

RISTRUTTURAZIONE ARCHITETTONICA E CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DI UN EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE REALIZZATO IN PARTE IN TERRA CRUDA

Ing. Pierluigi Muschiato

LE CASE DI TERRA CRUDA IN FRASCHETA

Nel panorama architettonico del territorio agricolo alessandrino, in particolare nella zona di pianura conosciuta come la “Frascheta” (area che si estende principalmente nelle campagne tra Alessandria, Tortona e Novi Ligure e in particolare nei comuni di Bosco Marengo, Pozzolo Formigaro e Frugarolo) vi sono molti esempi di case realizzate in terra cruda, chiamate impropriamente anche “Trunere” o semplicemente in dialetto alessandrino: “Cà d’tèra”. Sono molteplici, in questo territorio, gli esempi di costruzioni realizzati in terra cruda, dalle case alle cascine, dalle chiese fino addirittura a scuole e municipi.

In Frascheta, quindi, così come nella pianura di Marengo da sempre la terra è stata utilizzata dai contadini per costruire le proprie case. La terra impiegata in queste zone presenta un caratteristico colore rosso, dovuto alla forte presenza di minerali di ferro contenuti nell’argilla. Tra le principali tecniche di lavorazione, impiegate per realizzare pareti portanti in terra specie nell’alessandrino, vi sono il “pisè” e “l’adobe”. La prima, in particolare, si basa sulla realizzazione di murature con terra inumidita e battuta, cioè compressa strato dopo strato all’interno di una cassaforma in legno, al fine di ottenere il cosiddetto mattone crudo. La seconda tecnica è stata invece adottata marginalmente nel territorio della Frascheta.



Esempi di alcuni edifici nella frazione di Spinetta Marengo (AL) di edifici realizzati in parte in terra cruda.

Tra i fattori che incidono maggiormente sul deterioramento delle murature, realizzate con tale tecnica, al di là dei classici difetti costruttivi (legati ad una scarsa conoscenza del processo costruttivo, da parte di chi in passato realizzava questa tipologia di fabbricati), vi sono:

- patologie intrinseche, cioè relative a difetti dei materiali da costruzione impiegati, alla messa in opera e alla tipologia di terreno di fondazione presente (che in queste zone è principalmente di origine alluvionale);
- patologie legate a successive modificazioni ovvero: sostituzioni, demolizioni o inserimenti che possono aver contribuito a modificare il percorso dei carichi e a ridurre le capacità resistenti delle strutture rimanenti;
- patologie dovute al decadimento della struttura a causa di una pessima manutenzione e abbandono dell'edificio.

STATO DI FATTO DEL FABBRICATO

L'edificio in oggetto, a destinazione residenziale, si trova proprio nella provincia di Alessandria, in particolare nella frazione denominata Spinetta Marengo. La sua edificazione è indubbiamente ante 1967, anche se non sono stati trovati documenti certi che lo dimostrino. Allo stato di fatto il fabbricato presentava in pianta una forma ad L, in quanto con ogni probabilità rispetto all'assetto originario, erano stati accorpati due fabbricati distinti, identificabili anche dalle due coperture separate e di forma diversa (l'una a padiglione e l'altra a due falde). Complessivamente l'edificio si sviluppava su 3 piani fuori terra e un piano interrato.

Strutturalmente l'edificio era caratterizzato da muratura portante di mattoni pieni intervallata da porzioni in terra cruda, con solai in parte a volta in muratura e in parte con voltine e putrelle di ferro, il tetto invece è composto da orditura in legno e copertura in coppi di laterizio. Non risulta presente una platea di fondazione diffusa ma solo un allargamento dei muri portanti al di sotto del piano campagna.

I sopralluoghi effettuati sul posto avevano evidenziato le pessime condizioni conservative del fabbricato, come conseguenza della scarsa manutenzione effettuata negli anni in cui, l'edificio stesso, era rimasto inabitato. In particolare dall'analisi visiva effettuata erano emerse una serie di problematiche, tra cui:

- Presenza di infiltrazioni, problemi di umidità di risalita, perdite che causano le efflorescenze saline e le sub-efflorescenze lungo le pareti dell'edificio;
- Ampie fessure sub-orizzontali lungo le volte del piano primo;
- Ampie fessure sub-verticali lungo le pareti portanti del piano terra.

Anche dal punto di vista strutturale il fabbricato presentava diverse criticità sia in termini statici che dinamici, che lo rendevano vulnerabile nei confronti delle azioni sismiche. Diverse pareti, infatti, (sia lungo le facciate interne che esterne dell'edificio) presentavano lesioni importanti, attribuibili alle scarse caratteristiche meccaniche della muratura, all'assenza di elementi resistenti a trazione in corrispondenza degli orizzontamenti (cordoli, tiranti, ecc.) ed alla presenza di elementi spingenti (volte e travi del tetto) oltre che a cedimenti del piano fondale. Anche le volte presentavano alcune problematiche. In particolare, quelle che spingono sui muri esterni, presentano lesioni all'intradosso in corrispondenza della mezzeria. Nuovamente, si è ipotizzato che le stesse potessero essere attribuite alla scarsa capacità dei muri, su cui poggiano, a contrastare le spinte statiche orizzontali generate dalle volte, provocando, quindi, il conseguente rilassamento delle volte stesse.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STATO DI FATTO



Prospetto ovest dell'edificio lato strada.



Prospetto sud-ovest dell'edificio lato strada.



