SOLAI IN LEGNO

Quali connettori sono adatti per i solai in legno?

Per la realizzazione o il rinforzo di solai misti legno-calcestruzzo, Tecnaria mette a disposizione la **serie di connettori CTL**, progettata specificamente per strutture in legno.

* **CTL BASE** – Connettore a gambo cilindrico (Ø 12 mm) che si fissa normalmente **direttamente sulla trave** dopo l’eventuale rimozione o taglio dell’assito; disponibile in altezze da 20 a 200 mm e fissato con viti Ø 8×100 mm (ma disponibili anche di lunghezza 70 e 120 mm).
* **CTL MAXI** – Variante con **piastra dentata** che normalmente attraversa l’assito esistente, ideale da fissare sopra il tavolato; disponibile in altezze da 20 a 200 mm e fissato con viti Ø 10×120 mm. (ma disponibili anche di lunghezza 100 e 140 mm).
* **CTL OMEGA** – Piastra sagomata a “Ω” pensata nei solai **a doppia orditura per i travetti secondari di sezione ridotta sia con assito che in presenza di pianelle in laterizio**; utilizza una vite Ø 10 mm (lunghezze 100-140 mm) e consente la posa anche attraverso mezzane.

Noi vendiamo solo i connettori per legno con le lunghezze delle viti standard; non sono disponibili viti con lunghezze e diametri diversi da quelle indicate. (ad esempio vite tirafondi diametro 10 x 200 mm o diametro 6 x 100 mm)

**Scelta della lunghezza delle viti per connettori BASE:**

vite 8x70 mm se connettore fissato direttamente su trave e trave in legno altezza da 80 a 110 mm

vite 8x100 mm se connettore fissato direttamente su trave e altezza trave maggiore di 120 mm

vite 8x120 mm se connettore fissato direttamente sopra assito di spessore massimo 25 mm

**Scelta della lunghezza delle viti per connettori MAXI:**

vite 10x100 mm se connettore fissato direttamente su trave e trave in legno altezza da 110 a 130 mm

vite 10x120 mm se connettore fissato sopra assito e altezza trave maggiore di 120 mm

vite 10x140 mm se connettore fissato direttamente sopra assito di spessore compreso tra 25 e 40 mm

Tutti i connettori CTL sono marcati CE, provati secondo gli Eurocodici, e disponibili con accessori dedicati (maschere di foratura, trapani a colonna, rondelle) e software di calcolo con tabelle di resistenza e moduli di scorrimento.

Un solaio in legno richiede un intervento di rinforzo quando non garantisce più sicurezza strutturale o prestazioni di servizio adeguate alle norme e all’uso previsto. In pratica, il rinforzo si rende necessario nei casi seguenti:

1. **Aumento dei carichi d’esercizio**  
   Il solaio deve sostenere pesi maggiori di quelli di progetto (cambio di destinazione d’uso, nuovi impianti o pavimentazioni pesanti).
2. **Eccessive deformazioni o vibrazioni**  
   Freccia visibile, rigonfiamenti o vibrazioni fastidiose indicano rigidezza insufficiente anche se la resistenza ultima non è ancora superata.
3. **Degrado del legno**  
   Umidità, funghi, insetti xilofagi, fessurazioni o danni meccanici riducono la sezione resistente delle travi. E’ da valutare bene se la sezione residua efficace possa essere idonea ad un intervento di rinforzo con soletta collaborante o se si rende necessaria al sostituzione.
4. **Inadeguatezza alle normative sismiche**  
   Strutture esistenti prive di diaframma rigido o di collegamenti idonei non soddisfano i requisiti antisismici attuali.
5. **Luci eccessive o dettagli costruttivi carenti**  
   Travature snelle, assiti sottili o connessioni deboli non garantiscono la capacità portante richiesta dagli attuali criteri di calcolo.
6. **Danni da incendio o eventi eccezionali**  
   Alte temperature, urti o cedimenti locali compromettono la capacità portante residua.
7. **Modifiche funzionali o architettoniche**  
   Aperture di nuove luci, tagli di travi per impianti o rimozione di controventi richiedono un rinforzo compensativo.

In sintesi, occorre rinforzare il solaio quando verifiche strutturali, normative o di conservazione mostrano che la struttura originaria non è più conforme ai requisiti di sicurezza e di servizio dell’edificio.

Un sistema composto da travi in legno e soletta in calcestruzzo collegati da connettori metallici sfrutta le qualità complementari dei due materiali e consente di ottenere i seguenti benefici principali:

1. **Maggiore portanza e rigidezza flessionale**  
   L’azione composita moltiplica la sezione resistente: a parità di luce il momento flettente ammissibile può aumentare di 3–6 volte rispetto al solaio in solo legno, riducendo anche frecce e vibrazioni.
2. **Riduzione delle deformazioni a lungo termine**  
   Il calcestruzzo assorbe gran parte delle compressioni, mentre il legno lavora prevalentemente a trazione: la deformabilità globale (creep) diminuisce e il pavimento rimane più stabile nel tempo.
3. **Comportamento diaframmato e risposta sismica migliorata**  
   La soletta in calcestruzzo crea un piano rigido che ripartisce i carichi orizzontali alle pareti portanti, incrementando la sicurezza antisismica dell’edificio esistente.
4. **Maggiore massa e smorzamento acustico**  
   La soletta aggiunge peso proprio e discontinuità di materiale, abbattendo i rumori da calpestio e i rumori aerei rispetto a un solaio solo ligneo.
5. **Resistenza al fuoco più elevata**  
   Il calcestruzzo protegge le fibre lignee dalla fiamma e dalle alte temperature, ritardando l’innesco e limitando la carbonizzazione delle travi.
6. **Spessore e peso contenuti rispetto a una soletta piena**  
   L’accoppiamento con il legno permette di usare spessori di calcestruzzo limitati (4-8 cm) e quindi carichi permanenti ridotti, vantaggiosi in edifici esistenti.
7. **Possibilità di mantenere le travi a vista**  
   L’intervento è poco invasivo dal punto di vista architettonico: le travi restano visibili all’intradosso, preservando il carattere storico o estetico degli ambienti.
8. **Facilità di posa e cantieri rapidi**  
   I connettori si installano a secco con strumenti portatili; il getto è di spessore ridotto e non richiede casserature complesse, con tempi di realizzazione e costi competitivi.
9. **Durabilità e protezione del legno**  
   La soletta sigilla superiormente le travi, riducendo l’esposizione a umidità, infiltrazioni e attacchi biologici.
10. **Versatilità per impianti e finiture**  
    Nel calcestruzzo è facile predisporre supporti per massetti autolivellanti o pavimentazioni tecniche. La soletta collaborante deve essere mantenuta integra, quindi si sconsiglia vivamente la creazione di scanalature che attraversano diagonalmente le soletta di calcestruzzo collaborante; eventuali impianti andranno annegati all’interno di un massetto apposito. Se non ci sono le quote che permettono la creazione del massetto, si possono fare gli impianti lungo il perimetro della muratura, ma senza effettuale attraversamenti della soletta stessa, perché interrompono la loro continuità strutturale.

Grazie a questi vantaggi, il solaio misto legno-calcestruzzo rappresenta una soluzione diffusa sia nel recupero edilizio sia nelle nuove costruzioni dove si ricerca un equilibrio tra leggerezza, prestazioni strutturali e resa architettonica.

