quanto previsto dal quadro Legislativo e Normativo Vigente ed in particolare si sono verificati i limiti contenuti nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5/12/1997 e la legge regionale 13/2001 art. 7 e riguarderà le intrusioni rumorose provenienti dall'esterno e reciprocamente fra un ambiente e l'altro.

La finalità che ci si propone con il presente lavoro consta nella validazione delle scelte progettuali della committente (stratigrafie, tipologia della componentistica impiegata, sistemi di giunzione) affinché possano consentire il conseguimento dei valori imposti dalla Legge, non già il perseguimento dei valori reali, che verranno verificati in opera, per i vari parametri studiati, i quali sono subordinati alla qualità di esecuzione dei componenti ed alle condizioni di corretta collocazione in situ ed alla affidabilità delle certificazioni di laboratorio dei materiali e componenti impiegati.

Tale studio consiste nel calcolo previsionale, basato sulle norme UNI EN ISO 12354 (parti 1, 2 e 3), dei valori relativi ai seguenti parametri:

- Potere fonoisolante apparente R'
- Livello di rumore da calpestio Dl
- Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D2m,nT$)

Sono esclusi dai calcoli i valori dei seguenti parametri (le cui garanzie sono da richiedere ai fornitori degli impianti e per i quali, la scrivente, da indicazioni di buona pratica e merceologiche):

- Servizi a funzionamento continuo L_{Aeq}
- Servizi a funzionamento discontinuo L_{ASmax}

Viene effettuata tuttavia una valutazione preventiva dei livelli di pressione sonora indotta dagli impianti di climatizzazione. Tale valutazione si basa sui dati di potenza sonora forniti dalla committente per quanto possibile correlate al funzionamento di detti impianti.

I calcoli previsionali sono applicati a tutti i locali, destinati alla permanenza di persone, indicati dalla committente ed i cui dati geometrici sono evinti dalle tavole riportate nella presente relazione, fornite ed approvate dalla committente medesima. In tali calcoli previsionali vengono considerati i materiali e le stratigrafie, riportate ai capitoli successivi. Ogni difformità dalle geometrie e dai materiali impiegati comporta la decadenza della validità dei calcoli previsionali effettuati. Ogni modifica degli apparecchi murari e dei componenti (ad es. scassi, traccie per passaggio impianti, modifiche dei serramenti e delle bocchette di ventilazione) ed esecuzioni di montaggio non a perfetta regola d'arte implicano altresì la mancata attendibilità dei valori calcolati e sollevano la scrivente da ogni responsabilità.

2. STRUMENTI UTILIZZATI PER L'ESECUZIONE DELLO STUDIO

Il presente studio è stato elaborato con l'ausilio di un software custom, creato dalla scrivente, che permette il calcolo contemporaneo di tutti i parametri acustici previsti dalla Legge e di due software commerciali denominati rispettivamente Edil Iso e Regolo Acustica che permettono di calcolare le prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei singoli componenti edilizi per ogni singola situazione.

2.1 Edil Iso

Gli algoritmi di calcolo utilizzati da questo software sono quelli definiti dal pacchetto di prenorme EN 12354 (parti 1, 2 e 3).

Oltre a guidare l'utente nell'applicazione delle relazioni di calcolo delle prestazioni acustiche degli edifici, il programma contiene un data base di componenti edilizi (pareti, porte, vetrate, solai e rivestimenti) per le quali sono disponibili le proprietà acustiche certificate, sia in funzione della frequenza, che come indice di valutazione.

Qualora per la soluzione progettata non siano disponibili nel data base le proprietà acustiche è possibile avvalersi di dati esterni, inserendoli direttamente durante il calcolo, oppure effettuare stime teoriche, scegliendo tra le relazioni empiriche proposte dal programma.

È quindi possibile valutare con differenti gradi di precisione le prestazioni acustiche di molti differenti edifici, sia per quanto concerne la trasmissione sonora tra ambienti interni, che quella dall'esterno dell'edificio verso l'interno.

Per l'analisi della trasmissione sonora tra ambienti interni, sia in direzione orizzontale (pareti) che verticale (solai), l'uso del programma è limitato al caso di ambienti adiacenti, essendo tale il campo di applicabilità delle prenorme europee. L'analisi della trasmissione sonora tra ambienti non adiacenti interessa un numero limitato di casi che devono essere affrontati con un metodologia più complessa e per la quale non esistono riferimenti normativi.

2.2 Software custom – Regolo Acustica

Gli algoritmi di calcolo utilizzati da questo software sono quelli contenuti nelle Normative:

Norma UNI EN 12354-1 del novembre 2002 “Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti: isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”

Norma UNI EN 12354-2 del novembre 2002 “Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti: isolamento acustico al calpestio tra ambienti”

Norma UNI EN 12354-3 del novembre 2002 “Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti: isolamento acustico dal rumore per via aerea proveniente dall'esterno”

Come già accennato questo sistema di calcolo consente di valutare le caratteristiche acustiche di ciascun componente edilizio contemporaneamente (per Regolo Acustica a partire da disegno). Ciò consente di valutare le sinergie/disinergie che si verificano al cambiamento delle loro singole caratteristiche acustiche o dei loro sistemi di giunzione.

3 LA NORMATIVA: IL D.P.C.M. 5.12.97

Il decreto stabilisce i requisiti tecnici a cui riferirsi nella realizzazione degli edifici. In particolare classifica gli ambienti abitativi in sette categorie TAB A e stabilisce per ognuna di esse i requisiti acustici passivi degli edifici TAB B, definendo nel contempo i livelli massimi di rumore per gli impianti tecnologici TAB B / C.

TABELLA A

Categorie	Descrizione
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	Edifici adibiti ad uffici o assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

In conformità con le norme tecniche emanate dall'UNI identifica le grandezze di riferimento come:

R'	Indice del potere fonoisolante apparente di partizione fra gli ambienti ¹
R_w	Potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti ²
$D_{2m,nT,w}$	Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ³
$D_{2m,nT}$	Isolamento acustico standardizzato di facciata
L_n	Livello di rumore di calpestio di solai normalizzato ⁴
$L_{n,w}$	Indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato ⁵
T	Tempo di riverberazione ⁶
T_0	Tempo di riverberazione di riferimento pari a 0.5 s
L_{ASmax}	Livello massimo di pressione ponderata A, con costante di tempo slow
L_{Aeq}	Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A.

TABELLA B

Categorie	Grandezze di riferimento				
	Requisiti acustici passivi degli edifici			Impianti tecnologici	
	R_w [R'_w] ⁷ [dB]	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	$L_{n,w}$ [dB]	L_{ASmax} [dBA]	L_{Aeq} [dB(A)]
D	55	45	58	35	25
A C	50	40	63	35	35
E⁸	50	48	58	35	25
B F G	50	42	55	35	35

¹ UNI 8270 :1987, Parte 7[^], para. 5.1 [UNI EN ISO 717/1 :1997]

² EN ISO 140-5 :1996 [UNI EN ISO 140-5 :2000]

³ [UNI EN ISO 717/1 :1997]

⁴ EN ISO 140-6 : 1996 [UNI EN ISO 140-6 :2000]

⁵ UNI 8270 :1987, Parte 7[^], para. 5.2 [UNI EN ISO 717/2 :1997]

⁶ (ISO 3382:1975) [UNI EN ISO 3382 2001]

⁷ I valori di R_w [R'_w] sono riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

⁸ Per edifici di categoria E, i limiti per il tempo di riverberazione (T) sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 Maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici

TABELLA C

Tipo di servizio	Livello massimo di pressione sonora [dB(A)]
Servizi a funzionamento continuo	$L_{Aeq} < 25$
Servizi a funzionamento discontinuo	$L_{ASmax} < 35$

La categori di riferimento concordata con la Committenza in relazione alle destinazioni d'uso presenti è la categoria B – Edifici adibiti ad uffici o assimilabili.

Tutti i software descritti precedentemente consentono il calcolo delle principali grandezze per la valutazione delle proprietà acustiche degli edifici ed in particolare sono stati sviluppati per fornire i valori richiesti dal D.P.C.M. 5.12.97 relativamente alle prestazioni acustiche passive degli edifici.

In accordo con i contenuti della tabella B del decreto è quindi possibile effettuare il calcolo del potere fonoisolante apparente R'_w , del livello di rumore da calpestio L' e dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT}$. Tutte le grandezze possono essere espresse sia come indici di valutazione (come richiesto dal D.P.C.M.) che, in funzione della frequenza, in bande di terzi di ottava, per un'analisi più dettagliata.

E' quindi anche possibile calcolare l'isolamento ai rumori aerei tra ambienti adiacenti o sovrapposti, in funzione della frequenza.

3.1 Potere fonoisolante apparente

Il potere fonoisolante apparente R' di una partizione è pari a meno dieci volte il logaritmo in base 10 del rapporto tra la potenza sonora trasmessa attraverso la partizione ($W2$) e le strutture laterali ($W3$) e la potenza sonora incidente sulla partizione ($W1$):

$$R' = 10 \lg W1/(W2+W3)$$

R' si esprime in decibel (dB).

3.2 Livello di rumore da calpestio

Il livello apparente di rumore da calpestio ($L'i$) è il livello medio di pressione sonora che si stabilisce in un ambiente reale quando sul solaio dell'ambiente disturbante agisce un generatore normalizzato di rumore da calpestio normalizzato. La misurazione in opera tiene conto sia della trasmissione diretta sia di quella laterale.

$L'i$ si esprime in decibel (dB).

Le caratteristiche del generatore di rumore sono definite nell'appendice A della norma ISO 140-6.

3.3 Isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto T60

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT}$) è la differenza tra il valore medio del livello di pressione sonora a 2 m dal piano della facciata ($L1,2m$)

ed il valore medio del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente (L_2), corretta per tenere conto del tempo di riverberazione T nell'ambiente ricevente.

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg (T/T_0)$$

Dove $T_0 = 0,5$ s.

$D_{2m,nT}$ si esprime in decibel (dB).

4 VERIFICHE ESEGUITE

L'intervento in oggetto riguarda la sede di un'unico utente gli uffici presenti ai vari livelli sono separati orizzontalmente da elementi di arredo. Le verifiche sono state condotte in tutti i locali e sono:

- a) isolamento acustico delle facciate; verifica sui locali a prescindere dallo scenario acustico di affaccio;
- b) isolamento acustico ai rumori d'impatto; verifica su tutti i locali rispetto ai locali sovrapposti dei diversi piani anche se utilizzati dal medesimo utente.
- c) isolamento acustico dei rumori aerei fra i locali ubicati a diversi livelli; Si considera infatti che le zone adibite ad ufficio risultano essere strutturalmente degli open space con separazioni ottenute mediante elementi di arredo che non possono fisiologicamente garantire un adeguato valore di potere fonoisolante.

4.1 Edificio e vani oggetto di verifica del presente studio

L'edificio oggetto del presente studio consiste in due corpi di fabbrica. Un corpo di fabbrica è disposto su due livelli più piano seminterrato e soppalco parziale a piano terra, un secondo corpo di fabbrica disposto invece su tre livelli fuori terra. In particolare vengono valutati i vani destinati ad uso ufficio o assimilabile e le aule didattiche.

Per la descrizione dei corpi di fabbrica e la localizzazione dei locali studiati all'interno delle diverse tipologie di ambienti previsti si faccia riferimento alle figure 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8,9,10,11,12,13.

Gli ambienti ed i locali sono identificati dalla relativa denominazione originale imposta dalla committente.

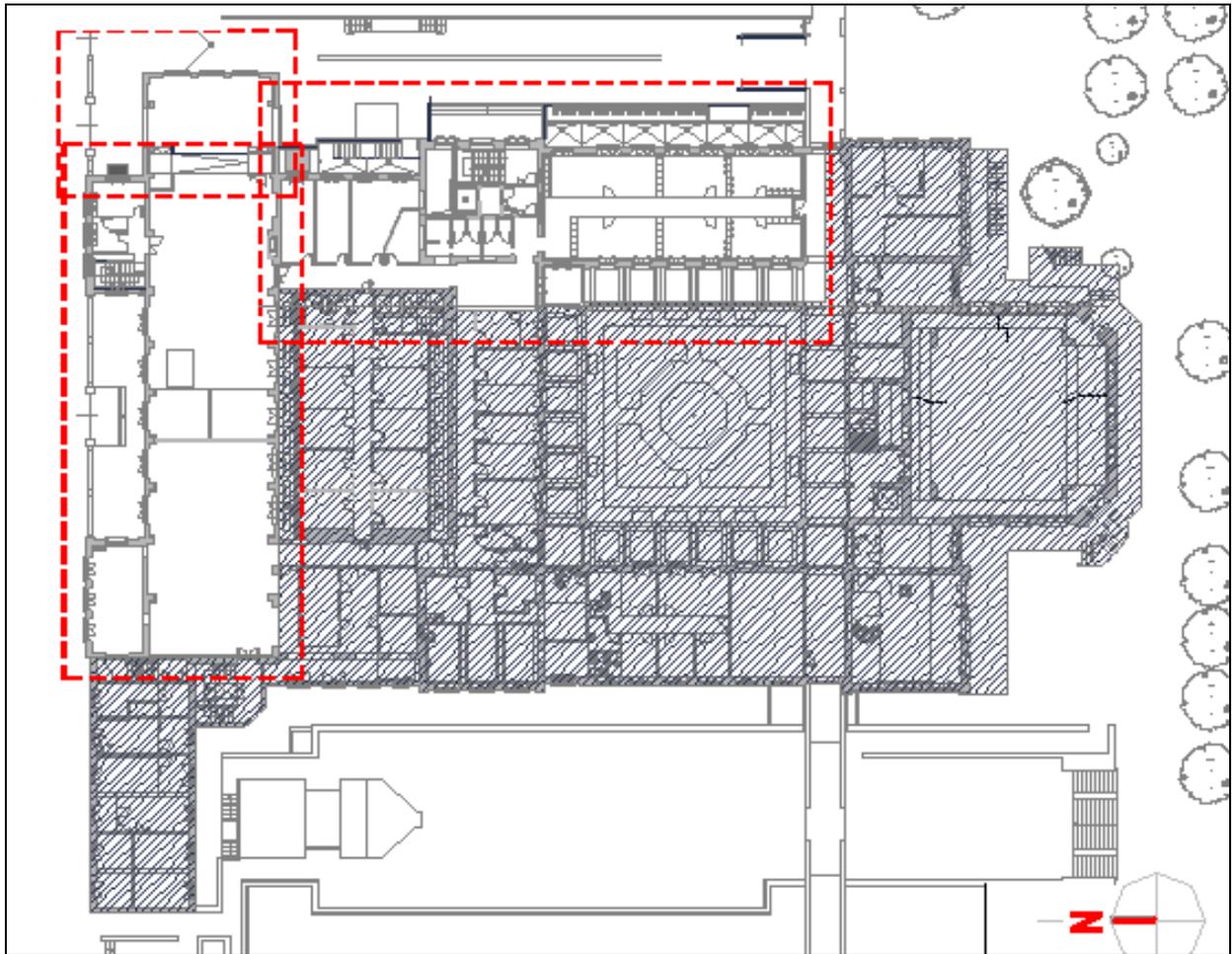


Fig. 1 Planimetria generale (PT) dell'edificio 4 con identificazione delle zone di intervento.

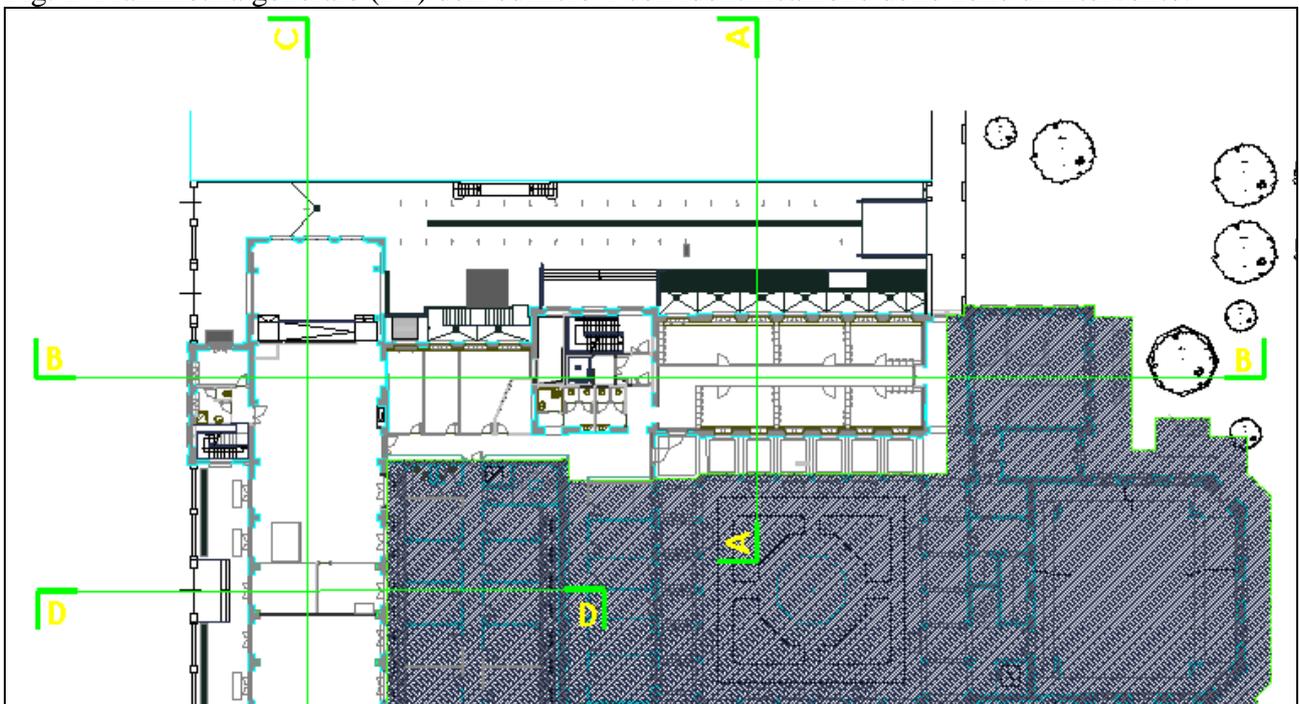


Fig.2 Sezioni.

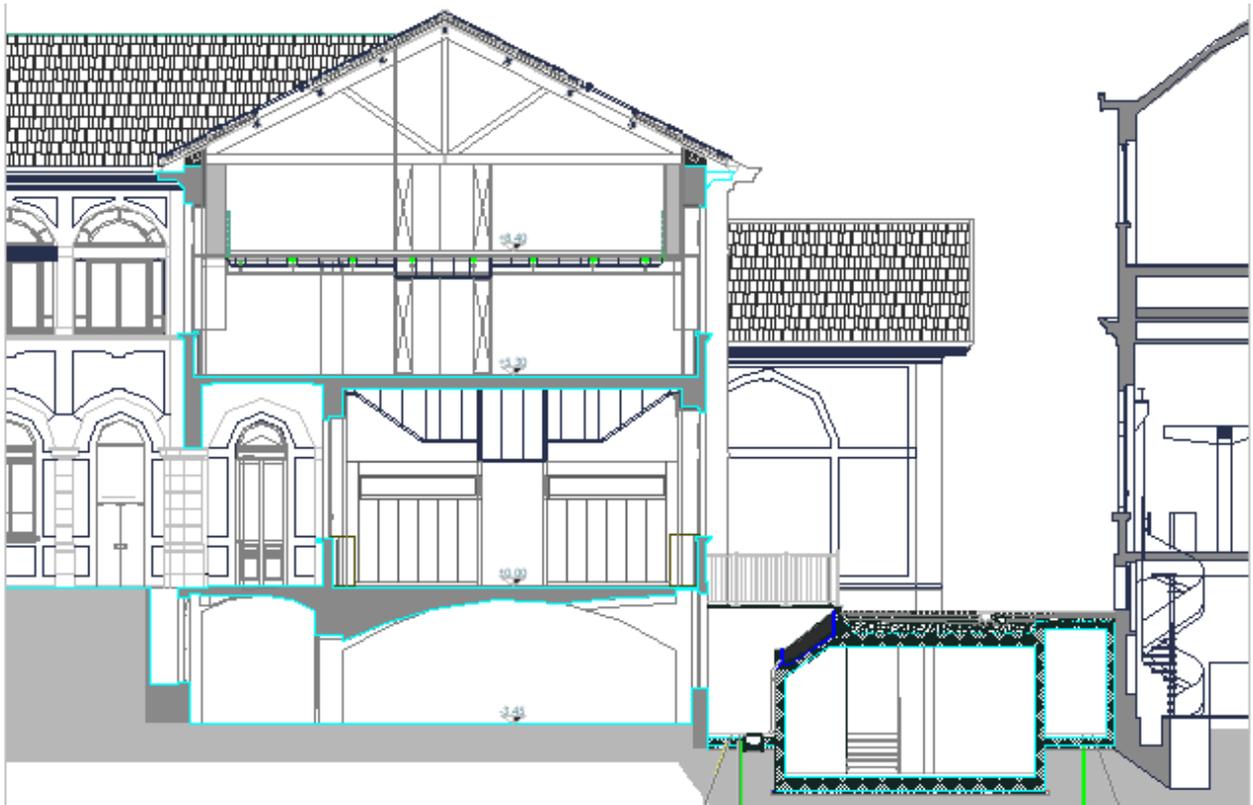


Fig.3 Sezione AA.



Fig.4 Sezione CC.



Fig.5 Sezione DD.

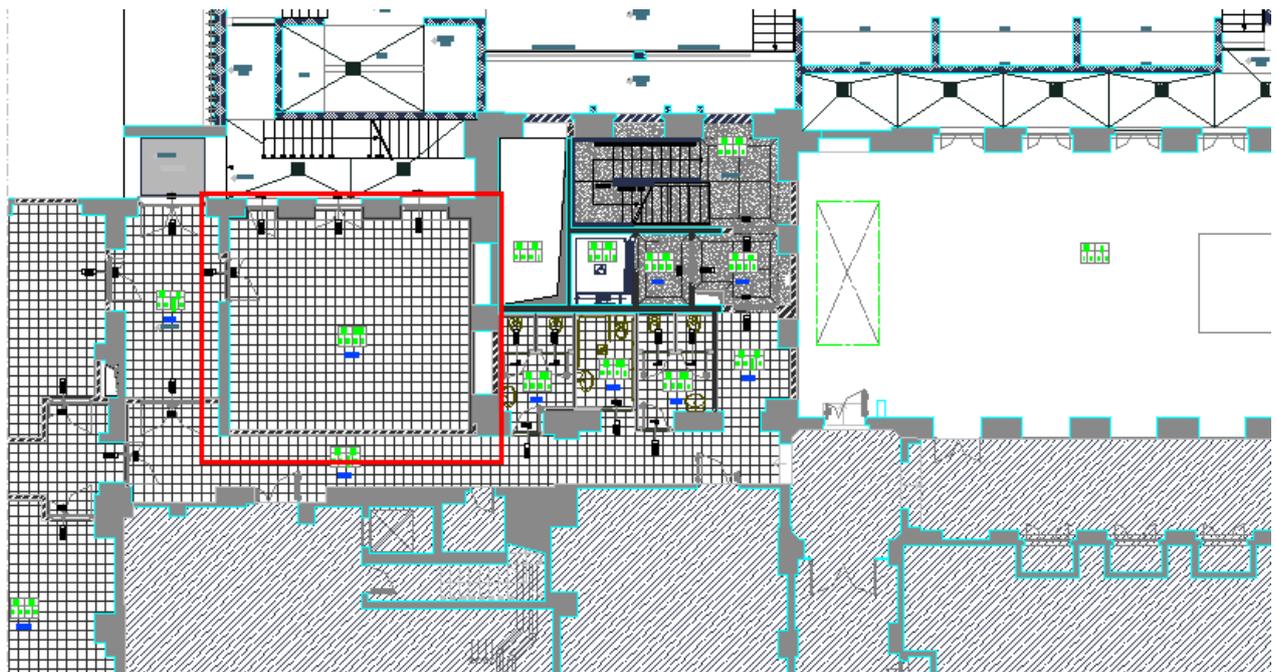


Fig.6 Stralcio della pianta piano seminterrato con riquadrata in rosso la zona considerata nel presente studio.

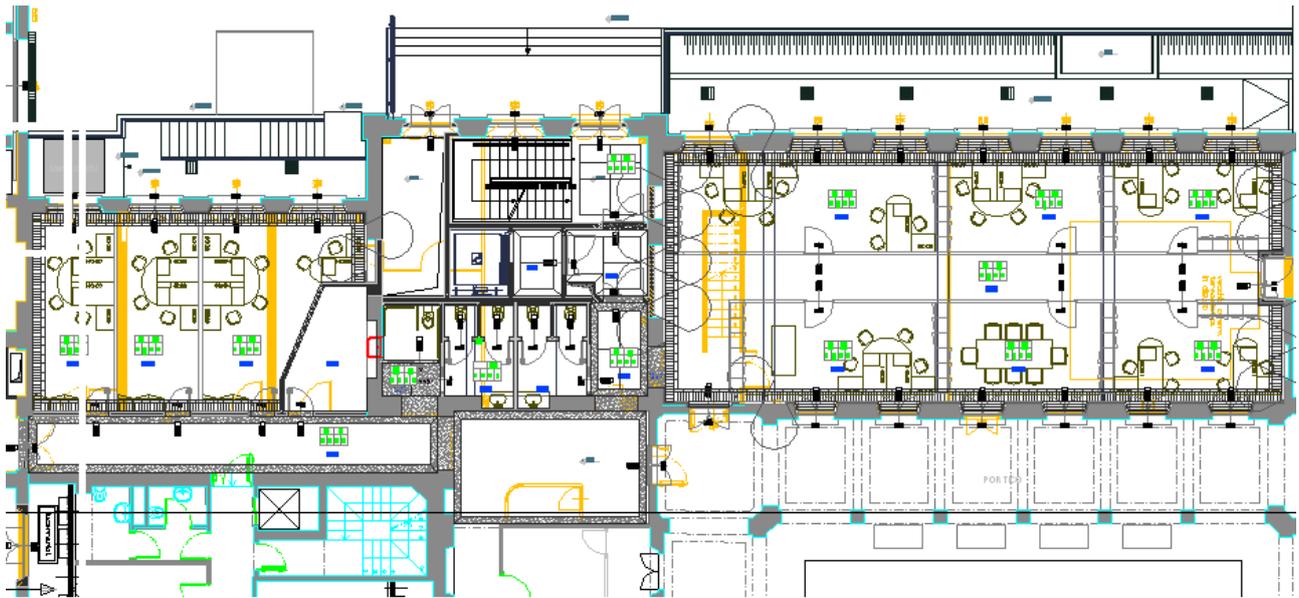


Fig.7 Stralcio della pianta piano terra zona Est.

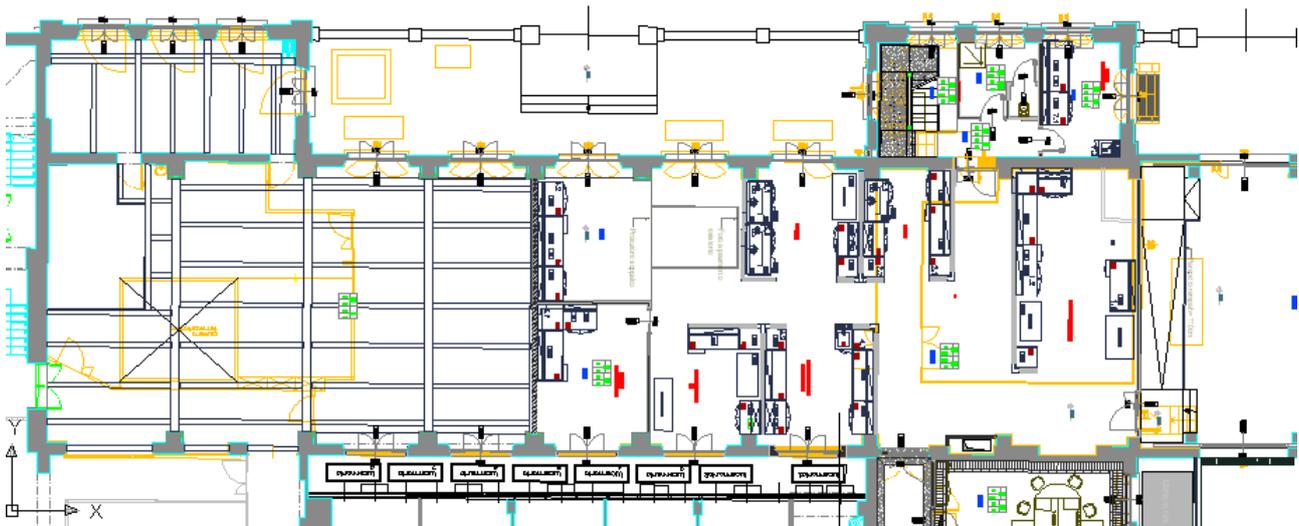


Fig.8 Stralcio della pianta piano terra zona Nord.

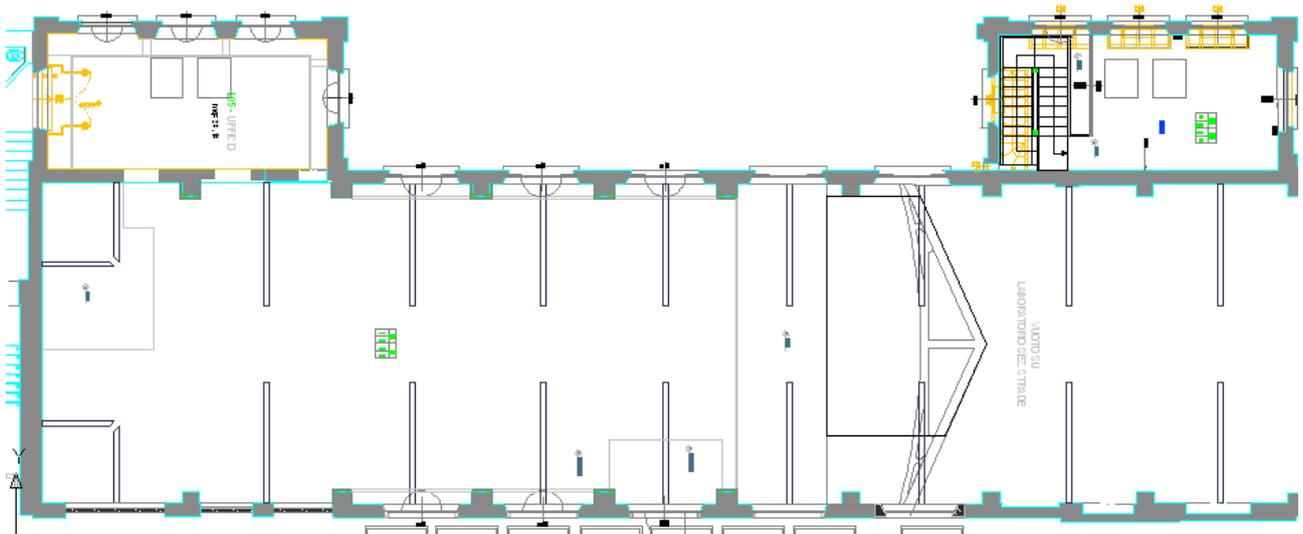


Fig.9 Stralcio della pianta piano soppalco zona Nord.

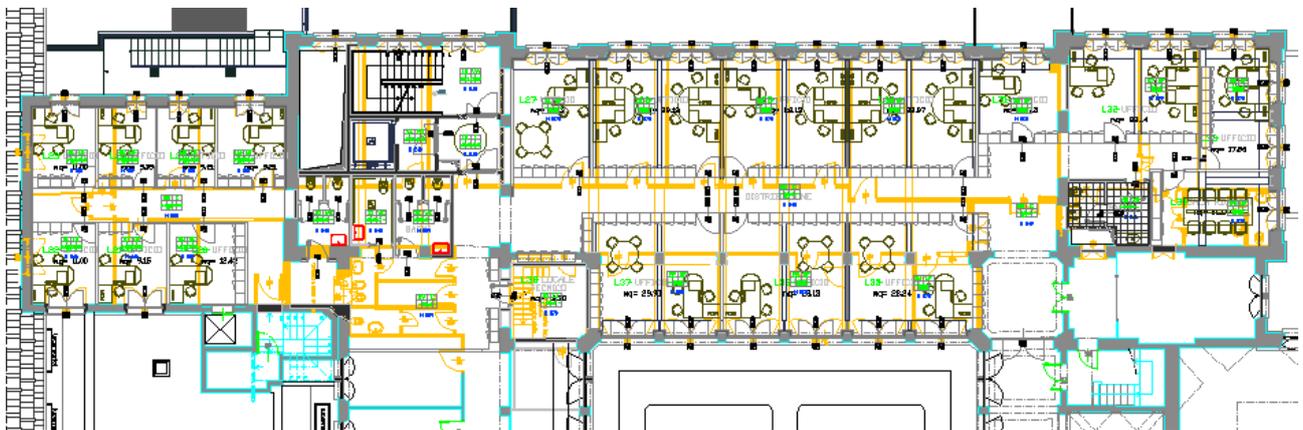


Fig.10 Stralcio della pianta piano Primo.

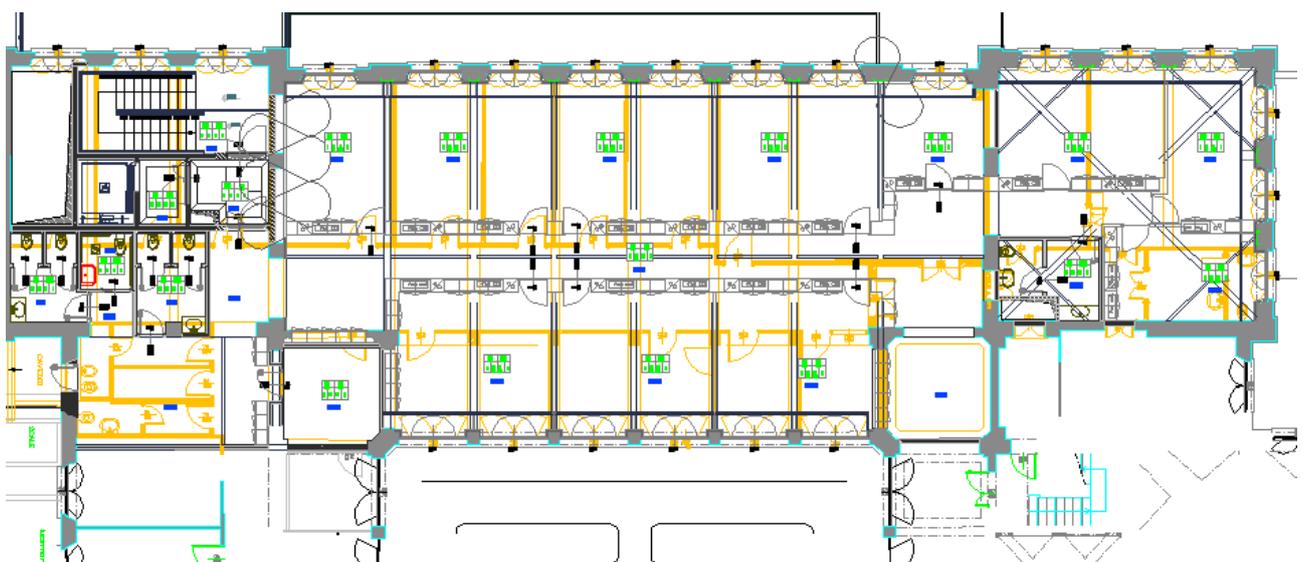


Fig.11 Stralcio della pianta piano Secondo.

