

COMUNE DI FERRARA
FABBRICATO ADIBITO AD USO FORESTERIA
EX CASA COLONICA DI VIA GRAMICIA



PROGETTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO AL 60%
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

AI SENSI DELLE NORME TECNICHE DELLE COSTRUZIONI - D.M. 14 GENNAIO 2008

Ferrara, 14 Dicembre 2016

7281_Relazione Illustrativa



I TECNICI:

Ing. Francesco Pirani

COLLABORATORE:

Ing. Matteo Vincenzi

INDICE

INDICE	1
PREMESSA.....	2
1. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO	3
2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO	7
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
4. MATERIALI	8
4.1 MURATURA IN MATTONI PIENI E EMALTA DI CALCE (Circolare 09 §C8A)	8
4.2 LEGNO ESISTENTE (CNR206/2007 - NTC 2008 §4.4 – CIRCOLARE 09 §C8A)	11
4.3 CALCESTRUZZO C25/30 (NTC 2008 §4.4)	13
4.4 ACCIAIO B450C (NTC 2008 §4.4)	14
4.5 LEGNO LAMELLARE GL24H(CNR206/2007 - NTC 2008 §4.4 – CIRCOLARE 09 §C8A).....	15
4.6 NUOVA MURATURA (NTC 2008 §4.4 - §11.10)	17

PREMESSA

La presente relazione illustrativa riguarda l'intervento di miglioramento sismico al 60% del fabbricato di proprietà dell'Università degli Studi di Ferrara, sito in via Gramiccia adibito ad uso foresteria.

Il presente progetto di miglioramento è stato anticipato da una analisi di vulnerabilità sismica che ha evidenziato come la struttura, che in pianta si presenta con una forma regolare e formata da maglie pressoché quadrate, presenti una criticità nei confronti del ribaltamento delle pareti murarie. Tale carenza è dovuta principalmente alla tipologia costruttiva dei solai, i quali sono del tipo "varese". Tale tipologia di solaio affiancata alla mancanza di un cordolo continuo sulla parete in muratura non garantisce un efficace vincolo sulla parete stessa. Inoltre tali tipologie di solai rappresentano anche una vulnerabilità in termini di danni alle persone durante l'evento sismico a causa della possibile caduta di tavelloni per spostamenti relativi fra i travetti.

Pertanto a conclusione dell'analisi di vulnerabilità è stato determinato un fattore di sicurezza del 33% nei confronti dell'azione sismica determinata come indicato nelle NTC del 2008.

Inoltre sono state evidenziate le seguenti criticità definibili come vulnerabilità non quantificabili analiticamente:

- *Solaio di piano primo e di sottotetto realizzato con travi "varese" e pignatte interposte;* tale tipologia di solaio risulta essere una vulnerabilità in caso di evento sismico, in quanto durante le vibrazioni indotte dal sisma i travetti varese possono muoversi e "vibrare" in modo indipendente l'uno dall'altro, provocando la caduta dei tavelloni interposti ad essi;
- *Copertura in legno con travi semplicemente appoggiate senza un vincolo laterale;* si evidenzia l'assenza di un efficace vincolo laterale delle travi principali di copertura, che risultano semplicemente appoggiate al muro, il quale termina al di sotto di esse senza una buona muratura a lato della testa della trave;
- *Tramezza che si affaccia sul vano scala al piano primo.*

Si pone evidenza di come il fabbricato, nel caso di un comportamento globale e d'insieme delle strutture murarie, possa giungere ai livelli di prestazione stabiliti dalla normativa, nei confronti dell'azione sismica di progetto.

Nel proseguo della relazione verranno illustrati i calcoli di progetto per il miglioramento sismico al 60% del fabbricato in oggetto.

1. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

Il fabbricato in oggetto è un fabbricato in muratura che nasce nel passato come casa colonica e che in seguito è stato convertito ad abitazione/uffici prima di essere destinato ad uso foresteria nel 1994.

Il fabbricato, che si sviluppa su due piani fuori terra con la presenza di un sottotetto accessibile per la sola manutenzione, da un punto di vista strutturale è realizzato con murature portanti a due teste, dello spessore di 28cm che conformano in pianta delle maglie pressoché quadrate di dimensioni circa 4.60m – 4.80m, Figura 1 e Figura 2.

Si evidenzia la presenza di pareti portanti ad una testa al piano primo e sottotetto, Figura 4. Mentre si evidenzia come la parete da 30cm che si trova a lato centrale termica, in realtà è realizzata con tramezze, probabilmente al fine di creare adeguato protezione al fuoco sul perimetro della CT.

I solai sono di tre diverse tipologie, solai con travi tipo “varese”, solai in laterocemento molto più recenti e solai lignei di copertura. Le diverse tipologie di solaio rispecchiano le modifiche subite dal fabbricato. Infatti con ogni probabilità il fabbricato nasce con solai di piano in legno (casa colonica).

