

Consolidamento strutturale fuori opera

Cos'è in breve: *E' un metodo di consolidamento innovativo, economico, veloce e approvato dalla soprintendenza.
Prevede di smontare la copertura e operare il consolidamento in stabilimento.*

Indice

[Introduzione](#)

[Quando conviene il consolidamento strutturale fuori opera](#)

[Normativa - NTC 2018](#)

[Cause ammaloramento travatura negli edifici storici](#)

[Conoscere la travatura esistente](#)

[Metodo tradizionale, consolidamento in opera](#)

[Metodo innovativo, consolidamento fuori opera](#)

[Fasi di lavoro](#)

[Fase preventiva](#)

[Fase 1 - Censimento](#)

[Fase 2 - Smontaggio e trasporto](#)

[Fase 3A - Analisi di massima travature recuperabili](#)

[Fase 3B - Adeguamento strutture sottostanti](#)

[Fase 4 - Progetto preliminare](#)

[Fase 5 - Raccolta dati definitiva](#)

[Fase 6 - Progettazione costruttiva](#)

[Fase 7 - Trattamento termico](#)

[Fase 8 - Consolidamento travature](#)

[Fase 9 - Rimontaggio in cantiere](#)

[Riuso elementi di scarto](#)

Introduzione

Recuperare le antiche coperture di edifici storici valorizza l'edificio ed i locali sottostanti conservando la memoria storica.

Il consolidamento strutturale fuori opera rappresenta un approccio innovativo per il recupero di coperture storiche. Introduce efficienza operativa alla conservazione del patrimonio architettonico. Questo metodo è stato sviluppato per affrontare le complesse sfide poste dagli edifici storici, garantendo al contempo conformità alle normative vigenti, come le **Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018)** e rispetto della storicità in accordo con la soprintendenza.

Il processo si distingue perché integra la precisa conoscenza delle strutture lignee esistenti con tecniche di consolidamento avanzate, riducendo al minimo l'impatto sull'estetica e sull'integrità storica degli edifici. Una caratteristica fondamentale di questa metodologia è la rimozione delle coperture e il trattamento delle travature in stabilimento, consentendo analisi e interventi più accurati rispetto alle tradizionali tecniche in opera.

Il consolidamento strutturale fuori opera è particolarmente indicato in contesti in cui si interviene sia sulle strutture portanti che sul manto, garantendo risultati di alta qualità e rispettando i requisiti più stringenti della soprintendenza. Non è invece adatto per interventi limitati esclusivamente alla struttura senza coinvolgimento del manto di copertura.

Questo approccio si basa su una rigorosa pianificazione che prevede fasi preventive di analisi e censimento, seguite da interventi mirati per il consolidamento, l'adeguamento sismico e la progettazione costruttiva. La lavorazione fuori opera offre inoltre il vantaggio di un controllo maggiore sulle caratteristiche delle travi, riducendo l'incertezza e i tempi di lavorazione in cantiere.

In un'epoca in cui la sostenibilità e la valorizzazione del patrimonio architettonico sono priorità globali, il consolidamento strutturale fuori opera si afferma come una soluzione efficace ed economicamente vantaggiosa, con benefici significativi per i proprietari, i progettisti e le comunità locali.

Quando conviene il consolidamento strutturale fuori opera

Il consolidamento strutturale fuori opera è conveniente nel caso si intervenga anche sul manto.

Non è adatto per consolidare le sole strutture quando non è richiesto alcun intervento su strutture e manto sovrastante.

Normativa - NTC 2018

Il consolidamento deve obbligatoriamente adeguare la travatura alla normativa strutturale vigente, molto più stringente di quanto storicamente in uso.

Cause ammaloramento travatura negli edifici storici

L'umidità del legno elevata, generalmente > del 20%, è la causa del degrado del legno. Il legno su cui ristagna l'acqua si inumidisce e degrada in qualche anno.

Per contro, il legno mantenuto all'asciutto ha una durata indefinita, secolare.

Infiltrazioni

Gli edifici soggetti a restauro sono spesso abbandonati e senza manutenzione per anni.

In un manto senza manutenzione si possono avere tegole rotte o spostate, sufficiente a creare **infiltrazioni** sulle strutture sottostanti.

Cambi d'uso

Un altro motivo sono i cambi d'uso: ambienti riscaldati, isolamenti, punti freddi, spifferi o altro potrebbero generare condense nelle imposte delle travi.