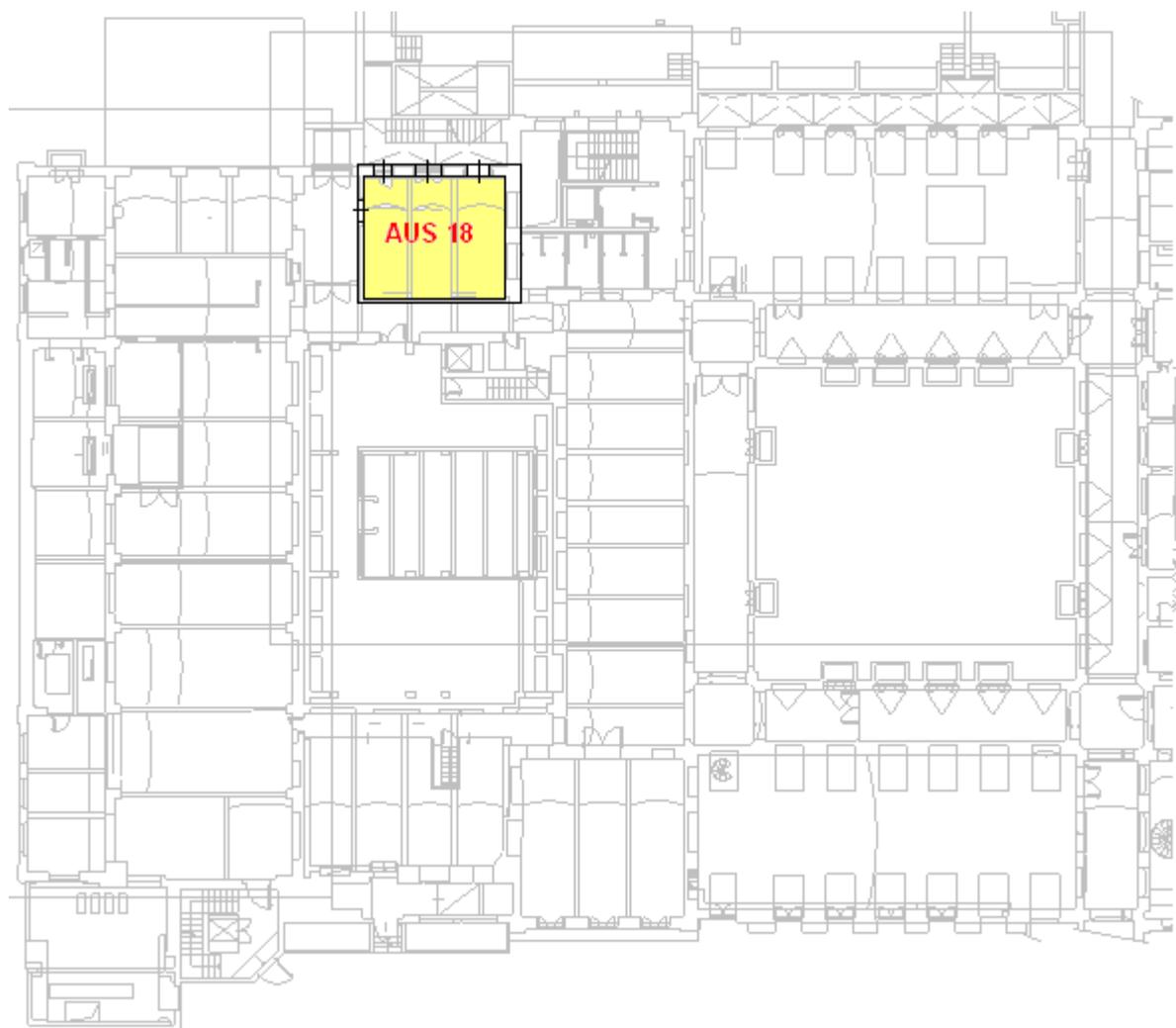


Fig.12 Denominazione locali al piano Seminterrato.

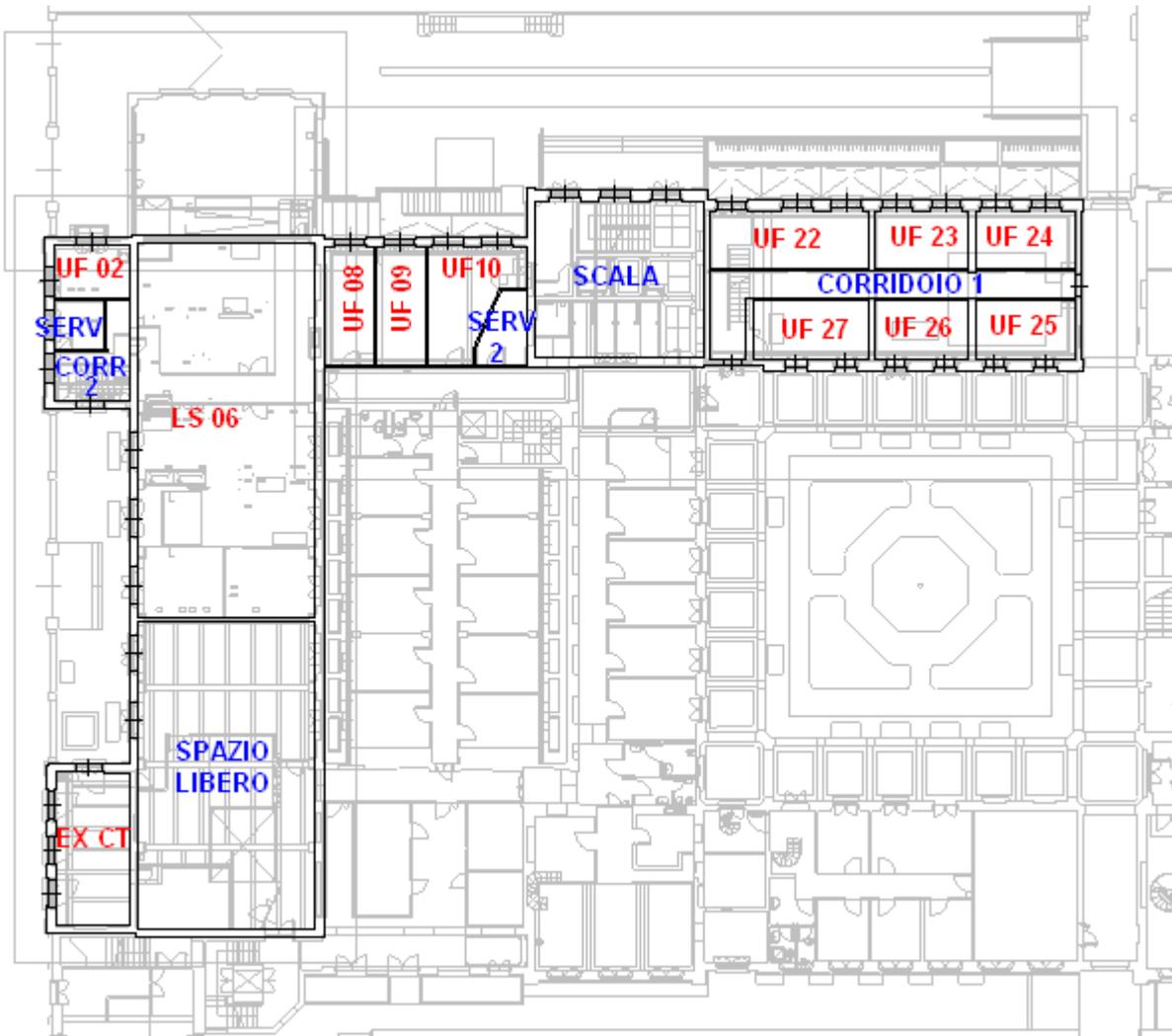


Fig. 13 Denominazione locali al piano Terra (in rosso I vani calcolati in blu I vani di servizio).

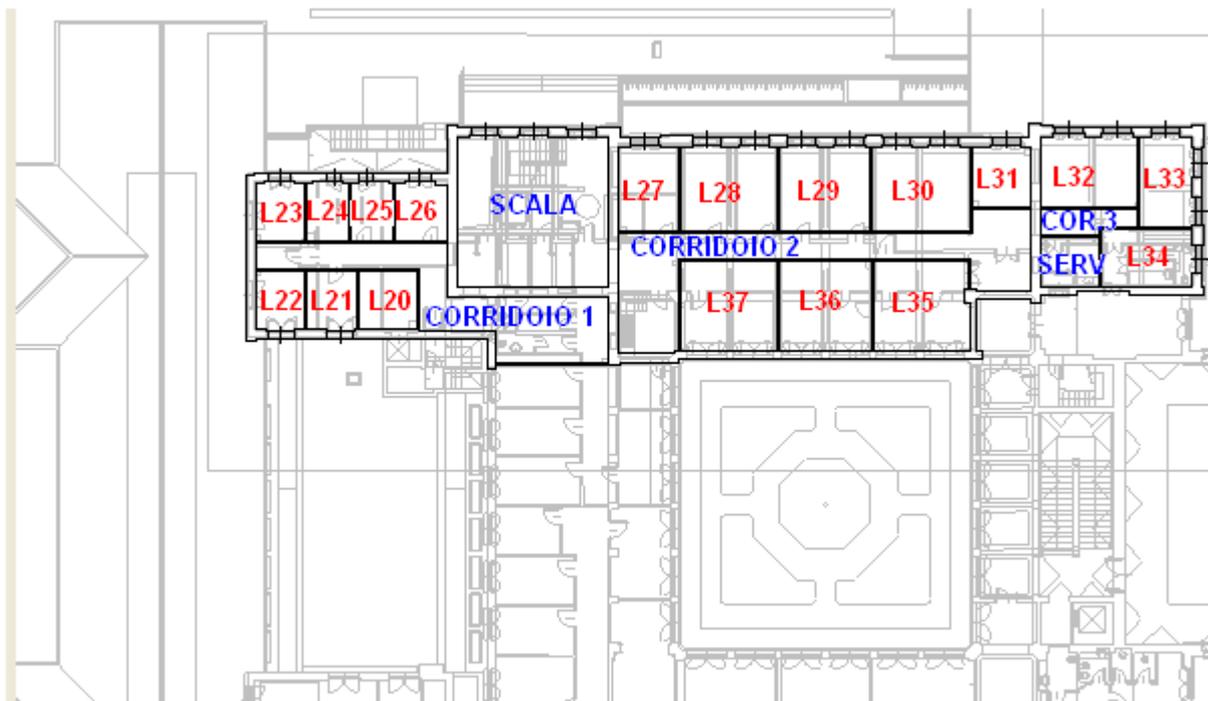


Fig. 14 Denominazione locali al piano Primo (in rosso I vani calcolati in blu I vani di servizio).

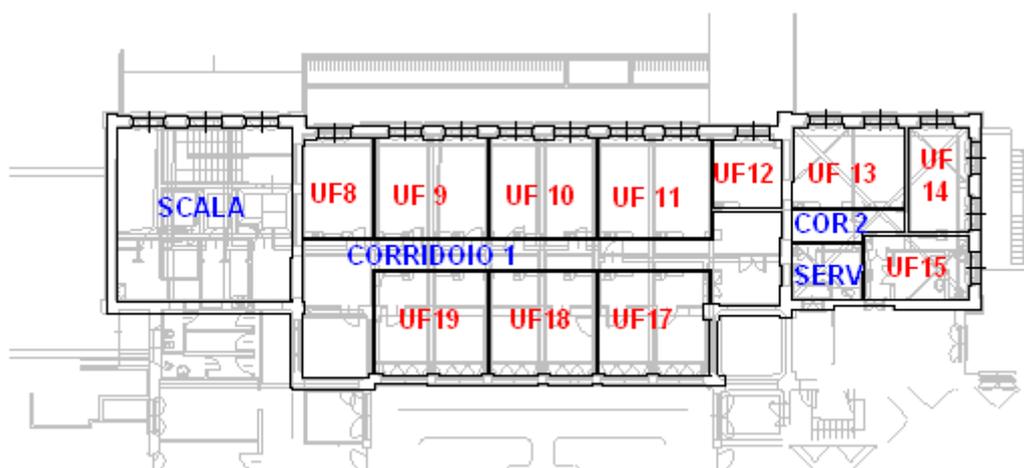


Fig. 15 Denominazione locali al piano Secondo (in rosso I vani calcolati in blu I vani di servizio).

5. CARATTERISTICHE DEI COMPONENTI EDILIZI ESAMINATI

(desunte dalla documentazione fornita dalla Committente)

In questo paragrafo si descrivono nel dettaglio le stratigrafie delle partizioni verticali ed orizzontali previste nell'edificio; tali stratigrafie sono quelle forniteci dalla committenza alla quale si sono aggiunte le minime varianti necessarie al rispetto dei limiti di Legge.

5.1 Parete facciata

Le pareti di facciata sono di natura eterogenea e le loro caratteristiche sono riassunte nelle tabelle:1,2,3,4. Per tutte le stratigrafie si è proceduto alla determinazione del potere fonoisolante della parte in muratura mediante l'impiego delle formule canoniche sulla Relazione di Massa, eccetto che per le seguenti murature di cui si riportano le relative certificazioni di laboratorio.

- Muri interno ovest (piano rialzato): intonaco interno cm 1.5+ muratura in forati cm 12 + intonaco cm 1.5 = spessore totale 15 cm.
- Muro sud (piano seminterrato):Forato 8 cm + intercapedine 50 cm + mattoni pieni 23 cm + intonaco 2 cm. A questa stratigrafia laterocementizia è stata assimilata una stratigrafia certificata consistente in una parete a intercapedine composta da forati da 8 cm. intercapedine d'aria da 4 cm mattoni semipieni da 12 cm.

Tutte le pareti di facciata sono composte da una parte in muratura e da una controparete in lastre di gesso e lana di roccia montate con svariate intercapedini rispetto alla parte muraria. L'effetto di miglioramento del potere fonoisolante apportato dalle contropareti è stato assimilato a due tipologie di montaggio certificate,le quali sono caratterizzate da intercapedini minime. Si ritiene che tale assunzione sia di carattere conservativo, in quanto le intercapedini di maggiori dimensioni possono aumentare ulteriormente l'effetto di miglioramento. Tuttavia si raccomanda di procedere a test normalizzati di laboratorio per le stratigrafie dissimili da quelle assunte nei calcoli del presente studio, dato che il fenomeno fisico potrebbe avere effetti non ipotizzabili ed influire sui valori degli indici calcolati. La copertura è stata assimilata ad una parete di facciata e si è considerato, ai fini del calcolo acustico, il solo il solaio orizzontale in laterocemento.

PIANO SEMINTERRATO

AULETTA STRADE
1) Muri esterno (est): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2 cm muratura calcestruzzo cm 52 + intonaco cm 3 = spessore totale 66 cm.
2) Muro nord (esistente): intonaco cm 3 + muratura in mattoni pieni cm 24 + intonaco cm 3 = spessore totale 30 cm.
3) Muro ovest (nuovo): intonaco cm 1.5 + muratura in calcestruzzo vibrocompresso cm 15 + intonaco cm 1.5 = spessore totale 18 cm.
4) Muro sud (esistente in parte):
- nelle parti con intercapedine: ISOLAMENTO (1.25+7.5)+ forato 8 cm + intercapedine 50 cm + mattoni pieni 23 cm + intonaco 2 cm = spessore totale 89 cm 12 4 8 sostituito
- nelle parti piene: : ISOLAMENTO (1.25+7.5)+ intonaco cm 2 + mattoni pieni 85 cm + intonaco 2 cm = spessore totale 89 cm

Tab. 1 Stratigrafie impiegate al piano primo.

PIANO RIALZATO

UFFICI ZONA SUD-EST
1) Muri esterno (est): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 55 + intonaco cm 3 = spessore totale 69 cm.
Sottofinestra: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 10 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 15 + intonaco cm 3 = spessore totale 45 cm
2) Muri esterno (ovest): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 45 + intonaco cm 3 = spessore totale 59 cm.
Sottofinestra: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 10 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 15 + intonaco cm 3 = spessore totale 45 cm
3) Muri interno (sud) esistente: : ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni cm 25 - intonaco cm 3
4) Muri interno (nord):
- nelle parti piene: ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni cm 45 + intonaco cm 3 = spessore totale 25 cm.
- nelle parti con intercapedine: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7.5+ intercapedine 25 cm + intonaco interno cm 2 + muratura in gas beton cm 20 - intonaco cm 2= spessore totale 57 cm
UFFICI ZONA NORD-EST
1) Muri esterno (est): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 37 + intonaco cm 3 = spessore totale 51 cm.
Sottofinestra: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 10 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 15 + intonaco cm 3 = spessore totale 45 cm
2) Muri interno (ovest): intonaco interno cm 1.5+ muratura in forati cm 12 + intonaco cm 1.5 = spessore totale 15 cm.
3) Muri interno (nord) esistente: intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni cm 20 - intonaco cm 3
4) Muri interno (sud): ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni spessore variabile come da disegno + intonaco cm 2 = spessore totale variabile come da disegno.
LABORATORI DI RICERCA SENZA FUNZIONI DIDATTICHE
1) Muri esterni: intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 37 + intonaco cm 3 = spessore totale 42 cm.

Tab. 2 Stratigrafie impiegate al piano primo.

PIANO PRIMO

UFFICI ZONA SUD-EST
1) Muri esterno (est): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 47 + intonaco cm 3 = spessore totale 62 cm.
Sottofinestra: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 10 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 15 + intonaco cm 3 = spessore totale 45 cm
2) Muri esterno (ovest): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 38 + intonaco cm 3 = spessore totale 51 cm.
Sottofinestra: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 10 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 15 + intonaco cm 3 = spessore totale 45 cm
3) Muri esterno (sud) cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 47 + intonaco cm 3 = spessore totale 62 cm.
4) Muri interno (nord):
- nelle parti piene: ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni cm 50+ intonaco cm 3 = spessore totale 25 cm.
- nelle parti con intercapedine: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7+ intercapedine 25 cm + intonaco interno cm 2 + muratura in gas beton cm 20 - intonaco cm 2= spessore totale 57 cm
UFFICI ZONA NORD-EST
1) Muri esterno (est): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 37 + intonaco cm 3 = spessore totale 51 cm.
Sottofinestra: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 10 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 15 + intonaco cm 3 = spessore totale 45 cm
2) Muri interno (ovest): intonaco interno cm 2+ muratura PIENA 34 + intonaco cm 2 = spessore totale 38 cm.
3) Muri interno (nord) esistente: ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni cm35 - intonaco cm 3
4) Muri interno (sud): ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni spessore variabile come da disegno + intonaco cm 2 = spessore totale variabile come da disegno.

Tab. 3 Stratigrafie impiegate al piano primo.

PIANO SECONDO

UFFICI
1) Muri esterno (est): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 47 + intonaco cm 3 = spessore totale 62 cm.
2) Muri esterno (ovest): cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 38 + intonaco cm 3 = spessore totale 51 cm.
3) Muri esterno (sud) cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7 + intonaco interno cm 2+ muratura in mattoni pieni cm 47 + intonaco cm 3 = spessore totale 62 cm.
4) Muri interno (nord):
- nelle parti piene: ISOLAMENTO (1.25+7.5) + intonaco interno cm 2 + muratura in mattoni pieni cm 45 + intonaco cm 3 = spessore totale 25 cm.
- nelle parti con intercapedine: cartongesso cm 1,25 + isolamento lana di roccia cm 7+ intercapedine 25 cm + intonaco interno cm 2 + muratura in gas beton cm 20 - intonaco cm 2= spessore totale 57 cm

Tab. 4 Stratigrafie impiegate al piano secondo.

5. 1.1 Calcolo del Potere fonoisolante delle murature

Il potere fonoisolante di dette murature è stato calcolato con la Legge di massa per i vari spessori.
Sono state utilizzate le seguenti formule:

legge di Berger o della massa (effetto combinato massa-frequenza)

$$R_n = 20 \text{ Log } (m f) - 42,5 \quad [dB]$$

Fra 100 e 3150 Hz con

m = massa per unità di superficie (Kg/m^2)

f = frequenza del suono incidente (Hz)

R_n Indice di fonoisolamento per incidenza normale

Correzione legge della massa per campo diffuso

$$R_d = R_n - 10 \log(0,23 R_n)$$

Fra 100 e 3150 Hz con

R_d Indice di fonoisolamento per incidenza diffusa

Calcolo della frequenza di coincidenza o critica (decremento prestazionale di 6 dBda tale frequenza)

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi l} \sqrt{\frac{12}{c_i^2}} \text{ (Hz)}$$

C_i = Velocità di propagazione onde longitudinali nel mezzo [m/s]

C = Velocità di propagazione nell' aria [m/s]

l = Spessore del pannello [m]

Il calcolo effettuato è teorico ed effettuato assimilando il pannello in oggetto ad un materiale perfettamente omogeneo. Per tale motivo non può tenere conto delle specificità dovute alla reale geometria ed alle reali caratteristiche del manufatto. Si ritiene, quindi necessario, a completa garanzia prestazionale, fare eseguire delle prove normalizzate in laboratorio di tale stratigrafia non reperibile nella bibliografia tecnica disponibile.

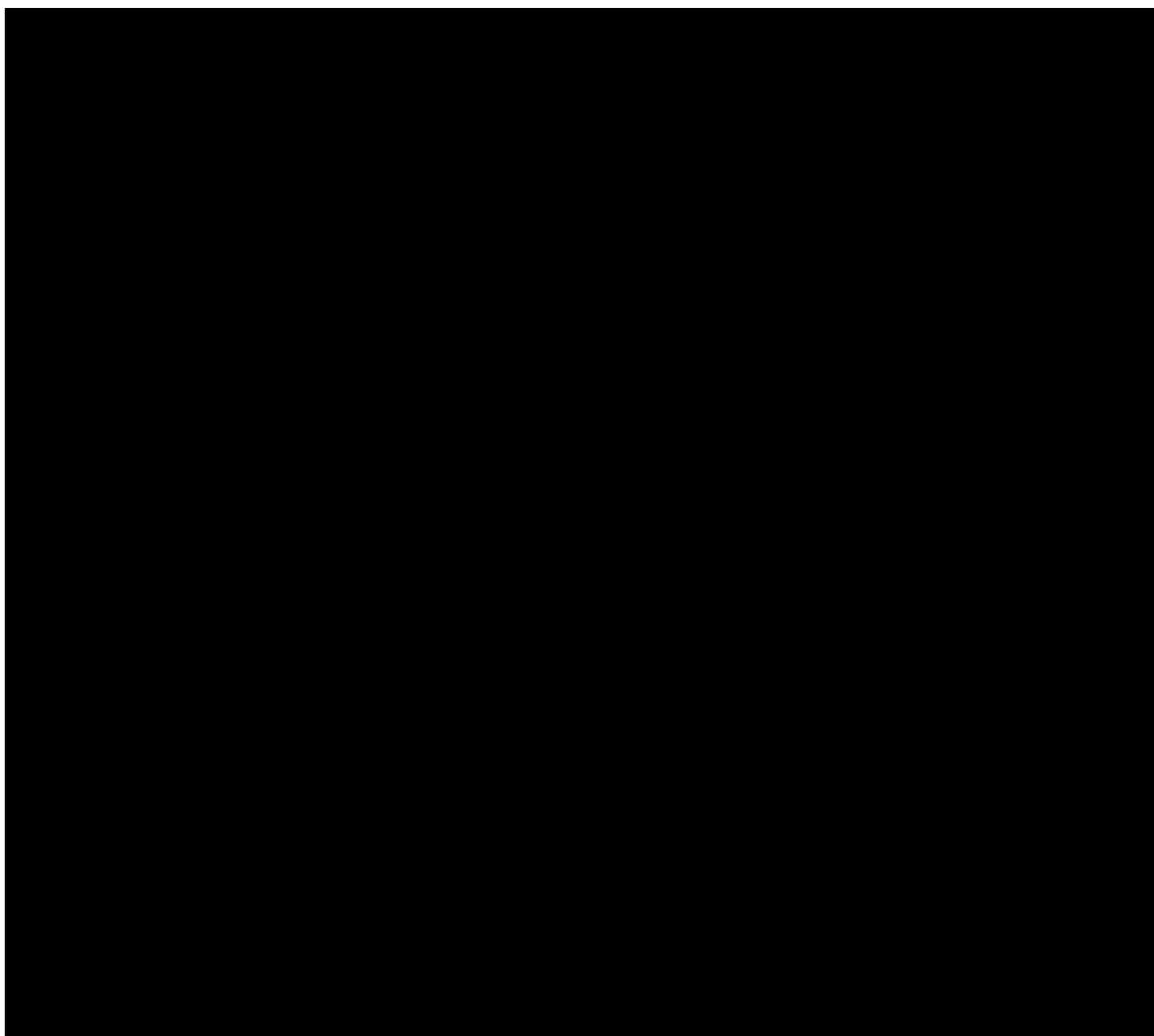
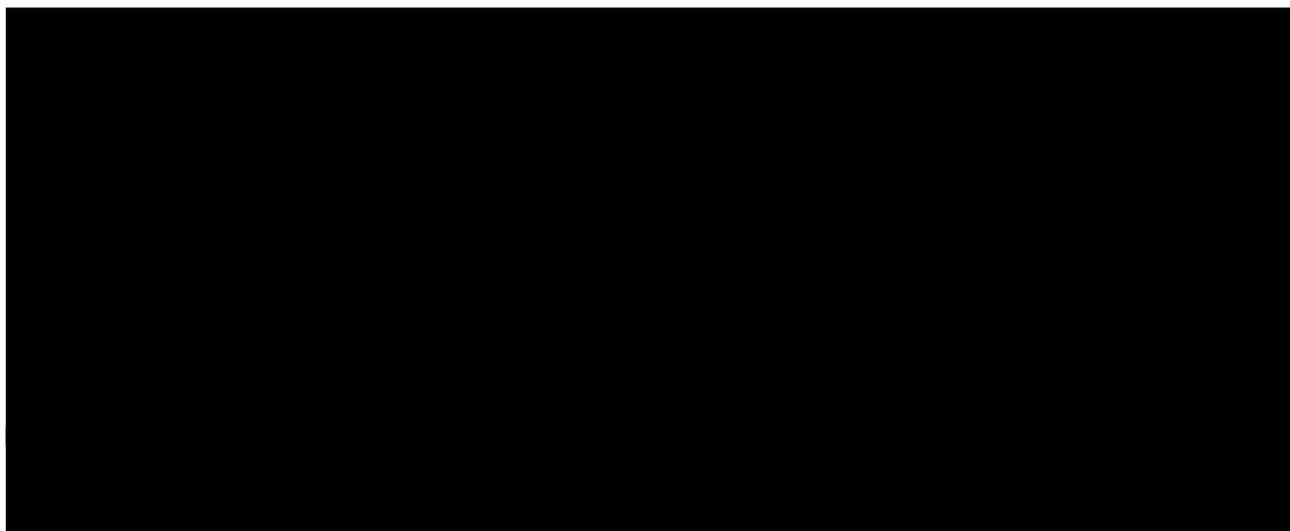


Fig. 16 Foglio di calcolo CLS 15 cm.

POTERE FONOISOLANTE STRUTTURA																
R [dB]	42.40	44.20	46.19	48.00	49.81	51.69	53.64	55.46	57.35	59.31	61.14	62.98	65.01	66.85	68.69	70.60
INDICE GLOBALE DI VALUTAZIONE POTERE FONOISOLANTE RIFERITO A 500 Hz																
R [dB]	60.00															
CURVA ISO 717 RISPETTO VALORE DI RIFERIMENTO A 500 Hz																
R [dB]	41.00	44.00	47.00	50.00	53.00	56.00	59.00	60.00	61.00	62.00	63.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00
SCOSTAMENTI TRA INDICE ISOLAMENTO REALE E CURVA ISO 717																
Delta=D-R [dB]																
SCOSTAMENTI C.S. CON SOLO SEGNO NEGATIVO																
(delta)<0 [dB]	0.00	0.00	-0.81	-2.00	-3.19	-4.31	-5.36	-4.54	-3.65	-2.69	-1.86	-1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
MASSIMO SCOSTAMENTO NEGATIVO	-5.36															
SCOSTAMENTO MEDIO SOLE DIFFERENZE <0	-29.42															
MIN(delta)<0 [dB]	-5.36															
delta medio [dB]	-29.42															
	max 32															

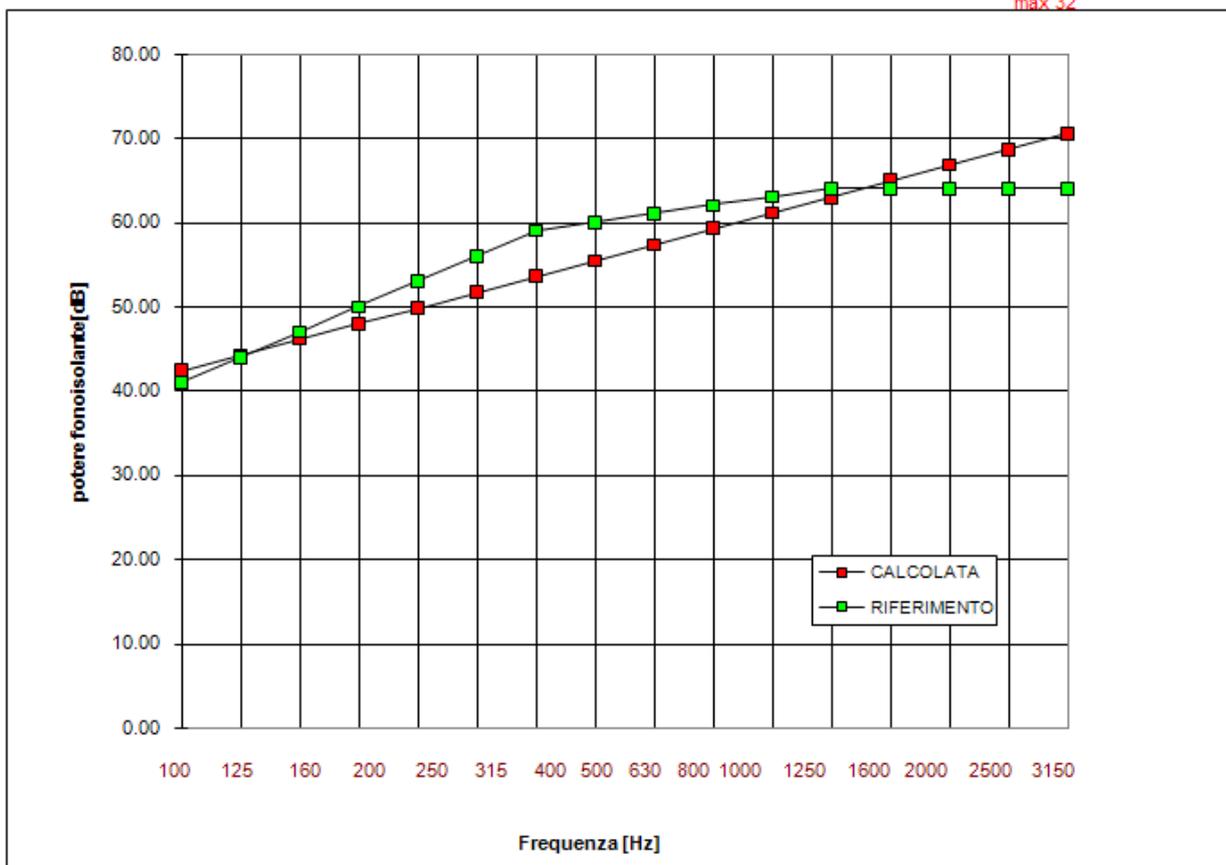


Fig. 17 Foglio di calcolo CLS 52 cm.

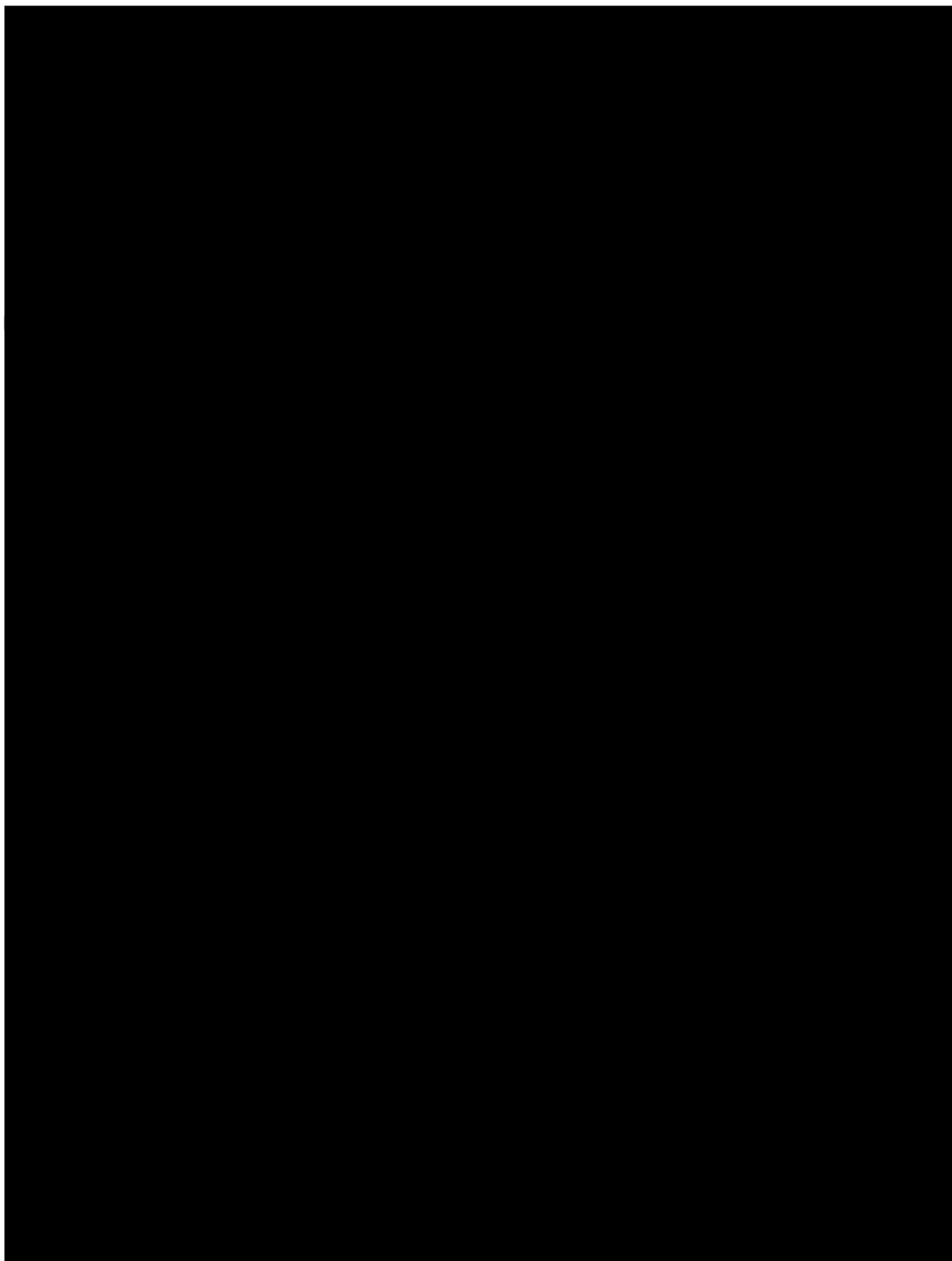


Fig. 18 Foglio di calcolo Gasbeton 20 cm.

