

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



FONDAZIONE  
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI



ORDINE DEGLI  
INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA  
DI CASERTA

FOICE

FONDAZIONE  
ORDINE  
INGEGNERI  
DI CASERTA

# CONVEGNO NAZIONALE

12 APRILE 2025 ORE 9:00

Auditorium Aeronautica Militare, viale Ellittico, Caserta

## La sfida della Casa Green

L'adeguamento energetico degli edifici alla  
luce delle problematiche sismiche

Prof. Ing. Alberto Mandara  
Università della Campania «L. Vanvitelli»



# Un patrimonio edilizio fragile e inefficiente

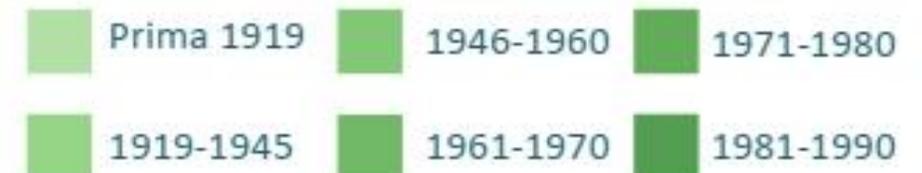
- Oltre il 70% degli edifici è stato costruito prima delle normative antisismiche;
- Molti si trovano in aree a rischio sismico medio-alto ed hanno  $\zeta_E \approx 0.1 \div 0.2$ ;
- Più del 60% ha una classe energetica E o inferiore.

## Età del patrimonio edilizio esistente

Fonte: Eurostat, 2021



### Legenda



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

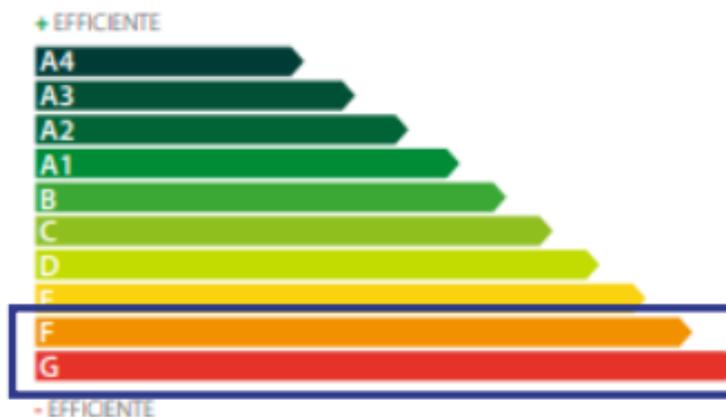
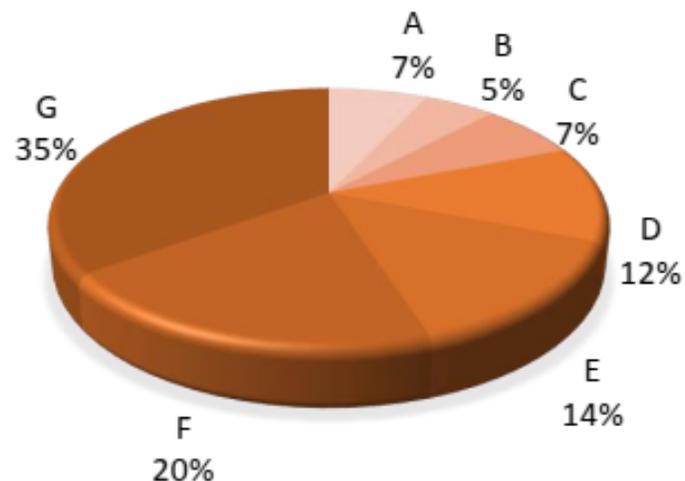


# Efficienza energetica del patrimonio edilizio italiano

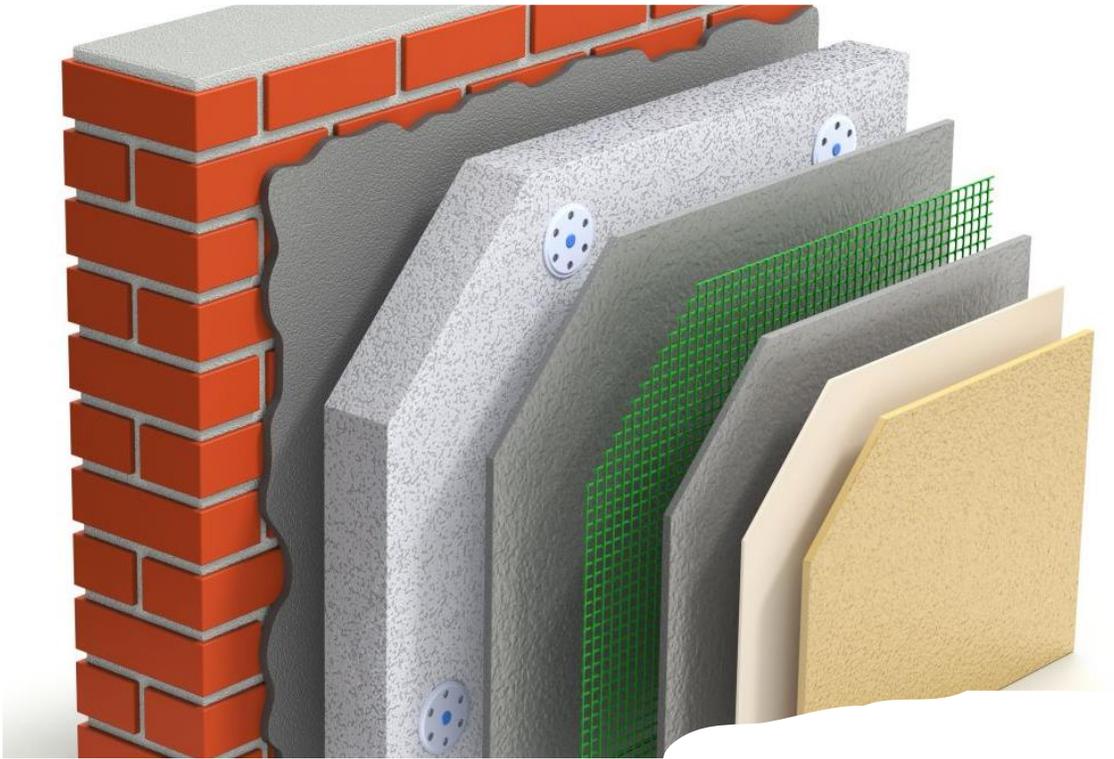


- Strutture verticali: 25%
- Infissi: 15%
- Copertura: 20%
- Solaio di primo calpestio: 7%

Efficienza energetica del patrimonio edilizio italiano  
ENEA



# Quando l'efficienza termica può compromettere la sicurezza

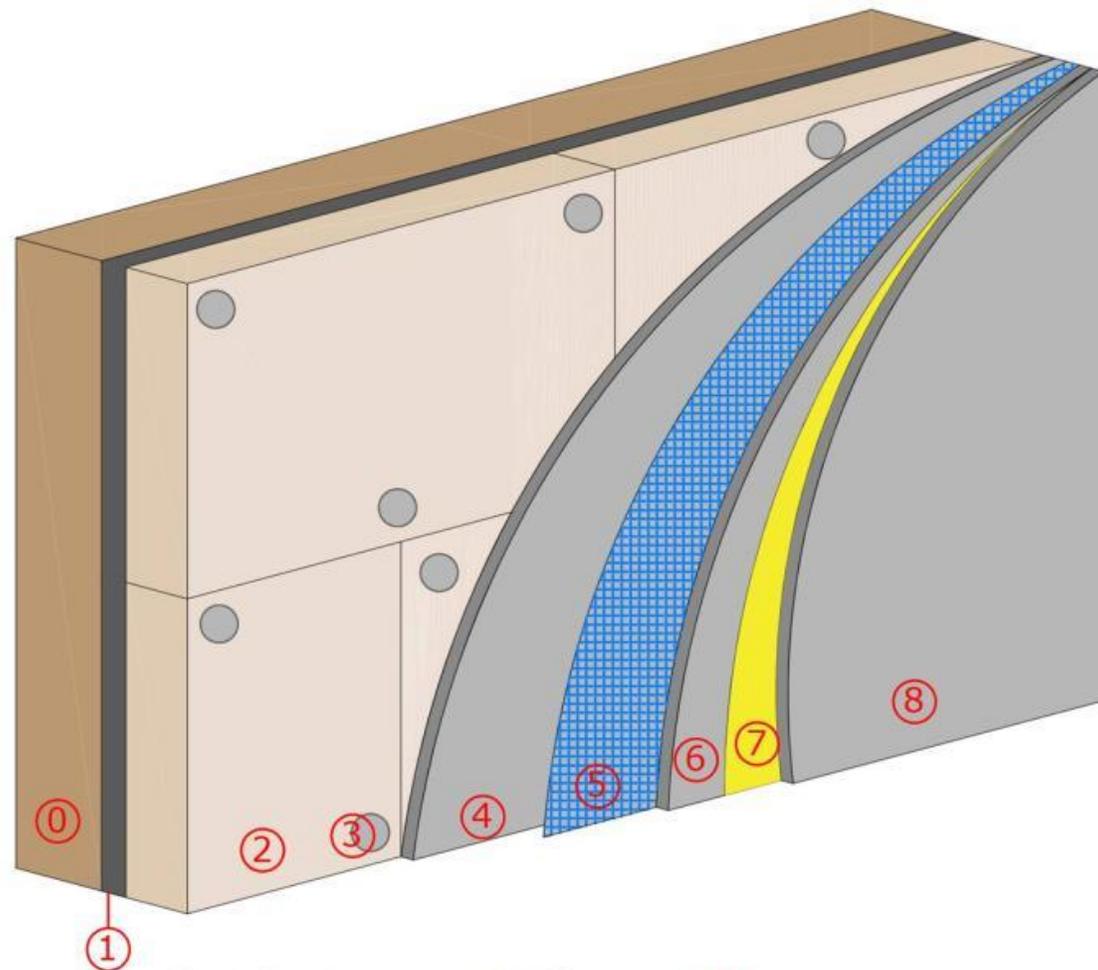


- Il cappotto termico può aggiungere massa e rigidità non previste;
- Materiali isolanti = scarsa resistenza strutturale;
- Rischio di distacco in caso di sisma.



**Cappotto termico  
tradizionale  
(esterno o interno)**

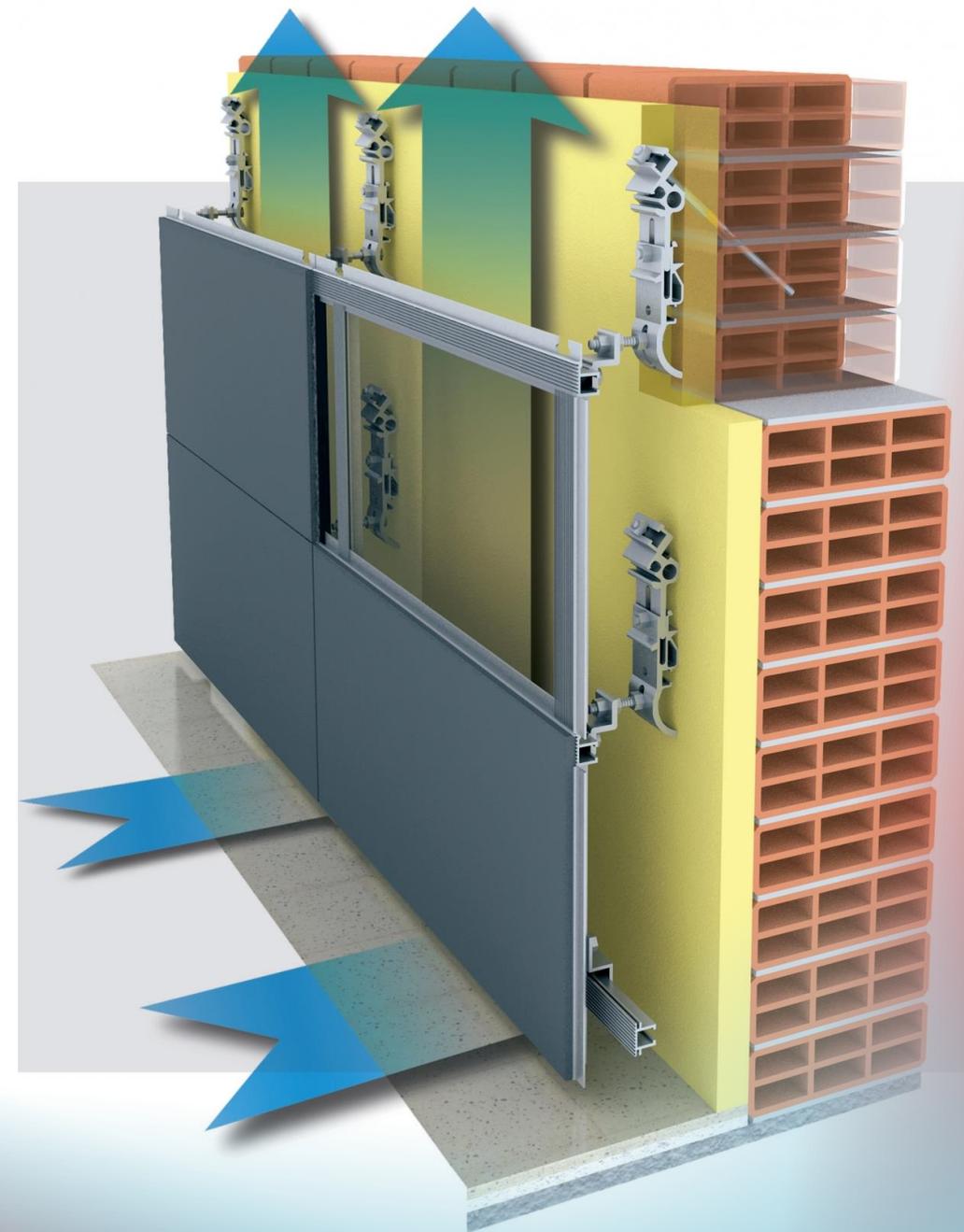
# Elementi costitutivi del cappotto termico