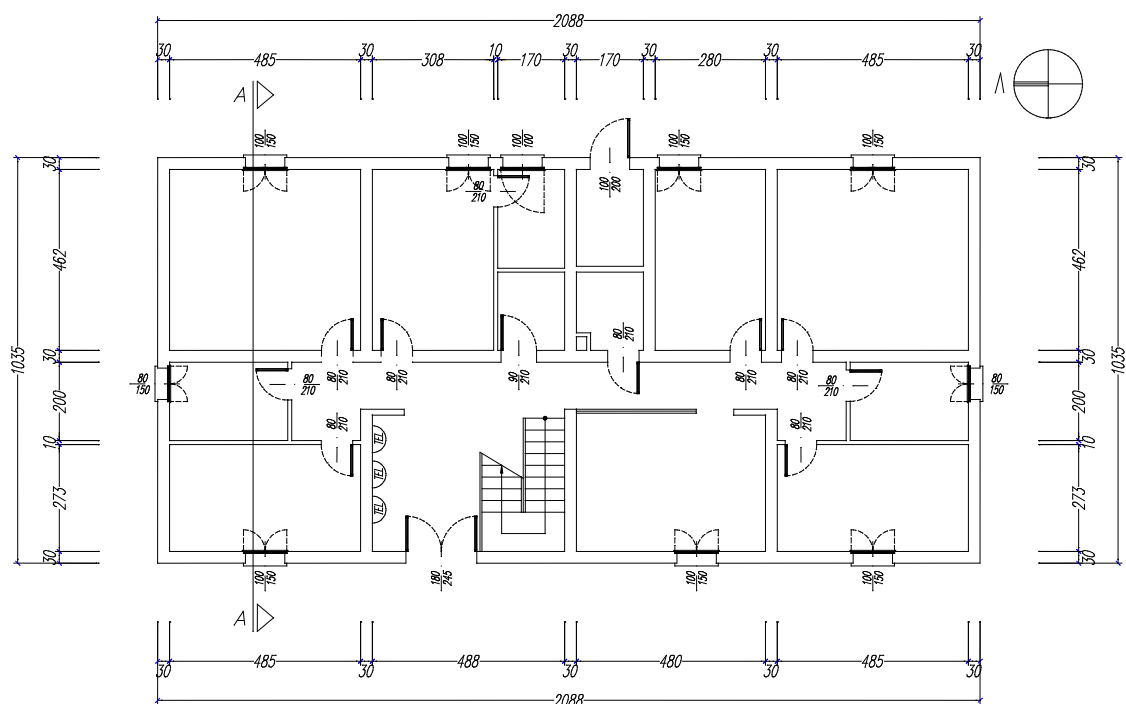


Figura 1: Pianta piano terra.

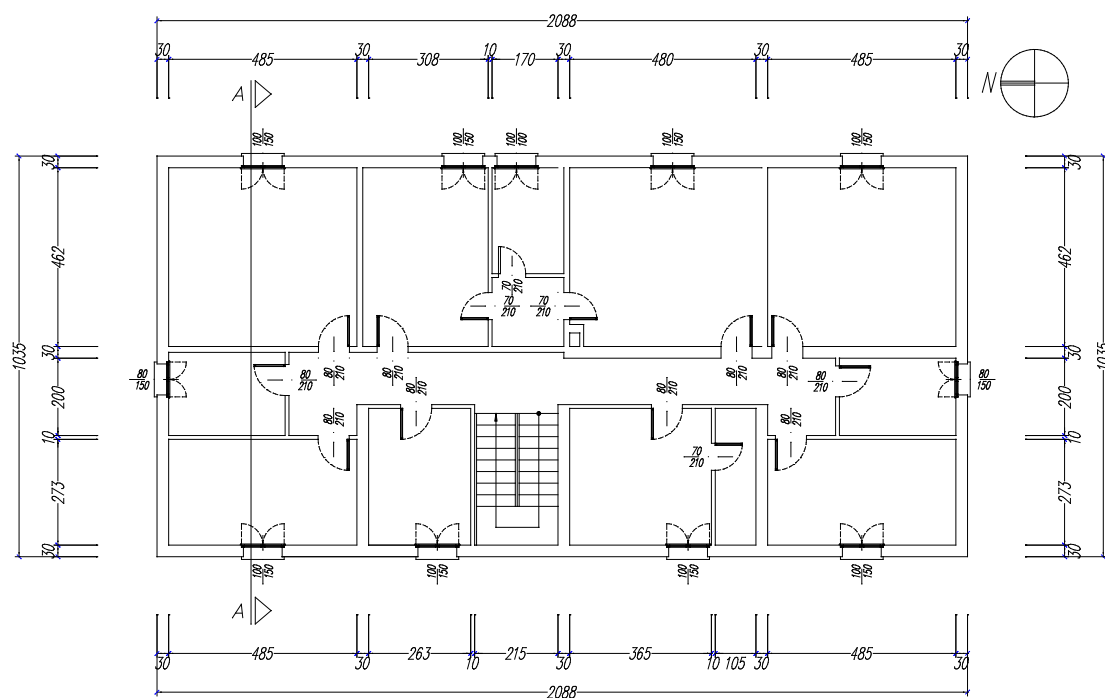


Figura 2: Pianta piano primo.

