L'ISOLAMENTO ACUSTICO NELL' EDILIZIA IN LEGNO

PROGETTAZIONE ACUSTICA DEGLI EDIFICI IN LEGNO

Europäische Union
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung
Unione europea
Fondo europeo di sviluppo regionale
AUTONOME PROVINZ BOZEN SÜDTIROL
PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO ALTO ADIGE
Investition in die Zukunft · Investiamo nel futuro

IMPRESSUM
Editore:
Aster Holzbau srl
Moser Holzbau srl
Habicher Holzbau srl
Ligna Construct srl
Redazione e coordinamento:
Christoph Mühlberg,
TIS innovation park, Bolzano
Esperti scientifici:
A. o. Univ. Prof. Dr. Ewald Kammeringer
Ass. -Prof. Dr. Anton Kraler
Università Innsbruck, Dipartimento costruzioni in legno - Istituto per le costruzioni e le scienze dei materiali
Testo:
Ass. -Prof. Dr. Anton Kraler
Università Innsbruck
Christoph Mühlberg
TIS innovation park
Dr. tech. Thomas Schrentewein
Schrentewein & Partner srl, Bolzano
Renderings:
Junnaq renderings video editing
and post production, *Padova*
Grafica:
W13-designkultur, *Bozen*
Stampa:
Longo AG, *Bolzano*

Fonti delle immagini:
Pagina 2: Ligna Construct srl
Pagina 5: Ligna Construct srl
Pagina 12+13: Habicher Holzbau srl
Pagina 21, sopra: Moser Holzbau srl
Pagina 21, sotto: Aster Holzbau srl

1a Edizione; Giugno 2015

Casa a schiera
a Stabio, Canton Ticino (CH). L'immagine mostra un dettaglio di una giunzione parete-solaio al 1° piano, entrambi gli elementi sono in legno massiccio.
Anno di costruzione: 2010

L'ISOLAMENTO ACUSTICO NELL'EDILIZIA IN LEGNO

ESEMPI PER UNA CORRETTA PROGETTAZIONE ACUSTICA DEGLI EDIFICI IN LEGNO

I sistemi costruttivi in legno presenti oggi sul mercato garantiscono il raggiungimento di ottime performance di isolamento acustico. L'alto livello raggiunto è stato dimostrato attraverso le numerose misurazioni effettuate nel corso degli ultimi anni in case mono- e plurifamiliari, complessi residenziali e hotel. Anche per le costruzioni in legno vale lo stesso principio di fisica tecnica applicato al cemento o al laterizio per le pareti semplici o doppie, come per il controllo della frequenza di risonanza tra i diversi strati di un elemento. Le costruzioni in legno si differenziano per la grande diversità dei singoli materiali impiegati. I differenti pesi specifici dei materiali impiegati determinano un diverso comportamento degli elementi costruttivi. Un elemento in cemento armato presenta un peso specifico di cinque volte maggiore rispetto al legno in abete rosso. Non è possibile ottenere un buon isolamento acustico nell'edilizia in legno impiegando le classiche combinazioni dell'edilizia in calcestruzzo e mattoni. Ciò vale soprattutto per le connessioni tra i singoli elementi (parete-solaio-parete). L'edilizia in legno offre una gamma maggiore di sistemi e di loro combinazioni (pareti con telaio in legno e solaio in legno massiccio, tutti gli elementi in legno massiccio etc.). Pertanto sono da tenere in conto i principi di fisica tecnica sia del singolo elemento che dell'intero sistema, soprattutto in riferimento alla trasmissione acustica per fiancheggiamento. L'informazione derivante dalla corretta esecuzione di cantieri, verificati da misurazioni in campo, può tornare utile per nuovi progetti futuri.

Questo opuscolo vuole essere un documento di lavoro per architetti e progettisti in generale, aiutando tutti gli interessati a elaborare soluzioni di isolamento acustico ad alto livello per l'edilizia in legno. Data la moltitudine di combinazioni possibili tra i diversi materiali offerti nell'edilizia in legno, verranno spiegati esclusivamente i sistemi costruttivi per i quali sono state effettivamente svolte diverse misurazioni in cantiere. Variazioni nella stratigrafia, esemplificazioni o modifiche dei sistemi costruttivi devono essere discusse ad ogni costo con le aziende che hanno partecipato al progetto di ricerca (vedi pagina centrale). I risultati presentati di seguito sono stati ottenuti in progetti realizzati negli ultimi quattro anni.
Gli editori non si assumono nessuna responsabilità riguardante la completezza e la correttezza degli informazioni contenute in questo opuscolo.

- Definizione delle grandezze di misurazione acustica... 4
- Requisiti di isolamento acustico in Italia 6
- Raccomandazioni per un buon isolamento acustico in complessi residenziali plurifamiliari 7
- Parametri dei materiali per la progettazione acustica nelle costruzioni in legno 7
- Esempi per stratigrafie ad alto livello..... 8
- Confronto fra diversi sistemi costruttivi 22
- Partner di progetto 24

DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE DI MISURAZIONE ACUSTICA

DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA PER VIA AEREA

Esempi di onde sonore sono la voce umana e la musica. All'interno di un ambiente le onde colpiscono pareti e solai, successivamente da questi elementi costruttivi vengono irradiate agli ambienti circostanti. Durante un test di misurazione dei rumori aerei, l'elemento divisorio all'interno di un ambiente emittente viene eccitato per mezzo di un altoparlante a norma. La misurazione del livello di pressione sonora L, viene registrato secondo normativa, nell'ambiente emittente e ricevente per l'intera banda di frequenza tra 100 e 3150 Hz, per bande di terzi di ottava. Negli ultimi decenni le abitudini di vita e le pretese che le persone hanno nei confronti della propria abitazione sono cambiate. Pertanto le misurazioni acustiche vengono effettuate sempre più spesso in una banda di frequenza dai 50 fino ai 5000 Hz più ampia (frequenze medie per bande di terzi di ottava). Per le costruzioni in legno lo scopo é quello di ottenere indicazioni nella gamma di basse frequenze (ad esempio: spostare una sedia rientra nella banda di frequenza di 80 Hz).