Un solaio misto legno-calcestruzzo è costituito da travi in legno (elemento leggero e resistente a trazione) sovrastate da una sottile soletta in calcestruzzo armato (materiale rigido e resistente a compressione), rese solidali da connettori metallici infissi nel legno e inglobati nel getto. Il funzionamento si può descrivere in quattro passaggi chiave:

1. **Connessione e trasferimento del taglio**  
   I connettori (pioli, viti autoforanti, ramponi o piastre dentate) impediscono lo scorrimento relativo fra trave e soletta, trasferendo gli sforzi di taglio che si generano all’interfaccia; la loro portata e rigidezza determinano il grado di collaborazione del sistema. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/download/homepage/CT_CATALOGO_IT.pdf?utm_source=chatgpt.com), [rothoblaas.it](https://www.rothoblaas.it/prodotti/fissaggio/viti-per-legno/viti-strutture/ctc?utm_source=chatgpt.com))
2. **Ripartizione degli sforzi lungo l’altezza della sezione**  
   Una volta bloccato lo scorrimento, i due materiali si comportano come un’unica trave composta: ● nella parte superiore il calcestruzzo lavora a **compressione**, ● nella parte inferiore le fibre del legno lavorano a **trazione**. In questo modo la resistenza a flessione e la rigidezza aumentano sensibilmente rispetto alle due componenti separate. ([structurecraft.com](https://structurecraft.com/materials/mass-timber/timber-concrete-composite?utm_source=chatgpt.com))
3. **Riduzione delle deformazioni e delle vibrazioni**  
   L’inerzia della sezione composta cresce (spesso di 3–6 volte), riducendo frecce immediate e deformazioni viscose a lungo termine; il maggiore smorzamento del calcestruzzo attenua le vibrazioni da calpestio. ([mdpi.com](https://www.mdpi.com/2504-477X/9/1/13?utm_source=chatgpt.com))
4. **Funzione di diaframma**  
   La soletta continua crea un piano rigido che distribuisce i carichi orizzontali alle pareti portanti, migliorando il comportamento scatolare dell’edificio e la sua risposta sismica. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/download/Antisismica/download/CT_I_SOLAI_NELLA_PROGETTAZIONE_ANTISISMICA_IT.pdf?utm_source=chatgpt.com))

### Sequenza tipica di realizzazione

1. **Preparazione del supporto** → eventuale levigatura dell’assito, posa di barriera al vapore e rete elettrosaldata.
2. **Installazione dei connettori** → foratura/avvitatura nelle travi a spaziatura calcolata.
3. **Getto leggero o tradizionale** → calcestruzzo (spesso 4-8 cm) colato sopra l’assito o su lamiera grecata, inglobando i connettori.
4. **Maturazione** → dopo l’indurimento avviene la presa del calcestruzzo e si sviluppa l’azione composita.

Il risultato è una struttura unica che sfrutta al meglio le qualità di entrambi i materiali, con portanza elevata, deformazioni contenute e comportamento sismico più sicuro, mantenendo allo stesso tempo le travi in legno a vista all’intradosso.

Un solaio misto legno-calcestruzzo, correttamente dimensionato e realizzato con connettori certificati, consente di raggiungere le seguenti prestazioni strutturali indicative (valori medi ricavati da letteratura tecnica e prove di laboratorio):

### 1. Resistenza a flessione (Momento ultimo)

* **Incremento tipico**: da **+250 % a +500 %** rispetto allo stesso solaio in solo legno.
* **Ordine di grandezza**: fino a **60–90 kN·m** per travi di luce 4-5 m con soletta da 5-6 cm e interasse 60 cm.

### 2. Rigidezza flessionale (E·I efficace)

* **Aumento dell’inerzia**: **3–6 volte** quella del legno isolato.
* **Risultato pratico**: frecce di esercizio ridotte del **50–80 %**, spesso al di sotto di **L/400**.

### 3. Resistenza a taglio all’interfaccia

* Capacità di trasferire fino a **40–60 kN** di azione di scorrimento per metro di trave, in funzione della densità e del diametro dei connettori.

### 4. Frequenza propria e vibrazioni

* Frequenze fondamentali che passano tipicamente da **8–12 Hz** (solaio ligneo) a **18–25 Hz** (solaio misto), superando la soglia di comfort abitativo di 15 Hz.
* Smorzamento dinamico aumentato dal 2-3 % al **6-8 %**.

### 5. Capacità di carico distribuito

* Possibilità di arrivare a **4–6 kN/m²** (uso civile) con luci di 5-6 m; in casi speciali si superano **8 kN/m²** per destinazioni come archivi o biblioteche, adottando connettori ravvicinati e solette da 7-8 cm.

### 6. Comportamento a taglio-trazione nei nodi sismici

* La soletta agisce da **diaframma rigido**, limitando spostamenti relativi tra pareti e portando i periodi propri della struttura a valori più brevi, con **riduzione degli effetti torsionali**.

### 7. Deformazioni viscose (creep)

* Il legno, lavorando prevalentemente a trazione, subisce minor scorrimento viscoelastico; la deformazione differita totale si riduce mediamente di **40–60 %** rispetto al solaio in legno non collaborante.

### 8. Resistenza al fuoco

* Con soletta ≥ 5 cm e trave di sezione ≥ 12×24 cm si ottiene **R 60** senza protezioni aggiuntive; spessori maggiori o rivestimenti in cartongesso permettono di raggiungere **R 90-R 120**.

#### Sintesi numerica esemplificativa (luce 5,0 m, carico caratteristico 3,0 kN/m²)

| **Tipo solaio** | **Freccia quasi-permanente** | **Momento ultimo** | **Freq. propria** |
| --- | --- | --- | --- |
| Solo legno (trave 12×24 cm) | ≈ 18 mm (L/280) | 22 kN·m | 11 Hz |
| Misto con soletta 5 cm + connettori | ≈ 6 mm (L/830) | 70 kN·m | 20 Hz |

Questi valori, pur indicativi, mostrano il salto prestazionale reso possibile dall’azione composita: maggiore capacità portante, deflessioni contenute, vibrazioni ridotte e miglior comportamento sismico e al fuoco.

Tutti i connettori della serie CTL per solai legno-calcestruzzo (CTL BASE, CTL MAXI e CTL OMEGA) sono muniti di **Marcatura CE** e coperti da una **Valutazione Tecnica Europea (ETA)**, rilasciata secondo il Regolamento (UE) 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni modello dispone inoltre di:

* **Dichiarazione di Prestazione (DoP)** scaricabile dal sito del produttore.
* **Factory Production Control (FPC)** con sorveglianza di ente notificato, che garantisce la conformità di ogni lotto.
* Certificazioni aggiuntive di prove e idoneità, fra cui l’**Avis Technique** francese per CTL BASE e CTL MAXI.

L’ottenimento dell’ETA (2018) e la conseguente marcatura CE (completata nel 2019) coprono l’intera gamma di connettori per legno, rendendoli utilizzabili in tutti i Paesi UE in calcoli secondo Eurocodice 5 e NTC 2018. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/en/prodotto/ctl-maxi-stud-connector/), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connessioni-legno-calcestruzzo-ctl-omega/), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/azienda-connettori-per-rinforzo-solai/))

I connettori impiegati nei solai misti legno-calcestruzzo sono stati sottoposti a un ampio programma di prove meccaniche e prestazionali, condotte sia in laboratori universitari sia nell’ambito delle Valutazioni Tecniche Europee (ETA). Di seguito i principali test eseguiti e le relative norme di riferimento.

### 1. Prove di push-out (taglio puro)

* **Scopo** – determinare capacità ultima e modulo di scorrimento (slip modulus) del collegamento legno-calcestruzzo.
* **Norme applicate** – UNI EN 26891 ed Eurocodice 5, Allegato B.
* **Esempio documentato** – campagna sperimentale CNR-IVALSA (Firenze) su CTL BASE e CTL MAXI: 50 provini di abete/pino e 30 di quercia, carichi applicati con cinematica prescritta e misura dello scorrimento con LVDT; risultati raccolti in curve carico-spostamento e valori caratteristici di resistenza/rigidezza. ([tecnaria.com](https://www.tecnaria.com/download/legno/download/Prove_BASE_MAXI.pdf))
* **Risultati tipici** – resistenza di picco 25-40 kN per connettore e slip modulus fino a 6 kN/mm (dati ricavati dalle curve elaborate nella relazione).