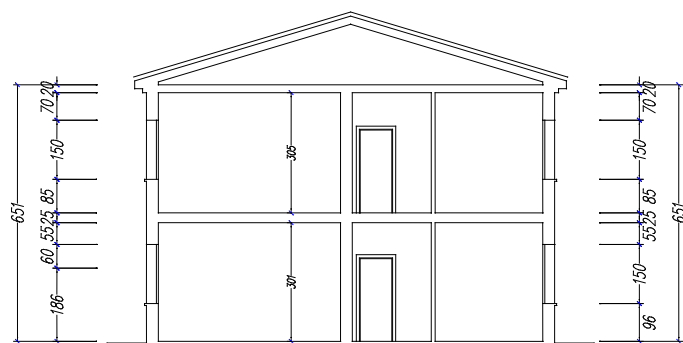


Figura 3: Sezione A-A.

Successivamente la variazione ad abitazione/ufficio ha portato alla realizzazione di solai con travi tipo "varese" al piano primo e sottotetto. Infine nel 1994 con la realizzazione di locali adibiti a foresteria è stata realizzata un' unica scala in c.a., a sostituzione delle due scale esistenti, e per questo sono stati realizzati due nuovi solai in laterocemento.

In Figura 5, Figura 6 e Figura 7 si riporta l'orditura del solaio di piano primo, sottotetto e di copertura. Il solaio di sottotetto, in varese come porzione del solaio di piano primo, non ha le pignatte all'estradosso ma unicamente all'intradosso.

Il solaio di copertura, in legno, è realizzato mediante un ordine di travi principali di dimensione anche molto variabile su cui appoggiano dei travetti secondari che sorreggono delle tavelline sulle quali si appia il manto di copertura in coppi.

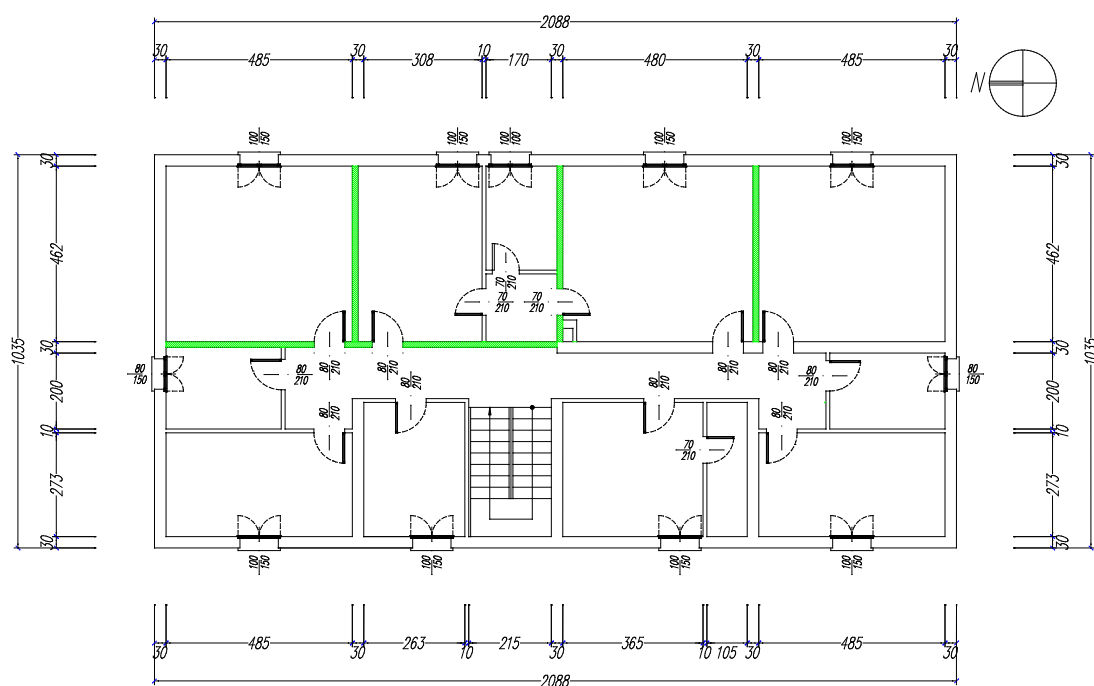


Figura 4: Evidenza delle pareti murarie da 15cm al piano primo che proseguono anche nel sottotetto.

