

SCUOLA ELEMENTARE “ANNA FRANK” – PREDAPPIO – FC- loc. Fiumana
ADEGUAMENTO STRUTTURALE SISMICO (O.C.D.P.C. del 19.06.2014 n. 171)



R.U.P.: ing. Stefano Fabbri – Comune di Predappio

Progetto architettonico: arch. Renato Casadei – libero professionista – Forlì

Progetto strutturale: ing. Stefano Girelli – libero professionista – Forlì

FINANZIAMENTI – ITER AUTORIZZATIVI

IMPORTO FINANZIATO: € **530116,00**

PROGRAMMA DI FINANZIAMENTO: *“art. 11 del d.l. 28.4.2009 convertito dalla legge n. 77 del 24.6.2009»* con **O.C.D.P.C.** su G.U. n. **145 del 25.6.2014**

IMPORTO TOTALE del FINANZIAMENTO: € 3188815,06

scuola media Luigi Graziani (corpo A e corpo B) di Bagnacavallo,
scuola media Giulio Cesare (corpo 2-3) di Savignano sul Rubicone,
scuola Media F. Zappi (corpo scuola) di Mercato Saraceno,
Scuola primaria Anna Frank di Predappio loc. Fiumana

PRE-REQUISITI

- accelerazione massima al suolo “ag” non inferiore a **0.125g.**;
- VERIFICA VULNERABILITA' SISMICA (eseguita nel 2012 con fattore di confidenza **FC = 1.35** (conoscenza limitata));

RISULTATO della VERIFICA

*“non vi è verifica nel 75% dei casi per SLV (stato limite di salvaguardia della vita) e non vi è verifica nel 37.5% dei casi per SLO (stato limite di operatività)”. I primi meccanismi di collasso globale sono stati riscontrati con tempo di ritorno di **444 anni** in direzione X e con tempo di ritorno di **207 anni** in direzione Y.*

APPENDICE ALLA "SCHEDE DI SINTESI DELLA VERIFICA SISMICA PER GLI EDIFICI STRATEGICI AI FINI DELLA PROTEZIONE CIVILE O RILEVANTI IN CASO DI COLLASSO A SEGUITO DI EVENTO SISMICO"
Versione Giugno 2009!

Scheda n° 1		Data	
Regione	Codice Istat	Completato edificio composto da	
Provincia	Codice Istat	Codice identificativo	
Città	Codice Istat	Frazione/Localtà	
Indirizzo			
Denominazione edificio			
Beneficiario finanziamento		Firma	
Codice Istat		Firma	
Tecnico incaricato		Firma	
Nome		Firma	
Cognome		Firma	

Descrizione		Estensione	
Localizzazione		Estensione	
Descrizione		Estensione	
Localizzazione		Estensione	
Descrizione		Estensione	
Localizzazione		Estensione	
Descrizione		Estensione	
Localizzazione		Estensione	
Descrizione		Estensione	
Localizzazione		Estensione	

Tipo di meccanismo	Combinazioni Statiche (SLU)			Combinazioni Sismiche (SLU)			
	1_slu	2_slu	3_slu	1_ssm	2_ssm	3_ssm	4_ssm
LC				1,35	1,35		
FC				1,35	1,35		
Metodo di analisi				Pushover statico	Pushover statico		
Estensione (%)							
Coefficiente sicurezza							
Pga [g]				0,157	0,264		
T ₁ [anni]				207	441		

Schede riassuntive della verifica di vulnerabilità del 2012

EDIFICIO TUTELATO (unico fra quelli ammessi a contributo) quindi:

PARERE FAVOREVOLE n. **5036 del 21.11.2016** della Soprintendenza Archeologica Belle Arti per le province di Ravenna, Forlì-Cesena e Rimini in cui *“... considerata la cogente normativa antisismica ed il livello di sicurezza sismica richiesto per la scuola..”* vengono accettate le proposte progettuali come da:

Autorizzazione Sismica (determina **18942 del 25.11.2016**) rilasciata dal Servizio Geologico, Sismico e dei suoli Direzione Generale cura del territorio e dell'ambiente della Regione Emilia-Romagna.

INQUADRAMENTO STORICO E DOCUMENTI

LAVORI: dal **1930** al **1932** COSTO: **447.000** lire delle quali **200.000** inviate direttamente dal capo del Governo e la restante parte finanziata dalla Cassa Depositi e Prestiti;

INDICAZIONI DI URGIA

N. 9 di recapito - Spese al telefonato - al ore

UFFICIO TELEGRAFICO

FORLÌ-PREF.

ROMA

DATA DELLA PRESENTAZIONE

1930

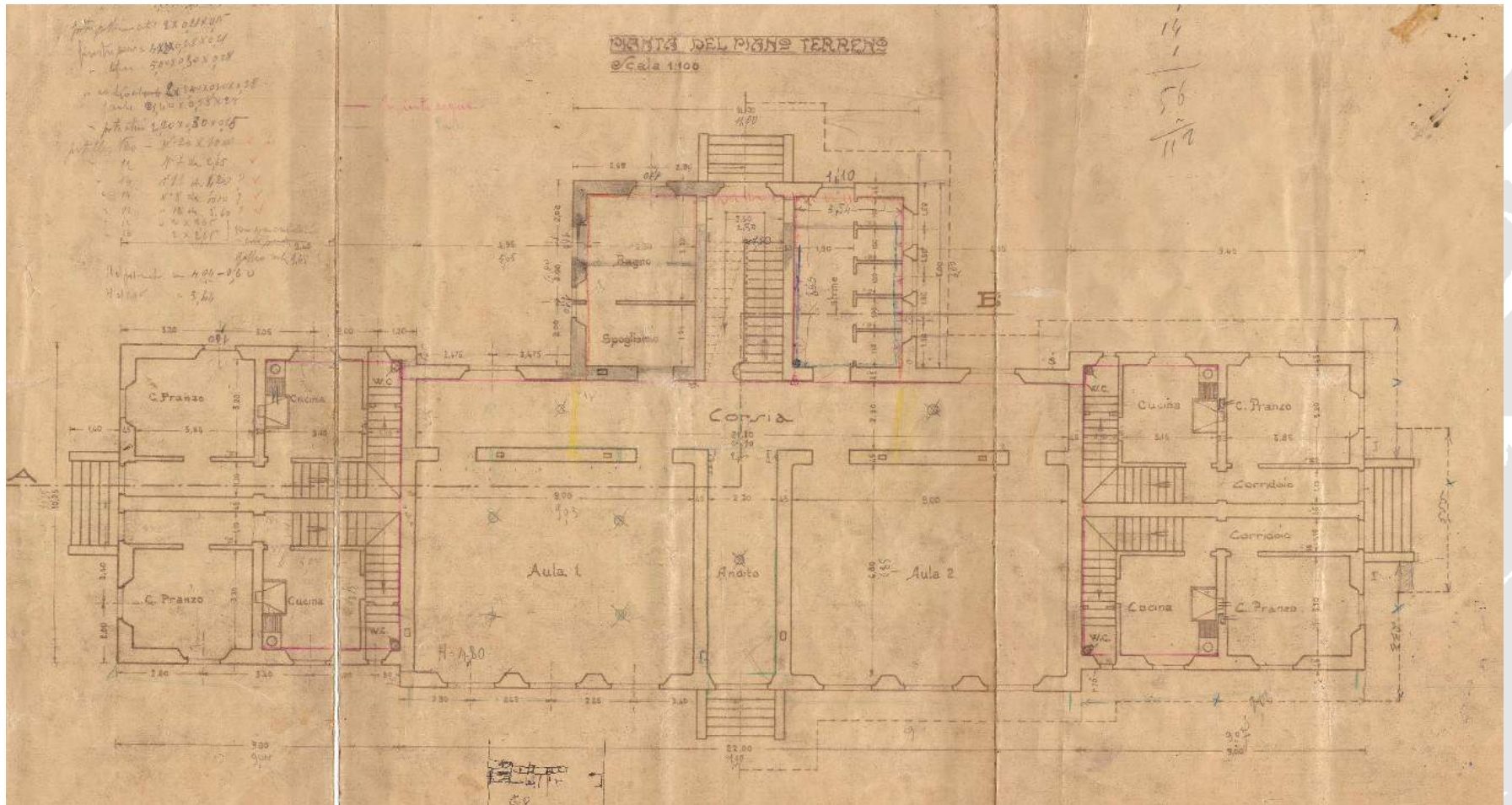
11-30

Il 28600 In settimana saranno mandate lire 200 mila quale contributo costruzione scuola umana i cui lavori possono quindi essere iniziati immediatamente stop Durante corso lavori sarà fatto tutto Cassa D.D. e P.P.

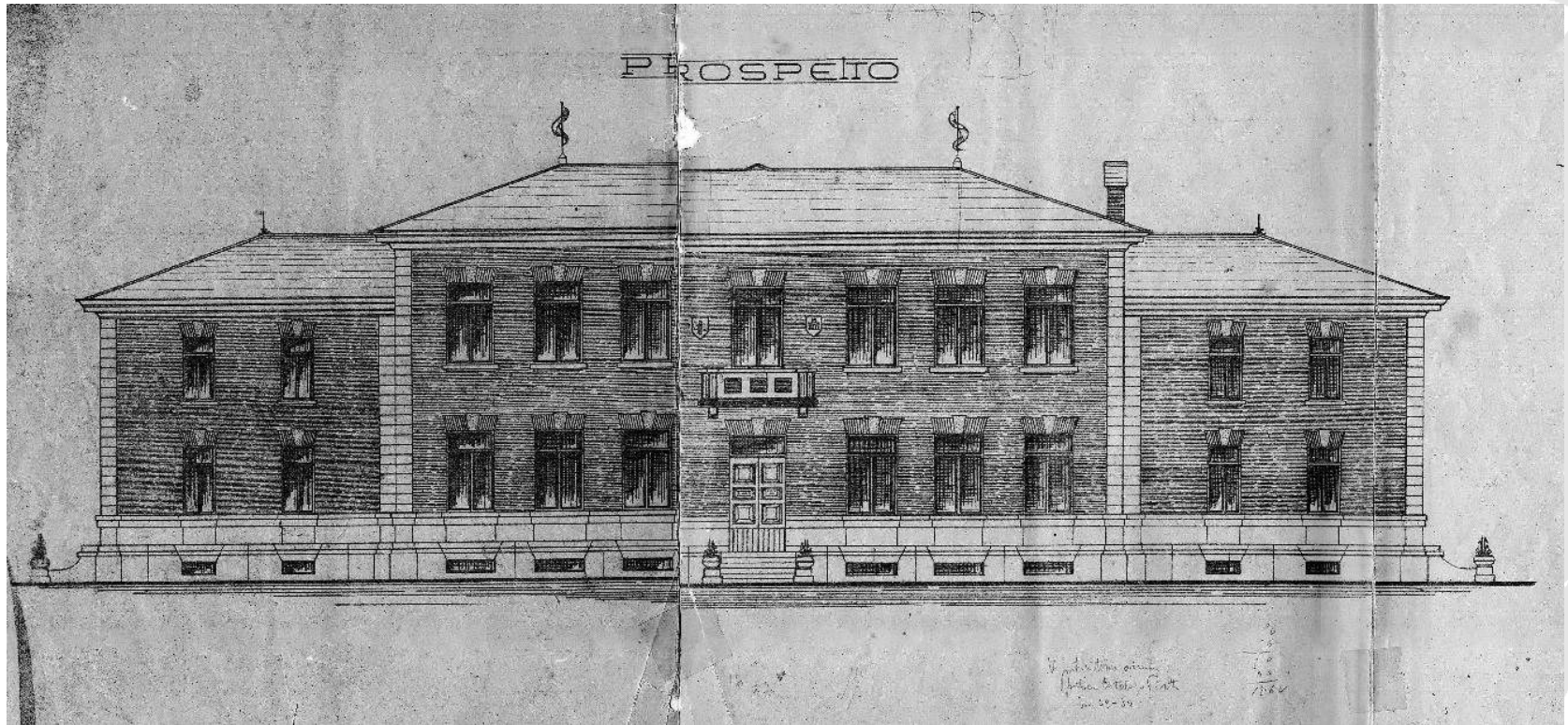
Mussolini.

Chi è concessionario della posta paga è al fa pagare mercè borseggiatori, che creano per qualcuno la somma solo 10 centesimi.

Dir. 138 - Tip. Pizzani e Sonno - Genova



PIANTA STORICA - archivio comune di Predappio



PROSPETTO PRINCIPALE – Archivio comune di Predappio

STRUTTURA ORIGINARIA:

PIANTA REGOLARE SIMMETRICA costituita da TRE CORPI ADERENTI

Corpo A centrale e principale composto da due volumi:

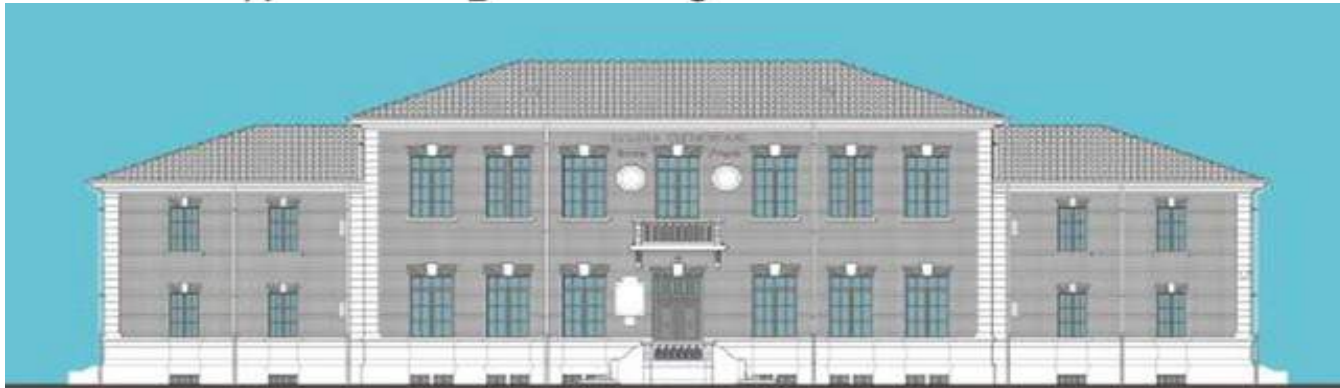
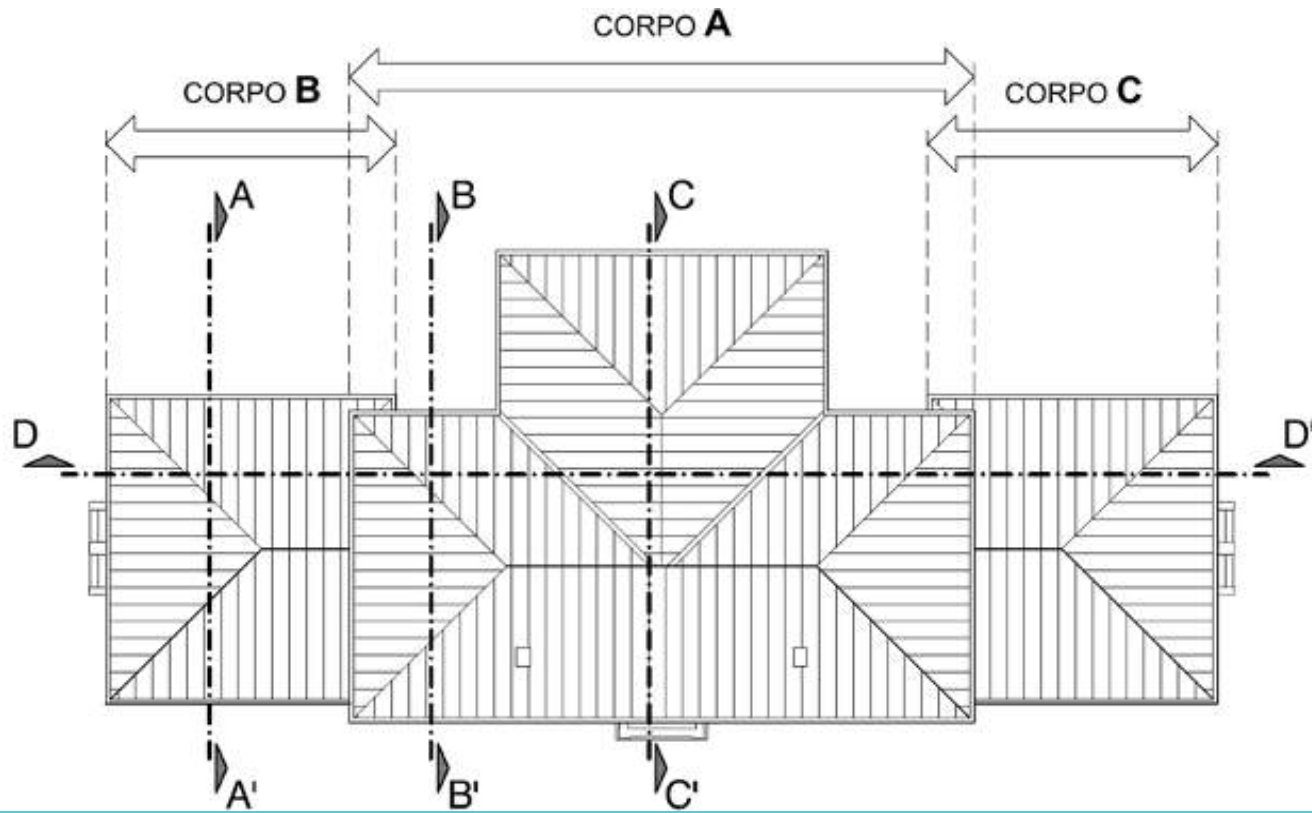
ANTERIORE: 22m x 10m su due livelli – terra e primo – in origine 2 aule al piano terra e 2 aule al piano primo

POSTERIORE: 11m x 6m su tre livelli – seminterrato terra e primo - con scale principali e servizi igienici

Corpo B e Corpo C sui fianchi del corpo principale: (in origine 4 alloggi per insegnanti) 9m x 10m su tre livelli – seminterrato terra e primo -

PROSPETTO con fronte TOTALE di 40m

SOTTOTETTO NON PRATICABILE esteso a tutto il fabbricato con intelaiatura lignea e cannucciato in gesso.

