

COMUNE DI MONTEFIORINO

Provincia di Modena

**Miglioramento sismico e consolidamento fondazioni della scuola
dell'infanzia H. C. Andersen**

COMMITTENTE: Comune di Montefiorino

Località: Pianellino

DOCUMENTO DI SINTESI

ELABORATO: 5

Montefiorino, Novembre 2015

**IL PROGETTISTA e D.L.
DELLE STRUTTURE
GIUSTI ing. Giovanni**

Con riferimento a:

- Norme Tecniche sulle Costruzioni – NTC08 – DM 14/01/2008;
- Circolare n. 617 C.S.LL.PP del 02/02/2009;
- DPCM 09/02/2011;
- Allegato B della delibera 1373/2011 della RER

si relaziona quanto segue con attinenza alla tipologia dell'intervento di miglioramento in progetto:
consolidamento fondazioni (pali di sottofondazione perimetrali e platea nucleo centrale e ingresso principale)
e costruzione nuovi setti in muratura armata.

Illustrazione sintetica degli elementi essenziali del progetto strutturale:

CONTESTO EDILIZIO E CARATTERISTICHE GENERALI

Il fabbricato esistente, realizzato nel 1993, ha struttura portante in elevazione in muratura con fondazioni dirette in c.a., solaio al piano terra su cavedio in laterocemento, ballatoio ad anello in c.a. al 1° piano e solai di copertura in laterocemento.

A seguito dell'insorgenza di lesioni nelle strutture murarie in elevazione, riconducibili a cedimenti in fondazione, l'Amministrazione Comunale ha provveduto negli anni 2003 e 2005 ad un primo consolidamento tramite esecuzione di micropali di sottofondazione del lato sud, inserimento di catene a livello del ballatoio e, da ultimo, iniezione di resine per il consolidamento del terreno di fondazione, su parte dei lati nord, ovest e interni.

STRUTTURA DESCRIZIONE STRUTTURA:

L'edificio della scuola H. C. Andersen è a pianta pressoché quadrata, dim. 22.80*22.90 m, su due piani fuori terra; il piano terra è adibito agli spazi della scuola materna (aule, mensa, dormitori, cucina e locali di servizio), mentre il primo piano è limitato all'atrio centrale sul quale forma un doppio volume. L'atrio centrale ha dimensioni di 9.50*9.50 m.

Le strutture portanti dell'edificio consistono in:

Fondazioni:	Travi continue in c.a.. Sul lato sud le fondazioni sono state rinforzate nel 2003 mediante l'inserimento di micropali.
Muri:	Muratura ordinaria in laterizi
Solaio:	Laterocemento
Copertura:	Laterocemento

Si sottolinea che le murature portanti sono costituite da:

- un anello interno che delimita l'atrio centrale;
 - un anello esterno perimetrale dell'edificio con rientranza in corrispondenza dell'ingresso all'edificio;
- in muratura ordinaria.

A livello del sovrizzo, lungo il perimetro esterno della parte centrale, esiste un ballatoio accessibile dalla scala interna.

L'accesso principale all'edificio è posto sul lato sud ed immette nell'atrio centrale.

Al piano terra è stato realizzato un solaio, su intercapedine, appoggiato alle travi di fondazione, non esistono altri orizzontamenti ad esclusione del ballatoio in c.a. sopradescritto.

La copertura è a quattro falde ed è posta su due livelli.

TIPOLOGIA INTERVENTO:

L'intervento è di manutenzione straordinaria per il miglioramento strutturale dell'edificio

Si tratta di un **intervento di miglioramento** su fabbricato esistente.

DESTINAZIONE D'USO:	Destinazione d'uso del fabbricato, sia Scuola dell'infanzia di fatto che di progetto:		
NORMATIVA TECNICA:	Il progetto è redatto nel rispetto di: <ul style="list-style-type: none"> - Norme Tecniche per le Costruzioni NTC08 di cui al DM 14/01/2008; - Circolare 2/2/2009 n. 617 C.S.LL.PP. 		
PRESCRIZIONI SISMICHE DEGLI STRUMENTI URBANISTICI:	Gli strumenti urbanistici del Comune di Montefiorino non impongono particolari prescrizioni sismiche per la zona interessata.		
PARAMETRI SISMICI			
Zona sismica del sito	3		
Coordinate geografiche del sito (32T):	Lat. 44,3548°	Long. 10,6215°	
Vita nominale:	V_N	50	Opere ordinarie
Classe d'Uso		III	$C_U = 1.5$ Affollamenti significativi
Periodo di riferimento	$V_R = V_N * C_U$	50	anni
Categoria del sottosuolo		C	
Categoria topografica		T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
Amplificazione topografica	S_T	1.2	
Coeff.te di sottosuolo	S_S	1.42	
Coeff.te di amplificazione	$S = S_S * S_T$	1.704	
Fattore di struttura:	$q = q_0 * K_R$	1	Valore assegnata
Accelerazione orizzontale massima al sito:	$a_g = 0.184$ [g]		
MATERIALI	Struttura	Materiale	Classe di res.za
	Fondazioni (pali, platea, travi continue e colonne)	Cls per c.a.:	C25/30
	Mensole	Acciaio	B450C
	Ancoraggi	Acciaio	S275
	Muratura armata	Resina	Hilti HIT-RE500
		Laterizi semipieni	$f_{v,k} = 275 \text{ N/mm}^2$
		Barre di acciaio B450C	
CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE			
Classe di duttilità	Bassa		
Tipologia strutturale	Muratura di laterizi semipieni		
Fattore di struttura	$q = q_0 * K_R$	1 (Valore assegnato)	
Stati limite	SLV	Sato limite di salvaguardia della vita	
	SLD	Stato limite di danno	
Giunti di separazione	Non presenti		
Elementi non strutturali:	Criteri:	Si determinano le azioni sismiche ai sensi del punto 7.2.3 delle NTC08 e si procede alle verifiche richieste.	
Impianti:	Criteri:	Non sono presenti impianti significativi.	
Fondazioni	Esistenti:	Continue in c.a. con sottofondazioni lato sud (micropali)	
	Progetto:	Sottofondazioni perimetro esterno in pali trivellati in c.a., trave di coronamento e mensole in acciaio.	