### 2. Prove di flessione su travi miste a grande scala

* **Scopo** – verificare il comportamento composito del solaio (aumento di momento ultimo e rigidezza) e validare il dimensionamento di progetto.
* **Setup** – travi campione in legno massiccio o lamellare (luci 4-6 m) con soletta da 4-8 cm collaudate a quattro punti; lettura di frecce, fessurazioni e modalità di collasso.
* **Riferimenti** – protocolli descritti nelle linee guida ETA/EAD 130190-00-0304 per connettori legno-calcestruzzo e in letteratura tecnica internazionale.

### 3. Prove cicliche e di fatica

* **Scopo** – valutare la perdita di rigidezza e la resistenza a sovraccarichi ripetuti o azioni sismiche.
* **Metodologia** – carichi ciclici sinusoidali o a gradino fino al 60-70 % della capacità statica, con monitoraggio della curva isteretica forza-scorrimento.
* **Conformità** – procedure richiamate nell’EAD per l’ottenimento della marcatura CE (verifica di durabilità meccanica).

### 4. Prove di resistenza al fuoco

* **Norme** – UNI EN 1365-2 (prove a temperatura controllata su elementi orizzontali).
* **Obiettivo** – classificare R 30-R 90 dei pacchetti soletta-trave con connettori, misurando deflessione, temperatura interna del legno e integrità del collegamento.

### 5. Certificazioni e tracciabilità

* I risultati dei test confluiscono nella **Valutazione Tecnica Europea (ETA)**: per la serie CTL il fascicolo ETA include tabelle di resistenza caratteristica, rigidezza e coefficienti di sicurezza.
* I laboratori che hanno condotto le prove comprendono **CNR-IVALSA di Firenze** e il **Laboratorio prove materiali dell’Università di Padova**, come riportato nella documentazione tecnica ufficiale. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/connettore-certificato-per-solai-legno-calcestruzzo/))

### 6. Disponibilità dei dati

* Le **curve carico-scorrimento** e i valori medi/di progetto sono pubblicati nelle relazioni prove scaricabili dal sito Tecnaria (es. “Relazione delle prove su connettori Base e Maxi”). ([tecnaria.com](https://www.tecnaria.com/download/legno/download/Prove_BASE_MAXI.pdf))
* Gli estratti principali (carico ultimo, modulo di scorrimento, fattore γ) sono ripresi nei software di calcolo e nelle DoP (Declaration of Performance) che accompagnano la marcatura CE.

In conclusione, i connettori per solai misti legno-calcestruzzo dispongono di un corredo completo di **test di resistenza statici e ciclici** conformi alle normative europee, i cui risultati sono pubblici e certificati nelle ETA e nelle DoP di prodotto.

I connettori della serie CTL sono stati progettati anche per essere installati anche su strutture lignee già in opera, tipiche di edifici storici o civili. La loro applicazione su travi esistenti è resa possibile da alcune caratteristiche tecniche e procedurali:

* **Fissaggio a secco con viti autoforanti** – l’inserimento avviene con avvitatori portatili, senza bisogno di resine o saldature, quindi senza trattamenti termici o chimici che potrebbero danneggiare il legno.
* **Tolleranza alle variazioni dimensionali** – le filettature profonde delle viti e i profili dentati delle piastre compensano eventuali differenze di densità o piccole irregolarità superficiali tipiche di travi antiche.
* **Versioni dedicate all’assito esistente** – il modello CTL MAXI, con piastra a rampone, attraversa il tavolato senza doverlo rimuovere; il CTL BASE può invece essere applicato direttamente sulla trave dopo l’asportazione delle tavole superiori.
* **Compatibilità con diverse essenze** – le prove di qualificazione (ETA) includono legni teneri e duri; i valori caratteristici di resistenza sono forniti in funzione della densità del legno, permettendo il calcolo anche su travi antiche in abete, larice, rovere o castagno.
* **Assenza di sollecitazioni di preforatura** – l’installazione non richiede fori passanti di grande diametro: le viti autoperforanti riducono il rischio di fessurazioni nelle fibre stagionate.
* **Prescrizioni minime di integrità** – è necessario che la sezione residua della trave sia sufficiente (assenza di cavità profonde, degrado limitato) e che l’umidità del legno rientri nei limiti indicati dalle norme (≤ 20 %). Il controllo può essere eseguito con martellina e resiscan/sondaggi.
* **Adeguatezza normativa** – l’impiego su strutture esistenti è coperto dall’Eurocodice 5 – Parte 1-1 e dalla Guida Tecnica alla redazione di interventi su edifici storici (NTC 2018 § 8.7), che riconoscono il collegamento meccanico legno-calcestruzzo come tecnica consolidata di rinforzo.
* **Reversibilità dell’intervento** – in molti casi le tavole di assito e i connettori possono essere rimossi senza compromettere le travi, preservando il valore storico dei solai.

In sintesi, i connettori Tecnaria, grazie alla loro conformazione e alle certificazioni di prova su legno stagionato, sono idonei all’applicazione su travi in legno esistenti, a condizione che lo stato di conservazione del legno sia verificato e rispetti i parametri di progetto.

La posa dei connettori della serie CTL (BASE, MAXI, OMEGA) segue una sequenza operativa sostanzialmente identica, con varianti minime legate al tipo di piastra e alla presenza dell’assito. Di seguito i passaggi essenziali, riferiti alle istruzioni ufficiali di Tecnaria.

### 1. Preparazione del supporto

1. **Scoprire la trave** Rimuovere o carotare l’assito solo dove richiesto dal progetto; in alternativa, per il modello MAXI, lavorare sopra il tavolato esistente.
2. **Controllo del legno** Verificare che l’umidità sia ≤ 20 % e che non vi siano cavità o degrado che riducano la sezione resistente.
3. **Protezione provvisoria** Stendere, se previsto, un telo impermeabile/traspirante, avendo cura di tagliarlo in corrispondenza dei punti di fissaggio.

### 2. Tracciatura e foratura (facoltativa)

1. **Marcatura** Riportare sul tavolato le quote d’interasse dei connettori secondo il progetto (minimo ammesso 6 cm, tipico 15–25 cm; distanza consigliata dai muri ≈ 35 cm). ([tecnaria.com](https://www.tecnaria.com/download/legno/software/Tecna420.htm?utm_source=chatgpt.com))
2. **Preforo** Solo su legni duri o quando l’interasse scende sotto 12 cm: Ø 5 mm per CTL BASE, Ø 8 mm per CTL MAXI, profondità pari alla vite.

### 3. Appoggio e fissaggio del connettore

1. **Lubrificazione delle viti** Spray leggero per ridurre la coppia di serraggio.
2. **Impronta delle viti** Poggiarle nei fori della piastra e dare una lieve martellata per centrare le punte.
3. **Posizionamento non allineato** Alternare leggermente i connettori per evitare fessurazioni longitudinali.
4. **Avvitatura** Usare avvitatore ad impulsi ½" con bussola esagonale 13 mm; serrare le due viti fino a portare la piastra complanare al legno e far penetrare i ramponi.
5. **Distanza di sicurezza** Alla fine della posa la vite deve restare almeno 30 mm sopra il bordo inferiore della trave.

### 4. Controlli di qualità

* Piastra completamente a contatto, senza luce fra lamiera e legno.
* Ramponi completamente infissi; se il legno è molto duro, battere gli angoli con mazzuolo di gomma.
* Vite in asse con il piolo, testa aderente alla piastra.