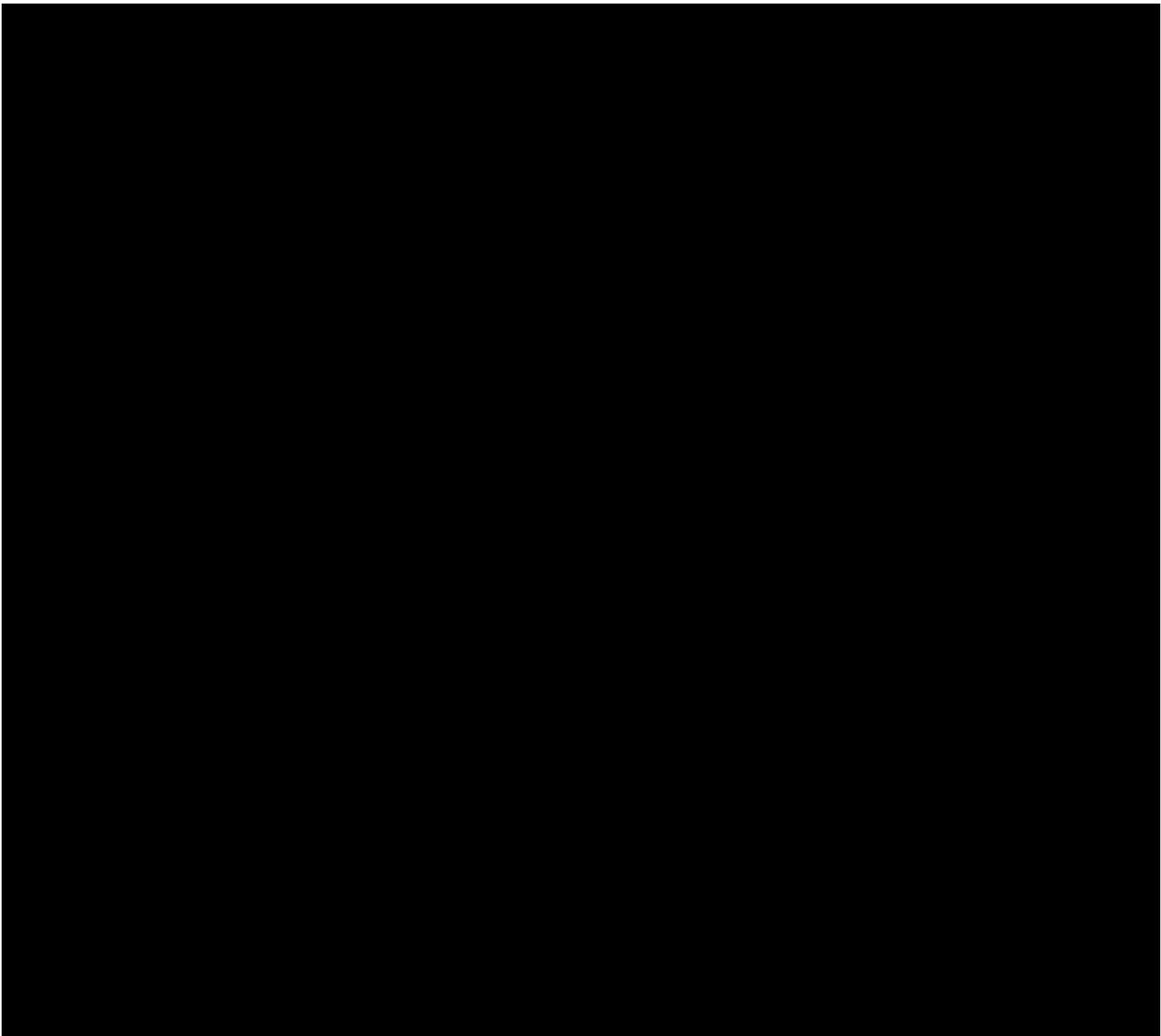
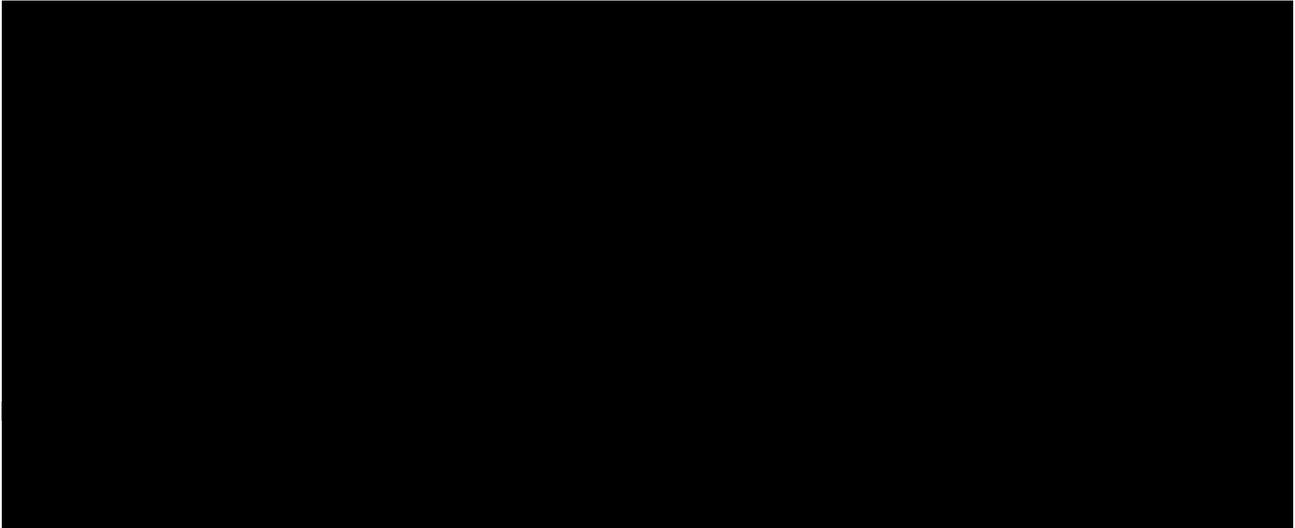


Fig. 19 Foglio di calcolo Mattoni pieni 15 cm.

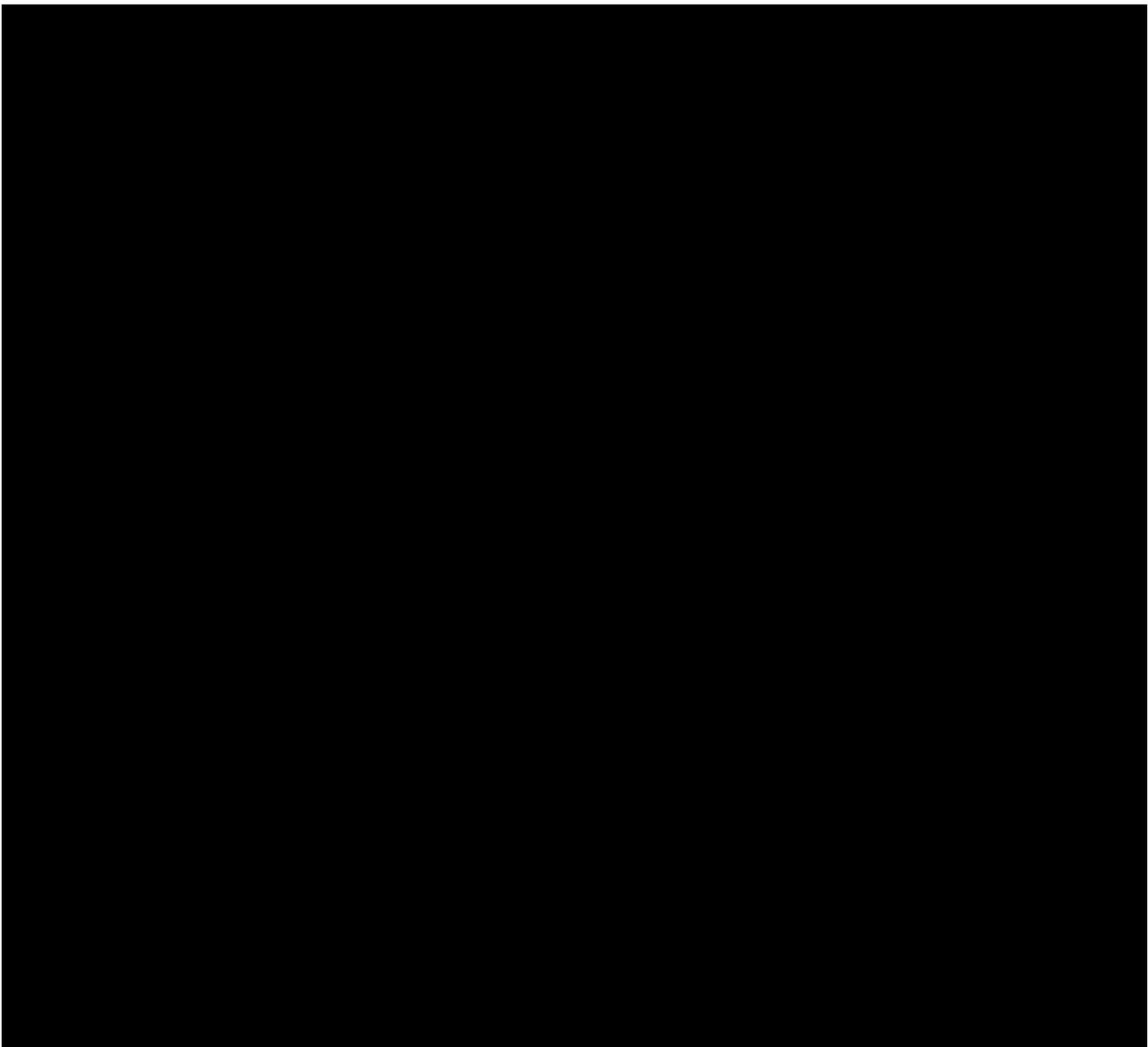
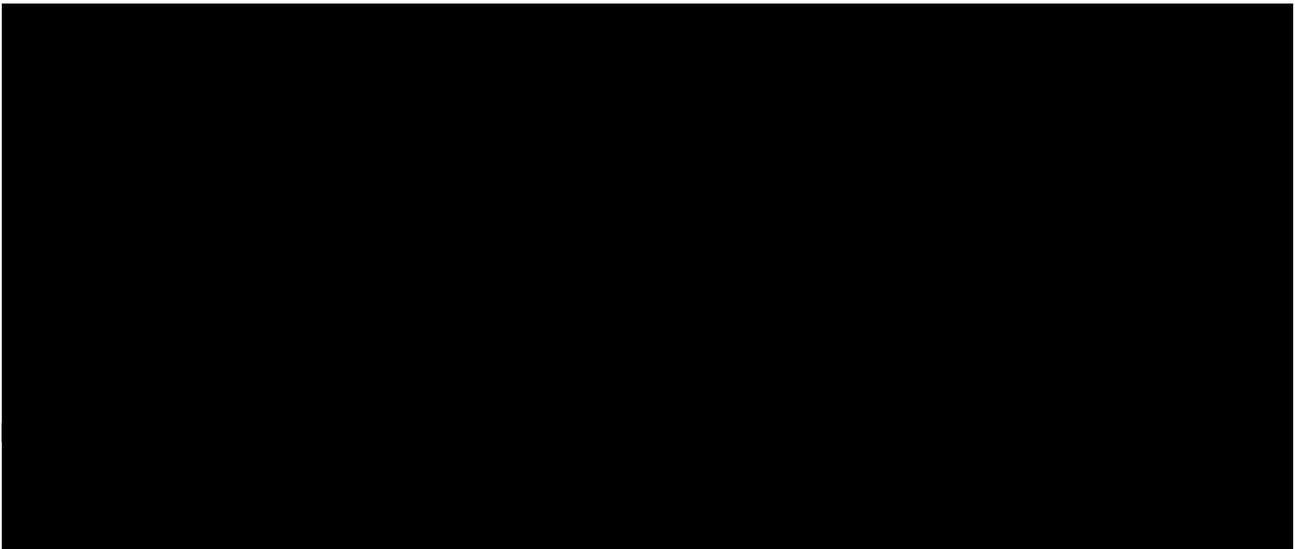


Fig. 20 Foglio di calcolo Mattoni pieni 28 cm.

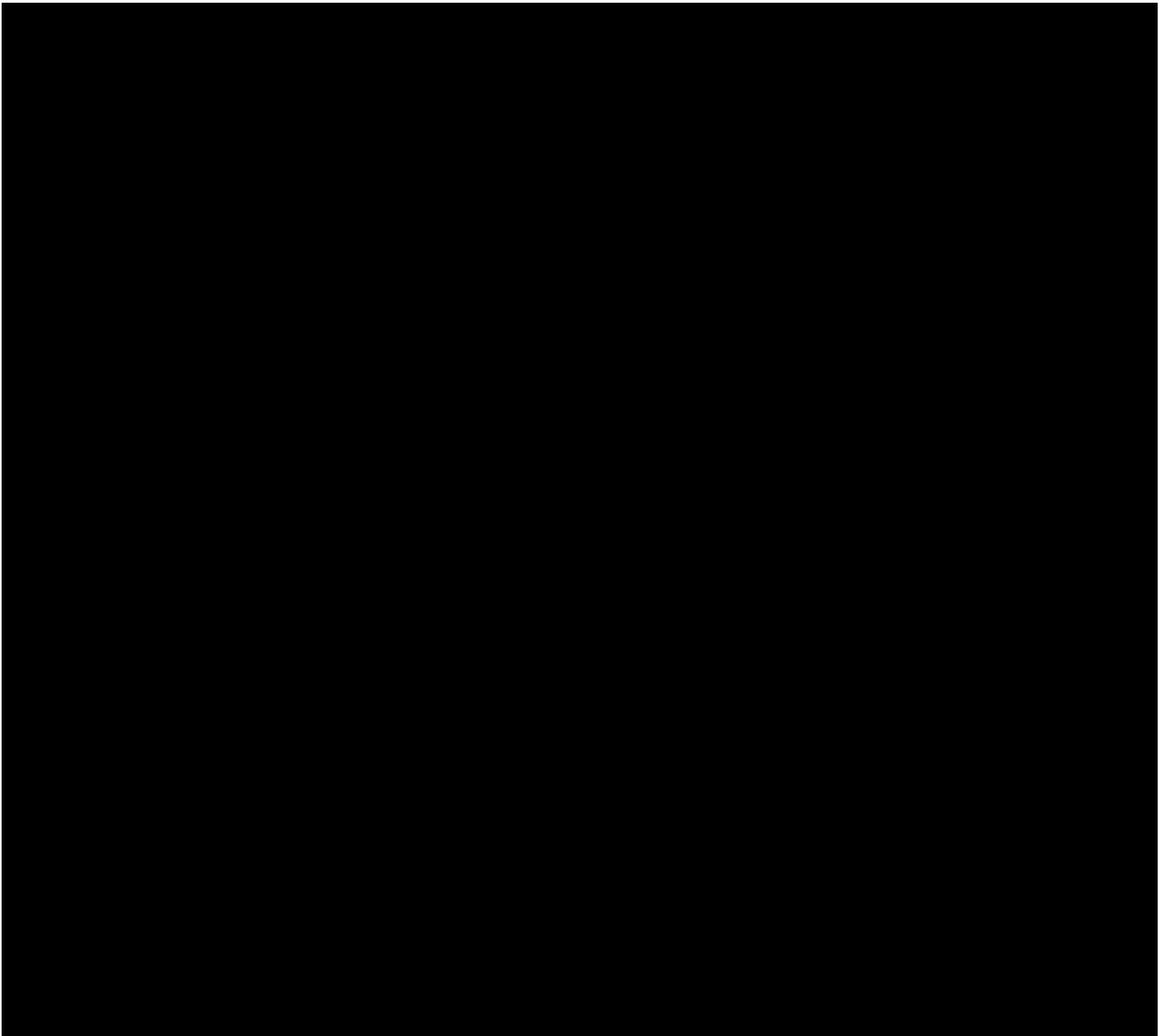


Fig. 21 Foglio di calcolo Mattoni pieni 30 cm.

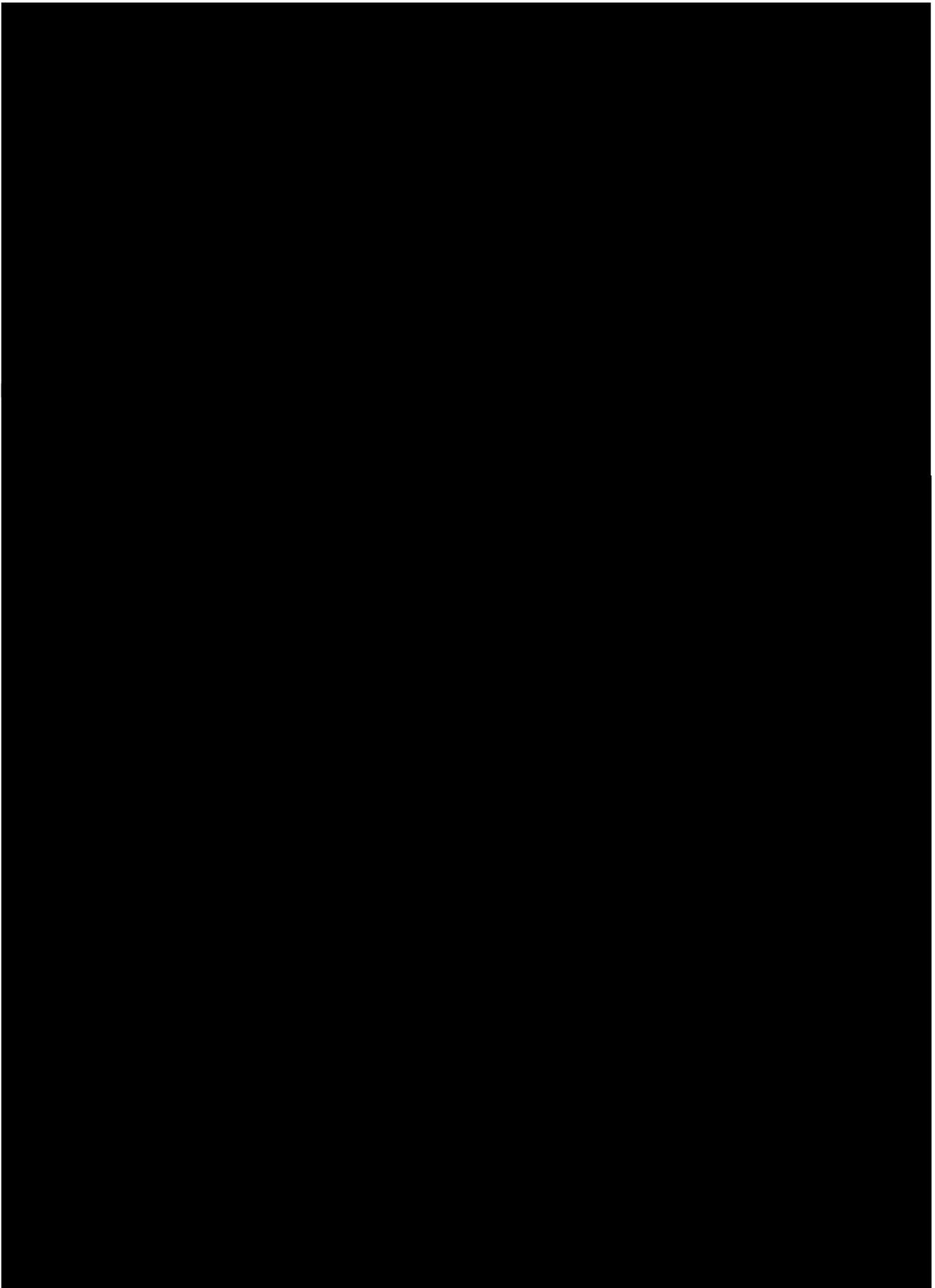


Fig. 22 Foglio di calcolo Mattoni pieni 37 cm.

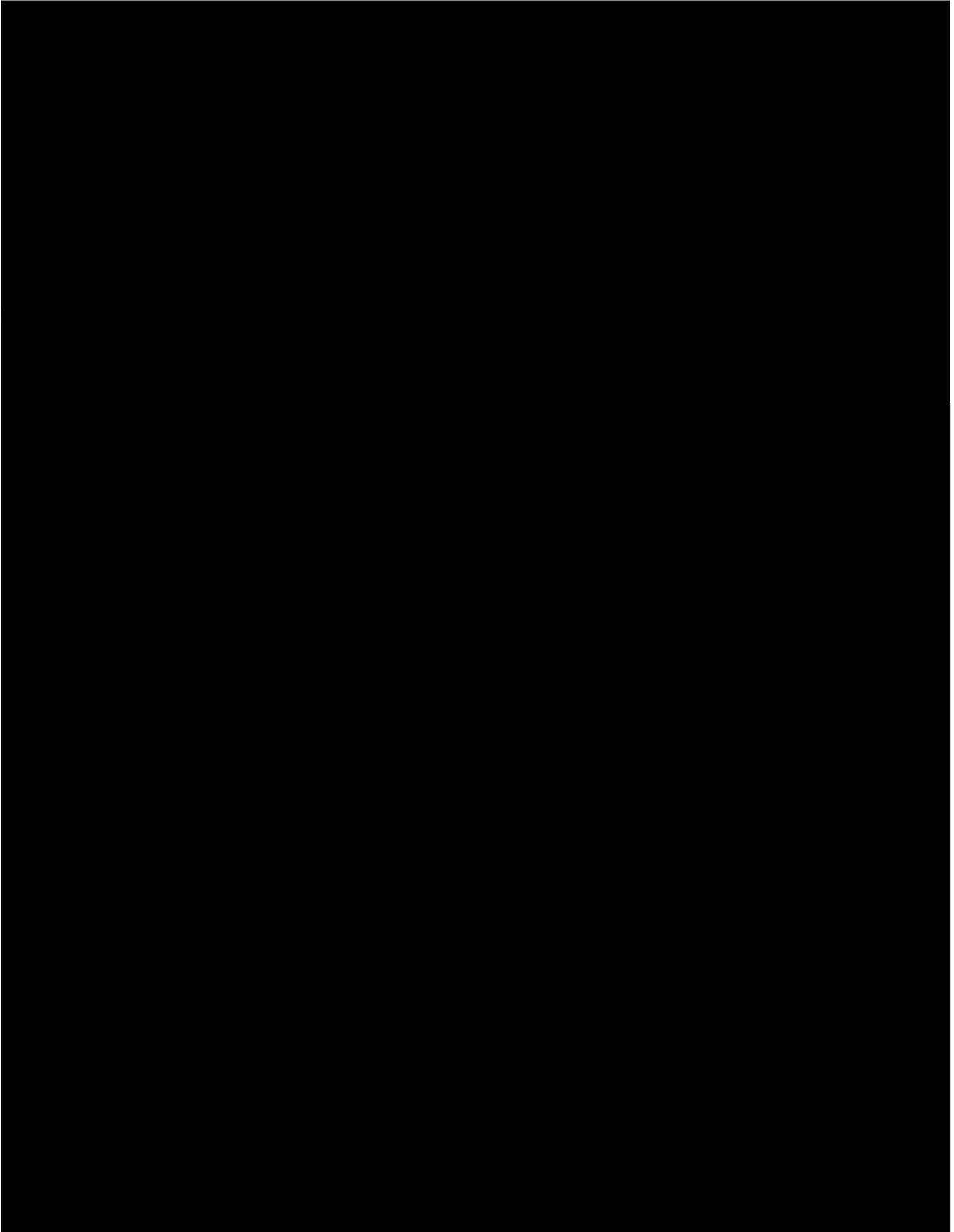


Fig. 23 Foglio di calcolo Mattoni pieni 38 cm.

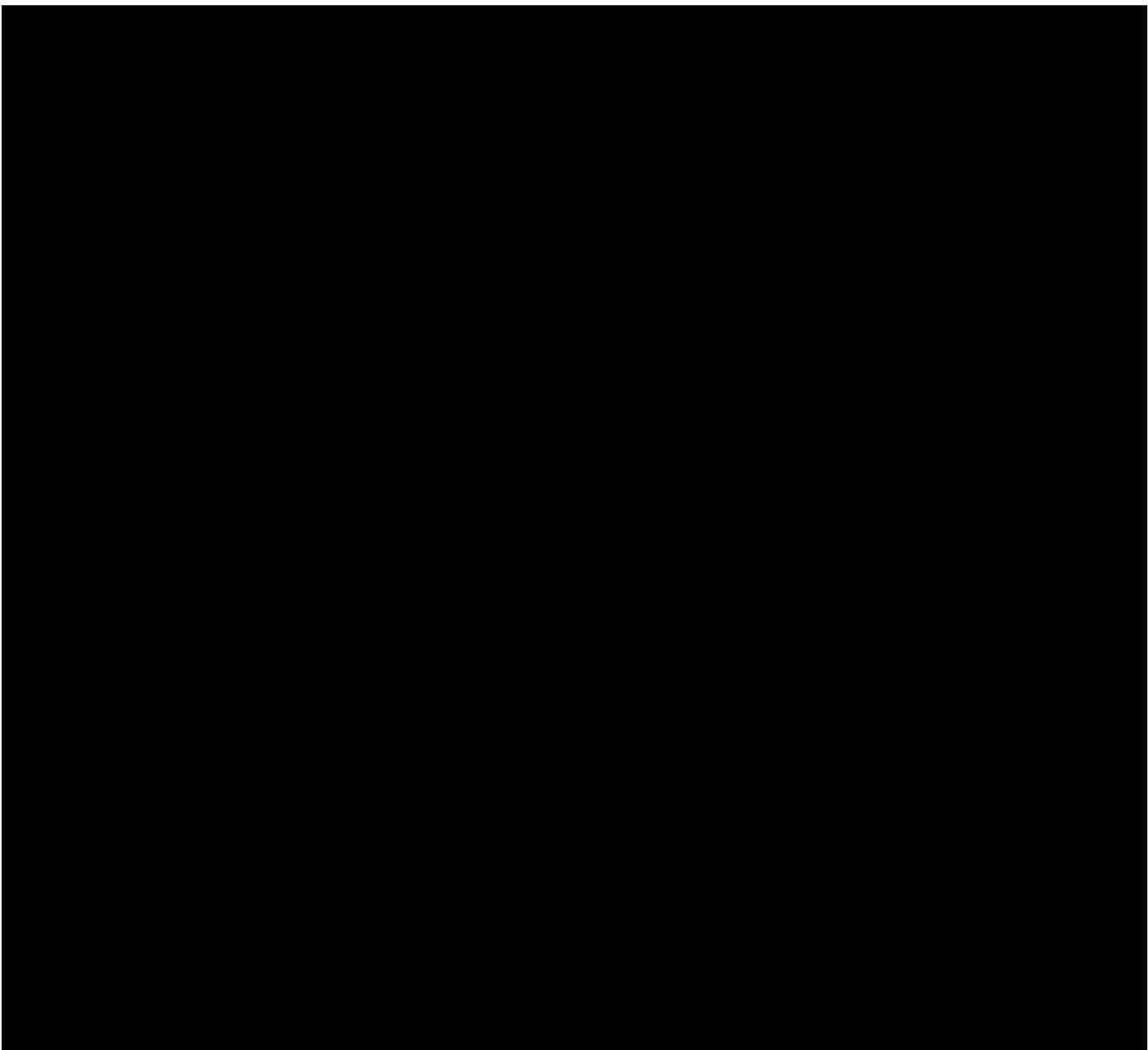
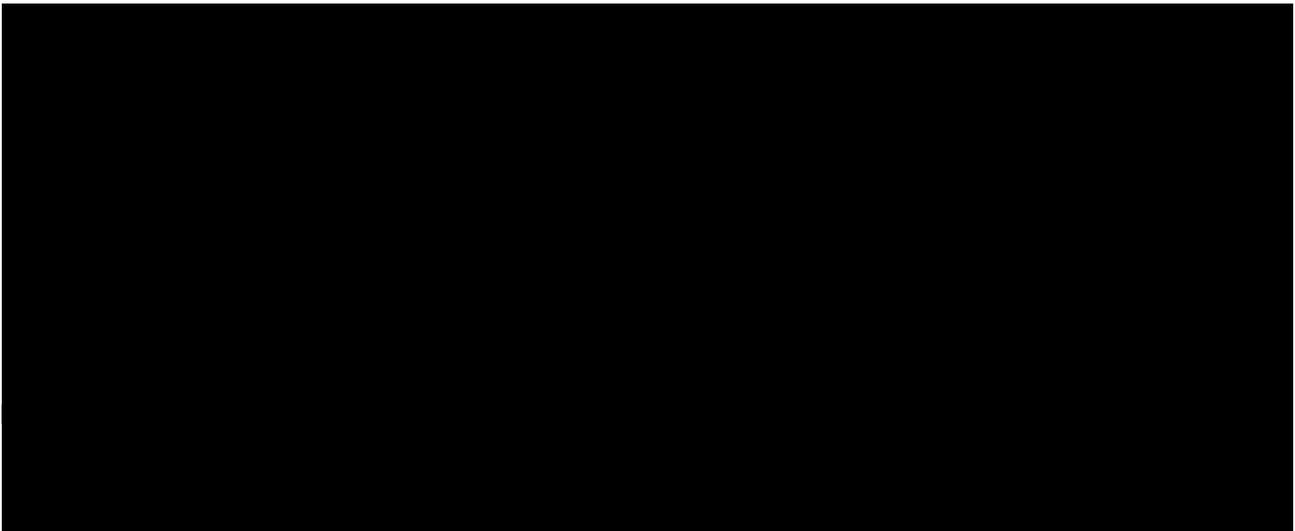


Fig. 24 Foglio di calcolo Mattoni pieni 45 cm.

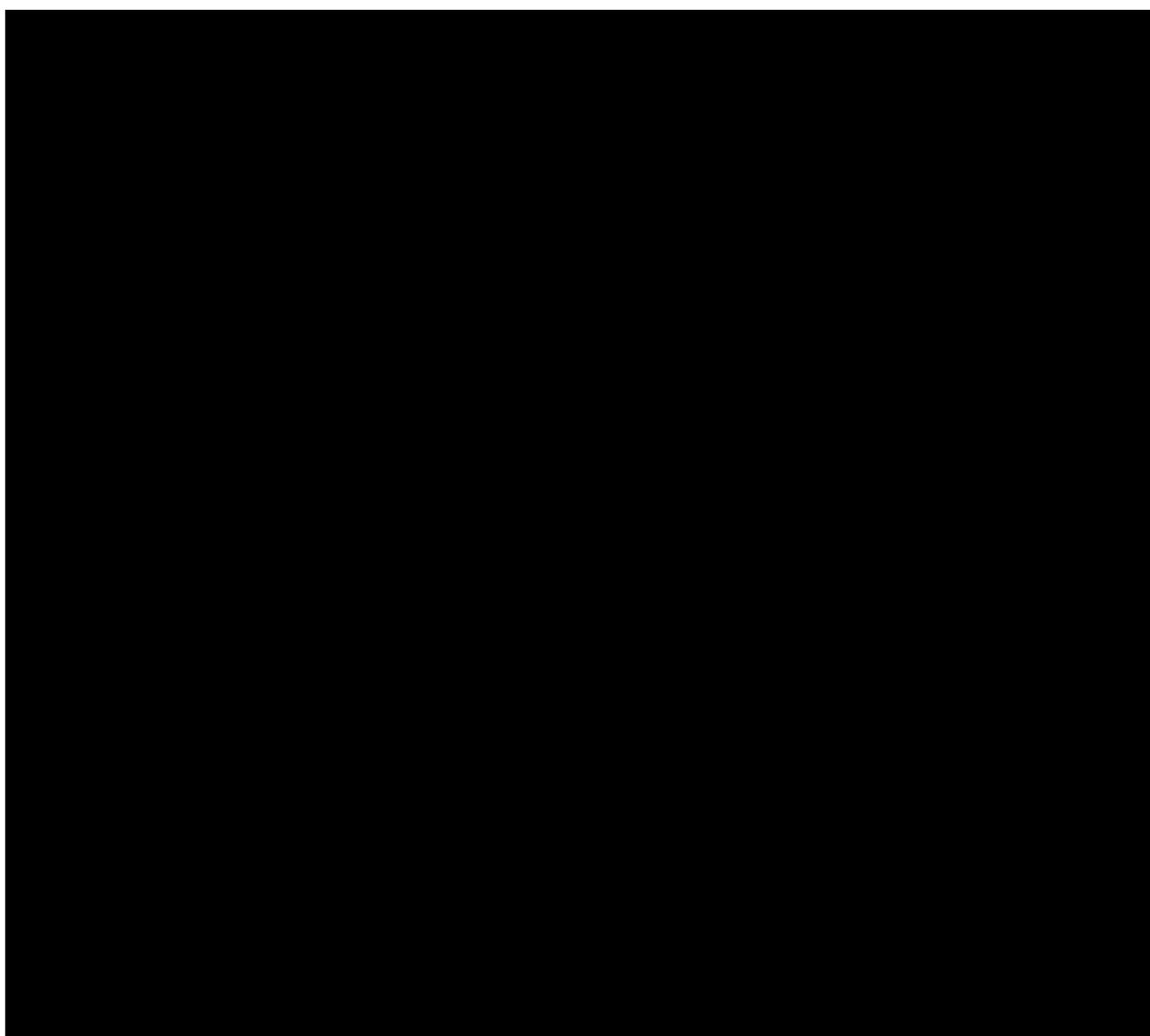
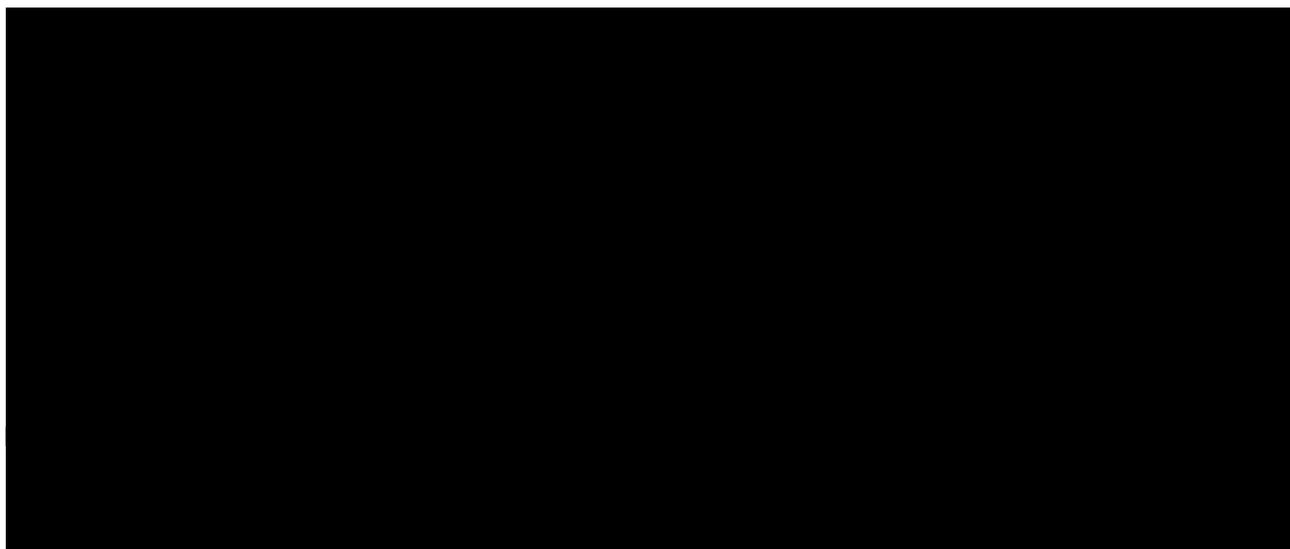


Fig. 25 Foglio di calcolo Mattoni pieni 47 cm.

