



X-RAD

rothoblaas



## 1. X-ONE

**pag. 20**

*INGEGNERIA STRUTTURALE (pag. 24)*

*INSTALLAZIONE (pag. 34)*

*TRASPORTO (pag. 36)*

## 2. X-PLATE

**pag. 38**

*SISTEMA DI PIASTRE X-PLATE (pag. 40)*

*INGEGNERIA STRUTTURALE (pag. 48)*

*DALLA MODELLAZIONE AL CANTIERE (pag. 54)*

## 3. X-SEAL

**pag. 64**

*DESCRIZIONE DEL SISTEMA (pag. 66)*

*COMPORTAMENTO TERMOIGROMETRICO (pag. 68)*

*COMPORTAMENTO ACUSTICO (pag. 70)*

*COMPORTAMENTO AL FUOCO (pag. 76)*

# X-RAD: LA FORZA DELLA SEMPLICITÀ

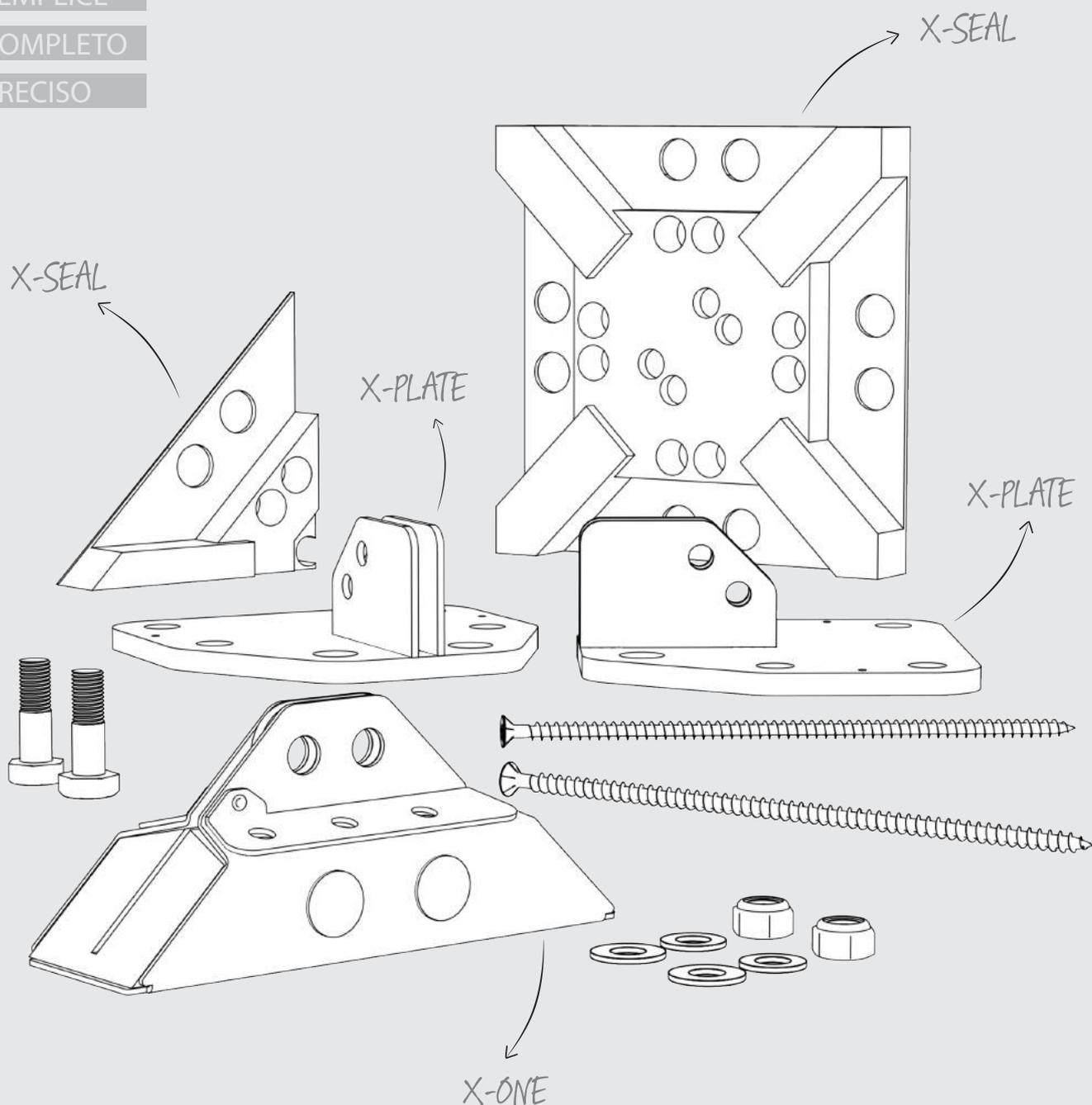
X-RAD è un sistema di connessione completo per tutte le tipologie di costruzioni in CLT. Estremamente semplice, si compone di 3 elementi: X-ONE, X-PLATE e X-SEAL. Progettato per semplificare le operazioni in cantiere, assicura precisione e rapidità di montaggio. Sistema ottimizzato dal punto di vista del comportamento meccanico, termico e acustico, per garantire massime performance.

VELOCE

SEMPLICE

COMPLETO

PRECISO



“ Un sistema che assicura  
semplicità, rapidità e sicurezza ”



**X-ONE**

Connettore universale per  
pannelli in CLT



**X-PLATE**

Gamma completa di piastre  
di collegamento

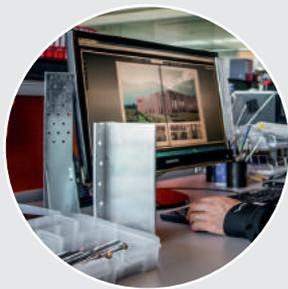


**X-SEAL**

Sistema completo per  
la tenuta all'aria e il comfort  
termico - acustico

# X-RAD: IDEATO DA PROGETTISTI, DEDICATO AI PROGETTISTI

Un nuovo sistema di connessione, semplice e rivoluzionario. Con la professionalità dell'ufficio tecnico rothoblaas è tutto più semplice: affidati ai consulenti specializzati sempre a tua disposizione per risolvere problematiche progettuali e di cantiere.



**6** CONSULENTI  
TECNICI

PER RISPONDERE A OGNI DUBBIO  
IN 5 LINGUE

**279** DISEGNI  
TECNICI

A SUPPORTO DELLA TUA ATTIVITÀ  
DI PROGETTAZIONE



**3** UNIVERSITÀ

COINVOLTE NELLE FASI  
DI SVILUPPO E TEST

**5** PREMI  
INTERNAZIONALI

A RICONOSCIMENTO DEL CARATTERE  
INNOVATIVO DEL SISTEMA



**3** ARTICOLI

PUBBLICATI SU RIVISTE  
SCIENTIFICHE SPECIALIZZATE

**10** PUBBLICAZIONI

AGLI ATTI DELLE PRINCIPALI  
CONFERENZE INTERNAZIONALI

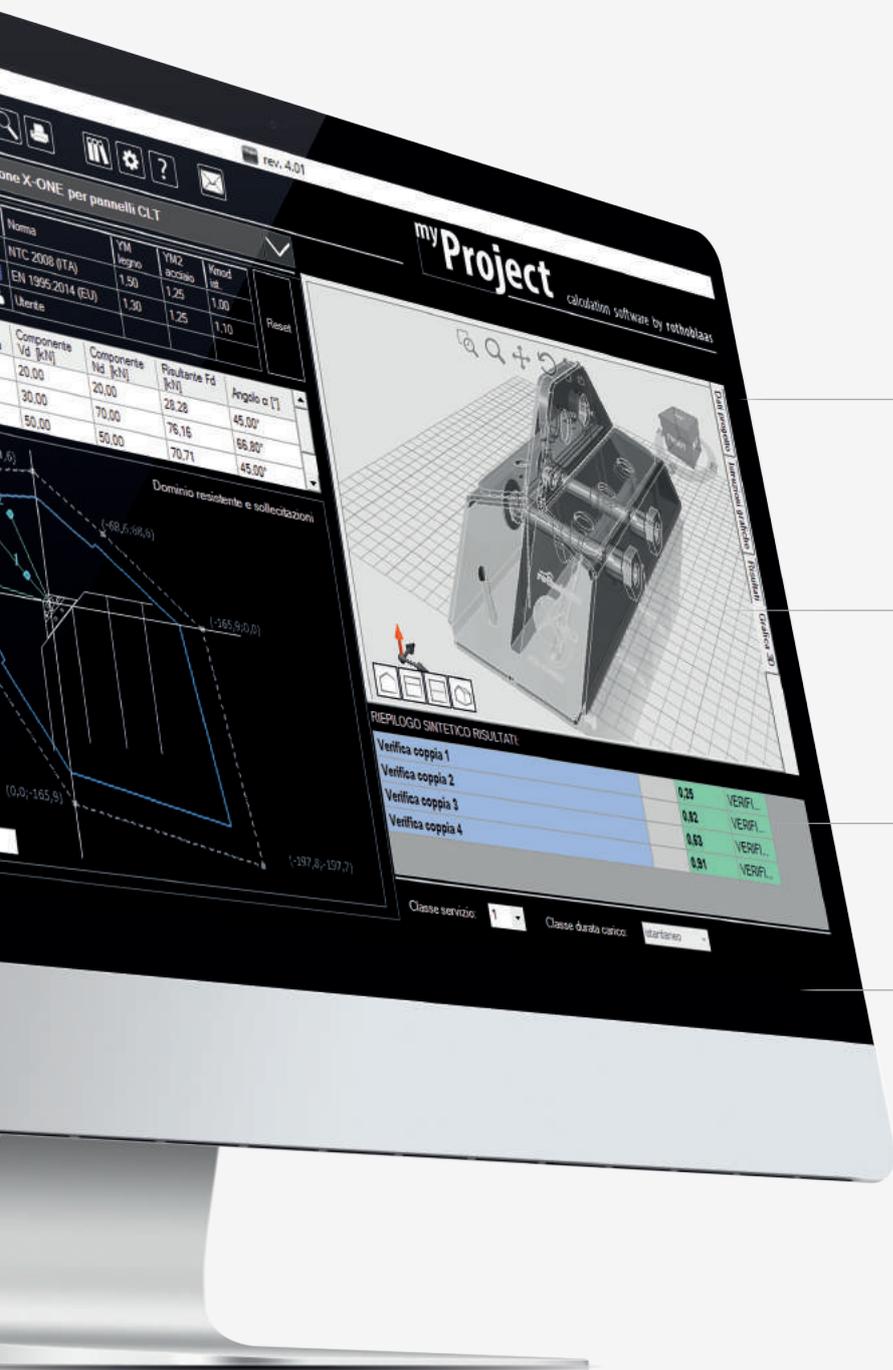


## SEI PRONTO A PROGETTARE IN MODO DIVERSO?

L'ufficio tecnico rothoblaas garantisce tutto il supporto necessario per la tua prima realizzazione con sistema X-RAD, dalla progettazione alle fasi del cantiere. Insieme, è facile essere protagonisti del futuro dell'edilizia in legno.

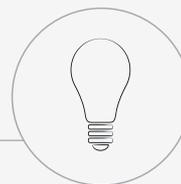
## MY PROJECT

MyProject è il software di calcolo e verifica delle connessioni nato con l'obiettivo preciso di semplificare il lavoro del progettista. Semplice e intuitivo, permette di sviluppare rapidamente il calcolo e la scelta dell'applicazione e dei prodotti, portando in pochi passi alla stampa della relazione di calcolo.



### RELAZIONE DI CALCOLO

Relazione di calcolo completa con verifiche e specifiche di prodotto



### PRATICO E INTUITIVO

Manuale di utilizzo e relazione finale ricca di grafici e illustrazioni



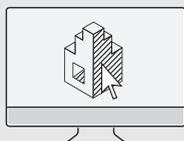
### PARAMETRI

Indicazioni passo-passo per il corretto inserimento dei dati

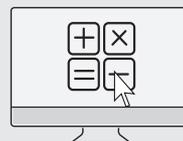


### PERSONALIZZABILE

Possibilità di creare database dell'utente e salvare i propri progetti



Puoi trovare la geometria del sistema X-RAD e i suoi componenti già implementati nei più comuni software CAD CAM di disegno per strutture in legno (pag. 57)



Nel catalogo trovi anche un metodo per la **modellazione di strutture** in legno con connessioni X-RAD utilizzando i tradizionali software di ingegneria strutturale (pag. 32)

# IL FUTURO DELL'EDILIZIA IN LEGNO

Pensare e contribuire all'evoluzione dell'edilizia in legno significa individuare soluzioni tecnologiche innovative, sviluppare connessioni specifiche per strutture in CLT, adottare nuovi sistemi costruttivi semplici e veloci: X-RAD è la risposta a tutte queste esigenze.





“ La più grande innovazione nel campo delle connessioni per legno ”

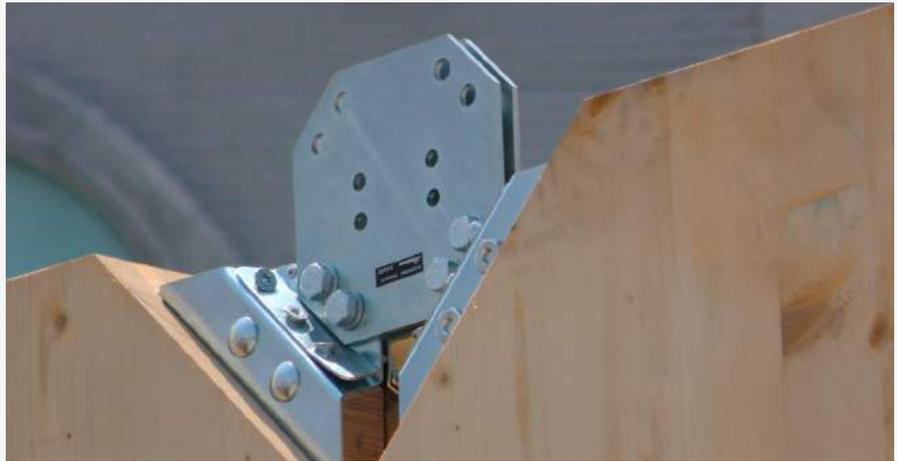
“ Un sistema che permette di costruire in modo semplice e veloce ”





“ Lavorazioni standard sul pannello in CLT qualunque sia lo spessore del pannello ”

“Una connessione  
tanto semplice quanto geniale”





“ La risposta a molte domande architettoniche e ingegneristiche ”

# I VANTAGGI DEL SISTEMA X-RAD

Il carattere innovativo di X-RAD risiede nella sua capacità di scardinare gli standard in materia di costruzioni in legno grazie ai vantaggi che offre: elevata precisione, riduzione dei tempi di posa, maggior sicurezza in cantiere, riduzione del numero di componenti necessari per il fissaggio, eccellenti performance statiche.



 Maggior precisione e sicurezza di posa

 Maggior velocità di esecuzione

 Riduzione del numero delle connessioni



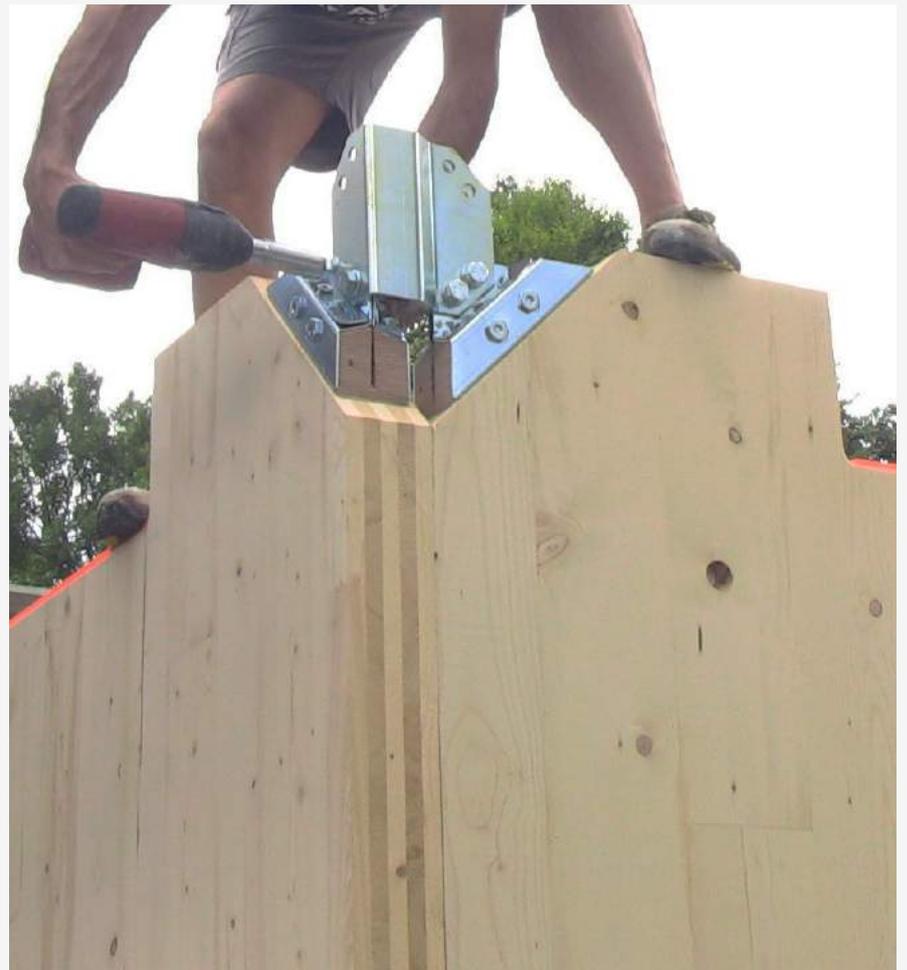
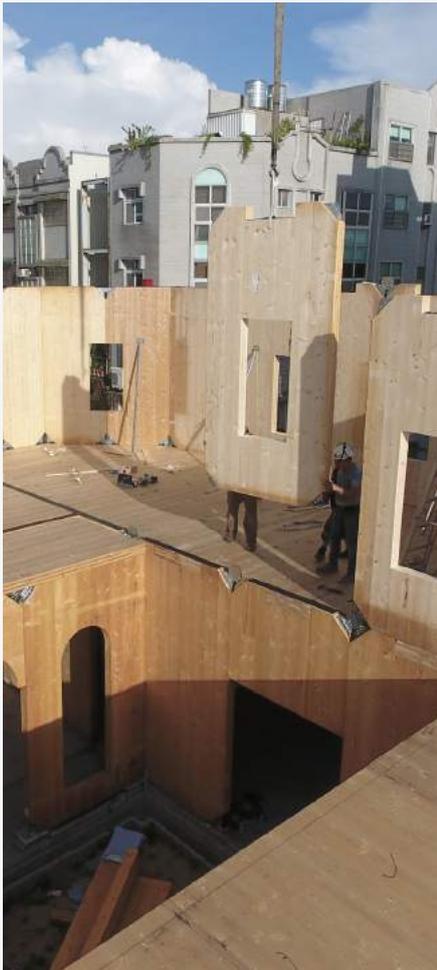
Maggior ordine e pulizia  
in cantiere



Riduzione margini di errore  
per gli operatori



Riduzione tempi ed impegno  
fisico per gli operatori



“ Il sistema giusto per affrontare  
le sfide dell'edilizia in legno ”

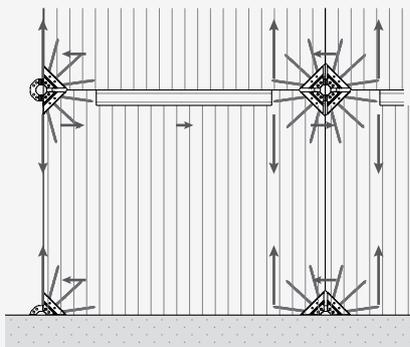
# TEMPISTICHE DI CANTIERIZZAZIONE

La standardizzazione e la riduzione del numero complessivo delle giunzioni rendono il sistema X-RAD vincente quando le tempistiche di cantierizzazione sono un fattore determinante per la realizzazione dell'opera. Questi vantaggi sono stati dimostrati concretamente durante le prime realizzazioni di edifici con sistema X-RAD, dove è stata attentamente registrata e documentata la durata di tutte le operazioni necessarie al montaggio della struttura, comparandola quindi al termine con quanto richiesto da una soluzione con ancoraggi tradizionali.

## CONFRONTO TEMPI DI FISSAGGIO TRA SOLUZIONE X-RAD E ANGOLARI TRADIZIONALI

### SISTEMA X-RAD

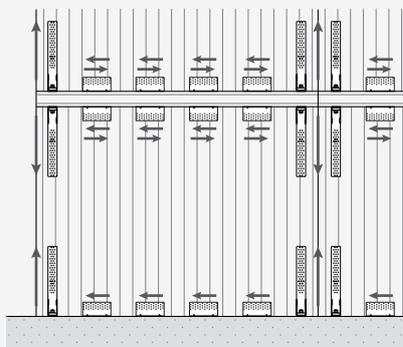
RISPARMIO **50% - 70%**



Tempo medio necessario per l'installazione di n° 1 X-ONE: **circa 5 minuti**

Tempo totale necessario per il posizionamento e montaggio completo di una parete (n° 4 X-ONE in stabilimento + n° 4 X-PLATE in cantiere): **circa 30 minuti**

### SISTEMA TRADIZIONALE

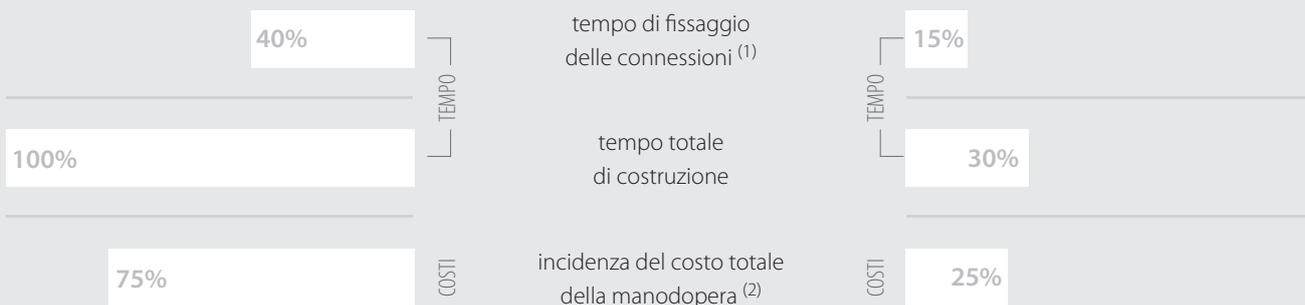


Tempo totale necessario per il posizionamento e montaggio completo di una parete in cantiere (fissaggio di n° 4 WHT440 + n° 4 TCN240 + n° 4 TTN200): **circa 60 - 70 minuti**

## HOLD-DOWN E ANGOLARI

## PARAMETRO DI CONFRONTO

## SISTEMA X-RAD

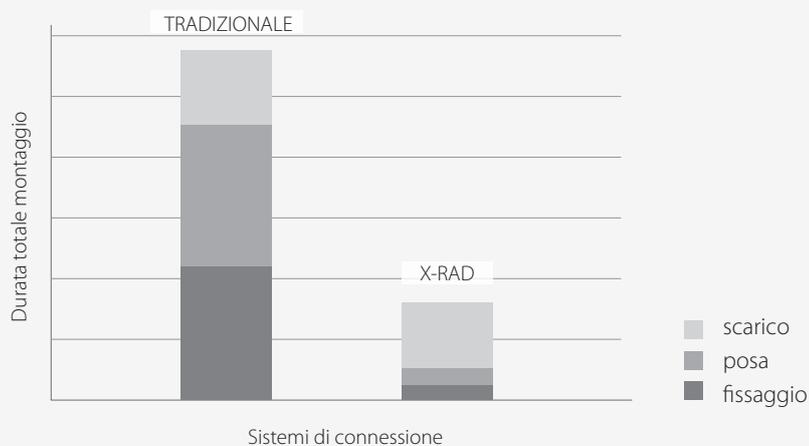


trasporto dei pannelli



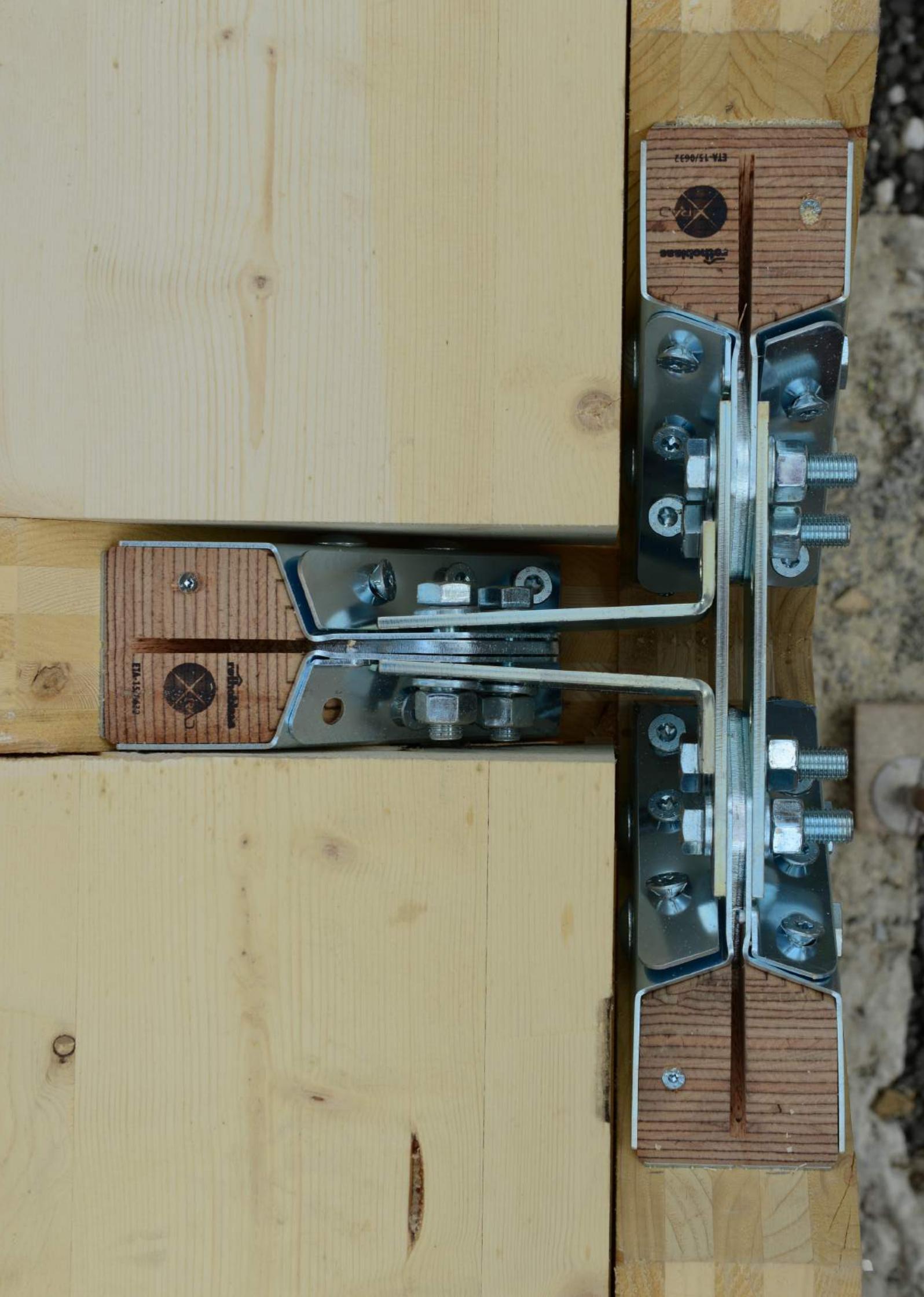
lavorazione in stabilimento

Il sistema X-RAD sposta la maggior parte delle lavorazioni **dal cantiere allo stabilimento**, con aumento della **prefabbricazione**, **maggior efficienza**, **riduzione delle tempistiche** ed **ottimizzazione dei costi**.



NOTE: (1) Raffrontato al tempo totale di costruzione  
 (2) Raffrontato al costo complessivo (materiale più manodopera)

Le presenti valutazioni derivanti da analisi condotte su cantieri reali sono da intendersi come stime indicative e generiche ed eventualmente da aggiornare in funzione del caso specifico e della tipologia di costruzione in esame.



# APPLICAZIONI SPECIALI

Il sistema X-RAD apre nuove frontiere nel campo delle connessioni per strutture in CLT.

L'elevata resistenza e l'estrema rigidità consentono di aumentare il grado di sfruttamento dei pannelli in CLT, ottimizzando le performance del legno e delle connessioni.

Nascono pertanto soluzioni innovative, come le strutture ibride (legno-calcestruzzo, legno-acciaio), le strutture a nucleo irrigidente e le strutture modulari.