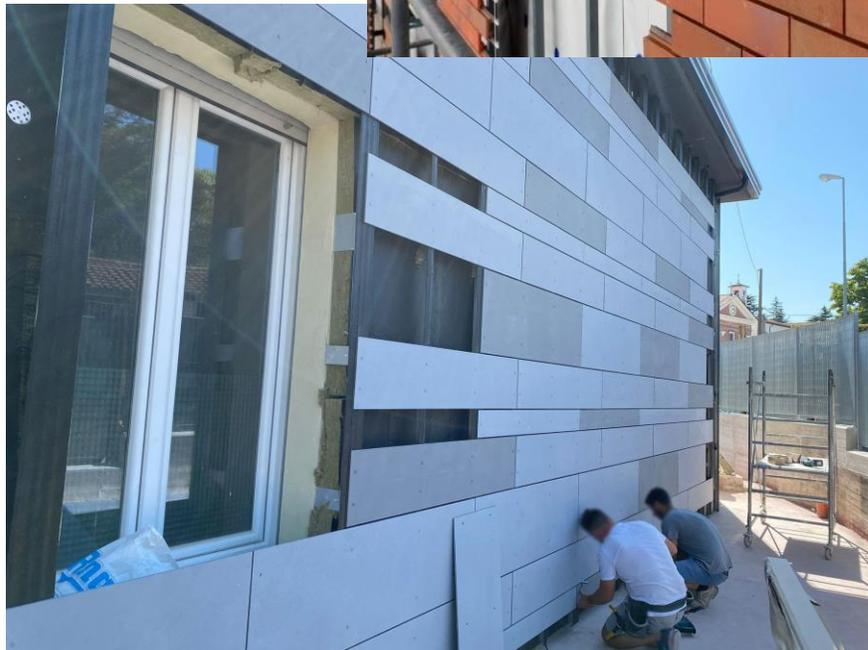
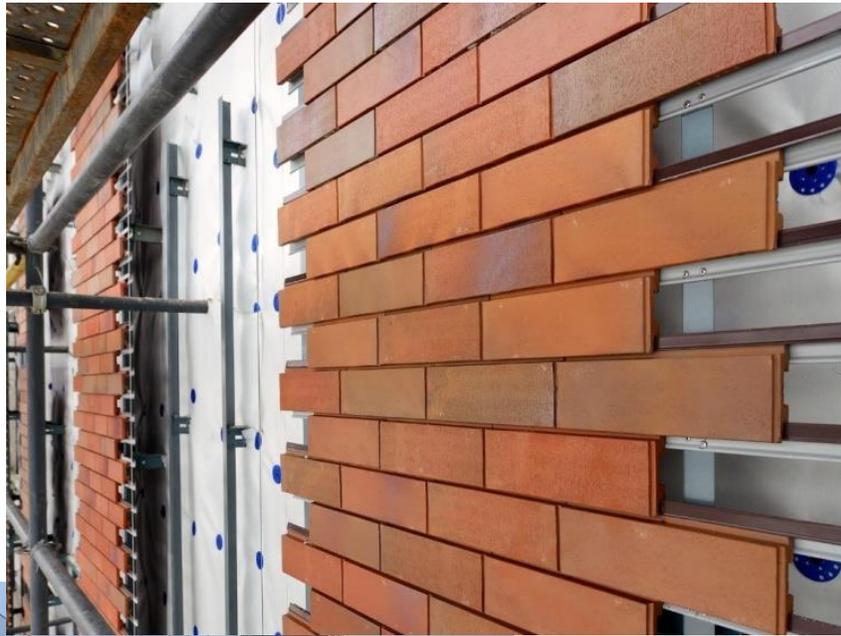
- GLI STRATI FUNZIONALI
- |   |                   |   |                      |
|---|-------------------|---|----------------------|
| ① | SUPPORTO          | ④ | INTONACO DI FONDO    |
| ② | COLLANTE          | ⑤ | RETE D'ARMATURA      |
| ③ | PANNELLO ISOLANTE | ⑥ | INTONACO RASANTE     |
| ④ | TASSELLO          | ⑦ | PRIMER               |
|   |                   | ⑧ | INTONACO DI FINITURA |

## Pareti a secco: leggere, isolanti e antisismiche

- Telaio in acciaio leggero o legno strutturale;
- Camera d'aria + strato isolante;
- Rigidità laterale migliorata.

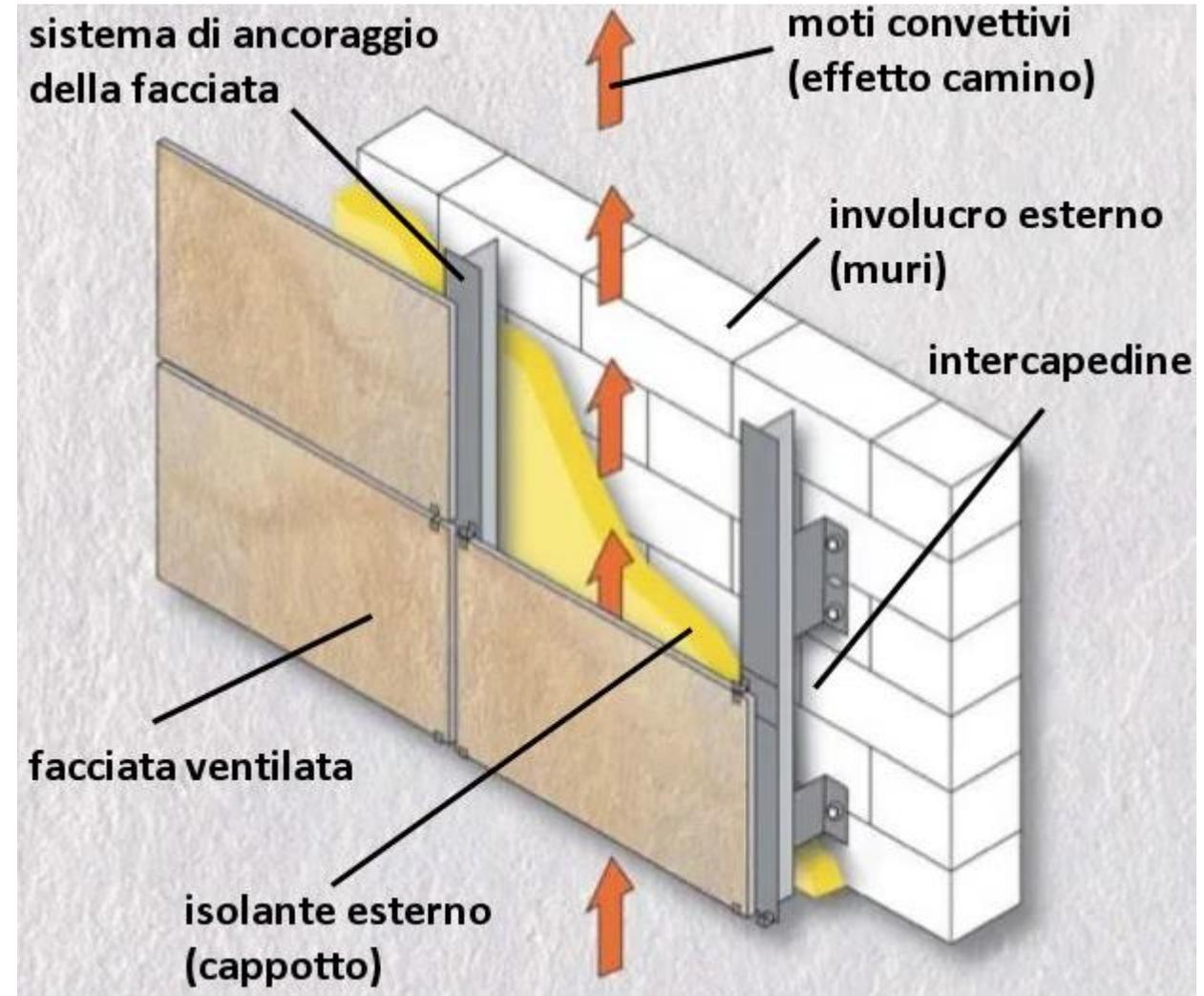


# Facciate Ventilato: cosa sono e come funzionano



[casaoggi domani.it](http://casaoggi domani.it)

Alta-S.r.l.



[espertocasaclima.com](http://espertocasaclima.com)

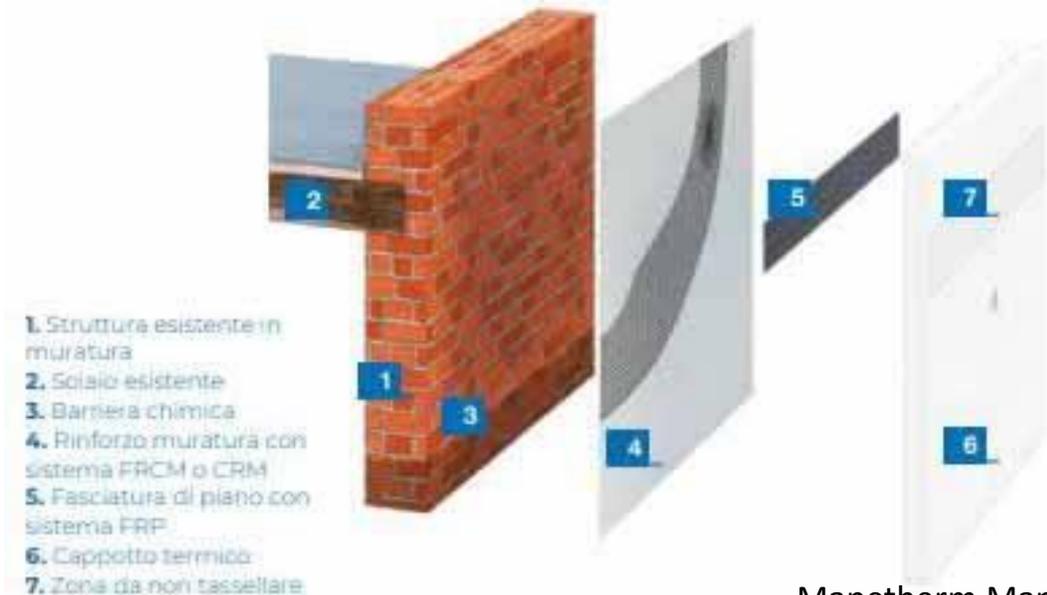
# Cappotto sismico: isolamento + rinforzo strutturale

- Energetico + sismico = efficienza globale;
  - Un solo cantiere, meno disagi;
  - Costi ottimizzati, incentivi cumulabili;
  - Coordinamento tra progettisti = meno errori.
- 
- Pannelli prefabbricati armati + isolamento integrato;
  - Ancorati alla muratura tramite connettori passanti;
  - Aumentano rigidezza e resistenza al sisma.

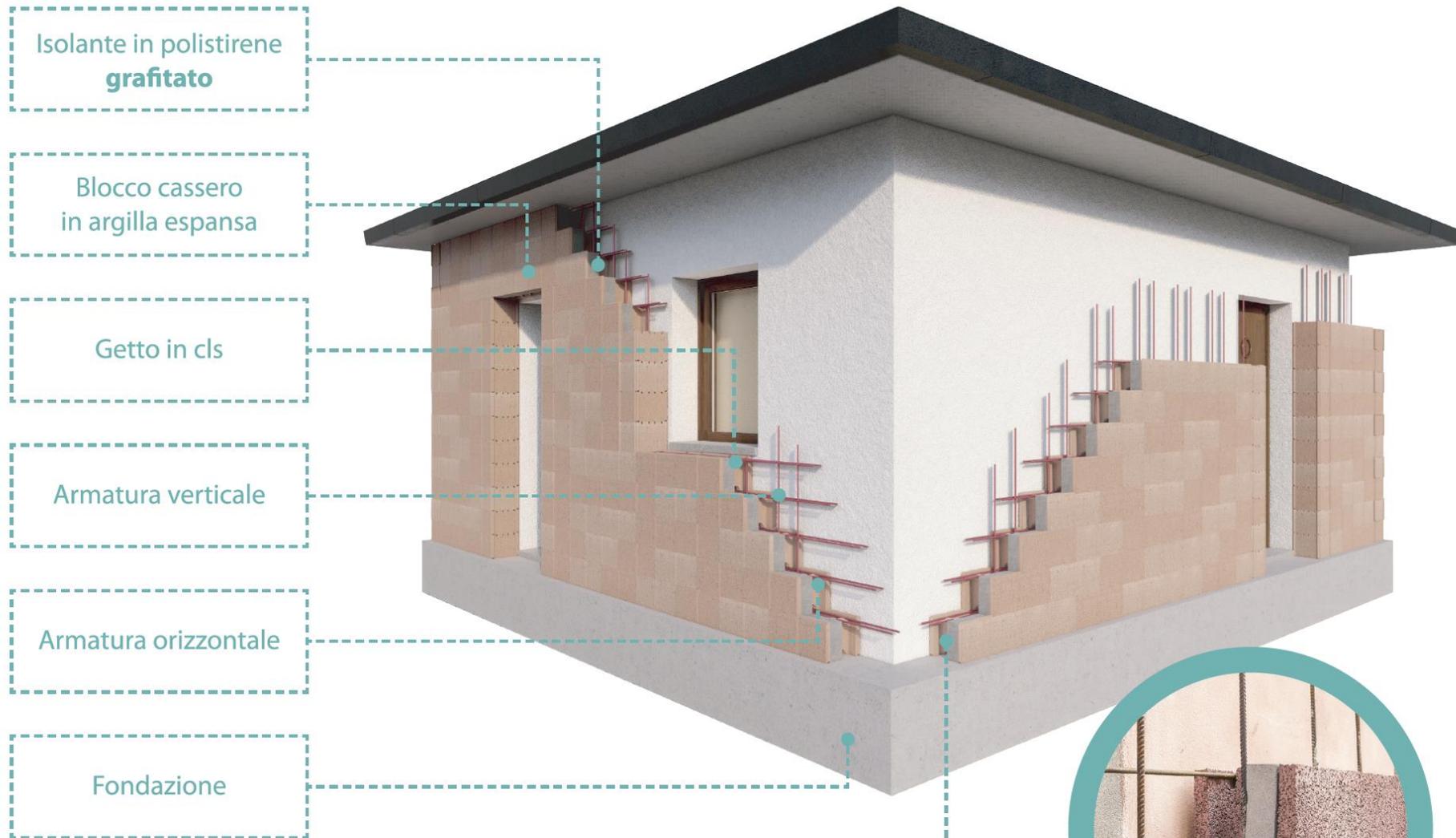
## APPLICAZIONE SU EDIFICIO IN CALCESTRUZZO ARMATO



