

Conoscere per proteggere.  
Tecnologie digitali e ricerca per la resilienza del patrimonio culturale e dei territori



*Adapted Information  
Management for existing  
Buildings Information Modeling*

3 giugno 2026  
Sala Magna | Rocca Malatestiana,  
Via Rocca 42, Verucchio (Rimini)

Organizzato da:



Con il Patrocinio di:



Comune di Verucchio

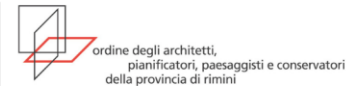


Comune di Tredozio



CNA P.P.C. CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI ARCHITETTI PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI

In collaborazione con Ordine degli Architetti P.P.C della provincia di Rimini:



Partners:



RETE ALTA TECNOLOGIA EMILIA-ROMAGNA HIGH TECHNOLOGY NETWORK



Media Partner:



Progetti cofinanziati da Fondo Europeo Regionale:

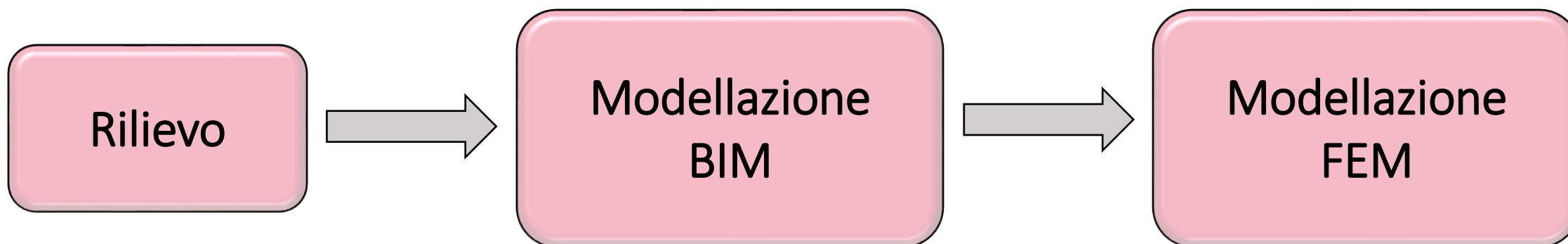


# Interoperabilità BIM-to-FEM per l'analisi strutturale

Francesca Ferretti  
Claudio Mazzotti  
CIRI Edilizia e Costruzioni  
Università di Bologna

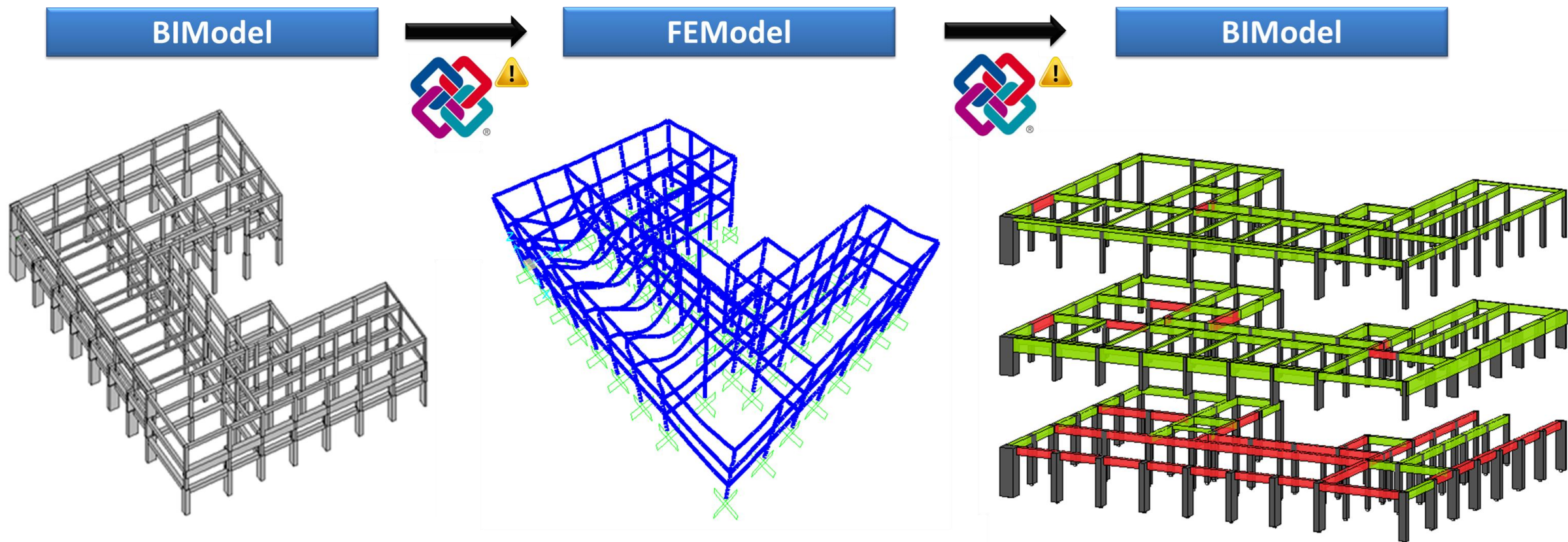
# Obiettivi dell'attività di ricerca

Uno degli obiettivi principali è lo sviluppo di procedure finalizzate all'**integrazione tra la modellazione parametrica e l'analisi strutturale** per il recupero di **edifici esistenti**.



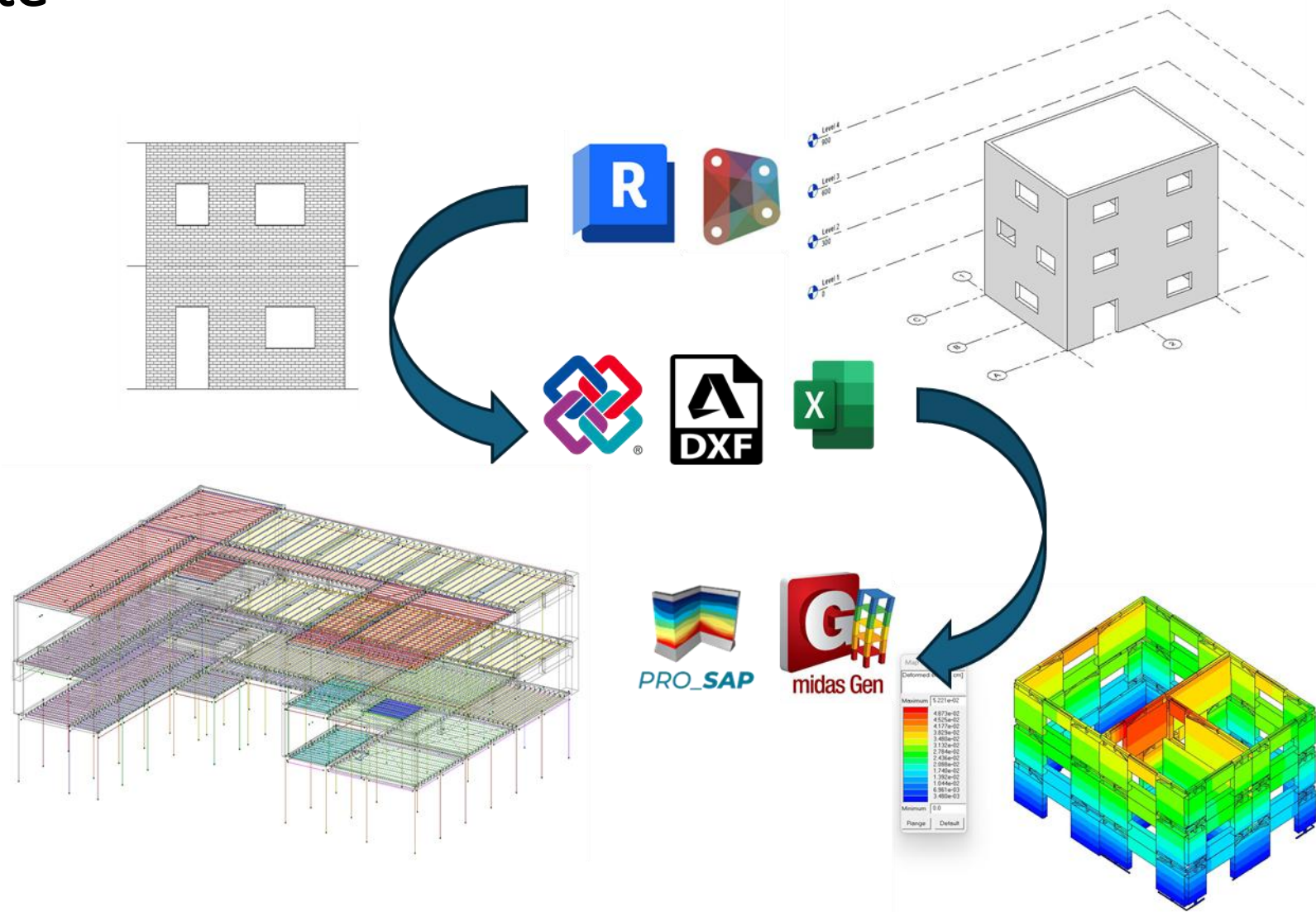
Workflow di **segmentazione** e **tematizzazione** del dato digitale per consentire **implementazioni 'adattative'** di modelli BIM specifici per le esigenze della modellazione strutturale.

