

STEFANO SOLDATI
SIMONE SECCHIAROLI
E MARIAELENA ALESSANDRINI
GIUSEPPE PANCIONE
VIVIANA DERUTO
FRANCESCO STURABOTTI
GABRIELE RUSSO E
CLAUDIO TRAVERSO

I SESSIONE IL MATERIA LE BENEFICO

Nella parte pomeridiana della I sessione del 28 marzo, **"IL MATERIALE BENEFICO E RIGENERANTE: nella contemporaneità la veste tecnologica dei materiali naturali viene valorizzata per costruire edifici so-**

stenibili" abbiamo ascoltato (secondo la sequenza del panel di relatrici/relatori): Stefano Soldati, Simone Secchiaroli e Mariaelena Alessandrini, Giuseppe Pancione, Viviana Deruto, Francesco Sturabotti,



28/03/23 pm ERIGENE RANTE

Gabriele Russo e Claudio Traverso.

Alle costruzioni che verranno viene affidato il compito di costruire con il legno il nuovo lessico architeturale e nella contemporaneità la veste tecnologica dei

materiali naturali – come il legno, la paglia, la lana di roccia – viene perfezionata negli edifici sostenibili grazie a pacchetti-parete traspiranti che portano il contributo "passivo" del cappotto naturale.



La paglia: da ma- teriale di scarto a ri- sorsa pre- ziosa



COSTRUZIONI IN BALLE DI PAGLIA: UNA PROSPETTIVA INNOVATIVA E SOSTENIBILE

Negli ultimi anni, c'è stato un crescente interesse per soluzioni edilizie sostenibili che riducano l'impatto ambientale e promuovano l'efficienza energetica. Tra le alternative più intriganti e innovative, le

costruzioni in balle di paglia stanno guadagnando terreno come opzione ecologica e funzionale.

Questa pratica, originaria della fine del XIX secolo, sta vivendo una rinascita grazie alla crescente consapevolezza ambientale e alla ricerca di metodi costruttivi più

ecocompatibili. A oggi in Italia si contano oltre 2.000 edifici di questo tipo; tra questi sono presenti almeno una ventina di edifici pubblici, quali scuole (v. foto 5 Arch. Fabio Cova), biblioteche comunali (v. foto 6 biblioteca Rosignano Marittimo), centri sociali oltre naturalmente ad agriturismi, ristoranti, cantine e, ovviamente, innumerevoli edifici ad uso abitativo privato.

ORIGINI E METODOLOGIA

Le prime costruzioni in balle di paglia risalgono alla seconda metà dell'Ottocento, quando nelle pianure del Nebraska, negli Stati Uniti, i pionieri si trovarono di fronte a praterie pronte per essere dissodate e coltivate senza la necessità di deforestare o spietrare il suolo. La mancanza di roccia e legname li spinse a utilizzare le balle di paglia come materiale da costruzione strutturale, il fango come rivestimento delle pareti e le zolle di prato come copertura per il tetto (sod roof).

Le balle di paglia, abbondanti e poco costose, divennero una soluzione pratica per costruire abitazioni economiche e rapide da realizzare.

Oggi questa tecnica, definita Nebraska o Autoportante, ha subito miglioramenti significativi grazie alla ricerca, alla tecnologia e alla maggiore attenzione verso la sostenibilità, oltre agli adeguamenti

necessari alle normative vigenti sul nostro territorio. Si possono trovare diverse tipologie di balle con dimensioni indicative espresse in cm:

- a)** balle: parallelepipedi 100 x 45 x 35
- b)** balloni o jumbo: parallelepipedi 100 x 100 x 200
- c)** rotoballe: cilindri diametro 120 x 100 di altezza.

A seconda del tipo di costruzione, utilizziamo sia le balle che i balloni con forma di parallelepipedo e sconsigliamo di disfare le rotoballe (più facilmente reperibili) per ri-imballarle e conferire loro la forma di parallelepipedo.

Le balle, con un peso variabile di circa 15-20 kg, vengono movimentate a mano, mentre i balloni o jumbo, con un peso che si aggira tra i 250 e i 300 kg, vengono posizionati nella muratura tramite gru da cantiere, trattore o muletto, a seconda del progetto e del contesto.

Con densità delle balle variabile dai 92 ai 180 kg/m³ si hanno valori indicativi di $U = 0,11-0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Minke 2005), $\lambda = 0,057 \text{ W/mK}$ (Andersen 2004), una capacità portante $> 54 \text{ ton/m}^2$ (Walker 2004) ma sul web e in bibliografia si trovano risultati di test e relativi certificati conformi alle normative europee vigenti che possono discostarsi a seconda delle caratteristiche specifiche delle balle di paglia prese in considerazione.



Arch. Werner Schmidt



COSTRUZIONI IN BALLE DI PAGLIA: UNA PROSPETTIVA INNOVATIVA E SOSTENIBILE

Negli ultimi anni, c'è stato un crescente interesse per soluzioni edilizie sostenibili che riducano l'impatto ambientale e promuovano l'efficienza energetica. Tra le alternative più intriganti e innovative, le costruzioni in balle di paglia stanno guadagnando terreno come opzione ecologica e funzionale. Questa pratica, originaria della fine del XIX secolo, sta vivendo una rinascita grazie alla crescente consapevolezza ambientale e alla ricerca di metodi costruttivi più ecocompatibili.

Ad oggi in Italia si contano oltre 2.000 edifici di questo tipo; tra questi sono presenti almeno una ventina di edifici pubblici, quali scuole (v. foto 5 Arch. Fabio Cova), biblioteche comunali (v. foto 6 biblioteca Rosignano Marittimo), centri sociali oltre naturalmente ad agriturismi, ristoranti, cantine e, ovviamente, innumerevoli edifici ad uso abitativo privato.

ORIGINI E METODOLOGIA

Le prime costruzioni in balle di paglia risalgono alla seconda metà dell'Ottocento, quando nelle pianure del Nebraska, negli Stati Uniti, i pionieri si trovarono di fronte a

praterie pronte per essere dissodate e coltivate senza la necessità di deforestare o spietrare il suolo. La mancanza di roccia e legname li spinse a utilizzare le balle di paglia come materiale da costruzione strutturale, il fango come rivestimento delle pareti e le zolle di prato come copertura per il tetto (sod roof).

Le balle di paglia, abbondanti e poco costose, divennero una soluzione pratica per costruire abitazioni economiche e rapide da realizzare. Oggi questa tecnica, definita Nebraska o Autoportante, ha subito miglioramenti significativi grazie alla ricerca, alla tecnologia e alla maggiore attenzione verso la sostenibilità, oltre agli adeguamenti necessari alle normative vigenti sul nostro territorio.

Si possono trovare diverse tipologie di balle con dimensioni indicative espresse in cm:

- a)** balle: parallelepipedi 100 x 45 x 35
- b)** balloni o jumbo: parallelepipedi 100 x 100 x 200
- c)** rotoballe: cilindri diametro 120 x 100 di altezza.

A seconda del tipo di costruzione, utilizziamo sia le balle che i balloni con forma di parallelepipedo e sconsigliamo di di-

sfare le rotoballe (più facilmente reperibili) per ri-imballarle e conferire loro la forma di parallelepipedo. Le balle, con un peso variabile di circa 15-20 kg, vengono movimentate a mano, mentre i balloni o jumbo, con un peso che si aggira tra i 250 e i 300 kg, vengono posizionati nella muratura tramite gru da cantiere, trattore o muletto, a seconda del progetto e del contesto.

Con densità delle balle variabile dai 92 ai 180 kg/m³ si hanno valori indicativi di $U = 0,11-0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Minke 2005), $\lambda = 0,057 \text{ W/mK}$ (Andersen 2004), una capacità portante $> 54 \text{ ton/m}^2$ (Walker 2004) ma sul web e in bibliografia si trovano risultati di test e relativi certificati conformi alle normative europee vigenti che possono discostarsi a seconda delle caratteristiche specifiche delle balle di paglia prese in considerazione.

FONDAZIONI

Come per tutti gli edifici, al momento di scegliere il tipo di fondazioni da realizza-

re, è di estrema importanza capire quali siano gli aspetti geotecnici e climatici del contesto. In base a quanto previsto dal NTC 2018, che al capitolo 6.4.1. afferma: 'Le scelte progettuali per le opere di fondazione devono essere effettuate contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevazione', sarà basilare considerare che andremo a realizzare un edificio molto più leggero e più elastico rispetto a uno convenzionale in laterocemento. È quindi sconsigliato avere un appoggio estremamente rigido. Inoltre, è molto importante, come per tutti gli altri edifici, pensare a una fondazione che sia ventilata, soprattutto in zone con presenza di gas radon e che impedisca la risalita di umidità al fine di mantenere le pareti bene asciutte ed ottenere un ambiente salubre.

In molte situazioni, anche ad alto rischio sismico, si sono realizzate fondazioni con gabbioni e/o pietrame sciolto con i seguenti vantaggi:



Geom. Guido Zini



Arch. Fabio Cova

1. Adattabilità al terreno: questi tipi di fondazioni possono essere adattati alle condizioni specifiche del terreno. Il gabbione, invenzione italiana della prima metà del '900, viene utilizzato normalmente per realizzare strutture di contenimento di letti fluviali e pendii in montagna. Possono essere costruiti su terreni variabili, inclinati o con problemi di stabilità, consentendo di posizionare l'edificio in modo sicuro anche in aree con sfide geotecniche.

2. Stabilità: I gabbioni, che sono strutture a griglia riempite di pietre, e il pietrame sciolto offrono una solida base stabile per sostenere il peso delle pareti di balle di paglia e della struttura dell'edificio. Questi materiali forniscono una buona resistenza alla compressione e alla deformazione, mantenendo l'edificio in posizione sia sotto le sollecitazioni sismiche che del vento.

3. Drenaggio: Le balle di paglia sono sensibili all'umidità e possono degradarsi se vengono a contatto con acqua in modo prolungato e soprattutto senza la possibilità di asciugarsi. I gabbioni e il pietrame sciolto offrono un'eccellente capacità di drenaggio, consentendo all'acqua di defluire rapidamente attraverso il terreno sottostante. Questo aiuta a mantenere asciutta la base delle balle di paglia e a prevenire la decomposizione.

4. La flessibilità che caratterizza il gabbione è affine a quella che può presentare una struttura in elevazione di legno e paglia incontrando quindi la congruità prevista dalla normativa vigente.

5. Economicità: I gabbioni e soprattutto il pietrame sciolto possono essere opzioni economiche per le fondazioni, specialmente se i materiali sono disponibili localmente. Questo può aiutare a ridurre i costi complessivi della costruzione, rendendola più accessibile per molti progetti.

6. Sostenibilità: utilizzare materiali locali come pietrame sciolto e roccia per riempire i gabbioni può contribuire alla sostenibilità del progetto, riducendo l'energia e le risorse necessarie per trasportare materiali da altre fonti.

7. Resistenza agli agenti atmosferici: i gabbioni e il pietrame sciolto sono resistenti agli agenti atmosferici, il che significa che possono sopportare le variazioni di temperatura, l'esposizione al sole e alla pioggia senza subire danni significativi. Questa durabilità contribuisce alla lunga vita dell'edificio.

In sintesi, i gabbioni e il pietrame sciolto possono essere ideali per costruzioni con balle di paglia a causa della loro capacità di adattabilità, stabilità, drenaggio, flessibilità, economicità, sostenibilità e durata.

Tecnicamente saranno da considerare come "bonifica del suolo", mentre la fondazione vera e propria sarà di tipo superficiale in legno, come previsto al capitolo 6.4.2. NTC2018.

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

Esistono diverse tecniche per costruire con le balle di paglia. L'idea è quella di impilarle o sfalsarle come se fossero grandi blocchi da costruzione, con o senza una struttura portante, al fine di formare pareti solide e isolate termicamente e acusticamente.

TECNICA NEBRASKA O AUTOPORTANTE

Quando si costruisce senza telaio portante, è importante che le balle vengano sovrapposte sfalsate al fine di conferire alla parete una funzione strutturale oltre che agire come isolanti termici ed acustici, garantendo un elevato livello di comfort all'interno dell'edificio. In seguito, le pareti vengono rivestite internamente con intonaci a base di argilla ed esternamente

con grassello di calce, al fine di proteggerle dagli agenti atmosferici.

Sebbene in Italia, dal 01 luglio 2009 con l'entrata in vigore dell'NTC 2008, sia necessario utilizzare materiali certificati con funzione strutturale, e la paglia non è ancora stata certificata a questo scopo, per la costruzione della Biblioteca Comunale di Rosignano Marittimo (LI), di oltre 2.900 mq, è stata utilizzata questa tecnica. Nella fattispecie, la struttura portante è stata realizzata con pilastri in cemento armato e travi in legno lamellare; al di sotto di questa e svincolata da essa, sono stati realizzati lunghi muri divisorii con la tecnica Nebraska.

TECNICA A TELAIO E TAMPONAMENTO

La forma attualmente più utilizzata nel nostro paese è quella con struttura a telaio e tamponamento con le balle di paglia, con diverse varianti.

Una delle scelte chiave nella costruzione con balle di paglia riguarda il sistema di distribuzione dei pilastri, che possono es-



biblioteca Rosignano Marittimo (LI)



sere puntiformi o diffusi a pilastro singolo o doppio, tipo 'platform frame'.

Struttura portante: inizialmente, viene costruita la struttura portante, solitamente in legno, in cui i pilastri svolgono la funzione di portare il peso dei solai e del tetto. Si preferisce l'utilizzo del legno per maggiore affinità con la paglia. Nel caso in cui si operasse con strutture composte da altri materiali, quali ad esempio cemento armato, acciaio, pietra, mattone, ecc. sarà indispensabile tenere presente di non accostare mai direttamente i due materiali per non rischiare il deterioramento della fibra vegetale che nel tempo tenderebbe a marcire.

Qui di seguito, spiegherò le due principali tecniche:

1. Sistema a Pilastro Puntuale: questo sistema prevede il posizionamento di piedritti puntuali a formare, con le travi, uno scheletro che viene poi tamponato con le balle di paglia. Ecco come funziona:

- **Posizionamento dei pilastri:** possono essere distanziati di diversi metri tra loro, a seconda della geometria dell'edi-

ficio e dei relativi calcoli ingegneristici. Questi pilastri forniscono supporto strutturale, mentre la parete di paglia ha solo funzione di tamponamento, delimitazione e conclusione degli ambienti. In base al loro posizionamento, i pilastri possono essere accostati alla parete verso l'interno dell'edificio, inglobati in essa oppure, più raramente, accostati all'esterno.

- **Posizionamento delle balle di paglia:** in questo caso le balle di paglia si posizionano distese, quindi sovrapposte e sfalsate tra loro nei diversi corsi.

2. Sistema a Pilastrino singolo o doppio: questa tecnica richiama la tipologia del 'platform frame' e utilizza due pilastri singoli o paralleli per contenere le balle di paglia. Ecco come funziona:

- **Posizionamento dei pilastri:** come nel sistema a pilastro singolo, viene costruita una struttura portante ma diffusa, con pilastri di dimensioni ridotte, che possono essere singoli o doppi collegati da distanziali a formare piccole scale posizionate ortogonalmente rispetto alla parete, a una distanza che



può variare a seconda del progetto, dai 40 cm al metro.

- **Inserimento delle balle:** le balle di paglia inserite tra i pilastri possono essere orientate verticalmente o orizzontalmente, a seconda delle esigenze di progettazione, comprimendole all'interno degli spazi creati dai telai di legno in modo tale che la parete possa collaborare con la struttura portante. Con questa tecnica si ottiene un muro più omogeneo con una distribuzione dei carichi e delle sollecitazioni più uniforme, acquisendo così una migliore resistenza al vento e al sisma.

Entrambe queste tecniche forniscono un eccellente isolamento termico, ed è importante garantire una buona compatibilità tra la struttura portante e la distribuzione dei pilastri per garantire la stabilità strutturale dell'edificio. È importante notare che le normative locali e la consulenza di un professionista esperto in edifici in paglia sono fondamentali per garantire che la costruzione sia sicura e non provochi problemi nel tempo.

TECNICA PREFABBRICATO

Anche nelle costruzioni in paglia sta diffondendosi la realizzazione di prefabbricati. In laboratorio si realizzano quindi le strutture modulari a telaio portante, nelle quali vengono inserite ben compresse le balle di paglia. La fase di assemblaggio dei moduli si effettua poi in cantiere in tempi rapidissimi, evitando così inconvenienti dovuti alle avverse condizioni climatiche e riducendo notevolmente i tempi di cantierizzazione.

In ogni caso, è fondamentale che le balle di paglia vengano compresse tra loro, sia per evitare interstizi che potrebbero diventare ponti termici, sia per conferire al muro stabilità strutturale ed evitare che si possano assestare nel tempo, creando spazi vuoti nella parte alta della parete con conducibilità termica differenti dalla parte sottostante, con conseguente possibile formazione di condense e muffe.

TECNICA CON INSUFFLAGGIO PAGLIA

Si è anche visto che realizzando involucri di legno, dentro i quali versare paglia trin-

ciata e depolverizzata, si ottengono pareti omogenee con capacità isolante identica a quella delle pareti realizzate con le balle di paglia.

Si possono pertanto realizzare moduli prefabbricati riempiti in magazzino, oppure costruire i cassoni direttamente in cantiere per effettuare quindi il riempimento con macchine insufflatrici. Anche in questo caso si velocizzano notevolmente i tempi di realizzo.

VANTAGGI RELATIVI ALLA SOSTENIBILITÀ

Le costruzioni con le balle di paglia offrono una serie di vantaggi significativi dal punto di vista ambientale, economico e sociale:

1. Riduzione dell'impatto ambientale: a differenza di altri materiali vegetali da costruzione, la paglia è un materiale di scarto della coltivazione dei cereali (cosiddetti a paglia), quali grano tenero o duro, orzo, farro, riso, avena, segale, miglio ed è biodegradabile, abbondante e rinnovabile annualmente, in quanto ogni anno produciamo i cereali per l'alimentazione umana e animale.

Questo comporta una notevole riduzione dell'uso di risorse non rinnovabili. Inoltre, in quanto sottoprodotto della coltivazione dei cereali, genera un'impronta di carbonio assai bassa, contribuendo alla lotta contro il cambiamento climatico.

2. Elevata efficienza energetica: le pareti in balle di paglia offrono un'elevata capacità isolante, riducendo la dispersione termica e il consumo energetico per il riscaldamento o il raffreddamento dell'edificio.

Con una corretta progettazione bioclimatica solare passiva si possono abbattere, se non addirittura annullare, i costi per la progettazione e realizzazione di suddetti impianti e delle spese operative a lungo termine.

Se si abbinano le raccolte e stoccaggio delle acque piovane (v. foto 3 Arch. Jimmi Pianezzola), si ottengono ulteriori passi verso una maggiore sostenibilità.

3. Costi ridotti: le balle di paglia sono ge-

neralmente economiche e facilmente reperibili in molte regioni. Inoltre, il processo costruttivo può richiedere meno manodopera specializzata rispetto a tecniche convenzionali.

4. Salubrità degli ambienti interni: i materiali naturali utilizzati nelle costruzioni in balle di paglia contribuiscono a migliorare la qualità dell'aria interna, riducendo la potenziale esposizione a sostanze chimiche nocive rilasciate da diversi materiali cementizi e/o sintetici.

5. Flessibilità del design: questa tecnica costruttiva consente flessibilità nel design degli edifici, incoraggiando la creatività e l'adattabilità architettonica.

È possibile realizzare quindi edifici con un design classico (v. foto 1 **Geom. Andrea Bedin**) oppure minimale (v. foto 7 **Arch. Paolo Boni**). In alcuni casi si sono dovuti rispettare i vincoli storico-architettonici come nel caso dell'edificio realizzato ai piedi della rocca di Matilde di Canossa (v. foto 4 **Geom. Guido Zini**).

6. Coinvolgimento comunitario: in alcune fasi della costruzione in balle di paglia si possono coinvolgere la comunità locale, incoraggiando la partecipazione attiva nella costruzione delle abitazioni.

Questo capita spesso in cantieri destinati all'edilizia privata, ma in diversi casi si sono tenute attività di gruppo anche in cantieri di edilizia pubblica comunale.

