

Tecnologie e Design di qualità – Verona 2022

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E SISMICA



ENERGETICA E SISMICA
SONO COMPATIBILI?



Ing. Roberto Calliari

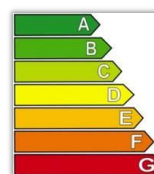
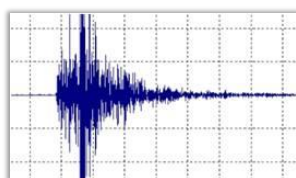


RIQUALIFICAZIONE SISMICA



Quale è l'aspetto prioritario in una riqualificazione?

È quello strutturale o quello energetico?



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI DI CROLLI



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI DI CROLLI



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI DI CROLLI



Organizzazione

MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

LA PROGETTAZIONE INTEGRATA

La qualità dell'edificio è generata da una perfetta integrazione degli aspetti energetici con quelli strutturali

Iter procedurale (per esistente):

- Raccolta documentale
- Rilievo architettonico
- Rilievo strutturale
- Indagini strumentali e carotaggi
- Valutazione stato di fatto (*vulnerabilità sismica*)
- Valutazione stato di progetto (strutturale ed energetico)
- Progetto integrato di rinforzo strutturale ed efficientamento energetico
- Direzione Lavori



Organizzazione

MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

IMPORTANZA DEL RILIEVO

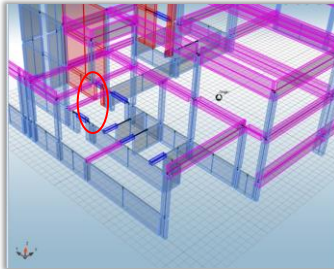


Possibili errori di valutazione :



Muratura "portante"???

"Integrità" struttura ???



... e il pilastro ???



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



IMPORTANZA DEL RILIEVO



INDAGINI TERMOGRAFICHE

Indagini termografiche, se eseguite con attenzione e professionalità, possono dare indicazioni importanti sulla tessitura muraria, possibili discontinuità (aperture tamponate) o lesioni.



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



IMPORTANZA DEL RILIEVO

SONDAGGI

Per conoscere la tipologia costruttiva ed analizzare al meglio lo stato di fatto e ipotizzare le possibili tecniche di rinforzo è fondamentale completare il rilievo con **sondaggi** puntuali.

La composizione corretta di una muratura è necessaria sia allo **strutturista** che al **consulente energetico** per stimare da un lato la **capacità portante** e dall'altra la **prestazione energetica** originaria.



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Capitolo 8.3

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta ad azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, deformazioni significative (cedimenti fondali);
- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- interventi non dichiaratamente strutturali che interagiscono, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale;
- messa in sicurezza dell'edificio (edifici scolastici, pubblici, ecc.)



verifica
soddisfatta

declassamento
(uso o carichi)

Intervento di ripristino
o aumento capacità
portante



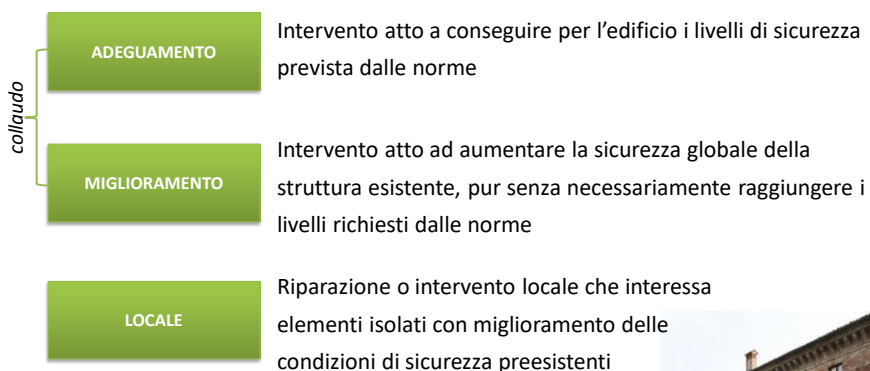
Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI



Per i beni di interesse culturale in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 22.01.2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza.



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



COMPORTAMENTO GLOBALE E LOCALE

DEGLI EDIFICI SOGGETTI A SISMA

Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



L'ANALISI DEI MECCANISMI DI COLLASSO



... una riflessione...

Una corretta progettazione passa obbligatoriamente attraverso lo studio del comportamento della struttura esistente.

Fessure, collassi parziali o totali di edifici consentono al progettista di conoscere meglio il comportamento delle strutture esistenti e quindi di progettare con **accuratezza e ottimizzazione** dei tempi e dei costi gli interventi di rinforzo.



Osservare e prendere coscienza di possibili errori "preesistenti" è molto spesso la fase progettuale più importante.

Non bisogna dimenticare che anche la ricerca e la normativa hanno spesso avuto una "accelerazione" in occasione di eventi sismici importanti!

Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



AGGREGATI EDILIZI

Circolare 617 – C8A.3

Grande complessità vi è nell'approccio su edifici in adiacenza ad altri, tipici dei nostri centri storici.

È quindi fondamentale comprendere il concetto generale di *aggregato*, di integrazione e valutazione dei vari *corpi fabbrica* per poter analizzare i possibili **martellamenti**, il **comportamento globale** e valutare le **azioni tra i vari edifici** in presenza o assenza di **giunti**.