# Il problema dell'interoperabilità BIM - FEM

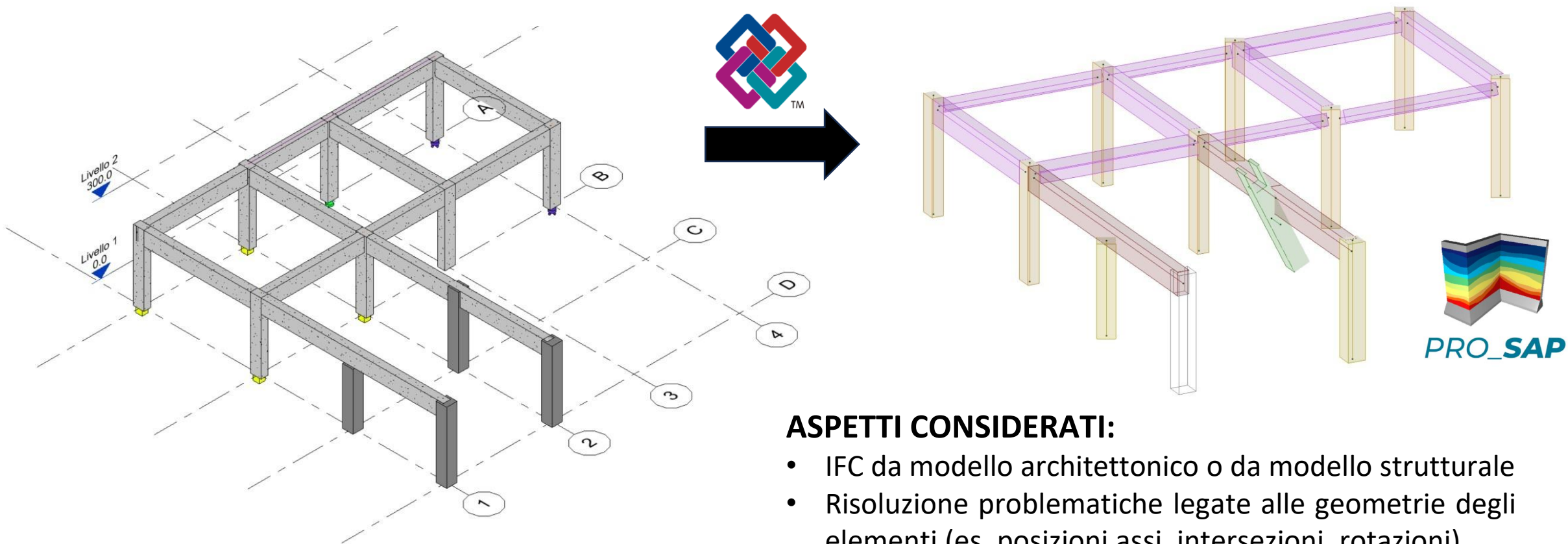


# Metodologie sviluppate

Le **procedure** proposte, inizialmente sviluppate a partire da **modelli 2D e 3D caratterizzati da geometrie semplici**, mirano a superare i limiti attuali dell'**interoperabilità** tra i software BIM e gli applicativi di calcolo agli elementi finiti (FEM). L'obiettivo è l'**automazione del flusso di scambio dei dati lungo l'intero processo conoscitivo e progettuale**: dal rilievo geometrico, alla modellazione parametrica, fino all'esecuzione dell'analisi strutturale.



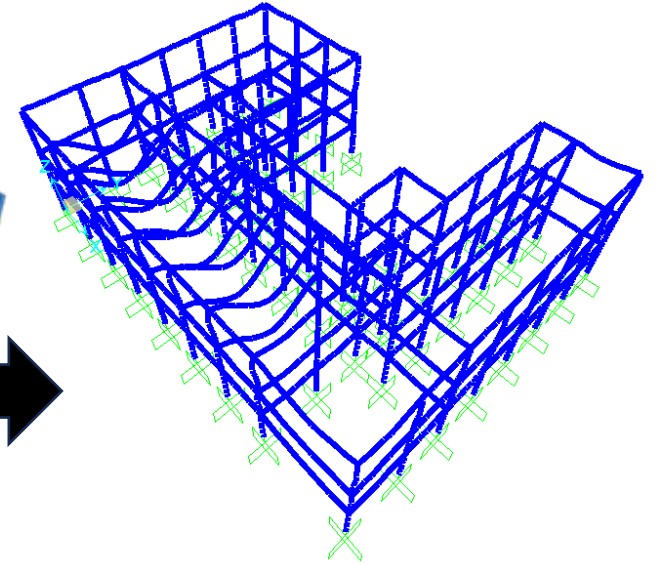
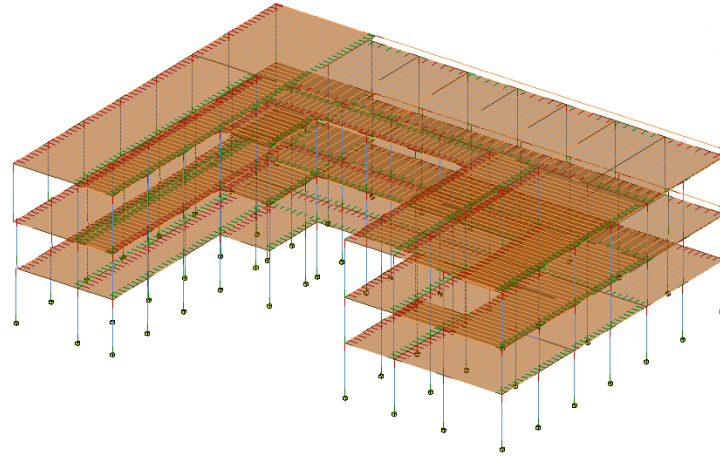
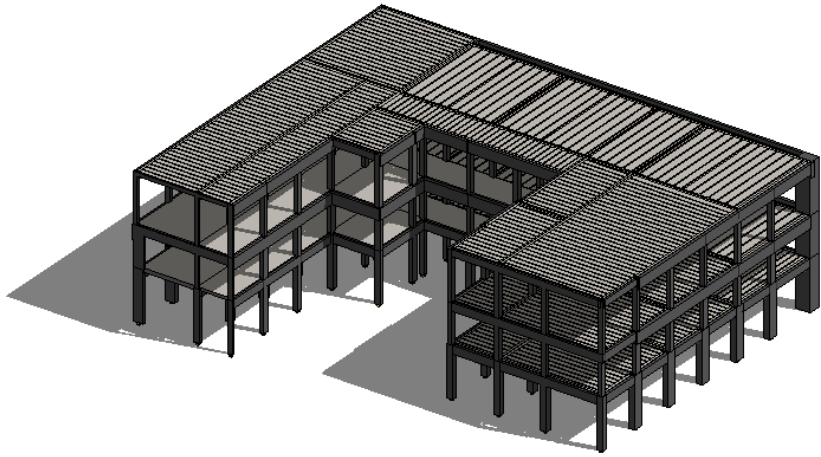
# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in calcestruzzo armato



## ASPETTI CONSIDERATI:

- IFC da modello architettonico o da modello strutturale
- Risoluzione problematiche legate alle geometrie degli elementi (es. posizioni assi, intersezioni, rotazioni)
- Informazioni su vincoli e carichi
- Proprietà dei materiali e armature

# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in calcestruzzo armato



## BIM Strutturale

- Geometria (assi, nodi)
- Materiale
- Orizzontamenti
- Indagini diagnostiche

## BIM Strutturale Analitico

- Vincoli
- Carichi

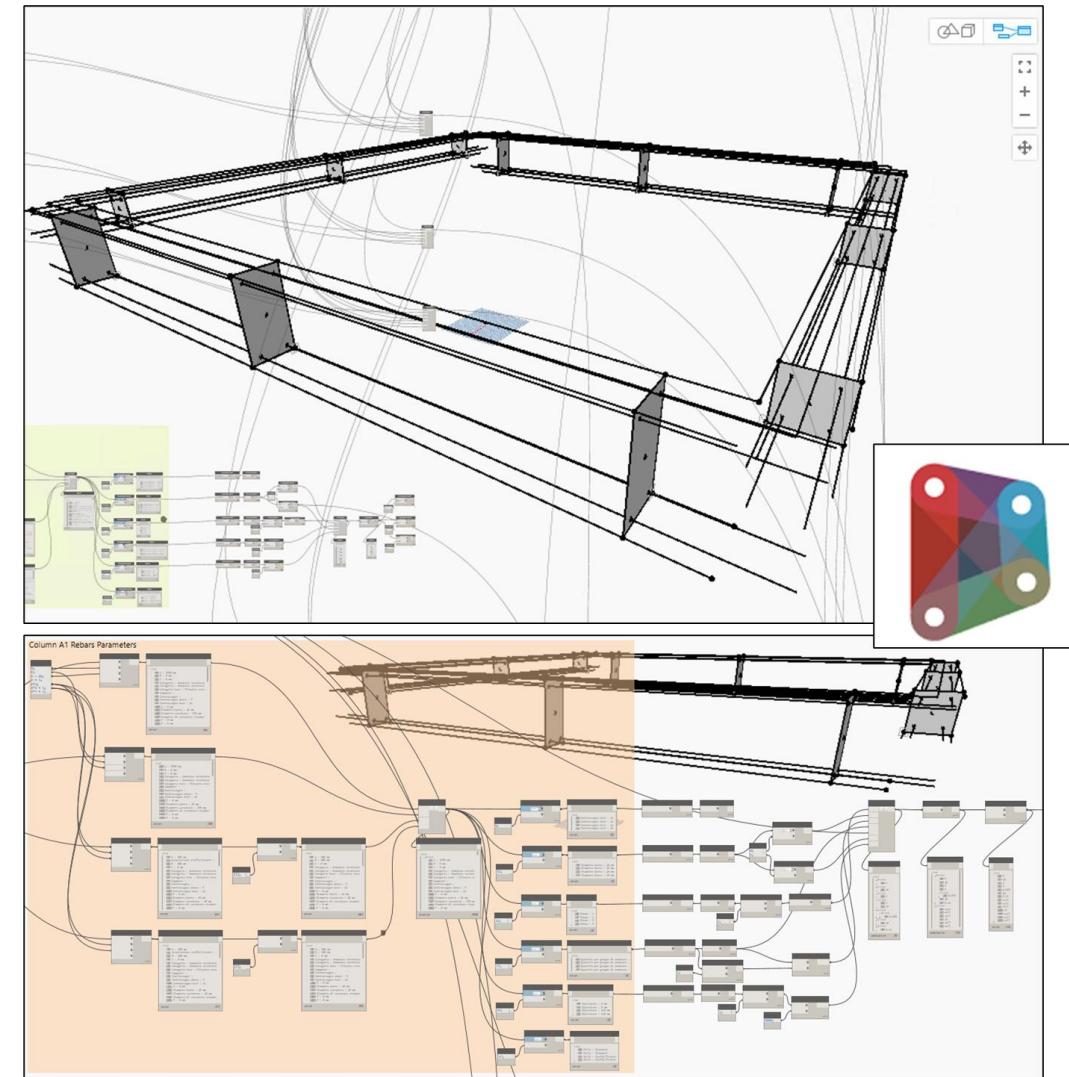
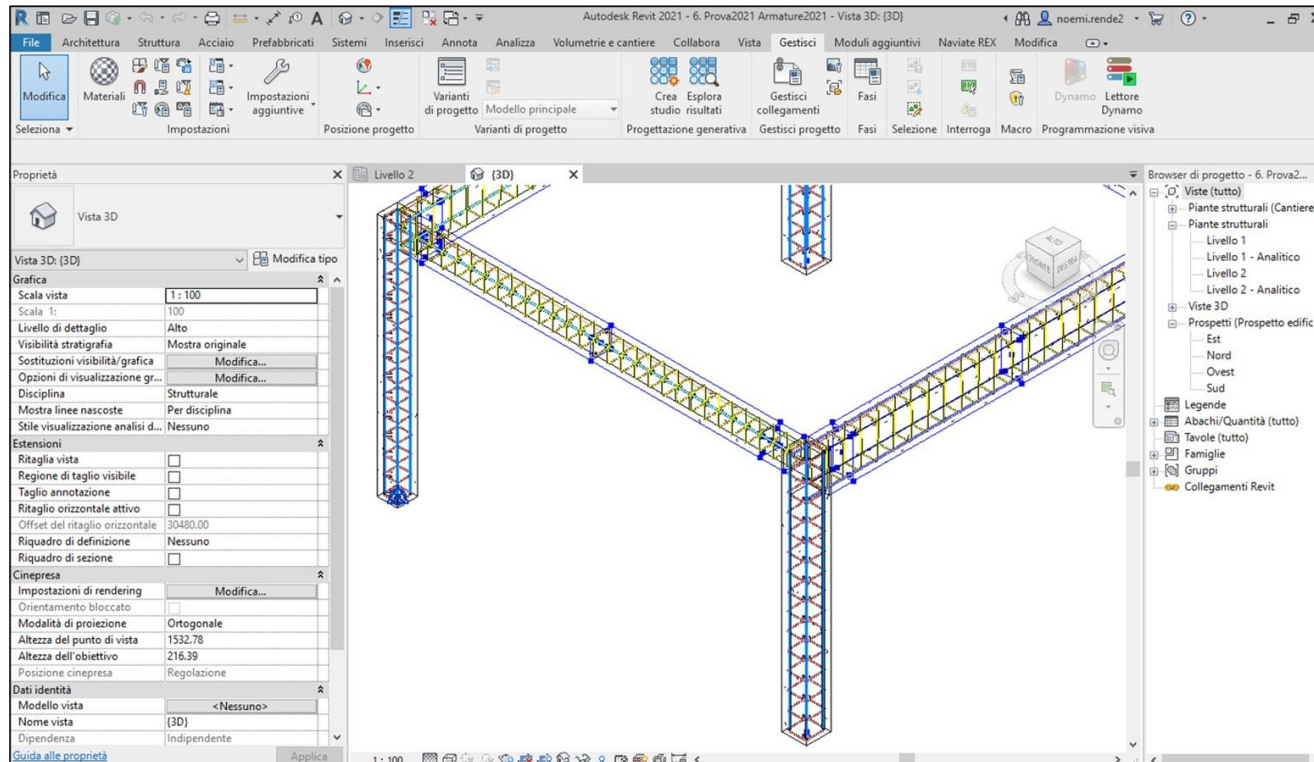
## FEM Analitico

- Geometria (assi, nodi)
- Materiale
- Vincoli e carichi
- Analisi e risultati

# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in calcestruzzo armato

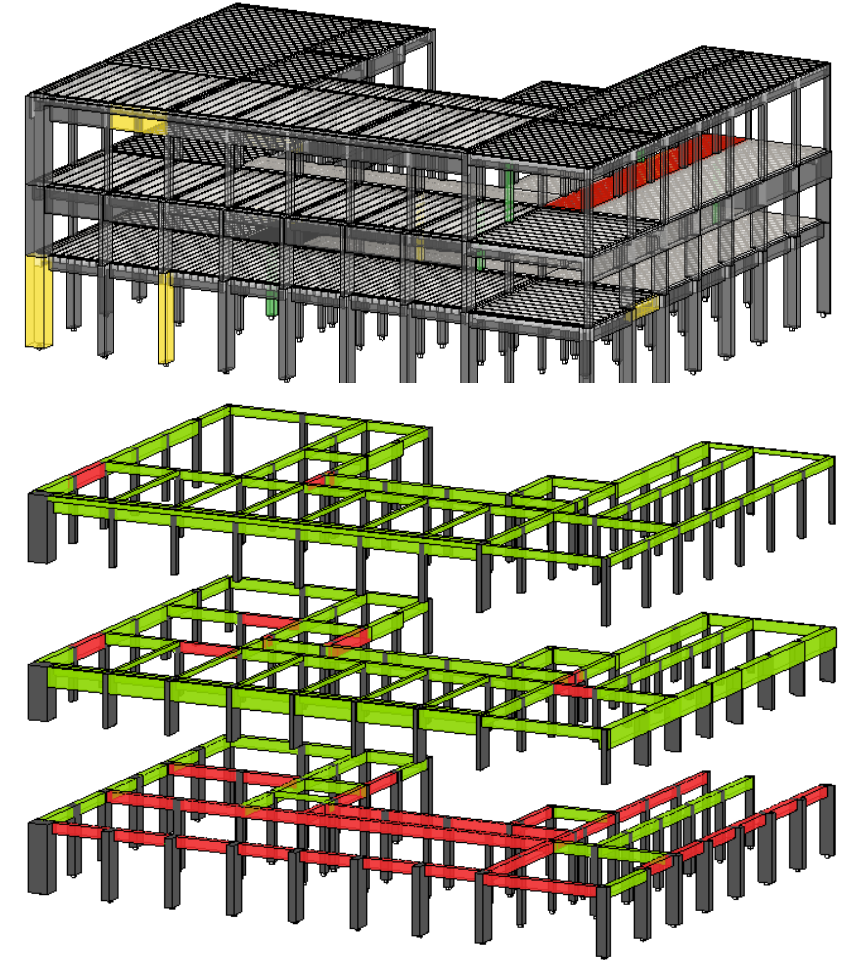
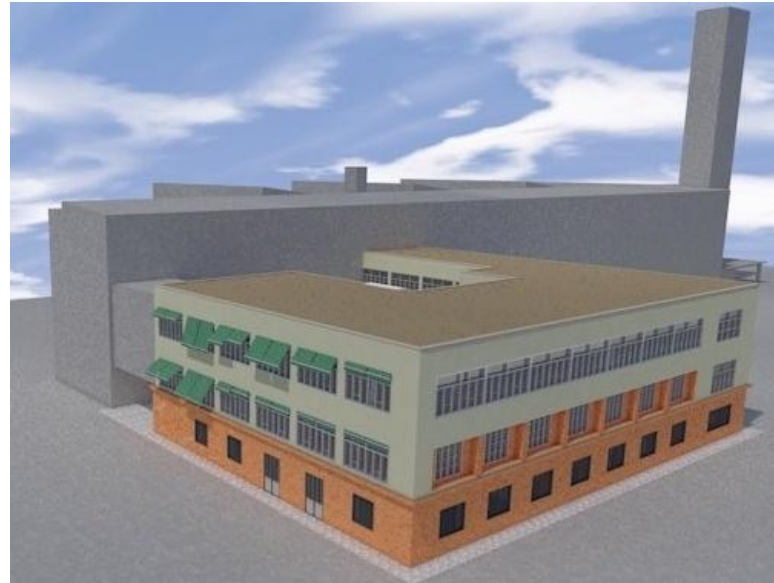
Estrazione delle informazioni relative alle barre d'armatura tramite **Dynamo**