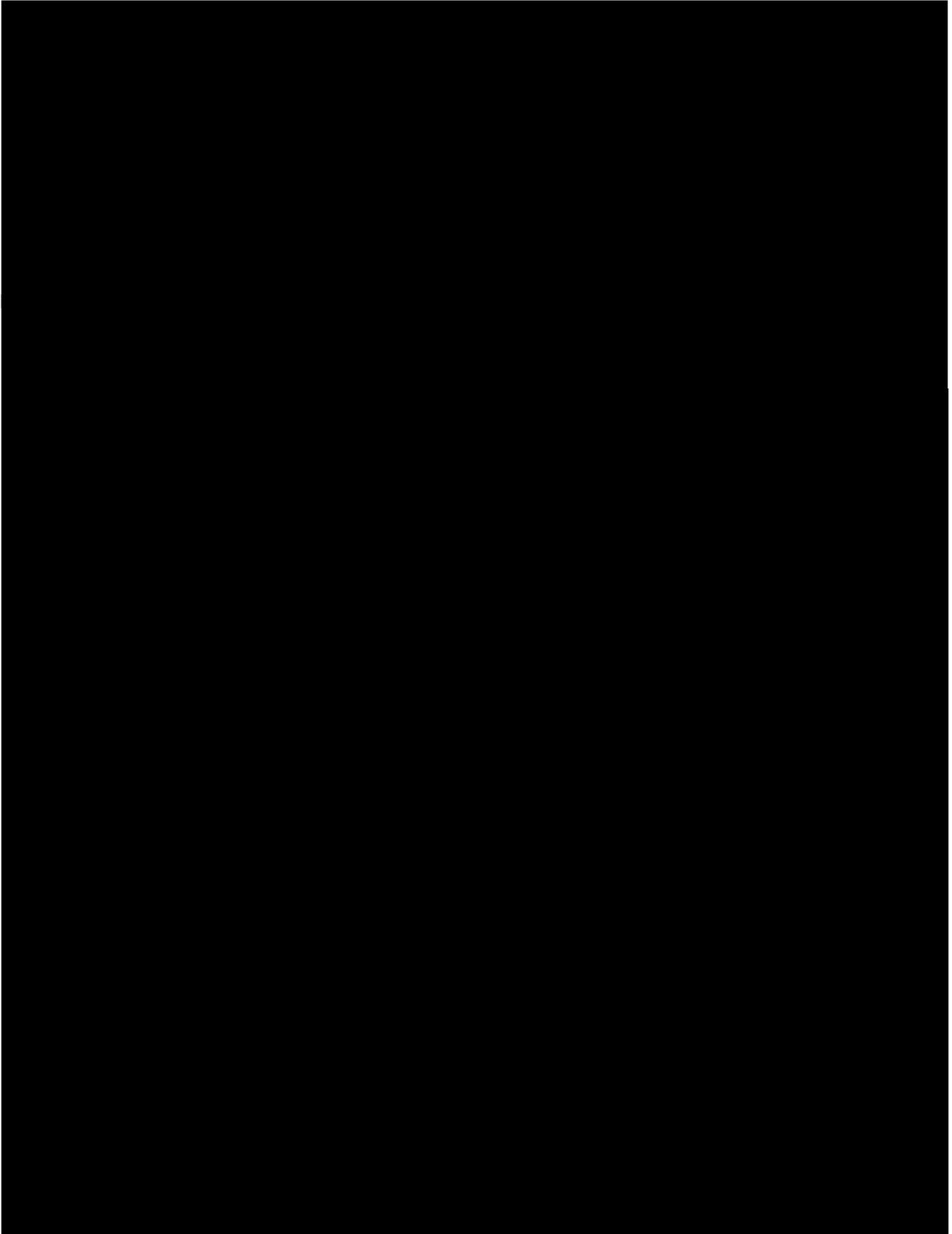


Fig. 26 Foglio di calcolo Mattoni pieni 50 cm.

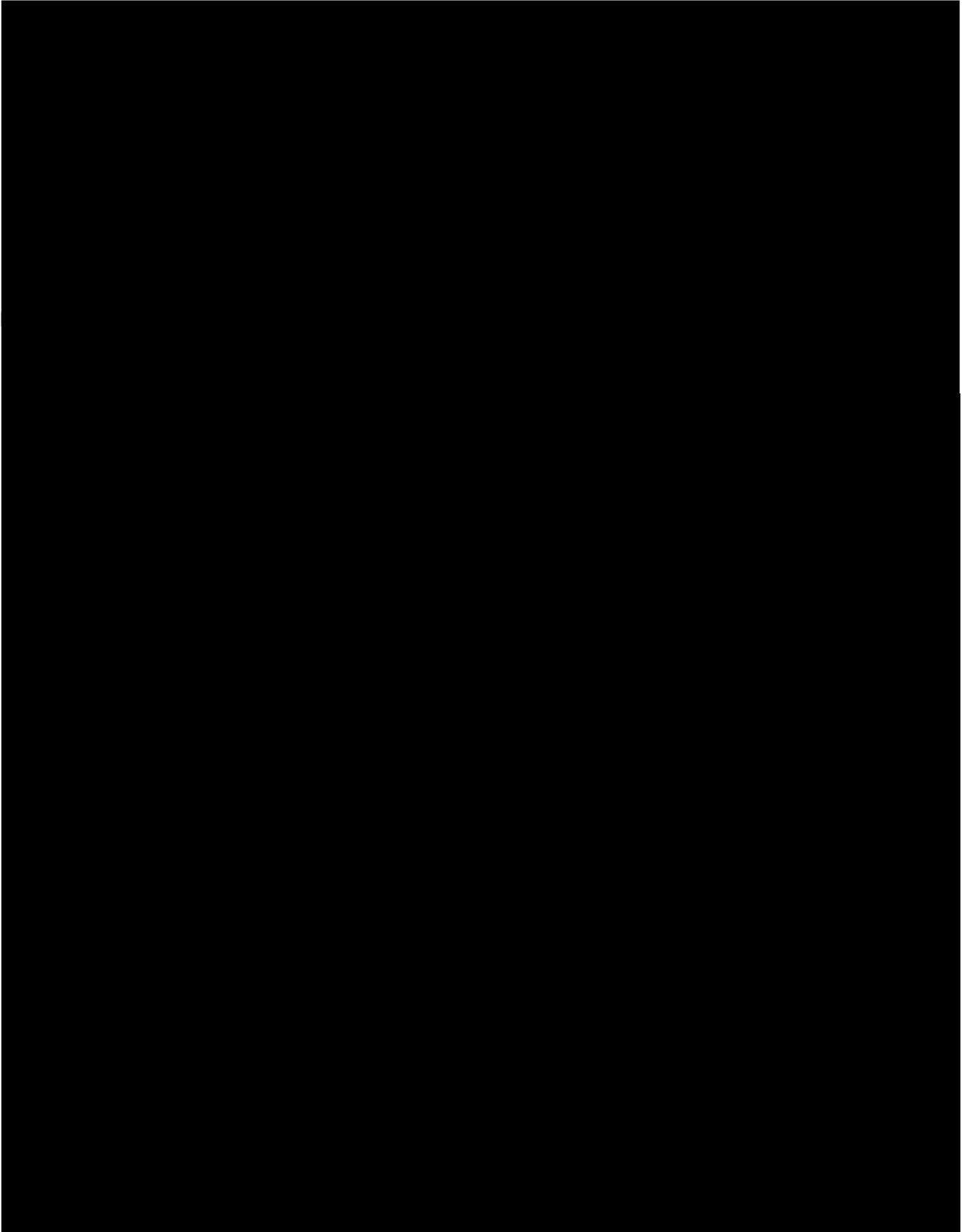


Fig. 26 Foglio di calcolo Mattoni pieni 55cm.

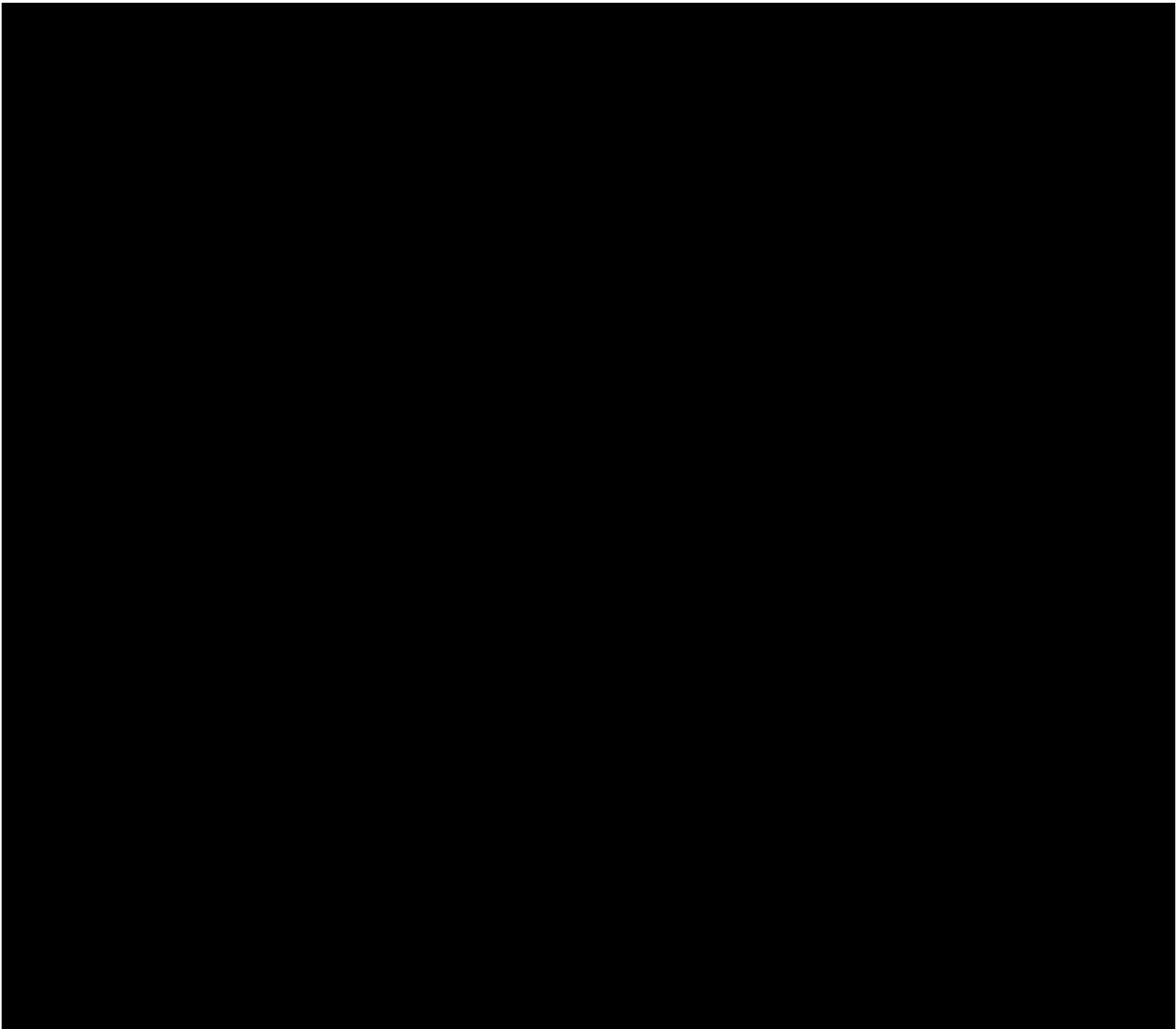


Fig. 27 Foglio di calcolo Mattoni pieni 85 cm.

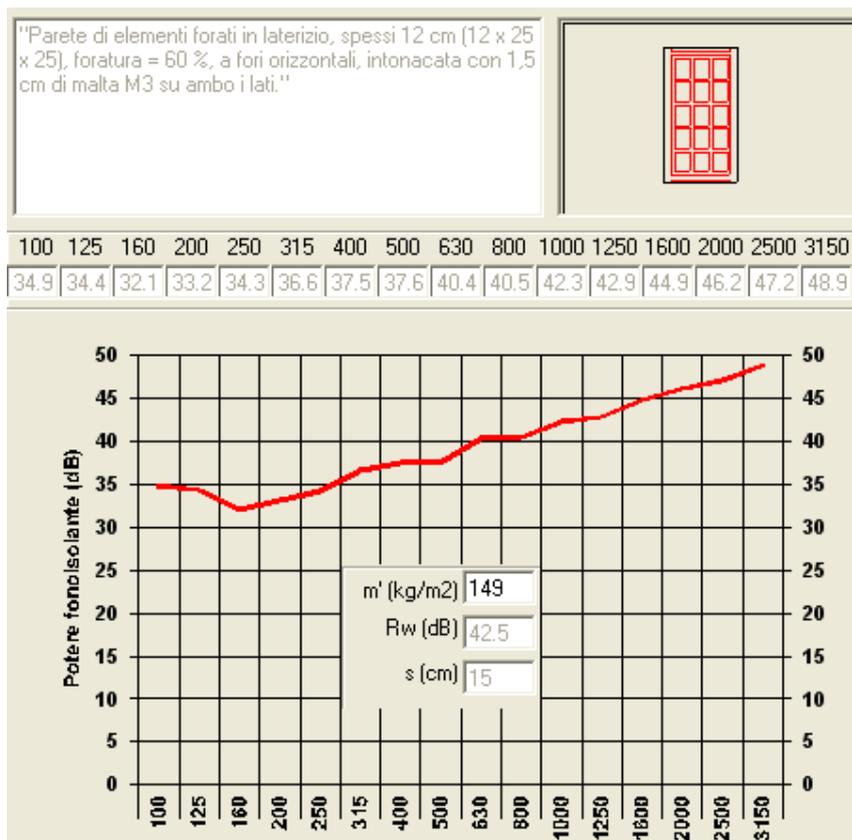


Fig. 28 Certificato di prova del potere fonoisolante di una parete in mattoni forati spessi tot cm. 15 (Data Base EDIL ISO).

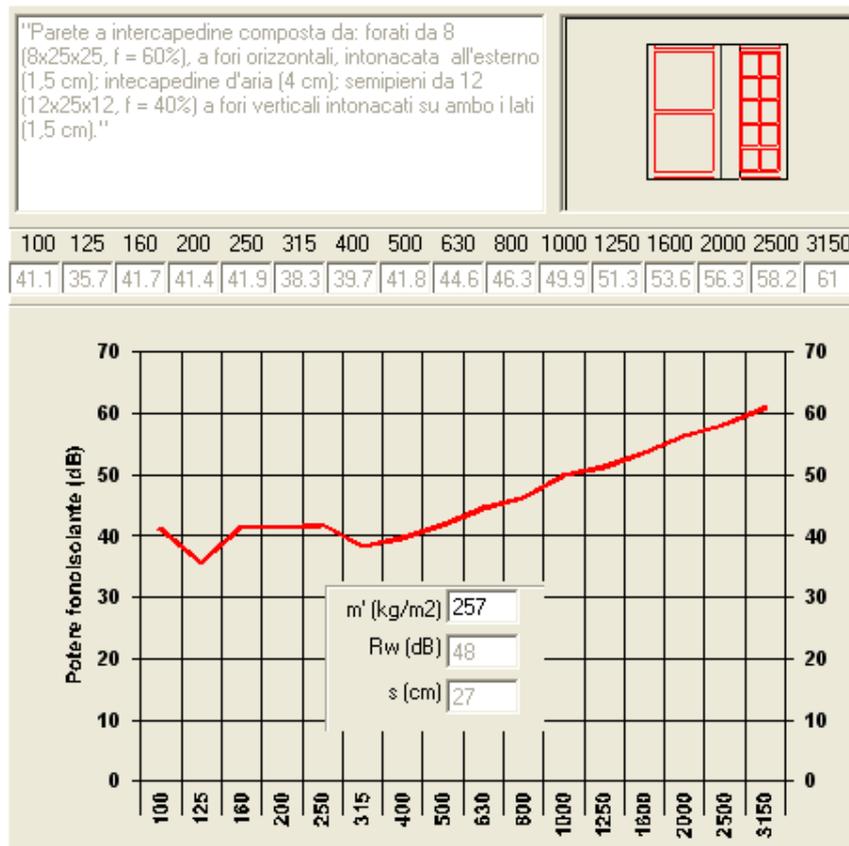


Fig. 29 Certificato di prova del potere fonoisolante di una parete a cassa vuota con un paramento in mattoni forati spessi. Cm.8 e un paramento in mattoni semipieni spessi. Cm 12. (Data Base EDIL ISO).

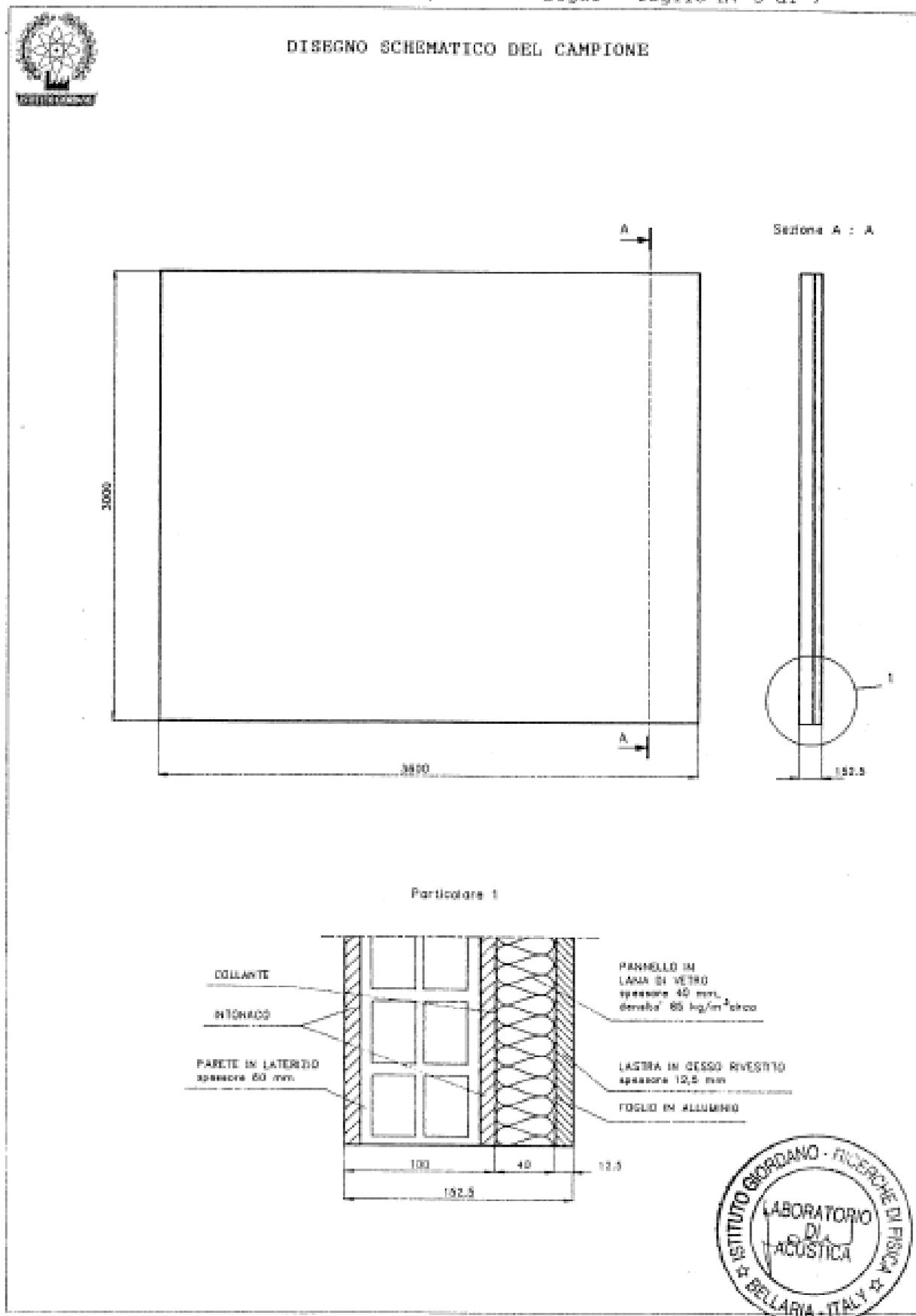
5. 1.2 Placcature in sistemi di pannelli in gesso

Le murature di tamponamento sono tutte completate con sistemi di contropareti costituiti da lastre in gesso spessore cm. 1.25 e da pannelli in lana minerale di diversi spessori. Tali sistemi di pareti leggere sono montate con intercapedine d'aria di diversi spessori o senza intercapedine d'aria. Non essendo disponibili in bibliografia I certificati di tutti le stratigrafie così ottenute, nei calcoli del presente studio, si sono assimilate le varie composizioni stratigrafiche a due tipologie di controparete (con e senza intercapedine di cui sono disponibili I certificati di prova da cui è possibile desumere il miglioramento indotto. Come già accennato in 5.1, si ritiene che tale assunzione sia di carattere conservativo, in quanto le intercapedini di maggiori dimensioni possono aumentare ulteriormente l'effetto di miglioramento. Tuttavia si raccomanda di procedere a test normalizzati di laboratorio per le stratigrafie dissimili da quelle assunte nei calcoli del presente studio, dato che il fenomeno fisico potrebbe avere effetti non ipotizzabili ed influire sui valori degli indici calcolati.

Nelle figure 30,31,32, si riportano I certificati di prova rispettivamente di:

- Parete in laterocemento, spess. Totale cm.10 con placcatura, senza intercapedine d'aria, costituita da lastra di gesso e materassino in lana minerale.
- Sola parete in laterocemento, spess totale cm. 10.
- Parete in laterocemento, spess. Totale cm.10 con placcatura, con intercapedine d'aria, costituita da lastra di gesso e materassino in lana minerale.

Da tali certificati sono desumibili I miglioramenti del potere fonoisolante relativi ai due sistemi di placcatura che sono stati implementati nei calcoli del presente studio.





Risultati della prova :

$V = 72,0 \text{ m}^3$

$S = 10,8 \text{ m}^2$

Posizioni microfoniche = 6

Frequenza (Hz)	L_1 (dB)	L_2 (dB)	T (s)	R (dB)	Curva di riferimento (dB)
100	92,0	57,9	1,60	35,8	34,5
125	95,0	54,8	1,27	40,8	37,5
160	91,1	48,6	1,37	43,5	40,5
200	93,1	51,6	1,43	42,7	43,5
250	92,3	51,8	1,36	41,5	46,5
315	92,7	49,1	1,24	44,2	49,5
400	95,0	48,1	1,25	47,5	52,5
500	95,7	44,2	1,38	52,5	53,5
630	94,3	42,0	1,27	53,0	54,5
800	94,2	39,0	1,38	56,2	55,5
1000	96,4	40,4	1,43	57,2	56,5
1250	96,9	40,5	1,49	57,7	57,5
1600	96,3	41,3	1,36	56,0	57,5
2000	95,7	39,4	1,39	57,4	57,5
2500	95,5	42,1	1,24	54,0	57,5
3150	95,3	42,1	1,30	53,7	57,5

Il valore misurato non è influenzato dalla trasmissione laterale.



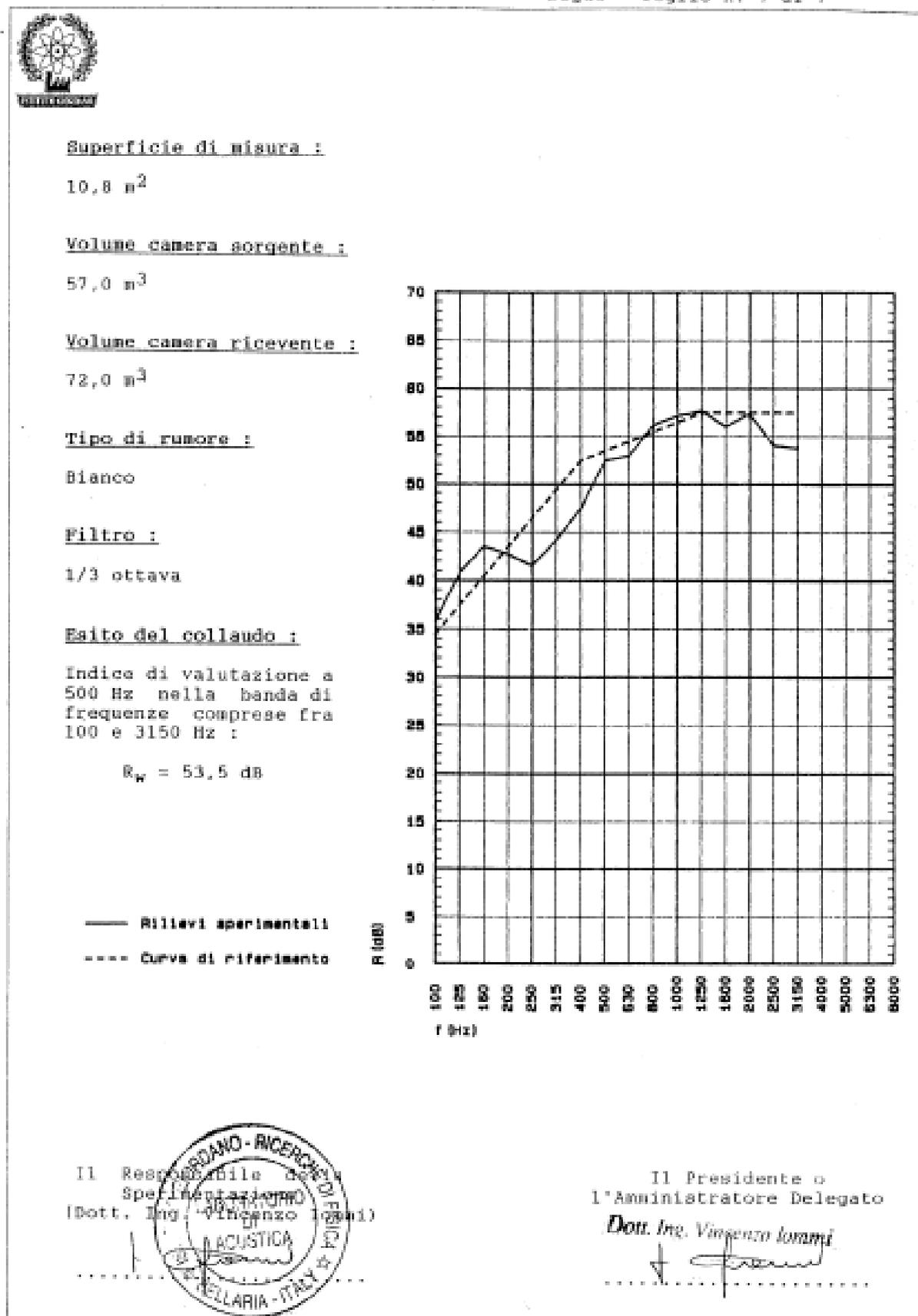


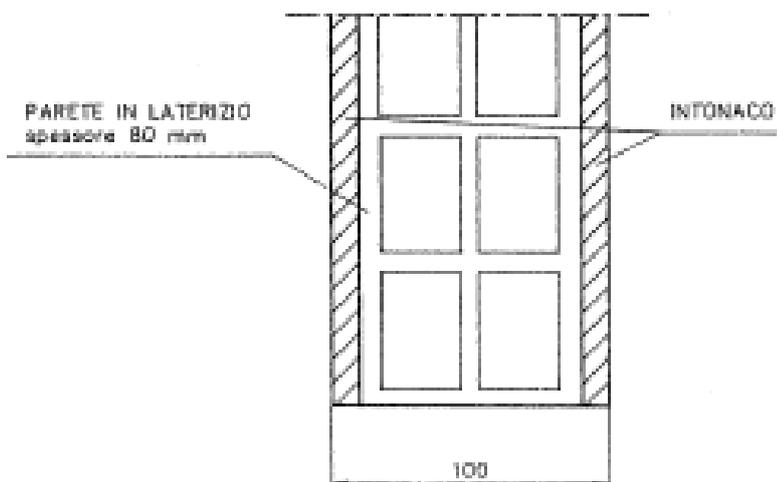
Fig. 30 Certificato di prova del potere fonoisolante di una parete in laterocemento spessore totale cm. 10 tratta con placcatura in gesso e lana minerale senza intercapedine d'aria.



VERIFICA DEL CONTRIBUTO FORNITO DALL'ELEMENTO "CALIBEL 170 TS"
ALLA STRUTTURA COMPOSITA
NEI CONFRONTI DEL POTERE FONOIOLANTE "R"

Per verificare il contributo fornito dall'elemento controparete "CALIBEL 170 TS" alla struttura composita nei confronti del potere fonoisolante "R", è stata effettuata una seconda prova, identica per modalità a quella descritta nel certificato di prova, sulla sola parete nuda (laterizio intonacato per uno spessore complessivo di circa 100 mm), la cui sezione è riportata schematicamente di seguito.

Nei fogli n. 2 e n. 3 di questo allegato sono riportati, sotto forma di tabella e di grafico, i risultati ottenuti da questa prova.



Sezione della parete sottoposta a prova





Risultati della prova i

$V = 72,0 \text{ m}^3$

$S = 10,8 \text{ m}^2$

Posizioni microfoniche = 6

Frequenza (Hz)	L ₁ (dB)	L ₂ (dB)	T (s)	R (dB)	Curva di riferimento (dB)
100	89,9	59,7	1,72	32,2	19,5
125	92,2	54,8	1,58	39,0	22,5
160	88,8	54,4	1,62	36,1	25,5
200	91,1	60,3	1,35	31,8	28,5
250	90,1	61,6	1,38	29,5	31,5
315	90,4	61,0	1,27	30,0	34,5
400	92,0	62,6	1,42	30,6	37,5
500	92,6	59,9	1,26	33,4	38,5
630	91,5	58,6	1,50	34,3	39,5
800	92,3	56,9	1,64	37,2	40,5
1000	93,2	56,1	1,55	38,6	41,5
1250	94,1	54,2	1,57	41,5	42,5
1600	94,0	51,4	1,56	44,2	42,5
2000	93,4	47,2	1,45	47,5	42,5
2500	93,0	45,3	1,30	48,5	42,5
3150	93,3	42,8	1,23	51,1	42,5

Il valore misurato non è influenzato dalla trasmissione laterale.



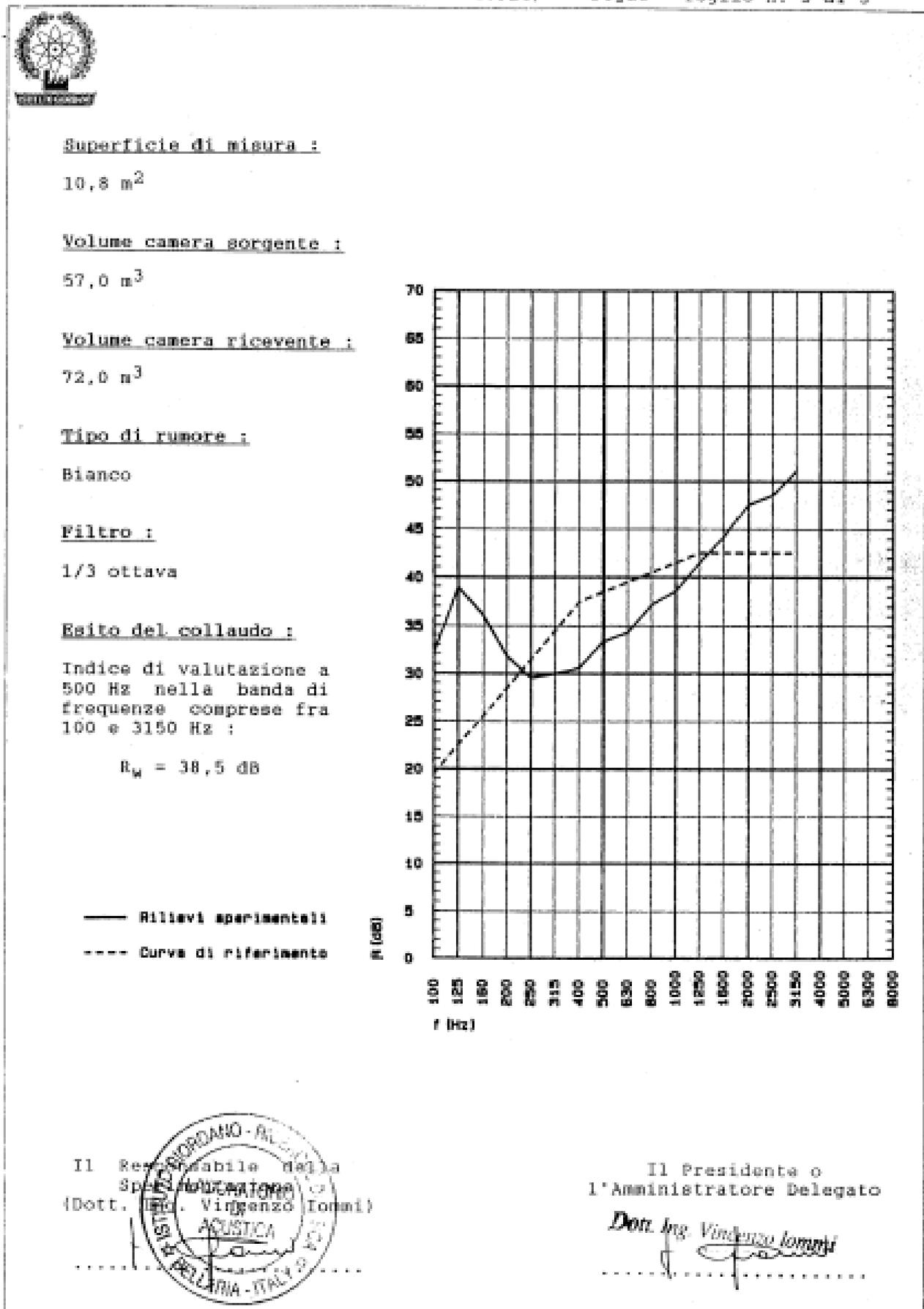


Fig. 31 Certificato di prova del potere fonoisolante di una parete in laterocemento spessore totale cm.

