

VERIFICA DI VULNERABILITÀ SISMICA, AI SENSI DELL'ART.2 C.3 DELL'OPCM N.3274 DEL 2003
PER L'EDIFICIO SCOLASTICO

SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO

CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5

RT.STR.01

**VERIFICHE STATICHE E STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA
RELAZIONE DI SINTESI DEI RISULTATI DI CALCOLO**



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

GEOM. DAVIDE CAPUTO

IL DIRIGENTE DELL'AREA TECNICA

ING. ADELE CELINO

IL TECNICO INCARICATO

ING. F. DE GIORGIO

Via Dante Alighieri, 283 - 74121 Taranto

Cell. 328.3547598

P.E.C. fabio.degiorgio@ingpec.eu

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 2 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	DESCRIZIONE STRUTTURALE DELL'EDIFICIO	5
2.1	PALESTRA	6
2.2	ALA OVEST DELLA SCUOLA	9
2.3	ALA EST DELLA SCUOLA	13
2.4	CUCINA/REFETTORIO.....	16
2.5	LOCALI TECNICI	19
3	RICERCHE DOCUMENTALI.....	20
3.1	PROVE DI CARICO E VERIFICHE CONDOTTE SUI SOLAI	20
3.2	DOCUMENTAZIONE RELATIVA AGLI INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DELLA PALESTRA E AULE SOVRASTANTI EFFETTUATI NEL 2001.....	22
4	RILIEVI ED INDAGINI SVOLTI	26
4.1	RILIEVI GEOMETRICI DI DETTAGLIO	26
4.2	PROVE PENETROMETRICHE SU MALTA	30
4.3	PACOMETRIE PER LA RICOSTRUZIONE DELLE ARMATURE	32
4.4	ESTRAZIONE DI CAROTE (PROVINI) DI CLS DALLE STRUTTURE PORTANTI IN C.A.	34
4.5	ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA	35
4.6	PROVE LEEB	36
5	CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI	39
5.1	CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO	39
5.2	CARATTERIZZAZIONE DELL'ACCIAIO DELLE BARRE DI ARMATURA	41
5.3	CARATTERIZZAZIONE DELLE MURATURE PORTANTI	42
6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	43
7	LIVELLO DI CONOSCENZA	44
8	ANALISI DEI CARICHI	45
8.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	45
8.2	CARICO DEGLI ORIZZONTAMENTI – SOLAI	45
8.3	AZIONE DA NEVE	45
8.4	PESO DELLE TAMPONATURE ESTERNE E INTERNE	46
8.5	DEFINIZIONE DELLA DOMANDA SISMICA – CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI RIFERIMENTO	46
9	CASI E COMBINAZIONI DI CARICHI	51
9.1	COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE	51
9.2	CASI DI CARICO	52
9.3	COMBINAZIONI DI CARICHI	52
9.3.1	Combinazioni di carico di tipo statiche:.....	52

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 3 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

9.3.2	Combinazioni di carico di tipo sismiche:	52
10	MODELLAZIONE NUMERICA DELLA STRUTTURA.....	54
10.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI (F.E.M.)	54
10.2	SOFTWARE E LICENZA D'USO	54
10.3	AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO.....	55
11	ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI DI TIPO STATICHE	56
11.1	PALESTRA.....	56
11.1.1	Strutture portanti in c.a.....	56
11.1.2	Strutture portanti muratura	62
11.2	ALA OVEST DELLA SCUOLA	65
11.2.1	Strutture portanti in c.a.....	65
11.2.2	Strutture portanti muratura	71
11.3	ALA EST DELLA SCUOLA	78
11.3.1	Strutture portanti in c.a.....	78
11.3.2	Strutture portanti muratura	82
11.4	CUCINA/REFETTORIO.....	88
11.4.1	Strutture portanti in c.a.....	88
11.5	LOCALI TECNICI	93
11.5.1	Strutture portanti in c.a.....	93
11.6	SINTESI DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE STATICHE.....	98
11.6.1	Palestra	98
11.6.2	Ala Ovest e Ala Est della scuola	98
11.6.3	Cucina, Refettorio e locali tecnici	98
12	ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI DI TIPO SISMICHE	99
12.1	ANALISI DINAMICA LINEARE E MODI DI VIBRARE	99
12.2	PALESTRA.....	119
12.2.1	Strutture portanti in c.a.....	119
12.2.2	Strutture portanti muratura	128
12.3	ALA OVEST DELLA SCUOLA	137
12.3.1	Strutture portanti in c.a.....	137
12.3.2	Strutture portanti muratura	147
12.4	ALA EST DELLA SCUOLA	163
12.4.1	Strutture portanti in c.a.....	163
12.4.2	Strutture portanti muratura	172
12.5	CUCINA/REFETTORIO.....	182

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 4 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.5.1	Strutture portanti in c.a.	182
12.6	LOCALI TECNICI	189
12.6.1	Strutture portanti in c.a.	189
12.7	ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI	196
12.8	SINTESI DEI RISULTATI DELLO STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA	198
12.8.1	Palestra	198
12.8.2	Ala Ovest della Scuola.....	199
12.8.3	Ala Est della Scuola	200
12.8.4	Cucina e refettorio.....	201
12.8.5	Locali tecnici	201
13	CONCLUSIONI	202

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 5 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

1 PREMESSA

A seguito di affidamento di incarico professionale, avvenuto con determinazione n.357 dell'11/04/2019 adottata dal Dirigente del Settore "Ufficio Lavori Pubblici", per la verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003, dell'edificio scolastico "SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO", nella presente relazione, lo scrivente ing. Fabio De Giorgio, riporta e illustra i risultati ottenuti dalle analisi strutturali effettuate sull'organismo edilizio.

Sull'edificio sono state effettuate verifiche allo stato limite ultimo di tipo statico, considerando le sole azioni gravitazionali, al fine di valutare staticamente la struttura. Inoltre, è stato condotto uno studio di vulnerabilità sismica dell'organismo edilizio per la ricerca dell'indicatore ζ_e , definito nel capitolo 8 delle NTC2018, dato dal rapporto tra l'accelerazione sismica sostenibile dal manufatto e l'accelerazione sismica di progetto del sito di riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita.

Nei capitoli che seguono sono riportati i risultati delle analisi condotte, la metodologia di calcolo e le conclusioni relative alla verifica di vulnerabilità. I risultati sono illustrati in veste grafica, mediante diagrammi a colori, favorendo così la praticità, la rapidità e, pertanto, la semplicità di letture e d'interpretazione. Per i tabulati di calcolo delle verifiche si rimanda ai tabulati di calcolo in formato digitale allegati alla presente relazione.

I dati di input per i modelli strutturali agli elementi finiti (FEM), ovvero i dettagli costruttivi e le caratteristiche dei materiali, sono stati desunti dalla campagna delle indagini svolta sull'edificio, che ha portato a conseguire un livello di conoscenza ritenuto fondamentalmente adeguato della struttura.

2 DESCRIZIONE STRUTTURALE DELL'EDIFICIO

L'edificio, attualmente adibito a scuola elementare, è ubicato nella zona periferica a sud-ovest dell'insediamento urbano del Comune di Grottaglie.

L'organismo edilizio è costituito da n.6 corpi di fabbrica e risulta eterogeneo sia dal punto di vista dei materiali di costruzioni adottati che dal punto di vista della tipologia costruttiva portante. I corpi, separati da giunti di costruzione strutturali di esigue dimensioni, sono in parte realizzati con telai in cemento armato e in parte realizzati con murature portanti.

I corpi principali in cui sono svolte le attività scolastiche sono la palestra, l'ala ovest e l'ala est della scuola. Questi sono costituiti da due piani fuori terra e sono interconnessi mediante corridoi che consentono l'accesso alle varie aule ed alla palestra situata a ovest dell'edificio.

Il corpo adibito a Cucina e Refettorio è costituito da un unico piano fuori terra ed è interamente costituito da telai in c.a.. A tale corpo è possibile accedervi da più ingressi dall'area esterna e da un ingresso interno ricavato mediante un'apertura della parete della scuola, situata nella parte centrale in prossimità delle scale.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 6 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Infine, due dei sei copri sono di piccole dimensioni. Uno è il locale tecnico ove è situata la caldaia, e l'altro è utilizzato come deposito ed è collegato alla cucina.



Figura 1. Vista aerea di Grottaglie con individuazione della Scuola Don Bosco



Figura 2. Pianta dell'edificio scolastico con suddivisione dei corpi di fabbrica

2.1 PALESTRA

La Palestra ha una forma rettangolare in pianta ed ha dimensioni pari a circa 22,00 m x 13,00 m, con superficie dell'impronta pari a 286 m². È costituita da due piani fuori terra e la struttura portante è di tipo misto.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 7 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Sono presenti n. 5 telai costituiti da due pilastrate, collegate mediante due travi appartenenti a due impalcati. La parete esterna, ad ovest del corpo, è in muratura portante.

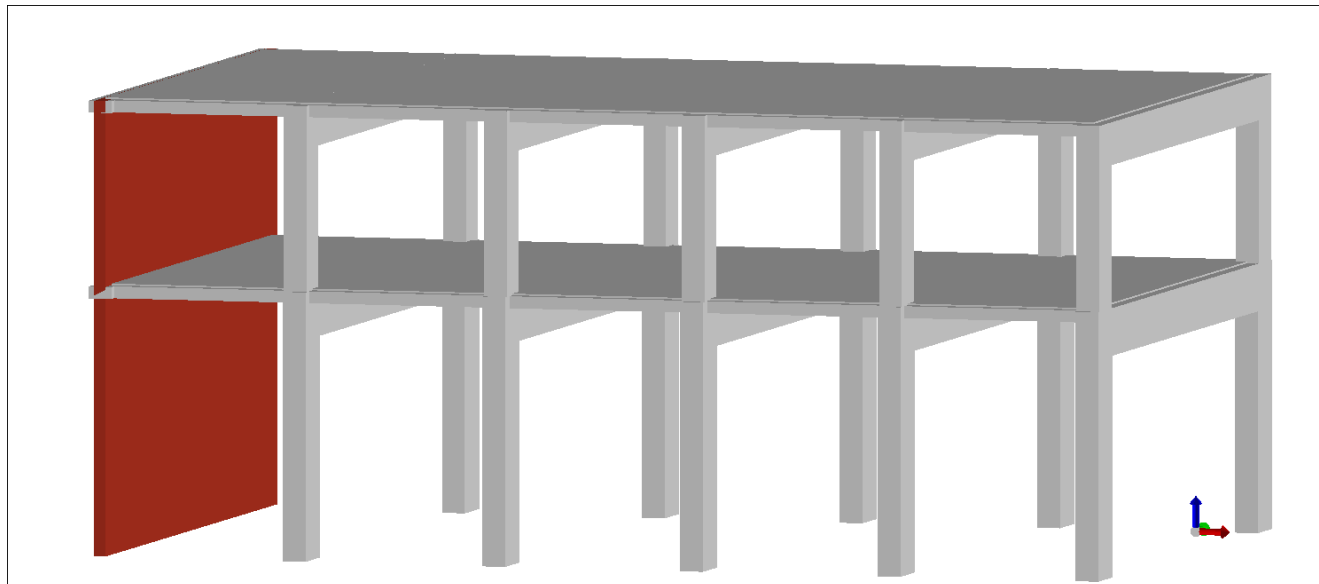


Figura 3. Modello agli elementi finiti (FEM) del Corpo Palestra – Vista sud est

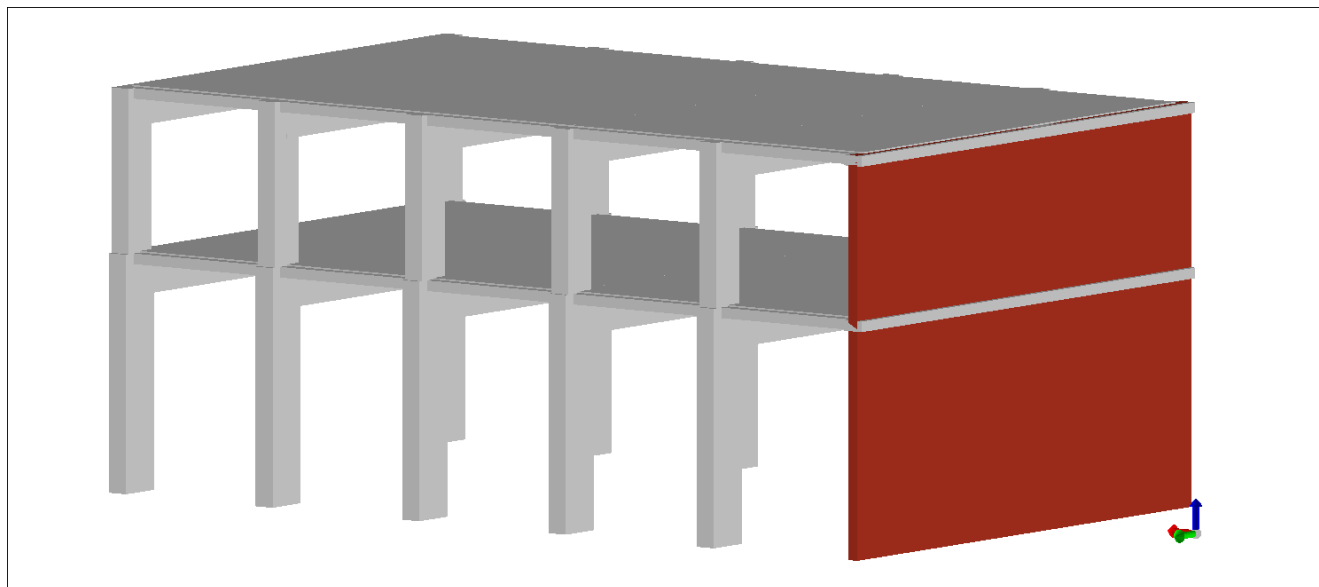


Figura 4. Modello agli elementi finiti (FEM) del Corpo Palestra – Vista nord ovest

L'orditura dei telai è in un'unica direzione, in linea con le metodologie costruttive dell'epoca di realizzazione. I pilastri del primo impalcato hanno dimensioni 110x50 cm mentre quelli del secondo impalcato hanno dimensioni 90x50 cm. Le travi sono a sezione variabile, con un aumento dell'altezza in prossimità dei pilastri, ed hanno dimensioni pari a 50x100 cm e 50x90 cm rispettivamente per il primo e il secondo impalcato. Lo spessore della parete portante è di circa 50 cm. Al livello dell'orizzontamento del solaio è presente un cordolo perimetrale.

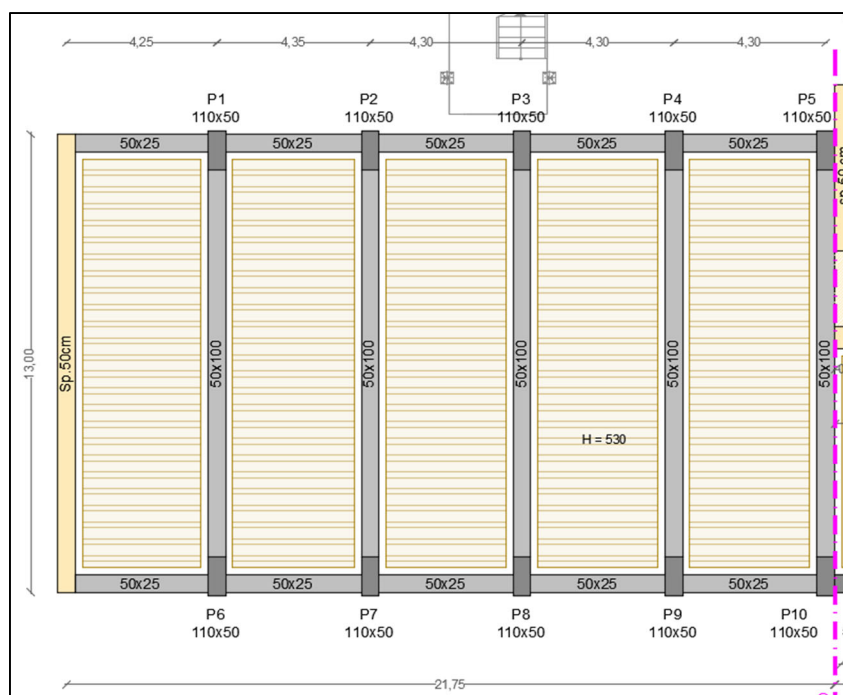


Figura 5. Planimetria strutturale primo impalcato

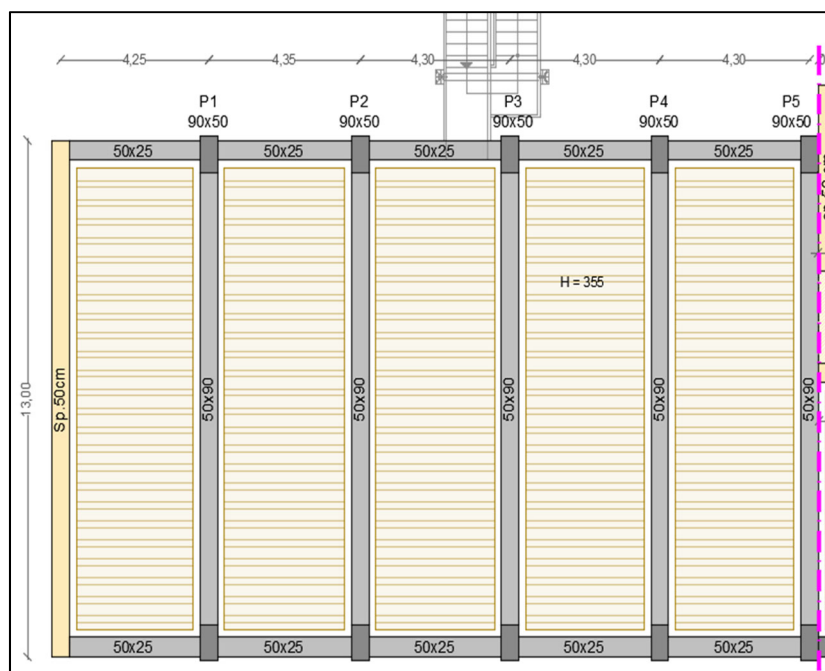


Figura 6. Planimetria strutturale secondo impalcato

I solai sono di tipo latero cementizio e l'orditura dei solai segue la direzione est-ovest ed ha una luce netta pari a circa 3,85 m.

Alla palestra si può accedere dall'esterno, mediante una porta situata sul lato nord est del corpo di fabbrica, e dall'interno, mediante una porta situata sul lato est collegata al corridoio del piano terra della scuola. Il piano di calpestio interno della scuola è ad una quota di circa 1,20 m al di sotto rispetto a quello della scuola.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 9 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Inoltre sul lato nord è presente una scala di sicurezza in carpenteria metallica postuma alla realizzazione della struttura.

Le aperture finestrate presenti al piano terra, nell'ambiente in cui si svolge effettivamente l'attività fisica, sono poste ad un'altezza elevata e si estendono nel caso della facciata sud fino al cordolo del solaio. Nel caso della facciata nord, invece, sono presenti architrave che appoggiano su riseghe in muratura in adiacenza ai pilastri.

Il corpo è stato oggetto di interventi di rinforzo in passato. Per ulteriori informazioni in merito si rimanda al capitolo successivo.



Figura 7. Lato nord del Corpo Palestra



Figura 8. Angolo sud-ovest del Corpo Palestra

2.2 ALA OVEST DELLA SCUOLA

Il corpo dell'Ala Ovest della Scuola è situato al centro dell'intero organismo edilizio. Infatti, ad esso sono interconnessi la Palestra, l'Ala Est e il Refettorio. L'Ala è disgiunta da tutti gli altri corpi grazie a giunti strutturali di costruzioni. La struttura portante è di tipo misto ed è costituita da telai in cemento armato, aventi pilastri di dimensioni 30 x 50 cm e travi di dimensioni 50 x 50 cm, e da pareti portanti aventi spessore 50 cm. L'intero lato sud dell'Ala Ovest è costituito da telai in c.a. aventi luce netta pari a circa 4,00 m. La parte centrale, dove sono presenti le scale di accesso al primo piano, in adiacenza al refettorio, è interamente realizzata in c.a. mentre la

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 10 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

struttura portante dove si sviluppano i corridoi centrali è costituita da murature portanti di spessore complessivo pari a 50 cm. I telai/pareti portanti si sviluppano fondamentalmente in un'unica direzione.

Nelle pareti sono presenti aperture: finestre verso l'esterno facciata nord, e porte tra corridoio e aule sulla parete centrale. Pertanto, si individuano maschi e fasce murarie. Per una migliore comprensione della geometria strutturale si rimanda alle tavole grafiche allegate.

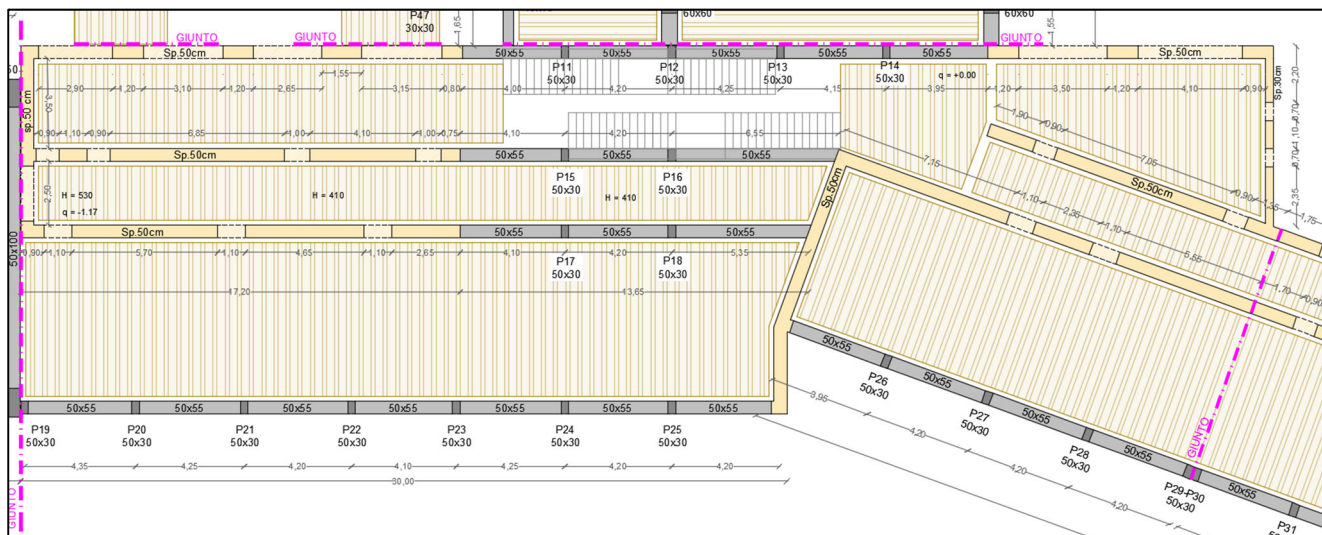


Figura 9. Planimetria strutturale primo impalcato

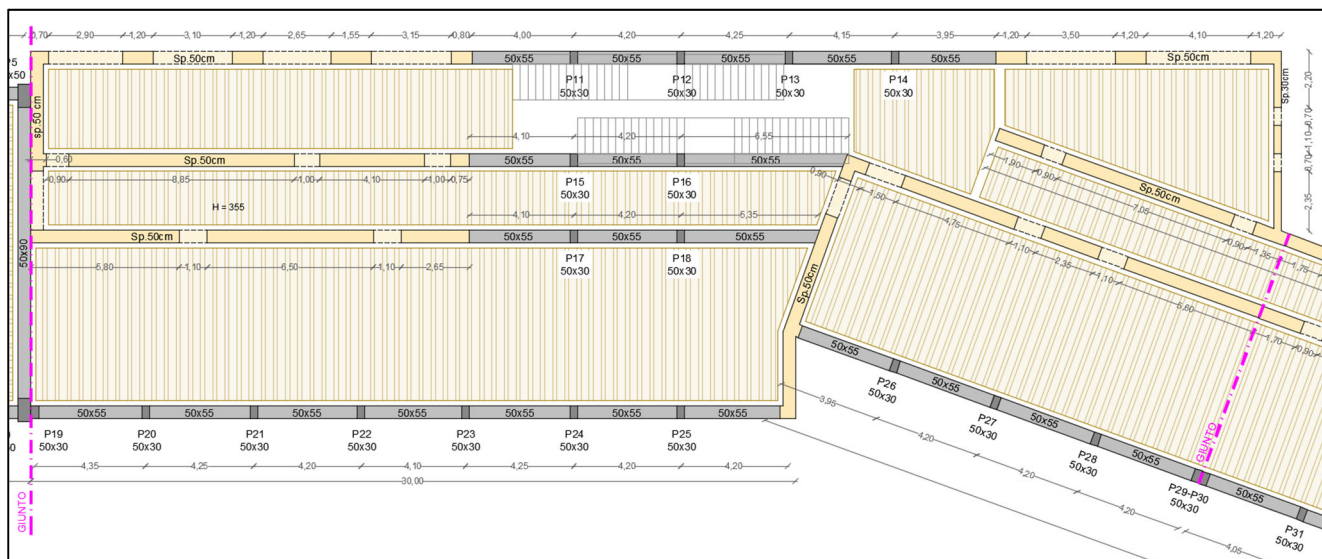


Figura 10. Planimetria strutturale Secondo impalcato

La forma geometrica in pianta del Corpo è piuttosto irregolare, la superficie d'impronta del corpo dell'Ala Ovest è pari a circa 670 m². Il corpo dispone di accessi dall'esterno sul lato sud e da accessi interni dal corpo Palestra (sul lato ovest), dall'Ala Est e dal Refettorio (sul lato nord).

I solai sono di tipo latero cementizio e l'orditura dei solai segue la direzione sud-nord. La luce netta dei solai varia da circa 6,40 m negli ambienti adibiti alle aule a circa 2,50 m per gli ambienti adibiti ai corridoi.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 11 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Le scale sono due e sono contrapposte. Sono costituite da due rampe e un pianerottolo intermedio. La struttura è di tipo a travi a ginocchio con soletta a sbalzo. Le travi hanno dimensioni 40x80 cm e le rampe sono larghe circa 1,40 m e spessore della soletta pari a circa 20 cm (più i gradini).

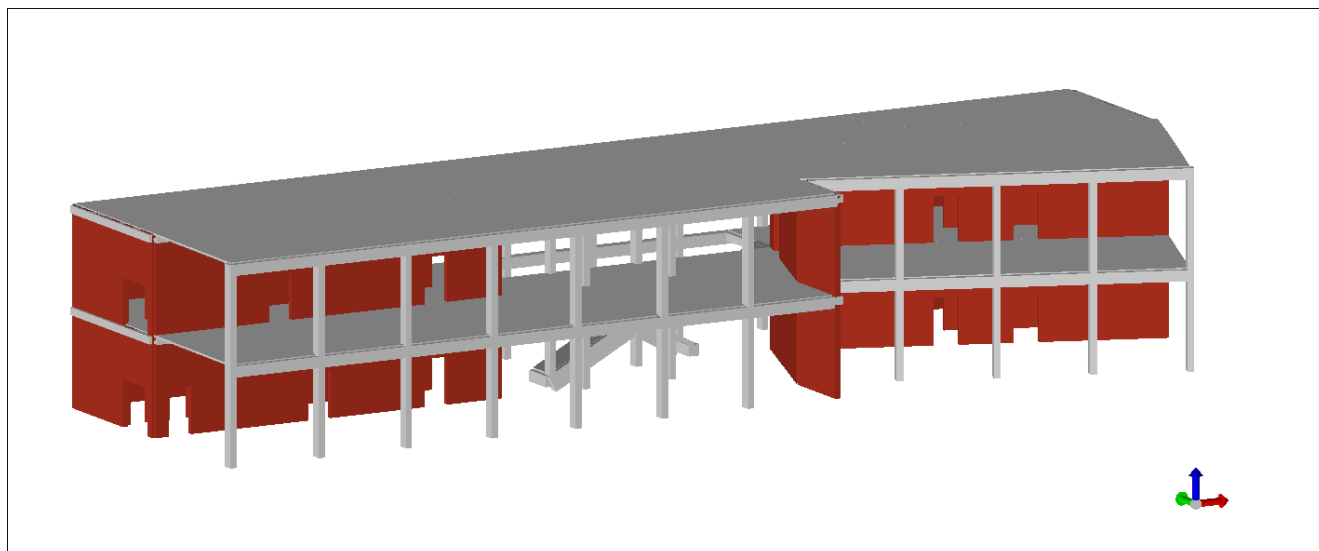


Figura 11. Modello agli elementi finiti (FEM) dell'Ala Ovest – Vista sud ovest

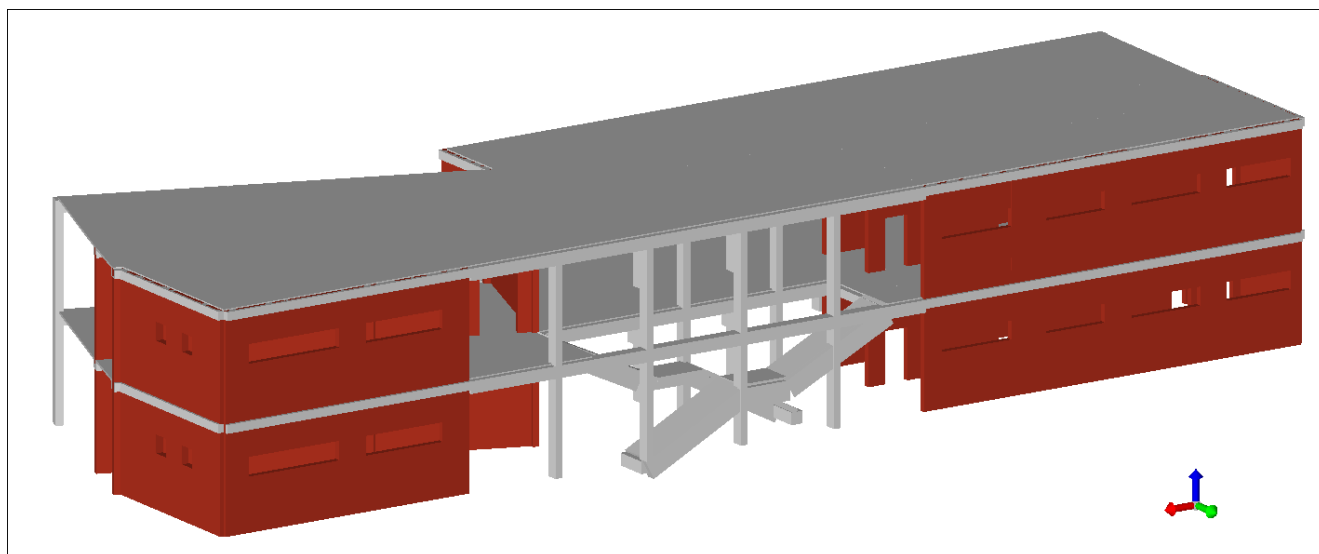


Figura 12. Modello agli elementi finiti (FEM) dell'Ala Ovest – Vista nord ovest

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 12 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 13. Foto dell'androne di ingresso della scuola – Ala Ovest



Figura 14. Foto del corridoio di accesso agli uffici della scuola al piano primo – Ala Ovest

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 13 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 15. Prospetto sud dell'Ala Ovest della scuola

2.3 ALA EST DELLA SCUOLA

Nell'Ala Est della Scuola sono presenti ambienti fondamentalmente adibiti ad aule. La sua struttura portante è, come per i casi della Palestra e dell'Ala Ovest, di tipo misto. Il corpo presenta tre strutture resistenti lungo il lato longitudinale (est-ovest): quella prospiciente il lato sud è costituita da telai in c.a., mentre le altre due (centrale e lato nord) sono in muratura portante. La facciata sud è costituita da telai in c.a. aventi pilastri 30x50 cm (dove il lato maggiore si sviluppa verso l'interno) e travi 50x50 cm. I telai/pareti portanti si sviluppano fondamentalmente in un'unica direzione.