-  Trasferimento di elevate forze orizzontali di piano a strutture a nucleo in calcestruzzo
-  Realizzazione di nuclei rigidi in CLT, con pannelli verticali pluripiano
-  Soluzione ad incastro per travi parete realizzate con pannelli in CLT



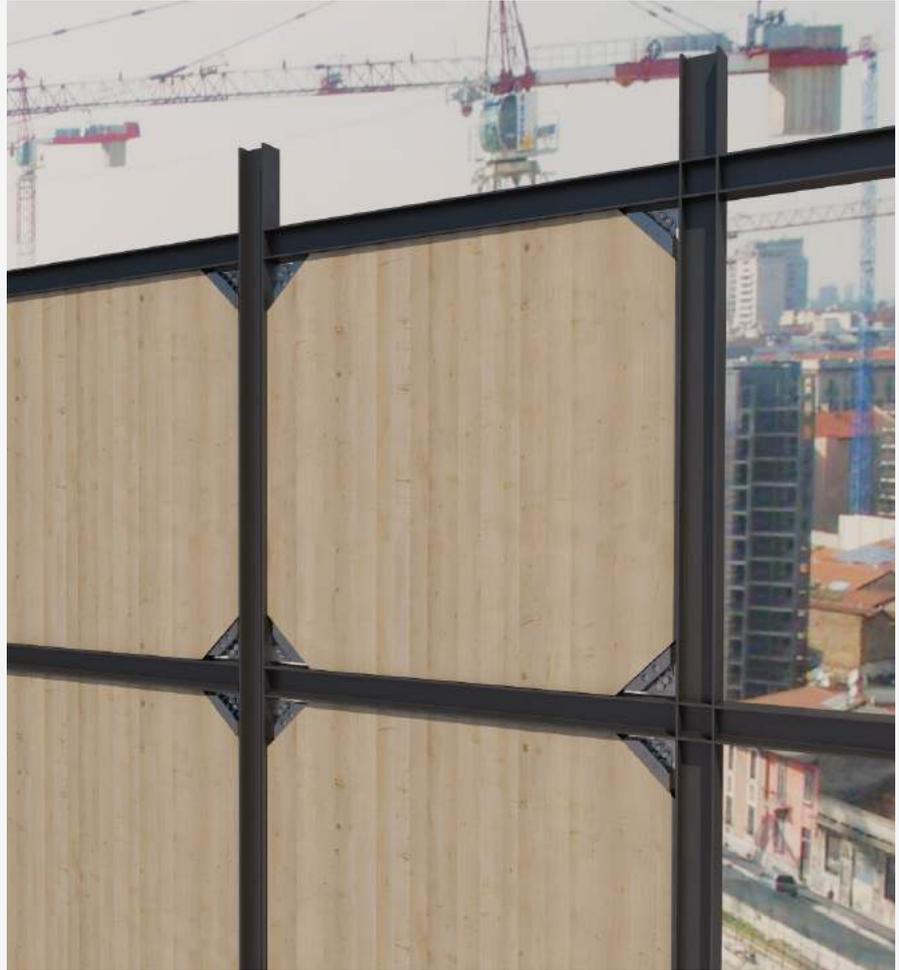
Giunto a momento per collegamento di travi parete in CLT



Composizione di sistemi modulari con pannelli in CLT, realizzati mediante connessioni X-RAD, sviluppati per le fasi di sollevamento, trasporto e montaggio in cantiere



Utilizzo di pannelli in CLT come sistema di controventamento per strutture a telaio in acciaio



“Una nuova era per le costruzioni multipiano in legno”

“ Elevata resistenza e rigidezza danno vita a soluzioni innovative ”



 Vincolo rigido a setti in calcestruzzo per sforzi elevati

 Profilo in acciaio per la connessione verticale a trazione di pannelli in CLT

 Sospensione a trave parete in CLT dei carichi verticali indotti dai solai

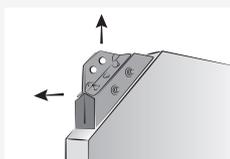
# X-ONE

**PATENTED****CE**

ETA 15/0632

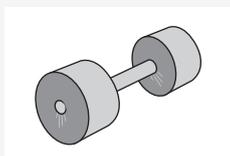
software  
**myProject**

## Connettore universale per pannelli in CLT



### SOLUZIONE UNICA

Un solo elemento per il trasferimento delle sollecitazioni di taglio e di trazione, per sollevare, movimentare, posizionare e fissare pannelli in CLT di ogni spessore



### FORTE

L'inserimento di 6 viti tutto filetto di diametro e lunghezza elevati, con distribuzione radiale e inclinazione simmetrica permette il trasferimento di sollecitazioni estremamente elevate in ogni direzione

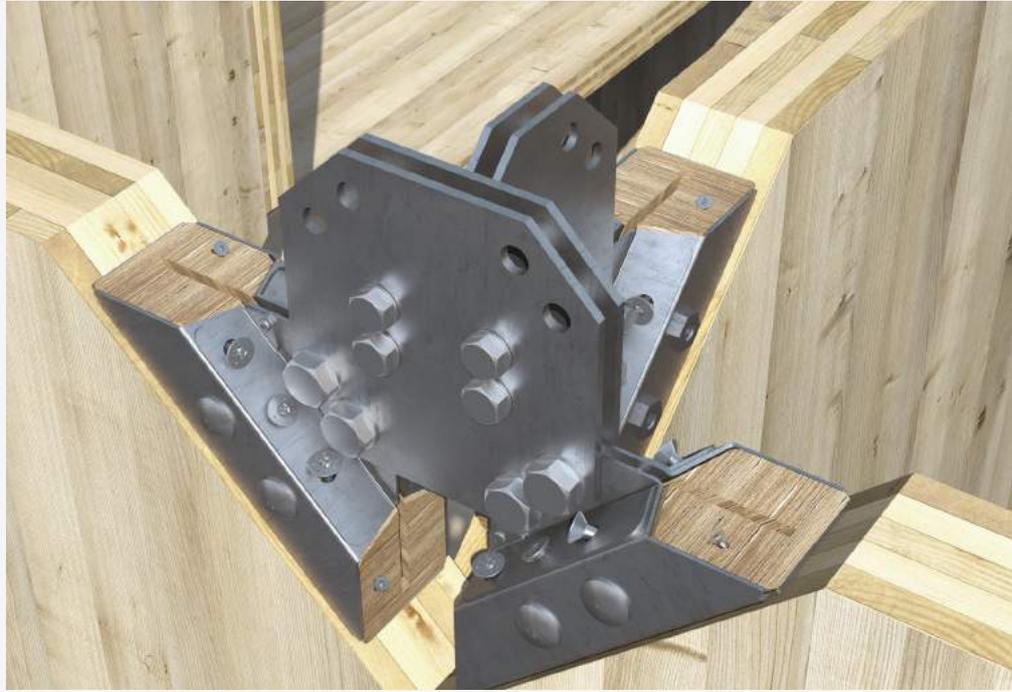


### SICUREZZA STRUTTURALE

Sistema di connessione ideale per la progettazione sismica con valori di duttilità testati e certificati (CE - ETA 15/0632)

### Lo SAPEVI CHE...?

X-ONE è il componente principale del sistema X-RAD, è la prima connessione al mondo pensata e ottimizzata per sfruttare al meglio le risorse meccaniche del CLT. Può essere usato all'interno del sistema completo X-RAD per edifici multipiano ed in tutte le applicazioni che richiedono il trasferimento di sforzi elevati.



### EFFICACE

Il sistema prevede il semplice serraggio di pochi bulloni. Nella soluzione di fondazione, la connessione con le piastre X-PLATE risulta estremamente rapida ed efficace

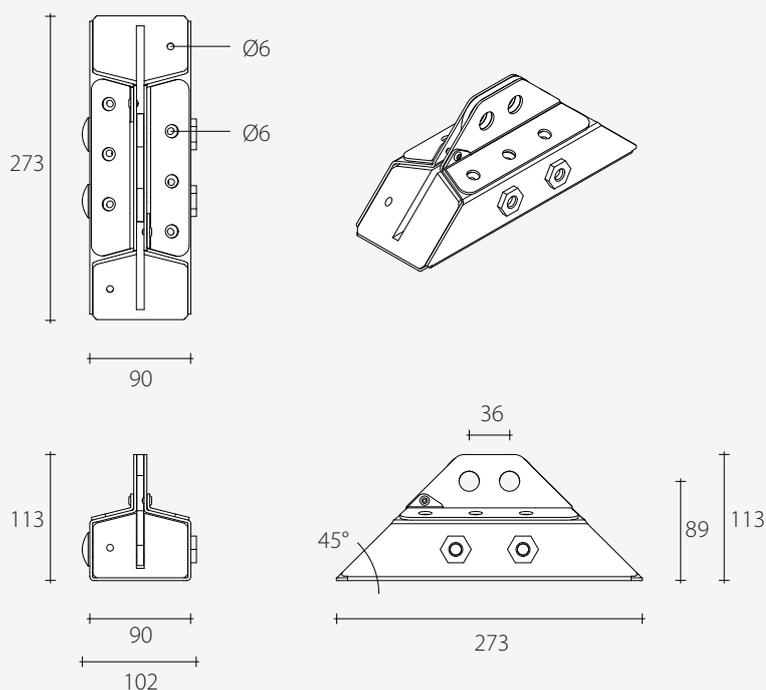
### FUNZIONALE

I nodi interpiano e di sommità si realizzano in modo semplice e veloce con giunzioni bullonate predefinite

### ERMETICO

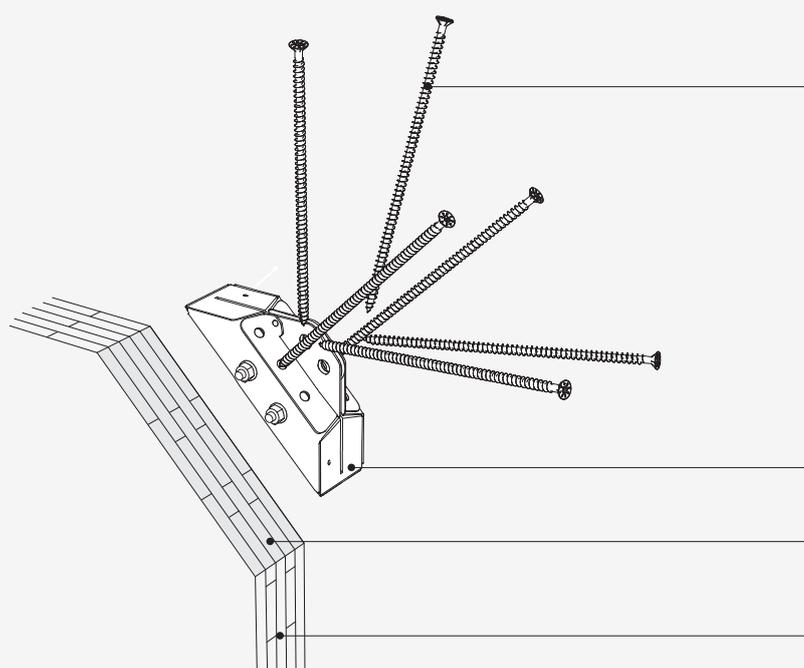
L'abbinamento con l'elemento X-SEAL garantisce al sistema massima tenuta all'aria, all'acqua e al vento, assicurando inoltre buone performance acustiche

## DESCRIZIONE



X-ONE è un elemento di connessione leggero e compatto, in grado di assicurare prestazioni meccaniche eccellenti. La sua geometria ne consente l'utilizzo nel sistema X-RAD e come elemento di connessione singolo per applicazioni particolarmente impegnative.

X-ONE è fissato al pannello in CLT da 6 connettori XVGS11350 inseriti attraverso prefori orientati. L'infissione delle viti nel CLT secondo la direzione dettata dai fori guida dell'X-ONE assicura un fissaggio estremamente resistente in ogni direzione di sollecitazione.



6 connettori tutto filetto diametro 11 mm  
**cod. XVGS11350**

connettore X-ONE

superficie piana su cui fissare l'X-ONE

pannello CLT

## CODICI E DIMENSIONI

X-ONE

codice	B [mm]	L [mm]	H [mm]	pz/conf
<b>XONE</b>	90	273	113	1

VITE X-VGS

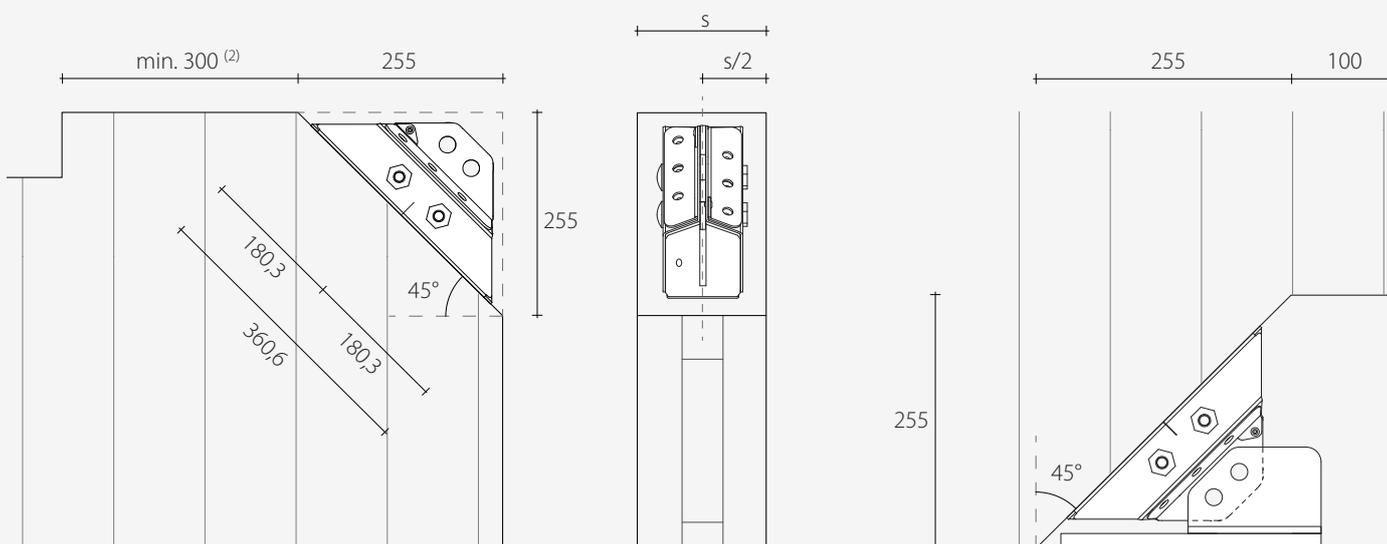
codice	d <sub>1</sub> [mm]	L [mm]	b [mm]	TX	pz/conf
<b>XVGS11350</b>	11	350	340	50	25

## POSIZIONAMENTO

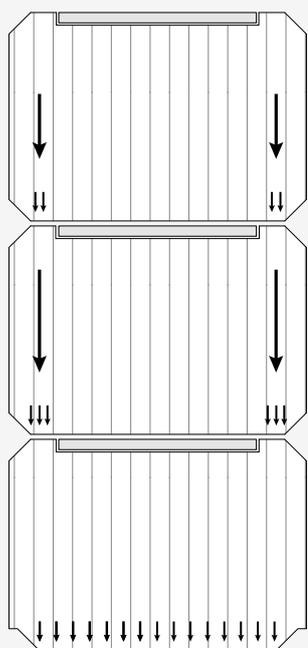
Indipendentemente dallo spessore del pannello e dalla sua collocazione in cantiere, il taglio per il fissaggio di X-ONE viene realizzato ai vertici delle pareti, a 45°, e ha una lunghezza di 360,6 mm.

PARTICOLARE TAGLIO STANDARD NODI INTERPIANO E DI SOMMITÀ <sup>(1)</sup>

PARTICOLARE TAGLIO STANDARD NODI DI BASE <sup>(1)</sup>



X-ONE viene fissato sulla superficie inclinata in posizione centrale, sia rispetto alla lunghezza del taglio che nella direzione dello spessore del pannello (**s**). Tale regola vale indipendentemente dallo spessore del pannello.



La realizzazione di uno specifico alloggiamento dei pannelli di solaio evita l'interposizione dei solai tra i pannelli di parete e le conseguenti problematiche connesse alla compressione ortogonale alle fibre. Consente quindi la trasmissione diretta dei carichi verticali tra i pannelli di parete in zone concentrate alle estremità degli stessi.

NOTE: <sup>(1)</sup> Per casi non standard riferirsi a pag. 62-63.

<sup>(2)</sup> Si raccomanda di non praticare tagli e lavorazioni nel pannello di CLT entro un raggio di 300 mm dai vertici dell'X-ONE, onde evitare il danneggiamento delle viti di fissaggio e degli utensili di taglio.

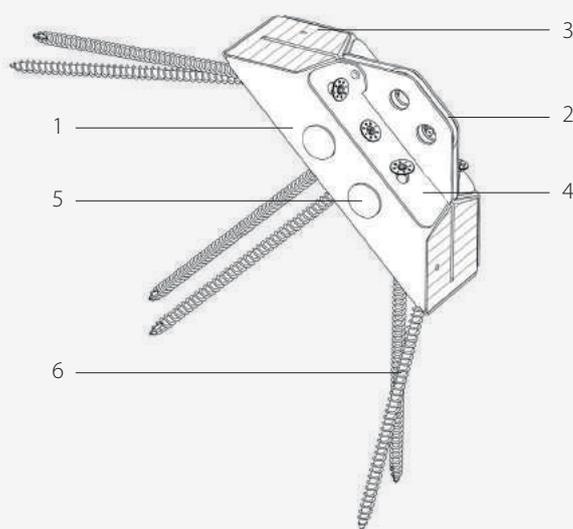
## INGEGNERIA STRUTTURALE

L'obiettivo di questa sezione è fornire al progettista un dominio di resistenza (caratteristico e di progetto) che descriva la resistenza dell'elemento **X-ONE** sollecitato secondo diverse direzioni.

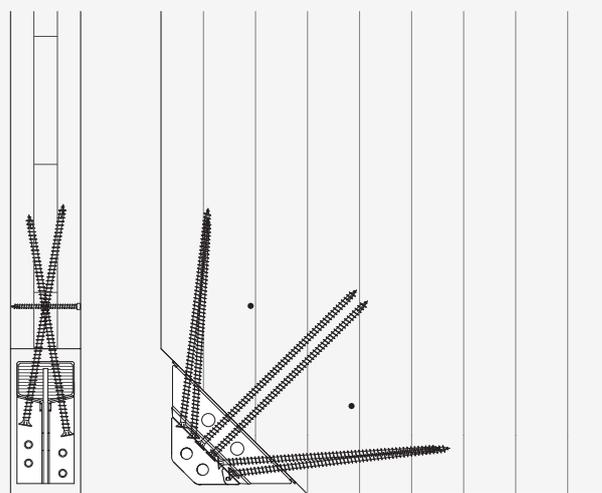
Il componente preassemblato X-ONE, fissato al pannello in CLT mediante appositi connettori è composto da:

1. box esterno in lamiera piegata spessore 2,5 mm
2. piastra interna di irrigidimento spessore 6 mm con fori di connessione per bulloni M16
3. inserto in Laminated Veneer Lumber (LVL)
4. piastre-rondelle spessore 2,5 mm
5. bulloni interni M12 con dado
6. connettori tutto filetto VGS Ø11 mm (cod. XVGS11350)

### X-ONE E CONNETTORI



### DISPOSIZIONE DEI CONNETTORI CON INCLINAZIONE VARIABILE



Il dominio di rottura di X-ONE in un campo di sollecitazioni variabili tra 0° e 360° (nel piano del pannello CLT) è stato determinato secondo 3 approcci:

- **indagini sperimentali:** prove di carico sulla connessione con diverse direzioni di sollecitazione
- **analisi agli elementi finiti (FEM):** estensione dei risultati sperimentali a differenti direzioni di sollecitazione
- **modelli analitici:** conferma dei risultati sperimentali e dell'analisi FEM e semplificazione dell'approccio progettuale

I risultati ottenuti costituiscono la base della stesura dell'European Technical Assessment **ETA 15/0632** rilasciato da OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik - AT), sulla base del quale è stata rilasciata la marcatura CE.

### PER MAGGIORI INFORMAZIONI

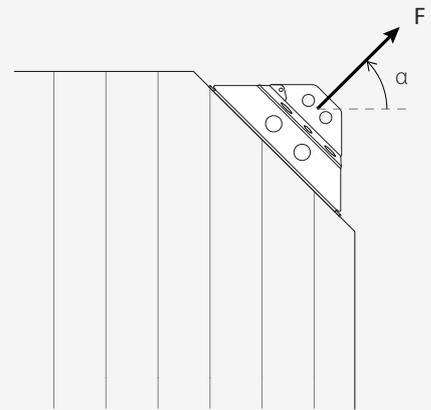
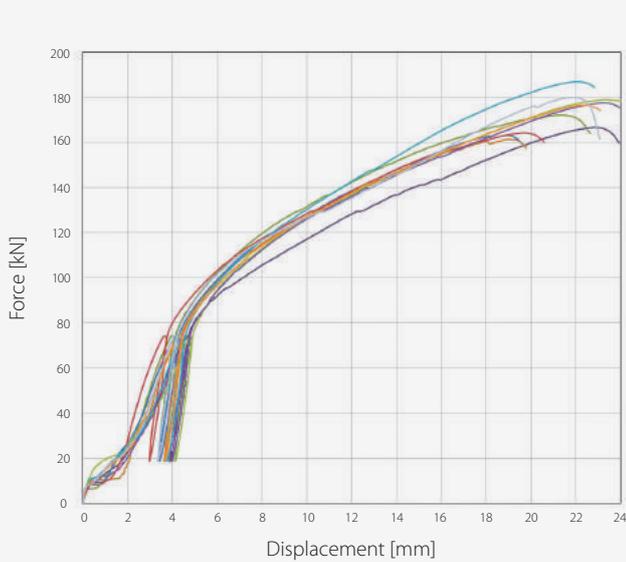
- A. Polastri, A. Angeli, "*An innovative connection system for CLT structures: experimental - numerical analysis*", 13th World Conference on Timber Engineering 2014, WCTE 2014, Quebec City, Canada.
- A. Polastri, A. Angeli, G. Dal Ri, "*A new construction system for CLT structures*", 13th World Conference on Timber Engineering 2014, WCTE 2014, Quebec City, Canada.
- A. Polastri, "*An innovative connector system for fast and safe erection with CLT*", 20. Internationales Holzbau-Forum 2014, Garmisch Partenkirchen, Germany.
- A. Polastri, R. Brandner, D. Casagrande, "*Numerical analyses of high- and medium- rise CLT buildings braced with cores and additional shear walls, Structures and Architecture: Concepts, Applications and Challenges*", Proceedings of the 3rd International Conference on Structures and Architecture, ICSA 2016.
- A. Angeli, A. Polastri, E. Callegari, M. Chiodega, "*Mechanical characterization of an innovative connection system for CLT structures*", 14th World Conference on Timber Engineering 2016, WCTE 2016, Vienna, Austria.
- A. Polastri, C. Loss, L. Pozza, I. Smith, "*CLT buildings laterally braced with core and perimeter walls*", 14th World Conference on Timber Engineering 2016, WCTE 2016, Vienna, Austria.
- A. Polastri, I. Giongo, S. Pacchioli, M. Piazza, "*Structural analysis of CLT multi-storey buildings assembled with the innovative X-RAD connection system: case-study of a tall-building*", 14th World Conference on Timber Engineering 2016, WCTE 2016, Vienna, Austria.

## INDAGINI SPERIMENTALI

Le prove di laboratorio sono state condotte in tre differenti centri di ricerca:

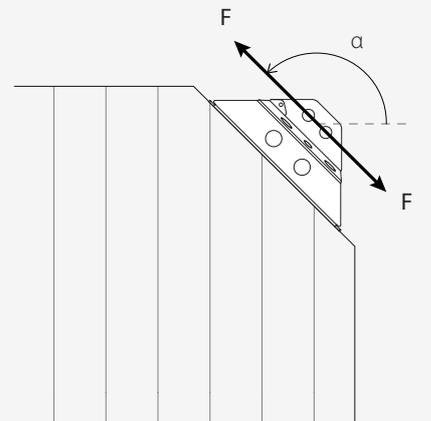
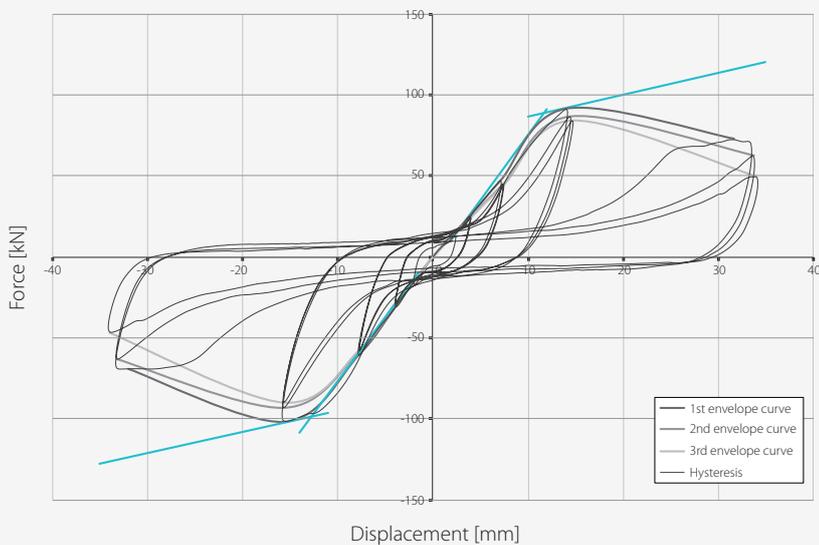
- **TU-GRAZ (Lignum Test Center dell'Università di Graz - AT):** prove monotone per l'individuazione dei parametri di resistenza e rigidità contenuti in ETA 15/0632
- **CNR-IVALSA (Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree di San Michele A.A - IT):** prove monotone e cicliche per la definizione di duttilità e comportamento in campo sismico
- **DICAM (Dipartimento di Ingegneria Civile Ambientale e Meccanica dell'Università degli Studi di Trento - IT):** prove sul sistema complesso parete-connesione

### PROVA MONOTONA



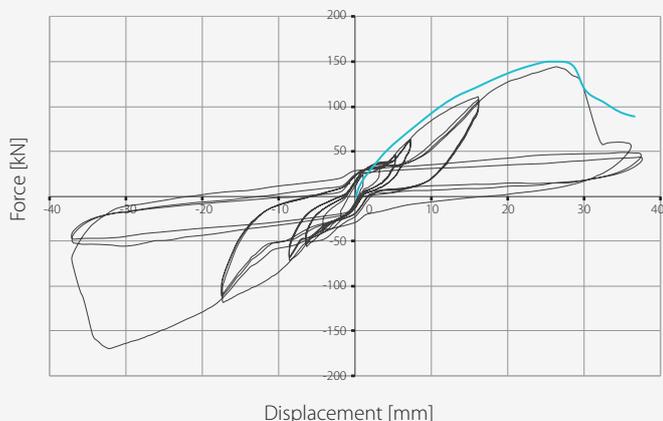
Esempio di output da prova monotona:  
curve forza-spostamento per sollecitazione  $\alpha = 45^\circ$

### PROVA CICLICA



Esempio di output da prova ciclica: diagramma  
forza-spostamento per sollecitazione  $\alpha = 135^\circ - 315^\circ$

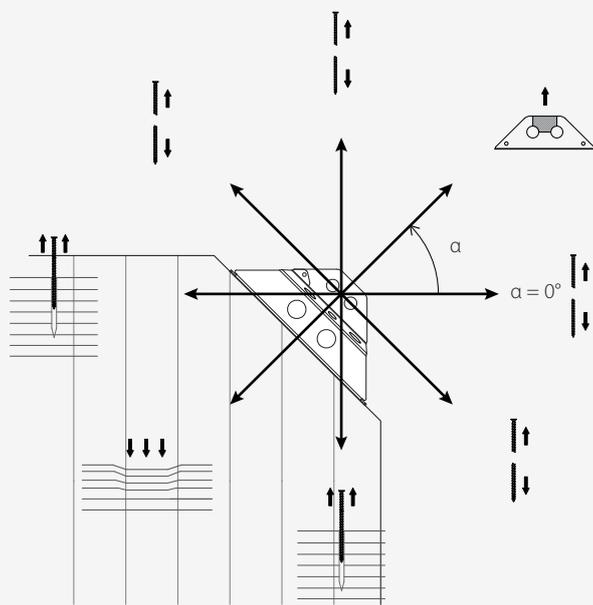
Lo studio sperimentale di X-ONE ha permesso di progettare ed eseguire, presso l'Università di Trento, prove cicliche a rottura su sistemi parete completi dove il pannello in CLT è stato connesso a terra mediante sistema X-RAD. La campagna sperimentale si è conclusa con il test di un sistema complesso con connessione X-RAD multipla tra 4 pannelli CLT che ha permesso di analizzare l'interazione tra i vari componenti (X-ONE, X-PLATE, pannelli CLT).