SFIDE E CONSIDERAZIONI

Nonostante i vantaggi, le costruzioni in balle di paglia presentano anche alcune sfide:

1. Controllo dell'umidità: è essenziale proteggere le balle di paglia dall'esposizione all'acqua, poiché potrebbe causare decomposizione e degrado.

Come per molti altri materiali organici, quali legno, canapa, lana, ecc., o minerali quali gesso, calce idrata o cemento in sacco ecc., è fondamentale che non vengano a contatto con l'acqua; bisogna quindi prendere le opportune precauzioni per tenere al riparo questi mate-

riali durante le diverse fasi costruttive. Una volta realizzata la parete, la paglia non ha problemi a bagnarsi se può asciugarsi in tempi rapidi.

Si rende quindi necessario intonacare la parete con materiali il più possibile traspiranti quali la terra cruda (intonaci in argilla) e tra le diverse tipologie di calci, il grassello è quella che si dimostra essere il più performante con un $S_d = 0,2-0,4$ m. (Rattazzi 2007). Intonaci contenenti calce idraulica o cemento hanno provocato in diversi casi problemi di putrefazione. Si deve quindi prestare molta attenzione all'utilizzo di materiali corretti.

2. Normative Edilizie: dal 2009, con l'entrata in vigore dell'NTC 2008, l'utilizzo della balla di paglia con funzione strutturale è subordinato alla certificazione del materiale. Per quanto mi risulta, ad oggi, nessuno ha certificato questo meraviglioso materiale a tal fine. In quasi tutto il resto del mondo è quindi possibile costruire edifici "autoportanti" o in "Stile Nebraska", ovvero senza struttura portante a telaio in altri materiali. In Italia non è ammissibile. Paradossalmente, in Italia è presente il più alto edificio in balle di paglia autoportanti d'Europa, edificato prima dell'entrata in vigore del suddetto NTC 2008, realizzato dall'Arch. Werner Schmidt in Alta val Venosta. Questo edificio di oltre 140 mq. è alto 16 metri e conta 4 piani (v. foto 2 Arch. Werner Schmidt).

3. Preconcetti e percezioni: le costruzioni in balle di paglia vengono spesso ancora viste con scetticismo sia da potenziali committenti che da professionisti che non hanno approfondito l'argomento. È una tecnica relativamente nuova in Italia, il primo edificio infatti risale al 2003, in Veneto (v. foto 8 La Boa Stefano Soldati), e spesso si è reso necessario rendere edotti gli enti locali, territoriali o regionali preposti all'approvazione dei progetti sulla regolarità di queste costruzioni.

4. Resistenza al fuoco: nonostante le preoccupazioni iniziali, le costruzioni in balle di paglia ben compresse sottoposte a diversi test per verificarne la resistenza al fuoco, hanno dimostrato che grazie alla

scarsità di ossigeno all'interno della parete intonacata possono arrivare a resistenza al fuoco REI 90 o REI 120 a seconda della stratigrafia realizzata.

Non è quindi necessario trattare la paglia con prodotti ignifughi.

5. Presenza di parassiti: uno dei timori comuni è che le costruzioni in paglia vengano attaccate da insetti e roditori.

La paglia non è un materiale appetibile per parassiti come termiti o altri insetti xilofagi. Questi insetti preferiscono materiali come il legno, che forniscono loro cibo e non si nutrono di paglia.

Un altro elemento importante nella prevenzione della presenza di animali è la corretta sigillatura degli intonaci intorno ai serramenti e alle aperture.

Questo non solo impedisce l'accesso agli animali, ma fornisce anche un ulteriore strato di protezione contro l'umidità e gli agenti atmosferici.

CONCLUSIONI

Le costruzioni in balle di paglia rappresentano un'alternativa promettente nell'ambito delle costruzioni sostenibili, unendo aspetti di efficienza energetica, materiali rinnovabili e design innovativo.

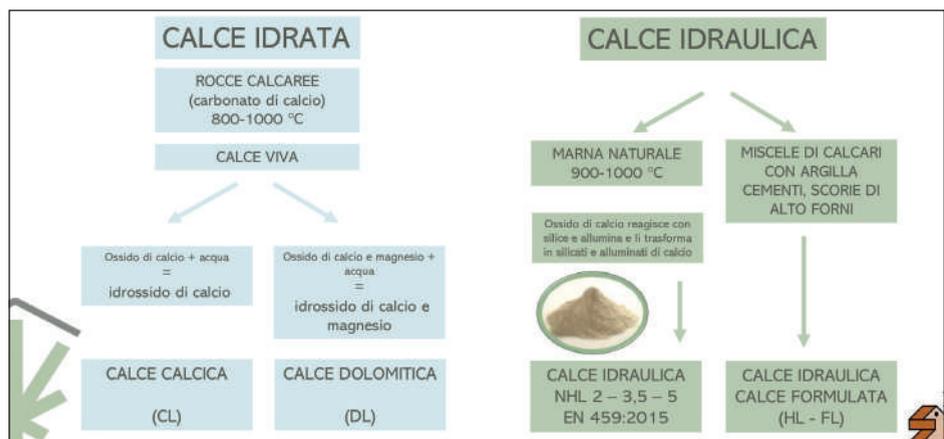
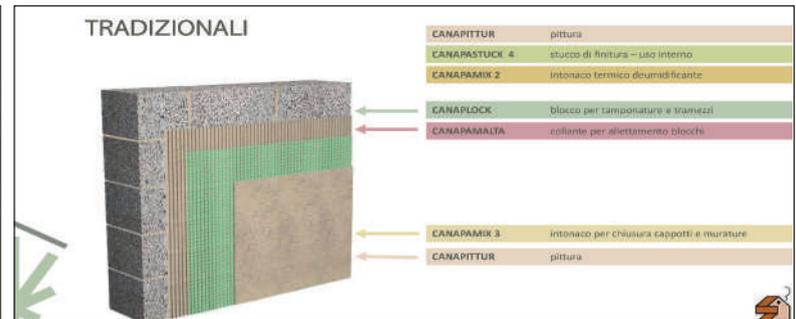
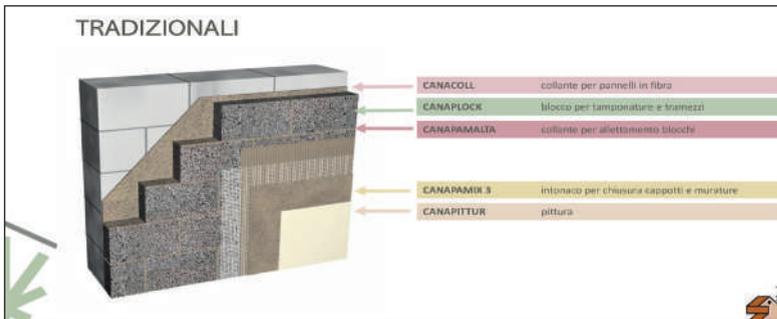
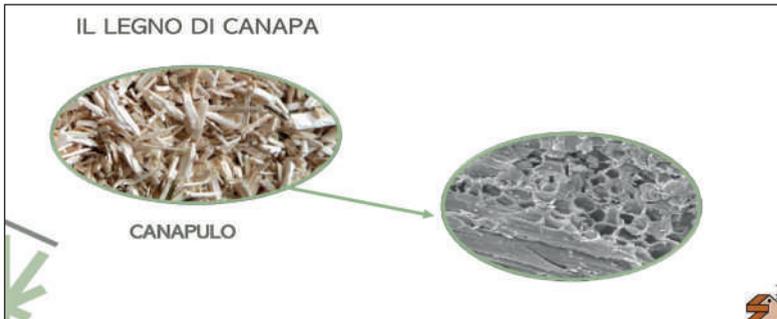
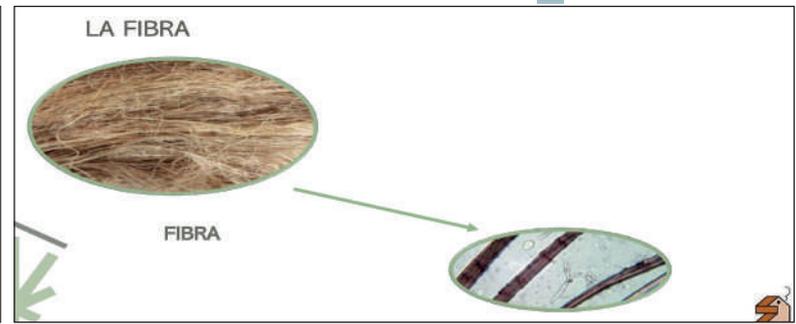
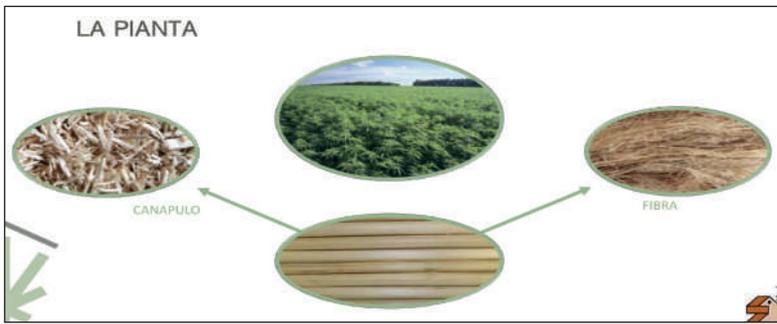
Nonostante alcune sfide, questa metodologia offre un modo creativo ed ecologico per affrontare le esigenze abitative del presente senza compromettere il futuro delle generazioni successive.

Con il giusto impegno nella ricerca, nella formazione e nella sensibilizzazione, le costruzioni in balle di paglia potrebbero giocare un ruolo significativo nel plasmare un mondo costruito più sostenibile e armonioso.



Coibentazione di strutture in legno con materiali in fibra e legno di canapa





Il **geometra Simone Secchiaroli** (Gruppo Secchiaroli srl) e la **dott.ssa in Scienze Internazionali e diplomatiche Mariaelena Alessandrini** (Divisione Edilcanapa di Metalinea Srl) con il titolo "Coibentazione di strutture in legno con materiali in fibra e legno di canapa" hanno affrontato l'evoluzione dei materiali e delle tecnologie produttive. L'evoluzione dei materiali e delle tecnologie produttive, la crescente cultura della sostenibilità ambientale e la necessità di vivere sano sono solo i punti di partenza per un nuovo modo di immaginare, progettare e costruire.

I materiali in fibra e legno di canapa costituiscono una nuova soluzione per tamponare e isolare le strutture in legno, con elevate prestazione termiche ma anche di sfasamento, utilizzando prodotti naturali e traspiranti e che consentano il riutilizzo a fine ciclo vita. L'eco design comporta infatti, un impiego efficiente delle risorse e dei materiali, un processo produttivo a basso impatto ambientale, ridurre i rifiuti e il riciclo a fine vita. Sono state evidenziate anche le normative: il Regolamento UE N. 305/2011 riguardo le condizioni armonizzate per la commer-



CANAPULO E CALCE IDRAULICA NHL 5

CANAPLOCK	blocco per tamponature e tramezzi
CANAPAMALTA	collante per allettamento blocchi
CANACOLL	collante per pannelli in fibra
CANAPAMIX 2	intonaco termico deumidificante
CANAPAMIX 3	intonaco per chiusura cappotti e murature
CANAPASTUCK	stucco di finitura – uso esterno
CANAPASTUCK 4	stucco di finitura – uso interno
CANAPAMASS	massetto isolante
CANAPAMASS BM11	massetto calpestabile

cializzazione dei prodotti da costruzione e il DM 2 aprile 1998 inerente le modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti a essi connessi.

Le regole e le procedure previste dalle norme tecniche per la valutazione di materiali isolanti omogenei richiamano poi l'impiego del valore di conduttività termica dichiarata con riferimento alla UNI EN ISO 10456:2008 per quanto riguarda le modalità statistiche di rappresentatività del dato. Tale norma prevede infatti delle forti maggiorazioni della conduttività in funzione del numero di misure effettuate, indica i procedimenti per la determinazione dei valori tecnici dichiarati e richiama le pertinenti norme per l'esecuzione delle misure.

La relazione tratta infine dell'inquinamento indoor presentando una serie di sintomatologie riconducibili alla presenza di elementi tossici all'interno degli ambienti domestici e di lavoro.

La "Sindrome da edificio malato" (SBS – Sick Building Syndrome) è una conseguenza le cui malattie sono riconosciute dalla **Organizzazione Mondiale della Sanità**.





Direttiva Case Green è stata approvata dal Parlamento europeo

Per gli edifici residenziali esistenti **PRIVATI**

entro il 2030

Classe energetica E

entro il 2033

Classe energetica D

dal 2028

nuovi edifici - emissioni zero

Per gli edifici **PUBBLICI** e non residenziali

entro il 2027

Classe energetica E

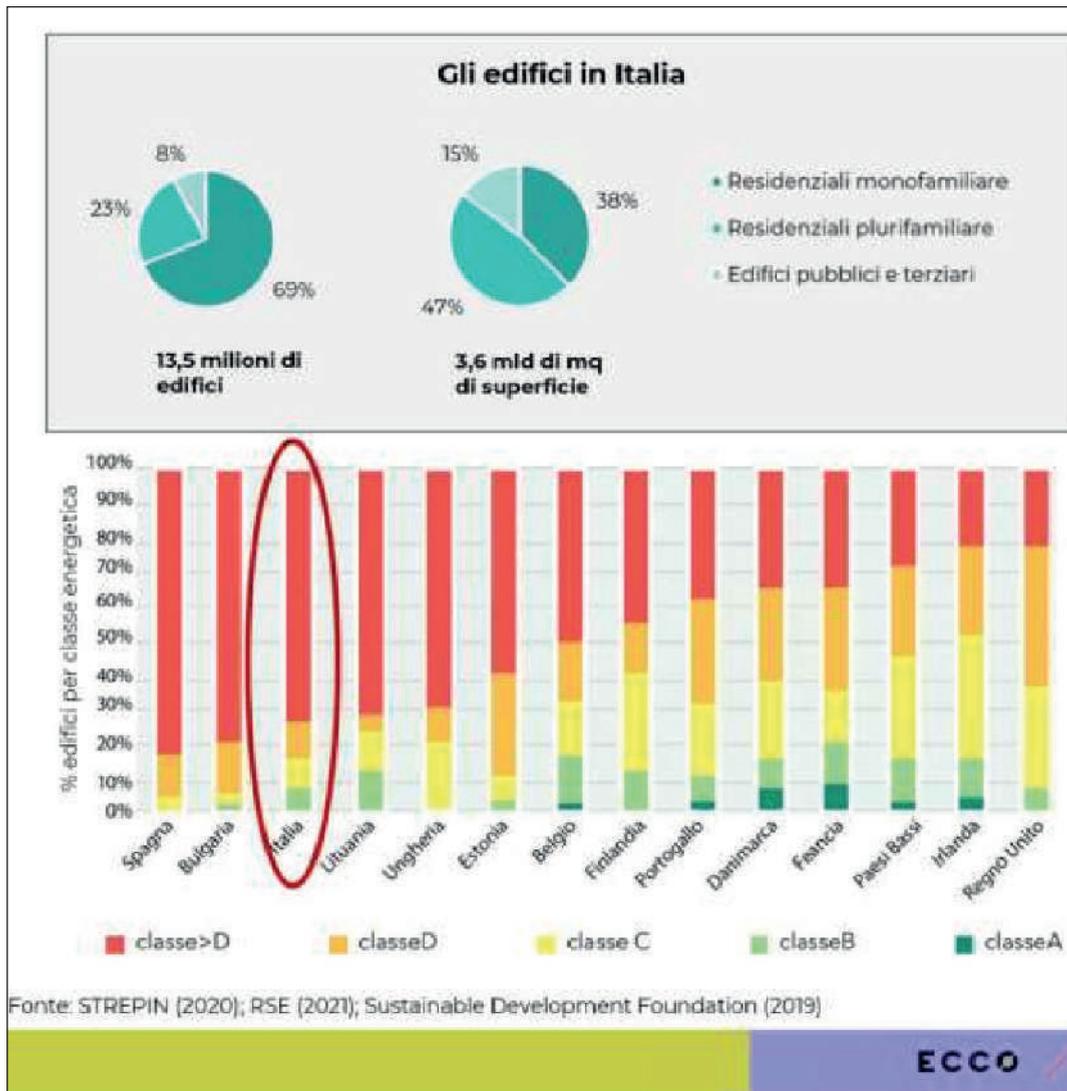
entro il 2030

Classe energetica D

dal 2028

nuovi edifici - emissioni zero





Altro



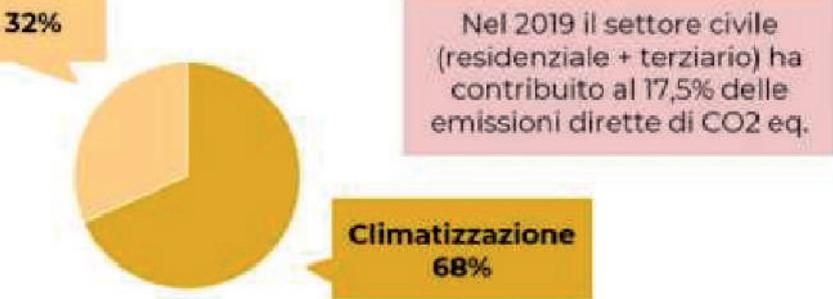
Si trascorre il 90-95% del proprio tempo in ambienti chiusi, la concentrazione di inquinanti indoor è 1-5 volte superiore rispetto all'esterno e l'esposizione da 10 a 50 volte superiore rispetto all'outdoor.

Il consumo medio quotidiano pro capite di aria è di circa 8000 litri. L'approccio migliore per garantire un'adeguata qualità dell'aria indoor (IAQ) è: selezionare i materiali per le costruzioni, valutare impianti di riscaldamento/refrigerazione idonei, scegliere con cura gli arredi e preferire materiali per la pulizia non troppo aggressivi.

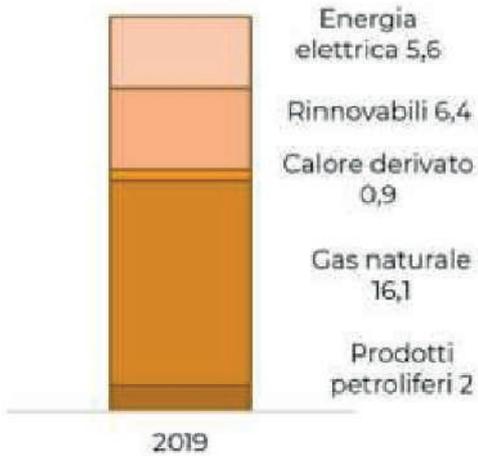




Consumo di energia finale nel residenziale



Suddivisione dei consumi per fonte



Nel grafico la stima del patrimonio edilizio italiano che risulta prevalentemente in classe D.
A sinistra il massetto isolante Canap-mass disponibile in sacchi da 25 Kg.

I serramenti per le costruzioni di legno. Il sistema ad alzante scorrevole a levitazione magnetica



La parte opaca dell'involucro oggi completa le abitazioni contemporanee con serramenti esterni minimalisti, la cui versione più evoluta sono i sistemi tutto vetro, prodotti ultrasottili che nascondono quasi completamente il telaio anche su finestre di grandi dimensioni donando così più luce naturale agli ambienti e quindi contribuendo al comfort indoor. Di questo ha parlato il **dott. Giuseppe Pancione** (Luxury Windows Italia) in "I serramenti per le costruzioni di legno. Il sistema ad alzante scorrevole a levitazione magnetica". Nell'intervento sono stati trattati la nuova

tecnologia delle finestre in legno applicate alle costruzioni e in particolare alle case in legno con sistemi minimalisti e ad alto efficientamento energetico e il sistema brevettato "Prospettico" a levitazione magnetica di cui sono state descritte tecnologia e applicazioni. La finestra ideale dovrebbe garantire le performance dell'alzante scorrevole anche quando l'anta è minimale, permettere di realizzare il serramento nel materiale preferito consentendo di aumentare la parte vetrata e, infine, non richiedere opere murarie per installare il prodotto.