Oltre a quanto normalmente previsto per gli edifici non disposti in aggregato, dovranno essere valutati gli effetti di:

- **spinte non contrastate** causate da **orizzontamenti sfalsati di quota** sulle pareti in comune con le US adiacenti;
- **effetti locali** causati da prospetti non allineati, o da differenze di altezza o di rigidità tra US adiacenti;
- **azioni di ribaltamento e di traslazione** che interessano le pareti nelle US di testata delle tipologie seriali (schiere).

Dovrà essere considerato inoltre il possibile **martellamento nei giunti tra US adiacenti**.



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



IL PROGETTO DI RINFORZO STRUTTURALE



L'esperienza dei terremoti passati (Umbria e Marche-1997, l'Abruzzo-2009, Emilia-2012) ha evidenziato che le modalità di collasso per le strutture in muratura esistenti consistono nella formazione di meccanismi cinematici con perdita di equilibrio per pareti o interi assemblaggi di pareti, con prevalenza dei meccanismi fuori piano sia a livello globale che locale.

Vi sono poi effetti locali di disgregazione della muratura stessa per perdita di coesione.

Sono inoltre emerse criticità su alcune tecniche di intervento o su esecuzioni non corrette.

E' emersa quindi la riconsiderazione di **tecniche tradizionali di intervento**, l'utilità della **valutazione accurata** dell'intervento, della sua **applicazione in modo regolare ed uniforme**, del **controllo in fase esecutiva**. Gli interventi sono in particolare mirati a:



- RIPRISTINARE COLLEGAMENTI EFFICACI**, mediante inserimento di tiranti, cerchiature esterne, idonea ammassatura fra pareti intersecanti (intersezioni a T, angoli di fabbricato, ecc.), cordolature a livello di appoggio delle coperture, connessione dei solai (di piano e delle coperture) alle murature portanti, ecc.
- MIGLIORARE LA CONFIGURAZIONE STRUTTURALE**, inserendo nuovi elementi resistenti, riducendo o eliminando le spinte di volte e coperture, creando giunti tra corpi di fabbrica, ecc.
- MIGLIORARE LA QUALITÀ DELLE MURATURE**, mediante consolidamento e, se necessario, sostituzione di porzioni o interi setti murari

Organizzazione

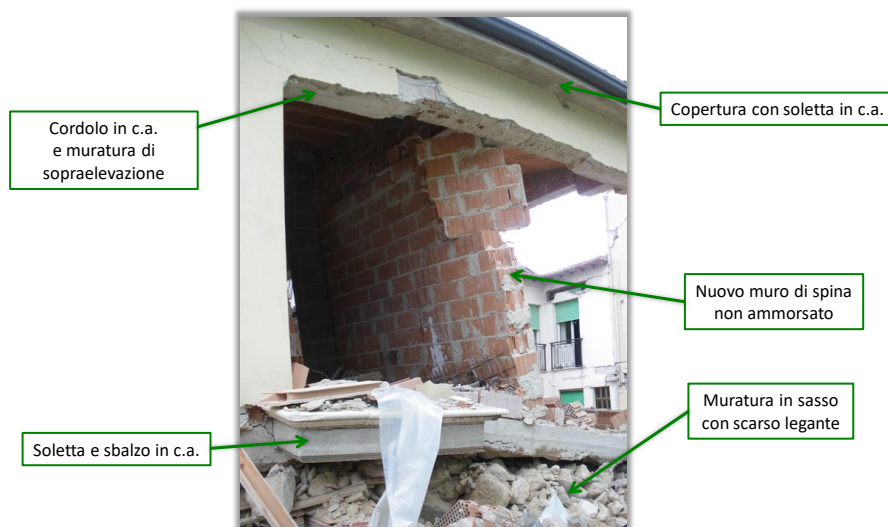


MRC CALLIARI
INGEGNERIA
Ing. Roberto Calliari



ANALISI CROLLI

Ampliamento e ristrutturazione



Organizzazione



MRC CALLIARI
INGEGNERIA
Ing. Roberto Calliari

ANALISI FESSURE



Tamponamento aperture preesistenti



Organizzazione



Proiezione Edificio
MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

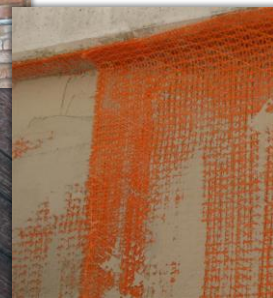


TECNICHE DI RINFORZO: MURATURA

Le tecniche di rinforzo per le murature (portanti) si differenziano in base alla **tipologia costruttiva** (mattoni pieni, pietra, a sacco, listata, ecc.), al **tipo di degrado** (fessurazione, scarsa coesione, ecc.) ed alla **proprietà meccanica** che si intende ripristinare o rafforzare (compressione, taglio, flessione nel piano e/o fuori piano)

Principali tecniche:

- scuci-cuci
- iniezioni
- placcaggio con reti metalliche, FRP, FRCM
- ristilatura dei giunti
- connessioni trasversali
- rinforzi locali con FRP o FRCM
- ripristino collegamenti e nuovi tiranti e catene



Organizzazione



Proiezione Edificio
MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



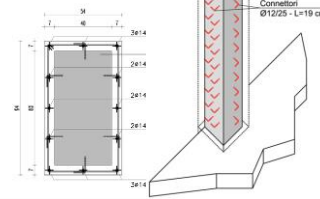
TECNICHE DI RINFORZO: C.A.