## APPLICAZIONE SU EDIFICIO IN MURATURA



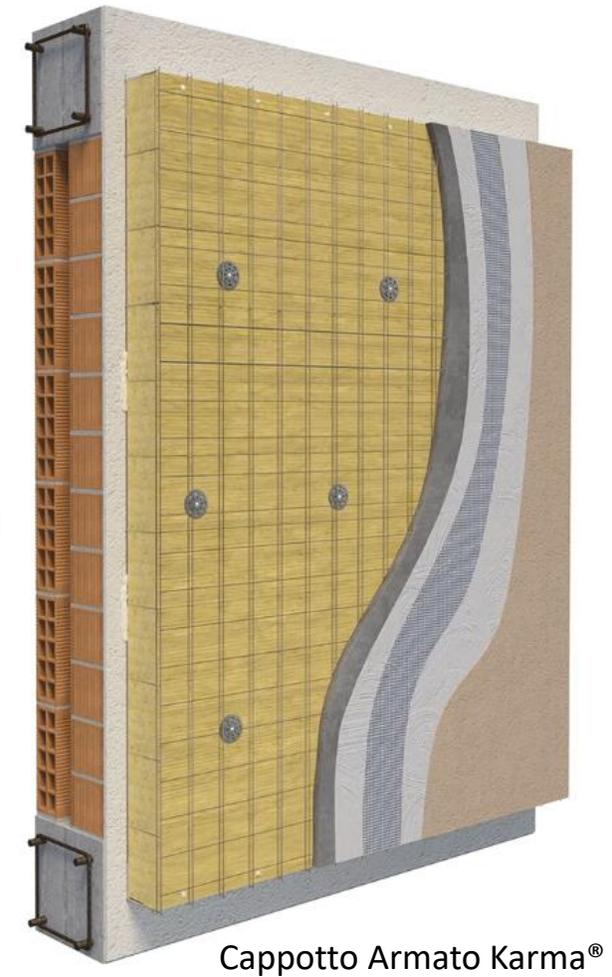
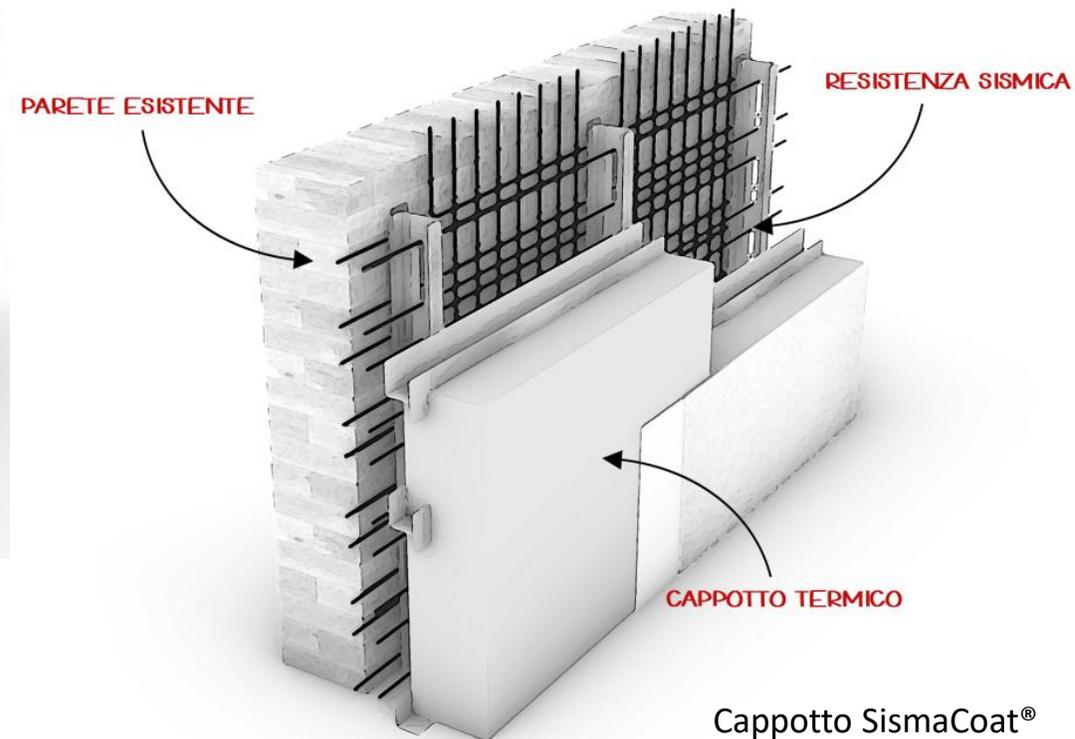
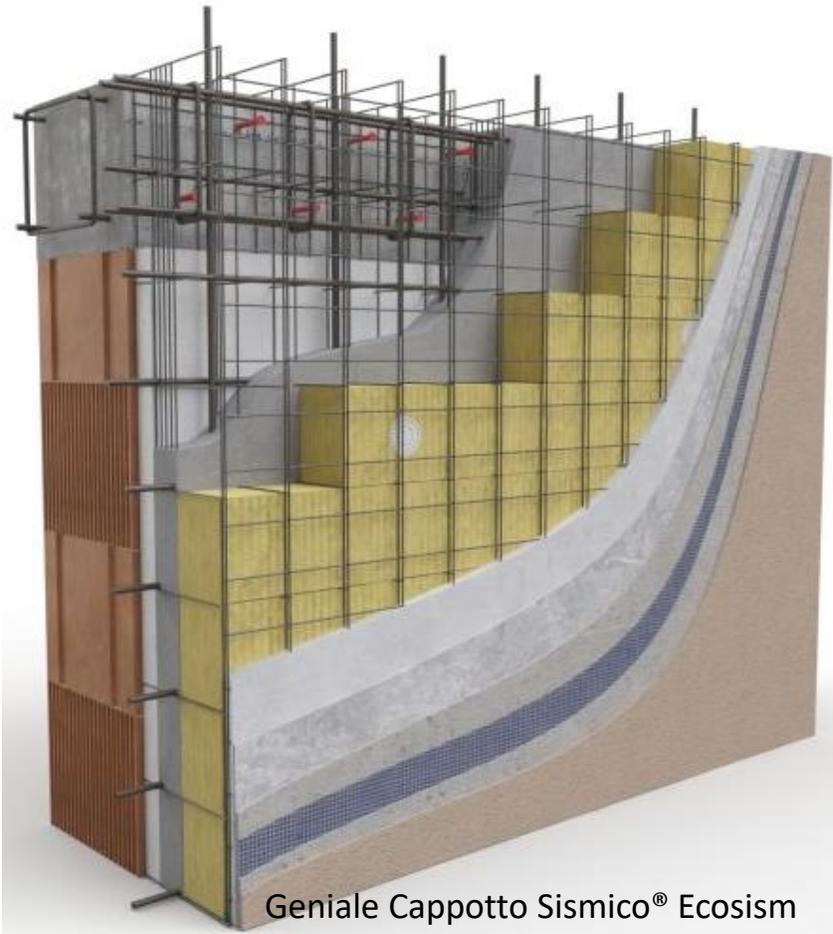
# Cappotto sismico: isolamento + rinforzo strutturale



# Cappotto sismico: isolamento + rinforzo strutturale



# Cappotto sismico: isolamento + rinforzo strutturale

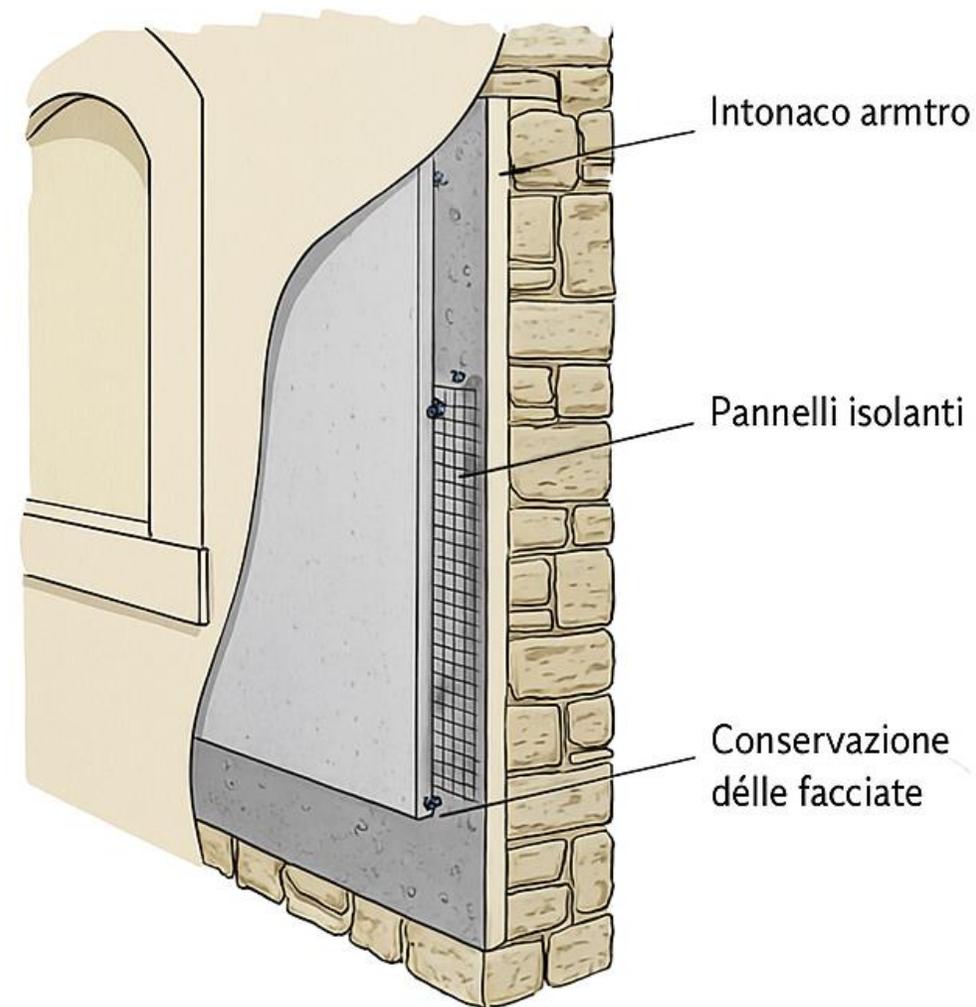


# Interventi dall'interno: quando l'esterno non si può toccare (cappotto interno)

- Pannelli isolanti applicati all'interno delle murature;
- Intonaci armati o FRCM + rete + malte fibrorinforzate;
- Telai interni in acciaio o legno;
- Rinforzo dei solai e connessioni parete-solaio;
- Isolamento interno a basso spessore;
- Conservazione delle facciate storiche.

Tuttavia...

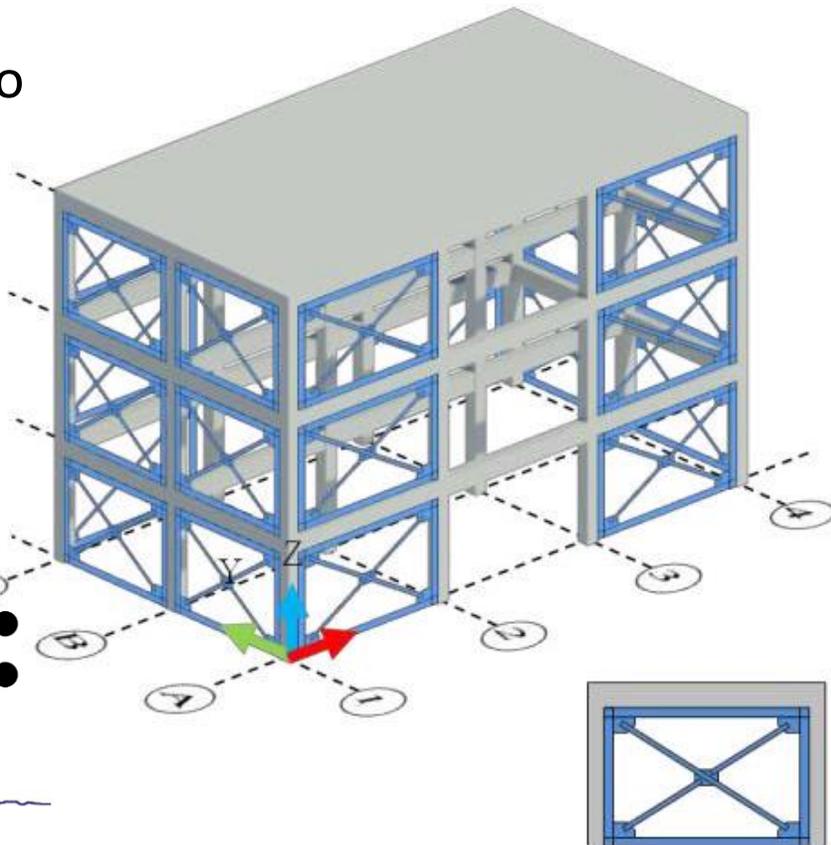
- Efficientamento energetico non sempre ottimale.



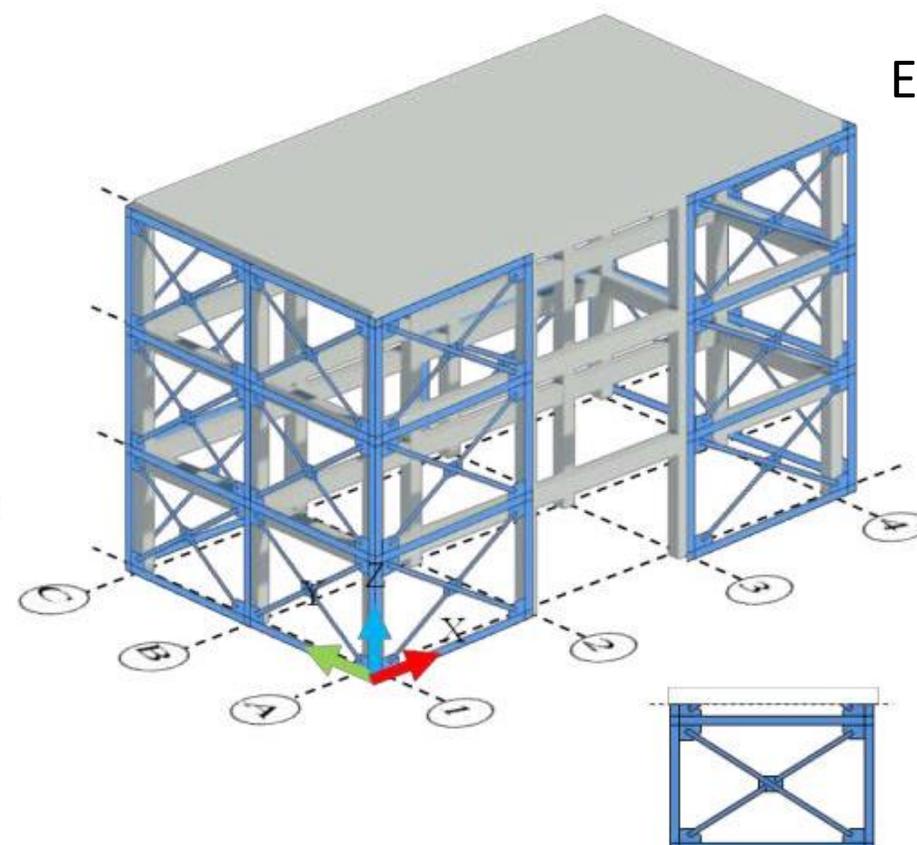
# Esoscheletri: struttura portante e involucro in uno

- Telai esterni in acciaio;
- Miglioramento sismico esterno, non invasivo;
- Spazio per isolante tra struttura e parete esistente.