Esempio di output da prova ciclica su sistema parete: diagramma forza-spostamento e setup di prova per pannello singolo

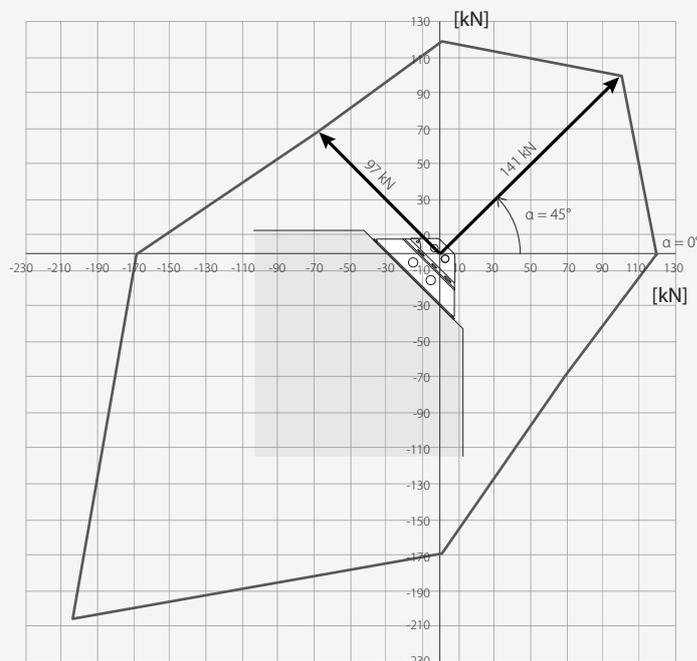
In tutti i test effettuati la connessione è stata portata a rottura al fine di osservare il comportamento del sistema al variare della direzione di sollecitazione applicata.

A conclusione della fase sperimentale è stato definito il diagramma di resistenza della connessione attraverso l'interpolazione dei dati rilevati.



Schematizzazione delle modalità di rottura osservate al variare della direzione di sollecitazione ( $0^\circ \leq \alpha < 360^\circ$ )

- $\alpha = 0^\circ - 90^\circ - 135^\circ - 315^\circ$  trazione connettori VGS
- $\alpha = 45^\circ$  block tearing delle piastre
- $\alpha = 180^\circ - 225^\circ - 270^\circ$  meccanismi di rottura lato legno

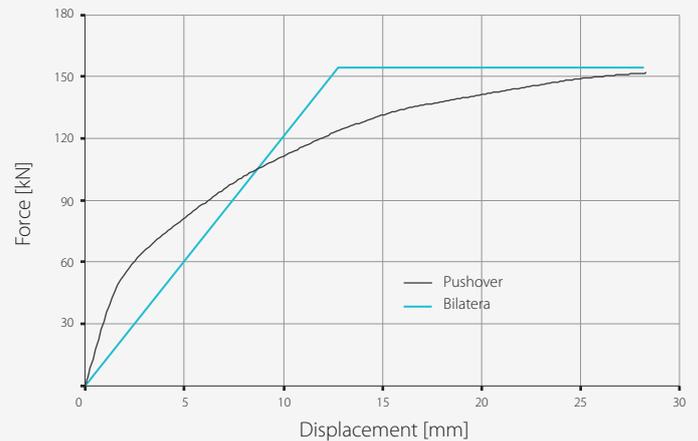
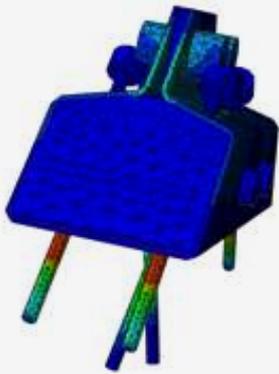


Dominio di resistenza sperimentale

## ANALISI AGLI ELEMENTI FINITI

I risultati raccolti nei test sperimentali e l'osservazione delle modalità di rottura hanno condotto alla realizzazione e validazione di un modello agli elementi finiti, in grado di descrivere il comportamento globale della connessione X-ONE soggetta a spostamenti lungo differenti direzioni.

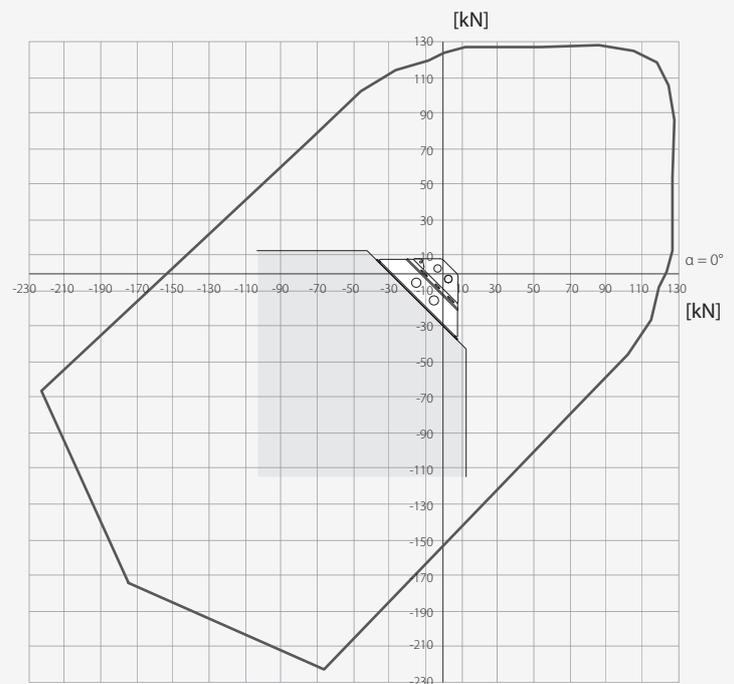
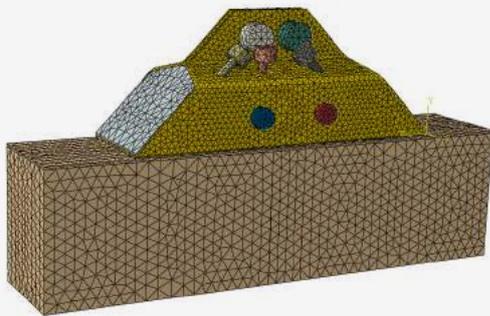
Sono state simulate analisi di tipo push-over, linearizzate poi attraverso bilaterale al fine di fornire i valori di resistenza massima al variare della direzione di spostamento.



Analisi FEM dell'elemento X-ONE e dei connettori

Esempio di curva di capacità con linearizzazione

I punti rappresentativi delle resistenze massime rilevate dalle analisi FEM permettono la definizione di un ulteriore dominio di resistenza della connessione.

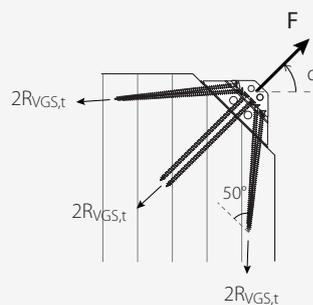
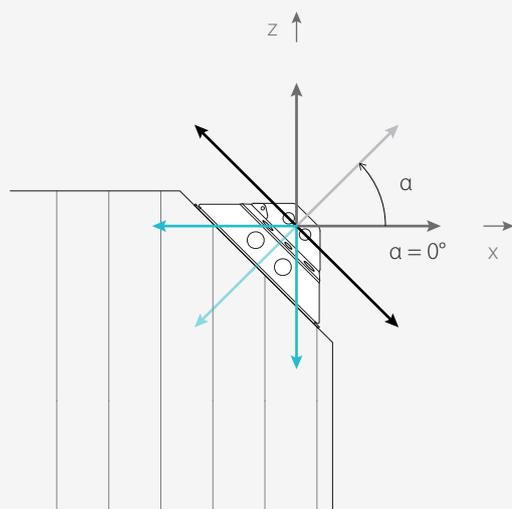


Modellazione FEM del connettore X-ONE e del pannello CLT

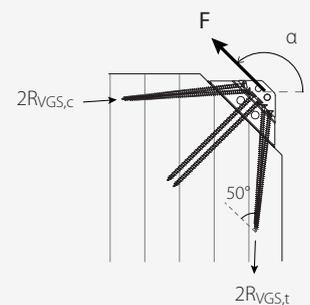
Dominio di resistenza da simulazioni FEM

## MODELLI ANALITICI

La campagna sperimentale ed il modello ad elementi finiti evidenziano come il sistema X-ONE + pannello CLT manifesti modalità di rottura differenti al variare della direzione della sollecitazione. Ai fini della definizione dei modelli di calcolo, sono state individuate 8 principali direzioni di sollecitazione all'interno di un sistema di riferimento x-z, in cui si evidenziano le simmetrie di comportamento della connessione.

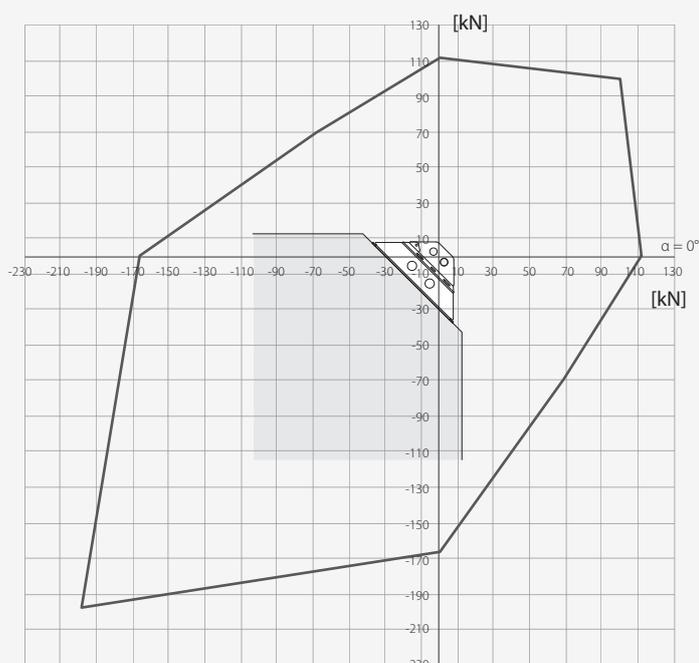


Configurazione per  
 $\alpha = 45^\circ$



Configurazione per  
 $\alpha = 135^\circ - 315^\circ$

Sulla base del modello analitico, è possibile generare un ulteriore dominio di resistenza molto prossimo a quelli individuati sperimentalmente e tramite modello FEM. Ciò a conferma della stabilità del comportamento della connessione e della validità dei metodi di analisi adottati.



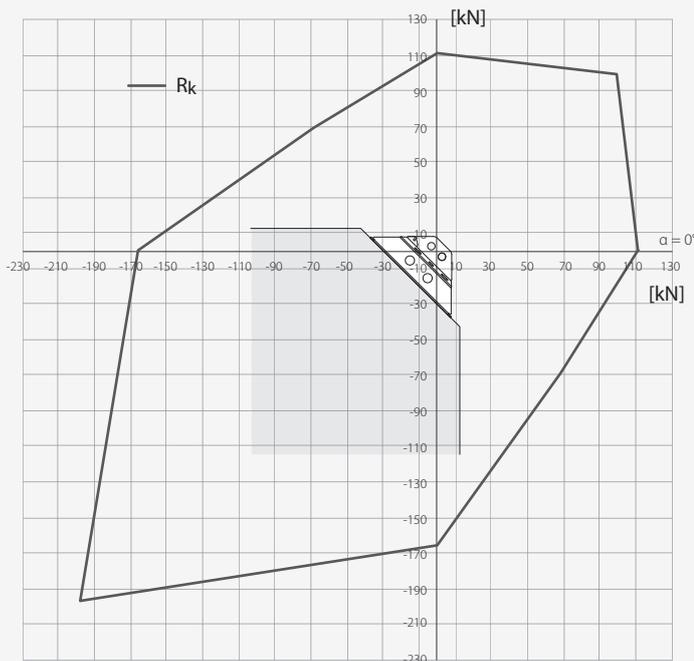
Dominio di resistenza da calcolo analitico

## RESISTENZE DI PROGETTO

Ai fini delle verifiche progettuali, si utilizzano quindi le resistenze fornite da ETA (sperimentali), integrate dalle resistenze analitiche, individuando così il **dominio di resistenza caratteristico di X-ONE**.

Mediante un progetto del sistema in accordo ai concetti di gerarchia delle resistenze, sovradimensionando di conseguenza alcuni elementi costituenti X-ONE, si favoriscono determinate modalità di rottura:

- rottura a trazione dei connettori VGS
- rottura per block tearing in corrispondenza dei fori M16 sul sistema box + piastra interna
- rottura lato legno (estrazione connettori VGS o compressione legno)



### Dominio di resistenza caratteristico

Si riporta una tabella riepilogativa delle **resistenze caratteristiche** nelle varie configurazioni di sollecitazione ed un riferimento al relativo coefficiente di sicurezza in funzione della modalità di rottura (acciaio o legno).

$\alpha$	resistenza globale $R_k$ [kN]	componenti di resistenza		modalità di rottura	coefficienti parziali di sicurezza <sup>(1)</sup> $\gamma_M$
		$V_k$ [kN]	$N_k$ [kN]		
0°	111,6	111,6	0,0	trazione VGS acciaio	$\gamma_{M2} = 1,25$
45°	141,0	99,7	99,7	block tearing su fori M16 acciaio	$\gamma_{M2} = 1,25$
90°	111,6	0,0	111,6	trazione VGS acciaio	$\gamma_{M2} = 1,25$
135°	97,0	-68,6	68,6	trazione VGS acciaio	$\gamma_{M2} = 1,25$
180°	165,9	-165,9	0,0	estrazione filetto VGS legno	$\gamma_{M,legno} = 1,3$
225°	279,6	-197,7	-197,7	compressione del legno legno	$\gamma_{M,legno} = 1,3$
270°	165,9	0,0	-165,9	estrazione filetto VGS legno	$\gamma_{M,legno} = 1,3$
315°	97,0	68,6	-68,6	trazione VGS acciaio	$\gamma_{M2} = 1,25$
360°	111,6	111,6	0,0	trazione VGS acciaio	$\gamma_{M2} = 1,25$

**NOTE:** Al fine di garantire il raggiungimento delle prestazioni massime dell'elemento X-ONE e prevenire fenomeni di splitting nel legno, si consiglia l'inserimento di 2 connettori tutto filetto VGZ ortogonalmente al pannello CLT (si veda immagine a pagina 24).

<sup>(1)</sup> I coefficienti parziali di sicurezza sono da assumersi in funzione della normativa vigente utilizzata per il calcolo. In tabella sono riportati i valori lato acciaio in accordo a EN1993-1-8 e lato legno in accordo a EN1995-1-1.

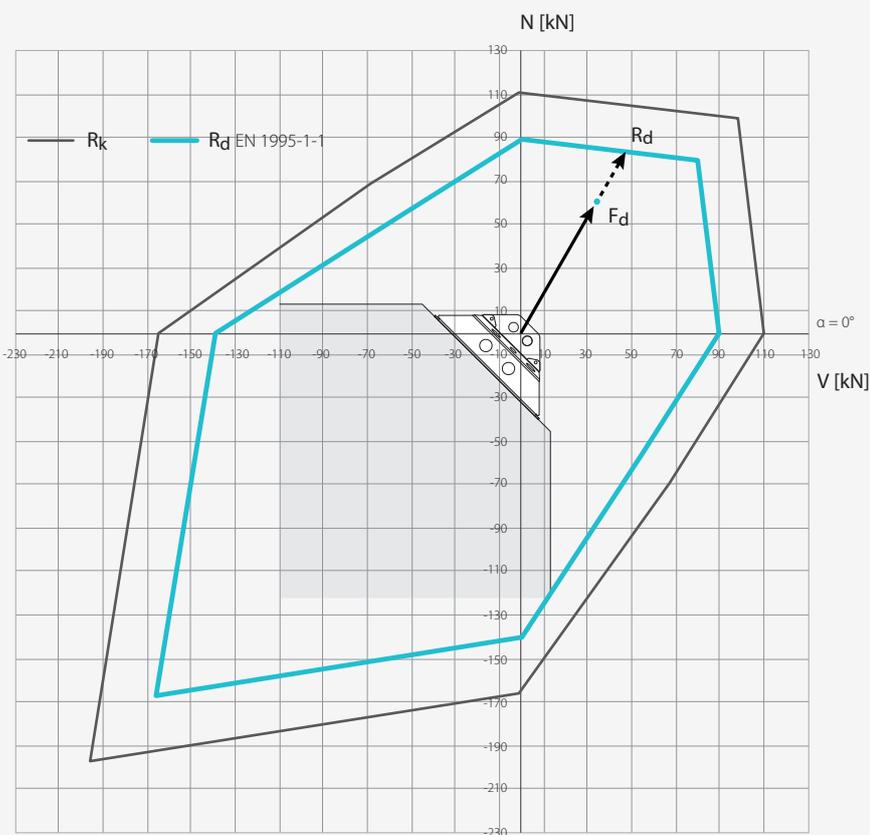
Le verifiche agli SLU vengono eseguite tramite il **dominio di resistenza di progetto di X-ONE**, definito partendo dai valori di resistenza caratteristici <sup>(1)</sup>.

I valori di resistenza di progetto si ricavano come segue:

$$\text{rottura lato acciaio: } R_d = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

$$\text{rottura lato legno: } R_d = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M}$$

con i coefficienti  $k_{mod}$  e  $\gamma_M$  da assumersi in funzione delle modalità di rottura e della normativa utilizzata per il calcolo.



La verifica della connessione X-ONE si ritiene soddisfatta quando il punto rappresentativo della sollecitazione  $F_d$  ricade all'interno del dominio di resistenza di progetto:

$$F_d \leq R_d$$

Il dominio di progetto di X-ONE si riferisce ai valori di resistenza ed ai coefficienti  $\gamma_M$  riportati in tabella e per carichi con classe di durata istantanea (sisma e vento) <sup>(2)</sup>.

**Dominio di resistenza di progetto in accordo a EN1995-1-1 e EN1993-1-8**

**NOTE:** <sup>(1)</sup> La relazione completa sull'analisi sperimentale della connessione X-ONE è scaricabile dal sito [www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com) o dal software MyProject.

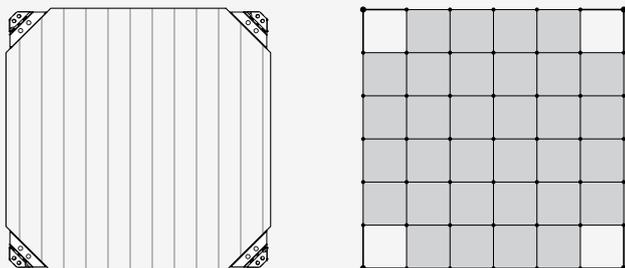
<sup>(2)</sup> La connessione per mezzo di X-ONE funge da collegamento tra pareti CLT per prevenirne il ribaltamento e lo scorrimento in presenza di azioni sismiche e del vento (classe di durata istantanea). Le forze verticali statiche vengono trasmesse direttamente per contatto parete-parete, senza sollecitare la connessione. L'utilizzo di X-ONE in presenza di carichi con classi di durata breve, media o permanente ( $k_{mod} < 1$ ) richiede una rivalutazione del dominio di progetto, in quanto la gerarchia delle resistenze potrebbe modificarsi. In questi casi, a favore di sicurezza, si suggerisce di trattare tutte le resistenze di progetto come delle resistenze lato legno, con l'applicazione degli opportuni coefficienti  $k_{mod}$  e  $\gamma_M$ .



## LINEA GUIDA PER LA MODELLAZIONE DEL SISTEMA X-RAD

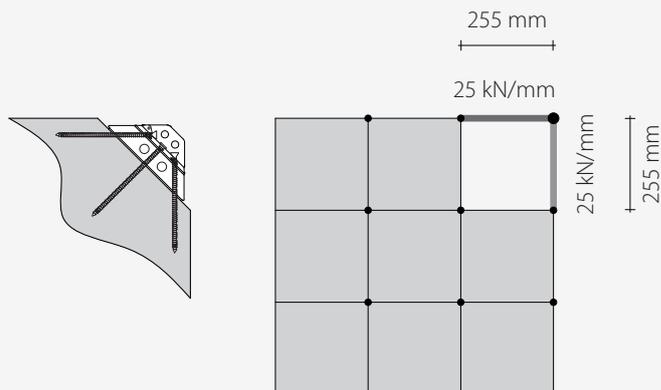
### STEP 1

La modellazione inizia con la definizione del pannello base e i connettori X-ONE agli angoli. Il pannello CLT può essere modellato con elementi "shell", in quanto la rigidità del sistema CLT / X-RAD è governata dalla deformabilità della connessione.



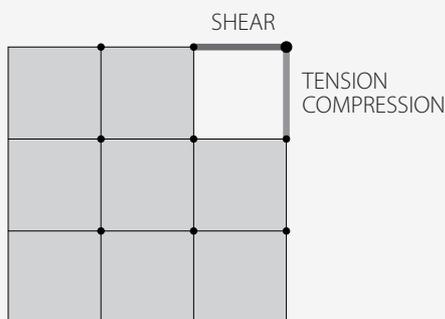
### STEP 2

Il connettore può essere modellato con due bielle in materiale acciaio di sezione quadrata con lato  $l = 5,51$  mm e lunghezza 255 mm (elementi "frame" posti agli angoli del pannello). Si ottiene così una rigidità finale di X-RAD pari a  $k = 25$  kN/mm.



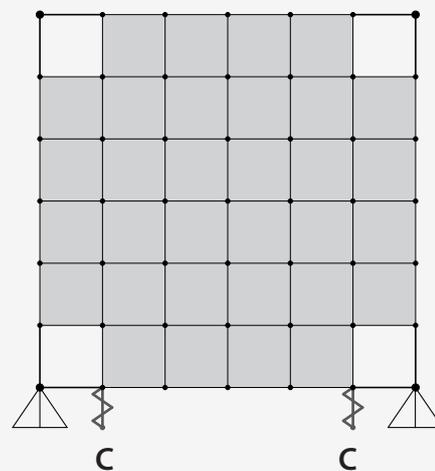
### STEP 3

La rappresentazione di ogni X-RAD con due bielle consente di poter associare all'elemento frame verticale una forza di trazione/compressione e all'elemento frame orizzontale una forza di taglio.



### STEP 4

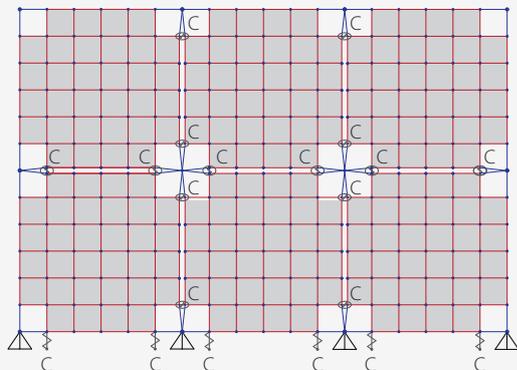
Per simulare il contatto tra pannello-pannello e pannello-fondazione si definiscono delle molle non lineari di tipo gap. Quest'ultime hanno rigidità infinita a compressione e nulla a trazione.



**NOTA:** Il documento integrale sulle linee guida per la modellazione del sistema X-RAD è scaricabile dal sito [www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com) o dal software MyProject. Tale linea guida rappresenta in via esemplificativa una possibile sequenza di suggerimenti utili per affrontare la modellazione di strutture in CLT con sistema X-RAD. Sarà responsabilità del progettista definire e approfondire il dettaglio del processo di modellazione necessario per una corretta progettazione strutturale.

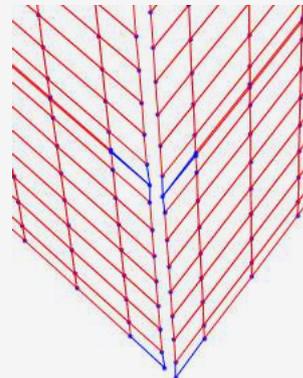
## STEP 5

Viene disposta una molla (C) ad ogni estremità del pannello, sia in verticale che in orizzontale per simulare il contatto tra pannelli in CLT. Le molle posizionate alla base delle pareti simulano il contatto tra pannello e fondazione.



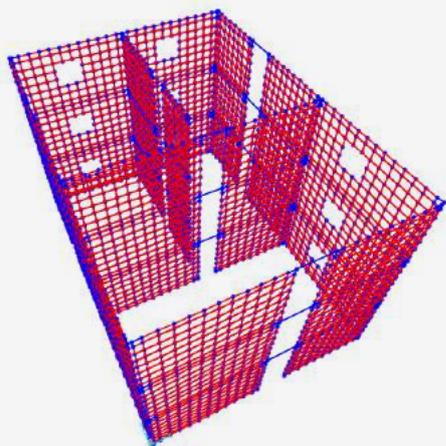
## STEP 6

I pannelli parete disposti in direzione ortogonale fra loro sono supporti svincolati. Le piastre che nella realtà andranno a collegare le pareti ortogonali sono inserite come connessione costruttiva fuori dal calcolo.



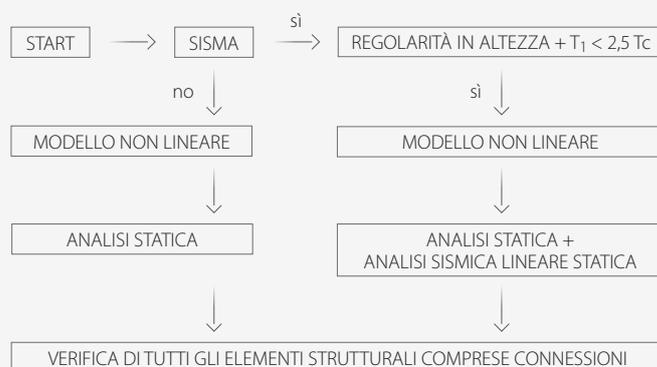
## STEP 7

Definizione finale del modello FEM.



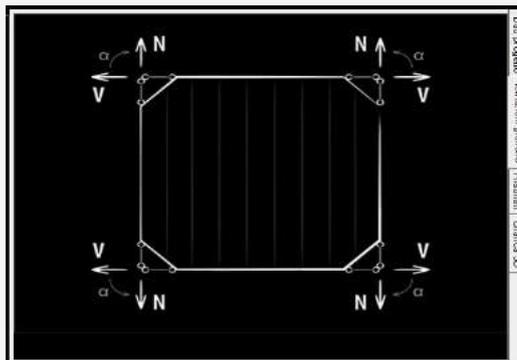
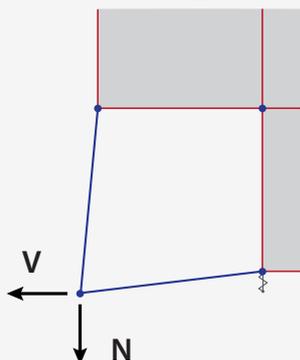
## STEP 8

L'analisi prevede un metodo risolutivo del modello agli elementi finiti non lineare vista la presenza di molle che lavorano solo a compressione.



## STEP 9

Le sollecitazioni derivanti dall'analisi, ricavabili in ciascun nodo dalla lettura degli sforzi nelle due bielle simulanti il connettore X-ONE, possono essere esportate nel software MyProject per la verifica automatica di tutte le connessioni.

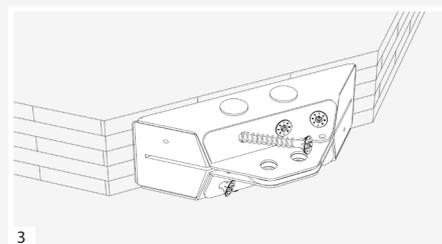
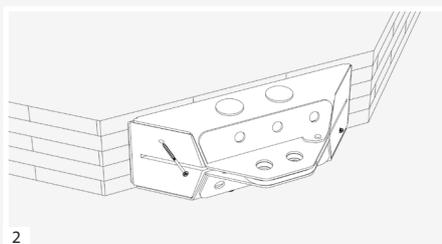
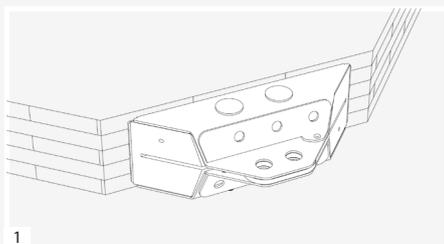


## INSTALLAZIONE MANUALE

Per l'utilizzo non in serie di X-ONE e per le applicazioni che non prevedono l'uso della dima manuale o automatica, è possibile installare X-ONE manualmente.