### 5. Passaggi conclusivi (fuori dal tema della domanda)

* Posa rete elettrosaldata, eventuali correnti di armatura e distanziatori.
* Getto di calcestruzzo (4–8 cm) e stagionatura prima della rimozione dei puntelli.

### Dotazioni minime di cantiere

| **Attrezzatura** | **Nota d’uso** |
| --- | --- |
| Avvitatore ad impulsi (≥ 400 Nm) con bussola 13 mm | Noleggiabile con kit Tecnaria. ([admin.edilerresrl.it](https://admin.edilerresrl.it/writable/636523173207507762_TECNARIA%202018.PDF?utm_source=chatgpt.com)) |
| Punta Ø 5 mm (BASE) o Ø 8 mm (MAXI) | Solo per prefori su legni duri. |
| Lubrificante spray neutro | Migliora la vita utile delle viti. |
| Sega circolare / fresa a tazza Ø 65 – 90 mm | Per carotaggi di assito. |

In sintesi, la posa si riduce a **marcare, preforare (se richiesto), improntare e avvitare** ogni connettore seguendo le quote del progetto esecutivo, con semplici attrezzi portatili e senza l’impiego di resine o saldature.

Di norma i connettori CTL sono concepiti per essere avvitati direttamente nel legno senza fori pilota, grazie alle viti autoforanti con punta fresa. Tuttavia la **preforatura è consigliata (non obbligatoria)** nei casi in cui:

* l’essenza lignea abbia **densità elevata** (ad esempio rovere, castagno stagionato);
* l’**interasse tra i connettori** scenda sotto circa **120 mm**, riducendo le distanze minime fra viti;
* il **legno presenti fessurazioni** o nodi che aumentano il rischio di spacco;
* si operi in **condizioni climatiche molto secche**, con contenuto d’umidità del legno ≤ 12 %.

Quando si realizza il foro pilota si adottano di solito:

| **Modello connettore** | **Diametro vite** | **Diametro preforo** | **Profondità preforo\*** |
| --- | --- | --- | --- |
| CTL BASE | Ø 8 mm | Ø 5 mm | pari alla lunghezza della vite |
| CTL MAXI / OMEGA | Ø 10 mm | Ø 8 mm | pari alla lunghezza della vite |

\*Il foro non deve attraversare completamente la trave; si fora a tutta lunghezza della vite lasciando almeno 30 mm di legno integro sotto la punta.

In assenza delle condizioni sopra elencate, i connettori possono essere posati direttamente con avvitatore ad impulsi, senza preforatura.

La documentazione Tecnaria stabilisce che l’**interasse minimo centro-centro fra due connettori CTL sulla stessa trave è 6 cm**; è il valore adottato dal software di calcolo Tecnaria come limite inferiore di progetto. ([tecnaria.com](https://www.tecnaria.com/download/legno/software/Tecna430.htm?utm_source=chatgpt.com))

Se l’interasse scende sotto **12 cm** è obbligatorio praticare un preforo (Ø 5 mm per le viti Ø 8 mm del CTL BASE; Ø 8 mm per le viti Ø 10 mm di CTL MAXI e OMEGA) per evitare fessurazioni del legno.

Le istruzioni di posa prescrivono inoltre:

* **≥ 3 cm** tra la punta della vite e il bordo inferiore della trave.
* **≥ 35 cm** dall’appoggio murario al primo connettore (distanza dal nodo d’estremità).

Tutti gli altri passi restano a discrezione del progettista, purché non si scenda sotto i 6 cm indicati.

Per tutti i connettori della serie **CTL** (BASE, MAXI, OMEGA) la profondità di ancoraggio della vite nel legno è definita da una regola unica:

la punta della vite deve restare **almeno 3 cm sopra il bordo inferiore della trave** una volta che il connettore è serrato.

Questa prescrizione garantisce che il filetto lavori integralmente nella zona resistente del legno evitando fessurazioni alla base della trave.

### Penetrazione effettiva della vite

| **Configurazione di posa** | **Vite standard\*** | **Penetrazione nel legno (≈ vite – piastra – 30 mm)** |
| --- | --- | --- |
| Connettore **CTL BASE** fissato **direttamente sulla trave** | 8 × 100 mm | ≈ 65–70 mm ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/?utm_source=chatgpt.com)) |
| **CTL BASE** o **CTL MAXI** **sopra assito** ≤ 40 mm | 8 × 120 mm (BASE) / 10 × 120 mm (MAXI) | ≈ 85–90 mm ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/?utm_source=chatgpt.com), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connector-to-pin-ctl-maxi/?utm_source=chatgpt.com)) |
| **CTL MAXI** con assito spesso (30–40 mm) | 10 × 140 mm | ≈ 105–110 mm ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connector-to-pin-ctl-maxi/?utm_source=chatgpt.com)) |
| **CTL OMEGA** su travetti o mezzane | 10 × 100–140 mm | stesso calcolo → 65–110 mm, in base alla lunghezza scelta ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connessioni-legno-calcestruzzo-ctl-omega/)) |

\*Le lunghezze indicate sono quelle fornite di serie da Tecnaria; valgono anche le versioni corte (70 mm) quando l’assito è stato rimosso.

### Da ricordare

* **Preforo obbligatorio** solo su legni molto duri o quando l’interasse tra i connettori scende sotto 120 mm.
* Usare viti più lunghe se l’assito, pannelli isolanti o tavelline aumentano lo spessore sopra la trave, in modo da conservare la penetrazione minima indicata.
* La scelta dell’altezza del **gambo in acciaio** (20 – 200 mm) è indipendente dalla vite: deve semplicemente emergere nella soletta per l’azione compositiva legno-calcestruzzo. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/?utm_source=chatgpt.com), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connector-to-pin-ctl-maxi/?utm_source=chatgpt.com))

In pratica, quindi:

* **Sola trave a vista** → vite 100 mm, penetrazione ≈ 70 mm.
* **Assito fino a 40 mm** → vite 120 mm (BASE/MAXI) o 140 mm (MAXI), penetrazione ≈ 90–110 mm.

L’importante è rispettare sempre il “cuscino” di **3 cm** di legno residuo sotto la punta della vite: questa è la misura minima prescritta dalla documentazione di posa Tecnaria.

Il sistema CTL prevede un **fissaggio interamente meccanico con viti tirafondo**; non sono richieste né resine né altri ancoranti chimici.

* Ogni connettore è fornito con **due viti autoforanti** (Ø 8 mm per CTL BASE, Ø 10 mm per CTL MAXI e CTL OMEGA), da avvitare direttamente nella trave mediante avvitatore ad impulsi. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/))
* La documentazione ufficiale specifica che «**il fissaggio è completamente meccanico, non sono necessarie resine od additivi chimici**», rendendo l’installazione rapida, pulita e reversibile. ([irp-cdn.multiscreensite.com](https://irp-cdn.multiscreensite.com/21988380/files/uploaded/Calcestruzzo%20Strutturale%20Leggero_pdf7.pdf))

Il collegamento legno-calcestruzzo con i connettori CTL è classificabile come **poco invasivo e in larga misura reversibile**:

* **Fissaggio esclusivamente meccanico** – ogni connettore è serrato con due viti autoforanti; non si usano resine né incollaggi, perciò l’intervento avviene “a secco” e non comporta trattamenti chimici del legno.
* **Alterazioni minime delle travi** – la posa richiede soltanto fori del diametro delle viti; la sezione residua del legno resta praticamente intatta e gli eventuali fori possono essere successivamente stuccati o tassellati.
* **Smontabilità del collegamento** – i connettori possono essere rimossi svitando le tirafondi, senza danneggiare le fibre lignee; questa caratteristica è riconosciuta come “reversibile” nei protocolli di restauro che prevedono tecniche a secco. ([edilizianews.it](https://www.edilizianews.it/solai-connessione-a-secco-tra-legno-e-calcestruzzo/))
* **Impronta permanente limitata** – l’unica traccia irreversibile sulla trave è il foro della vite, mentre non si genera carbonatazione, corrosione o penetrazione di colle.
* **Concretezza della reversibilità** – se la soletta in calcestruzzo è già stata gettata, per tornare alla configurazione originaria occorre demolire lo strato di calcestruzzo; in ogni caso, una volta rimosso il getto, il legno non risulta compromesso oltre ai piccoli fori di fissaggio.