Le pareti portanti, invece, hanno uno spessore complessivo di 50 cm. Le pareti sono dotate di aperture: finestre verso l'esterno sulla facciata nord, e porte tra corridoio e aule sulla parete centrale. Pertanto, si individuano maschi e fasce murarie. Anche in questo caso, come per gli altri corpi, sono presenti cordoli perimetrali sull'intero spessore delle pareti in corrispondenza dei solai tra il piano terra e il piano primo.

La forma geometrica in pianta del Corpo è rettangolare e il lato più lungo ha una lunghezza 4 volte maggiore del lato più corto. La superficie d'impronta del corpo dell'Ala Est è pari a circa 440 m². Il corpo non dispone di accessi dall'esterno se non quello di emergenza che porta sulla scala di sicurezza in carpenteria metallica sul lato est. I corridoi sono interconnessi con l'Ala Ovest della scuola.

Nelle pareti sono presenti aperture: finestre verso l'esterno facciata nord, e porte tra corridoio e aule sulla parete centrale. Pertanto, si individuano maschi e fasce murarie. Per una migliore comprensione della geometria strutturale si rimanda alle tavole grafiche allegate.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 14 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

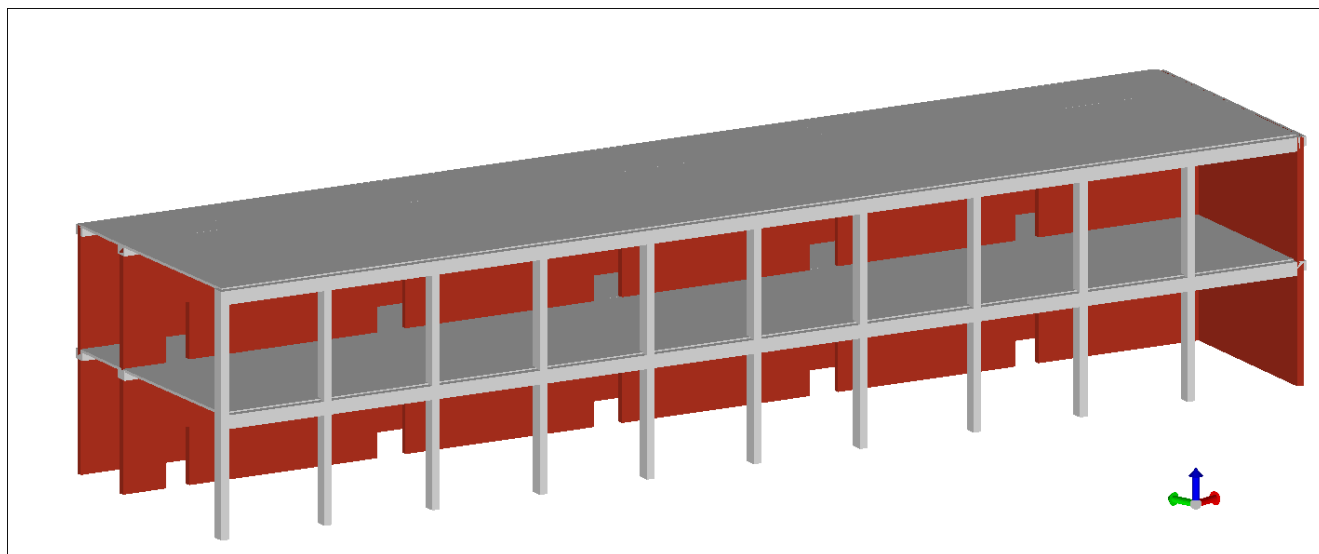


Figura 16. Modello agli elementi finiti (FEM) dell'Ala Est – Vista sud ovest

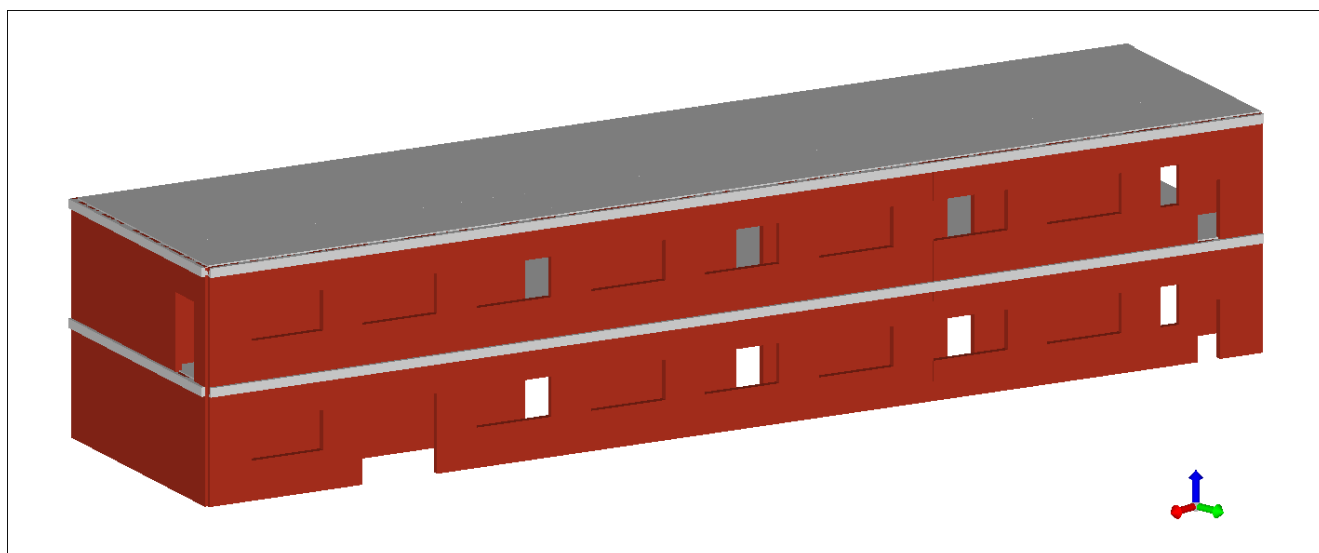


Figura 17. Modello agli elementi finiti (FEM) dell'Ala Est – Vista nord est

I solai sono di tipo latero cementizio e l'orditura dei solai segue la direzione sud-nord. La luce netta dei solai varia da circa 6,40 m negli ambienti adibiti alle aule a circa 2,50 m per gli ambienti adibiti ai corridoi.

Sul lato corto, ad est del corpo, è postuma la realizzazione di una scala in carpenteria metallica di sicurezza che permette l'uscita dal corridoio del piano primo direttamente verso l'esterno.

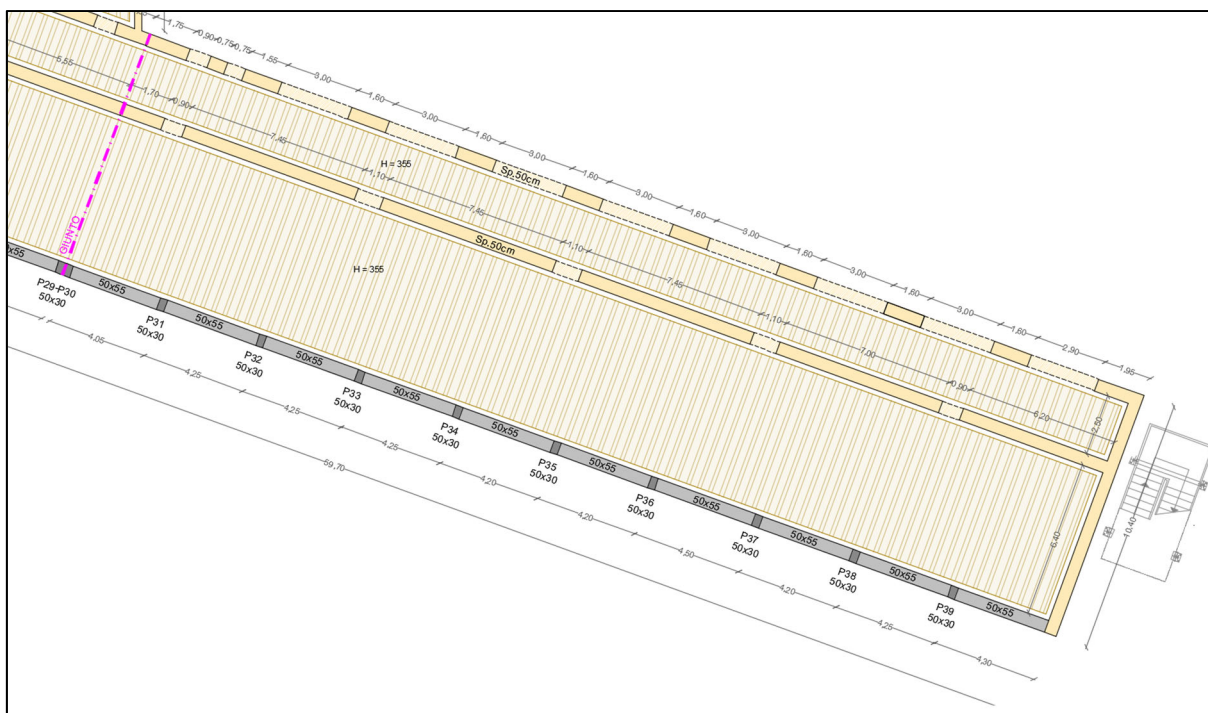


Figura 18. Planimetria strutturale primo impalcato

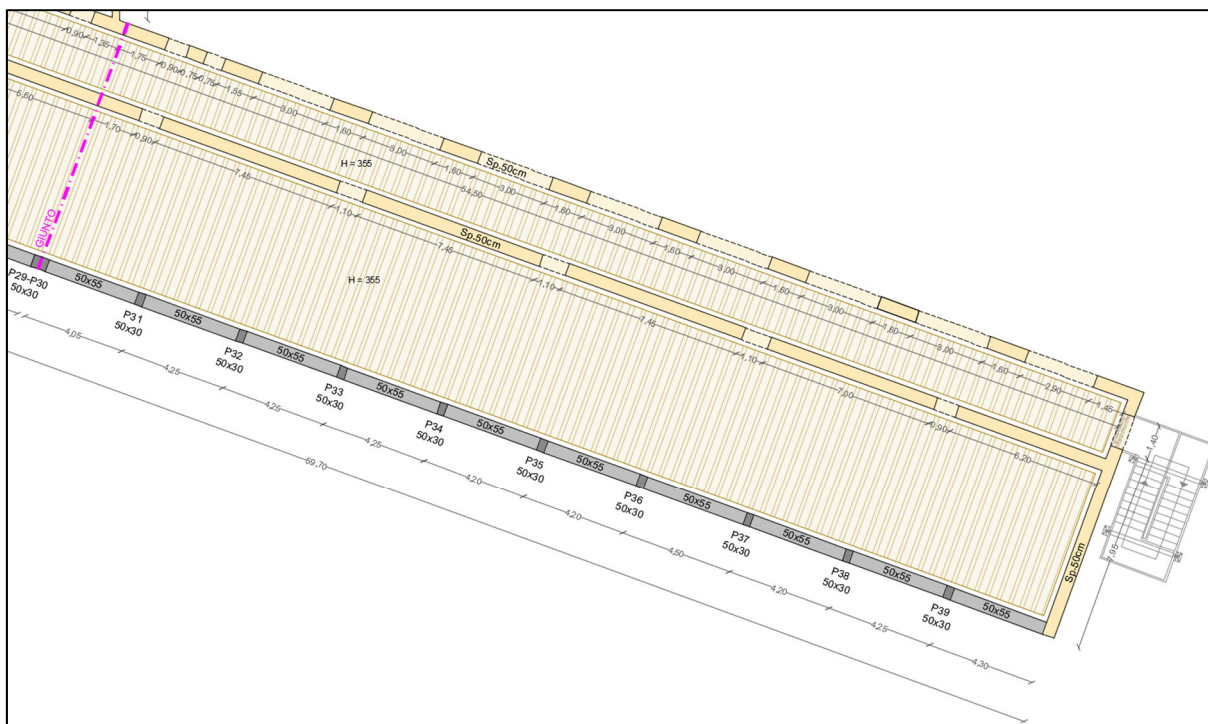


Figura 19. Planimetria strutturale secondo impalcato

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 16 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 20. Prospetto nord e angolo nord-est dell'Ala Ovest della scuola

2.4 CUCINA/REFETTORIO

Il corpo della Cucina/Refettorio ha una struttura portante costituita da telai in c.a.. Il Refettorio ha dimensioni in pianta pari a circa 13,20 x 16,00 metri. La Cucina è connessa al Refettorio in quanto condividono un telaio strutturale. Quest'ultima ha dimensioni 6,20 x 14,45 m. Il corpo ha un solo impalcato.

I pilastri del refettorio hanno diverse dimensioni. Quelli relativi ai due telai principali sono 60 x 60 cm e 60 x 40 cm, mentre quelli del telaio secondario hanno dimensioni 40 x 40 cm. Le travi che supportano il solaio, che è ordito nella direzione est-ovest ed ha luce netta pari a circa 12,00 metri, sono estradossate, alte 90 cm ed hanno lo stesso spessore dei pilastri, ossia 60 cm. Il telaio esterno della Cucina, sul lato ovest del corpo, presenta pilastri 40 x 40 cm e travi con base di 40 cm e altezza 60 cm.

Dai rilievi per ricostruire il dettaglio geometrico dei solai del refettorio, effettuati precedentemente, si evince che il pacchetto dell'orizzontamento ha uno spessore pari a circa 45 cm. Su lato sud del corpo di fabbrica si rileva una porzione di solaio a sbalzo, ovvero supportato da travi a sbalzo. Il corpo è disgiunto dall'Ala Ovest.

Alla Cucina è possibile accedere dall'esterno e dal locale tecnico adiacente. La cucina è interconnessa al Refettorio mediante una porta. Il refettorio presenta un accesso dall'esterno, all'angolo nord ovest, e un accesso dall'interno della scuola, all'angolo sud est.

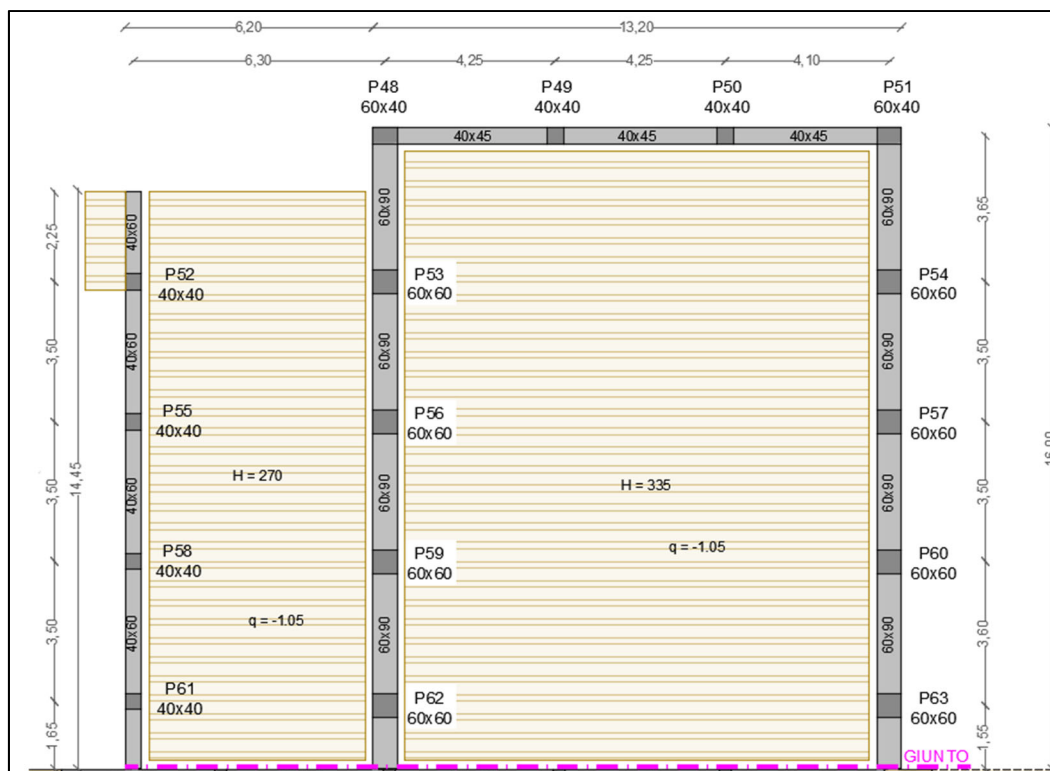


Figura 21. Planimetria strutturale

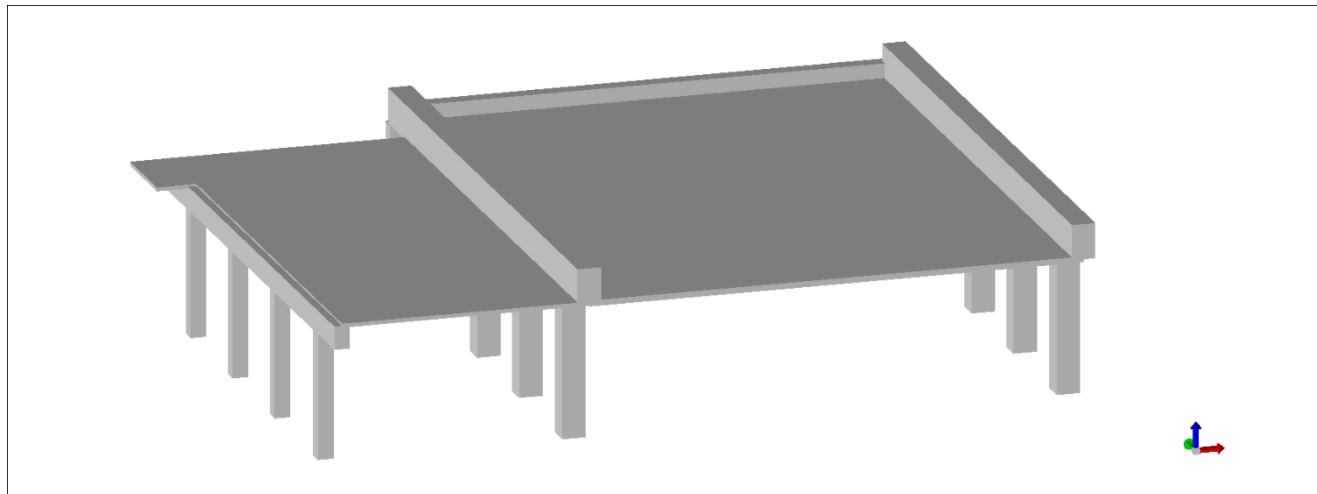


Figura 22. Modello agli elementi finiti (FEM) del corpo Cucina/Refettorio – Vista sud ovest

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 18 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 23. Foto esterna del lato est del Refettorio



Figura 24. Foto interna del refettorio

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 19 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

2.5 LOCALI TECNICI

Infine, gli ultimi due corpi sono di dimensioni modeste e sono costituiti da telai aventi n.4 pilastri che si collegano mediante travi a coltello. All'interno del locale tecnico 1, quello più a ovest, vi è la caldaia, mentre il locale più a est (locale 2) è adibito a deposito occasionale. Quest'ultimo è collegato alla Cucina.

I pilastri hanno dimensioni 40x40 per il locale 1 (a sx dell'immagine seguente) e 30x30 per il locale 2 (a dx). Le travi si sviluppano su entrambe le direzioni, rendendo le strutture scatolari.

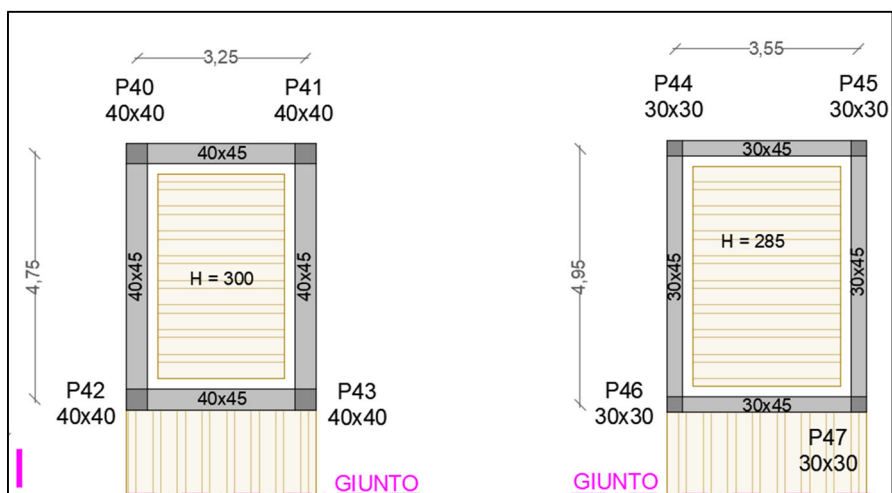


Figura 25. Planimetria strutturale



Figura 26. Foto dell'interno della struttura portante in c.a. del locale tecnico 2

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 20 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

3 RICERCHE DOCUMENTALI

Prima dell'avvio delle attività di rilievo e della campagna delle indagini strutturali, è stata fatta una ricerca storica della documentazione tecnica e progettuale risalente all'epoca di realizzazione dell'edificio ma non è stato trovato alcun elaborato. In particolare, non è stato possibile reperire alcun documento tecnico o disegno di carpenteria originale e nessun certificato di prova dei materiali dell'epoca di realizzazione delle strutture. Pertanto, il rilievo strutturale è stato effettuato ex-novo, partendo da una base di tipo architettonica.

Tra i documenti forniti dalla Committenza, è stato possibile consultare:

- a) Il rilievo planimetrico di carattere architettonico
- b) Il report delle indagini eseguite da EMMEBI CONTROLLI sas, effettuate nell'agosto 2016. Le indagini effettuate sono:
 - n.2 prove di carico su solai mediante materassi d'acqua;
 - n.2 prove di rottura a compressione su provini di cls estratti dall'edificio;
 - Rilievi di tipo pacometrici;
 - Rilievi geometrici di n.2 tipologie di solai;
 - Prove non distruttive SonReb;
 - Prove di rottura a trazione di n.2 provini di armature prelevati dall'edificio scolastico;
- c) La relazione di sintesi e rispondenza – Interpretazione ingegneristica dei risultati delle indagini diagnostiche dei solai degli edifici scolastici pubblici: redatta dall'ing. Alfio nel settembre 2016;
- d) La relazione tecnica riassuntiva – Campagna di indagini e assistenza alla valutazione risultati delle indagini diagnostiche dei solai degli edifici scolastici pubblici: redatta dal geom. Marangella nell'ottobre 2016. In questa relazione è possibile visionare le cause di degrado
- e) Gli elaborati grafici relativi ai Lavori urgenti di consolidamento strutturale palestra e sovrastanti aule: redatti dall'ing. Cavallo nel 2001;
- f) Le prove di rottura a compressione di provini di cls estratti da travi e pilastri della palestra effettuati dalla EdilProve sas nel 2001;
- g) Relazione geologica redatta a cura del Prof. Geol. Alessandro Reina.

Per la consultazione completa della documentazione sopra citata si invita a visionare i documenti in possesso del Comune. Di seguito si riportano alcune informazioni utili ricavate dai documenti ai fini della presente verifica strutturale dell'edificio scolastico.

3.1 PROVE DI CARICO E VERIFICHE CONDOTTE SUI SOLAI

Nella campagna di indagini svolta nell'agosto 2016 dalla EMMEBI CONTROLLI sas sono state effettuate n.2 prove di carico sui solai più rappresentativi dell'edificio scolastico: il solaio del refettorio, avente una luce netta pari a 12,00 m, e il solaio delle aule del primo impalcato, avente una luce netta pari a 6,40 m.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 21 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Così come afferma nella sua relazione del 2016, l'ing. Alfio reputa che entrambe le prove di carico sono state concluse con esito positivo. Visti i valori rilevati durante le prove e riportati nei report n. 24015 e n. 24016 della Emmebi Controlli, si ritiene che all'epoca di esecuzione delle prove i solai conservassero un grado di elasticità soddisfacente.

Tuttavia, nello stesso documento del 2016 è presente anche la verifica statica dei solai oggetto di prova di carico e i risultati mostrano che, secondo le NTC, i solai non risultano essere verificati staticamente agli stati limite ultimi.

Nelle figure seguenti vengono riportate le sezioni del solaio rilevate a seguito di indagini distruttive effettuate in corrispondenza della porzione di solaio interessata dalla prova di carico.