→ Formato tabellare per input nel software FEM



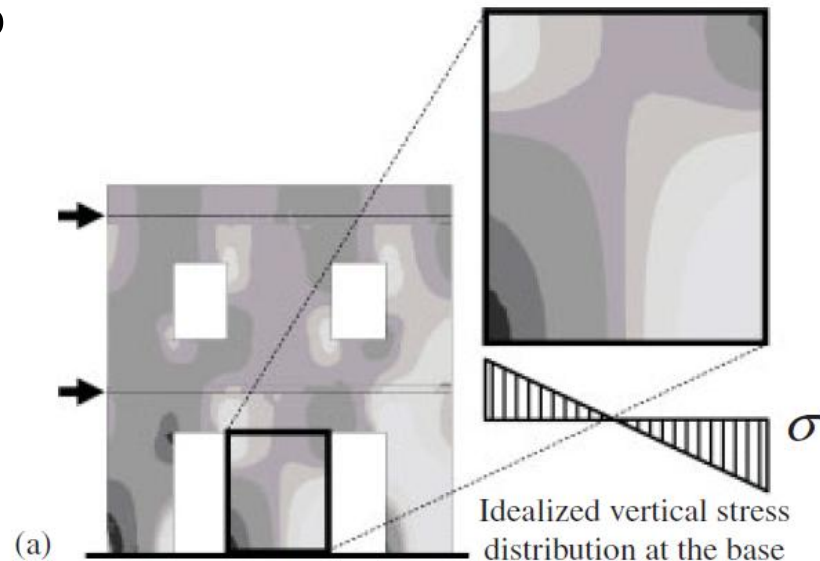
# Validazione della metodologia su casi studio reali

La metodologia è validata mediante l'applicazione a un **caso studio reale**, la **Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna**, con l'intento di dimostrare come l'**ottimizzazione del flusso di lavoro digitale** possa contribuire in modo significativo al miglioramento della gestione della sicurezza strutturale e della conoscenza del patrimonio edilizio storico.

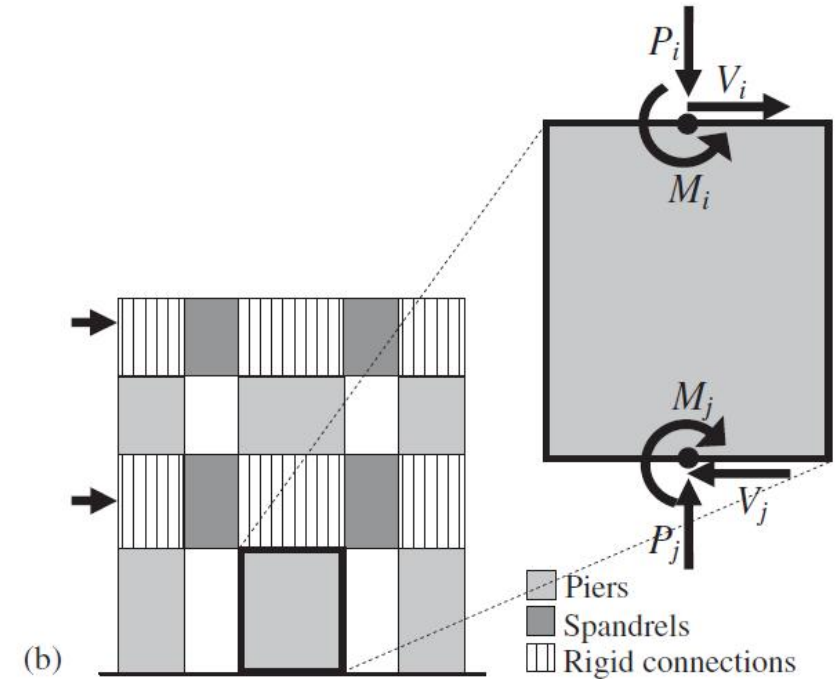


# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in muratura

Messa a punto di procedure specifiche a seconda dell'**approccio di modellazione** per gli elementi in muratura



**Modelli al continuo**  
(scala del materiale)



**Modelli a telaio equivalente**  
(scala dell'elemento strutturale)

*(Calderini et al. 2009)*

# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in muratura

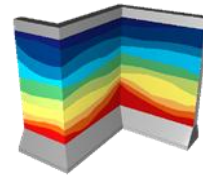
## Modellazione al continuo

Guida alla Modellazione di Edifici in Muratura Esistenti  
su PRO\_SAP: Interoperabilità BIM-FEM

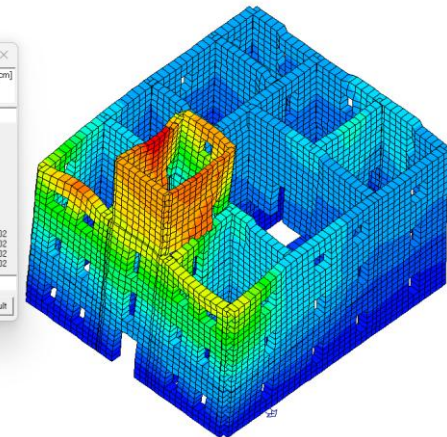
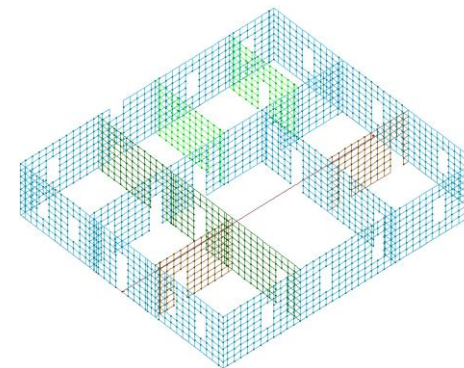
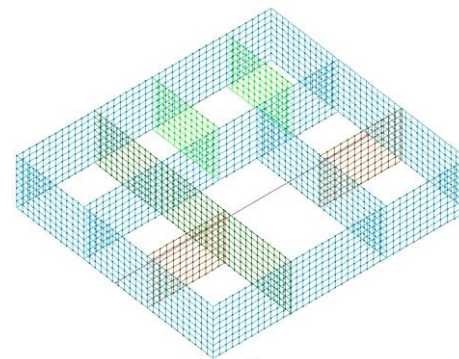
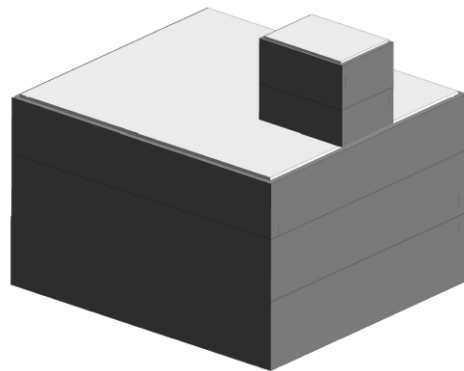
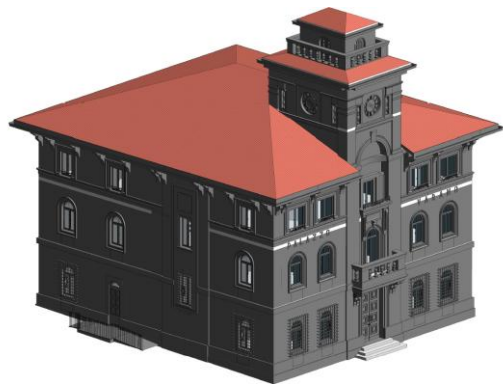
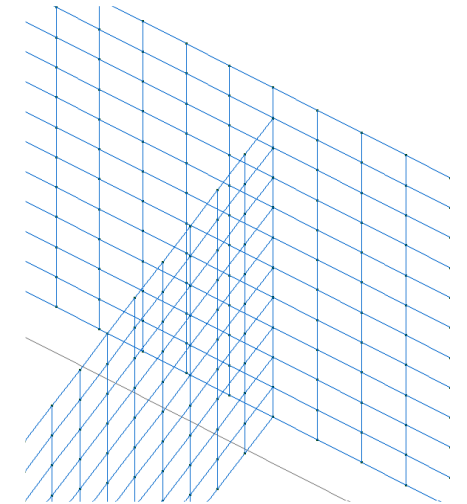
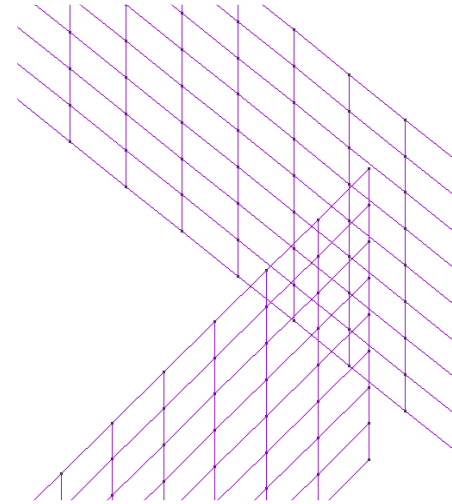
BIMODEL