1. posizionare X-ONE sulla superficie d'angolo del pannello
2. fissare temporaneamente X-ONE al pannello in CLT attraverso 2 viti HBS5120 al fine di prevenire spostamenti del componente durante le operazioni di fissaggio definitivo
3. procedere al fissaggio definitivo di X-ONE con 6 connettori XVGS11350

Al termine del fissaggio definitivo, le viti di posizionamento possono essere rimosse



## INSTALLAZIONE CON DIMA MANUALE ED AUTOMATICA

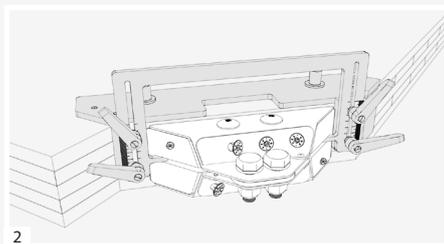
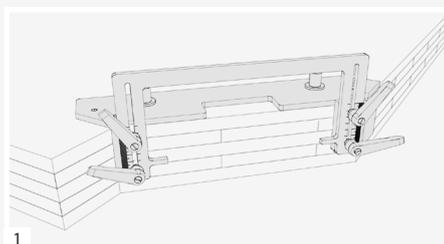
### DIMA MANUALE

Il sistema con dima manuale consente di posizionare X-ONE in modo rapido e preciso. È utilizzabile per spessori compresi tra 100 e 220 mm. Gli step sono i seguenti:

1. accostare la dima all'angolo del pannello in modo da fare aderire la dima al lato obliquo. Bloccare la dima al pannello mediante le viti pre-installate nel corpo dima.
2. posizionare X-ONE nell'apposito alloggiamento e fissare X-ONE al pannello con 6 connettori XVGS11350

I supporti laterali della dima sono fissati mediante bullonature, al fine di consentirne la rimozione anche in caso di installazioni in posizioni non standard o particolarmente complesse.

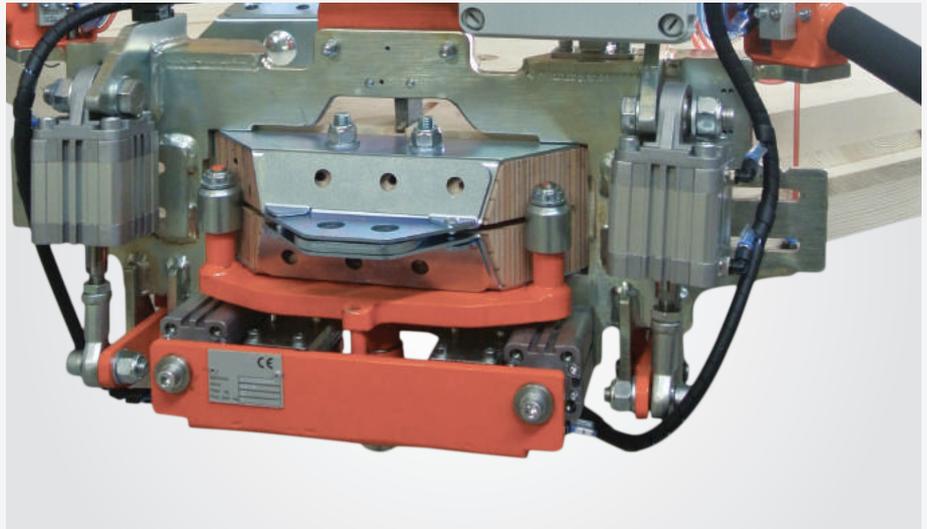
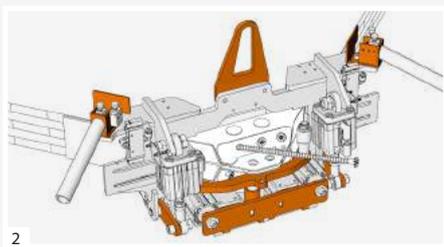
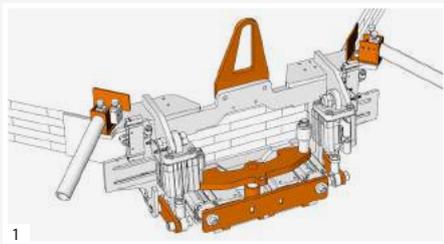
Nelle figure 1 e 2 sottostanti si nota l'installazione sulla geometria dei nodi di base.



## DIMA AUTOMATICA

Il sistema con dima automatica è la soluzione ideale per il montaggio di X-ONE nei processi industriali di produzione di pannelli in CLT. È utilizzabile per pannelli con spessore compreso tra 100 e 160 mm. Gli step sono i seguenti:

1. accostare i binari laterali ai lati ortogonali del pannello in modo da fare aderire il corpo dima al lato obliquo e serrare la dima sul pannello
2. posizionare X-ONE nell'apposito alloggiamento sulla dima pneumatica, bloccarlo in posizione e fissare X-ONE al pannello con 6 connettori XVGS11350



## CODICI E DIMENSIONI

### VITE HBS

codice	d <sub>1</sub> [mm]	L [mm]	b [mm]	TX	pz/conf
<b>HBS5120</b>	5	120	60	25	100

### DIMA MANUALE

codice	descrizione	pz/conf
<b>ATXONE</b>	dima manuale per montaggio X-ONE	1

### DIMA AUTOMATICA

codice	descrizione	pz/conf
<b>JIGONE</b>	dima automatica per montaggio X-ONE	1

### INSERTI

codice	inserto	colore	L [mm]	pz/conf
<b>TX5050</b>	TX50	verde	50	5
<b>TX50150</b>	TX50	verde	150	1

### AVVITATORE

codice	descrizione	pz/conf
<b>MA91A140</b>	trapano a percussione a batteria ASB 18 M bl	1
<b>MA094450</b>	momento torcente A-DMV x3	1

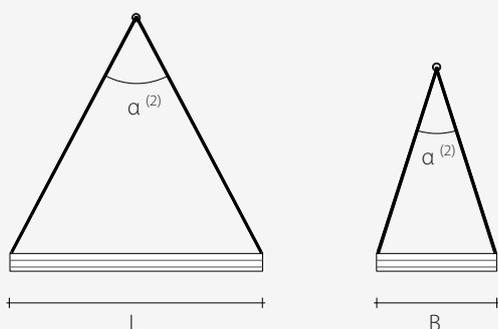
## TRASPORTO PARETI

### SOLLEVAMENTO ORIZZONTALE

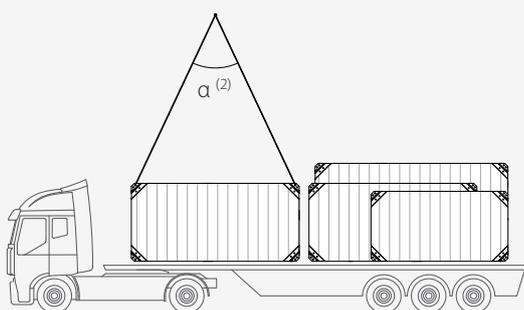
Per consentire il sollevamento dei pannelli, su cui sono stati installati connettori X-ONE, anche dal piano orizzontale, è stato sviluppato uno specifico sistema di sollevamento (processo di certificazione in corso ai sensi della direttiva macchine 2006/42/CE) <sup>(1)</sup>.



### MOVIMENTAZIONE PANNELLI AL TERMINE DEL CICLO DI PRODUZIONE



### TRASPORTO E CARICO PANNELLI CLT SU MEZZI DI TRASPORTO



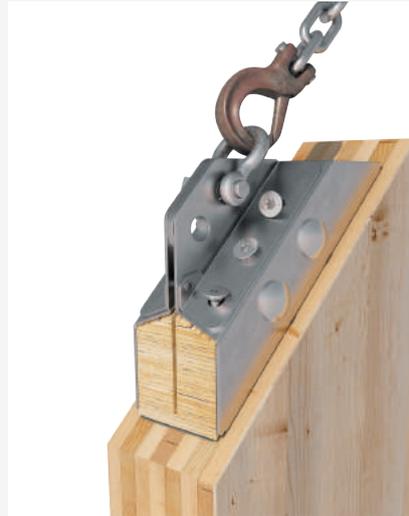
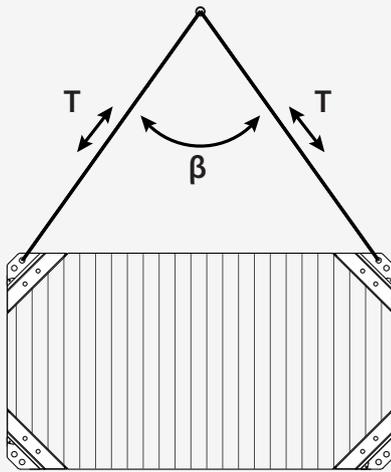
#### X-LIFT

codice	descrizione	pz/conf
<b>XLIFT</b>	supporto di sollevamento X-ONE	1

**NOTA:** Al fine di garantire sicure operazioni di sollevamento e prevenire fenomeni di splitting nel legno dovute a sollecitazioni ortogonali alle fibre, si consiglia l'inserimento di connettori tutto filetto VGZ ortogonalmente al pannello CLT (si veda pagina 24).

## SOLLEVAMENTO VERTICALE

Le pareti in CLT sono montate in cantiere utilizzando giunzioni bullonate e piastre specifiche, sviluppate appositamente per permettere ogni configurazione geometrica dei pannelli. Il sistema X-RAD permette il sollevamento, la movimentazione e il montaggio dei pannelli CLT direttamente dai mezzi di trasporto alla struttura in costruzione, evitando fasi di deposito e stoccaggio. Il sistema X-RAD è certificato secondo la direttiva macchine 2006/42/CE per l'uso aggiuntivo come punto di sollevamento verticale per il trasporto dei pannelli in CLT <sup>(1)</sup>.



In funzione del peso del pannello CLT e dell'angolo compreso tra le due funi di sollevamento ( $\beta$ ), è possibile ricavare la forza agente su ciascun punto di aggancio ( $T$ ). Applicando gli opportuni coefficienti di sicurezza, è possibile quindi confrontare la sollecitazione agente sul punto di sollevamento con la resistenza dell'X-ONE.

$\beta$	PESO PANNELLO CLT							
	600 kg	800 kg	1000 kg	1200 kg	1400 kg	1600 kg	1800 kg	2000 kg
50°	T = 3,31 kN	T = 4,41 kN	T = 5,51 kN	T = 6,62 kN	T = 7,72 kN	T = 8,82 kN	T = 9,93 kN	T = 11,03 kN
60°	T = 3,46 kN	T = 4,61 kN	T = 5,77 kN	T = 6,92 kN	T = 8,08 kN	T = 9,23 kN	T = 10,39 kN	T = 11,54 kN
70°	T = 3,66 kN	T = 4,88 kN	T = 6,10 kN	T = 7,32 kN	T = 8,54 kN	T = 9,76 kN	T = 10,98 kN	T = 12,20 kN
80°	T = 3,91 kN	T = 5,22 kN	T = 6,52 kN	T = 7,83 kN	T = 9,13 kN	T = 10,44 kN	T = 11,74 kN	T = 13,05 kN
90°	T = 4,24 kN	T = 5,65 kN	T = 7,07 kN	T = 8,48 kN	T = 9,89 kN	T = 11,31 kN	T = 12,72 kN	T = 14,14 kN
100°	T = 4,66 kN	T = 6,22 kN	T = 7,77 kN	T = 9,33 kN	T = 10,89 kN	T = 12,44 kN	T = 14,00 kN	T = 15,55 kN
110°	T = 5,23 kN	T = 6,97 kN	T = 8,71 kN	T = 10,46 kN	T = 12,20 kN	T = 13,94 kN	T = 15,69 kN	T = 17,43 kN
120°	T = 6,00 kN	T = 8,00 kN	T = 10,00 kN	T = 12,00 kN	T = 14,00 kN	T = 16,00 kN	T = 18,00 kN	T = 20,00 kN

NOTE: <sup>(1)</sup> In caso di sollevamento con ganci per funi o catene si consiglia l'uso di grilli ad omega ad alta resistenza con perno  $\varnothing = 16$  mm.

<sup>(2)</sup> In caso di angoli eccessivi, prevedere l'utilizzo di bilancini di sollevamento.

# X-PLATE

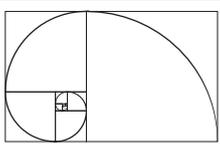


Gamma completa di piastre di collegamento



## SEMPLICE

Il montaggio in cantiere dei pannelli avviene attraverso il semplice serraggio di bulloni in acciaio



## COMPLETO

La gamma soddisfa ogni esigenza di cantiere, dall'attacco a terra, alla connessione tra pareti su livelli diversi e con spessori diversi, al fissaggio delle pareti in corrispondenza della copertura



## CERTIFICATO

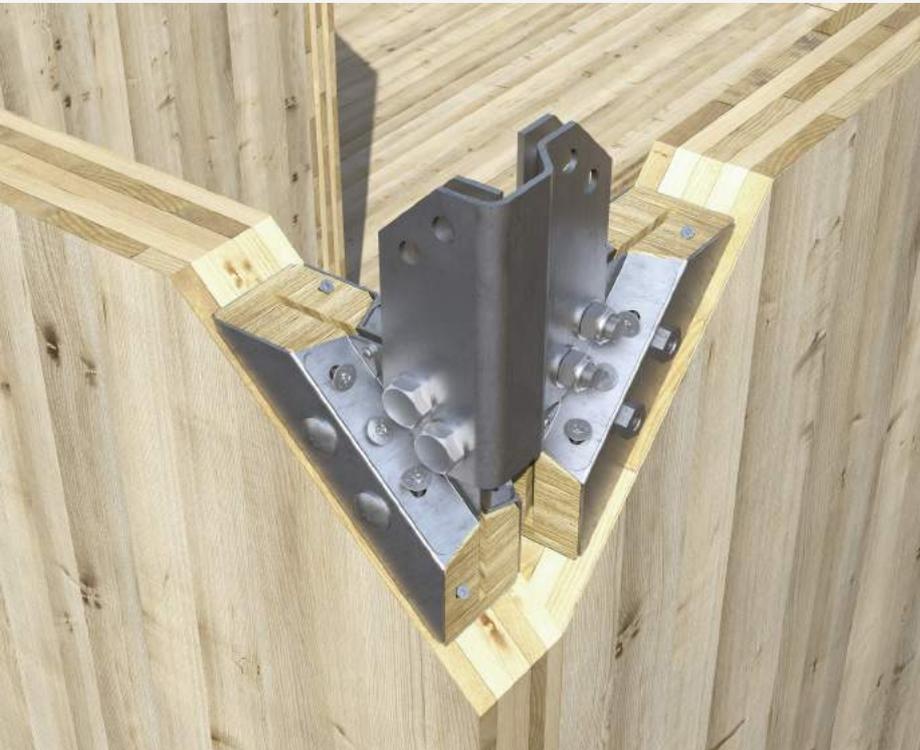
Elevata qualità garantita dalla marcatura CE secondo EN1090 dei componenti X-PLATE

## Lo SAPEVI CHE...?

X-PLATE è la gamma di piastre in acciaio certificata per il montaggio in cantiere dei pannelli CLT, composta da X-BASE, X-MID e X-TOP.

Gli spessori di pannello collegabili variano dai 100 mm ai 200 mm.

Le piastre X-BASE introducono un nuovo concetto di tracciamento e realizzazione dell'attacco a terra, rendendo il montaggio delle pareti estremamente preciso e rapido, con un risparmio nei tempi di posa dell'edificio compreso tra il 50% ed il 70%.



### INTUITIVO

I fori di riferimento sulle piastre di base scongiurano eventuali errori nella posa, per un attacco a terra preciso del sistema

### EVOLUTO

Il sistema garantisce un elevato grado di prefabbricazione, risolvendo anche le problematiche di posizionamento, livellamento ed ancoraggio in fondazione delle pareti in CLT

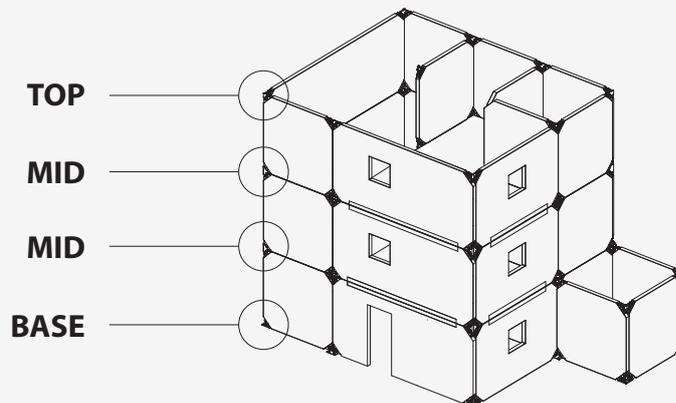
### PRATICO

La connessione tra i pannelli avviene mediante piastre X-PLATE in modo rapido. Una soluzione pratica adatta ad ogni cantiere

## SISTEMA DI PIASTRE X-PLATE

X-ONE rende il pannello in CLT un modulo dotato di connessioni specifiche per il fissaggio. X-PLATE permette ai moduli di diventare edifici. Possono essere connessi pannelli di spessore compreso tra 100 e 200 mm.

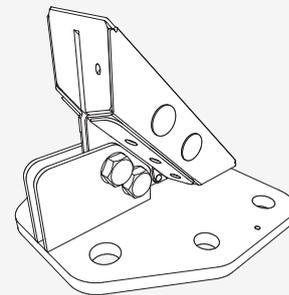
Le piastre X-PLATE sono la soluzione ideale per ogni situazione di cantiere, sviluppate per tutte le configurazioni geometriche. Le piastre X-PLATE sono individuate secondo la loro collocazione sul livello dell'edificio (X-BASE, X-MID, X-TOP) e in funzione della configurazione geometrica del nodo e dello spessore dei pannelli connessi.



### COMPOSIZIONE CODICE X-PLATE BASE

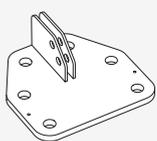
CODICI =

**livello + spessore + orientamento**

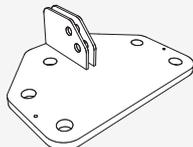


- **LIVELLO:** B indica che si tratta di piastre di base
- **SPESSORE:** indica l'intervallo di spessore di pannello utilizzabile con quella piastra. Esistono due famiglie di piastre, la prima progettata per spessori da 100 a 130 mm (codice BMINI), la seconda per spessori da 130 a 200 mm (codice BMAXI)
- **ORIENTAMENTO:** indica l'orientamento della piastra rispetto alla parete, destra/sinistra (R/L), indicazione presente solo per le piastre asimmetriche

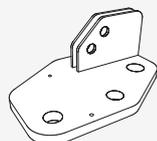
BMINI



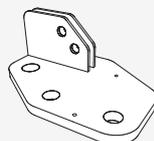
BMAXI



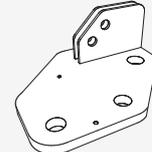
BMINIL



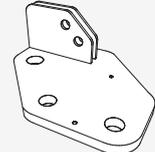
BMINIR



BMAXIL

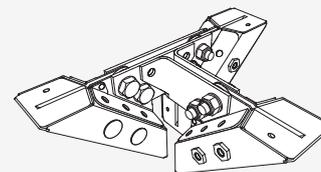
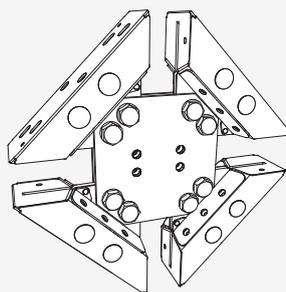


BMAXIR

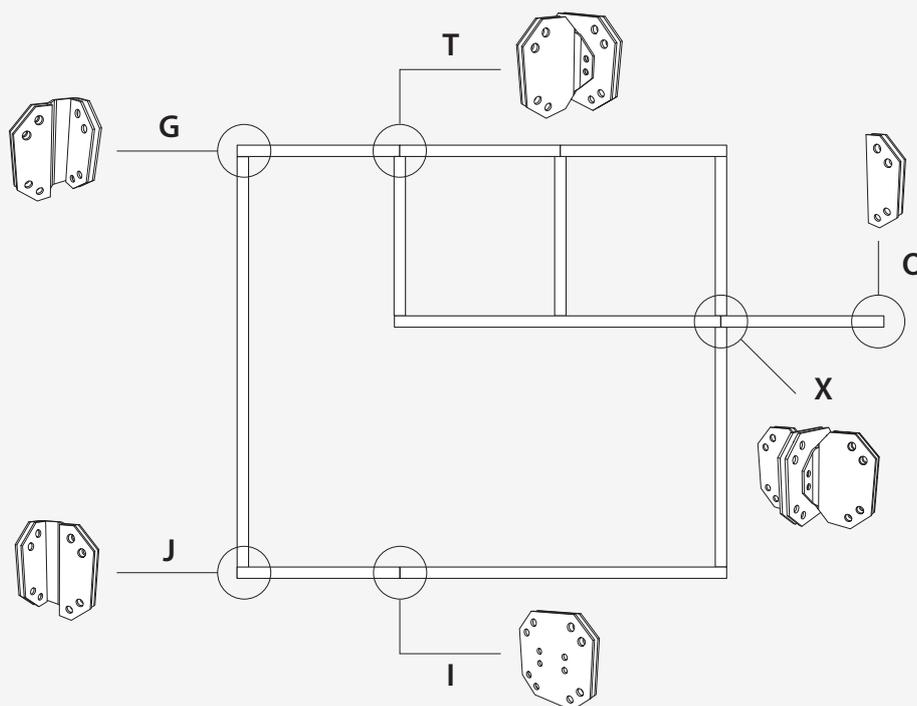


## COMPOSIZIONE CODICE X-PLATE MID - TOP

CODICI =  
**livello + nodo + spessore**



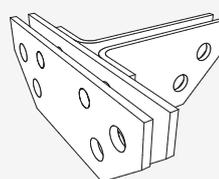
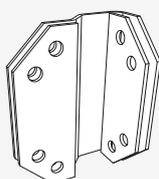
- **LIVELLO:** indica che si tratta di piastre di interpiano MID (M) e TOP (T)
- **NODO:** indica la tipologia del nodo (X, T, G, J, I, O)
- **SPESSORE:** indica lo spessore di pannello utilizzabile con quella piastra. Esistono tre famiglie di spessori standard, 100 mm - 120 mm - 140 mm. È possibile utilizzare tutti gli spessori di pannelli compresi tra 100 mm e 200 mm, utilizzando per i nodi G, J, T e X piastre universali, in combinazione con piastre di spessoramento SPACER, sviluppate ad hoc. Le piastre universali sono presenti nelle versioni MID-S e TOP-S per pannelli di spessore compreso tra 100 e 140 mm e nelle versioni MID-SS e TOP-SS per pannelli di spessore compreso tra 140 e 200 mm.



Esempi:

**MG140 = M + G + 140**

**TT120 = T + T + 120**



## CODICI X-PLATE

FORMA X	FORMAT	FORMA G	FORMA J	FORMA I	FORMA O

## X-PLATE TOP

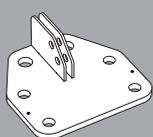
cod. <b>TX100 / TX120 / TX140</b>	cod. <b>TT100 / TT120 / TT140</b>	cod. <b>TG100 / TG120 / TG140</b>	cod. <b>TJ100 / TJ120 / TJ140</b>	cod. <b>TI100 / TI120 / TI140</b>	
nr. 4 XONE nr. 24 XVGS11350 nr. 8 XBOLT1660 nr. 2 XBOLT1260	nr. 3 XONE nr. 18 XVGS11350 nr. 6 XBOLT1660 nr. 2 XBOLT1260	nr. 2 XONE nr. 12 XVGS11350 nr. 4 XBOLT1660 -	nr. 2 XONE nr. 12 XVGS11350 nr. 4 XBOLT1660 -	nr. 2 XONE nr. 12 XVGS11350 nr. 4 XBOLT1660 -	

## X-PLATE MID

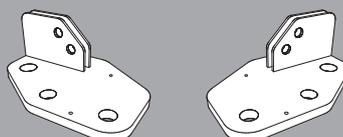
cod. <b>MX100 / MX120 / MX140</b>	cod. <b>MT100 / MT120 / MT140</b>	cod. <b>MG100 / MG120 / MG140</b>	cod. <b>MJ100 / MJ120 / MJ140</b>	cod. <b>MI100 / MI120 / MI140</b>	cod. <b>MO100 / MO120 / MO140</b>
nr. 8 XONE nr. 48 XVGS11350 nr. 8 XBOLT1665 nr. 8 XBOLT1660 nr. 4 XBOLT1260	nr. 6 XONE nr. 36 XVGS11350 nr. 8 XBOLT1665 nr. 4 XBOLT1660 nr. 4 XBOLT1260	nr. 4 XONE nr. 24 XVGS11350 nr. 8 XBOLT1660 -	nr. 4 XONE nr. 24 XVGS11350 nr. 8 XBOLT1660 -	nr. 4 XONE nr. 24 XVGS11350 nr. 8 XBOLT1665 -	nr. 2 XONE nr. 12 XVGS11350 nr. 4 XBOLT1660 -

## X-PLATE BASE

--	--	--	--	--	--

cod. **BMINI / BMAXI**

nr. 1 XONE  
nr. 6 XVGS11350  
nr. 2 XBOLT1660  
ancorante chimico FIS-V410C  
nr. 6 barre filettate 8.8 - M20 x 250  
(ricavabili da MGS12088 M20 x 1000)

cod. **BMINIL / BMINIR / BMAXIL / BMAXIR**

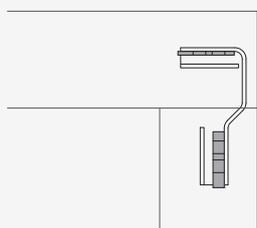
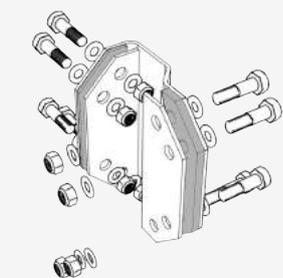
nr. 1 XONE  
nr. 6 XVGS11350  
nr. 2 XBOLT1660  
ancorante chimico FIS-V410C  
nr. 3 barre filettate 8.8 - M20 x 250 / 400  
(ricavabili da MGS12088 M20 x 1000)

NOTA: I bulloni X-BOLT devono essere sempre installati con le corrispondenti rondelle X-ULS. Le barre MGS devono essere installate con dado e rondella.  
I bulloni XBOLT1665 vanno sempre installati in combinazione con le piastre X-PLATE di spessore 6 mm.

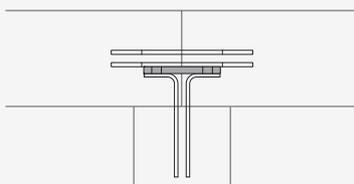
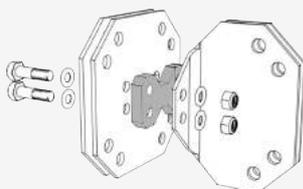


## ACCESSORI: ESEMPIO DI SOLUZIONE CON PIASTRE X-PLATE PER SPESSORI DI PARETE NON STANDARD

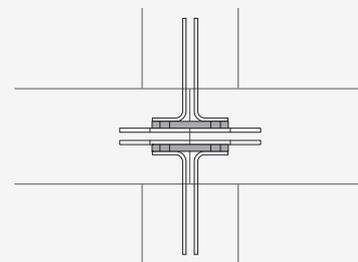
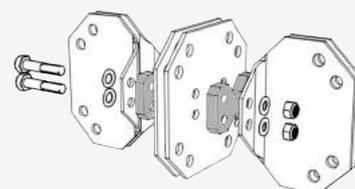
Sono di seguito rappresentate le configurazioni geometriche J (o G), T e X per i livelli MID e TOP, dove lo spessore della parete incide sulla geometria della piastra X-PLATE. A titolo di esempio, è qui analizzato il caso di pannelli con spessore pari a 130 mm (diverso quindi da spessori standard 100 - 120 - 140 mm), risolto con le piastre universali MID-S e TOP-S, in combinazione con le piastre di spessoramento SPACER.