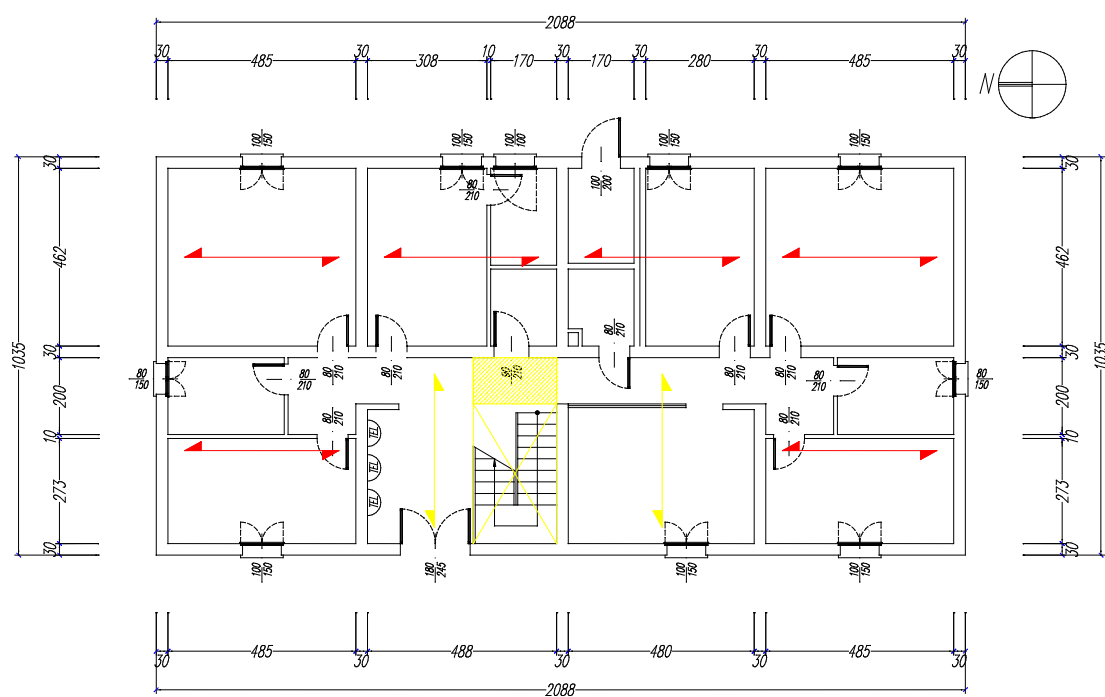


Figura 5: Orditura del solaio di piano primo. In rosso solai tipo "varese", in giallo solai in laterocemento.

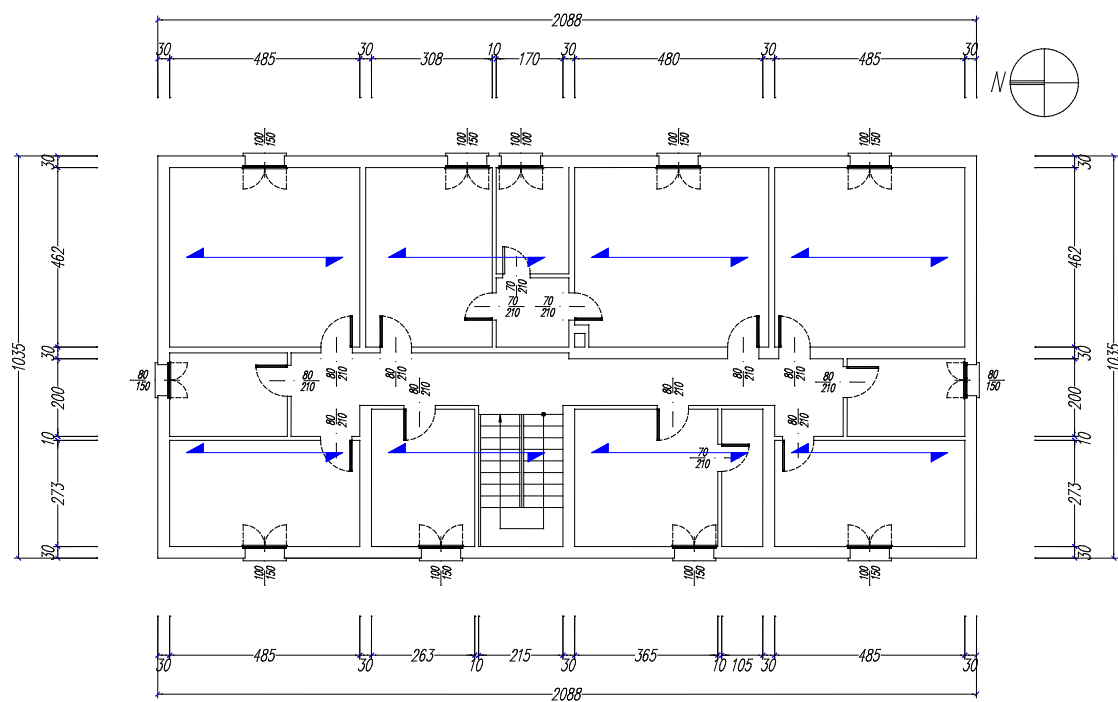


Figura 6: Orditura del solaio di sottotetto. Tutti solai tipo "varese" ma senza la pignatta all'estradosso.