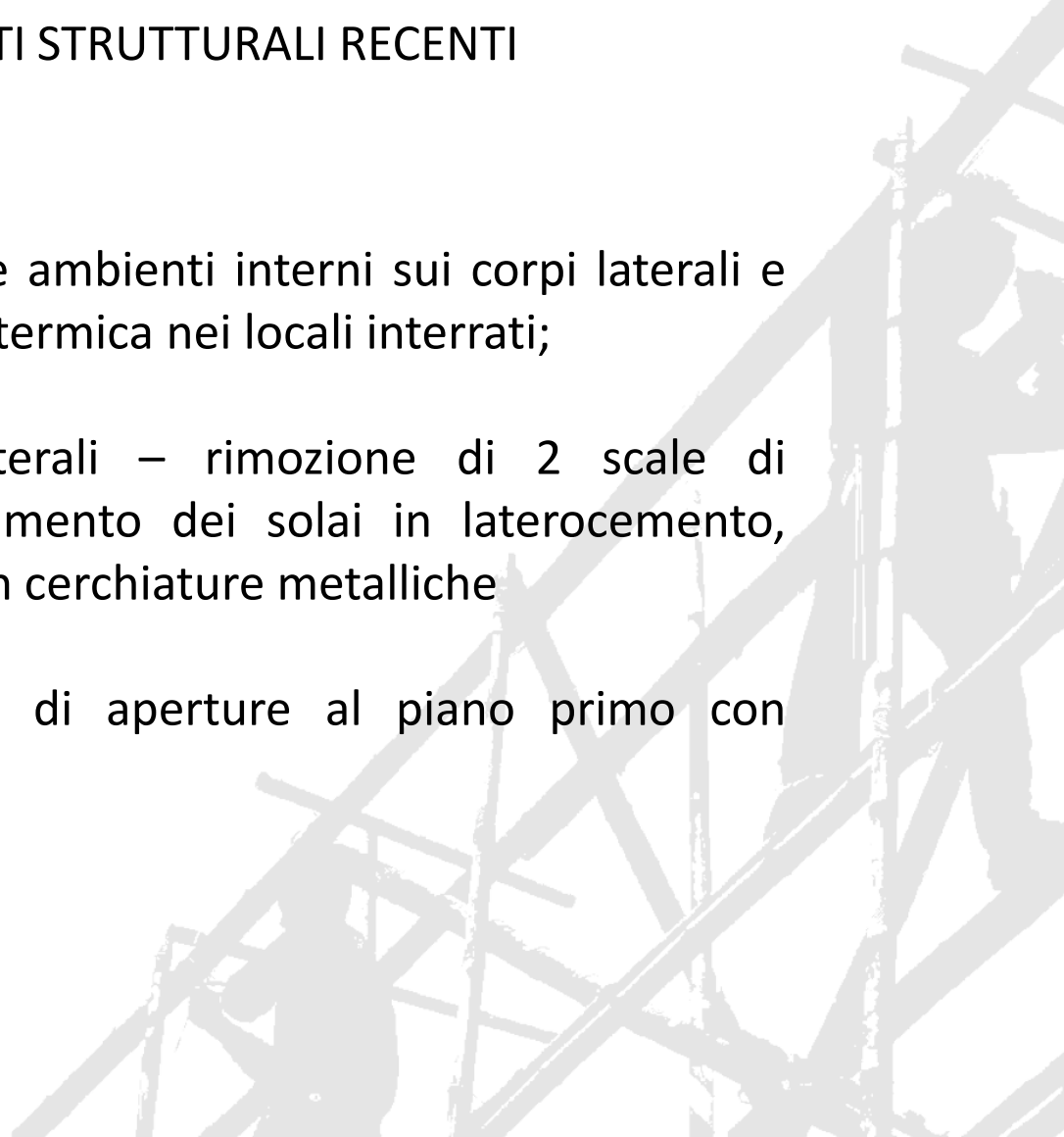


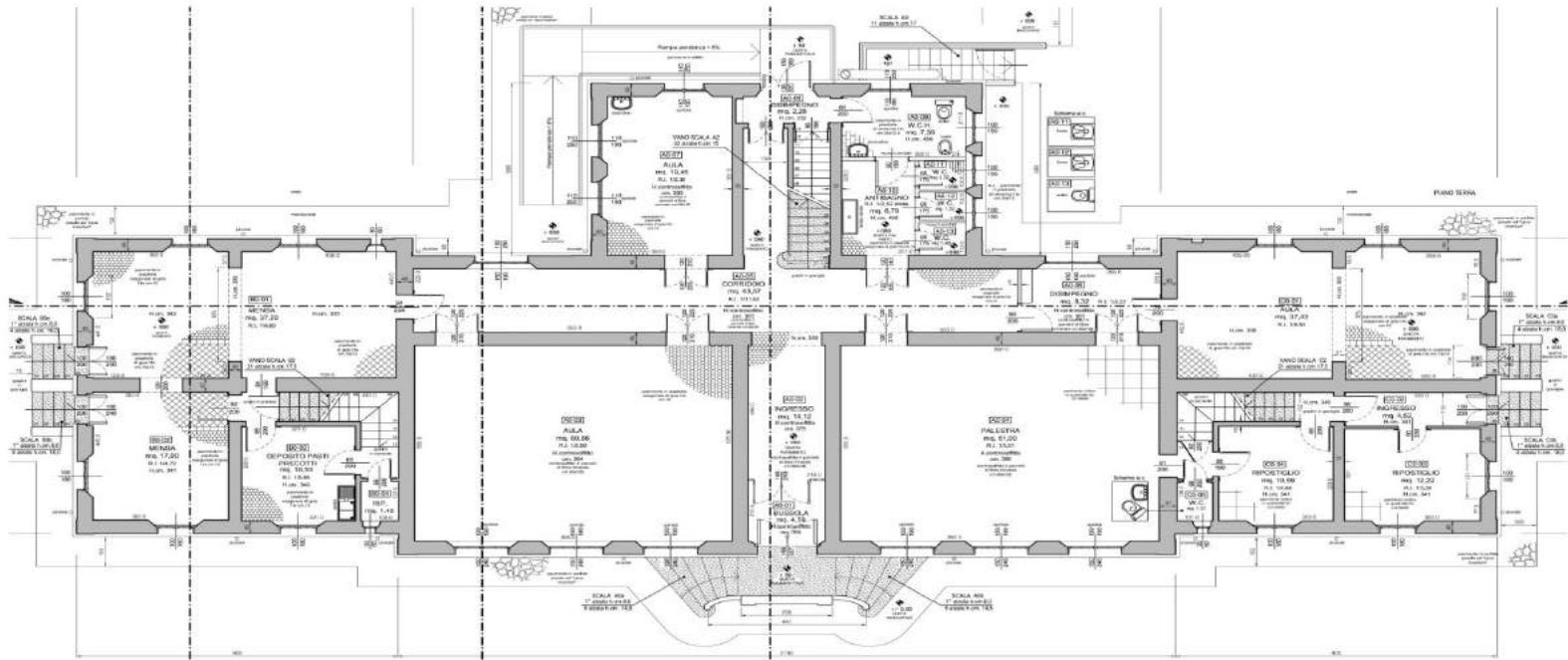
INTERVENTI STRUTTURALI RECENTI

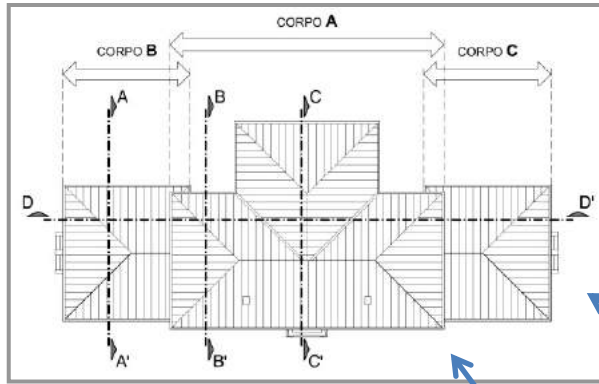
ANNI '80: redistribuzione ambienti interni sui corpi laterali e creazione della centrale termica nei locali interrati;

ANNO 2004: corpi laterali – rimozione di 2 scale di collegamento con rifacimento dei solai in laterocemento, creazione di passaggi con cerchiature metalliche

ANNO 2010: creazione di aperture al piano primo con cerchiature metalliche







Prospetto principale

Prospetto laterale

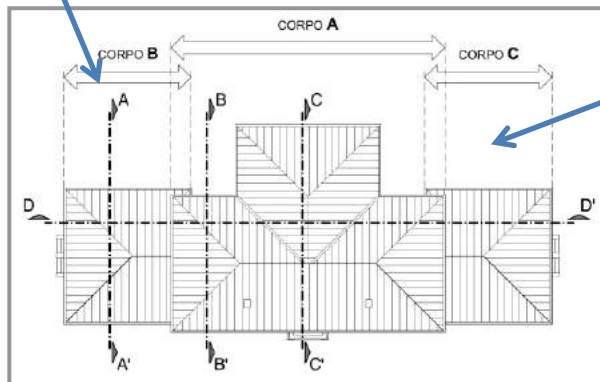




Prospetto posteriore principale e laterale



Prospetto posteriore – corpo laterale



STRUTTURA PORTANTE: MURATURA IN MATTONI PIENI DA 2 A 4 TESTE

Muratura a 4 teste: locali interrati;

Muratura a 3 teste: corpo principale a tutti i piani e corpi laterali al piano terra

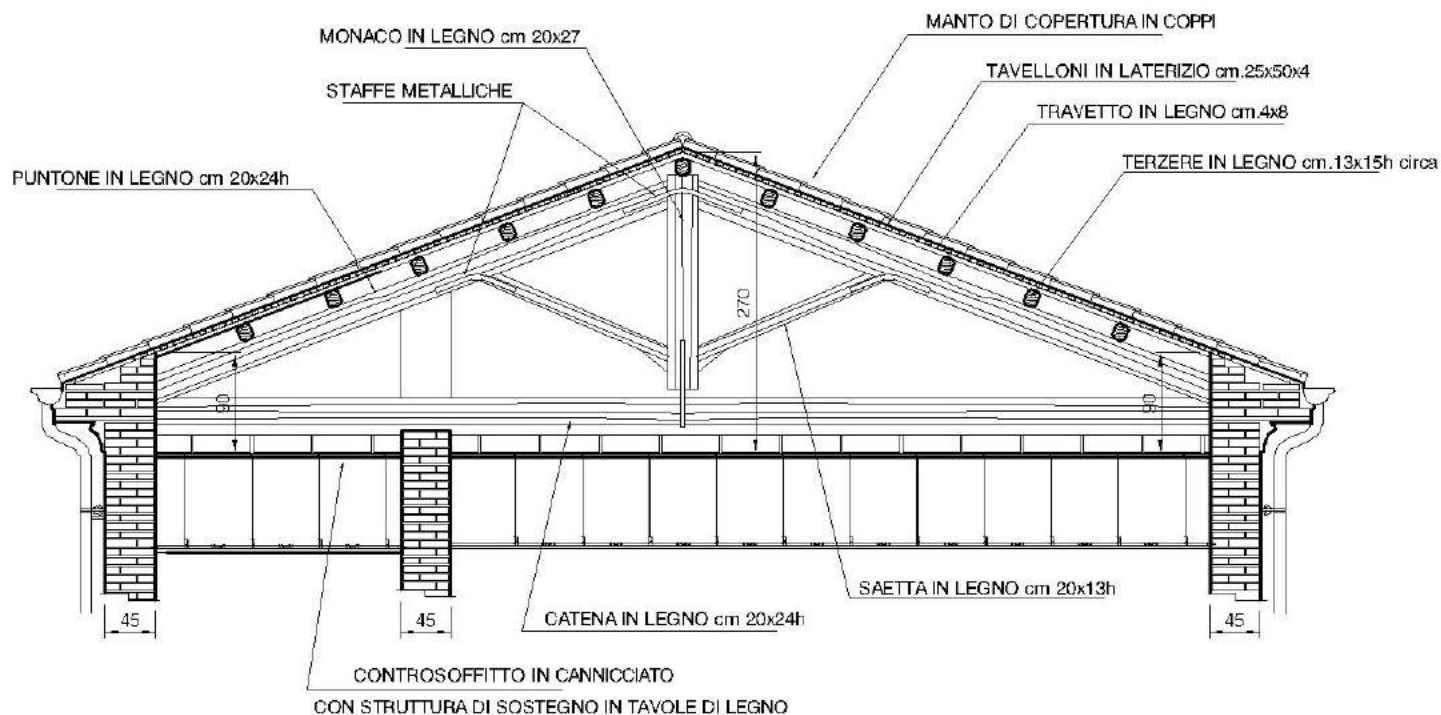
Muratura a 2 teste: corpi laterali al piano primo



STRUTTURA COPERTURA: TRAVI E CAPRIATE IN LEGNO con tavelloni in laterizio

SOFFITTO in CANNUCCIATO con struttura in tavole di legno “in coltello”

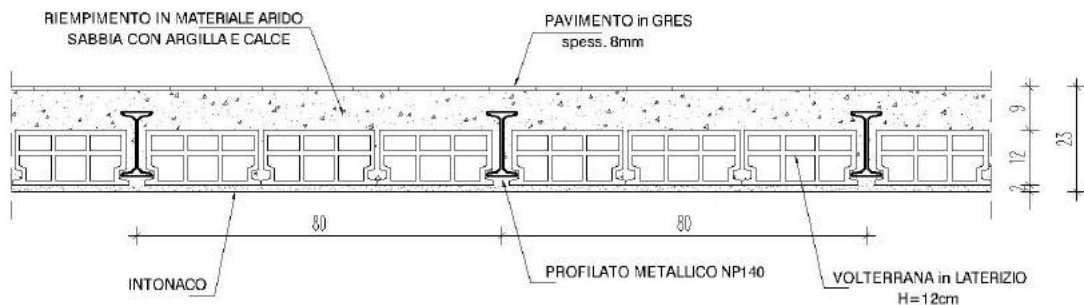
CAPRIATA IN LEGNO - COPERTURA CORPO CENTRALE
scala 1:50



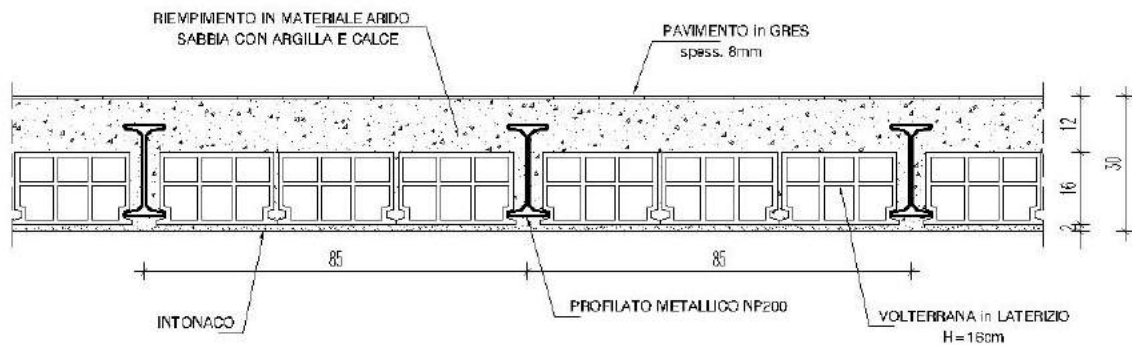


STRUTTURE ORIZZONTALI: SOLAI

PARTICOLARE SOLAIO tipo "1"
con profilati metallici NP140 e volterrane
scala 1:10



PARTICOLARE SOLAIO tipo "2"
con profilati metallici NP200 e volterrane
scala 1:10



INDAGINI PRELIMINARI – VULNERABILITA'

RILIEVO ARCHITETTONICO e STRUTTURALE:

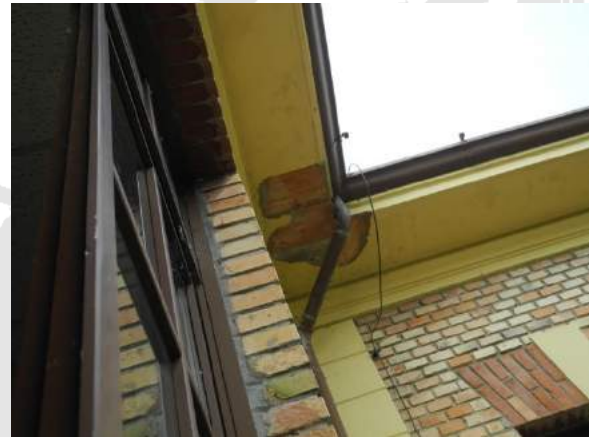
- sondaggi diffusi,
- indagini “ad occhio esperto” – manca di significative lesioni
- prove sui materiali,



FINITURA “FACCIA A VISTA» – **tessitura di testa**

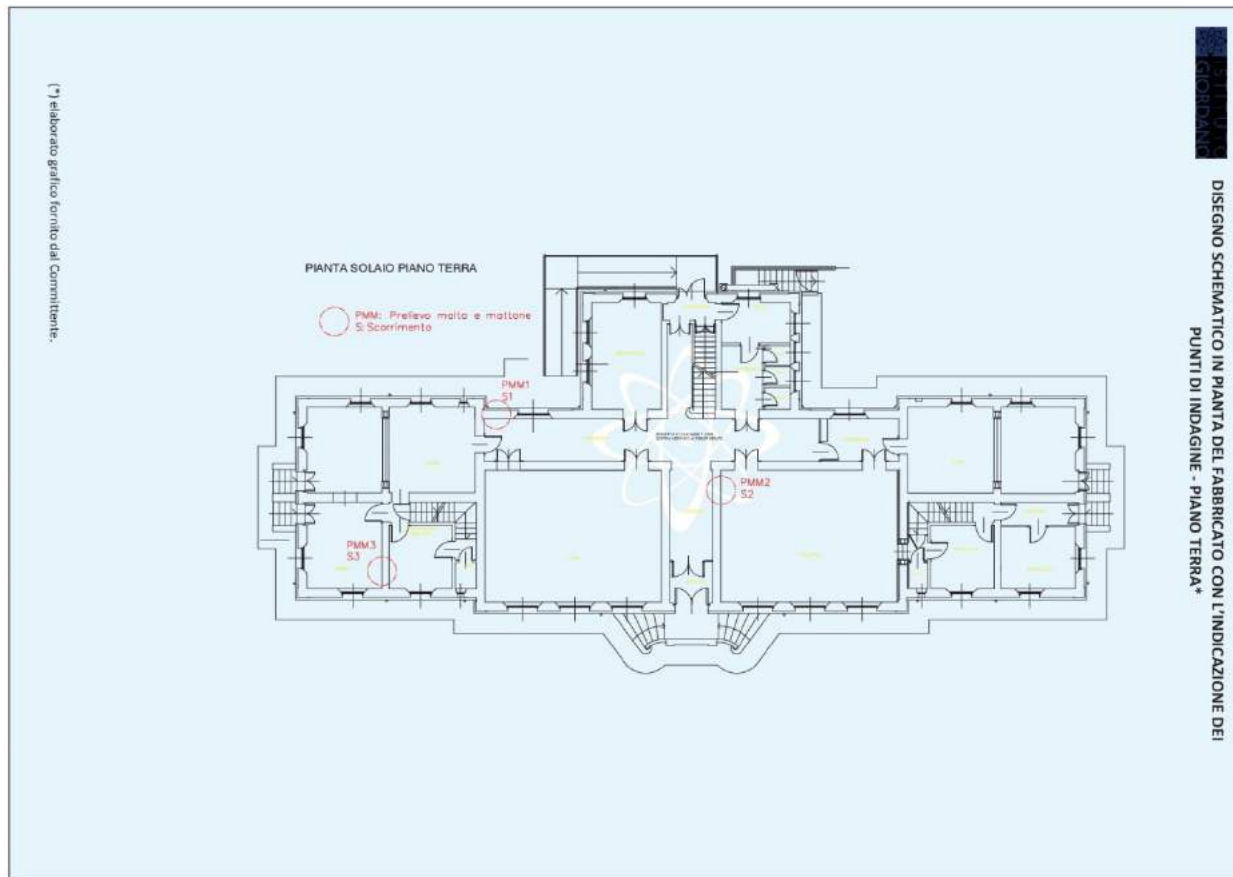


MURATURA A TRE TESTE



PROVE SULLA MURATURA:

n. 4 prove a scorrimento + 4 prove di rottura del mattone + prove a punzonamento su campioni di malta (n. 6 provini per ogni prova)



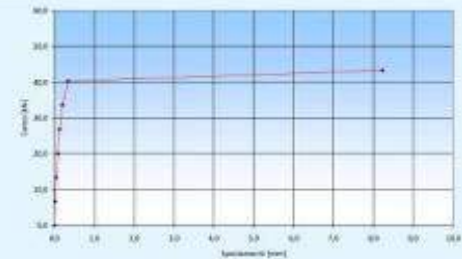


(Rapporto di prova n. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. del __/__/2011 segue - foglio n. 7 di 16.

Stima della resistenza allo scorrimento della muratura (taglio t) in presenza di carichi verticali.

Punto	Altezza della zona muraria in prova rispetto alla quota del pavimento	Spessore muratura	Dimensioni nominali dei mattoni A x B x H	Spessori medi dei giunti di malta		Presenza di malta sul retro	Superficie di scorrimento stimata	Carico totale medio di scorrimento	Carico unitario di scorrimento (taglio t)
				inferiori [mm]	superiori [mm]				
S1	83	450	283 x 131 x 60	15	22	NO	74146	43,30	0,58

Carico [kN]	Spostamento [mm]
0,00	0,000
6,70	0,013
13,40	0,043
20,11	0,086
26,83	0,133
33,55	0,200
40,28	0,345
43,30	8,223



Fotografia del punto di indagine S1.

