



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Kick off del Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

Tavola rotonda “il trasferimento delle conoscenze attraverso le pubblicazioni ReLUIS”

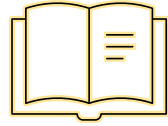
CRITERI E SOLUZIONI PER LA PROGETTAZIONE DI INTERVENTI INTEGRATI E SOSTENIBILI

Rafforzamento sismico ed efficientamento energetico di edifici esistenti

A cura di: Andrea Prota, Francesca da Porto, Mauro Dolce



Link al volume



Volume di sintesi dell'attività del triennio 19-21 + biennio 22-24



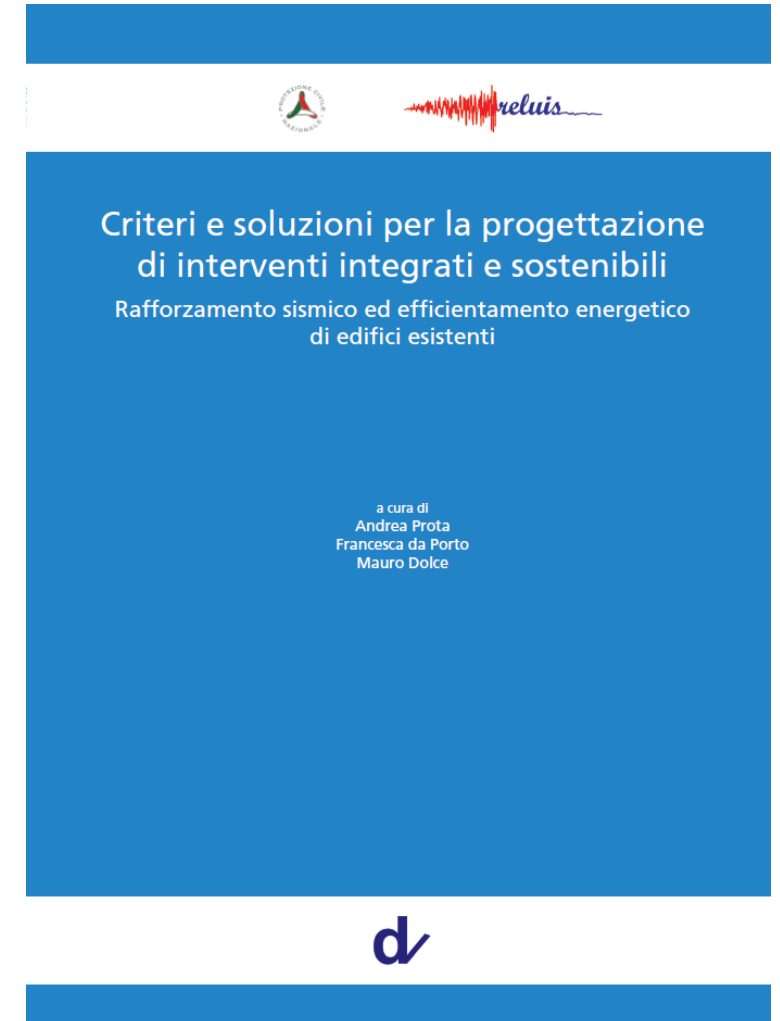
Collaborazione delle UR partecipanti al progetto su temi trasversali





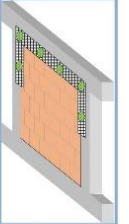
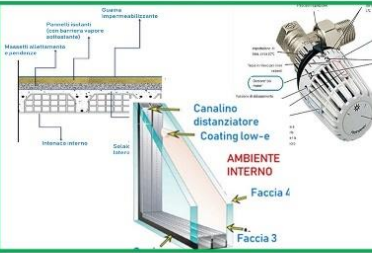


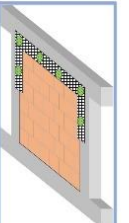
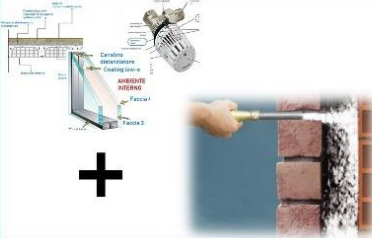
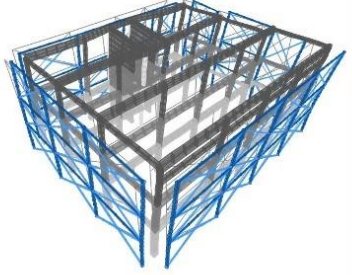