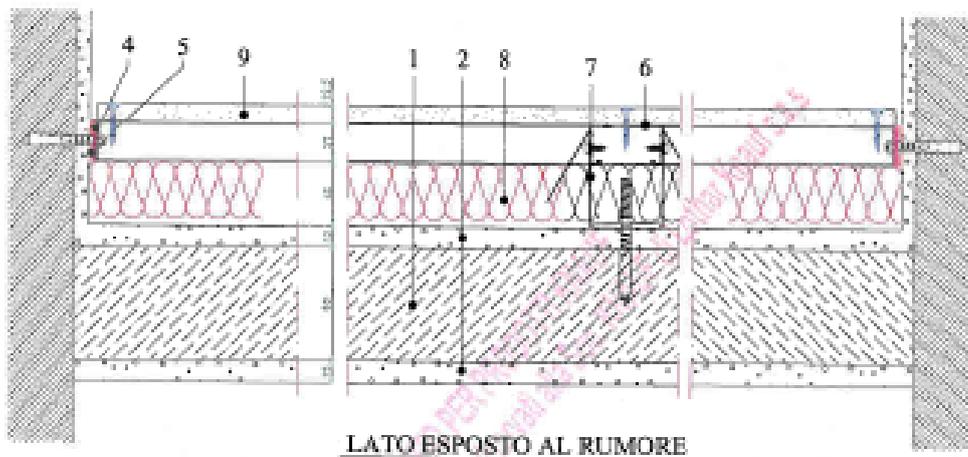
(Rapporto di prova n. 208452 del 08/03/2006)

segue - foglio n. 3 di 9



- rivestimento realizzato con uno strato di lastre in gesso rivestito "Knauf A (GKB)", spessore 12,5 mm, fissate alla struttura metallica portante con viti autoperforanti fosfatate poste ad interasse di 250 mm;
- stuccatura delle teste delle viti e dei giunti tra le lastre, armata con nastro in rete, eseguita con stucco a base di gesso "Knauf Fugenfüller".

SEZIONE ORIZZONTALE DEL CAMPIONE



Legenda

Simbolo	Descrizione
1	Muratura, spessore 80 mm, realizzata con blocchi forati in laterizio pesati con asse dei fori orizzontale e legati con giunti orizzontali e verticali continui in malta cementizia
2	Strato d'intonaco tradizionale a base di malta cementizia, spessore nominale 15 mm
3	Guido orizzontale "Knauf" in acciaio zincato a forma di "U", sezione 30 x 27 mm e spessore 0,6 mm
4	Sigillante "Knauf Trennwandkitt"
5	Nastro di guarnizione isolante
6	Mortante "Knauf" in acciaio zincato a forma di "C", sezione 50 x 27 mm e spessore 0,6 mm
7	Distanziatore universale "Knauf"
8	Lana minerale, spessore 40 mm e densità 40 kg/m ³
9	Lastre in gesso rivestito "Knauf A (GKB)", spessore 12,5 mm



48

(Rapporto di prova n. 208452 del 08/03/2006)

segue - foglio n. 8 di 9



Risultati della prova.

Volume della camera ricevente "V"	88,0 m ³
Superficie utile di misura del campione in prova "S"	10,80 m ²
Posizioni microfoniche	Asta rotante con percorso circolare, raggio 1 m
Generazione del campo sonoro	Altoparlante mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m x 2 (andata e ritorno)

Frequenza [Hz]	L ₁ [dB]	L ₁ ' [dB]	T [s]	R [dB]	Curva di riferimento [dB]
100	100,4	66,9	1,35	33,7	37,0
125	97,8	63,7	1,08	33,3	40,0
160	99,7	63,0	1,25	36,5	43,0
200	100,3	58,4	1,28	41,8	46,0
250	98,6	51,6	1,26	46,9	49,0
315	98,9	49,2	1,23	49,4	52,0
400	98,3	41,0	1,10	56,6	55,0
500	97,6	36,7	1,18	60,5	56,0
630	98,1	34,2	1,29	63,9	57,0
800	100,3	33,4	1,30	66,9	58,0
1000	99,4	30,8	1,29	68,6	59,0
1250	98,7	30,4	1,28	68,2	60,0
1600	97,7	31,0	1,30	66,7	60,0
2000	98,2	35,1	1,32	63,2	60,0
2500	100,1	41,8	1,29	58,3	60,0
3150	102,0	44,5	1,25	57,3	60,0
4000	100,0	39,9	1,18	59,7	//
5000	96,1	33,2	1,05	62,0	//

(*) Valori non influenzati dalla trasmissione laterale e dal rimbombi di fondo.



46

(Rapporto di prova n. 208452 del 08/03/2006)

segue - foglio n. 9 di 9



Superficie utile di misura del campione:

10,80 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

88,0 m³

Tipo di rumore:

Rosa

Tipo di filtro:

1/3 d'ottava

Esito della prova:

Indice di valutazione a 500 Hz
nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

$R_w = 56 \text{ dB}^*$

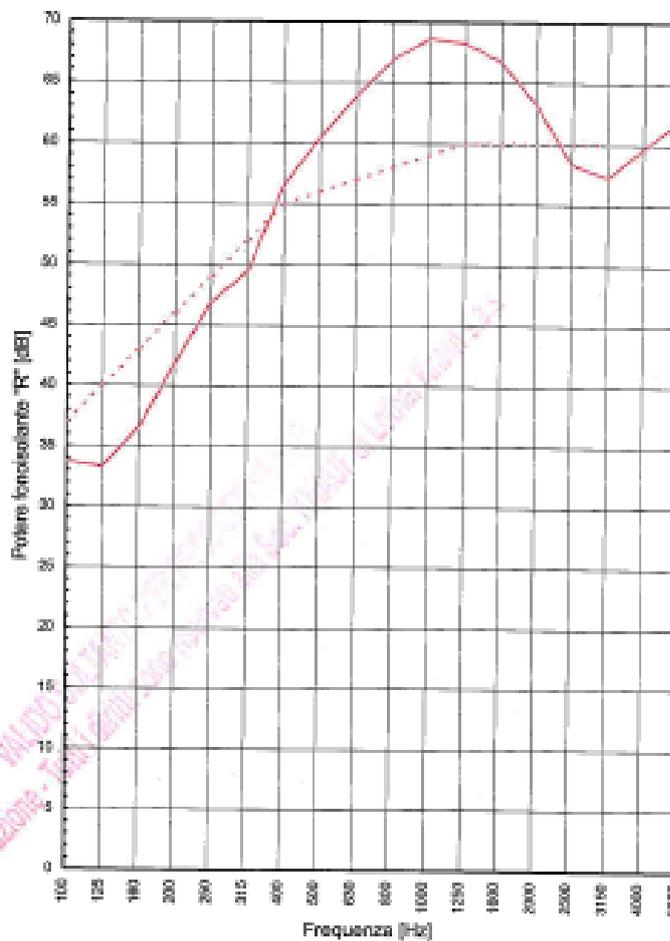
Termini di correzione:

$C = -3 \text{ dB}$

$C_T = -8 \text{ dB}$

(*) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB.

56,3 dB



— Rilevi sperimentali
- - - Curva di riferimento

Il Responsabile Tecnico di Prova (Dott. Andrea Bruschi) *Andrea Bruschi*

Il Responsabile del Laboratorio di Acustica e Vibrazioni (Dott. Andrea Bruschi) *Andrea Bruschi*

Il Presidente o l'Amministratore Delegato (Dott. Ing. Vincenzo Iannini) *Vincenzo Iannini*

LABORATORIO DI ACUSTICA

Fig. 31 Certificato di prova del potere fonoisolante di una parete in laterocemento spessore totale cm. 10 tratta con placcatura in gesso e lana minerale con intercapedine d'aria.

5. 1.3 Bocchette di aereazione

Nei calcoli del presente studio non sono state inserite bocchette di aereazione in quanto non previste a progetto, nel caso se ne dovesse fare uso si raccomanda di fare uso di bocchette di aerazione, caratterizzate da $D_{n,e,w} = 56$ dB. Ad esempio del tipo ZITTO con montaggio a parete prodotte da Polymaxitalia o equivalenti. A maggior garanzia del risultato si consiglia di procedere alla riverifica dei calcoli.

DIVISIONE: **Costruzioni**
DIVISION: **Costruzioni**

LABORATORIO: **Fisica Tecnica/Acustica**
LABORATORY: **Fisica Tecnica/Acustica**

RAPPORTO DI PROVA (Test Report)	Pag. 1 di/of
	pag. 5
N° 0121-A/DC/ACU/08	Date: 24/10/2008 Date:

IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE:
SPECIMEN DESCRIPTION:

Silenziatore ad incasso ZITTO

Silenziatore ad incasso per isolare i fori di ventilazione attraverso le facciate degli edifici

DATI IDENTIFICATIVI DEL CLIENTE:
CLIENT:

Polymaxitalia S.a.s.
Via MEstre, 4 - Z.I.
I-31033 Castelfranco Veneto (TV)

NORMA DI RIFERIMENTO:
REFERENCE STANDARD:

UNI EN 20140-10 :1993 – UNI EN ISO 717-1 :2007

DISTRIBUZIONE ESTERNA:
OUTSIDE DISTRIBUTION:

Cliente

DISTRIBUZIONE INTERNA:
INSIDE DISTRIBUTION:

Laboratorio

ENTE DI ACCREDITAMENTO:
ACCREDITATION BODY:

Mod. 1711 - Rev. 6

GRUPPO
IMQ

CSI S.p.A.
Sede Legale - Uffici - Laboratori:
V.le Lombardia, 20 - 20021 BOLLATE (MI)
Tel. 023833011 - Fax 023503940
www.csi-spa.com

R.E.A. 1466310
Registro Imprese 352168/8620/18
C.F./P.I.: 11360160151 IT
Cap. Soc. € 1.040.000

	RAPPORTO DI PROVA <i>(Test Report)</i>	Pag. 4
		di/of
		pag. 5
	N° 0121-A/DC/ACU/08	Data: 24/10/2008
		Date:

COSTITUZIONE DELL'ELEMENTO IN PROVA

Silenziatore ad incasso ZITTO

Silenziatore ad incasso per isolare i fori di ventilazione delle facciate, costituito da un corpo rettangolare di materiale plastico autoestinguente, con inserita una trappola acustica formata da fibre di poliestere Polywall ad alta densità.

Dimensioni dell'oggetto (LxHxP) pari a 715 x 250 x 170 mm.

Diametro nominale passaggio aria: 125 mm



Condizioni di montaggio

L'oggetto in prova è stato installato in una muratura a elevato isolamento acustico realizzata in laterizio.

Prospetto Allegati

N° Allegato	Descrizione	N° pagine
1	Disegni tecnici	2

	RAPPORTO DI PROVA (Test Report)	Pag. 5
	N° 0121-A/DC/ACU/08	di/of 5 pag. 5
		Data: 24/10/2008 Date:

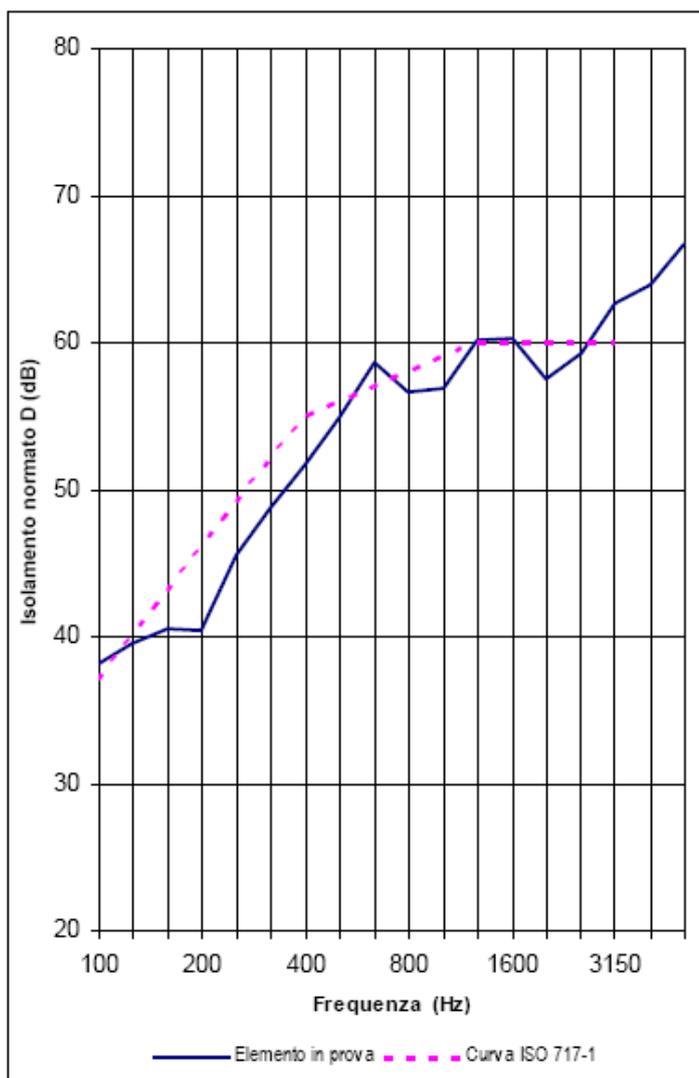
RISULTATI SPERIMENTALI

Elemento in prova: **Silenziatore ad incasso ZITTO**

Area del campione $A_0 = 10\text{m}^2$
 Numero di provini $N = 3$
 Volume della camera ricevente $V = 69,6\text{m}^3$
 Volume della camera emittente 86m^3

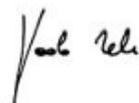
FREQ. Hz	D dB
100	38,1
125	39,5
160	40,5
200	40,4
250	45,5
315	48,7
400	51,7
500	54,9
630	58,6
800	56,6
1000	56,9
1250	60,1
1600	60,2
2000	57,5
2500	59,3
3150	62,7
4000	63,9
5000	66,7

$D_{n,e,w} (C; C_{tr}) = 56 (-2 ; -6) \text{ dB}$



IL RESP. Divisione Costruzioni
Division Head

Davide Mele



IL RESP. DEL CENTRO
Managing Director

Pasqualino Cau

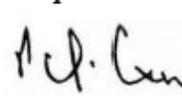


Fig. 32 Certificato di prova fornito dalla casa costruttrice delle bocchette di ventilazione, a muro, utilizzabili nel presente studio, tipo Zitto $D_{n,e,w} = 56 \text{ dB}$.

5.1.4 Finestre e porte

Le porzioni di facciata esaminate sono caratterizzate da finestrate con estensioni superficiali diverse, tuttavia, i campioni di riferimento, considerati nei calcoli del presente studio, hanno una unica dimensione ciascuno. Le tipologie previste hanno una geometria complessa che replica il manufatto originale. Tale manufatto consiste in una parete vetrata con lunetta superiore nella quale è collocata una finestra a due battenti come rappresentato in Fig. 33. Si raccomanda che tali serramenti e le porte siano certificati con un indice di potere fonoisolante R_w uguale o superiore a 43 dB.



Fig. 33 Serramenti prevalentemente impiegati nel presente studio.

I serramenti inseriti nei calcoli della presente relazione hanno una certificazione con un'indice di potere fonoisolante R_w uguale a 43 dB come precedentemente raccomandato e sono denominati: METRA NC 65 STH (anteBattenti). Descritti nel certificato N. 186241 del 03/08/2004 rilasciati da Istituto Giordano.

La certificazione resa disponibile dal produttore ed assunta per i calcoli della presente relazione riguarda una specifica estensione superficiale del serramento. Tale incompleta disponibilità di dati ha comportato il fatto che tutti i serramenti, caratterizzati da estensioni superficiali differenti, siano stati assimilati al campione certificato. Per questo motivo si rende indispensabile, prima di procedere alla costruzione, la verifica e certificazione del funzionamento dei serramenti effettivamente impiegati.

(Rapporto di prova n. 186241 del 03/08/2004)

segue - foglio n. 4 di 14



Configurazione con vetrocamera 55.1/16Ar/44.1a

L'anta mobile è dotata di vetrocamera, dimensioni 1117 × 1417 mm e spessore totale 34,76 mm, costituita da:

- vetrata stratificata, spessore totale 10,38 mm, realizzata da n. 2 lastre di vetro float chiaro, spessore 5 mm ciascuna, con interposta una pellicola in PVB, spessore 0,38 mm;
- intercapedine tipo alluminio-silicone polisolfuro, spessore 16 mm, con gas Argon al 100 %;
- vetrata stratificata, spessore totale 8,38 mm, realizzata da n. 2 lastre di vetro float chiaro, spessore 4 mm ciascuna, con interposta una pellicola in PVB ad alta attenuazione acustica, spessore 0,38 mm.

Configurazione con vetrocamera 55.1/16/44.1

L'anta mobile è dotata di vetrocamera, dimensioni 1117 × 1417 mm e spessore totale 34,76 mm, costituita da:

- vetrata stratificata, spessore totale 10,38 mm, realizzata da n. 2 lastre di vetro float chiaro, spessore 5 mm ciascuna, con interposta una pellicola in PVB, spessore 0,38 mm;
- intercapedine tipo alluminio-silicone polisolfuro, spessore 16 mm, con Aria Anidra;
- vetrata stratificata, spessore totale 8,38 mm, realizzata da n. 2 lastre di vetro float chiaro, spessore 4 mm ciascuna, con interposta una pellicola in PVB, spessore 0,38 mm.



AB

(Rapporto di prova n. 186241 del 03/08/2004)

segue - foglio n. 11 di 14



Risultati della prova.

Configurazione con vetrocamera 55.1/16Ar/44.1a

Volume della camera	69,0 m ³
Area di assorbimento equivalente	2,05 m ²
Geometria del percorso	Asta rotante con percorso circolare, raggio 1 m
Geometria del percorso	Altoparlante mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m x 2 (andata e ritorno)

Frequenza [Hz]	L _p [dB]	L _p ⁺ [dB]	T [dB]	R [dB]	Classe di valutazione
100	98,7	65,2	1,80	28,7	24,0
125	93,1	66,4	1,38	20,8	27,0
160	95,9	62,6	1,46	27,6	30,0
200	98,7	62,6	1,51	30,6	33,0
250	98,7	61,6	1,51	31,6	36,0
315	98,0	58,2	1,76	34,9	39,0
400	96,5	52,6	1,56	38,5	42,0
500	97,1	51,8	1,51	39,8	43,0
630	96,0	45,9	1,58	44,8	44,0
800	95,4	42,8	1,67	47,5	45,0
1000	95,4	42,6	1,50	47,2	46,0
1250	98,0	44,8	1,40	47,3	47,0
1600	96,4	43,7	1,37	46,8	47,0
2000	95,7	40,9	1,33	48,8	47,0
2500	93,2	35,5	1,26	51,4	47,0
3150	94,4	35,7	1,24	52,3	47,0
4000	94,5	31,9	1,20	56,1	//
5000	93,0	26,2	1,12	60,0	//

(*) Valori non influenzati dalla trasmissione laterale e dal rumore di fondo.



AB

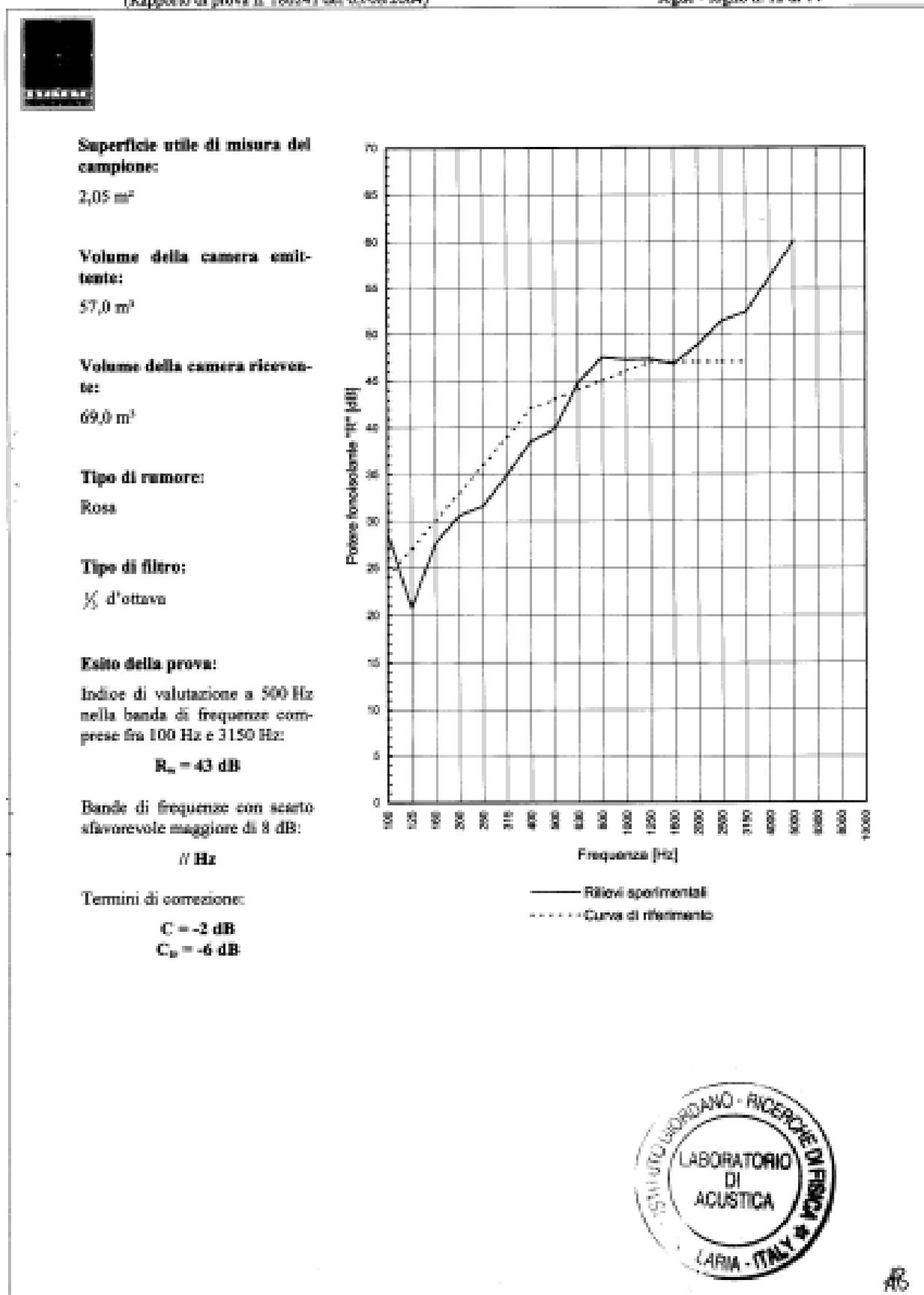


Fig. 34 Finestre certificate inserite nei calcoli del presente studio.

PORTONCINI DI INGRESSO

I portoncini di ingresso alle unità abitative sono prodotti dalla Comeca S.p.a. modello Phonass 40dB.

Nel caso si debbano utilizzare altre tipologie è indispensabile che siano munite di certificato di Potere fonoisolante R_w 40 dB ed identici valori spettrali.

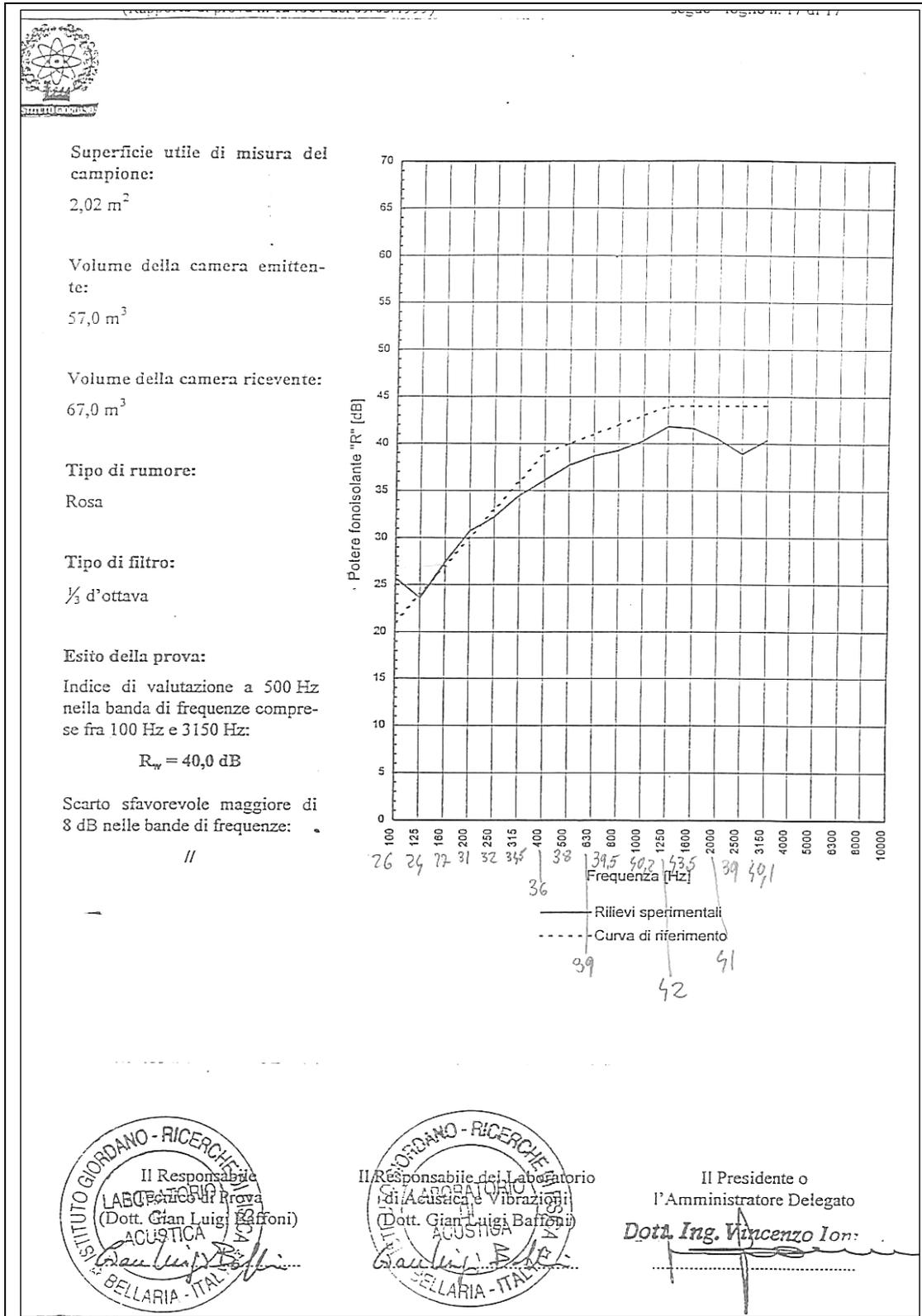


Fig. 35 Certificato dell'Istituto Giordano dei portoncini Comeca Phonass R_w 40dB.

5.2 Solaio interpiano e solaio di copertura (sottotetto)

Nel calcolo del potere fonoisolante dei solai non viene tenuto conto delle stratigrafie aggiuntive quali i massetti alleggeriti per contenimento di impianti, in quanto materiali non omogenei e con percentuali di zone a basso isolamento non desumibili a priori della loro stessa realizzazione. Per questa ragione si è considerato una gettata in cemento armato spessore 20 per il solaio inferiore del piano terra, e un solaio in laterocemento sia per il primo piano che per il secondo piano (tutti evinti dai disegni forniti dalla committente). Per i solai del piano primo e secondo (inferiore e superiore) il potere fonoisolante è stato determinato con schede di rapporto sperimentale provenienti dal data base di Edil Iso (Fig.36) mentre per il solaio del piano terra si è proceduto al calcolo con la Legge di Massa (Fig. 37), analoga a quanto già esposto in 5.1.1.

I solai del piano cantina, primo piano e secondo piano dovranno essere muniti di una placcatura all'intradosso (caratteristiche e certificato in Fig. 38) Tale placcatura è certificata per un funzionamento in verticale, per questo motivo il suo funzionamento in orizzontale, che si presume essere il medesimo, ma che potrebbe essere modificato dai sistemi di coesione al supporto strutturale, deve essere verificato sperimentalmente prima di un'uso esteso. Il solaio del PT dovrà essere munito di controssoffitto in gesso all'intradosso (caratteristiche e certificato in Fig. 39).

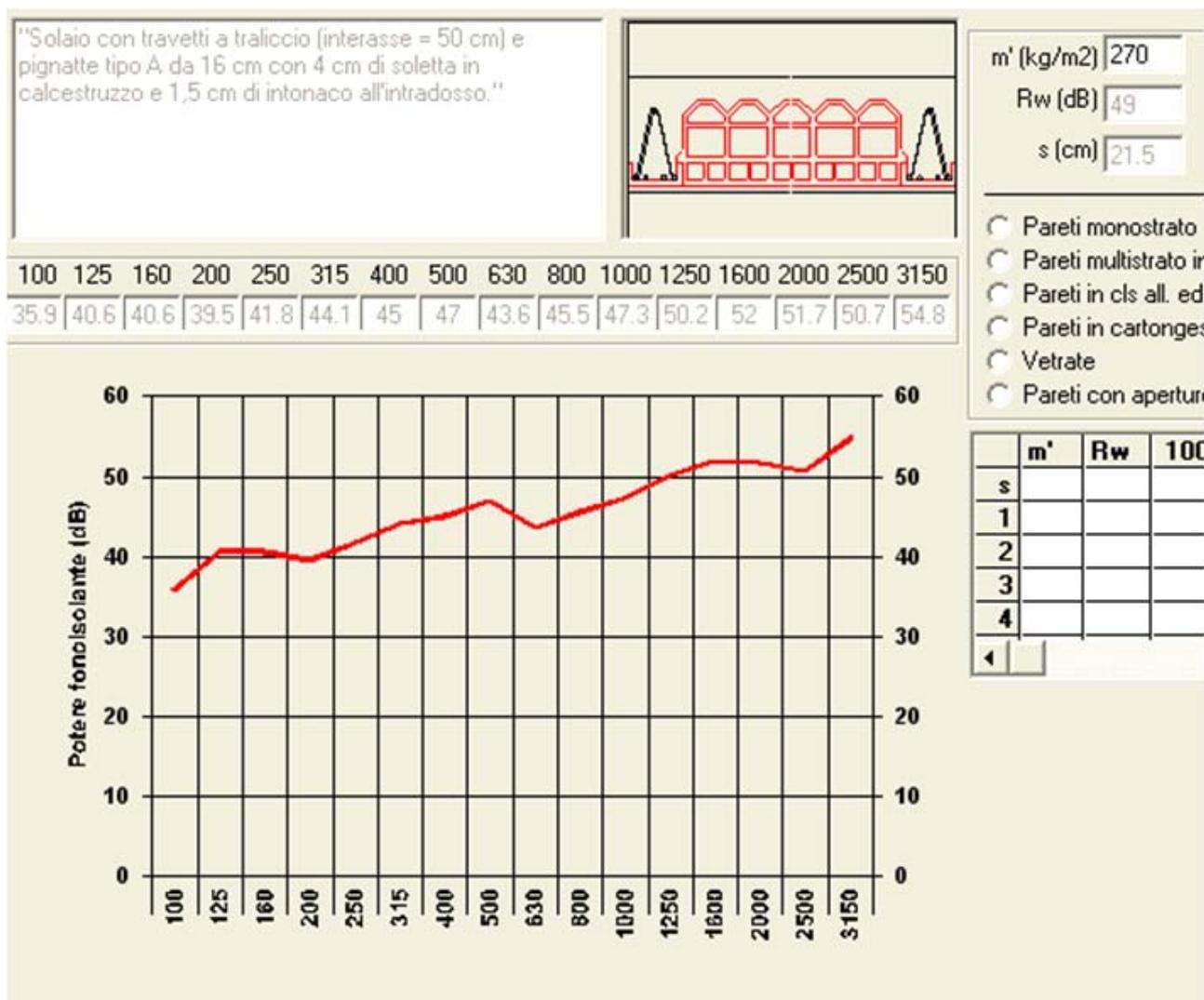
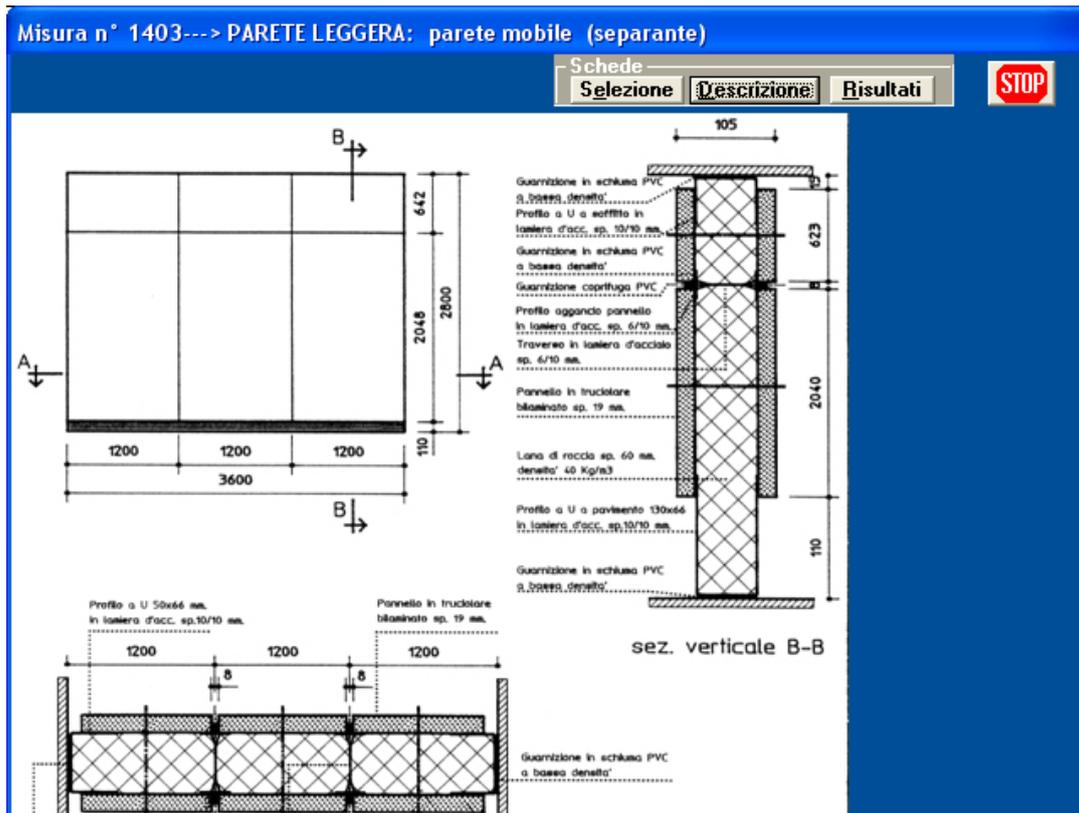


Fig. 36 Certificato di prova del potere fonoisolante del solaio dei piani primo e secondo (per quest'ultimo inferiore e superiore di copertura) implementato nei calcoli del presente studio (Data Base EDIL ISO).