Grandezze di misurazione per la protezione ai rumori aerei

- **Potere fonoisolante R:** é una grandezza logaritmica e descrive la capacità di un elemento costruttivo o di un elemento di transizione tra due elementi trasmittenti di rumore o materiali, di arginare il suono.
- **Potere fonoisolante apparente R_w:** viene determinato considerando l'assorbimento acustico del volume dell'ambiente e la superficie dell'elemento costruttivo.
- **Isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$:** determinato in rispetto al tempo di riverberazione.

DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DA CALPESTIO

Attraverso il calpestio, il funzionamento di elettrodomestici etc., ai solai vengono trasmesse vibrazioni, che vengono percepiti negli ambienti sottostanti. Per quantificare numericamente il comportamento del solaio nei confronti del rumore da calpestio, sul solaio stesso viene posizionato un generatore di calpestio normalizzato. Viene così misurato il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente nelle già citate frequenze medie per bande di terzi di ottava (vedi protezione da rumori aerei). Il valore del livello di pressione sonora misurato viene influenzato dall'assorbimento acustico del vano di misurazione stesso, dovuto ad esempio dalla presenza o meno di mobili. Per ottenere un risultato indipendente dall'arredamento, i risultati vengono convertiti per un ambiente normalizzato con un tempo di riverberazione di T_0 = 0,5 s. Questo valore corrisponde all'incirca ad un tempo di riverberazione di un ambiente arredato.

Grandezze di misurazione per la protezione dal rumore da calpestio

- **Livello di pressione sonora da calpestio normalizzato L_n:** viene misurato nella camera di prova, escludendo la trasmissione di rumore indiretta riferita ad un'area di assorbimento acustico nell'ambiente ricevente pari a 10 m².
- **Livello di pressione sonora da calpestio standardizzato L_{nT}:** viene misurato in funzione del tempo di riverberazione T_0=0,5 s previsto da norma.
- **Livello di pressione sonora da calpestio normalizzato ponderato $L_{n,w}$:** è il valore unitario ponderato A senza trasmissione indiretta (per fiancheggiamento). La curva di riferimento viene spostata affinché la somma dei superamenti del valore limite sia maggiore possibile, raggiungendo un massimo di 32 dB per valori in 16 bande di terzi di ottava. Il valore della curva di riferimento spostata a 500 Hz indica il livello di pressione sonora da calpestio ponderato, normalizzato o standardizzato.
- **Livello di pressione sonora da calpestio normalizzato ponderato rispetto al tempo di riverberazione $L_{nT,w}$:** attraverso lo spostamento della curva di riferimento viene valutato il valore unitario, questo può essere rilevato a 500 Hz.

DETERMINAZIONE DEL RUMORE DI FIANCHEGGIAMENTO

Nelle costruzioni (in particolare per solai con elevate prestazioni di protezione acustica) il rumore si trasmette non soltanto attraverso il solaio, ma anche tramite vie secondarie (pareti laterali, tubazioni, giunti, ecc.). Ciò significa che la valutazione acustica deve avvenire sempre considerando anche le vie secondarie. Per questo motivo la valutazione della trasmissione indiretta assume una notevole importanza sia in fase di progettazione che di costruzione dell'edificio. Valutazioni errate o carenti della trasmissione per queste vie secondarie sono spesso la causa di rumore di fastidio per l'utente finale.

Casa a schiera
a Stabio, Canton Ticino (CH). L'architettura particolare di questa opera richiedeva delle soluzioni di dettaglio innovative e elevata precisione in fase di montaggio. Anno di costruzione: 2010

REQUISITI DI ISOLAMENTO ACUSTICO IN ITALIA

I requisiti di isolamento acustico in Italia sono definiti nel D.P.C.M. 05/12/97. Per edifici residenziali, alberghi e assimilabili devono essere rispettati i valori per le categorie A e C. Gli elementi costruttivi tra diverse unità abitative devono raggiungere un valore di R'_w pari a 50 dB. Vuol dire, in altre parole, che la riduzione acustica deve essere di almeno 50 dB; un valore di dB più alto corrisponde a un migliore isolamento acustico. Per gli elementi di facciata i requisiti minimi prevedono un valore di $D_{2m,nT,w}$ = 40 dB. Anche in questo caso vale: valori maggiori corrispondono ad un migliore risultato. L'isolamento al calpestio tra diverse unità abitative non deve superare il valore di $L'_{n,w}$ = 63 dB. Per l'isolamento al calpestio vale: la riduzione di dB equivale a un migliore risultato!

VALORI LIMITE SECONDO D.P.C.M. 05/12/1997

CATEGORIA		REQUISITI ACUSTICI [dB]				
		Isolamento acustico standardizzato di facciata	potere fonoisolante di elementi di separazione fra ambienti	livello di rumore di calpestio di solai normalizzato	livello massimo di pressione sonora, ponderata A	livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A
		$D_{2m,n,Tw}$ [dB]	R'_w [dB]	L'_{nw} [dB]	$L_{A,\,e\,max}$ [dB]	$L_{A,\,eq}$ [dB]
A	Edifici adibiti a residenza e assimilabili	40	50	63	35	35
B	Edifici adibiti ad uffici e assimilabili	42	50	55	35	35
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili	40	50	63	35	35
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	45	55	58	35	25
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	48	50	58	35	25
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili	42	50	55	35	35
G	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	42	50	55	35	35

RACCOMANDAZIONI PER UN BUON ISOLAMENTO ACUSTICO IN COMPLESSI RESIDENZIALI PLURIFAMILIARI

Case a schiera e i complessi residenziali sono una grande sfida per gli architetti e i progettisti. Si devono creare degli spazi abitativi che devono rispettare molteplici esigenze. In questi casi l'isolamento acustico acquisisce un significato particolare a causa dell'elevato numero di inquilini. In attesa di una revisione alla norma nazionale, analizziamo i requisiti previsti nei paesi confinanti, Austria e Germania. In entrambi questi paesi l'edilizia in legno ha subito un forte sviluppo tecnico. Anche le relative norme sono state continuamente adeguate per migliorare la qualità abitativa. Nelle rispettive norme vengono consigliati i seguenti valori per i solai e le pareti divisorie, per rispondere all'esigenza di assorbire il rumore provocato dalla trasmissione aerea e dal calpestio.