LIVELLO DI CONOSCENZA: LC 2

FATTORE DI CONFIDENZA: FC = 1.2

MURATURE:

Resistenza a compressione: valore medio fra 240 e 400 N/cm²;

Resistenza a taglio: valore medio fra 6.0 e 9.2 N/cm²

Fattori correttivi:

Malta di buona qualità: coeff. 1.5;

Presenza di connessioni trasversali: coeff. 1.3

Le prove di laboratorio hanno fornito risultati migliori di quelli utilizzati

Tabella C8A.1.1 - Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori di fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore <u>minimo</u> di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore <u>medio</u> intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: <u>media</u> delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Indagini in situ esaustive		1.20
LC3	Rilevo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilevo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ estese ed esaustive	- caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove. Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 - caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 - caso a). - caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 - caso a).	Tutti	1.00

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, tessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte; f_m = resistenza media a compressione della muratura, τ_0 = resistenza media a taglio della muratura, E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura $\leq 40\%$)	800	32	5600	1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

RELAZIONE GEOLOGICA

Falda (permanente) a – 1.1 m dal p.c.

Pareti perimetrali dei locali interrati con evidenti segni di risalita capillare



Nome livello	Descrizione	Cu (kg/cmq)	C' (kg/cmq)	Phi' (°)	Gamma (t/mc)	Modulo Edometrico (kg/cmq)
Prevalenti argille e argille-limose molli	Argille e argille-limose, molli, probabile origine di riporto	0,3-0,4	≈ 0	18°	1,75	-
Prevalenti argille e argille-limose compatte	Argille e argille limose compatte, origine di riporto ben compattato, residuale o alluvionale	0,8-1,2	0,05	22°	1,80	55-60
Prevalenti ghiaie o ghiaie e sabbie	Corpi lenticolari di origine alluvionale in genere scarsamente addensati	-	-	37-40°	1,80	- (> 80)
Formazione delle Argille Azzurre (FAA)	Argille e argille limose estremamente compatte Formazione delle Argille Azzurre (FAA). Alterate nella parte sommitale del livello le caratteristiche meccaniche aumentano rapidamente con la profondità	> 2	≈ 0,5	23-24°	2,1-2,2	90 - 100

terreno in categoria “B”

“rocce tenere e terreni a grana grossa molto addensati”

categoria topografica è la tipo T1 con coefficiente unitario.

INTERVENTI STRUTTURALI

ADEGUAMENTO SISMICO (tutti coefficienti > 1 !!!!!!!!)

1-DIMINUZIONE DEI CARICHI

nuova copertura con tavolato in legno anziché tavelloni in laterizio

eliminazione del soffitto in legno/arelle

2-INTERVENTI SUI SOLAI

angolari metallici all'intradosso e catene e capichiave

cordoli in copertura (acciaio e c.a.)

3-INTERVENTI SULLE MURATURE

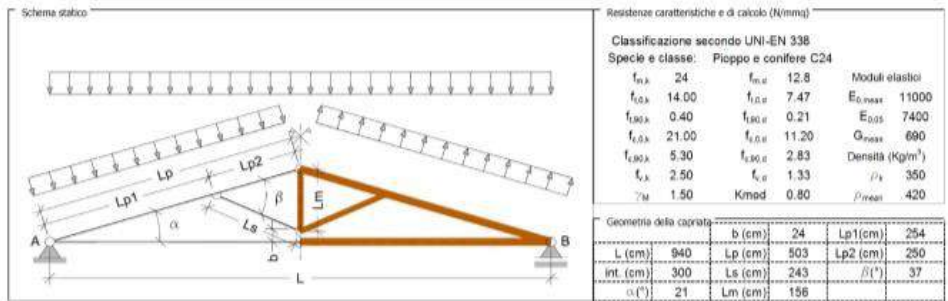
placcaggio di pareti con intonaco e rete in GFRP (taglio)

ristilatura prospetti con tondini in acciaio sigillati nelle fughe (taglio)

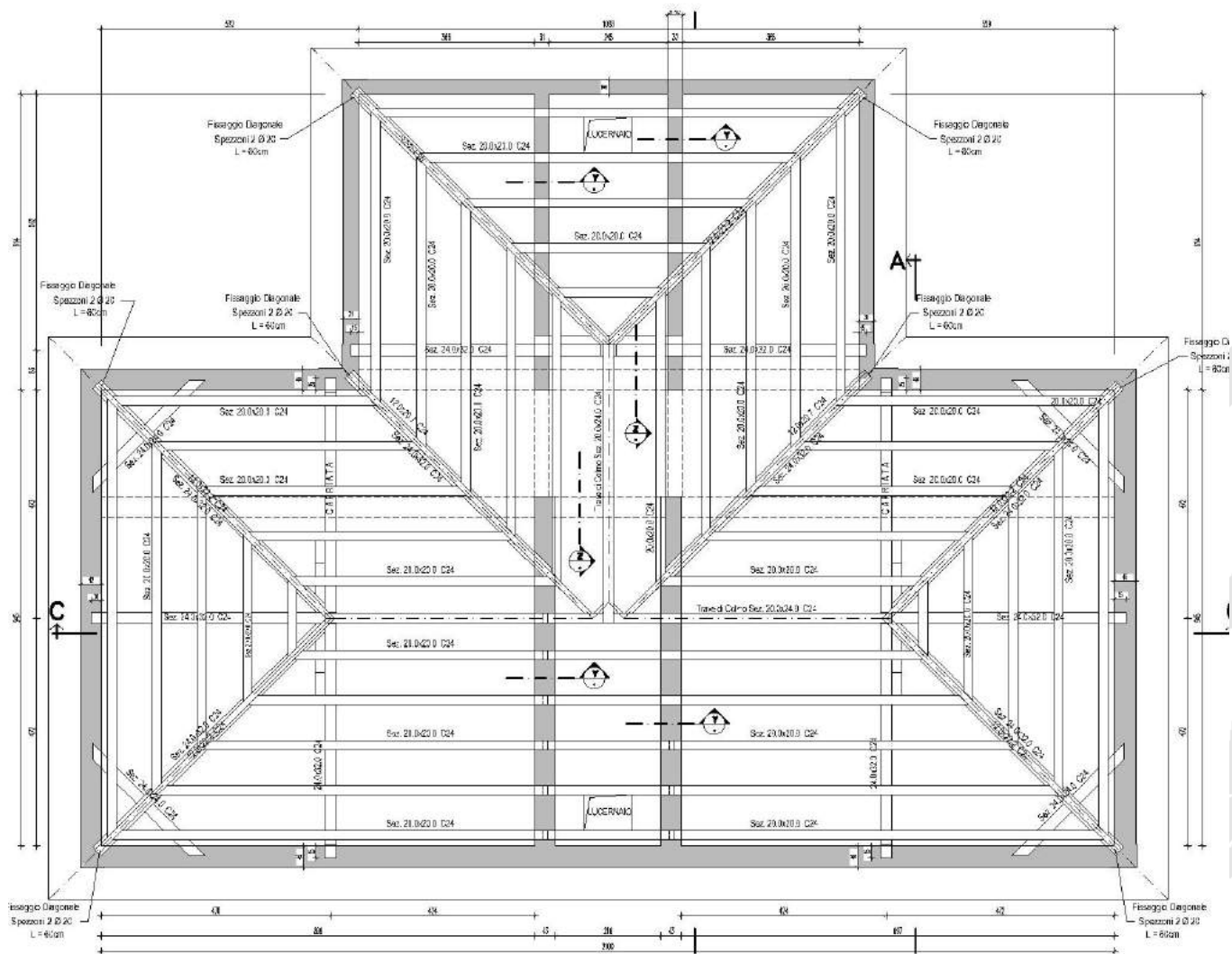
fascie verticali GFRP fissate con malta (pressoflessione)

NUOVA COPERTURA: travi in legno massello C24 e tavolato

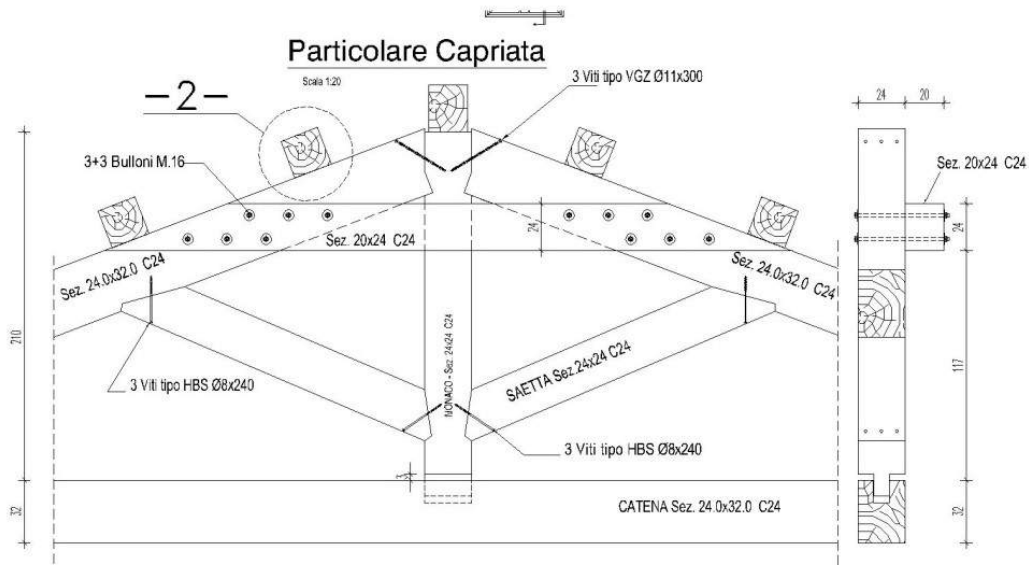
<input checked="" type="radio"/> Norma Europea UNI-EN 338 Pioppo e confiere C24		Specie legnosa Vecchia nomenclatura e note Classe di resistenza Proprietà di resistenza in N/mm ²									
<input type="radio"/> Norma Italiana UNI 11035 Lamellare omogeneo GL24h		Pioppo e confiere bassa media buona C14 C16 C18 C22 C24 C27 C30 C35 C40									
Classificazione secondo UNI-EN 338 Specie: Pioppo e confiere C24		Flessione $f_{m,k}$ 14 16 18 22 24 27 30 35 40 Trazione parallela alla fibratura $f_{t,0,k}$ 8 10 11 13 14 16 18 21 24 Trazione ortogonale alla fibratura $f_{t,90,k}$ 0.30 0.30 0.30 0.30 0.40 0.40 0.40 0.40 0.40 Compressione parallela alla fibratura $f_{c,0,k}$ 16 17 18 20 21 22 23 25 26 Compressione ortogonale alla fibratura $f_{c,90,k}$ 4.3 4.6 4.8 5.1 5.3 5.6 5.7 6.0 6.3 Taglio $f_{v,k}$ 1.7 1.8 2.0 2.4 2.5 2.8 3.0 3.4 3.8									
Moduli elastici $E_{0,mean}$ 11000 $E_{0,05}$ 7400 G_{mean} 690		Proprietà di rigidità in N/mm ² Modulo elastico medio parallelo alla fibratura $E_{0,mean}$ 7000 8000 9000 10000 11000 12000 13000 14000 Modulo elastico caratteristico $E_{0,05}$ 4700 5400 6000 6700 7400 7700 8000 8700 9400 Modulo di taglio medio G_{mean} 440 500 560 630 690 750 750 810 880									
Densità (Kg/m ³) ρ_k 350 ρ_{mean} 420		Massa volumica in Kg/m ³ Massa volumica ρ_k 290 310 320 340 350 370 380 400 420 Massa volumica media ρ_{mean} 350 370 380 410 420 450 460 480 500									
Tavolato (se presente) γ_M 1.50 K_{mod} 0.80											
Ok											



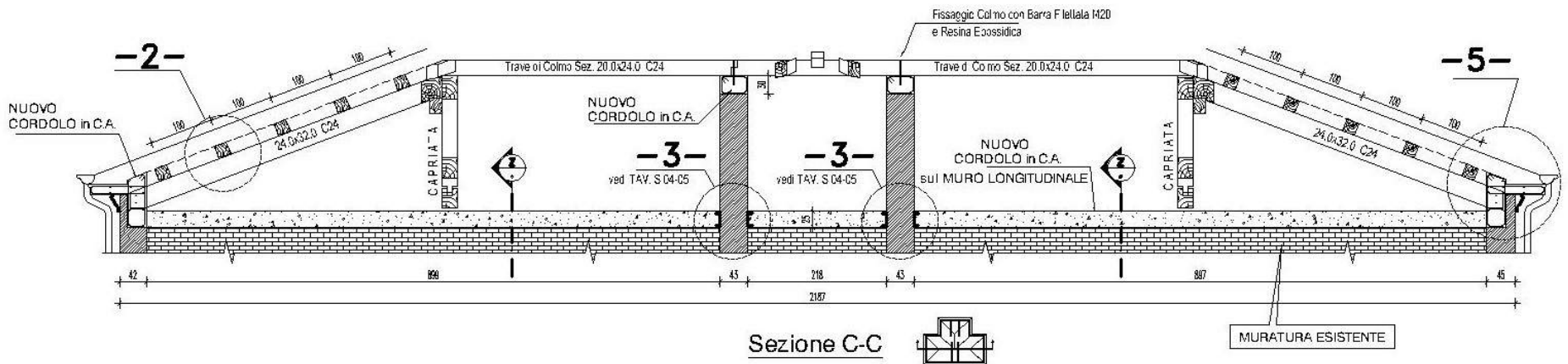
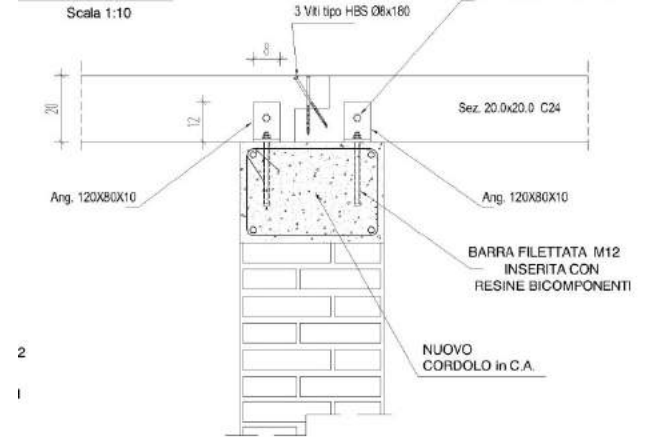
Verifiche di resistenza (SU) Puntoni $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = 0.27$ $f_{v,d} = 0.34$ Catena $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = 0.24$ Saette $\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{int,0} \cdot f_{c,0,d}} = 0.13$ Monaco $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = 0.08$ Appoggio $\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}} = 0.40$ Lapp (cm) 25		Caratteristiche geometriche e meccaniche delle membrature																																				
Sollecitazioni (KN - m) CC1 -138.17 +11.06 CC5 -148.31 -12.86		<table border="1"> <tr> <th>B (cm)</th> <th>H (cm)</th> <th>A (cm²)</th> <th>Jy (cm⁴)</th> <th>Jz (cm⁴)</th> <th>Wy (cm³)</th> <th>Wz (cm³)</th> </tr> <tr> <td>24.0</td> <td>32.0</td> <td>768</td> <td>65536</td> <td>38864</td> <td>4096</td> <td>3072</td> </tr> <tr> <td>24.0</td> <td>576</td> <td>27648</td> <td>27648</td> <td>2304</td> <td>2304</td> <td>2304</td> </tr> <tr> <td>24.0</td> <td>24.0</td> <td>576</td> <td>27648</td> <td>27648</td> <td>2304</td> <td>2304</td> </tr> <tr> <td>24.0</td> <td>32.0</td> <td>768</td> <td>65536</td> <td>38864</td> <td>4096</td> <td>3072</td> </tr> </table>		B (cm)	H (cm)	A (cm ²)	Jy (cm ⁴)	Jz (cm ⁴)	Wy (cm ³)	Wz (cm ³)	24.0	32.0	768	65536	38864	4096	3072	24.0	576	27648	27648	2304	2304	2304	24.0	24.0	576	27648	27648	2304	2304	24.0	32.0	768	65536	38864	4096	3072
B (cm)	H (cm)	A (cm ²)	Jy (cm ⁴)	Jz (cm ⁴)	Wy (cm ³)	Wz (cm ³)																																
24.0	32.0	768	65536	38864	4096	3072																																
24.0	576	27648	27648	2304	2304	2304																																
24.0	24.0	576	27648	27648	2304	2304																																
24.0	32.0	768	65536	38864	4096	3072																																
<table border="1"> <tr> <th></th> <th>Puntoni</th> <th>Catena</th> <th>Saette</th> <th>Monaco</th> </tr> <tr> <th>Nmax</th> <td>139.63</td> <td>129.63</td> <td>65.02</td> <td>35.84</td> </tr> <tr> <th>Mmax</th> <td>-148.31</td> <td>-12.86</td> <td>140.38</td> <td>-75.61</td> </tr> </table>			Puntoni	Catena	Saette	Monaco	Nmax	139.63	129.63	65.02	35.84	Mmax	-148.31	-12.86	140.38	-75.61	Schema geometrico (fuori scala)																					
	Puntoni	Catena	Saette	Monaco																																		
Nmax	139.63	129.63	65.02	35.84																																		
Mmax	-148.31	-12.86	140.38	-75.61																																		