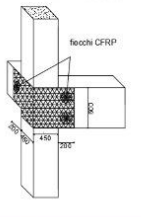

Disponibile in copia cartacea

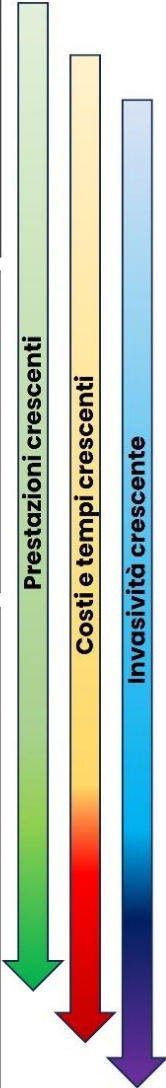


File disponibile sul sito ReLUIIS per download gratuito



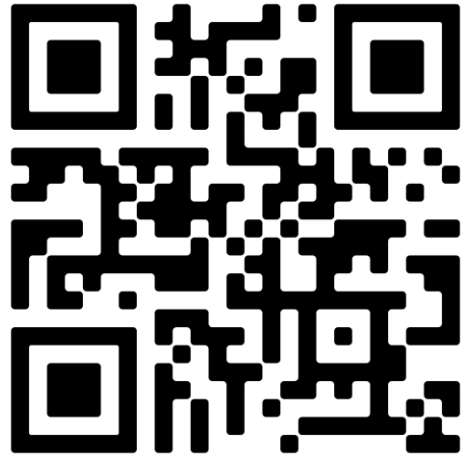
Volume di sintesi cap. 1 – Inquadramento

| | | | |
|--|--|---|---|
| <p>Interventi locali (applicabili dal solo esterno)</p>  | <p>Rinforzo locale dei nodi</p>  <p>Incisi CFRRP Nessuna demolizione tamponatura</p> | <p>Antiribaltamento tamponature perimetrali</p>  | <p>Isolamento copertura, sostituzione infissi e valvole termostatiche</p>  <p>Canalino distanziatore Coating low-e Faccia 4 Faccia 3 AMBIENTE INTERNO</p> |
| <p>Interventi locali (a basso impatto)</p>  | <p>Rinforzo locale dei nodi</p>  <p>Demolizione di porzioni limitate di tamponatura</p> | <p>Antiribaltamento tamponature perimetrali</p>  | <p>Interventi precedenti + insufflaggio delle intercapedini tamponatura</p>  |
| <p>Interventi globali (a maggiore invasività)</p>  | <p>Eso scheletri esterni</p>  <p>Controventi</p>  | <p>Ringrosso fondazioni</p>  <p>Rinforzi locali</p>  | <p>Cappotto termico, sostituzione impianti, fonti rinnovabili</p>  <p>Muratura massiva Ambiente Interno Esterno Isolamento termico</p> |