GERMANIA, DIN 4109:

Potere fonoisolante apparente in opera (inclusa trasmissione indiretta):

R'_w ≥ 54 dB

Livello di pressione sonora da calpestio normalizzato ponderato in opera (inclusa trasmissione indiretta):

$L'_{n,w}$ ≤ 53 dB

AUSTRIA, ÖNORM 8115:

Isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$ (inclusa trasmissione indiretta):

R'_w ≥ 55 dB

Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato ponderato rispetto al tempo di riverberazione $L_{nT,w}$ (inclusa trasmissione indiretta):

$L'_{n,w}$ ≤ 48 dB

PARAMETRI DEI MATERIALI PER LA PROGETTAZIONE ACUSTICA NELLE COSTRUZIONI IN LEGNO

	MATERIALE (SCELTA)	SOLAIO IN X-LAM	SOLAIO A TRAVI IN LEGNO
MASSETTO GALLEGGIANTE	calcestruzzo, anidro	spessore: 50 mm ≥ d ≥ 70 mm massa: m' ≥ 100 kg/m²	spessore: 50 mm ≥ d ≥ 70 mm massa: m' ≥ 100 kg/m²
STRATO ISOLANTE	materiale isolante in fibra	spessore: 30—45 mm rigidezza dinamica: s' = 8—15 MN/m³	spessore: 30—45 mm rigidezza dinamica: s' = 8—15 MN/m³
MATERIALE SFUSO	ghaia, graniglia, graniglia di marmo	spessore: 60 mm ≥ d ≥ 100 mm massa: m ≥ 1.400 kg/m³	spessore: 80 mm ≥ d ≥ 120 mm massa: m ≥ 1.400 kg/m³
SOLAIO GREZZO		spessore: d ≥ 140 mm massa: m ≥ 63 kg/m²	spessore: d ≥ 250 mm massa: m ≥ 60 kg/m²
CONTROSOFFITTO	materiale isolante in fibra	spessore: d ≥ 50 mm massa: m ≤ 60 kg/m³	spessore: d ≥ 50 mm massa: m ≤ 60 kg/m³
	cartongesso	spessore del pannello: d ≤ 15 mm massa: m ≥ 10 kg/m²	spessore del pannello: d ≤ 15 mm massa: m ≥ 10 kg/m²
FREQUENZA DI RISONANZA DEL SISTEMA		< 100 Hz (80 Hz)	

PARETE DIVISORIA FRA APPARTAMENTI

PARETE IN LEGNO MASSICCIO CON DUE CONTROPARETI

DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pannello in legno a tre strati**
2	*12,5 mm*	**pannello in cartongesso**
3	*40 mm*	**staffa a molla con listelli e coibentazione** (lana di roccia)
4	*140 mm*	**pannello in legno massiccio a cinque strati**
5	*40 mm*	**staffa a molla con listelli e coibentazione** (lana di roccia)
6	*12,5 mm*	**pannello in cartongesso**
7	*15 mm*	**pannello a tre strati** (abete)

Massa per unità di area	Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore misurato in opera
ca. 105 kg/m³	R'_w = 50 dB	R'_w = 59 dB

La parete divisoria è stata usata in un edificio plurifamiliare a quattro piani come elemento di separazione fra la zona soggiorno/cucina e la stanza da letto di due appartamenti adiacenti. La superficie dell'elemento di separazione è di ca. 7,6 m² e la massa per unità di area è pari a ca. 106 kg/m². Per migliorare la protezione dal rumore per via aerea lungo i fianchi, i solai di piano tra le unità abitative devono essere separati costruttivamente fra di loro, usando degli appoggi elastici. In combinazione con la doppia controparete, la trasmissione del rumore per fiancheggiamento della parete viene così ridotta ad un minimo. Un ulteriore miglioramento della protezione dal rumore si può ottenere con l'impiego di un solaio in combinazione con un controsoffitto appeso.

***SAPEVATE CHE** per ottenere una frequenza di risonanza più bassa possibile (valore ideale f_0 < 80 Hz), la distanza tra due strati costruttivi deve essere compresa tra 40 e 80 mm?*

PARETE DIVISORIA FRA APPARTAMENTI
PARETE DOPPIA IN LEGNO MASSICCIO CON DUE CONTROPARETI

DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*12,5 mm*	**pannello in cartongesso**
2	*50 mm*	**staffa a molla con listelli e coibentazione** (lana minerale)
3	*80 mm*	**pannello in legno massiccio a tre strati**
4	*40 mm*	**lana minerale**
5	*80 mm*	**pannello in legno massiccio a tre strati**
6	*50 mm*	**staffa a molla con listelli e coibentazione** (lana minerale)
7	*12,5 mm*	**pannello in cartongesso**

Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore misurato in opera
R'_w = 50 dB	R'_w = 61 dB

La stratigrafia multistrato di questa parete divisoria la rende particolarmente adatta per l'uso in edifici plurifamiliari. Attraverso l'impiego di una parete doppia in legno massiccio con interposto uno strato isolante di almeno 40 mm, si raggiunge un disaccoppiamento acustico. L'impiego di due contropareti su staffa a molla e realizzate con materiale resiliente, serve da un lato ad aumentare notevolmente il potere fonoisolante (10 - 15 dB), dall'altro a ridurre la trasmissione indiretta del rumore nel piano sotto- e sovrastante. Come contropareti vengono usate lastre con spessore da 10 a 20 mm, come ad esempio: cartongesso, gessofibra, lastre di compensato o fibrocemento, tavolato ecc.. La scelta del materiale per la controparete deve ricadere fra quelli che l'acustica classifica come „materiali resilienti". A seconda della pianta dell'edificio, dell'altezza di interpiano e dei requisiti acustici richiesti, potrebbe essere sufficiente un'unica controparete. Questa decisione che deve essere presa già a monte del progetto consultando un tecnico specializzato in acustica. La qualità dell'isolamento acustico dipende non soltanto dall'elemento stesso ma anche dai punti di collegamento (fianchi). Questo elemento è stato misurato in combinazione con due solai realizzati in legno massiccio. Per ridurre la trasmissione indiretta verticale del rumore, sono stati montati nella parte superiore ed inferiore degli elementi di disaccoppiamento.