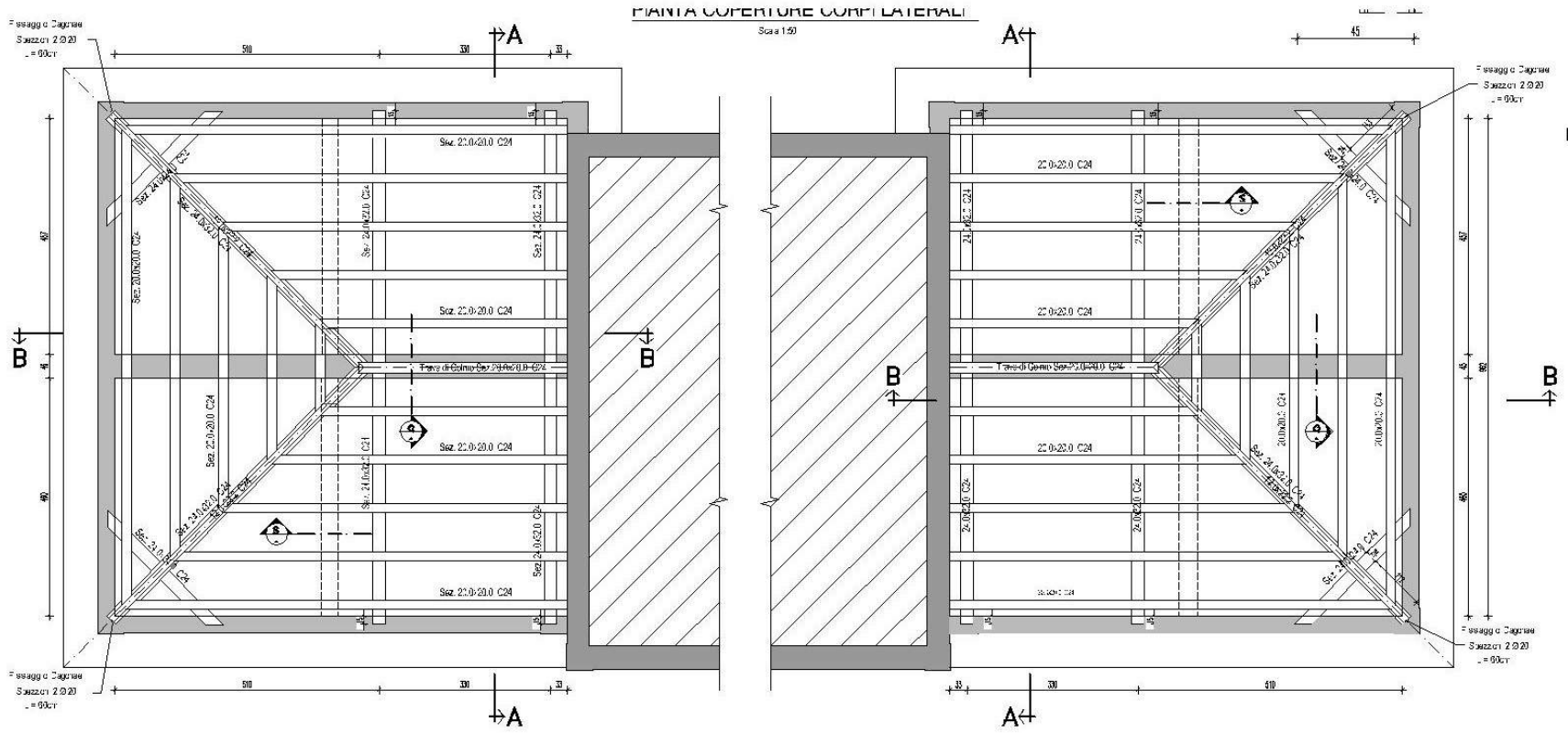


NUOVA COPERTURA-CORPO CENTRALE



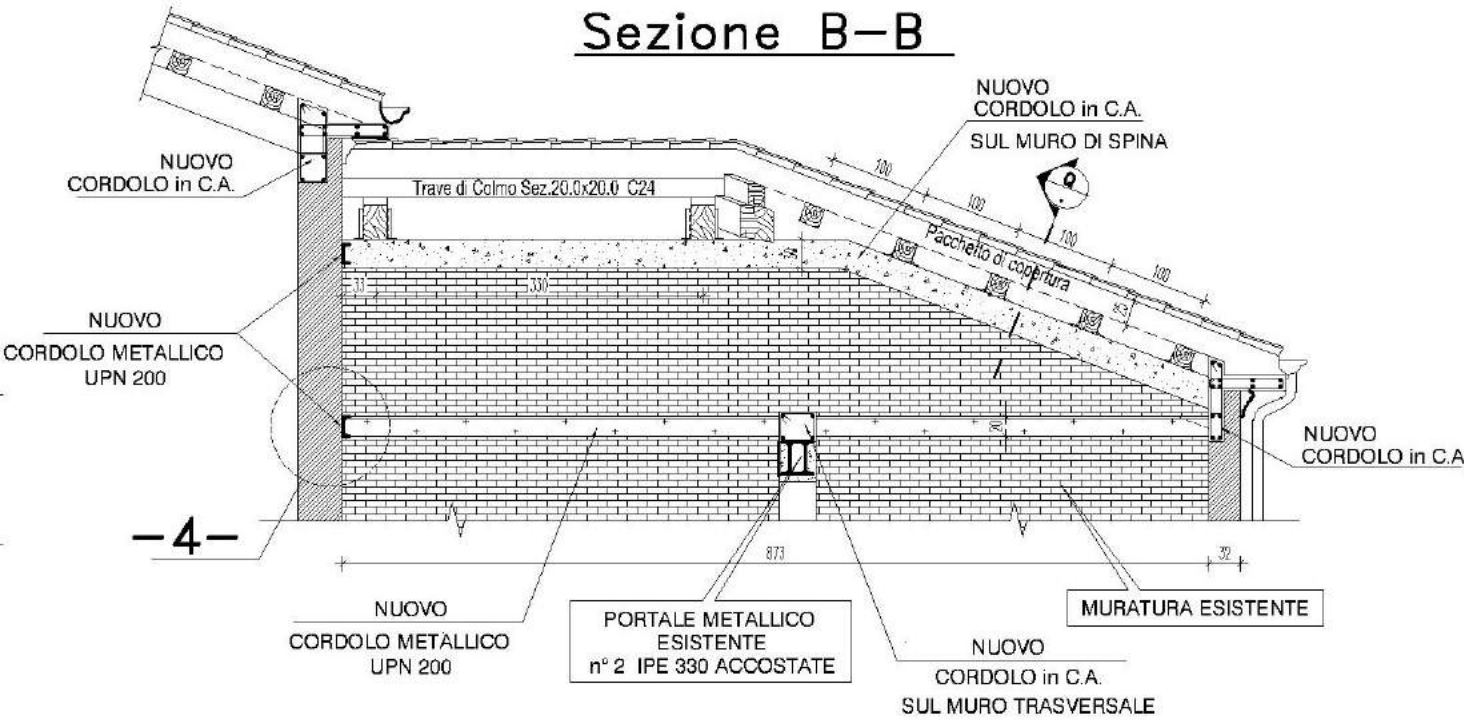
Particolare -7-





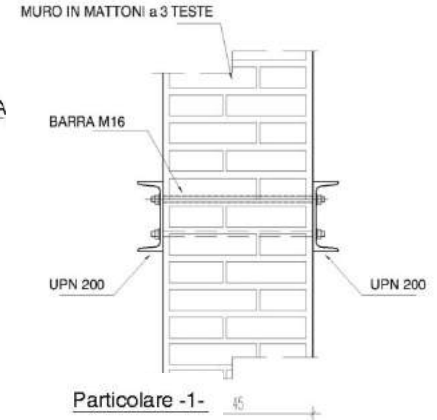
COPERTURA CORPI LATERALI

Sezione B-B

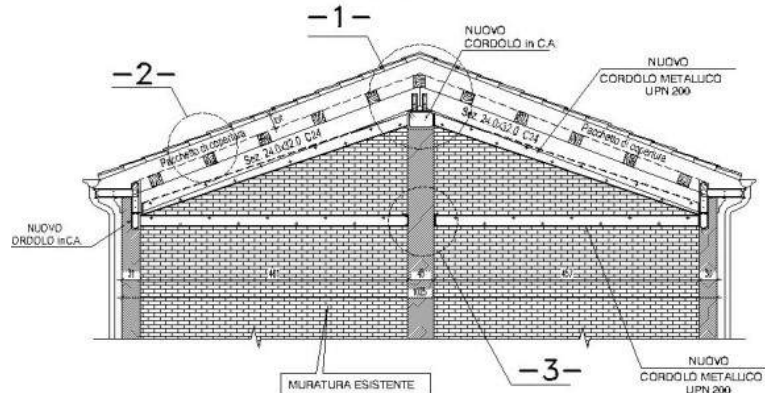


Particolare -3-

Scala 1:10

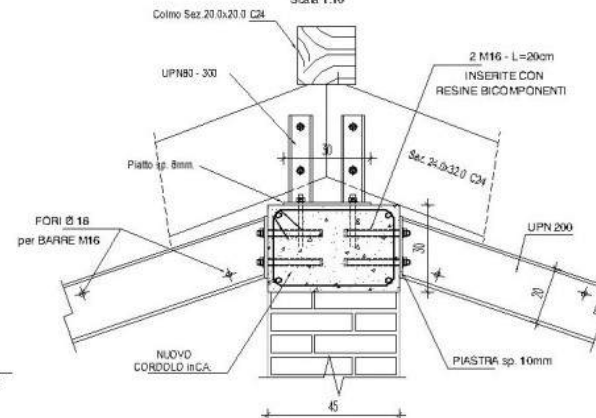


Sezione A-A



Sezione

Scala 1:10



SOLAI DI PIANO

VERIFICA RESISTENZA E DEFORMABILITA' SOLAI ESISTENTI: **OK con FC = 1.2**

Momento sollecitante: $M_{sd} = (1.3 \times 322 + 1.5 \times 255) \times 72 / 10 = 3925.39 \text{ kgm} [39.25 \text{ kNm}]$

Momento resistente: $M_{rd} = 235 \times 214 / 1.05 \times 1000 \times 1.2 = 39.9 \text{ kNm}$

$\mu_{fl} = 39.25 / 39.9 = 0.983 < 1$

$f_{amm} = L / 250 = 700 / 250 = 2.8 \text{ cm}; f = 3 \times 5.77 \times 700^4 / 384 \times 21000000 \times 2140 = 2.4 \text{ cm} < f_{amm}$

**NON SI PREVEDONO RINFORZI STRUTTURALI DEI SOLAI
IN QUANTO IDONEI ALLA FUNZIONE**

ANALISI MECCANISMI LOCALI

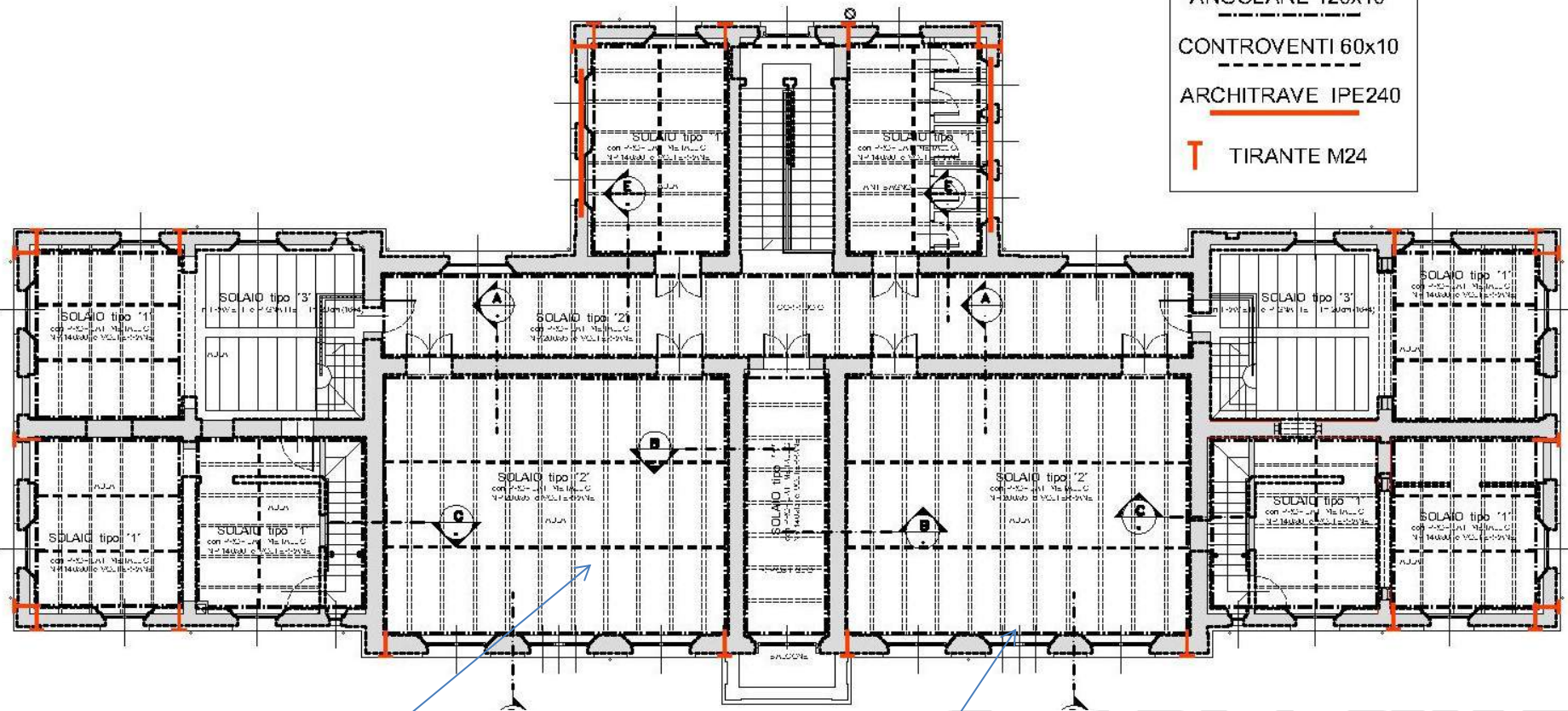
Si inseriscono cordoli/tiranti metallici perimetrali all'intradosso delle travi di solaio = CATENE con capichiave

RISOLUZIONE MECCANISMI LOCALI:

- RIBALTAMENTO SEMPLICE
- FLESSIONE SU CERNIERA OBLIQUA
- FLESSIONE DI PARETE VINCOLATA AI BORDI

PIANTA SOLAIO PIANO PRIMO

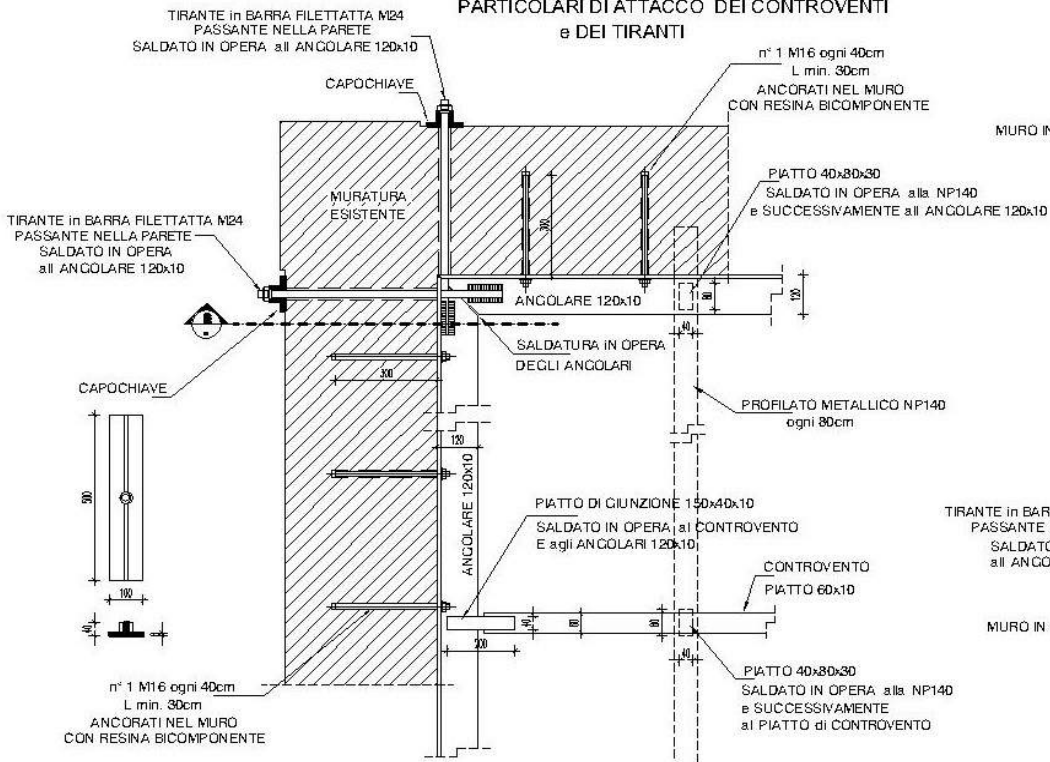
LEGENDA :
ANGOLARE 120x10
CONTROVENTI 60x10
ARCHITRAVE IPE240
TIRANTE M24



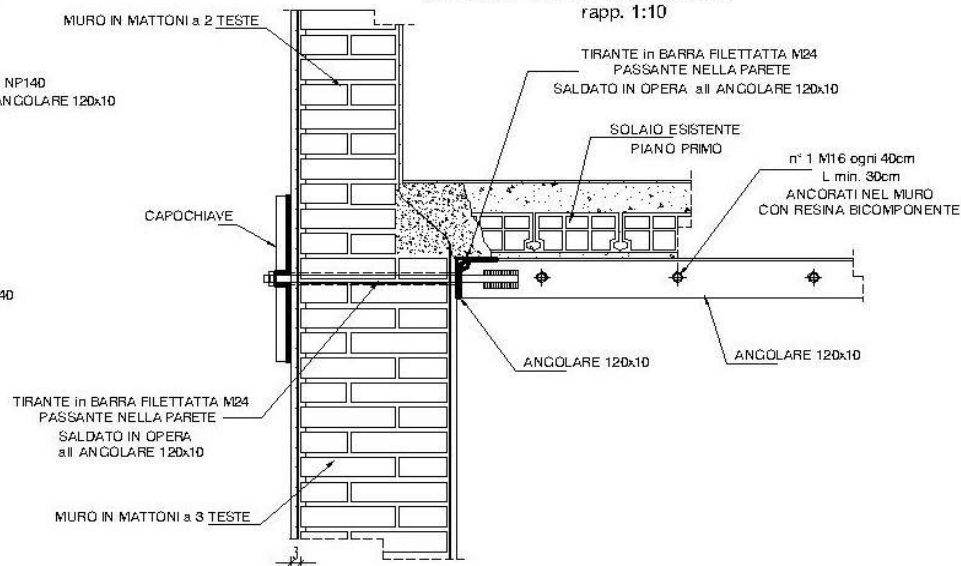
Controventi piatti 60 x 10

Angolari 120 x 10

**PARTICOLARI DI ATTACCO DEI CONTROVENTI
e DEI TIRANTI**

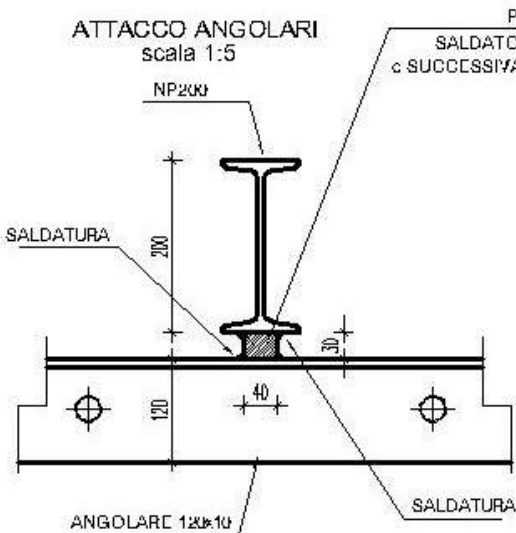


**SEZIONE "S" - MURO PERIMETRALE
in CORRISPONDENZA DEI TIRANTI**
rapp. 1:10

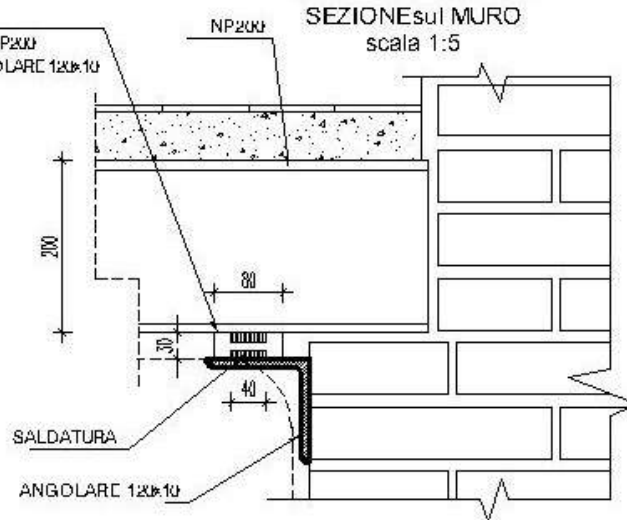


PARTICOLARI RINFORZO DEL SOLAIO tipo "2"