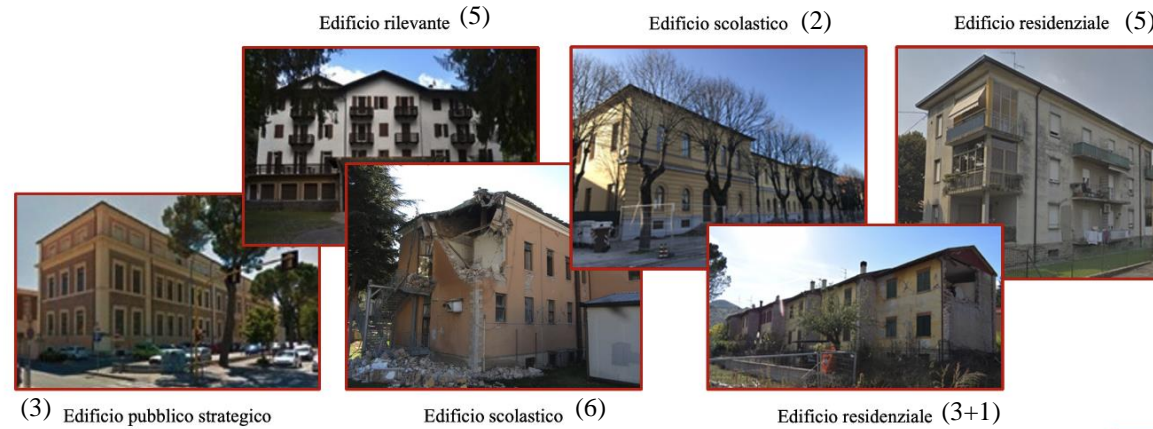


- Inquadramento delle problematiche degli edifici esistenti italiani
- Disamina dei bonus fiscali e degli effetti degli incentivi degli ultimi anni
- Necessità di realizzare interventi integrati e sostenibili
- Descrizione dell'approccio di progettazione proposto: a partire da soluzioni di minimo impatto, interventi ad invasività e prestazioni crescenti