Risalita umidità **non** è una causa

La risalita di umidità nelle murature e la conseguente formazione di un ambiente umido nell'imposta avrebbe provocato marcescenza ed attacchi di insetti xilofagi già nei primi anni di vita dell'edificio. Se la travatura è secolare la causa non è la risalita di umidità, bensì interventi successivi alla costruzione originaria.

Insetti xilofagi **non** sono una causa ma una conseguenza

Gli insetti xilofagi non aggrediscono il legno asciutto. Necessitano di legno umido, situazione che si crea nelle zone soggette a ristagni di umidità. La prova sono le coperture secolari perfettamente conservate.

Coperture

Le terzere sono arieggiate e, in caso di stillicidio, hanno generalmente modo di asciugarsi e non si deteriorano. Diverso è per i puntoni delle capriate, sui cui l'acqua segue la pendenza e scorre fino all'interno dell'imposta nel muro. Una volta penetrata non asciuga e crea un ambiente ideale per la marcescenza della parte in legno murata.

Solai

Anche per i solai vale il problema dei ristagni di acqua e l'aumento di umidità nell'imposta.

Questo è generalmente dovuto a perdite nel manto di copertura.

Un altro motivo sono i cambi d'uso. Soprattutto nelle zone riadibite a bagni e cucine, la maggiore umidità interna unita alla mancanza di isolamenti favorisce i fenomeni di condensa nelle murature.

Conoscere la travatura esistente

Il calcolo strutturale del consolidamento necessita la classe di resistenza di ogni trave costituente la copertura.

Siamo arrivati al punto fondamentale, "conoscere le caratteristiche di ogni trave" e rilevare per ognuna:

1. Essenza
2. Dimensioni
3. Geometrie delle connessioni
4. Elementi metallici di connessione
5. Eventuale degrado del legno

Metodo tradizionale, consolidamento **in opera**

Rilievo

Il rilievo delle caratteristiche meccaniche è il primo punto critico del lavoro in opera.

Le parti generalmente più compromesse sono le zone murate, spesso in zone anguste e inaccessibili alla vista e a strumentazioni di analisi. Di queste travi si potranno avere solo dati parziali, inadatti al calcolo strutturale a cui servono le caratteristiche dell'intera trave.

Lo strutturista potrà utilizzare staticamente solo le travi con dati completi.

Consolidamento

Rinforzi in acciaio

In caso di travi con dati incompleti, o inadatte all'adeguamento alle NTC 2018, la via più semplice è sacrificare la storicità e affiancare alle travi in legno antiche, piastrame o rinforzi in acciaio che sgraveranno dai carichi le strutture esistenti.

Spesso alle travi in legno sono affiancate UPN che scaricano interamente la trave.



Rinforzi in legno

Il rinforzo in legno richiede maggiore spazio rispetto al rinforzo metallico. A volte sono affiancati all'esistente nuovi elementi.

La sostituzione di elementi ammalorati con elementi sani di recupero è a volte complessa. La prima difficoltà è il reperimento di travi della misura adatta.

Nel caso di capriate, la sostituzione di un singolo componente, ad esempio un puntone, comporta la difficoltosa esecuzione in opera degli incastri strutturalmente conformi alle parti conservate.

Protesi

Le protesi in opera sono estremamente laboriose. L'area di intervento deve essere pienamente accessibile, ad esempio, occorre smurare l'imposta perchè possano operare falegnami, strutturisti ed esperti di consolidamento in opera.

Questi lavoreranno quotidianamente a stretto contatto su ogni singola porzione. I costi sono incerti ed i tempi lunghi.

Metodo innovativo, consolidamento **fuori opera**

Premessa

A differenza del consolidamento in opera che affronta ogni trave come singolo caso, il metodo fuori opera affronta il cantiere nella sua **interezza**.

Manto, smaltimento acque, adeguamenti antisismici, eventuali isolamenti e raccordi con coperture esistenti, forometrie a tetto, riuso di travi da zone secondarie a zone di maggiore importanza; sono alcuni dei punti considerati nel **progetto di consolidamento** che rispetti la desiderata architettonica: un approccio che unisce la salvaguardia della storicità con i requisiti necessari al futuro impiego dell'edificio restaurato.

Il progetto di consolidamento si basa su un punto fondamentale: l'esatta conoscenza delle caratteristiche di ogni singola trave tramite un processo **industriale** che semplifica una serie di attività complesse, rendendo ogni attività chiara e ripetitiva.