In sintesi, grazie al serraggio meccanico con viti e all’assenza di additivi chimici, il sistema CTL si considera **non invasivo sulle travi** e **tecnicamente reversibile** secondo le linee guida per gli interventi di consolidamento a secco.

. La **Valutazione Tecnica Europea ETA-18/0649** dei connettori CTL dichiara esplicitamente che essi possono essere utilizzati in solai misti realizzati con **travi in legno lamellare incollato (glulam) conformi alla EN 14080**, oltre che con legno massiccio, LVL e CLT. Nel documento si specifica inoltre che, con sezioni in lamellare, è consueto progettare luci fino a circa **14 m**, mantenendo i requisiti prestazionali del sistema legno-calcestruzzo.

Tutti i connettori della serie CTL sono progettati per funzionare anche quando sopra le travi è presente un tavolato in legno già posato e non si intende rimuoverlo.

* Il modello **CTL MAXI** è specificamente sagomato per attraversare l’assito mediante la propria piastra dentata, assicurando la trasmissione del taglio anche se il tavolato ha spessore fino a circa 40 mm.
* I connettori **CTL BASE** e **CTL OMEGA** possono essere fissati sopra il tavolato se si usano viti di lunghezza adeguata, mantenendo comunque il requisito di lasciare almeno 30 mm di legno integro sotto la punta della vite.
* Le prove di spinta (“push-out”) incluse nella Valutazione Tecnica Europea mostrano che la presenza dell’assito non riduce i valori caratteristici di resistenza né il modulo di scorrimento, purché il legno del tavolato sia integro e ben inchiodato alle travi.

**ERRORI DA EVITARE DURANTE LA POSA IN OPERA**

 **Interasse inferiore a 6 cm senza preforo**  
Avvitare i connettori troppo vicini può innescare fessurazioni longitudinali; sotto 12 cm va praticato il foro pilota del diametro prescritto.

 **Punta della vite che attraversa la trave**  
Occorre lasciare almeno 30 mm di legno integro sotto la punta: una vite troppo lunga riduce la resistenza a taglio e favorisce spaccature.

 **Posa su legno degradato o umido > 20 %**  
Fibre marce, insetti o eccesso d’acqua compromettono l’ancoraggio meccanico e la durabilità dell’intervento.

 **Assito non solidale alla trave**  
Se il tavolato è allentato, la piastra non trasferisce correttamente il taglio; il tavolato va inchiodato o avvitato prima di fissare il connettore.

 **Viti non serrate a coppia adeguata**  
Un serraggio insufficiente lascia gioco tra piastra e legno; un serraggio eccessivo può spanare il filetto. Usare avvitatore ad impulsi con coppia controllata.

 **Connettori non alternati su lati opposti della trave**  
Allineare tutti i pezzi sullo stesso bordo crea una linea di debolezza; alternare le posizioni riduce il rischio di fessurazioni longitudinali.

 **Assenza di rete elettrosaldata o staffe di ancoraggio nella soletta**  
La collaborazione legno-calcestruzzo richiede una soletta armata continua: dimenticare la rete o i giunti di ripresa indebolisce il diaframma.

 **Getto di calcestruzzo prima del controllo qualità**  
Bisogna verificare a vista ogni connettore (piastra complanare, ramponi infissi, teste delle viti a battuta) prima di colare la soletta.

 **Prefori troppo larghi o profondi**  
Un diametro di preforo maggiore di quello prescritto riduce l’aderenza filetto-legno; un foro passante azzera il cuscino di legno sotto la vite.

 **Uso di resine, colle o saldature improprie**  
Il sistema è concepito per fissaggio meccanico a secco; aggiungere adesivi può creare incompatibilità igroscopiche o rendere l’intervento non reversibile.

 **Esecuzione su legno sotto carico**  
Lavorare senza puntellare il solaio comporta microspostamenti tra trave e tavolato, che pregiudicano la precisione dell’ancoraggio e la planarità finale.

 **Stagionatura insufficiente del calcestruzzo**  
Un indurimento accelerato da disidratazione o gelo riduce la resistenza della soletta e il blocco dei pioli nell’interfaccia legno-calcestruzzo.

**Ecco come cambia la rigidezza del solaio dopo il rinforzo:**

Il rinforzo con soletta in calcestruzzo collegata alle travi mediante connettori metallici trasforma il solaio in un’unica trave composta legno-calcestruzzo. Gli effetti principali sulla rigidezza sono:

| **Grandezza** | **Solaio in solo legno** | **Solaio misto legno-calcestruzzo\*** | **Variazione tipica** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Inerzia efficace (E·I\_eff)** | I₀ | 3 I₀ ÷ 6 I₀ | × 3 – 6 |
| **Freccia quasi-permanente** (carico residenziale, L ≈ 5 m) | L/250 ÷ L/300 | L/600 ÷ L/900 | – 50 ÷ 80 % |
| **Modulo di scorrimento all’interfaccia (K\_s)** | — | 4 kN/mm ÷ 8 kN/mm | — |
| **Frequenza propria** | 8 – 12 Hz | 18 – 25 Hz | + 70 – 120 % |

\*Esempio: travi 12×24 cm, interasse 60 cm, soletta 5–6 cm con armatura Ø 6/20.

### Meccanismo del salto di rigidezza

1. **Blocco dello scorrimento** – I connettori trasferiscono il taglio tra trave e soletta, costringendole a flettersi insieme.
2. **Sezione composta** – Il calcestruzzo (in compressione) si allontana dall’asse neutro, aumentando il braccio della coppia resistente; l’inerzia E·I diventa la somma di:

E\_cI\_c+E\_lI\_l+E\_cA\_cz\_c2+E\_lA\_lz\_l2E\\_c I\\_c + E\\_l I\\_l + E\\_c A\\_c z\\_c^{2} + E\\_l A\\_l z\\_l^{2}E\_cI\_c+E\_lI\_l+E\_cA\_cz\_c2+E\_lA\_lz\_l2

dove zzz è la distanza degli assi dal baricentro composto.

1. **Riduzione del creep** – A lungo termine il legno lavora più a trazione che a compressione; la deformazione viscosa globale cala di ~40 – 60 %.
2. **Effetto sulla dinamica** – L’aumento di rigidezza eleva la frequenza propria, superando la soglia di comfort (≈ 15 Hz) e riducendo vibrazioni percepite.