Volume di sintesi cap. 2 – Casi studio



Link ai casi studio



Muratura

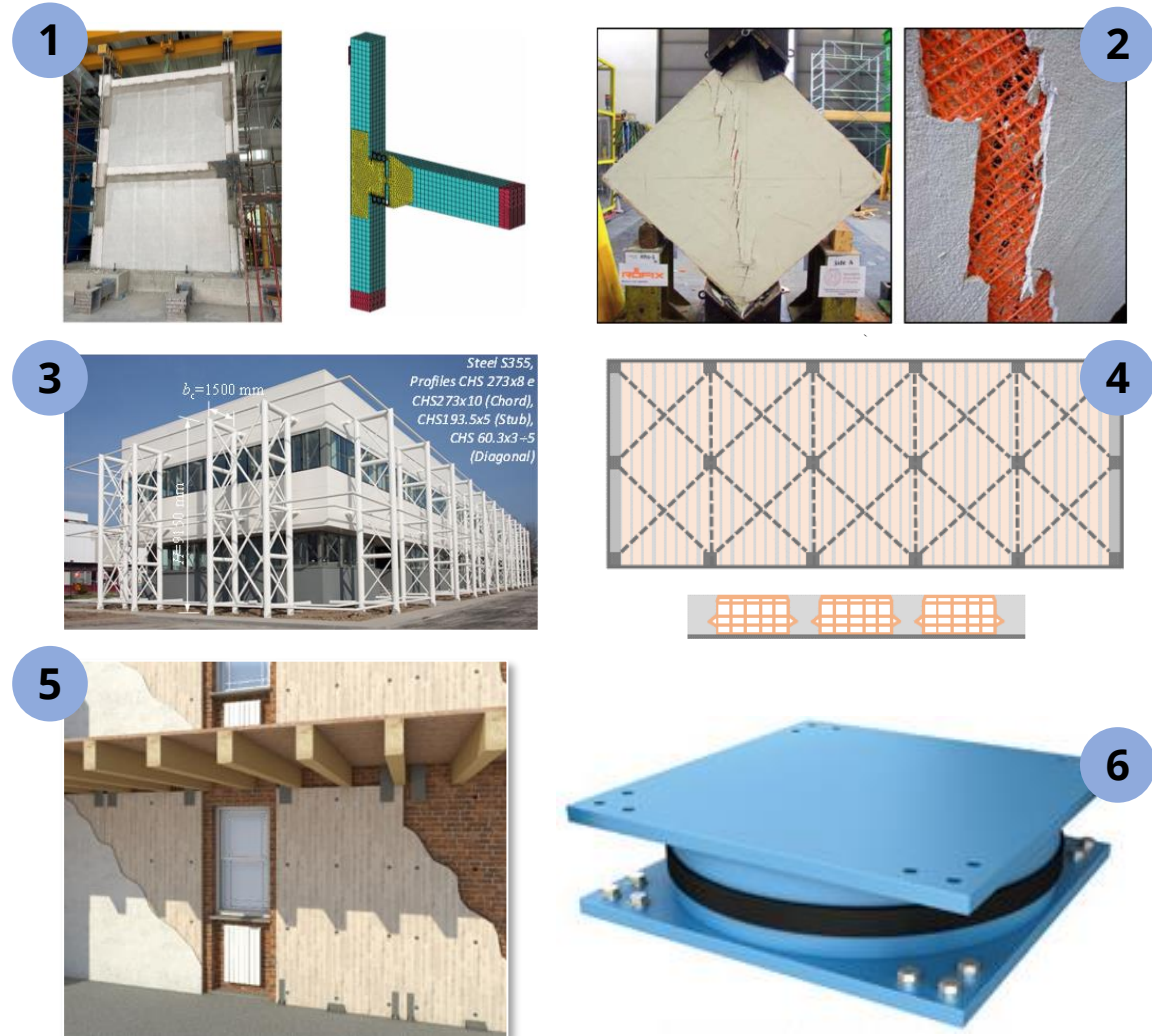


Calcestruzzo armato



Acciaio

- 1 Interventi locali su nodi in c.a. e rinforzo delle tamponature
- 2 Interventi locali sui collegamenti e rinforzo delle murature
- 3 Esoscheletri in acciaio
- 4 Criticità e interventi sui solai
- 5 Interventi con sistemi in legno
- 6 Interventi mediante tecniche di isolamento sismico

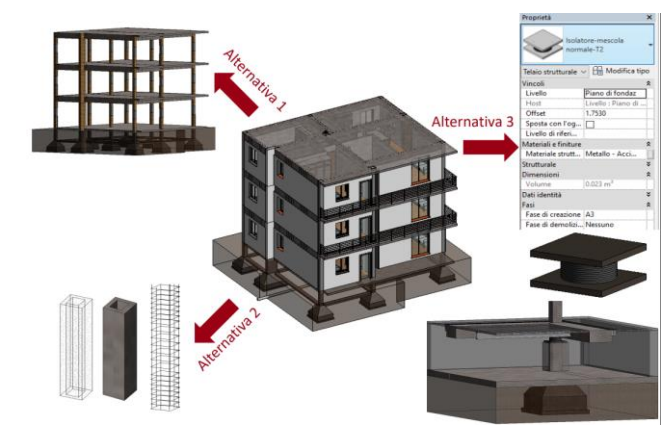
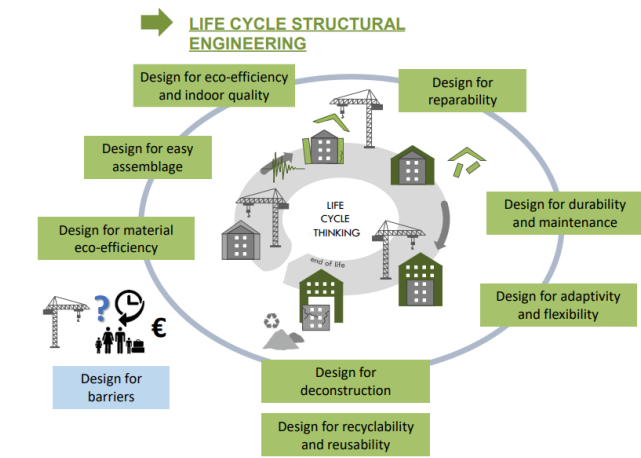
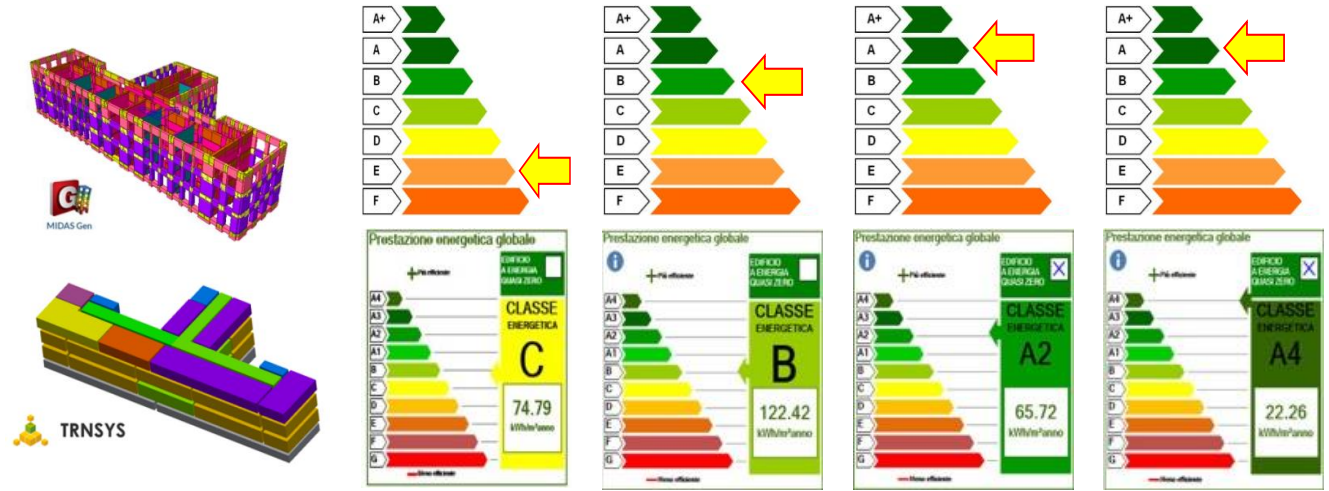