Le tecniche di rinforzo per le strutture in c.a. si differenziano in base agli **elementi strutturali** (travi, pilastri, solai, setti) interessati dall'intervento, al **tipo di degrado** (fessurazione, carbonatazione, ecc.) ed alla **proprietà meccanica** che si intende ripristinare o rafforzare (compressione, taglio, flessione, torsione)

Principali tecniche:

- pulizia e rasatura con malte passivanti;
- rinforzo con sistemi FRP;
- incamiciatura pilastri con betoncino armato;
- cerchiatura con sistemi in acciaio;



Fonte: Internet

Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



TAMPONAMENTI: "EFFETTO COMBINATO"

Funzionamento dei Tamponamenti, effetto "combinato":

- 1) danneggiamento nel piano
- 2) conseguente riduzione della resistenza nel fuori piano

Danneggiamento **nel piano** del tamponamento

Danneggiamento **fuori piano** del tamponamento



Fessure Diagonali sui tamponamenti di un telaio in c.a.



Espulsione del paramento esterno di tamponamento di un telaio in c.a.

Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari





ALCUNE CRITICITÀ NELL'ESECUZIONE DI INTERVENTI SULL'ESISTENTE

Organizzazione

MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

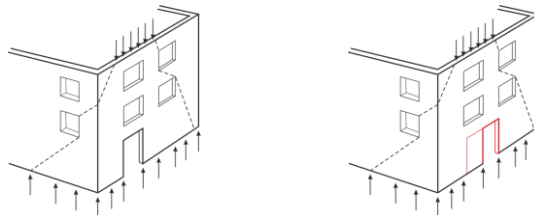
DETTAGLI IMPORTANTI

Tutti gli interventi sull'esistente, sia a livello locale che globale, devono obbligatoriamente passare attraverso una corretta analisi dello **stato di fatto** e dello **stato modificato**, per comprendere quali "modificazioni" vengono apportate all'organismo strutturale ed in particolare alla capacità di **trasferire** e **resistere** ai **carichi agenti** (sia verticali che orizzontali).

L'analisi del solo intervento locale (ad esempio realizzazione di una nuova apertura) potrebbe infatti generare problematiche non secondarie.

Il principio di mantenere identica resistenza complessiva prima e dopo l'intervento, non sempre è sufficiente a garantire un corretto comportamento globale dell'edificio.

È infatti necessario valutare la trasmissione degli sforzi sia in senso verticale che orizzontale, comprendendo se tale modificazione possa portare a diversi meccanismi di comportamento e collasso.



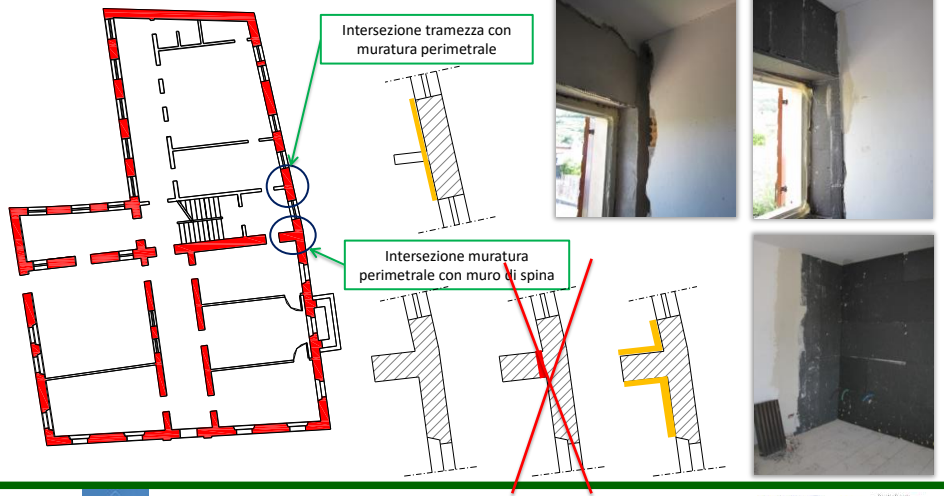
Organizzazione

MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

DETTAGLI IMPORTANTI

In fase di progettazione dei dettagli è fondamentale fare “tesoro” di quanto appreso sulle modalità di comportamento degli edifici per non incorrere in errori grossolani che possano pregiudicare la staticità degli edifici.