Prospetto nord-ovest dell'edificio lato strada.



Prospetto nord dell'edificio lato cortile interno.



Lesioni lungo le facciate esterne dell'edificio.



Segni degrado lungo le pareti e i soffitti dell'edificio.



Fessura sub-orizzontale sulla volta e fessure sub-verticale sulle pareti.



Sottotetto, vista della capriata e della struttura del tetto.



Pareti del timpano realizzate in parte in terra cruda.

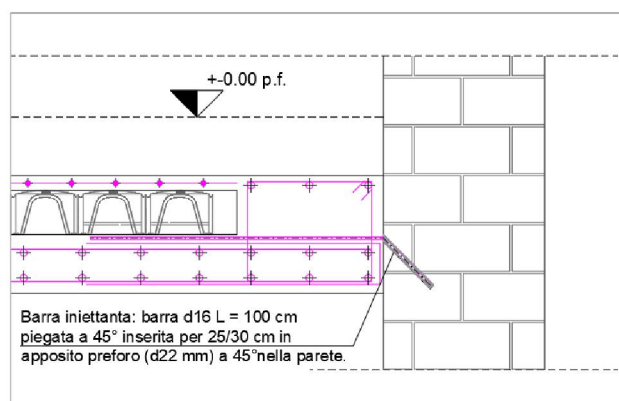
L'INTERVENTO REALIZZATO

L'intervento oltre a essere finalizzato alla ristrutturazione architettonica, come richiesto dalla committenza, ha innanzitutto previsto una serie di operazioni atte al miglioramento delle condizioni statiche e sismiche del fabbricato esistente. Lo scopo principale, quindi, era ridurre le vulnerabilità intrinseche dell'edificio, ripristinando la configurazione antecedente al danno delle parti ammalorate ed incrementando, inoltre, le caratteristiche di resistenza e/o duttilità degli elementi danneggiati.

In aggiunta, visti i pregressi cedimenti avvenuti, un altro aspetto non trascurabile riguardava la sicurezza dell'immobile al fine di impedire futuri collassi locali soprattutto se differenziali.

Gli interventi strutturali realizzati hanno, quindi, previsto:

- La realizzazione di una fondazione superficiale, non presente allo stato attuale, caratterizzata da platea di fondazione in C.A. di spessore di 0.20 m, munita di vespaio areato realizzato tramite iglu. La platea sarà contornata da cordoli in C.A. di spessore pari a 0.50 m realizzati contro le pareti esistenti dell'edificio ed armati tramite barre e staffe ad aderenza migliorata B450C. La funzione dei suddetti cordoli perimetrali è quella di fornire un opportuno sostegno ai nuovi pilastri che affiancheranno le pareti in muratura esistenti ridistribuendone i carichi. Al fine di collegare opportunamente la nuova soletta della platea di fondazione ai muri perimetrali esistenti dell'edificio, favorendo il comportamento scatolare auspicato per ottenere un buon comportamento nei confronti delle azioni dinamiche sismiche, saranno adottati degli inghisaggi strutturali rappresentati da barre ad aderenza migliorate di classe B450C iniettate di diametro 16 mm, lunghezza 100 cm e piegate a 45° all'interno della muratura. Le barre saranno disposte a passo di 1 m l'una dall'altra previa realizzazione di apposito preforo di almeno 22 mm di diametro, riempito successivamente con geomalta strutturale come Geocalce;