In queste pagine i serramenti minimali ad alzante scorrevole a levitazione magnetica Luxury Window Italia.

di Giuseppe Pancione

TOR VERGATA

Per questo Prospettico, rappresentato da Luxury Windows Italia, ha studiato un alzante scorrevole che utilizza un binario superiore, che permette di nascondere completamente il telaio nel muro per far risaltare solo l'estetica dell'anta, che abbia una facilità di sollevamento e uno scorrimento leggero e che utilizzi delle

guarnizioni perimetrali che consentano una performance ottimale.

Per ottenere questo è stata spostata all'interno del telaio la ferramenta che normalmente viene installata nell'anta.

Questo ha permesso di ridurre al minimo lo spessore dell'anta della finestra e poter



nascondere il telaio all'interno del muro. Fra le caratteristiche di "Prospettico Magnetico", da evidenziare la movimentazione di ante fino a 250 Kg/lm (massimo 1.000 Kg) con movimento su magneti permanenti (che non necessitano di elettricità e sono garantiti 400 anni), il cui elemento di sollevamento è completamente

nascondo nel traverso superiore del telaio che quindi a terra non richiede nessuna opera di muratura.

Il profilo dell'anta è racchiuso in soli 49 mm, portati tutti oltre luce muro, ottenendo la perfetta corrispondenza luce muro e luce vetro.

Il nodo centrale è di soli 95 mm.



di Giuseppe Pancione

TOR VERGATA



L'innovazione dell'alzante scorrevole a levitazione magnetica di Prospettico unisce le alte prestazioni dei serramenti scorrevoli al design minimal delle ante e alla totale scomparsa di barriere a pavimento, per una casa sicura e accessibile a tutta la famiglia.

Il sistema magnetico permette uno spostamento dell'alzante senza attriti con due modalità di apertura: manuale o automatizzata.

Inoltre garantisce un eccellente isolamento sia termico che acustico e non necessita di alcuna manutenzione.



La risposta delle costruzioni in legno all'inquinamento indoor

Cosa si intende per inquinamento indoor?

Tutto quell'insieme di fattori che concorrono alla formazione di elementi di disturbo con caratteristiche di inquinamento dell'aria indoor o dell'ambiente costruito, che possono essere di origine antropica o naturale ed essere concausa dell'insorgere di patologie, più o meno gravi: dalle cefalee alle allergie fino a patologie invalidanti.

FATTORI DI INTERAZIONE

I fattori di interazione possono essere di

origine antropica o naturale, fra i primi vi sono (Figura 1):

- onde radio
- elettrosmog
- inquinamento acustico
- inquinamento luminoso
- materiali da costruzione
- arredamento

Fra quelli di origine naturale, invece, si possono trovare:

- reti di interazione naturale
- discontinuità geologiche



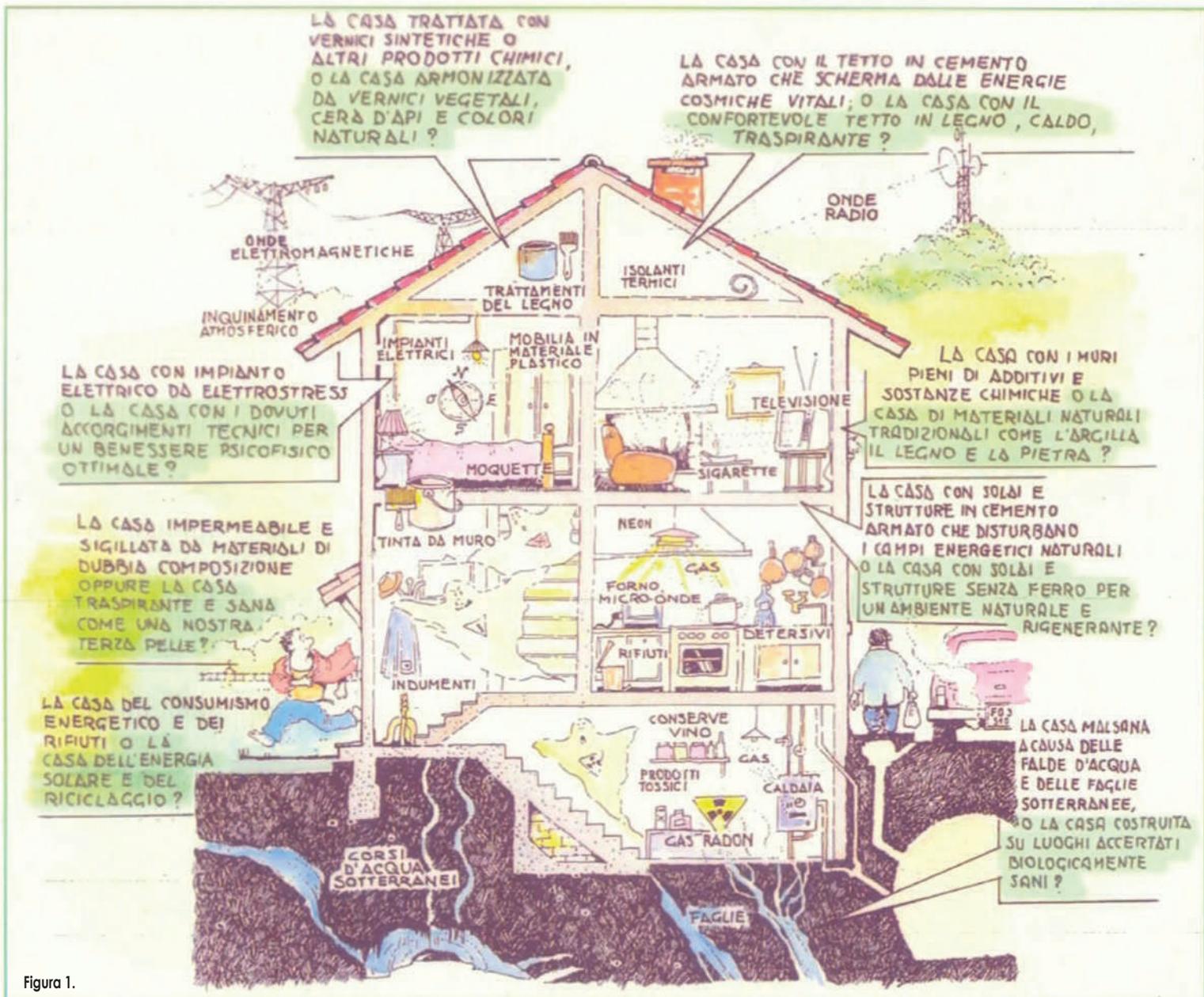


Figura 1.

- falde acquifere
- gas radon
- composizione del suolo
- radioattività di base
- disturbi magnetici

le soluzioni di mitigazione possono essere di diverso tipo e, nella maggioranza dei casi, vanno applicate in fase di progettazione dell'edificio.

Di **inquinamento indoor** si parla da decenni, negli ultimi anni con maggiore attenzione, in parte dovuta anche all'esperienza dei periodi di lockdown, ma l'assenza di una vera e propria normativa, disattende a quelle che dovrebbero essere delle vere e proprie regole del costruire sano.

Negli ultimi anni si è posta maggiore attenzione alle problematiche legate alla qualità dell'aria interna ed è aumentata l'offerta a livello della sua analisi, con l'utilizzo di rilevatori elettronici di agenti inquinanti, che possono attivare in automatico sistemi di ricircolo e filtrazione dell'aria, ma **è la risposta adeguata?**

Non sempre e, comunque, non in maniera risolutiva perché è necessario iniziare a pensare, laddove è possibile, in prevenzione, non solo in correzione.

La progettazione delle nuove costruzioni può prevedere soluzioni che limitano l'inquinamento indoor dovuto a fattori antropici attraverso una corretta scelta dei materiali da impiegare, sia per le strutture

Figura 2.



che i tamponamenti, per giungere a finiture e arredi.

Le costruzioni in legno e con materiali di derivazione naturale, non di sintesi, realizzate, ovviamente, in assenza o quasi di colle/resine, con attenzione alla progettazione degli impianti e all'inserimento nel territorio, sono una risposta concreta all'abbattimento dell'inquinamento indoor e anche outdoor, derivante dalla produzione dei materiali stessi.

Bisogna porre attenzione alla scelta dei materiali e ricordare che:

un materiale naturale è "bio" non "eco".

il suffisso deve essere letto nella sua accezione più completa e confortato dalla presenza di una scheda tecnica, che ne definisca tutti i componenti, che devono essere **naturali e a ciclo chiuso non di sintesi**.

Bioedilizia non è solo risparmio energetico, ma deve essere garanzia della qualità dei materiali e impianti utilizzati al fine di concorrere a un involucro edilizio volto non solo al risparmio energetico, ma anche salutistico (Figura 2).

INTERAZIONI CON L'ORGANISMO

L'inquinamento indoor (e anche outdoor) influisce sul nostro benessere ed è ormai provato che un mancato benessere psicofisico compromette lo stato di salute dell'individuo.

Non dimentichiamo che la salute ha un costo pubblico e privato, nonché economico ed emotivo.

La ricerca MaVE - Material Value Exposure, condotta da **IRSA - Istituto Ricerche Scienze dell'Abitare**, ha evidenziato come alcuni materiali, più di altri, possono miti-



In questa pagina alcune immagini relative al progetto di ricerca MaVE realizzato dal gruppo di lavoro IRSA: a sinistra la Figura 3 e a destra la Figura 4 che illustra un prototipo MaVE (progetto arch. Viviana Deruto, realizzazione FBE Woodliving).

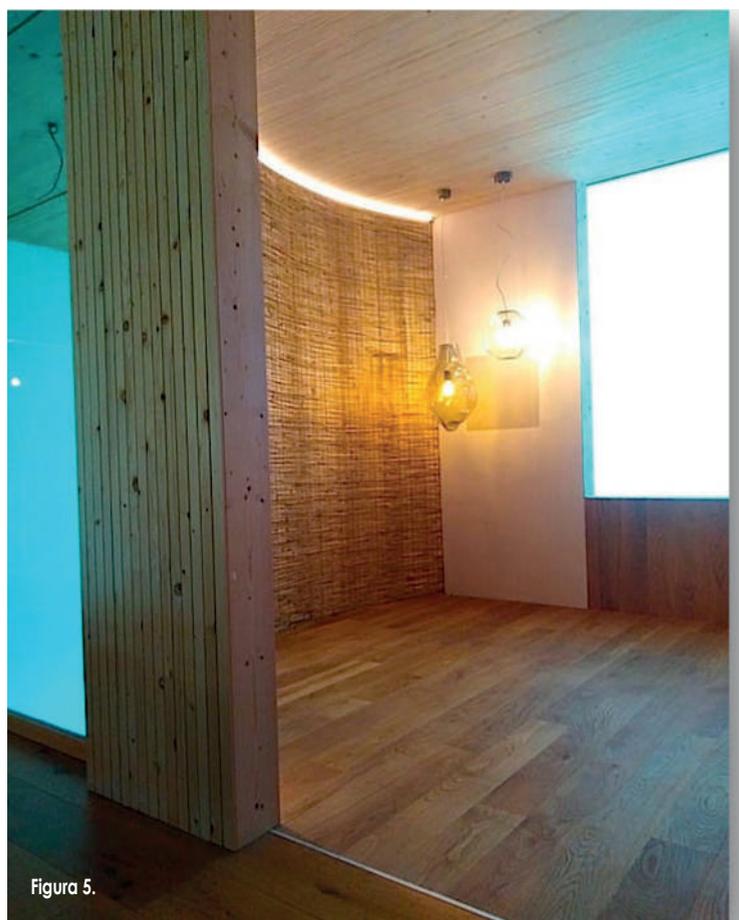
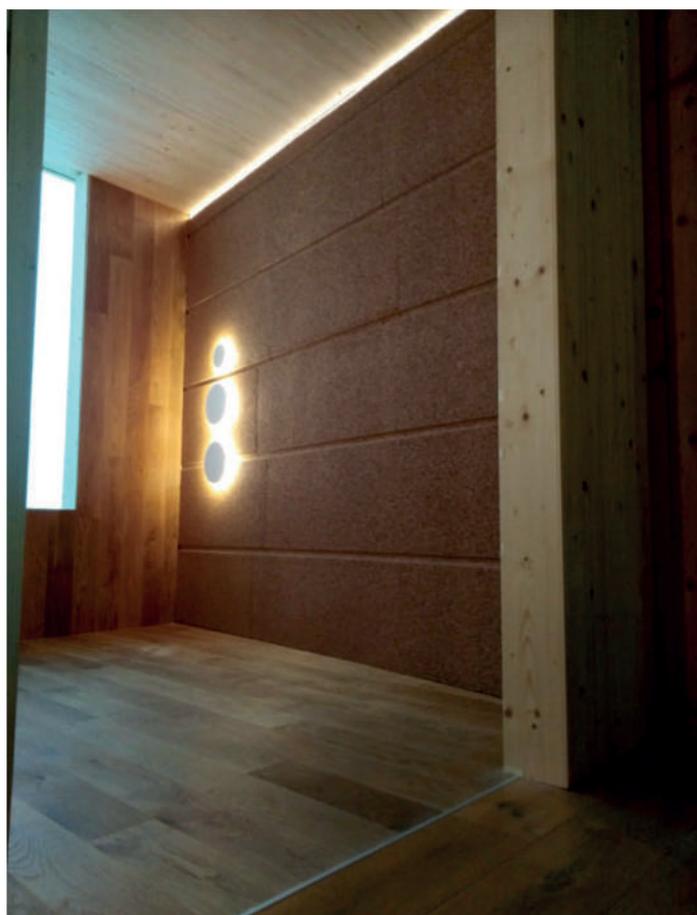


Figura 5.



gare alcuni dei fattori di disturbo, primo fra tutti il legno, in tutte le sue declinazioni, ha dimostrato capacità di agire a livello biofisico, modificando la nostra risposta all'ambiente interno e consentendo una percezione di maggior comfort abitativo. I risultati della **ricerca MaVE** sono confluiti nella realizzazione di due prototipi, il primo, utilizzato per le fasi dei test e dei rilievi biofisici, si trova a La Spezia, ed è stato denominato "comfort room" (Figura 3).

Il secondo si trova a Vicenza ed è l'applicazione non solo dei risultati, ma la dimostrazione che il legno è un materiale versatile, capace di migliorare il comfort abitativo con risultati estetici apprezzabili sia dal punto di vista architettonico che del design di interni. (Figure 4 – 5 – 6 – 7).

CONCLUSIONI

Noi passiamo il 90% del nostro tempo in ambiente costruito: è necessario che sia non solo confortevole, ma anche sano.

Il concetto di risparmio va ampliato da energetico a salutistico, perché la salute ha un costo: sociale, economico e, soprattutto, emotivo, come i due anni della Pandemia ci hanno insegnato.

Una progettazione degli spazi costruiti che tenga conto dei fattori di rischio, dall'inquinamento indoor alla sicurezza strutturale, e delle esigenze dei futuri fruitori, può aiutare a un reale miglioramento dell'abitare e del lavorare.

I risultati delle ricerche che si sono occupate di analizzare le reazioni psicofisiche ai materiali presenti in un edificio, dalle strutture agli arredi, e di quelle che hanno testato le risposte strutturali, dal cemento armato al legno, hanno dimostrato che, a parità di impatto visivo, di integrazione e armonizzazione nel paesaggio circostante, **si può produrre un'architettura di qualità, compatibile con l'ambiente in tutte le sue fasi: produzione, utilizzo, dismissione.** Per circa trent'anni il tema della salute

Le due immagini sopra (Figura 5) illustrano un prototipo MaVE (progetto arch. Viviana Deruto, realizzazione FBE Woodliving).



Figura 7.

all'interno degli spazi costruiti è stato sviluppato solo in un ambito ristretto, ma gli eventi degli ultimi anni e le mutate esigenze di utilizzo degli spazi domestici, hanno ortato alla ribalta aspetti prima spesso sottovalutati.

Il parametro più utilizzato per la misura del comfort abitativo è quello termoigrometrico, ma **vi sono svariati fattori che determinano il benessere indoor**, solo negli ultimi anni e solo ancora in un ambito ristretto, se ne tiene conto in contesto progettuale. La così detta sindrome dell'edificio malato, "sick building syndrome" ha posto l'accento soprattutto sui problemi legati ai fenomeni di condensa e di conseguente formazione di muffe, ma i fattori di disturbo all'interno di uno spazio costruito sono molteplici, i più legati ai materiali con i

quali sono realizzati gli edifici e gli arredi, ma non solo.

È, ormai, scientificamente provato che alcune problematiche derivanti dai fattori di inquinamento indoor possono essere concausa di diverse patologie, più o meno gravi, o, nel minore dei casi, essere generatori di discomfort.

La pandemia e la necessità di un utilizzo prolungato degli spazi domestici, anche per motivi lavorativi, ha portato alla consapevolezza della presenza di questi fattori di disturbo e alla necessità che gli ambienti costruiti siano sani e confortevoli.

L'utilizzo di **materie prime naturali**, non di origine petrolchimica, **sia per i materiali da costruzione che per gli arredi**, ha dimostrato di indurre la migliore risposta psicofisica nei soggetti testati, consentendo,



Figura 6.

inoltre, di realizzare ambienti a inquinamento indoor quasi nullo.

Quasi perché un'altra problematica è rappresentata dagli impianti, non solo termoidraulici, ma anche elettrici e di wifi, che generano **inquinamento elettromagnetico**, anch'esso limitabile, il più delle volte, con accorgimenti in fase di progettazione, spesso di facile attuazione, anche in fase di ristrutturazione.

Sano è anche sinonimo di sicuro per cui va posta attenzione anche verso i sistemi costruttivi che meglio rispondono, non solo agli aspetti di risparmio energetico, ma anche di sicurezza in caso di sisma o di altri eventi ambientali estremi.

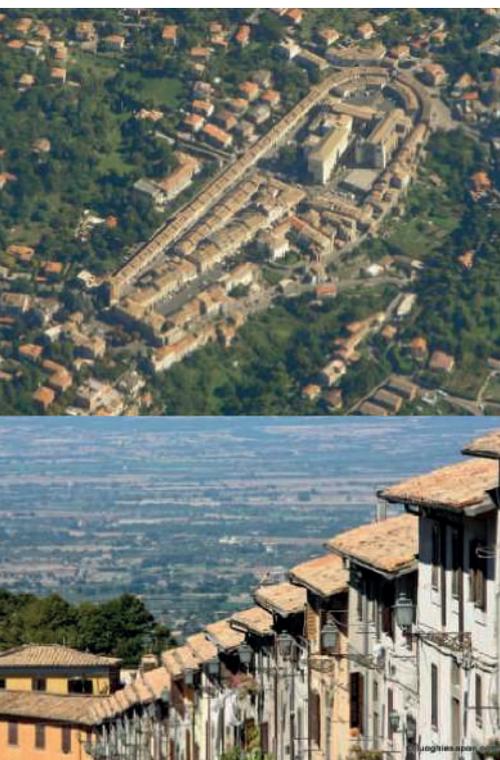
Le prove sulle piattaforme vibranti hanno dimostrato come le strutture in legno siano quelle che meglio rispondono alle

sollecitazioni, mantenendo la propria integrità strutturale anche a seguito di sollecitazioni estreme, come quelle che si sono avute durante il terremoto di Kobe.

Le sensazioni di comfort o discomfort percepite all'interno degli spazi costruiti dipendono anche dalla sicurezza che una struttura ci trasmette e dalla sua capacità di riequilibrare le nostre **risposte biofisiche**. La maggiore salubrità di un ambiente costruito significa anche una migliore risposta psicofisica e quindi il benessere dei suoi fruitori.

Il messaggio che in futuro dovremo far passare è la comprensione che non è il mondo che dobbiamo salvare, ma noi stessi, un concetto che sta alla base della difesa ambientale, anche se non ancora del tutto compreso.

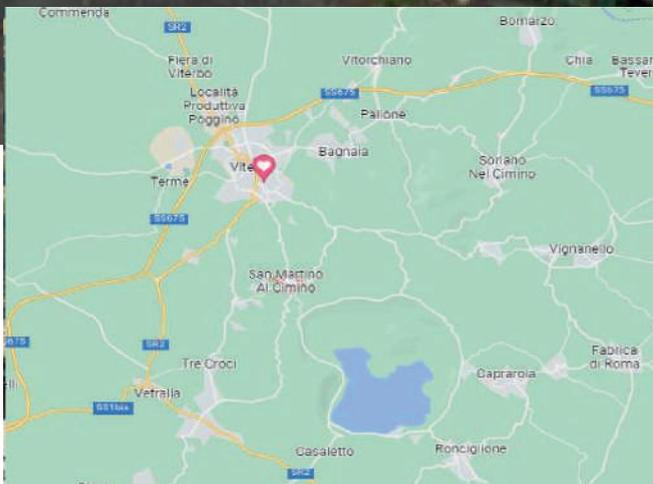
In queste pagine, sopra la Figura 6 e nella pagina di sinistra la Figura 7.