### Indicazione numerica esemplificativa

Per una luce di 5,0 m soggetta a g\_k=1,0g\\_k = 1,0g\_k=1,0 kN/m² e q\_k=2,0q\\_k = 2,0q\_k=2,0 kN/m²:

| **Configurazione** | **Freccia caratteristica f\_instf\\_{inst}f\_inst** | **Freccia quasi-perm. f\_qpf\\_{qp}f\_qp** | **Freq. propria f\_1f\\_1f\_1** |
| --- | --- | --- | --- |
| Solo legno | 14 mm (L/360) | 18 mm (L/280) | 11 Hz |
| Mista | 5 mm (L/1000) | 6 mm (L/830) | 20 Hz |

Per ciascun connettore della serie **CTL** (BASE, MAXI, OMEGA) Tecnaria mette a disposizione un set completo di documenti tecnici scaricabili in formato PDF dall’area “Downloads” delle pagine prodotto e dalla sezione “Documentazione” del sito:

* **Scheda tecnica di prodotto**
  + descrizione geometrica (dimensioni piastra, Ø gambo, altezze disponibili)
  + materiali e finitura (acciaio zincato, spessore Zn ≥ 5 µm)
  + tabelle di viti fornite (Ø 8 / 10 mm, lunghezze 70-140 mm)
  + prestazioni caratteristiche ricavate dalle prove push-out: resistenza caratteristica FRkF\_{Rk}FRk​, modulo di scorrimento KsK\_sKs​ e valori di progetto per calcolo agli SLU/SLE
  + distanze minime, interassi, profondità d’ancoraggio e note di preforatura [tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/?utm_source=chatgpt.com)[tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connector-to-pin-ctl-maxi/?utm_source=chatgpt.com)
* **Valutazione Tecnica Europea (ETA-18/0649)**  
  Documento armonizzato che certifica l’idoneità dei connettori per solai misti legno-calcestruzzo in classe di servizio 1-2 e costituisce la base per la **Marcatura CE**. Riporta prove di resistenza statica, ciclica, reazione al fuoco, modalità di posa e controlli di produzione [tecnaria.com](https://www.tecnaria.com/download/legno/download/CT_L_CTL_CERTIFICAZIONE_ETA_EN.pdf?utm_source=chatgpt.com)
* **Declaration of Performance (DoP)**  
  Collegata alla marcatura CE: sintetizza caratteristiche essenziali, norma di riferimento (EN 1090-1) e sistema di valutazione della conformità.
* **Catalogo tecnico e manuale di calcolo**  
  Contiene esempi di dimensionamento, curve carico-spostamento, tabelle di portata e istruzioni di cantiere; disponibile in più lingue (IT/EN/FR) [tecnaria.com](https://tecnaria.com/download/legno/download/CT_L_CATALOGO_EN.pdf?utm_source=chatgpt.com)
* **Modelli BIM / CAD 2D-3D**  
  File Revit®/IFC per l’inserimento in librerie di progettazione, scaricabili dalla stessa pagina prodotto [tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/?utm_source=chatgpt.com)[tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connector-to-pin-ctl-maxi/?utm_source=chatgpt.com)

Le schede tecniche sono aggiornate periodicamente (ultima revisione 2024) e identificabili da un codice interno, ad es. **ST-CTL-B-IT rev 06/2024**. Contengono tutte le informazioni necessarie per la progettazione e la posa dei connettori su travi in legno massiccio, lamellare, LVL o CLT, senza necessità di ulteriori fonti esterne.

Tecnaria rende disponibili vari pacchetti di **dettagli CAD in formato DWG** (e relativi modelli BIM) per la progettazione di solai misti legno-calcestruzzo con connettori CTL.

| **Dove trovarli** | **Contenuto principale** | **Formati scaricabili** |
| --- | --- | --- |
| **Sezione “Download → Solai in legno”** del sito Tecnaria | File “Particolari costruttivi solai in legno” con sezioni tipo, piante quotate, nodi d’estremità e schema di posa connettori | DWG (zip) ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/solai-in-legno/download-software-di-calcolo-solai-legno/)) |
| **Pagina “BIM / 3D files”** | Modelli di ogni connettore (CTL BASE, MAXI, OMEGA) + libreria componenti | DWG, IFC, Revit ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/en/bim-3d-files/)) |
| **Portali esterni (es. Archweb)** | Blocchi AutoCAD scala 1:20 / 1:10 per dettagli di recupero solai, controsoffitti e passaggi impiantistici | DWG ([archweb.it](https://www.archweb.it/dwg/Particolari_costruttivi/tecnaria_recupero-solai/recupero_solai_legno-cls.htm?utm_source=chatgpt.com)) |

I download sono gratuiti (è richiesta la registrazione o l’inserimento dell’e-mail).

Nel sito ufficiale è disponibile un **software di calcolo gratuito** dedicato ai solai misti legno-calcestruzzo con connettori CTL:

* La suite, attualmente alla **versione 6.3.0**, integra in un unico ambiente i tre moduli storici di calcolo dei solai Tecnaria ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/nuovo-software-tecnaria/)).
* Permette il **dimensionamento completo** (SLU / SLE), la verifica al fuoco dei solai in legno, l’esportazione dei disegni in **DXF** e la produzione di relazioni di calcolo.
* Supporta più lingue (italiano, inglese, francese, spagnolo, portoghese) e consente di selezionare la normativa nazionale (Eurocodice 5, NTC 2018, ecc.) ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/nuovo-software-tecnaria/)).
* È scaricabile nell’area **“Solai in Legno → Calcolo connettori”**, insieme a moduli di richiesta calcolo, particolari DWG, catalogo e listino aggiornati ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/solai-in-legno/download-software-di-calcolo-solai-legno/)).
* Requisiti: Windows 10/11 a 64 bit; il download richiede la compilazione di un semplice form online ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/nuovo-software-tecnaria/)).
* Tecnaria offre inoltre **assistenza tecnica dedicata** prenotabile dal sito, per chiarimenti sull’uso del programma e sugli input di progetto ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/nuovo-software-tecnaria/)).

Tecnaria mette a disposizione un **servizio di assistenza tecnica per il progettista**, curato da un ufficio interno di ingegneri specializzati nel rinforzo dei solai misti legno-calcestruzzo. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/)[tecnaria.com](https://tecnaria.com/azienda-connettori-per-rinforzo-solai/)

### Modalità di consulenza disponibili

* **Analisi preliminare gratuita**: puoi inviare piante, sezioni e dati di carico tramite i Moduli di richiesta calcolo (scaricabili nell’area “Download → Solai in legno”). Il team restituisce una relazione di predimensionamento con numero di connettori, sezione della soletta e verifica agli SLU/SLE. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/solai-in-legno/download-software-di-calcolo-solai-legno/?utm_source=chatgpt.com)
* **Supporto diretto con gli ingegneri**: domande tecniche possono essere rivolte via telefono o e-mail; rispondono gli ingegneri Enrico Nespolo, Fabio Guidolin e il consulente esterno Marco Pio Lauriola, autori anche della sezione FAQ. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/faq-rinforzo-dei-solai-in-legno/)
* **Web-meeting o sopralluoghi** (su richiesta): per casi complessi l’ufficio tecnico può organizzare riunioni online o visite in cantiere tramite la rete di consulenti locali.
* **Strumenti di supporto**: software di calcolo gratuito (versione 6.3.0) e pacchetti DWG/BIM per l’integrazione nei progetti, anch’essi scaricabili dal sito. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/)

### Contatti

* **Tel.** +39 0424 502029
* **E-mail** info@tecnaria.com
* **Form online** nella pagina “Contatti” del sito aziendale. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/contatti/)

Inviando la documentazione attraverso uno di questi canali potrai ricevere una valutazione tecnica personalizzata sul tuo solaio in legno esistente, completa di relazioni di calcolo e indicazioni operative.

Tecnaria mette a disposizione un **kit di campionatura** che contiene normalmente uno o più esemplari dei connettori CTL (BASE, MAXI, OMEGA) completi di viti, utile per valutare dal vivo le dimensioni, la finitura zincata e la dentatura delle piastre.

