

LABORATORIO BOSCO 23-24

FILIERA LOCALE | SOSTENIBILITÀ | ECONOMIA CIRCOLARE

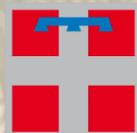
VERBANIA 29 NOVEMBRE 2024



BARRIERE ANTIRUMORE – STUDIO E PROTOTIPAZIONE

TASK 2.3 | STUDIO E PROTOTIPAZIONE DI ELEMENTI PER BARRIERE ANTIRUMORE

Politecnico di Torino (Marco Zerbinatti, Louena Shtrepi, Diego Gino)



REGIONE
PIEMONTE



FEASR Fondo europeo agricolo per lo sviluppo rurale:
L'Europa investe nelle zone rurali

GRUPPO DI LAVORO:



Politecnico di Torino, Dipartimenti DISEG e DENERG

Marco ZERBINATTI	Professore Associato (Coordinatore)
Arianna ASTOLFI	Professore Ordinario
Sara FASANA	Ricercatore L. 240/T.D. b)
Luca GIORDANO	Professore Associato
Louena SHTREPI	Professore Associato
Valentina BUGGE'	Borsa di studio

Aziende Partner

SEGHERIA MINETTI, Crodo (Marcello MINETTI)

Ringraziamenti

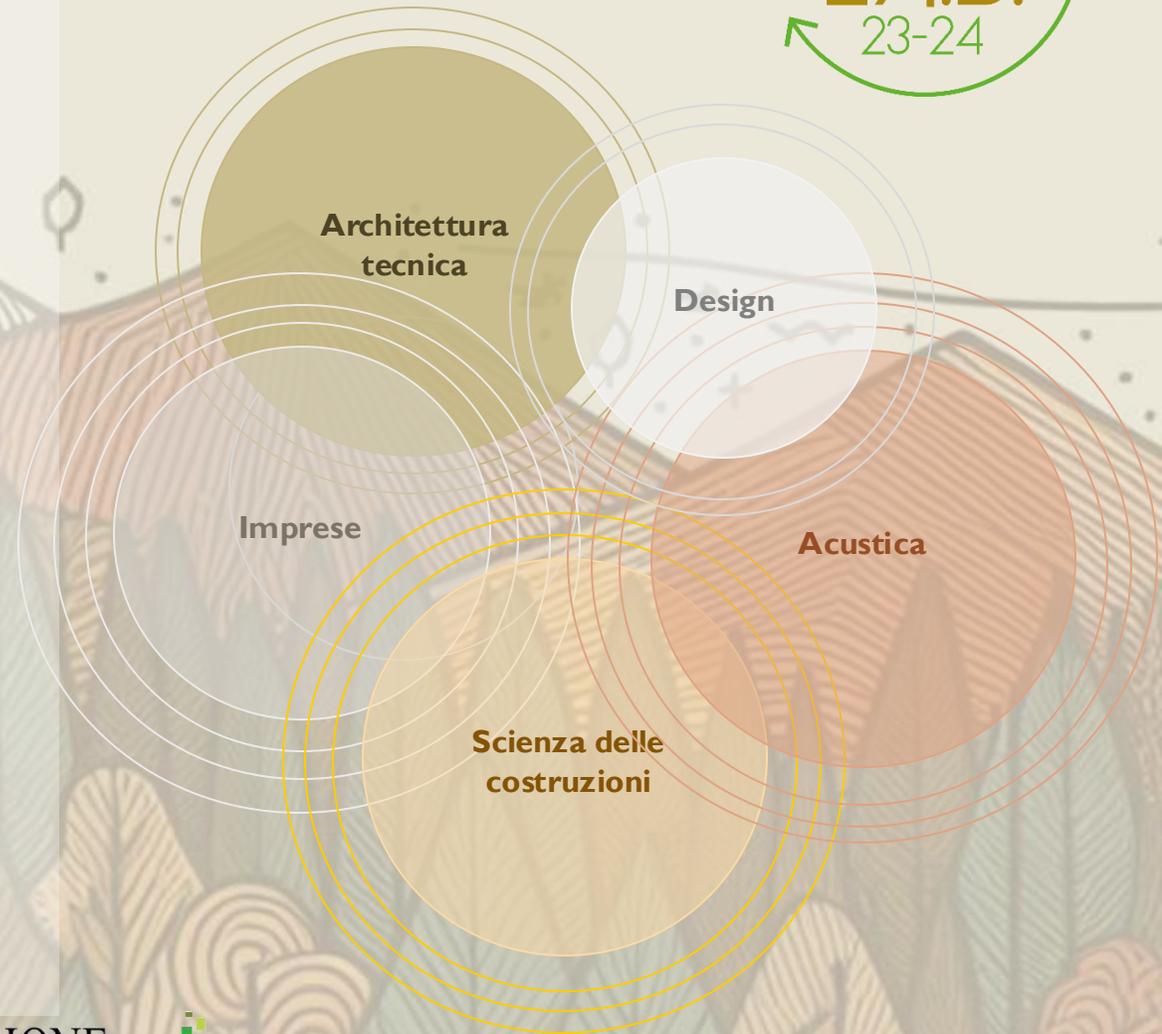
Moro SERIZZO, Crodo (Mariateresa MORO)

DIEGO GINO RICERCATORE L. 240/T.D.A)

Laboratorio Prove fuoco materiali (DISAT)

MASTRLAB (DISEG)

ANDREA BOTTEGA, ANGELA GUASTAMACCHIA, ANDREA GERBOTTO,
RICCARDO CARADONNA (LAA – LABORATORIO DI ACUSTICA APPLICATA)



LAB 23-24 | TASK 2.3: SPECIFICITÀ E OBIETTIVI



Task 2.1
Studio di Fattibilità
sulla Filiera Biochar

Task 2.2
Analisi di mercato
del Pellet e Cippatino

Task 2.3
Prototipazione e
testing di barriere
antirumore

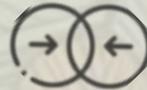
Task 2.4
Studio e animazione
per consorzio di II
livello



Esigenza di **mitigare**
l'inquinamento acustico da
traffico ferroviario



Avvio di processo virtuoso di
valorizzazione di risorse e competenze



Compatibilità con **contesto paesaggistico**
di riconosciuto valore

Modello replicabile di gestione
sostenibile



Valorizzare le risorse locali



Promuovere lo sviluppo
economico del territorio



REGIONE
PIEMONTE



I – PRESA VISIONE DEL CONTESTO LOCALE



Crevoladosasola. Zona della stazione e vista sulla massicciata della grande curva ferroviaria a nord di Domodossola.



(I – PRESA VISIONE DEL CONTESTO LOCALE)

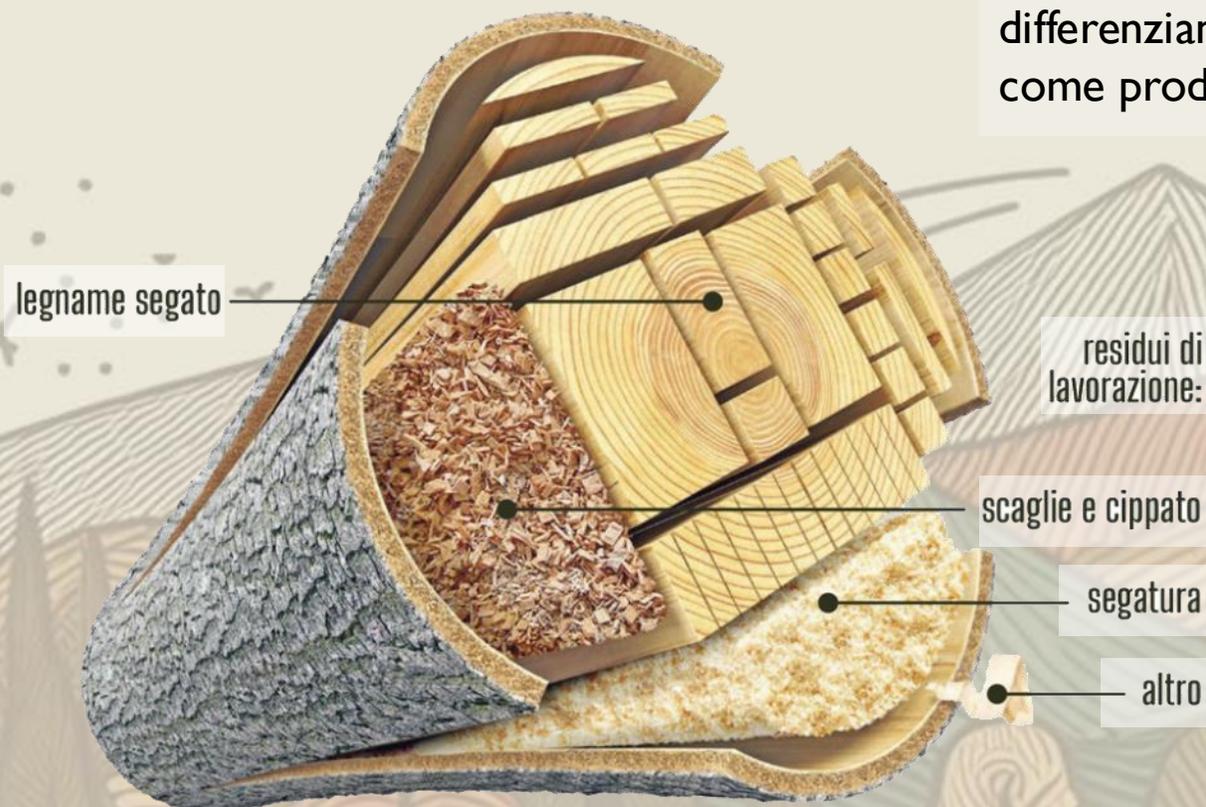


Crevoladosasola. Viste verso Domodossola riprese da Monte.



2 – PRODOTTI LOCALMENTE DISPONIBILI

Tra i prodotti del legno disponibili nelle segherie locali in generale si differenziano tra semi-lavorati e residui di lavorazione, classificabili come prodotti di seconda scelta.