In equilibrio tra novità e tradizione. Il Caso emblematico di un edificio multipiano in legno nella splendida cornice di uno dei borghi medievali più belli della Toscana

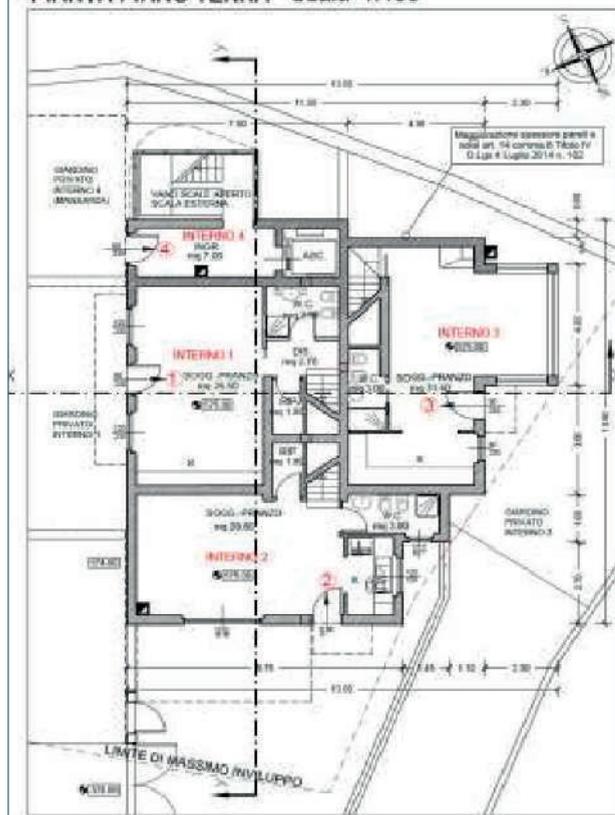
In questa doppia pagina di apertura la localizzazione del cantiere: San Martino al Cimino si trova a soli otto chilometri da Viterbo, sui Monti Cimini, in posizione panoramica verso Viterbo e il Mar Tirreno, e rappresenta uno dei borghi medievali più belli della Toscana. In basso, nella pagina destra una foto della realizzazione dell'edificio multipiano in legno.

AREA FABBRICABILE

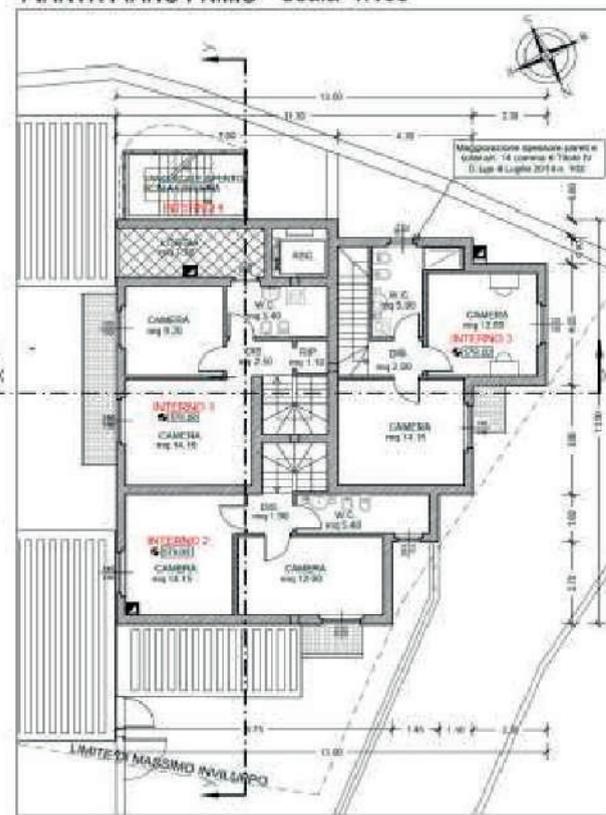




PIANTA PIANO TERRA Scala 1:100



PIANTA PIANO PRIMO Scala 1:100



In questa doppia pagina, in alto l'antico centro medioevale, cresciuto intorno all'abbazia cistercense, fu riadattato nel XVII secolo dal Borromini secondo il gusto dell'epoca, ma conserva tracce della vecchia cortina muraria e dell'originaria struttura urbanistica. La parte alta del centro abitato conserva l'Abbazia e il seicentesco Palazzo Doria Pamphili, costruito per iniziativa di Donna Olimpia, utilizzando parte dei materiali avanzati dalla ristrutturazione del palazzo di proprietà della famiglia Pamphili sito a Roma in piazza Navona. Poco distante, a ovest del borgo medioevale, è collocata l'area di cantiere. Sotto le tre planimetrie dell'edificio residenziale con 3 piani fuori terra con struttura portante verticale e solai interpiano in X-LAM e struttura solaio di copertura in legno lamellare di Abete, da sinistra a destra: il piano terra, il primo piano e il piano mansarda.

L'ingegner Francesco Sturabotti (Silvestri Legnami Srl/ Dipl. Techniker in HF Holztechnik) ha seguito con la presentazione di un progetto "In equilibrio tra novità e tradizione. Il Caso emblematico di un edificio multipiano in legno nella splendida cornice di uno dei borghi medievali più belli della Toscana". L'edilizia vive da sempre in bilico tra tradizione e innovazione, tra conservazione e cambiamento, certezze e imprevisti ma, da alcuni anni, le esigenze delle persone impongono continui adeguamenti dei sistemi costruttivi grazie all'uso dei diversi materiali, a nuove modalità operative di progettazione e realizzazione, ai processi che portano al raggiungimento degli obiettivi e soprattutto

a nuovi paradigmi di pensiero necessari per rispondere ai mutati bisogni climatici, energetici, sociali, economici. Quello che è stato descritto è un progetto virtuoso fatto di integrazione e collaborazione tra tutti i professionisti che hanno lavorato in sinergia per realizzare una palazzina in legno rapida nella costruzione e a basso fabbisogno energetico. Negli ultimi anni è sempre più frequente l'utilizzo di strutture lignee nell'ambito delle costruzioni. Tra le tipologie più interessanti bisogna annoverare le strutture a pannelli portanti X-LAM, ottenuti dalla sovrapposizione di tavole di legno incrociate e incollate. D'altra parte, lo studio del comportamento strutturale di edifici in X-LAM sotto



Edificio Doria Pamphili



PIANO TERRA

pianta piano terra



pianta piano primo



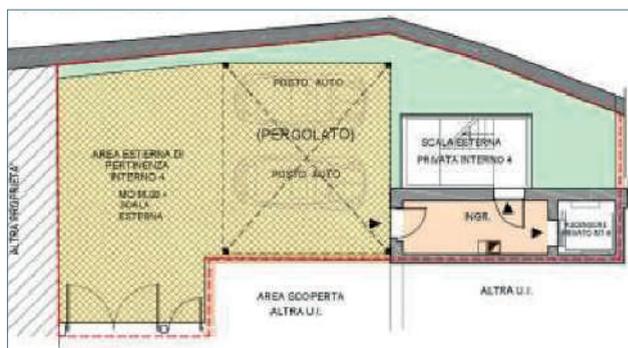
pianta piano primo



PIANO PRIMO



PIANTA PIANO PRIMO



pianta piano terra

PIANO SECONDO



pianta piano secondo

azioni sismiche è relativamente recente ed è ancora oggetto di approfondimento da parte di ricercatori nazionali ed esteri. Nell'intervento che ha illustrato l'edificio multipiano sono stati evidenziati il comportamento sismico dell'edificio e i criteri di progettazione strutturale in relazione al concetto di "progettazione integrale". A tal fine, sono state illustrate le interazioni e integrazioni tra differenti livelli e settori di progettazione e realizzazione. La chiave per ottenere edifici a struttura portante a pannelli X-LAM durevoli e con prestazioni superiori è rappresentata quindi dall'uso di una progettazione integrata: progettazione + tecnologia + materiali + competenza, che comprenda non soltanto i cal-



Tra gli elementi caratteristici del progetto, un'innovazione tecnica degna di nota è l'utilizzo di pareti portanti in X-LAM che integrano gli infissi. I sistemi integrali prendono forma dalla combinazione tra la ricerca tecnologica ed estetica nel campo dei serramenti e le metodologie costruttive dei pannelli X-LAM, e sono il risultato di tecniche di prefabbricazione avanzate ideate e sviluppate per facilitare l'assemblaggio delle strutture e garantire una perfetta ermeticità dell'involucro edilizio, ma anche per creare un sistema di altissima precisione e di rapida esecuzione.

La prefabbricazione, infatti, permette:

- l'assemblaggio in stabilimento di intere pareti dotate di finestre;
- la possibilità di fabbricare in stabilimento moduli pre-assemblati consente un abbattimento dei tempi di edificazione e di lavoro in cantiere e presenta notevoli benefici in termini di sicurezza e di impatto ambientale.

110,00 mc di Xlam
60 pannelli lastra parete 100 mm 5 strati
40 pannelli piastra solaio 150 mm 5 strati

20,00 mc di Lamellare di abete

4 autotreni di Xlam: in media 1 autotreno al giorno

20.000 chiodi
18.000 viti

PRIMA MODELLAZIONE ELEMENTI LIGNEI



colli statici ma anche il dimensionamento delle prestazioni energetiche, acustiche e legate alla durabilità dei materiali, affiancata da modalità di esecuzione in cantiere accurate e fedeli al progetto. Nella fattispecie si tratta di un edificio residenziale di tre piani fuori terra (400 mq circa), in prossimità del centro storico di San Martino al Cimino (frazione di Viterbo), con struttura portante verticale in X-LAM 100 mm 5 strati, struttura solai interpiano in X-LAM 150 mm 5 strati e struttura solaio di copertura in legno lamellare di Abete.

Fra gli elementi che caratterizzano il progetto, l'utilizzo di pareti portanti in X-LAM che integrano gli infissi in un solo sistema costruttivo dalle elevate prestazioni ingegneristiche al fine di creare un sistema di altissima precisione e di rapida esecuzione. I sistemi integrali prendono forma dalla combinazione tra la ricerca tecnologica ed estetica nel campo dei serramenti e le metodologie costruttive dei pannelli X-LAM, e sono il risultato di tecniche di prefabbricazione avanzata ideate e sviluppate per facilitare l'assemblaggio delle strutture e garantire una perfetta ermeticità dell'involucro edilizio.

La prefabbricazione, infatti, permette l'as-

SCHEDA PROGETTO

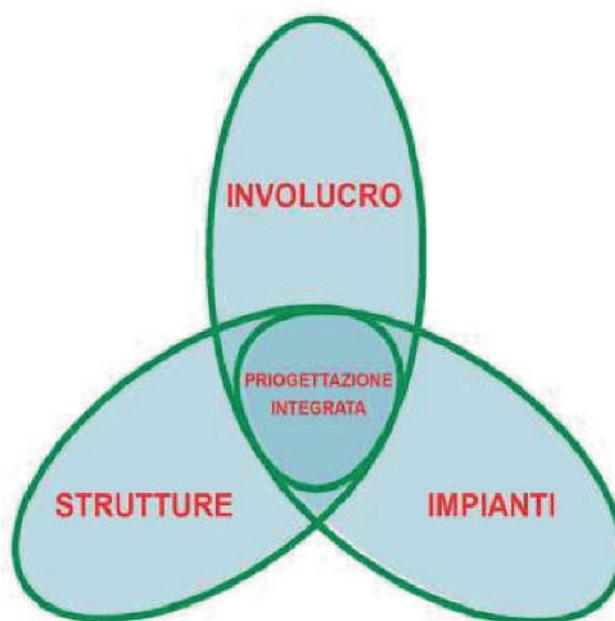
DESTINAZIONE D'USO : Residenziale
 DURATA CANTIERE: 10 Marzo 2019 - 15 Giugno 2019
 SISTEMA COSTRUTTIVO: Pannelli X-Lam, Legno Lamellare.
 DIMENSIONI PLANIMETRICHE: 400 mq. circa
 NUMERO PIANI: 3 fuori terra
 PROGETTO STRUTTURE: Ing. Pierluigi Evangelista
 PROGETTO ARCHITETTONICO: Arch. Remo Cencioni
 PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA: Ing. Massimo Arduini
 PROJECT MANAGER: Dr. Ing. jr F. Sturabotti
 SUPERVISOR CANTIERE: Costantin Tistea
 COMMITTENTE: Silvestri Legnami
 -110mc di legno X-LAM
 - 270 mq. di pannelli Solai in X-LAM da 150 mm da 5 strati
 - 650 mq. di pannelli Parete in X-LAM da 100 mm. 5 strati
 - 16 metri cubi di Travi Lamellari Abete



250,00 staffe



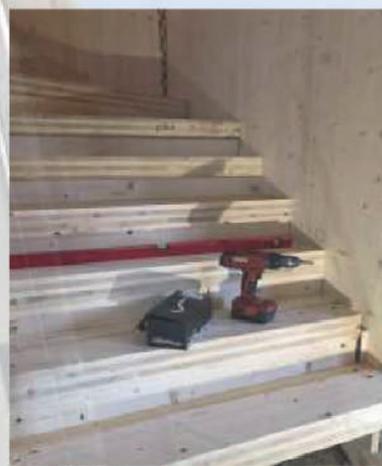
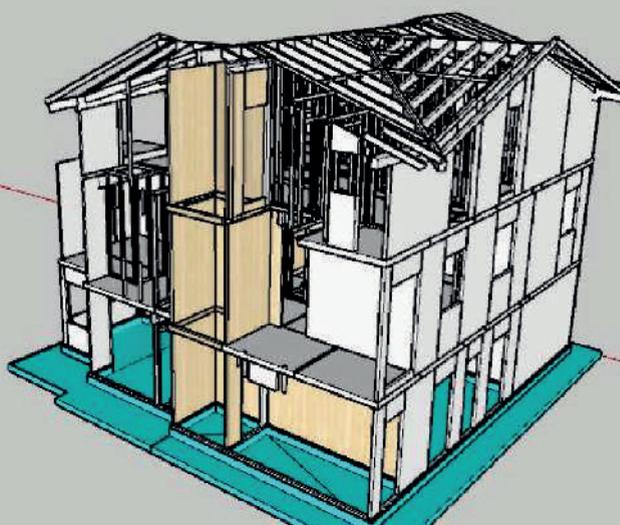
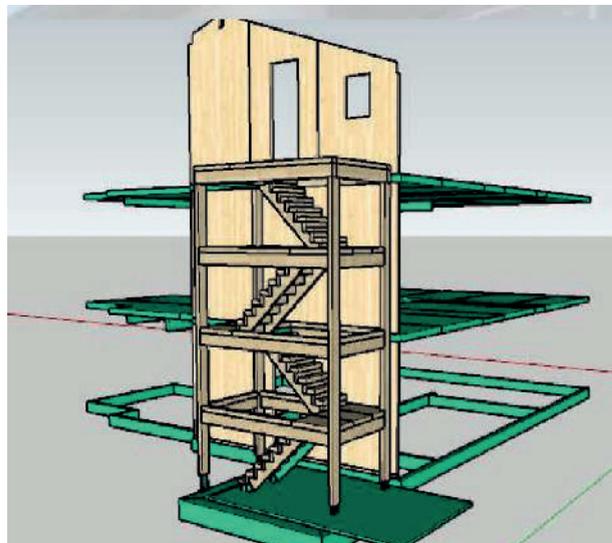
ru automontante

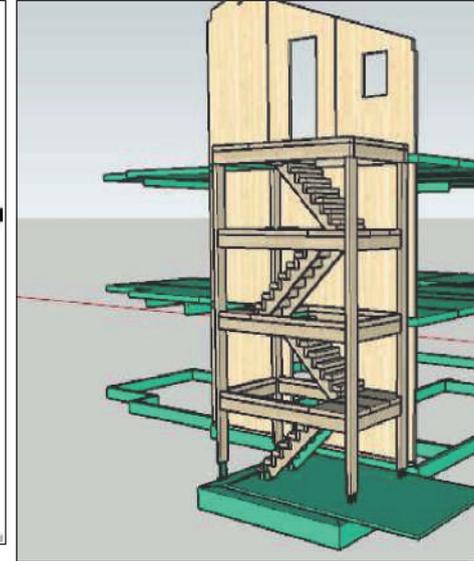
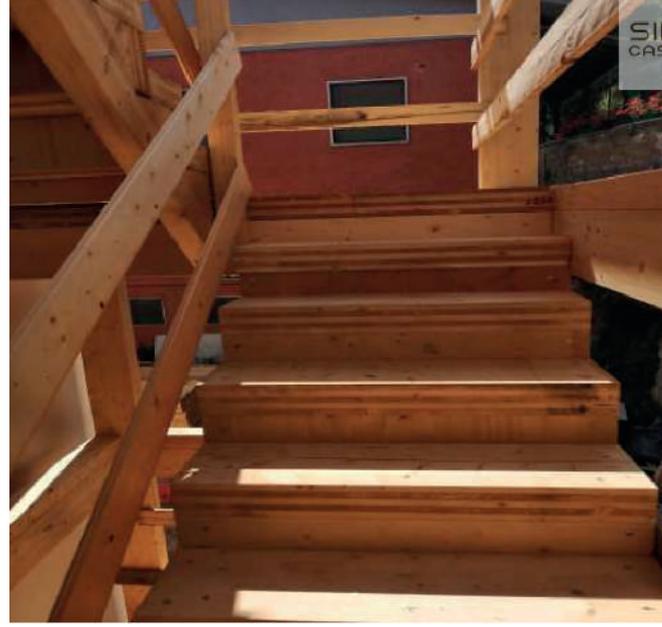


semblaggio in stabilimento di intere pareti dotate di finestre. L'inserimento dei serramenti nella parete in X-LAM senza l'utilizzo di falsi telai, le perfette sigillature fra infissi e pannello – molto più accurate di quelle ottenibili in cantiere – garantiscono i massimi livelli di precisione ed efficacia e una perfetta tenuta ad aria, acqua e vento. Questo sistema costruttivo implica anche la possibilità di fabbricare in stabilimento moduli pre-assemblati – comprensivi di pannelli divisorii e finestre – consente un

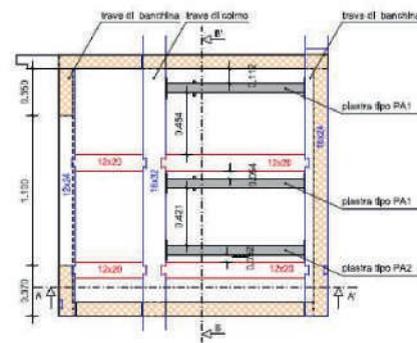
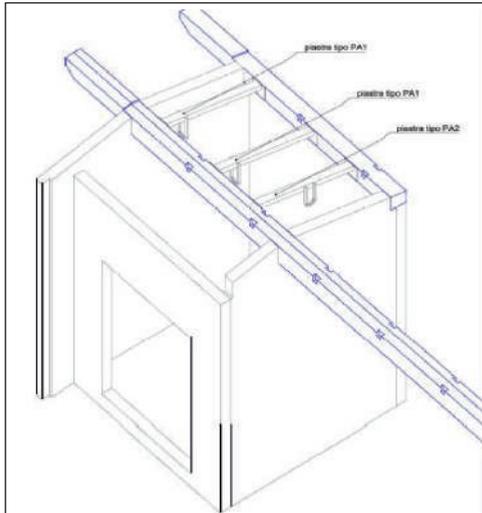
abbattimento dei tempi di edificazione e di lavoro in cantiere e presenta notevoli benefici in termini di sicurezza e di impatto ambientale. La progettazione integrata comprende il sistema di impiantistica termo-idraulica, l'involucro (il sistema relativo all'isolamento acustico) e le strutture; implica la capacità di lavorare in team eterogenei (strutturisti, impiantisti, termotecnici) e la voglia di lavorare sinergicamente con il progettista/costruttore/produttore al fine di trovare la soluzione migliore.