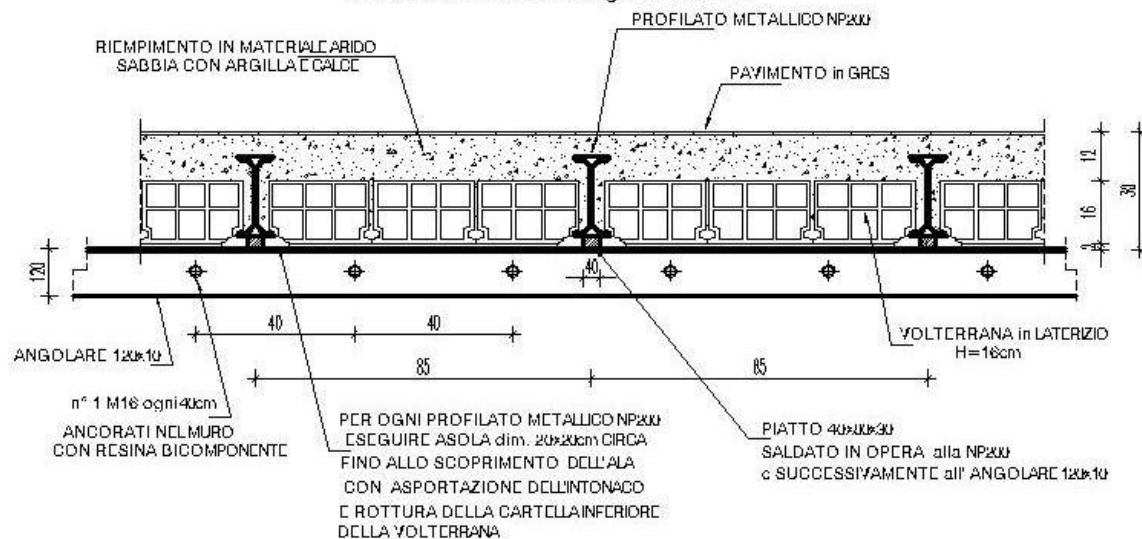
ATTACCO ANGOLARI
scala 1:5



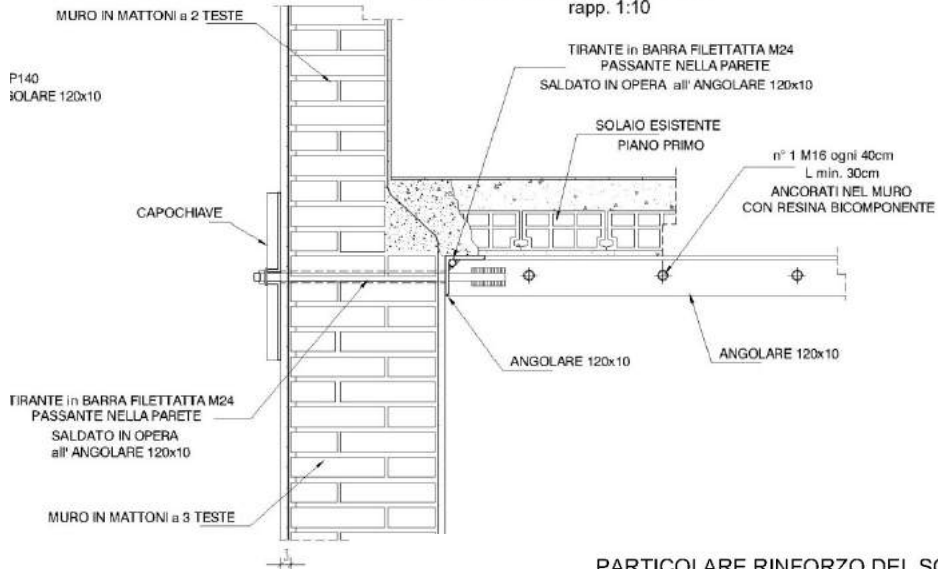
ATTACCO ANGOLARI
SEZIONE sul MURO
scala 1:5



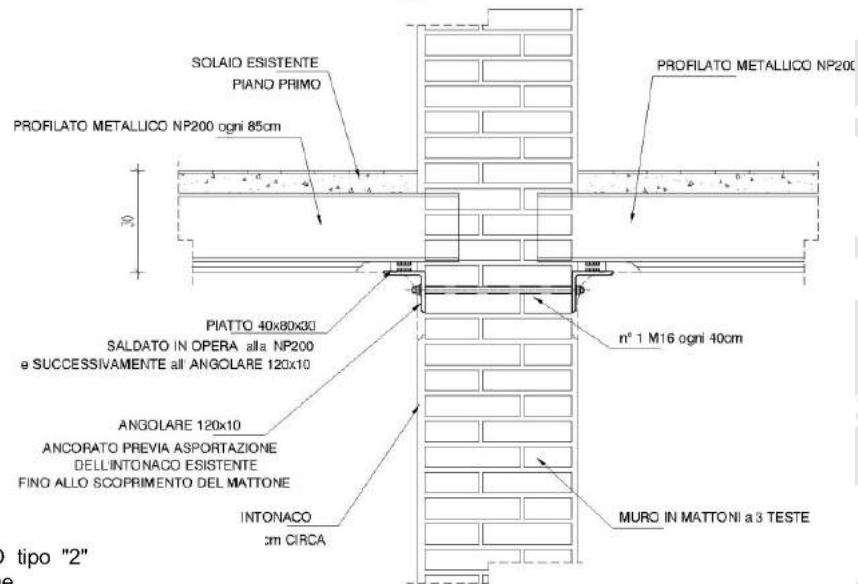
PARTICOLARE RINFORZO DEL SOLAIO tipo "2"
con profilati metallici NP200 e volterrane
SEZIONE TRASVERSALE scala 1:10
in CORRISPONDENZA degli ANGOLARI



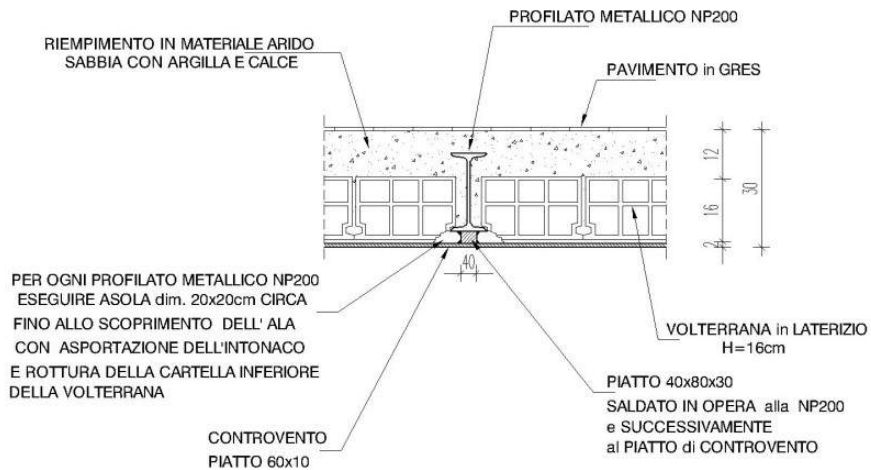
SEZIONE "S" - MURO PERIMETRALE
in CORRISPONDENZA DEI TIRANTI
rapp. 1:10



SEZIONE "A" - MURO DI SPINA
rapp. 1:10



PARTICOLARE RINFORZO DEL SOLAIO tipo "2"
con profilati metallici NP200 e volterrane
SEZIONE TRASVERSALE scala 1:10
IN CORRISPONDENZA dei CONTROVENTI

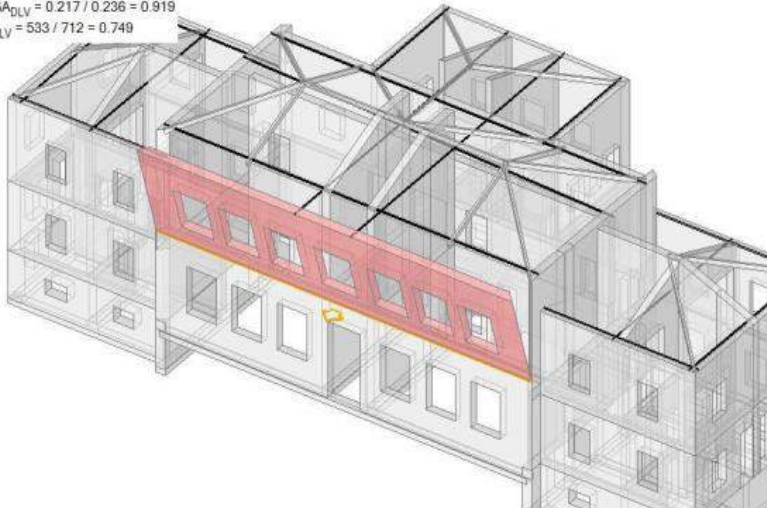


01. Cinematismo

Ribalamento semplice

$\alpha_0 = 0.173$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.217 / 0.236 = 0.919$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 533 / 712 = 0.749$

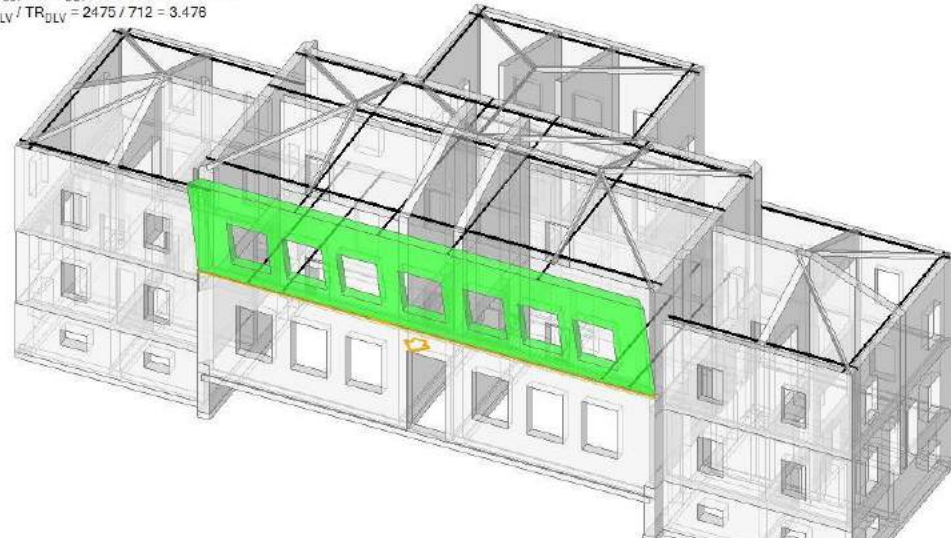


04. Cinematismo

Ribalamento semplice

$\alpha_0 = 0.337$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.338 / 0.236 = 1.432$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$

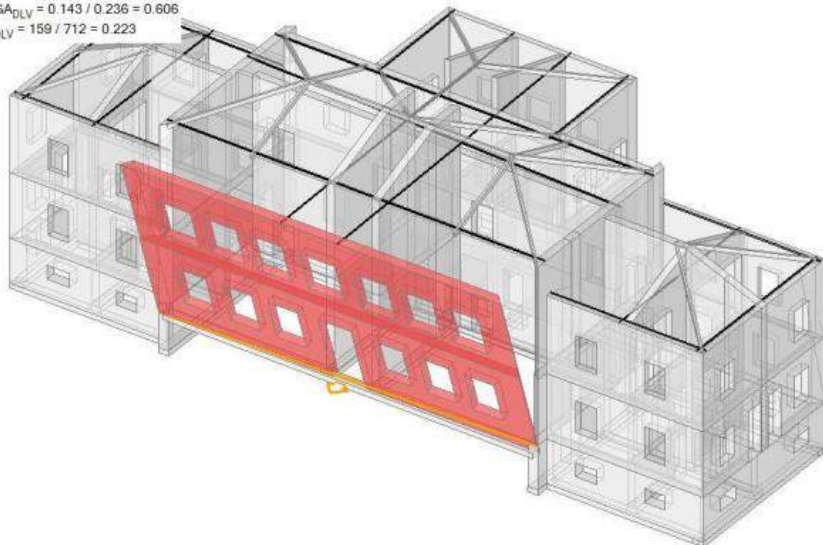


04. Cinematismo

Ribalamento semplice

$\alpha_0 = 0.094$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.143 / 0.236 = 0.606$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 159 / 712 = 0.223$

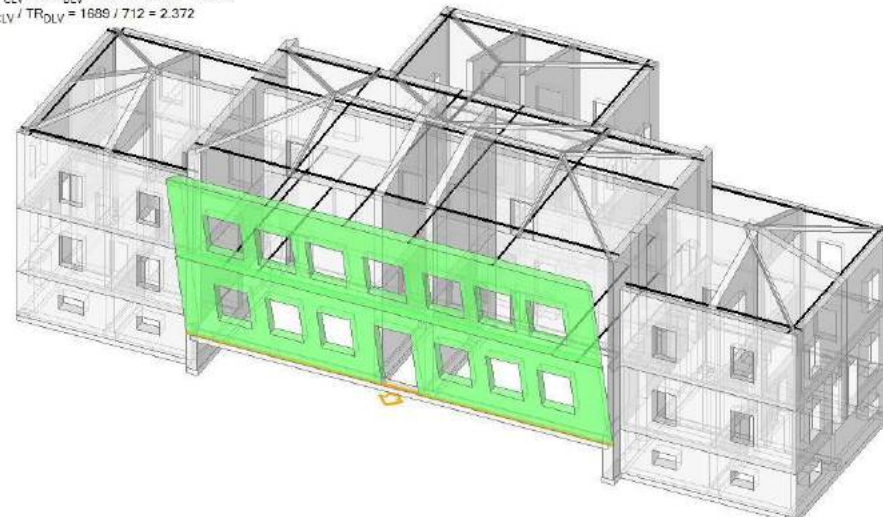


03. Cinematismo

Ribalamento semplice

$\alpha_0 = 0.184$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.304 / 0.236 = 1.288$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1689 / 712 = 2.372$

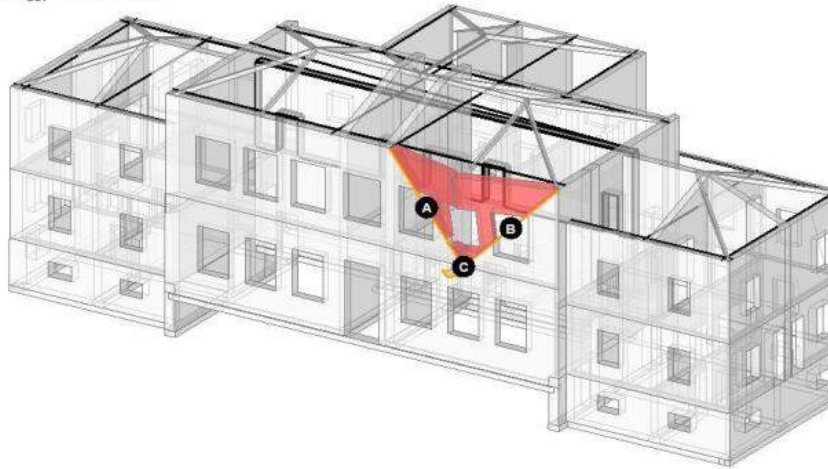


07. Cinematismo

Flessione su cerniere oblique

$\alpha_0 = 0.114$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.142 / 0.236 = 0.602$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 153 / 712 = 0.215$

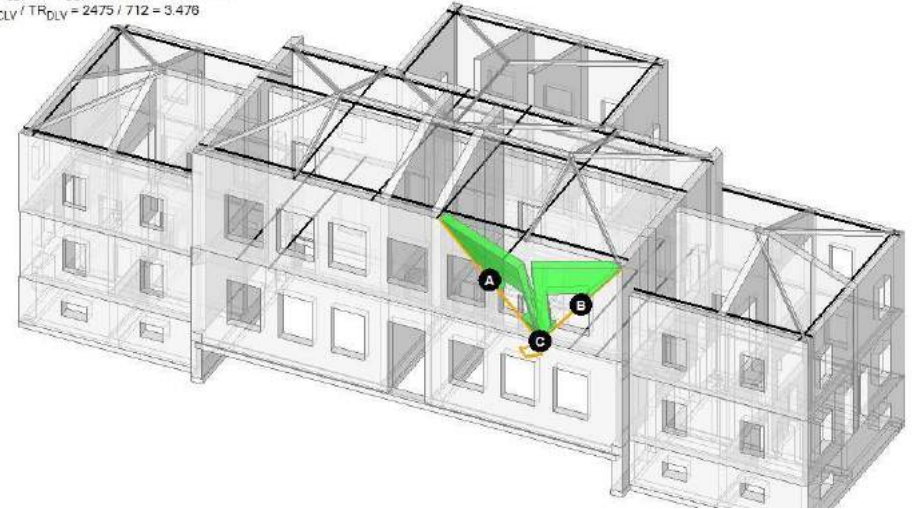


02. Cinematismo

Flessione su cerniere oblique

$\alpha_0 = 0.481$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.338 / 0.236 = 1.432$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 2475 / 712 = 3.476$

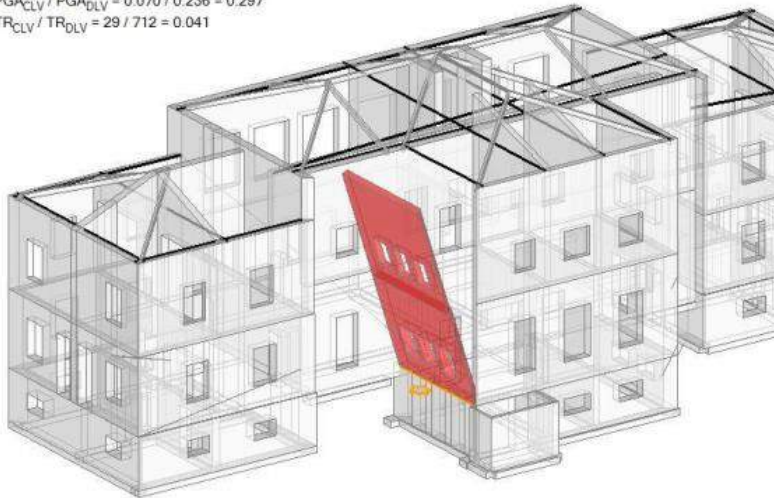


10. Cinematismo

Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.045$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.070 / 0.236 = 0.297$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 29 / 712 = 0.041$

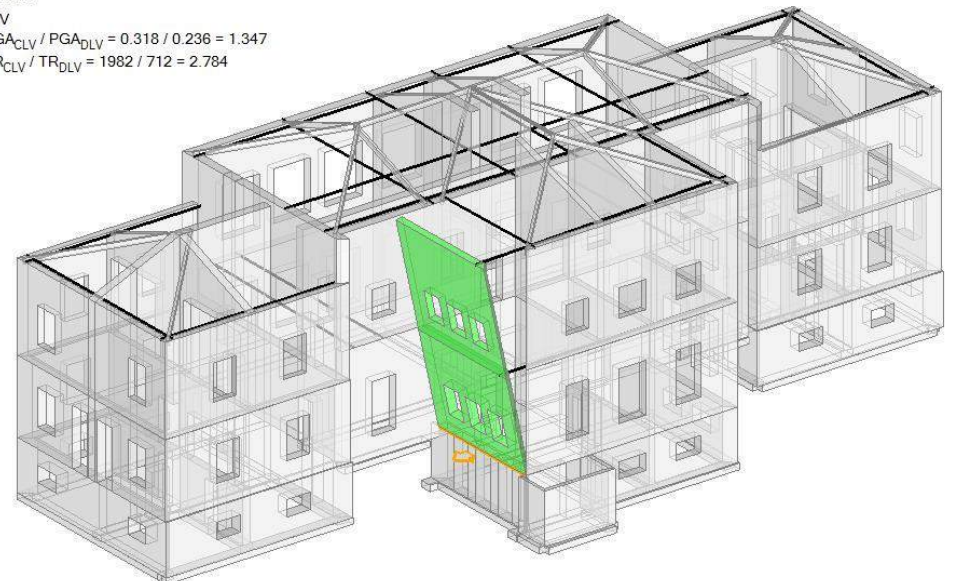


05. Cinematismo

Ribaltamento semplice

$\alpha_0 = 0.183$

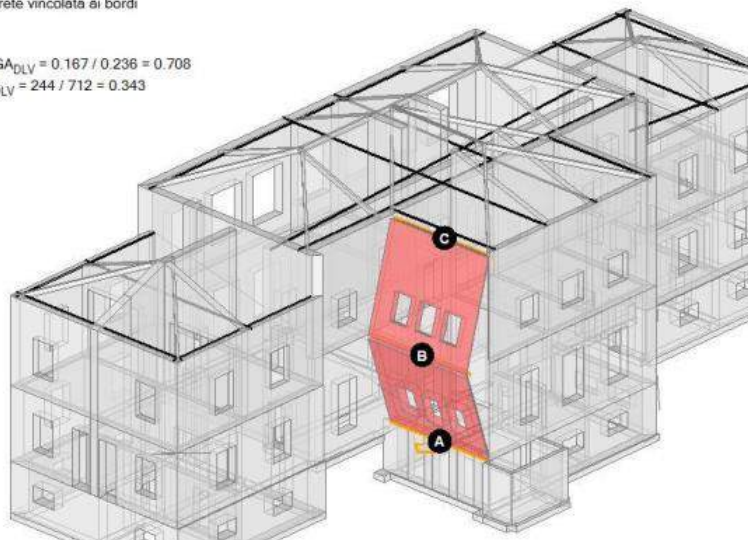
■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.318 / 0.236 = 1.347$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1982 / 712 = 2.784$