La conoscenza precisa delle caratteristiche di ogni singola trave riduce la necessità di rinforzi strutturali. Il risultato finale è qualitativamente elevato e adatto anche alle richieste più stringenti della **soprintendenza**.

L'operatività del cantiere è **semplificata** tramite la rimozione della copertura, permettendo un agevole rinforzo delle murature sottostanti.

Ricordiamo che anche qui le normative sono stringenti, e lavorare liberamente permette di eseguire interventi di rinforzo sulle murature di minore o nullo impatto architettonico.

Fasi di lavoro

Fase preventiva

1. Analisi preliminare da parte del fornitore di:
 - a. Richieste della soprintendenza e della committenza
 - b. Rilievi esistenti
 - c. Ispezione a vista dello stato di fatto
2. Redazione da parte del fornitore del preventivo chiuso delle opere di consolidamento e delle opere accessorie quali pacchetti isolanti, manto, smaltimento acqua.
Nessun costo per il committente.
3. Eventuale conferma preventivo

Ispezione a vista dello stato di fatto

Tramite l'ispezione a vista, un tecnico di esperienza raccoglie buona parte dei dati necessari a redigere un preventivo.

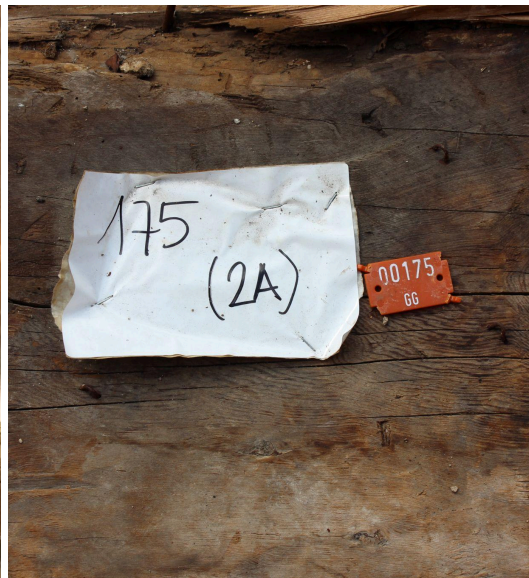


Fase 1 - Censimento

1. Censimento: identificazione di ogni trave e relativa posizione nello spazio;
2. Smontaggio:
 - a. del manto per recuperarne la parte sana;
 - b. della travatura per essere trasferita in stabilimento;

Censimento

Ogni elemento è identificato ed è rilevata la posizione nella copertura.



Fase 2 - Smontaggio e trasporto

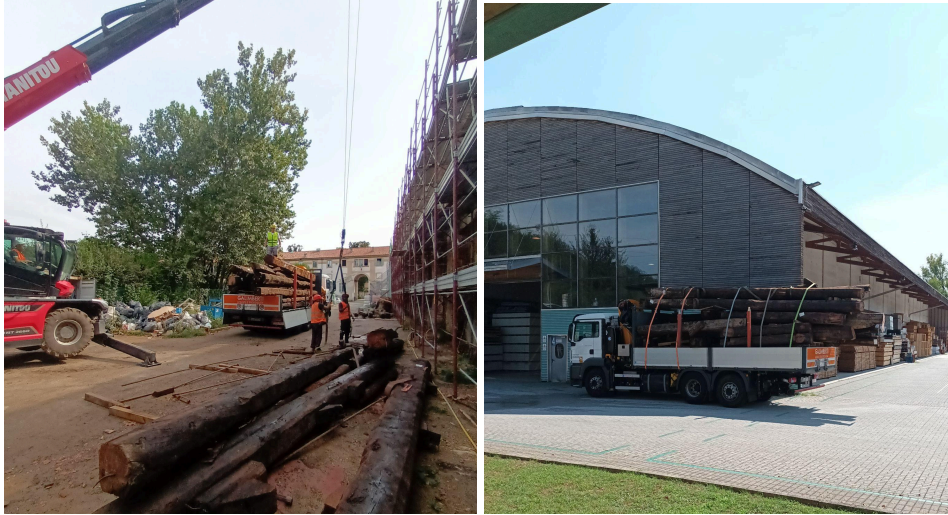
Si avvia lo smontaggio, conservando le parti di manto, di piccola orditura o di assiti che si intendono riutilizzare.

Smontaggio copertura



Trasporto

Il materiale smontato è trasportato in stabilimento. Ogni trave è precisamente identificata.



Fase 3A - Analisi di massima travature recuperabili

In questa fase si valuta a vista la travatura disponibile raccogliendo i dati preliminari relativi alla dimensione ed allo stato delle travi probabilmente consolidabili.