Legname segato,
proveniente dalla
parte più interna del
tronco

Elementi
strutturali

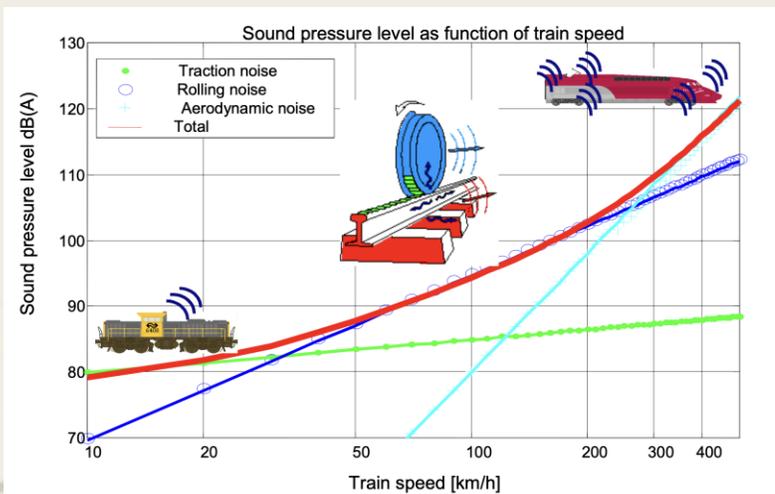
Sciaveri, sezioni di
segmento circolare
provenienti dalla
parte più esterna del
tronco

Rivestimenti

Cippato, residuo di
lavorazione

Produzione di
biochar

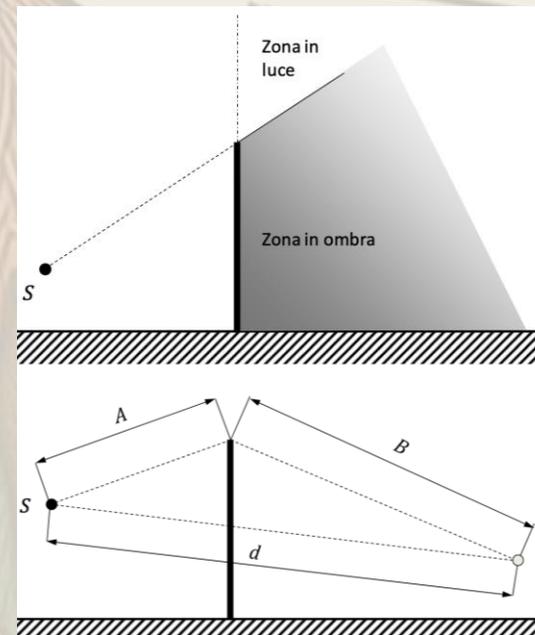
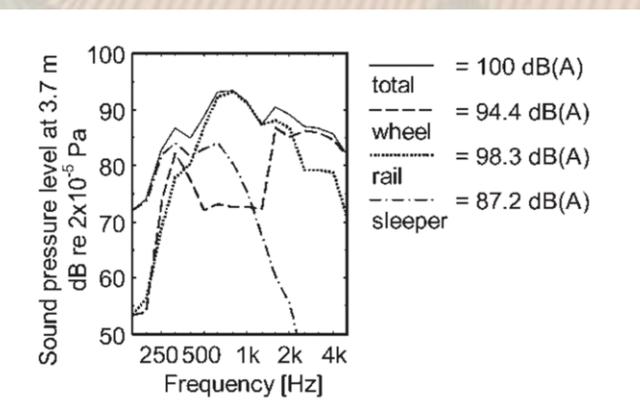
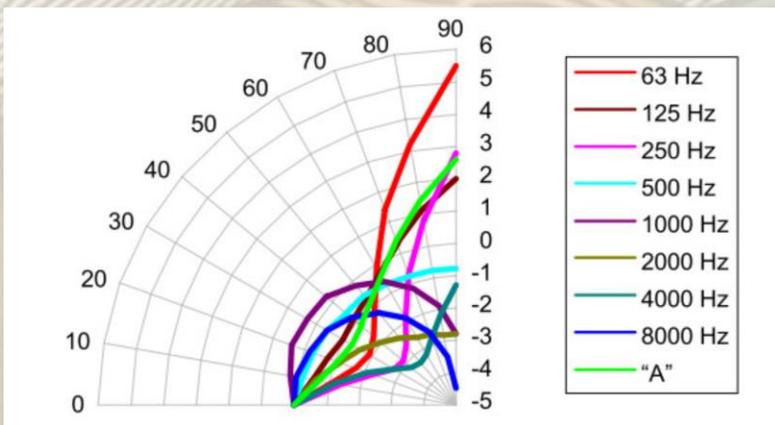
3 – SORGENTE DI RUMORE FERROVIARIA



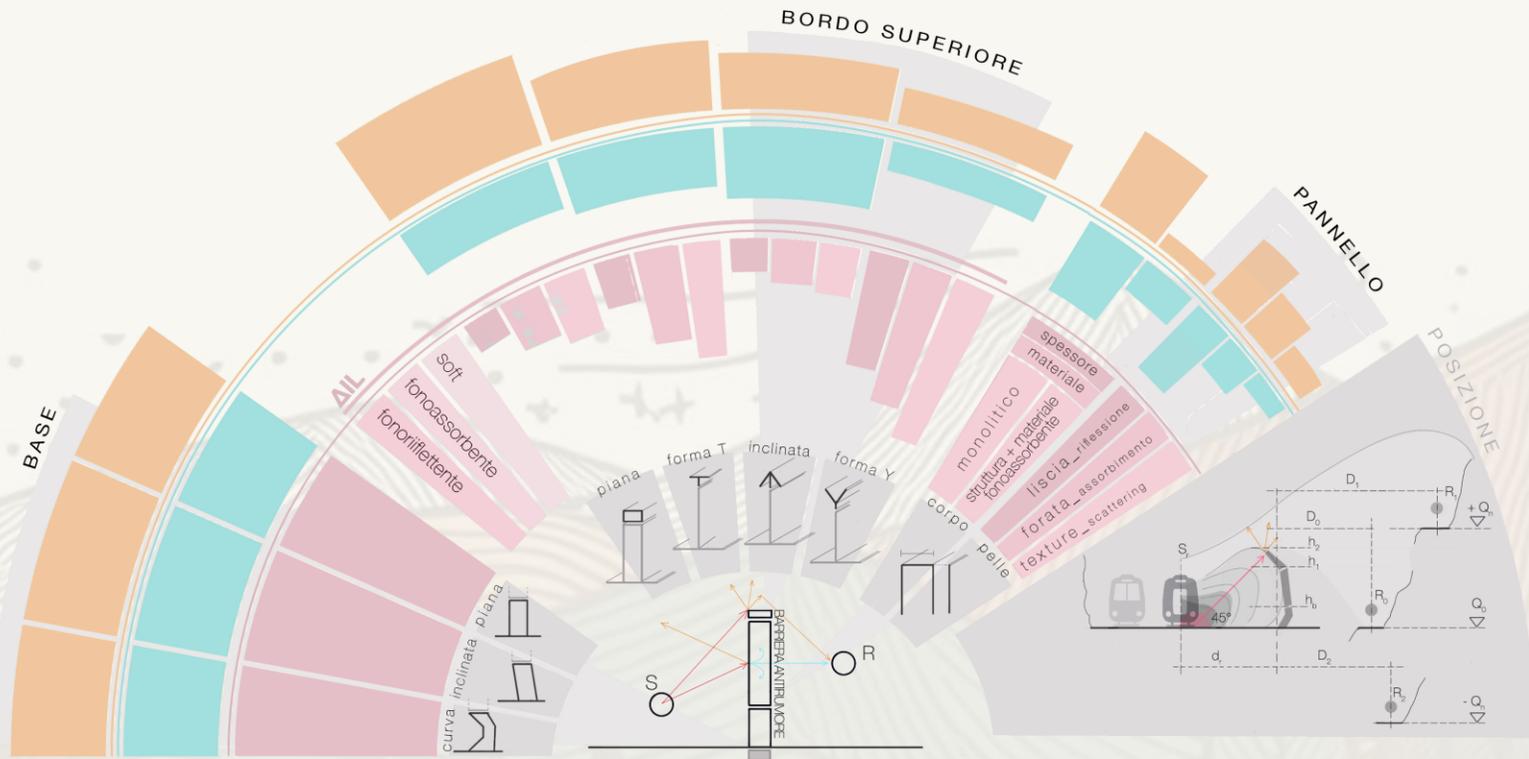
La sorgente di rumore ferroviaria è caratterizzata da tre diverse componenti: rumore dovuto alla **trazione**, rumore **aerodinamico**, rumore dovuto all'**attrito** delle ruote sui binari.

Presenta dunque uno spettro e una direttività caratteristiche.

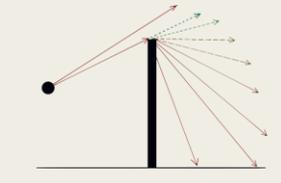
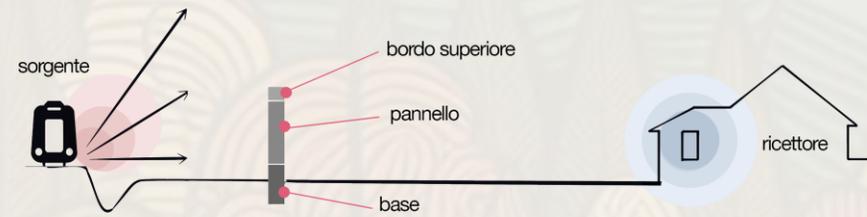
In base a queste peculiarità vengono definite le caratteristiche geometriche della barriera



4 – ANATOMIA DI UNA BARRIERA ALLO STATO DELL'ARTE

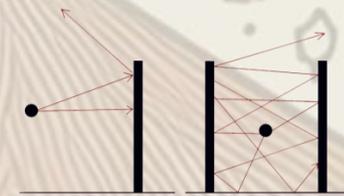


Le barriere antirumore possono essere scomposte in tre elementi principali, ognuno dei quali ha un ruolo fondamentale nell'efficacia acustica del dispositivo.



Effetto diffrattivo del bordo superiore

Gioca un ruolo cruciale nel migliorare l'efficacia dell'attenuazione del rumore ferroviario, si cerca pertanto di ottimizzarne l'effetto.



Pannello fonoisolante

Barriera fisica per la diretta propagazione del rumore verso il ricettore. Una barriera molto isolante e riflettente può generare un "effetto canyon".



Elemento basamentale

Per il rumore che si origina all'altezza del ballast l'elemento basamentale può avere un'efficacia determinante sulla perdita di inserzione del rumore ferroviario.