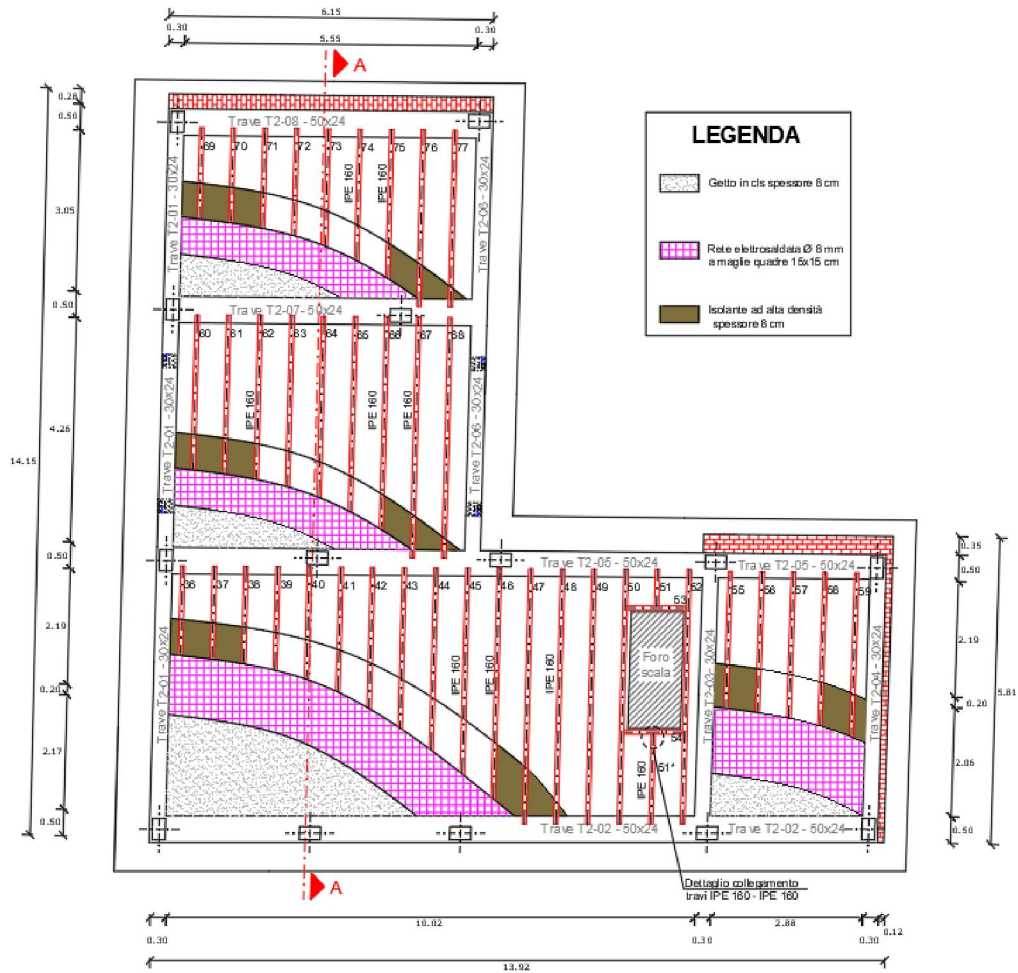


Dettaglio disposizione collegamento platea-muri perimetrali.

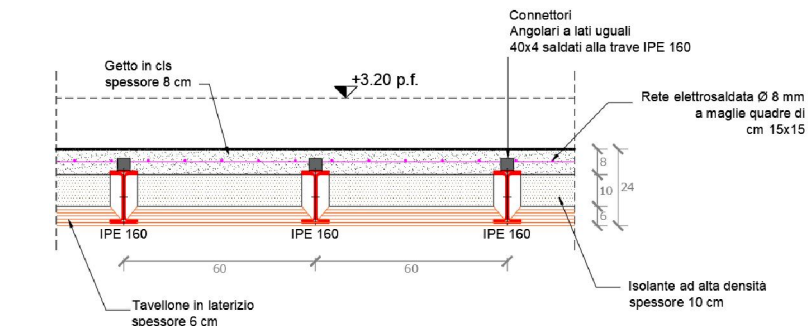
- La realizzazione, in elevazione, di una nuova struttura portante a telaio in cemento armato composta da pilastri e travi che andranno ad affiancare le pareti esistenti in muratura. In particolare la struttura portante dell'edificio allo stato attuale è rappresentata da pareti in muratura di mattoni pieni intervallati da porzioni in terra cruda. Nel presente progetto la muratura presente sarà affiancata da una struttura a telaio in C.A., basata, quindi, sul cosiddetto sistema "a gabbia" composto da elementi strutturali verticali, che sono i pilastri ed elementi orizzontali rappresentati da travi. In particolare, i pilastri (in totale 14) presenteranno tutti medesima sezione pari a 25x40 cm mentre invece le travi del piano

primo e del piano sottotetto presentano sezione 50x24 cm (travi principali) e 30x24 cm (travi secondarie);

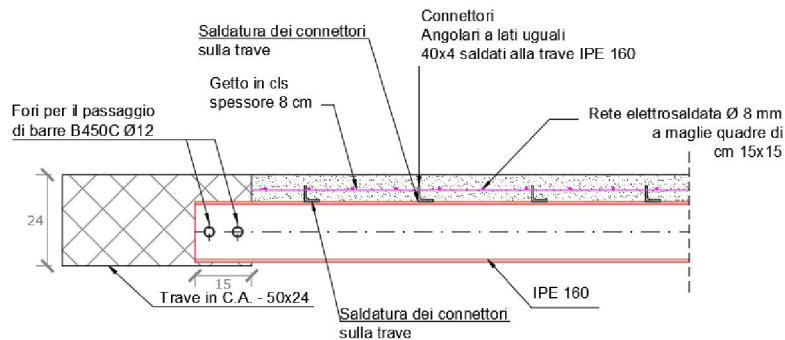
- La sostituzione dei solai esistenti a volta o voltine e putrelle, in quanto presentavano un elevato stato fessurativo e in alcuni casi non garantivano l'altezza minima, con nuovi solai misti (travi in acciaio, tavelloni in laterizio e getto di completamento in C.A.), in grado di consentire in tutti i locali interni il raggiungimento dell'altezza minima. Come per la platea di fondazione anche per le solette di piano saranno realizzati opportuni collegamenti con i muri perimetrali dell'edificio impiegando degli inghisaggi strutturali rappresentati da barre ad aderenza migliorate di classe B450C iniettate di diametro 12 mm, lunghezza 100 cm e piegati a 45° all'interno della muratura. Le barre saranno disposte a passo di 1 m l'una dall'altra previa realizzazione di apposito preforo di almeno 18 mm di diametro, riempito successivamente con geomalta strutturale come Geocalce. Le caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei nuovi solai (al piano primo e piano sottotetto) risultano composte da:
 - Travi principali in acciaio S275 – sezione IPE 160;
 - Tavelloni in laterizio 120x60x6 cm;
 - Isolante ad alta densità – spessore 10 cm
 - Getto di completamento in CLS – spessore 6 cm
 - Connettori trave-soletta costituiti da angolari a lati uguali 40x4 mm saldati alle travi principali.