FEMODEL



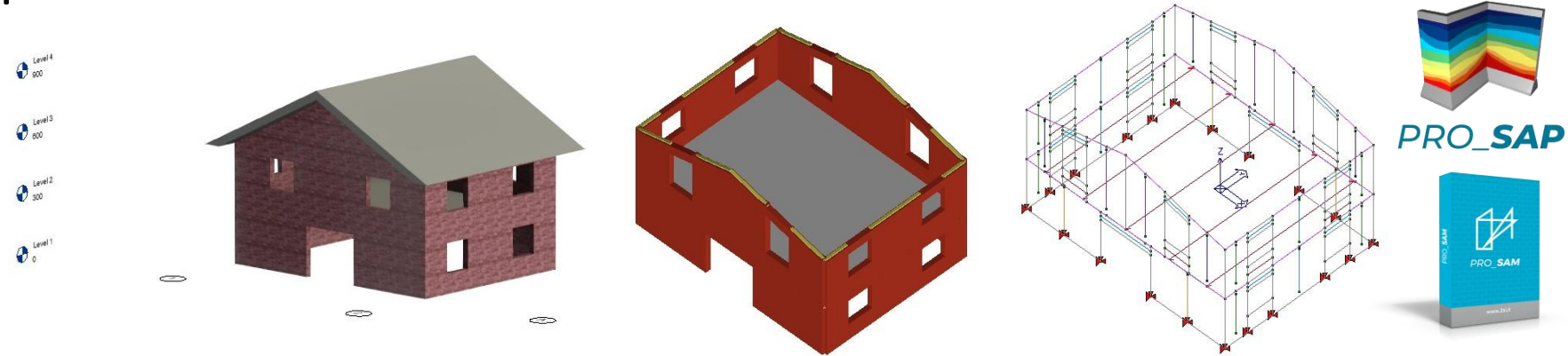
PRO\_SAP



# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in muratura

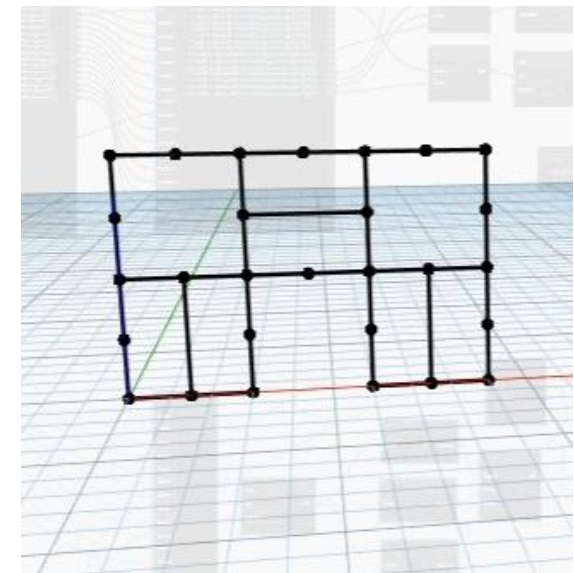
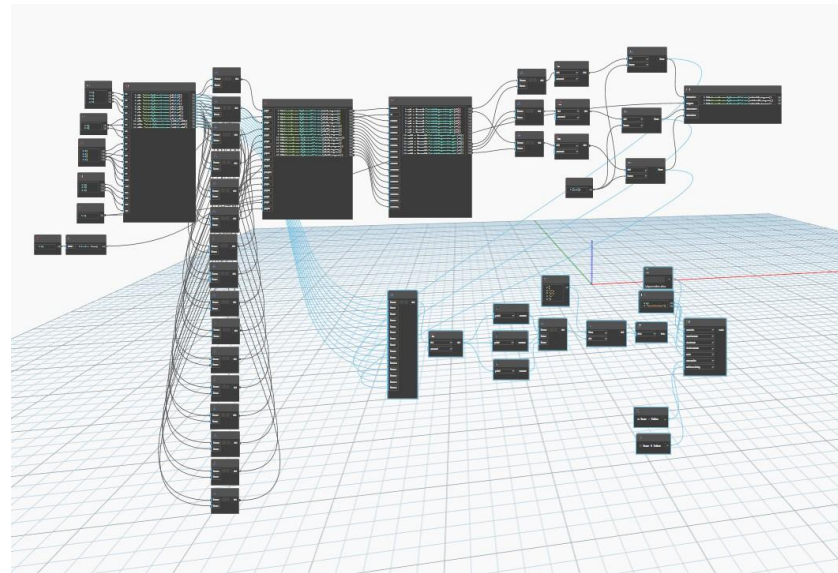
## Modellazione a telaio equivalente

Studio del problema dell'interoperabilità su casi semplici per esplorare le possibilità di vari software FEM



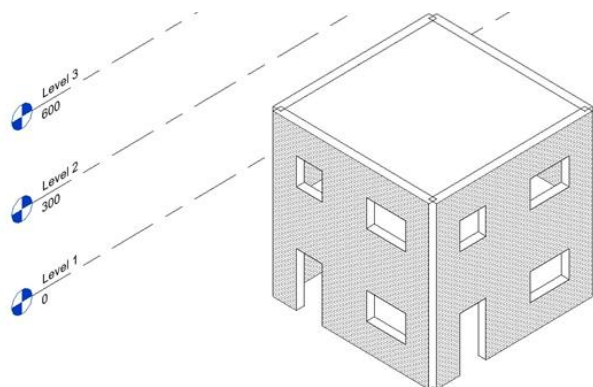
Tentativo di automatizzazione per la modellazione:

→ Estrazione di punti ed elementi 'trave' tramite Dynamo

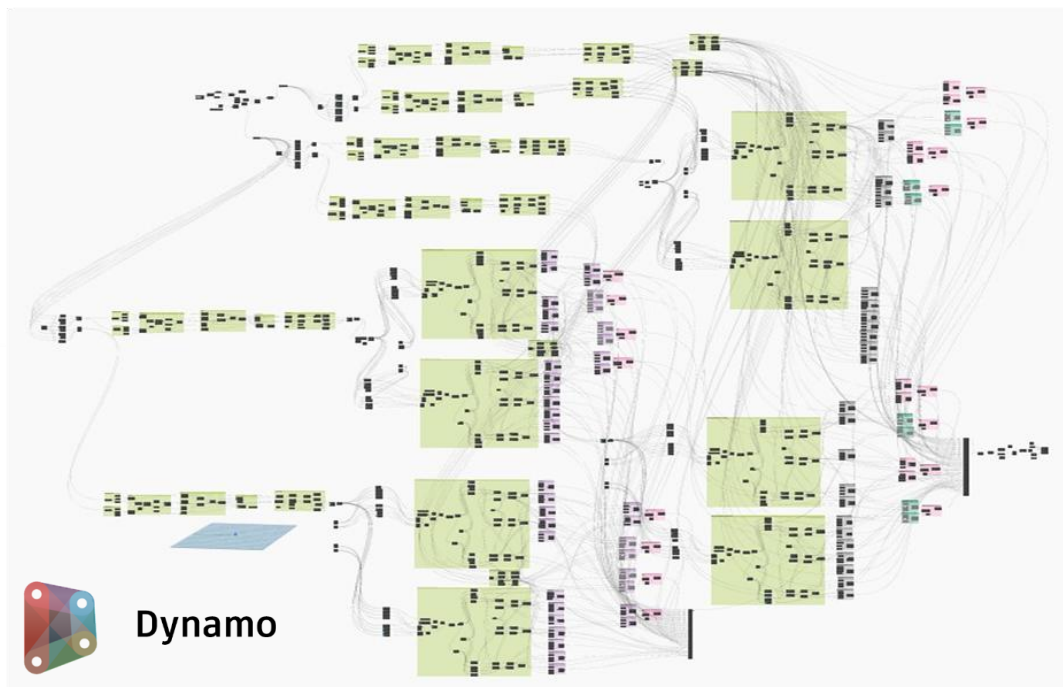


# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in muratura

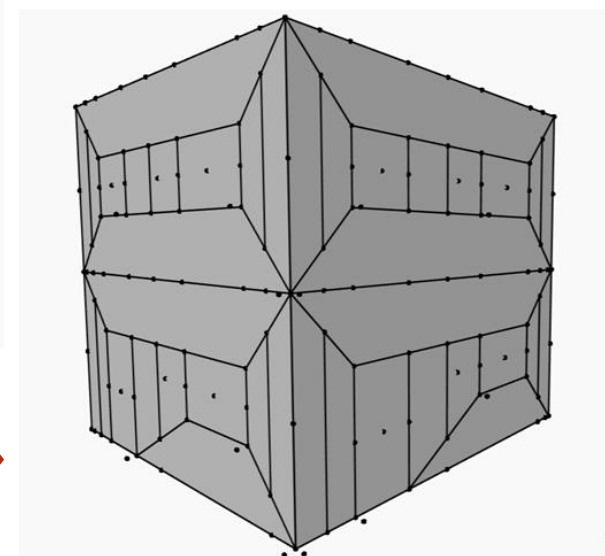
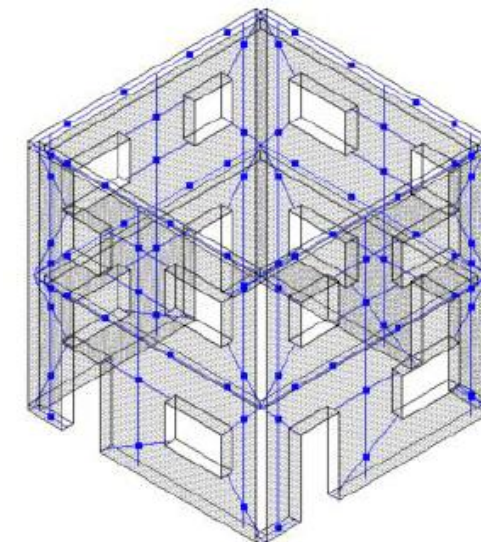
## Modellazione a telaio equivalente



Da modello BIM  
semplificato si passa  
all' **estrazione di punti**  
salienti del modello da  
esportare in modo da avere  
una base geometrica sui  
software agli elementi finiti.