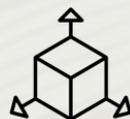


5 – REQUISITI PRESTAZIONALI



Materiali

Devono possedere proprietà acustiche idonee, ma anche essere resistenti atmosferici e al degrado nel tempo



Dimensioni

L'altezza va supportata da strutture che possano sostenerne peso e resistere a carichi dinamici come il vento



Geometria

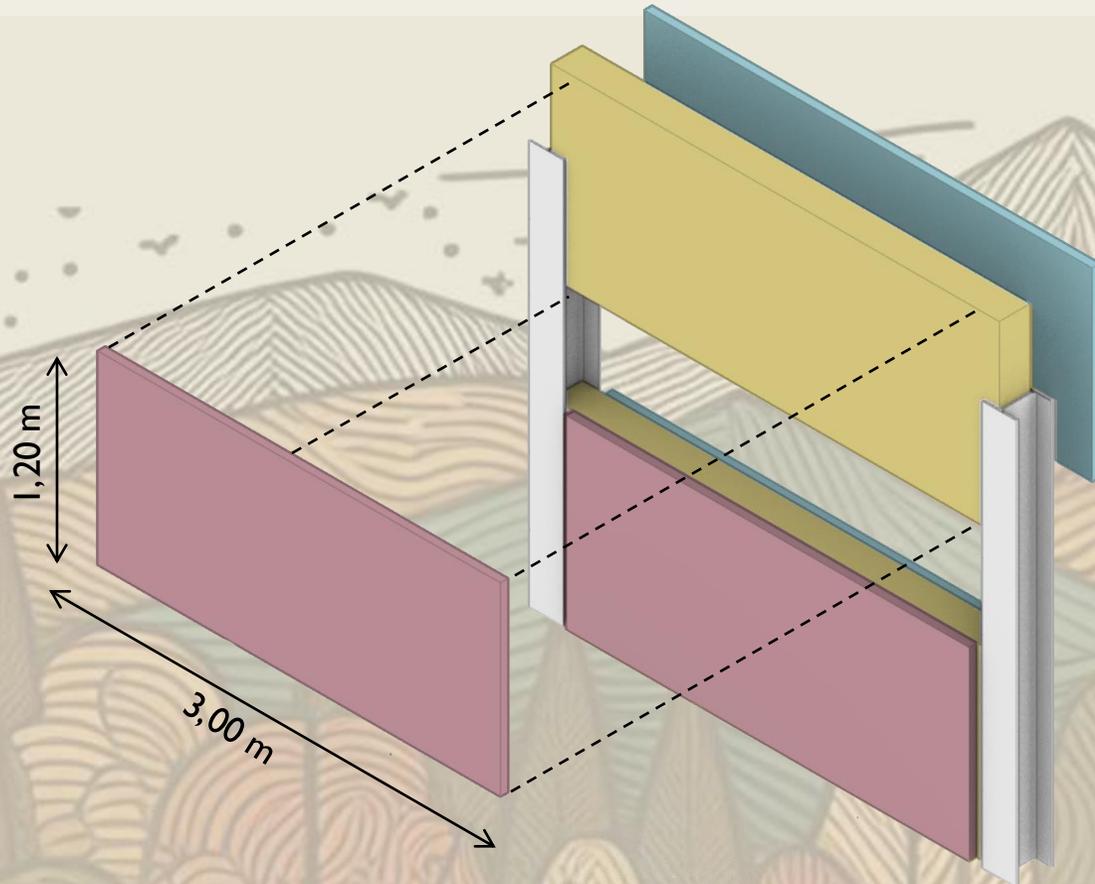
Forme innovative possono migliorare l'efficienza acustica, ma devono resistere ai carichi strutturali

Caratteristica		Norma	Standard
Assorbimento	Elevate prestazioni (Ia)	I pannelli appartenenti alla Classe I sono caratterizzati dalla capacità di fonoassorbimento. Per i pannelli appartenenti alla Classe II non vengono richieste particolari caratteristiche di fonoassorbimento.	Tabelle 3 e 4
	Medie prestazioni (Ib)		
	Nessuna prestazione fonoassorbente (II)		
Isolamento	Classe I (a/b)	La differenza tra il DLSI misurato tra pannelli e montanti non deve essere superiore a 5 dB.	UNI EN ISO 16272-2, UNI EN 16272-3-2 Rw ≥ 30 dB; DL _a ≥ 30±2 dB
Stabilità strutturale	Stabilità a carichi permanenti (propri)	Va considerato sia il peso asciutto che bagnato	UNI EN 16727-1
	Carichi permanenti (portati)	La struttura può fungere anche da supporto per gli impianti della trazione elettrica - elementi di sostegno, eventuali cavi ancorati al palo (trefolo di terra)	UNI EN 1794-1, Appendici A e B
	Carichi variabili (Neve, sisma)	Capacità della barriera di sopportare carichi addizionali temporanei come neve, o eventi sismici.	UNI EN 1998, UNI EN 1991-1-3,
	Impatto del pietrisco	Capacità di un pannello di resistere agli impatti di pietrisco e detriti sollevati dal movimento dei treni.	UNI EN 16727-1; UNI EN 1794-1 Appendice C
	Resistenza ai fattori ambientali	Resistenza al vento, Pressione aerodinamica	Capacità della barriera di resistere a carichi di vento e alle pressioni generate dal passaggio dei treni senza subire deformazioni permanenti o crolli.
	Corrosione	Protezione del materiale da processi di deterioramento causati da reazioni chimiche con l'ambiente.	UNI EN ISO 12944
	Umidità e agenti atmosferici	Capacità di mantenere prestazioni e integrità strutturale nonostante esposizione a umidità, pioggia, e variazioni termiche.	
	Al fuoco	-	DM 17.1.2018, paragrafo 3.6.1.1, UNI EN 13501-0 Classe A1, non combustibili o autoestinguibili
Protezione superficiale	Corrosione da nebbia salina	Efficienza della protezione superficiale dei materiali in ambiente marino o salino.	UNI EN ISO 9227, UNI EN ISO 4628 parti 2-3-4-5 1500 ore: l'arrugginimento e/o la bollatura non devono penetrare per più di 2 mm.
	Adesione dei rivestimenti	Capacità del rivestimento di mantenere aderenza alla superficie del materiale nel tempo e sotto sollecitazione.	UNI EN ISO 2409 ≥ 2 Mpa Grado 0 (nessun distacco)
	UV e agenti atmosferici	Durabilità del colore e delle proprietà fisiche del rivestimento sotto esposizione agli UV e variazioni dimatiche.	UNI EN ISO 11507 1000 ore: assenza di cracking, blistering, flaking e rusting
	Resistenza agli urti	-	UNI EN ISO 6272 parti 1-2 No screpolature o distacchi per caduta di una massa di 1 kg da un'altezza di 70-80 cm



6 – CONCEPT

È stato ipotizzato un sistema modulare, con pannelli fonoisolanti/fonoassorbenti compatibili con una sistema strutturale di montanti realizzati con profili HE, secondo uno schema simile a quelli già adottati, in generale e da RFI.



-  Rivestimento fonoassorbente, lato ferrovia - **da definire**
-  Pannello fonoisolante, principale elemento schermante – **da definire, struttura in legname segato**
-  Rivestimento in legno - **ipotesi scandole**

Il trattamento delle superfici in modo diverso è dovuto alla particolarità della ferrovia in esame. Una superficie fonoassorbente lato ferrovia limita l'effetto canyon»



7 – SCARTI E RIFIUTI DA FILIERE LOCALI



Rifiuto minerale locale derivato dalla filiera della lavorazione della pietra.

Brevetto europeo **EP 16 801 599.8** «*Building material obtained from an alkaline activation of sawing sludge of stone materials and process producing such building material*»



8 – REALIZZAZIONE PROVINI IN SCALA DI LABORATORIO



Sono state realizzate 3 diverse miscele, variando le proporzioni di materiale lapideo, soluzione attivante e cippato. I primi provini sono stati realizzati in una scala di laboratorio per valutare le caratteristiche intrinseche del materiale dal punto di vista meccanico e acustico.

Miscela M1

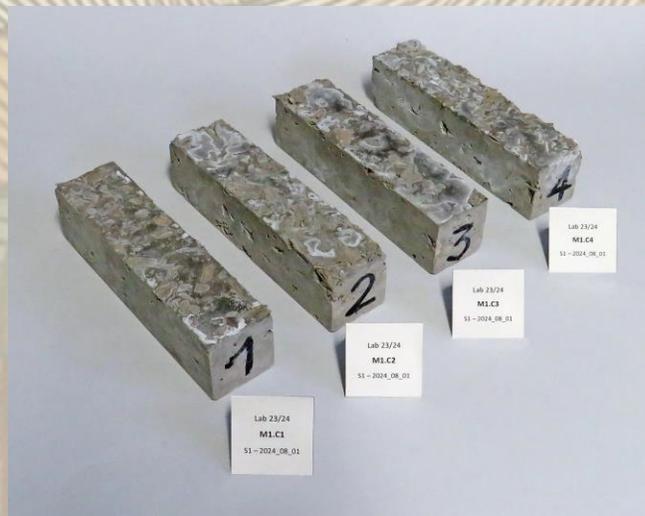
A partire da una ipotesi di rapporto soluzione attivante/fango/cippato, l'acqua è stata aggiunta all'impasto progressivamente, sino a ottenere una buona lavorabilità.

Miscela M2

Con l'obiettivo di ottenere un materiale più leggero si è aumentata la quantità di cippato, diminuendo la quantità di acqua

Miscela M3

Ottimizzazione della miscela con l'obiettivo di ottenere una formulazione intermedia tra le precedenti.



(8 – REALIZZAZIONE PROVINI IN SCALA DI LABORATORIO)

Con le miscele individuate sono stati realizzati provini di dimensioni standardizzate per l'esecuzione delle prove per la valutazione preliminare delle **prestazioni acustiche e meccaniche**.



Sono stati realizzati i provini per le **prove di fonoassorbimento in tubo di impedenza**, di dimensioni standard 35 mm di diametro e diverse altezze, in modo di valutare l'efficacia dello spessore sullo spettro di assorbimento acustico.