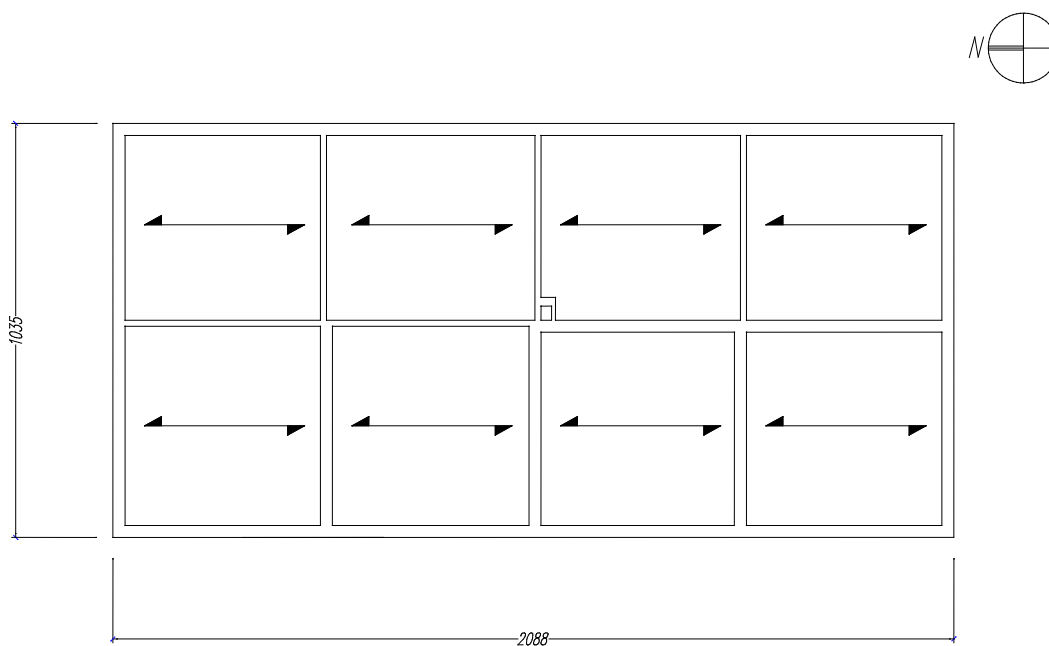


Figura 7: Orditura del solaio di copertura in legno.

2. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

Gli interventi di miglioramento sismico di progetto sono i seguenti:

- Rifacimento totale della copertura in legno a semplice orditura con nuove trave in legno lamellare, doppio tavolato incrociato e con cordolo continuo inghisato alle pareti murarie sottostanti e connesso al nuovo tavolato di copertura ;
- Ammorsamento delle pareti ortogonali mediante inghisaggio di barre in acciaio zincato disposte verticalmente su tutta l'altezza dell'incrocio dei maschi murari;
- Ringrosso delle pareti ad una testa presenti al piano primo e nel sottotetto;
- Realizzazione di un controsoffitto in cartongesso antisfondellamento immediatamente sottostante il solaio di sottotetto;
- Inserimento di profili metallici leggeri al fine di vincolare in sommità tutte le tramezzature esistenti ed impedirne il ribaltamento in caso di evento sismico;
- Realizzazione di un controsoffitto in cartongesso antisfondellamento su tutti i solai varesi del piano primo al fine di evitare l'eventuale caduta a terra di eventuali tavelloni;
- Inserimento di catene metalliche, alla quota del solaio di piano primo, per "spezzare" la luce delle pareti dei due prospetti principali, disposte in direzione perpendicolare rispetto all'orditura del solaio varesi.

Si rimanda agli elaborati grafici di progetto per una migliore e più attenta disamina degli interventi.

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La verifica dell'edificio oggetto di studio è stata svolta secondo le seguenti normative vigenti:

- D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC 2008)
- Circolare 02/02/2009 n° 617/C.S.LL.PP.

4. MATERIALI

Grazie alla campagna di indagine messa in atto da LiFE srl è stato possibile raggiungere un **livello di conoscenza LC2** del fabbricato, secondo quanto indicato nelle NTC del 2008 ed in particolare nella Circolare applicativa del 2009.

4.1 MURATURA IN MATTONI PIENI E EMALTA DI CALCE (CIRCOLARE 09 §C8A)

Per quando riguarda la muratura, essendo un materiale esistente si sono seguite le indicazioni riportate nel capitolo 8 della Circolare del 2009 relativa alle NTC2008.

Al Livello di Conoscenza LC2, cui corrisponde un fattore di confidenza $FC=1.20$.

Per questo sono stati adottati i valori MEDI di resistenza e MEDI di elasticità riportati nella tabella C8A.2.1 della Circolare, relativi alla voce "muratura in mattoni semipieni con malta cementizia".

$$\gamma = 1800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$f_{cm} = 32 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_0 = 0.76 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$E = 1500 \text{ MPa}$$

$$G = 500 \text{ MPa}$$

I parametri di progetto si ottengono dai sopra esposti valori "medi" fattorizzati per FC e per il coefficiente di sicurezza sul materiale, pari a 3 secondo quanto indicato al capitolo 4.5.6 delle NTC2008 nella tabella 4.5.II.

Si ottengono i seguenti valori di calcolo dei parametri meccanici di resistenza.

$$f_{cd} = 8.89 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$\tau_{0d} = 0.21 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

TABELLA C8.A.1.1

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1		verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.35
LC2	Rilievo muratura, volte, solai, scale.		Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3	Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ 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 C8.A.2.1

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²)	τ_0 (N/cm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (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 $\leq 40\%$)	500 800	24 32	3500 5600	875 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

4.2 LEGNO ESISTENTE (CNR206/2007 - NTC 2008 §4.4 – CIRCOLARE 09 §C8A)

Il legno esistente è stato trattato secondo quanto indicato sia nelle CNR 206/2007 che nella Circolare esplicativa delle NTC2008 relativamente ai materiali esistenti.