14. Cinematismo

Flessione di parete vincolata ai bordi
 $\alpha_0 = 0.126$

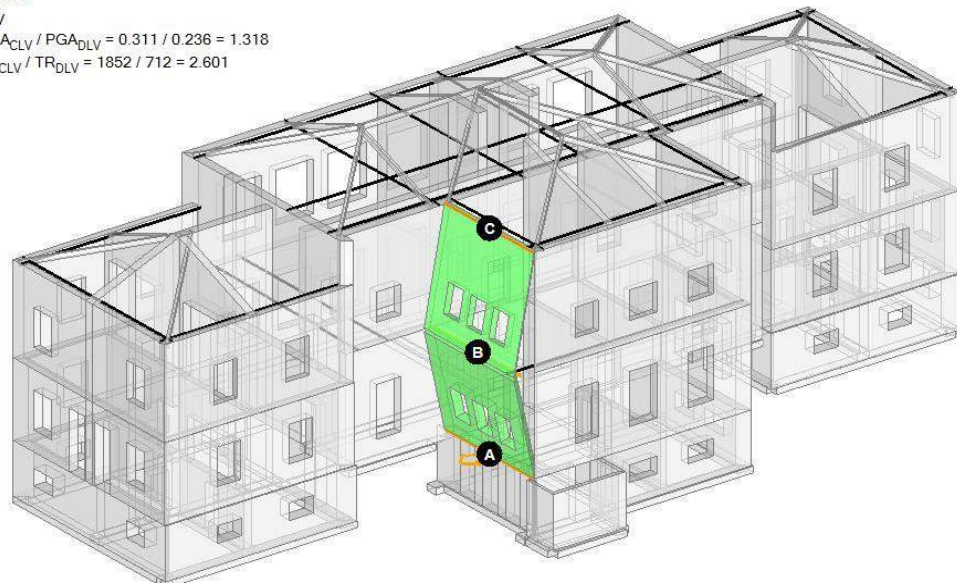
■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.167 / 0.236 = 0.708$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 244 / 712 = 0.343$



06. Cinematismo

Flessione di parete vincolata ai bordi
 $\alpha_0 = 0.212$

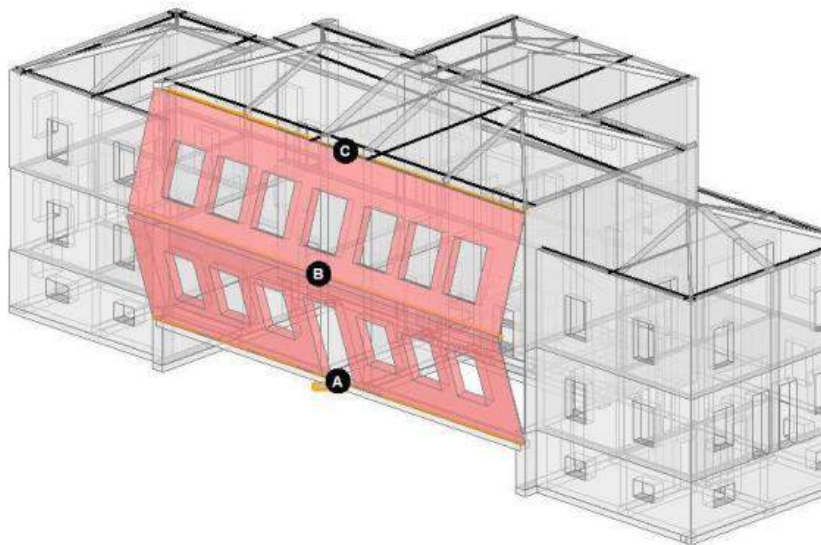
■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.311 / 0.236 = 1.318$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1852 / 712 = 2.601$



13. Cinematismo

Flessione di parete vincolata ai bordi
 $\alpha_0 = 0.144$

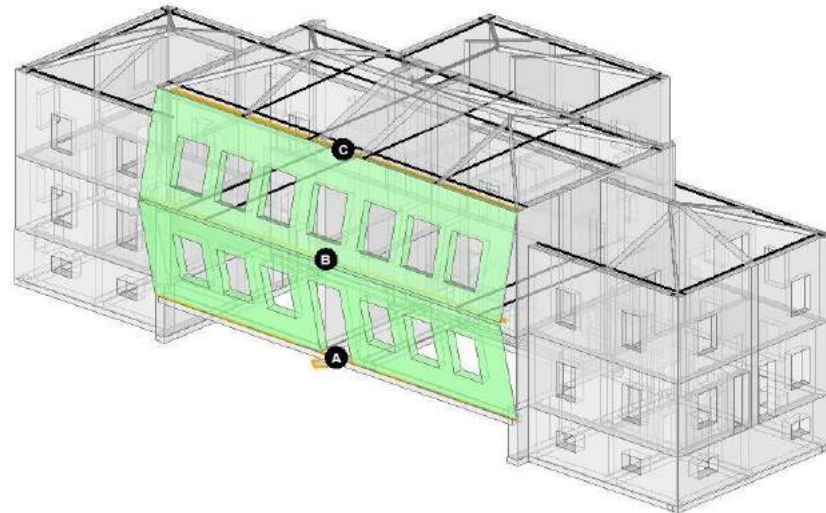
■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.196 / 0.236 = 0.831$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 396 / 712 = 0.556$



07. Cinematismo

Flessione di parete vincolata ai bordi
 $\alpha_0 = 0.185$

■ SLV
 $PGA_{CLV} / PGA_{DLV} = 0.270 / 0.236 = 1.144$
 $TR_{CLV} / TR_{DLV} = 1122 / 712 = 1.576$



SINTESI RISULTATI ANALISI CINEMATICA LINEARE – STATO ATTUALE

Livello di sicurezza inferiore all'Adeguamento sismico

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	$\alpha 0$	PGA, CLD /PGA, DLD	TR, CLD /TR, DLD	(TR, CLD /TR, DLD) $^{\wedge}0.41$	PGA, CLV /PGA, DLV	TR, CLV /TR, DLV	TR, CLV /TR, DLV) $^{\wedge}0.41$
1	0.173	0.991	1.000	1.000	0.919	0.749	0.888
2	0.381	2.290	10.613	2.634	1.432	3.476	1.667
3	0.367	2.178	9.120	2.475	1.432	3.476	1.667
4	0.094	0.664	0.413	0.696	0.606	0.223	0.541
5	0.159	1.271	1.813	1.276	1.263	2.236	1.391
6	0.268	2.019	7.000	2.221	1.432	3.476	1.667
7	0.114	0.654	0.400	0.687	0.602	0.215	0.532
8	0.140	0.804	0.627	0.826	0.737	0.386	0.677
9	0.163	1.336	2.080	1.350	1.356	2.878	1.543
10	0.045	0.327	0.080	0.355	0.297	0.041	0.270
11	0.424	2.944	25.840	3.793	1.432	3.476	1.667
12	0.243	1.458	2.707	1.504	1.432	3.476	1.667
13	0.144	0.925	0.827	0.925	0.831	0.556	0.786
14	0.126	0.776	0.587	0.804	0.708	0.343	0.645
15	0.243	1.402	2.373	1.425	1.432	3.476	1.667
16	0.202	1.252	1.787	1.269	1.254	2.157	1.370

n. = numero consecutivo del cinematismo

$\alpha 0$ = moltiplicatore di collasso

PGA, CLD / PGA, DLD = I.R.S. PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR, CLD / TR, DLD = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

(TR, CLD/TR, DLD) $^{\wedge}0.41$ = indicatore di Rischio Sismico in termini di TR per SLD, su scala comparata a PGA

PGA, CLV / PGA, DLV = I.R.S. PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR, CLV / TR, DLV = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

(TR, CLV/TR, DLV) $^{\wedge}0.41$ = indicatore di Rischio Sismico in termini di TR per SLV, su scala comparata a PGA

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni.

Se TR>2475 si pone TR=2475. Se TR<30, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC) si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$, effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR)=k*TR^{\alpha}$.

Per il sito in esame risulta: $k = 0.015168719$, $\alpha = 0.452300190$

Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR, DLD)=33.000$

SLV: $(2475/TR, DLV)=3.476$

Il meccanismo n. 10 è quello che fornisce il minimo moltiplicatore e pertanto tale valore si assume per la vulnerabilità allo stato attuale che, in termini di Pga risulta **0.297** e in termini di Tr risulta **0.041**.

SINTESI RISULTATI ANALISI CINEMATICA LINEARE – STATO MODIFICATO

Livello di sicurezza superiore all'Adeguamento sismico

Risultati dei cinematismi analizzati:

n.	α_0	PGA, CLD /PGA, DLD	TR, CLD /TR, DLD	(TR, CLD /TR, DLD) ^{0.41}	PGA, CLV /PGA, DLV	TR, CLV /TR, DLV	(TR, CLV /TR, DLV) ^{0.41}
1	0.608	3.159	33.000	4.194	1.432	3.476	1.667
2	0.481	3.159	33.000	4.194	1.432	3.476	1.667
3	0.184	1.280	1.880	1.295	1.288	2.372	1.425
4	0.337	1.963	6.387	2.139	1.432	3.476	1.667
5	0.183	1.318	2.040	1.340	1.347	2.784	1.522
6	0.212	1.299	1.960	1.318	1.318	2.601	1.480
7	0.185	1.178	1.533	1.191	1.144	1.576	1.205
8	0.243	1.402	2.373	1.425	1.432	3.476	1.667
9	0.202	1.252	1.787	1.269	1.254	2.157	1.370

n. = numero consecutivo del cinematismo

α_0 = moltiplicatore di collasso

PGA, CLD / PGA, DLD = I.R.S. PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLD

TR, CLD / TR, DLD = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLD

(TR, CLD/TR, DLD)^{0.41} = indicatore di Rischio Sismico in termini di TR per SLD, su scala comparata a PGA

PGA, CLV / PGA, DLV = I.R.S. PGA = indicatore di Rischio Sismico in termini di PGA per SLV

TR, CLV / TR, DLV = I.R.S. TR = indicatore di Rischio Sismico in termini di periodo di ritorno TR per SLV

(TR, CLV/TR, DLV)^{0.41} = indicatore di Rischio Sismico in termini di TR per SLV, su scala comparata a PGA

Secondo All.A al D.M.14.1.2008, si considerano valori di TR compresi nell'intervallo [30,2475] anni.

Se TR>2475 si pone TR=2475. Se TR<30, con riferimento al Programma di ricerca DPC-ReLUIIS (Unità di Ricerca CNR-ITC)

si adotta un'estrapolazione mediante una regressione sui tre valori di hazard $ag(30)$, $ag(50)$ e $ag(75)$,

effettuata con la funzione di potenza: $ag(TR)=k*TR^\alpha$.

Per il sito in esame risulta: $k = 0.015168719$, $\alpha = 0.452300190$

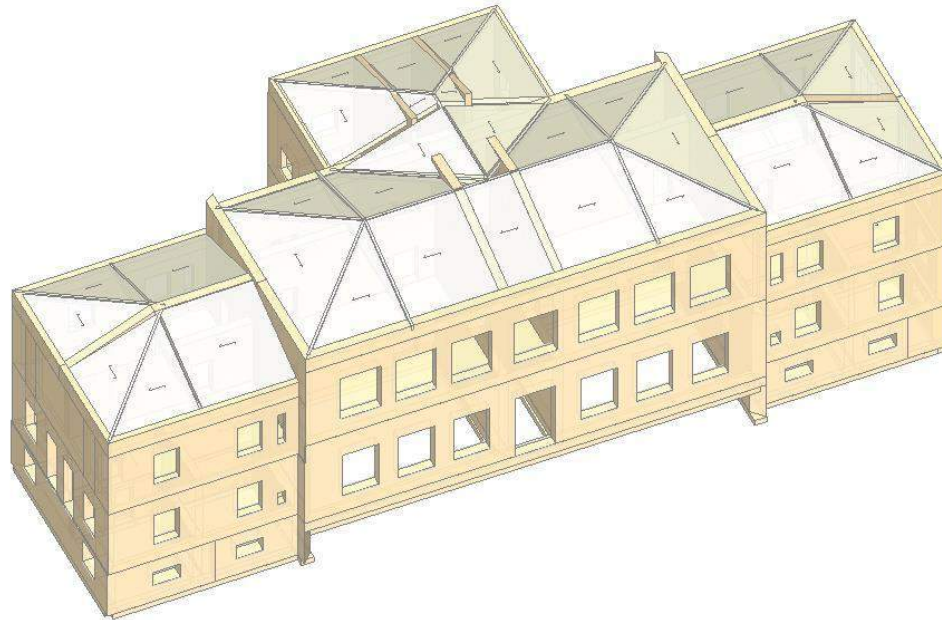
Per l'Indicatore di Rischio Sismico in termini di TR si ha quindi un limite massimo pari a:

SLD: $(2475/TR, DLD)=33.000$

SLV: $(2475/TR, DLV)=3.476$

Tutti gli indicatori di rischio sismico sono superiori all'unità e pertanto i meccanismi locali sono stati tutti risolti a seguito degli interventi di rinforzo strutturale; il meccanismo n. 7 è quello che fornisce il minimo moltiplicatore che; in termini di **Pga** risulta **1.144** e in termini di **Tr** risulta **1.576**.

ANALISI GLOBALE



modello strutturale agli elementi finiti - teoria del telaio equivalente

Le fasce di piano sono state modellate e considerate reagenti con quantitativo minimo di armatura degli architravi e utilizzando il modello ad arco della singola fascia di piano.

TIPO DI ANALISI: MODALE DINAMICA SOLAI NON RIGIDI

AZIONE SISMICA

Struttura:

Vita Nominale VN (anni) = 50

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso CU = 1.5

Periodo di riferimento per l'azione sismica VR=VN*CU (anni) = 75

Pericolosità:

Ubicazione del sito:

Longitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 11.9858

- Latitudine ED50 (gradi sessadecimali) = 44.1438

Tipo di interpolazione: superficie rigata [%CA]

ag(g) Fo Tc*(sec) per i periodi di ritorno di riferimento

30	0.07	2.39	0.26
50	0.089	2.38	0.27
72	0.105	2.385	0.28
101	0.12	2.401	0.28
140	0.137	2.421	0.28
201	0.156	2.45	0.29
475	0.209	2.479	0.3
975	0.26	2.539	0.316
2475	0.338	2.604	0.33

Per periodi di ritorno TR<30 anni [cfr. DPC-Reluis, CNR-ITC]:

ag(TR) = k * TR^α, dove:

k = 0.015168719, α = 0.452300190

Stati Limite:

PVR (%) Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR (Tab.3.2.I)

SLE: SLO	81
SLE: SLD	63
SLU: SLV	10
SLU: SLC	5

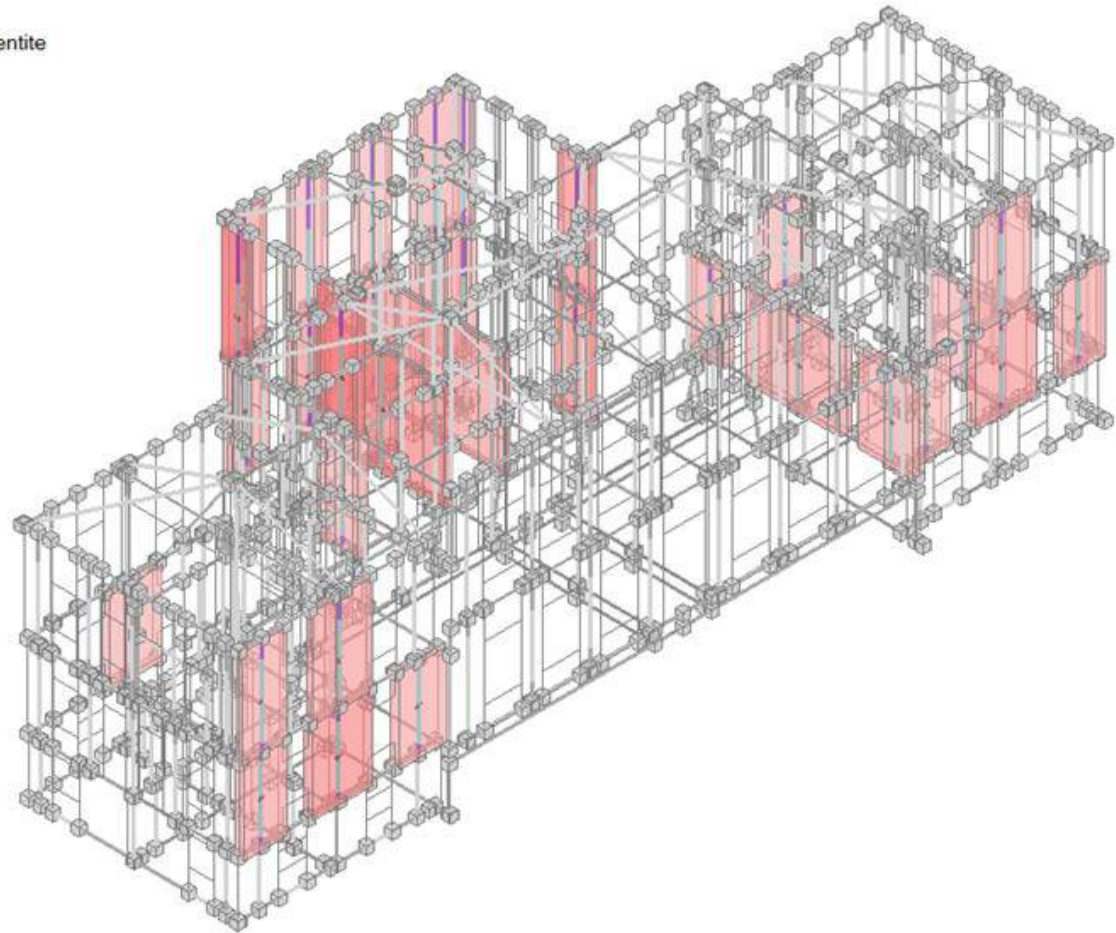
ag(g) Fo Tc*(sec) e altri parametri di spettro per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite

[§3.2.3]

Stato limite	TR (anni)	a, g (*g)	Fo	TC* (sec)	S	TB (sec)	TC (sec)	TD (sec)
SLO	45	0.085	2.382	0.268	1.200	0.128	0.384	1.940
SLD	75	0.107	2.387	0.280	1.200	0.132	0.397	2.028
SLV	712	0.236	2.513	0.309	1.163	0.143	0.430	2.544
SLC	1462	0.291	2.567	0.322	1.101	0.148	0.444	2.764