Sinergia tra **strutturista** e **consulente energetico**



Organizzazione

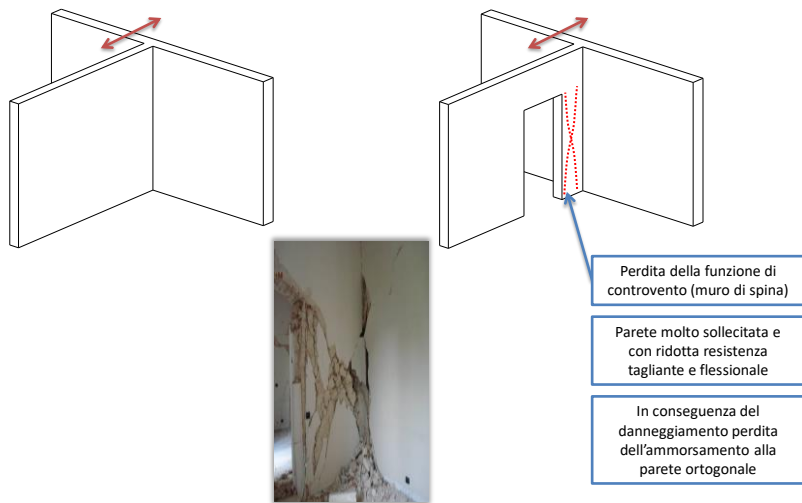


MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



DETTAGLI IMPORTANTI

Apertura vani porta in prossimità di intersezioni



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari





ESEMPI DI INTERVENTO

Organizzazione

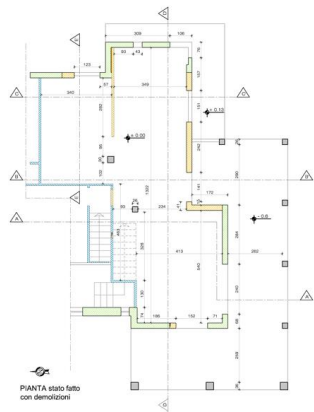


MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

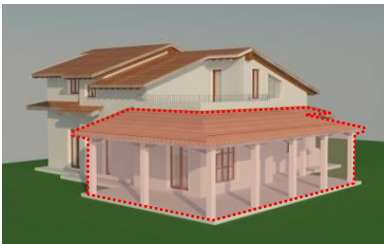


Caso studio: EDIFICIO IN MURATURA

Stato di fatto



Riquilificazione di porzione di edificio residenziale



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



Caso studio: EDIFICIO IN MURATURA

Stato di fatto



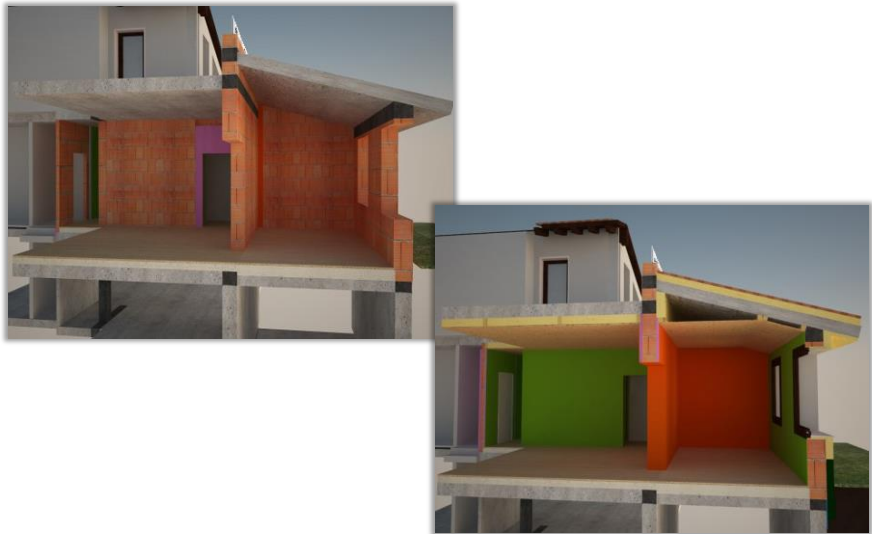
Caso studio: EDIFICIO IN MURATURA

Stato di progetto: realizzazione in cantiere



Caso studio: EDIFICIO IN MURATURA

Stato di progetto



Organizzazione

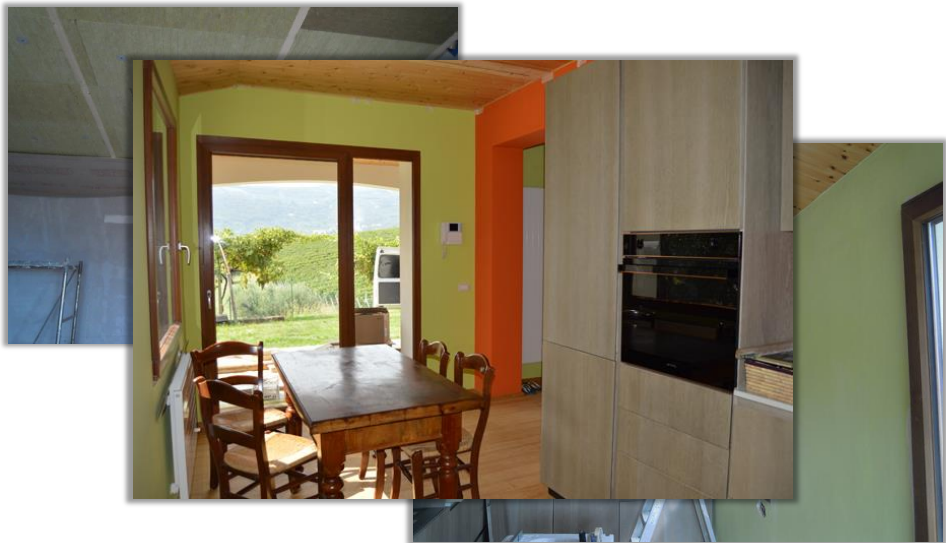


MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



Caso studio: EDIFICIO IN MURATURA

Stato di progetto



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio rurale: demo-ricostruzione parziale