Perr il legno si è considerato un fattore di confidenza $FC=1.35$, relativo ad un livello di conoscenza LC1, a causa della scarsa conoscenza del materiale. Tuttavia si precisa come non siano stati rilevati particolari e significativi punti di degrado ed ammaloramento del materiale.

Si è deciso di adottare, come tipologia di legno massello, un *legno di pioppo squadrato* che secondo quanto riportato nelle CNR 206/2007, presenta le seguenti caratteristiche meccaniche per il legno di provenienza italiana si ricavano dalla tabella 18-3, di seguito riportata.

Proprietà		Castagno / Italia	Querce caducifoglie / Italia	Pioppo e Ontano / Italia	Altre Latifoglie / Italia
		S	S	S	S
Flessione (5-percentile), MPa	$f_{m,k}$	28	42	26	27
Trazione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,0,k}$	17	25	16	16
Trazione perpendicolare alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{t,90,k}$	0.5	0.8	0.4	0.5
Compressione parallela alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,0,k}$	22	27	22	22
Compressione perpendi-colare alla fibratura (5-percentile), MPa	$f_{c,90,k}$	3.8	5.7	3.2	3.9
Taglio (5-percentile), MPa	$f_{v,k}$	2.0	4.0	2.7	2.0
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (medio), MPa ($\times 10^3$)	$E_{0,mean}$	11	12	8	11.5
Modulo di elasticità parallelo alla fibratura (5-percentile), MPa ($\times 10^3$)	$E_{0,05}$	8	10.1	6.7	8.4
Modulo di elasticità perpen dicolare alla fibratura -(medio), MPa ($\times 10^2$)	$E_{90,mean}$	7.3	800	5.3	7.7
Modulo di taglio (medio), MPa ($\times 10^2$)	G_{mean}	9.5	750	5	7.2
Massa volumica (5-percentile), kg/m ³	r_k	465	760	420	515
Massa volumica (media), kg/m ³	r_{mean}	550	825	460	560

Il generico valore di progetto si ricava da quello caratteristico mediante la relazione:

$$X_d = \frac{K_{mod} X_k}{\gamma_m} \frac{1}{FC}$$

dove:

X_k è il valore caratteristico di interesse;

K_{mod} è il coefficiente di correzione che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico che dell'umidità della struttura, nel caso in esame pari a 0.8.

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Legno lamellare incollato	EN 14080	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Microlamellare (LVL)	EN 14374, EN 14279	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

γ_m è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, pari a 1.50;

Tabella 4.4.III -Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	γ_M
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	1,00

FC è il fattore di confidenza in funzione del livello di conoscenza raggiunto, pari a 1.20.

Si riportano i valori di progetto utilizzati nei calcoli a seguire.

$$f_{m,d} = 11.56 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 7.11 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 9.78 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 1.42 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1.2 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 8000 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 460 \text{ kg / m}^3$$

4.3 CALCESTRUZZO C25/30 (NTC 2008 §4.4)

La resistenza a compressione di progetto del calcestruzzo f_{cd} si calcola come segue:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

dove:

f_{ck} è la resistenza di compressione caratteristica del materiale;

α_{cc} è il coefficiente riduttivo per la resistenza di lunga durata, pari a 0.85;

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5.

Si ottiene un valore di progetto pari a:

$$f_{cd} = 14.17 \text{ MPa}$$

La resistenza a trazione di progetto f_{ctd} è calcolata come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c}$$

dove:

f_{ctk} è la resistenza a trazione caratteristica del materiale, pari a $0.7 \cdot f_{ctm}$ corrispondente ad un frattile del 5% e $1.3 \cdot f_{ctm}$ corrispondente ad un frattile del 95%, con f_{ctm} resistenza media a trazione semplice pari a:

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} \quad (\text{per classi di calcestruzzo } < \text{C50/60});$$

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5.

Si ottengono i seguenti valori:

$$f_{ctm} = 2.56 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,5\%} = 1.8 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk,95\%} = 3.4 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} = 1.2 \text{ MPa}$$

Per il modulo elastico istantaneo del calcestruzzo c assunto quello secante tra la tensione nulla e $0.4 \cdot f_{cm}$, determinato sulla base di apposite prove.

In sede di progettazione si assume il valore di:

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left(f_{cm} / 10 \right)^{0.3}$$

Si ottiene, $E_{cm} = 31476 \text{ MPa}$

4.4 ACCIAIO B450C (NTC 2008 §4.4)

Si adotta acciaio **B450C** caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

$$f_{y,nom} \quad 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,nom} \quad 540 \text{ N/mm}^2$$

E deve rispettare i seguenti requisiti indicati nella tabella (T.U. tab. 11.3.lb)

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y,nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t,nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10ϕ	

La resistenza di calcolo a snervamento si ottiene come segue:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

dove:

f_{yk} è la resistenza caratteristica a snervamento del materiale;

γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari a 1.15.

La tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo f_{bd} è dalla seguente relazione:

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c}$$

dove:

f_{bk} è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza data dalla formula:

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk}$$

con η pari a 1 per barre aventi diametro inferiore a 32mm;

γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5.

Nel caso di armature molto addensate o ancoraggi in zona di calcestruzzo teso, la resistenza di aderenza va ridotta dividendola per almeno 1.5.

Il modulo di elasticità dell'acciaio è assunto pari a 200000 MPa.

4.5 LEGNO LAMELLARE GL24H(CNR206/2007 - NTC 2008 §4.4 – CIRCOLARE 09 §C8A)

Il nuovo legno lamellare di progetto è il GL24h.

Di seguito si riporta la tabella della CNR 206/2007 dove vengono indicati i valori caratteristici del materiale.

Tabella 18-4-Classi di resistenza per legno lamellare di conifera omogeneo e combinato(EN1194)

Valori caratteristici di resistenza e modulo elastico		GL24h	GL24c	GL28h	GL28c	GL32h	GL32c	GL36h	GL36c
Resistenze (MPa)									
flessione	$f_{m,g,k}$	24		28		32		36	
trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,g,k}$	16.5	14.0	19.5	16.5	22.5	19.5	26	22.5
trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,g,k}$	0.40	0.35	0.45	0.40	0.50	0.45	0.60	0.50
compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,g,k}$	24.0	21.0	26.5	24.0	29.0	26.5	31.0	29.0
compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,g,k}$	2.7	2.4	3.0	2.7	3.3	3.0	3.6	3.3
taglio	$f_{v,g,k}$	2.7	2.2	3.2	2.7	3.8	3.2	4.3	3.8
Modulo elastico (GPa)									
modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,g,mean}$	11.6	11.6	12.6	12.6	13.7	13.7	14.7	14.7
modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,g,05}$	9.4	9.4	10.2	10.2	11.1	11.1	11.9	11.9
modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,g,mean}$	0.39	0.32	0.42	0.39	0.46	0.42	0.49	0.46
modulo di taglio medio	$G_{g,mean}$	0.72	0.59	0.78	0.72	0.85	0.78	0.91	0.85
Massa volumica (kg/m ³)									
Massa volumica caratteristica	$\rho_{g,k}$	380	350	410	380	430	410	450	430

Il generico valore di progetto si ricava da quello caratteristico mediante la relazione:

$$X_d = \frac{K_{mod} X_K}{\gamma_m}$$

dove:

X_K è il valore caratteristico di interesse;

K_{mod} è il coefficiente di correzione che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia della durata del carico che dell'umidità della struttura, nel caso in esame pari a 0.8.

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico				
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea
Legno massiccio	EN 14081-1	1	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Legno lamellare incollato	EN 14080	2	0.60	0.70	0.80	0.90	1.10
Microlamellare (LVL)	EN 14374, EN 14279	3	0.50	0.55	0.65	0.70	0.90

γ_m è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale, pari a 1.45;

Tabella 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	γ_M
- combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50
- combinazioni eccezionali	1,00

Si riportano i valori di progetto utilizzati nei calcoli a seguire.

$$f_{m,d} = 13.24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = 9.10 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = 13.24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = 1.49 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = 1.49 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$$

$$\gamma = 380 \text{ kg / m}^3$$

4.6 NUOVA MURATURA (NTC 2008 §4.4 - §11.10)

Per quando riguarda le nuove porzioni di muratura da realizzarsi si prescrive l'utilizzo di mattoni pieni e malta cementizia tipo M10.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche verranno riportate nel seguito quelle fornite di progetto, che rispettano i requisiti minimi definiti dalle NTC2008 al capitolo 7.8.1.2, qui di seguito riportati.

“.....

- *Percentuale volumetrica dei vuoti non superiore al 45% del volume totale del blocco;*
- *Eventuali setti disposti parallelamente al piano del muro continui e rettilinei, le uniche interruzioni ammesse sono quelle in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;*
- *Resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante (f_{bk}), calcolato sull'area al lordo delle forature, non inferiore a 5 MPa;*
- *Resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante, ossia nel piano di sviluppo della parete (\bar{f}_{bk}), calcolata nello stesso modo, non inferiore a 1.5 MPa.*

La malta di allettamento per la muratura ordinaria deve avere resistenza media non inferiore a 5 MPa...”

Le caratteristiche meccaniche dei blocchi adottati sono:

$$f_{bk} \geq 10 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\bar{f}_{bk} \geq 1.5 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\varphi = 0\%$$

$$\gamma = 1800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Considerando una malta di tipo M10 e considerando i valori minimi di resistenza del mattone, mediante la tabella riportata al capitolo 11.10.3 delle NTC2008 si ricavano in via semplificata le caratteristiche meccaniche della muratura.