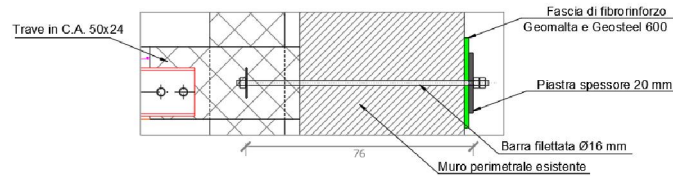


Carpenteria e armatura solaio sottotetto.

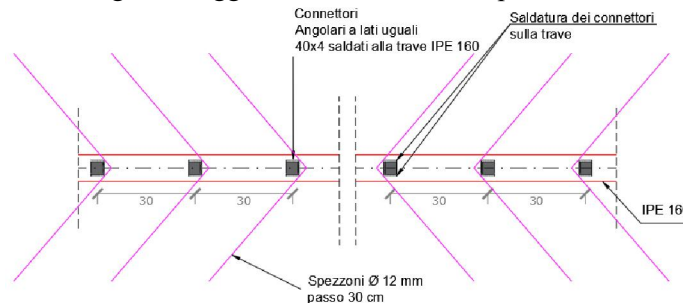


Dettaglio solaio con travi in acciaio e tavelloni.

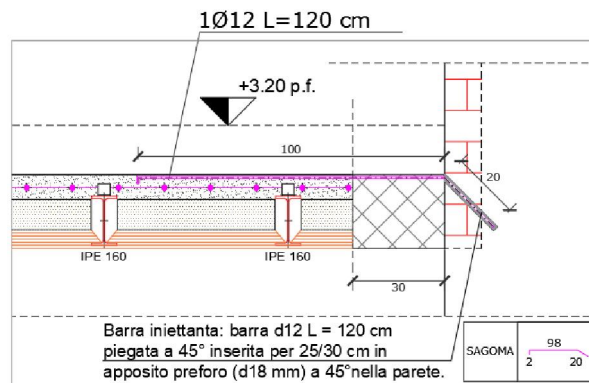




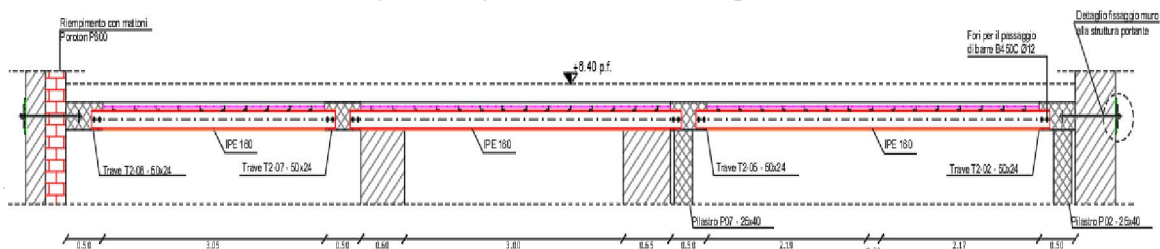
Dettaglio fissaggio muro della struttura portante



Dettaglio connettori travi in acciaio e spezzoni per travi composte.

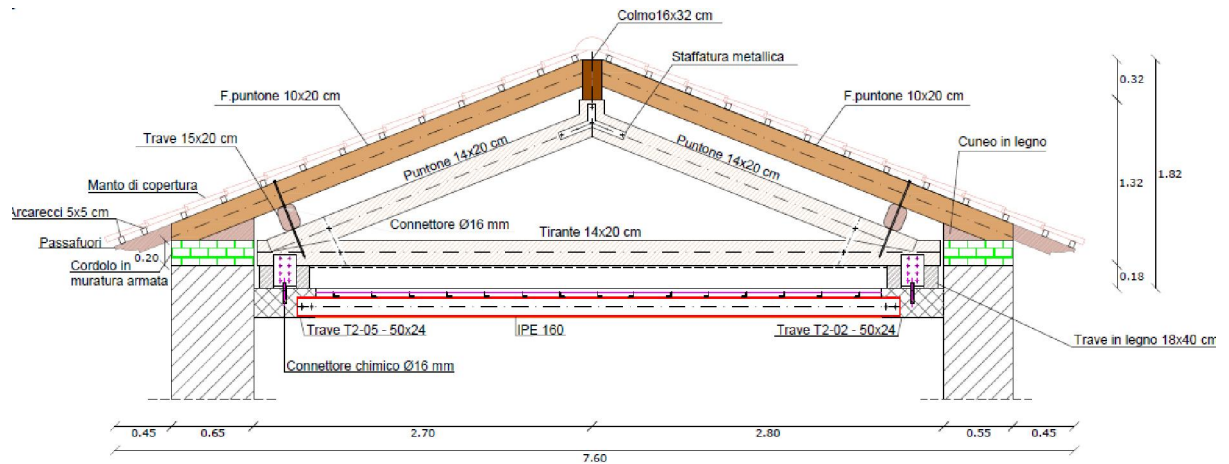


Dettaglio collegamento solaio e muri perimetrali.



Sezione solaio piano sottotetto.