Endoscheletro



Esoscheletro





EASY TO INSTALL

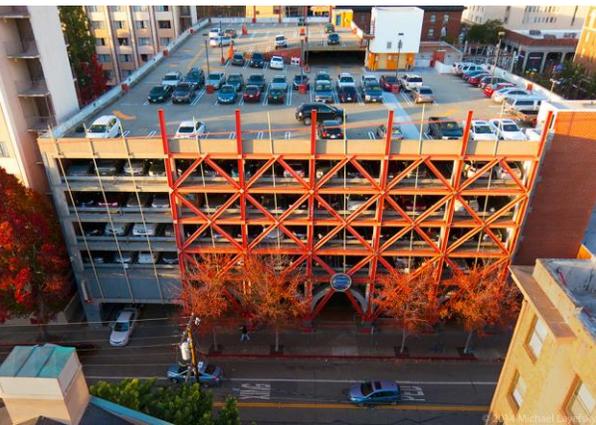
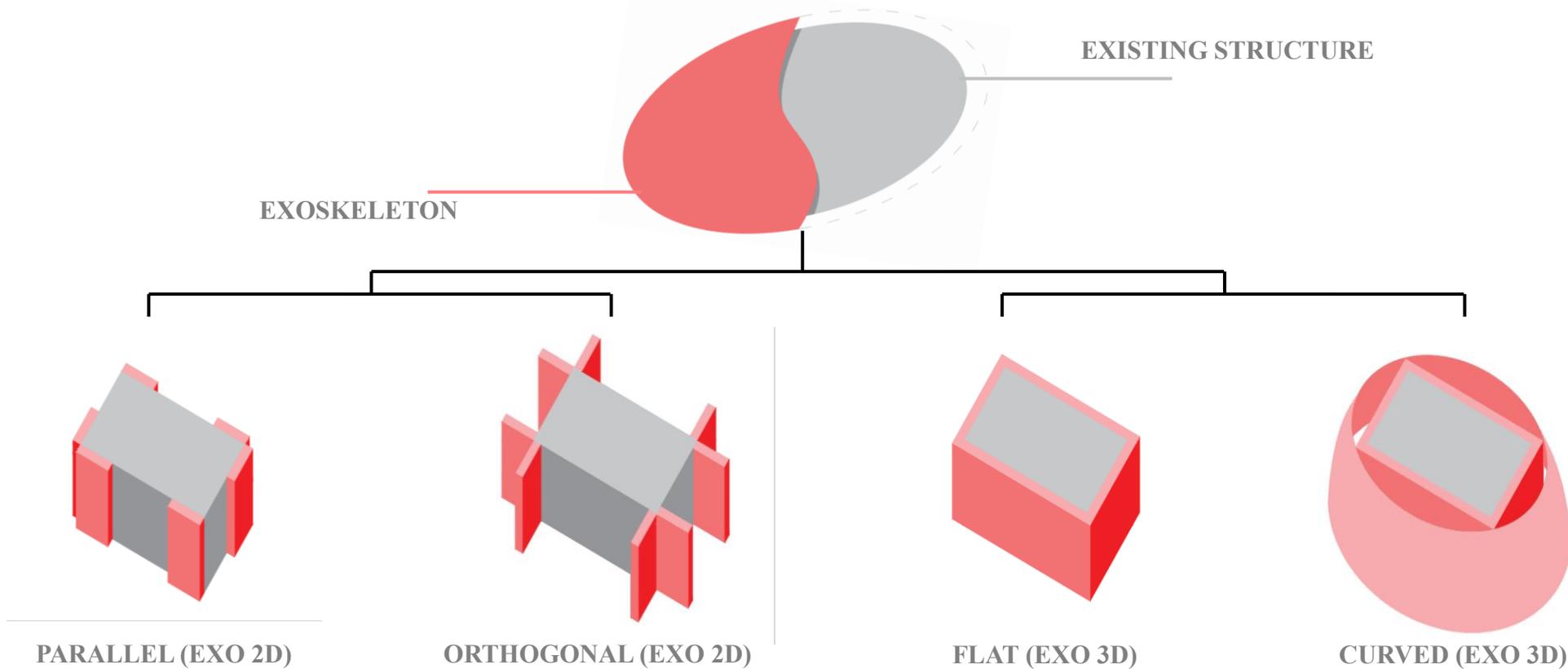


SUSTAINABLE



REVERSIBLE

# Esoscheletri

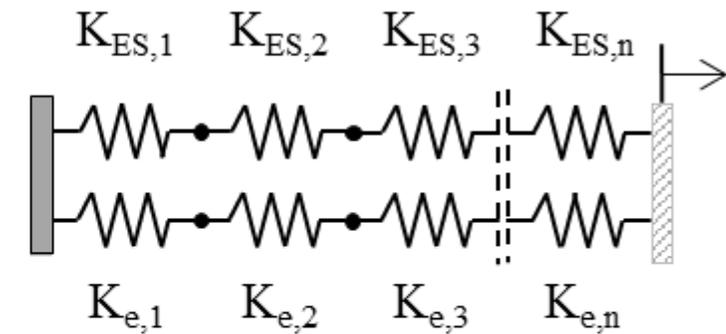
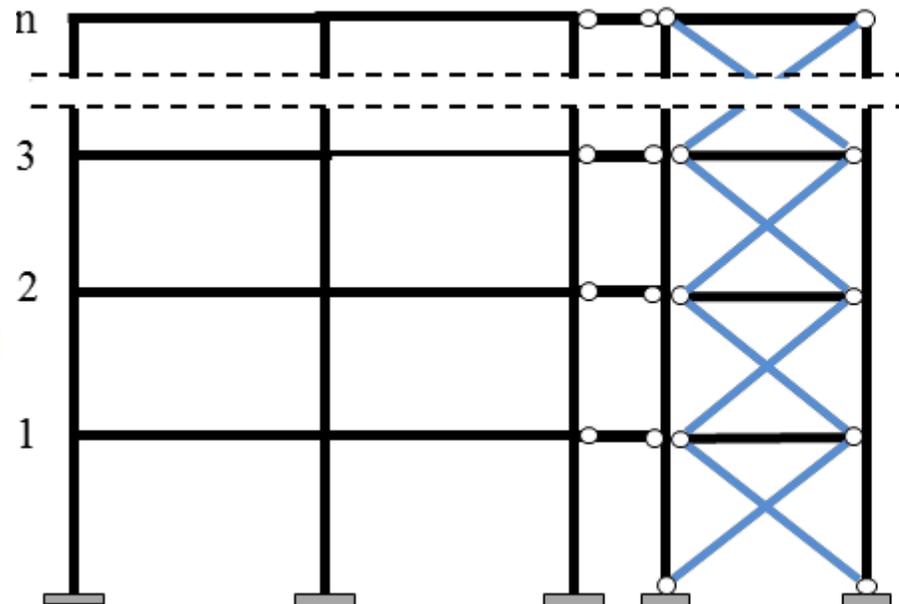
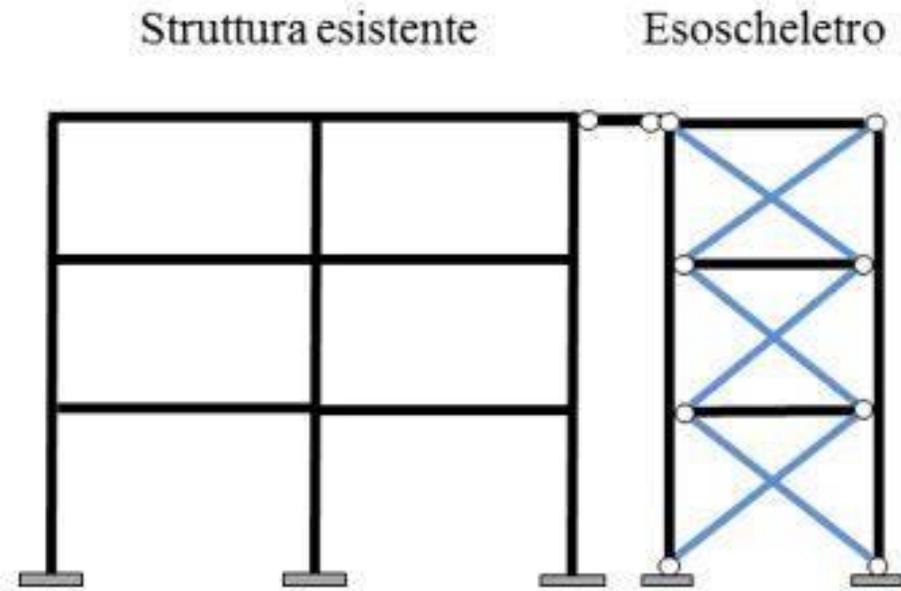


Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e Strutturale

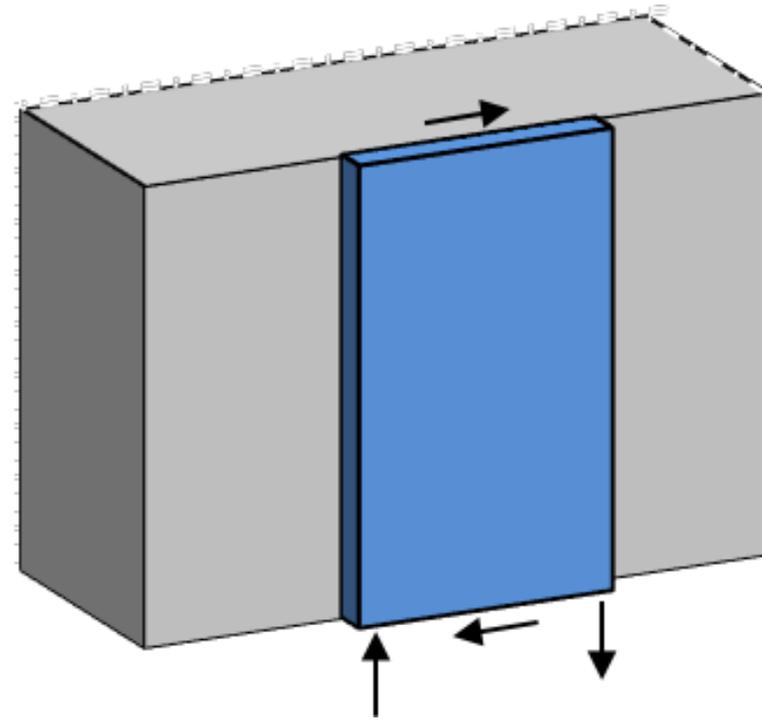
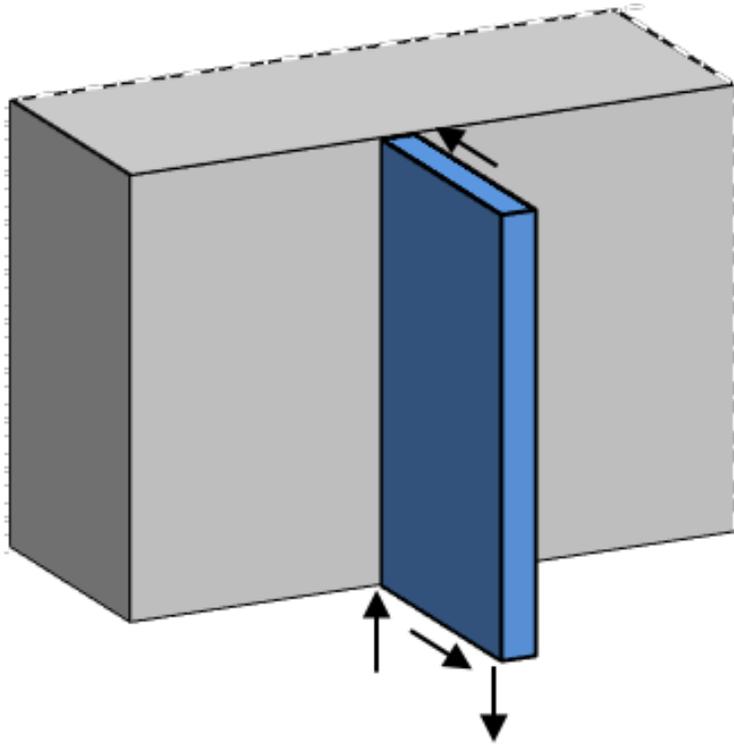


# Principio di funzionamento degli esoscheletri

Accoppiamento in parallelo tra la struttura esistente e l'esoscheletro con elementi rigidi o dissipativi



# Tipologie di esoscheletri



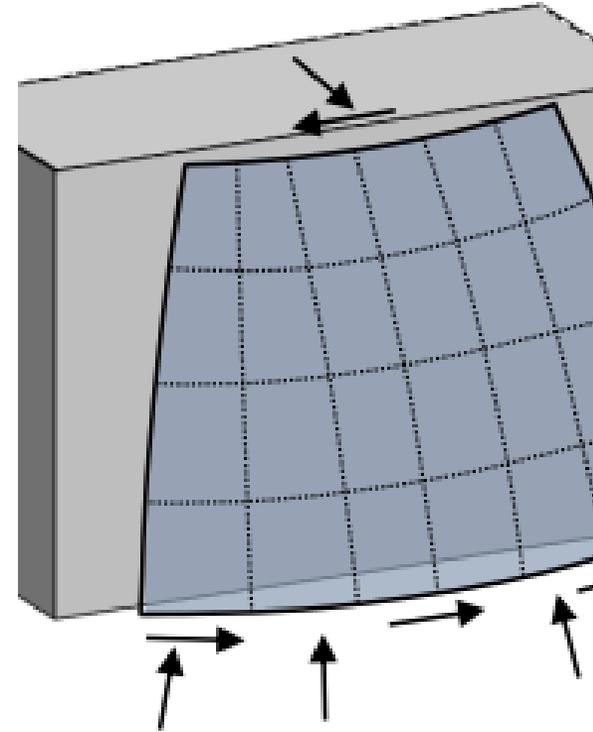
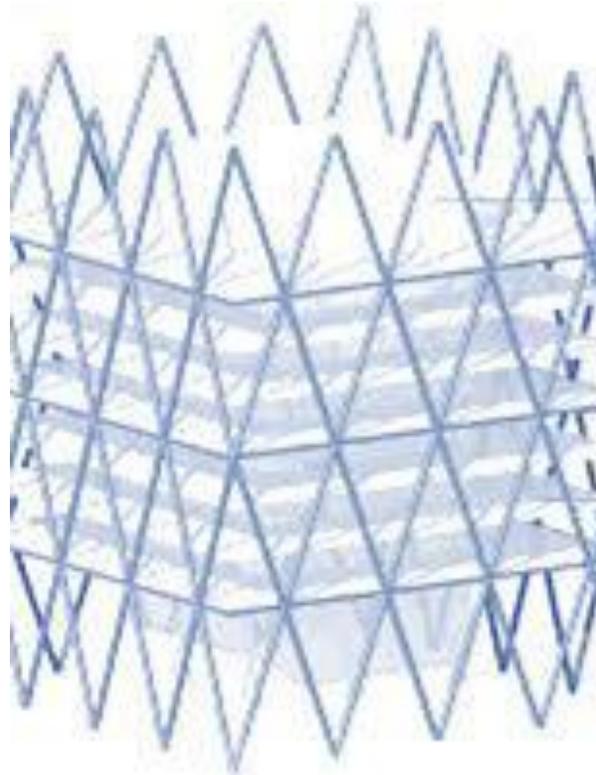
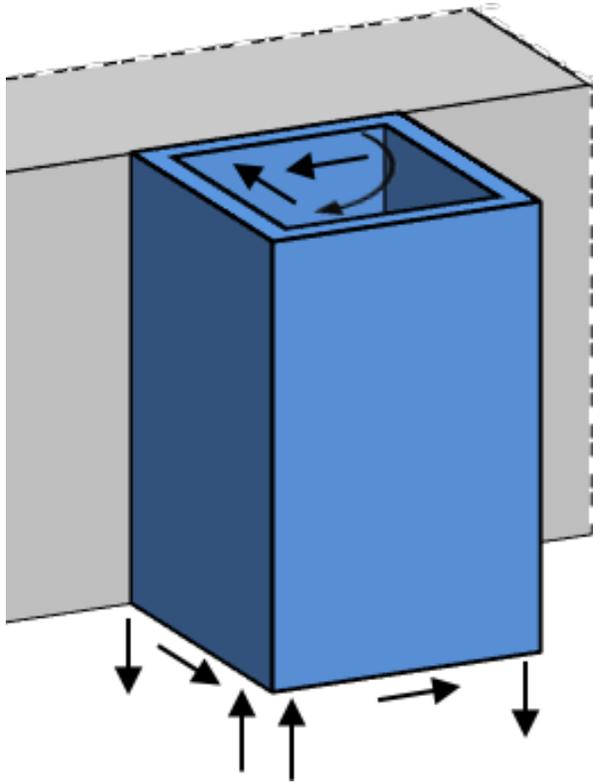
Esoscheletro 2D con pareti di taglio  
(in parete piena o reticolare)



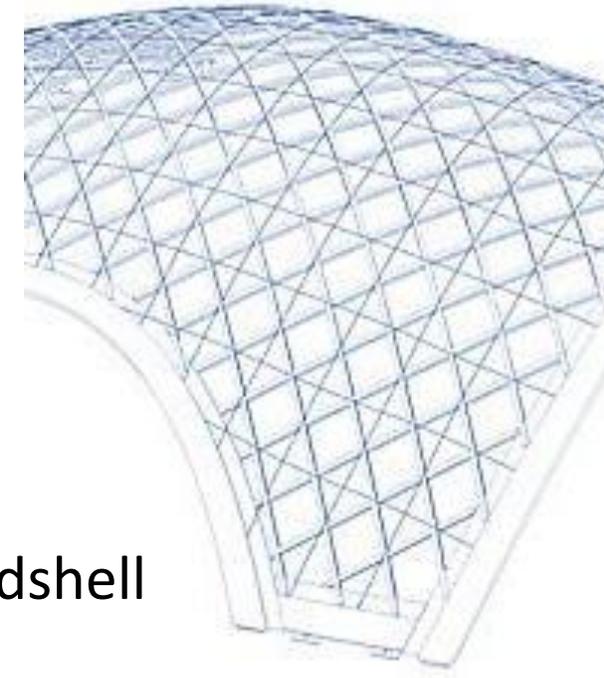
V:



# Tipologie di esoscheletri



Diagrid



Gridshell

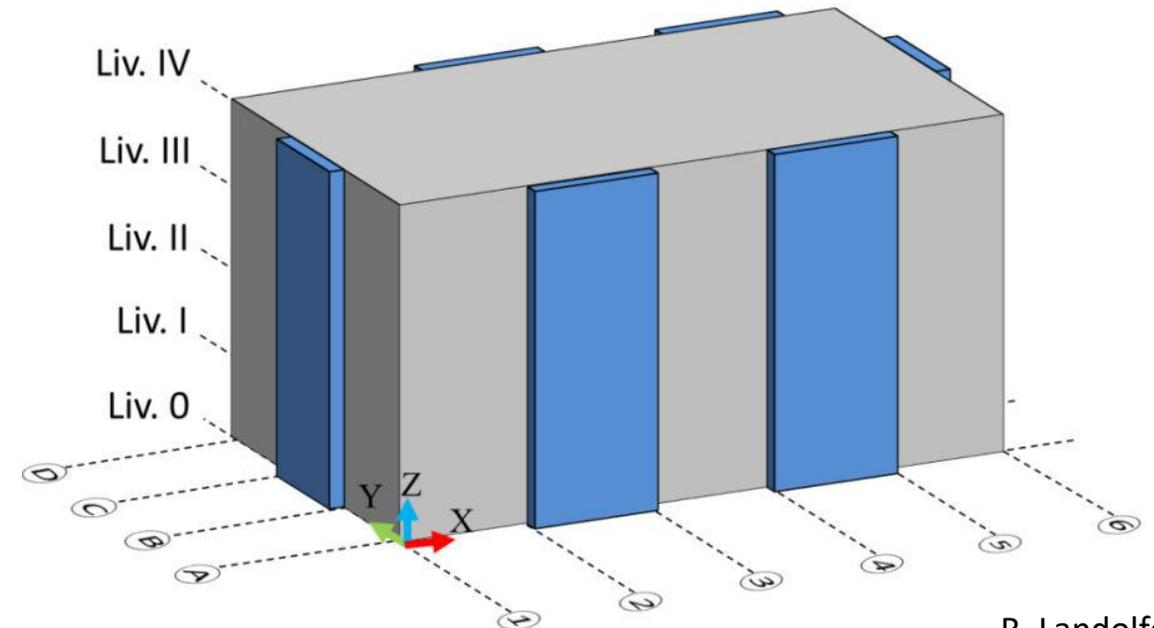
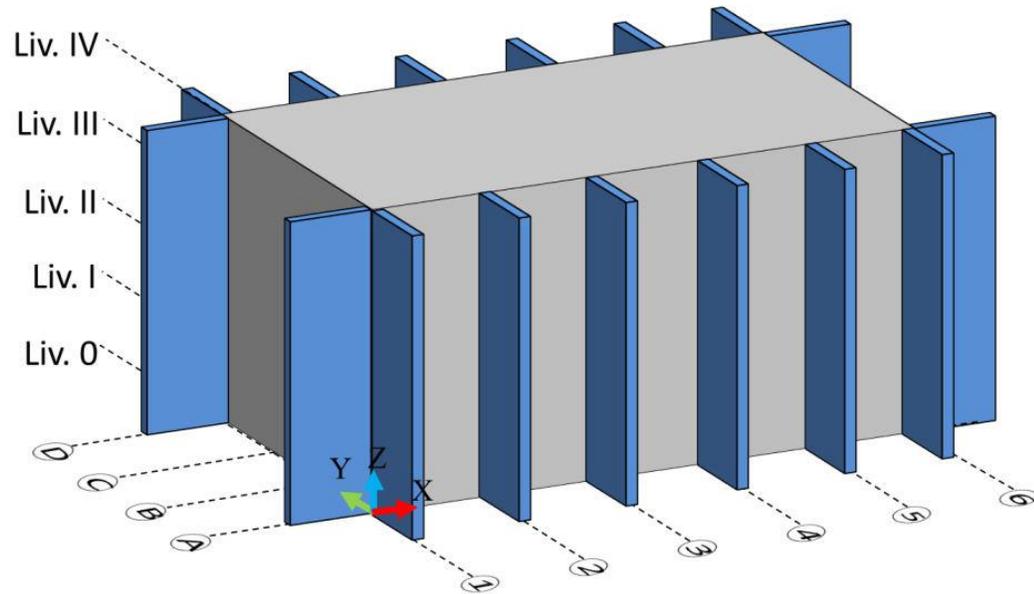


V:



Esoscheletro 3D con nuclei o a guscio (in parete piena o reticolare)

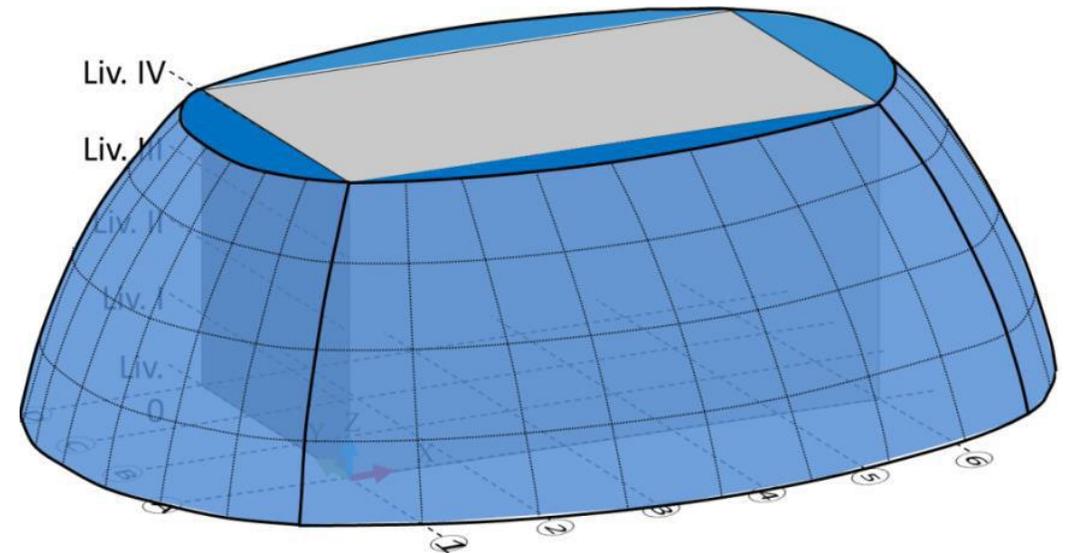
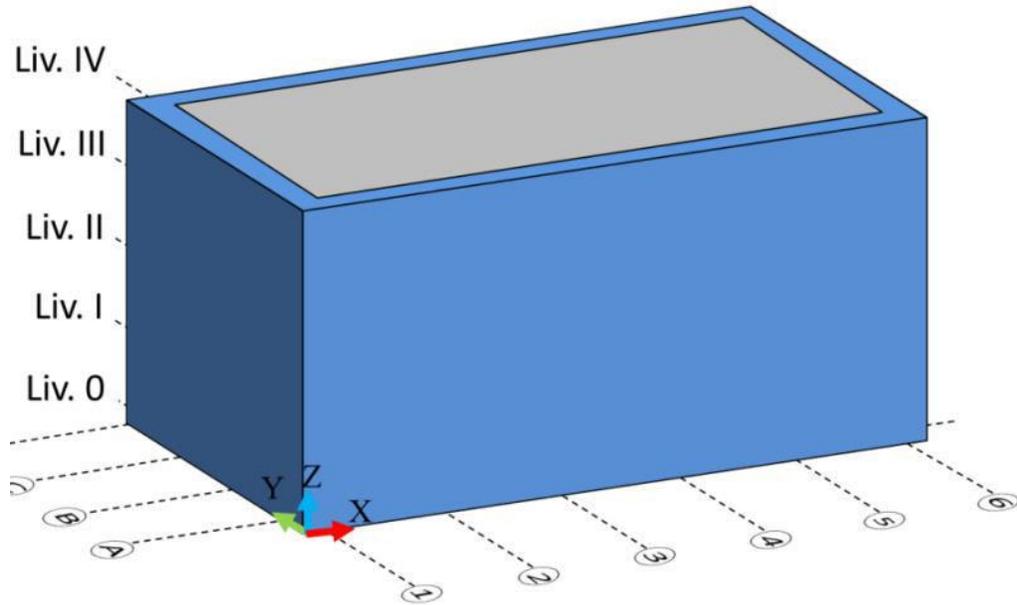
# Possibili implementazioni degli esoscheletri



V:



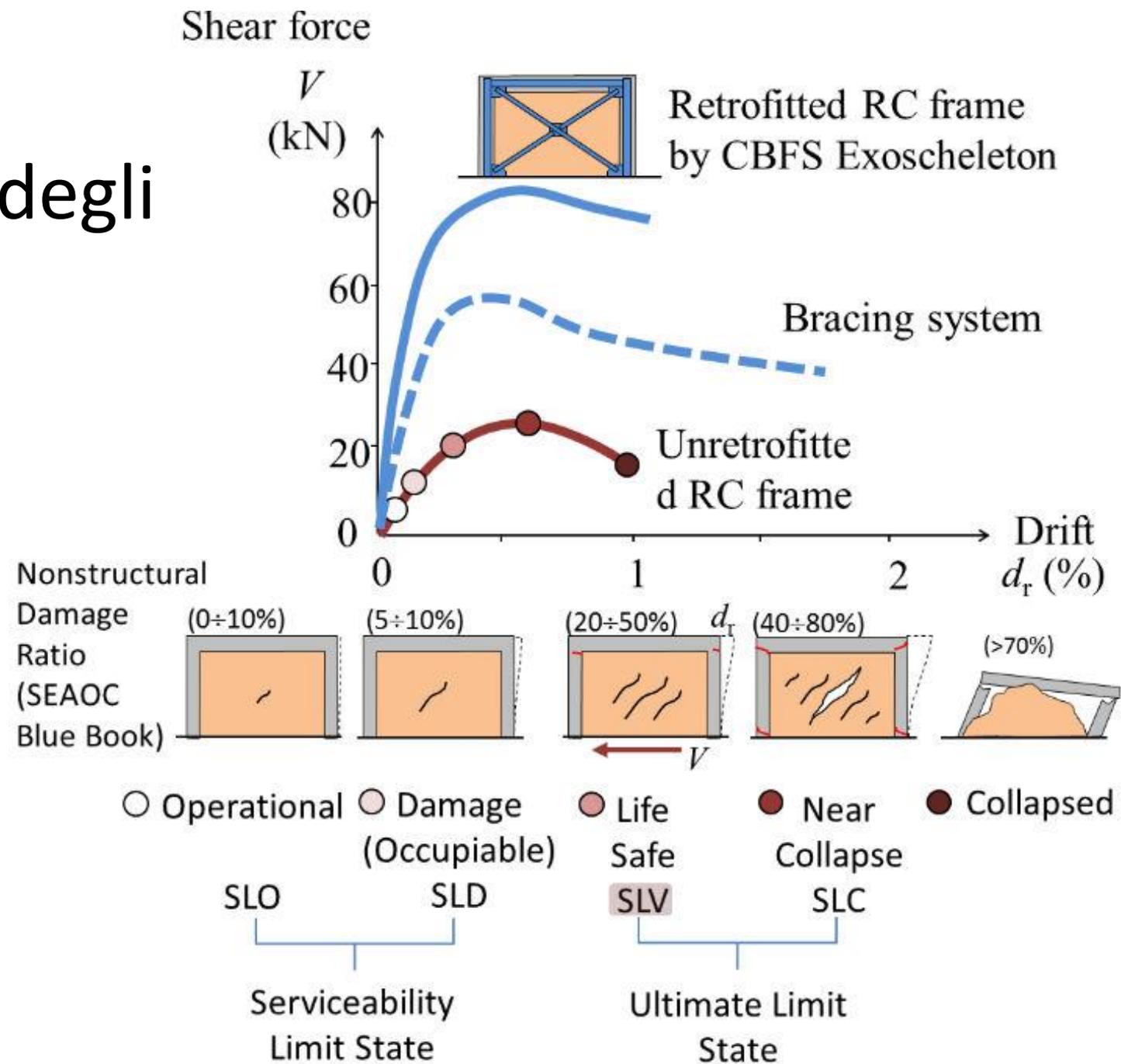
# Possibili implementazioni degli esoscheletri



**V:**



# Comportamento degli esoscheletri



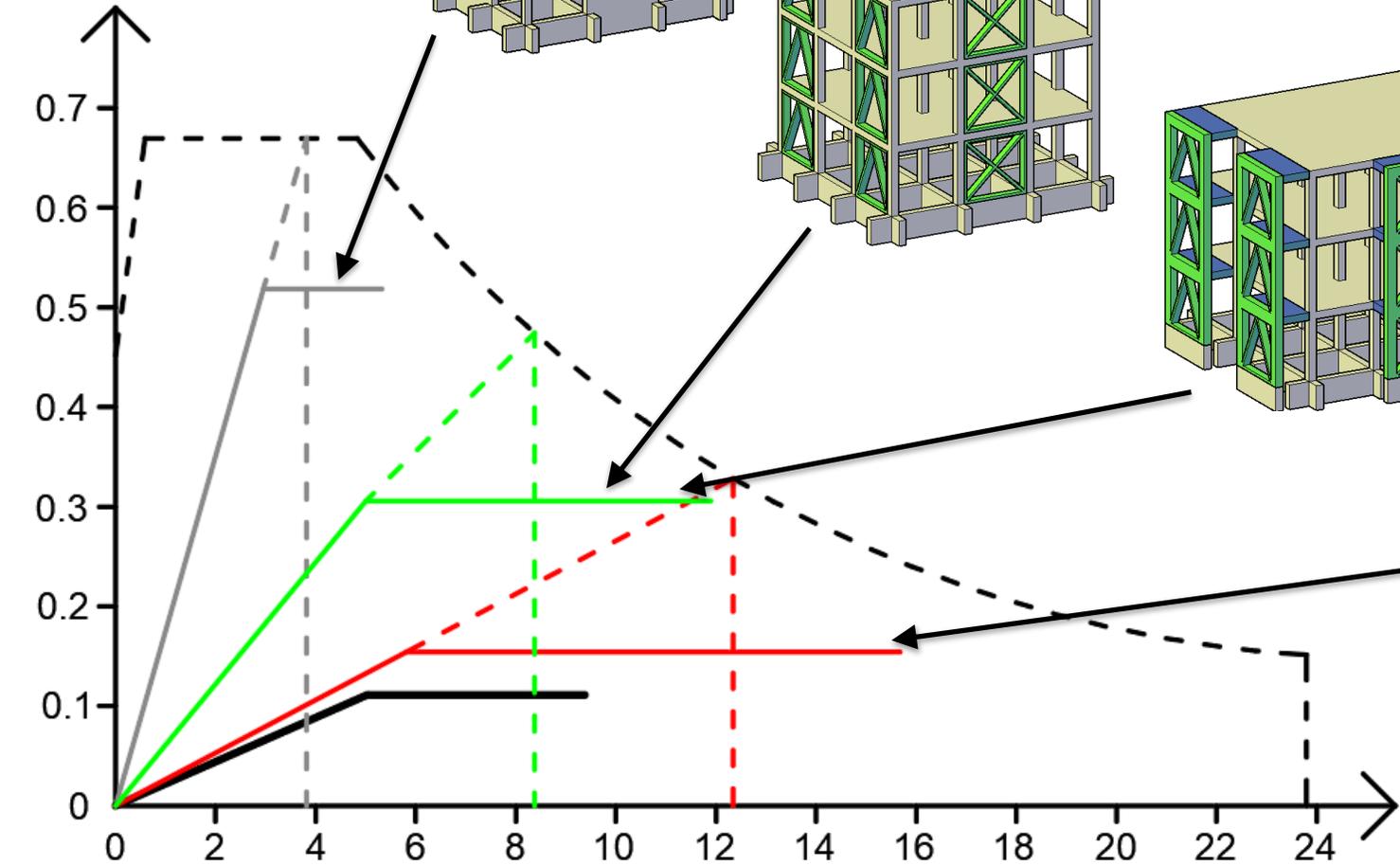
V:



Incremento di resistenza e rigidità (Pareti in c.a.)