***SAPEVATE CHE** le combinazioni stratigrafiche normate vengono sempre testate su solai in calcestruzzo? La stessa combinazione avrà così un differente valore di isolamento acustico, se installata su solai in legno.*

PARETE DIVISORIA FRA APPARTAMENTI
COSTRUZIONE A TELAIO COMBINATA CON PARETE IN LEGNO MASSICCIO

DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pannello in gessofibra**
2	*80 mm*	**legno massiccio KVH con coibentazione** (isolante fibroso)
3	*50 mm*	**coibentazione**
4	*140 mm*	**parete in legno massiccio**

Massa per unità di area	Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore calcolato
ca. 92 kg/m³	R'_w = 50 dB	R_w= 56 dB

La stratigrafia multistrato di questa parete divisoria la rende particolarmente adatta per l'uso in edifici plurifamiliari. L'elemento è costituito da una parete di legno massiccio e da una controparete a telaio che ha lo scopo di assorbire i carichi statici. Per questo motivo è da chiarire se nell'impiego di questa tipologia di parete, la costruzione a telaio, può sostenere i carichi statici. Nella tipologia di costruzione a telaio l'interasse fra i montanti deve essere di almeno 500 mm, in questo modo si garantisce la piena efficacia acustica dell'elemento resiliente di rivestimento. Un ulteriore vantaggio nell'impiego di questa stratigrafia, è che lo spessore della parete divisoria risulta essere minore se confrontato con quello di elementi simili.
Lo spessore della parete di legno massiccio per questa stratigrafia può essere ridotto a 120 mm, raggiungendo comunque lo stesso valore fonoisolante.

***SAPEVATE CHE** utilizzando isolanti con elevati valori di rigidità dinamica, la prestazione di isolamento acustico della struttura può risultare peggiore rispetto alla struttura senza nessun materiale isolante?*

PARETE DIVISORIA FRA APPARTAMENTI
DOPPIA PARETE A TELAIO

DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pannello in gessofibra**
2	*60/100 mm*	**telaio in legno con isolante** (fibra di legno 80 mm)
3	*15 mm*	**pannello in gessofibra**
4	*40 mm*	**coibentazione**
5	*2x12,5 mm*	**pannello in cartongesso**
6	*15 mm*	**pannello in gessofibra**
7	*60/100 mm*	**telaio in legno con 80 mm di coibentazione** (fibra di legno)
8	*15 mm*	**pannello in gessofibra**

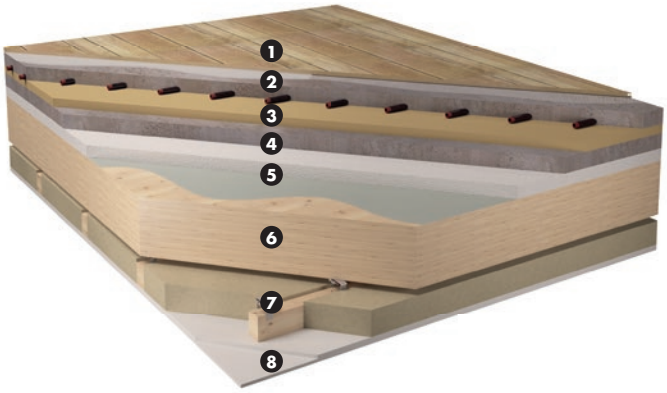
Massa per unità di area	Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore misurato in opera
ca. 93 kg/m³	R'_w = 50 dB	R'_w = 58 dB

La parete divisoria è realizzata con una doppia struttura a telaio con triplo rivestimento solo su un lato. I due elementi della parete sono divisi fra loro da uno strato di 40 mm di isolante fibroso. La misurazione ha dato come risultato un indice dell'isolamento acustico $R'_{w,}$ nell'edificio, di 58 dB. Il solaio grezzo, realizzato in legno lamellare, è stato separato staticamente. Il massetto dell'appartamento sovrastante (quest'ultimo si sviluppa sopra entrambi gli appartamenti del piano inferiore) non è stato invece separato. Dai valori di trasmissione diretta del rumore misurati per l'elemento e da quelli di trasmissione indiretta del solaio del piano superiore si può evincere che nonostante il già alto valore di protezione dal rumore per via aerea, un ulteriore miglioramento del valore può essere ottenuto separando staticamente anche il massetto. Allo scopo di raggiungere il più alto valore di protezione dal rumore per via aerea, oltre alla scelta ponderata degli elementi costitutivi la stratigrafia dell'elemento dal punto di vista acustico, bisogna prestare attenzione anche all'impermeabilità all'aria fra le unità abitative.

***SAPEVATE CHE** il rispetto degli attuali limiti di isolamento da calpestio imposti dalle norme italiane non sono sufficienti a garantire un isolamento acustico soddisfacente per l'utente?*

Casa privata
a Carpignano Sesia (NO), con pareti a telaio in legno, solai e tetto in legno massiccio. L'architettura di questa casa passiva è moderna rispetto al territorio circostante.
Anno di costruzione: 2013

SOLAIO DIVISORIO FRA APPARTAMENTI
X-LAM CON CONTROSOFFITTO SOSPESO



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pavimento in legno incollato**
2	*56 mm*	**massetto cementizio con riscaldamento a pavimento**
3	*30 mm*	**pannello anticalpestio sotto strato di separazione**
4	*50 mm*	**magrone**
5	*40 mm*	**massetto a secco, strato di separazione**
6	*180 mm*	**pannello in legno massiccio a cinque strati**
7	*100 mm*	**staffa a molla con listelli e coibentazione**
8	*12,5 mm*	**pannello di catongesso con 12,5 mm pannello in gessofibra**