- Rifacimento completo della copertura. In particolare, la copertura esistente si presentava scomposta in due porzioni: l'una a due falde di inclinazione pari a 24° e l'altra a padiglione, con inclinazione delle falde pari a 21°. Entrambe presentavano un'orditura alla lombarda con travi in legno massiccio di dimensione variabili e manto in coppi. Nell'ambito del presente progetto, è stata prevista l'unificazione delle due porzioni di copertura in un'unica di forma ad L prevedendo la rimozione e completa sostituzione delle orditure presenti con nuovi elementi in legno massiccio;

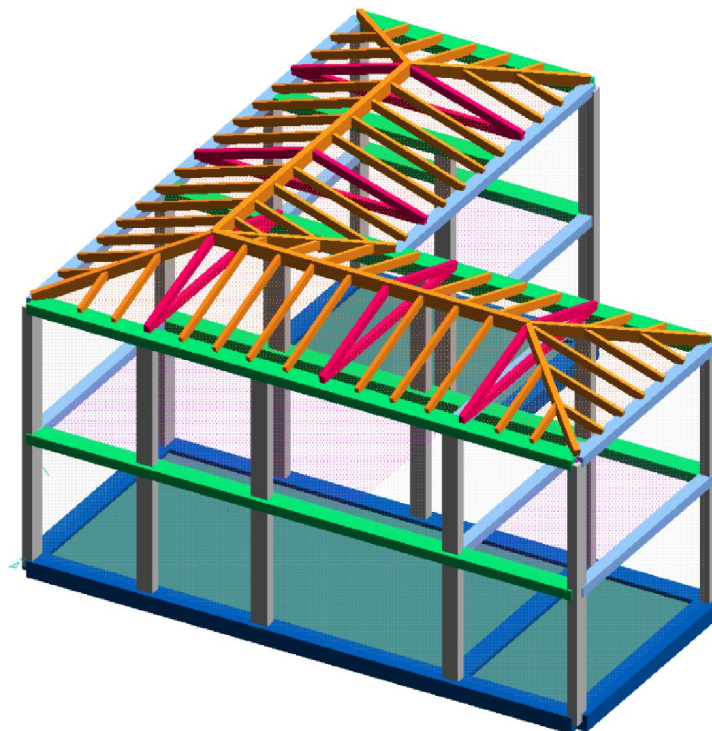


Sezione della copertura con particolare della capriata

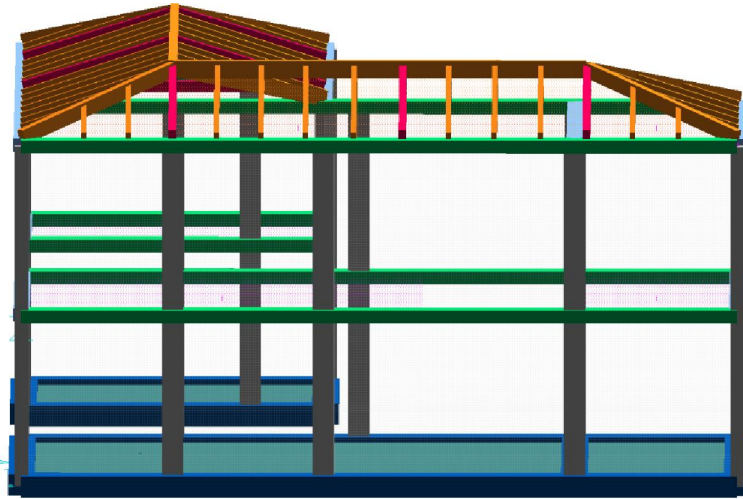
- Realizzazione di un cordolo sommitale in muratura armata, di spessore 0.20 m, contrapposto da fasce di fibrorinforzo, al fine di migliorare la trasmissione delle azioni orizzontali, collegare le pareti sommitali, in cui la muratura risulta essere meno coesa e migliorare le interazioni con le strutture di copertura garantendo così un buon comportamento scatolare dell'intero edificio.

Per il calcolo delle sollecitazioni e per la verifica di travi, pilastri, solai e fondazioni in cemento armato si è fatto ricorso ad un solutore ad elementi finiti, utilizzando come programma di calcolo: DOLMEN WIN (R), versione 23 del 2023 prodotto, distribuito ed assistito dalla CDM DOLMEN srl, con sede in Torino, Via Drovetti 9/F.

C. DOLMEN WIN permette l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà utilizzando un solutore ad elementi finiti.