# Strategie di intervento per il miglioramento sismico

Acceleration  
Sa (g)

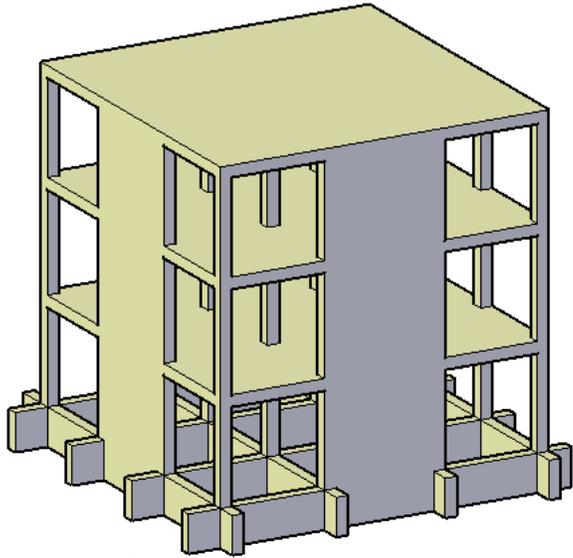


Incremento di resistenza e duttilità  
(Eso scheletro o Endoscheletro)

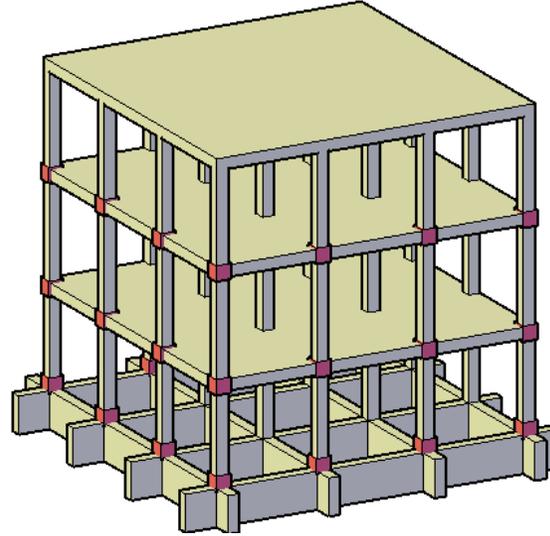
Incremento di duttilità  
(Placcaggio nodi o incamiciatura con FRP)



# Pareti in c.a. vs Placcaggio nodi o incamiciatura con FRP



Pareti in c.a.



Placcaggio nodi o incamiciatura con FRP



## Vantaggi

- + Incremento di resistenza e rigidezza;
- + Adattabilità ad ogni configurazione strutturale;

## Svantaggi

- Aumento della domanda sismica;
- Difficoltà di integrazione con i sistemi di efficientamento energetico e con tecniche avanzate di protezione sismica;
- Tempi di esecuzione;
- Necessità di evacuare l'edificio;
- Perdita di superficie utile.

## Vantaggi

- + Incremento di duttilità grazie al confinamento dei nodi;
- + Trascurabile incremento di massa;
- + Nessuna perdita della superficie utile;

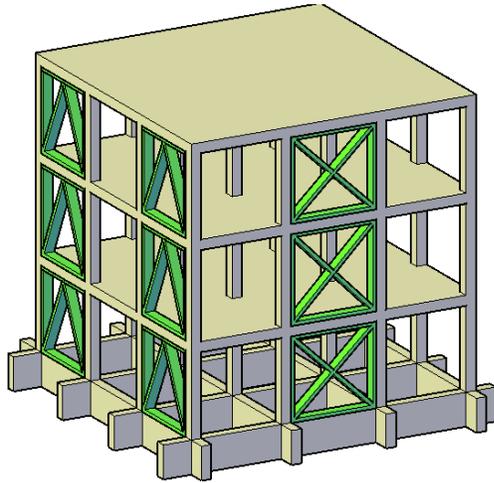
## Svantaggi

- Necessità di evacuare l'edificio;
- Difficoltà di integrazione con i sistemi di efficientamento energetico e con tecniche avanzate di protezione sismica;
- Necessità di accorgimenti contro la corrosione.

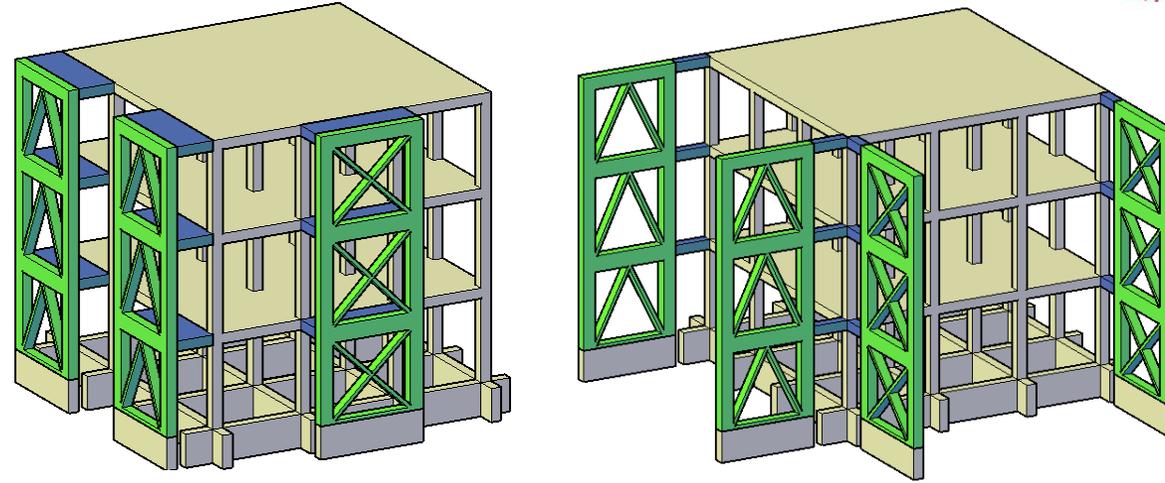
# Endoscheletro vs Esoscheletro



Endoscheletro



Esoscheletro con controventi 2D



EASY TO INSTALL



SUSTAINABLE



REVERSIBLE

## Vantaggi

- + Incremento di resistenza e rigidezza;
- + Mantenimento della volumetria;

## Svantaggi

- Necessità di evacuare l'edificio;
- Incremento del carico sulle colonne e sulle fondazioni;
- Difficoltà di integrazione con i sistemi di efficientamento energetico e con tecniche avanzate di protezione sismica;
- Riduzione della superficie utile.

## Vantaggi

- + Incremento di resistenza e rigidezza;
- + Installazione esterna con fondazione autonoma;
- + Possibilità di mantenere l'esercizio durante i lavori;
- + Facilità di integrazione con i sistemi di efficientamento energetico e con tecniche avanzate di protezione sismica;

## Svantaggi

- Aumento della volumetria.

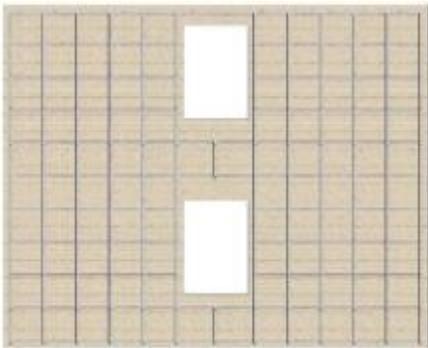
# Esoscheletri integrati leggeri (Cappotti sismici)

## Cosa sono

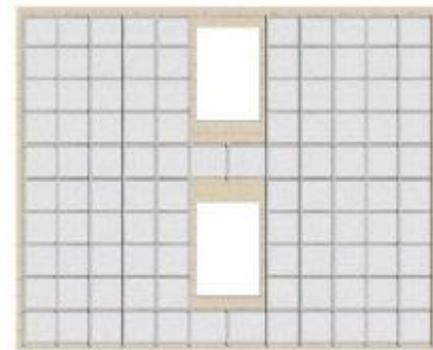
Soluzione innovativa, leggera e poco invasiva per la riqualificazione sismo – energetica del patrimonio edilizio esistente. Applicati esternamente alla struttura, permettono con un singolo intervento di migliorare sia le performance sismiche che quelle energetiche del fabbricato con rapidità in fase di montaggio, riducendo tempi e costi di cantiere.

## Come vengono realizzati

Telaio di base con elementi metallici cold formed o estrusi (in acciaio o in lega di alluminio) costituito da profili verticali e orizzontali disposti ad interasse variabile e connessi alla struttura di base (murature o telai in c.a.). Gli spazi che si creano tra i profili vengono poi riempiti con pannelli termo - isolanti.



Posizionamento dei profili



Posizionamento dei pannelli termoisolanti

# Esoscheletri integrati leggeri (Cappotti sismici)

Innovativa soluzione tecnologica che si propone di garantire un **miglioramento delle prestazioni sismiche** combinato a un **efficientamento energetico** degli edifici esistenti. Gli elementi sono posizionati in adesione sulle facciate degli edifici

- **Edifici in muratura portante**
- **Edifici in calcestruzzo armato**



- **Intervento poco invasivo**
- **Installazione solo dall'esterno**
- **Rapidità di posa**

Per la sua configurazione, l'esoscheletro ha il potenziale di combinarsi con sistemi di isolamento termico-acustico per eseguire un'analisi di tutto il ciclo di vita dell'edificio con un approccio olistico, che mescola gli aspetti strutturali con quelli del comfort ambientale e anche con le questioni architettoniche, realizzando un profondo rinnovamento del contesto urbano.

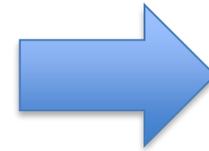
- ✓ **Incremento di resistenza e rigidezza**
- ✓ **Miglioramento sismico**
- ✓ **Possibilità di configurarsi come «Intervento Locale»**



# Intervento locale e intervento globale (NTC2018)

## **Intervento Locale - §8.4.2 delle NTC2018**

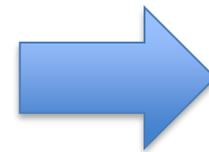
Gli interventi di questo tipo riguardano singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione. Il cappotto serve a contrastare i meccanismi locali di collasso, come il ribaltamento delle pareti e si configura come elemento di rinforzo nel piano degli elementi strutturali in muratura e c.a.



**Il cappotto può non essere collegato in fondazione**

## **Intervento Globale - §8.4.3 delle NTC2018**

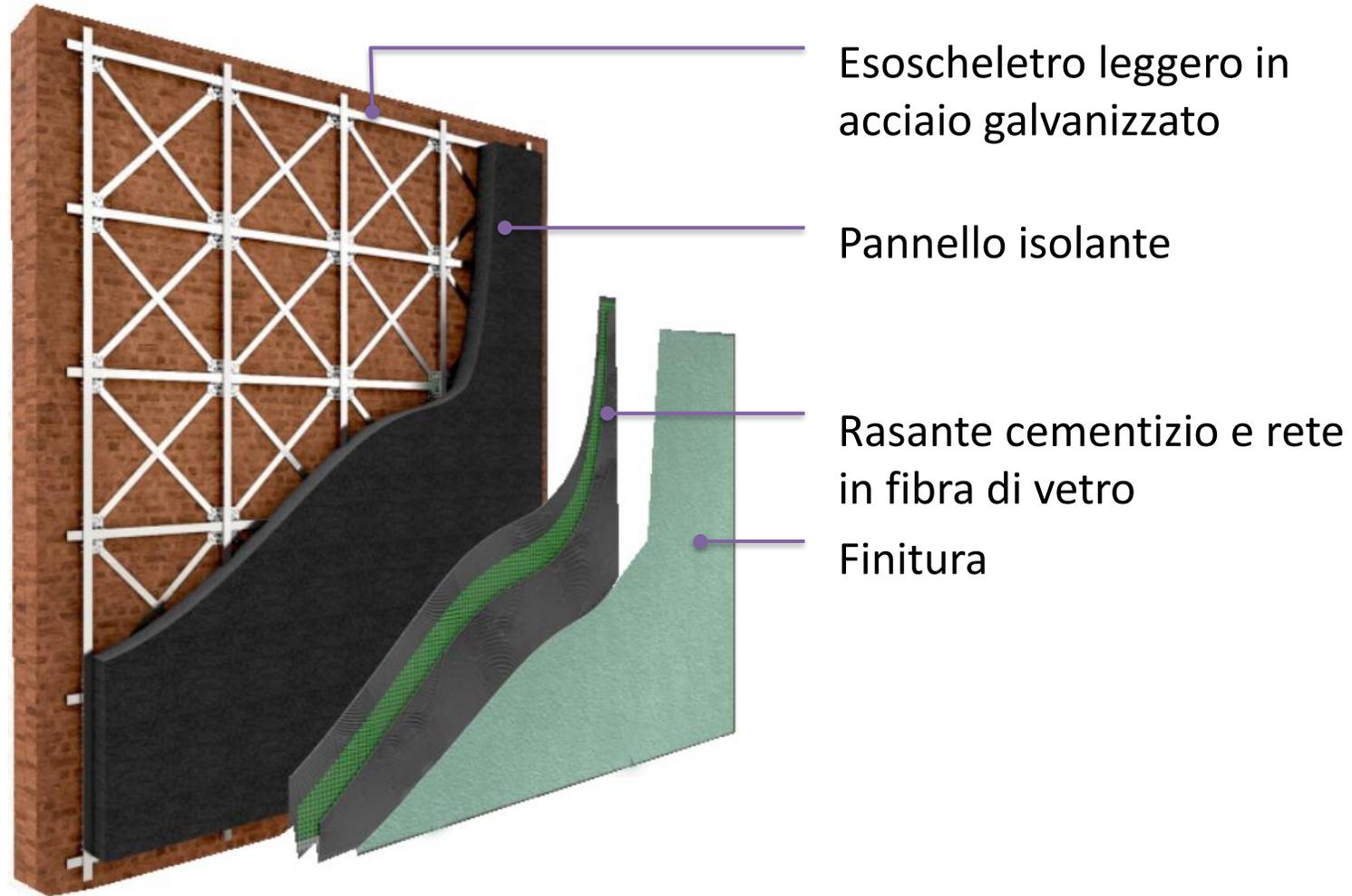
In questo caso, l'intervento è esteso alla struttura nel suo insieme. A seguito degli interventi di miglioramento, il coefficiente  $\zeta_E$  deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1. Il cappotto è in questo caso integrato in un sistema globale (p.e. esoscheletro) mirato ad ottenere un miglioramento/adeguamento sismico della struttura.