Massa per unità di area

ca. 379 kg/m³

Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997

$L'_{n,w}$ = 63 dB

R'_w = 50 dB

Valori misurati in opera

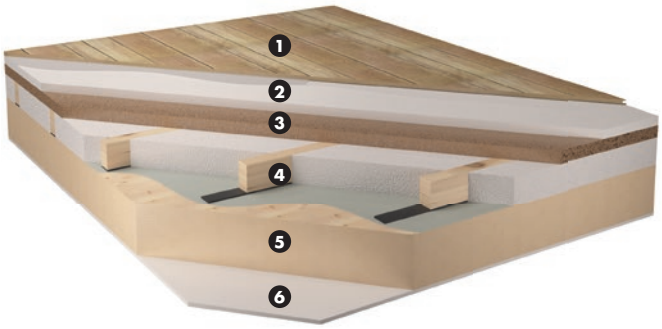
$L'_{n,w}$ = 44 dB

R'_w = 68 dB

Questa tipologia di solaio è stata impiegata in una casa plurifamiliare in legno massiccio a quattro piani. L'obbiettivo primario per questo edificio era l'utilizzo di materiali ecologici per corrispondere ai requisiti previsti dallo standard CasaClima Gold Nature. La costruzione è stata sviluppata in collaborazione con esperti in acustica, dato che lo svolgimento di misurazioni nell'edificio ed il raggiungimento di valori minimi prestabiliti sono presupposto indispensabile per ottenere la certificazione. La soluzione presentata combina al massimo isolamento acustico, l'efficienza economica. Gli ottimi valori ottenuti sono stati raggiunti con l'utilizzo di elementi di disaccoppiamento acustico tra le pareti ed il solaio. Diversi interstizi presenti sono stati coperti con materiali isolanti e molta cura nell'esecuzione. Il solaio, come singolo elemento costruttivo, presenta valori di isolamento da calpestio pari a 37 dB, senza tenere conto della trasmissione per fiancheggiamento (vedi pagina 22). Questi eccezionali valori di isolamento sono stati raggiunti tramite la ragionata combinazione degli elementi costruttivi e delle loro giunzioni. Le prestazioni raggiunte hanno reso possibile l'impiego delle pareti in legno massiccio a vista.

***SAPEVATE CHE** la tenuta all'aria è un fattore fondamentale per il raggiungimento di un buon isolamento acustico?*

SOLAIO DIVISORIO FRA APPARTAMENTI
X-LAM SENZA CONTROSOFFITTO SOSPESO



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pavimento in legno incollato**
2	*30 mm*	**pannello in gessofibra**
3	*40 mm*	**pannello anticalpestio** (fibra di legno)
4	*85x50 mm*	**listelli su 5 mm di gomma, 90 mm massetto a secco fra i listelli**
5	*160 mm*	**pannello in legno massiccio a cinque strati**
6	*12,5 mm*	**pannello in cartongesso**

Massa per unità di area

ca. 141 kg/m³

Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997

$L'_{n,w}$ = 63 dB

R'_w = 50 dB

Valori misurati in opera

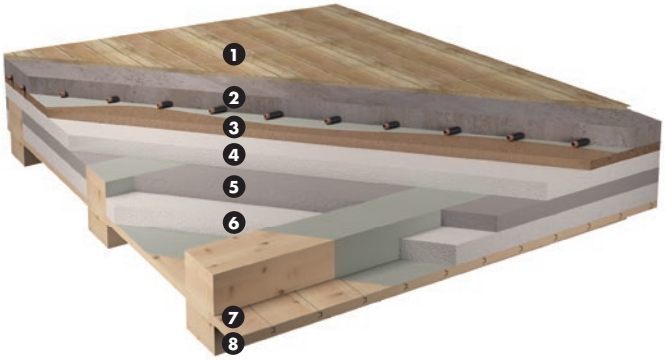
$L'_{n,w}$ = 56 dB

R'_w = 57 dB

Questo solaio è stato utilizzato in un edificio monofamiliare e rappresenta una soluzione semplice dal punto di vista della richiesta che è stata avanzata dal committente, di avere un solaio con spessore ridotto e buone proprietá fonoisolanti. Livelli maggiori di isolamento acustico al calpestio sono difficili da raggiungere nel caso di stratigrafie a secco, poiché la coibentazione anticalpestio deve avere una rigidezza dinamica elevata per assorbire eventuali carichi concentrati. La protezione dal rumore per via aerea è ampliamente soddisfatta. Prestando la massima attenzione riguardando la trasmissione indiretta, sono stati inseriti degli elementi di disaccoppiamento tra due pareti in legno massiccio e il solaio anch'esso in legno massiccio.

***SAPEVATE CHE** nelle costruzioni in legno si deve prevedere sempre un sistema multistrato contenente almeno una controparete flessibile?*

SOLAIO DIVISORIO FRA APPARTAMENTI
SOLAIO CON TRAVETTI A VISTA



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pavimento in legno**
2	*65 mm*	**massetto sabbia-cemento**
3	*30 mm*	**lana minerale**
4	*55 mm*	**massetto a secco sopra i travetti**
5	*50 mm*	**mattoni di cemento cellulare**
6	*65 mm*	**massetto a secco fra i travetti**
7	*25 mm*	**perline** (abete)
8	*165x220 mm*	**travetti di abete** (interasse = 65 cm)

Massa per unità di area

ca. 92 kg/m³

Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997

$L'_{n,w}$ = 63 dB

R'_w = 50 dB

Valore misurato in opera

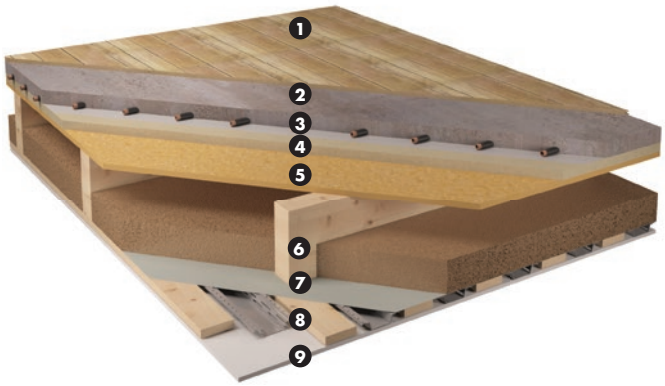
$L'_{n,w}$ = 53 dB

R'_w = 58 dB

Il solaio è del tipo a travetti, dove la massa si è ottenuta utilizzando un massetto a secco sia sopra che nell'interasse fra i travetti stessi. La stratigrafia raggiunge un buon potere fonoisolante. Lo strato da 50 mm di cemento cellulare funge in questo elemento oltra che da isolante anticalpestio anche da ulteriore molla; data l'elevata rigidezza dinamica del cemento cellulare questo non porta però ad un miglioramento delle prestazioni acustiche. Il potere fonoisolante di questa stratigrafia può essere migliorato inserendo il cemento cellulare tra il massetto a secco e la lana minerale. L'impiego di mattoni di cemento cellulare era necessario dal punto di vista statico. Dal punto di vista acustico sarebbe meglio sostituire questi mattoni con un riempimento a secco (sempre che questo sia staticamente possibile).