Organizzazione

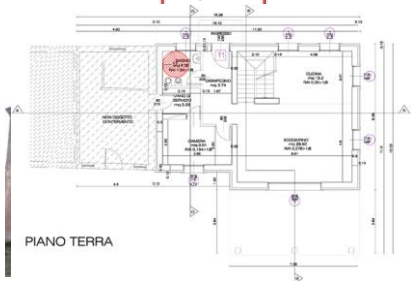
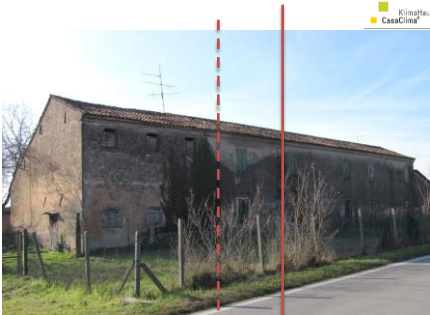
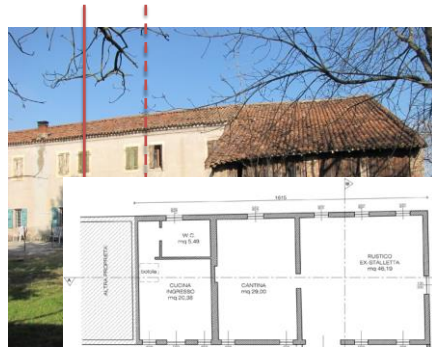


MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio rurale: demo-ricostruzione parziale



Organizzazione

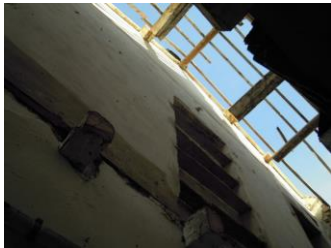


MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio rurale: demo-ricostruzione parziale



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio rurale: demo-ricostruzione parziale



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio rurale: demo-ricostruzione parziale



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio rurale: demo-ricostruzione parziale



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



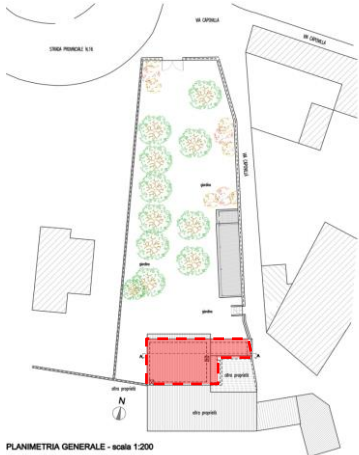
EDIFICIO IN PIETRA VINCOLATO



CASE HISTORY



Ubicazione: provincia di Verona
Categoria edificio: Edificio con prospetti vincolati parzialmente in pietra.
Superficie lorda: 150 mq
Volume riscaldato: 520 mc
Certificazione: CasaClima "R"



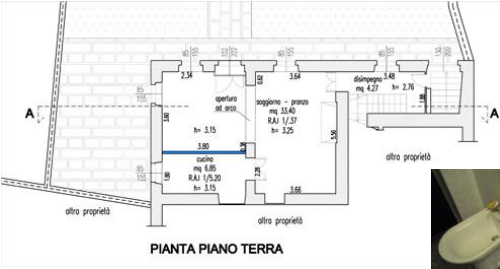
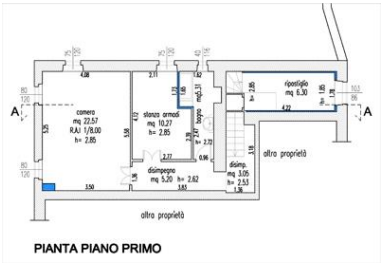
Organizzazione



MRC CALLIARI
INGEGNERIA
Ing. Roberto Calliari



STATO DI FATTO



Organizzazione



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio in pietra vincolato: rinforzo strutturale ed isolamento dall'interno

Per murature in sasso, edificio vincolato: necessità di intervenire dall'interno per l'isolamento ma anche per il ripristino strutturale.