**XPLATE MJS**

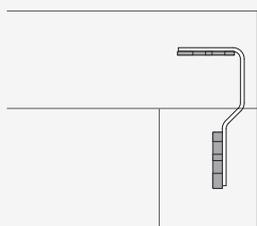
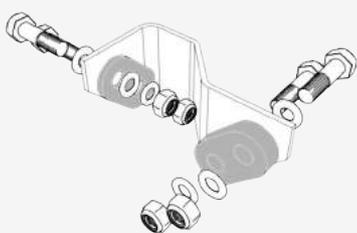
nr. 2 MJSPACER (1 MJ50S + 1 MJ150S)  
nr. 4 XBOLT1675  
nr. 4 XBOLT1665

**XPLATE MTS**

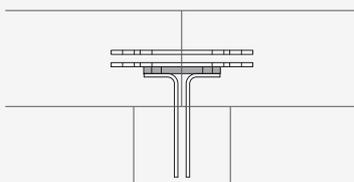
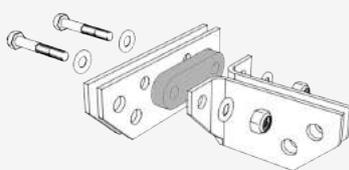
nr. 1 MTSPACER (1 MT150S)  
nr. 12 XBOLT1665  
nr. 4 XBOLT1275

**XPLATE MXS**

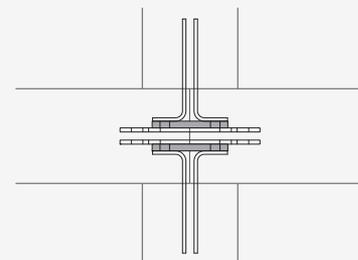
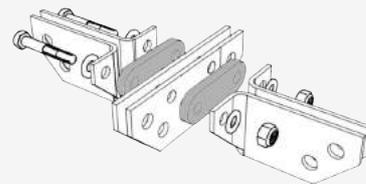
nr. 2 MTSPACER (2 MT150S)  
nr. 16 XBOLT1665  
nr. 4 XBOLT1290

**XPLATE TJS**

nr. 2 TJSPACER (1 TJ50S + 1 TJ150S)  
nr. 2 XBOLT1675  
nr. 2 XBOLT1665

**XPLATE TTS**

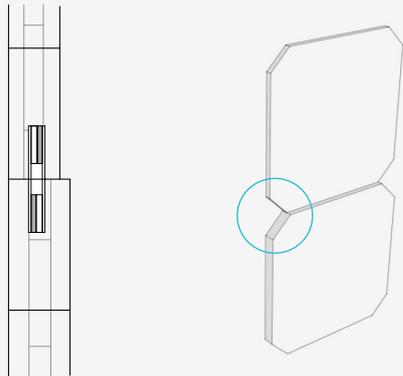
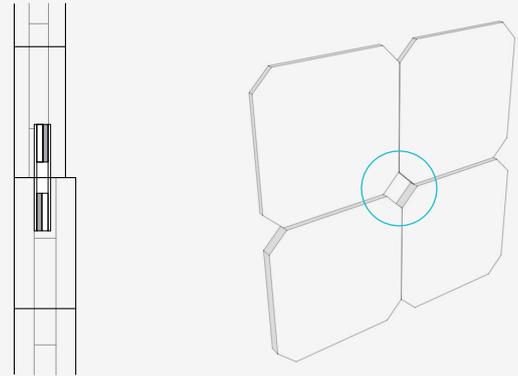
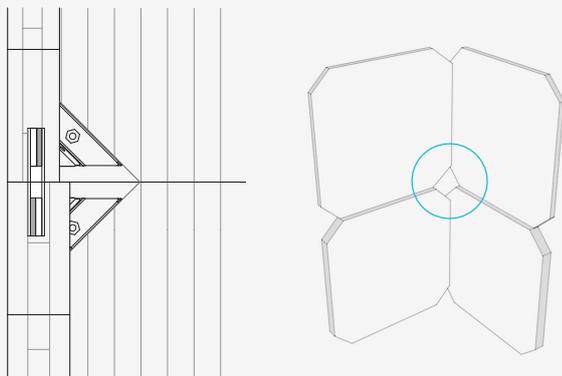
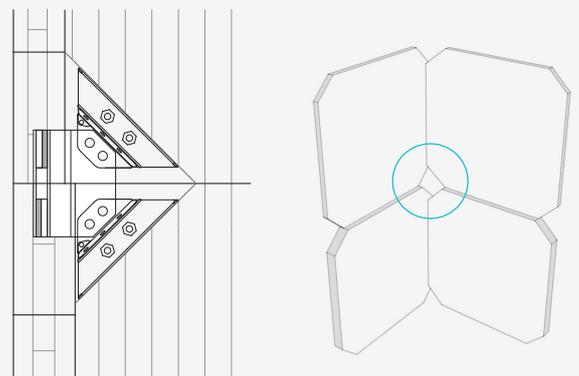
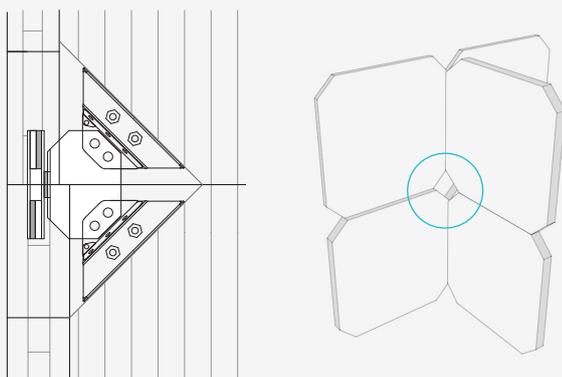
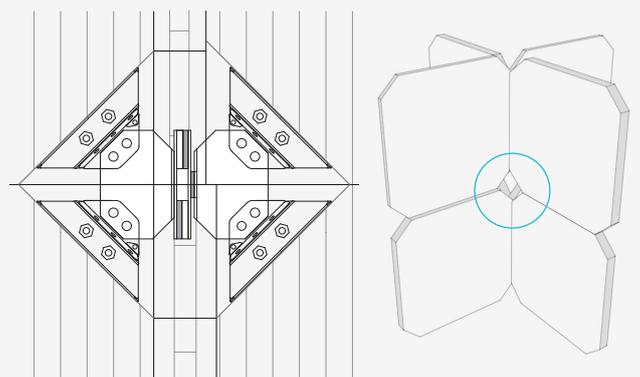
nr. 1 TTSPACER (1 TT150S)  
nr. 6 XBOLT1660  
nr. 2 XBOLT1275

**XPLATE TXS**

nr. 2 TTSPACER (2 TT150S)  
nr. 8 XBOLT1660  
nr. 2 XBOLT1290

## ACCESSORI: ESEMPIO DI SOLUZIONE CON PIASTRE X-PLATE PER CAMBI DI SPESSORE DI PARETE A LIVELLO DI INTERPIANO

Sono di seguito rappresentate tutte le configurazioni geometriche di interpiano, dove il cambiamento dello spessore della parete dal piano inferiore al piano superiore incide sulla geometria della piastra X-PLATE. A livello schematico si comprende come ogni variazione di spessore possa essere risolta mediante le piastre universali MID-S (o MID-SS), in combinazione con le opportune piastre di spessoramento SPACER.

**MO** (2 TJSPACER)**MI** (4 TJSPACER)**MG** (4 TJSPACER)**MJ** (4 TJSPACER)**MT** (4 TJSPACER + 1 MTSPACER)**MX** (4 TJSPACER + 1 MTSPACER)

**NOTA:** Per dubbi o assistenza sulla definizione delle piastre X-PLATE e spessoramenti SPACER da utilizzare in casi specifici, contattare l'ufficio tecnico rothoblaas.

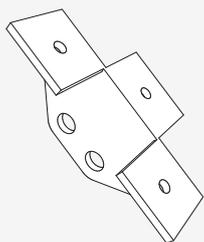


## ACCESSORI: PIASTRE X-PLATE BASE EASY PER FISSAGGI NON STRUTTURALI

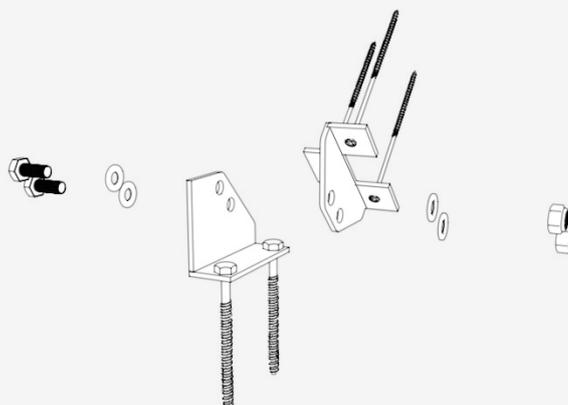
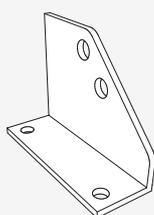


Laddove sia richiesto un fissaggio in fondazione per pareti non strutturali o un fissaggio temporaneo per il corretto allineamento della parete (es. pareti di lunghezza notevole), è possibile installare sull'angolo inferiore del pannello in CLT (con taglio a 45° semplificato senza risega orizzontale) la piastra BEASYT (in alternativa all'X-ONE) e sulla platea di fondazione la piastra BEASYC (in alternativa alle piastre X-PLATE BASE) <sup>(1)</sup>.

BEASYT



BEASYC



Il fissaggio avviene sul pannello in CLT con 3 viti HBS+ evo 8 x 200 mm e sul basamento in c.a. con nr. 2 SKR 12 x min 100 mm o in alternativa nr. 2 AB1 M12 x 103 mm.

## CODICI E DIMENSIONI

codice	s [mm]	Ø <sub>SUP</sub> [mm]	n. Ø <sub>SUP</sub>	Ø <sub>INT</sub> [mm]	n. Ø <sub>INT</sub>	pz/conf
BEASYT	5	9	3	17	2	1
BEASYC	5	17	2	13	2	1

### PRODOTTI CORRELATI

codice	descrizione	pz/conf
HBSP8200C	HBS+ evo: vite testa troncoconica	100
SKR12100	SKR: ancorante avvitabile	25
FE210440	AB1: ancorante meccanico	25

NOTA: <sup>(1)</sup> Il montaggio della piastra BEASYT avviene sempre sulla superficie inclinata, in posizione centrale, come per X-ONE, sia rispetto alla lunghezza del taglio che nella direzione dello spessore del pannello.

## INGEGNERIA STRUTTURALE

Obiettivo del presente paragrafo è fornire le specifiche di resistenza relative alle piastre di collegamento X-PLATE.

Le piastre, di spessore variabile in funzione della tipologia, sono tutte realizzate in acciaio S355JR, marcate CE secondo EN1090 in classe di esecuzione EXC2. Ciascuna piastra è stata progettata e verificata, applicando le massime sollecitazioni trasmesse dal connettore X-ONE, secondo tre ordini di verifiche <sup>(1)</sup>:

### 1. VERIFICHE GLOBALI DELLA PIASTRA (mediante analisi FEM):

- taglio;
- trazione pura;
- compressione pura;
- pressoflessione o tensoflessione.

### 2. VERIFICHE LOCALI:

- verifica a taglio del bullone (EN 1993-1-8 §3.6.1);
- verifica a rifollamento della piastra (EN 1993-1-8 §3.6.1);
- verifica a block tearing della piastra (EN 1993-1-8 §8.10.2);
- verifica delle saldature.

### 3. VERIFICA DEL FISSAGGIO SUL SUPPORTO DI FONDAZIONE

## PIASTRE X-PLATE BASE

Le piastre X-PLATE BASE prevedono le seguenti condizioni di utilizzo:

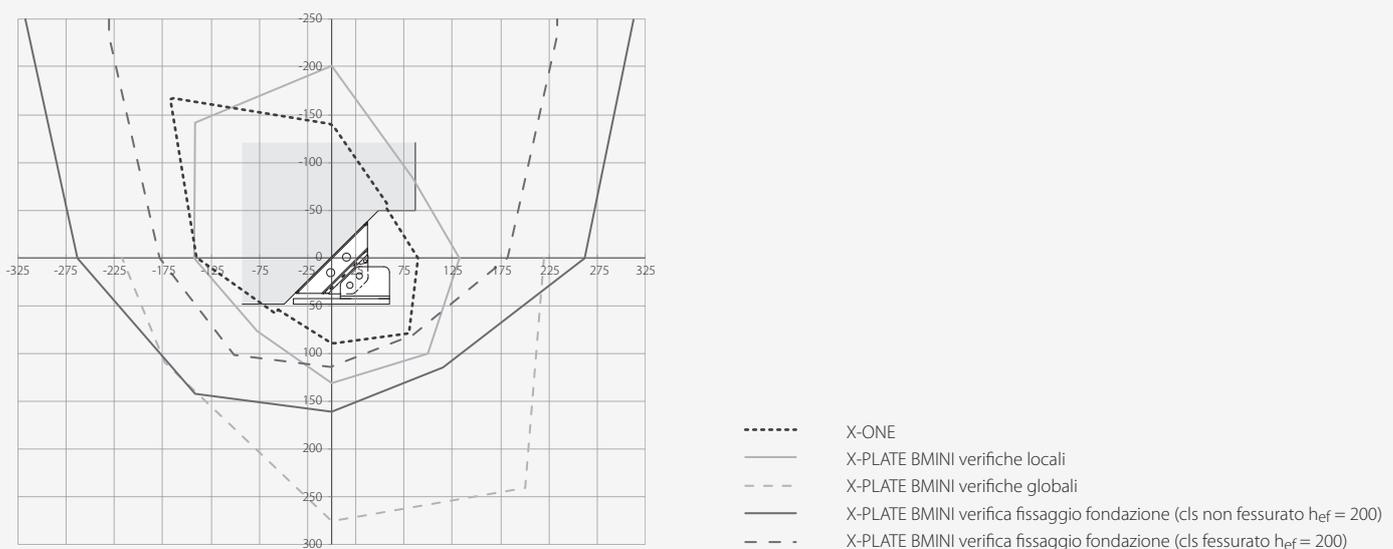
- utilizzo di ancorante chimico vinilestere e barre filettate diametro 20 mm - classe 8.8
- classe minima di resistenza del calcestruzzo C25/30

Le piastre X-PLATE BMINI e BMAXI sono a **completo ripristino** della resistenza del connettore X-ONE.

Le piastre X-PLATE BMINIL/R e BMAXIL/R sono a **parziale ripristino** della resistenza del connettore X-ONE.

Tale aspetto si evince dai domini di resistenza di seguito riportati <sup>(2)</sup>.

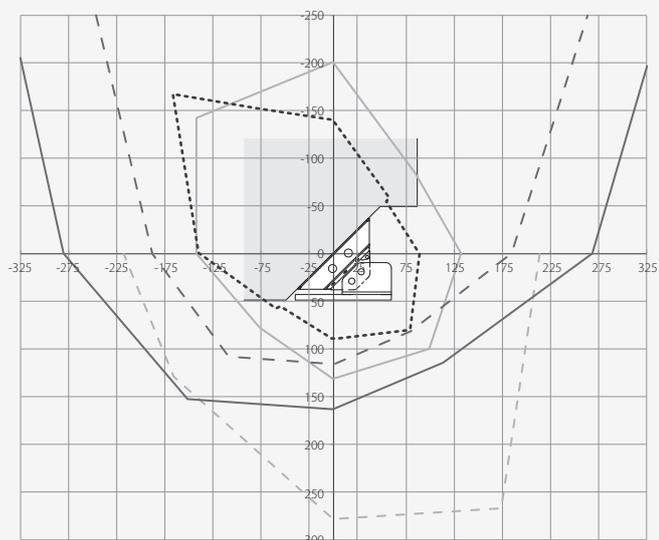
## DOMINI DI RESISTENZA DELLE PIASTRE -XPLATE CONFRONTATI CON IL DOMINIO DI RESISTENZA DEL CONNETTORE X-ONE



### X-PLATE BMINI - Dominio di resistenza di progetto

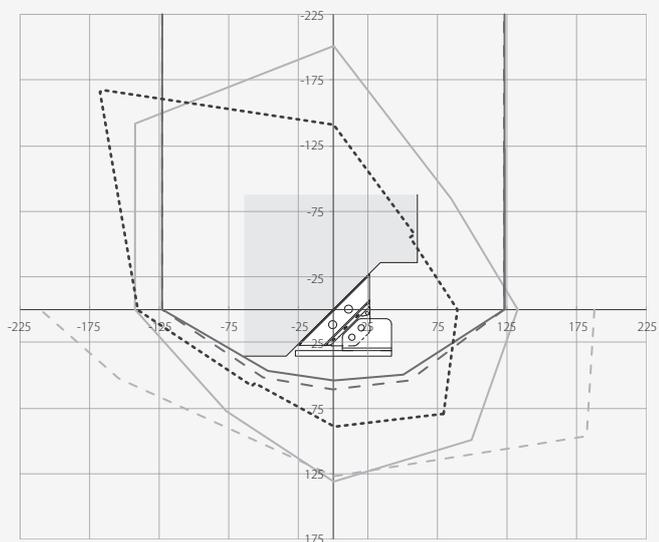
**NOTA:** <sup>(1)</sup> La relazione completa sulla progettazione strutturale delle piastre X-PLATE è scaricabile dal sito [www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com) o dal software MyProject.

<sup>(2)</sup> I domini raffigurati sono rappresentati secondo il sistema di riferimento del connettore X-ONE. Per riferirsi al sistema di riferimento delle piastre X-PLATE, agendo sulle piastre X-PLATE forze uguali ed opposte a quelle agenti sul connettore X-ONE, è necessario specchiare tali domini rispetto alla bisettrice del primo quadrante.



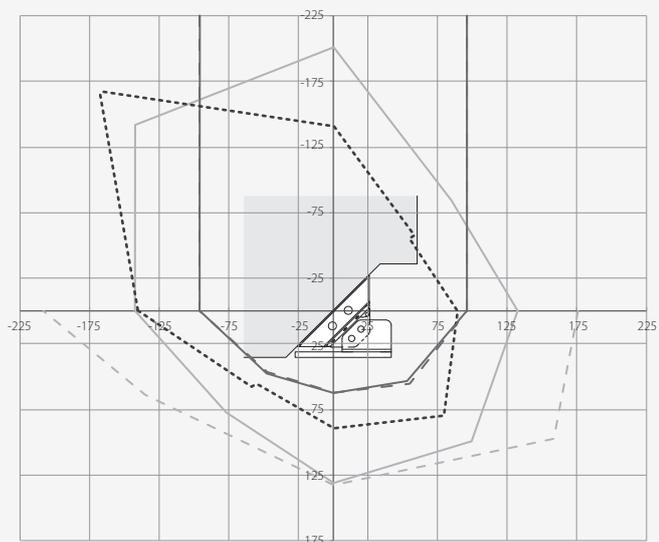
- ..... X-ONE
- X-PLATE BMAXI verifiche locali
- - - - X-PLATE BMAXI verifiche globali
- X-PLATE BMAXI verifica fissaggio fondazione (cls non fessurato  $h_{ef} = 200$ )
- - - - X-PLATE BMAXI verifica fissaggio fondazione (cls fessurato  $h_{ef} = 200$ )

### X-PLATE BMAXI - Dominio di resistenza di progetto



- ..... X-ONE
- X-PLATE BMINILR verifiche locali
- - - - X-PLATE BMINILR verifiche globali
- X-PLATE BMINILR verifica fissaggio fondazione (cls non fessurato  $h_{ef} = 200$ )
- - - - X-PLATE BMINILR verifica fissaggio fondazione (cls fessurato  $h_{ef} = 350$ )

### X-PLATE BMINIL/R - Dominio di resistenza di progetto



- ..... X-ONE
- X-PLATE BMAXILR verifiche locali
- - - - X-PLATE BMAXILR verifiche globali
- X-PLATE BMAXILR verifica fissaggio fondazione (cls non fessurato  $h_{ef} = 200$ )
- - - - X-PLATE BMAXILR verifica fissaggio fondazione (cls fessurato  $h_{ef} = 350$ )

### X-PLATE BMAXIL/R - Dominio di resistenza di progetto

## ANALISI FEM DELLE PIASTRE X-PLATE BASE

Le seguenti analisi FEM, eseguite in controllo di spostamento ed assumendo uno spostamento ultimo pari a 15 mm, sono state condotte analizzando le 5 principali direzioni di carico (taglio puro positivo/negativo, taglio-trazione positivo/negativo e trazione pura). I risultati di tali simulazioni sono:

- diagramma forza-spostamento per ogni direzione di carico ( $0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ )
- deformata 3D del sistema in contour di tensioni (von Mises) per  $\alpha = +90^\circ$

## PIASTRA X-PLATE BMINI

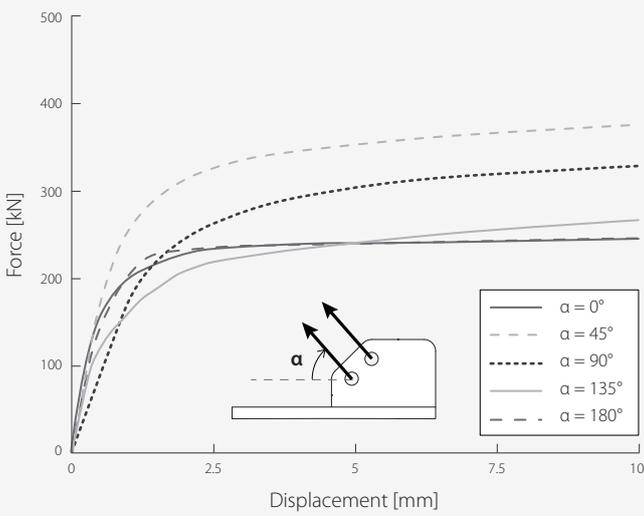
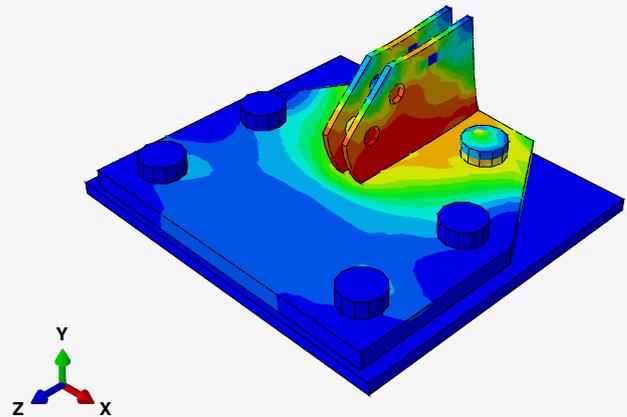


Diagramma forza-spostamento

Deformata 3D in contour di tensioni (von Mises) -  $\alpha = +90^\circ$ 

## PIASTRA X-PLATE BMAXI

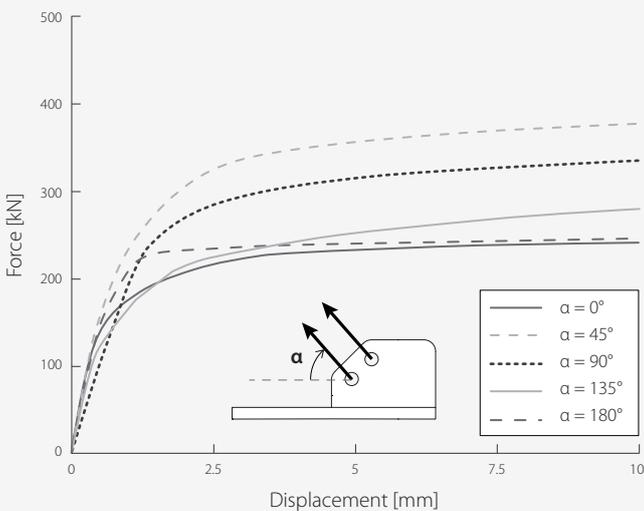
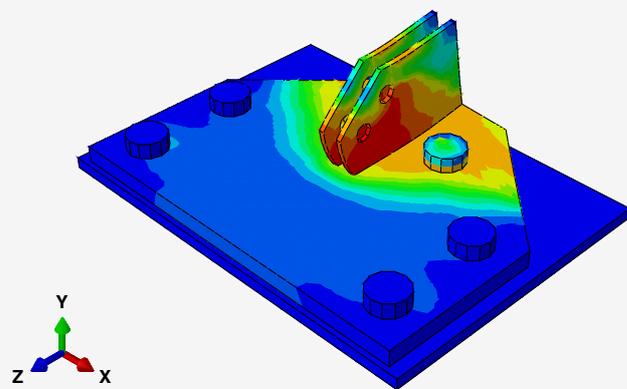


Diagramma forza-spostamento

Deformata 3D in contour di tensioni (von Mises) -  $\alpha = +90^\circ$

## PIASTRA X-PLATE BMINIR

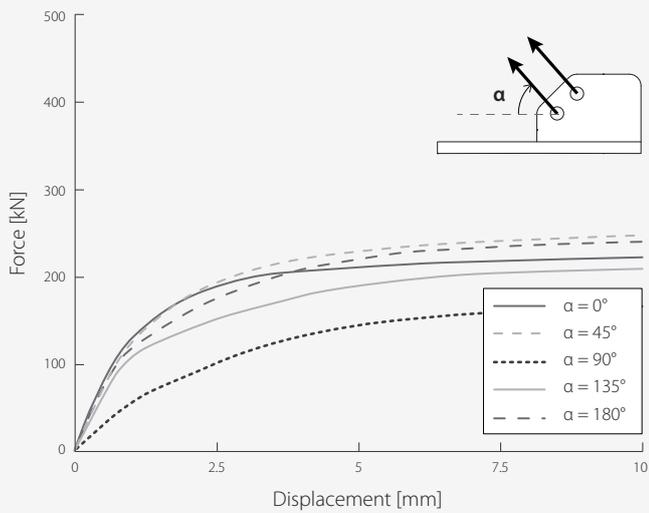
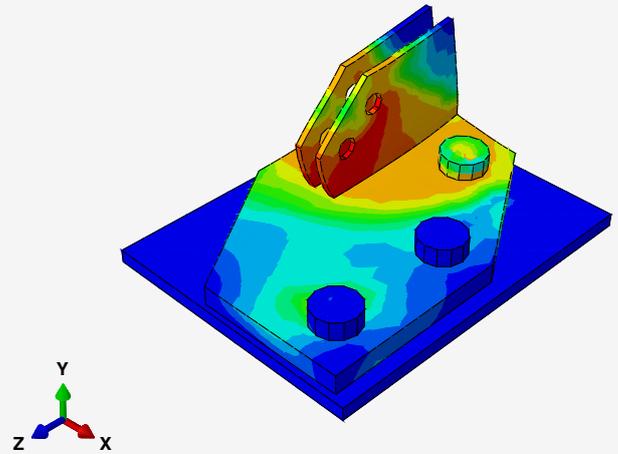


Diagramma forza-spostamento

Deformata 3D in contour di tensioni (von Mises) -  $\alpha = +90^\circ$ 

## PIASTRA X-PLATE BMAXIR

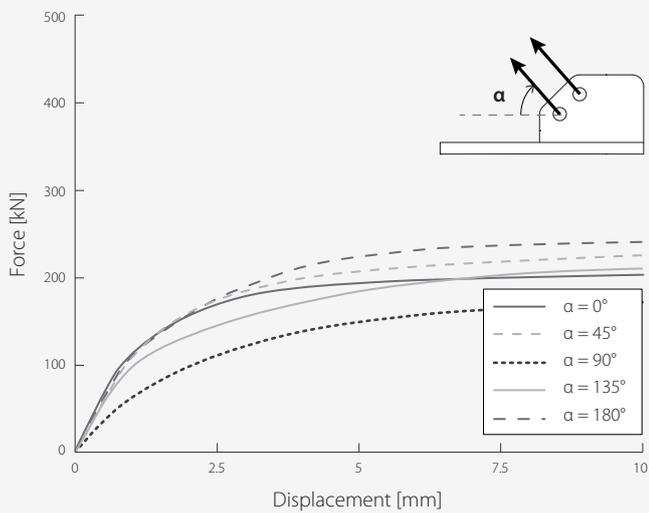
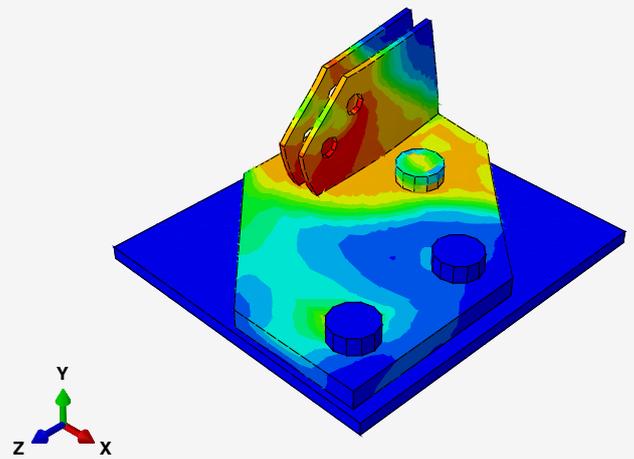


Diagramma forza-spostamento

Deformata 3D in contour di tensioni (von Mises) -  $\alpha = +90^\circ$



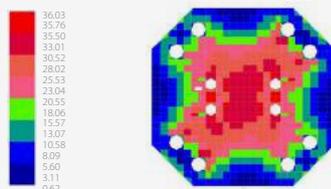
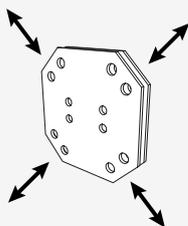
## RESISTENZA CONNESSIONI IN ELEVAZIONE: PIASTRE X-PLATE MID E TOP

I nodi di interpiano sono realizzati mediante le piastre X-PLATE MID, partendo dalle piastre elementari MI e MO sino ad arrivare alle piastre più complesse MT e MX, naturale evoluzione e combinazione delle piastre MI e MO.