Modello 3D agli elementi finiti dell'edificio

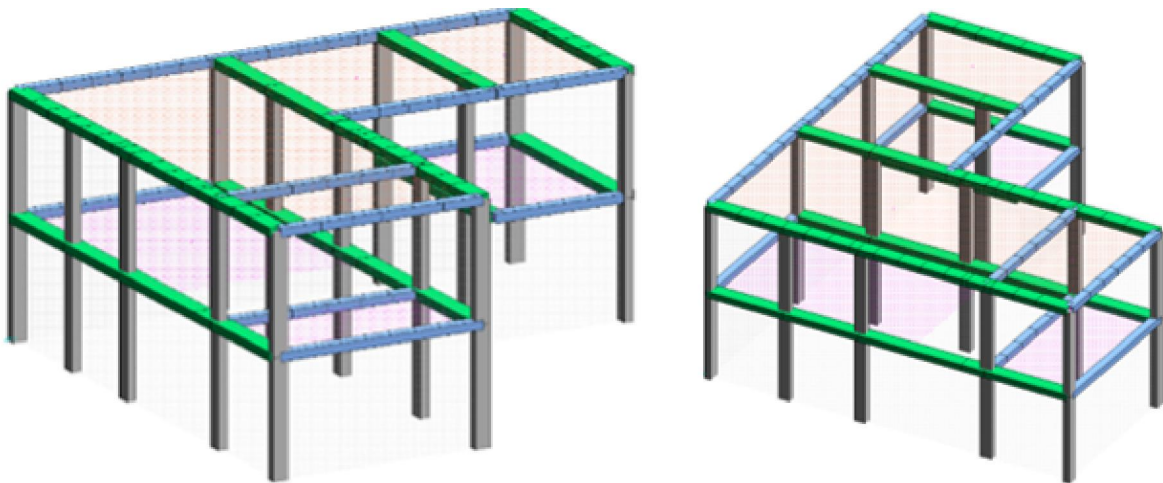


Modello 3D agli elementi finiti dell'edificio

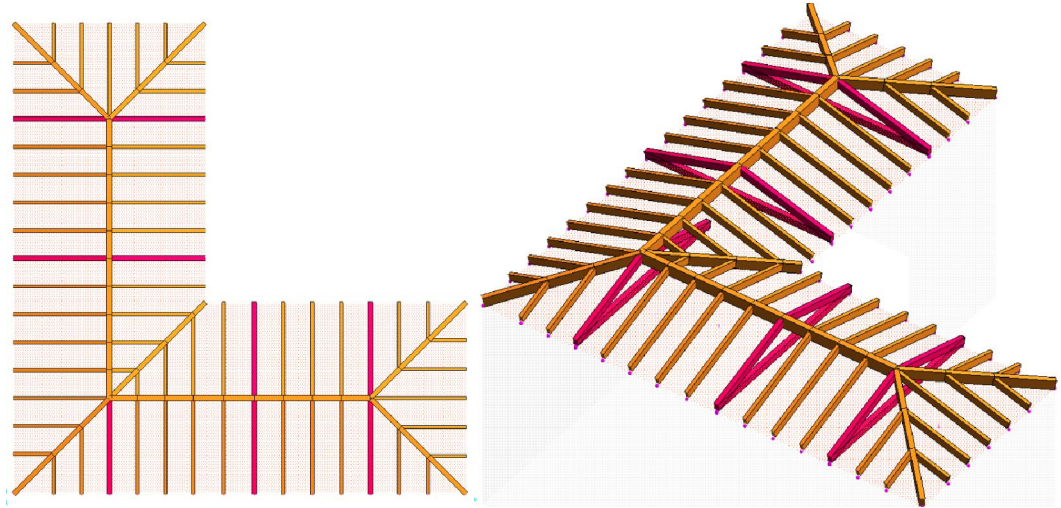
Gli elementi considerati nel modello sono la trave e i pilastri, con eventuali svincoli interni o rotazione attorno al proprio asse, ed il guscio, sia rettangolare che triangolare, avente comportamento di membrana e di piastra per simulare il comportamento della platea di fondazione. I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidità elastica.

Sono stati inoltre ottenuti dal programma di calcolo le rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura.

Di seguito si riportano una serie di immagine, a supporto di quanto detto, relative al modello di calcolo impiegato in ambiente DOLMEN per calcolare e verificare i diversi elementi strutturali in progetto.