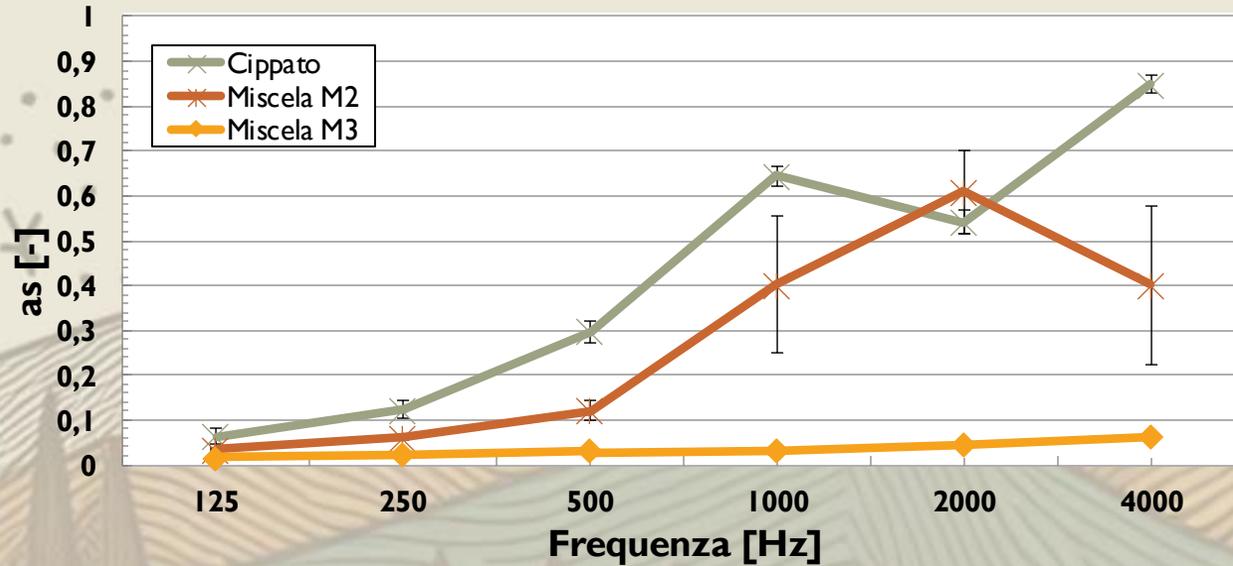


Sono stati realizzati inoltre i provini per le **prove di resistenza a trazione e compressione** di dimensione standard 160x40x40 mm.

9 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEI MATERIALI A SCALA DI LABORATORIO

Prove di fonoassorbimento in tubo di impedenza

Coefficienti di assorbimento



I test preliminari in tubo di Kundt (o di impedenza) hanno permesso una prima indagine sulle caratteristiche di fonoassorbimento delle miscele realizzate. È stata valutata inoltre la performance fonoassorbente del cippato «sciolto».

I risultati hanno evidenziato valori di fonoassorbimento incoraggianti per la miscela M2 (a minor densità) e il cippato, che sono stati ulteriormente esplorati in camera riverberante. I test per la miscela M2 sono stati effettuati su diversi campioni, mostrando ampia variabilità tra campione e campione.

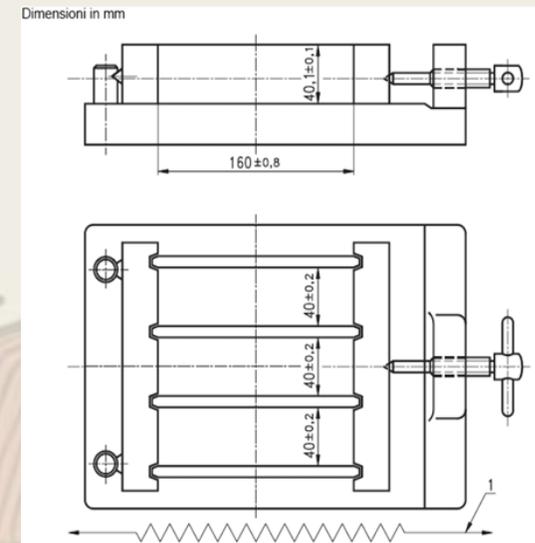
La miscela M3 (a maggior densità), come da previsione, è risultata essere del tutto fono-riflettente.

Comportamento meccanico dei campioni

→ Caratterizzazione meccanica in accordo con UNI EN 196-1:2016

- ❑ Prova di resistenza a flessione (3 punti di appoggio)
- ❑ Prova di resistenza a compressione

→ Sono stati realizzati 14 provini con le tre diverse miscele M1, M2 ed M3



Provini 40x40x160 mm



M1 (3)
(~1420 kg/m³)



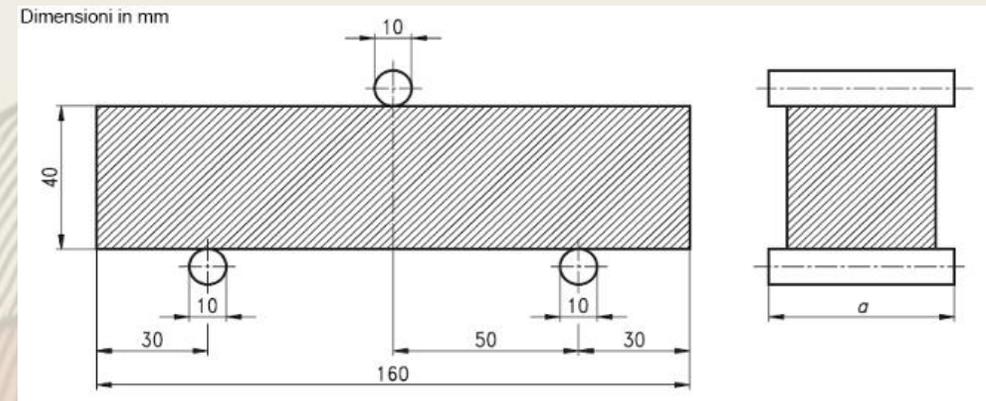
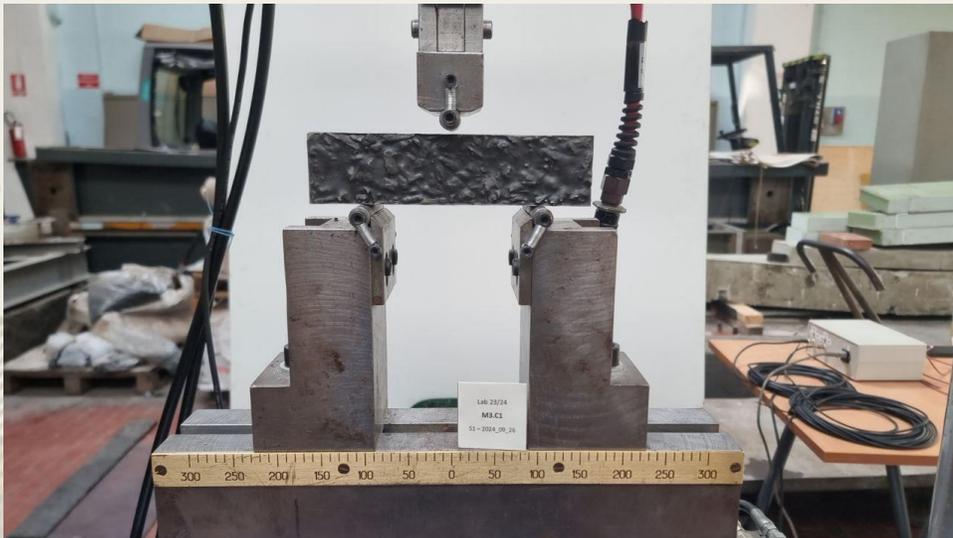
M2 (8)
(~800 kg/m³)



M3 (3)
(~1400 kg/m³)

Per confronto: CLS
(~2400 kg/m³)

Prova di resistenza a flessione



→ Valutazione della resistenza a flessione espressa in [MPa]
UNI EN 196-1:2016



→ Resistenza a flessione per i provini M1, M2, M3



Per confronto: CLS (ordinario)
(~2-3 MPa)

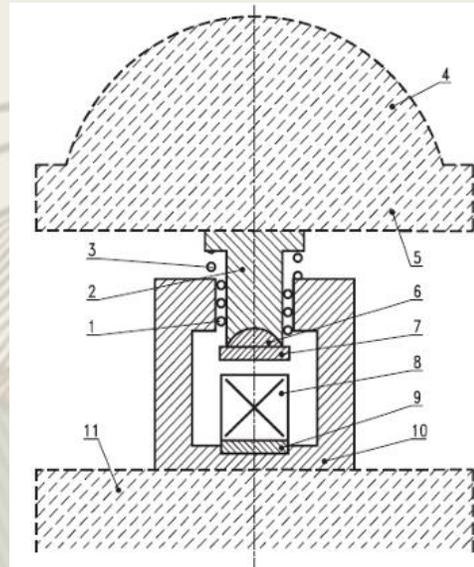
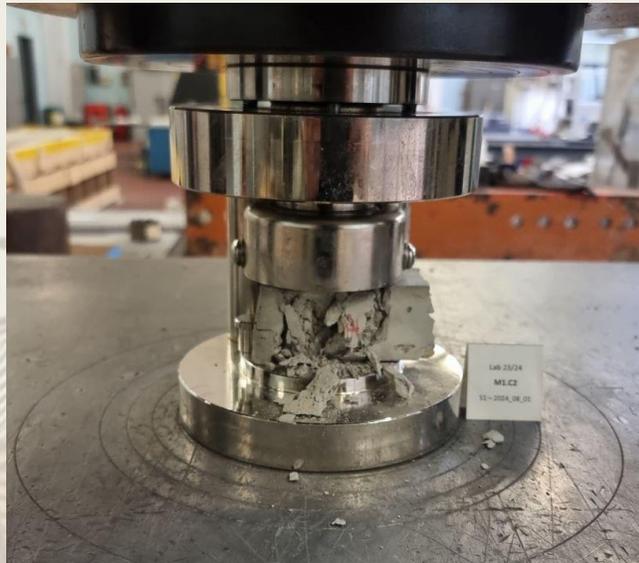
ID	FLESSIONE (L=100 mm)	
	Fmax	Resistenza a flessione
	(N)	(MPa)
M1_C2	1170.1	2.7
M1_C3	1847.7	4.3
M1_C4	1467.6	3.4
M2_C1	320.8	0.8
M2_C2	407.9	1.0
M2_C3	347.8	0.8
M2_C4	115.6	0.3
M2_C5	98.8	0.2
M2_C6	202.7	0.5
M2_C7	226.5	0.5
M2_C8	242.9	0.6
M3_C1	278.5	0.7
M3_C2	155.1	0.4
M3_C3	164.3	0.4