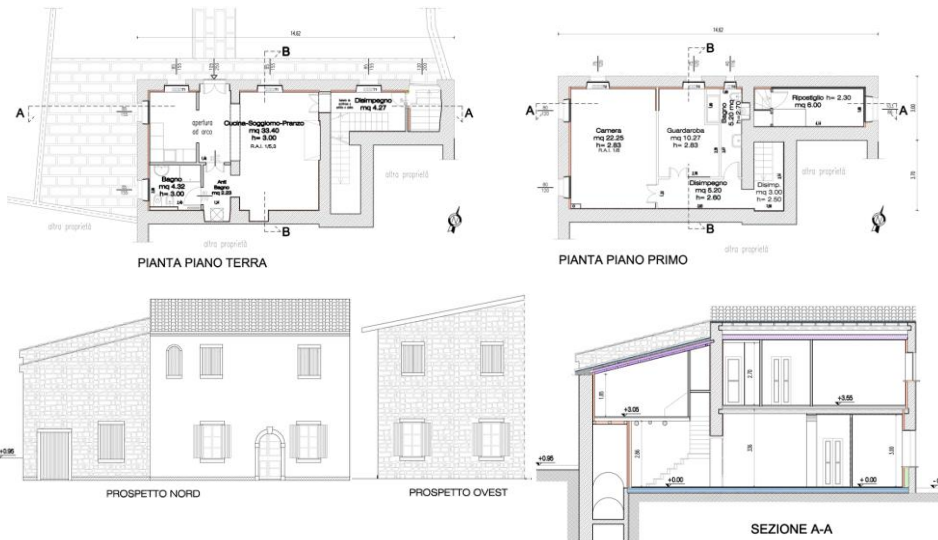
Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



STATO DI PROGETTO



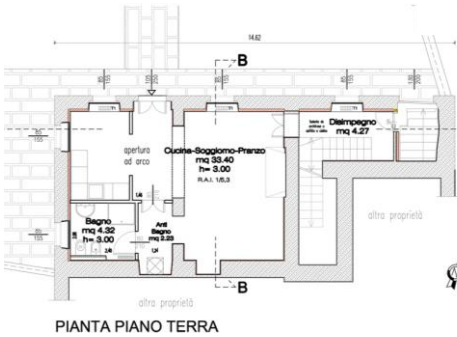
Organizzazione



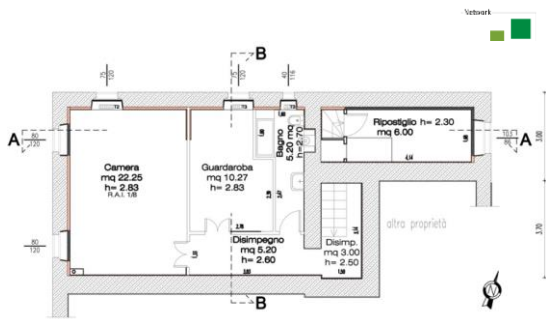
MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



STATO DI PROGETTO



PIANTA PIANO TERRA



PIANTA PIANO PRIMO



SEZIONE A-A

Organizzazione

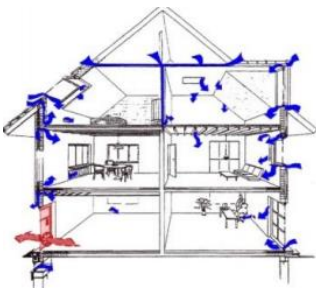


MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



INDAGINI STATO DI FATTO

La tenuta all'aria: indagini termografiche



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



INDAGINI STATO DI FATTO



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



VARIANTE PROGETTUALE



da semplice “Ristrutturazione” a Rinforzo strutturale + Riqualificazione energetica
I solai in legno



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RINFORZO SOLAI



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



VARIANTE PROGETTUALE



da semplice "Ristrutturazione" a Rinforzo strutturale + Riqualificazione energetica

Rimuovendo l'intonaco si è riscontrata una tessitura e consistenza muraria



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio in pietra vincolato: rinforzo strutturale ed isolamento dall'interno

Per murature in sasso con legante di scarsa consistenza, è possibile utilizzare dei sistemi "misti" in cui il placcaggio con **reti** (basalto, acciaio, ecc.) posate in **malte di calce idraulica** viene abbinato a **fiochi con fibre di acciaio** in cui i fori di connessione vengono **iniettati con malte fluide**.



Organizzazione



MRC CALLIARI
INGEGNERIA

Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio in pietra vincolato: rinforzo strutturale ed isolamento dall'interno

Dopo la **pulitura** (a mano o con idrolavaggio), si procede con la **stipatura** prima di **forare** la muratura per l'alloggiamento dei **connettori**. Successivamente si posa la **rete in malta di calce** e si annegano i **fiochi**. A indurimento avvenuto si **iniettano con malta fluida**.