La progettazione integrata (come indicato nello schema sopra riportato) comprende il sistema di impiantistica termo-idraulica e il sistema relativo all'isolamento acustico. Da segnalare anche l'alto grado di ottimizzazione del materiale e degli elementi di costruzione (immagine sotto): scale interne, scala esterna e vano ascensore in X-LAM utilizzando gli sfridi di fabbrica.





Così come si fanno economie di cantiere scegliendo soluzioni che permettono di ridurre il numero di "tirate in alto di gru" o il numero dei trasporti. L'ottimizzazione è sicuramente una delle fasi più delicate del processo di ingegnerizzazione per arrivare a sfruttare il materiale e le risorse in gioco fino al 99.9%.



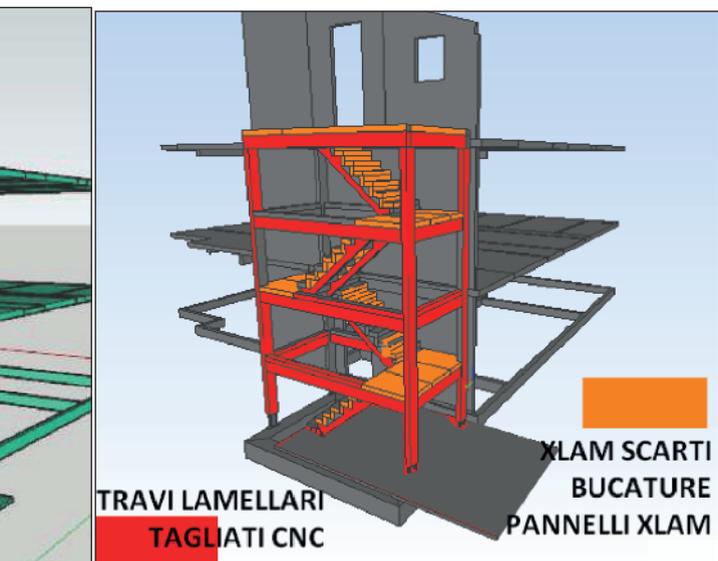
CARICO IN PIEDI DI PA INTERI CON CASSONE

SFRIDI DI LAVORAZIONE/TAGLIO IN FABBRICA CARICATI A PARTE PER E SUCCESSIVAMENTE UTILIZZATI.



GRU A TORRE AUTOMONTANTE PRONTA PER IL TIRO DELLE PARETI



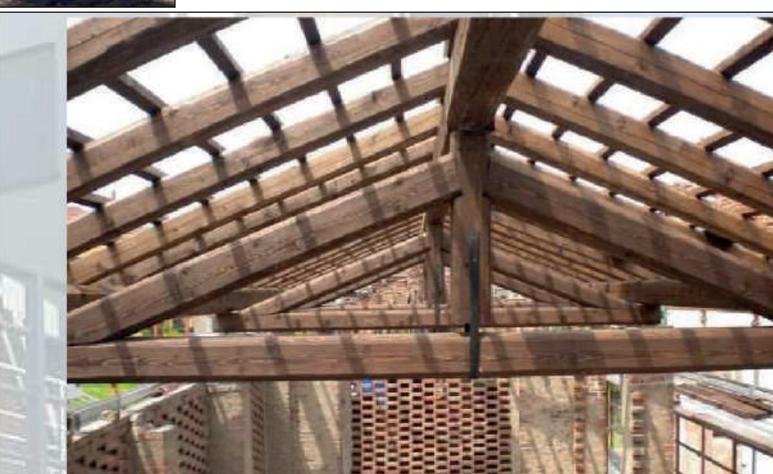


Le fasi: PROGETTAZIONE STRUTTURALE e OTTIMIZZAZIONE MATERIALE

- Progettazione strutturale con dimensionamento definitivo, ottimizzazione e verifica statica degli elementi lignei, metallici e delle relative connessioni.
- Relazione di calcolo completa dell'analisi svolta e verifiche strutturali effettuate con studio del comportamento sismico. I test sismici vengono effettuati mediante analisi strutturale dell'edificio.
- Vengono prodotti gli elaborati grafici esecutivi completi di particolari costruttivi.
- Preparazione della documentazione necessaria alla pratica antisismica per il Genio Civile e/o altri enti competenti.
- Vengono forniti i carichi al piede per permettere eventualmente al progettista delle opere in cemento armato di procedere con la progettazione strutturale di sua competenza; in questo caso progettista delle Opere in CLS e opere lignee in elevazione hanno coinciso.

Le fasi della PROGETTAZIONE COSTRUTTIVA

- Condivisione con la committenza e progettazione di tutti i dettagli: forometrie (finestre e porte) e quote esatte di ogni livello.
- Disegni 3D di ogni singolo elemento ligneo e metallico della struttura portante.
- Inserimento, su ogni elemento ligneo, delle eventuali lavorazioni previste dal progetto strutturale.
- Verifica della congruità tra progetto strutturale e disegno 3D.
- Ottimizzazione geometrica degli elementi XLAM.
- Costruzione del modello 3D.
- Realizzazione delle viste 3D con la numerazione dei pannelli.
- File di taglio di pannelli X-LAM ed elementi in legno lamellare.
- Distinta degli elementi lignei.
- Disegni di montaggio, distinta della ferramenta e disegni delle carpenterie metalliche.

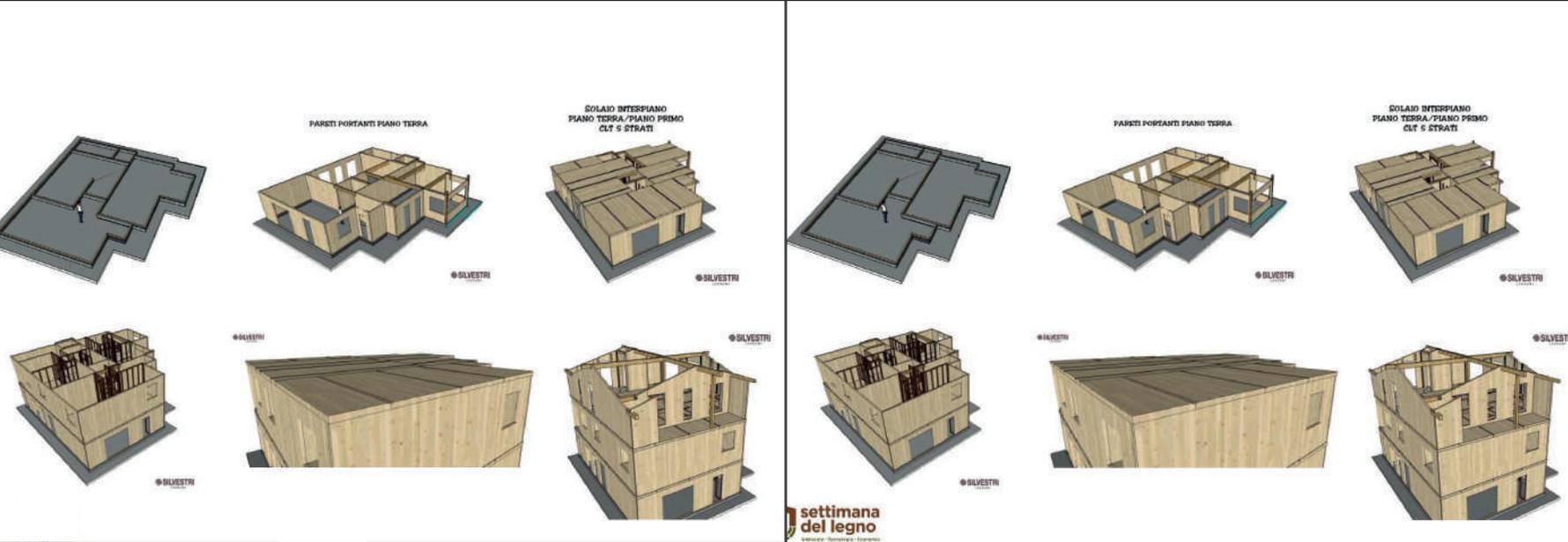


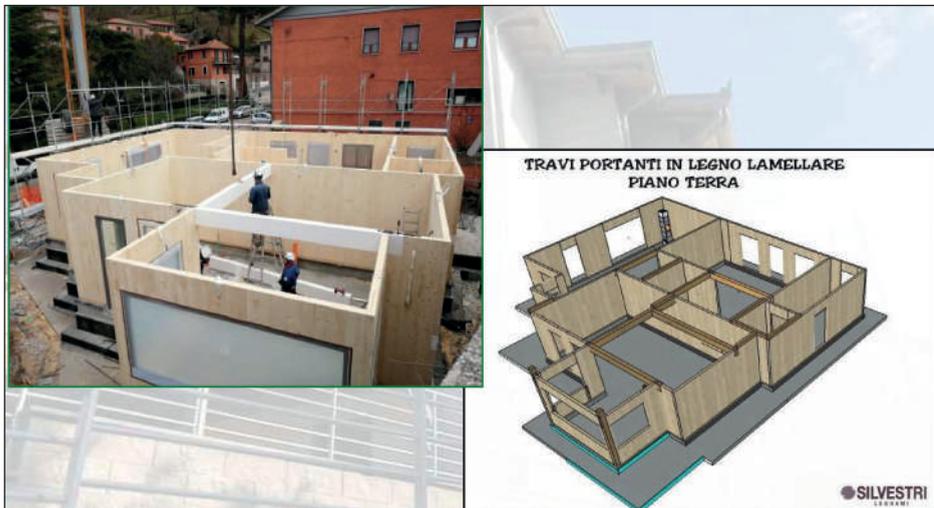
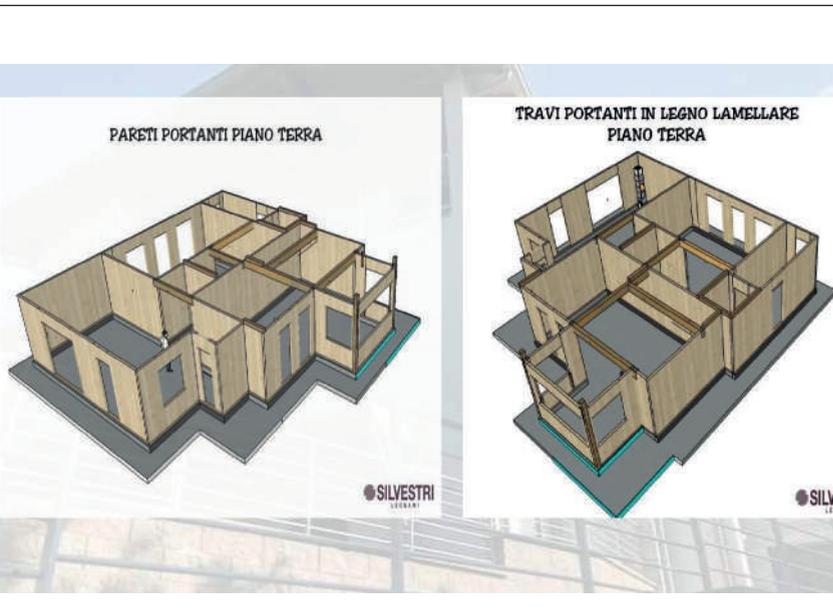
Visualizzazione del risultato – il progettista è in grado di prevedere con esattezza il risultato finale della sua opera e di prevenire sorprese durante i lavori (come dimostra l'immagine delle scale realizzate e quelle rappresentate nel rendering). In questo modo sviluppa maggiore libertà progettuale, non teme più di uscire dalla sua abituale comfort zone e di spingere i propri limiti creativi verso nuove proposte. Si apre così una porta a nuove sperimentazioni estetiche, formali e tecnologiche.

Da rimarcare ancora l'alto grado di ottimizzazione del materiale e degli elementi di costruzione (immagine sinistra): basti pensare al tempo necessario alla posa di ogni singolo elemento da costruzione.

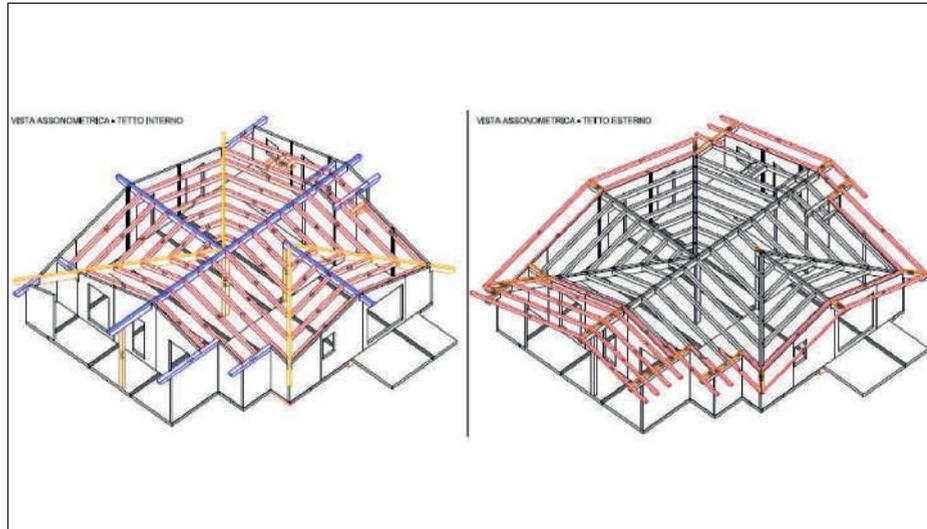
Ad esempio, mantenendo costanti i metri cubi di legno e riducendo il numero di pezzi da posare si riesce a ottenere un sensibile risparmio di tempo e materiale.

In questa doppia pagina e nella successiva doppia pagina: la sequenza delle operazioni di cantiere e della costruzione dell'edificio in X-LAM.





L'attacco a terra è uno dei più importanti particolari costruttivi al fine di garantire una corretta durabilità dell'edificio, è infatti il nodo che permette di collegare le strutture lignee in elevazione alla fondazione in cemento armato. La sua funzione principale è quella di trasmettere le forze indotte dai carichi esterni sulla struttura in legno alla fondazione e successivamente al terreno. Le forze in gioco possono essere di compressione, di taglio e, in particolari condizioni, di trazione. Al fine di assorbire le azioni trasmesse, vengono progettati e installati una serie di elementi di appoggio metallici di varie forme e dimensioni. L'attacco a terra è uno dei punti più critici nelle strutture lignee in elevazione.



Tutte le pareti sono collegate alle strutture di base in calcestruzzo. In particolare per la fondazione è stato utilizzato un sistema combinato composto da:

- UN **CORDOLO RIALZATO IN CALCESTRUZZO**
- UNA **BANCHINA (FOOT) IN LARICE**

SEZIONE C-C
scala 1:50

PARTICOLARE A COLLEGAMENTO TRAVERSA ABETE - FONDAZIONE C.A.

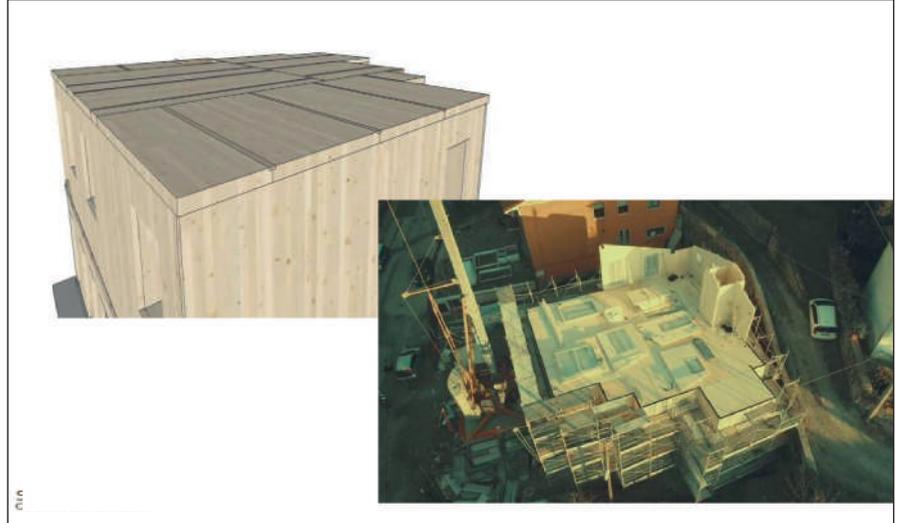
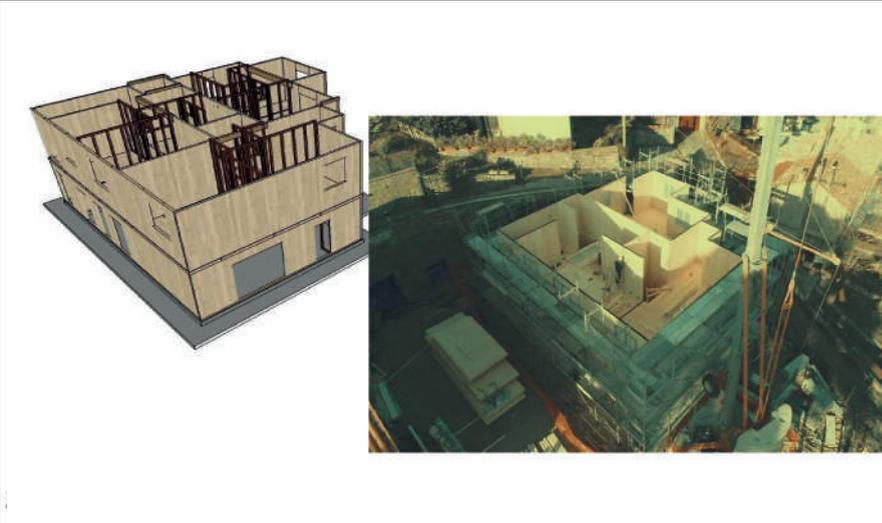
FUNZIONALITA'
Nessuna interferenza con gli impianti a terra ed a parete