Strutture in elevazione Esistenti: Platea in c.a. atrio centrale e ingresso principale.
 Progetto: Muratura portante
 Inserimento di 4 nuovi setti in muratura armata confinati da colonne in c.a.

Schemi statici adottati: Struttura in muratura modellata agli elementi finiti con telai equivalenti su fondazioni su pali per il perimetro esterno, su platea per l'atrio e travi continue per i setti murari portanti il solaio del piano terra e i nuovi setti di controventamento in muratura armata.

COMBINAZIONI DELLE AZIONI

		Coefficienti			
		Parziali			Comb.ne
		γ_{G1}	γ_{G2}	γ_{Q1}	ψ_{21}
SLV	$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_{Q1} * Q$	1.3	1.5	1.5	
SLD	$G_1 + G_2 + \psi_{21} * Q$				0.3

METODO DI ANALISI

Trattandosi di intervento di miglioramento, ai sensi delle NTC08 p.to 8.4.2 e Circ. 2/2/2009 n. 617 p.to: C8.4.2, si è proceduto alla modellazione completa delle strutture, agli elementi finiti; le verifiche sono state condotte con analisi statica lineare.

CRITERI DI VERIFICA CON AZIONE SISMICA

SLV Verifica di resistenza dei setti murari e delle strutture in c.a.
 SLD Verifica degli spostamenti ai sensi del P.to 7.3.7.2

DIAGRAMMI SOLLECITAZIONI E DEFORMAZIONI

Si riportano in calce i diagrammi più significativi

AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita sia dall'esistenza della documentazione di supporto al programma che dall'esperienza di calcolo maturata che dai riscontri effettuati.
 La presenza di un modulo CAD per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti.
 Le rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura consentono un rapido controllo dell'attendibilità dei risultati.
 Al termine dell'elaborazione viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

STRUTTURE DI FONDAZIONE: fasi di realizzazione dell'opera, pressioni, cedimenti, stabilità terreno-fondazione

Per quanto attiene le fondazioni l'intervento è di consolidamento mediante l'esecuzione di:

1. Pali di sottofondazione trivellati in c.a., trave di coronamento e mensole di collegamento per il perimetro esterno delle murature portanti. I pali di fondazione sono stati calcolati, a favore di sicurezza, con i carichi trasmessi dalle strutture sovrastanti nell'ipotesi di assenza di reazione del terreno nelle fondazioni esistenti. I carichi sono trasmessi dalla struttura in elevazione ai pali mediante mensole in acciaio.
2. Platea di fondazione in c.a. e mensole di collegamento per l'atrio centrale e l'ingresso

principale. La platea centrale di fondazione è stata calcolata, a favore di sicurezza, con i carichi trasmessi dalle strutture sovrastanti nell'ipotesi di assenza di reazione del terreno nelle fondazioni esistenti. I carichi sono trasmessi dalla struttura in elevazione alla platea mediante mensole in acciaio. Le fondazioni dei setti in c.a. porta solaio e dei nuovi setti in muratura armata sono di tipo diretto in c.a. (fondazioni continue).

Le verifiche di tutti i pali di sottofondazione sono riportate nell'elaborato 3.1 – Relazione di calcolo dei pali di fondazione.

Le verifiche della platea di fondazione e delle mensole in acciaio sono riportate nell'elaborato 3.2 - Relazione di calcolo..

Le pressioni massime sul terreno di fondazione, nell'ipotesi di presenza di pali e platea, sono compatibili con la pressione limite del terreno di fondazione.

CATEGORIA DI INTERVENTO

Miglioramento

LIVELLI DI CONOSCENZA

LC2
FC= 1.20

Si è adottato il livello di conoscenza LC2 in ragione di:

- Documentazione progettuale completata depositata per la costruzione originaria, completa di certificati di prova dei materiali (cls e acciaio) e di collaudo statico. Le caratteristiche tecniche e dimensionali delle strutture sono state riscontrate mediante numerosi sondaggi effettuati in sede di verifica di sicurezza.
- Documentazione progettuale completa dell'intervento di sottofondazione ed inserimento catene successivo alla costruzione.

Le proprietà meccaniche delle murature sono tratte da: Tabella C8A.2.1 delle NTC08 – Muratura in pietre a spacco di buona tessitura.