INTERVENTI INCREMENTALI
Target prestazionali sism. / ener.

Definizione di curve
ISO-COSTO e ISO-PERFORMANCE

OTTIMIZZAZIONE DEI COSTI
Optimal, multi-criterio

Metodi olistici e/o basati su
LIFE CYCLE THINKING (LCT)



Appendice – Schede di sintesi dei casi studio

Caso studio 1: edificio scolastico in cemento armato sito in provincia di Teramo

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/07_BIOLA_DEI_GRAN_SASSO_venezia_CA.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|------------------------|
| Destinazione d'uso | Edificio scolastico |
| Sistema costruttivo | Tela in cemento armato |
| Epoca di costruzione | 1960-1970 |
| Numero di piani | 2 fuori terra |
| Area in pianta | 730 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 1470 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | III |

119

Caso studio 2: edificio scolastico in cemento armato sito in provincia di Macerata

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/08_LOBO_PICENO_venezia_CA.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|------------------------|
| Destinazione d'uso | Edificio scolastico |
| Sistema costruttivo | Tela in cemento armato |
| Epoca di costruzione | 1950-1960 |
| Numero di piani | 3 fuori terra |
| Area in pianta | 400 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 1200 mq |
| Regole in pianta | Si |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | III |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: D | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,202$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2150 |

Caso studio 3: edificio residenziale in cemento armato sito in provincia di Brescia

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/09_TUSCOLANO_MADERNO_venezia_CA.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|------------------------|
| Destinazione d'uso | Edificio residenziale |
| Sistema costruttivo | Tela in cemento armato |
| Epoca di costruzione | 1960 |
| Numero di piani | 3 fuori terra |
| Area in pianta | 250 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 690 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | II |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: E | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,233$ [g] | Classe di suolo: C | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2265 |

Caso studio 4: edificio residenziale in cemento armato sito in provincia di Torino

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/10_TORINO_venezia_CA.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|--|
| Destinazione d'uso | Residenziale e commerciale |
| Sistema costruttivo | Tela (intambe le direzioni) e reti (direzioni trasversali) in ca |
| Epoca di costruzione | 1955 |
| Numero di piani | 3 fuori terra |
| Area in pianta | 1800 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 9000 mq |
| Regole in pianta | Si |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | II |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 3 | | Zona Climatica: E | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,052$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2617 |

Caso studio 5: edificio ad uso pubblico strategico in acciaio sito a Napoli

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/11_NAPOLI_Gesit_Cerita_Annunzi.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|---|
| Destinazione d'uso | Edificio pubblico strategico |
| Sistema costruttivo | Sistema Ibrido (MRF, X-CBF, Y-CBF) |
| Epoca di costruzione | 1960-1970 |
| Numero di piani | 6 fuori terra |
| Area in pianta | 1400 mq piano tipo; 1200 ultimi due piani |
| Superficie calpestabile | 8000 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | No |
| Classe d'uso | III |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: - | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,192$ [g] | Classe di suolo: C | Cat. top: T1 | Gradi giorno: - |