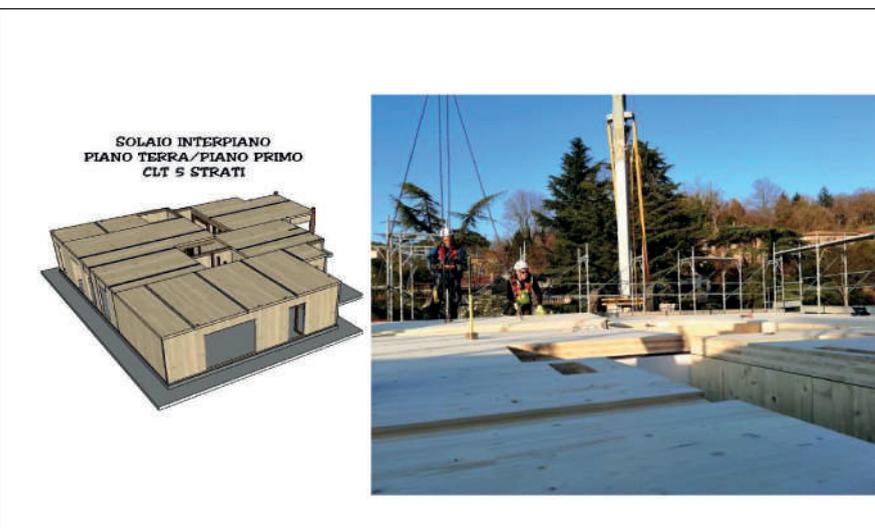
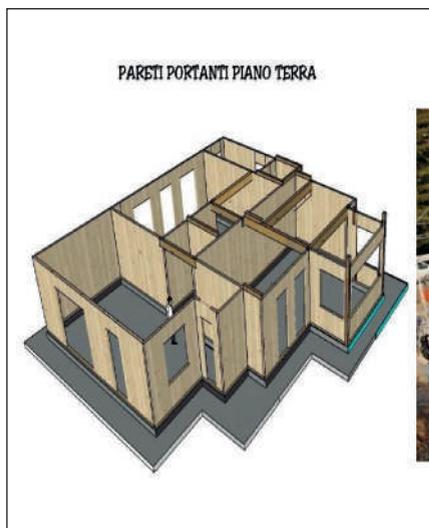
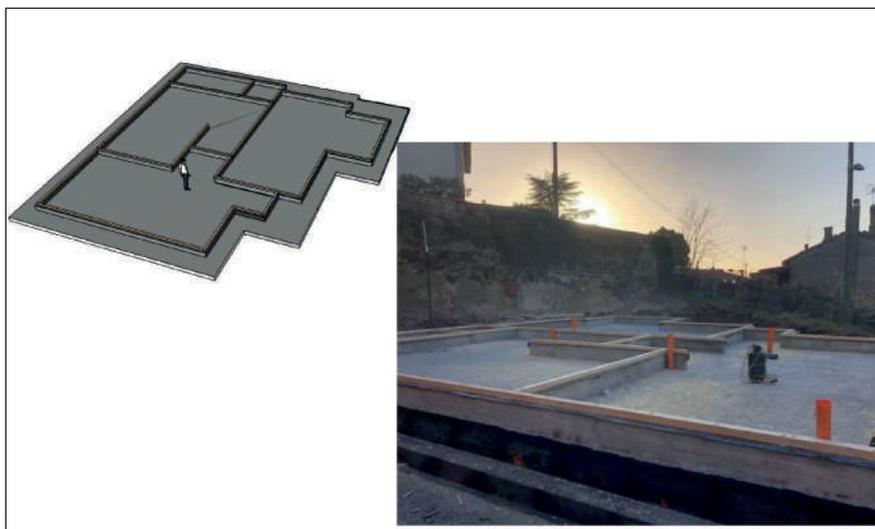
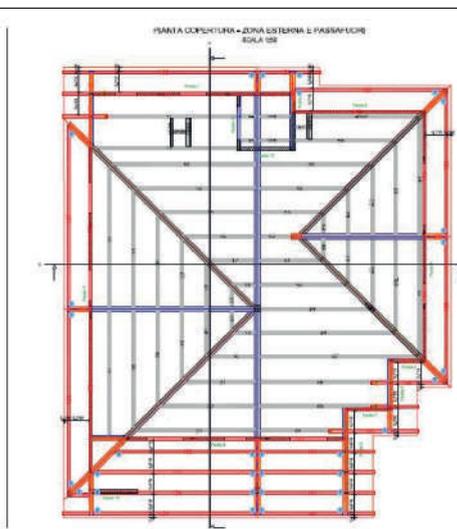
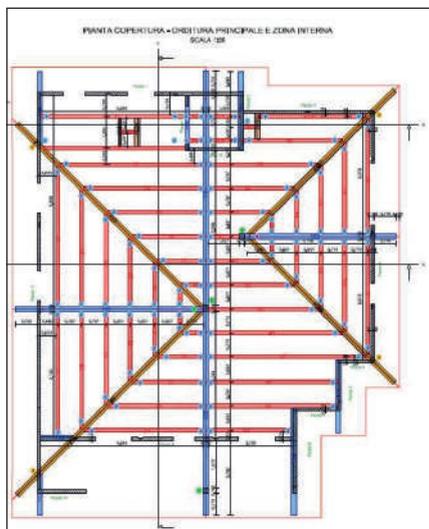
Appoggio del pannello sopra il piano di scivolamento dell'acqua

DURABILITA'

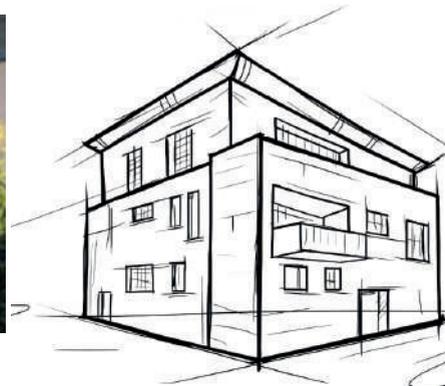
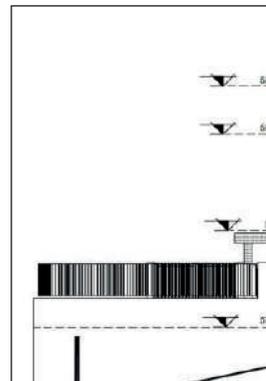
Cordolo caldo

PONTE TERMICO





Case Hi- story: un esempio virtuoso di progetta- zione inte- grata per soluzioni iso- lanti in lana di roccia





LA SETTIMANA DEL LEGNO_III EDIZIONE

DATI DI PROGETTO

Località: provincia di Viterbo

Parametri climatici: Zona climatica D

Tipo di intervento: Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione o ampliamento superiore al 15% di volume esistente o di almeno 500 mq

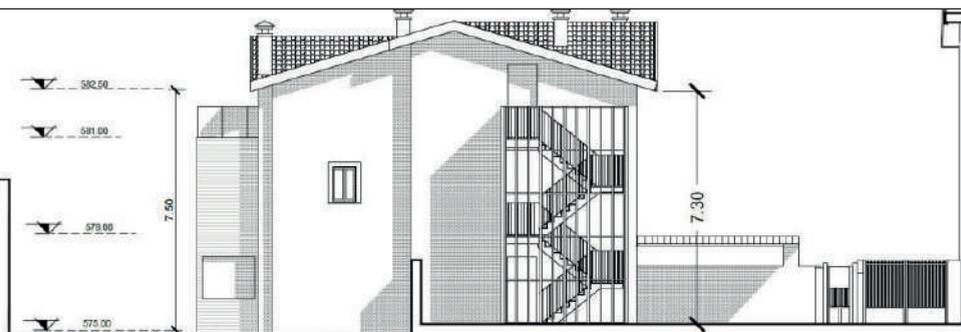
- nuovo ampliamento

Caratteristiche:

- edificio Residenziale 3 piani
- abitabile per 4 famiglie
- struttura portante in X-LAM
- spessore totale pareti involucro ≥ 30 cm



PROSPETTO "B" (lato Ovest) Scala 1:100

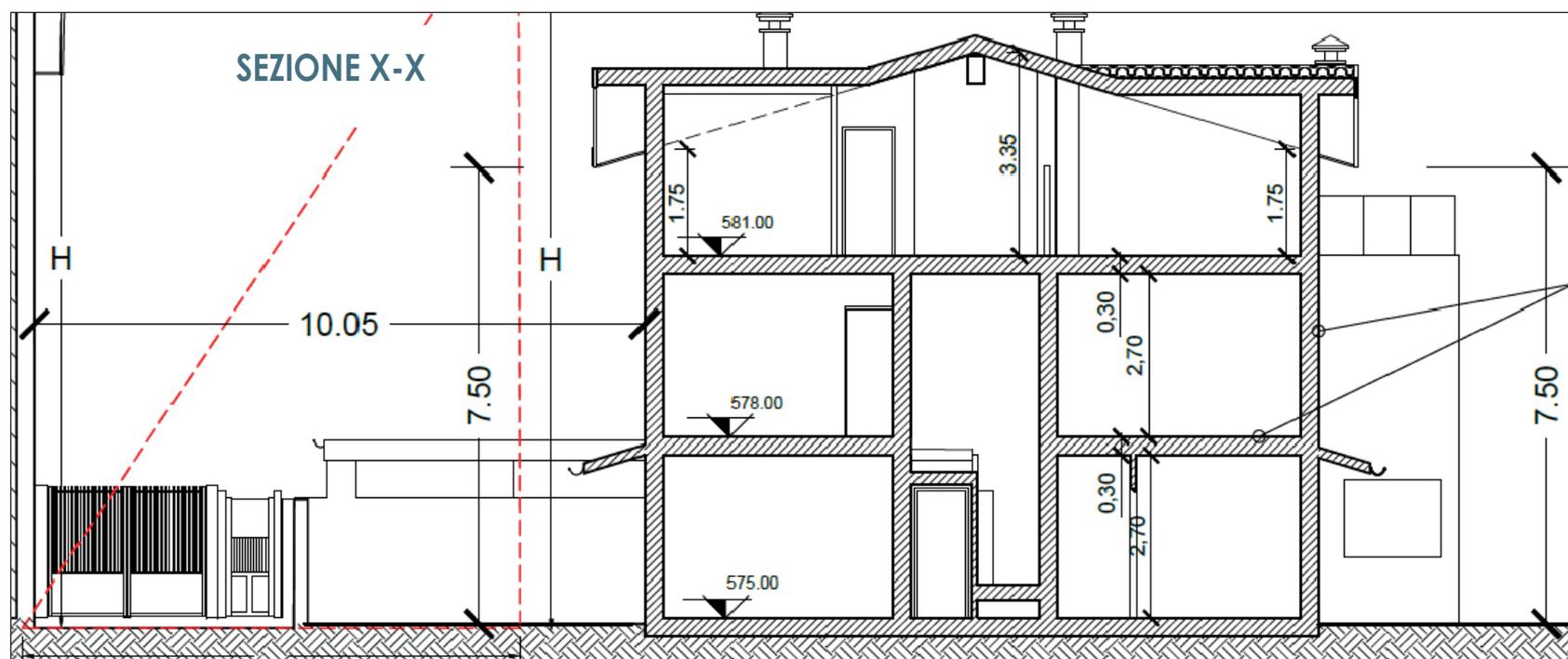


PROSPETTO "C" (lato Sud) Scala 1:100

La sessione dedicata al comfort indoor della casa passiva, il ricambio d'aria e il microclima sano, temi cruciali nel contesto degli edifici passivi con involucri edilizi sempre più "ermetici", nei quali è prioritario garantire la traspirabilità del 'pacchetto'.

Tornando al pacchetto isolante, l'**arch. Gabriele Russo** (Rockwool Italia) ha presentato una "Case History: un esempio virtuoso di progettazione integrata per soluzioni isolanti in lana di roccia" riprendendo l'intervento dell'**ing. Francesco Sturabotti** per descrivere un altro esempio di progettazione integrata. L'edificio residenziale a San Martino al Cimino, in provincia di Viterbo, rappresenta un interessante progetto di edilizia residenziale a struttura portante in legno. La palazzina è stata realizzata in tempi record utilizzando pannelli CLT di Abete e soluzioni **isolanti Rockwool**. In un interessante contesto paesaggistico tra i boschi dei Monti Cimini, nel 2019 è stato costruito un edificio residenziale su tre livelli composto da 4 appartamenti. La struttura portante dell'edificio e il tetto ventilato sono stati completati in soli 12 giorni grazie

all'impiego di pannelli CLT preassemblati in stabilimento e tagliati con macchine a controllo numerico. Tutto l'edificio è stato realizzato in ottica BIM: grazie all'utilizzo di sistemi CAD/CAM, ciascun pezzo conteneva già al suo interno ogni fresatura, scasso, foro. Queste accortezze costruttive hanno garantito notevoli condizioni di pulizia in cantiere. Al fine di isolare efficacemente l'edificio, la **lana di roccia Rockwool** con la speciale tecnologia a doppia densità, è risultata essere il materiale ideale da abbinare agli elementi strutturali in legno di questa struttura, sia sul piano tecnico che operativo e prestazionale, contribuendo in modo sensibile alle prestazioni di isolamento termico in regime estivo. Inoltre le soluzioni Rockwool, hanno consentito di ottenere elevati vantaggi in termini di isolamento termoacustico, di protezione dal fuoco, di resistenza e di durabilità. L'edificio è stato isolato termicamente grazie all'impiego del sistema di isolamento termico a cappotto **Rockwool REDart** e dei pannelli in lana di roccia a doppia densità Frontrock Casa.



Parametri dell'edificio di riferimento – APPENDICE A- Involucro

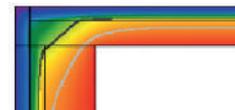


Str. opache verticali

Zona climatica	U (W/m²K)	
	2015 ⁽¹⁾	2017/2019 ⁽²⁾
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Trasmittanza di riferimento comprensive di ponte termico

- con PT + 15% U parete corrente = 0,26-15% = 0.22 (W/m²K)



A destra il grafico sull'**ISOLAMENTO IN CONTINUO: CARATTERISTICHE DELLA LANA DI ROCCIA ROCKWOOL** come pannelli portanti a doppia densità (parte superficiale con densità maggiore rispetto al nucleo); configurazione sempre più diffusa: i listelli di supporto/listelli di ventilazione non si appoggiano sui travetti della copertura, bensì su un elemento termoisolante.

Tipo di facciata a schermo avanzato in cui l'intercapedine tra il rivestimento e la parete (grafico sotto) è progettata in modo tale che l'aria in essa presente possa fluire per effetto camino in modo naturale e/o in modo artificialmente controllato, a seconda delle necessità stagionali e/o giornaliere, al fine di migliorarne le prestazioni termo energetiche complessive, secondo il seguente **COMPOR-TAMENTO TERMICO**:

- **Stagione invernale**
Il vantaggio invernale è prevalentemente igrometrico; il rivestimento funge da schermo per il vento e protezione dalle precipitazioni.
- **Stagione estiva**
La pelle esterna si comporta come uno schermo solare e la camera di ventilazione consente di smaltire il calore determinando una diminuzione del carico termico estivo e proteggendo il paramento murario retrostante dall'irraggiamento solare.

Carichi puntuali

Carico puntuale (F_p)
Norma UNI EN 12430

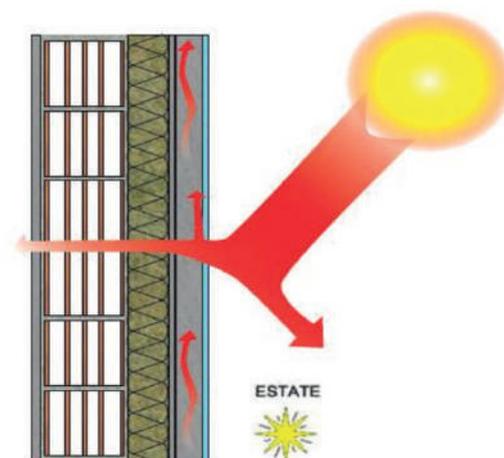
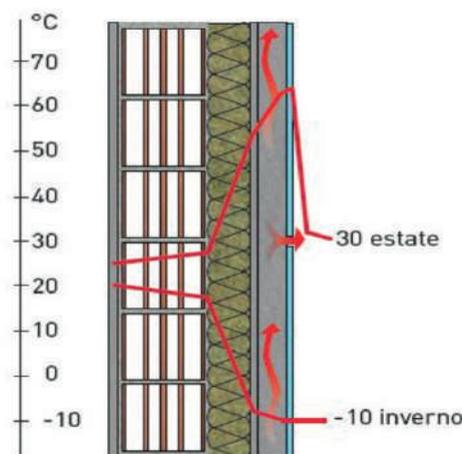
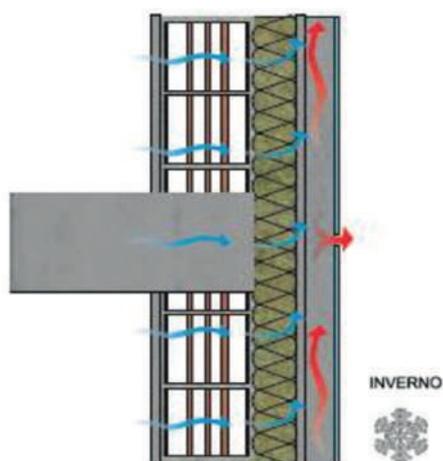
Carichi distribuiti

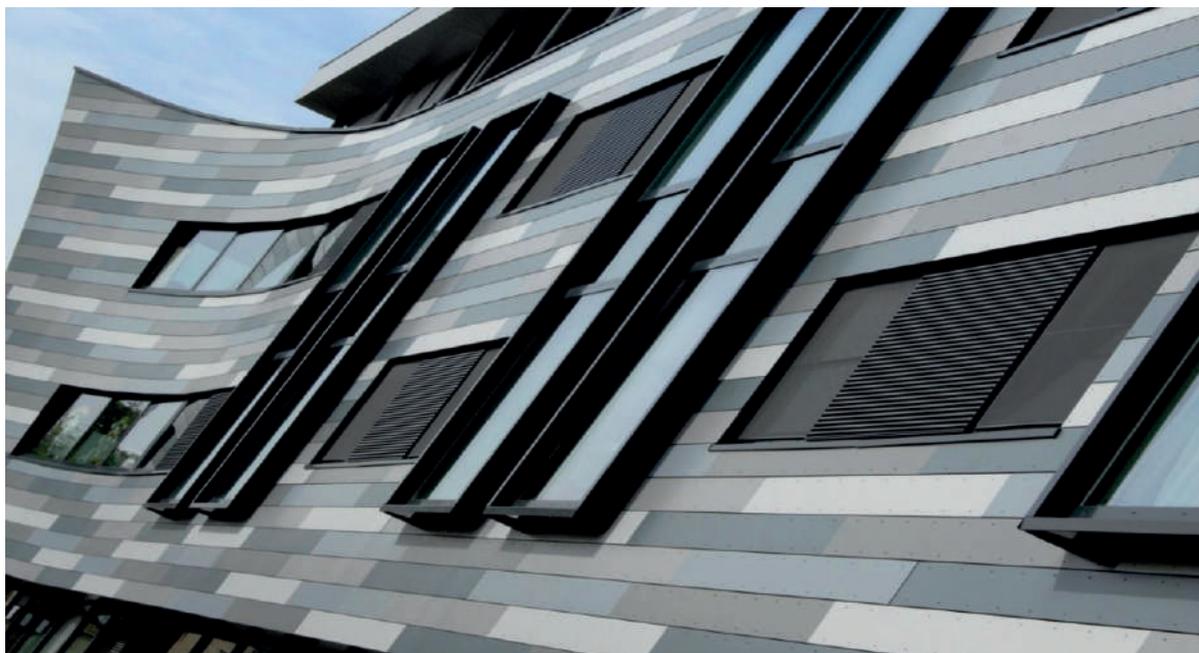
Carico distribuito (σ_{10})
Norma UNI EN 826

Su alcune porzioni di facciata è stata impiegata la soluzione di facciata ventilata Rockwool REDAir, composta internamente da pannelli in lana di roccia a doppia densità Ventirock Duo, ed esternamente da pannelli in lana di roccia compressa Rockwool Rockpanel Woods. La finitura ideale per coniugare alte performance di isolamento ed estetica in un edificio in cui il legno è protagonista.

Significativi sono stati anche gli interventi per l'isolamento delle coperture sia dal punto di vista del risparmio energetico sia del miglioramento del comfort abitativo delle persone. La dispersione del calo-

re attraverso la copertura di un edificio, infatti, rappresenta una parte rilevante delle perdite per trasmissione attraverso l'involucro edilizio. L'isolamento della copertura è stato realizzato applicando un doppio strato di isolante in lana di roccia, costituito da Rockwool Hardrock Energy e Rockwool Durock Energy Plus in soluzione a doppio strato sovrapposto. Mentre l'isolamento al calpestio del solaio inter piano è stato realizzato utilizzando pannelli in lana di roccia Rockwool Floorrock. Le soluzioni Rockwool svolgono un ruolo primario nel conseguimento del risparmio energetico potenziale del 50-90% negli

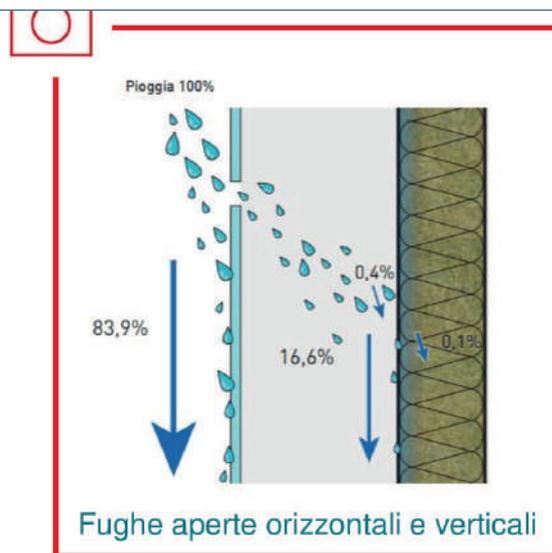
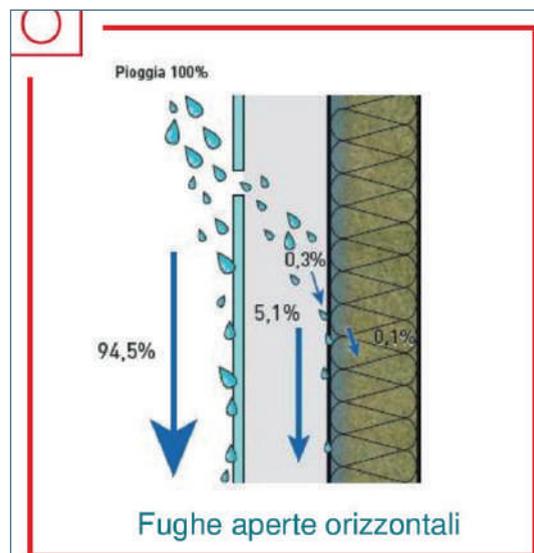




edifici nuovi o esistenti; nei climi caldi possono mantenere l'aria calda all'esterno, mentre nei climi freddi preservano l'aria calda all'interno degli edifici; contribuiscono a sfasare e attenuare il flusso termico che attraversa la stratigrafia nell'arco delle 24 ore; i prodotti assicurano prestazioni massime per tutta la durata di vita dell'edificio (il 66% dell'energia consumata negli edifici viene utilizzata per riscaldamento, raffreddamento e ventilazione). I prodotti Rockwool isolano e controllano le vibrazioni e il rumore, possono ridurre fino a 8 volte il rumore d'impatto percepito proveniente dal pavimento sovrastante

quando il pavimento è isolato con lana di roccia, e quando si isola un tetto metallico con lana di roccia, si assicura un isolamento superiore ad altri tipi di isolamento dimezzando il rumore della pioggia proveniente dall'esterno. La scelta delle soluzioni in lana di roccia Rockwool ha permesso di ottenere ottimi risultati in termini di isolamento e, di conseguenza, di efficienza energetica. Un passo quasi obbligato per un edificio nato con una particolare vocazione per la sostenibilità, in un contesto paesaggistico in cui il legno si propone come il materiale ideale.