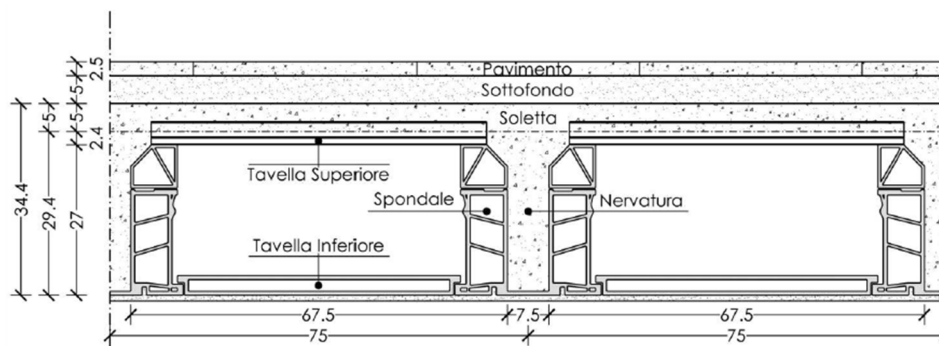


Figura 27. Ricostruzione geometrica del solaio relativo al primo impalcato in corrispondenza delle aule

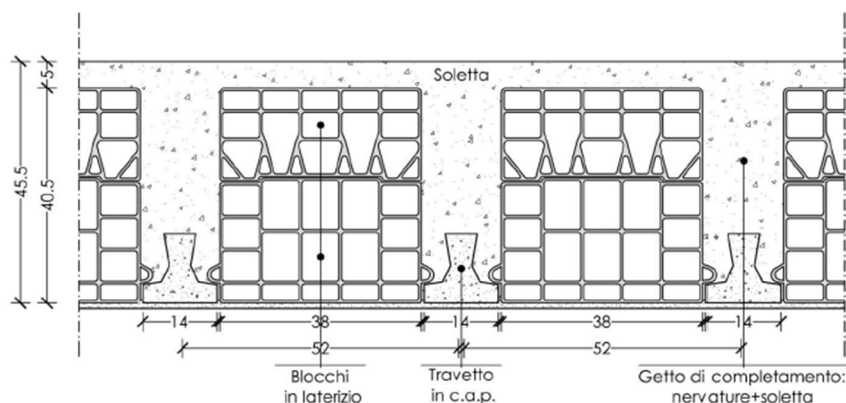


Figura 28. Ricostruzione geometrica del solaio relativo alla copertura del refettorio

Da tali dettagli, desunti dagli elaborati forniti dalla Committenza, è stato possibile dedurre il peso dei solai per le verifiche strutturali condotte.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 22 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

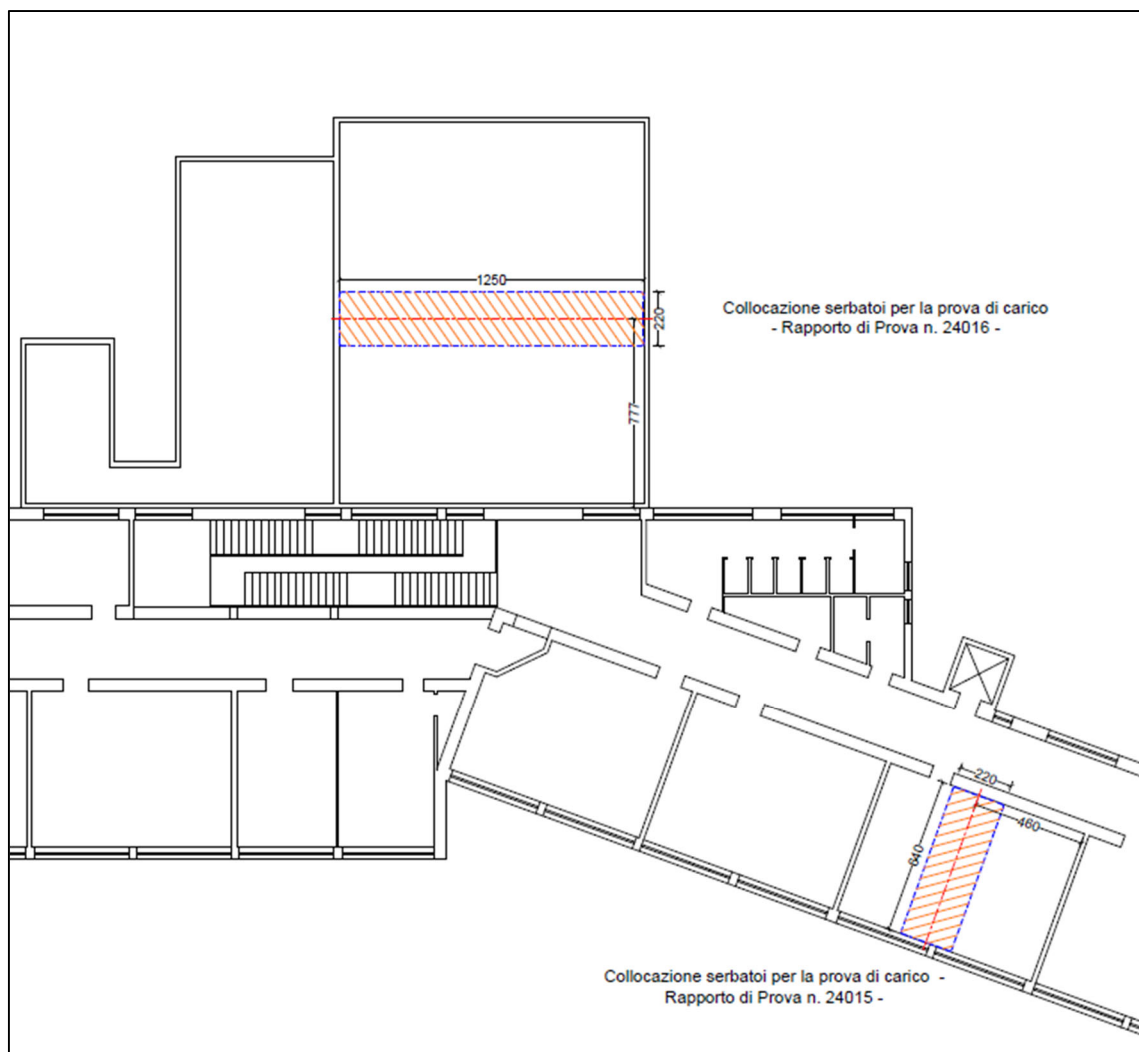


Figura 29. Indicazione dei solai su cui sono state effettuate le prove di carico nel 2016

3.2 DOCUMENTAZIONE RELATIVA AGLI INTERVENTI URGENTI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DELLA PALESTRA E AULE SOVRASTANTI EFFETTUATI NEL 2001

Si riportano alcuni dettagli dei lavori di consolidamento strutturale effettuati nel 2001. Gli interventi previsti e realizzati nel 2001 hanno interessato le strutture portanti in c.a. del corpo Palestra. In particolare, sono stati effettuati dei ringrossi degli elementi mediante betoncino. Le armature dei pilastri sono state integrate con ferri longitudinali e staffe, mentre sulle travi sono state implementate le armature a taglio mediante l'applicazione di una rete elettrosaldata sulle facciate laterale e inferiori degli elementi. Di seguito si riportano gli elaborati grafici originali dell'intervento e alcune foto reperite dalla Committenza.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 23 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

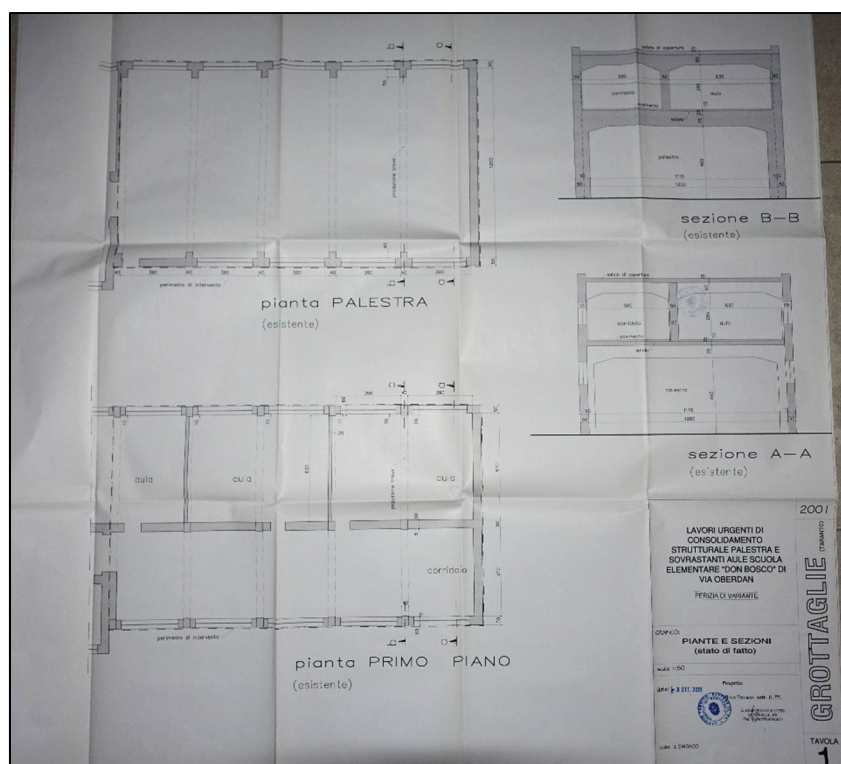
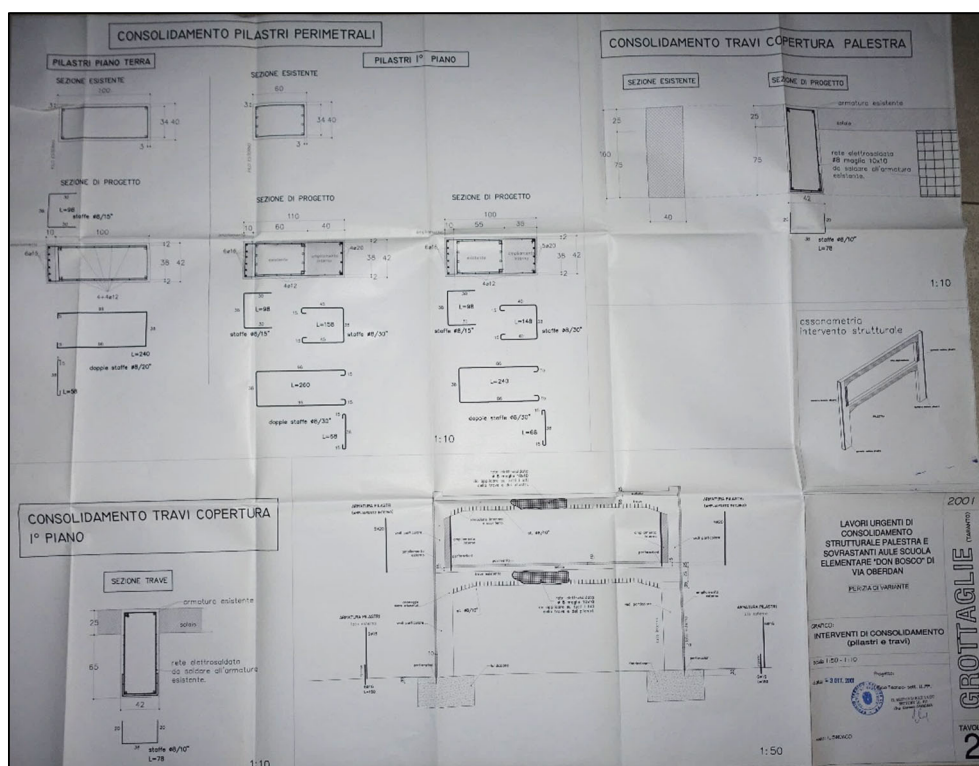


Figura 30. Tavola 1 dei lavori urgenti di consolidamento della palestra



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 24 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 32. Foto effettuata all'esterno del Corpo Palestra



Figura 33. Dettaglio dell'intervento di rinforzo dei pilastri

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 25 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 34. Dettagli degli interventi di rinforzo delle travi

Da tali documenti è stato possibile risalire al numero delle armature longitudinali e delle staffe presenti negli elementi in c.a..

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 26 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

4 RILIEVI ED INDAGINI SVOLTI

Il piano delle indagini è stato redatto con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) ed alla relativa circolare esplicativa del Min. Infrastrutture (n. 7 del 2019). Ulteriori documenti di riferimento sono le “linee guida per modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione, miglioramento e ricostruzione di edifici inagibili” della Protezione Civile e alle “linee guida finalizzate alla mitigazione del rischio sismico” della Regione Campania.

Nello specifico, le indagini svolte per l’espletamento dell’incarico in oggetto, ad integrazione delle informazioni già disponibili sulla struttura, sono di seguito elencate:

- Rilievi geometrici generali;
- Rilievi geometrici di dettaglio della struttura portante in c.a. (pilastri, travi, cordoli in c.a. e tipologia e dimensioni degli elementi murari)
- Indagini di tipo “Non Distruttivo” o a bassissima invasività: Rilievi pacometrici estesi per la verifica delle armature negli elementi strutturali primari;
- Indagini sismiche di superficie tipo MASW per la caratterizzazione sismica del sito e indagini geofisiche tramite metodologia radar (effettuati in altro appalto dal Prof. Geol. Reina);
- Indagini di tipo distruttivo:
 - Estrazione di carota da elementi strutturali principali e prova di rottura per compressione dei provini effettuate da laboratori ufficiali;
 - Estrazione di barra di armatura da elementi strutturali in cemento armato e prova di rottura per trazione dei provini effettuate da laboratori ufficiali;
 - Esecuzione di numerosi saggi per individuazione della tipologia delle armature di travi e di pilastri;
 - Esecuzione di saggi per individuazione della tipologia e dello spessore delle murature, presenza di diatoni, spessori della malta;
- Prove penetrometriche su malta per stimare la resistenza meccanica delle stesse.

La maggior parte delle indagini sono state effettuate dall’esterno in modo tale da impattare il meno possibile con le attività scolastiche in regolare corso di svolgimento.

Nel rapporto di prova del laboratorio Geotest srl n. DS45/19 sono riportati i risultati e gli esiti delle prove e delle indagini strutturali condotte sull’organismo edilizio. Mentre negli elaborati grafici T.PDI.01 e T.PDI.02 sono riportate le stazioni di indagini eseguite.

4.1 RILIEVI GEOMETRICI DI DETTAGLIO

Durante la campagna delle indagini sono stati eseguiti rilievi di dettaglio per la ricostruzione geometrica strutturale dell’edificio. In molti casi sono stati effettuati saggi sugli elementi strutturali portanti (e non) al fine

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 27 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

di rilevare gli spessori, le stratigrafie e le tipologie delle murature e rilevare il numero e la tipologia delle armature presenti in travi e pilastri.

Nel presente paragrafo si riportano solo alcuni saggi, dei molti effettuati, che hanno permesso di ricostruire i dettagli costruttivi dell'organismo edilizio.



Figura 35. Rilievo dei cordoli/parapetti di perimetro sulle coperture



Figura 36. Rilievo della tipologia e dei diametri delle armature dei pilastri (armature long. $\phi 18$ e staffe $\phi 6$)

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 28 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 37. Rilievo di dettaglio delle armature presenti nel pilastro della palestra

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 29 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 38. Saggi effettuati per il rilievo della tipologia e del diametro delle armature sulla parete della trave dell'Ala Ovest, sul lato in adiacenza al corpo Cucina/Refettorio



Figura 39. Saggi effettuati per il rilievo della tipologia e della stratigrafia muraria e dello spessore della malta.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 30 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

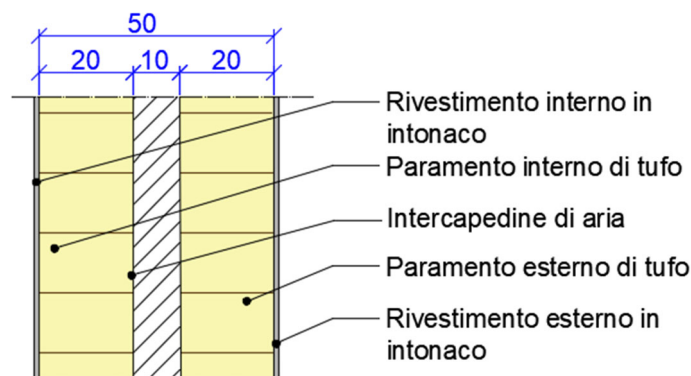


Figura 40. Particolare della stratigrafia ricostruito mediante i saggi (misure espresse in cm)

Grazie ai saggi eseguiti sulle murature portanti è stato possibile ricostruire il pacchetto stratigrafico composto da due paramenti di tufo di spessore di 20 cm interposti da una camera d'aria di circa 10 cm. Si sono rilevati anche la presenza di diatoni (conci di tufi messi a "cannone") di collegamento tra i due paramenti.

4.2 PROVE PENETROMETRICHE SU MALTA

La resistenza a compressione delle pareti in muratura si compone di due aliquote: una relativa alla resistenza dei materiali lapidei naturali e una relativa alle malte. La malta che viene utilizzata nella realizzazione delle murature infatti non svolge la sola funzione di collegare i materiali da costruzione creando una struttura monolitica ma ricopre il ruolo, ben più importante, di distribuire il carico delle parti soprastanti sull'intera sezione orizzontale del muro, compensando le asperità delle superfici d'appoggio dei blocchi, in particolare di quelle irregolari della pietra.

Per valutare la capacità portante dell'intero paramento murario dunque non si può non tener conto della resistenza dei giunti di malta. Sotto questa luce si inserisce la metodologia non distruttiva delle n.2 prove penetrometriche eseguite in sito sulle malte, il cui principio teorico si fonda sulla valutazione dell'energia necessaria per infiggere nei giunti un ago di acciaio di pochi millimetri di diametro mediante colpi generati da una massa in movimento a velocità costante.

La prova penetrometrica è stata eseguita con il penetrometro "RSM_15" della DRC, dotato di un puntale costituito da un'astina in acciaio legato di lunghezza pari a 70 mm che termina alla sua estremità con una punta conica con angolo di inclinazione di 25°.

Lo schema operativo di esecuzione delle prove è stato il seguente:

- il puntale è stato fatto penetrare nella malta, in corrispondenza della mezzeria del giunto, a seguito di dieci colpi consequenziali rimanendovi infisso;
- l'entità della penetrazione è stata misurata con l'apposito sistema di rilevazione dotato di comparatore centesimale misura.

Il risultato che si ottiene è dunque la profondità di penetrazione (espressa in millimetri) da cui, attraverso l'utilizzo di curve di correlazione fornite con lo strumento, è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta.

Nella tabella seguente sono illustrati i risultati delle prove e le relative stime delle resistenze.

punto di prova	Indice di penetrazione	Resistenza stimata
		(Mpa)
MM1	11	1,55
MM2	11	1,55

Dai valori dei risultati si evince che in entrambi i punti indagati la malta presenta la stessa resistenza meccanica.

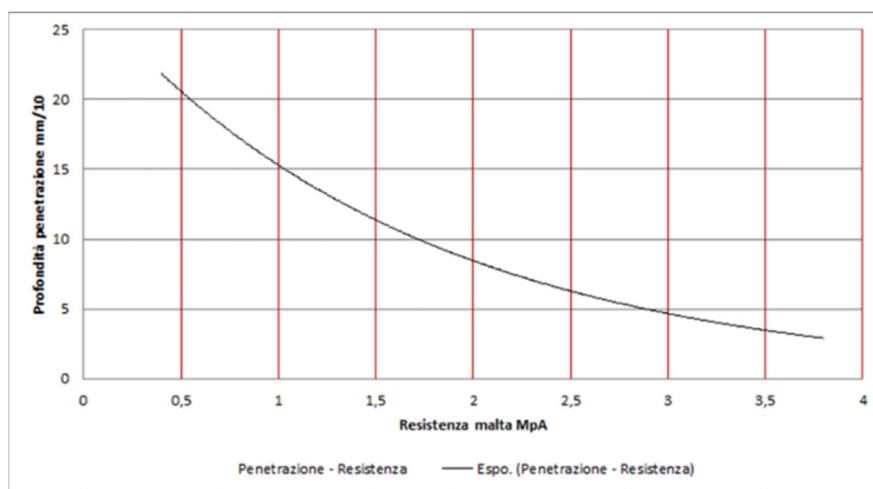


Figura 41 - Curva di correlazione tra penetrazione dell'ago e resistenza della malta



Figura 42. Prove penetrometriche su malta

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 32 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

4.3 PACOMETRIE PER LA RICOSTRUZIONE DELLE ARMATURE

Ad integrazione delle indagini invasive, effettuate mettendo a nudo le armature in alcuni elementi strutturali per determinare il diametro delle stesse e lo spessore del copriferro, sono stati eseguiti diffusi rilievi pacometrici.

La localizzazione delle barre si ottiene spostando con continuità una sonda sulla superficie del calcestruzzo in esame. La sonda riceve un impulso di corrente che provoca un campo magnetico che magnetizza la barra di armatura e vi induce delle correnti parassite (correnti di Foucault); esaurito l'impulso queste iniziano a dissolversi creando un campo magnetico di intensità ridotta quale "eco" dell'impulso iniziale. Le bobine che si trovano all'interno della sonda misurano la forza del campo man mano che questo si dissolve. L'intensità del segnale di ritorno, relativo all'eco delle correnti parassite, è direttamente proporzionale alla dimensione della barra ed alla distanza della stessa dalla sonda (spessore del copriferro).

Questo metodo consente di indagare in maniera non distruttiva le armature d'acciaio presenti nelle strutture in c.a. tuttavia, l'indagine pacometrica, caratterizzata da un buon livello di accuratezza per quanto concerne il numero e la posizione delle armature, è meno affidabile in termini di individuazione del diametro, specialmente se il copriferro ha uno spessore elevato. Per tale ragione, i risultati delle indagini pacometriche sono stati calibrati con le verifiche eseguite mediante saggi diretti. Lo strumento impiegato per lo svolgimento dei rilievi è il ferroScan della Hilti.

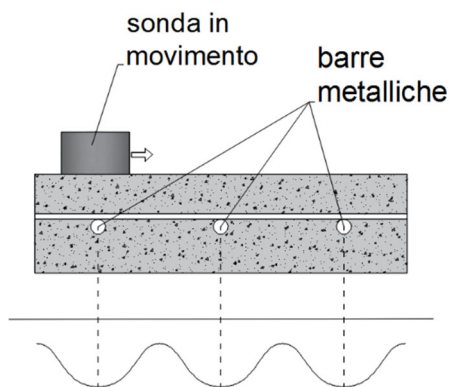
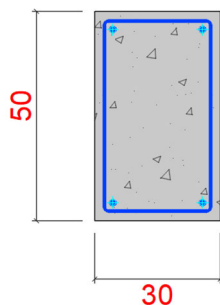


Figura 43 - Registrazione del magnetometro: i picchi indicano la presenza delle barre metalliche.

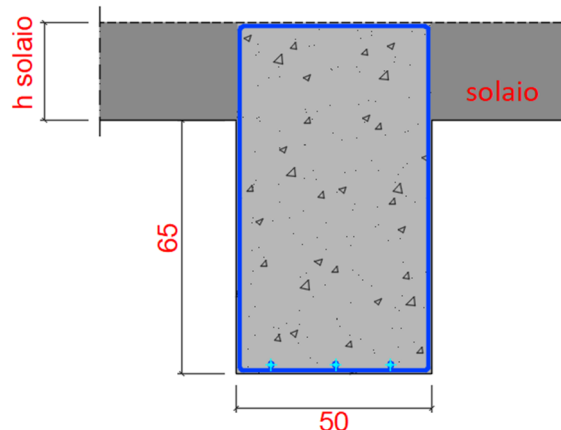
Di seguito si riportano, a titolo di esempio, alcune ricostruzioni dei dettagli di armature effettuate grazie ai rilievi effettuati con il pacometro.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 33 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Armature longitudinali 4 Ø18 lisci
Staffe Ø6//30 cm circa

Figura 44. Dettaglio delle armature del pilastro tipico dei corpi della scuola



Armature longitudinali 3 Ø
Passo staffe 10 cm circa

Figura 45. Dettaglio delle armature della trave del secondo impalcato

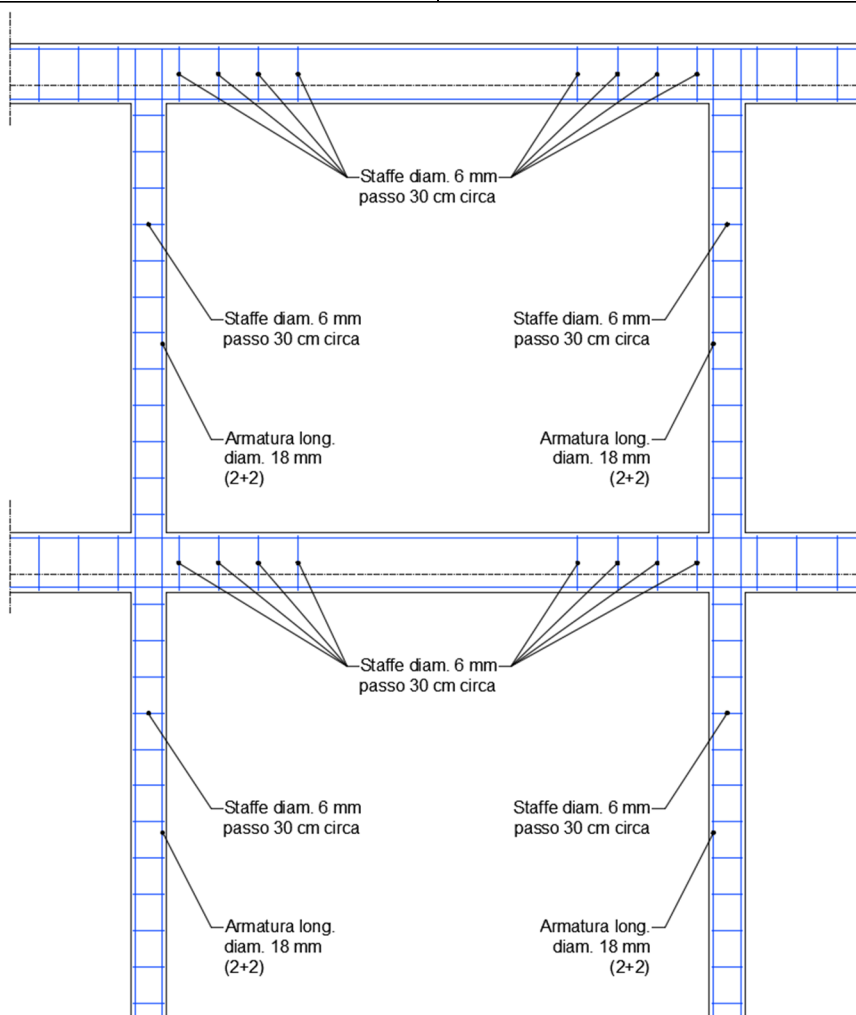


Figura 46. Dettagli delle armature rilevate del telaio in c.a. tipico delle facciate sud della scuola

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 34 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

4.4 ESTRAZIONE DI CAROTE (PROVINI) DI CLS DALLE STRUTTURE PORTANTI IN C.A.

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo si effettua estraendo dagli elementi strutturali dei campioni cilindrici di calcestruzzo indurito ed eseguendo prove di compressione fino a rottura.

Il prelievo dei campioni di calcestruzzo è stato eseguito ad umido mediante sonda carotatrice elettrica, dotata di corona diamantata (riferimento UNI EN 12504-1). Le estrazioni sono state eseguite su pilastri e su travi scelti a campione e si è avuta cura di predisporle rispettivamente in corrispondenza della mezzeria dei pilastri (dove il momento è pressoché nullo) ed a circa 1/5 della luce delle travi indagate.

Una preliminare indagine pacometrica ha scongiurato il rischio di tagliare le barre di armatura nel corso del campionamento.

Durante i carotaggi mediante sonda carotatrice elettrica, si è proceduto ad ancorare rigidamente il basamento della stessa utilizzando un tassello meccanico e il “galletto inox” di posizionamento per evitare vibrazioni e/o avanzamenti fuori asse della sonda tali da compromettere l'integrità e planarità della superficie laterale della carota.



Figura 47. Prelievo di carote mediante carotatrice

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 35 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 48. Carote estratte durante la campagna delle indagini

4.5 ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA

Analogamente a quanto già visto nel caso del calcestruzzo anche la valutazione delle proprietà meccaniche dell'acciaio è stata effettuata affiancando indagini distruttive a prove meno invasive.

Nel corso della campagna di indagine sono state estratte n. 2 barre di armatura per la verifica delle proprietà meccaniche in laboratorio. Il campionamento ha riguardato i corpi Cucina/Refettorio e il corpo dell'Ala est della scuola. Si è ritenuto che data la bassa quantità di armature rilevata negli elementi strutturali, dovuta alla metodologia di progettazione e costruzione dell'epoca di realizzazione dell'edificio, fossero tali da non permettere il prelievo di barre senza indurre un eccessivo danneggiamento alle strutture.

I risultati delle prove di laboratorio possono essere visionati sul report DS45 della Geotest allegato alla relazione. Nei paragrafi successivi vengono comunque riportati i valori per poter essere processati.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 36 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 49. Prelievo della armatura dal pilastro dell'ala est



Figura 50. Prelievo della armatura dal pilastro della Palestra

4.6 PROVE LEEB

Le prove Leeb sono prove non distruttive per la determinazione indiretta della resistenza delle barre di acciaio attraverso la misura della sua durezza. La norma UNI EN ISO 18265 consente di correlare la resistenza a trazione delle barre di armatura al numero di durezza espresso in scala Vickers (HV) (Tabella 2). Attraverso un durometro portatile è possibile eseguire una prova di durezza superficiale non distruttiva (ASTM A956) per misurare l'energia cinetica persa nell'impatto di un dardo battente su una barra ben ammorsata (Figura 52). Per eseguire questo tipo di prove è necessario effettuare un piccolo saggio per portare a vista la barra per circa 5 cm di lunghezza. A tal proposito si sono sfruttati i saggi realizzati per il rilievo dei dettagli costruttivi. Prima di procedere alla prova le barre sono state sottoposte a lucidatura, mediante carta abrasiva a grana fine. In ogni stazione di misura sono state effettuate n. 10 letture.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 37 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

I risultati ottenuti sono stati correlati secondo il prospetto A.1 della norma UNI EN ISO 182265 e confrontati con i valori di resistenza ottenuti in laboratorio (Tabella 1). Lo strumento utilizzato è ARW-DPIT di ARROWELD. I risultati delle prove Leeb sono di seguito elencati.