***SAPEVATE CHE** le intercapedini devono essere sempre riempite con materiale isolante fibroso leggero ?*

SOLAIO DIVISORIO FRA APPARTAMENTI
SOLAIO A TRAVETTI CON CONTROSOFFITTO SOSPESO



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1	*15 mm*	**pavimento in legno**
2	*50 mm*	**massetto cementizio**
3		**strato di separazione in plastica**
4	*30 mm*	**isolamento acustico al calpestio di lana minerale**
5	*18 mm*	**OSB**
6	*220x80 mm*	**legno massiccio KVH** (interasse = 625 mm), in mezzo 100 mm fibra di cellulosa
7	*24 mm*	**tavolato grezzo** *(abete)*
8	*27 mm*	**staffa continua a molla fissata fra il tavolato**
9	*12,5 mm*	**pannello in cartongesso**

Massa per unità di area

ca. 146 kg/m³

Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997

$L'_{n,w}$ = 63 dB

R'_w = 50 dB

Valori calcolati

$L_{n,w}$ = 52 dB

R_w = 66 dB

Il solaio è del tipo a travetti. Gli spazi fra i travetti stessi sono riempiti solo in parte con fibra di cellulosa. Come elemento per appesantire si può usare un massetto cementizio o un massetto a base di anidrite. La rigidezza dinamica dell'isolante anticalpestio dovrebbe essere tra i 10 - 20 MN/m³. Questa stratigrafia può essere usata solo nel caso di un solaio non a vista. Il valore ottenuto si riferisce unicamente all'elemento, i risultati sono stati ottenuti tramite prove sperimentali in laboratorio non considerando la trasmissione indiretta del rumore per fiancheggiamento. In funzione della tipologia strutturale che si vuole adottare per le pareti, bisogna considerare un peggioramento del risultato fino a 10 dB. Consigli per migliorare le prestazioni acustiche della stratigrafia: utilizzare al di sotto del pannello isolante anticalpestio o negli spazi fra i travetti, un riempimento pesante con almeno 100 kg/m².

***SAPEVATE CHE** l'utilizzo di materiale sfuso con elevata densità (almeno 1300 kg/m³) è utile principalmente per migliorare l'isolamento alle basse frequenze?*

PARETE ESTERNA
PARETE IN LEGNO MASSICCIO

DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

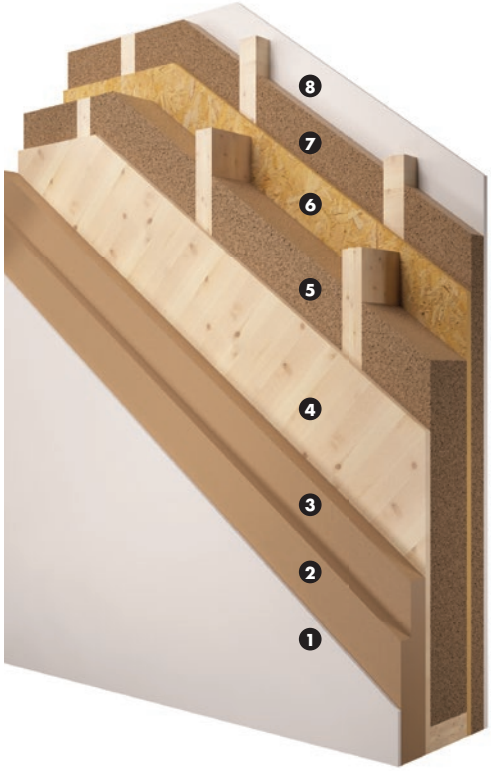
1	*3 mm*	**intonaco esterno**
2	*5 mm*	**intonaco di finitura con rete**
3	*100 mm*	**pannello portaintonaco**
4	*200 mm*	**pannello in legno massiccio a cinque strati**
5	*20 mm*	**intonaco in argilla**

Massa per unità di area	Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore misurato in opera	Valore U
ca. 137 kg/m³	$R'_{45°,w}$ = 40 dB	$R'_{45°,w}$ = 44 dB	0,22 W/m²K

L'involucro esterno è costituito da intonaco, intonaco di finitura con rete e da un pannello portaintonaco (strato isolante). Non avendo altre indicazioni, la rigidezza dinamica può essere ricavata soltanto partendo dalla resistenza a compressione dell'isolante. La frequenza di risonanza di questa stratigrafia è di ca. f_{res} = 224 Hz. Questo elevato valore per la frequenza di risonanza comporta un peggioramento di ca. 2,0 dB del valore di protezione dal rumore per via aerea. Un risultato migliore si può ottenere usando un sistema multistrato. Ad esempio: al posto dei 100 mm di pannello portaintonaco, può essere usato un pannello da 20 fino a 40 mm. I restanti 60 fino a 80 mm possono essere usati per inserire una struttura a telaio con interposto dell' isolante fibroso, che presenta una minore rigidezza dinamica. Lo strato interno è costituito da un pannello in legno massiccio da 200 mm e pannello portaintonaco con intonaco in argilla, con un indice del potere fonoisolante apparente di R_w = 41,8 dB. Per la protezione al rumore basterebbe anche un pannello di legno massiccio da 100 mm per ottenere lo stesso risultato come con un pannello da 200 mm. Specifici requisiti statici non sono stati presi in considerazione.
La misurazione in loco ha portato ad un valore di $R'_{45°,w}$ = 44 dB. La parete esterna rispetta quindi i requisiti della normativa italiana vigente.