A livello strutturale:

## PIASTRA MI: resistenza a taglio e trazione

- la piastra MI ripristina completamente la resistenza a taglio e trazione dei nr. 4 connettori X-ONE convergenti nel nodo e risulta verificata per ogni possibile combinazione di sollecitazione trasmessa dai connettori

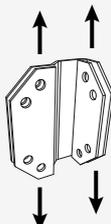


Tensioni di Von Mises - trazione e compressione a 45°

$$R_{MI} > R_{XONE}$$

## PIASTRE MO, MG, MJ: resistenza a trazione

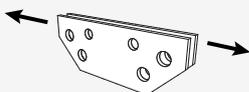
- le piastre MO e MG/MJ ripristinano la resistenza a trazione (sollecitazione verticale a 90°) di ciascun connettore X-ONE ad esse collegato



$$R_{MO, \alpha = 90^\circ} > R_{XONE, \alpha = 90^\circ}$$

## PIASTRE TI: resistenza a taglio

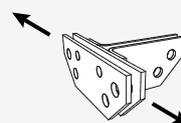
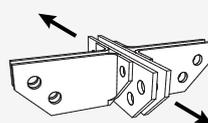
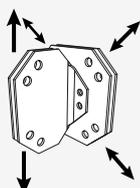
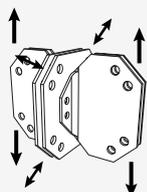
- la piastra TI ripristina la resistenza a taglio (sollecitazione orizzontale a 0°) di ciascun connettore X-ONE ad esso collegato



$$R_{TI, \alpha = 0^\circ} > R_{XONE, \alpha = 0^\circ}$$

## PIASTRE MX, MT, TX, TT

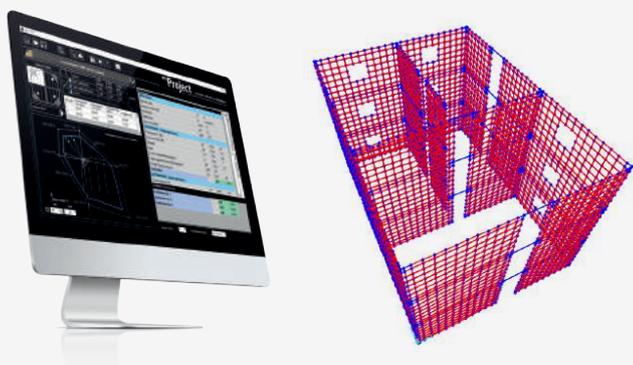
- le piastre MX, MT, TX e TT risultano la semplice composizione delle piastre singole MI, MO e TI, dove ciascuna piastra mantiene il comportamento strutturale originario



## DALLA MODELLAZIONE AL CANTIERE

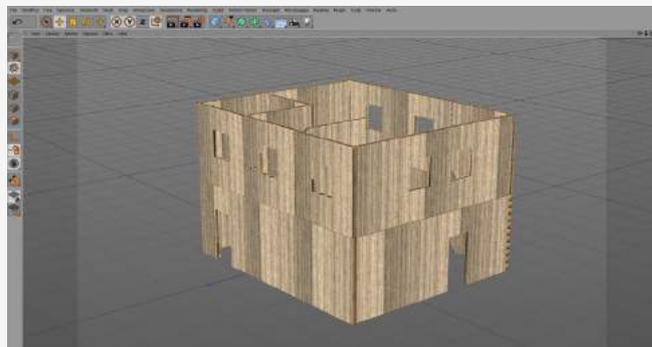
### STEP 1

Progettazione strutturale e verifica dei connettori X-ONE e delle piastre X-PLATE (pag. 32).



### STEP 2

Realizzazione del disegno esecutivo dei pannelli CLT costituenti la struttura con software 3D CAD/CAM.



### STEP 3

Dal database del software di disegno import automatico della geometria del taglio/lavorazione, del modello X-ONE e X-PLATE.



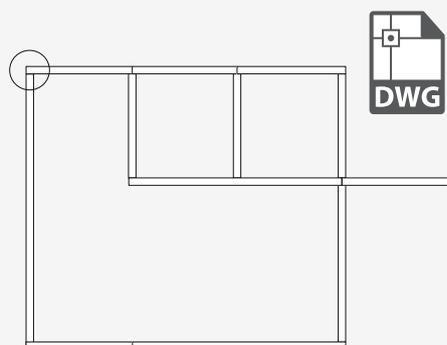
### STEP 4

Export da software di disegno della distinta completa delle connessioni (X-ONE, X-PLATE).



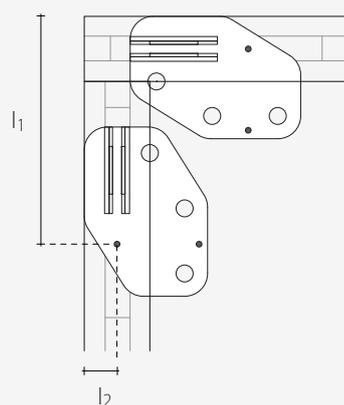
### STEP 5

Posizionamento delle piastre X-PLATE BASE sulla pianta delle pareti piano terra mediante import file CAD da sito rothoblaas o mediante database da software CAD-CAM.



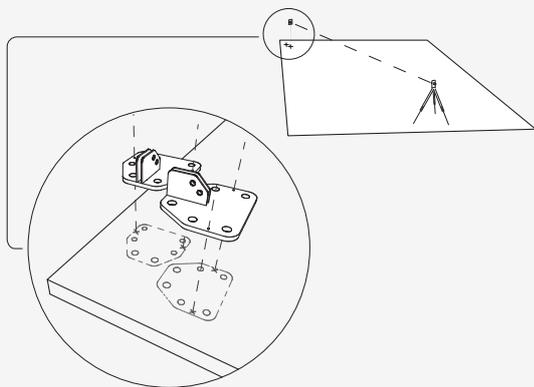
### STEP 6

Individuazione dei fori di tracciamento ( $l_1$ ,  $l_2$ ) delle piastre X-PLATE per posizionare i punti di riferimento da tracciare in cantiere.



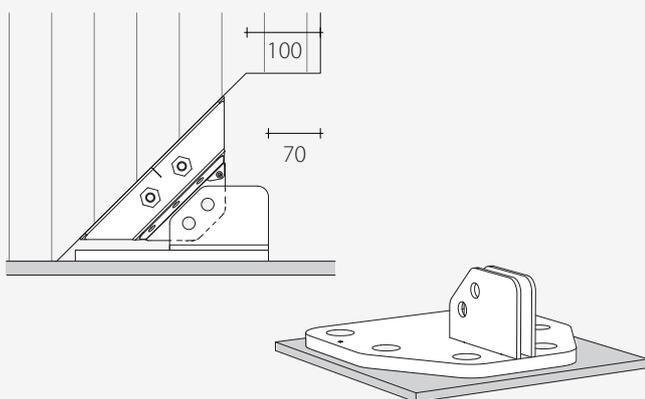
## STEP 7

Tracciamento in cantiere dei fori di posizionamento delle piastre X-PLATE.



## STEP 9

Le piastre X-PLATE vengono posizionate e livellate tra loro alla quota prevista. Il pannello CLT, con il bordo inferiore allineato all'intradosso della piastra, avrà appoggio continuo sulla fondazione.



## STEP 11

Posizionamento delle pareti di base: alloggiamento degli X-ONE nelle piastre X-PLATE e collegamento con bulloni, dadi e rondelle.



NOTA: Video di montaggio del sistema disponibili sul sito [www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com).

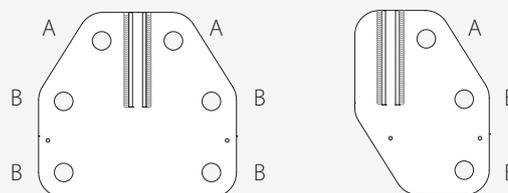
## STEP 8

Posizionamento delle piastre X-PLATE sul basamento di fondazione in c.a.



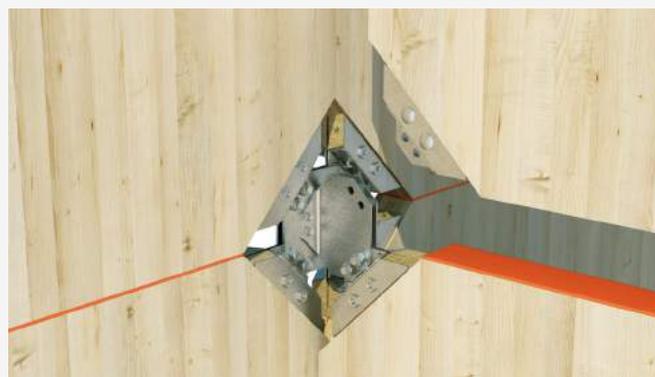
## STEP 10

Posizionate le piastre, l'operatore provvederà a realizzare il foro  $\varnothing 24$  mm nel supporto in c.a. per il successivo inserimento degli ancoranti chimici  $\varnothing 20$  mm. I fissaggi adiacenti alle ali verticali delle piastre (A) dovranno essere installati prima del montaggio delle pareti in CLT, quelli più lontani (B) potranno essere installati successivamente. La tolleranza tra diametro dell'ancorante e foro piastra, da colmare con resine strutturali, consente un'ulteriore regolazione della posizione della piastra.



## STEP 12

Posizionamento delle pareti di interpiano e copertura: alloggiamento degli X-ONE nelle piastre X-PLATE e collegamento con bulloni, dadi e rondelle.



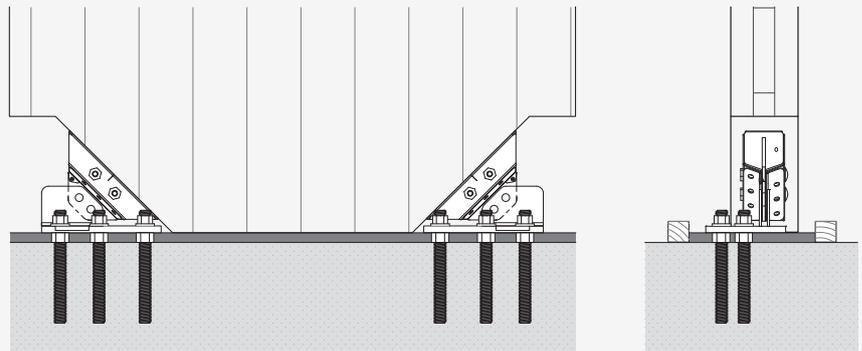
## SOLUZIONI ALTERNATIVE PERFORMANTI PER L'ATTACCO A TERRA

### PIASTRE X-PLATE PREINSTALLATE E ANCORAGGI PRE-INGHISATI

Massima velocità di montaggio e prefabbricazione mediante tracciamento e installazione di ancoraggi pre-inghisati nel getto della platea di fondazione e successivo montaggio della parete in CLT con le piastre X-PLATE già preassemblate agli X-ONE. Si consiglia in tal caso l'uso di contropiastre o dime annegate nel getto per il corretto posizionamento delle barre di ancoraggio.

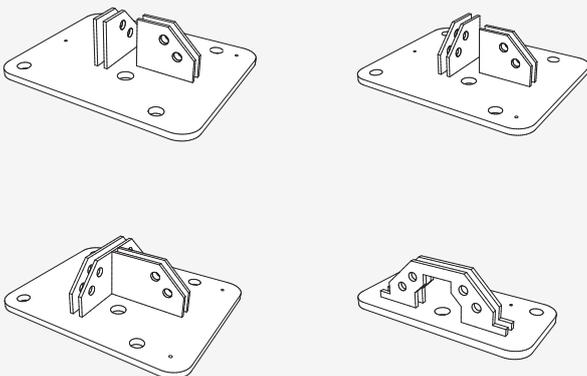


Per garantire un perfetto livellamento, una corretta trasmissione dei carichi verticali e una protezione dall'umidità di risalita dal piano di fondazione si consiglia lo spessoramento delle pareti in CLT e delle piastre X-PLATE di alcuni centimetri e il successivo getto mediante riempimento con malte cementizie strutturali espansive ad elevato grado di impermeabilità.



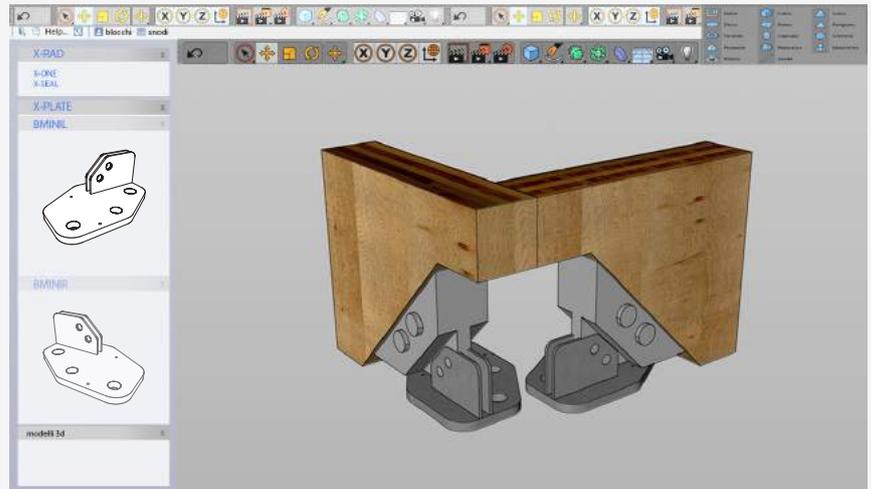
### PIASTRE X-PLATE NON STANDARD

In caso di richieste di piastre X-PLATE con geometrie (vedi esempi sottostanti) e portate diverse da quelle standard, contattare l'ufficio tecnico rothoblaas.



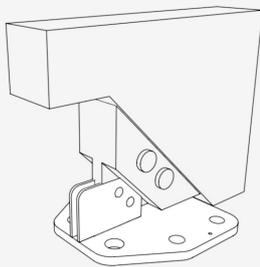
## PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA CAD/CAM

Con l'utilizzo dei software 3D CAD/CAM più comuni è possibile la definizione automatica della geometria delle lavorazioni necessarie sui pannelli in CLT e l'inserimento automatico del sistema X-RAD all'interno del modello di struttura. Risulta pertanto immediato visualizzare l'anteprima dell'ingombro di X-ONE e X-PLATE, il corretto posizionamento ed infine distinta e computo dei componenti.

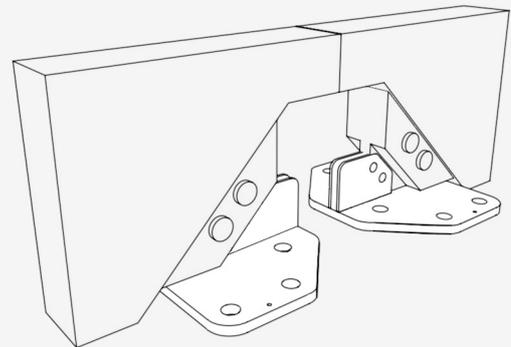


### NODI BASE

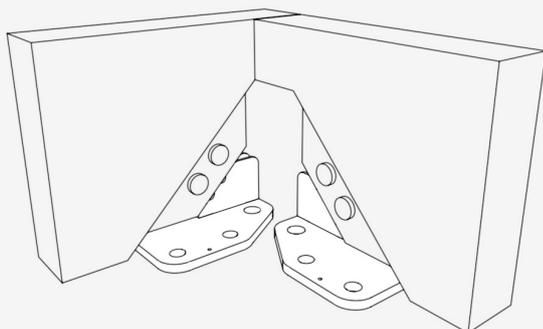
**BMINI (NODO „O“)**



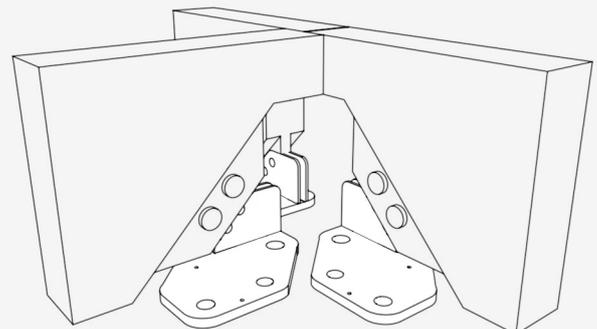
**BMAXI (NODO „I“)**



**BMINIL/R (NODO „J“)**

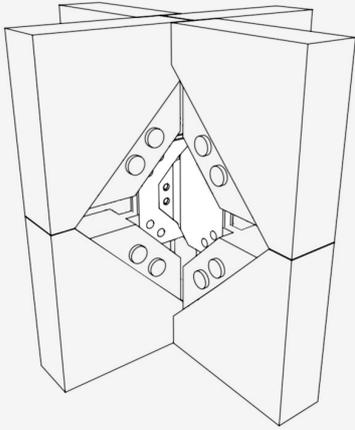


**BMAXIL/R (NODO „T“)**

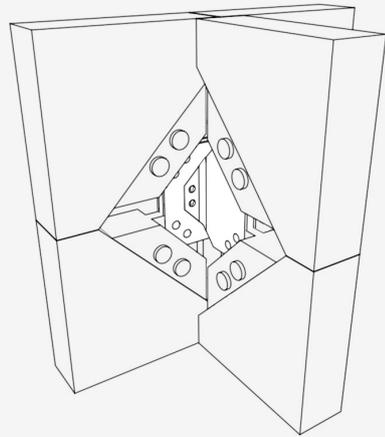


NODI MID

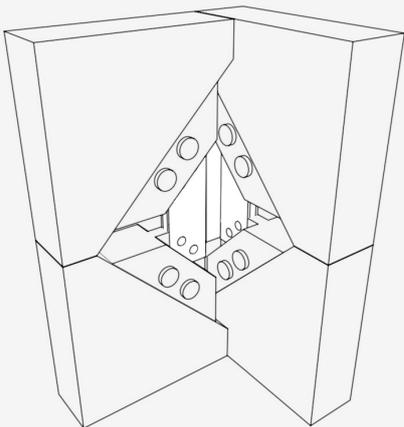
**MX100**



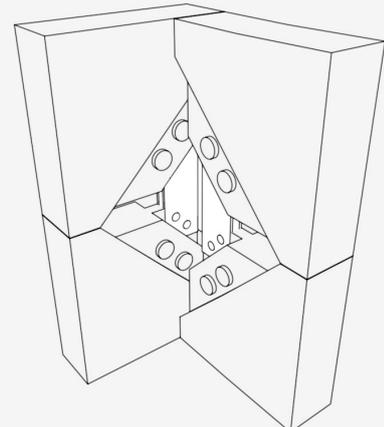
**MT100**



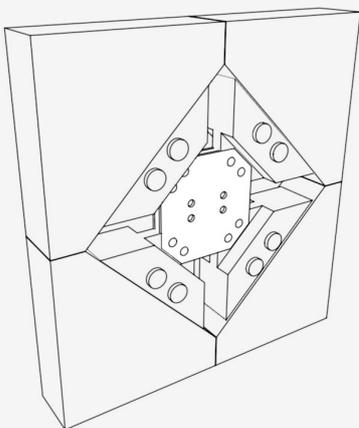
**MG100**



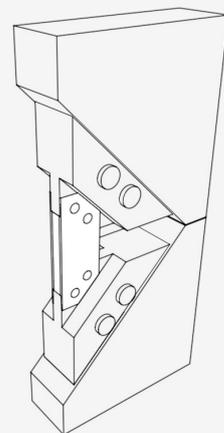
**MJ100**



**MI100**

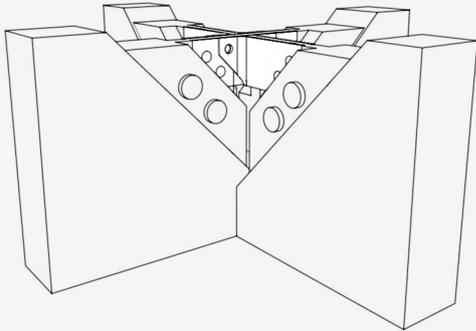


**MO100**

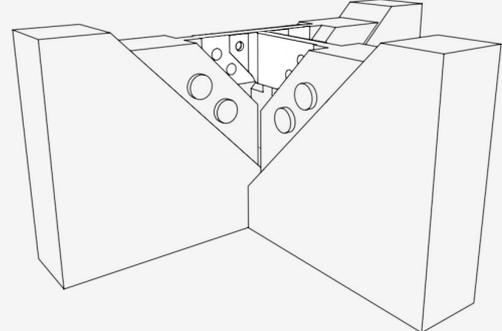


## NODI TOP

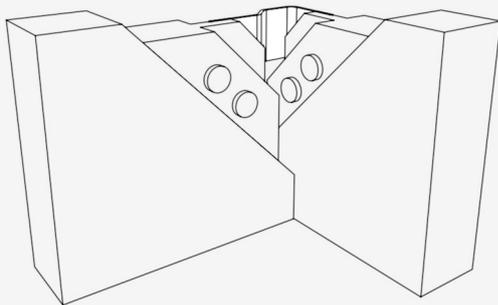
TX100



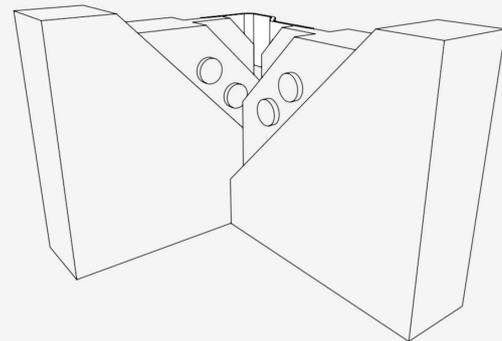
TT100



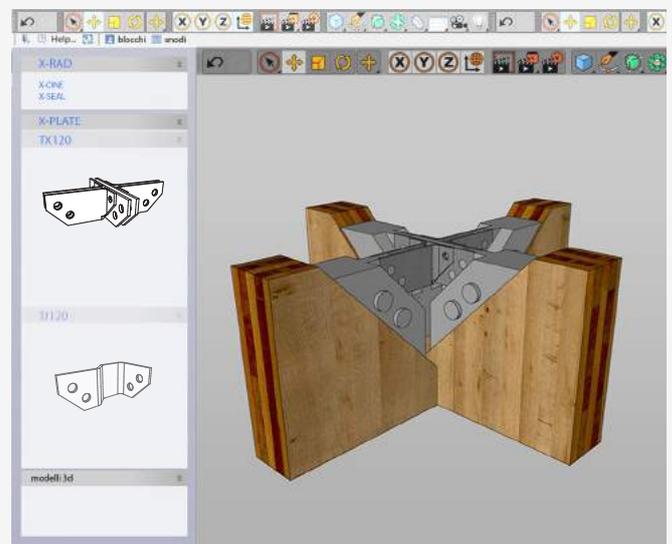
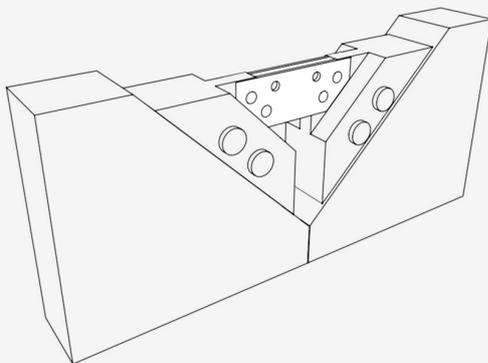
TG100



TJ100



TI100

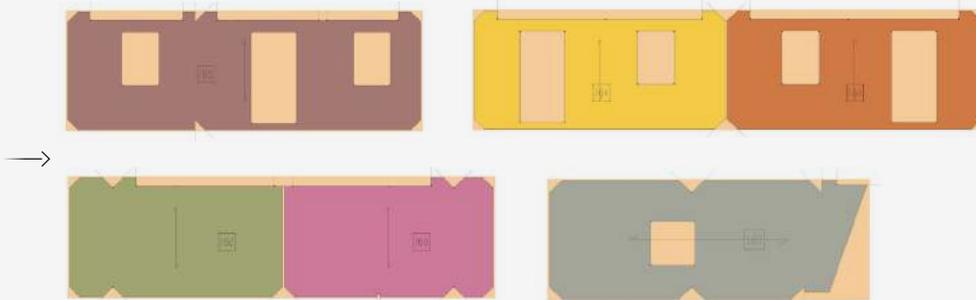


## DALLA FASE DEL DISEGNO DI PRODUZIONE ALLA LAVORAZIONE DEI PANNELLI CLT

### STEP 1: MODELLO DA SOFTWARE



### STEP 2: FASE DI NESTING



Ottimizzazione del pannello grezzo, su cui sono già state individuate tutte le lavorazioni necessarie per aperture, alloggiamento solai e inserimento connettori X-ONE.

### STEP 3: LAVORAZIONE CON MACCHINE CNC



Operazioni di taglio con sega circolare e fresa a candela per la realizzazione della geometria necessaria al posizionamento dell'X-ONE.

### STEP 4: PANNELLI CLT AL TERMINE DELLE OPERAZIONI DI TAGLIO E LAVORAZIONE



fig. 1

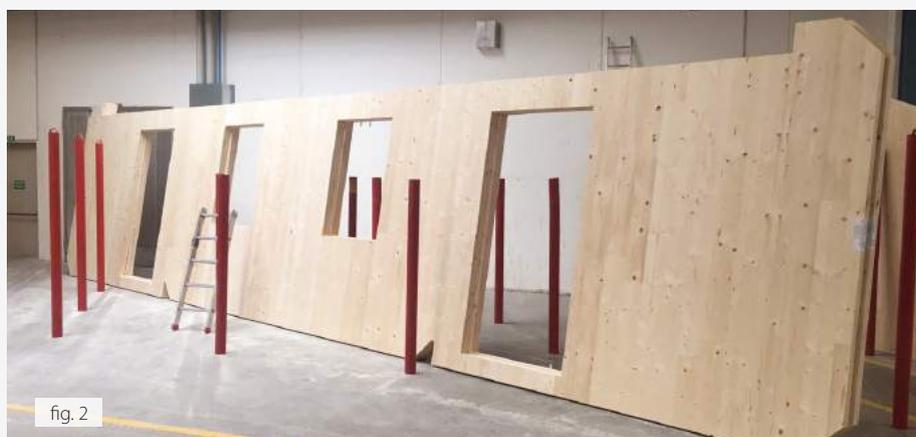
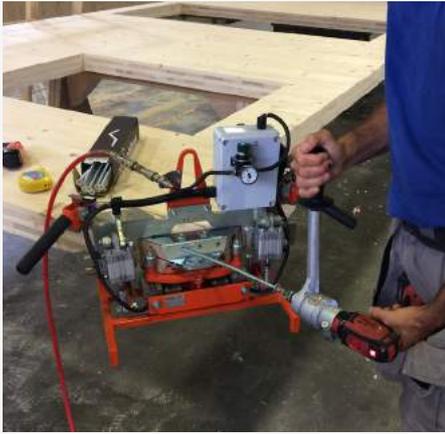


fig. 2

Esempi di lavorazioni complete con dettaglio sul taglio inclinato per il montaggio di n° 1 connettore X-ONE (fig. 1) e su pannello integrale con intagli agli angoli e alloggiamento per l'inserimento del solaio (fig. 2).

## POSSIBILITÀ DI PREFABBRICAZIONE AVANZATA IN STABILIMENTO



## ESEMPI DI REALIZZAZIONE DI DETTAGLI COSTRUTTIVI

Il sistema X-RAD risulta estremamente flessibile, in grado di fornire un'ampia gamma di soluzioni progettuali e di adattarsi a configurazioni strutturali anche complesse e articolate.