Per il grafico sul comportamento all'acqua riportato sottola norma di riferimento è la UNI 11018: la penetrazione di acqua meteorica nell'intercapedine è dell'ordine del 5-15% rispetto al totale che batte sul rivestimento, l'acqua che arriva a bagnare lo strato isolante è dell'ordine dello 0,1% del totale".



>> La lana di roccia è idrorepellente



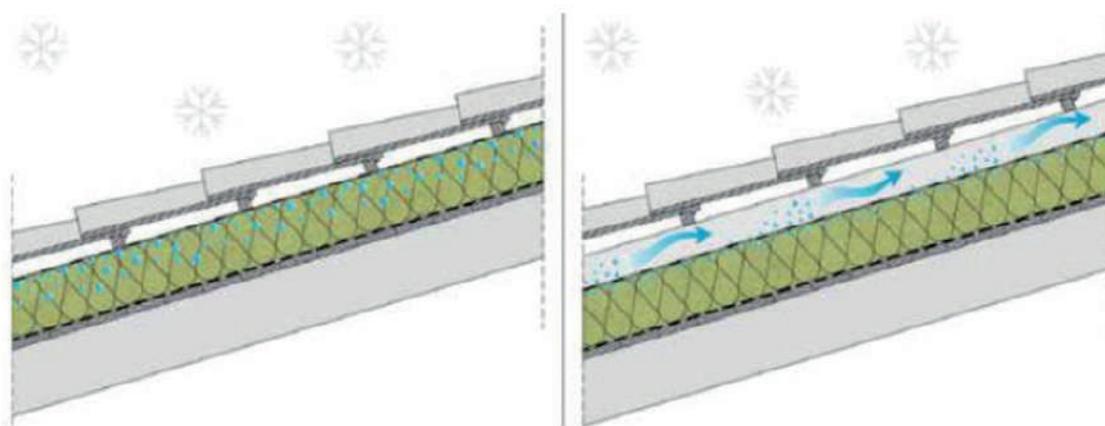
0,1%

Acqua che arriva a bagnare lo strato isolante

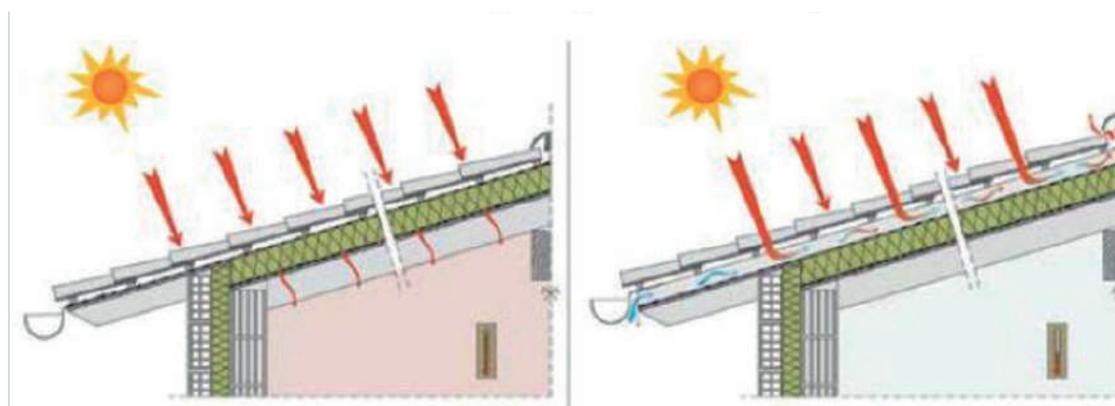


IL COMPORTAMENTO DELLA COPERTURA VENTILATA

EFFETTI DELLA VENTILAZIONE (STAGIONE INVERNALE)



EFFETTI DELLA VENTILAZIONE (STAGIONE ESTIVA)



PACCHETTO DI COPERTURA

COPERTURA VENTILATA CON OSB E PASSAFUORI

ESTERNO

INTERNO

- R VESTIMENTO IN TEGOLE sp. 12 cm
- GUAINA ARDESATA sp. 0,4 cm
- OSB sp. 1,8 cm
- VENTILAZIONE sp. 5 cm
- GUAINA TRASPARENTE
- ISOLANTE LANA DI ROCCIA sp. 4 cm
- ISOLANTE LANA D. ROCCIA sp. 12 cm
- FINENO AL VANTONE sp. 5,2 cm
- PERLINATO sp. 2 cm
- TRAVETTO sp. 20 cm (da sovraccarico)
- PASSAFUORI sp. 1,8 cm
- NF: I - PARAPASSIFUGI

ESTERNO

INTERNO

Parametri termofisici

Descrizione degli strati	S [m]	W/mK	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	f [s]	SD [m]
Resistenza superficiale esterna							
0,04							
1 tegole e coppi	0,0200	0,9000	0,022	837	837	30	0,600
2 Pannello OSB	0,0150	0,1300	3,115	680	1700	30	0,450
3 Intersopelino sp. 50 mm	0,0500	0,0250	0,080	1	1003,2	1	0,050
4 Telo impermeabilizzante traspirante	0,0015	0,2200	0,007	350	3700	40	0,030
5 ROCKWOOL Hardrock Energy Plus	0,1200	0,0350	3,429	110	3030	1	0,120
6 ROCKWOOL Durock Energy Plus	0,1200	0,0350	3,333	140	1030	1	0,120
7 Barriera al vapore Sd 40 m	0,0002	0,4000	0,000	500	1800	181818	36,364
8 Abete - flussio perpendicolare	0,0250	0,1200	2,208	450	2700	60	1,500
Resistenza superficiale interna							
0,1							
Spessore totale	S	0,351	[m]	Spessore aria equivalente tot.	Sd	39,224	[m]
Resistenza totale	R	7,331	[m²K/W]	Massa superficiale	m	68,515	[kg/m²]
Stasamento	f	-10,538	[h]	Trasmittanza termica	U	0,136	[W/m²K]
Fattore di decremento	fa	0,363	[-]	Trasmittanza termica periodica	Upe	0,052	[W/m²K]

Pacchetto di copertura: Sp. pacchetto; 34,8 cm **TRASMITTANZA U: 0,200 W/m²K**

Costruttivo: dettagli delle stratigrafie

IL COMPORTAMENTO DELLA COPERTURA VENTILATA (nel grafico a sinistra)
 Durante il periodo estivo, lo strato di ventilazione migliora il funzionamento dinamico delle coperture inclinate ed è particolarmente utilizzato quando si ha la necessità di sottrarre una parte dell'energia termica data dall'irradiazione solare che incide sulla copertura.



Il sistema copertura

Il sistema tecnologico di copertura a falda basa il suo modello di funzionamento sui seguenti aspetti tecnici:

- controllo sull'impermeabilità all'acqua per mezzo dell'elemento di tenuta;
- controllo del flusso di calore attraverso la presenza di uno strato isolante;
- controllo della formazione di condensa interstiziale mediante ventilazione e/o tramite l'aggiunta di uno strato di controllo alla diffusione del vapore;
- comportamento acustico mediante strati di isolante fonoassorbente;
- comportamento al fuoco per garantire specifiche esigenze di sicurezza.

di Gabriele Russo

TOR VERGATA

I prodotti Rockwool possono fare la differenza tra un incendio in un edificio e un edificio in fiamme:

- l'isolamento è estremamente resiliente al fuoco,
- la lana di roccia rimane stabile persino a temperature estremamente elevate (oltre 1000°C),
- svolge un'azione di contenimento del fuoco impedendo che si diffonda,
- non contribuisce all'emissione di significative quantità di fumi tossici.

I prodotti Rockwool contribuiscono a mantenere la temperatura di comfort all'interno degli ambienti interni:

- le soluzioni Rockwool svolgono un ruolo primario nel conseguimento del risparmio energetico potenziale del 50-90% negli edifici nuovi o esistenti,
- nei climi caldi possono mantenere l'aria calda all'esterno, mentre nei climi freddi preservano l'aria calda all'interno degli edifici,
- contribuiscono a sfasare e attenuare il flusso termico che attraversa la stratigrafia nell'arco delle 24 ore,
- i prodotti Rockwool assicurano prestazioni massime per tutta la durata di vita dell'edificio.

I prodotti Rockwool regolano il volume della città:

- isolano e controllano le vibrazioni e il rumore,
- possono ridurre fino a 8 volte il rumore d'impatto percepito proveniente dal pavimento sovrastante quando il pavimento è isolato con lana di roccia,
- quando si isola un tetto metallico con lana di roccia, assicurando dunque un isolamento superiore ad altri tipi di isolamento, si dimezza il rumore della pioggia proveniente dall'esterno.

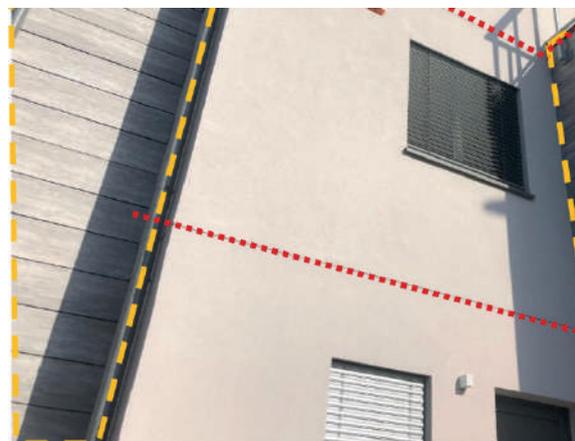
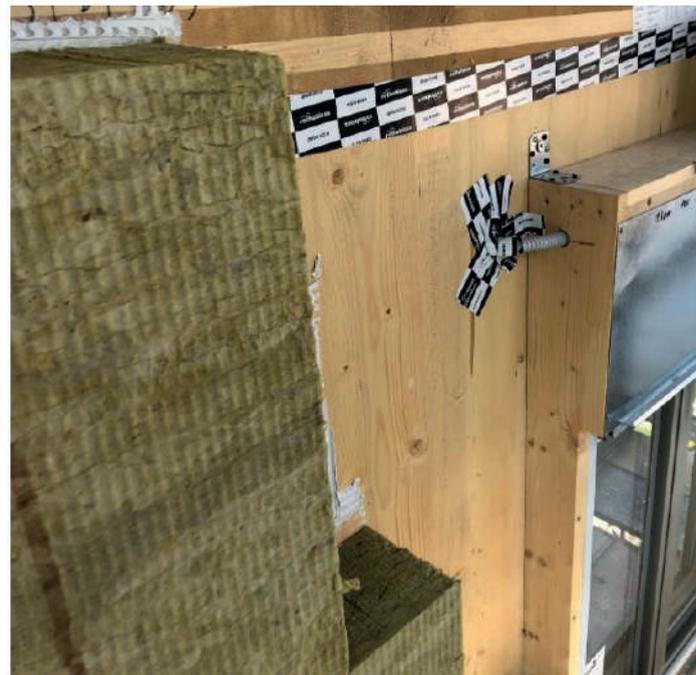


Foto dal cantiere: facciata ventilata.



In queste pagine alcune foto di cantiere, in particolare sotto la facciata ventilata della realizzazione in provincia di Viterbo oggetto della relazione di Rockwool del 28 marzo 2023 in occasione de La Settimana del Legno.





REDArt – Cappotto Termico

ROCKPANEL – rivestimento esterno sp. 8 mm

REDArt – Cappotto Termico



In questa pagina, alcune foto dal cantiere, dall'alto verso il basso: l'isolamento a cappotto, al centro ETICS + facciata ventilata e a fianco i divisori interni.

Facciata ventilata: isolamento con tecnologia Rockwool Rockpanel.
Tipo di facciata a schermo avanzato in cui l'intercapedine fra il rivestimento e la parete è progettata in modo tale che l'aria in essa presente possa fluire per effetto camino in modo naturale e/o in modo artificialmente controllato, a seconda delle necessità stagionali e/o giornaliere, al fine di migliorarne le prestazioni termo energetiche complessive.



In questa pagina e nella pagina a fianco alcune foto del cantiere in provincia di Viterbo oggetto di questa relazione di Rockwool del 28 marzo 2023 in occasione de La Settimana del Legno.
In particolare, nelle foto in basso a sinistra, l'isolamento al calpestio.

I tratta- menti in- tume- scenti per la prote- zione pas- siva degli elementi strutturali di legno

Re

Con i sistemi protettivi dal fuoco operiamo nel mondo della sicurezza e della salvaguardia della vita umana.

Per la progettazione antincendio bisogna far riferimento al Testo coordinato dell'allegato I del DM 3 agosto 2015 CODICE DI PREVENZIONE INCENDI (edizione in vigore dal 9 maggio 2021 - revisione 01).

Infine, il **Perito Industriale Claudio Traverso** con specializzazione chimica industriale (Amonn) ha esposto "I trattamenti intumescenti per la protezione passiva degli elementi strutturali di legno" con l'obiettivo di fornire una panoramica precisa sul funzionamento dei sistemi protettivi per la resistenza strutturale del legno, quali pitture

intumescenti e vernici intumescenti, analisi dei supporti e delle condizioni al contorno. Sui sistemi protettivi dal fuoco è stata quindi proposta una doverosa riflessione sul mondo della sicurezza e della salvaguardia della vita umana innanzitutto evidenziando che il mercato nel quale opera Amonn è in particolare il mondo della

reattivi

- Mutano il loro stato fisico durante l'incendio

- Aumentano di spessore variano la densità e la consistenza

Non necessitano di interventi da parte di persone o di dispositivi automatici di attivazione nel momento dell'incendio



Claudio Traverso

Attività soggette
procedimenti relativi alla P
DM 151/2

Attività soggette
(A)

Prestazioni
D.M. 16/02/2007
D.M. 03/08/2015
D.M. 18/10/2019

DM 7
Agosto 2012

DCPST 200
31/10/2012

DCPST N 72
16/05/2018

Tutte le altre
costruzioni

Decreto
17 /01 /2018

MOD.PIN 2.2 2018 CERT.REI
MOD. PIN- 2.3_2018 DICH. PROD.



di Claudio Traverso

TOR VERGATA



ristrutturazione edilizia nel quale i protettivi hanno un ruolo vitale. Si è trattato di prodotti ignifughi per la classe di reazione, prima attraverso il D.M. 16/02/2007 e dopo il D.M. 03/08/2015 (Codice di prevenzione incendi), che hanno reso cogente l'utilizzo di protettivi qualificati secondo le norme Europee. I documenti che devono essere resi disponibili dai produttori e i loro punti fondamentali per la progettazione antincendio tengono conto della reazione e della resistenza.

Nell'ambito delle strategie antincendio (Capitolo G.1.13) la reazione al fuoco è una misura di protezione passiva efficace nelle fasi iniziali dell'incendio, che ha l'obiettivo di limitare l'innesco dei mate-

riali stessi, evitare e/o almeno ritardare la propagazione dell'incendio (flash-over) e limitare la propagazione del fumo. Si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni finali di utilizzo, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova. Si ricorda che la classe di reazione al fuoco indica il grado di partecipazione di un materiale o di un prodotto al fuoco, determinate tramite prove normalizzate, che consistono nell'attacco iniziale da piccola fiamma su un'area limitata e simulazione di incendio in un locale.

La prestazione si riferisce al comportamento di un materiale o di un prodotto,



LA STRUTTURA DEL CODICE DI PREVENZIONE INCENDI

Sezione G Generalità

- Capitolo G.1 Termini, definizioni e simboli grafici
- Capitolo G.2 Progettazione per la sicurezza antincendio
- Capitolo G.3 Determinazione dei profili di rischio delle attività

Sezione S Strategia antincendio

- Capitolo S.1 Reazione al fuoco
- Capitolo S.2 Resistenza al fuoco
- Capitolo S.3 Compartimentazione
- Capitolo S.4 Esodo
- Capitolo S.5 Gestione della sicurezza antincendio
- Capitolo S.6 Controllo dell'incendio
- Capitolo S.7 Rivelazione ed allarme
- Capitolo S.8 Controllo di fumi e calore
- Capitolo S.9 Operatività antincendio
- Capitolo S.10 Sicurezza degli impianti tecnologici e di servizio

Sezione V Regole tecniche verticali

- Capitolo V.1 Aree a rischio specifico
- Capitolo V.2 Aree a rischio per atmosfere esplosive
- Capitolo V.3 Vani degli ascensori
- Capitolo V.4 Uffici
- Capitolo V.5 Attività ricettive turistico-alberghiere
- Capitolo V.6 Autorimesse
- Capitolo V.7 Attività scolastiche
- Capitolo V.8 Attività commerciali
- Capitolo V.9 Asili nido
- Capitolo V.10 Musei, gallerie, esposizioni, mostre, biblioteche e archivi in edifici tutelati
- Capitolo V.11 Strutture sanitarie

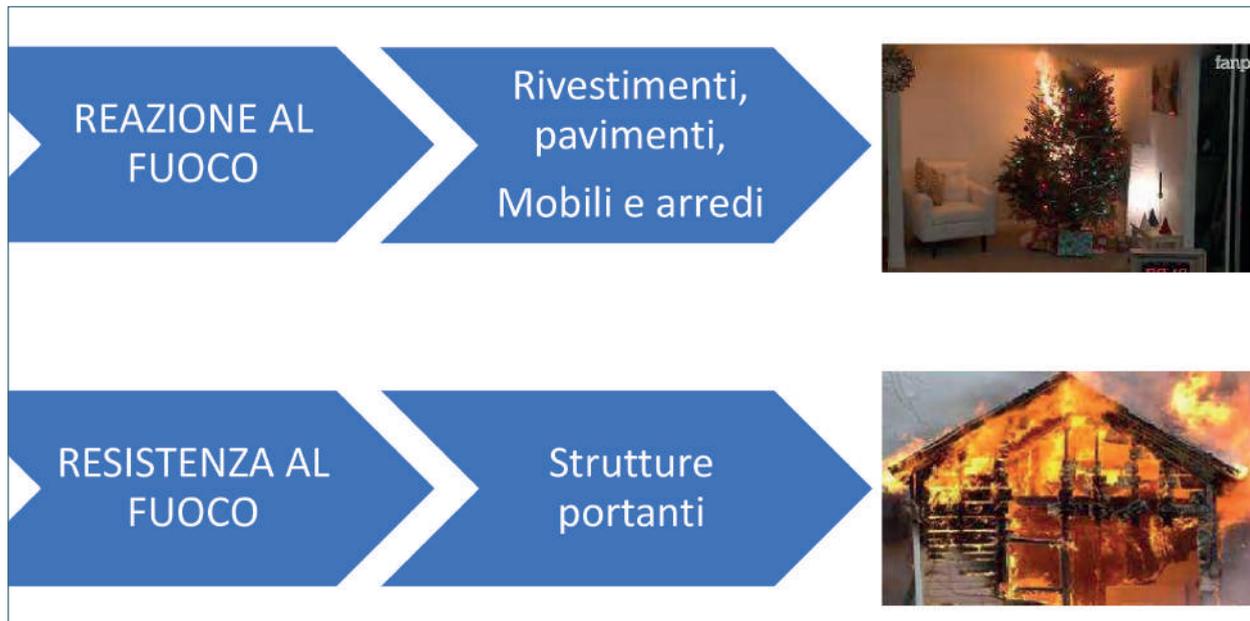
Sezione M Metodi

- Capitolo M.1 Metodologia per l'ingegneria della sicurezza antincendio
- Capitolo M.2 Scenari di incendio per la progettazione prestazionale
- Capitolo M.3 Salvaguardia della vita con la progettazione prestazionale