RISULTATI PIU' SIGNIFICATIVI IN TERMINI DI SICUREZZA

Livelli di sicurezza

Sono valutati allo SLV come segue:

Condizioni statiche:

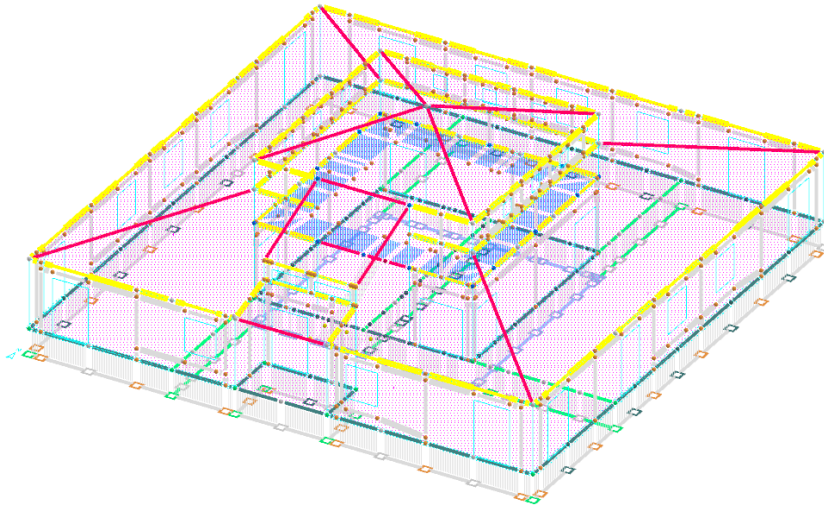
In condizioni statiche non sismiche (carichi variabili, permanenti e peso proprio strutturale) di progetto tutti gli elementi strutturali risultano verificati a meno del setto murario posto a lato destro dell'ingresso che non è verificato a pressoflessione per carichi laterali (sismica fuori piano). Si veda in merito la relazione di calcolo ed i diagrammi allegati.

Condizioni sismiche:

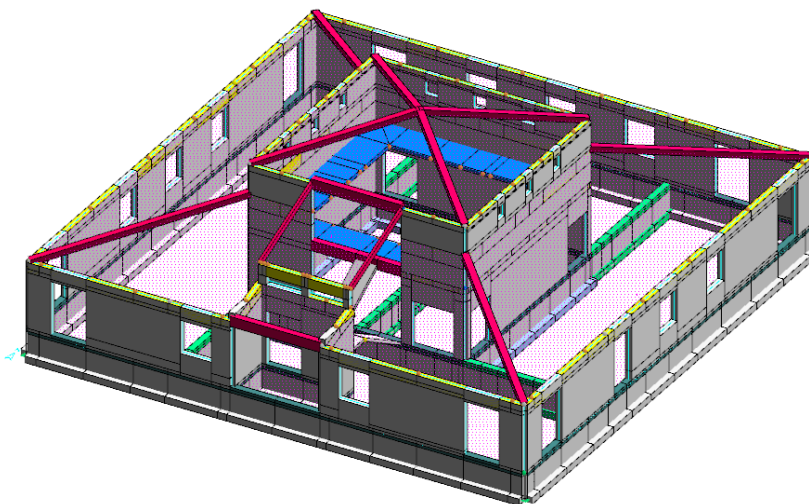
In condizioni sismiche di progetto con azione al 60%, $SLU+(SismaX, SismaY)*0.60$ risultano alcuni maschi murari e fasce di piano non verificati, i maschi in muratura armata di nuova costruzione risultano verificati. Si veda in merito la relazione di calcolo ed i diagrammi allegati.

DIAGRAMMI ANTE-OPERAM

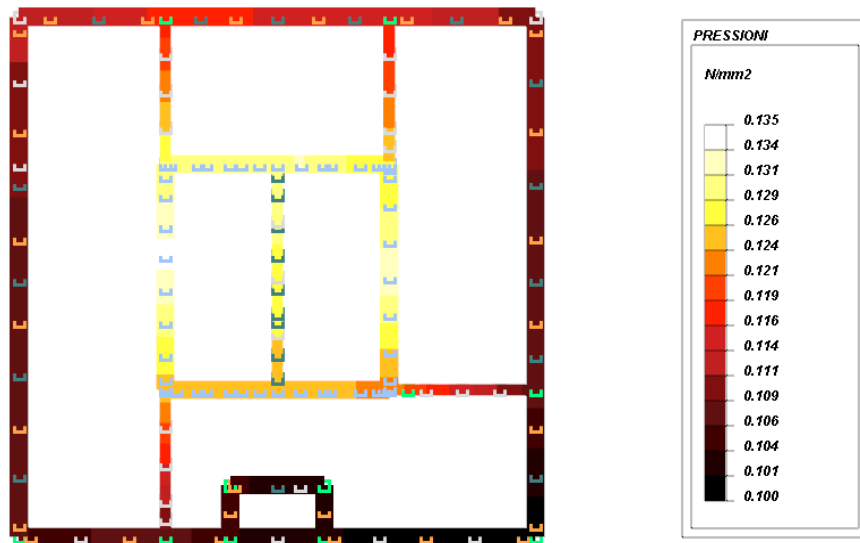
Schema strutturale 3D agli elementi finiti – telai equivalenti



Schema strutturale 3D agli elementi finiti con ingombri:



Pressioni sul terreno di fondazione allo SLU-GEO



→ X

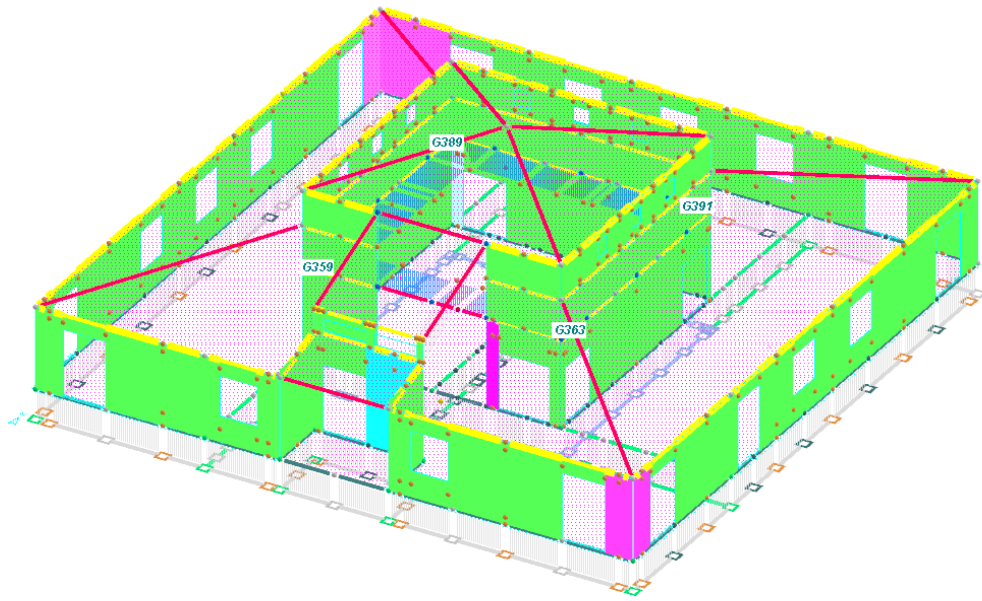
Allo SLU-GEO la pressione limite sul terreno, nella situazione ante-operam, è di $0.135 N/mm^2$ che risulta superiore alla pressione limite determinata in $0.117 N/mm^2$ (Rif. Elaborato 2 – Relazione geotecnica).

La situazione attuale giustifica i cedimenti avvenuti, sia per il superamento del carico limite che per l'eterogeneità del terreno di fondazione, e motiva la necessità dell'intervento di consolidamento delle strutture di fondazione in progetto.

Verifica complessiva delle murature nello stato di fatto allo SLU statico (non sismico).

Si sottolinea che il colore:

- Verde: evidenzia i maschi murari verificati;
- Magenta: evidenzia i maschi murari non verificati a pressoflessione nel piano;
- Giallo: evidenzia i maschi murari non verificati a taglio;
- Ciano: evidenzia i maschi murari non verificati a pressoflessioni ortogonale al piano.



Riassunto problematiche ante-operam caso statico:

M0006 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.577241 < 1$. Caso non sismico con coeff. sicurezza $< .66$ (non si ammette incremento resistenze $> 50\%$ con FRP)!

M0012 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.918301 < 1$.

M0013 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.526092 < 1$. Caso non sismico con coeff. sicurezza $< .66$ (non si ammette incremento resistenze $> 50\%$ con FRP)!

M0019 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.780572 < 1$.

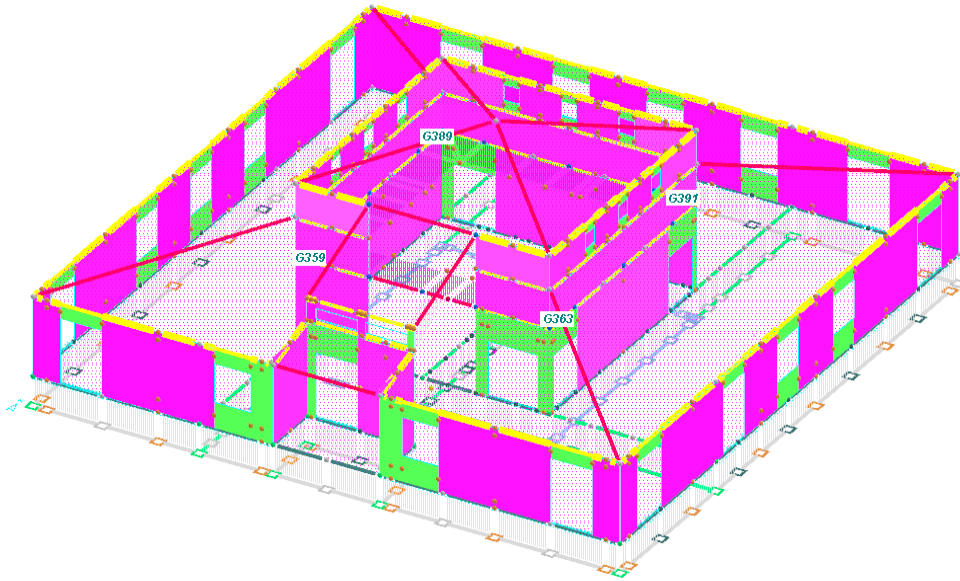
M0026 sforzo normale eccessivo (c.sic 0.875728)

M0026 - pressoflessione per carichi laterali : $M_{rd}/M_y = 0.625048 < 1$.

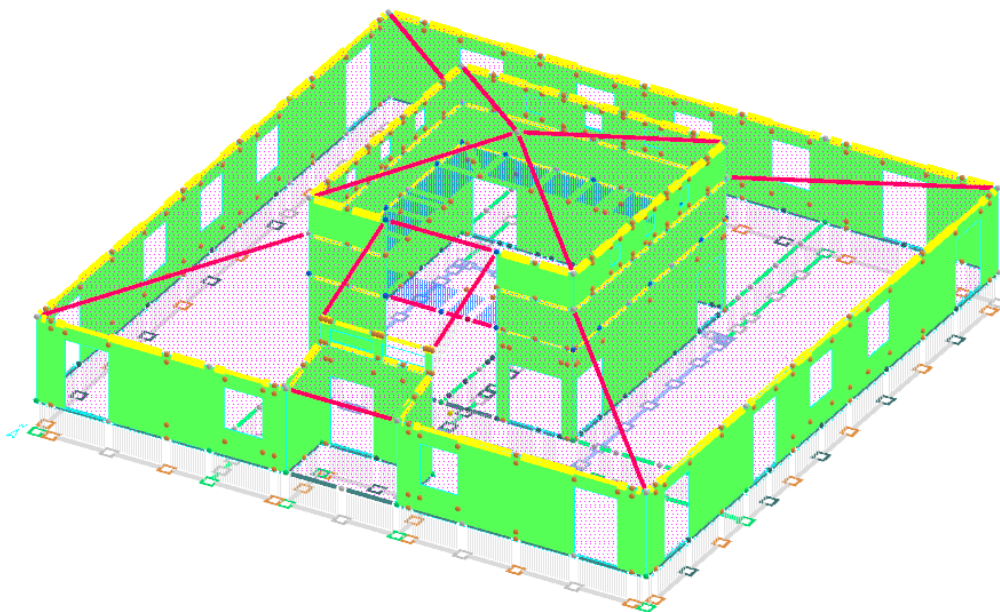
M0033 - pressoflessione per carichi laterali : $M_{rd}/M_y = 0.977608 < 1$.