Tabella 1

ID INDAGINE	CORPO	PIANO	ELEMENTO	VALORI DELLE BATTUTE					Durezza Media Vickers (HV)	Resistenza a trazione stimata
										$f_{Leeb} [N/mm^2]$
L.PIL.1	Palestra	PT	Pilastro	157	155	162	160	156	158	490 - 510
L.PIL.2	Scuola	PT	Pilastro	94	92	94	95	91	93.2	285 - 305
L.PIL.3	Cucina/Ref.	PT	Pilastro	150	149	153	150	156	151.6	490 - 510
L.Tr.4	Scuola	PT	Trave	91	93	91	94	94	92.6	285 - 305
L.Tr.5	Palestra	P1	Trave	149	152	153	152	155	152.2	490 - 510
L.Tr.6	Scuola	PT	Trave	88	86	90	92	88	88.8	285 - 305
L.Tr.7	Scuola	P1	Trave	90	90	97	96	96	93.8	285 - 305
L.Pil.8	Scuola	P1	Pilastro	90	90	88	84	81	86.6	285 - 305

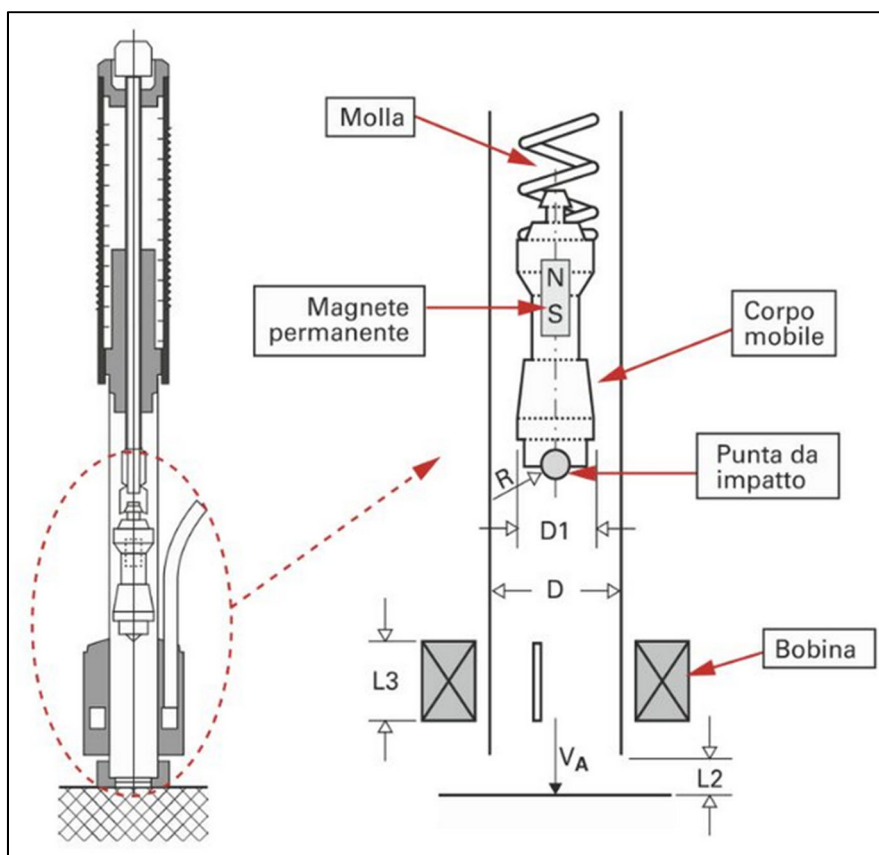


Figura 51 - Spaccato di una sonda Leeb, tratta dalla normativa ASTM E-956.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 38 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 52 - Durometro per la prova Leeb sulle barre di armatura.

prospetto A.1 Conversione da durezza a durezza o da durezza a valori di resistenza a trazione per acciai non legati, acciai basso legati e ghisa										
Resistenza a trazione MPa	Durezza Vickers HV10	Durezza Brinell HB ^N	Durezza Rockwell							
			HRB	HRC	HRA	HFD	HR15N	HR30N	HR45N	
255	80	76,0								
270	85	80,7	41,0							
285	90	85,5	48,0	82,6						
305	95	90,2	52,0							
320	100	95,0	56,2	87,0						
335	105	99,8								
350	110	105	62,3	90,5						
370	115	109								
385	120	114	66,7	93,0						
400	125	119								
415	130	124	71,2	96,4						
430	135	129								
450	140	133	75,0	99,0						
465	145	138								
480	150	143	78,7	(101,4)						
495	155	147								
510	160	152	81,7	(103,6)						
530	165	156								
545	170	162	85,0	(105,5)						
560	175	166								
575	180	171	87,1	(107,2)						
595	185	176								
610	190	181	89,5	(108,7)						
625	195	186								
640	200	190	91,5	(110,1)						
660	205	195	92,5							
675	210	199	93,5	(111,3)						
690	215	204	94,0							
705	220	209	95,0	(112,4)						
720	225	214	96,0							
740	230	219	96,7	(113,4)						
755	235	223								
770	240	228	98,1	(114,3)	20,3	60,7	40,3	69,6	41,7	19,9
785	245	233			21,3	61,2	41,1	70,1	42,5	21,1
800	250	238	99,5	(115,1)	22,2	61,6	41,7	70,6	43,4	22,2

Tabella 2 - Correlazione tra durezza Vickers e resistenza a trazione dell'acciaio secondo prospetto A.1 della norma UNI EN ISO 182265.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 39 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Figura 53 - Prove Leeb

5 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

Per la determinazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali costruttivi da adottare alla base dei calcoli delle verifiche strutturali è stata effettuata un'analisi dei risultati delle prove effettuate in questa campagna di indagini, quali le prove a rotture effettuate nel laboratorio della Geotest su provini di cls e sulle barre di armatura estratte dagli elementi c.a., e dei risultati delle prove effettuate nelle campagne di indagini precedenti condotte dalla EmmeBi nel 2016 e da Edilprove nel 2001.

5.1 CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Le carote estratte dalla Geotest srl sono state sottoposte a prova di rottura in laboratorio. Per il dettaglio sui risultati delle prove e la loro elaborazione si rimanda allo specifico report allegato.

La resistenza misurata sulle carote risente di numerosi fattori che la differenziano da quella che si manterrebbe in sito e su un equivalente provino standard:

- diverse modalità di preparazione e stagionatura;
- differente età di stagionatura;
- posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale (ad esempio al piede o alla testa di un pilastro, parallelamente o ortogonalmente alla direzione di getto);
- il disturbo che consegue alle operazioni di prelievo;
- dimensioni delle carote (ad esempio H/D diverso da 2);
- presenza di armature incluse.

Per convertire la resistenza ottenuta sulle carote $f_{car,i}$ nelle corrispondenti resistenze in situ $f_{cis,i}$ può essere adottata la seguente relazione:

$$f_c = (C_{\frac{H}{D}} \cdot C_{dia} \cdot C_a \cdot C_d) \cdot f_{car}$$

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 40 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

dove:

- $C_{H/D}$ = coefficiente correttivo per H/D diversi da 2, pari a $C_{H/D}=2/(1,5+D/H)$;
- C_{dia} = coefficiente correttivo per $D \neq 100$ mm, pari a 1,06, 1,00 e 0,98 per D, rispettivamente, uguale a 50, 100 e 150 mm;
- C_a = coefficiente correttivo per armature incluse, da assumere pari a 1,02-1,13 in funzione della posizione e del diametro della barra inclusa;
- C_d = coefficiente correttivo per il rimaneggiamento dovuto all'estrazione. Si consiglia di assumere $C_d=1,20$ per $f_{car} < 20$ MPa, e $C_d=1,10$ per $f_{car} > 20$ MPa.

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle prove di rottura effettuate in laboratorio e le relative stime delle resistenze considerando i fattori correttivi su esposti. Nella stessa tabella, per completezza si riportano anche i risultati ottenuti dalle prove di laboratorio delle precedenti campagne di indagini.

ID INDAGINE	CORPO	PIA NO	ELEM.	DIMENSIONI		Resistenza alla Compressi one della Carota	Coefficienti correttivi				Resistenza alla Compression e Carota Corretta	Resistenza alla Compression e Cubica Corretta
				Diam. [mm]	Alt. [mm]	f _c [N/mm ^q]	CH/D	C _{dia}	Ca	C _d	f'c [N/mm ^q]	R'c [N/mm ^q]
INDAGINI EFFETTUATE DA GEOTEST - MAGGIO 2019												
C.PIL.1	Cucina/Ref	PT	Pilastro	94	95	32.89	0.80	1.01	1.00	1.10	29.30	35.3
C.PIL.2	Scuola	PT	Pilastro	94	95	15.16	0.80	1.01	1.00	1.20	14.70	17.7
C.PIL.3	Scuola	PT	Pilastro	94	94	8.46	0.80	1.01	1.00	1.20	8.20	9.9
C.PIL.4	Cucina/Ref	PT	Pilastro	94	94	28.71	0.80	1.01	1.00	1.10	25.40	30.6
C.PIL.5	Scuola	PT	Pilastro	94	95	37.07	0.80	1.01	1.00	1.10	33.00	39.8
C.TR.6	Scuola	PT	Trave	94	94	14.09	0.80	1.01	1.00	1.20	13.60	16.4
C.TR.7	Palestra	P1	Trave	94	94	10.75	0.80	1.01	1.00	1.20	10.40	12.5
C.TR.8	Scuola	PT	Trave	94	94	15.53	0.80	1.01	1.00	1.20	15.00	18.1
C.TR.9	Scuola	PT	Trave	94	95	27.76	0.80	1.01	1.00	1.10	24.70	29.8
C.PIL.10	Scuola	P1	Pilastro	94	94	13.28	0.80	1.01	1.00	1.20	12.80	15.4
INDAGINI EFFETTUATE DA EMMEBI CONTROLLI - AGOSTO 2016												
C.TR.A (T1)	Cucina/Ref	PT	Trave	104.5	208.9	48.2	1.00	1.00	1.00	1.10	52.90	63.7
C.TR.B (T2)	Scuola	PT	Trave	104.5	209.5	20.8	1.00	1.00	1.00	1.10	22.90	27.6
INDAGINI EFFETTUATE DA EDILPROVE - FEBBRAIO 2001												
C.Pil.C (1)	Palestra	PT	Pilastr o	94	188	11.9	1.00	1.01	1.00	1.20	14.40	17.3
C.Pil.D (2)	Palestra	PT	Pilastr o	94	188	11.0	1.00	1.01	1.00	1.20	13.30	16
C.Pil.E (3)	Palestra	PT	Pilastr o	94	188	14.4	1.00	1.01	1.00	1.20	17.40	21
C.Tr.F (4)	Palestra	PT	Trave	94	188	10.6	1.00	1.01	1.00	1.20	12.80	15.4
C.Tr.G (5)	Palestra	PT	Trave	94	188	12.4	1.00	1.01	1.00	1.20	15.00	18.1

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 41 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

La resistenza alla compressione cubica è data dalla resistenza alla compressione della carota corretta diviso il coefficiente di conversione 0,83.

Visti i risultati delle prove di rottura, ai fini delle verifiche strutturali si è adottata una resistenza caratteristica del calcestruzzo pari a:

- Scuola – Ala Ovest e Ala Est: **16.7 N/mm²**
- Cucina/Refettorio: **33.0 N/mm²**
- Palestra: **16.7 N/mm²**

Si rende noto che nel mediare i valori di resistenza, visti i valori “anomali” e troppo fuori media, non sono stati considerati i risultati relativi alla prova di rottura della carota C.TR.A e alla prova di rottura della carota C.Pil.5.

5.2 CARATTERIZZAZIONE DELL'ACCIAIO DELLE BARRE DI ARMATURA

Dai corpi “Palestra” e Ala Est della Scuola sono state estratte n. 2 barre di armatura. Le barre sono state sottoposte a prove di rottura presso il laboratorio Geotest di Modugno. I risultati delle prove di rottura per trazione e piegamento delle barre, contenuti nei certificati di laboratorio allegati. Per semplicità di lettura, nella tabella seguente sono richiamati i risultati delle prove effettuate dalla Geotest e, per completezza, anche quelli effettuati dalla EMMEBI Controlli nel 2016.

ID INDAGINE	CORPO	PIANO	ELEMENTO	Diam.	f _y	f _t
				[mm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
INDAGINI EFFETTUATE DA GEOTEST - MAGGIO 2019						
E.PIL.1	Palestra	PT	Pilastro	16	511.0	643.0
E.PIL.2	Scuola	P1	Pilastro	18	271.0	375.0
INDAGINI EFFETTUATE DA EMMEBI CONTROLLI - AGOSTO 2016						
E.Tr.A (Pr.F1)	Cucina/Ref.	PT	Trave	12	499.7	722.1
E.Tr.B (Pr.F2)	Scuola	PT	Trave	14	299.5	377.9

Visti i risultati delle prove di rottura a trazione, ai fini delle verifiche strutturali si è adottata una resistenza caratteristica degli acciai pari a:

- Scuola – Ala Ovest e Ala Est: **285 N/mm²** per armature longitudinali e staffe di travi e pilastri
- Cucina/Refettorio: **500 N/mm²** per armature longitudinali e staffe di travi e pilastri
- Palestra: **511 N/mm²** per armature longitudinali e staffe dei pilastri, **285 N/mm²** per le armature longitudinali delle travi e **440 N/mm²** per le staffe delle travi

Nel caso del corpo Palestra sono stati adottato valori differenti tenendo in considerazione anche i dati ricavati dai documenti degli interventi effettuati nel 2001.

Si osserva che le prove LEEB condotte risultano coerenti con le risultanze ottenute in laboratorio.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 42 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

5.3 CARATTERIZZAZIONE DELLE MURATURE PORTANTI

Per le murature portanti, a seguito dei saggi effettuati e delle prove penetrometriche su malta, così come indicato nella Circolare n.7 del 2019, sono stati assunti i valori medi della tab. C.8.5.I per la tipologia di muratura a conci regolari di pietra tenera. Constatata la presenza di diatoni, i coefficienti di resistenza meccanica e le rigidezze sono state moltiplicate per il fattore 1.2.

Tabella 3. Tab. C.8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm 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)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

Tabella 4. Tab. C.8.5.II - Coefficienti correttivi

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (***)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

Pertanto i valori adottati nelle verifiche sono: $f = 3.12 \text{ N/mm}^2$, $\tau_0 = 0.072 \text{ N/mm}^2$, $f_{v0} = 0.174 \text{ N/mm}^2$, $E = 1410 \text{ N/mm}^2$, $G = 450 \text{ N/mm}^2$.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 43 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Circolare n.7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP.
- Circolare 4/07/96, n.156 AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
- Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
- D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 44 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

- UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici.
- UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
- UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
- UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
- UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
- UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.

7 LIVELLO DI CONOSCENZA

La scelta delle posizioni delle stazioni di indagini in sito è stata effettuata cercando di minimizzare al massimo le interferenze con le attività scolastiche. La scuola, infatti, non ha subito interruzioni di alcun tipo durante l'esecuzione delle prove. Per tale motivo, la maggior parte delle indagini invasive, distruttive, sono state effettuate dall'esterno sui telai e sulle murature perimetrali.

Vista la tipologia costruttiva dell'edificio scolastico, che si stima risalire agli anni '60, e vista la carenza di armature rilevate negli elementi strutturali in c.a. si è cercato di ridurre al minimo le prove distruttive sul calcestruzzo e sulle armature, mirando i punti indagati sugli elementi rappresentativi.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 45 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Per quanto riguarda le strutture portanti in c.a. si osserva una ripetitività elevata. I telai in cemento armato presenti sulla facciata sud dei corpi della scuola hanno tutti i pilastri e tutte le travi delle stesse dimensioni: 30x50 cm per i primi e 50x50 cm per le seconde.

Le murature portanti hanno tutte la stessa larghezza e nei punti indagati è stato possibile appurare la stessa tipologia costruttiva.

In relazione alle indicazioni contenute nelle NTC2018 e nella relativa Circolare esplicativa del 2019, la campagna delle indagini strutturali effettuate sull'edificio scolastico ha avuto come esito quello di conseguire un livello di conoscenza adeguato della struttura LC2. L'unica eccezione la fanno le travi in quanto, vista la difficoltà di indagare quelle perimetrali a causa della presenza degli infissi all'intradosso, si è ritenuto opportuno adottare un livello di conoscenza LC1 per il calcolo delle armature con il progetto simulato.

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Il peso proprio degli elementi strutturali, quali murature e profilati in acciaio, viene automaticamente calcolato dal software, una volta assegnata la geometria dell'elemento ed il peso specifico del materiale. In particolare, per le murature è stato assegnato un peso specifico pari a 1600 daN/m³, mentre per il calcestruzzo ARMATO 2500 DAN/M³.

8.2 CARICO DEGLI ORIZZONTAMENTI – SOLAI

Corpo	Impalcato	Peso Proprio + Perm. Portati (divisori) [daN/m ²]	Sovraccarichi variabili [daN/m ²]
Palestra	Solaio primo impalcato	620	300
	Solaio secondo impalcato (copertura)	570	50 (manutenzione straordinaria)
Scuola	Solaio primo impalcato – Aule e uffici	675	300
	Solaio primo impalcato – Corridoi	525	300
	Rampe a sbalzo delle scale	850	400
	Solaio secondo impalcato – Aule e uffici	590	50 (manutenzione straordinaria)
Refettorio	Solaio di copertura	915	50 (manutenzione straordinaria)
Cucina	Solaio di copertura	750	50 (manutenzione straordinaria)
Loc. Tecnici	Solaio di copertura	570	50 (manutenzione straordinaria)

8.3 AZIONE DA NEVE

Il carico dovuto alla neve agente sulle coperture è stato valutato mediante il paragrafo 3.4 delle NTC2018:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura;

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 46 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico da neve al suolo [kN/m^2] per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E è il coefficiente di esposizione;

C_t è il coefficiente termico.

Si assume che il carico neve agisca in direzione verticale e pertanto è riferito alla proiezione orizzontale della superficie di copertura.

La provincia città del sito in oggetto è Taranto e si trova nella Zona III definita al paragrafo 3.4.2 delle NTC2008 e pertanto $q_{sk} = 60 \text{ daN/m}^2$ e $q_s \cong 50 \text{ daN/m}^2$.

NOTA: I coefficienti parziali nelle combinazioni di verifiche relativi al carico neve sono meno "gravi" rispetto a quelli dovuti ai carichi variabili. Pertanto, visto che il carico per la manutenzione è pari a 50 daN/m^2 , nelle verifiche si trascura il contributo del carico neve.

8.4 PESO DELLE TAMPONATURE ESTERNE E INTERNE

Il peso delle tamponature esterne e del parapetto/cordolo di copertura è stato applicato come carico lineare distribuito sulle travi e come carico superficiale sui solai. In particolare:

- il peso delle tamponature esterne dotate di infissi è assunto pari a 6 daN/cm lineare. Se gli infissi non sono presenti su tutta la lunghezza della campata, il peso è assunto pari a 9 daN/cm ;
- il peso del parapetto/cordolo perimetrale presente in copertura è assunto pari a 2.6 daN/cm ;
- il peso del divisorio interno, nell'area in c.a., tra il corridoio e gli uffici è assunto pari a 10 daN/cm .

8.5 DEFINIZIONE DELLA DOMANDA SISMICA – CARATTERIZZAZIONE DEL SITO DI RIFERIMENTO

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica è stata valutata dalla pericolosità sismica del sito di ubicazione del manufatto, individuato dalle seguenti coordinate geografiche espresse in diversi sistemi di riferimento:

- Sistema di riferimento Coordinate geografiche WGS84:

Longitudine 17.427721 [°]; Latitudine 40.532498 [°]

- Sistema di riferimento ED50:

Longitudine 17.428517 [°]; Latitudine 40.533481 [°]

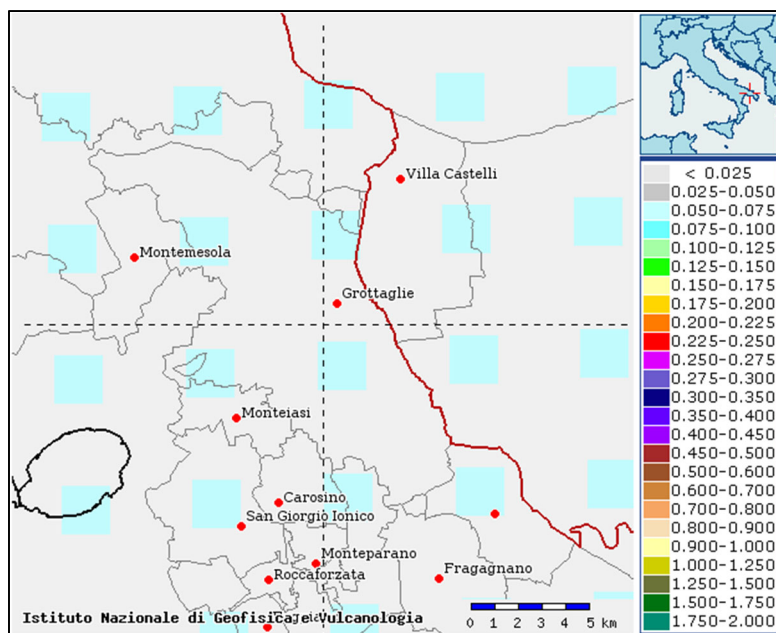


Figura 54. Mappa della pericolosità sismica per il sito in esame

I siti di riferimento del reticolo con le relative distanze dell'ubicazione degli edifici sono di seguito elencati:

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	17.428	40.532	
34358	17.371	40.518	5.041
34359	17.436	40.516	1.957
34137	17.439	40.566	3.833
34136	17.374	40.568	5.996

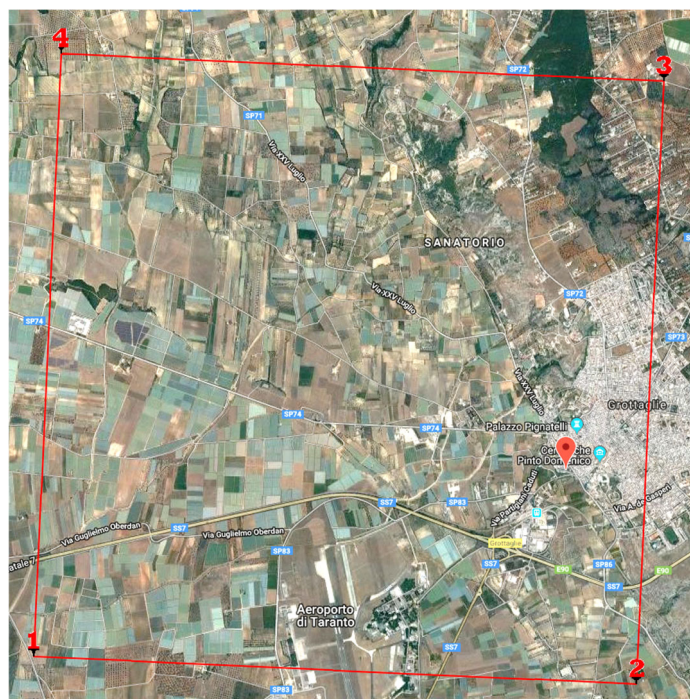


Figura 55. Siti di riferimento con localizzazione del sito di ubicazione degli edifici oggetto di verifica sismica

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 48 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura più avanti). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

- a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
III	50.0	1.5	75.0	B	T1

dove:

- La classe d'uso dell'edificio è la Classe III di cui al paragrafo 2.4.2 delle NTC2018;
- Vita Nominale: 50 anni. Tipo di costruzione 2, secondo la tab.2.4.I delle NTC2018.
- Coeff. Uso: $C_u = 1.5$, secondo la tab. 2.4.II delle NTC2018
- Categoria del sottosuolo: "B". secondo la tab. 3.2.II delle NTC2018
- Categoria topografica: T1, Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, cat. Topografica T1 secondo la tab. 3.2.III delle NTC2018

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

SL	P_{ver}	T_r	a_g	F_o	T^*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	45.0	0.027	2.390	0.270
SLD	63.0	75.0	0.034	2.420	0.320
SLV	10.0	712.0	0.065	2.850	0.420
SLC	5.0	1462.0	0.077	2.950	0.430

SL	a_g	S	F_o	F_v	T_b	T_c	T_d
	g				sec	sec	sec
SLO	0.027	1.200	2.390	0.532	0.129	0.386	1.709
SLD	0.034	1.200	2.420	0.605	0.147	0.442	1.737
SLV	0.065	1.200	2.850	0.983	0.183	0.550	1.861
SLC	0.078	1.200	2.950	1.109	0.187	0.560	1.910

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 49 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

dove:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.3)

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

In conclusione, determinata la pericolosità sismica di base del sito di ubicazione della costruzione, secondo quanto prescritto al punto 3.2 delle NTC2018, con riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (**SLV**) e quindi ad una probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R (100 anni, vedi dopo) $P_{VR}=10\%$, i parametri di definizione dello spettro di risposta elastico in accelerazione sono:

- accelerazione orizzontale massima al sito $a_g=0.065$ g;
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale $F_o=2.850$;
- valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale $T_c^*=0.420$ s.

In coerenza con il capitolo 8 delle NTC2018 e il rispettivo capitolo C8 della Circolare n.7 del C.S.LL.PP. del 2019, per le verifiche dei componenti esistenti il **fattore di comportamento** è stato assunto pari a:

- $q=1.5$ per le verifiche di tipo fragile (a taglio e dei nodi) degli elementi in c.a.;
- $q=2.5$ per le verifiche di tipo duttile (a presso-flessione) degli elementi in c.a.;
- $q=3.0$ per le verifiche dei maschi e delle fasce murarie.

L'analisi sismica adottata è quella dinamica lineare o analisi modale con spettro di risposta. La risposta della struttura nei riguardi dell'azione sismica viene calcolata separatamente per ciascuna delle componenti dell'azione sismica; gli effetti sulla struttura, in termini di sollecitazioni e spostamenti, sono poi combinati applicando le seguenti espressioni:

$$1.00 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

$$0.30 \cdot E_x + 1.00 \cdot E_y + 0.30 \cdot E_z$$

$$0.30 \cdot E_x + 0.30 \cdot E_y + 1.00 \cdot E_z$$

con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e cambio dei segni. La verifica di resistenza degli elementi del serbatoio è condotta allo SLV.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
Pag. 50 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo		

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali dovuti al peso proprio del serbatoio G1 e al peso del fluido contenuto al suo interno Q1:

$$G_1 + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_1$$

dove per i coefficienti ψ_{2j} si è fatto riferimento alla tab. 2.5.I:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

In funzione dei carichi sopra definiti, il software di calcolo utilizzato consente di assegnare la massa sismica alla struttura, convertendo direttamente i carichi in massa in funzione del coefficiente di partecipazione attribuito a ciascun carico.

Poiché non si ravvisa il ricorrere di nessuno dei vincoli riportati del cap. 8.3 delle NTC2018, le fondazioni non sono oggetto di verifica, pertanto, per quanto riguarda i vincoli assunti alla base della struttura portante, a vantaggio di sicurezza, i pilastri sono stati assunti incastrati mentre le murature appoggiate, libere di ruotare.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 51 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

9 CASI E COMBINAZIONI DI CARICHI

Le analisi e le verifiche sulle strutture sono state effettuate secondo le NTC2018 e gli EC con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carichi adottate, in accordo al paragrafo 2.5.3 del DM 17.01.18, sono:

- Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi (SLV) connessi all'azione sismica E

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

9.1 COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

I valori dei coefficienti parziali γ assunti nelle verifiche sono stati ricavati, in accordo alle NTC2018, dalle Tab. 2.6.I. Invece, i coefficienti di combinazione ψ_{0j} sono stati assunti sulla base della tab. 2.5.I delle norme.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili Q .

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTagLIE Provincia di Taranto
	Pag. 52 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

9.2 CASI DI CARICO

I casi di carico adottati nelle verifiche sono elencati nella tabella seguente:

CDC	Tipo	Sigla Id
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)
5	Gk	CDC=G1k (Carichi per tamponamenti)
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)

9.3 COMBINAZIONI DI CARICHI

Le azioni descritte nel capitolo 8 ed applicate mediante i casi di carico del paragrafo 9.2, sono state combinate tra loro con i coefficienti esposti nel paragrafo 9.1, ottenendo così n.36 combinazioni, somma di quelle agli stati limiti statici (ultimi) e di quelle agli stati limiti sismici (SLV). L'Approccio adottato è Approccio 2, utilizzando quindi i coefficienti A1 della Tabella 2.6.I..

9.3.1 Combinazioni di carico di tipo statiche:

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5	CDC 6	CDC 7	CDC 8	CDC 9
1	1.30	1.30	1.50	0.0	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.30	1.30	1.50	1.50	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1.00	1.00	0.80	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0
4	1.00	1.00	0.80	1.50	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0

9.3.2 Combinazioni di carico di tipo sismiche:

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5	CDC 6	CDC 7	CDC 8	CDC 9
1	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-1.00	0.0	-0.30	0.0
2	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-1.00	0.0	0.30	0.0
3	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0
4	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0
5	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-1.00	0.0	0.0	-0.30
6	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-1.00	0.0	0.0	0.30
7	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30
8	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30
9	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-1.00	-0.30	0.0
10	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-1.00	0.30	0.0
11	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	1.00	-0.30	0.0
12	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	1.00	0.30	0.0
13	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30
14	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30

Cmb	CDC 1	CDC 2	CDC 3	CDC 4	CDC 5	CDC 6	CDC 7	CDC 8	CDC 9
15	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30
16	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30
17	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-0.30	0.0	-1.00	0.0
18	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-0.30	0.0	1.00	0.0
19	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.30	0.0	-1.00	0.0
20	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.30	0.0	1.00	0.0
21	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-0.30	-1.00	0.0
22	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-0.30	1.00	0.0
23	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	0.30	-1.00	0.0
24	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	0.30	1.00	0.0
25	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-0.30	0.0	0.0	-1.00
26	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	-0.30	0.0	0.0	1.00
27	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.30	0.0	0.0	-1.00
28	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.30	0.0	0.0	1.00
29	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00
30	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00
31	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00
32	1.00	1.00	1.00	0.60	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 54 di 203 RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

10 MODELLAZIONE NUMERICA DELLA STRUTTURA

10.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO AD ELEMENTI FINITI (F.E.M.)