Caso studio 6: edificio industriale in acciaio sito in provincia di Avellino

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/12_NUSCO_Ingenuo_Acciaio.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|--|
| Destinazione d'uso | Edificio industriale |
| Sistema costruttivo | Tela con colonne in composizione validata e travi reticolari |
| Epoca di costruzione | 1992-1997 |
| Numero di piani | Edificio monospazio |
| Area in pianta | 1998 mq |
| Superficie calpestabile | 1998 mq |
| Regole in pianta | Si |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | II |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: - | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,243$ [g] | Classe di suolo: C | Cat. top: T1 | Gradi giorno: - |

Caso studio 7: edificio ad uso pubblico in muratura in provincia di Ancona

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/01_Fabiano_MCR.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|-----------------|
| Destinazione d'uso | Uso pubblico |
| Sistema costruttivo | Muratura |
| Epoca di costruzione | 1940-1950 |
| Numero di piani | 4 fuori terra |
| Area in pianta | 1300 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 4800 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | IV |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: E | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,228$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2198 |

Caso studio 8: edificio scolastico in muratura in provincia di Macerata

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/02_Senoli_Cosmo_MCR.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|----------------|
| Destinazione d'uso | Uso pubblico |
| Sistema costruttivo | Muratura |
| Epoca di costruzione | 1930-1940 |
| Numero di piani | 2 fuori terra |
| Area in pianta | 600 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 700 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | III |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 1 | | Zona Climatica: E | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,285$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2350 |

Caso studio 9: edificio ad uso pubblico in muratura in provincia di Trento

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/03_GAT_Cosmo_MCR.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|----------------------------|
| Destinazione d'uso | Struttura zincata |
| Sistema costruttivo | Muratura |
| Epoca di costruzione | fine XIX sec. |
| Numero di piani | 5 fuori terra ¹ |
| Area in pianta | 718 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 3291 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | II |

¹ Il quarto livello fuori terra (piano quarto), non visibile nell'immagine, è centrato dalla spogliazione parziale del piano terra sulla zona a nord (organizzazione realizzata negli anni 90).

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: D | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,244$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2007 |

Caso studio 10: edificio scolastico in muratura in provincia di Macerata

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/04_Senoli_Cosmo_MCR.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|----------------|
| Destinazione d'uso | Uso pubblico |
| Sistema costruttivo | Muratura |
| Epoca di costruzione | 1930-1940 |
| Numero di piani | 2 fuori terra |
| Area in pianta | 750 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 1500 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | III |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: D | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,244$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2007 |

Caso studio 11: edificio residenziale in muratura in provincia di Bergamo

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/05_Dalmeida_MCR.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|--|
| Destinazione d'uso | Edificio residenziale |
| Sistema costruttivo | Muratura in mattoni con fess. in orizzontale |
| Epoca di costruzione | 1950 |
| Numero di piani | 3 fuori terra |
| Area in pianta | 179 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 536 mq |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | II |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: E | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,158$ [g] | Classe di suolo: C | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2473 |

Caso studio 12: edificio residenziale in muratura in provincia di Macerata

https://www.reluis.it/doi/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/06_Para_Tosco_MCR.pdf

| TIPOLOGIA | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Destinazione d'uso | Residenziale |
| Sistema costruttivo | Muratura |
| Epoca di costruzione | 1962-63 |
| Numero di piani | 2 fuori terra / 1 interrato |
| Area in pianta | 52 mq (totali) / 312 mq (totali) |
| Superficie calpestabile | 104 mq (totali) / 624 mq (totali) |
| Regole in pianta | No |
| Reg. in elevazione | Si |
| Classe d'uso | II |

| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|---------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| Zona Sismica: 2 | | Zona Climatica: E | |
| $\mu_{s,ELV} = 0,158$ [g] | Classe di suolo: C | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2473 |

Appendice – Schede di sintesi dei casi studio

Caratteristiche e intervento

Caso studio 9: edificio ad uso pubblico in muratura in provincia di Trento

https://www.reluis.it/doc/DPC-ReLUIS-2022-2024/WP5/03_GAT_Comano_MUR.pdf



Info generali

TIPOLOGIA

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| Destinazione d'uso | Struttura ricettiva |
| Sistema costruttivo | Muratura |
| Epoca di costruzione | fine XIX sec. |
| Numero di piani | 5 fuori terra ¹ |
| Area in pianta | 718 mq a piano |
| Superficie calpestabile | 3291 mq |
| Regolare in pianta | No |
| Reg. in elevazione | No |
| Classe d'uso | II |