M0038 - eccentricità $.33t/ e_2 = 0.39 < 1$.- pressoflessione per carichi laterali : $M_{rd}/M_y = 0.000000 < 1$. Caso non sismico con coeff. sicurezza $< .66$ (non si ammette incremento resistenze $> 50\%$ con FRP)!

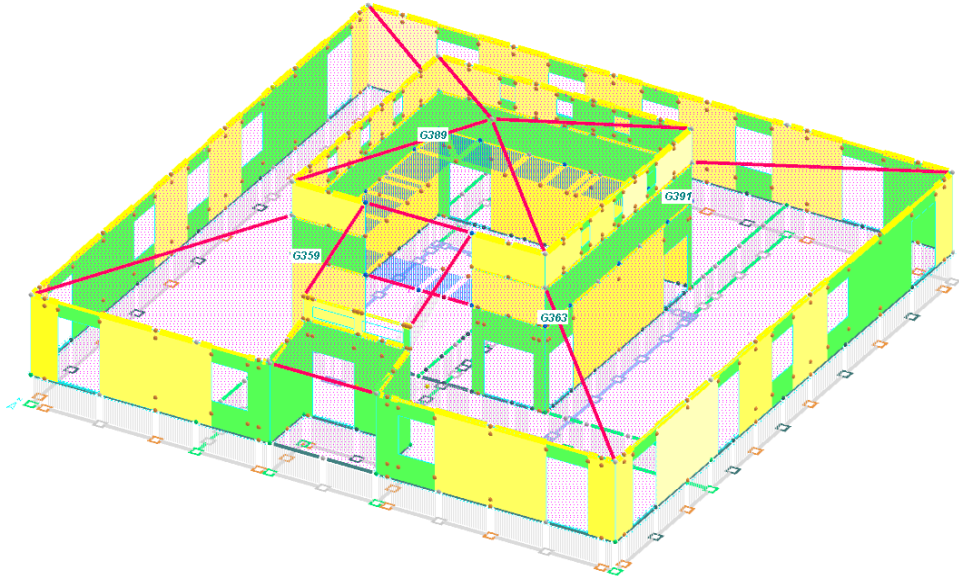
Verifica delle murature nello stato di fatto: pressoflessione nel piano allo $SLU+(S_x, S_y)*0.60$



Verifica delle murature nello stato di fatto: pressoflessione ortogonale nel piano allo $SLU+(S_x, S_y)*0.60$



Verifica delle murature nello stato di fatto: taglio allo $SLU+(S_x, S_y)*0.60$



Riassunto delle problematiche ante-operam caso sismico (Sx+Sy)*0.60:

M0005 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.645630 < 1$.

M0006 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.671422 < 1$.

M0001 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.707403 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.602812 < 1$.

M0002 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.678601 < 1$.

M0008 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.920022 < 1$.

M0009 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.772100 < 1$.

M0010 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.774739 < 1$.

M0011 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.872198 < 1$.

M0012 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.963054 < 1$.

M0013 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.911213 < 1$.

M0014 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.832033 < 1$.

M0015 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.795030 < 1$.

M0016 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.781063 < 1$.

M0017 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.899933 < 1$.

M0019 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.690434 < 1$.

M0020 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.715821 < 1$.

M0021 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.694309 < 1$.

M0022 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.726060 < 1$.

M0023 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.818709 < 1$.

M0024 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.785468 < 1$.

M0025 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.882667 < 1$.

M0049 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.839411 < 1$.

M0034 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.857541 < 1$.

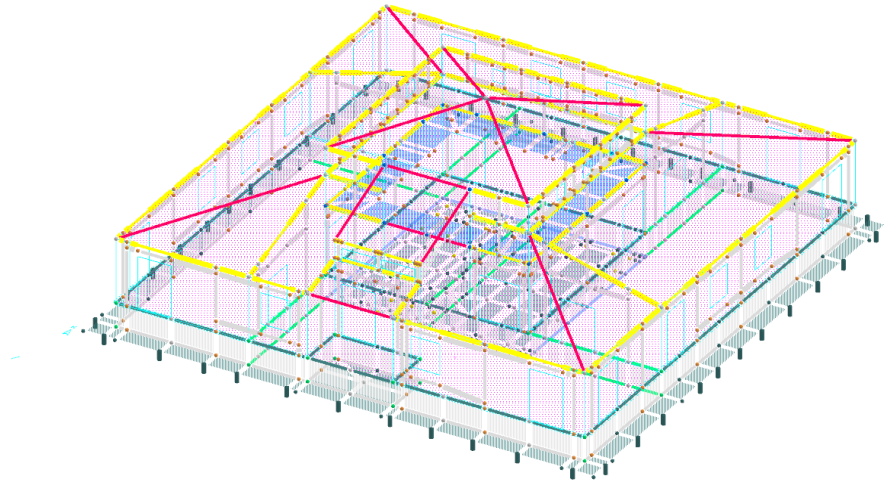
M0051 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.758866 < 1$.