Analisi preliminare travatura

La travatura è soggetta a una stima preliminare al fine di comprendere cosa è probabilmente recuperabile.



Fase 3B - Adeguamento strutture sottostanti

L'impresa edile opera in campo libero, adeguando le parti sottostanti con la massima libertà operativa. Libertà che permette di ridurre al minimo gli interventi impattanti sulla storicità dell'edificio.



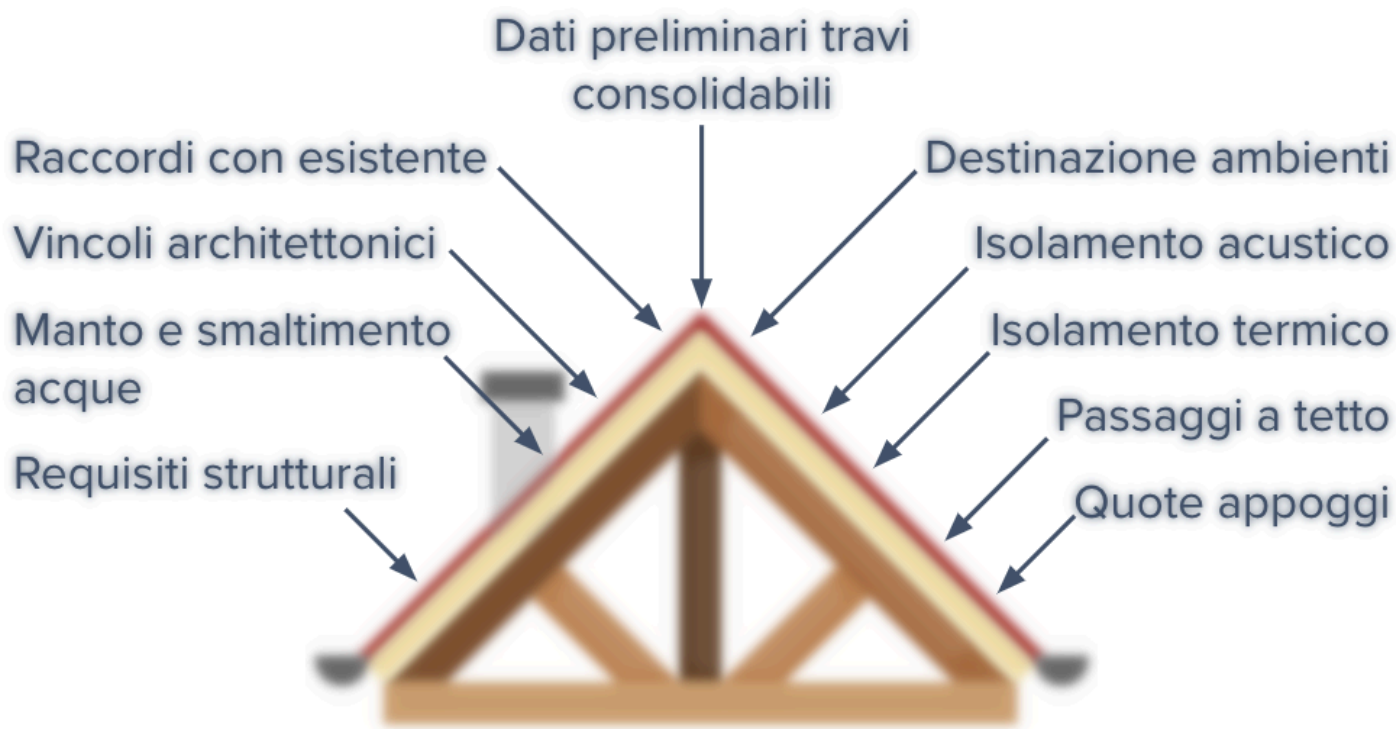
Fase 4 - Progetto preliminare

In questa fase committenza, impresa e fornitore analizzano:

- travatura da consolidare
- requisiti intervento
- desiderata architettonica

al fine di integrare e bilanciare i 10 requisiti fondamentali nel progetto preliminare condiviso che sarà la guida per le fasi successive.

Formalizzato l'accordo tra le parti coinvolte nel progetto preliminare, si procederà alla fase seguente.