M1 (3)
(~ 3.5 MPa)

M2 (8)
(~ 0.6 MPa)

M3 (3)
(~ 0.6 MPa)

Prova di resistenza a compressione



→ Valutazione della resistenza a compressione uniassiale espressa in [MPa]
UNI EN 196-1:2016 – provino 40x40x40 mm rimaneggiato

(9 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEI COMPONENTI A SCALA DI LABORATORIO)



→ Resistenza a compressione per i provini M1, M2, M3



Per confronto: CLS (ordinario)
(~25-30 MPa)

ID	Fmax	Resistenza a compressione
	(N)	(MPa)
M1_C2	14447.6	9.0
	13565.7	8.5
	16645.9	10.4
M1_C3	16253.0	10.2
	14642.6	9.2
M1_C4	18858.3	11.8
	7419.1	4.6
M2_C1	6922.0	4.3
	6342.1	4.0
M2_C2	5377.5	3.4
	8848.7	5.5
M2_C3	7901.3	4.9
	4590.6	2.9
M2_C4	4452.2	2.8
	5117.8	3.2
M2_C5	4351.5	2.7
	3868.8	2.4
M2_C6	4615.0	2.9
	5522.8	3.5
M2_C7	5176.2	3.2
	5603.4	3.5
M2_C8	5534.5	3.5
	3424.9	2.1
M3_C1	3714.3	2.3
	3345.9	2.1
M3_C2	3203.6	2.0
	3702.6	2.3
M3_C3	3726.1	2.3

M1 (3)
(~ 9.8 MPa)

M2 (8)
(~ 3.6 MPa)

M3 (3)
(~ 2.2 MPa)



II – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL PROTOTIPO IN OPERA E CRITERI DI PROGETTAZIONE



Criteria per la progettazione strutturale

→ Materiale e verifiche di resistenza

- Definizione delle proprietà meccaniche (NTC2018, EN 338-2016)
- Metodo di verifica agli stati limite (NTC2018)

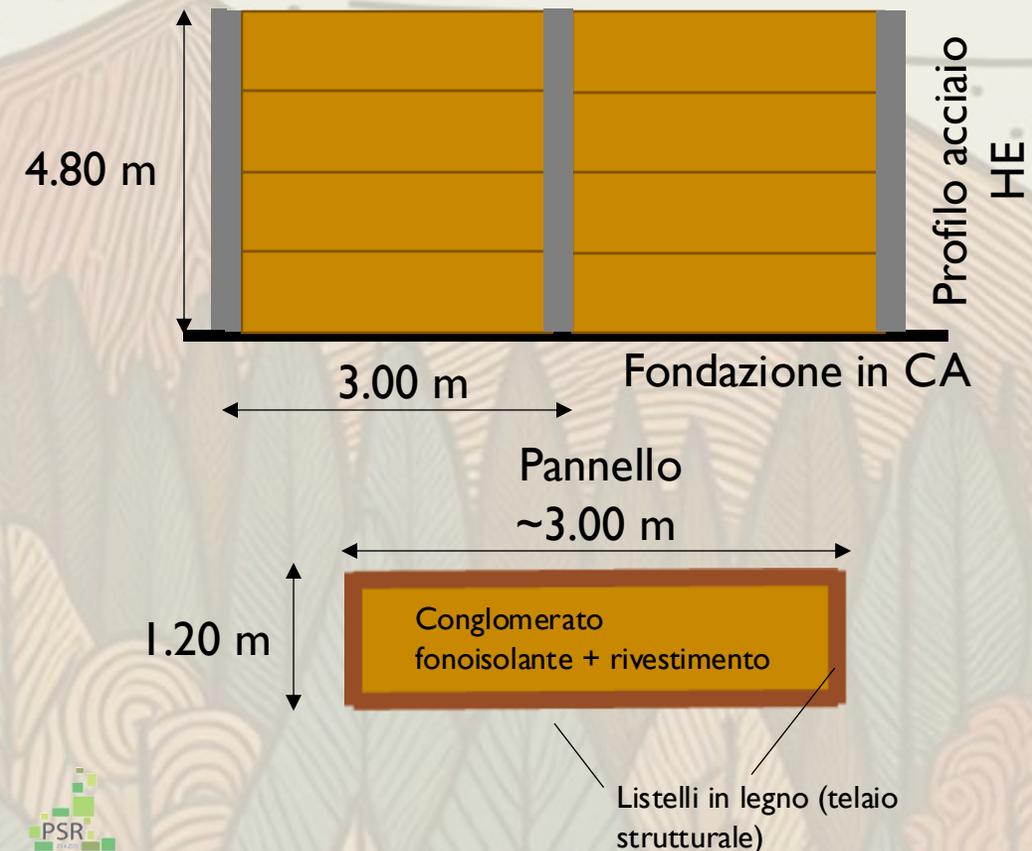
→ Azioni (NTC2018)

- Peso proprio
- Vento (con effetti di bordo - CNR-DT 207/2008)
- Effetti aerodinamici dovuti al movimento dei convogli

→ Comportamento statico in esercizio (percorso dei carichi)

- Azioni verticali
- Azioni orizzontali

→ Esempio di schema realizzativo in opera



Materiale e verifiche di resistenza

→ Proprietà meccaniche del legno: riferimento alla norma EN 338-2016, CNR-DT 206/2018

Legno massello (p. es.: Larice, Castagno)

→ Verifiche di resistenza in accordo con il metodo semi-probabilistico agli stati limite – NTC208

dimensionamento elementi lignei costituenti il telaio strutturale del pannello

		Abete / Italia		Pino laricio / Italia			Larice / Nord Italia		Douglasia / Italia		Altre conifere ⁽²⁾ / Italia		
		S2	S3	S1	S2	S3	S2	S3	S1 ⁽¹⁾	S2/S3	S1	S2	S3
Resistenze [MPa]													
Flessione	$f_{m,k}$	25	18	40	22	15	23	18	35	22	33	26	22
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	15	11	24	13	9	14	11	21	13	20	16	13
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	21	18	26	20	17	20	18	25	20	24	22	20
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$	2.6	2.6	3.2	3.0	3.0	3.6	3.6	3.2	2.9	3.7	3.7	3.7
Taglio	$f_{v,k}$	4.0	3.4	4.0	3.8	3.0	3.8	3.4	4.0	3.8	4.0	4.0	3.8
Rigidezze [GPa]													
Modulo di elasticità parallelo medio	$E_{0,mean}$	11.8	10.5	15.0	12.0	11.0	12.5	11.5	15.8	13.0	12.3	11.4	10.5
Modulo di elasticità parallelo 5-percentile	$E_{0,05}$	7.9	7.0	10.0	8.0	7.4	8.4	7.7	11.0	8.7	8.2	7.6	7.0
Modulo di elasticità perpendicolare medio	$E_{90,mean}$	0.39	0.35	0.50	0.40	0.37	0.42	0.38	0.53	0.43	0.41	0.38	0.35
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0.74	0.66	0.94	0.75	0.69	0.78	0.72	0.99	0.81	0.77	0.71	0.66
Massa volumica [kg/m³]													
Massa volumica caratteristica	ρ_k	375	375	455	425	430	510	520	450	415	530	530	530
Massa volumica media	ρ_{mean}	450	450	550	520	520	610	620	540	500	575	575	575

(1) Massima altezza e larghezza 100mm.
 (2) Pino silvestre, Pino nero, Pino marittimo, Pino domestico, Pino strobo, Cipresso, Cedro

Azioni – (NTC2018, CNR-DT 207/2008)

→ Peso proprio (g_1) - permanente

- ❑ Legno $\sim 600-650 \text{ kg/m}^3$
- ❑ Conglomerato fonoisolante $\sim 800-900 \text{ kg/m}^3$ (da caratterizzazione di laboratorio miscela M2)

→ Vento (q_1) – variabile

p [kN/m^2] pressione del vento sulla parete verticale della barriera

- ❑ Sito di realizzazione (località, rugosità, esposizione)
- ❑ Configurazione geometrica della barriera (incremento aerodinamico locale della pressione per effetti di bordo)

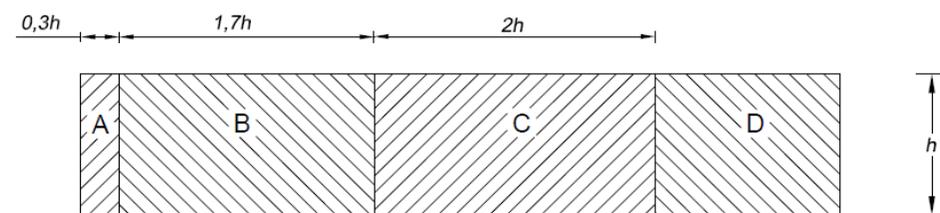
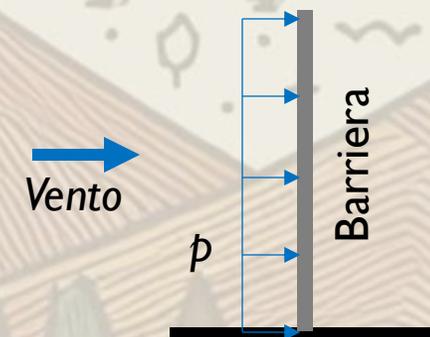


Figura G.21 – Suddivisione di muri e parapetti in aree di uguale pressione complessiva.