Organizzazione



MRC CALLIARI
INGEGNERIA

Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ESISTENTE

Edificio in pietra vincolato: rinforzo strutturale ed isolamento dall'interno



Organizzazione

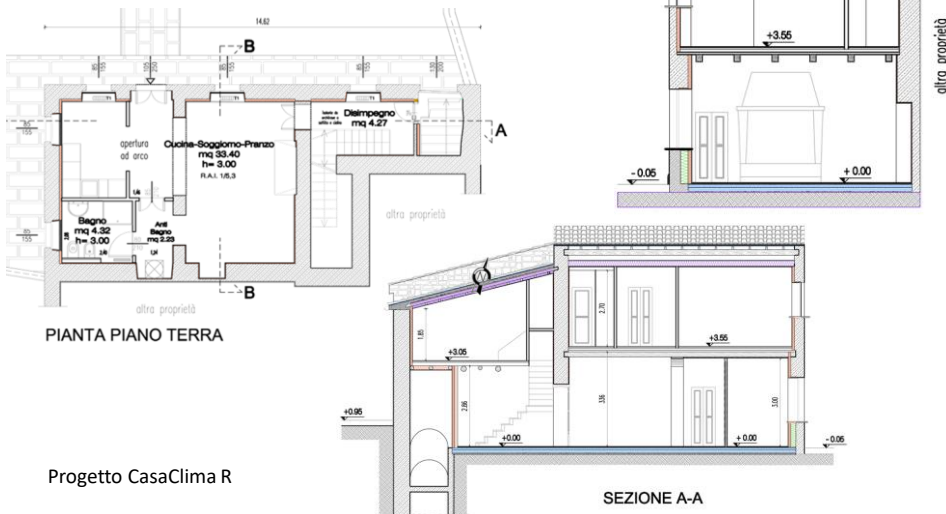


MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Edificio in pietra vincolato:
rinforzo strutturale ed isolamento dall'interno



Progetto CasaClima R

Organizzazione

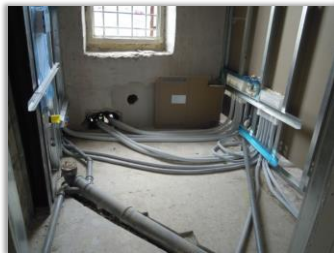


MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Pavimento piano terra



Organizzazione

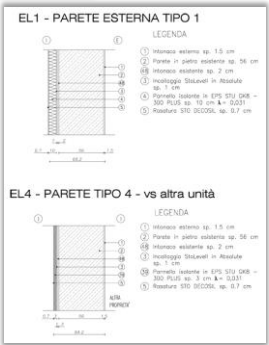


MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Isolamento pareti



Organizzazione

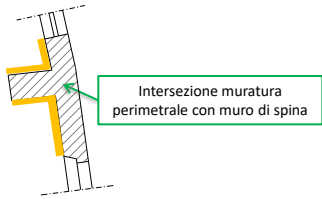


MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari

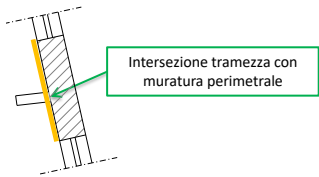


DETTAGLI IMPORTANTI
Sinergia tra strutturista e consulente energetico

In fase di progettazione dei dettagli è fondamentale fare “tesoro” di quanto appreso sulle modalità di comportamento degli edifici per non incorrere in errori grossolani che possano pregiudicare la staticità degli edifici.



Intersezione muratura perimetrale con muro di spina



Intersezione tramezza con muratura perimetrale



Organizzazione



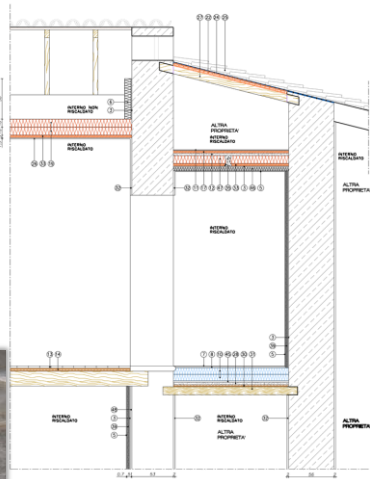
MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
Sottotetto e pianerotolo



DETTAGLIO 11
SOTTOTETTO E COPERTURA VANO SCALE
MURATURA PERIMETRALE OVEST



DETTAGLIO 12
SOLAIO PIANO PRIMO VANO SCALE
MURATURA PERIMETRALE OVEST

Organizzazione



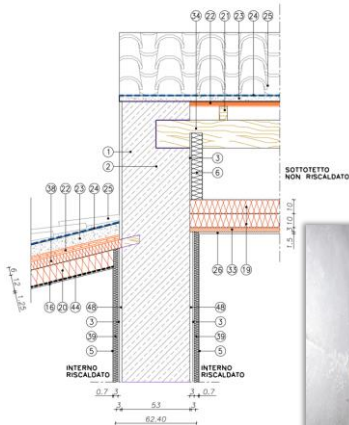
MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA
Copertura inclinata



DETTAGLIO 7
COPERTURA-SOLAIO SOTTOTETTO
COPERTURA RIPOSTIGLIO



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



SERRAMENTI



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



PORTA INGRESSO



Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI INTERVENTO



ANALISI
COSTI-BENEFICI

Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI COSTI-BENEFICI



CLASSIFICAZIONE	Pre-Intervento:	418 Kwh/(m²a)	Classe G
	Post-Intervento:	? Kwh/(m²a)	Classe ?