Tabella 11.10.V - Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)

Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento N/mm^2	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2,5
2,0	1,2	1,2	1,2	1,2
3,0	2,2	2,2	2,2	2,0
5,0	3,5	3,4	3,3	3,0
7,5	5,0	4,5	4,1	3,5
10,0	6,2	5,3	4,7	4,1
15,0	8,2	6,7	6,0	5,1
20,0	9,7	8,0	7,0	6,1
30,0	12,0	10,0	8,6	7,2
40,0	14,3	12,0	10,4	--

Tabella 11.10.VII - Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm^2)

Tipo di elemento resistente	Resistenza caratteristica a compressione f_{bk} dell'elemento	Classe di malta	f_{vk0} (N/mm^2)
Laterizio pieno e semipieno	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,30
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,20
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10
Calcestruzzo; Silicato di calcio; Cemento autoclavato; Pietra naturale squadrata.	$f_{bk} > 15$	$M10 \leq M \leq M20$	0,20
	$7,5 < f_{bk} \leq 15$	$M5 \leq M < M10$	0,15
	$f_{bk} \leq 7,5$	$M2,5 \leq M < M5$	0,10

$$f_k = 5.3 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$f_{vk0} = 0.2 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$E = 5300 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$G = 2120 \text{ N} / \text{mm}^2$$

$$\gamma = 1800 \text{ kg} / \text{m}^3$$

5. ILLUSTRAZIONE SINTETICA

Di seguito si riporta l'illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale, come indicato al paragrafo B.2.2. dell'Allegato B alla DGR 1373 del 2011.

a) DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO E DEL SITO	L'intervento riguarda un fabbricato sito nel Comune di Ferrara (FE), in via Gramicia ed è di proprietà dell'Università degli Studi di Ferrara (UNIFE).
b) DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA E DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	<p>La struttura è un fabbricato in muratura di mattoni pieni e malta di calce che si sviluppa su due piani fuori terra. Il solaio interpiano e di sottotetto è realizzato con travetti varese e interposti tavelloni di laterizio. Il solaio di copertura è in legno. Le murature portanti sono a due e una testa.</p> <p>Il progetto di miglioramento sismico al 60% prevede i seguenti interventi principali:</p> <ul style="list-style-type: none">• Nuova copertura in legno, con contestuale realizzazione di cordoli in c.a. collegati alle murature perimetrali e di spina;• Ammorsamento dei maschi murari fra loro ortogonali;• Ringrosso di pareti in muratura ad una testa che si trovano al piano primo e sottotetto;• Nuovo controsoffitto in cartongesso previa demolizione dei tavelloni in corrispondenza del solaio di sottotetto con contestuale fissaggio delle tramezzature interne mediante profili metallici;• Nuovo controsoffitto antisfondellamento all'intradosso del primo solaio;• Inserimento di catene in corrispondenza

	del primo solaio.	
c) NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> T.U. - NTC, Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. 14 gennaio 2008; Circolare n.617 del 2 Febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove NTC di cui al D.M. 14 Gennaio 2008; 	
d) DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO DELL'AZIONE SISMICA	Coordinate: Long. 11.632611, Lat. 44.850398 $V_n = 50 \text{anni}$, $C_u = 1.0$, $V_R = 50 \text{anni}$	
e) DESCRIZIONE DEI MATERIALI DI PROGETTO	Calcestruzzo C25/30 (vedi cap. 4.3) Acciaio per c.a. B450C (vedi cap. 4.4) Legno Lamellare GL24h (vedi cap. 4.5) Muratura in mattoni pieni (vedi cap. 4.6)	
f) CRITERI DI PROGETTAZIONE	Gli interventi di progetto hanno seguito i dettami indicati nella NTC del 2008 relativamente alle azioni sismiche §3.2 e alle relative verifiche sugli elementi strutturali §7. Si sono seguiti inoltre le indicazioni riportate nella Circolare del 2009 relativamente alle costruzioni esistenti §C8 e §C8A..	
g) PRINCIPALI COMBINAZIONI DI CARICO	$\gamma_{G1} = 1.3$ SLU: $\gamma_{G2} = 1.5$ $\gamma_Q = 1.5$	$\gamma_{G1} = 1.0$ SLE: $\gamma_{G2} = 1.0$ $\gamma_Q = 1.0$
h) TIPO DI ANALISI	L'analisi eseguita è l'analisi statica non lineare (analisi push-over), come indicato al §7.3.4 delle NTC del 2008.	
i) CRITERI DI VERIFICA	SLV – Verifica di resistenza SLD – Verifica degli spostamenti	
j) RAPPRESENTAZIONI DELLE CONFIGURAZIONI DEFORMATE	Si rimanda al capitolo 7.5 della presente relazione di calcolo.	
k) CODICE DI CALCOLO	3MURI versione 10.0.0	
m) INDICAZIONE DELLA CATEGORIA DI INTERVENTO	Intervento di MIGLIORAMENTO sismico.	
n) DESCRIZIONE STRUTTURA	La struttura è un fabbricato in muratura di mattoni pieni e malta di calce che si sviluppa su due piani fuori terra. Il solaio interpiano e di sottotetto è	

	realizzato con travetti varesi e interposti tavelloni di laterizio. Il solaio di copertura è in legno. Le murature portanti sono a due e una testa.
--	---



TECNICI:
Ing. Francesco Pirani
COLLABORATORE:
Ing. Matteo Vincenzi