Struttura implementata nei calcoli.

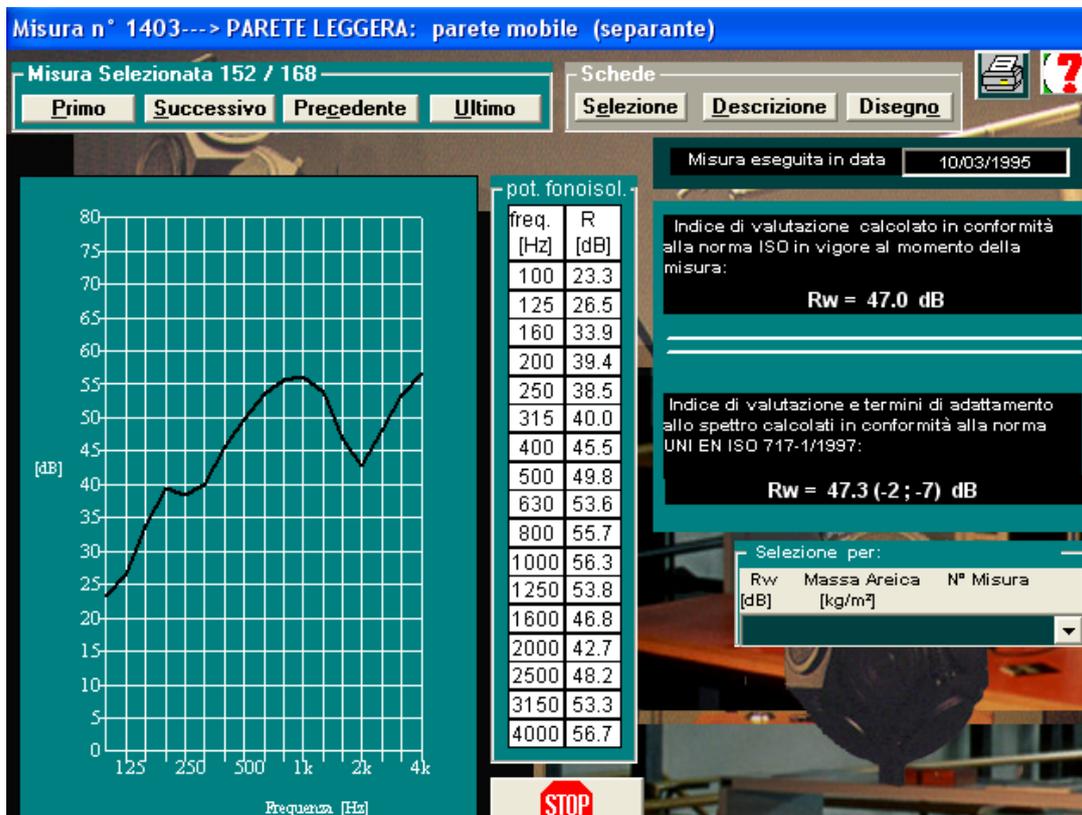


Fig. 36bis Struttura proposta dalla committente e certificato di prova dell'Istituto Galileo Ferraris della parete utilizzata nei calcoli del presente studio.

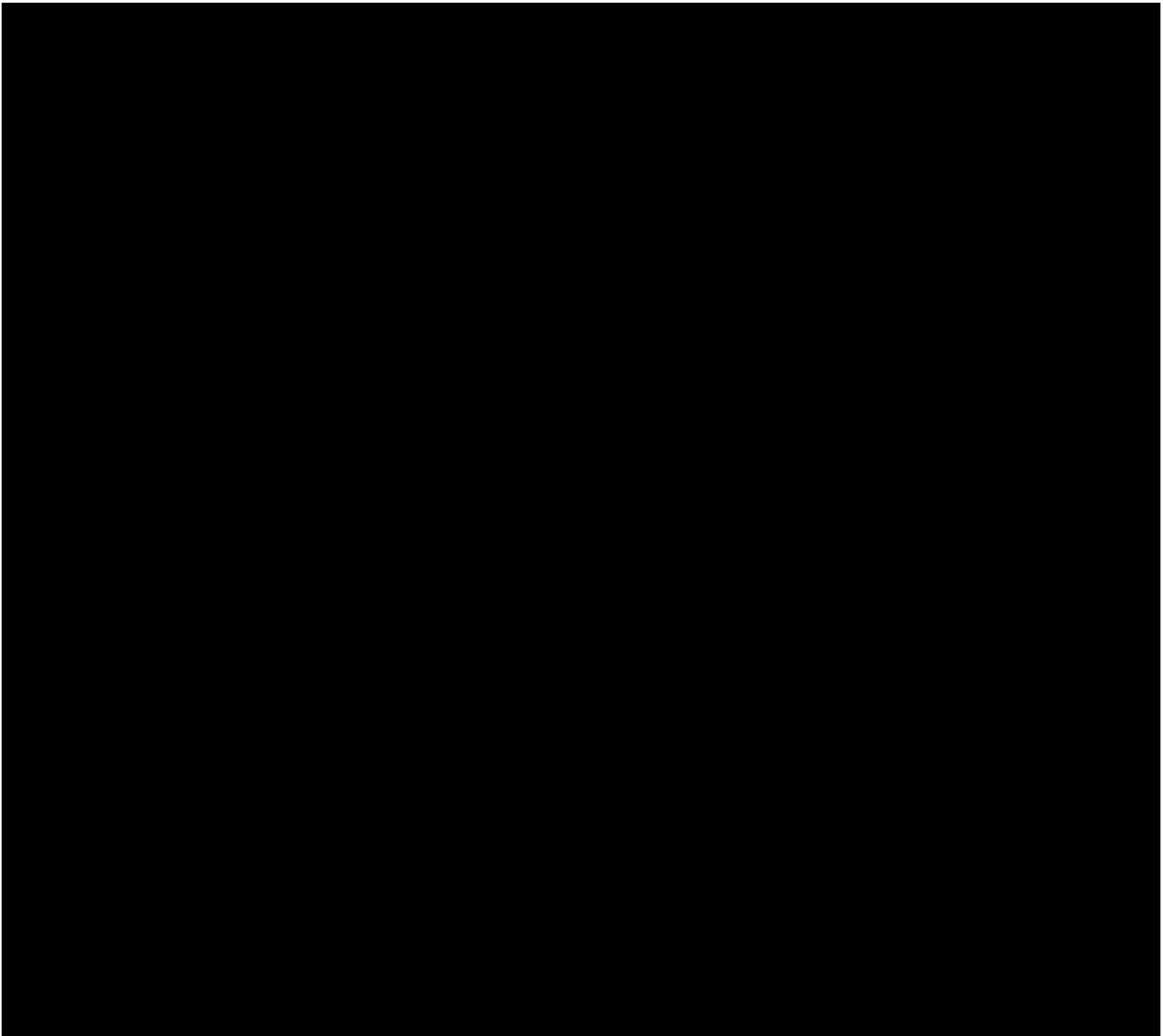


Fig. 37 Foglio di calcolo solio in CLS spessore 20 cm.

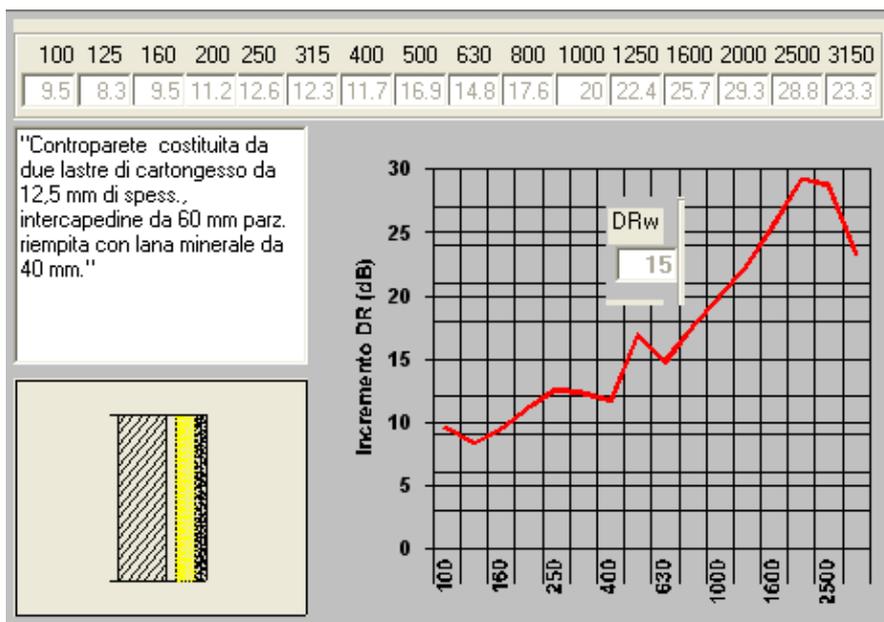


Fig. 38 Certificato di prova del miglioramento del potere fonoisolante, implementato nei calcoli del presente studio, ottenuto con impiego, all'intradosso del piano 1° e piano cantina, di controparete in doppia lastra di gesso e lana minerale (Data Base EDIL ISO).

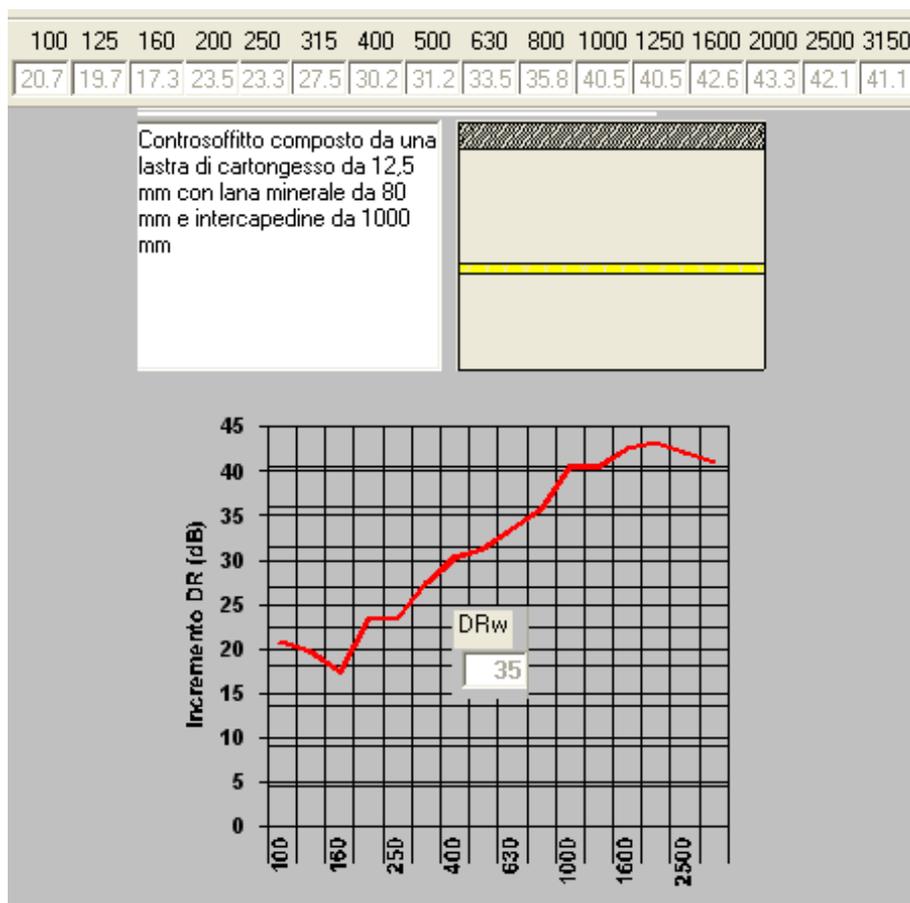


Fig. 39 Certificato di prova del miglioramento del potere fonoisolante, implementato nei calcoli del presente studio, ottenuto con impiego, all'intradosso del PT, di controsoffitto in lastra di gesso e lana minerale (Data Base EDIL ISO).

5.2.1 Strato anticalpestio

Tutti i solai, eccetto quello di copertura, devono essere trattati con uno strato anticalpestio per la creazione di un pavimento flottante. Si prevede il medesimo trattamento anche per i solai dei piani privi di confine con il livello sottostante (dovutamente alla possibilità di trasmissione di calpestio laterale fra le diverse unità immobiliari confinanti sul medesimo livello). Il prodotto prescelto nel presente studio consiste in un materiale plastico accoppiato ad un materiale fibroso denominato Fonostop Duo (il materiale è utilizzato in doppio strato come da indicazione del produttore).

Lo strato anticalpestio deve essere adagiato al di sopra del massetto alleggerito contenente gli impianti, lungo tutto il perimetro deve essere posato un bordo antitrasmissione denominato Fonocell. Nel catino elastico così creatosi deve essere gettato un secondo massetto armato con rete elettrosaldata e completato con il rivestimento previsto. Sotto le pareti intestate sul solaio deve essere interposta una guaina desolidarizzante denominata Fonostrip. I calcoli effettuati nel presente studio si basano sul Livello di Rumore di Calpestio Normalizzato di un solaio nudo compatto i cui valori sono evinti in funzione dei valori di potere fonoisolante, ai rumori aerei, del solaio e/o da una appendice informativa facente parte della Norma UNI EN ISO 717-2. L'effettivo comportamento del costruendo solaio è ignoto. Per questo motivo devono essere condotte prove sperimentali in itinere sugli effettivi solai impiegati.

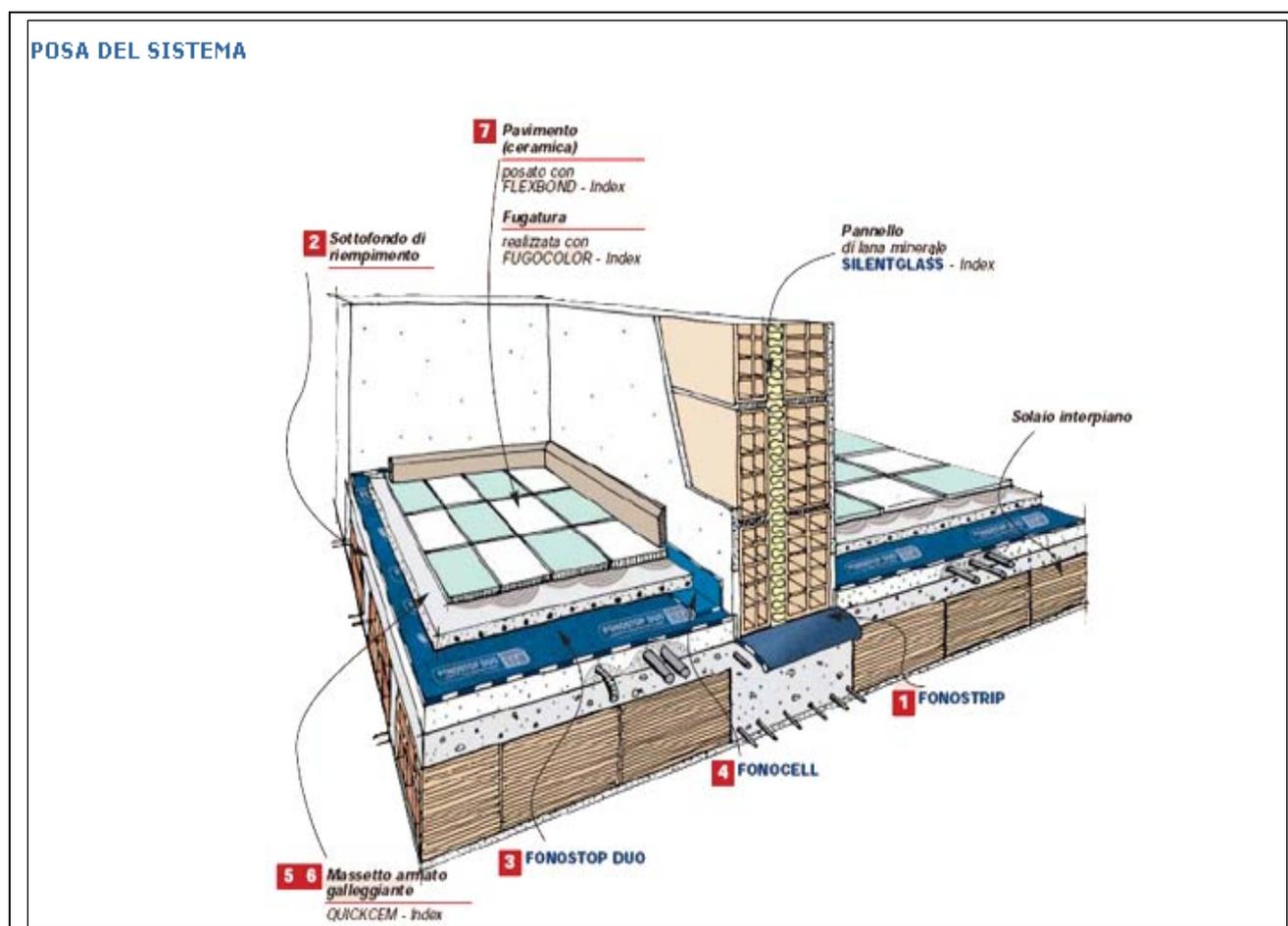


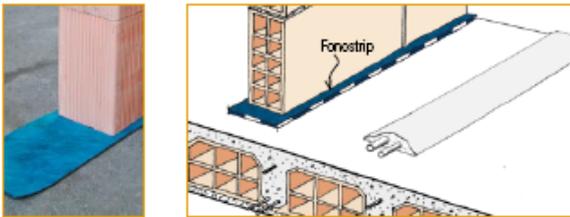
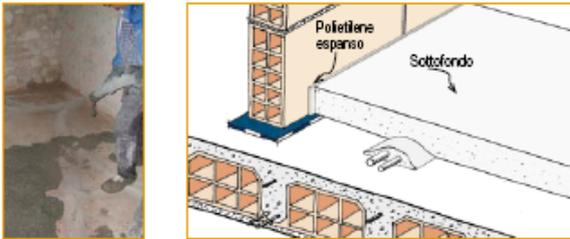
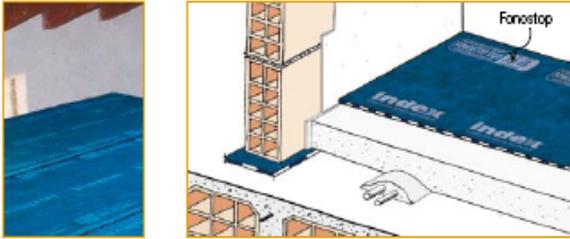
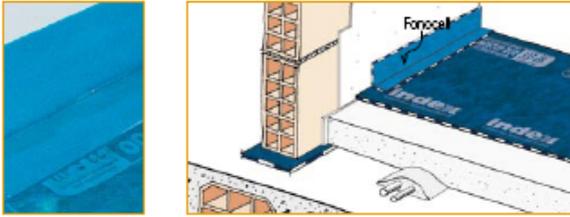
Fig. 40 Descrizione della posa del sistema anticalpestio proposto. (attenzione: la parete rappresentata in figura è a puro titolo di esempio e non corrisponde alla tipologia prevista in questo studio)

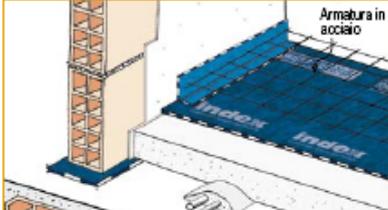
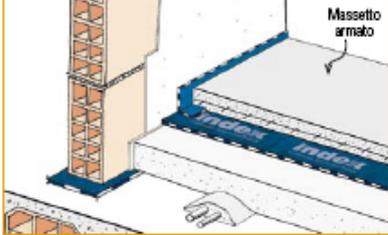
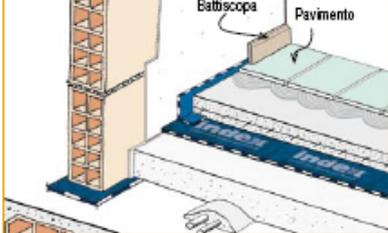
Comprimibilità (EN 12431:2000 - Determinazione dello spessore)			
● FONOSTOP DUO monostrato	≅ 2 mm		
● FONOSTOP DUO doppio strato (*)	≅ 4 mm		
Coefficiente di diffusione al vapor acqueo (lamina fonoresiliente)	100.000 μ	100.000 μ	
Impermeabilità (1 m di colonna d'acqua)	impermeabile	impermeabile	
Coefficiente di conducibilità termica lamina fonoresiliente	λ = 0,170 W/m°K	λ = 0,170 W/m°K	
Coefficiente di conducibilità termica non tessuto	λ = 0,045 W/m°K		
Classe di reazione al fuoco (UNI 9177)	Classe 1 (4)		
(1) Certificato ITC-CNR n. 3402/RP/01			
(2) Certificato ITC-CNR n. 3403/RP/01			
(3) FONOSTOP DUO posato in doppio strato con faccie bianche contrapposte			
(4) Omologazione del Ministero dell'Interno n. VR2172B41C100002			

Fig. 41 Scheda tecnica del materiale anticalpestio inserito nei calcoli del presente studio.

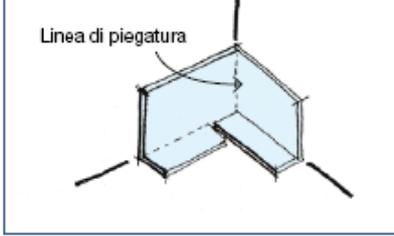
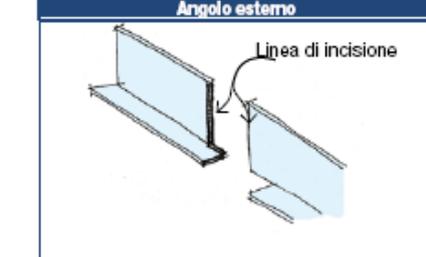
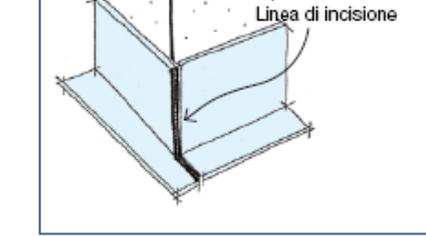
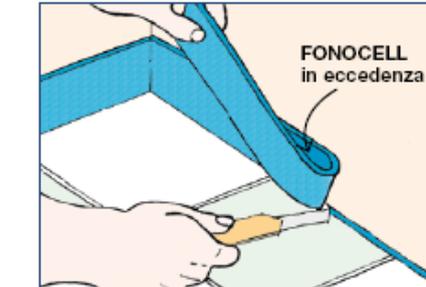
Di seguito si riportano le modalità e particolari di posa estratti dalla documentazione tecnica della casa produttrice.

MODALITA' E PARTICOLARI DI POSA

1 Posa di FONOSTRIP	<p>Il solaio che costituisce l'elemento portante in genere è costituito da latero-cemento. Su di esso verranno predisposte le strisce isolanti sulle quali verranno elevate le pareti divisorie. FONOSTRIP è l'isolante elastomerico, fornito in strisce di diversa altezza, in grado di smorzare le vibrazioni delle pareti.</p>	
2 Sottofondo di riempimento	<p>Nel sottofondo di riempimento verranno annegate le tubazioni in precedenza posate sul solaio e raccordate con malta cementizia. Il riempimento può essere fatto con cls alleggerito o con sabbia stabilizzata con calce o cemento (50+100 kg/m³) ed è preferibile isolarlo dalle pareti per mezzo di strisce di polietilene espanso di 2+3 mm di spessore e di 1+2 cm più alta del sottofondo.</p>	
3 Posa di FONOSTOP DUO	<p>Lo strato isolante dovrà sopportare il traffico di cantiere, dovrà essere costituito da materiali duri e imputrescibili. FONOSTOP DUO è l'isolante acustico dei rumori da calpestio che soddisfa le esigenze sopradescritte e, con uno spessore ridotto, è dotato di elevatissime prestazioni. FONOSTOP DUO è dotato di aletta di sormonto incorporata di 5 cm.</p>	
4 Posa di FONOCCELL	<p>La desolidarizzazione del massetto armato galleggiante dai muri in rilievo sarà realizzata con una fascia autoadesiva di polietilene espanso munita, al piede, di una lingua sempre di polietilene in film.</p>	

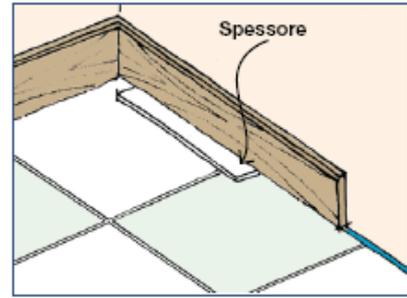
<p>5</p> <p>Posa dell'armatura metallica</p>	<p>L'armatura del massetto sarà costituita da una rete metallica elettrosaldata zincata con maglia di 5x5 cm circa.</p>		
<p>6</p> <p>Stesura del massetto</p>	<p>Il massetto armato galleggiante è formato da un massetto di allettamento in calcestruzzo armato di 4 cm. di spessore (Quickcem - Index). Non dovrà avere alcun collegamento rigido con il solaio o con le pareti, anche un solo collegamento rigido è in grado di ridurre notevolmente l'efficacia acustica del sistema. È pertanto importante che non vi siano annegate tubazioni che potrebbero costituire "ponte acustico".</p>		
<p>7</p> <p>Posa della pavimentazione</p>	<p>Dopo stagionatura, sul massetto verrà posato il pavimento per il quale, a seconda del tipo (ceramica, pietra, legno), verrà adottato il collante e il prodotto per le fugature più idoneo secondo le indicazioni Index. Il battiscopa non dovrà toccare il pavimento e se si reputa necessaria la chiusura dell'interstizio battiscopa-pavimento potrà essere ottenuta disponendo un cordolo di sigillatura elastico.</p>		

MODALITA' E PARTICOLARI DI POSA

<p>Posa di FONOCCELL</p>	<p>Posizionamento di FONOCCELL angolo interno e angolo esterno.</p> <p>Se negli angoli FONOCCELL non è posato aderente alle murature, la stesura del massetto lo può fessurare. Le linee di accostamento degli elementi di FONOCCELL verranno giuntate con il nastro superadesivo SIGILTAPE.</p>	<p>Angolo interno</p>  	<p>Angolo esterno</p>  
<p>Eliminazione di FONOCCELL in ECCESSO</p>	<p>Dopo la posa del pavimento il FONOCCELL risulterà essere in eccedenza. Il surplus potrà essere facilmente eliminato con una taglierina. FONOCCELL dovrà essere tagliato solo dopo la posa della pavimentazione.</p>		

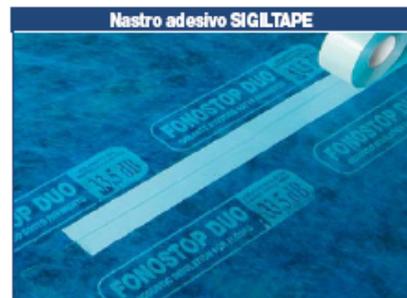
Rifilo
FONOCELL

Il contatto tra pavimento e battiscopa può causare un ponte acustico.
Utilizzare uno spessore (ad esempio dei fogli di carta) da allontanare dopo il fissaggio del battiscopa



Consistenza
dei massetti

Su FONOSTOP DUO possono essere impiegati sia massetti in anidrite sia massetti cementizi. Il massetto in anidrite non richiede l'armatura.
Il massetto cementizio viene normalmente confezionato a consistenza "umida" (classe s1)* o "plastica" (classe s2)*. Nel caso siano previsti impasti a consistenza "semifluida" (classe s3)*, "fluida" (classe s4)* o superfluida (classe s5)*, a cavallo delle linee di sovrapposizione del FONOSTOP DUO dovrà essere preventivamente incollato il nastro adesivo telato SIGILTAPE. Lo stesso verrà usato per sigillare e connettere FONOCELL al piede dei muri su FONOSTOP DUO e gli elementi stessi fra loro.
SIGILTAPE verrà anche usato per sigillare le tubazioni fasciate con FONOCELL.
Ciò eviterà la formazione di ponti acustici derivanti dal possibile percolamento attraverso le sovrapposizioni dell'isolante acustico delle parti più fini dell'impasto.
(*) Normativa UNI 9417



Giunti di dilatazione

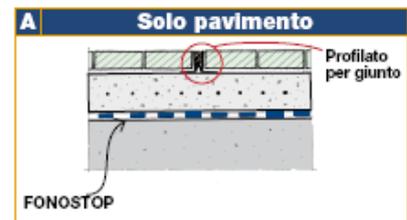
Per la buona riuscita delle pavimentazioni piastrellate, assume grande importanza il controllo delle tensioni indotte dalle dilatazioni sulle superfici dei pavimenti e dei rivestimenti.

Per quanto riguarda le pavimentazioni e i massetti, essi dovranno:

- essere desolidarizzati dagli elementi fissi della costruzione (pareti, colonne, spalle di porte, ecc.);
- essere suddivisi in settori di dimensione convenientemente limitata: 4-6 metri lineari circa.

Il risvolto verticale di FONOCELL realizza il giunto perimetrale in corrispondenza delle pareti, delle colonne, delle spalle delle porte.

Nelle zone continue del pavimento a seconda del tipo di pavimento, della sua dimensione o della composizione della struttura portante, i giunti normalmente previsti fanno riferimento ad uno dei seguenti schemi.



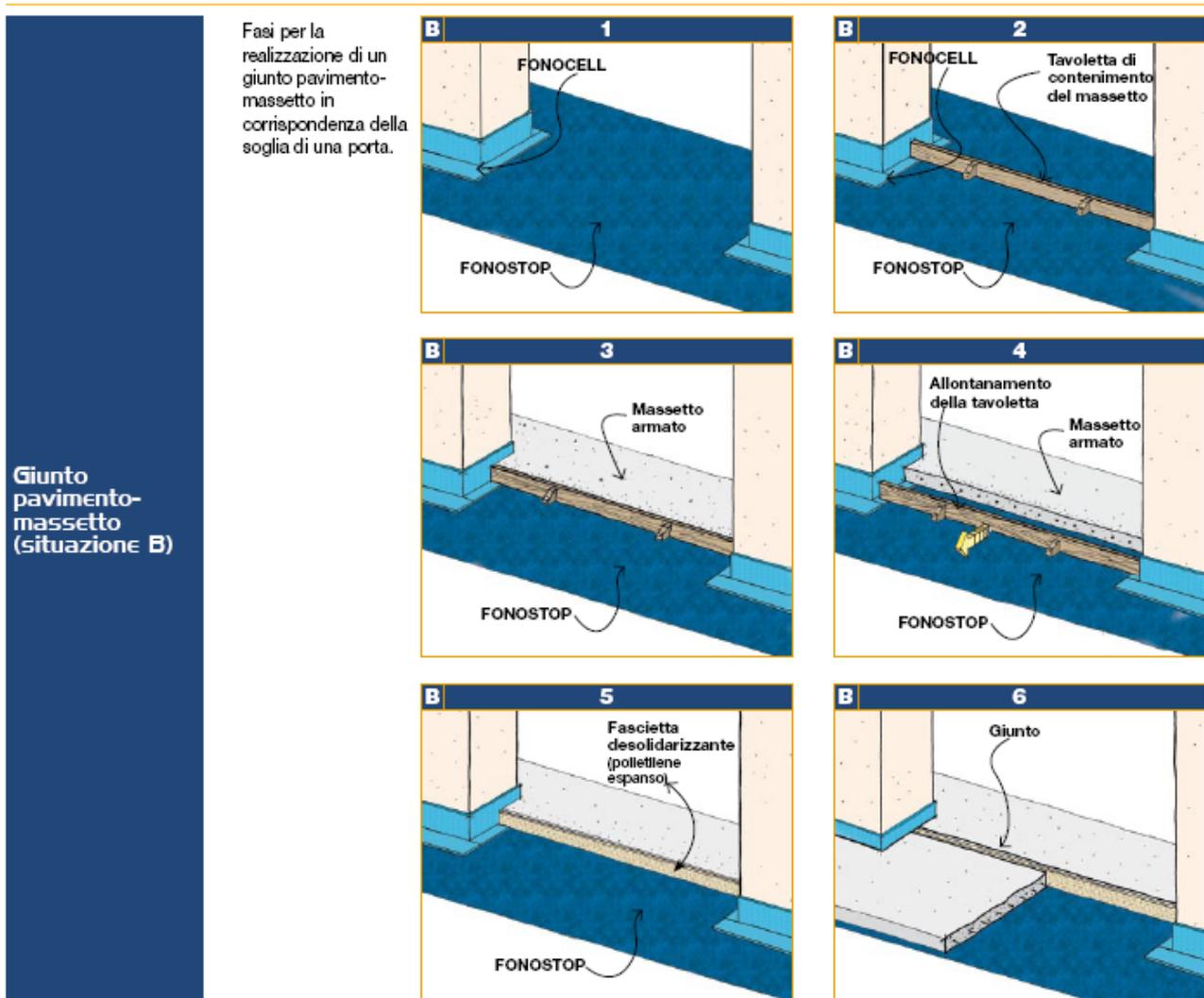


Fig. 42 Modalità di posa del rivestimento anticalpestio (tratte dalla guida tecnica del produttore).