Modello 3D degli elementi in elevazione: travi e pilastri



Pianta e modello 3D degli elementi strutturali della copertura

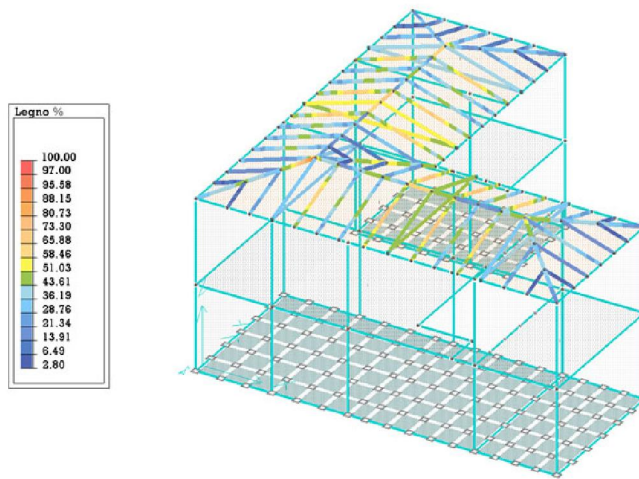
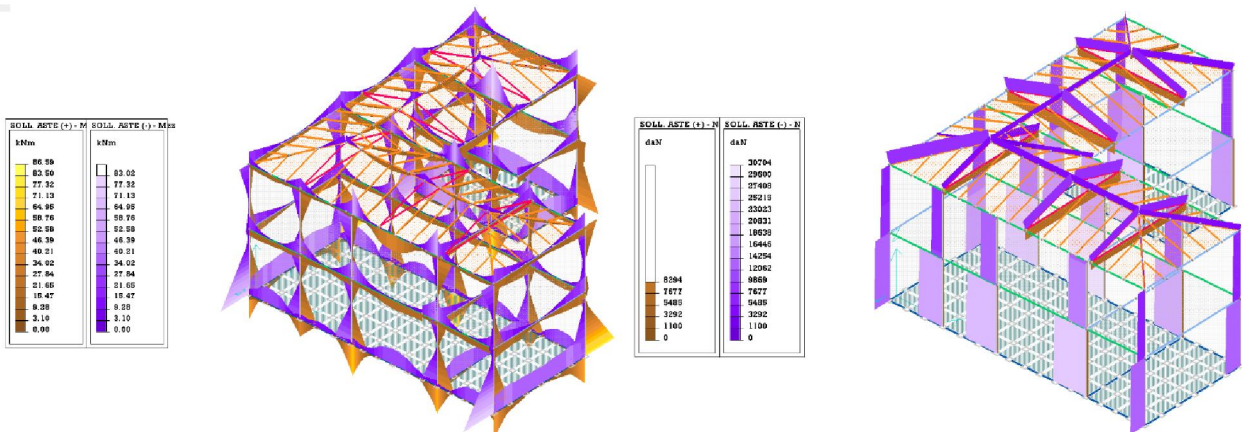
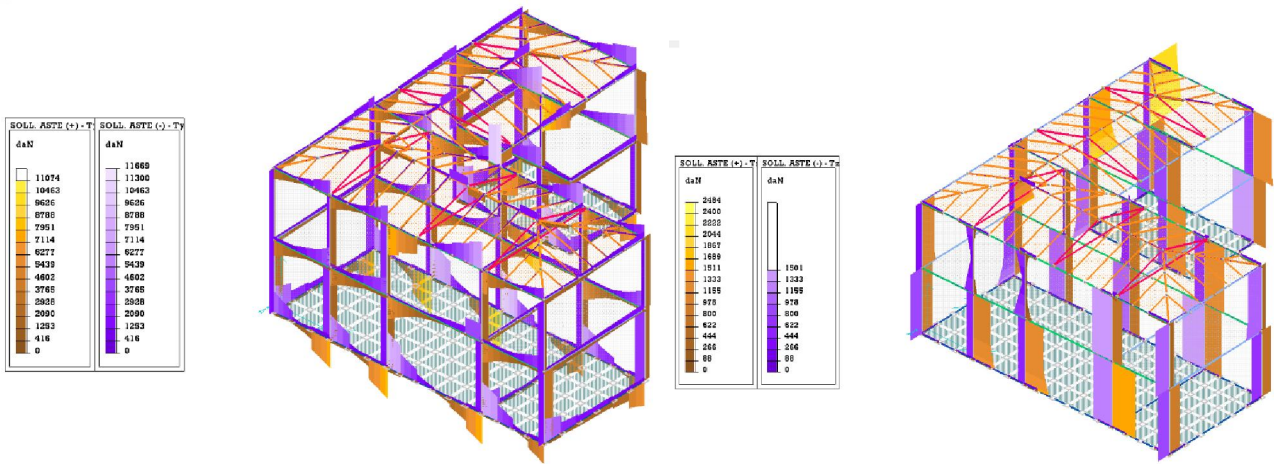


Grafico con indicate le percentuali di utilizzo delle aste in legno in copertura



Sollecitazioni aste di Momento M_z e di sforzo normale N



Sollecitazioni aste di taglio ty e tz

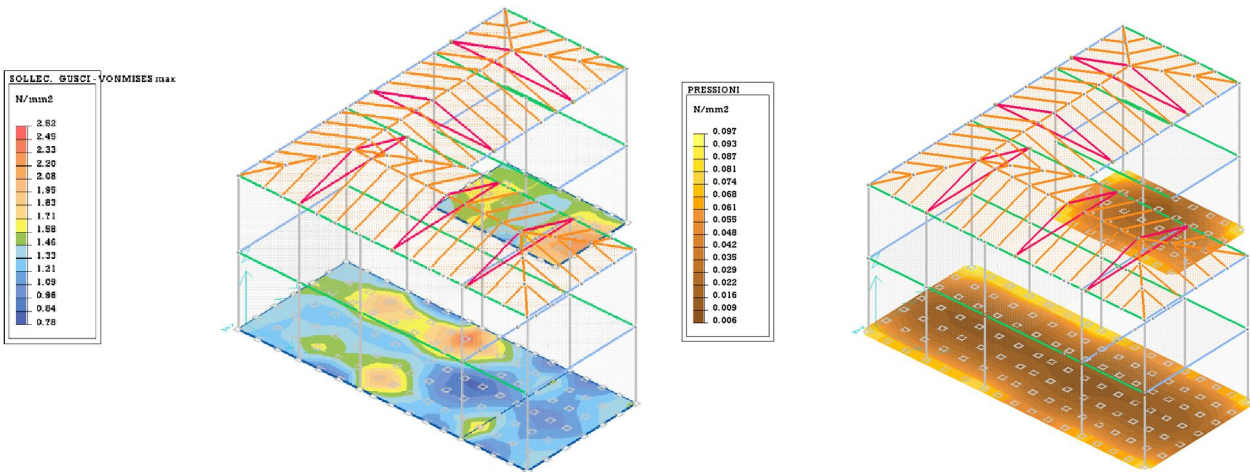
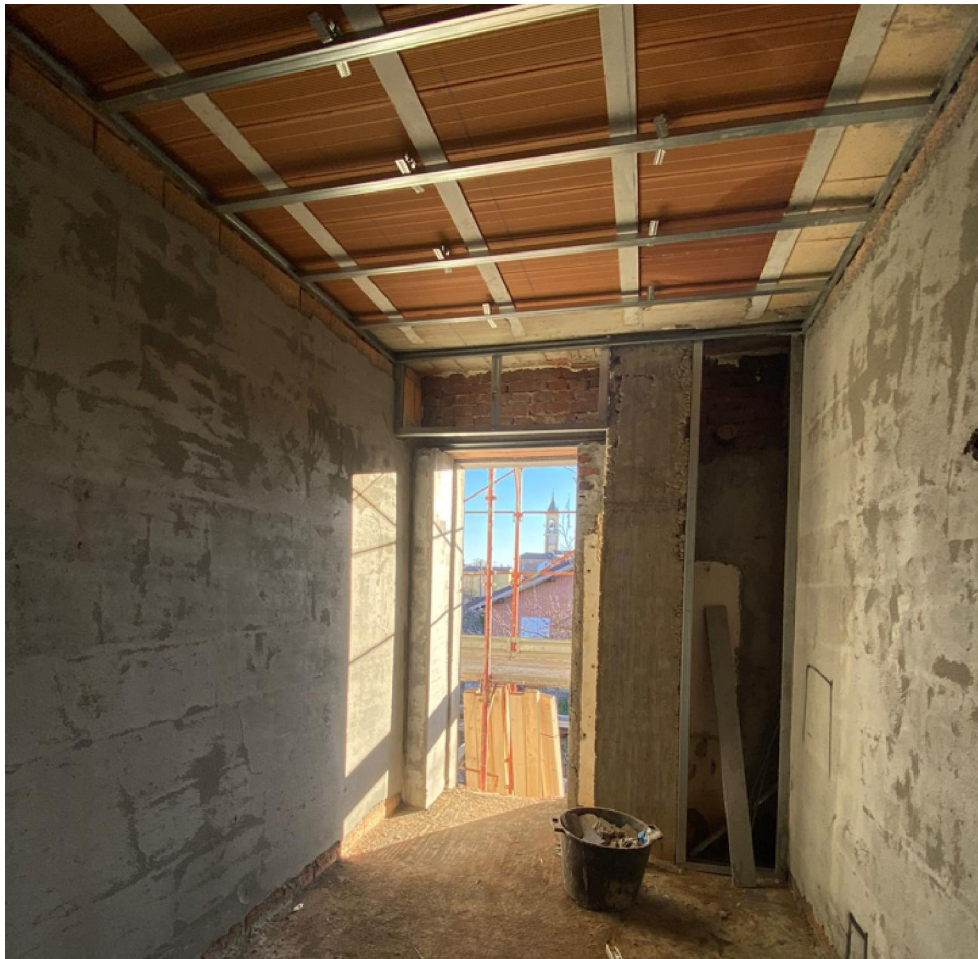