Collegamento di pannelli di solaio per la realizzazione di piani rigidi



Mezze lavorazioni per inserimento singolo connettore X-ONE



Superamento salto di quota con pannelli disgiunti e doppio connettore X-ONE



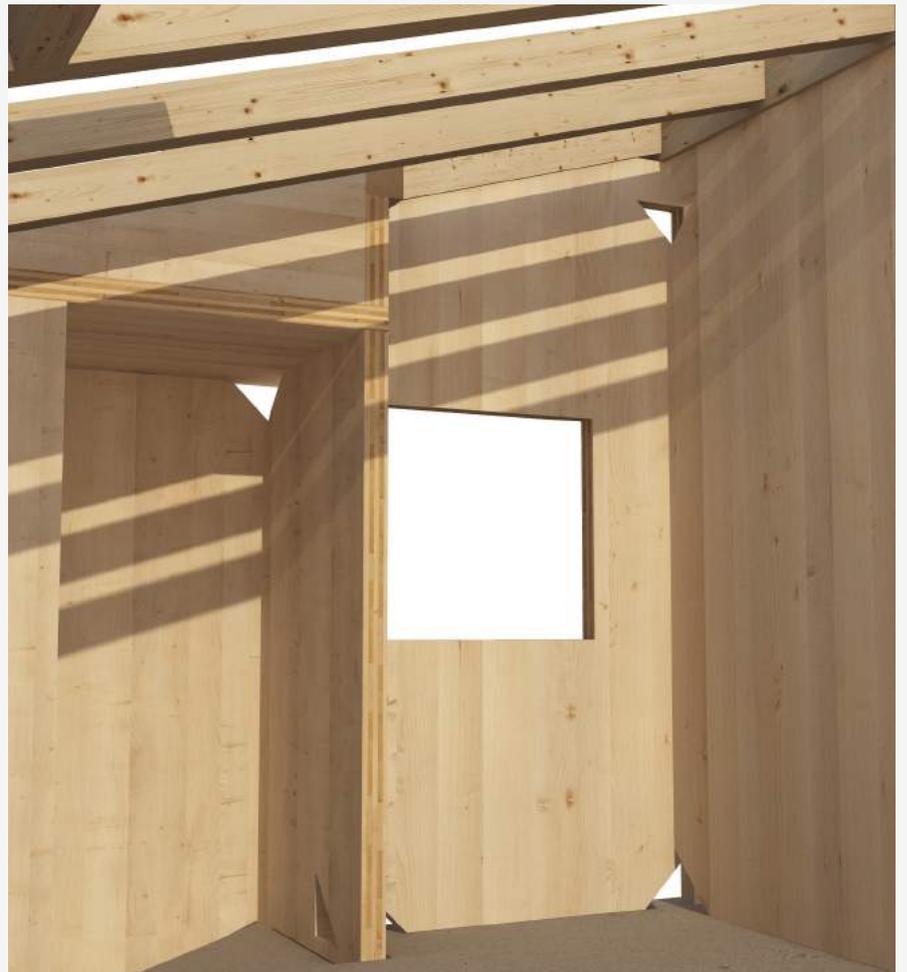
Collegamento rigido verticale tra pareti frontali per la realizzazione di una parete unica monolitica



Appoggio continuo di pannelli di copertura senza lavorazioni specifiche sulle pareti verticali

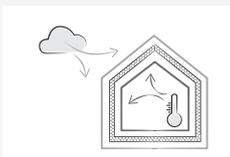
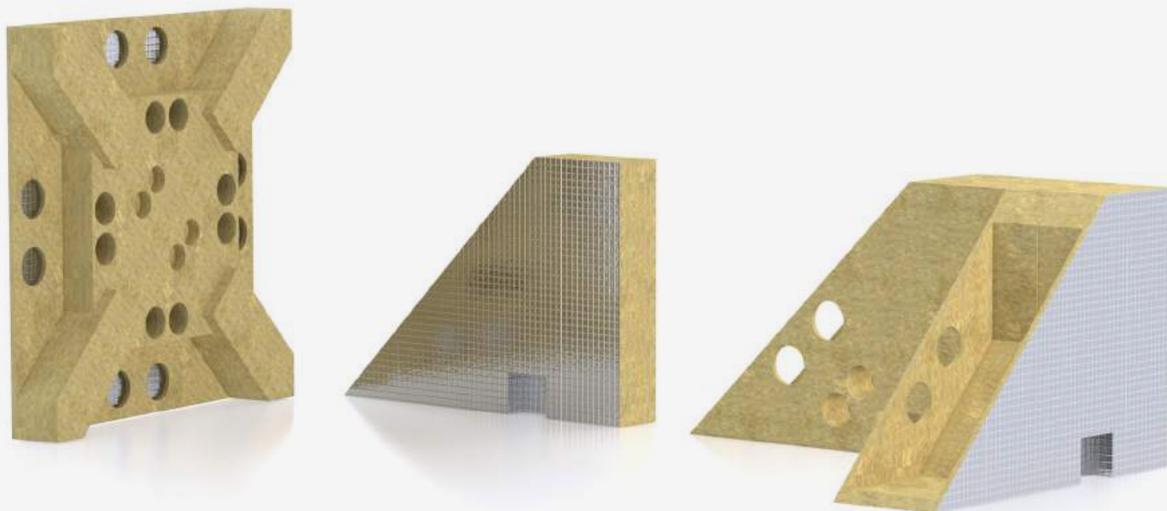


Esempi di lavorazione e disposizione del connettore X-ONE in corrispondenza di nodi a terra, di solaio e di copertura



# X-SEAL

Sistema completo per la tenuta all'aria ed il comfort termico - acustico



## COMFORT E DURABILITÀ

La struttura in lana di roccia e il rivestimento in alluminio assicurano performance acustica ed ermeticità, proteggendo il cuore del sistema X-RAD



## PRESAGOMATO

Grazie alla forma perfettamente aderente a X-ONE e X-PLATE, la chiusura rapida del nodo costruttivo è ottimale e non necessita ulteriori materiali di riempimento

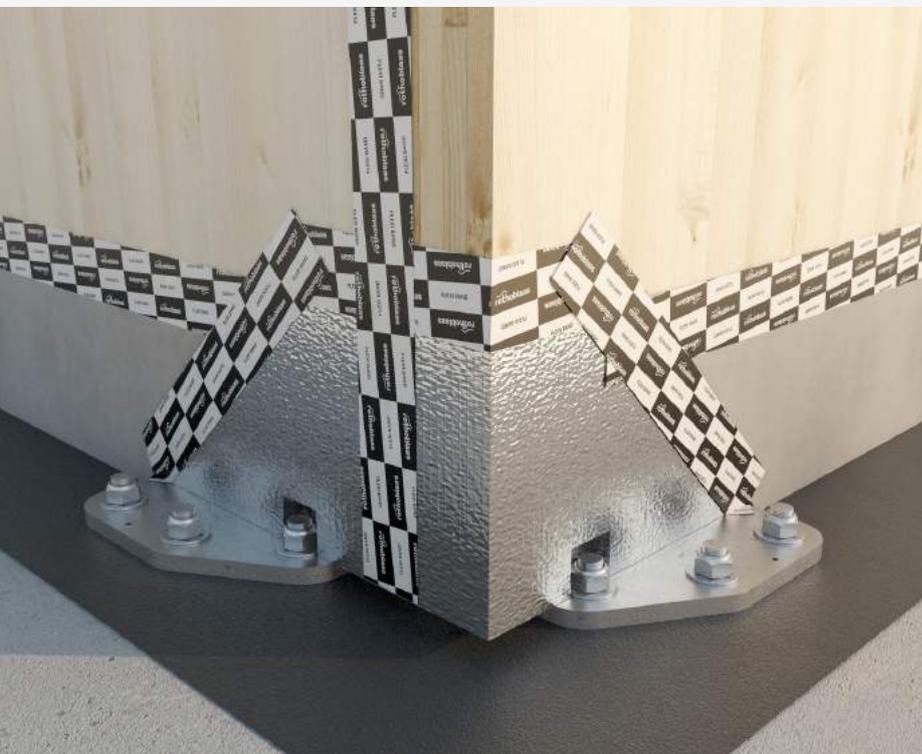
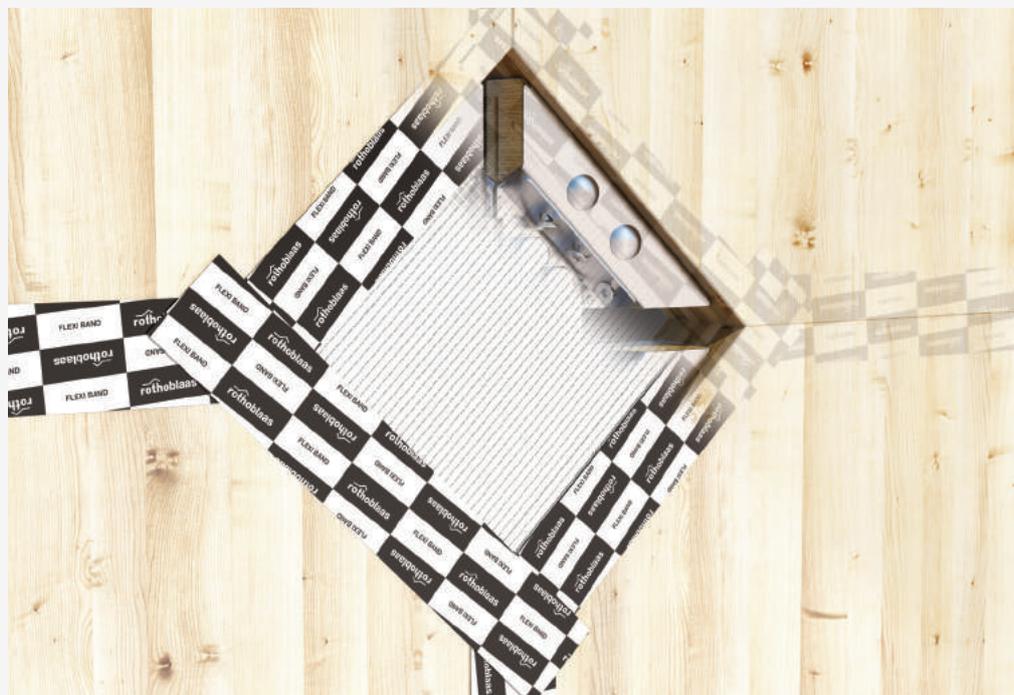


## PRATICO

L'utilizzo di X-SEAL in combinazione con la gamma dei nastri acrilici rothoblaas assicura rapidità di esecuzione e perfetta tenuta nel tempo agli strati di tenuta all'aria ed al vento

## Lo SAPEVI CHE...?

X-RAD è un sistema innovativo che richiede soluzioni intelligenti, veloci e pratiche anche per ottimizzare i comportamenti termoigrometrico ed acustico. Per questo è stato sviluppato X-SEAL, una chiusura presagomata che si adatta alla morfologia dei componenti X-ONE e X-PLATE. X-SEAL garantisce la tenuta all'aria e al vento, riduce la trasmissione delle vibrazioni acustiche per via aerea e attenua il ponte termico puntuale.



### ISOLAMENTO

La specifica densità della lana di roccia del sistema X-SEAL risolve ottimamente il ponte termico puntuale

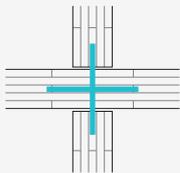
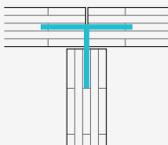
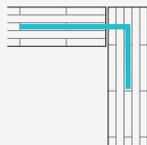
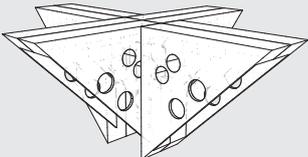
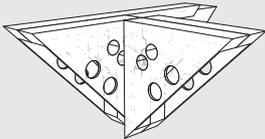
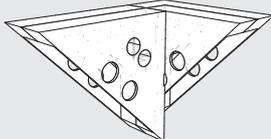
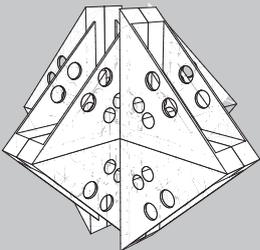
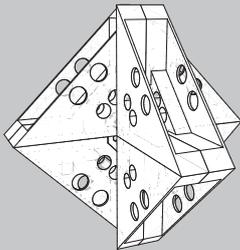
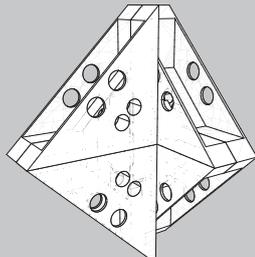
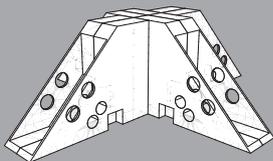
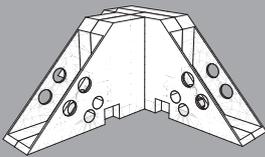
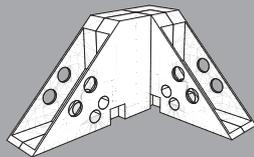
### ERMETICITÀ

I componenti del sistema sono tutti perfettamente presagomati, garantendo così, unitamente alla sigillatura con nastri acrilici, la perfetta tenuta all'aria del nodo

### PROTEZIONE

In corrispondenza dell'attacco a terra, l'impiego di X-SEAL e di membrane autoadesive di protezione per le pareti in CLT, garantisce durabilità alla struttura

## COMPONENTI DEL SISTEMA X-SEAL

FORMA X	FORMA T	FORMA G
		
<b>X-SEAL TOP</b>		
		
cod. XSEALTX100 / TX120 / TX140 nr. 8 componenti	cod. XSEALTT100 / TT120 / TT140 nr. 5 componenti	cod. XSEALTG100 / TG120 / TG140 nr. 4 componenti
<b>X-SEAL MID</b>		
		
cod. XSEALMX100 / MX120 / MX140 nr. 16 componenti	cod. XSEALMT100 / MT120 / MT140 nr. 9 componenti	cod. XSEALMG100 / MG120 / MG140 nr. 6 componenti
<b>X-SEAL BASE</b>		
		
cod. XSEALBX100 / BX120 / BX140 nr. 8 componenti	cod. XSEALBT100 / BT120 / BT140 nr. 5 componenti	cod. XSEALBG100 / BG120 / BG140 nr. 4 componenti

Il sistema X-SEAL riprende la stessa logica delle piastre X-PLATE. Ogni configurazione è caratterizzata e descritta mediante:

- **LIVELLO:** indica se si tratta di livello di base B (BASE), interpiano M (MID) o copertura T (TOP)
- **NODO:** indica la tipologia del nodo (X, T, G, J, I, O)
- **SPESSORE:** indica lo spessore di pannello utilizzabile. Esistono tre famiglie di spessori standard: 100 mm - 120 mm - 140 mm. È possibile utilizzare tutti gli spessori di pannelli compresi tra 100 mm e 200 mm, combinando i componenti di base per gli spessori standard con elementi SPACER, aventi spessori di 5 e 10 mm.

X-SEAL BASE



X-SEAL MID

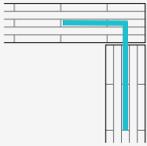
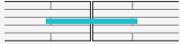
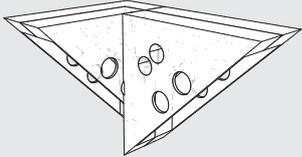
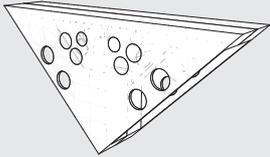
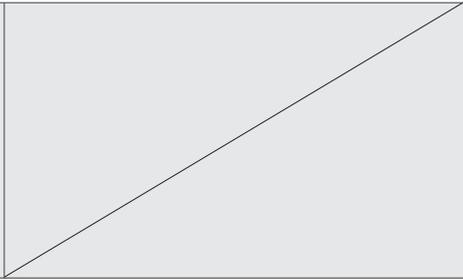
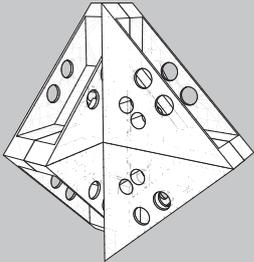
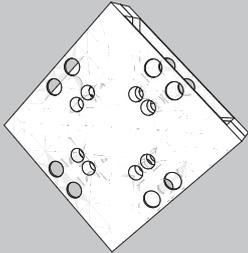
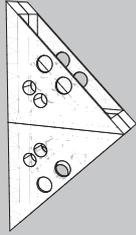
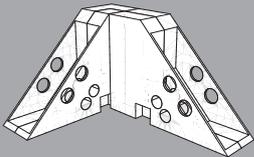
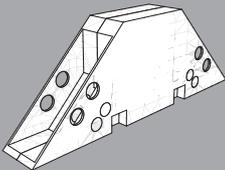
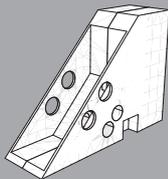
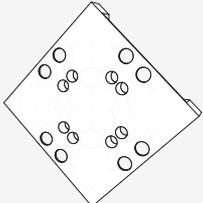
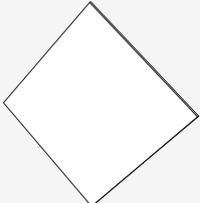


X-SEAL TOP



MANUALE DI POSA DEL SISTEMA X-SEAL

Scaricabile dal sito [www.rothoblaas.com](http://www.rothoblaas.com) o attraverso il QR-CODE apposto sulla confezione.

FORMA J	FORMA I	FORMA O
		
X-SEAL TOP		
 <p data-bbox="221 770 478 828">cod. XSEALTJ100 / TJ120 / TJ140 nr. 4 componenti</p>	 <p data-bbox="686 770 940 828">cod. XSEALTI100 / TI120 / TI140 nr. 2 componenti</p>	
X-SEAL MID		
 <p data-bbox="210 1211 489 1270">cod. XSEALMJ100 / MJ120 / MJ140 nr. 6 componenti</p>	 <p data-bbox="673 1211 951 1270">cod. XSEALMI100 / MI120 / MI140 nr. 3 componenti</p>	 <p data-bbox="1125 1211 1422 1270">cod. XSEALMO100 / MO120 / MO140 nr. 3 componenti</p>
X-SEAL BASE		
 <p data-bbox="213 1556 485 1615">cod. XSEALBJ100 / BJ120 / BJ140 nr. 4 componenti</p>	 <p data-bbox="676 1556 944 1615">cod. XSEALBI100 / BI120 / BI140 nr. 2 componenti</p>	 <p data-bbox="1126 1556 1415 1615">cod. XSEALBO100 / BO120 / BO140 nr. 2 componenti</p>
X-SEAL SPARE 50 / 60 / 70		X-SEAL SPACER 5 / 10
 <p data-bbox="539 1865 772 1890">cod. XSEALSPARE50 / 60 / 70</p>	 <p data-bbox="1251 1865 1445 1890">cod. XSEALSPACER5 / 10</p>	

**NOTE:** Mediante gli elementi X-SEAL SPARE, aventi spessori pari a 50 - 60 - 70 mm è possibile ricavare tutti i componenti del sistema X-SEAL.  
I componenti X-SEAL MID appartenenti alle pareti del piano inferiore vanno sempre montati prima della posa dei pannelli di solaio.

## COMPORAMENTO TERMOIGROMETRICO

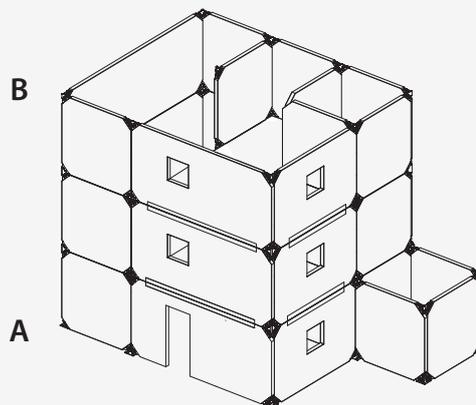
L'analisi termica del sistema X-RAD è effettuata al fine di quantificare e verificare il ponte termico associabile all'elemento puntuale per poterlo rendere fruibile all'interno del calcolo termico prestazionale dell'edificio.

Le condizioni più sfavorevoli nelle quali concentrare lo studio e la verifica sono l'attacco a terra dell'elemento BASE G in prossimità dell'angolo (A) e il nodo dell'attacco parete e solaio della copertura, TOP G (B).

Lo studio è eseguito tramite un modello FEM - 3D servendosi del software di calcolo Psi-Therm 3D.

Una panoramica dello studio con alcuni dei risultati a cui si è giunti è riportato di seguito.

Per ottenere il report dello studio completo o per ulteriori informazioni contattare l'ufficio tecnico rothoblaas.



La stratigrafia di riferimento considerata rappresenta una possibile situazione standard riscontrabile nella prassi edilizia attuale.

La simulazione 3D del ponte termico è effettuata con X-RAD nella configurazione senza X-SEAL e con X-SEAL.

Nell'immagine (fig. 1) si può osservare il pacchetto costruttivo e i materiali considerati.

La scelta di materiali specifici permette di contestualizzare le verifiche e non esclude l'utilizzo di prodotti differenti.

Si può fare riferimento al test report completo per valutare le diverse scelte esecutive.

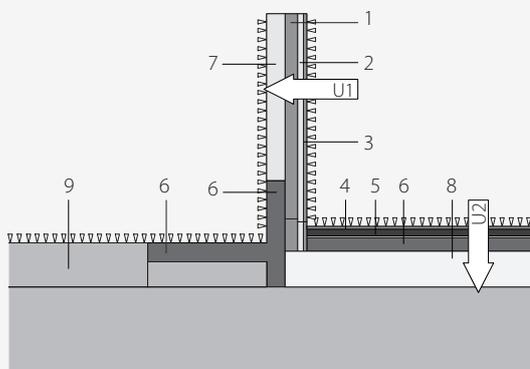
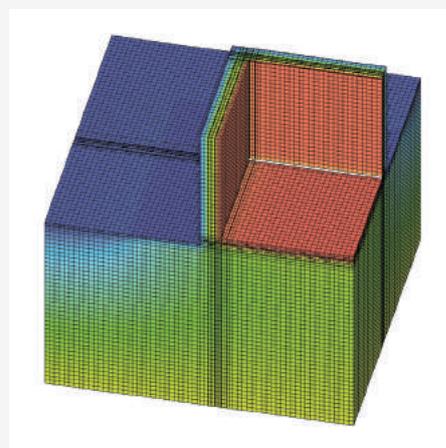


fig. 1

- |                                 |                                  |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. CLT 10 cm                    | 6. Polistirene XPS estruso 12 cm |
| 2. Isolante fibra di legno 5 cm | 7. Isolante fibra di legno 12 cm |
| 3. Cartongesso                  | 8. Calcestruzzo                  |
| 4. Pavimento in legno           | 9. Terreno                       |
| 5. Massetto calcestruzzo        |                                  |



Le simulazioni termiche sono condotte variando gli spessori di isolante (12 cm, 16 cm e 24 cm), cercando di individuare dei possibili valori che identificassero a grandi linee anche delle possibili classi energetiche e relative performance.

Le simulazioni sono effettuate in 3 diversi contesti climatici che rispecchiano le più frequenti condizioni climatiche in zona temperata boreale e australe, riferendosi alla temperatura media minima del mese più freddo ( $T_e$ ).

L'analisi ha riportato diversi dati e informazioni, tra i quali le isoterme, il valore X (Chi) e il valore fRsi.

- X (Chi) rappresenta il flusso termico aggiuntivo del ponte termico tridimensionale rispetto alla trasmittanza degli elementi costruttivi coinvolti e i ponti termici bidimensionali degli attacchi tra di loro. Il valore è universale e indipendente dai dati climatici, ma risente della coibentazione degli elementi costruttivi (vedi report finale presso ufficio tecnico rothoblaas).  
Norma di riferimento: EN 10211
- fRsi rappresenta lo strumento universale per il calcolo della temperatura superficiale interna Tsi in qualsiasi luogo. Mentre il fRsi è universale per nodo calcolato, la temperatura superficiale interna dipende dal clima esterno. Tramite la Tsimin si valuta il pericolo muffa e di condensa.  
Norma di riferimento: EN 13788

#### NODO 1: ATTACCO A TERRA

coefficiente	descrizione	valore
X Chi (16 cm)	flusso termico	- 0,330 W/nodo
fRsi (T <sub>e</sub> = -5 °C)	fattore di temperatura	0,801

#### Nodo 1 flusso termico: valore Chi

coibente	trasmittanza parete	valore
12 + 5 cm	0,190 W/m <sup>2</sup> K	- 0,380 W/nodo
16 + 5 cm	0,160 W/m <sup>2</sup> K	- 0,330 W/nodo
24 + 5 cm	0,121 W/m <sup>2</sup> K	- 0,260 W/nodo

#### Nodo 1 pericolo muffa: Tsi

temperatura (te)	Tsi coibente 12 cm	Tsi coibente 16 cm	Tsi coibente 24 cm
<i>fRsi-average</i>	<i>0,801</i>	<i>0,811</i>	<i>0,824</i>
- 5,0 °C	15,2 °C	15,5 °C	15,8 °C
0,0 °C	16,0 °C	16,2 °C	16,5 °C
5,0 °C	16,8 °C	16,9 °C	17,1 °C

#### NODO 1: ATTACCO SOLAIO - TETTO

coefficiente	descrizione	valore
X Chi (16 cm)	flusso termico	- 0,142 W/nodo
fRsi (T <sub>e</sub> = -5 °C)	fattore di temperatura	0,744

#### Nodo 1 flusso termico: valore Chi

coibente	trasmittanza parete	valore
12 + 5 cm	0,190 W/m <sup>2</sup> K	- 0,380 W/nodo
16 + 5 cm	0,160 W/m <sup>2</sup> K	- 0,330 W/nodo
24 + 5 cm	0,121 W/m <sup>2</sup> K	- 0,260 W/nodo

#### Nodo 1 pericolo muffa: Tsi

temperatura (te)	Tsi coibente 12 cm	Tsi coibente 16 cm	Tsi coibente 24 cm
<i>fRsi-average</i>	<i>0,744</i>	<i>0,766</i>	<i>0,800</i>
- 5,0 °C	13,6 °C	14,1 °C	15,0 °C
0,0 °C	14,9 °C	15,3 °C	16,0 °C
5,0 °C	16,2 °C	16,5 °C	17,0 °C

## COMPORAMENTO ACUSTICO

Con X-RAD si concentrano i nodi strutturali in punti singoli e distinti. Per ciò che riguarda l'acustica si è effettuato uno studio mirato e calibrato all'interno del Flanksound Project su questo nuovo concetto di costruire al fine di raggiungere la caratterizzazione acustica dei nodi strutturali realizzati con X-RAD.

Rothoblaas ha quindi promosso una ricerca finalizzata alla misurazione dell'indice di riduzione delle vibrazioni  $K_{ij}$  per una varietà di giunti fra pannelli in CLT, con il doppio obiettivo di fornire dati sperimentali specifici per la progettazione acustica di edifici in CLT e di contribuire allo sviluppo dei metodi di calcolo.

Le misurazioni dell'indice di riduzione delle vibrazioni sono state condotte in osservanza della EN ISO 10848. Per ulteriori informazioni e approfondimenti sul progetto e sui metodi di misura consultare il catalogo „Soluzioni per l'abbattimento acustico“.

X-SEAL evita la trasmissione acustica diretta per via aerea causata dallo "svuotamento" della massa del nodo dovuta al taglio a 45° sul pannello in CLT.

### RIASSUNTO DELLE CONFIGURAZIONI TESTATE ALL'INTERNO DEL FLANKSOUND PROJECT

	DETTAGLIO	SISTEMA DI FISSAGGIO						SOLUZIONE ACUSTICA			
		X-PLATE BASE T	X-PLATE TOP T	X-PLATE BASE X	X-PLATE TOP X	X-PLATE BASE O	X-PLATE MID O	CONSTRUCTION SEALING	XYLOFON	ALADIN STRIPE	TITAN SILENT
	45	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-
	46	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-
	47	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
	48	-	-	-	-	●	-	-	●	●	-
	49	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-
	50	-	-	-	-	●	●	-	●	-	-
	51	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-
	52	-	-	-	-	●	●	-	●	-	-

### LEGENDA



Dati stimati a partire dalle misure sperimentali

### PER MAGGIORI INFORMAZIONI

- A. Speranza, L. Barbaresi, F. Morandi, "Experimental analysis of flanking transmission of different connection systems for CLT panels" in Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2016, Vienna, August 2016.
- L. Barbaresi, F. Morandi, M. Garai, A. Speranza, "Experimental measurements of flanking transmission in CLT structures" in Proceedings of the International Congress on Acoustics 2016, Buenos Aires, September 2016.
- L. Barbaresi, F. Morandi, M. Garai, A. Speranza, "Experimental analysis of flanking transmission in CLT structures" of Meetings on Acoustics (POMA), a serial publication of the Acoustical Society of America - POMA-D-17-00015.

## CURA DEL DETTAGLIO

Grazie alla collocazione puntuale dei nodi strutturali ai vertici delle pareti in CLT, X-RAD permette la non-interposizione dei solai tra le pareti. Ciò comporta importanti benefici dal punto di vista acustico, che aumentano con l'adozione di appositi profili, prevedendo gli interspazi indicati in fig. 1.

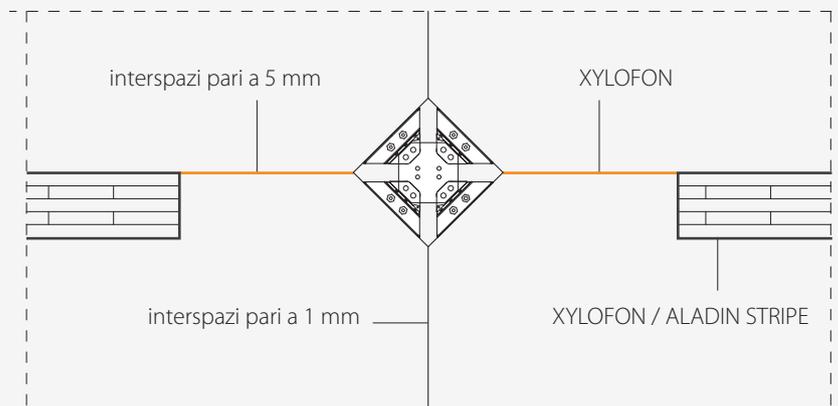
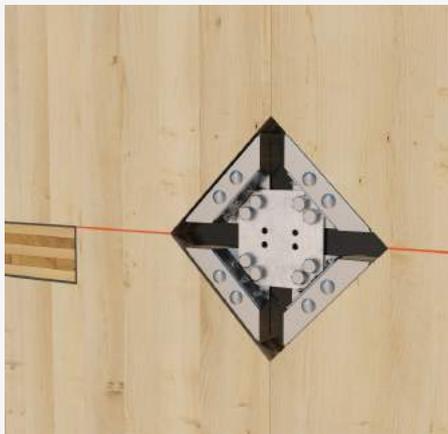


fig. 1

È sempre consigliabile l'interposizione tra pareti e solai dei seguenti profili acustici:

■ **profili acustici resilienti in PUR: XYLOFON** (fig. 1)

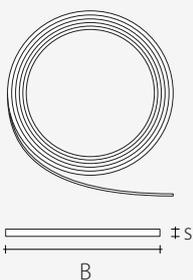
Chiusura ermetica dell'attacco tra gli elementi strutturali e smorzamento delle vibrazioni sonore indipendentemente dal carico statico o dinamico applicato, mantenendo grande elasticità e performance nel tempo.