$p' \sim 1.5-3 p$
in zona di bordo A e B

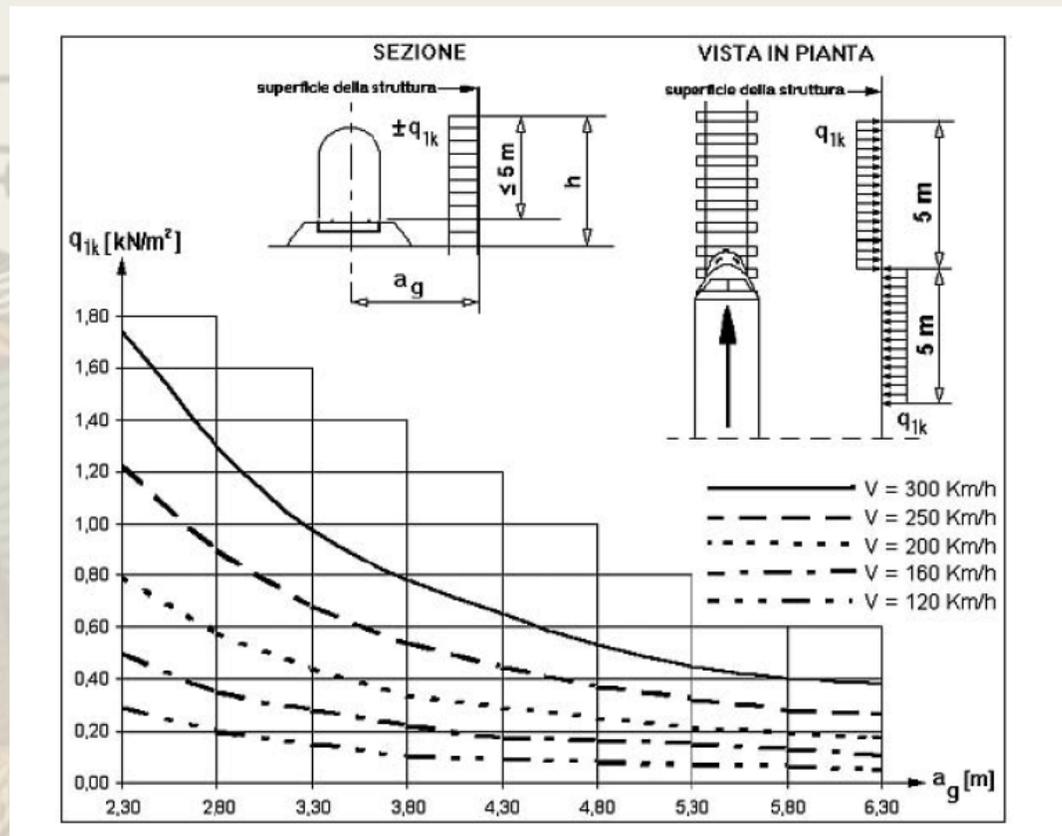
(II – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEL PROTOTIPO IN OPERA E CRITERI DI COMPORTAMENTO)

→ Effetti aerodinamici dovuti al movimento dei convogli (q_2) – *variabile*

q [kN/m^2] pressione aerodinamica legata al movimento dei convogli sulla barriera verticale

- ❑ Velocità dei convogli
- ❑ Distanza dall'asse ferroviario a_g

Significativa in confronto all'azione del vento se $a_g < 3$ m



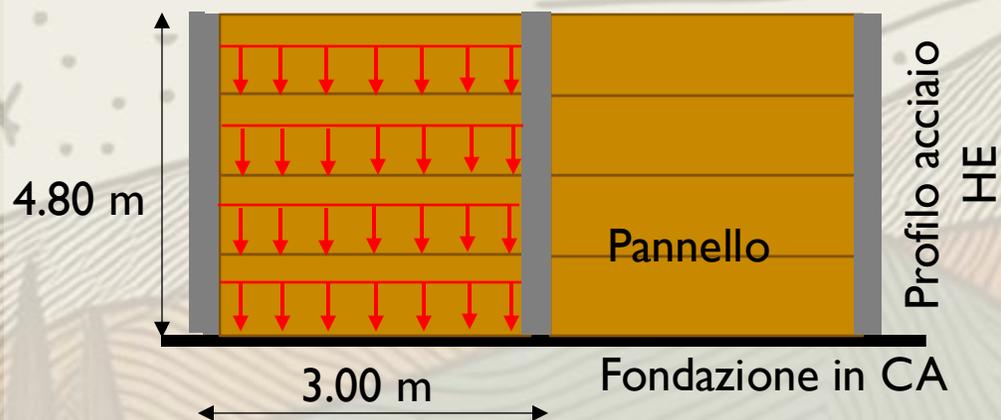
Pressione aerodinamica convogli



Comportamento statico in esercizio

→ Azioni verticali

□ *Peso proprio g_1*



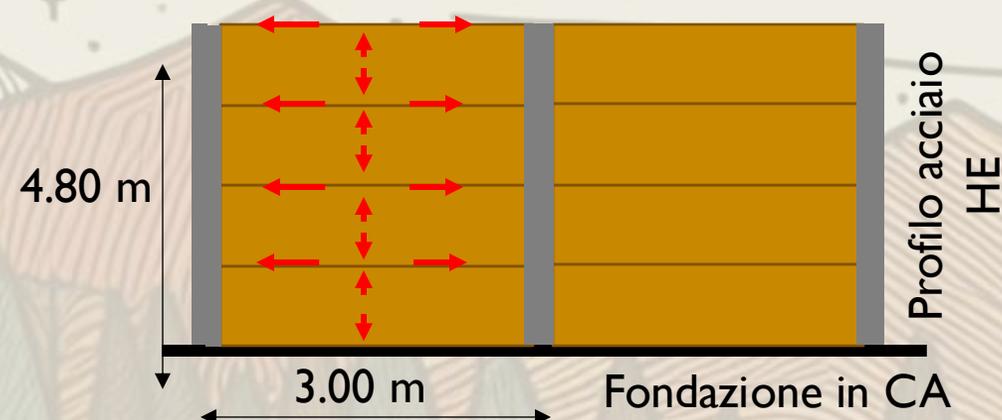
Percorso dei carichi verticali
tramite i pannelli fino alla
fondazione

→ **Rispondenza ai requisiti
prestazionali di RFI**

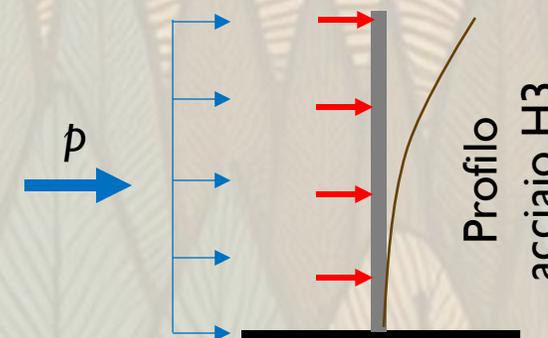
→ Azioni orizzontali

□ *Vento q_1*

□ *Effetto aerodinamico dei convogli q_2*



Percorso dei carichi
orizzontali tramite i
pannelli fino ai profili
in acciaio HE



10 – PROGETTO DI UN MODULO DI BARRIERA PANNELLO ACUSTICO MODULARE

Sulla base dei risultati ottenuti dalle prove di caratterizzazione, dal modello concettuale iniziale si è passati alla progettazione di un modulo di barriera.



12 – REALIZZAZIONE PROVINI A SCALA INTERMEDIA

Successivamente sono stati realizzati provini in scala maggiore per approfondire le **proprietà acustiche** e di **resistenza al fuoco** degli elementi ipotizzati.



Realizzazione provini 250x90x60 mm per prove di resistenza al fuoco.



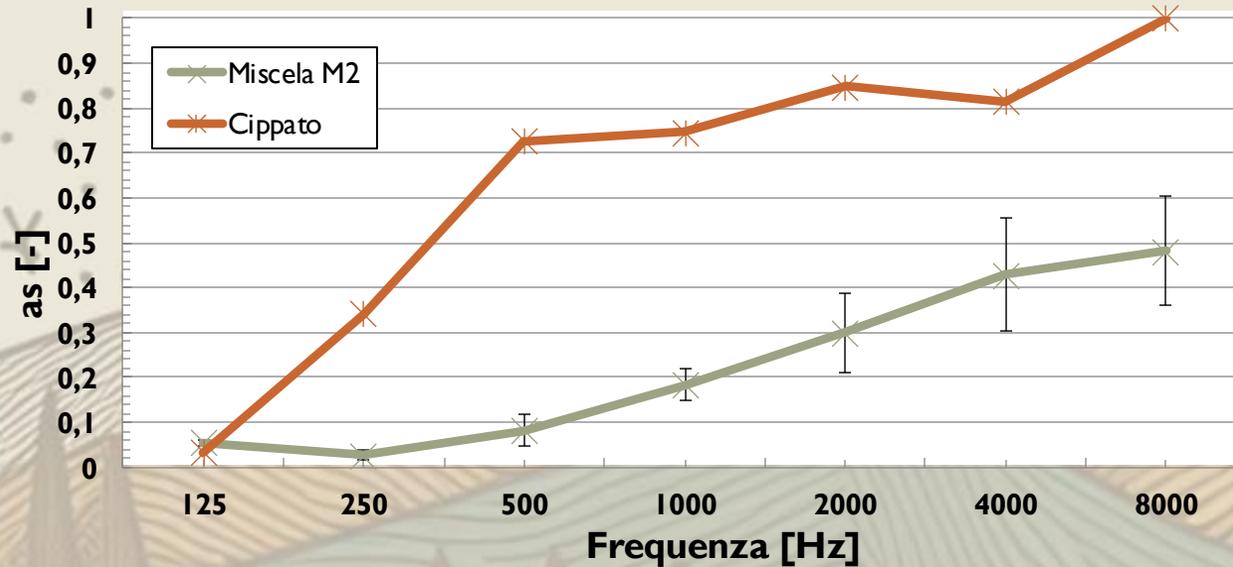
Provini 50x50x4 cm per prove di fonoassorbimento in camera riverberante.

È stato realizzato un campione di un pannello fonoassorbente realizzato con grigliato metallico e cippato.

13 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO DEI COMPONENTI A SCALA INTERMEDIA

Prove di fonoassorbimento in camera riverberante

Coefficienti di assorbimento



I test effettuati in camera riverberante mostrano un aumento significativo dei valori di assorbimento acustico >500 Hz (coerenti con valori di materiali acustici porosi come ad esempio la lana di roccia).



I test effettuati su quattro campioni 50x50x4 cm, realizzati con miscela M2 mostrano una curva di assorbimento simile a quella rilevata in tubo di impedenza, con la stessa variabilità di risultati tra i diversi campioni.