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è invece condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza}$$

$\mathbf{u}$ = vettore spostamenti nodali

$\mathbf{F}$ = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto. I solai, poiché provvisti di soletta collaborante, sono stati modellati come solai rigidi.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo **BEAM** (trave-D2)
- Elemento tipo **PLATE** (piastra-guscio-D3)
- Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

10.2 SOFTWARE E LICENZA D'USO

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2015-09-171)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
Pag. 55 di 203		

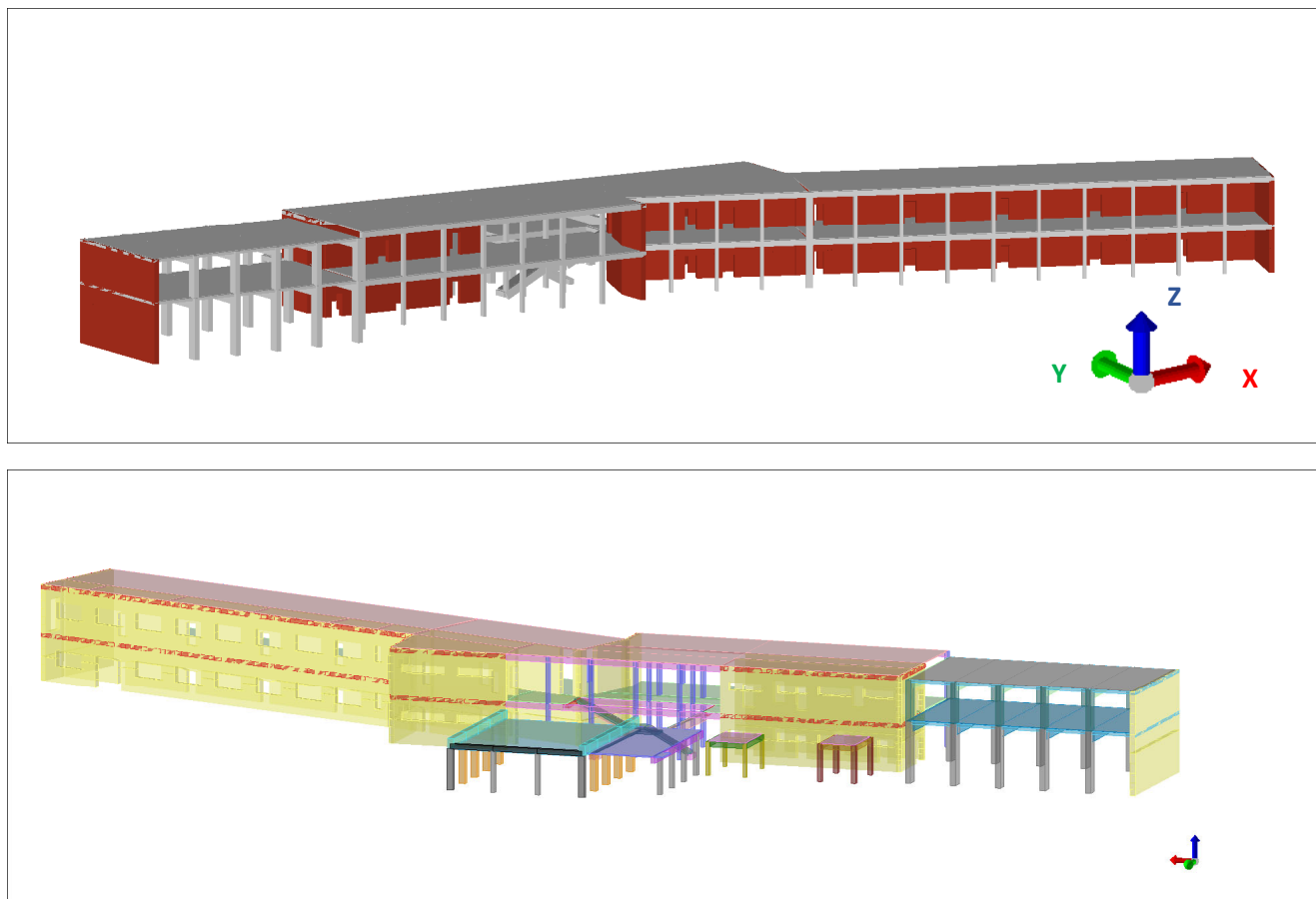


Figura 56. Modellazione FEM

10.3 AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. È possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>.

11 ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI DI TIPO STATICHE

Nel presente capitolo sono riportati i risultati in veste grafica, mediante visualizzazione con mappa cromatica degli esiti delle verifiche statiche effettuate sull'organismo edilizio. Tale scelta consente una più rapida lettura dei risultati. Per una consultazione più dettagliata e numerica si rimanda al tabulato di calcolo allegato alla relazione.

11.1 PALESTRA

11.1.1 Strutture portanti in c.a.

11.1.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

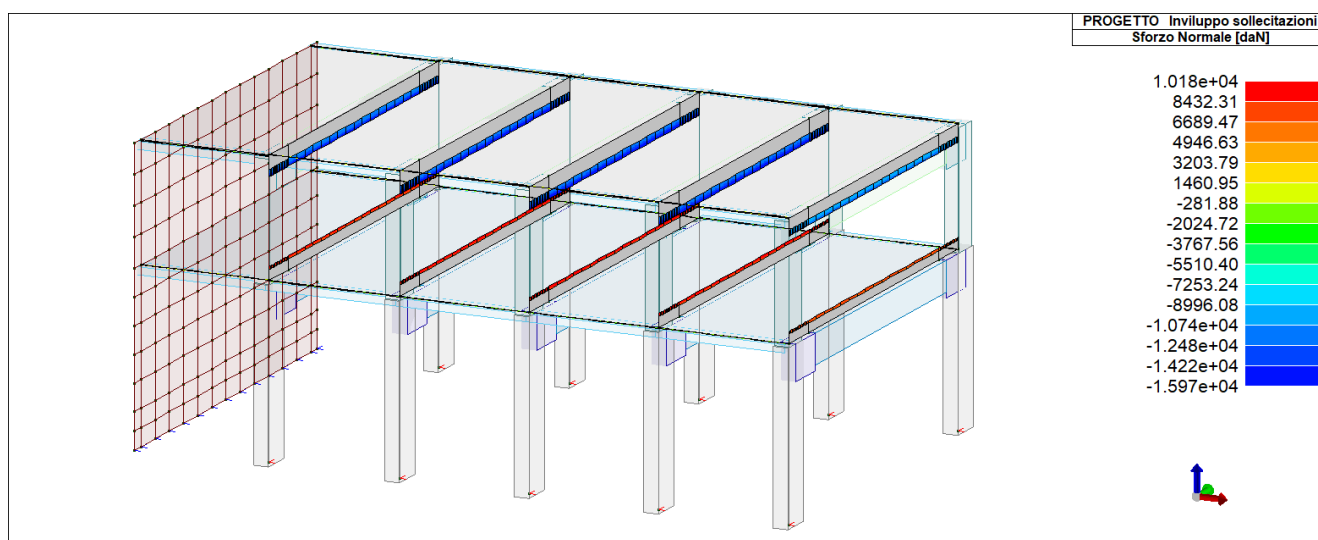


Figura 57. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

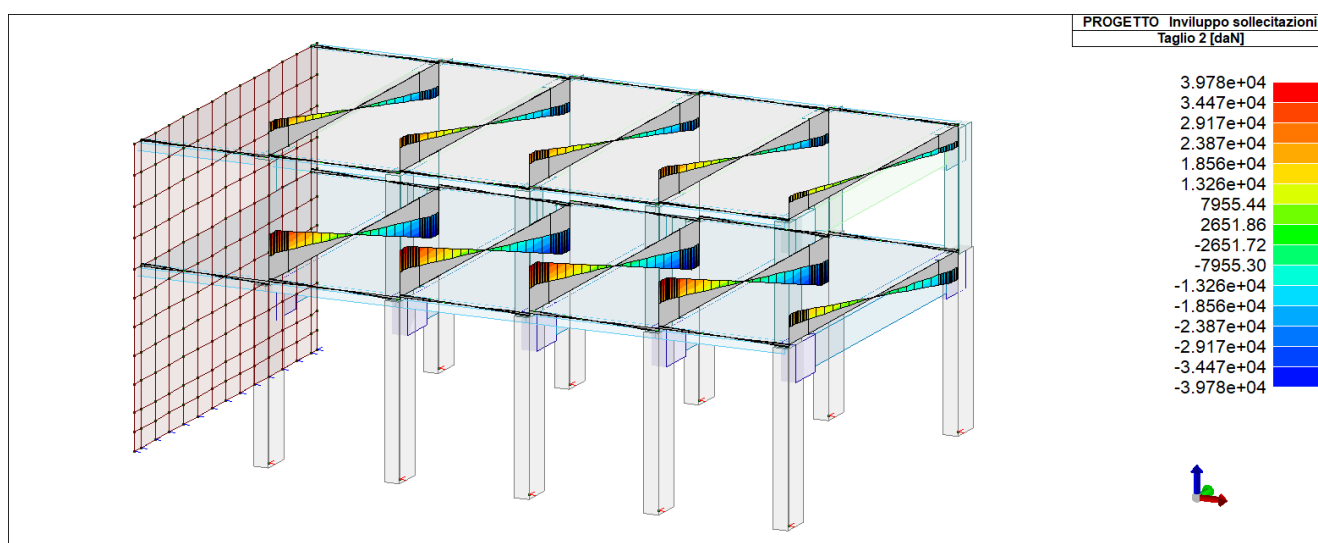


Figura 58. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

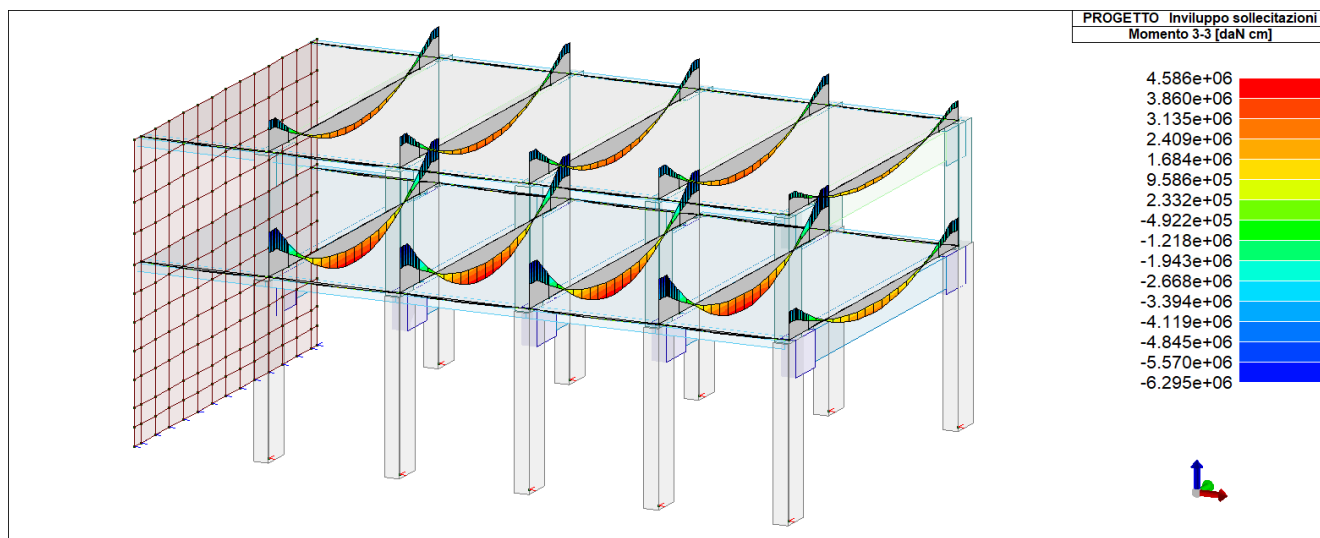


Figura 59. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

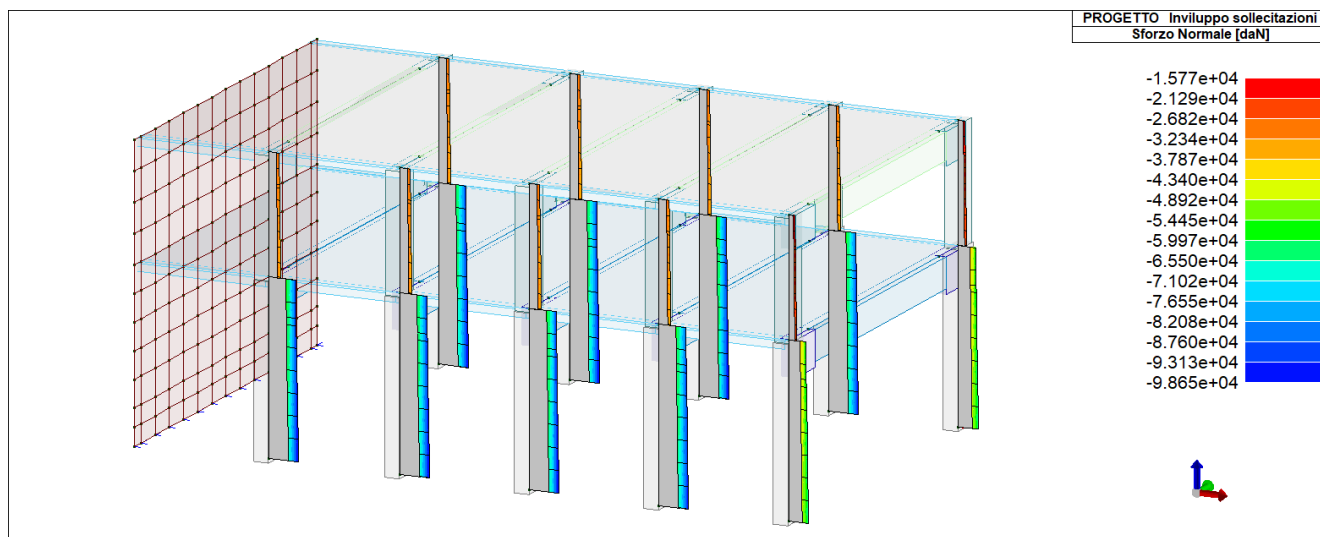


Figura 60. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

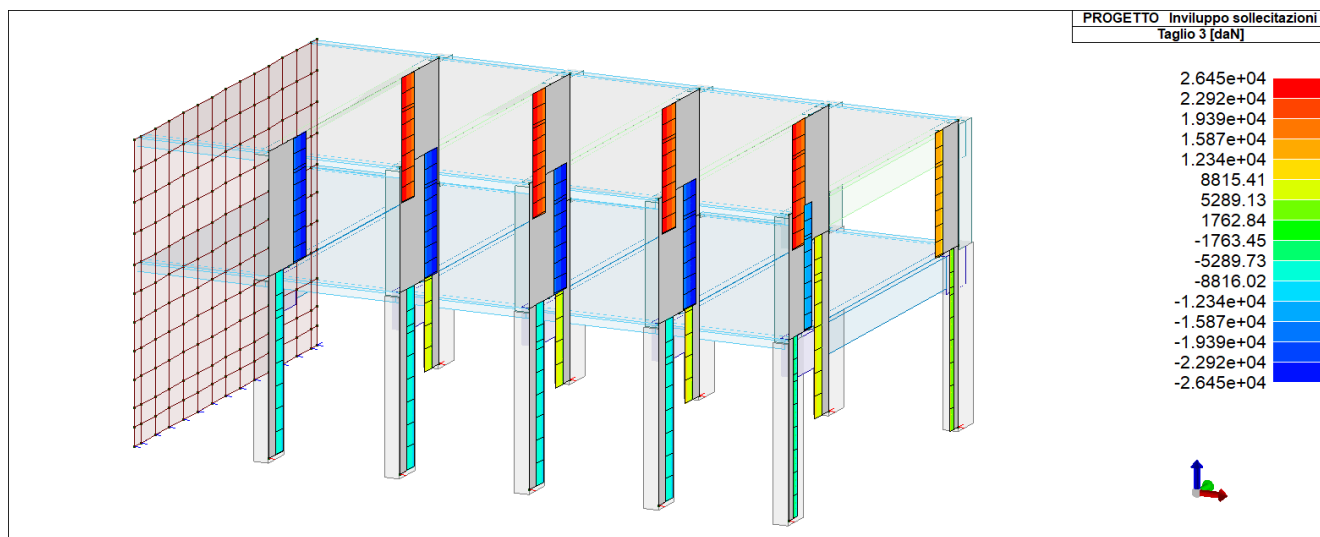


Figura 61. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

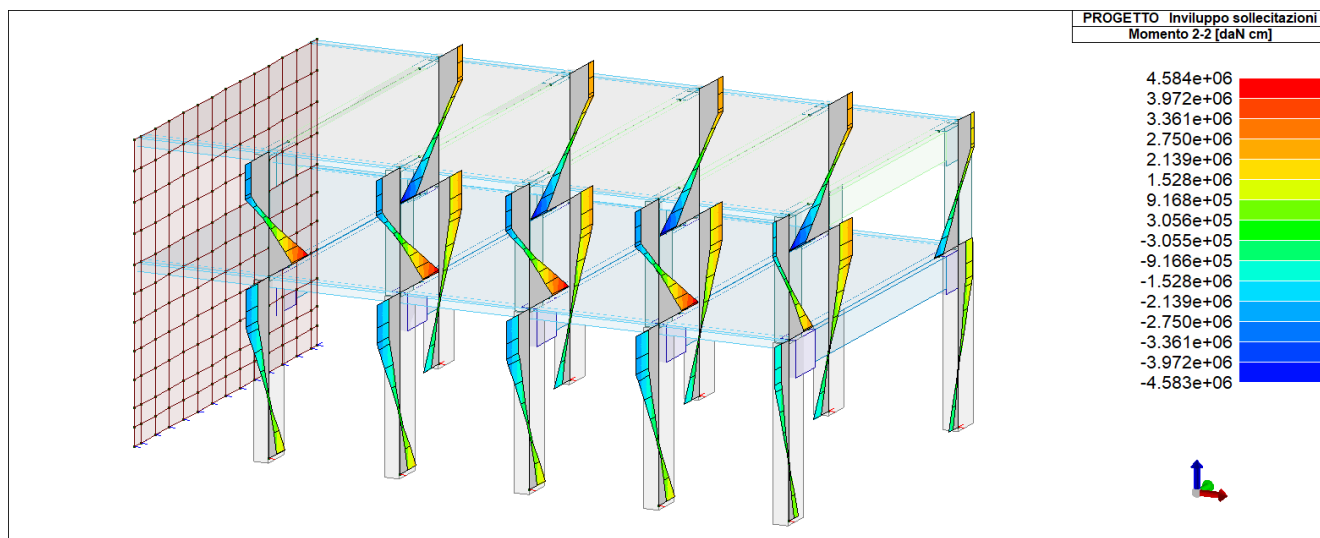


Figura 62. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

Le sollecitazioni aventi un valore trascurabile non sono mostrate per sintesi del documento.

11.1.1.2 Verifica degli elementi

Le verifiche effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

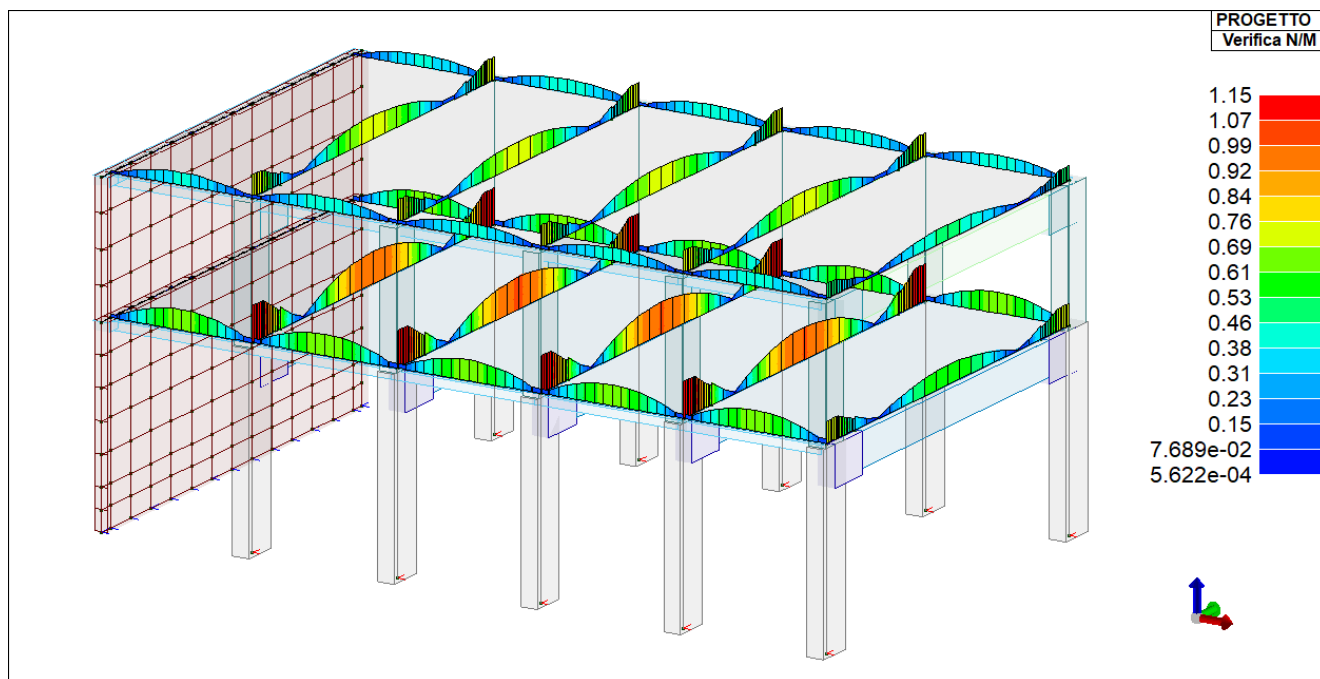


Figura 63. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

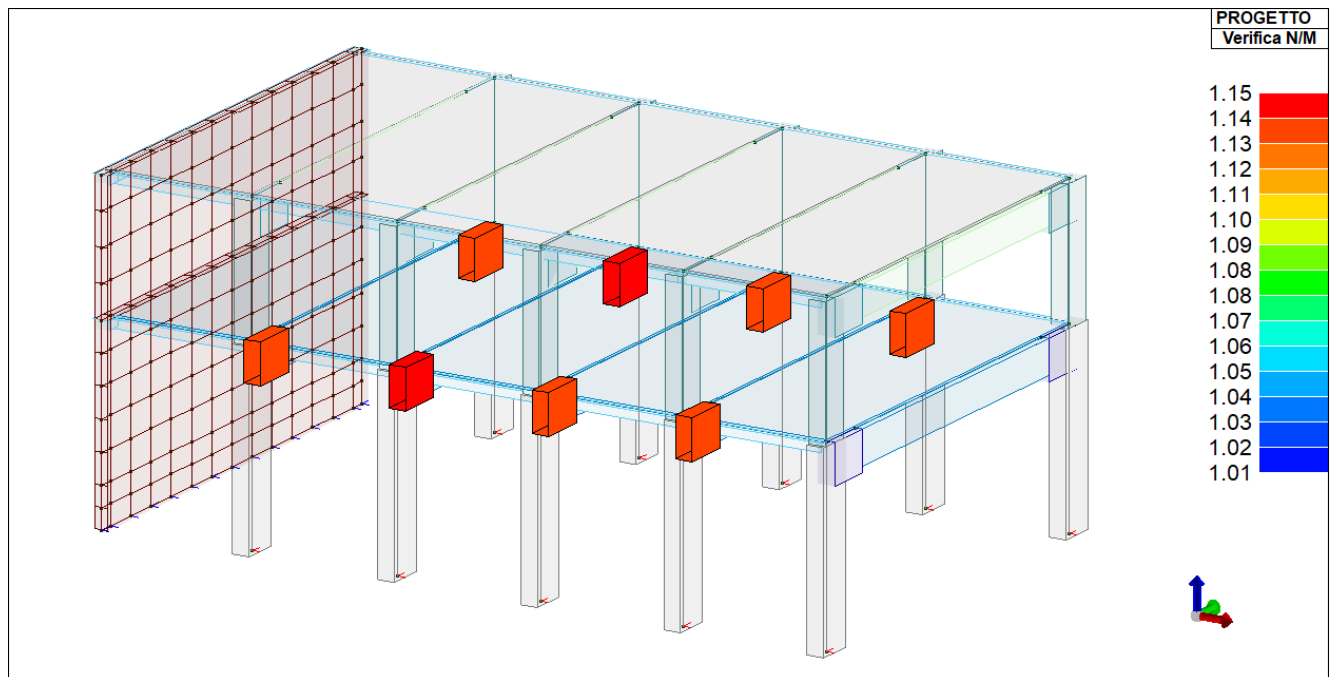


Figura 64. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati.