¹ Il quinto livello fuori terra (piano quarto), non visibile nell'immagine, è costituito dalla sopraelevazione parziale del piano terzo nella zona a nord (sopraelevazione realizzata negli anni '60).



| PARAMETRI DI DOMANDA | | | |
|-------------------------|--|--|--------------------|
| Zona Sismica: 1 | | Zona Climatica: E | |
| $a_{g,SLV} = 0,226$ [g] | Classe di suolo: B | Cat. top: T1 | Gradi giorno: 2189 |
| INTERVENTI PROPOSTI | | | |
| | Intervento sismico | Intervento energetico | |
| Int. 1 | Miglioramento – Intonaco armato FRCC solo lato esterno delle pareti; catene sulle celle di estremità; irrigidimento nel piano dei solai con controventi e della copertura con cappa armata | Isolamento pareti, sostituzione serramenti, isolamento copertura; cambio caldaia e inserimento valvole termostatiche su termosifoni esistenti | |
| Int. 2 | Adeguamento – Iniezioni e tirantini trasversali sulle pareti; catene sulle celle di estremità; irrigidimento nel piano dei solai con controventi e della copertura con cappa armata | Isolamento pareti, sostituzione serramenti, isolamento copertura; sostituzione termosifoni con soffitto radiante e sostituzione caldaia con pompa di calore | |
| Int. 3 | Miglioramento – Intonaco armato FRCC solo lato esterno delle pareti; catene su tutte le celle; irrigidimento nel piano dei solai con cappa armata nella copertura e nei solai | Isolamento pareti, sostituzione serramenti, isolamento copertura; sostituzione termosifoni con pavimento radiante e sostituzione caldaia con pompa di calore | |

| METODI DI ANALISI | |
|---|---------------------------------------|
| Analisi sismica: Pushover su modello a telaio equivalente | Analisi energetica: Quasi stazionario |

| CARATTERISTICHE STRUTTURALI | | | |
|--|------------------|--|-------------|
| Elemento | Classe/Proprietà | Note | Schema/Foto |
| MUR1 – Muratura perimetrale principale | Conci sbazzati | Pietrame calcareo a spacco di cava con dimensione molto variabile murato con malta cementizia; sezione a due paramenti accostati | |

| RISULTATI | | | |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| CONFIGURAZIONE AS-BUILT | | | |
| IS-V 39,6 % | PAM 3,9 % | EP 218,04 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO I | Tempi ² 109 giorni | Costi ³ 593.691 € | 180,41 €/m ² |
| IS-V 53 % | PAM 2,6 % | EP 138,67 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO II*FE | Tempi ² 142 giorni | Costi ³ 779.306 € | 385,50 €/m ² |
| IS-V 55 % | PAM 2,3 % | EP 86,00 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO III FE | Tempi ² 150 giorni | Costi ³ 829.069 € | 251,93 €/m ² |
| IS-V 62 % | PAM 2,3 % | EP 86,00 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO III FE | Tempi ² 61 giorni | Costi ³ 895.472 € | 272,11 €/m ² |
| IS-V 71 % | PAM 2,3 % | EP 85,96 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO RI | Tempi ² 5 mesi | Costi ³ 804.090 € | 244,40 €/m ² |
| IS-V 73 % | PAM - | EP - | |

| CONFIGURAZIONE AS-BUILT | | | |
|-------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| IS-V 39,6 % | PAM 3,9 % | EP 218,04 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO I | Tempi ² 109 giorni | Costi ³ 593.691 € | 180,41 €/m ² |
| IS-V 53 % | PAM 2,6 % | EP 138,67 kWh/(m ² y) | |
| INTERVENTO II*FE | Tempi ² 142 giorni | Costi ³ 779.306 € | 385,50 €/m ² |
| IS-V 55 % | PAM 2,3 % | EP 86,00 kWh/(m ² y) | |

Confronto as-built vs. intervento



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Kick off del Progetto DPC_ReLUIS 2024-2026

Napoli, 17-18 ottobre 2024

Tavola rotonda “il trasferimento delle conoscenze attraverso le pubblicazioni ReLUIS”

CRITERI E SOLUZIONI PER LA PROGETTAZIONE DI INTERVENTI INTEGRATI E SOSTENIBILI

GRAZIE!