***SAPEVATE CHE** la presenza di un solo ponte acustico può portare a un peggioramento delle prestazioni di isolamento acustico di oltre 10 dB?*

PARETE ESTERNA
PARETE A TELAIO



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

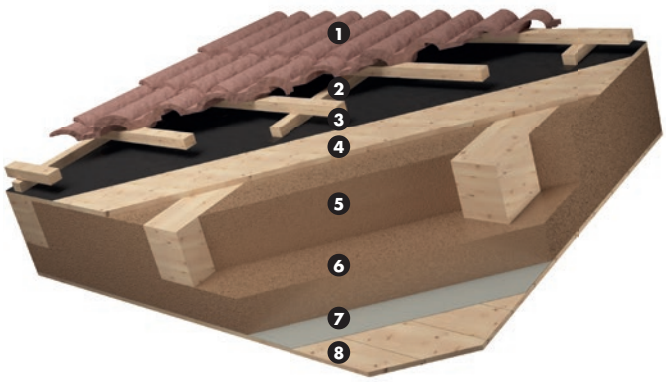
1	*10 mm*	**intonaco a base di silicati**
2	*40 mm*	**pannello portaintonaco**
3	*60 mm*	**pannello di coibentazione** (fibra di legno)
4	*24 mm*	**tavolato diagonale** (abete)
5	*160x60 mm*	**telaio in legno con 160 mm di coibentazione**
6	*18 mm*	**OSB**
7	*60x62 mm*	**listelli con 60 mm di coibentazione**
8	*15 mm*	**pannello in gessofibra**

Massa per unità di area	Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore misurato in opera	Valore U
ca. 67 kg/m³	$D_{2m,nT,w}$ = 40 dB	$D_{2m,nT,w}$ = 52 dB	0,13 W/m²K

La parete esterna a telaio è costituita, dal punta di vista acustico, da una struttura a telaio in legno con doppio rivestimento. La parete isolata con montanti in legno è stata adattata in modo ottimale raggiungendo una frequenza di risonanza f_{res} = 80 Hz. Questa soluzione permette di raggiungere il massimo valore di protezione dal rumore aereo per questo sistema costruttivo. Per lo strato esterno (pannello portaintonaco) il valore della frequenza di risonanza riferita alla parte centrale dell'elemento è pari a f_{res} = 187 Hz. Per ottenere una protezione ottimale dal rumore, il valore della frequenza di risonanza dovrebbe essere al di sotto di 100 Hz; un miglioramento dal punto di vista acustico risulta però essere difficile poiché il pannello portaintonaco deve avere un'elevata rigidezza dinamica. L'effetto dello strato interno riferito alla zona centrale dell'elemento, porta ad un risultato migliore dal punto di vista acustico impiegando materiali isolanti con minore rigidezza dinamica. In questo modo si raggiunge una frequenza di risonanza f_{res} < 100 Hz. L'indice di fonoisolamento misurato per la parete esterna $D_{2m,nT,w}$ = 52 dB è molto buono.

***SAPEVATE CHE** una differenza di 10dB del livello sonoro corrisponde, nella percezione dell'utente, al raddoppio o al dimezzamento dell'intensità del sonoro?*

COPERTURA
TETTO A VISTA COIBENTATO



DESCRIZIONE STRATIGRAFIA

1		**tegole di copertura**
2	*40 mm*	**listelli con 40 mm controlistelli**
3		**membrana con sigillante inchiodatura**
4	*20 mm*	**Perline** (abete) / 24 mm tavolato grezzo
5	*200 mm*	**travetti e coibentazione in mezzo** (fibra di legno)
6	*129 mm*	**pannello di coibentazione su tutta l'area** (fibra in legno)
7		**freno vapore**
8	*20 mm*	**perline** (abete)

Massa per unità di area	Requisiti secondo D.P.C.M. 05/12/1997	Valore misurato in opera	Valore U
ca. 107 kg/m³	$R'_{45°,w}$= 40 dB	$R'_{45°,w}$= 52 dB	0,12 W/m²K

La protezione dal rumore per via aerea ottenuta, pari a $D_{2m,nT,w}$ = 52 dB è molto buona per una copertura di questa tipologia. Si tratta in questo caso di una stratigrafia tipica per coperture presenti nell'Italia settentrionale. Per quanto riguarda pareti e coperture il valore finale dell'indice dell'isolamento acustico negli edifici, dipende dal numero e dalla grandezza delle finestre e delle aperture (cupole). Queste scelte devono essere prese in considerazione quando si vanno a scegliere le stratigrafie degli elementi. Particolare attenzione bisogna prestare nel caso verranno montate antenne, pannelli solari, camini, oppure vengono svolti risanamenti o ampliamenti con copertura metallica; quest'ultimi possono rappresentare tutti dei ponti acustici. Poiché il valore di fonoisolamento dipende dal punto più debole, questo tipo di interventi seppur riducendo soltanto localmente la massa per unità di area, porta ad un notevole peggioramento del valore fonoisolante. In questi casi è sempre meglio consultare dei tecnici esperti nel campo dell'acustica o costruttori di case in legno specializzati.

Edificio plurifamiliare
a Monguelfo (BZ) a quattro piani con elementi in legno massiccio. L'edificio ha ottenuto la certificazione CasaClima Gold Nature.
Per interessati nell'edilizia in legno è disponibile un appartamento modello nella casa.
Anno di costruzione: 2014

Palazzina adibita ad uffici
a Appiano (BZ) con pareti a telaio in legno.
È uno dei maggiori edifici in legno adibito ad uffici in Provincia di Bolzano - Alto Adige.
Anno di costruzione: 2008

CONFRONTO FRA DIVERSI SISTEMI COSTRUTTIVI

PARETE DIVISORIA TRA APPARTAMENTI

Parete in laterizio

2x 170 mm laterizio, in mezzo 50 mm materiale isolante, 20 mm intonaco su ambo i lati

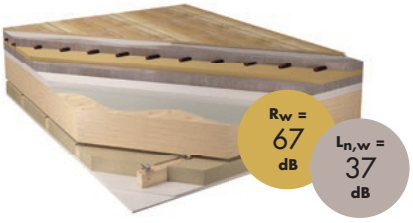
SOLAIO DIVISORIO TRA APPARTAMENTI

Solaio in cemento armato

220 mm solaio di cemento armato con 80 mm di cemento cellulare e 60 mm di sottofondo

Solaio in legno massiccio

200 mm solaio in legno massiccio con 80 mm di massetto a secco pesante (ca. 1300 kg/m³), 35 mm isolamento acustico al calpestio s' 15 MN/m³ e 60 mm di sottofondo



Solaio in legno massiccio (perfezionato)

180 mm solaio in legno massiccio con 50 mm magrone e 40 mm di massetto a secco pesante (ca. 1300 kg/m³), 35 mm isolamento acustico al calpestio s' 15 MN/m³, 60 mm di sottofondo; 100 mm controsoffitto con materiale isolante e 2x12,5 mm cartongesso/pannello in gessofibra

PARETE DIVISORIA INTERNA

Parete in laterizio

120 mm parete di mattoni forati leggeri (ca. 840 kg/m³), 15 mm intonaco su ambo i lati

Parete in legno massiccio

100 mm parete in legno massiccio, 15 mm cartongesso su ambo i lati

Parete a telaio

120 mm parete a telaio, 80 mm coibentazione d'intercapedine con pannelli in fibra di legno (ca. 50 kg/m³), 15 mm cartongesso su ambo i lati

Nota: tutti i valori riportati in tabella si riferiscono esclusivamente al singolo elemento, l'effetto della trasmissione indiretta del rumore non é stato preso in considerazione.