■ **profili acustici resilienti in EPDM: ALADIN STRIPE** (fig. 1)

Chiusura ermetica dell'attacco tra gli elementi strutturali e smorzamento delle vibrazioni acustiche tra solaio e parete. Lo strato resiliente che si crea smorza l'onda sonora altrimenti trasmessa dalla struttura in senso verticale e orizzontale.

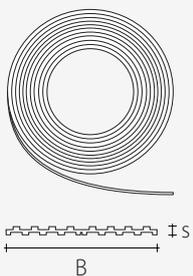
Tutti questi materiali devono essere previsti in fase di disegno e taglio dei pannelli.

## XYLOFON



codice	ex codice	versione	B [mm]	L [m]	s [mm]	pz/conf
<b>XYL35100</b>	D82411	35	100	3,66	6	1
<b>XYL50100</b>	D82412	50	100	3,66	6	1
<b>XYL70100</b>	D82413	70	100	3,66	6	1
<b>XYL80100</b>	D82414	80	100	3,66	6	1
<b>XYL90120</b>	D82415	90	120	3,66	6	1

## ALADIN STRIPE

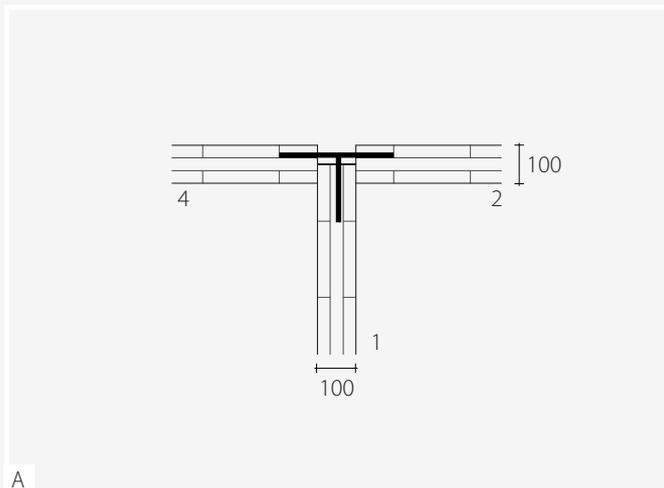


codice	ex codice	versione	B [mm]	L [m]	s [mm]	pz/conf
<b>ALADIN95</b>	D82113	soft	95	50	5	1
<b>ALADIN115</b>	D82123	extra soft	115	50	7	1

# FLANKSOUND PROJECT: ANALISI DEL COMPORTAMENTO ACUSTICO DI STRUTTURE IN CLT CON CONNESSIONI X-RAD

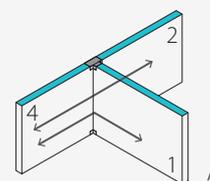
GIUNTI PARETE - PARETE

DETTAGLIO 45 | GIUNTO A T VERTICALE



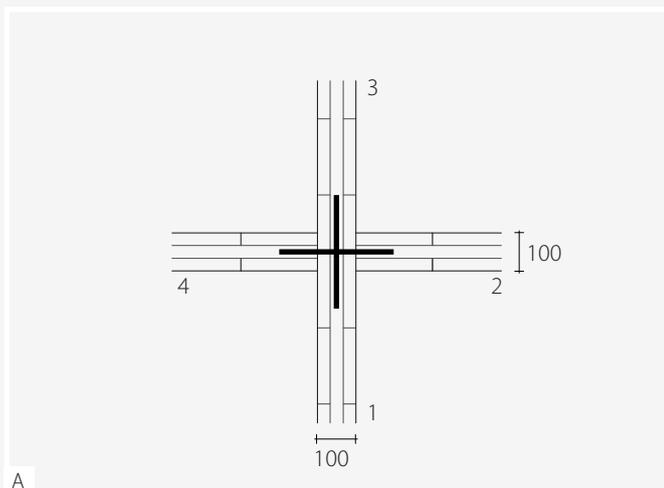
**SISTEMA DI FISSAGGIO**  
X-PLATE BASE T, X-PLATE TOP T

**PROFILO RESILIENTE**  
no



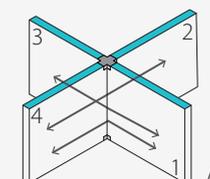
Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG200-1250
<b>K14 (dB)</b>	10.2	7.0	8.1	6.4	6.4	5.1	6.7	7.6	7.3	7.9	8.2	9.7	12.7	12.9	12.6	15.5	<b>7.3</b>
<b>K24 (dB)</b>	15.7	16.0	13.6	6.5	6.4	8.8	9.5	15.2	18.4	17.7	20.2	18.9	24.7	24.7	23.4	28.5	<b>13.5</b>

DETTAGLIO 46 | GIUNTO A X VERTICALE



**SISTEMA DI FISSAGGIO**  
X-PLATE BASE X, X-PLATE TOP X

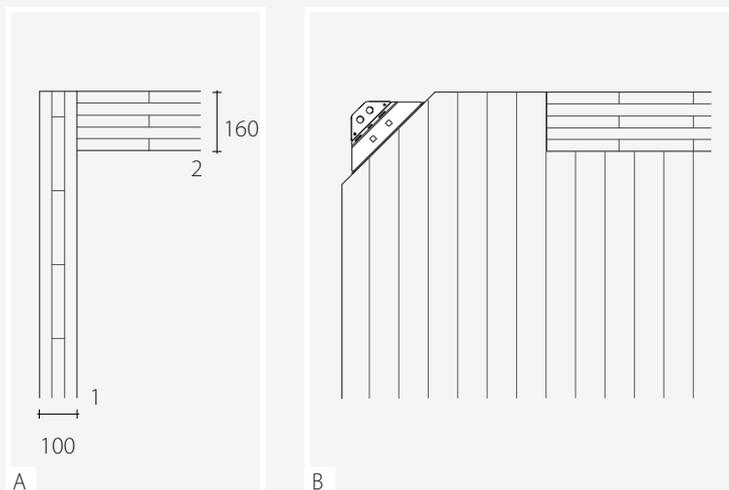
**PROFILO RESILIENTE**  
no



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG200-1250
<b>K14 (dB)</b>	12.7	11.4	10.2	8.5	8.5	7.0	8.1	10.7	11.5	9.5	11.1	12.5	15.8	17.5	17.5	21.6	<b>9.7</b>
<b>K24 (dB)</b>	18.9	12.0	13.3	9.7	8.7	8.8	6.6	11.1	13.1	11.7	13.4	12.6	13.8	14.4	12.4	16.9	<b>10.6</b>
<b>K13 (dB)</b>	15.0	13.7	13.6	12.0	11.8	9.3	8.2	12.6	15.4	13.3	12.6	13.2	19.0	21.6	24.0	31.4	<b>12.0</b>

## GIUNTI PARETE - SOLAIO

## DETTAGLIO 47 | GIUNTO A L ORIZZONTALE

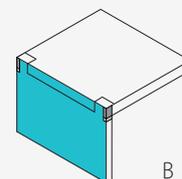
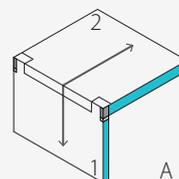


## SISTEMA DI FISSAGGIO

X-PLATE BASE O

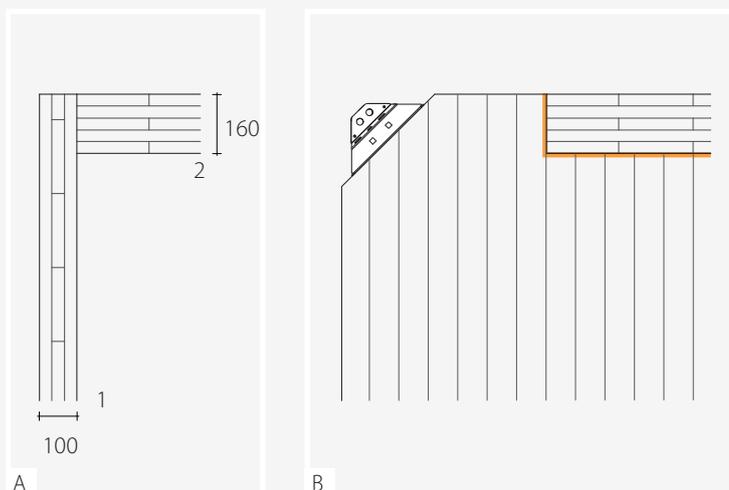
## PROFILO RESILIENTE

no



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG200-1250
<b>K12 (dB)</b>	13.1	13.8	14.2	10.6	11.6	12.8	12.2	10.6	12.2	9.7	8.1	11.2	9.9	10.2	11.2	13.5	<b>11.0</b>

## DETTAGLIO 48 | GIUNTO A L ORIZZONTALE

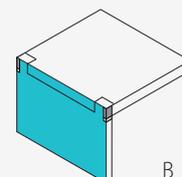
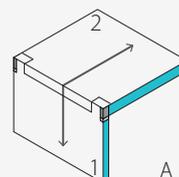


## SISTEMA DI FISSAGGIO

X-PLATE BASE O

## PROFILO RESILIENTE

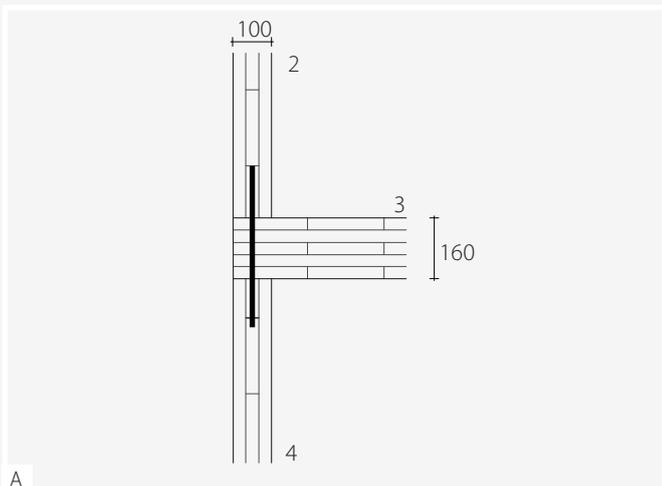
XYLOFON\*, ALADIN STRIPE\*\*



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG200-1250
<b>K12 (dB) *</b>	12.0	14.6	11.8	13.2	12.8	15.2	15.9	14.9	15.7	15.9	13.9	12.6	16.2	18.5	17.8	17.5	<b>14.4</b>
<b>K12 (dB) **</b>	16.3	13.7	14.4	13.8	13.4	12.7	11.4	10.0	13.3	14.3	13.3	14.3	15.9	13.9	16.2	21.9	<b>13.0</b>

## GIUNTI PARETE - SOLAIO

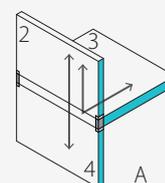
## DETTAGLIO 49 | GIUNTO A T ORIZZONTALE

**SISTEMA DI FISSAGGIO**

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

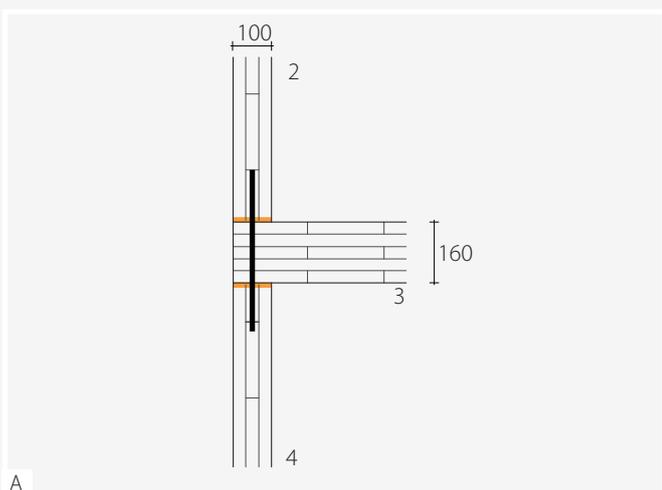
**PROFILO RESILIENTE**

no



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG200-1250
K <sub>23</sub> (dB)	17.2	13.0	13.1	10.4	9.5	7.1	7.7	7.6	8.3	9.9	11.3	13.7	17.8	18.9	19.6	23.5	9.5
K <sub>24</sub> (dB)	24.2	20.0	20.1	17.4	16.5	14.1	14.7	14.6	15.3	16.9	18.3	20.7	24.8	25.9	26.6	30.5	16.5

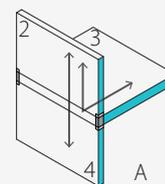
## DETTAGLIO 50 | GIUNTO A T ORIZZONTALE

**SISTEMA DI FISSAGGIO**

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

**PROFILO RESILIENTE**

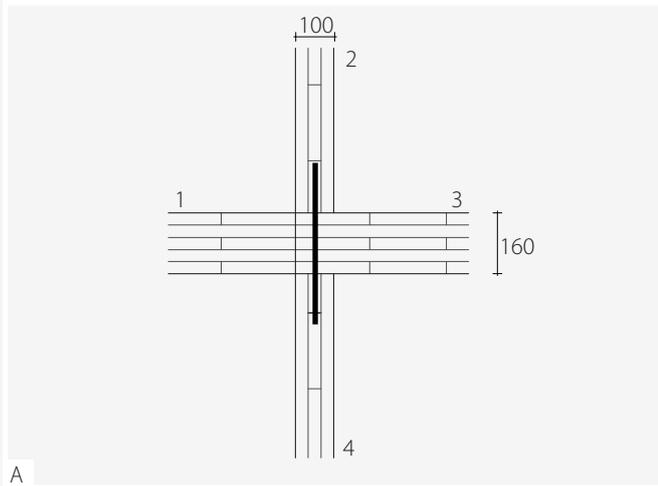
XYLOFON



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG200-1250
K <sub>23</sub> (dB)	16.0	13.8	10.7	13.0	10.6	9.5	11.4	11.9	11.9	16.1	17.1	15.0	24.1	27.2	26.3	27.4	12.9
K <sub>24</sub> (dB)	23.0	20.8	17.7	20.0	17.6	16.5	18.4	18.9	18.9	23.1	24.1	22.0	31.1	34.2	33.3	34.4	19.9

## GIUNTI PARETE - SOLAIO

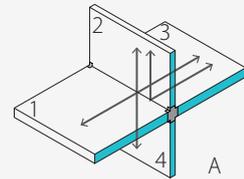
## DETTAGLIO 51 | GIUNTO A X ORIZZONTALE

**SISTEMA DI FISSAGGIO**

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

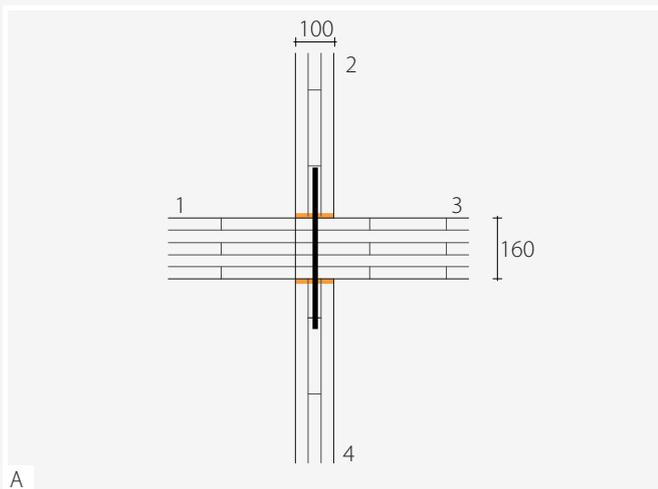
**PROFILO RESILIENTE**

no



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG
<b>K23 (dB)</b>	19.7	17.4	15.1	12.4	11.5	9.0	9.1	10.7	12.5	11.6	14.1	16.5	20.8	23.5	24.5	29.6	<b>11.9</b>
<b>K13 (dB)</b>	13.0	11.7	11.5	10.0	9.7	7.2	6.2	10.6	13.4	11.3	10.6	11.1	17.0	19.6	22.0	29.3	<b>10.0</b>
<b>K24 (dB)</b>	19.9	13.0	14.3	10.7	9.7	9.8	7.6	12.1	14.1	12.7	14.4	13.6	14.8	15.4	13.4	17.9	<b>11.6</b>

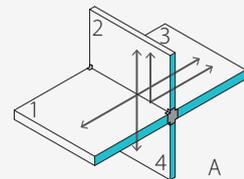
## DETTAGLIO 52 | GIUNTO A X ORIZZONTALE

**SISTEMA DI FISSAGGIO**

X-PLATE BASE O, X-PLATE MID O

**PROFILO RESILIENTE**

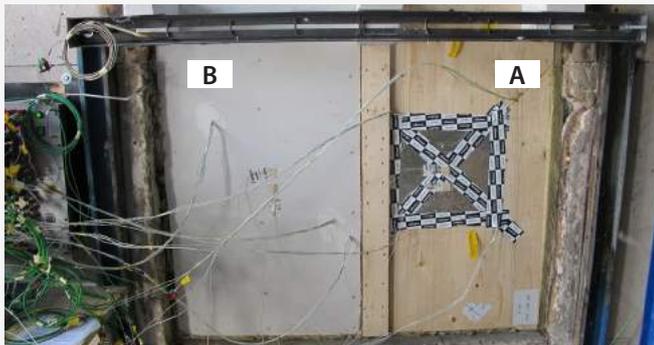
XYLOFON



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	AVG
<b>K23 (dB)</b>	18.6	18.2	12.7	15.1	12.7	11.4	12.8	15.1	16.0	17.8	19.9	17.8	27.1	31.8	31.1	33.5	<b>15.4</b>
<b>K13 (dB)</b>	13.0	11.7	11.5	10.0	9.7	7.2	6.2	10.6	13.4	11.3	10.6	11.1	17.0	19.6	22.0	29.3	<b>10.0</b>
<b>K24 (dB)</b>	18.8	13.8	11.9	13.4	10.8	12.2	11.3	16.4	17.7	18.9	20.2	15.0	21.2	23.7	20.1	21.8	<b>15.1</b>

## COMPORAMENTO AL FUOCO DI CONNESSIONE X-RAD CON PROTEZIONE X-SEAL

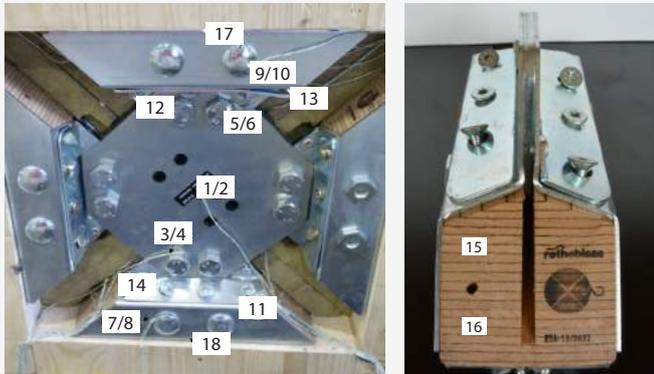
Il sistema X-RAD prevede il posizionamento in asse alla parete della connessione strutturale, composta da X-ONE e X-PLATE. Ciò consente ai componenti del sistema X-SEAL, perfettamente presagomati, di aderire ai componenti metallici della connessione, garantendo ermeticità ed isolamento termo-acustico. Al fine di comprendere il comportamento al fuoco di tale sistema e verificare il grado di protezione al fuoco offerto dai componenti X-SEAL al sistema X-RAD, è stato avviato un programma di ricerca presso l'Università Tecnica di Monaco (TUM).



Disposizione delle termocoppie sulle superfici dei provini



Montaggio dei componenti X-SEAL

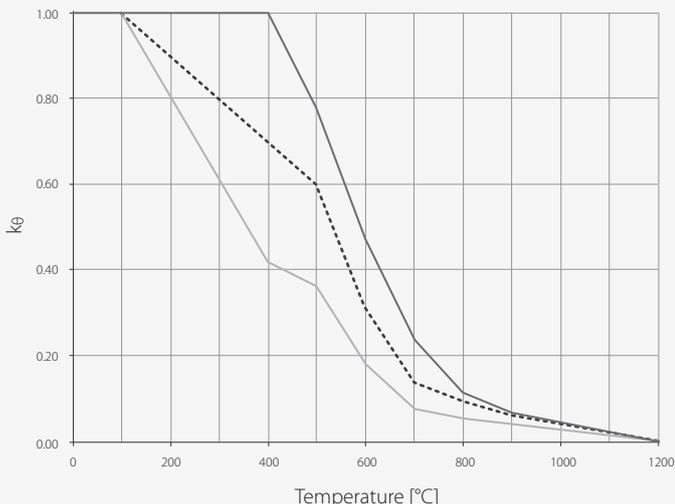


Disposizione delle termocoppie su X-ONE e X-PLATE

Per monitorare l'evoluzione delle temperature durante il test, sono state installate termocoppie in corrispondenza di:

- superficie esterna piastra centrale MI
- superficie laterale e superiore X-ONE
- testa delle viti VGS del connettore X-ONE
- testa esterna dei bulloni del connettore X-ONE
- superficie di testa dell'inserto in LVL del connettore X-ONE

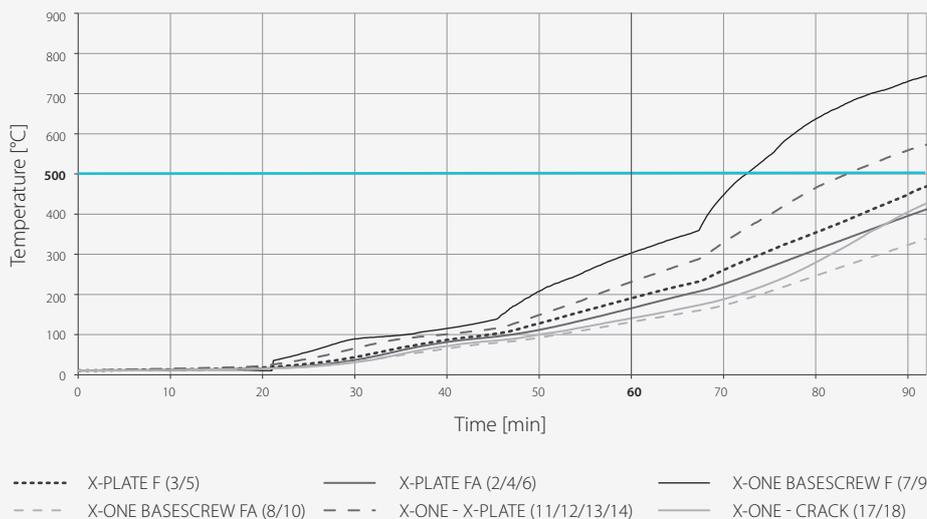
Il test è stato condotto in accordo alla norma europea EN 1363-1, che specifica i principi generali per determinare la resistenza al fuoco di diversi elementi costruttivi sottoposti a condizioni normalizzate di esposizione al fuoco.



Può essere utile a tal proposito ricordare il decadimento delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio all'aumentare della temperatura, come descritto dall'Eurocodice EN 1993-1-2. In modo particolare si denota una sensibile riduzione della tensione di snervamento, del modulo elastico e del limite di proporzionalità, superati i 400 °C. Raggiunti i 500 °C, la tensione di snervamento si è ridotta del 20% e il modulo elastico del 40%. Questo valore di temperatura sarà considerato come valore di riferimento durante il test.

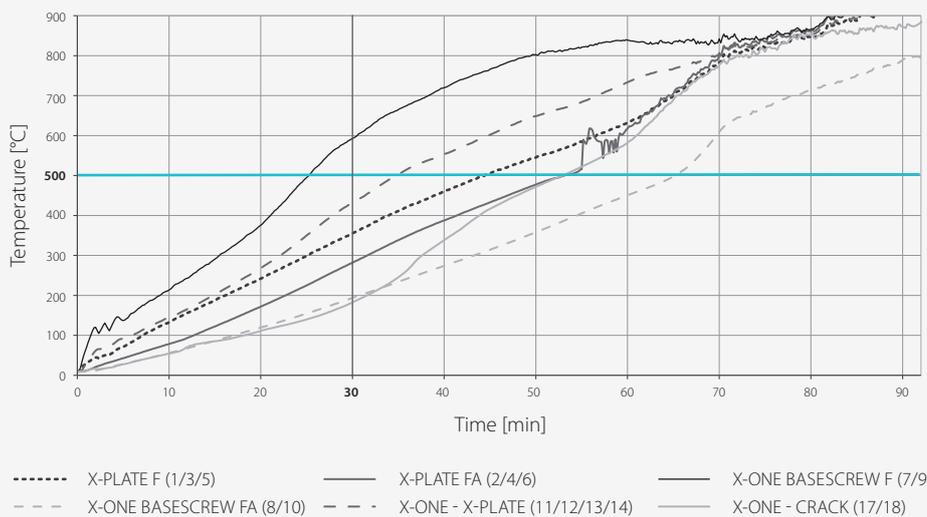
- tensione di snervamento  $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$
- - - modulo elastico  $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
- limite di proporzionalità  $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$

Evoluzione delle temperature medie registrate nel provino (B) rivestito (lato esposto al fuoco)



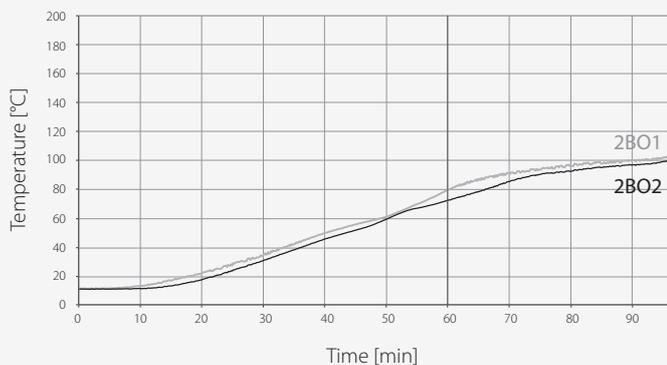
L'analisi dei risultati mette in evidenza come tutti i componenti del sistema X-RAD mantengano una **T° inferiore ai 500 °C sino a oltre 60 min**, mostrando quindi un ottimo comportamento al fuoco, grazie alla protezione offerta dal sistema X-SEAL e dalle lastre in gesso rivestito

Evoluzione delle temperature medie registrate nel provino (A) non rivestito (lato esposto al fuoco)



L'analisi dei risultati mette in evidenza come buona parte dei componenti del sistema X-RAD (tranne le parti più esterne dell'X-ONE) mantengano una **T° inferiore ai 500 °C per almeno 30 min**, mostrando comunque un buon comportamento al fuoco, grazie alla protezione offerta dal sistema X-SEAL

Evoluzione delle temperature medie registrate nel provino (A) non rivestito (lato non esposto al fuoco)



Si evidenzia la sensibile differenza di T° registrata a **t = 60 min** tra il lato esposto al fuoco (T° ≈ 600°C) e quello non esposto (T° ≈ 80°C)

Comportamento al fuoco del sistema X-RAD in camera di prova (provino A non rivestito)



t = 24 min



t = 101 min





Le quantità d'imballo possono variare. Non si risponde per eventuali errori di stampa, dati tecnici e traduzioni.

Illustrazioni parzialmente completate con accessori non inclusi. Immagini a scopo illustrativo.

Il presente catalogo è proprietà esclusiva di Rotho Blaas srl e non può essere copiato, riprodotto o pubblicato, anche per stralci, senza preventivo consenso scritto. Ogni violazione è perseguita a norma di legge.

I valori forniti devono essere verificati dal progettista responsabile.

Tutti i diritti sono riservati.

Copyright © 2017 by rothoblaas



**rothoblaas**

Rotho Blaas srl - I-39040 Cortaccia (BZ) - Via Dell'Adige 2/1  
Tel. +39 0471 81 84 00 - Fax +39 0471 81 84 84  
info@rothoblaas.com - www.rothoblaas.com