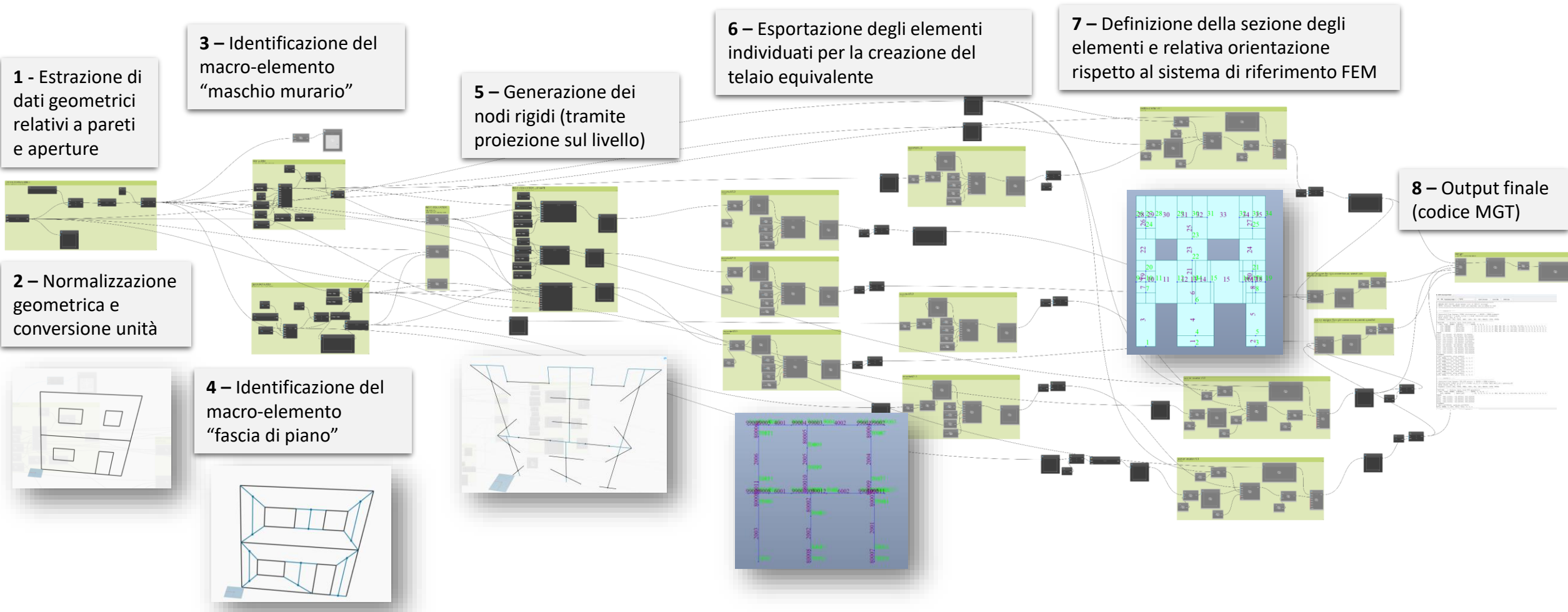


**Dynamo script** per l'identificazione e  
l'esportazione della geometria degli elementi



# Interoperabilità BIM-to-FEM per edifici in muratura

## Modellazione a telaio equivalente



# Validazione della metodologia su casi studio reali

La metodologia è validata mediante l'applicazione a un **caso studio reale**, rappresentato dal **Municipio di Tredozio**, con l'intento di dimostrare come l'**ottimizzazione del flusso di lavoro digitale** possa contribuire in modo significativo al miglioramento della gestione della sicurezza strutturale e della conoscenza del patrimonio edilizio storico.



# Validazione della metodologia su casi studio reali

La metodologia è validata mediante l'applicazione a un **caso studio reale**, rappresentato dal **Municipio di Tredozio**, con l'intento di dimostrare come l'**ottimizzazione del flusso di lavoro digitale** possa contribuire in modo significativo al miglioramento della gestione della sicurezza strutturale e della conoscenza del patrimonio edilizio storico.

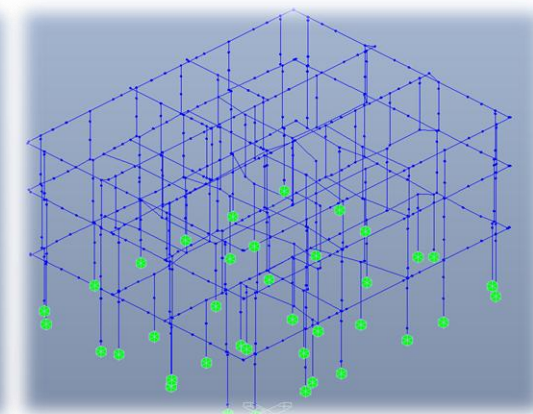
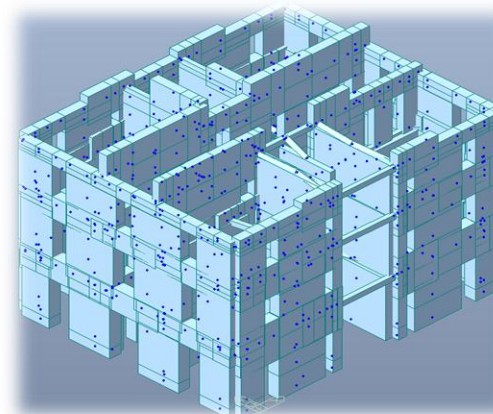
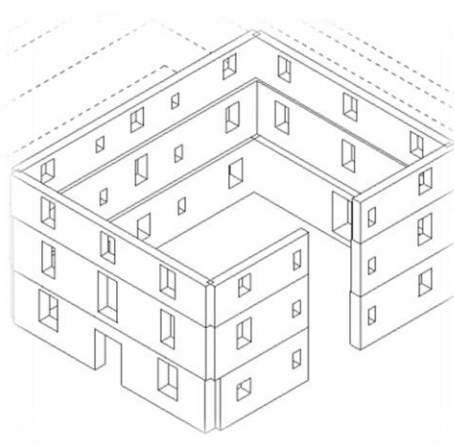
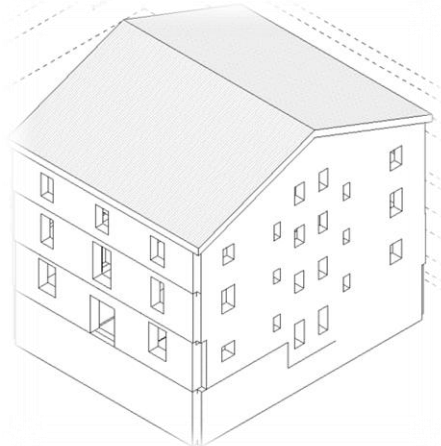
Rilievo