M0052 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = -0.535036 < 1$.

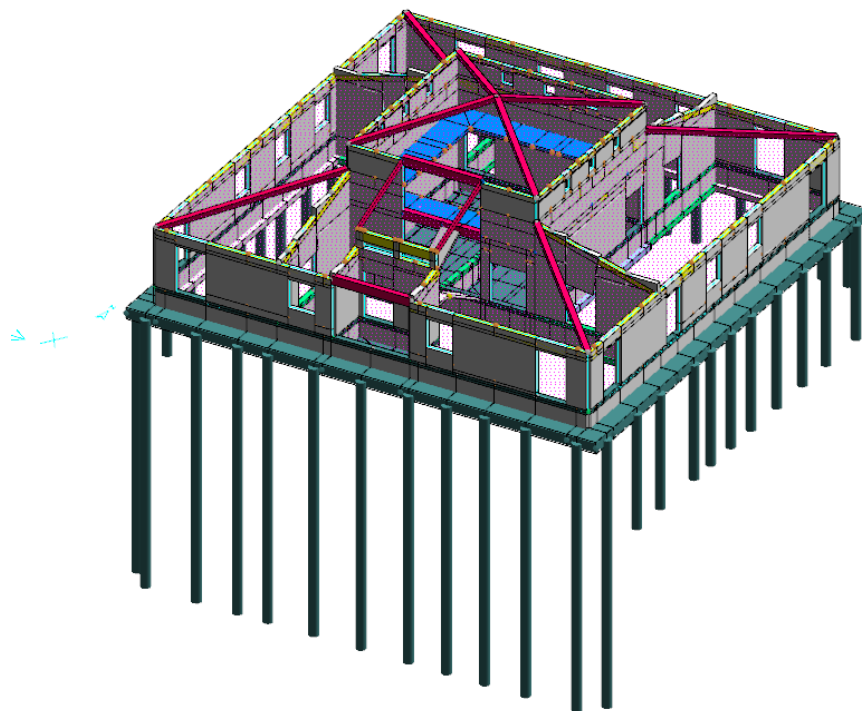
M0053 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = -9.781920 < 1$.

DIAGRAMMI POST-OPERAM

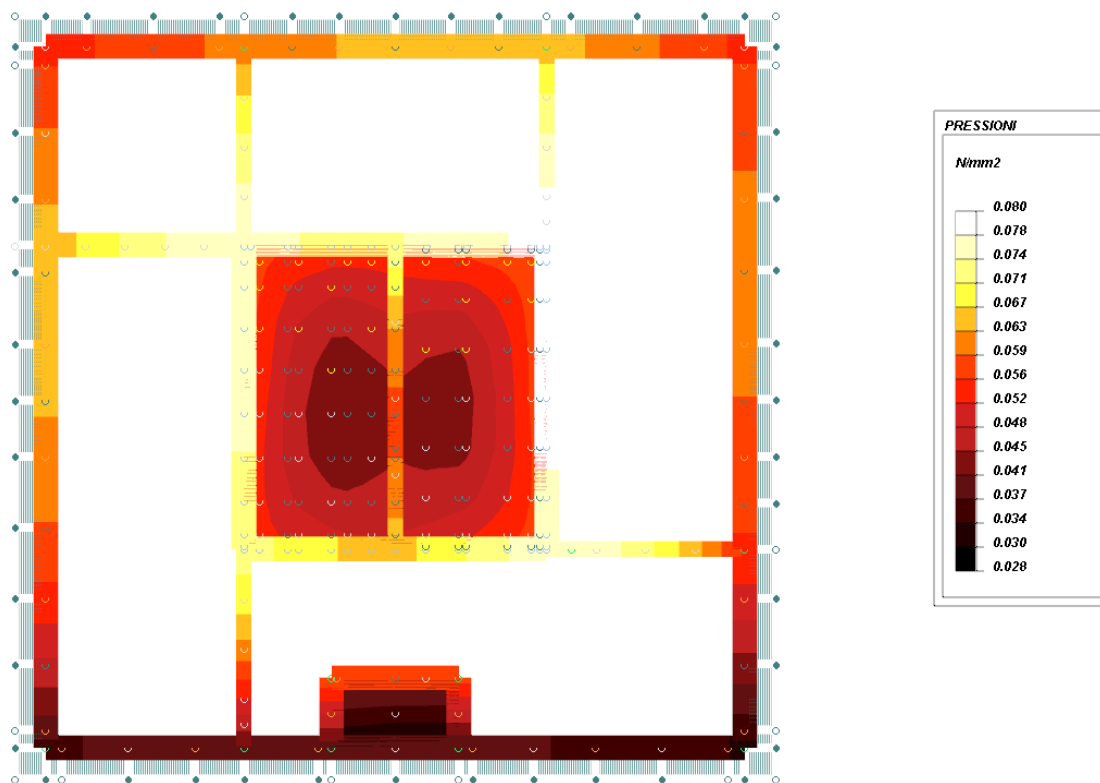
Schema strutturale 3D agli elementi finiti – telai equivalenti



Schema strutturale 3D agli elementi finiti con ingombri:



Pressioni sul terreno di fondazione allo SLU-GEO



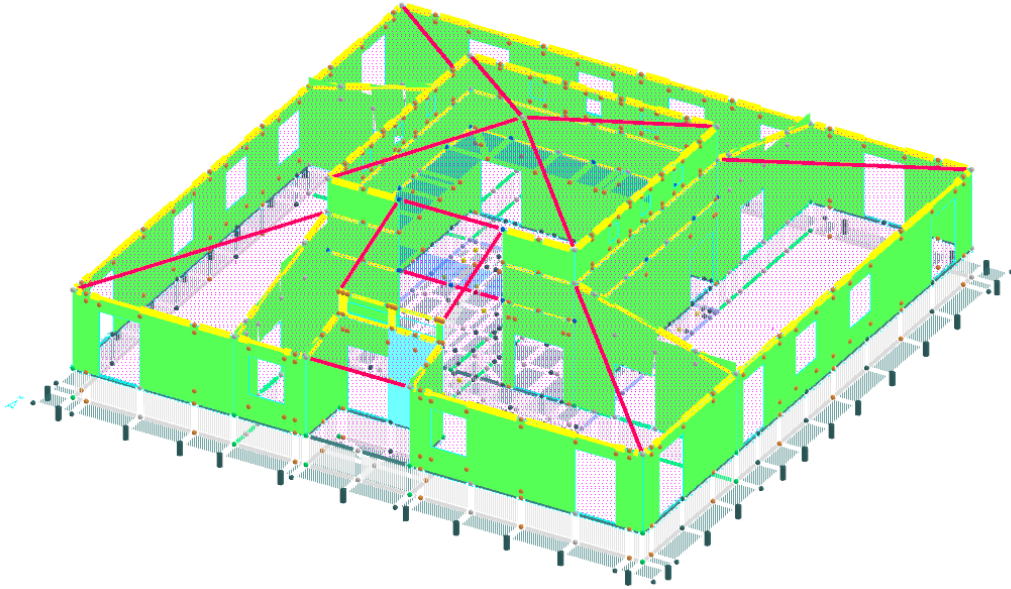
Le pressioni sul terreno sono state calcolate nell'ipotesi di progetto con:

- Terreno alla winkler con modulo $k= 2 \text{ daN/cm}^3$ che tiene conto della presenza delle fondazioni esistenti anche nelle zone ove vengono inseriti i pali e la platea.

Si sottolinea che pali e platea sono stati, invece, verificati a favore di sicurezza con i carichi derivanti dal modello con le fondazioni esistenti considerate senza sottofondo alla winkler e quindi senza reazione del terreno (ipotesi per la quale tutti i carichi verticali sono sostenuti da pali e platea).

Allo SLU-Geo, nella situazione post-operam, la pressione massima sul terreno che le fondazioni possono trasmettere è di 0.08 N/mm^2 inferiore alla pressione limite determinata in 0.117 N/mm^2 (Rif. Elaborato 2 – Relazione geotecnica).

Verifica complessiva delle murature di progetto allo SLU statico (non sismico).



Riassunto problematiche caso statico post-operam:

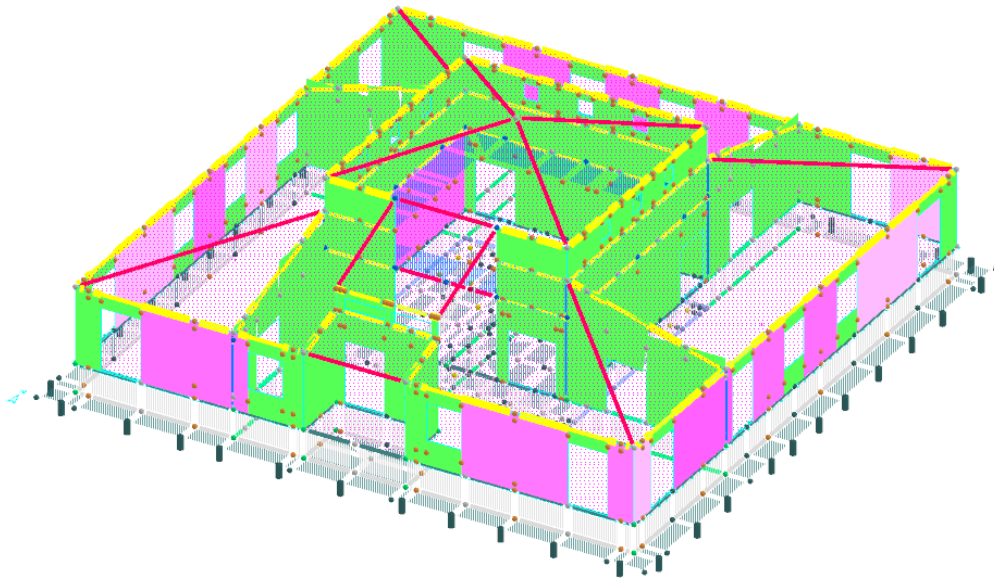
M0038 - eccentricità $.33t/ e2 = 0.40 < 1$.- pressoflessione per carichi laterali : $Mrd/My = 0.830336 < 1$.