Grafico sollecitazione dei gusci e grafico delle pressioni sul terreno



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STATO DI INTERVENTO



Nuova struttura portante in c.a. e nuovi solai misti in acciaio e tavelloni.



Nuova struttura portante in c.a. e nuovi solai misti in acciaio e tavelloni.



Nuova struttura portante in c.a. affiancata alla muratura esistente



Realizzazione dei connettori dei solai e delle travi di piano



Realizzazione dei connettori dei solai e delle travi di piano



Finiture finali all'interno dell'edificio



Facciata principale dell'edificio dopo l'intervento



Prospetto sud-ovest dell'edificio lato strada dopo l'intervento.

SUCCESSO DEL PROGETTO

L'edificio allo stato di fatto presentava una serie di carenze importanti dal punto di vista strutturale, che lo rendevano particolarmente vulnerabile nei confronti di un possibile evento sismico. Le ampie fessure riscontrate sia all'interno che all'esterno dell'edificio, l'effetto dell'umidità, di infiltrazioni ed efflorescenze visibili sulle pareti del piano terra, rendevano di fatto l'abitazione, anche a seguito del progressivo stato di abbandono subito, insicura e insalubre.

L'intervento ha consentito di ottenere una nuova struttura portante, che senza snaturare la tipicità degli edifici realizzati con la tecnica della terra cruda (particolarmente diffusi nell'area in cui l'edificio sorge), affiancata alla precedente e in grado di garantire un supporto statico più efficace.

Dal punto di vista strutturale l'edificio, a seguito dell'intervento, rispetta tutte le caratteristiche di sicurezza che la normativa attuale, in materia di costruzioni, richiede. Inanzitutto, vista l'assenza di un sistema fondale, è stata realizzata una platea in C.A. con vespaio areato, realizzata tra le pareti esistenti dell'edificio. Essa oltre a garantire una corretta distribuzione dei carichi, migliorando le prestazioni sismiche e le condizioni di stabilità globali dell'edificio, consente di migliorare la salubrità degli ambienti mantenendoli asciutti e instaurando dei movimenti d'aria in grado di allontanare l'umidità. Sono stati sostituiti completamente i solai, creando orizzontamenti collegati alla nuova struttura portante in cemento armato, che affiancherà le esistenti pareti in muratura mista di laterizio a terra cruda. La nuova struttura, quindi, va ad integrare, e in parte a sostituire la muratura perimetrale rimanente, garantendo una migliore resistenza statica e sismica; grazie anche ad una serie di accorgimenti progettuali atti ad assicurare un comportamento scatolare dell'edificio. Tra i principali accorgimenti, messi in atto tramite la presente soluzione progettuale vi sono: l'irrigidimento e l'adeguamento dei solai di interpiano e di copertura (ciò garantisce una maggiore

resistenza alle deformazioni e una migliore distribuzione delle azioni orizzontali sulle pareti in muratura), il miglioramento dei collegamenti strutturali tra i solai e le pareti perimetrali dell'edificio e infine la realizzazione di ammorsamenti efficaci tra le pareti, mediante l'adozione di catene di piano in acciaio e cordoli sommitali.