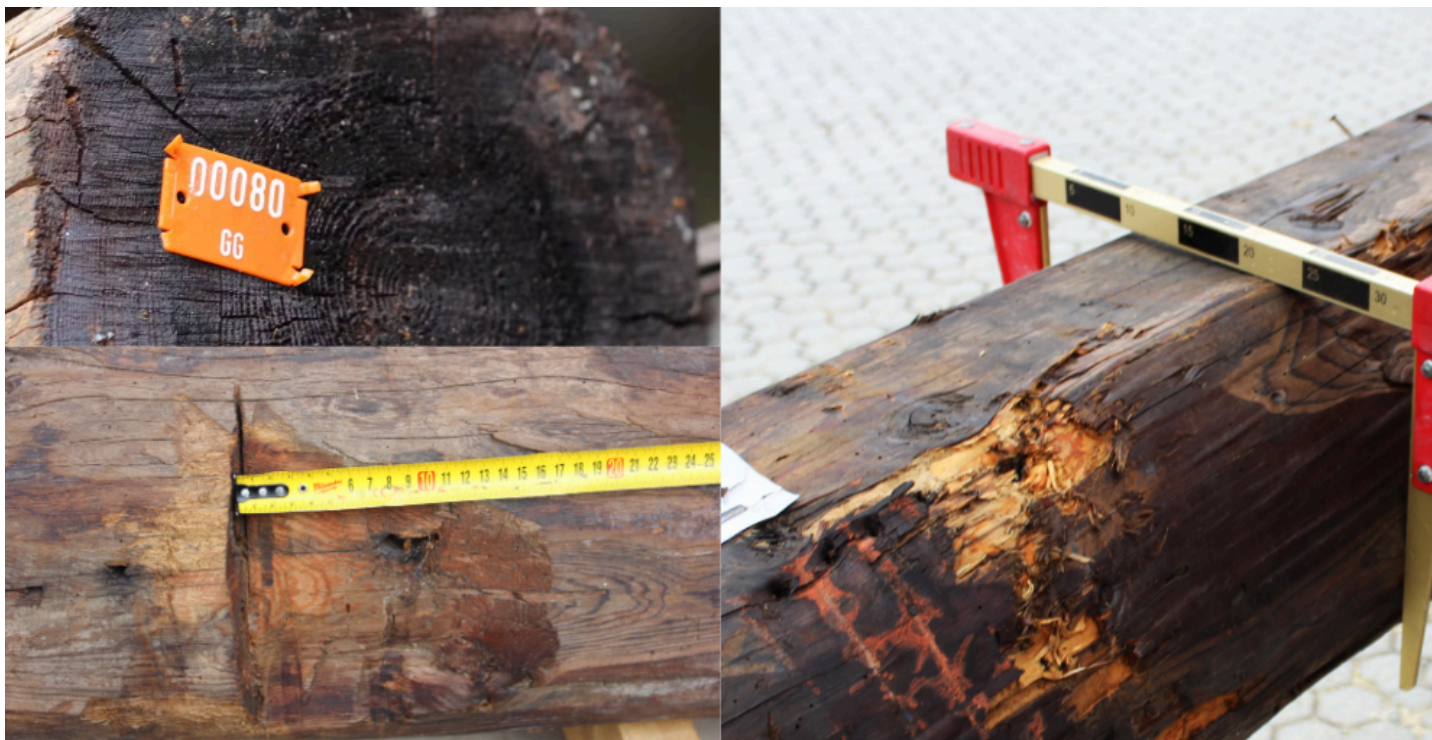
10 requisiti bilanciati e integrati. Sfocati perché ancora preliminari

Fase 5 - Raccolta dati definitiva

Guidati dal progetto preliminare, si procede con l'analisi delle travi al fine di raccogliere i seguenti dati strutturali e geometrici:

1. Rilievo dimensionale di travi e connessioni
2. Classificazione visiva da parte di classificatore certificato UNI 11035-1/2/3
3. Selezione travatura adatta al progetto preliminare
4. Classificazione travatura tramite indagini penetrometriche
5. Classificazione tramite prove di carico

Rilievo dimensionale di travi e connessioni



Classificazione a vista da parte di classificatore certificato UNI 11035-1/2/3



Classificazione travatura tramite indagini penetrometriche

Queste sono eseguite con facile accesso ad ogni punto della trave. Qualora risulti necessario, la comodità dell'operatore permette una veloce esecuzione di decine di prove per singola trave.