<ul style="list-style-type: none"> - Accreditato SENAL (N° 8066) - Notificato CE (8497) - Autorizzato Ministero Interno. Trasporti per certificazioni: Resistenza e Reazione al Fuoco, Caschi auto, Estintori, Isoterma (ATP), Componenti Auto. - Qualificato TÜV Rheinland per Type Approval - GS. - Marchi di Qualità. - Certificazione di Prodotto. - Inspection - Exporting. 				VIALE LOMBARDA, 20 20031 BOLLATE (MI) TELEFONO (02) 38330.1 TELEFAX (02) 3503940 CASELLA POSTALE 80	
LABORATORIO: MECCANICO		SETTORE: ACUSTICA			
RAPPORTO DI PROVA (Testing report)				Pag. 1 di/of 6 pag. 6	
N° ME06/060/98				Data: 08/07/98	
IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: PANNELLO DENOMINATO "FONOSTOP DUO" isolante acustico dei rumori di calpestio, costituito da: una membrana bitume-polimero da 1,5 mm di spessore con additivi fonoresilienti accoppiata ad un tessuto non tessuto di poliestere di spessore di 6,5 mm per uno spessore complessivo di 8 mm ed una massa di 1,850 kg/m ² (vedere disegno allegato).					
DATI IDENTIFICATIVI DEL CLIENTE: <p style="text-align: center;">Spett.le INDEX S.p.A. via G. Rossini,22 37060 Castel d'Azzano (VR)</p>					
PROGETTO PROVA UFFICIALE SECONDO NORMA: ISOLAMENTO ACUSTICO AL CALPESTIO - ISO 717/82 - UNI 8270/7					
DISTRIBUZIONE ESTERNA: ORIGINALE :CLIENTE			DISTRIBUZIONE INTERNA: COPIA:RESPONSABILE DI LABORATORIO		
ENTE DI ACCREDITAMENTO:					
CSI Spa-Modulo 37 - Rev 3					
					CSI S.p.A. SEDE LEGALE : MILANO, VIA MONTENAPOLEONE 23 CAP SOCIALE : Lit. 1.000.000.000 P.IVA e C. FISC. : 11350190151 IT

RAPPORTO DI PROVA
(Testing report)



Pag. 4
di/of
pag. 6

N° **ME06/060/98**

DATA: 08/07/98

LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO NORMALIZZATO (Ln)

ELEMENTO IN PROVA :ME06/060/98

Freq. (Hz)	Li (dB)	T (sec)	Ln (dB)	Li (dB)	T (sec)	Ln (dB)
SOLAIO DI PROVA IN CLS NON RICOPERTO (S)			SOLAIO DI PROVA IN CLS RICOPERTO DALL' ELEMENTO IN PROVA ** (R)			
100	59,90	7,2	52,47	51,10	7,2	43,67
125	67,70	5,8	61,21	50,65	5,8	44,16
160	66,80	7,7	59,08	55,70	7,7	47,98
200	67,30	7,9	59,47	58,70	7,9	50,87
250	69,70	8,4	61,60	55,34	8,4	47,24
315	70,40	7,8	62,62	48,45	7,8	40,67
400	71,70	7,2	64,27	48,42	7,2	40,99
500	71,00	6,7	63,88	46,69	6,7	39,57
630	71,80	6,5	64,81	41,20	6,5	34,22
800	71,50	6,5	64,51	43,53	6,5	36,55
1000	71,50	5,8	65,01	38,63	5,8	32,14
1250	71,90	5,5	65,64	37,75	5,5	31,49
1600	73,10	5,4	66,92	37,42	5,4	31,24
2000	73,50	4,6	68,01	36,40	4,6	30,92
2500	74,00	3,9	69,23	33,05	3,9	28,28
3150	72,40	3,1	68,63	30,48	3,1	26,71
4000	71,50	2,4	68,84	26,36	2,4	23,70
5000	69,40	2,0	67,64	24,80	2,0	23,04
dB (A)	84,40	6,4	77,48	54,90	6,4	47,98

Indici: solaio vuoto (S) $I_0 = 74,0$ dB solaio rivestito** (R) 40,5 dB

** Il solaio è rivestito con : pannello "FONOSTOP DUO " e massetto

Il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato (Ln) è stato calcolato
per mezzo della seguente relazione :

$$Ln = Li - 10 \log(A_0 \times T / 0,16 \times v) \quad \text{Dove :}$$

Li = Livello medio di pressione sonora misurato in terzi di ottava nell'ambiente di ricezione

T = Tempo medio di riverberazione espresso in secondi, misurato nell'ambiente
di ricezione.

A_0 = Area di assorbimento acustico equivalente = m^2 10

V = Volume dell'ambiente di ricezione = m^3 81,3

Miglioramento dovuto al rivestimento : $\Delta I_r = I_0 - I_1 = 33,5$ dB

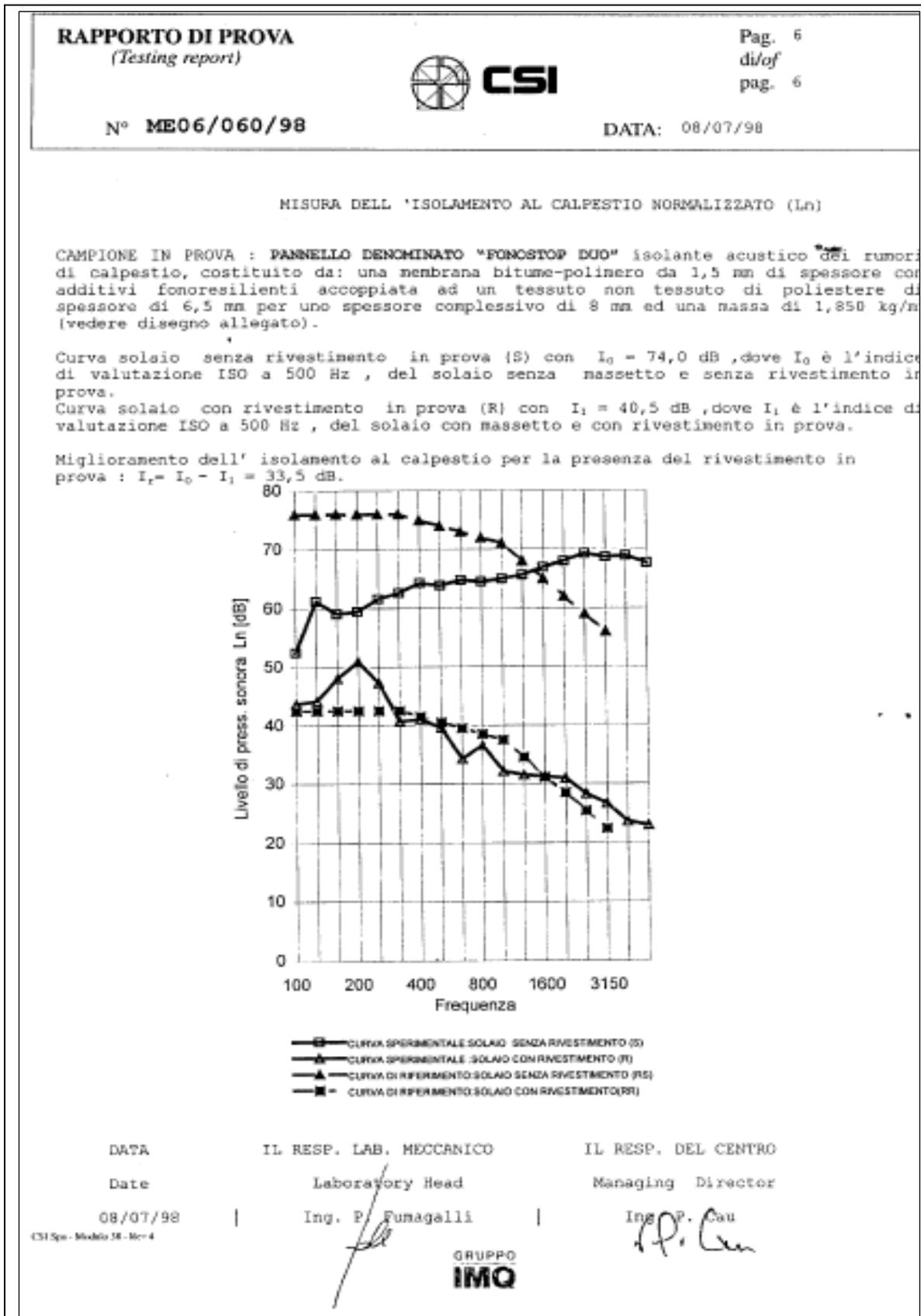


Fig. 43 Certificato di prova dello strato anticalpestio "Fonostop Duo " inserito nei calcoli del presente studio.

5.3 Parete interunità

Come già esplicitato al capitolo 4 si considera che le zone adibite ad ufficio, tutte utilizzate dal medesimo dipartimento, risultano essere strutturalmente degli open space con separazioni verticali ottenute mediante elementi di arredo che non possono fisiologicamente garantire un adeguato valore di potere fonoisolante. Per questo motivo, nel presente studio, vengono calcolati i valori di potere fonoisolante apparente R' soltanto delle partizioni orizzontali che separano i locali ubicati a diversi livelli. Le caratteristiche delle separazioni verticali hanno comunque effetto sul calcolo di quelle orizzontali. Le partizioni verticali, fra i locali ufficio, considerate nei calcoli del presente studio sono state assimilate conservativamente a murature in laterocemento con spessore totale di 11cm.(Fig. 43).

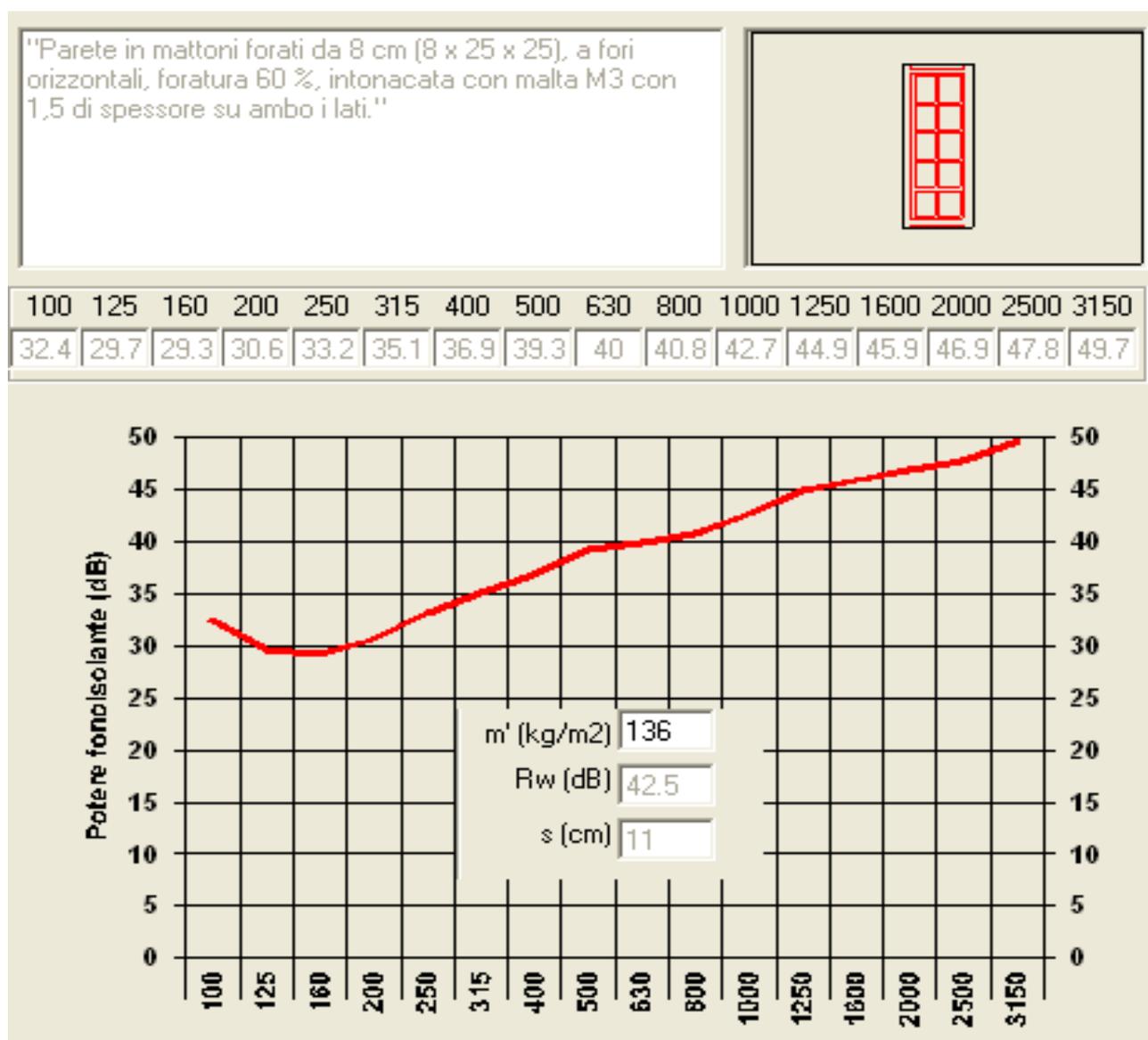


Fig. 44 Scheda tecnica tratta dal data base Edil Iso della parete fra locali interni utilizzata nel presente studio.

Le partizioni verticali di separazione con le parti comuni sono invece state considerate in relazione alle descrizioni fornite dalla committente e riportate nelle tabelle 1,2,3 al capitolo 5.1 il quale seppur riguardando le facciata riporta tali partizioni in quanto potenzialmente utili per il calcolo dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$.

Costituisce buona norma la desolidarizzazione della parete dall'estradosso del solaio. Tale desolidarizzazione può essere fatta con materialae resilente tipo Fonostip Index.

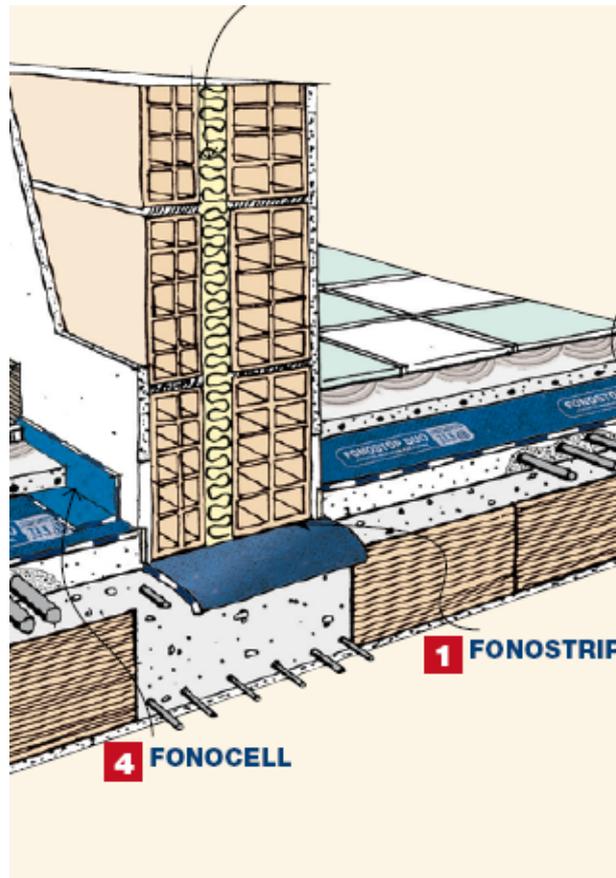


Fig. 45 Posa della guaina sottoparete (tratto dalla guida tecnica del produttore).

6. Osservazioni sui risultati delle prestazioni dei componenti

Nella tabella 4 si riportano le prestazioni acustiche attese, basate su certificazioni acustiche di laboratorio per quanto possibile, raffrontate con i valori limite previsti dalle Legge. Si sottolinea come la corretta esecuzione delle opere sia una prerogativa indispensabile per il raggiungimento di detti valori di fonoisolamento e come il margine di sicurezza in alcuni casi sia minimo. Nella tabella 4 si confrontano i risultati ottenuti con i limiti di Legge.

Le verifiche condotte sull'intervento in oggetto risultano complessivamente positive eccetto alcuni valori di potere fonoisolante apparente su sovrapposizioni verticali. I locali relativi a tali sovrapposizioni sono di uno stesso utente, tuttavia si ritiene utile procedere, a garanzia di miglior qualità, ad un intervento supplementare costituito dal posizionamento di una ulteriore placcatura.

6.1 Intervento supplementare

Tutti i superamenti dell'indice di potere fonoisolante apparente $R'w$ avvengono al piano terra e sono relativi alle immissioni dovute ai locali sovrapposti. La partizione orizzontale di divisione fra piano terra e piano primo consiste in un solaio in laterocemento con indice Rw di 49 dB e da una controsoffittatura in gesso e lana minerale con indice di miglioramento DRw di 35 dB, ambedue già descritti in 5.2. Si ritiene che il posizionamento di una ulteriore placcatura all'intradosso del solaio in laterocemento, e compresa nell'intercapedine fra controsoffitto già previsto, eseguita con la tipologia descritta in fig. 38, possa contribuire significativamente al miglioramento di tutti gli indici di potere fonoisolante apparente calcolati per il piano terra. Si sottolinea che l'intervento descritto altera l'intercapedine della controsoffittatura e, per questo motivo, il relativo grado di miglioramento complessivo dell'intera stratigrafia non può essere calcolato con certezza.

TABELLA 4: CONFRONTO TRA LE PRESTAZIONI ACUSTICHE ATTESE ED I LIMITI DI LEGGE

ISOLAMENTO FRA UNITA' ABITATIVE (POTERE FONOISOLANTE APPARENTE)

Loc sorgente	Loc ricevente	R'w [dB]	-C [dB]	-Ctr [dB]	Lim [dB]	Verifica
PT UF09	PI AUS18	67	-4	-9	50	P
PT UF 10	PI AUS18	69	-3	-8	50	P
P 1 L20	PT UF10	52	-1	-3	50	P
P1 L21	PTUF09	49	-1	-3	50	N
P1 L22	PT UF08	52	0	-3	50	P
P1L23	PT UF08	70	-5	-11	50	P
P1 L24	PT UF09	55	-1	-4	50	P
P1 L25	PT UF09	38	-1	-3	50	N
P1 L25	PT UF10	54	-1	-3	50	P
P1 L26	PT UF10	62	-2	-6	50	P
P1 L27	PT UF22	55	-2	-4	50	P
P1 L28	PT UF22	48	0	-2	50	N
P1 L29	PT UF23	45	0	-1	50	N
P1 L30	PT UF24	48	0	-2	50	N
P1 L31	PT UF24	54	-2	-7	50	P
P1 L35	PT UF25	49	-1	-2	50	N
P1 L36	PT UF26	46	-1	-2	50	N
P1 L37	PT UF27	49	0	-2	50	N
P2 UF8	P1 L27	55	-1	-4	50	P
P2 UF9	P1 L28	56	-1	-4	50	P
P2 UF10	P1 L29	56	-1	-4	50	P
P2 UF11	P1 L30	56	-1	-4	50	P
P2 UF12	P1 L31	56	-1	-5	50	P
P2 UF13	P1 L32	56	-1	-4	50	P
P2 UF14	P1 L33	56	-1	-4	50	P
P2 UF15	P1 L34	57	-2	-5	50	P
P2 UF17	P1 L35	57	-1	-5	50	P
P2 UF18	P1 L36	56	-1	-4	50	P
P2 UF19	P1 L37	56	-1	-4	50	P

ISOLAMENTO DI FACCIATA

Loc ricevente	D'2m,nT,w [dB]	-C [dB]	-Ctr [dB]	Limite [dB]	Verifica
P i AUS 18	47	-1	-5	42	P
PT OF02	45	-2	-7	42	P
PT LS06	50	-2	-6	42	P
PT UF08	47	-2	-6	42	P
PT UF09	46	-1	-5	42	P
PT UF10	45	-1	-5	42	P
PT UF22	-44	-2	-6	42	P
PT UF23	45	-2	-7	42	P
PT UF24	45	-2	-7	42	P
PT UF25	46	-2	-7	42	P
PT UF26	46	-2	-6	42	P
PT UF27	47	-2	-7	42	P
PT EX CT	45	-2	-6	42	P
P1 L20	59	-3	-9	42	P
P1 L21	46	-2	-6	42	P
P1 L22	45	-1	-6	42	P
P1 L23	46	-2	-6	42	P
P1 L24	47	-2	-6	42	P
P1 L25	47	-2	-6	42	P
P1 L26	46	-1	-5	42	P
P1 L27	45	-2	-6	42	P
P1 L28	44	-2	-6	42	P
P1 L29	43	-1	-5	42	P
P1 L30	44	-2	-6	42	P
P1 L31	44	-2	-5	42	P
P1 L32	43	-1	-4	42	P
P1 L33	42	-2	-6	42	P
P1 L34	44	-1	-4	42	P
P1 L35	43	-2	-5	42	P
P1 L36	43	-2	-5	42	P
P1 L37	43	-1	-5	42	P
P2 UF8	44	-1	-5	42	P
P2 UF9	44	-2	-6	42	P
P2 UF10	43	-1	-5	42	P
P2 UF11	44	-2	-6	42	P
P2 UF12	45	-1	-5	42	P
P2 UF13	45	-2	-6	42	P
P2 UF14	42	-2	-6	42	P
P2 UF15	46	-1	-5	42	P
P2 UF17	44	-2	-6	42	P
P2 UF 18	44	-2	-6	42	P
P2 UF 19	44	-2	-6	42	P

ISOLAMENTO AI RUMORI DI CALPESTIO

Loc sorgente	Loc ricevente	L'w [dB]	Lim [dB]	Verifica
PT UF09	PI AUS18	47	55	P
PT UF 10	PI AUS18	47	55	P
P 1 L21	PT UF10	52	55	P
P1 L21	PTUF09	49	55	P
P1 L22	PT UF08	48	55	P
P1L23	PT UF08	46	55	P
P1 L24	PT UF09	47	55	P
P1 L25	PT UF09	58	55	N
P1 L25	PT UF10	47	55	P
P1 L26	PT UF10	46	55	P
P1 L27	PT UF22	47	55	P
P1 L28	PT UF22	49	55	P
P1 L29	PT UF23	51	55	P
P1 L30	PT UF24	49	55	P
P1 L31	PT UF24	49	55	P
P1 L35	PT UF25	49	55	P
P1 L36	PT UF26	51	55	P
P1 L37	PT UF27	49	55	P
P2 UF8	P1 L27	47	55	P
P2 UF9	P1 L28	47	55	P
P2 UF10	P1 L29	47	55	P
P2 UF11	P1 L30	47	55	P
P2 UF12	P1 L31	47	55	P
P2 UF13	P1 L32	47	55	P
P2 UF14	P1 L33	47	55	P
P2 UF15	P1 L34	47	55	P
P2 UF17	P1 L35	47	55	P
P2 UF18	P1 L36	47	55	P
P2 UF19	P1 L37	47	55	P

ISOLAMENTO DI FACCIATA (COPERTURA)

Loc ricevente	D'2m,nT,w [dB]	-C [dB]	-Ctr [dB]	Limite [dB]	Verifica
P2 UF8	46	-1	-7	42	P
P2 UF9	46	-1	-7	42	P
P2 UF10	46	-1	-7	42	P
P2 UF11	46	-1	-7	42	P
P2 UF12	46	-1	-7	42	P
P2 UF13	46	-1	-7	42	P
P2 UF14	46	-1	-7	42	P
P2 UF15	46	-1	-7	42	P
P2 UF17	46	-1	-7	42	P
P2 UF 18	46	-1	-7	42	P
P2 UF 19	46	-1	-7	42	P
P1 UF20	47	-1	-3	42	P
P1 UF21	47	-1	-3	42	P
P1 UF22	50	-1	-3	42	P
P1 UF23	50	-1	-3	42	P
P1 UF24	50	-1	-3	42	P
P1 UF25	50	-1	-3	42	P
P1 UF26	50	-1	-3	42	P

Tab. 4 Confronto tra le prestazioni acustiche attese ed i limiti di Legge (In colore rosso i valori considerati a rischio).

7 Conclusioni sui risultati delle prestazioni dei componenti

I valori calcolati per i diversi componenti edilizi sono generalmente positivi salvo quanto descritto al cap. 6.

Tutti i calcoli sono riferiti a valori reperiti nelle schede tecniche dei produttori e/o a materiale bibliografico presente nella letteratura tecnica al riguardo. In ambedue i casi i valori misurati in laboratorio, ed assunti per il calcolo del presente studio, sono strettamente ed inevitabilmente connessi alla peculiare specificità dei materiali impiegati (tale principio viene assunto dagli stessi enti certificatori e ribadito nelle certificazioni prodotte) nonché a particolari tecniche di posa non palesate. Per questo motivo si rende necessario, una volta individuate con precisione le stratigrafie dei vari componenti, procedere a specifiche e personali prove di laboratorio finalizzate alla certificazione dei materiali che saranno effettivamente impiegati.

Si rende parimenti necessario procedere, prima dell'uso esteso, ad una prova in opera su più unità abitative campione attraverso la quale potranno, con opportuni rilievi strumentali, essere evidenziati gli eventuali vizi di posa ed individuati gli accorgimenti da impiegarsi per consentire il corretto funzionamento acustico dell'insieme edilizio. In assenza di tali prove e verifiche la scrivente declina ogni responsabilità circa l'ottenimento dei valori calcolati e presentati nel presente rapporto.

8 Livelli sonori dovuti agli impianti di climatizzazione.

Il presente capitolo è dedicato alla previsione dei livelli sonori generati nei diversi locali dagli impianti di climatizzazione. E' stato elaborato un campione rappresentativo di tutti i locali (Fig. da 45 a 49) componenti l'oggetto del presente lavoro e su tale campione si sono fatte le seguenti assunzioni:

- Collocazione spaziale ipotetica delle sorgenti sonore (bocchette o fancoil).
- Determinazione della tipologia di controsoffittatura (mediamente assorbente).
- Determinazione della tipologia degli arredi e della pavimentazione. (mediamente riflettente)
- Determinazione di uno spettro medio della forzante (desunto da documentazione tecnica)

Sul campione di locali così ipotizzati, dal punto di vista delle caratteristiche di assorbimento acustico, si sono calcolate presso un ipotetico ricettore collocato a 2 metri di distanza dalla sorgente, le massime potenze sonore ammissibili relativamente alle macchine per il trattamento aria collocate o collegate in ciascuno di essi.

I calcoli sono stati eseguiti con la seguente espressione:

$$Lp = Lw + 10 \text{LOG} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R_1} \right)$$
$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i S_i}{\sum S_i} \quad R_1 = \frac{\alpha_m \sum S_i}{1 - \alpha_m}$$

Dove:

Lw è il livello di Potenza Sonora in dB

Q è il fattore di direttività (che è sempre stato assunto con valore 2)

r è la distanza fra sorgente e ricettore

R_1 è la costante media di ambiente

α_m è il coefficiente di assorbimento medio

S_i è la superficie i -esima

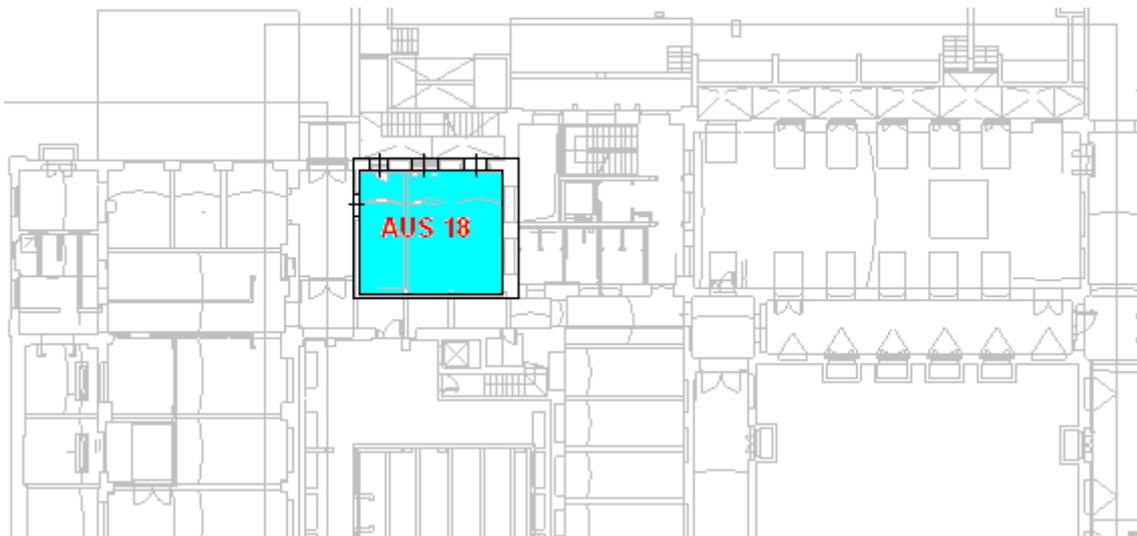


Fig. 46 Locale rappresentativo scelto al Piano Seminterrato.

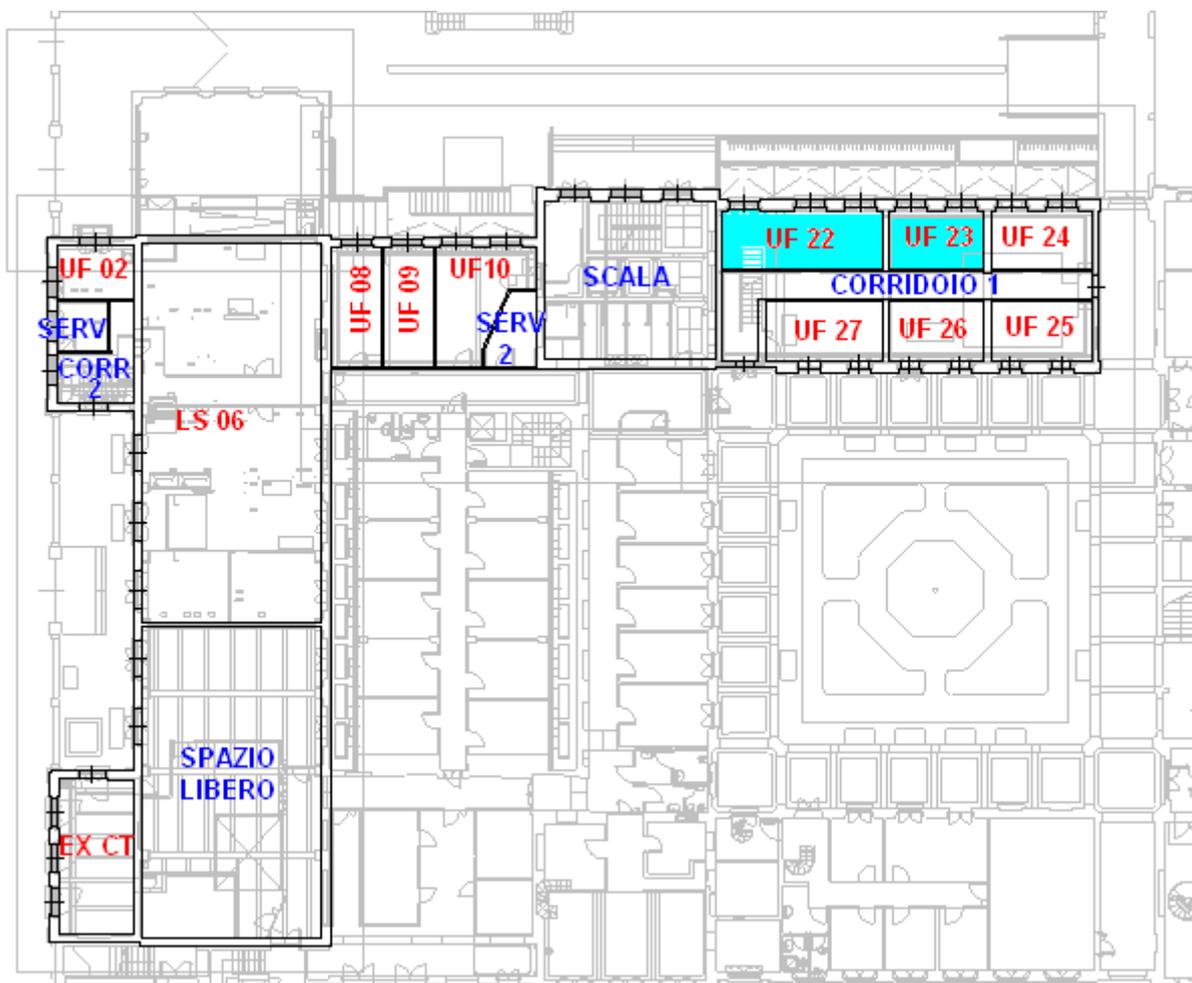


Fig. 47 Locali rappresentativi scelti al Piano Terra.

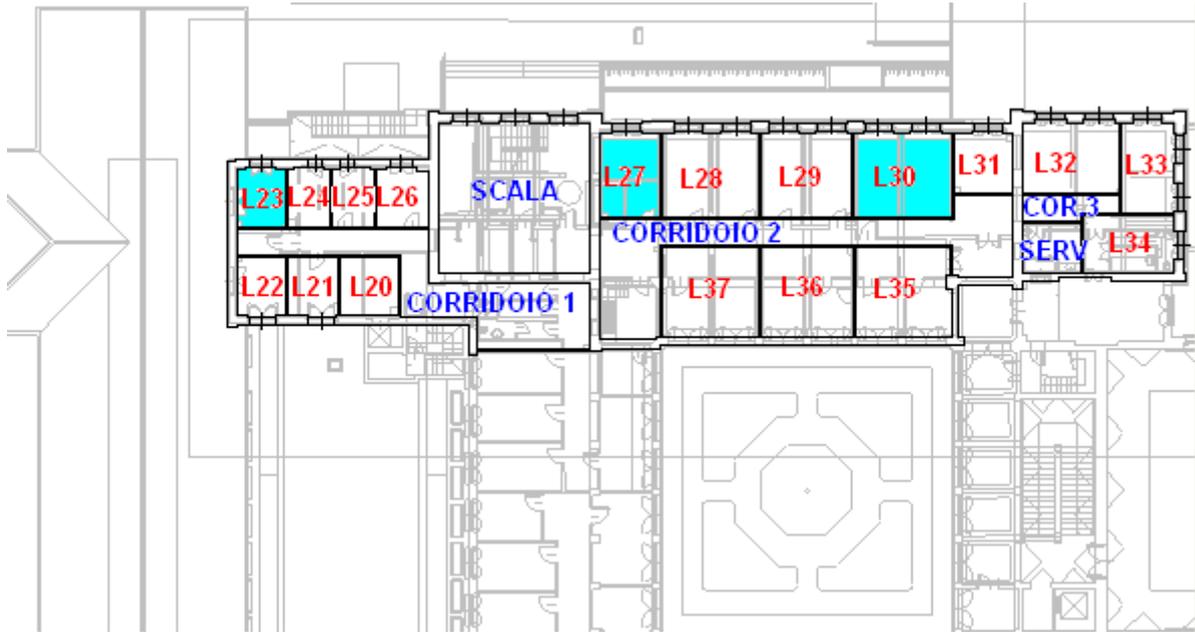


Fig. 48 Locali rappresentativi scelti al Piano Primo.

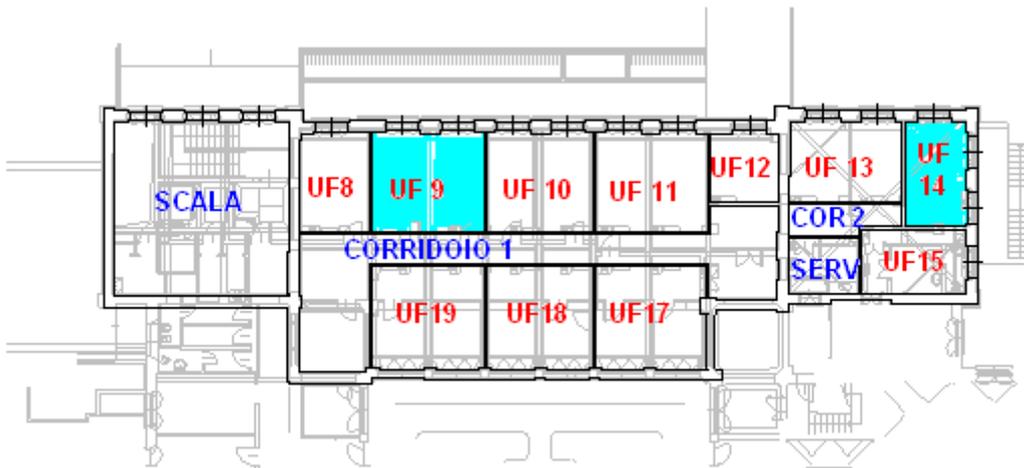


Fig. 49 Locali rappresentativi scelti al Piano Secondo.