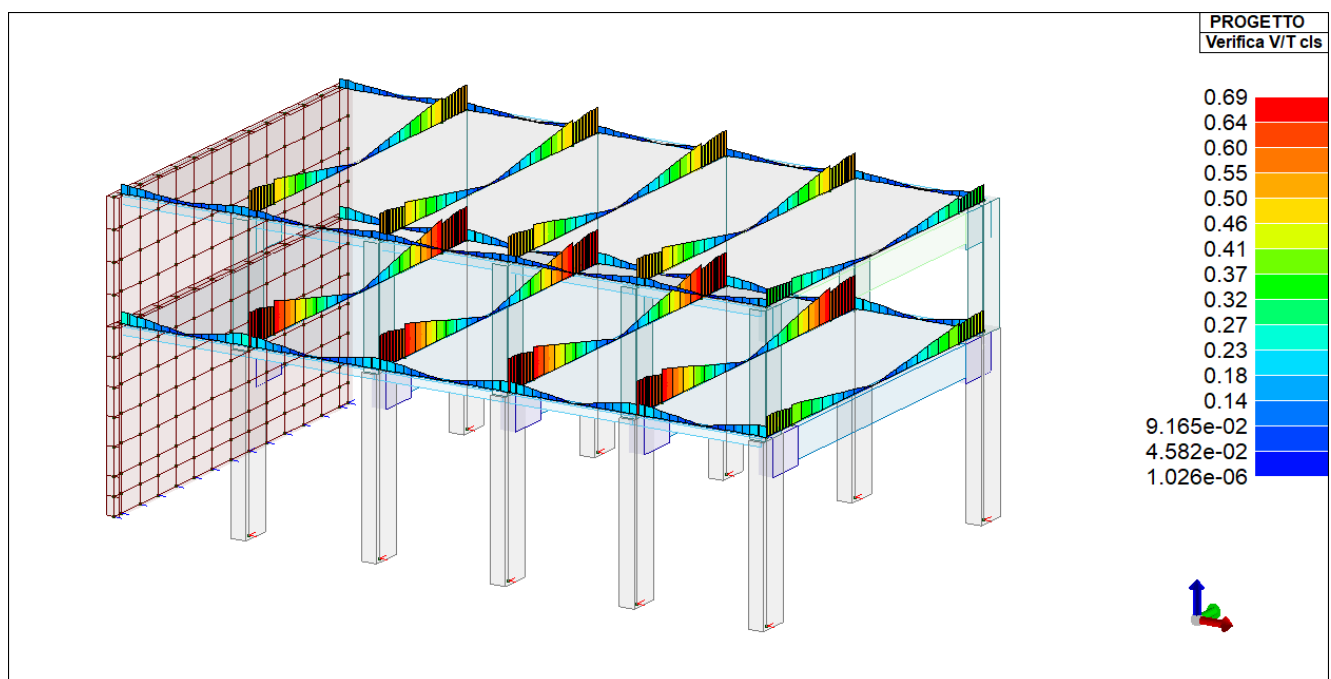


Figura 65. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

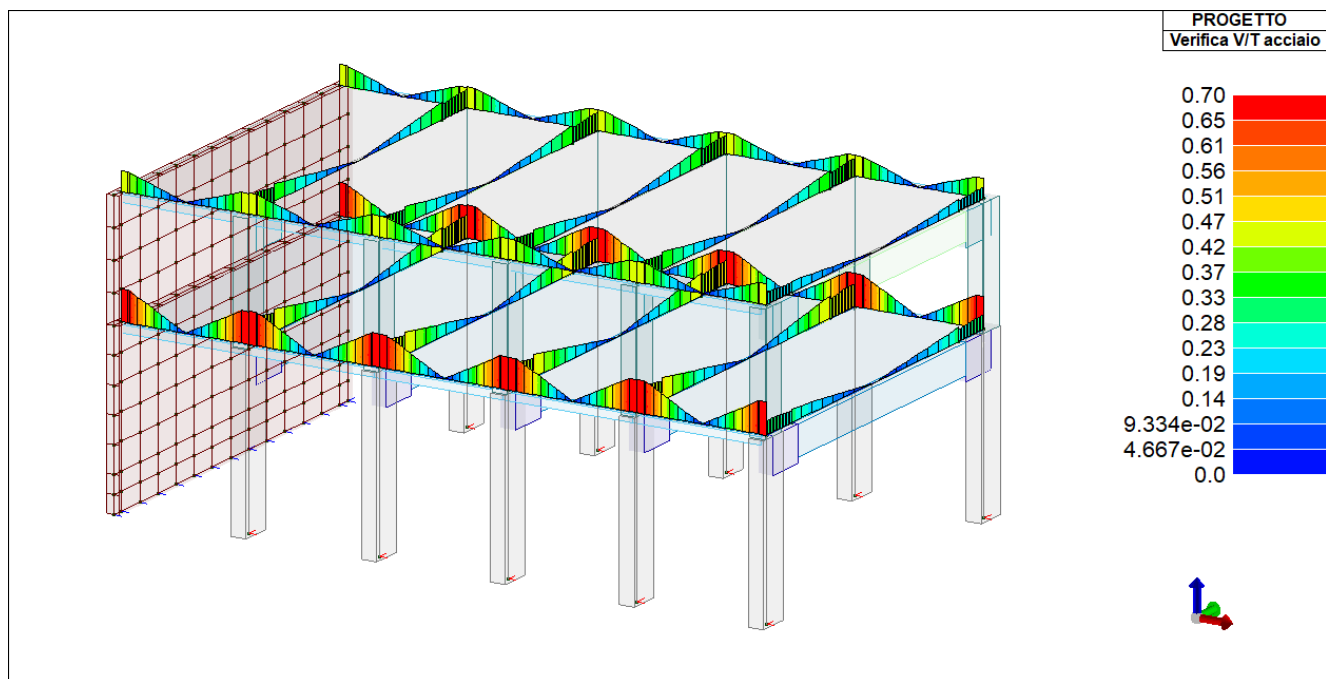


Figura 66. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

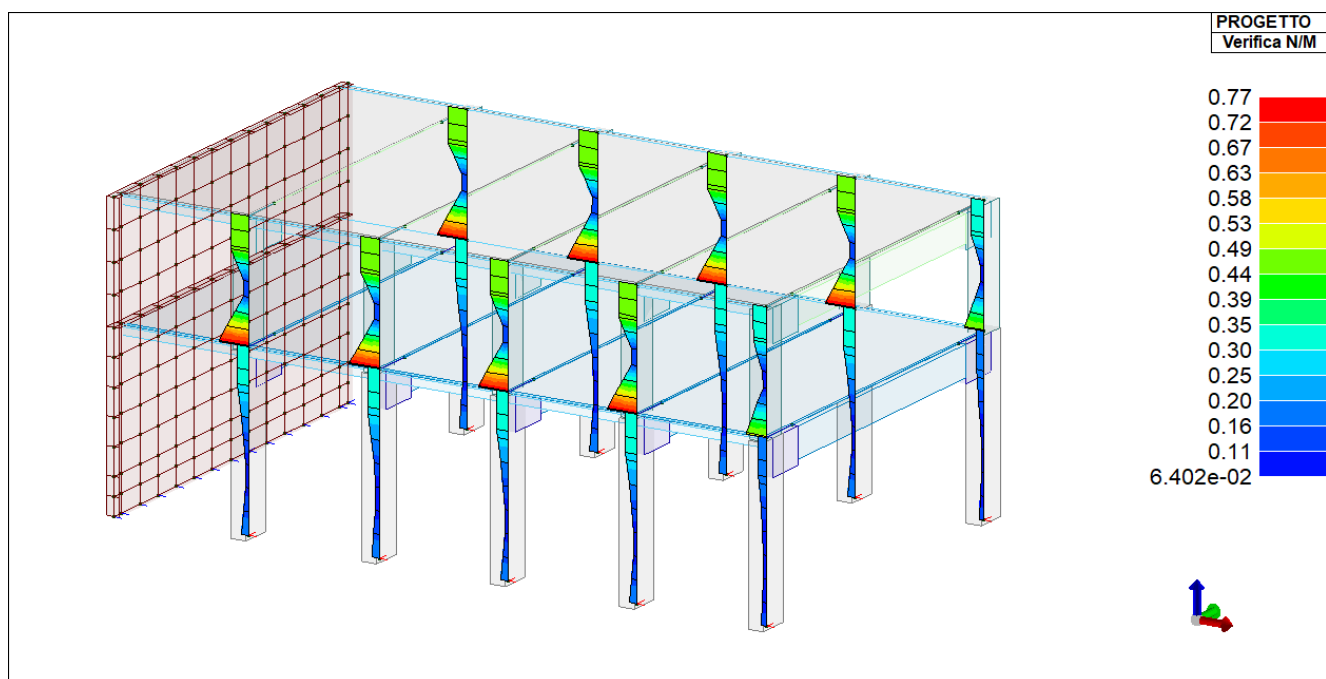


Figura 67. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

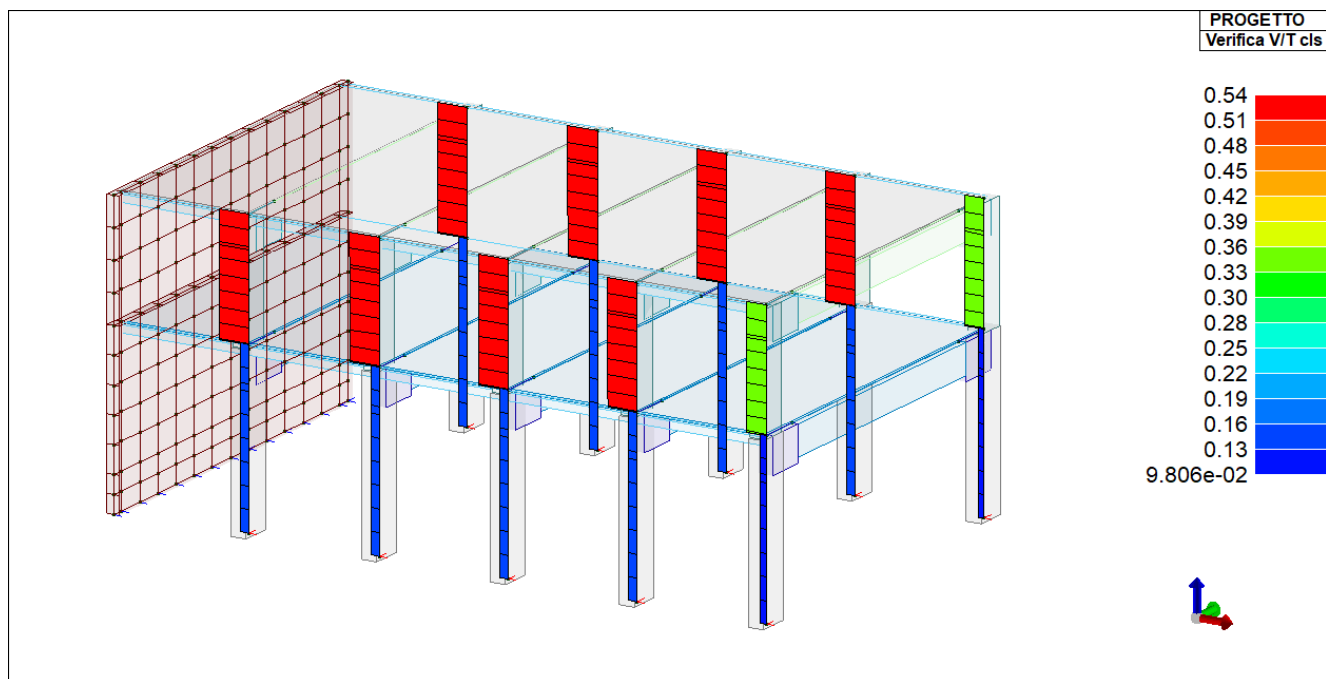


Figura 68. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

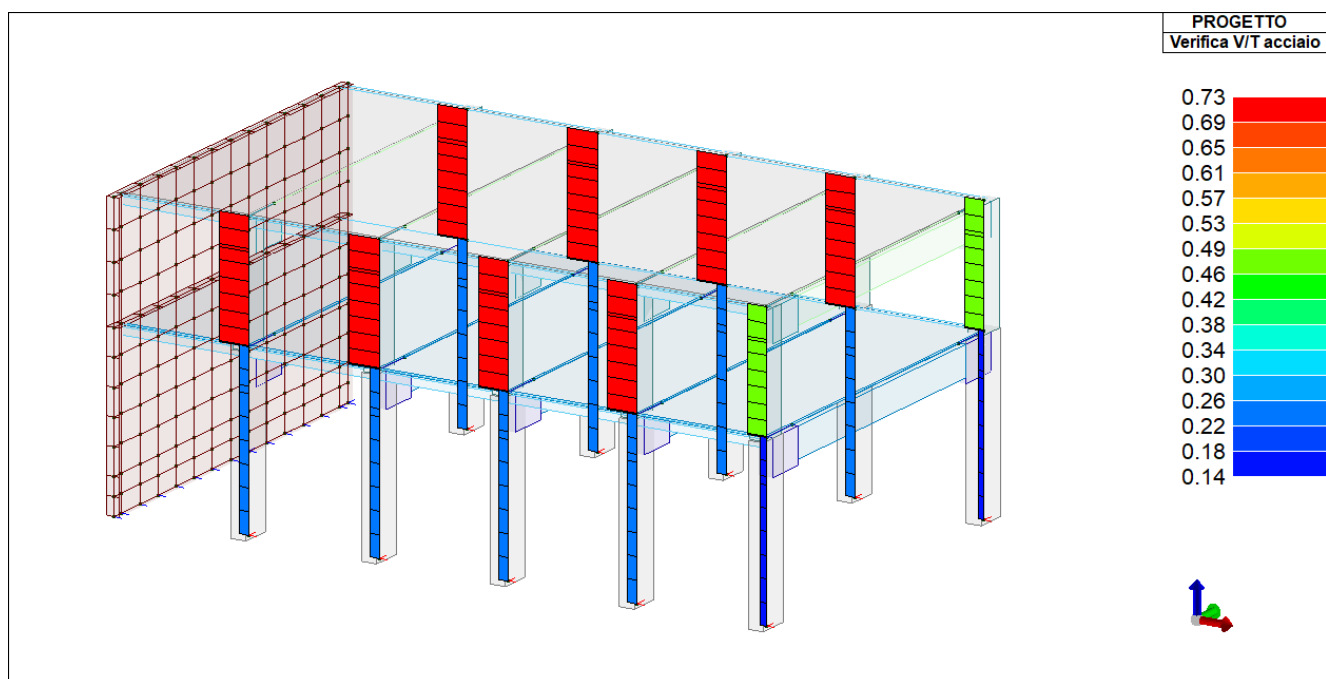


Figura 69. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

11.1.2 Strutture portanti muratura

11.1.2.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano le azioni macro massime rilevate nei maschi e nelle fasce murarie, nelle combinazioni di carico statiche.

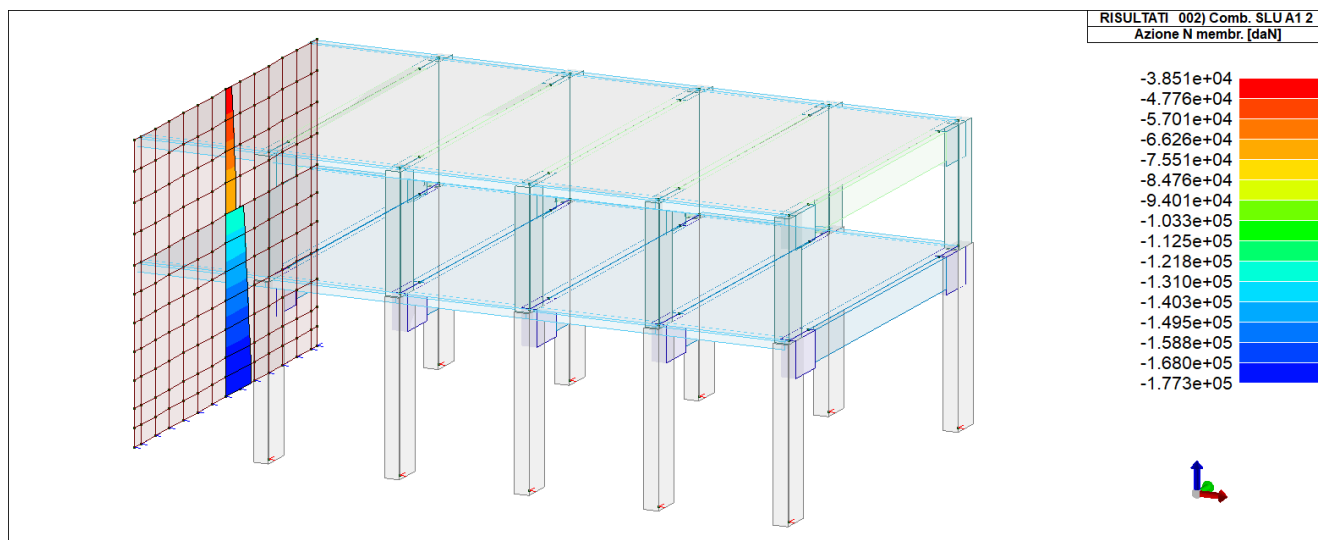


Figura 70. Azione macro N membranale

Le azioni aventi un valore trascurabile ai fini delle resistenze degli elementi non sono mostrate per sintesi del documento. A tal riguardo si può visionare tutte le azioni nel tabulato di calcolo.

11.1.2.2 Verifica degli elementi

Di seguito si riportano i risultati, in forma grafica, delle verifiche effettuate sui maschi e sulle fasce murarie.

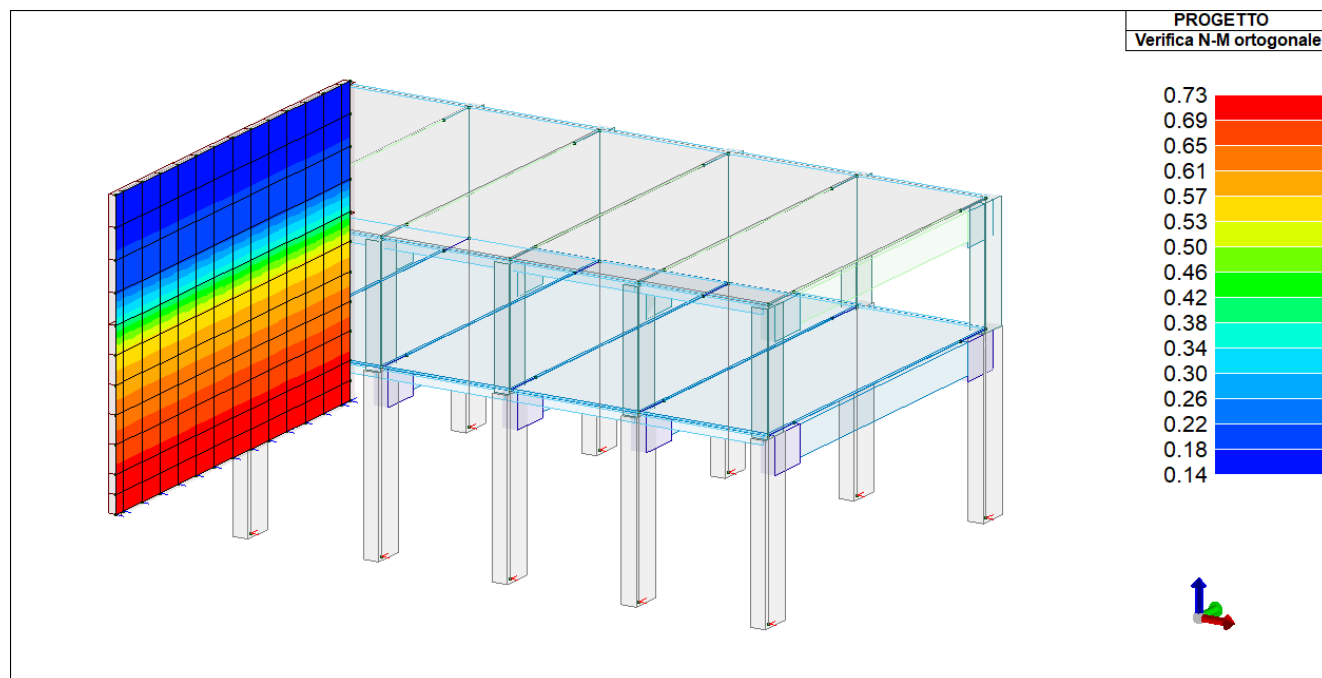


Figura 71. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

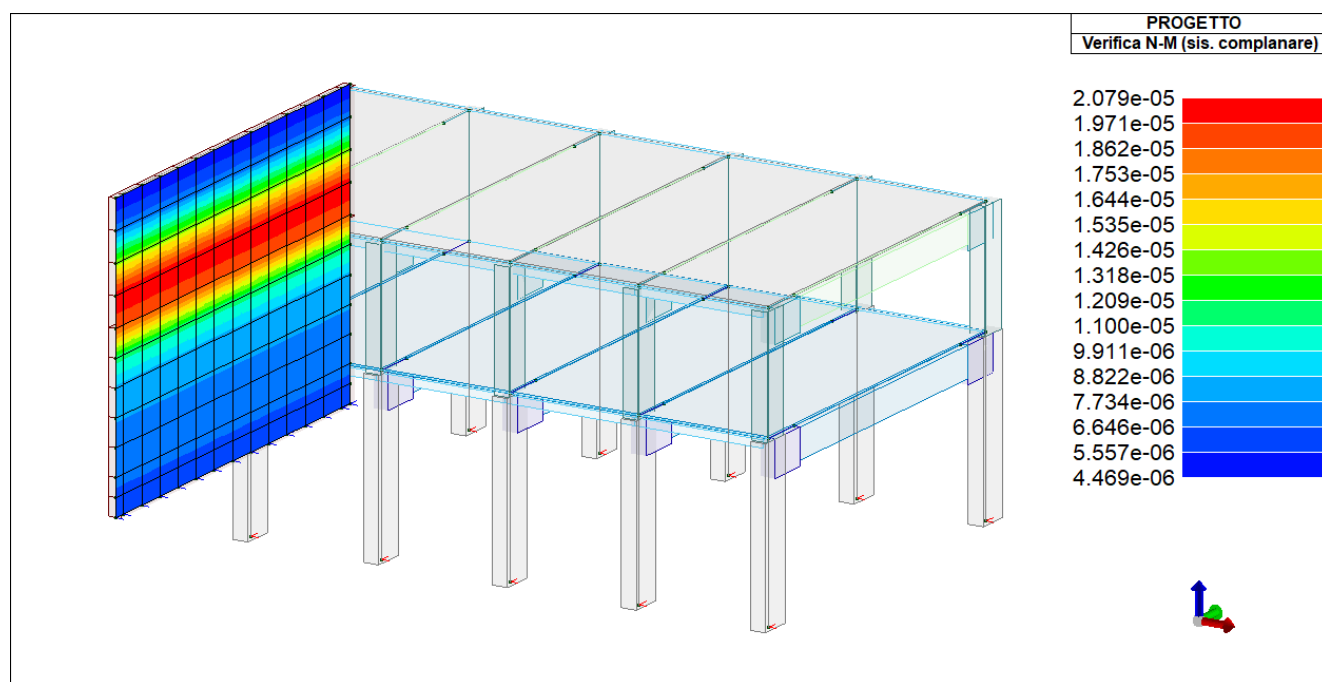


Figura 72. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

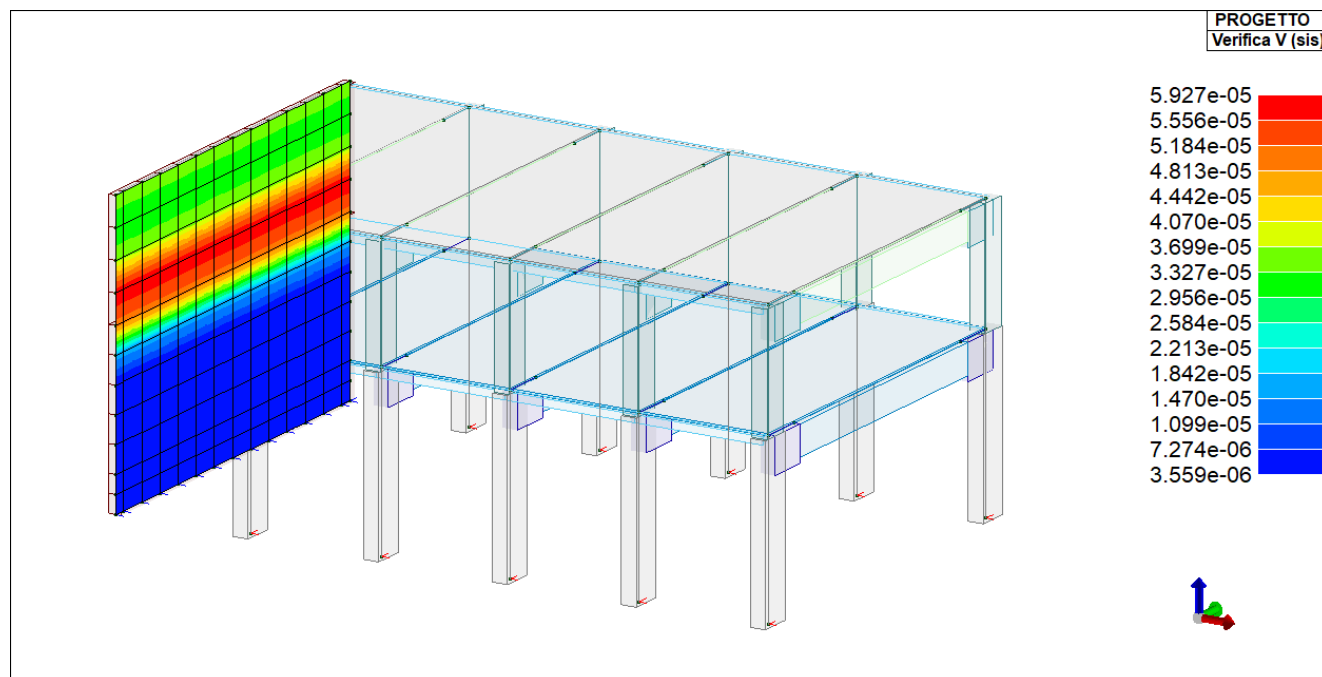


Figura 73. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

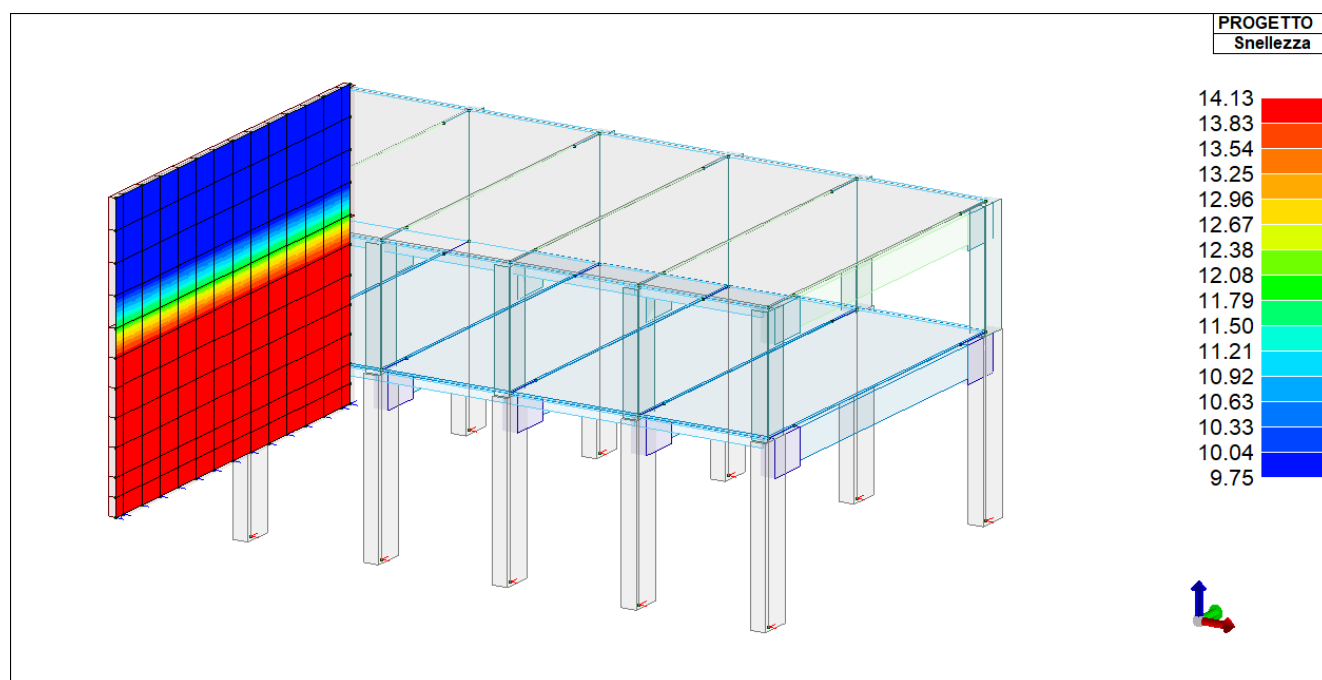


Figura 74. Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori della snellezza delle pareti in muratura; se il valore della snellezza risulta superiore al limite pari a 20 la parete risulta non verificata.