Modello BIM  
architettonico

Modello BIM  
strutturale

Identificazione  
telaio  
equivalente

Esportazione  
geometria in  
ambiente FEM



# Validazione della metodologia su casi studio reali

## Rilievo

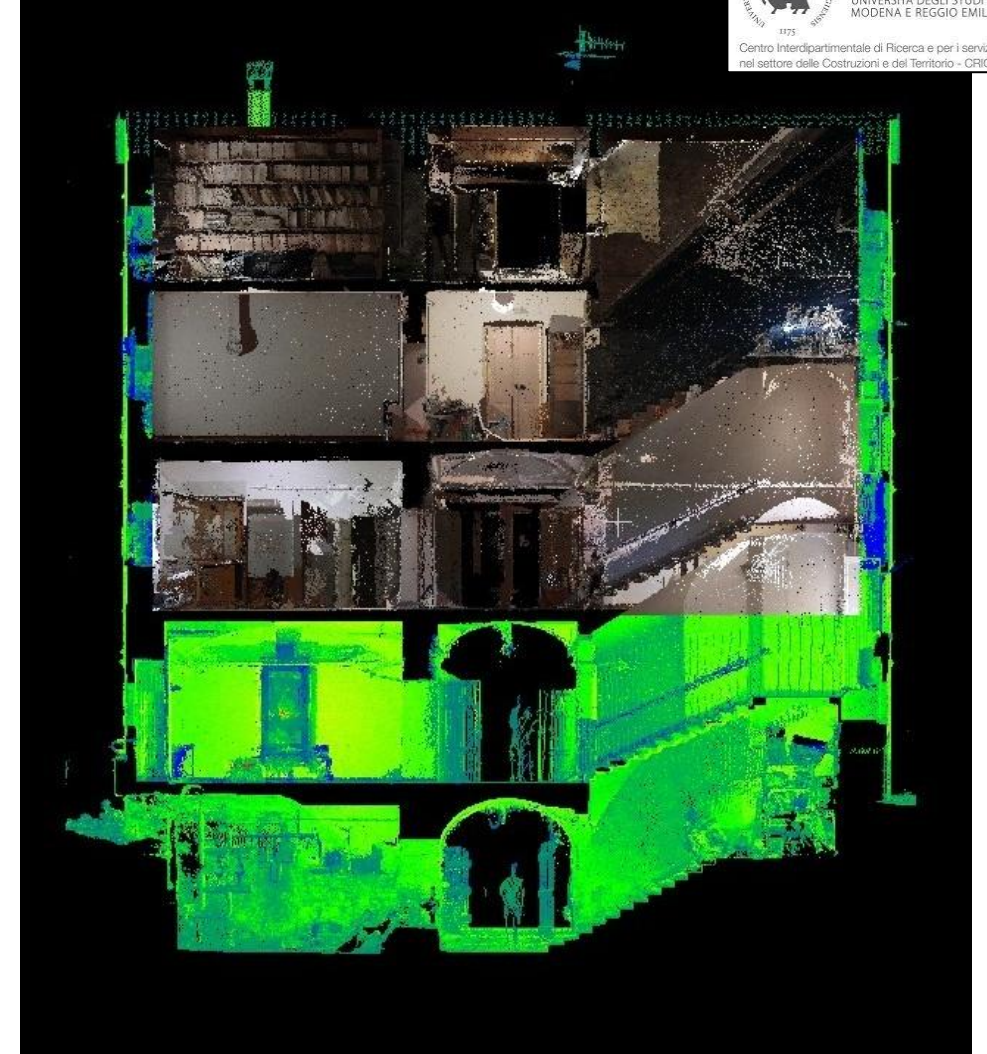
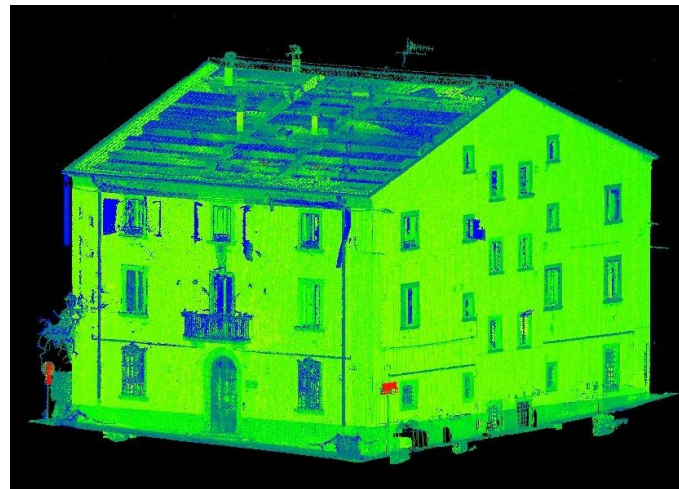
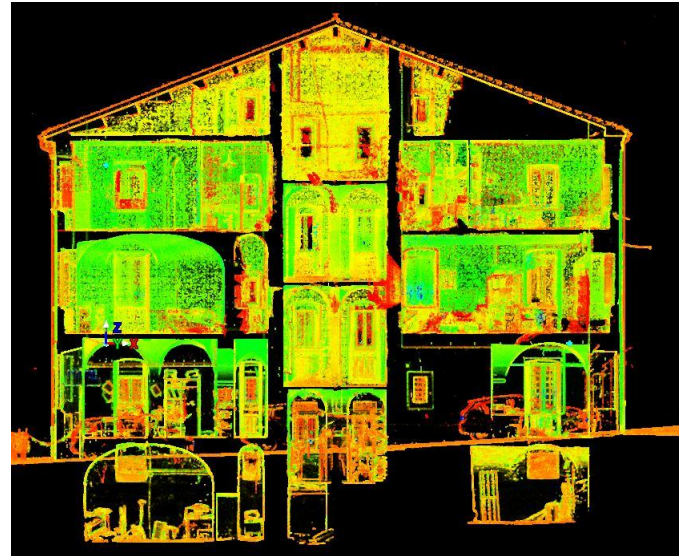
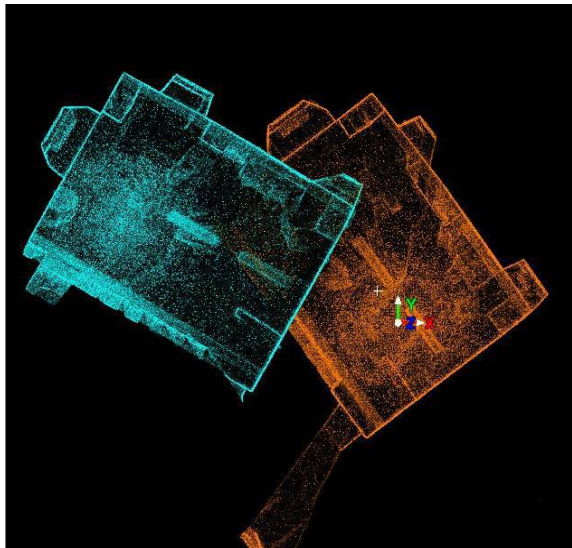
- Rilievo laser scanning dell'intero edificio
  - Laser scanner a tempo di volo *C10 Leica Geosystems*
  - Laser scanner a tempo di volo *S100 Stonex*, abilitate anche le foto sferiche
- Acquisizioni fotografiche su alcune aree per eventuali indagini specifiche
  - Fotocamera *Canon 2000D* obiettivo 18/55mm focale fissa



# Validazione della metodologia su casi studio reali

Rilievo

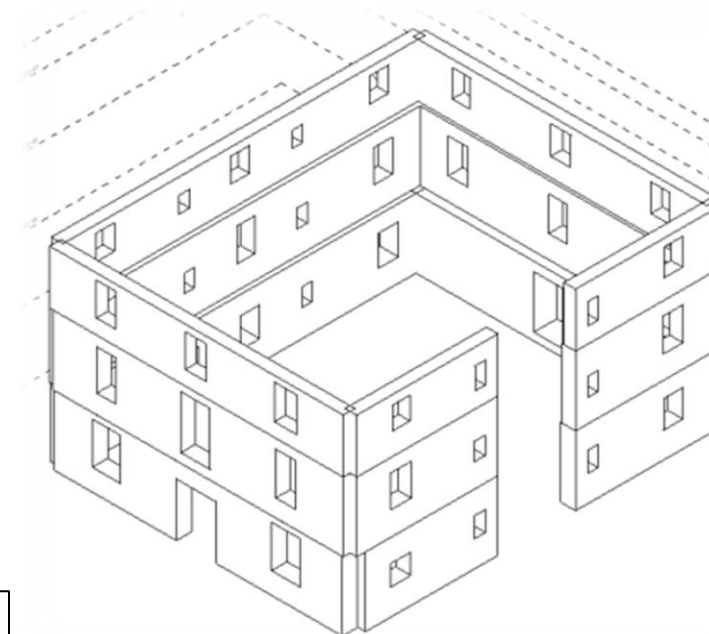
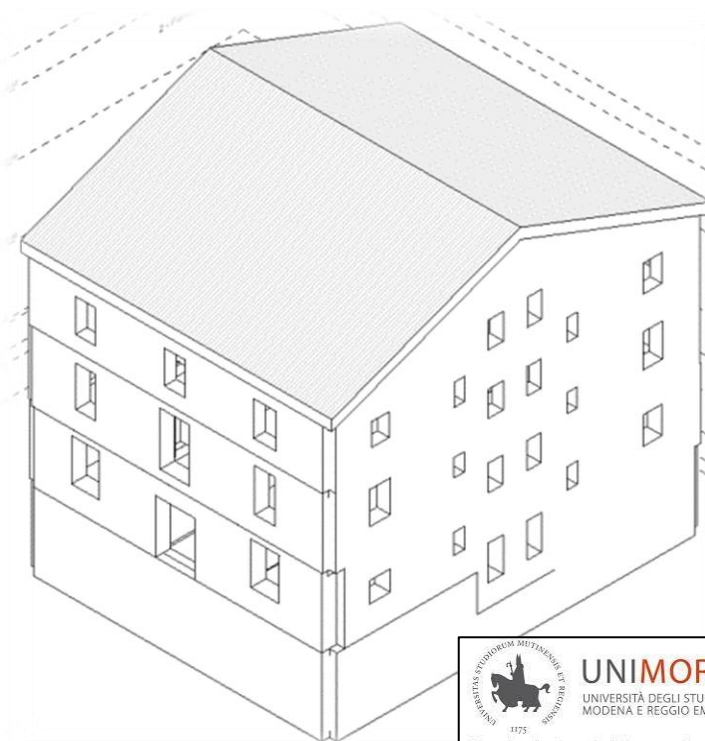
- Processing e produzione modello 3D a nuvola di punti



# Validazione della metodologia su casi studio reali



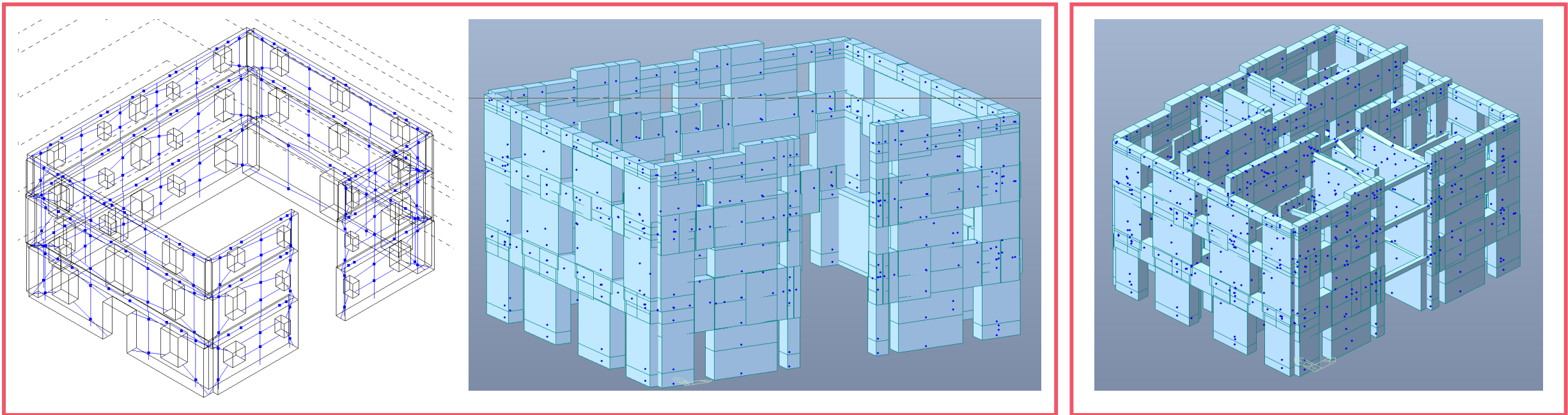
- **Decimazione** della nuvola (risoluzione media uniforme di 5 mm)
- Utilizzo della nuvola per:
  - Addestramento e validazione di algoritmi di IA per la **segmentazione semantica automatica** (muro, pavimento, volta, tetto, altro)
  - **Modellazione BIM as-built** dell'edificio.
  - **Workflow Scan-to-BIM-to-FEM**, con definizione di strategie di modellazione per automatizzare la generazione del modello analitico.