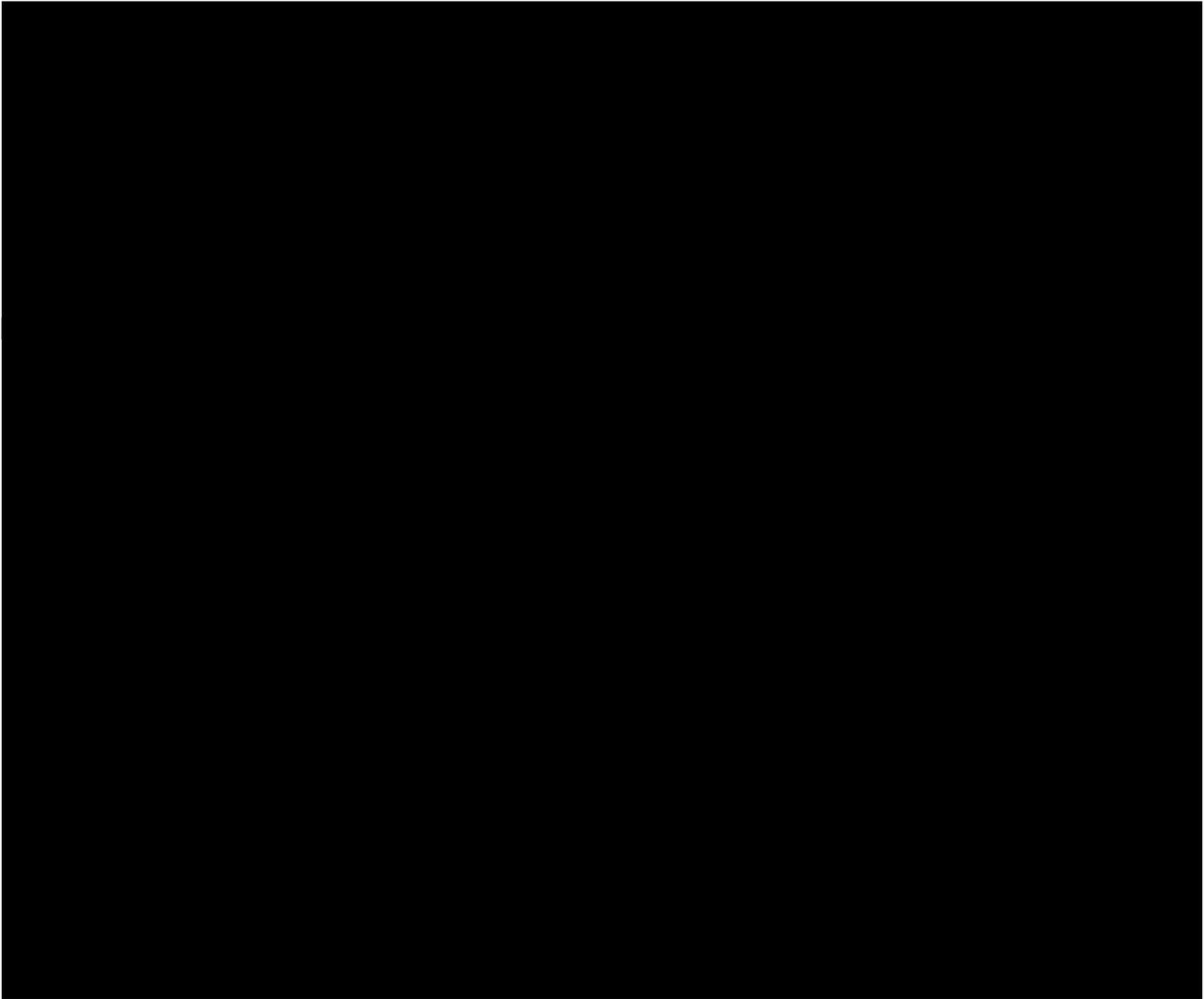


Fig. 50 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'aula 18 al piano interrato.

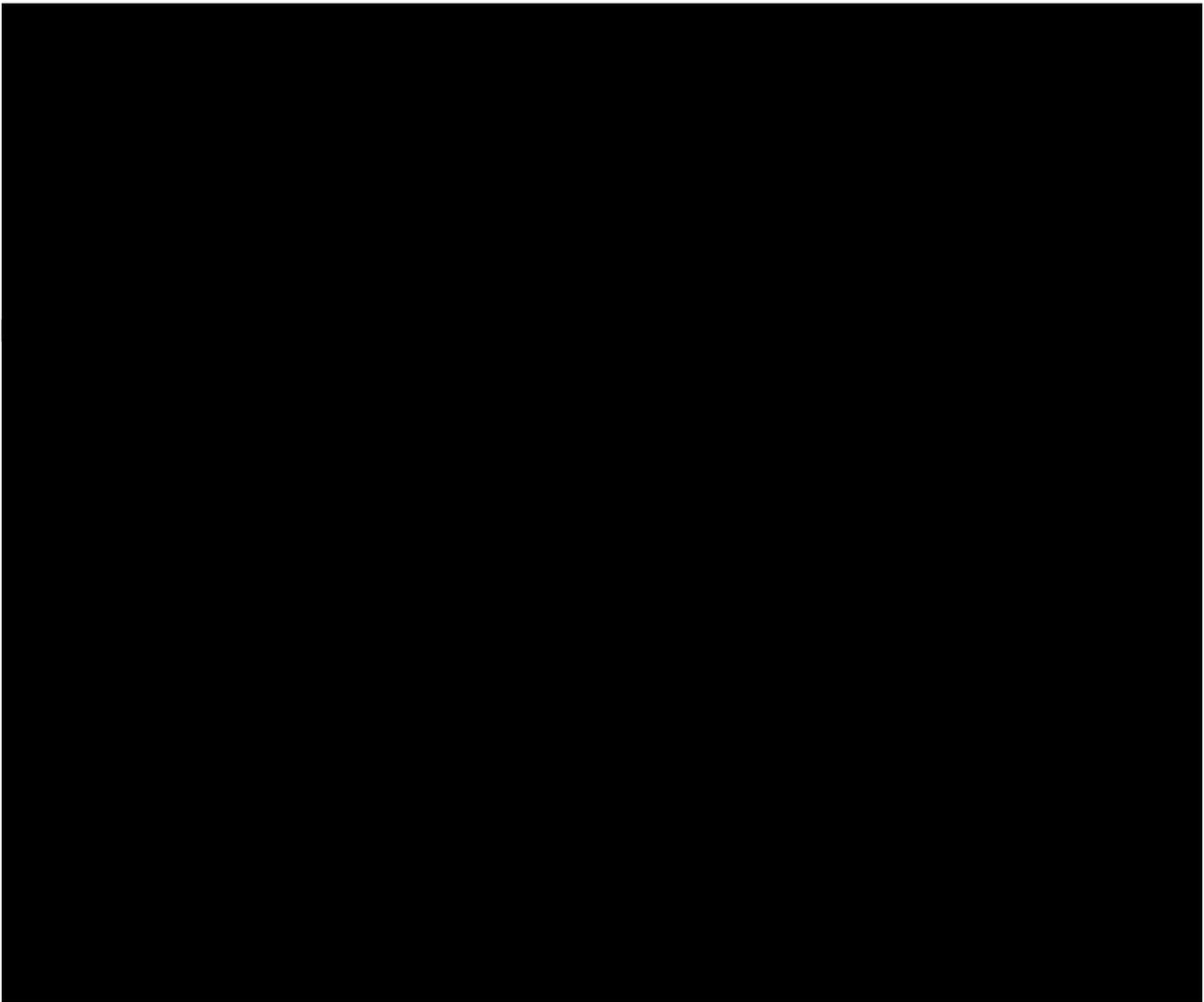


Fig. 51 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'ufficio 22 al piano terra.

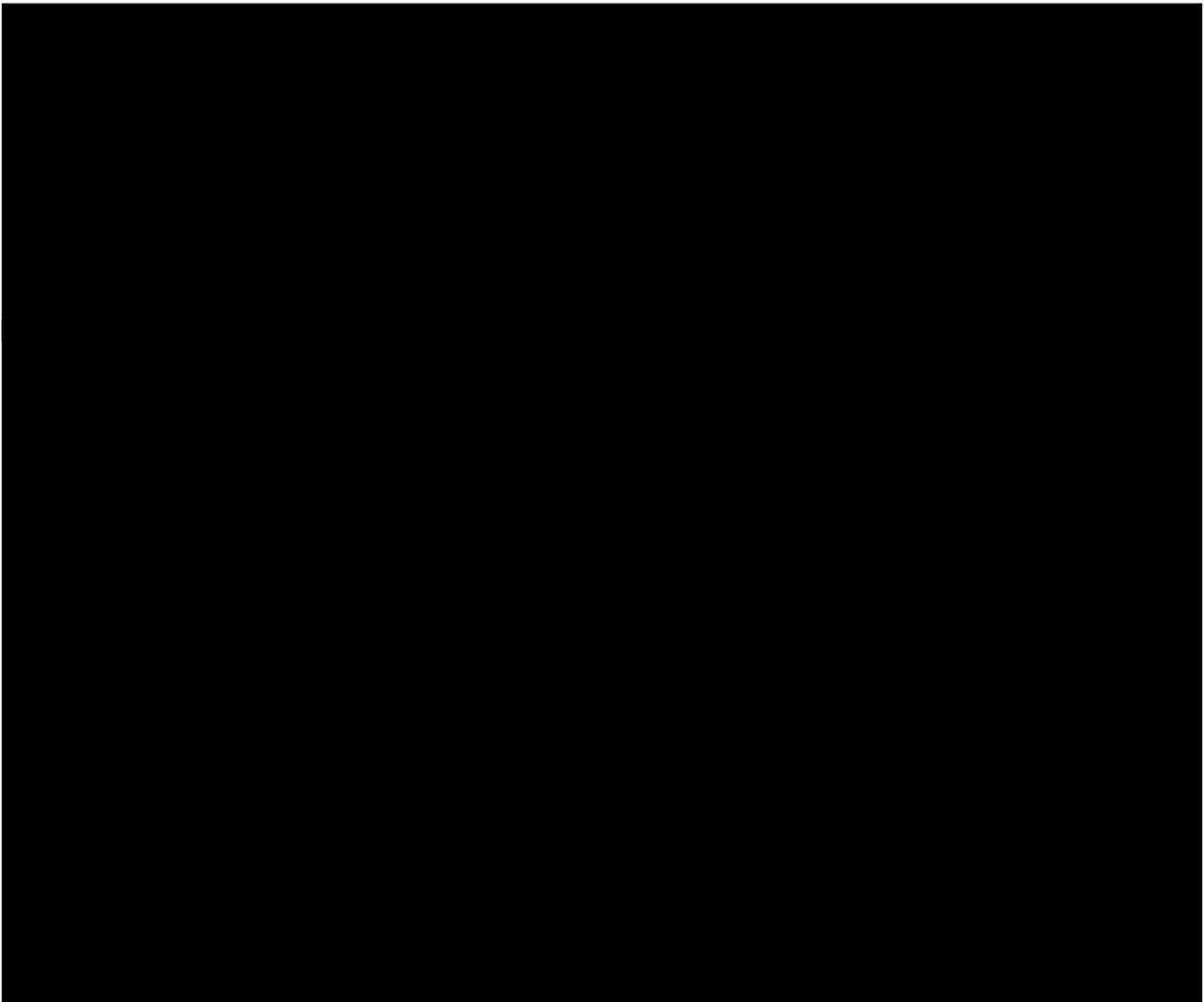


Fig. 52 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'ufficio 23 al piano terra.

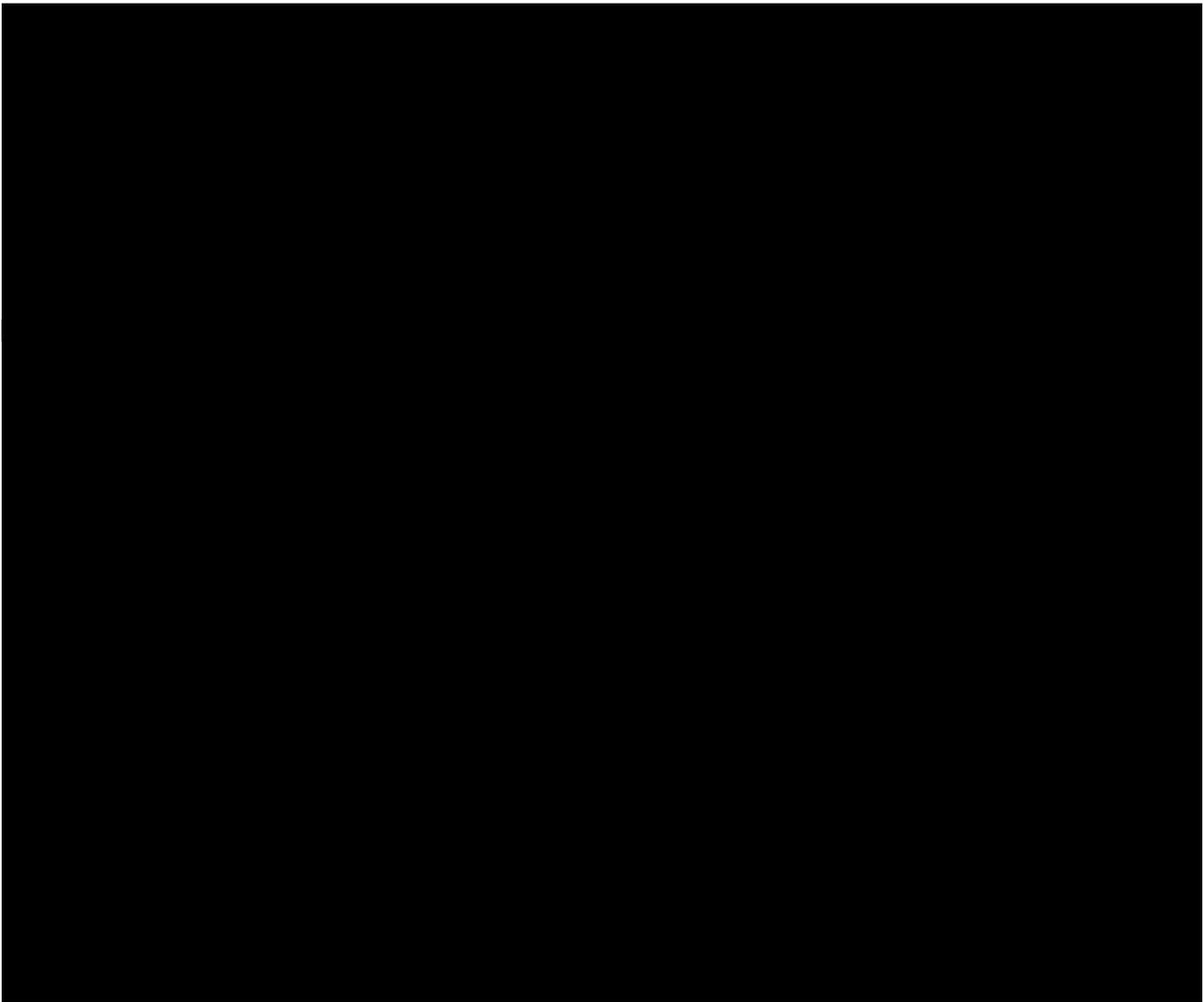


Fig. 53 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'ufficio 27 al piano primo.

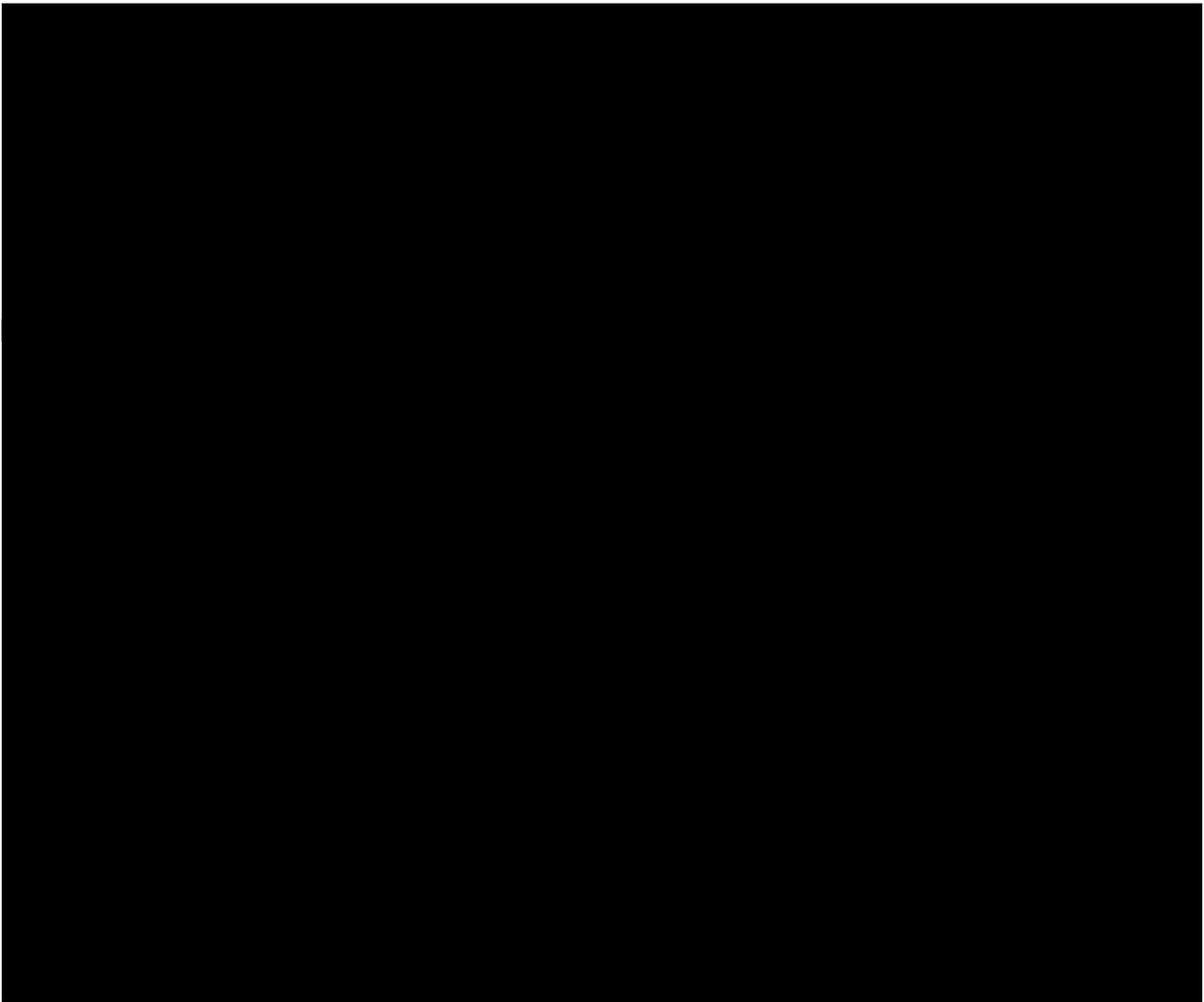


Fig. 54 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'ufficio 30 al piano primo.

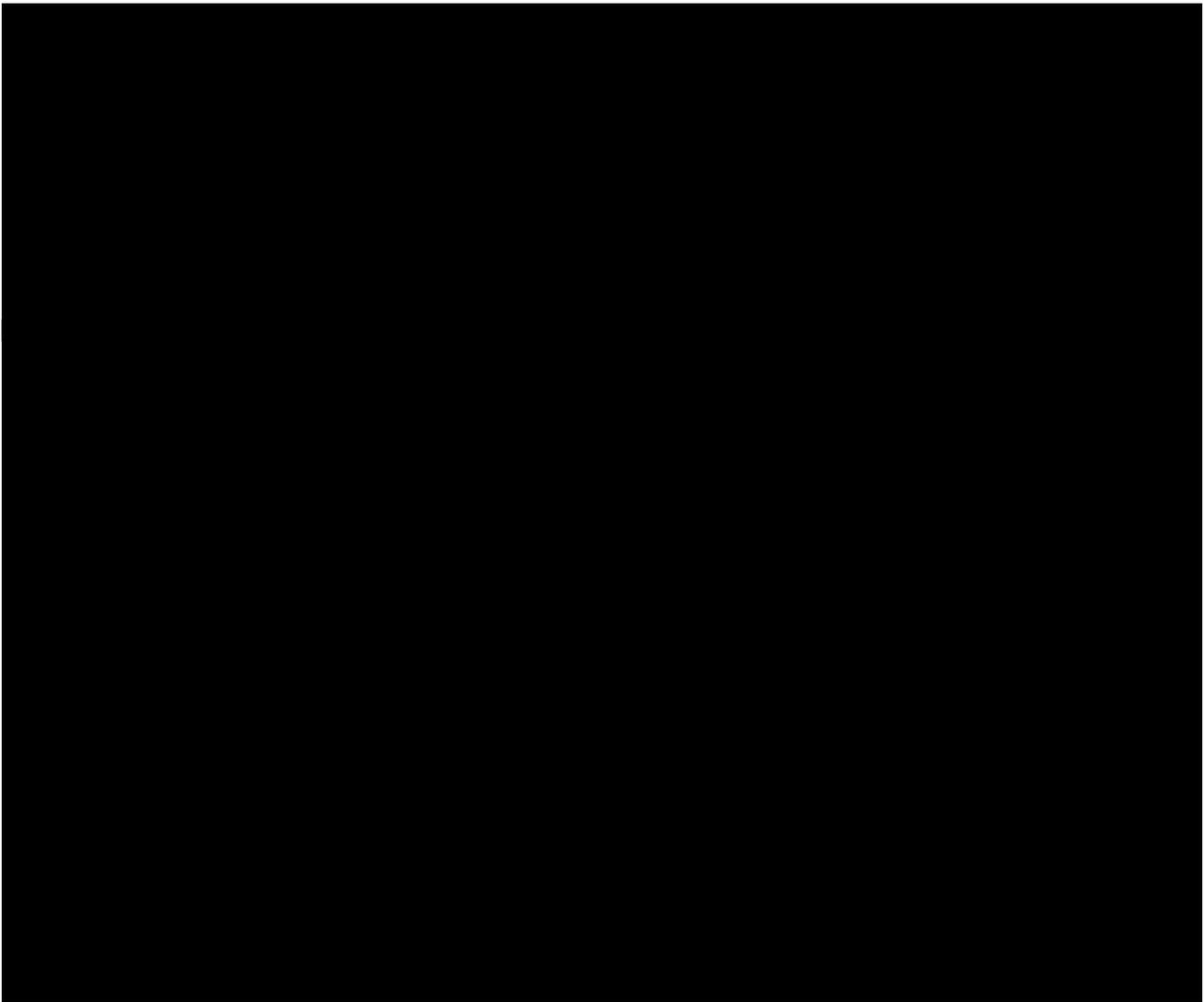


Fig. 55 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'ufficio 9 al piano secondo.

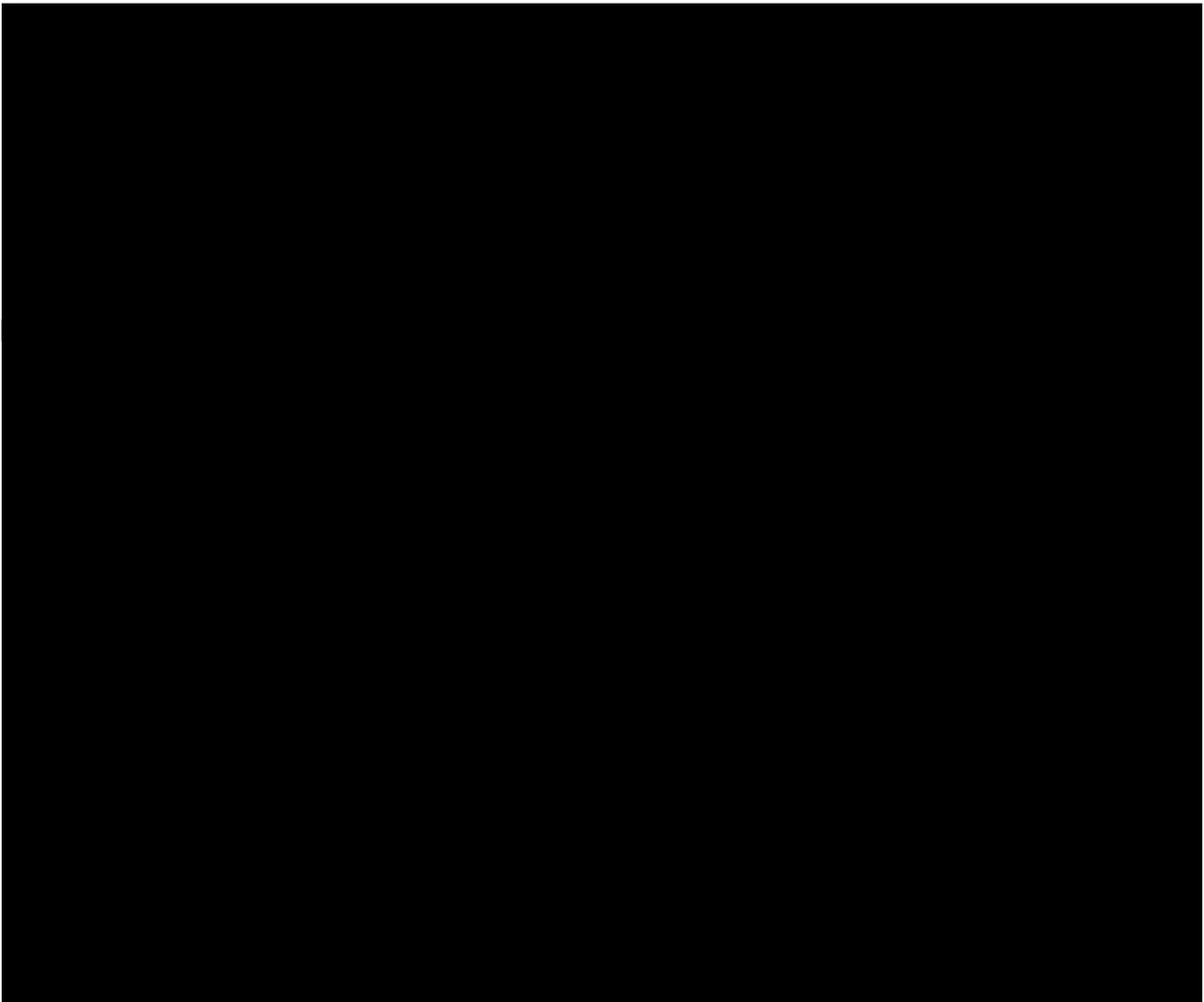


Fig. 56 Foglio di calcolo dei livelli di pressione sonora previsti da 1 a 12 metri di distanza dalla sorgente nell'ufficio 14 al piano secondo.

9 Conclusioni sui risultati delle previsioni dei livelli sonori

I valori di pressione sonora, Spl [dBA], calcolati per i diversi ambienti rappresentativi oggetto del presente studio, sono riferiti a distanze variabili di 1m nel range compreso fra 1 e 12 m. Il valore massimo da non superare di 35 dBA è stato impostato a 2 metri di distanza dalla sorgente, corrispondente alla distanza minima media cui si può trovare un utente del locale. I valori di potenza sonora complessivi n (sommatoria acustica dei valori spettrali) per singolo apparecchio (Fancoil o bocchetta) espressi in Lw[dBA] rappresentano il valore di targa garantito dal costruttore e/o dall'installatore, necessario affinché si verifichino i valori Spl calcolati.

9.1 Limiti dello studio

Le assunzioni e i calcoli effettuati si riferiscono ad un ambiente tipo. Si vuole evidenziare che le caratteristiche di fonoassorbimento reali possono influire in modo concreto, sia in difetto che per eccesso sui valori ottenuti. (ad esempio l'impiego di un controsoffitto molto fonoassorbente darebbe luogo a valori di pressione più bassi). Allo stesso modo anche le effettive caratteristiche spettrali della forzante potrebbero influire sulle risultanze. Per questo motivo si rende indispensabile, in seguito sia alla scelta finale della componentistica dell'impianto che dei rivestimenti interni, vengano prodotte le certificazioni di potenza sonora dei singoli componenti espressi in banda di terzo di ottava che le certificazioni del coefficiente di assorbimento acustico dei materiali di rivestimento anche essi espressi banda di terzo di ottava. Tali certificazioni consentiranno un ricalcolo dei livelli di pressione sonora effettivamente ottenibili. Quanto presentato si deve quindi intendere come calcolo indicativo, si consiglia quindi una verifica su uno più locali prima di procedere in modo esteso.

LOCALE	SORGENTI Lw TOT. [dBA]	Lw MASSIMO AMMISSIBILE (Per singola bocchetta / Fancoil) [dBA]	Spl al ricettore (distanza 2m.) [dBA]
AUS 18 PI	n. 4 bocchette 45.97	39.5	34.57 Max 35
UF 22 PT	n. 3 bocchette 44.97	40.2	34.75 Max 35
UF 23 PT	n. 3 bocchette 42.97	38.1	34.23 Max 35
L23 1°P	n. 1 bocchetta 40.97	40.97	34.15 Max 35
L27 1°P	n. 1 Fancoil 42.97	42.97	34.21 Max 35
L30 1°P	n. 2 Fancoil 44.96	41.7	34.74 Max 35
UF 9 2°P	n. 2 Fancoil 44.96	41.7	35.05 Max 35
UF 14 2°P	n. 1 Fancoil 41.97	41.97	34.34 Max 35

Tab. 5 Livelli di pressione sonora attesi nei locali campione, confrontati con i valori massimi previsti per Legge, in rapporto alla potenza sonora Lw impiegata.

Prof. dott. ing. Michele Damiano Vivacqua

**“Tecnico competente in acustica ambientale”
ai sensi della Legge 447/95 art. 2 comma 6.**

ALLEGATO

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti (d.p.c.m. 5/12/97):

- a) 35 dB (A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- b) 25 dB (A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo.

Tale tipo di rumore è intrinsecamente relazionato alle caratteristiche progettuali ed alle modalità di esecuzione dell'impianto.

Le problematiche di contenimento delle emanazioni sonore devono quindi essere trattate contestualmente alla progettazione; per questo motivo gli unici possibili e reali garanti dell'adeguato funzionamento acustico di tali manufatti sono i soggetti che le forniscono e le installano.

Di seguito si danno alcune raccomandazioni per l'esecuzione degli impianti idrico sanitari.

La velocità dell'acqua nelle tubazioni deve essere minore di 2 m/s.

La dimensione della sezione delle tubazioni deve essere prevista per questa velocità massima

Le tubazioni sia delle acque scure che di quelle chiare non devono essere installate in corrispondenza delle pareti di: camere da letto, soggiorno, studio, o altre stanze dove è richiesta maggiore privacy, e minore rumore ambientale

I canali di scarico non devono essere installati in corrispondenza delle pareti delle camere da letto, o in vicinanza di queste

Il numero degli elementi di ripartizione delle tubazioni (gomiti, connessioni a T e a Y) deve essere minimo

Regolatori di pressione dovrebbero essere installati al fine di mantenere inferiore ai 344 kPa il livello di pressione nelle tubazioni principali

Elementi regolatori del colpo d'ariete devono essere installati in prossimità delle valvole d'azionamento rapido (rubinetteria) presenti nella parte terminale dell'impianto. Tale operazione deve essere fatta anche nella posizione terminale di lunghe tubazioni.

Le valvole ad attivazione rapida sono presenti anche nei pressi di elettrodomestici quali lavabiancheria, lavastoviglie

Scegliere valvole a ridotto rischio di cavitazione (con relativa certificazione del prodotto ed istruzioni di montaggio)

Le tubazioni dovrebbero essere preferibilmente in ghisa

Le tubazioni dovrebbero essere raccordate tra loro mediante elementi a sezione graduale. Se questo non è possibile si deve isolare i tratti maggiormente disturbanti dal resto della rete mediante connettori flessibili, e supporti alla struttura resilienti

Le tubazioni sia delle acque scure che delle acque chiare devono essere isolate dalle strutture dell'edificio nei punti di contatto, mediante l'uso di manicotti resilienti, elementi ammortizzanti, o comunque con materiale resiliente (neoprene, gomma, feltri e manti imbottiti) di spessore minimo 65 mm

Nei punti dove una tubazione attraversa una parete, la dimensione del foro deve essere minima. In nessun caso dovrà esserci contatto tra parete e tubazione. Lo spazio tra essi dovrà essere riempito a mezzo di materiale resiliente, in modo tale da evitare ponti acustici

Tubazioni orizzontali entro controsoffitti devono essere sostenute da supporti resilienti

Le tubazioni di scarico meteorico esterne alle chiusure devono essere isolate dalla struttura, mediante inserimento di feltri o collari in neoprene tra tubazione e anelli di collegamento alla parete

Non è consentirlo l'attraversamento diretto di pareti divisorie con tubazioni d'approvvigionamento idrico

I sanitari (W.C, vasche da bagno, doccia) collocati sulla pavimentazione devono essere installati su supporti resilienti

Elettrodomestici collocati sulla pavimentazione (lavatrici e lavastoviglie) devono essere installati su supporti resilienti al di sopra di strutture di sostegno isolate, come specificato dal costruttore

Le attrezzature (rubinetteria, ecc.) dei sanitari devono essere isolate dalla parete di sostegno mediante guarnizioni in materiale resiliente

La lavatrice è connessa alle tubazioni in ingresso e in uscita mediante giunti flessibili, in modo tale da evitare una rigida connessione con la struttura dell'edificio

Le connessioni elettriche a pompe dell'impianto devono essere realizzate mediante cavi flessibili, in modo tale da evitare rigidi connessioni con la struttura

Le connessioni tra pompe e tubazioni dell'impianto devono essere realizzate con elementi flessibili

Le tubazioni delle acque reflue in locali sensibili al rumore devono essere ricoperte da: a) lamina di spessore 0.8 mm, b) isolamento in schiume o fibra di vetro coperto con lastra di alluminio di spessore minimo 1.6 mm assicurata con nastro o adesivo

Le tubazioni di largo diametro delle acque chiare e scure devono essere: a) fatte passare entro un'intercapedine creata mediante lastra in cartongesso ed allineate con materiale in fibra di vetro, b) avvolte in rivestimenti in fibra di vetro avente densità minima di 96 Kg/m^3 e spessore minimo di 7.6 cm, con copertura pesante in plastica o con guida materiale vinilico pesante (4.9 Kg/m^2)

Tutte le pompe e i compressori devono essere isolati dagli elementi tecnici di partizione orizzontale tramite l'uso di isolatori di vibrazioni aventi un minimo di 1,2 mm di deformazione statica.