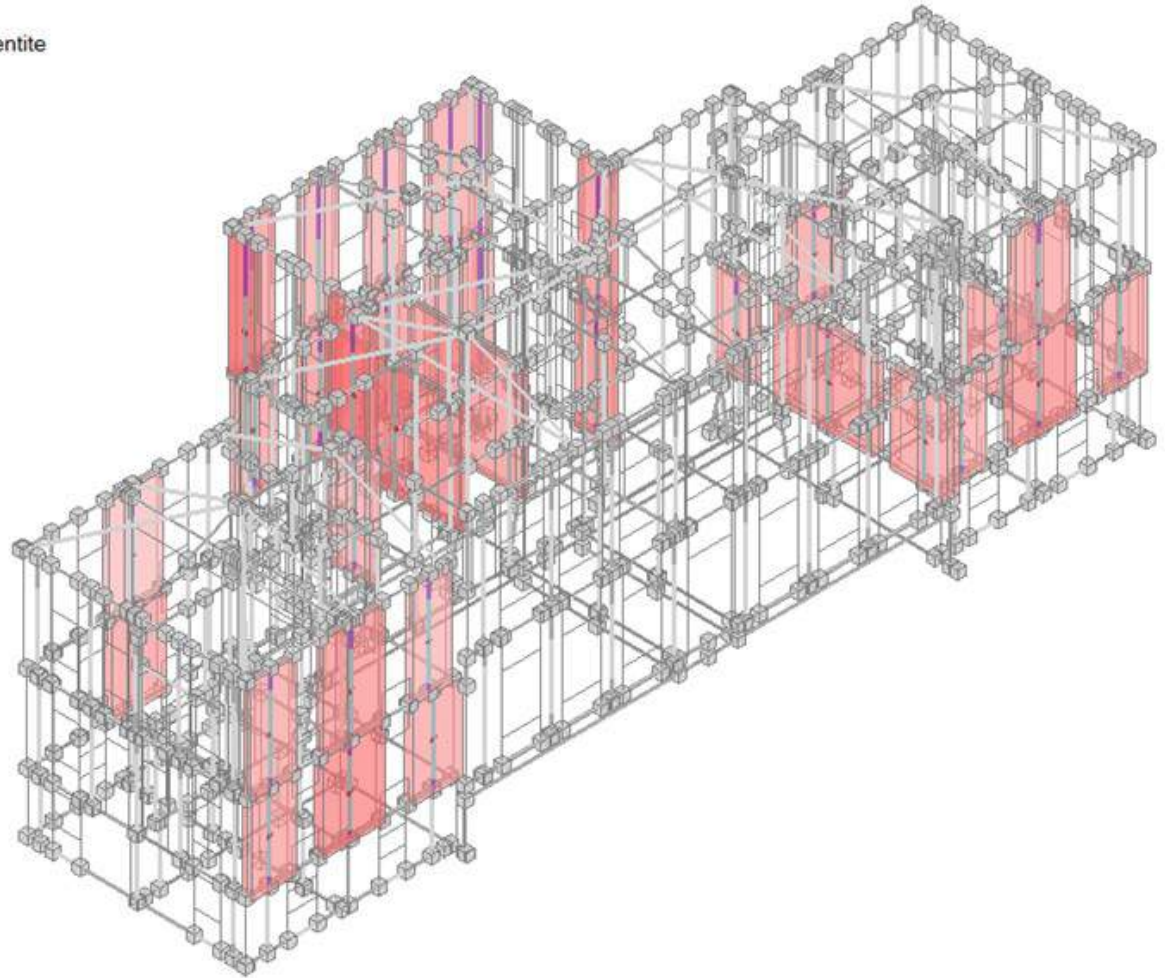
Elementi non verificati a taglio per fessurazione - ANTE-OPERAM

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Asta non sottoposta a verifica



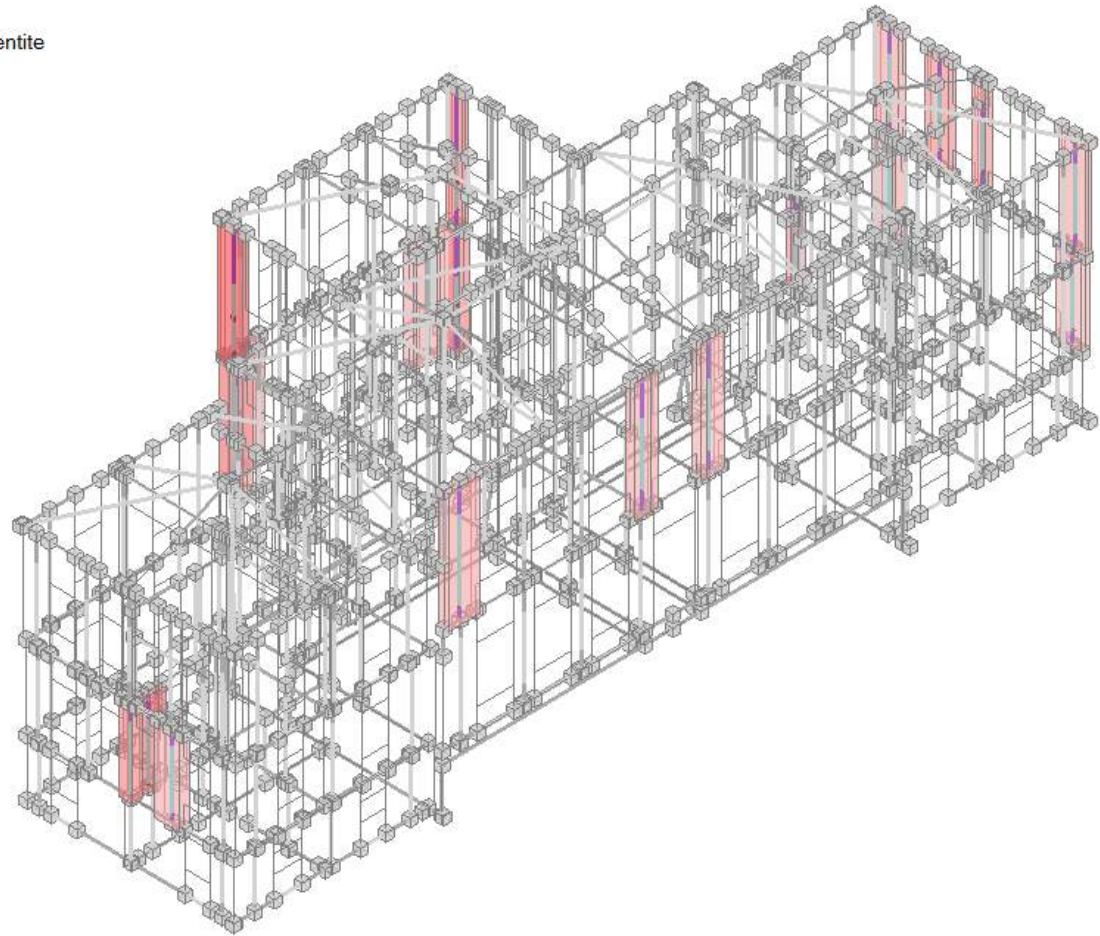
Elementi non verificati a taglio per scorrimento - ANTE-OPERAM

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Asta non sottoposta a verifica



Elementi non verificati a pressoflessione nel piano - ANTE-OPERAM

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Asta non sottoposta a verifica



INTERVENTI sulle murature:

- PLACCAGGIO PARETI con rete GFRP maglia 66x66 Anom = 3.8 mmq e intonaco strutturale base calce-cemento (modulo elastico 1000 N/mmq);
- RISTILATURA ARMATA fughe con tondini \varnothing 6 in acciaio B450C;
- RINFORZI UNIDIREZIONALI in GFRP fissati alle murature con malta fibrorinforzata

SCELTA PROGETTUALE

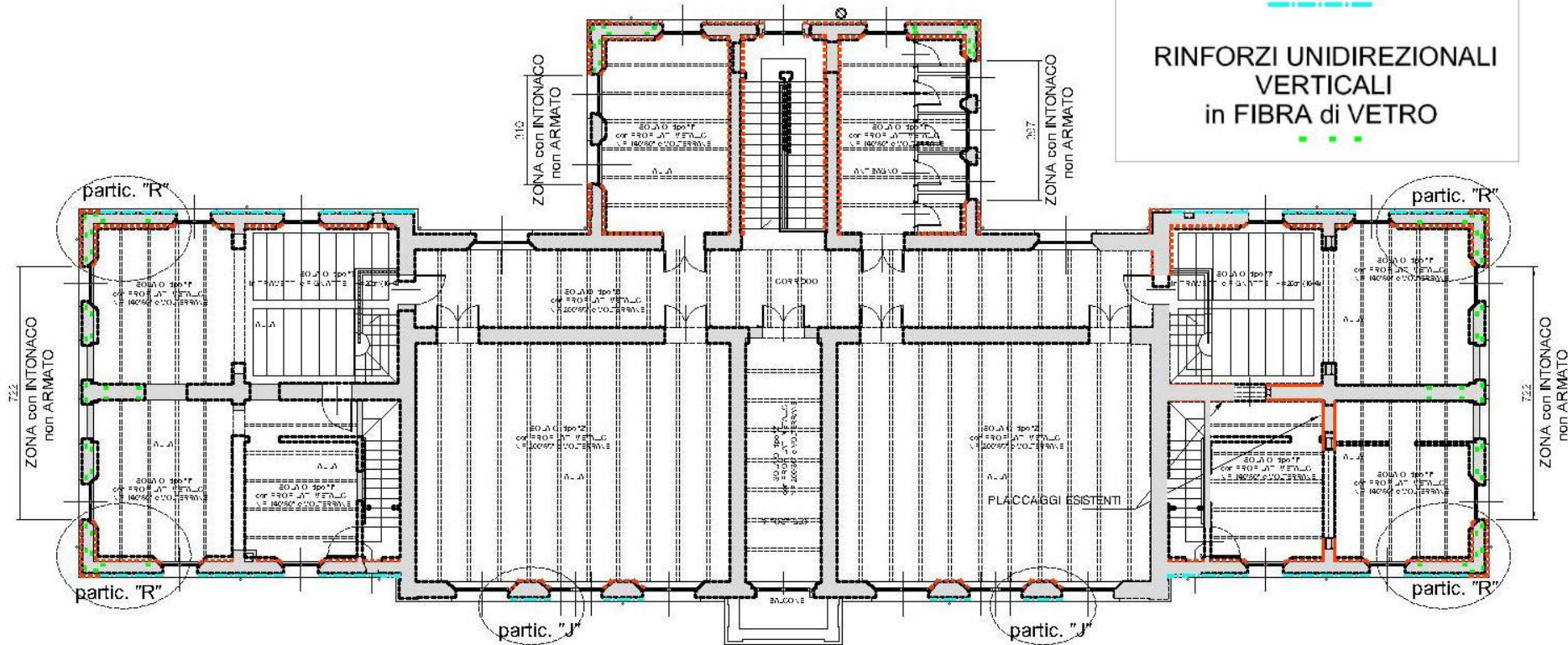
ESTENDERE del singolo intervento (nella zona interessata) per tutta l'altezza del fabbricato e in modo simmetrico (in riferimento alla planimetria)

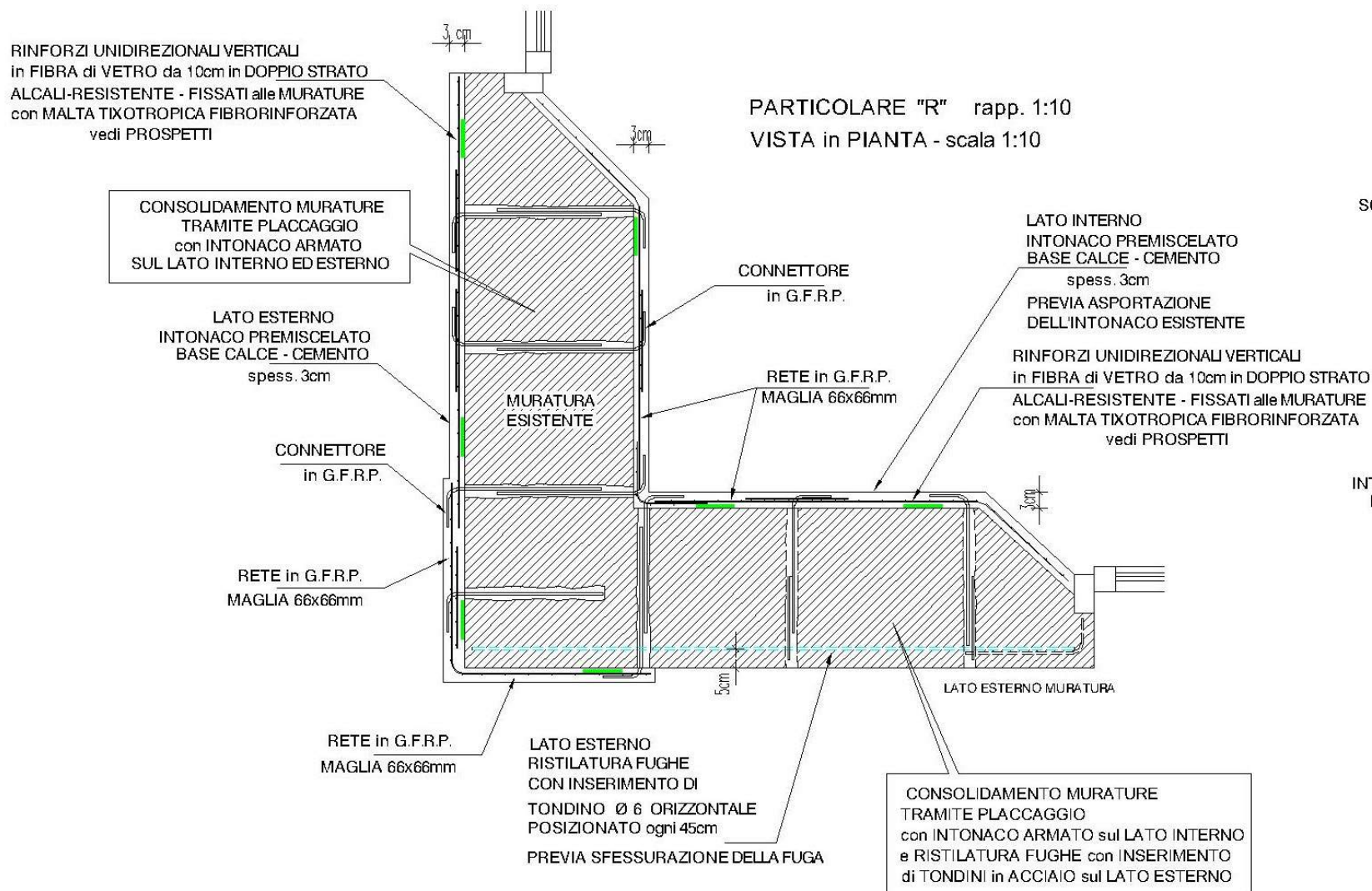
PIANTA SOLAIO PIANO PRIMO

LEGENDA :
PLACCAGGIO MURATURE

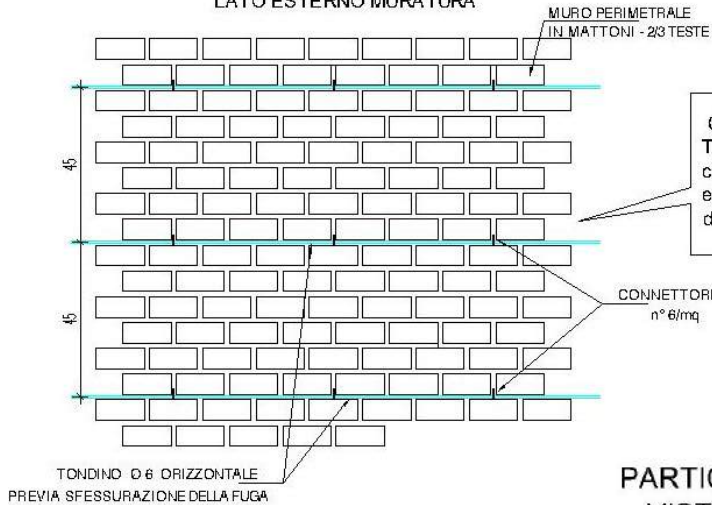
RISTILATURA FUGHE
con INSERIMENTO
DI TONDINI in ACCIAIO

RINFORZI UNIDIREZIONALI
VERTICALI
in FIBRA di VETRO



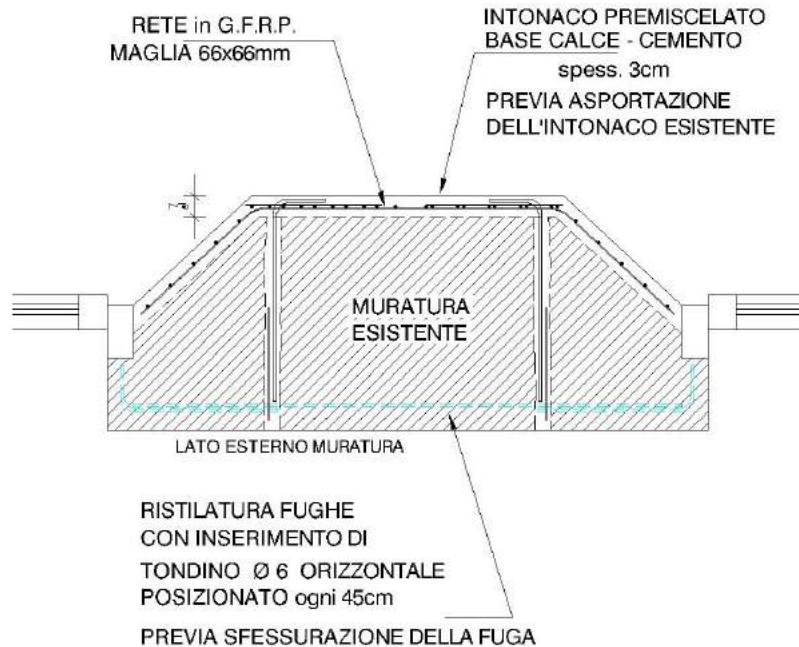


STRALCIO PROSPETTICO - scala 1:10
LATO ESTERNO MURATURA

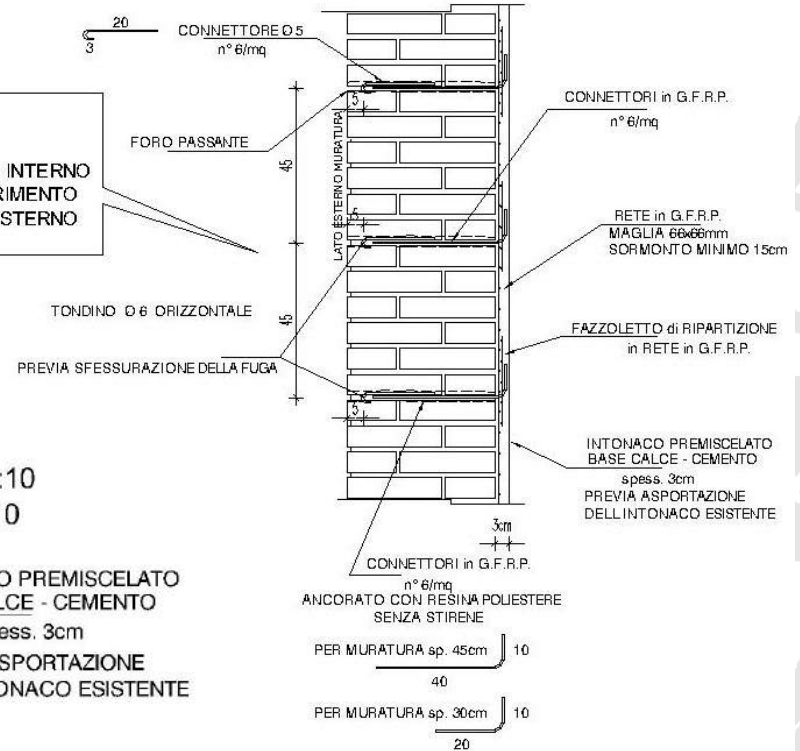


CONSOLIDAMENTO MURATURE TRAMITE PLACCAGGIO
con INTONACO ARMATO sul LATO INTERNO e RISTILATURA FUGHE con INSERIMENTO di TONDINI in ACCIAIO sul LATO ESTERNO