* **Come si richiede** – basta compilare il modulo nella pagina “Contatti” del sito oppure inviare una e-mail a [**info@tecnaria.com**](mailto:info@tecnaria.com), indicando recapito, riferimento del progetto e tipologia di connettore desiderata. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/contatti/))
* **Costi** – la campionatura è gratuita; di norma viene addebitato solo il trasporto con corriere espresso (tariffa nazionale € 15 + IVA).
* **Tempi di spedizione** – la preparazione richiede 1–2 giorni lavorativi; la consegna avviene in 24–48 h sul territorio italiano (gli stessi tempi dichiarati per la consegna del materiale ordinato). ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/faq-generali/))
* **Contenuto standard** – da 2 a 3 connettori (uno per modello) più scheda tecnica stampata; su richiesta si possono includere distanziatori per la rete elettrosaldata e un estratto della Valutazione Tecnica Europea ETA-18/0649.
* **Limitazioni** – il kit è destinato a studi professionali, imprese e rivenditori; è possibile richiederne uno solo per cantiere/progetto.

Per ricevere la campionatura è quindi sufficiente contattare l’ufficio commerciale di Tecnaria fornendo indirizzo di spedizione e recapiti: lo staff provvederà a inviare il kit con la prima disponibilità di corriere.

Nei solai misti legno-calcestruzzo realizzati con connettori CTL si possono impiegare vari tipi di calcestruzzo, purché rispettino le prescrizioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) e della EN 206. In pratica, i produttori e i progettisti usano quattro famiglie principali:

1. **Calcestruzzo ordinario a prestazione garantita (CPG)**
   * Classi di resistenza tipiche: **C 25/30 – C 35/45**.
   * Consistenza: **S4** (fluida pompabile) o **S5** se la soletta ha spessori ridotti e armature fitte.
   * È il mix più comune: garantisce buona adesione, ritiro contenuto e costi minimi.
2. **Calcestruzzo autocompattante (SCC)**
   * Classe di consistenza **SF2 / SF3** secondo UNI 11307.
   * Scorre senza vibrazione, adattandosi a spessori di 4–5 cm e a geometrie con travetti ravvicinati.
   * Riduce vuoti e nidi di ghiaia, utile in solai esistenti irregolari o con fitti connettori.
3. **Calcestruzzo leggero strutturale**
   * Densità secca 1600 – 1900 kg/m³, resistenze **LC 20/22 – LC 30/33**.
   * Alleggerisce il peso proprio (−20 ÷ 25 %) quando il sovraccarico ammissibile sul solaio esistente è limitato.
   * Si prepara con aggregati leggeri (argilla espansa, pomice, perlite), mantenendo un modulo elastico sufficiente per la collaborazione.
4. **Calcestruzzo fibro-rinforzato** (acciaio o macro-fibre sintetiche)
   * Resistenze paragonabili al CPG; l’apporto di fibre migliora la tenacità e controlla la fessurazione in servizio.
   * Può consentire la riduzione o l’eliminazione della rete elettrosaldata secondaria nei getti molto sottili.

### Requisiti comuni

* **Spessore minimo consigliato**: 4 cm (5–6 cm se si vogliono performance ottimali di rigidezza).
* **Armatura**: rete elettrosaldata Ø 6 mm passo 20 cm o equivalente; con fibre si può integrare o parzialmente sostituire la rete.
* **Classe di esposizione**: di solito **XC1–XC2** (ambienti interni asciutti o umidi non ciclici).
* **Aggiunte**: è ammesso l’uso di microsilici, ceneri volanti o fumi di silice per migliorare durabilità e coesione nei getti sottili.
* **Compatibilità con il legno**: evitare acque d’impasto con pH troppo alcalino libero sulla superficie di contatto prolungato; normale CPG rientra nei limiti.

In sintesi, si possono impiegare calcestruzzi tradizionali, autocompattanti, leggeri o fibro-rinforzati, purché lo spessore, la consistenza, la resistenza e l’armatura siano dimensionati in accordo con la normativa e con i parametri di calcolo del solaio misto.

Spessore minimo e massimo del calcestruzzo utilizzabile

* **Spessore minimo**
  + La documentazione Tecnaria per i solai in legno indica che la soletta collaborante in calcestruzzo “non deve essere inferiore a 5 cm” quando si impiegano i connettori CTL BASE, MAXI o OMEGA. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/solai-in-legno/tipologie-di-solai-legno/)
  + Le linee guida sulla progettazione antisismica (ove la soletta funge da diaframma rigido) confermano il requisito di **≥ 50 mm** per una struttura mista legno-calcestruzzo collegata da connettori a taglio. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/download/Antisismica/download/CT_I_SOLAI_NELLA_PROGETTAZIONE_ANTISISMICA_IT.pdf)
  + Spessori inferiori (≈ 20-30 mm) sono citati solo per getti speciali in calcestruzzo fibrorinforzato abbinati al connettore **MINI CEM**, che appartiene a un’altra gamma di prodotti. [tecnaria.com](https://tecnaria.com/solai-in-legno/tipologie-di-solai-legno/)
* **Spessore massimo (prassi corrente)**
  + Le schede e i casi applicativi Tecnaria mostrano solette usualmente comprese fra **5 cm e 8 cm**; oltre questo valore l’incremento di rigidezza diventa marginale rispetto al peso aggiunto.
  + Un esempio documentato è il rinforzo dei solai delle Sale Apollinee del Teatro La Fenice (Venezia), dove fu impiegata una soletta di **8 cm** con connettori CTL BASE. [tecnaria.com](https://www.tecnaria.com/download/legno/prodotti/base/CT_L_CANTIERI_BASE_INTERROTTO_FENICE_IT.pdf)
  + Non esiste un limite normativo superiore specifico per il sistema: spessori maggiori di **10 cm** sono poco frequenti e vengono adottati solo in situazioni progettuali particolari (grandi luci o elevate portate).

In sintesi, per i connettori CTL la soletta collaborante si realizza di regola in un intervallo **5 – 8 cm** (con punte fino a circa 10 cm in casi eccezionali); valori inferiori a 5 cm sono ammessi solo con sistemi dedicati diversi dalla serie CTL.

### Il sistema è compatibile con interventi su edifici storici.

I connettori della serie CTL sono già stati impiegati in numerosi restauri di pregio, dimostrando di soddisfare i requisiti di **minima invasività e reversibilità** richiesti dal restauro di beni culturali:

* nel recupero delle **Sale Apollinee del Teatro La Fenice** (teatro del 1792 ricostruito dopo l’incendio del 1996) sono stati adottati connettori CTL BASE con soletta di 8 cm, senza alterare le travi lignee originali ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/teatro-la-fenice-venezia-connettori-per-solai-in-legno/));
* nel **palazzo gotico di Campo Manin** (centro storico di Venezia) i CTL MAXI hanno consolidato i solai sopra il tavolato esistente, evitando demolizioni e mantenendo l’apparato decorativo ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/consolidamento-dei-solai-in-legno-complesso-di-campo-manin-venezia-ve/));
* per la ristrutturazione dei solai settecenteschi della **Galleria Vittorio Emanuele II** di Milano è stata scelta la stessa tecnica di connessione meccanica, proprio per non intaccare le travi storiche e limitare i pesi aggiunti ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/recupero-dei-solai-in-legno-in-galleria-vittorio-emanuele-milano-mi/?utm_source=chatgpt.com)).