**Il sistema è solitamente collegato in fondazione o ha fondazioni autonome**

# Cappotto sismico-energetico Resisto 5.9 Tube

Azienda: Progetto Sisma S.r.l., Fiorano Modenese (MO)

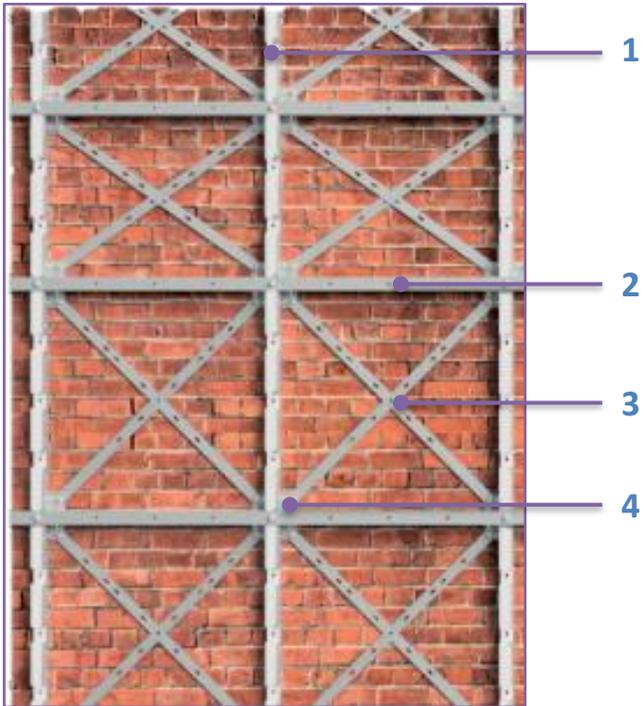


# Cappotto sismico-energetico Resisto 5.9 Tube

Azienda: Progetto Sisma S.r.l., Fiorano Modenese (MO)

## STRUTTURA MODULARE

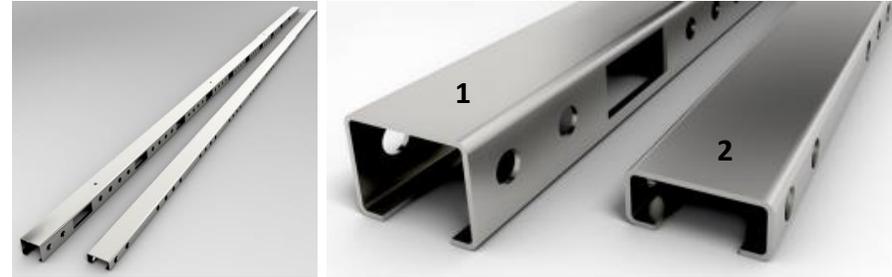
Fori e intagli nei profili consentono una modularità del sistema con passo di 250 mm



Modulo standard 100x100 cm  
Acciaio S350GD+Z prezinato

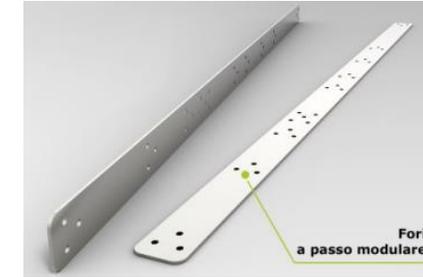
## ELEMENTI A SEZIONE TUBOLARE

- 1 Montanti = 60 x 45 mm, sp. 2 mm
- 2 Traversi = 60 x 25 mm, sp. 2 mm



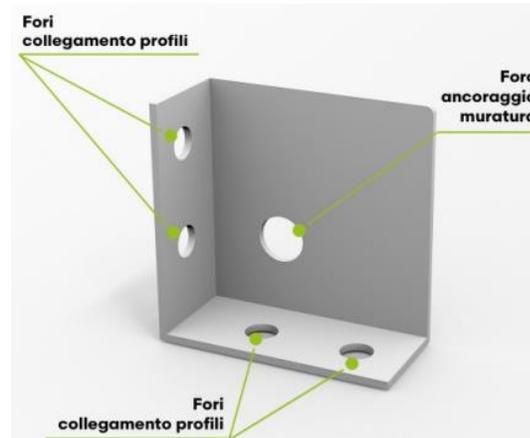
## DIAGONALI

- 3 Diagonali di controvento = piatti 50 x 3 mm con fori a passo modulare

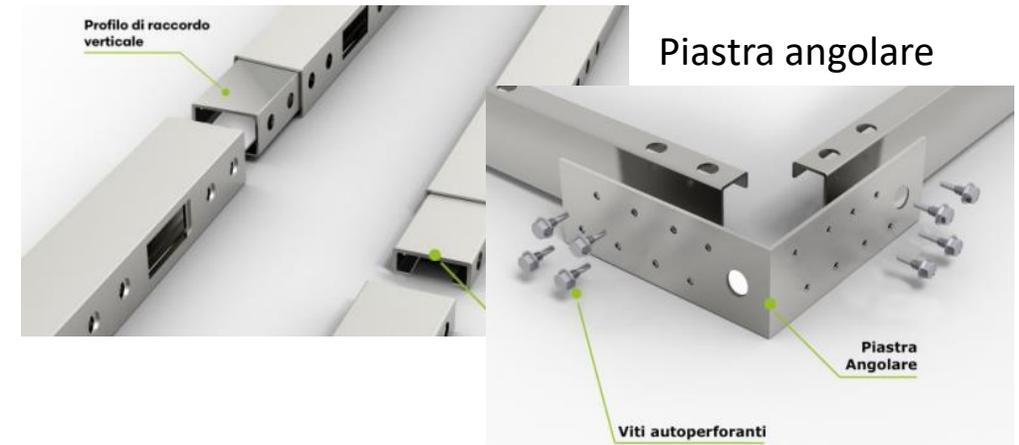


## ELEMENTI DI COLLEGAMENTO

- 4 Piastra di collaborazione, sp. 3 mm



## Profili di raccordo



# Cappotto sismico-energetico Resisto 5.9 Tube

Azienda: Progetto Sisma S.r.l., Fiorano Modenese (MO)

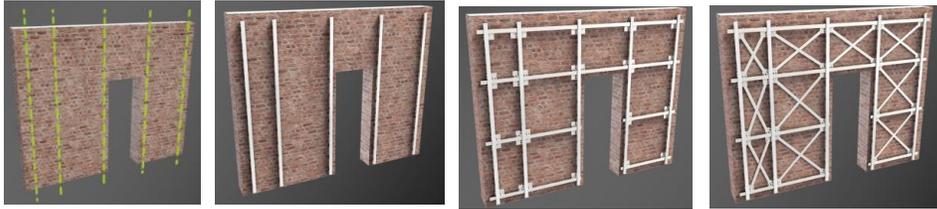
## FASI DI MONTAGGIO

**FASE 1** Tracciamento profili verticali

**FASE 2** Installazione dei profili verticali

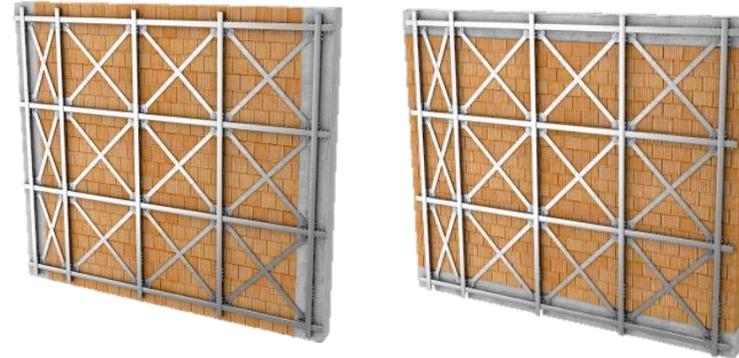
**FASE 3** Inserimento dei profili orizzontali

**FASE 4** Inghisaggi e posa diagonali di controvento



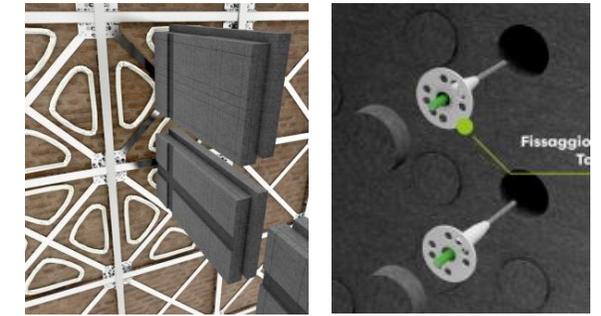
## Strutture in c.a. o in muratura

Profili in acciaio connessi a travi e pilastri e alla tamponatura o ai muri portanti



## Pannelli isolanti

Schiuma adesiva poliuretanic  
Tasselli per cappotto (6/mq)



## FASI DI COLLEGAMENTO

Collegamento tra elementi – profili



**1** Profili tubolari – piastra di collaborazione  
unioni bullonate M12 classe 8.8

**2** Connessione alla struttura esistente  
ancoranti chimici non passanti con barre filettate  
M12/M14 classe 8.8

**3** Diagonali di controvento – piastra di collaborazione  
viti auto perforanti in acciaio zincato



# Cappotto sismico-energetico Resisto 5.9 Tube

Azienda: Progetto Sisma S.r.l., Fiorano Modenese (MO)



APPLICAZIONE DEL SISTEMA SU EDIFICI IN C.A.

Ospedale De Bellis, Castellana Grotte (BA)



# Cappotto sismico-energetico Resisto 5.9 Tube

Azienda: Progetto Sisma S.r.l., Fiorano Modenese (MO)



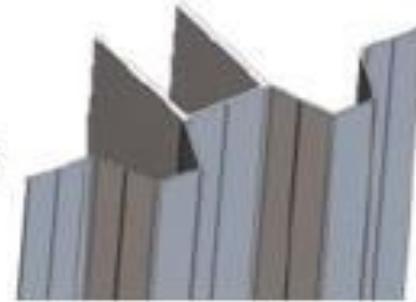
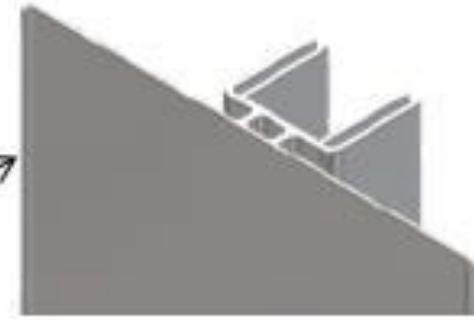
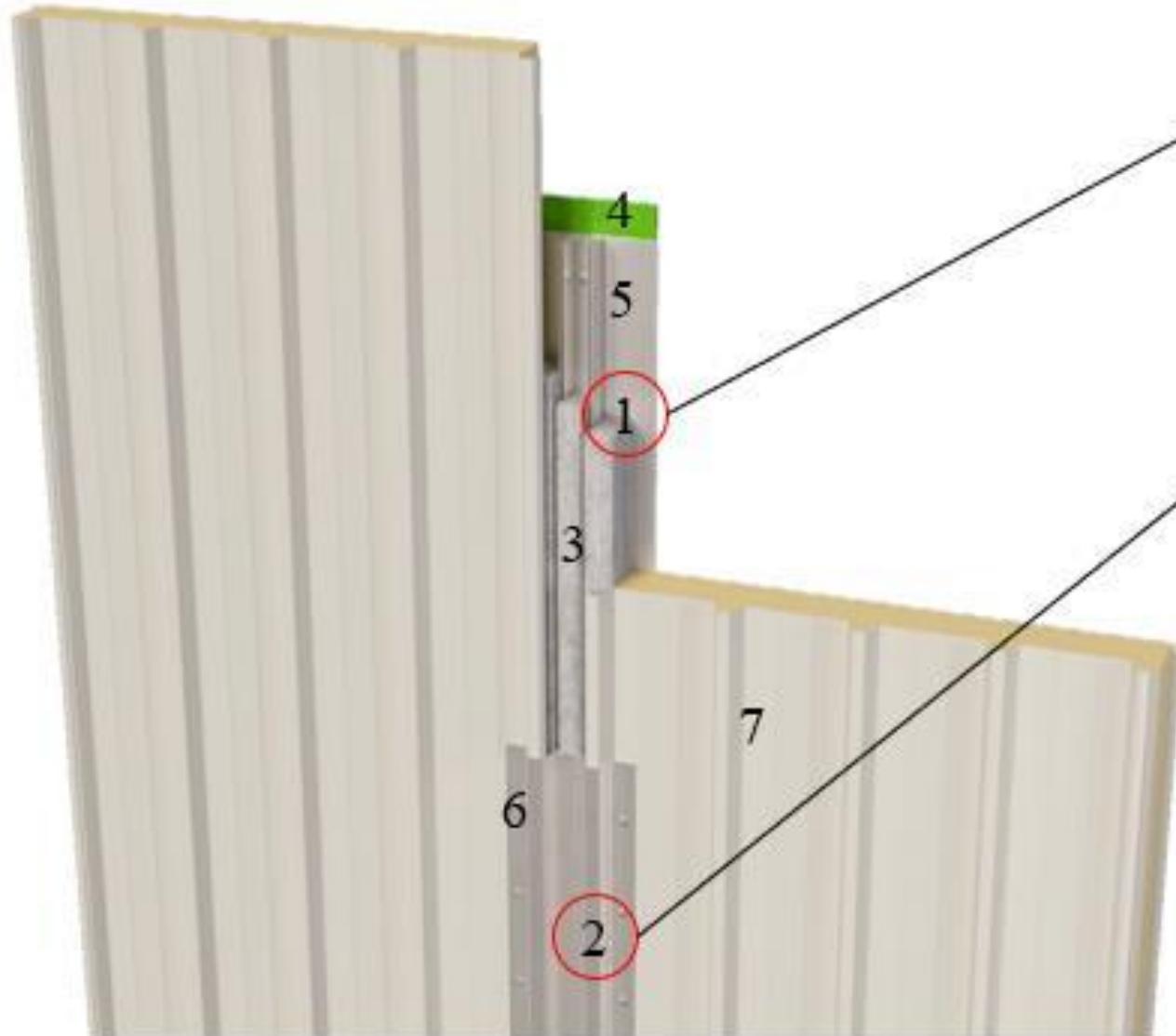
APPLICAZIONE DEL SISTEMA SU EDIFICI IN C.A.