Il campione di una griglia metallica riempita di cippato «sciolto» mostra una curva di assorbimento simile a quella di altri materiali acustici porosi, come la lana di roccia

(16 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO AL FUOCO DEL MATERIALE PER I PANNELLI FONOISOLANTI)



Prove di resistenza al fuoco

Laboratorio Prove fuoco materiali (sede Alessandria; DISAT)



Prova ISO 11925-2:2020 - Parametri Prova:

- ✓ Cannello butano
- ✓ Altezza fiamma: 2 cm
- ✓ Applicazione fiamma sulla superficie a 4 cm dal bordo del campione
- ✓ Tempo applicazione: 30 s

Getto 07/11/2024	Weight i (g)	time (s)	Residue (g)
1	1546,83	Non innesca	1542,40
2	1502,75	Non innesca	1499,20
3	1574,20	Non innesca	1570,55

Getto 10/11/2024	Weight i (g)	time (s)	Residue (g)
1	1662,54	Non innesca	1660,65
2	1837,44	Non innesca	1835,12
3	1268,19	Non innesca	1264,99

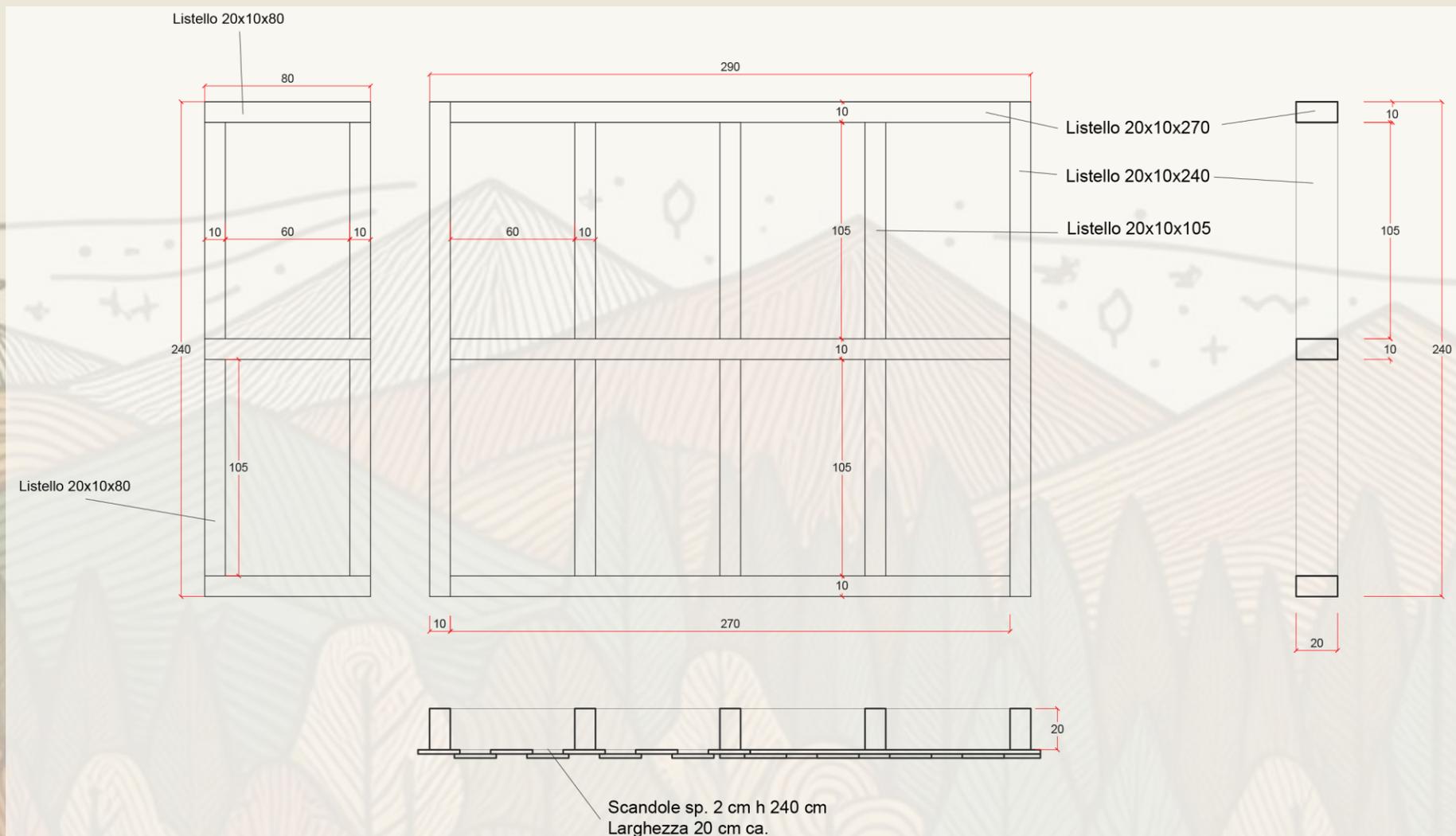
Getto 11/06/11/2024	Weight i (g)	time (s)	Residue (g)
1	2269,77	Non innesca	2268,29
2	2321,24	Non innesca	2319,86
3	2213,50	Non innesca	2210,21



14 – REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO PER LA VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO IN OPERA

Realizzazione prototipo per misure acustiche in campo

Poiché non sarebbe stato possibile montare una struttura fondata per l'esecuzione delle prove, all'interno di cui far scorrere i pannelli modulari, per semplificare l'operazione il prototipo è stato semplificato in un unico cassero di dimensioni 290x240 cm.



(14 – REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO PER LA VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA)



(14 – REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO PER LA VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA)

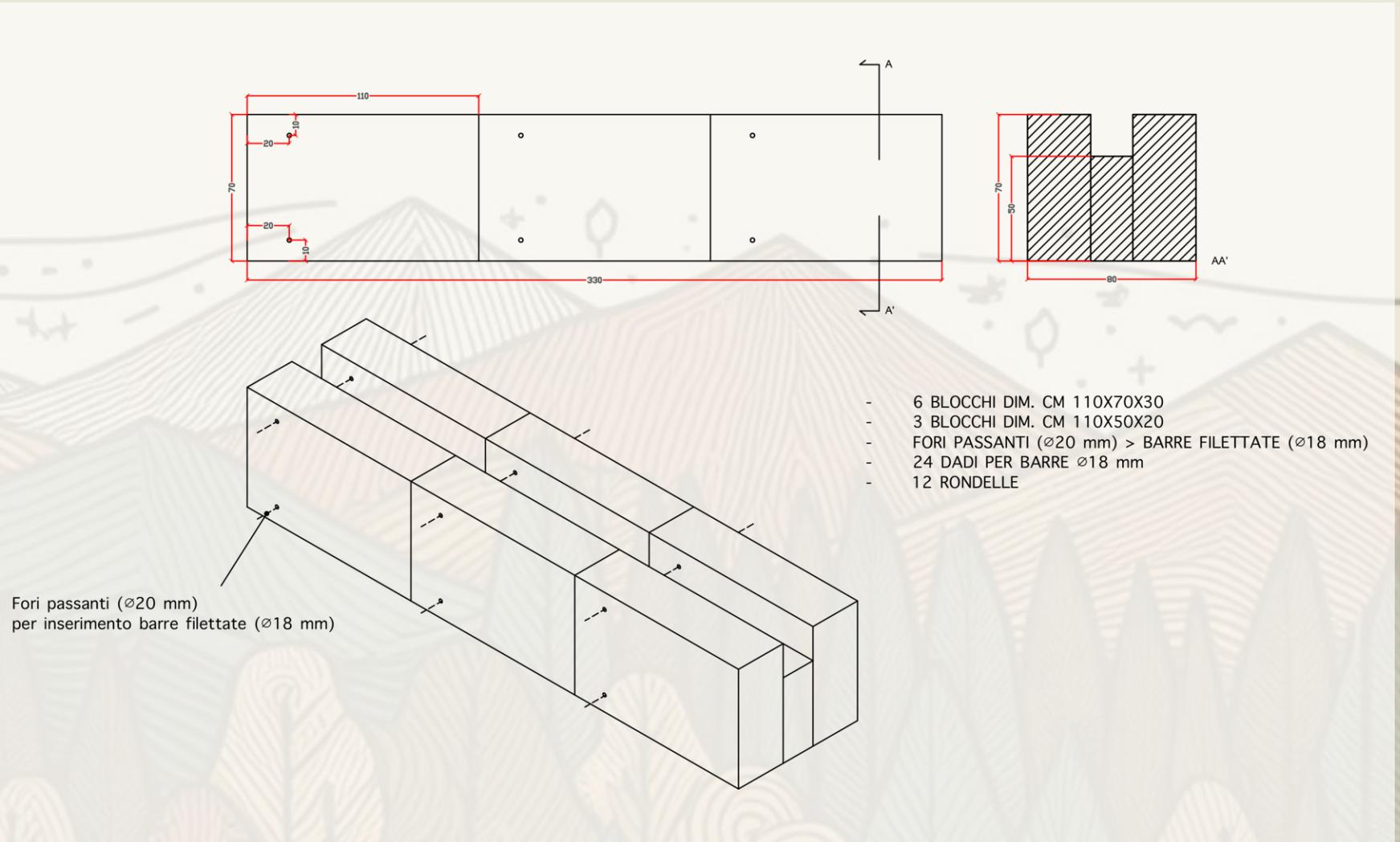


Sono state realizzate delle griglie riempite di cippato da implementare alla barriera come elementi modulari fonoassorbenti, facilmente realizzabili, aggregabili e sostituibili.

(14 – REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO PER LA VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA)

Base di appoggio

È stata inoltre preparata una base d'appoggio in pietra che consentisse di mantenere la struttura alla giusta altezza e nella giusta posizione.