11.2 ALA OVEST DELLA SCUOLA

11.2.1 Strutture portanti in c.a.

11.2.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

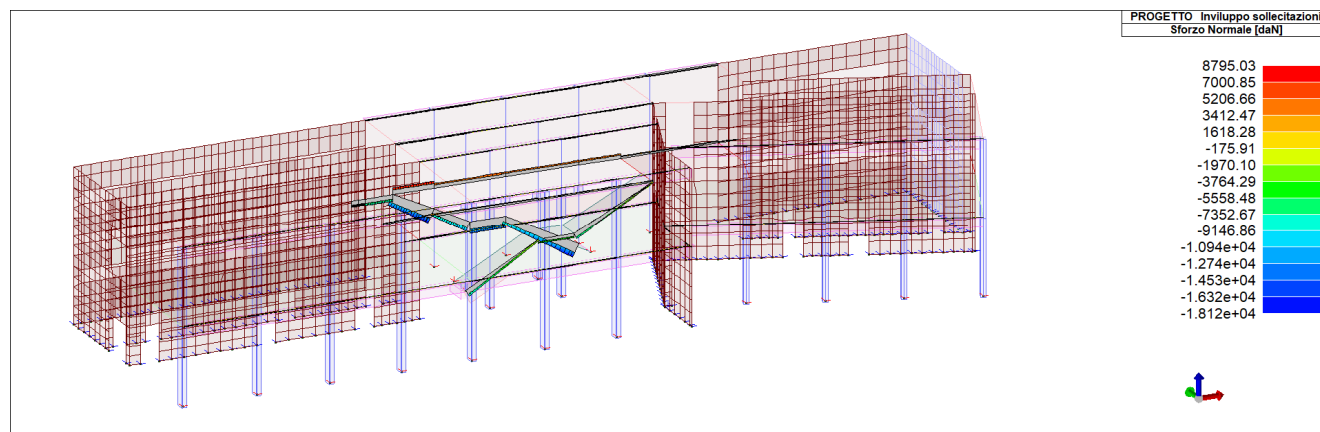


Figura 75. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

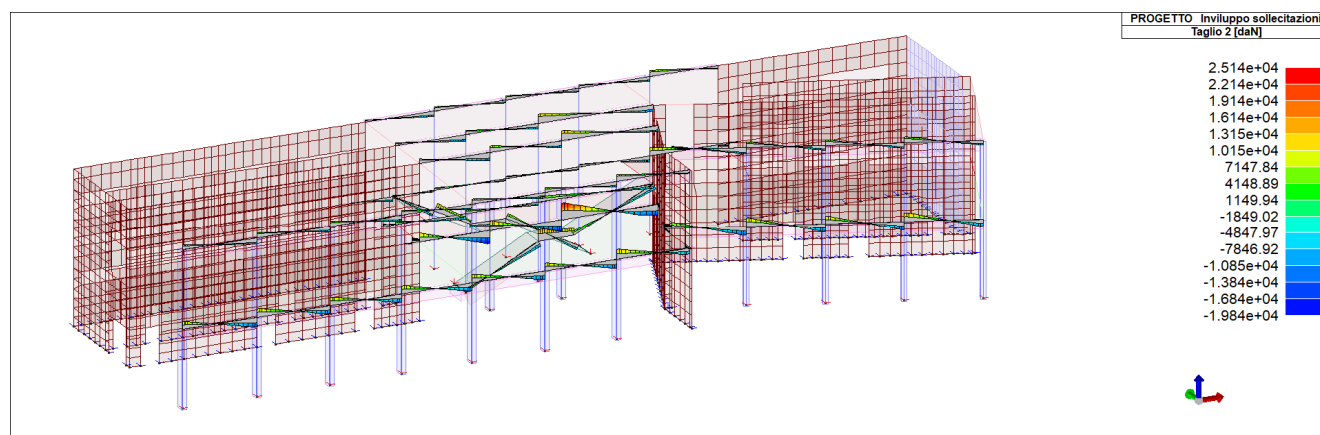


Figura 76. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

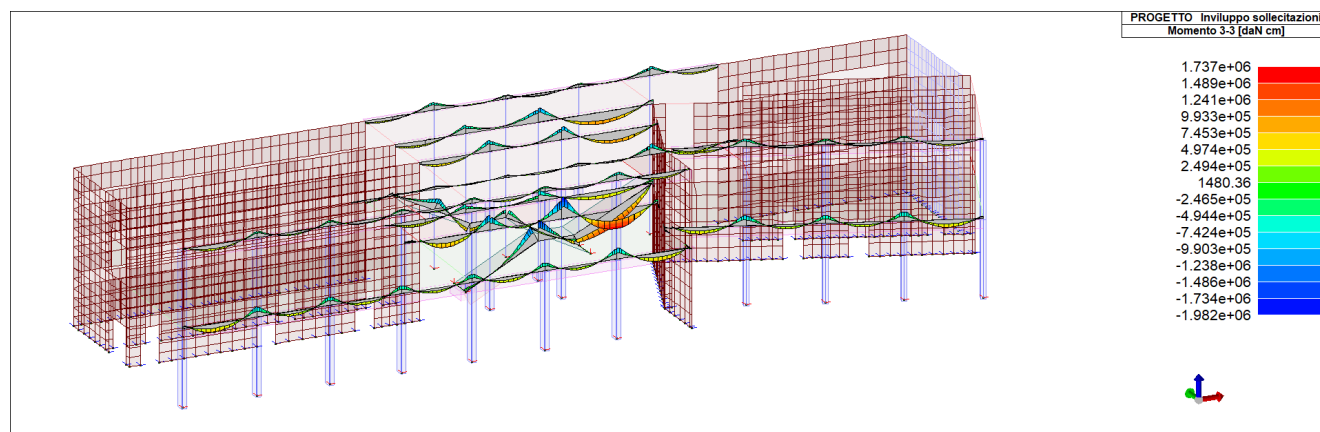


Figura 77. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

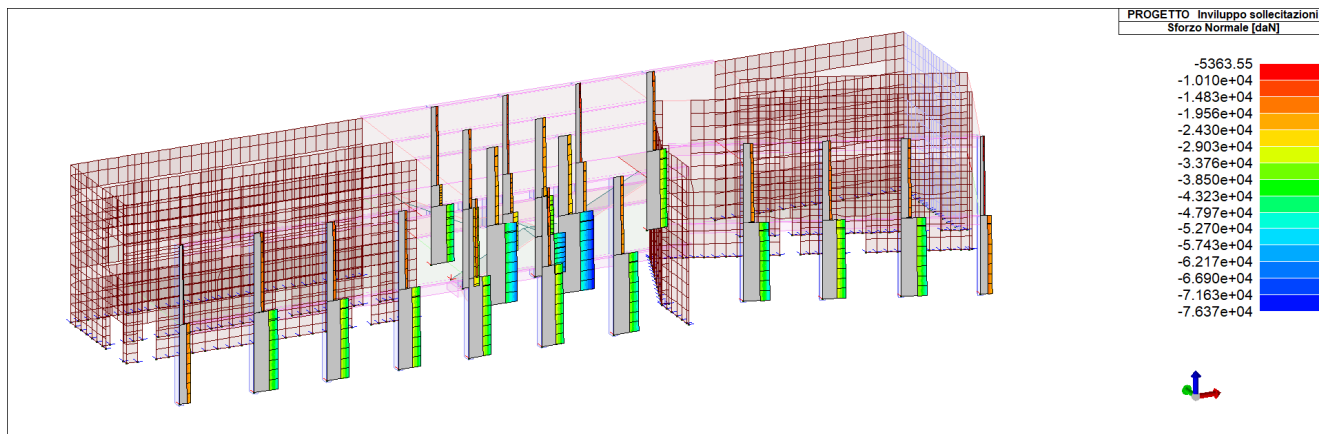


Figura 78. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

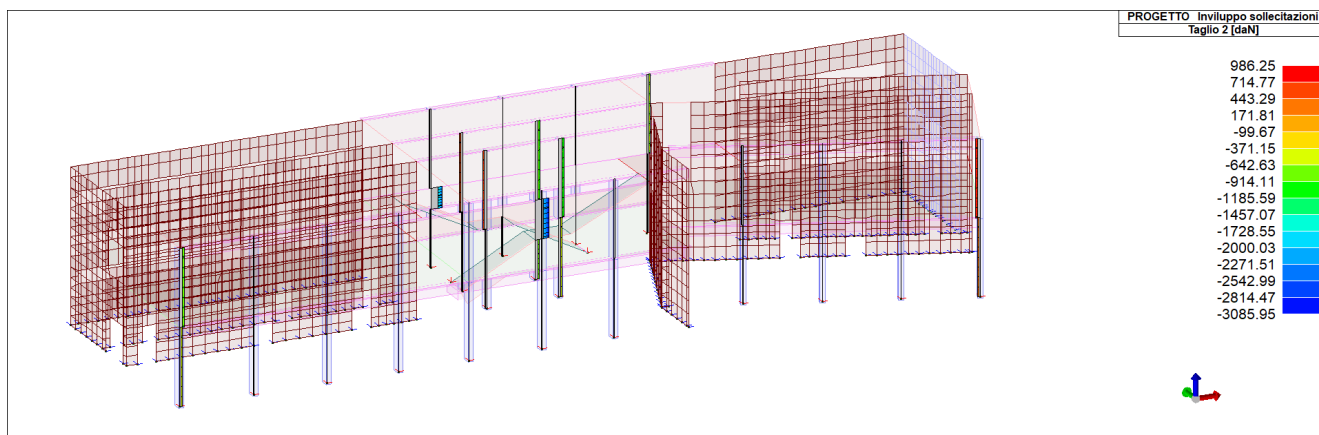


Figura 79. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

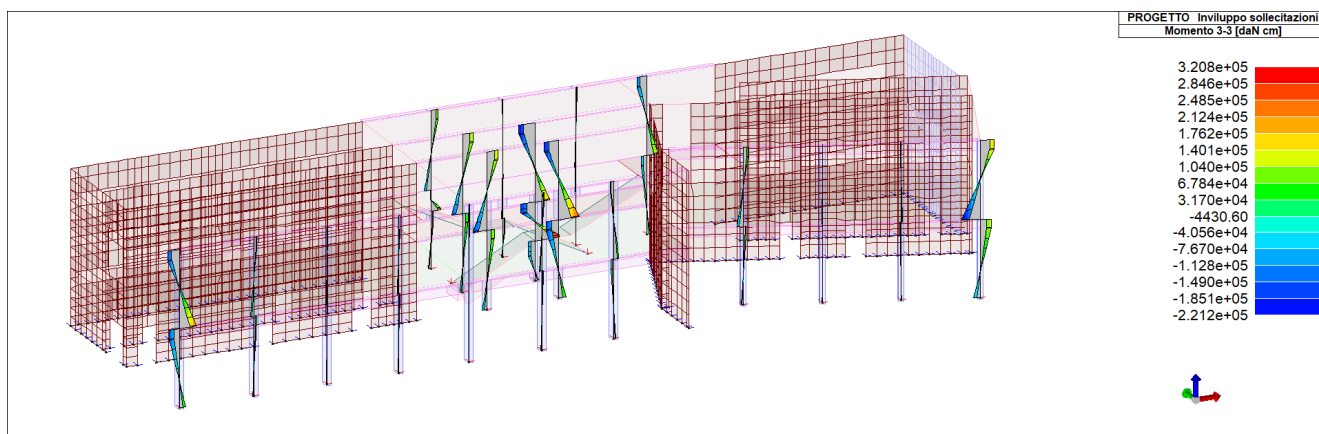


Figura 80. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

11.2.1.2 Verifica degli elementi

Le verifiche effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

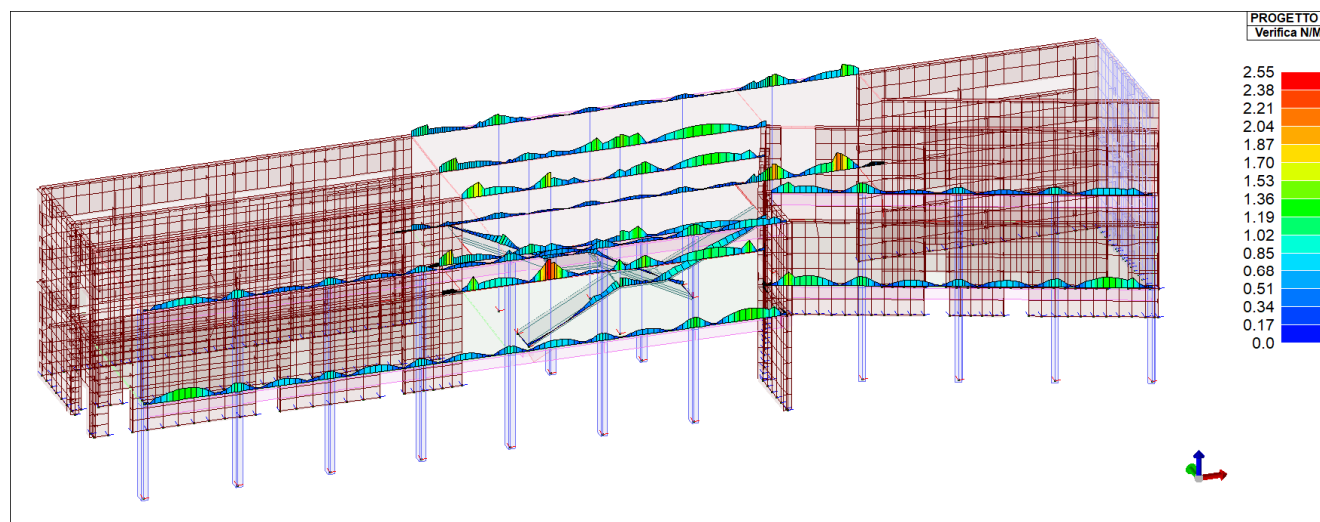


Figura 81. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

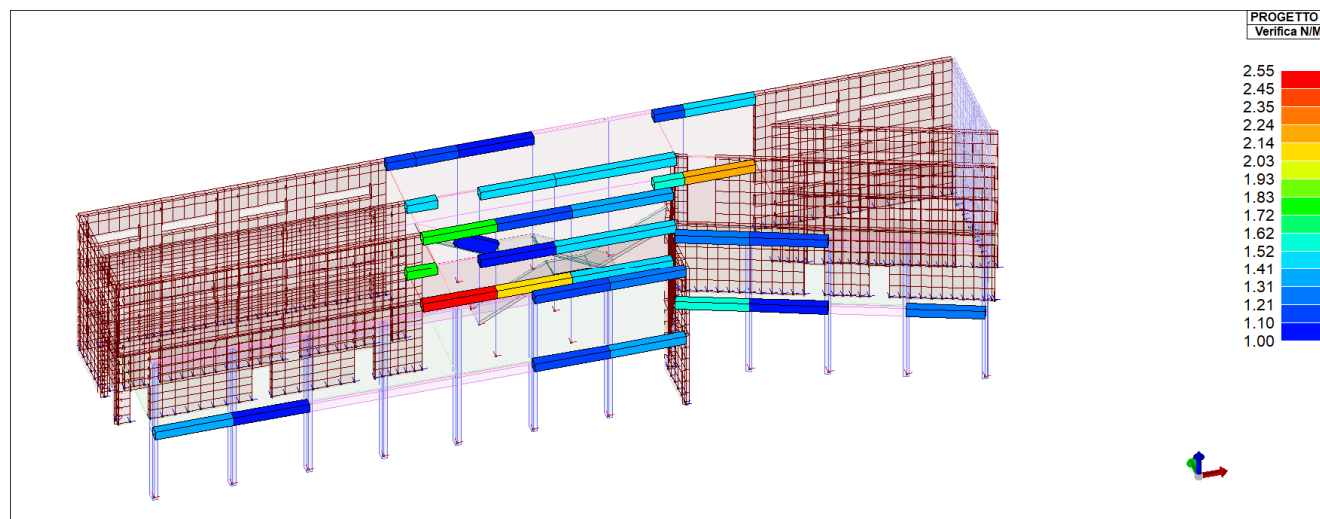


Figura 82. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati.

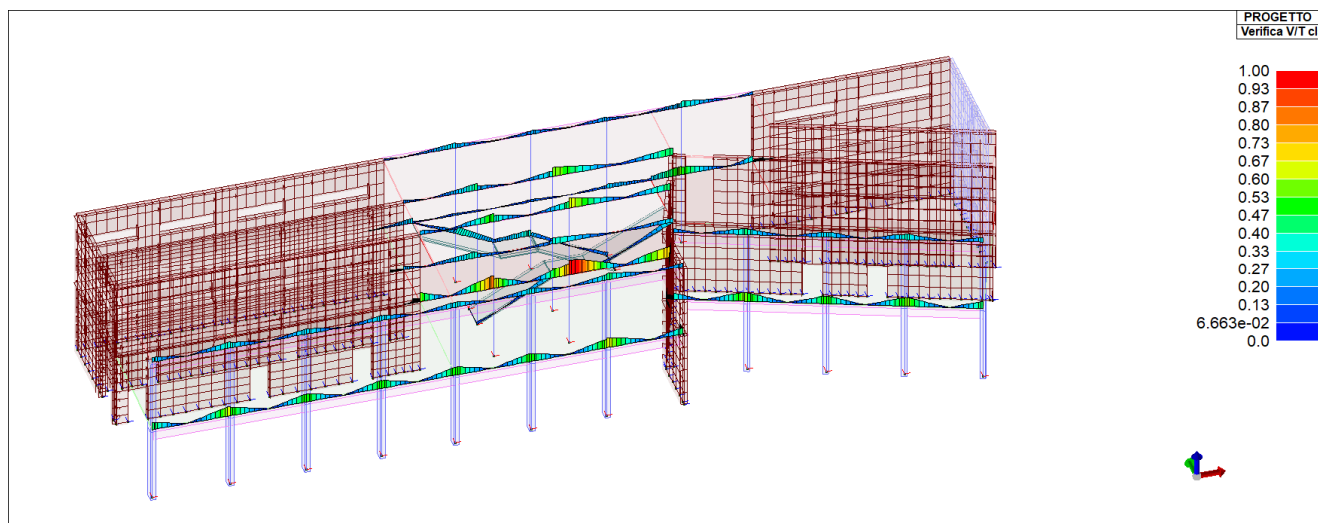


Figura 83. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

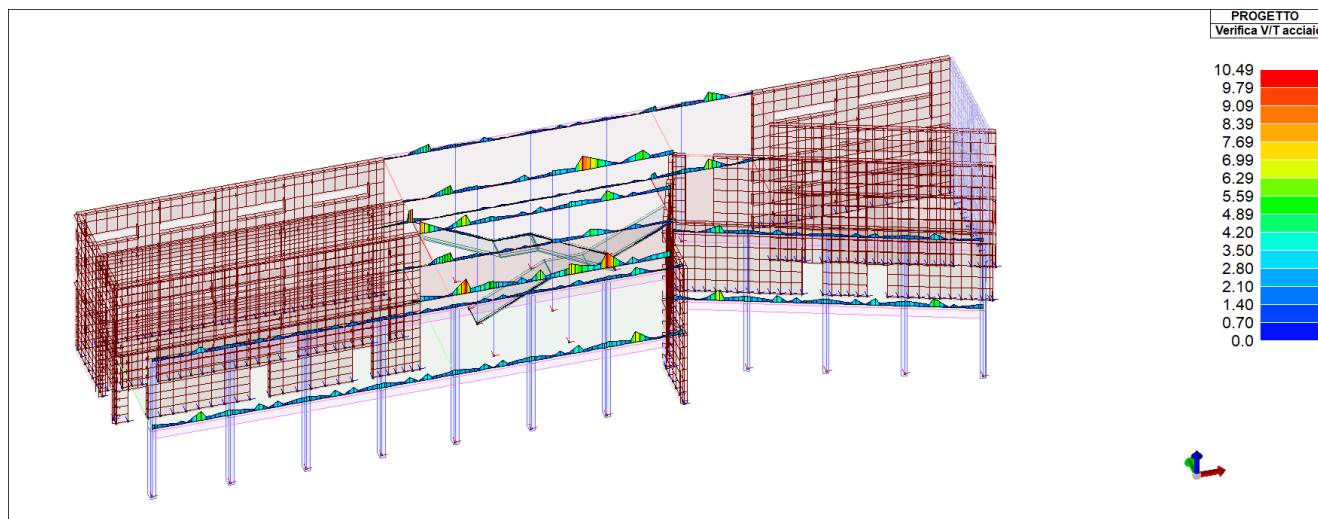


Figura 84. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

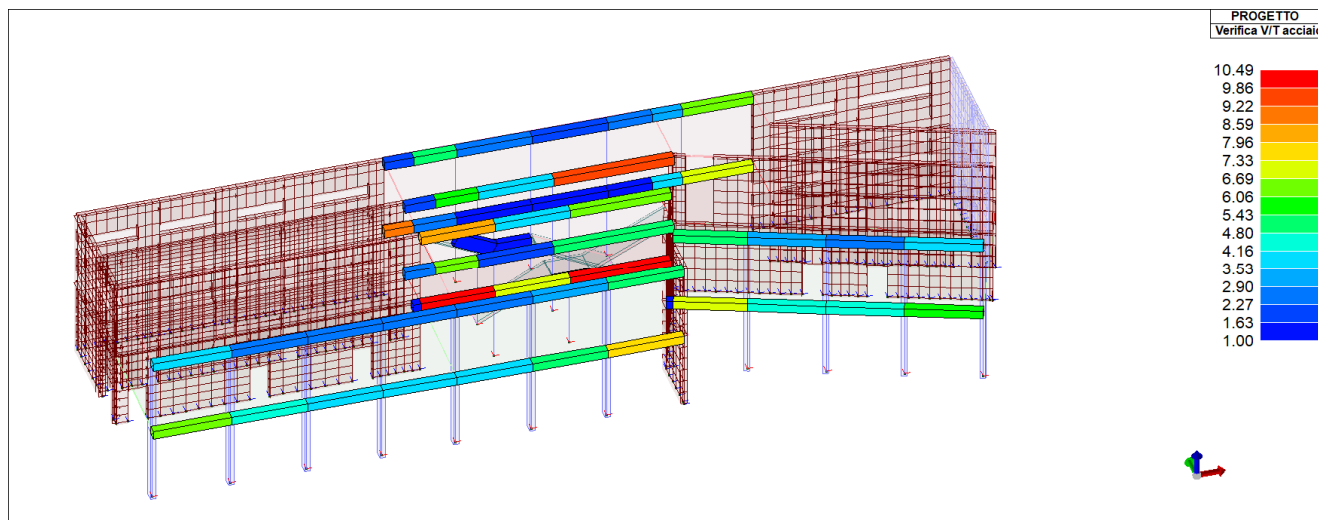


Figura 85. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati.

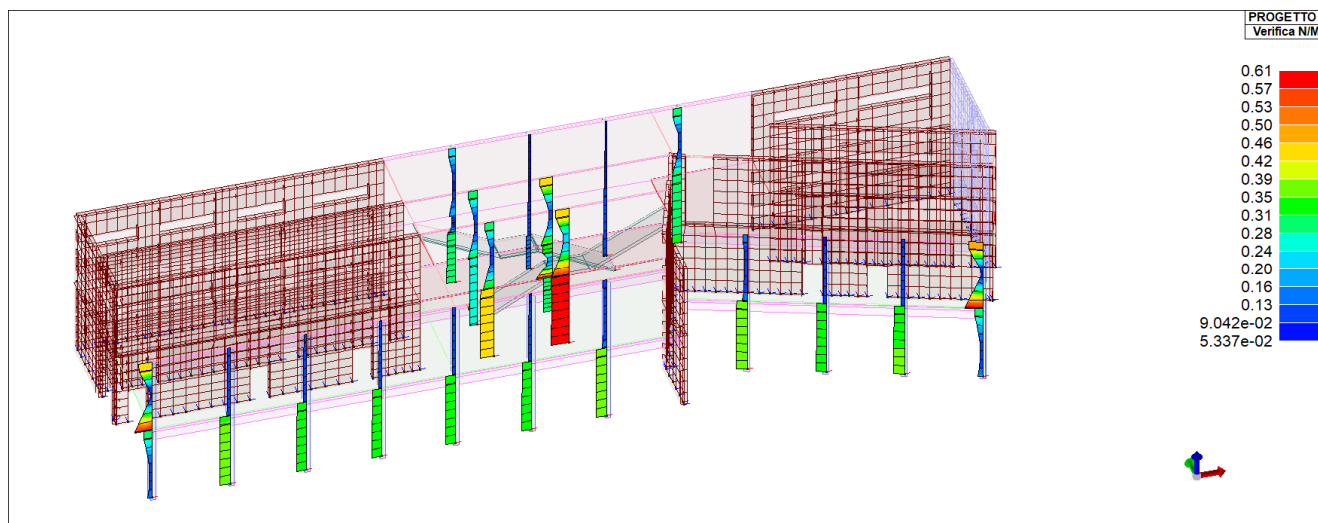


Figura 86. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

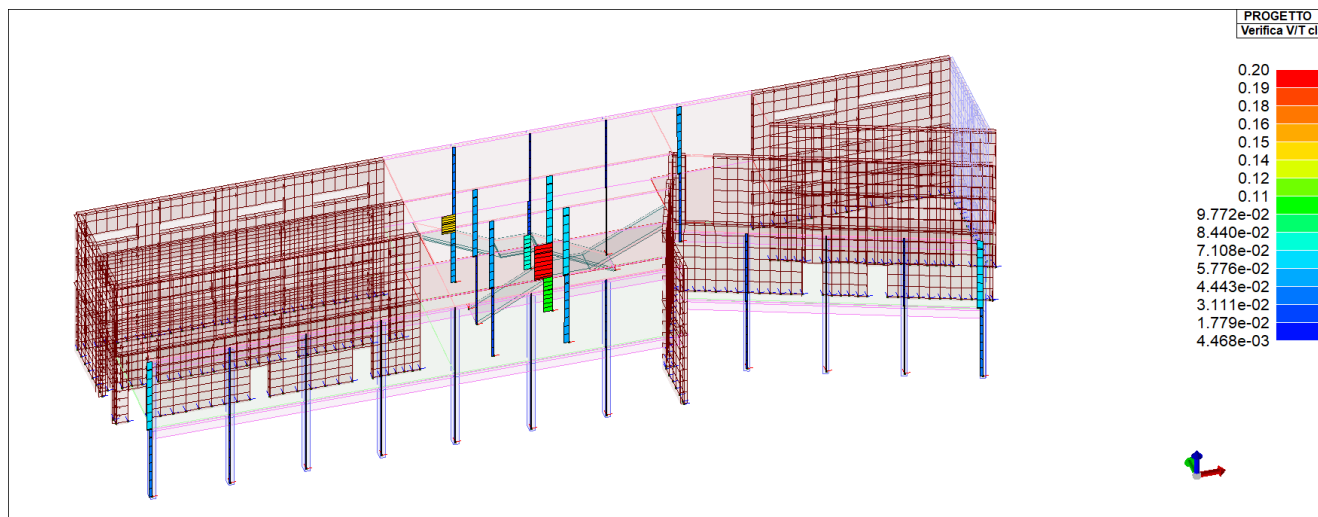


Figura 87. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

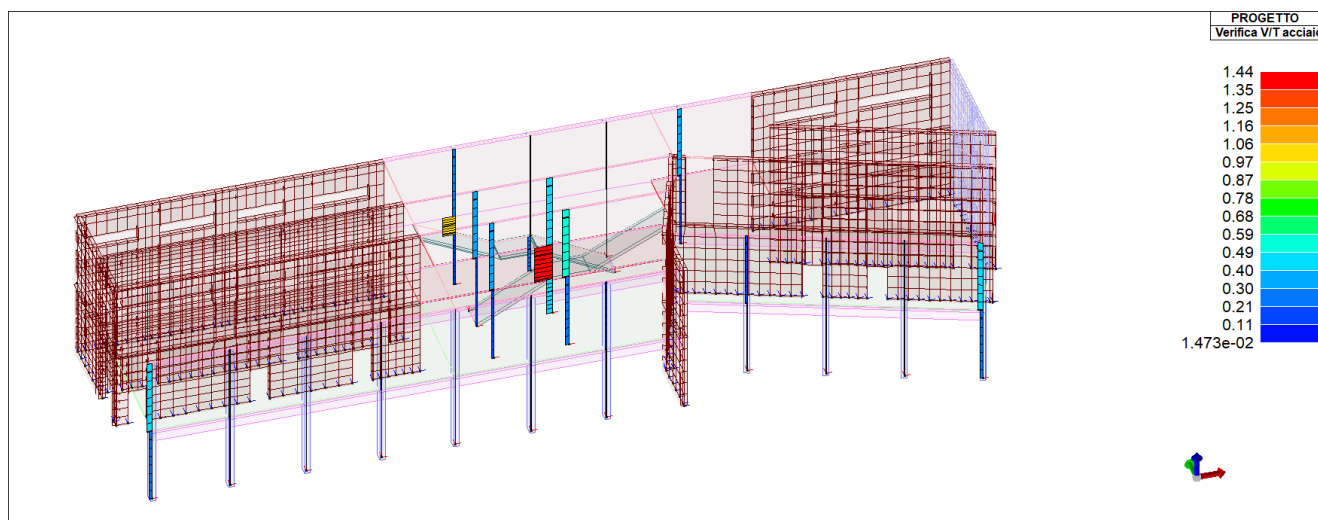


Figura 88. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

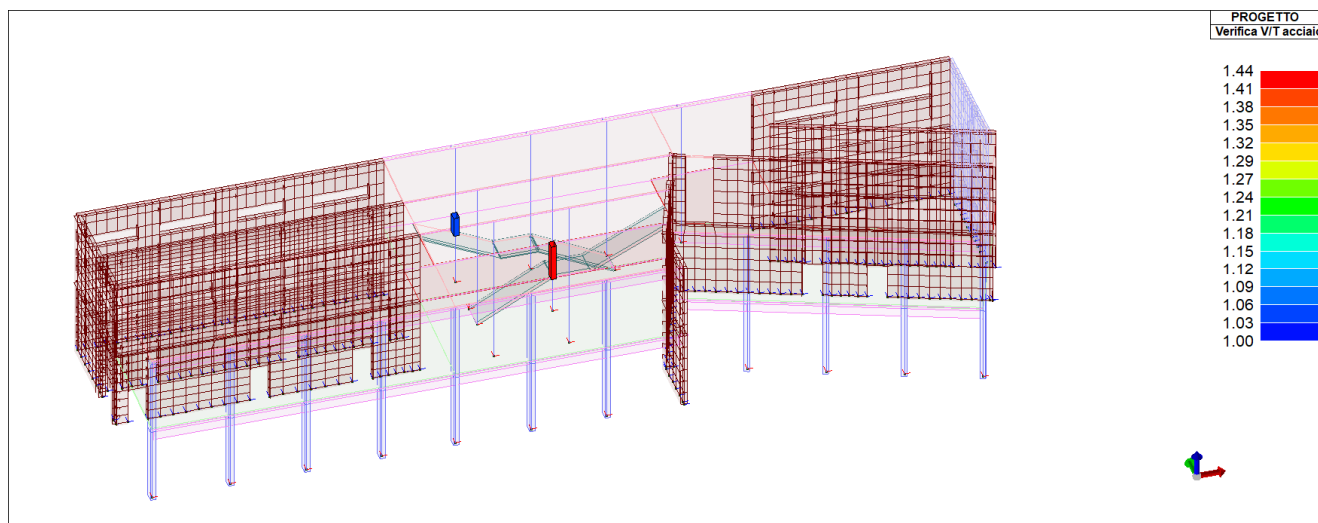


Figura 89. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. Evidenziazione degli elementi non verificati.

11.2.2 Strutture portanti muratura

11.2.2.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano le azioni macro massime rilevate nei maschi e nelle fasce murarie, nelle combinazioni di carico statiche.