Classe CasaClima	Efficienza invernale involucro [kWh/m²a]	Efficienza complessiva [kg CO₂/m²a]	
Gold	10	9	
A	30	19	
B	50	34	
C	70	49	
D	90	64	
E	120	89	
F	160	119	
G	≥ 180	≥ 149	

Classe CasaClima	Efficienza invernale involucro [kWh/m²a]	Efficienza complessiva [kg CO₂/m²a]	
Gold	10	9	
A	30	19	
B	50	34	
C	70	49	
D	90	64	
E	120	89	
F	160	119	
G	≥ 180	≥ 149	



ANALISI COSTI-BENEFICI



Sostituzione di alcuni serramenti e nastratura

€ 4.300+ € 1.100



ANALISI COSTI-BENEFICI

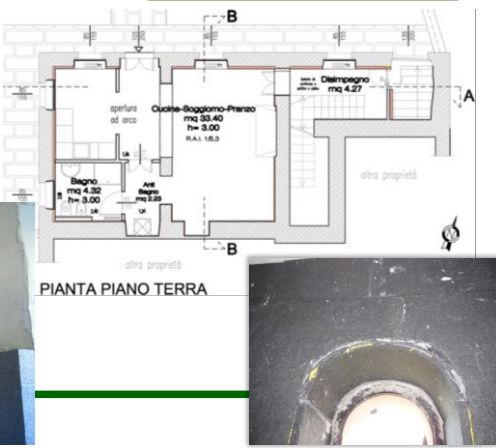


Isolamento pareti esterne



€ 5.600

da 418 Kwh/(m²a) a 294 Kwh/(m²a)



PIANTA PIANO TERRA

Organizzazione



ANALISI COSTI-BENEFICI



Isolamento pareti vs vicino



€ 4.650

da 294 Kwh/(m²a) a 292 Kwh/(m²a)



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI COSTI-BENEFICI

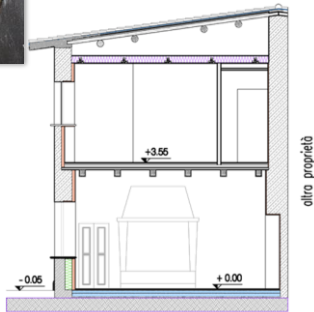


Isolamento controsoffitto e tetto



€ 3.180

da 292 Kwh/(m²a) a 153 Kwh/(m²a)



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



ANALISI COSTI-BENEFICI



Isolamento pavimento Piano Terra



€ 5.500

da 153 Kwh/(m²a) a 54 Kwh/(m²a)



Organizzazione



MRC CALLIARI
Ing. Roberto Calliari



Network

KlimaHaus

CasaClima[®]

Company	Number of Security Experts
Cisco	66
Palo Alto Networks	40
Fortinet	20

ANALISI COSTI-BENEFICI



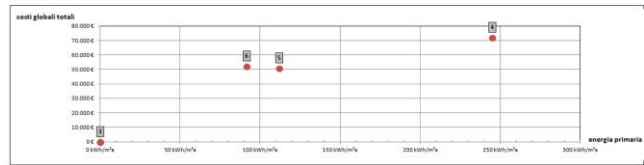
Costi – Benefici

SITUAZIONE/INTERVENTO	Consumo Kwh/m²a	Costo riscald. €/anno	Spesa interv. €	Risp. Annuo €/anno
Situazione esistente	418	5.800	--	
Isolamento pareti	292	4.088	10.250	1.800
Isolamento soffitti e tetto	153	2.142	3.180	3.660
Isolamento PT	54	756	5.500	5.000
VMC	34	518	5.000	

da 418 Kwh/(m²a)
a 37 Kwh/(m²a)

N.B.: Importi indicativi stimati

breve descrizione	fabbricato di riscaldamento - G _b	fabbricato di raffrescamento estivo - G _e (kW)	Emissioni di CO ₂	energia primaria	costi globali totali	Classe CasaClima
1 ^a Situazione	Situazione esistente pre intervento	435 kWh/m²a	-1 kWh/m²a	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!
2 ^a Situazione	Isolamento pareti esterne	294 kWh/m²a	0 kWh/m²a	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!
3 ^a Situazione	Isolamento pareti in vicino	292 kWh/m²a	0 kWh/m²a	#VALORE!	#VALORE!	#VALORE!
4 ^a Situazione	Isolamento controsoffitto, tetto inclinato, e soffitti in vicino	153 kWh/m²a	0 kWh/m²a	59 kgCO ₂ /m²a	245 kWh/m²a	72 315 €
5 ^a Situazione	Isolamento PT e pannellato in vicino	57 kWh/m²a	1 kWh/m²a	27 kgCO ₂ /m²a	112 kWh/m²a	68 964 €
6 ^a Situazione	VMC centralizzata con recupero	34 kWh/m²a	1 kWh/m²a	23 kgCO ₂ /m²a	91 kWh/m²a	62 452 €
7 ^a Situazione						
8 ^a Situazione						
9 ^a Situazione						



~€ 23.900

N.B.: soli costi di isolamento e/o efficientamento

Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari

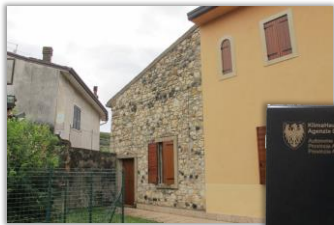


RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E SISMICA



PRIMA

DOPO



418 Kwh/(mq a)



37 Kwh/(mq a)
54 Kwh/(mq a)

Organizzazione



MRCALLIARI
Ing. Roberto Calliari





Tecnologie e Design di qualità – Verona 2022



**RIQUALIFICAZIONE
ENERGETICA E SISMICA
SONO COMPATIBILI?**

Grazie per l'attenzione



Sì
**se progettiamo con
attenzione integrando tutte
le competenze**

Ing. Roberto Calliari

roberto@mrcallari.it
MRC CALLIARI
ENGINEERING