Validazione tramite prove di carico

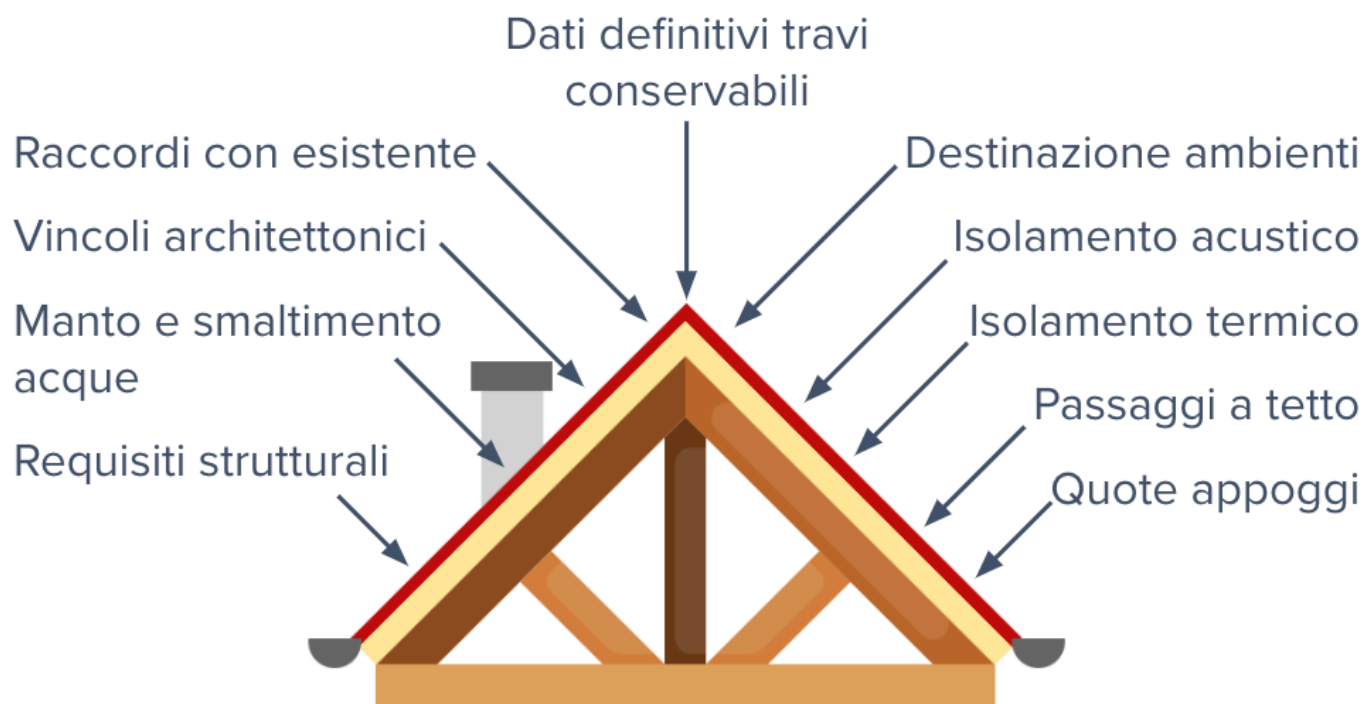
La classificazione risultante dalle attività precedenti deve essere validata tramite prove di carico.



Fase 6 - Progettazione costruttiva

Con progetto preliminare e dati definitivi della travatura, è ora possibile redigere il progetto costruttivo che sarà così suddiviso:

- Progetto di consolidamento delle singole travi
- Progetto di consolidamento dei sistemi di travi
- Progetto delle orditure ed assiti complessivi
- Progetto stratigrafie
- Progetto manto con eventuali recuperi, elementi passanti e smaltimento acque
- Progetto linea vita
- Progetto di rimontaggio
- Relazioni di calcolo



10 requisiti bilanciati e integrati. Ora sono costruttivi

Fase 7 - Trattamento termico

Il trattamento termico > 65° elimina eventuali insetti xilofagi senza utilizzare impregnanti che rovinerebbero la patina secolare.



Fase 8 - Consolidamento travature

Nella comodità di uno stabilimento sono eseguiti gli interventi di adeguamento strutturale secondo le NTC2018.



Fase 9 - Rimontaggio in cantiere

Il progetto di rimontaggio si basa su una carpenteria precisa che permette ai lavori di procedere rapidamente e senza imprevisti.



Esempio di recupero parziale in accordo con indicazioni soprintendenza.



Riuso elementi di scarto

Il materiale inadatto a impieghi strutturali può essere riutilizzato per la realizzazione di pavimenti o arredi.