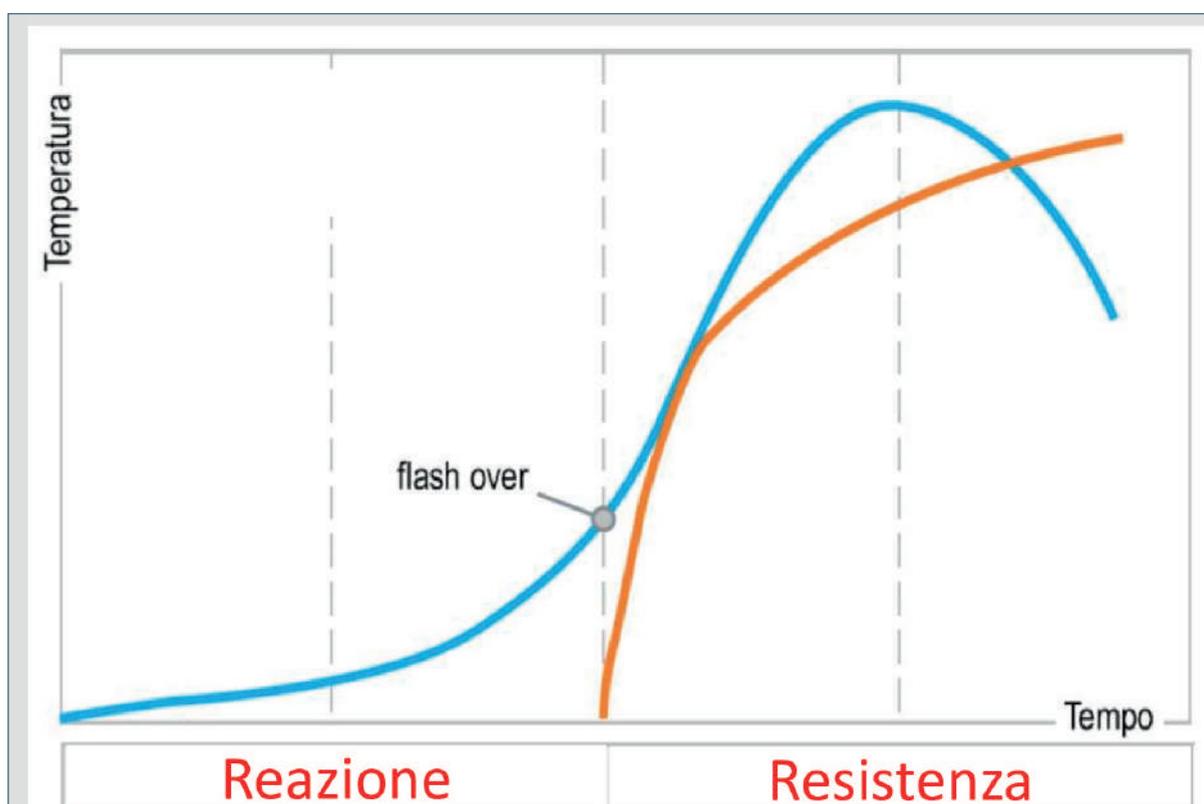
di cui sono state individuate le specifiche caratteristiche fisiche, quali spessore, densità, composizione nella sua effettiva condizione finale di applicazione.

Riguardo il comportamento al fuoco del materiale protagonista di questa disamina, va sottolineato che il legno brucia lentamente e la carbonizzazione procede dall'esterno verso l'interno.



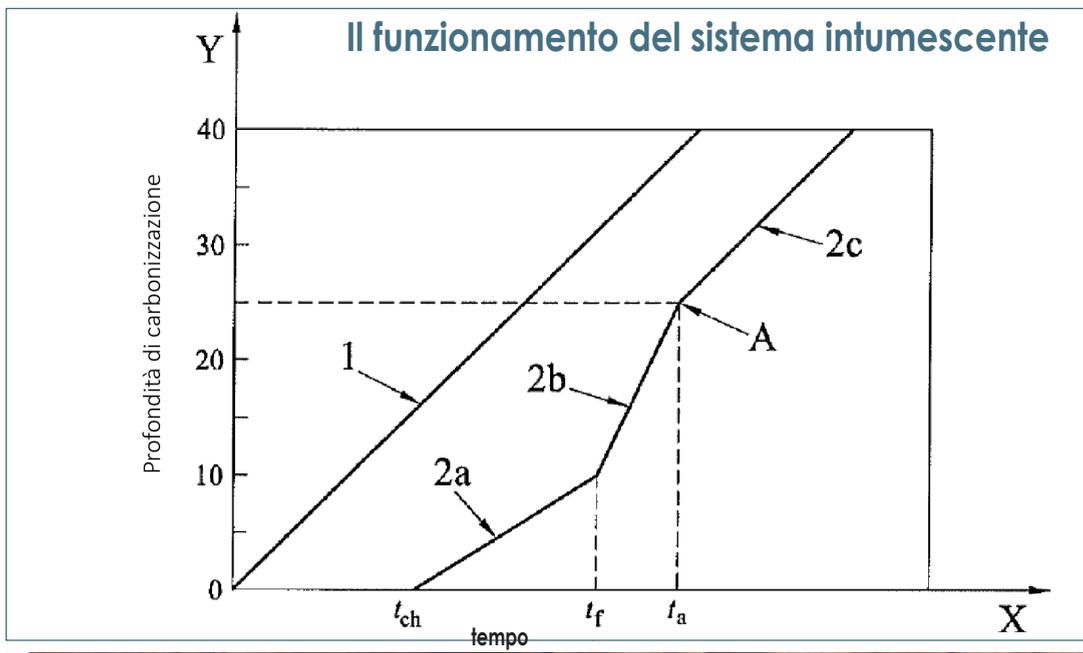


LA VULNERABILITÀ DEL LEGNO



LA PROGETTAZIONE ANTINCENDIO

Variazione della profondità di carbonizzazione in funzione del tempo quando $t_{ch} < t_f$



REAZIONE AL
FUOCO

Rivestimenti,
pavimenti,
Mobili e arredi

RESISTENZA AL
FUOCO

Strutture
portanti

Reazione al fuoco – Capitolo G.1.13

- Nell'ambito delle strategie antincendio la reazione al fuoco è una misura di protezione passiva efficace nelle fasi iniziali dell'incendio, con l'obiettivo di:
 - Limitare l'innesco dei materiali stessi
 - Evitare e/o almeno ritardare la propagazione dell'incendio (flash-over)
 - Limitare la propagazione del fumo.

Reazione al fuoco – Capitolo G.1.13

- Si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali nelle effettive condizioni finali di utilizzo, con particolare riguardo al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova
 - Classe di reazione al fuoco: indica il grado di partecipazione di un materiale o di un prodotto al fuoco, determinate tramite prove normalizzate, che consistono:
 - Attacco iniziale da piccola fiamma su un'area limitata
 - Simulazione di incendio in un locale.

Reazione al fuoco – Capitolo G.1.13

- La prestazione si riferisce al comportamento di un materiale o di un prodotto, di cui sono state individuate le specifiche caratteristiche fisiche, quali:
 - spessore
 - densità
 - composizione
 nella sua effettiva condizione finale di applicazione.

REAZIONE AL FUOCO





La parte non ancora carbonizzata rimane efficiente dal punto di vista meccanico, anche se la temperatura è aumentata. La rottura meccanica avviene quando la parte interna della sezione non ancora carbonizzata si è ridotta a tal punto da non assolvere più alla sua funzione portante (sezione residua insufficiente). I riferimenti normativi emersi durante la relazione di questa parte sono state le N.T.C., la UNI EN 1991-1-2: Eurocodice 1- azioni sulle strutture-parte 1-2: azioni in generale-azioni sulle strutture esposte al fuoco e la UNI EN 1992-1-5: Eurocodice 5- progettazione delle strutture in legno 1-2: regole generali-progettazione strutturale contro l'incendio.

Il programma espositivo ha previsto anche la trattazione della norma EN 13381-7 (Norma di qualifica del protettivo) e l'esposizione di come funziona una pittura intumescente in termini di vantaggi e limiti, di resistenza e reazione, e di preparazione dei supporti.

TABELLA DI CLASSIFICAZIONE IN GRUPPI DI MATERIALI VALIDA PER I PRODOTTI NON RIENTRANTI NEL CAMPO DI APPLICAZIONE DEL REGOLAMENTO 305/2011/UE

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Mobili imbottiti (poltrone, divani, divani letto, materassi, <i>sommier</i> , guanciali, <i>topper</i> , cuscini, sedie imbottite)	1 IM	[na]	1 IM	[na]	2 IM	[na]
<i>Bedding</i> (coperte, copriletti, coprimaterassi)						
Mobili fissati e non agli elementi strutturali (sedie e sedili non imbottiti)						
Tendoni per tensostrutture, strutture pressostatiche e tunnel mobili	1		1		2	
Sipari, drappaggi, tendaggi						
Materiale scenico, scenari fissi e mobili (quinte, velari, tendaggi e simili)						
[na] Non applicabile						

Tabella S.1-5: *Classificazione in gruppi per arredamento, scenografie, tendoni per coperture*

TABELLA DI CLASSIFICAZIONE IN GRUPPI DI MATERIALI RIENTRANTI NEL REGOLAMENTO EUROPEO PRODOTTI DA COSTRUZIONE

Descrizione dei materiali	GM1 EU	GM2 EU	GM3 EU
Rivestimenti a soffitto [1]	A2-s1,d0	B-s2,d0	C-s2,d0
Controsoffitti, materiali di copertura [2], pannelli di copertura [2], lastre di copertura [2]			
Pavimentazioni sopraelevate (superficie nascosta)			
Rivestimenti a parete [1]	B-s1,d0		
Partizioni interne, pareti, pareti sospese			
Rivestimenti a pavimento [1]	B _n -s1	C _n -s1	C _n -s2
Pavimentazioni sopraelevate (superficie calpestabile)			

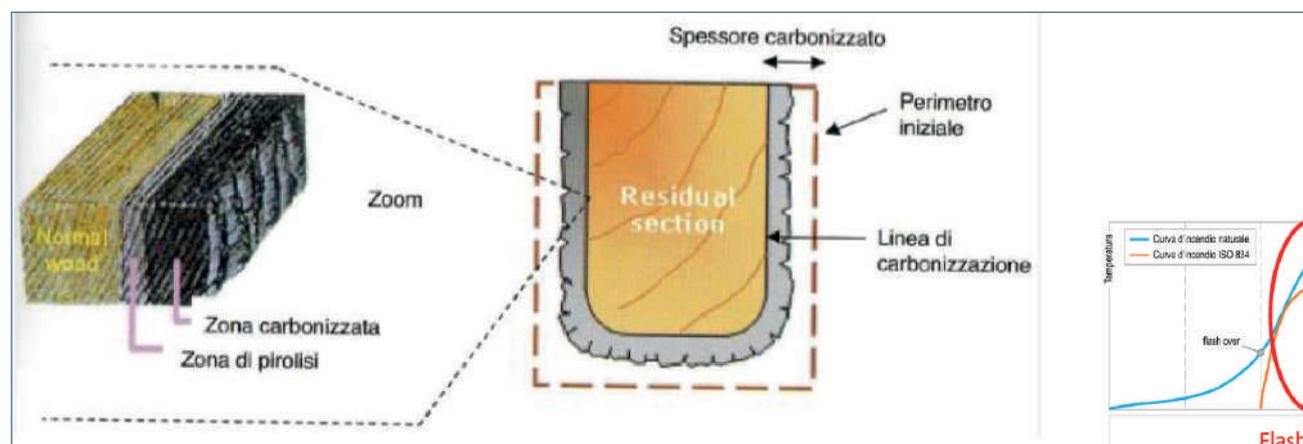
[1] Qualora trattati con prodotti vernicianti ignifughi omologati ai sensi del D.M. 6/3/1992, questi ultimi devono essere idonei all'impiego previsto e avere la classificazione indicata di seguito (per classi differenti da A2): GM1 e GM2 in classe 1; GM3 in classe 2; per i prodotti vernicianti marcati CE, questi ultimi devono avere indicata la corrispondente classificazione.

[2] Si intendono tutti i materiali utilizzati nell'intero pacchetto costituente la copertura, non soltanto i materiali esposti che costituiscono l'ultimo strato esterno.

Tabella S.1-6: Classificazione in gruppi di materiali per rivestimento e completamento

COMPORAMENTO AL FUOCO DEL LEGNO

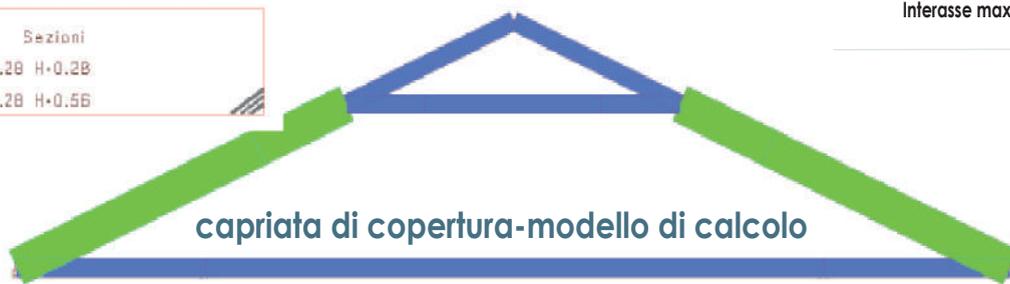
Il legno brucia lentamente e la carbonizzazione procede dall'esterno verso l'interno. La parte non ancora carbonizzata rimane efficiente dal punto di vista meccanico, anche se la temperatura è aumentata. La rottura meccanica avviene quando la parte interna della sezione non ancora carbonizzata si è ridotta a tal punto da non assolvere più alla sua funzione portante (sezione residua insufficiente).



VERIFICA ANALITICA DELLA RESISTENZA AL FUOCO

Luce circa 15,8 metri
Interasse max = 4,2 m

- Sezioni
- 36 Rp B=0.28 H=0.28
 - 37 Rp B=0.28 H=0.56



LA VELOCITÀ DI CARBONIZZAZIONE

	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Conifere e Faggio Legno lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ Legno massiccio con massa volumica caratteristica $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7 0,8
b) Latifoglie Legno massiccio o lamellare incollato di latifoglie con massa volumica caratteristica pari a 290 kg/m^3 Legno massiccio o lamellare incollato con massa volumica caratteristica $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,50	0,7 0,55
c) LVL con massa volumica caratteristica $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
d) Pannelli Rivestimenti di legno Compensato Pannelli a base di legno diversi dal compensato	0,9 ^{a)} 1,0 ^{a)} 0,9 ^{a)}	- - -
a) I valori si applicano a una massa volumica caratteristica di 450 kg/m^3 e a uno spessore del pannello di 20 mm; vedere punto 3.4.2(9) per altri spessori e massa volumica.		

- β_0 Velocità di carbonizzazione di progetto per carbonizzazione unidimensionale in caso di esposizione a incendio normalizzato;
- β_n Velocità di carbonizzazione convenzionale di progetto in caso di esposizione a incendio normalizzato;



Reazione al fuoco
Le norme a riferimento per la valutazione analitica:

- UNI EN 1991-1-2: Eurocodice 1- azioni sulle strutture-parte 1-2: azioni in generale-azioni sulle strutture esposte al fuoco
- UNI EN 1992-1-5: Eurocodice 5- progettazione delle strutture in legno 1-2: regole generali-progettazione strutturale contro l'incendio





Gruppi di materiali

Le soluzioni conformi si riferiscono a *gruppi di materiali* così definiti:

GM0: tutti i materiali aventi classe 0 di reazione al fuoco italiana o classe A1 di reazione al fuoco europea

GM1: vedi tabelle S.1-4, S.1-5, S.1-6, S.1-7

GM2: vedi tabelle S.1-4, S.1-5, S.1-6, S.1-7

GM3: vedi tabelle S.1-4, S.1-5, S.1-6, S.1-7

GM4: tutti i materiali non compresi nei gruppi GM0, GM1, GM2, GM3

RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 03/08/2015
- N.T.C.
- UNI EN 1991-1-2: EUROCODICE 1-AZIONI SULLE STRUTTURE-PARTE 1-2: AZIONI IN GENERALE-AZIONI SULLE STRUTTURE ESPOSTE AL FUOCO
- UNI EN 1992-1-5: EUROCODICE 5 PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE IN LEGNO 1-2: REGOLE GENERALI PROGETTAZIONE STRUTTURALE CONTRO L'INCENDIO
- NORMA DI QUALIFICA DEL PROTETTIVO: EN 13381-7



I protettivi per la protezione strutturale del legno REATTIVI:

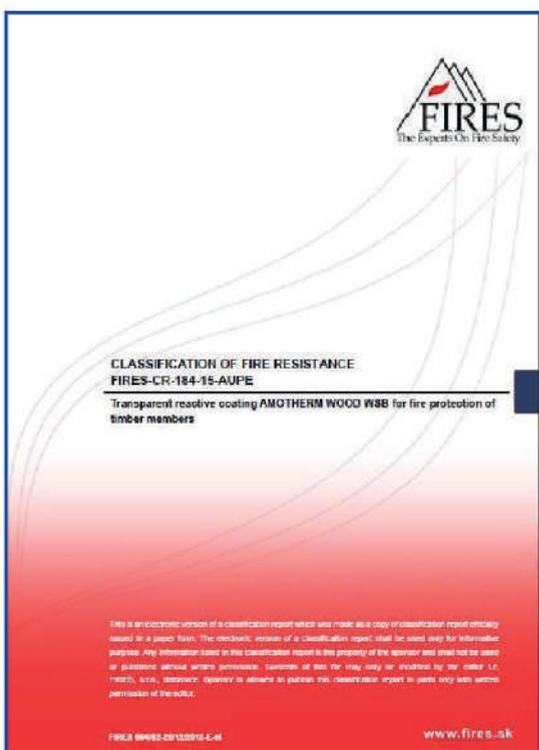
- Mutano il loro stato fisico Reattivi durante l'incendio
 - Aumentano di spessore variano la densità e la consistenza
- NON NECESSITANO DI INTERVENTI DA PARTE DI PERSONE O DISPOSITIVI AUTOMATICI DI ATTIVAZIONE NEL MOMENTO DELL'INCENDIO-

Annex 2. Relation of charring rate for beams and columns and thickness of protection

parameter	thickness of protection [g.m ⁻²]	R15	R30	R45
β' [mm/min]	0	0,836	0,828	0,859
β''_{min} [mm/min]	360	0,622	0,800	0,859
β''_{max} [mm/min]	670	0,347	0,622	0,714
$k_{\beta min}$	360	0,744	0,966	1,000
$k_{\beta max}$	670	0,415	0,752	0,831
$t_{pr min}$ [min]	360	6,47		
$t_{pr max}$ [min]	670	8,49		

Note: Linear interpolation of the parameters for thicknesses between minimum and maximum is allowed.

Come descritto nel meccanismo dell'intumescenza, in condizioni normali, l'aspetto del protettivo è quello di una vernice trasparente, che con una sorgente di gas aumenta lo spessore iniziale (espansione dello strato di vernice) e durante l'esposizione al fuoco si genera la schiuma che isola il supporto e ne rallenta il suo riscaldamento/carbonizzazione.



La documentazione a supporto: il rapporto di classificazione