M0052 - taglio piano : $Vrd/Vd = -0.459072 < 1$. Caso non sismico con coeff. sicurezza $< .66$

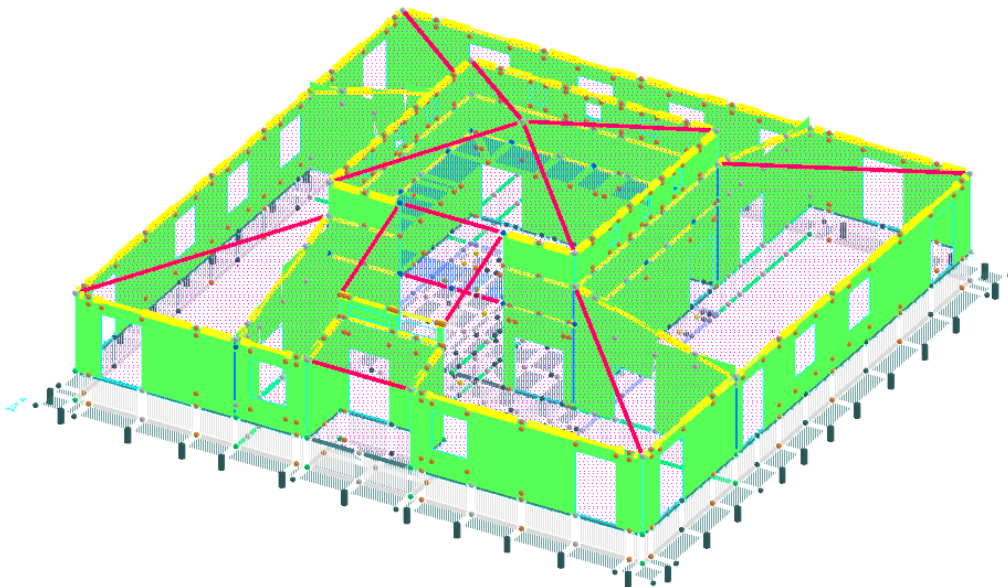
M0053 - taglio piano : $Vrd/Vd = -3.031826 < 1$. Caso non sismico con coeff. sicurezza $< .66$

Si tratta dei maschi murari in corrispondenza dell'ingresso principale.

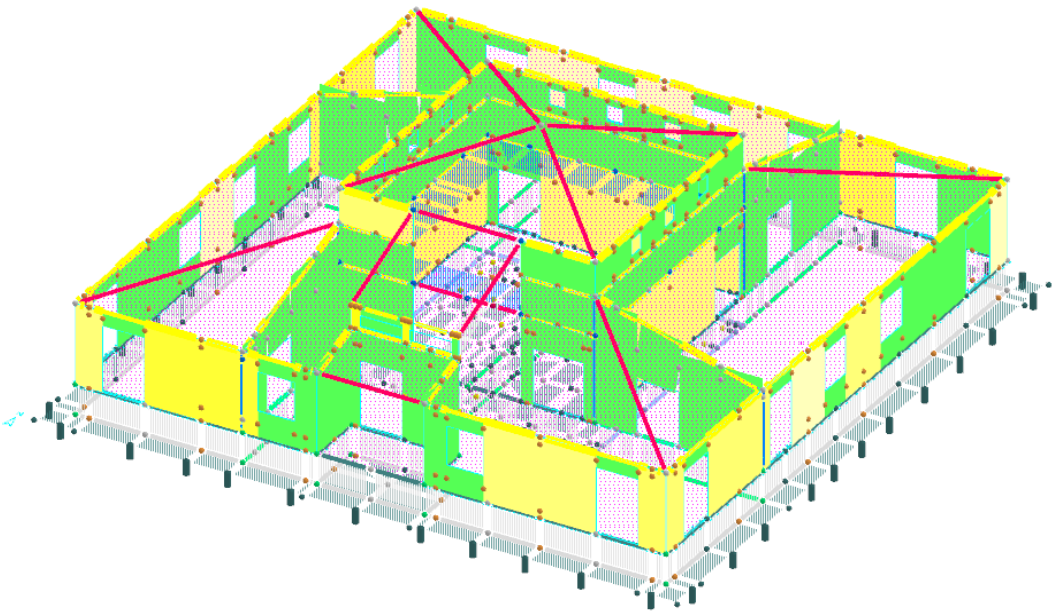
Verifica delle murature di progetto: pressoflessione nel piano allo $SLU+(S_x, S_y)*0.60$



Verifica delle murature di progetto: pressoflessione ortogonale al piano allo $SLU+(S_x, S_y)*0.60$



Verifica delle murature di progetto: taglio allo $SLU+(S_x, S_y)*0.60$



Riassunto delle problematiche caso sismico (Sx+Sy)*0.60 post-operam:

M0005 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.884855 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.906282 < 1$.

M0006 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.924832 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.728859 < 1$.

M0001 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.873299 < 1$.

M0002 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.817441 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.464332 < 1$.

M0007 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.862812 < 1$.

M0008 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.930850 < 1$.

M0009 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.821695 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.985215 < 1$.

M0010 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.954433 < 1$.

M0012 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.985386 < 1$.

M0011 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.696483 < 1$.

M0013 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.940973 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.820853 < 1$.

M0015 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.801547 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.926231 < 1$.

M0016 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.797695 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.925314 < 1$.

M0017 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.991376 < 1$.

M0018 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.971654 < 1$.

M0014 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.736710 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.792499 < 1$.

M0020 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.817514 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.930275 < 1$.

M0021 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.826305 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.935494 < 1$.

M0022 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.873063 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.979102 < 1$.

M0024 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.948543 < 1$.

M0023 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.591668 < 1$.

M0055 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.842636 < 1$.

M0029 - pressoflessione nel piano : $M_{rd}/M_d = 0.836315 < 1$. - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.732957 < 1$.

M0039 trazioni

M0039 - sismica fuori piano : $N_{rd}/N_d = 0.000000 < 1$.

M0031 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.909840 < 1$.

M0046 trazioni

M0034 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = 0.817348 < 1$.

M0052 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = -0.396667 < 1$.

M0053 - taglio piano : $V_{rd}/V_d = -3.625562 < 1$.

Tutti i setti in muratura armata di nuova costruzione raggiungono la verifica positiva.