Centro di assistenza, Roccella Jonica (RC)



# Sistema di retrofit integrato MIL 15.s

Azienda: TM Group S.r.l., Montegranaro (FM)



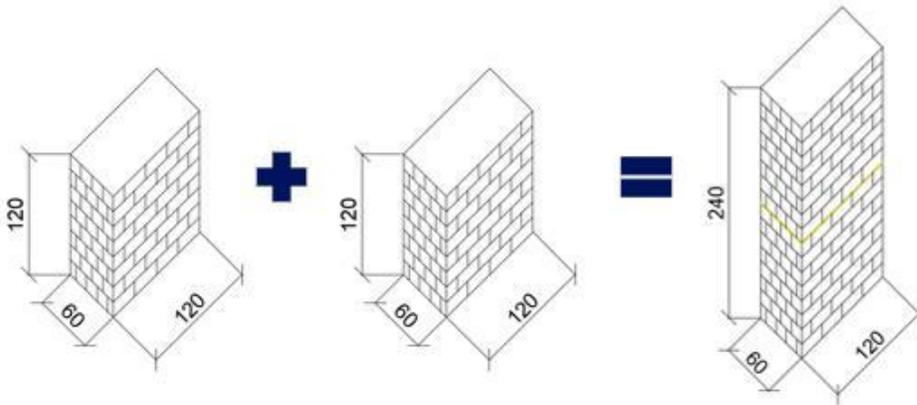
## Legenda

- 1 – Profilo di base
- 2 – Profilo di chiusura
- 3 – Isolante termico
- 4 – Distanziale taglio termico
- 5 – 6 – Accessori di fissaggio
- 7 – Pannello sandwich

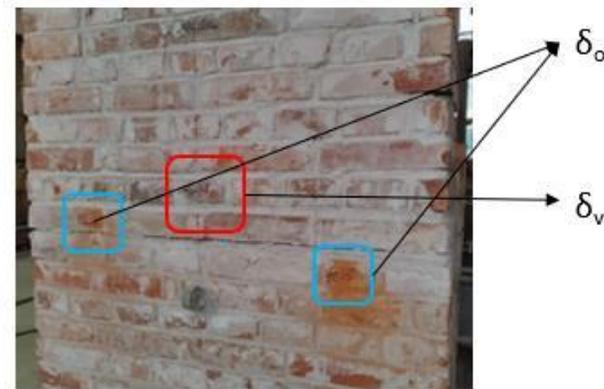
Profili in alluminio

# Sistema di retrofit integrato MIL 15.s (TM Group Srl)

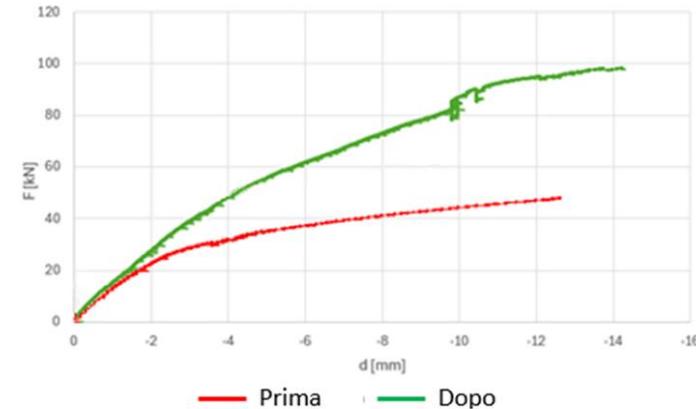
1 – Creazione del pannello murario



2 – Inserimento dei trasduttori di spostamento



Confronto pre e post consolidamento



3 – Definizione del set up per l'esecuzione del test



A. Formisano et al.

4 – Esecuzione della prova sul **Pannello Non Rinforzato**



5 – Esecuzione della prova sul **Pannello Rinforzato**

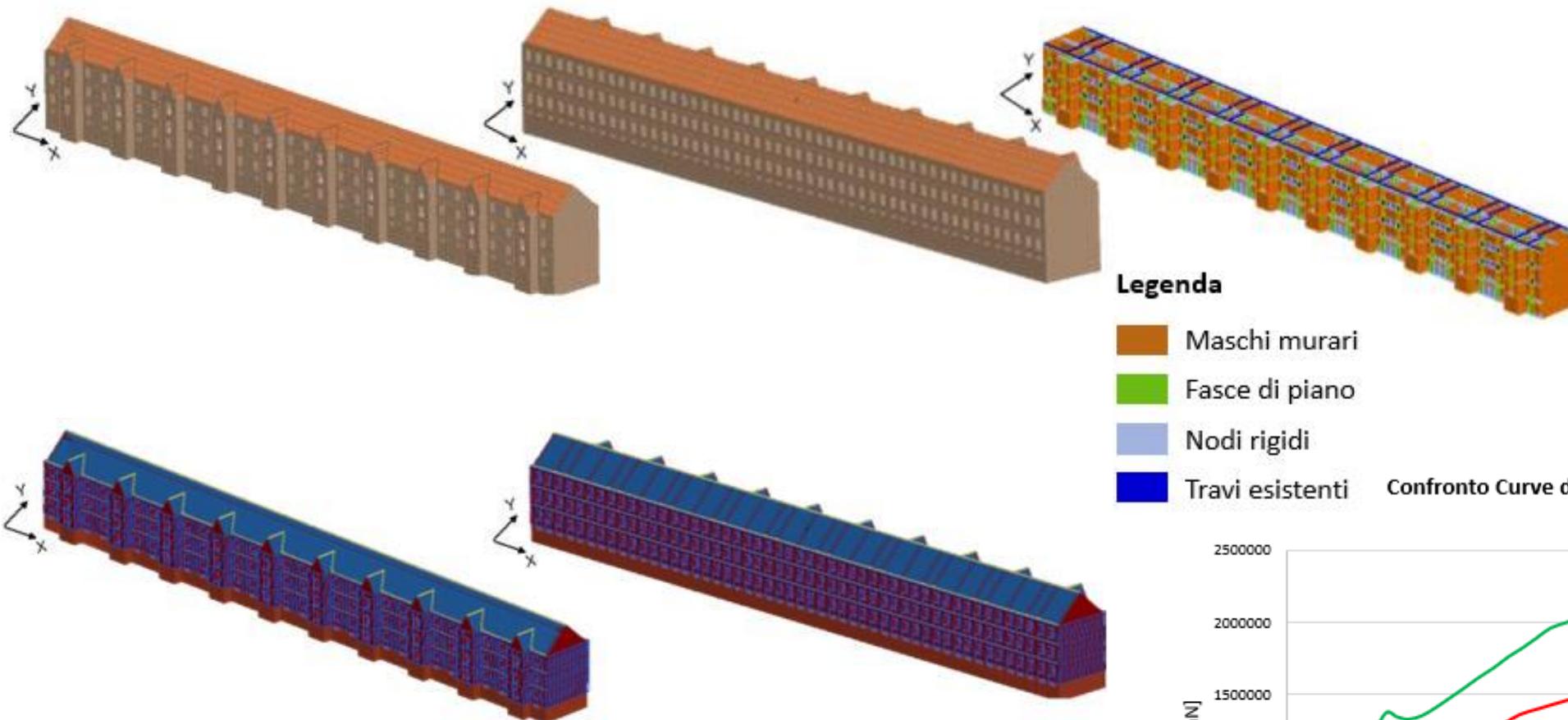


Dettaglio profilo in alluminio



# Sistema di retrofit integrato MIL 15.s (TM Group Srl)

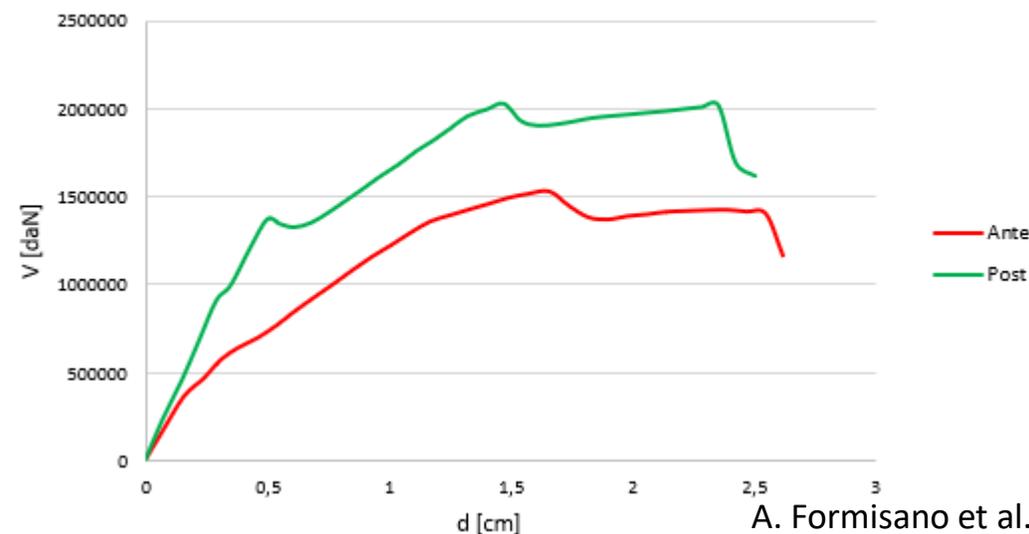
Aggregato edilizio in muratura a Timișoara (Romania)



### Legenda

- Maschi murari
- Fasce di piano
- Nodi rigidi
- Travi esistenti

Confronto Curve di Capacità - Direzione X



A. Formisano et al.

Nr	Direzione sismica	Carico sismico	Eccentricità [cm]	Ante – Operam $\alpha_{AO}$	Post – Operam $\alpha_{PO}$	$\Delta$ Ante - Post
14	-X	Uniforme	-58.10	0.299	0.499	67%
21	-Y	Uniforme	623.50	0,175	0.229	30%

# Ulteriori interventi

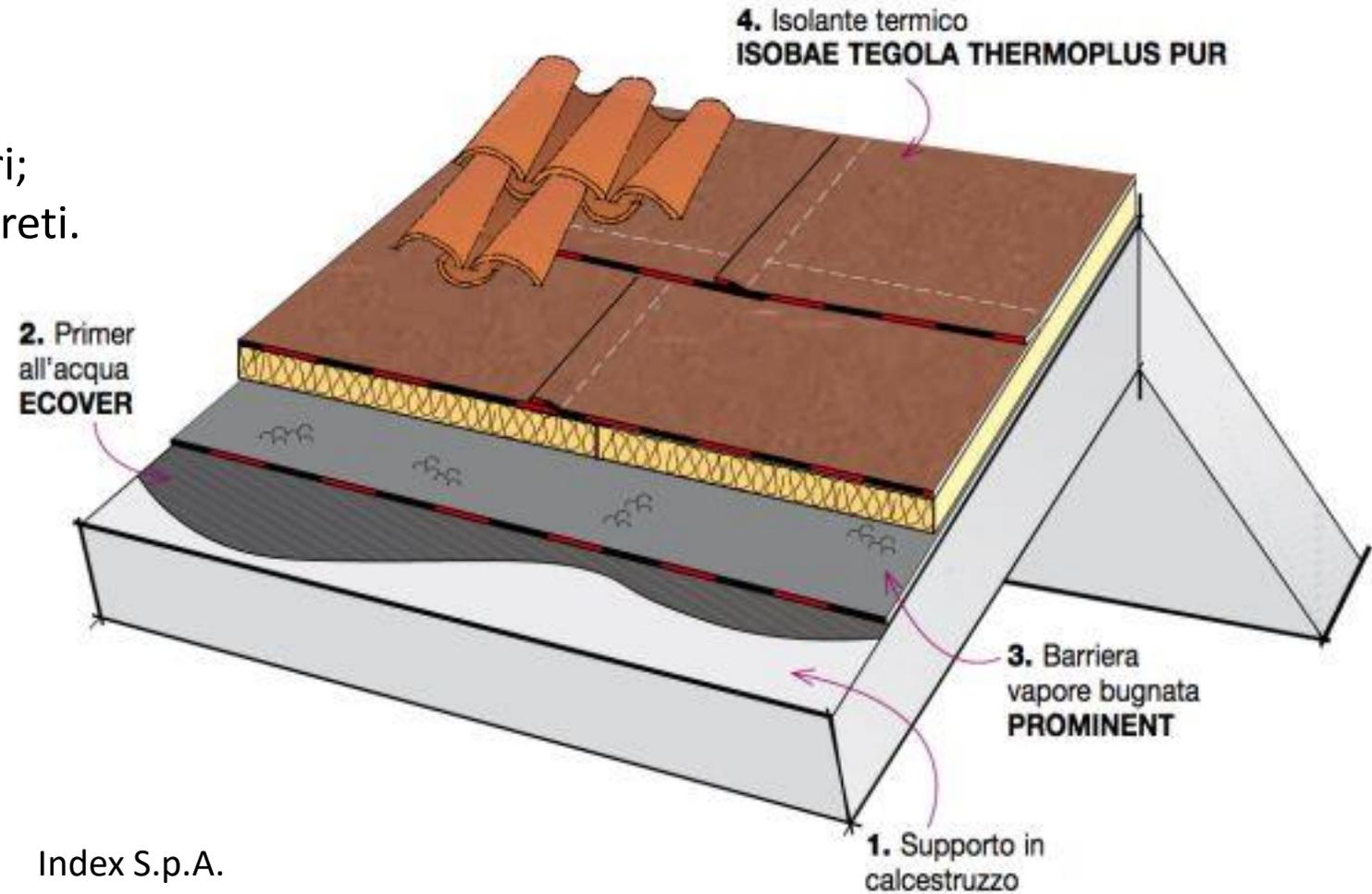
## Coperture negli edifici in muratura

### Obiettivi:

- Migliorare il comportamento scatolare;
- Migliorare il collegamento tra i setti murari;
- Limitare i cinematismi fuori piano delle pareti.

### Unitamente a:

- Riduzione delle dispersioni termiche.



Index S.p.A.

# Ulteriori interventi

## Coperture

### 1. Rifacimento del tetto con irrigidimento e coibentazione

Tipico su edifici in muratura con tetto in legno.

#### Interventi:

- Sostituzione del manto di copertura;
- Inserimento di pacchetto isolante in copertura (es. fibra di legno, lana minerale, poliuretano);
- **Inserimento di controventi** (es. tavolato incrociato, pannelli OSB, lastre di legno-cemento) per creare un comportamento a “diaframma rigido”;
- **Connessione tra il tetto e le murature perimetrali** (con piastre, angolari, tiranti, ecc.).

#### Effetti:

- Riduzione dispersioni termiche;
- **Aumento rigidità del tetto** → migliore comportamento scatolare dell’edificio;
- **Prevenzione del ribaltamento fuori piano delle pareti murarie.**

# Ulteriori interventi

## Coperture

### 2. Inserimento di cordolo sommitale con isolamento

Negli edifici in muratura senza cordolo e con tetto spingente.

#### Interventi:

- **Inserimento di cordolo in c.a. armato continuo** lungo il perimetro (in appoggio o a incasso);
- **Connessione meccanica al tetto e alle murature;**
- Isolamento termico del cordolo stesso (es. con pannelli XPS o materiali naturali);
- Rifacimento pacchetto tetto isolato sopra il nuovo cordolo.

#### Effetti:

- **Miglioramento della continuità strutturale e della resistenza sismica** (taglio e ribaltamento);
- Migliore prestazione energetica;
- Riduzione dei ponti termici in sommità.

# Ulteriori interventi

## Coperture

### **3. Sostituzione completa della copertura con struttura leggera coibentata**

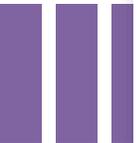
Quando il tetto esistente è troppo pesante o danneggiato.

#### **Interventi:**

- Rimozione della copertura pesante (es. travi in cemento o capriate ammalorate);
- **Realizzazione di copertura leggera** in acciaio/legno lamellare;
- Inserimento di isolante ad alte prestazioni (es. pannelli sandwich o stratigrafie ventilate);
- **Ancoraggio ai cordoli o alle murature portanti.**

#### **Effetti:**

- **Riduzione masse sismiche** (minor peso);
- **Miglioramento** energetico e **statico**;
- Maggiore sicurezza e comfort termo-igrometrico.



# Considerazioni conclusive

## La strada da seguire è integrata

Ogni edificio è  
un'opportunità

Interventi integrati  
= maggiore  
efficacia, durata,  
valore

“L'edificio del  
futuro è quello  
che non consuma  
e non crolla”

---

CONSIGLIO NAZIONALE  
DEGLI INGEGNERI



FONDAZIONE  
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI



ORDINE DEGLI  
INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA  
DI CASERTA

FOICE

FONDAZIONE  
ORDINE  
INGEGNERI  
DI CASERTA

# CONVEGNO NAZIONALE

12 APRILE 2025 ORE 9:00

Auditorium Aeronautica Militare, viale Ellittico, Caserta

## La sfida della Casa Green

Grazie per l'attenzione

Prof.Ing. Alberto Mandara  
Università della Campania «L. Vanvitelli»