(14 – REALIZZAZIONE DI UN PROTOTIPO PER LA VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA)

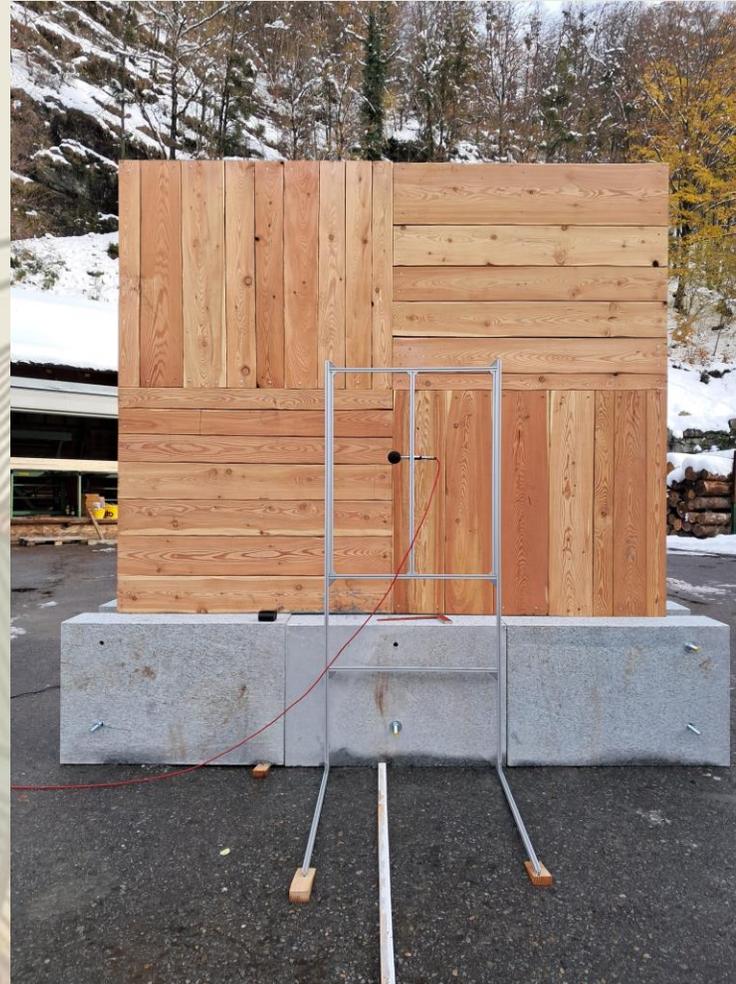
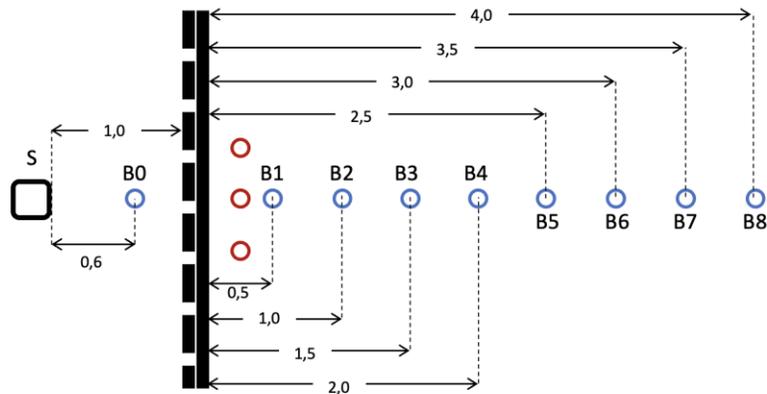


In quanto base modulare, accostata lateralmente e fissata + trasversalmente con delle barre filettate attraverso fori passanti, non idealmente presenterà delle perdite acustiche.

15 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA

Setup per misure acustiche in campo

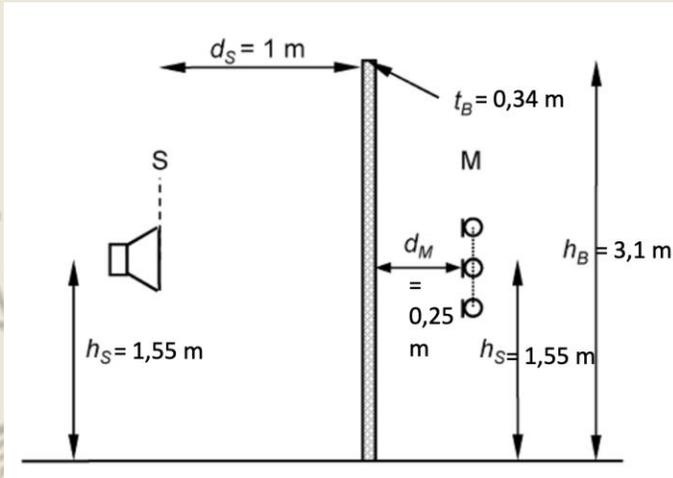
Le caratteristiche di fonoisolamento di una barriera vengono solitamente determinate attraverso le misure in campo diffuso (UNI EN ISO 717-1, UNI EN 16272-3-1). Nel caso in esame è stato necessario effettuare direttamente le misure di verifica in campo libero, per la valutazione dell'indice di isolamento acustico DL_{SI} secondo la norma UNI EN 16272-6.



R1	R2	R3
○	○	○
R4	R5	R6
○	○	○
R7	R8	R9
○	○	○

Il setup di misura prevede la preparazione di una griglia di modulo 0,4 m, che determinino le 9 posizioni di misura, mentre nel lato opposto della barriera è prevista la sorgente sonora.

(15 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA)



Come da normativa, la sorgente è stata posizionata ad un'altezza $h/2$ e a una distanza di 1 m dalla barriera, mentre la griglia di microfoni a 25 cm dalla superficie opposta della barriera.



È stato utilizzato un singolo microfono NTI Audio XL2 spostato progressivamente nelle nove posizioni di misura.

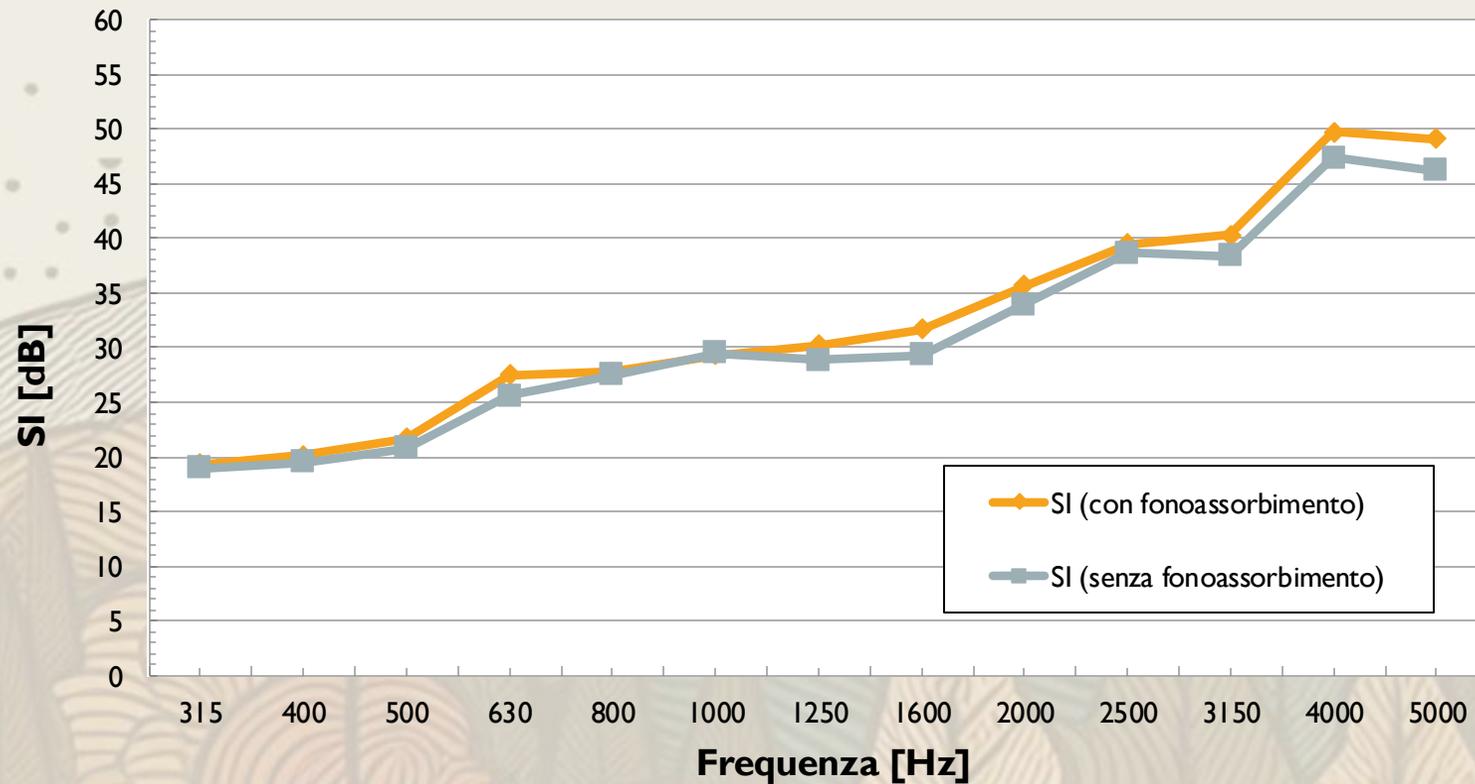


Come segnale per la misure delle risposte all'impulso sono state usate delle sweep esponenziali con uno spettro nel range 150-16000 Hz, emesse da una sorgente direzionale Seeburg.

(15 – VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DEL PROTOTIPO IN OPERA)



Risultati Sound Insulation Index DL_{SI}



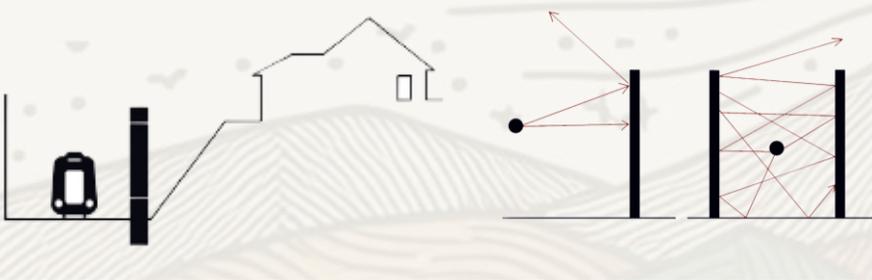
$DL_{SI} = 28,3$ dB

Sono stati esclusi i risultati al di sotto dei 315 Hz, in quanto il prototipo non aveva dimensioni adeguate perché potessero essere valutate le basse frequenze.

15 – DISCUSSIONE E POSSIBILI SVILUPPI FUTURI

I risultati ottenuti sono promettenti, prossimi passi e margini di miglioramento

Il modulo fonoassorbente è una scelta progettuale pensata sulla base della posizione peculiare della ferrovia in esame (prossimità a parete rocciosa), allo scopo di mitigare l'effetto canyon.



Mineralizzazione del cippato con una miscela di fango di segazione



Miglioramento delle prestazioni di resistenza al fuoco, mantenendo le tortuosità del materiale (fonoassorbimento)



Possibili sinergie con gli esiti del Task 2.1



L'impianto per il biochar presenta un cascame termico che può servire per completare il processo di produzione di materiali alcali-attivati

Studio di geometrie ottimizzate+recupero materiali di seconda scelta per elementi sommitali e di base