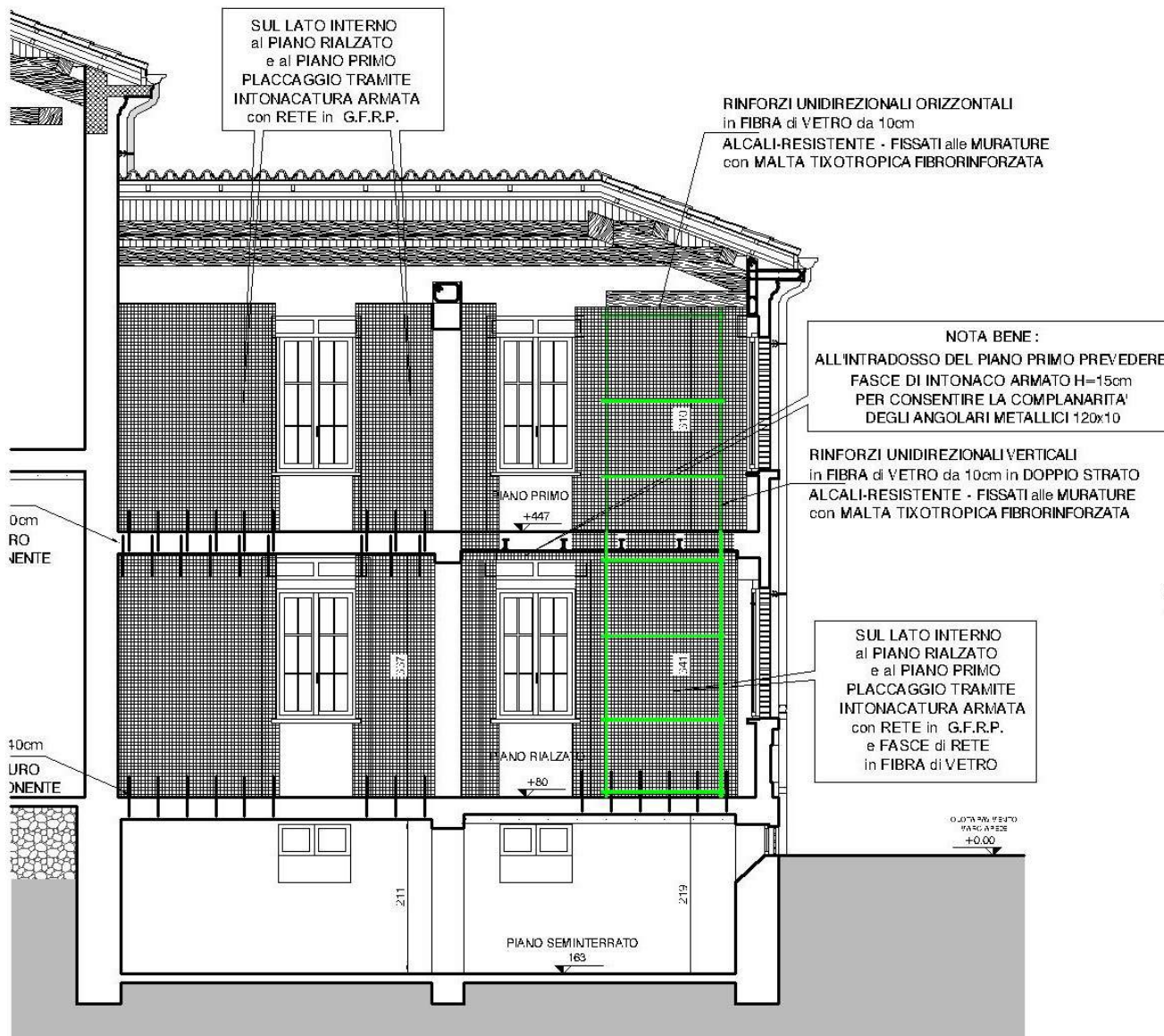
PARTICOLARE "J" rapp. 1:10
VISTA in PIANTA - scala 1:10



SEZIONE VERTICALE - scala 1:10

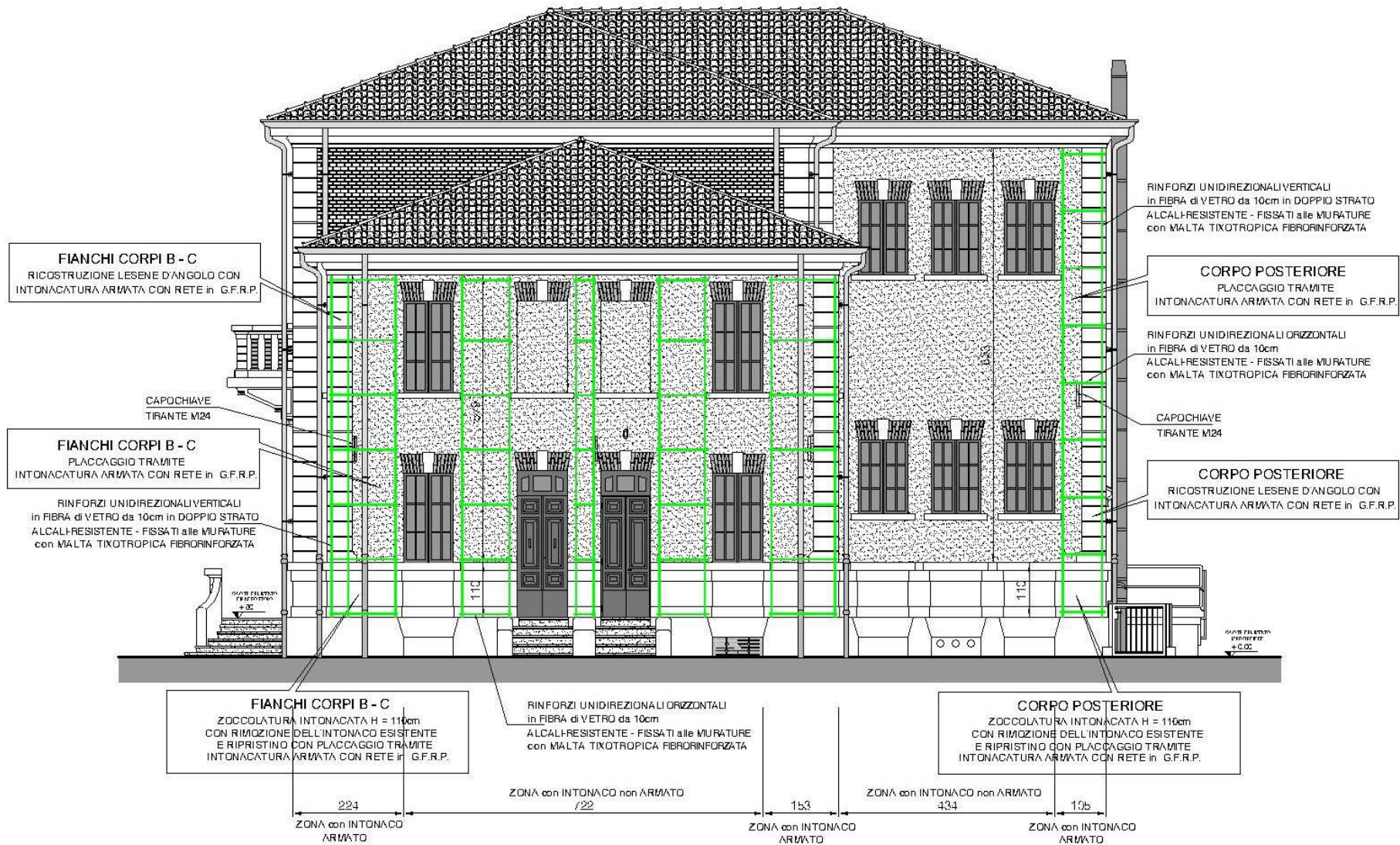


SEZIONE TIPICA INTERVENTO RINFORZO MURI PERIMETRALI - CORPI LATERALI B - C
 VISTA sul LATO INTERNO rapp. 1:50



PROSPETTO NORD - EST rapp. 1:50

INTONAC





FIANCHI CORPI B - C
 RICOSTRUZIONE LESENE D'ANGOLO CON
 INTONACATURA ARMATA CON RETE in G.F.R.P.

RINFORZI UNIDIREZIONALI ORIZZONTALI
 in FIBRA di VETRO da 10cm
 ALCALI-RESISTENTE - FISSATI alle MURATURE
 con MALTA TIXOTROPICA FIBRORINFORZATA

CAPOCHIAVE
 TIRANTE M24

RINFORZI UNIDIREZIONALI VERTICALI
 in FIBRA di VETRO da 10cm in DOPIO STRATO
 ALCALI-RESISTENTE - FISSATI alle MURATURE
 con MALTA TIXOTROPICA FIBRORINFORZATA

130
 110
 80

FRONTE CORPI B - C
 ZONE con RISTILATURA FUGHE
 e INSERIMENTO DI TONDINI in ACCIAIO

FRONTE CORPO CENTRALE
 ZONE con RISTILATURA FUGHE
 e INSERIMENTO DI TONDINI in ACCIAIO

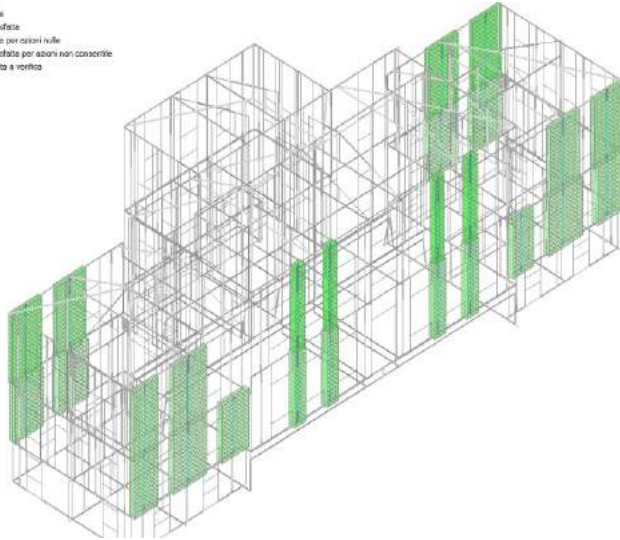


RISTILATURA ARMATA (ESTERNO)

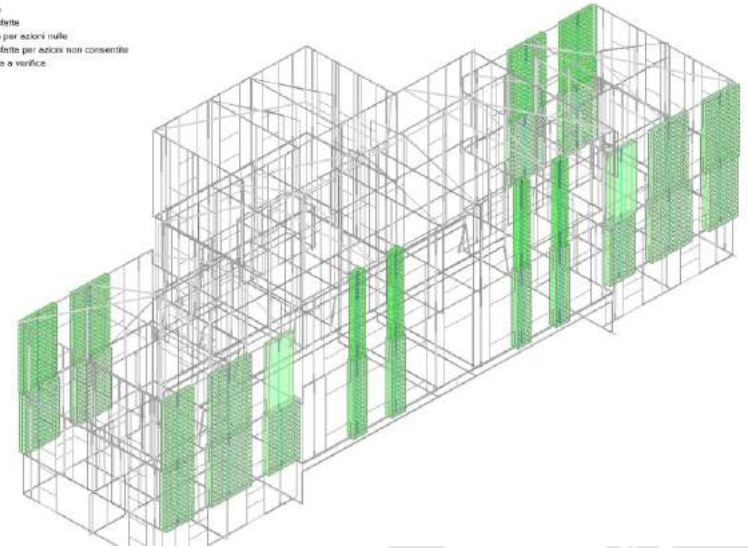


BETONCINO ARMATO SU 1 LATO (INTERNO)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Azia non sottoposta a verifica

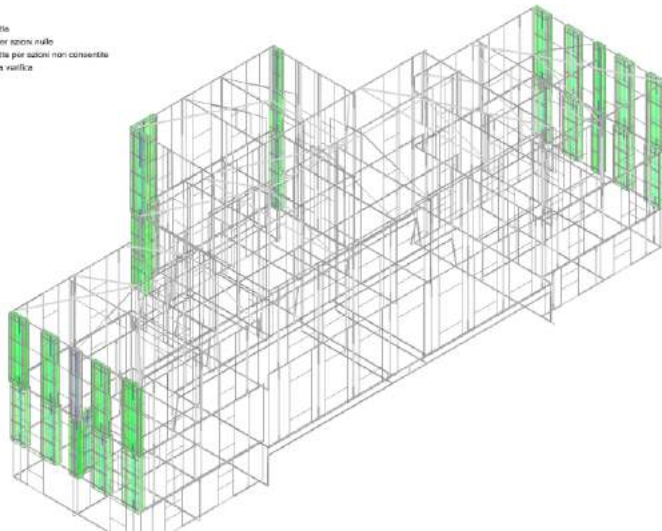


- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Azia non sottoposta a verifica



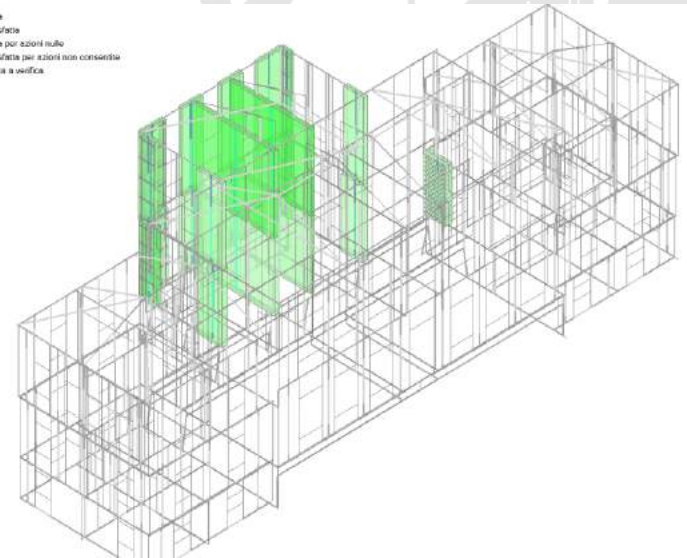
RINFORZO A PRESSOFLESSIONE

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Azia non sottoposta a verifica



BETONCINO ARMATO SU 2 LATI

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Azia non sottoposta a verifica



RIEPILOGO VERIFICHE

3. VERIFICA A PRESSOFLESSIONE NEL PIANO (§7.8.2.2.1) [SLV] - C.Sic: 1.011
(Analisi Sismica Dinamica Modale)

4. VERIFICA A TAGLIO PER SCORRIMENTO (§7.8.2.2.2) [SLV] - C.Sic: 1.009
(Analisi Sismica Dinamica Modale)

5. VERIFICA A TAGLIO PER FESSURAZIONE DIAGONALE (§C8.7.1.5) [SLV] - C.Sic: 1.181
(Analisi Sismica Dinamica Modale)

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Asta non sottoposta a verifica

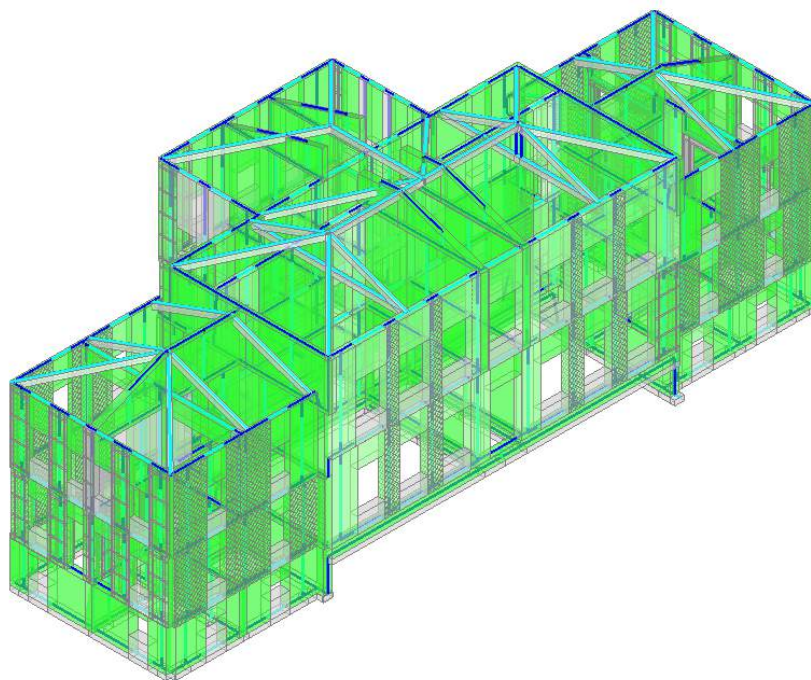
SLE di Danno (SLD)

Verifiche di Resistenza

Costruzione di Classe III: obbligatoria

[§7.3.7.1, §7.8.2.2]

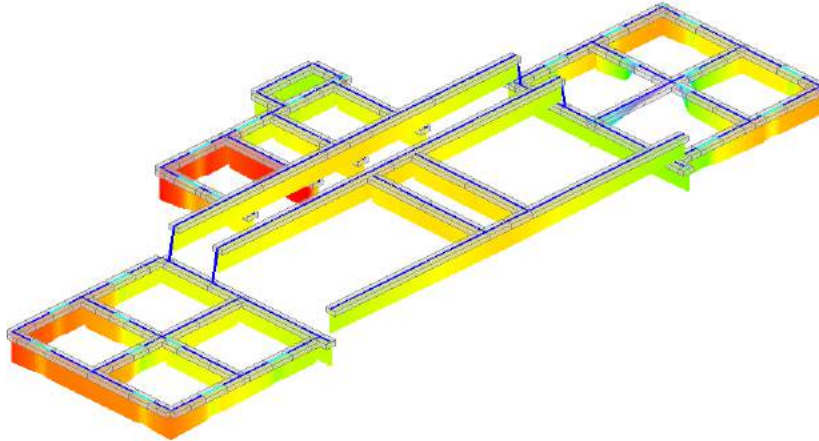
PressoFlessione Complanare [§7.8.2.2.1]	1.239	100%
Taglio per Scorrimento [§7.8.2.2.2]	2.090	100%
Taglio per Fessuraz. Diagonale [§C8.7.1.5]	2.522	100%



Tensione sul terreno

N/mm² (Valore assoluto)

- 0.000 - 0.019
- 0.019 - 0.038
- 0.038 - 0.057
- 0.057 - 0.076
- 0.076 - 0.096
- 0.096 - 0.115
- 0.115 - 0.134
- 0.134 - 0.153
- 0.153 - 0.172
- 0.172 - 0.191

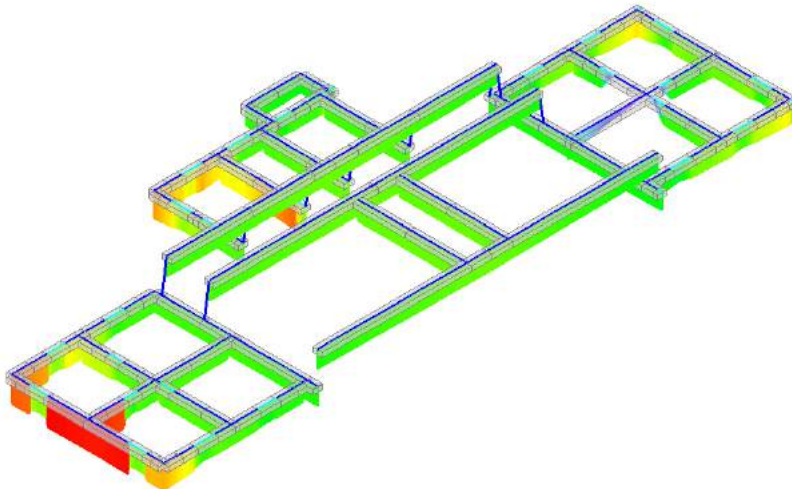


VERIFICA DI CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO (§6.4.2.1) [SLV]
(Analisi Statica Lineare NON Sismica: Involuppo CCC SLU)

Tensione sul terreno

N/mm² (Valore assoluto)

- 0.000 - 0.017
- 0.017 - 0.034
- 0.034 - 0.052
- 0.052 - 0.069
- 0.069 - 0.086
- 0.086 - 0.103
- 0.103 - 0.120
- 0.120 - 0.138
- 0.138 - 0.155
- 0.155 - 0.172



VERIFICA
capacità portante terreno

Condizioni statiche

Condizioni sismiche

CONSIDERAZIONI

La generale simmetria del fabbricato, il notevole spessore ed il buono stato di conservazione delle murature, l'alleggerimento della copertura sono fattori che hanno inciso profondamente sul risultato positivo delle verifiche, pur mantenendo un adeguato margine cautelativo ($FC = 1.2$);

Il risultato positivo (sulla carta) è stato ottenuto con interventi combinati tesi ad assorbire sollecitazioni di taglio e di pressoflessione, che hanno comportato la modifica di alcuni prospetti laterali del fabbricato

a seguito del placcaggio interno ed esterno di alcune pareti senza il quale non si sarebbe potuto raggiungere l'adeguamento sismico del fabbricato

I lavori avranno inizio nei mesi estivi del presente anno.