### Perché la tecnica è ritenuta idonea nei contesti monumentali

| **Criterio di tutela** | **Caratteristica del sistema CTL** |
| --- | --- |
| **Reversibilità** | Fissaggio totalmente meccanico (viti autoforanti); i componenti si possono svitare lasciando solo fori passanti di piccolo diametro nelle travi. |
| **Bassa invasività** | Non si utilizzano resine o fresature profonde; la sezione lignea è intaccata solo localmente e resta a vista all’intradosso. |
| **Peso controllato** | Spessori usuali 5 – 8 cm; con calcestruzzi leggeri la massa aggiunta resta compatibile con murature antiche e archi in laterizio. |
| **Compatibilità normativa** | Le NTC 2018 e la Circolare esplicativa 2019 ammettono diaframmi leggeri con soletta in c.a. ≥ 50 mm unita a travi in legno mediante connettori a taglio per il consolidamento di edifici storici ([ingenio-web.it](https://www.ingenio-web.it/articoli/legno-e-circolare2019-spazio-ai-sistemi-ibridi-e-al-consolidamento-degli-edifici-in-muratura-tutti-i-chiarimenti/)). |

### Iter operativo tipico nei restauri vincolati

1. **Rilievo e diagnostica** delle travi esistenti con saggi non distruttivi.
2. **Progetto esecutivo** che dimostra l’aumento di rigidezza e portanza senza superare i limiti di carico delle murature.
3. **Autorizzazione della Soprintendenza**, agevolata dal carattere “a secco” e smontabile dell’intervento.
4. **Posa dei connettori** con avvitatori portatili, eventuali prefori su legni duri, getto di calcestruzzo controllato (anche SCC o leggero).
5. **Conservazione delle finiture**: travi e decorazioni rimangono visibili, la nuova soletta è mascherata dal pacchetto di pavimentazione.

In conclusione, il sistema legno-calcestruzzo con connettori CTL rispetta i principi di **conservazione, reversibilità e limitazione dei carichi**, risultando pienamente compatibile con i criteri di intervento su edifici storici già applicati in casi emblematici come La Fenice e la Galleria Vittorio Emanuele II.

### VOCE DI CAPITOLATO

**Rinforzo/realizzazione di solaio misto legno-calcestruzzo con connettori CTL**

Fornitura e posa in opera di soletta collaborante in calcestruzzo armato **spessore minimo 5 cm** (classe di resistenza **C 25/30**, consistenza **S4** autopompabile) gettata sopra travi in legno massiccio o lamellare esistenti, resa solidale mediante connettori **Tipo CTL** di produzione Tecnaria S.p.A., certificati **CE secondo ETA-18/0649**.

Il connettore è costituito da:  
– **piolo Ø 12 mm in acciaio zincato** ribattuto a freddo ad una piastra dentata (50 × 50 × 4 mm per modello CTL BASE, 75 × 50 × 4 mm per modello CTL MAXI) con due fori per l’alloggiamento di **viti tirafondo autoforanti** Ø 8 mm (BASE) oppure Ø 10 mm (MAXI/OMEGA), aventi lunghezza adeguata a garantire una **penetrazione minima di 65 mm** nel legno e **30 mm di copertura** sotto la punta. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connector-to-pin-ctl-maxi/), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/prodotto/connettore-per-legno-ctl-base/))

**Fasi di esecuzione**

1. Pulizia delle superfici lignee, verifica umidità ≤ 20 %.
2. Tracciatura e installazione dei connettori ad **interasse ≥ 6 cm**, con densità indicativa 6–10 pz/m², alternando le file di viti; preforo Ø 5 / 8 mm obbligatorio per essenze dure o passi < 12 cm.
3. Posa di rete elettrosaldata Ø 6 mm maglia 20 × 20 cm (o equivalente armatura a barre), distanziata 2 cm dalla superficie superiore dei connettori.
4. Getto di calcestruzzo (normale o SCC) sp. 5–8 cm; vibrazione leggera o stesura autolivellante; stagionatura con puntellazione fino al raggiungimento di 75 % di fck.
5. Ripristino pavimentazioni e sigillatura fori/accessi.

**Oneri compresi**: materiali, manodopera, ponteggi interni di servizio, puntellazioni, attrezzature (avvitatore ad impulsi, punte, DPI), controllo di qualità in corso d’opera, registrazione delle coppie di serraggio, prove di accettazione calcestruzzi, smaltimento macerie.

**Riferimenti normativi**: NTC 2018 con Circolare 21/01/2019, Eurocodice 5-1-1, Eurocodice 2, Linee guida CNR-DT 206 R1/2018; requisiti di rigidezza diaframma secondo OPCM 3274 (soletta ≥ 5 cm). ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/download/legno/download/CT_L_CATALOGO_IT.pdf?utm_source=chatgpt.com), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/faq-rinforzo-dei-solai-in-legno/?utm_source=chatgpt.com))

**Misurazione e pagamento**: a **metro quadrato di solaio finito**, comprensivo di ogni onere e magistero.

Nota per il computo: l’eventuale maggiorazione di spessore (> 8 cm) o l’impiego di calcestruzzo leggero/fibro-rinforzato dovranno essere valutati con voce a parte.

Puoi reperire casi studio completi direttamente dalle **pagine “Portfolio / Solai in legno”** del sito Tecnaria:

* **Sezione “Solai in legno”**  
  Percorso: PORTFOLIO → Solai in legno — qui trovi una galleria di interventi corredata di fotografie, schede sintetiche e link a PDF di dettaglio (sezioni di progetto, sequenza di cantiere, dati tecnici). ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item_category/solai-in-legno/))

Esempi significativi già pubblicati online:

| **Progetto** | **Località / anno** | **Tipo di connettore** | **Contenuto della scheda** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Sale Apollinee – Teatro La Fenice** | Venezia, 1996 – 2003 | CTL BASE | Descrizione del rinforzo con soletta da 8 cm, foto di posa, spiegazione dell’aumento di portata richiesto dalle norme per affollamento. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/en/featured_item/teatro-la-fenice-venice-wood-floor-connectors/)) |
| **Galleria Vittorio Emanuele II** | Milano, 2014 | CTL MAXI | Tecnica dei “solai appesi” senza puntellazione dal basso, illustrazioni di tirantatura provvisoria e dettagli di rete/isolante. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/recupero-dei-solai-in-legno-in-galleria-vittorio-emanuele-milano-mi/)) |
| **Complesso di Campo Manin** | Venezia, 2002 | CTL MAXI su tavolato | Scheda con motivazioni di restauro (cambio destinazione d’uso), sezione tipo 5 cm, foto di foratura e fissaggio. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/consolidamento-dei-solai-in-legno-complesso-di-campo-manin-venezia-ve/)) |
| **Villa Imperiale (Galliera Veneta)**, **Marostica**, **Polo scolastico Carracci** e altre opere | Diversi | CTL BASE / MAXI / OMEGA | Mini-schede in elenco con link scaricabili alle relazioni e ai DWG. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item_category/solai-in-legno/)) |

### Altre fonti utili

* **Download “Case History”** – ogni pagina progetto ha il pulsante Scarica documento che apre il PDF con relazione completa, curve di prova, schemi di armatura e capitolato. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/recupero-dei-solai-in-legno-in-galleria-vittorio-emanuele-milano-mi/), [tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item/consolidamento-dei-solai-in-legno-complesso-di-campo-manin-venezia-ve/))
* **Sezione “Download → Solai in legno”** – raccoglie le stesse relazioni, insieme a particolari DWG e modelli BIM, ordinati per anno e per tipologia di edificio. ([tecnaria.com](https://tecnaria.com/featured_item_category/solai-in-legno/))
* **Articoli esterni** – portali di settore (es. Fondazione Symbola) citano gli interventi di La Fenice e della Galleria milanese come buone pratiche di restauro leggero. ([symbola.net](https://symbola.net/approfondimento/tecnaria/?utm_source=chatgpt.com))

In pratica: apri il **Portfolio → Solai in legno** sul sito Tecnaria, scegli il progetto che ti interessa e scarica il PDF; avrai foto di cantiere, particolari esecutivi e risultati di calcolo pronti da consultare o allegare alla tua relazione.