Parete in legno massiccio

2 x 100 mm parete in legno massiccio, in mezzo 50 mm di materiale isolante leggero ca. 50 kg/m³, 50 mm listelli e pannello in cartongesso su ambo i lati della parete

Parete a telaio - parete in legno massiccio combinato

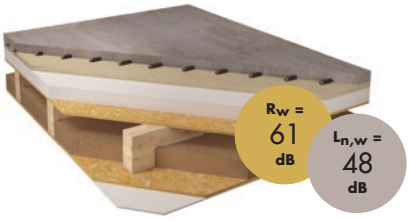
80 mm parete a telaio con 60 mm di materiale isolante in fibra di legno, singolo rivestimento con pannello in gessofibra, 140 mm di parete in legno massiccio a vista, in mezzo 50 mm materiale isolante leggero ca. 50kg/m³

Parete a telaio

2 x 100 mm parete a telaio con 80 mm materiale isolante in fibra di legno e pannelli in gessofibra, rivestimento con rispettivamente uno e due pannelli in gessofibra, in mezzo 50 mm materiale isolante leggero ca. 50 kg/m³

Solaio con travetti a vista

160x200 mm solaio a travetti, i = 70 cm, tavolato a vista M/F, 80 mm massetto a secco pesante (ca. 1300 kg/m³), 35 mm isolamento acustico al calpestio s' 15 MN/m³ e 60 mm di sottofondo



Solaio scatolare con travetti

100x240 mm travetti, i = 40 cm, 18 mm pannello OSB all'intradosso, rivestimento di cartongesso, 100 mm coibentazione d'intercapedine ca. 50 kg/m³, pannello OSB, 80 mm massetto a secco pesante (ca. 1300 kg/m³), 35 mm isolamento acustico al calpestio s' 15 MN/m³ e 60 mm di sottofondo

PARETE ESTERNA

Parete in laterizio

8 mm intonaco a base di silicati, 120 mm pannelli EPS Graphit, 300 mm mattoni forati (1.600 kg/m³), 15 mm intonaco a base calce cemento

Parete in legno massiccio

8 mm intonaco a base di silicati, 60 mm pannello portaintonaco in fibra di legno, 120 mm isolante in fibra di legno, 0,5 mm freno vapore, 95 mm X-LAM abete, 32 mm listelli con strato d'aria, 15 mm pannello gessofibra

Parete a telaio

8 mm intonaco a base di silicati, 60 mm portaintonaco con pannelli in fibra di legno, 24 mm tavolato diagonale, 100x160 mm telaio di legno in abete, 160 mm coibentazione d'intercapedine con pannelli in fibra di legno (45 kg/m³), 18 mm pannello OSB, 32 mm listelli con strato d'aria, 15 mm pannello gessofibra

PARTNER DI PROGETTO

ASTER HOLZBAU

Pittertschol 13/B
39050 San Genesio (BZ)

T +39 0471 354 800
F +39 0471 354 801
info@aster-holzbau.com
www.aster-holzbau.com

Il lavoro di Aster Holzbau srl si basa su personale altamente qualificato. Il team di oltre 40 collaboratori coinvolge geometri, tecnici del legno, mastri carpentieri, falegnami e impiegati amministrativi. L'azienda produce edifici in legno chiavi in mano e viene riconosciuta per l'elevata competenza nelle proprie consulenze e nell'assistenza, nonché nella precisione millimetrica in fase di produzione e montaggio dei propri elementi.

MOSER HOLZBAU

Zona Industriale Am Anger
39035 Monguelfo/Tesido (BZ)

T +39 0474 950 054
F +39 0474 950 256
info@moser-holzbau.com
www.moser-holzbau.com

L'elevato numero di progetti architettonici e la soddisfazione dei propri clienti confermano il know how di Moser Holzbau srl.
Su un areale di oltre 30.000 m² l'azienda produce pannelli X-Lam in legno, a tavole incrociate e incollate. L'obiettivo dell'azienda è la creazione di prodotti di alta qualità. Fiore all'occhiello è il robot industriale sviluppato in proprio per la lavorazione degli elementi in legno. L'elevato numero di progetti architettonici e la soddisfazione dei propri clienti confermano il know how di Moser Holzbau srl.

LIGNA CONSTRUCT

Tusengrabl 23
39010 San Pancrazio (BZ)

T +39 0473 785 050
F +39 0473 785 668
info@ligna-construct.com
www.lignaconstruct.com

Ligna Construct srl è un'azienda innovativa attiva in quarta generazione. L'altissima qualità e la precisione con cui vengono realizzati i propri progetti si basano sull'applicazione delle tecnologie più avanzate, una profonda conoscenza della materia legno e la continua formazione del personale. L'azienda ha sviluppato un pannello per l'edilizia in legno massiccio a tavole incrociate unite da graffe metalliche e quindi senza colla, il Bio-X-Lam.

HABICHER HOLZBAU

Zona Artigianale 85
39027 San Valentino alla Muta (BZ)

T +39 0473 634 648
F +39 0473 634 156
habicher@holzbau.it
www.holzbau.it

Habicher Holzbau srl è un azienda leader nei settori degli elementi prefabbricati, carpenteria e case in legno. I progetti di carpenteria rappresentavano nel passato l'attività principale per l'azienda.
La produzione in serie di balconi in legno è stata portata avanti con successo fino all'anno 1980. Successivamente l'azienda si è evoluta verso la costruzione di case in legno e soluzioni innovative per tetti in legno.