# Validazione della metodologia su casi studio reali



- Applicazione della metodologia sviluppata all'intero edificio o a porzioni di esso



# Validazione della metodologia su casi studio reali

Rilievo

Modello BIM  
architettonico

Modello BIM  
strutturale

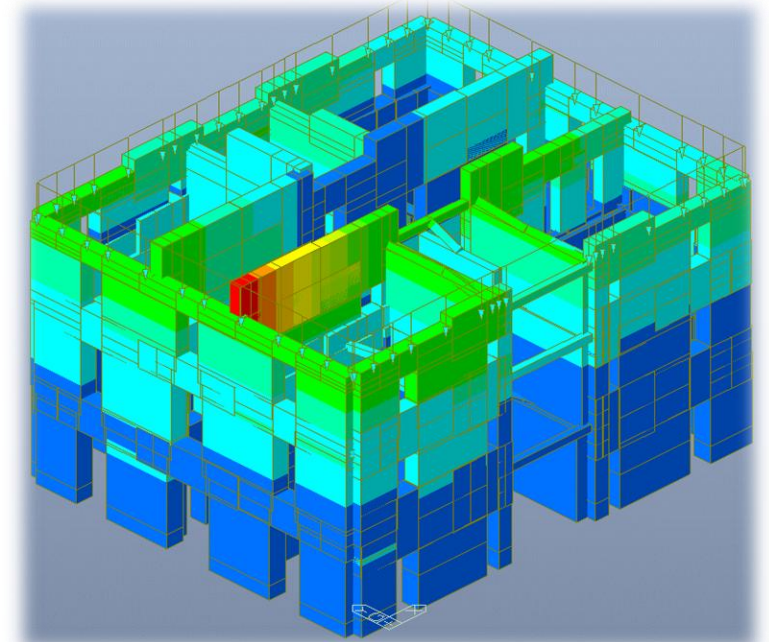
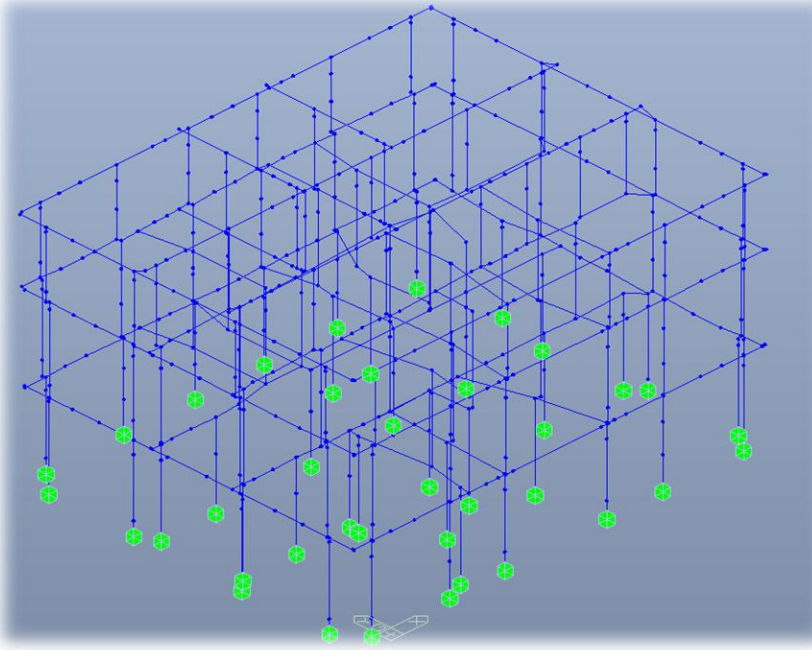
Identificazione  
telaio  
equivalente

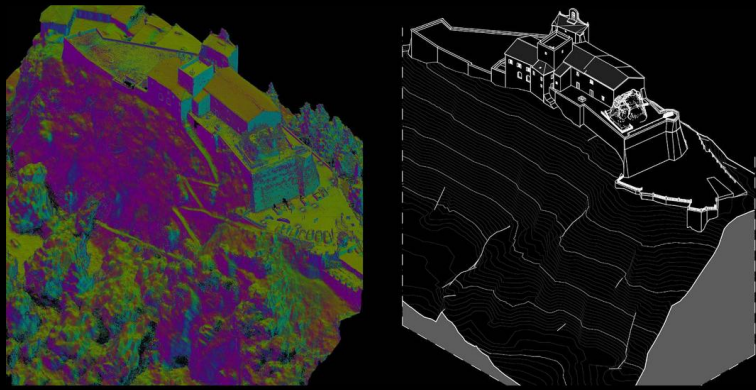
Esportazione  
geometria in  
ambiente FEM

```
...
Command or Data: *NODE
Insert Command
Insert Data
Delete Data

-----
/ MERGED MGT SCRIPT (from Dynamo list of OUT[0] strings)
/ NOTE: Internal *ENDDATA lines are removed; one is added at end.
/
/ --- source 0 ---
/
/ Generated from Dynamo: PIERS (bottom/top) -> NODES + BEAM elements
/ Rule: p_bottom = i-node, p_top = j-node (vertical pier elements)
/ Node lines: iNO, X, Y, Z
/ Element lines: iEL, TYPE, IMAT, iPRO, iN1, iN2, ANGLE, iSUB, EXVAL
/
/ SECTION / Section (auto from piers v2)
/ ISEC, TYPE, SNAME, [OFFSET], ... , SHAPE, 2, H, B, ...
100, DBUSER, eHS0_B30, CC, 0, 0, 0, 0, 0, 0, YES, NO, SB, 2, 90.000, 30.000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
101, DBUSER, pH170_B30, CC, 0, 0, 0, 0, 0, 0, YES, NO, SB, 2, 170.000, 30.000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
102, DBUSER, pH120_B30, CC, 0, 0, 0, 0, 0, 0, YES, NO, SB, 2, 120.000, 30.000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
103, DBUSER, pH140_B30, CC, 0, 0, 0, 0, 0, 0, YES, NO, SB, 2, 140.000, 30.000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
/
*NODE
1001, -81.101000, -52.047000, 50.000000
1002, -81.101000, -52.047000, 250.000000
1003, -361.101000, -52.047000, 50.000000
1004, -361.101000, -52.047000, 200.000000
1005, -591.101000, -52.047000, 0.000000
1006, -591.101000, -52.047000, 250.000000
1007, -96.101000, -52.047000, 350.000000
1008, -96.101000, -52.047000, 550.000000
1009, -376.101000, -52.047000, 400.000000
1010, -376.101000, -52.047000, 500.000000
1011, -591.101000, -52.047000, 350.000000
1012, -591.101000, -52.047000, 550.000000
/
*ELEMENT
/ wall_id=352582, pier_index=0
2001, BEAM, 1, 100, 1001, 1002, 0, 0, 0
/ wall_id=352582, pier_index=1
2002, BEAM, 1, 101, 1003, 1004, 0, 0, 0
/ wall_id=352582, pier_index=2
2003, BEAM, 1, 100, 1005, 1006, 0, 0, 0
/ wall_id=354524, pier_index=0
2004, BEAM, 1, 102, 1007, 1008, 0, 0, 0
/ wall_id=354524, pier_index=1
2005, BEAM, 1, 103, 1009, 1010, 0, 0, 0
/ wall_id=354524, pier_index=2
2006, BEAM, 1, 100, 1011, 1012, 0, 0, 0
/
/ --- source 1 ---
/
/ Generated from Dynamo: TOP_SFR points -> NODES + BEAM elements
/ Fairing rule: label ai_0_0 = i-node, ai_1_1 = j-node (per wall_id + opening_id)
/ Node lines: iNO, X, Y, Z
/ Element lines: iEL, TYPE, IMAT, iPRO, iN1, iN2, ANGLE, iSUB, EXVAL
/
/ SECTION / Section (auto from TOP_srandrels)
/ ISEC, TYPE, SNAME, [OFFSET], ... , SHAPE, 2, H, B, ...
400, DBUSER, th200_B30, CC, 0, 0, 0, 0, 0, 0, YES, NO, SB, 2, 200.000, 30.000, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0
/
*NODE
3001, -446.101000, -52.047000, 600.000000
3002, -546.101000, -52.047000, 600.000000
3003, -156.101000, -52.047000, 600.000000
3004, -306.101000, -52.047000, 600.000000
/
*ELEMENT
/ wall_id=354524, opening_id=354526
4001, BEAM, 1, 400, 3001, 3002, 0, 0, 0
/

```





Conoscere per proteggere.  
Tecnologie digitali e ricerca per la resilienza del patrimonio culturale e dei territori



*Adapted Information  
Management for existing  
Buildings Information Modeling*

3 giugno 2026  
Sala Magna | Rocca Malatestiana,  
Via Rocca 42, Verucchio (Rimini)

Organizzato da:



Con il Patrocinio di:



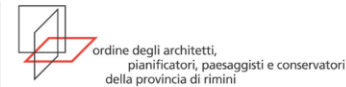
Comune di Verucchio



Comune di Tredozio



In collaborazione con Ordine degli Architetti P.P.C della provincia di Rimini:



Partners:



Media Partner:



Progetti cofinanziati da Fondo Europeo Regionale:



# Grazie per l'attenzione

Francesca Ferretti  
Claudio Mazzotti  
CIRI Edilizia e Costruzioni  
Università di Bologna