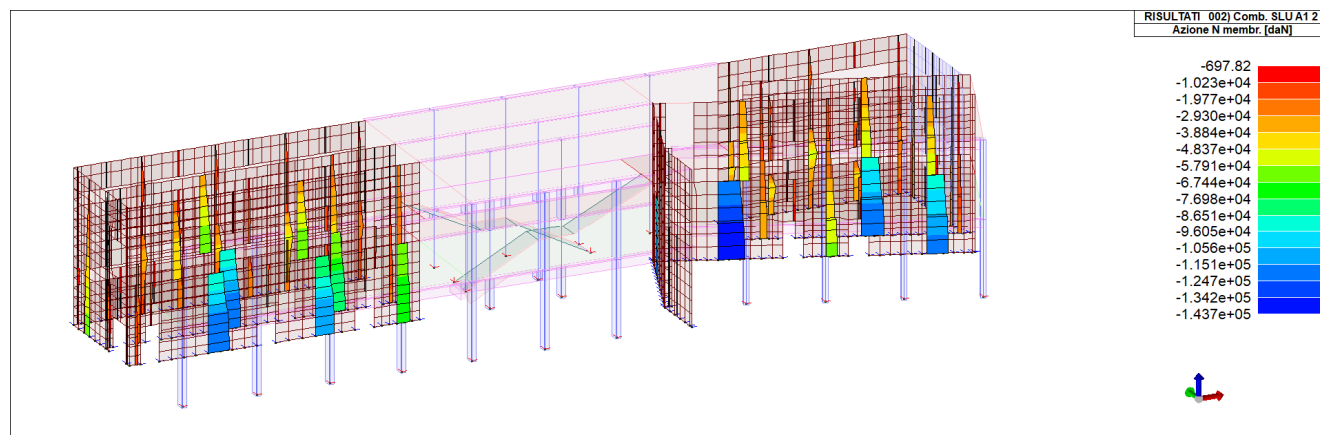


Figura 90. Azione macro N membranale

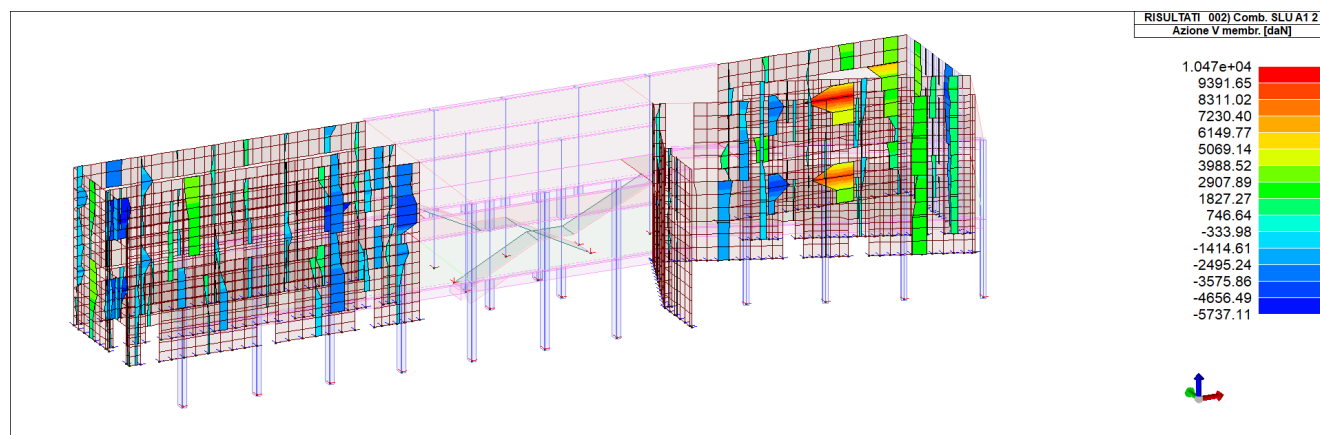


Figura 91. Azione macro V membranale

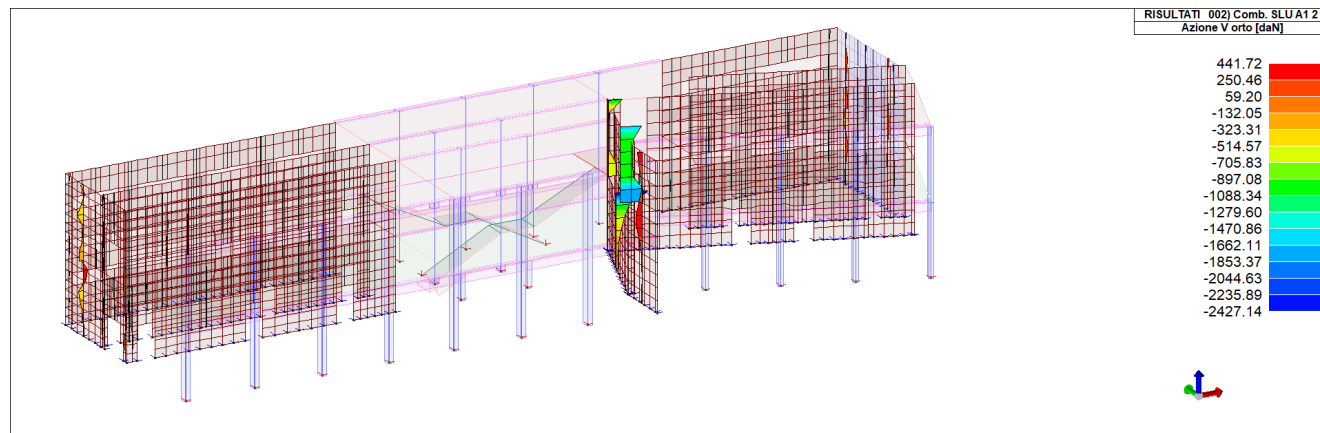


Figura 92. Azione macro V ortogonale

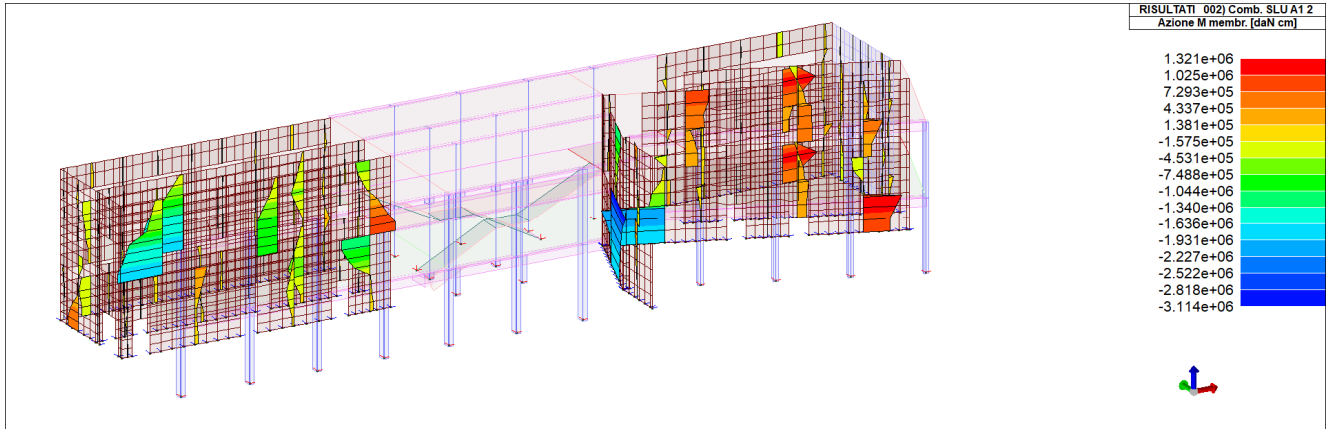


Figura 93. Azione macro M membranale

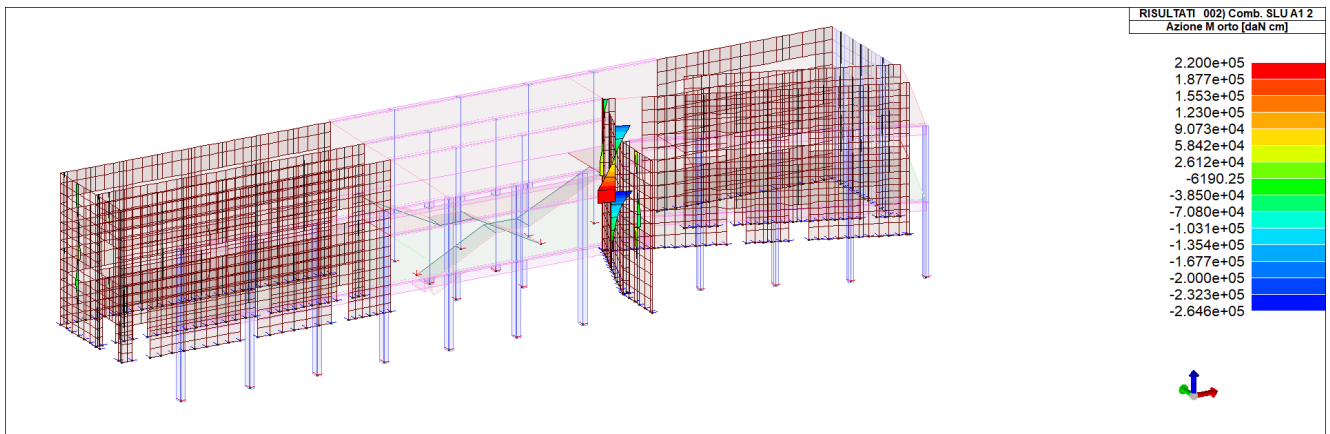


Figura 94. Azione macro M ortogonale

11.2.2.2 Verifica degli elementi

Di seguito si riportano i risultati, in forma grafica, delle verifiche effettuate sui maschi e sulle fasce murarie.

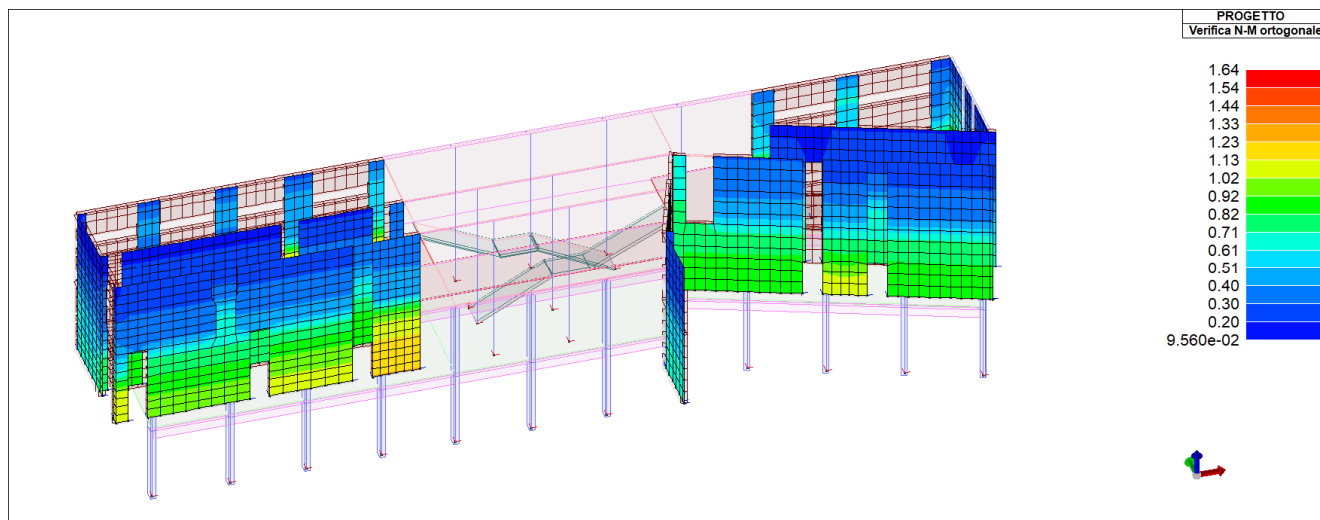


Figura 95. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud.

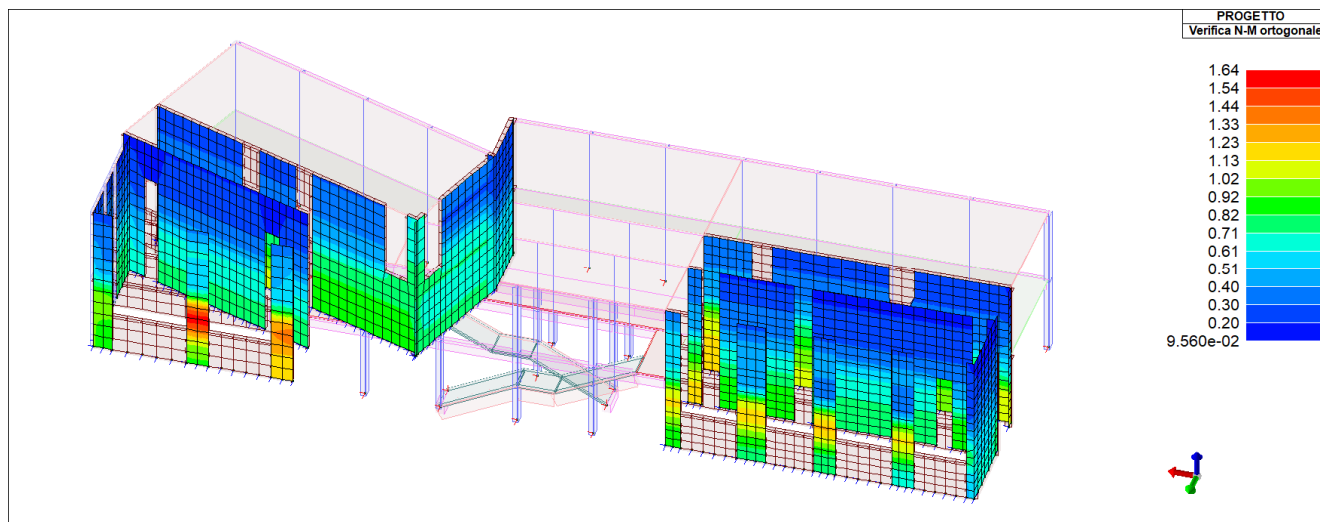


Figura 96. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud.

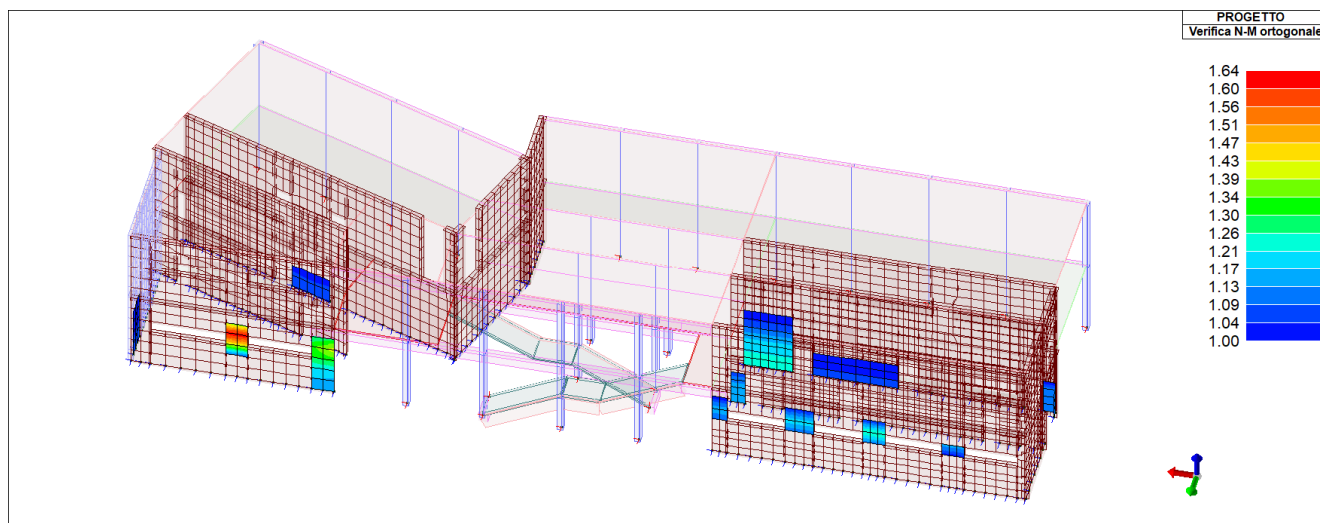


Figura 97. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Evidenziazione degli elementi non verificati. Vista da nord.

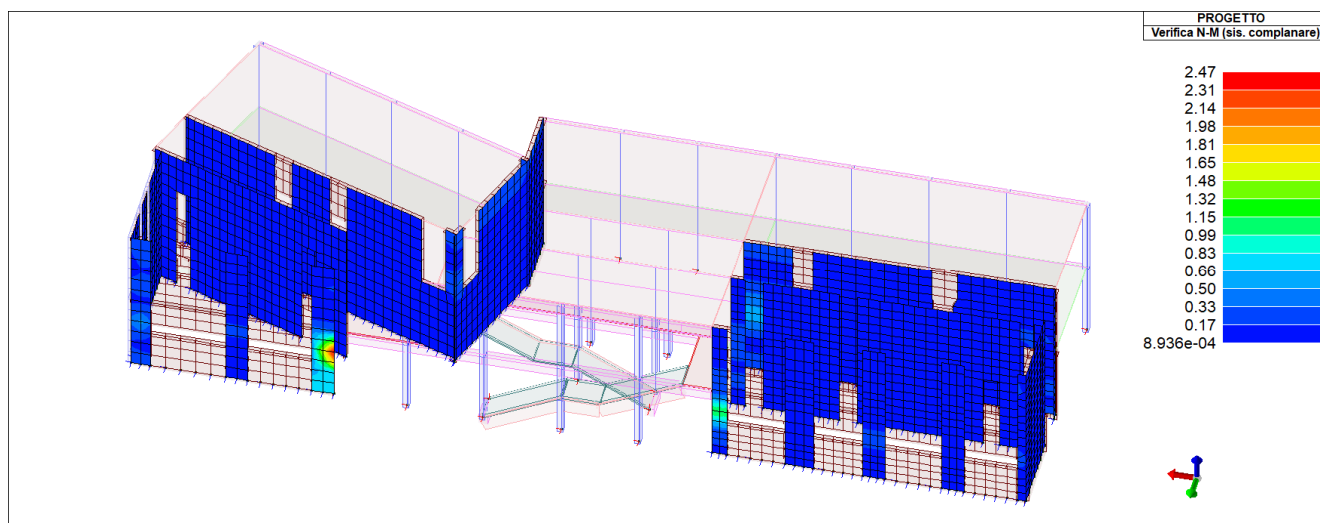


Figura 98. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

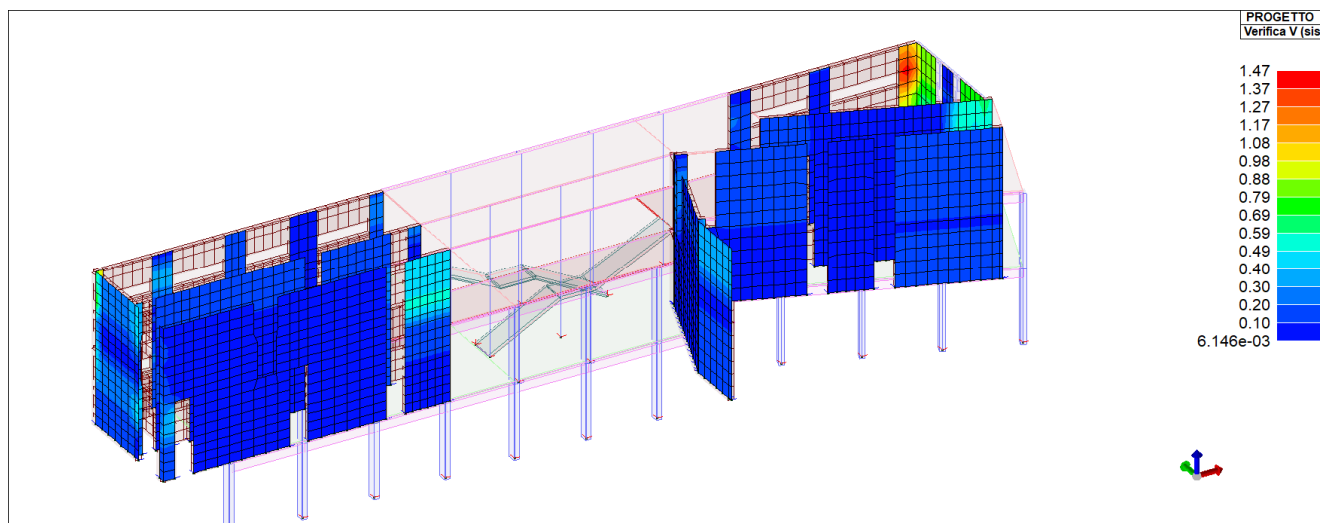


Figura 99. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud.

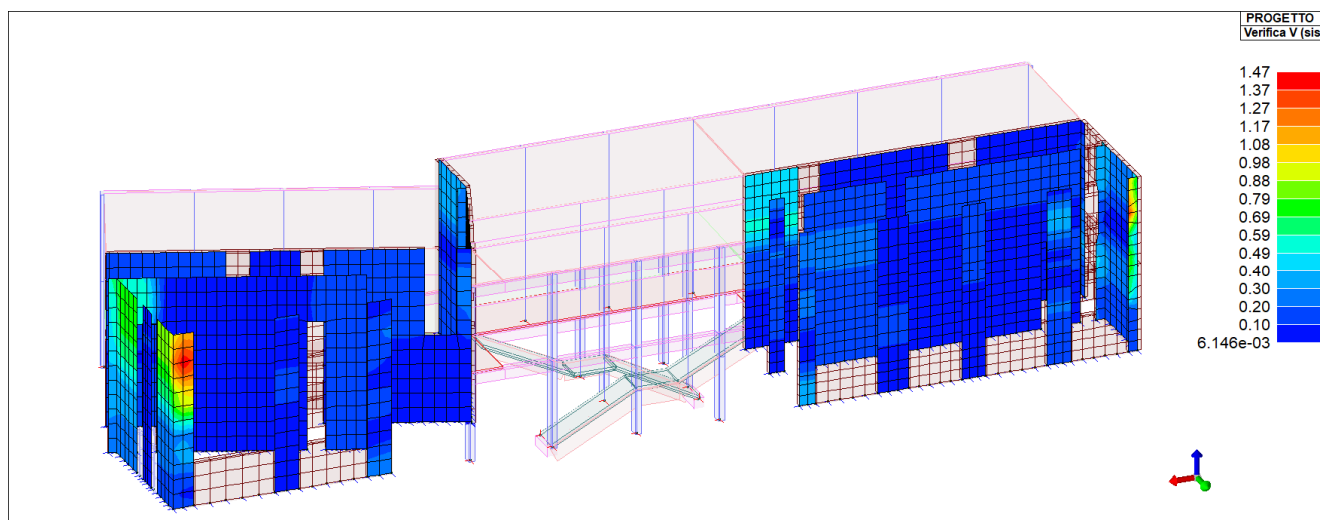


Figura 100. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord.

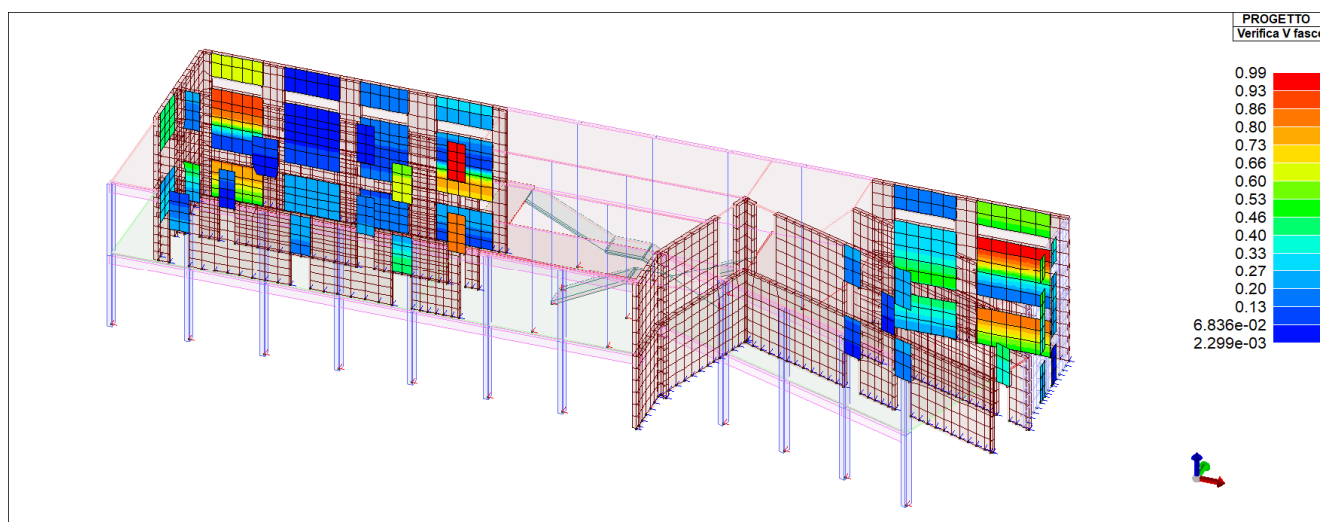


Figura 101. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

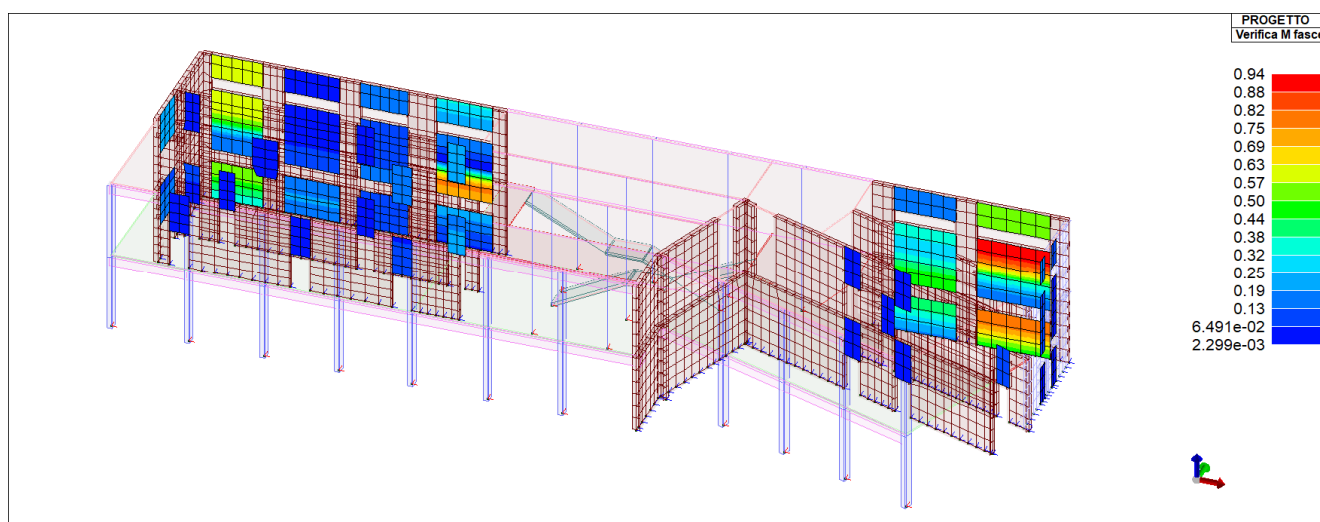


Figura 102. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

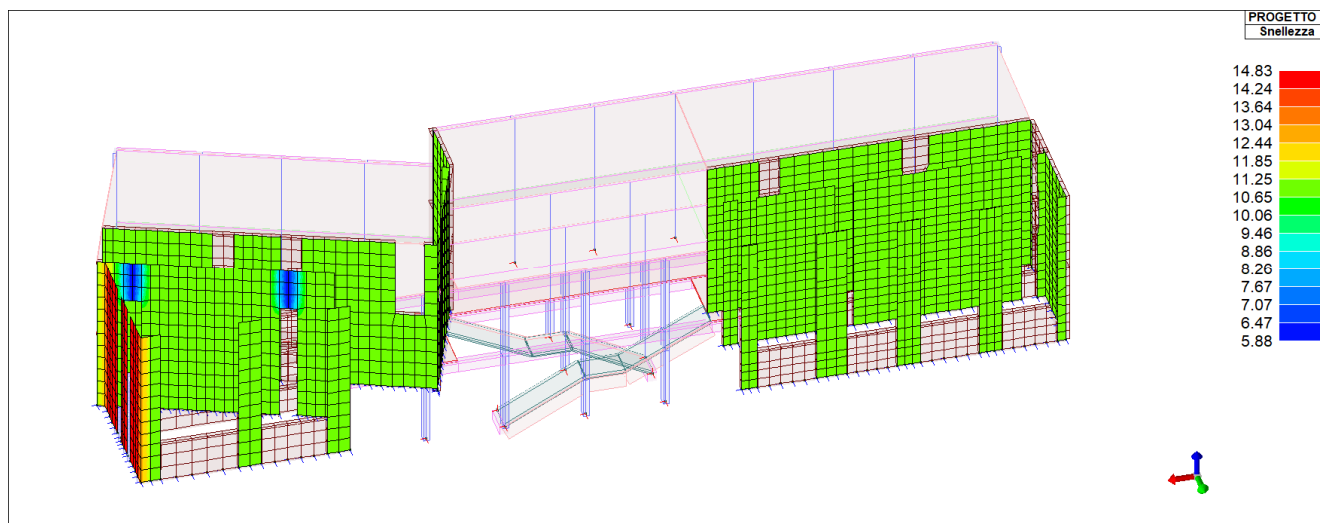


Figura 103. Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori della snellezza delle pareti in muratura; se il valore della snellezza risulta superiore al limite pari a 20 la parete risulta non verificata.

11.3 ALA EST DELLA SCUOLA

11.3.1 Strutture portanti in c.a.

11.3.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

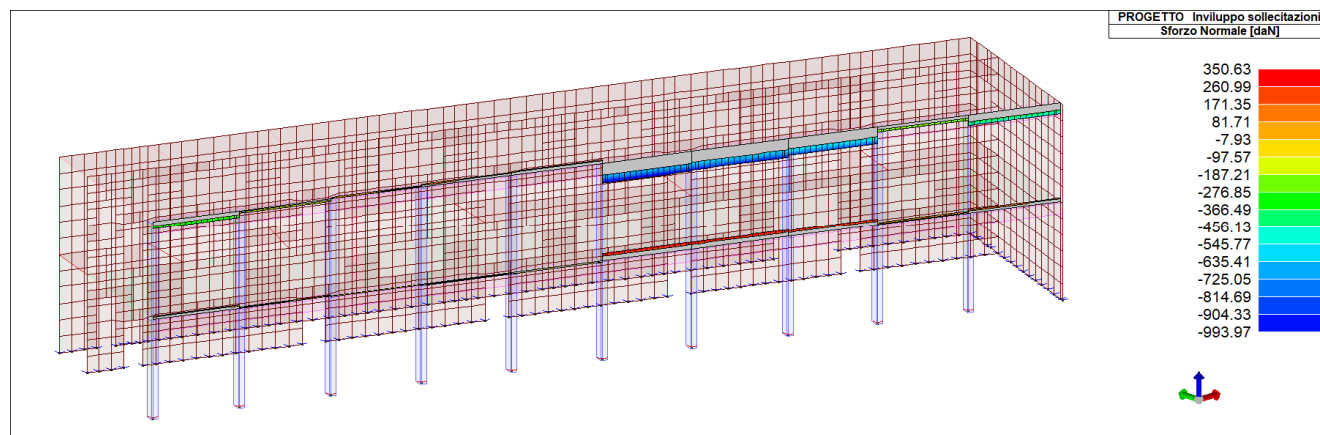


Figura 104. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

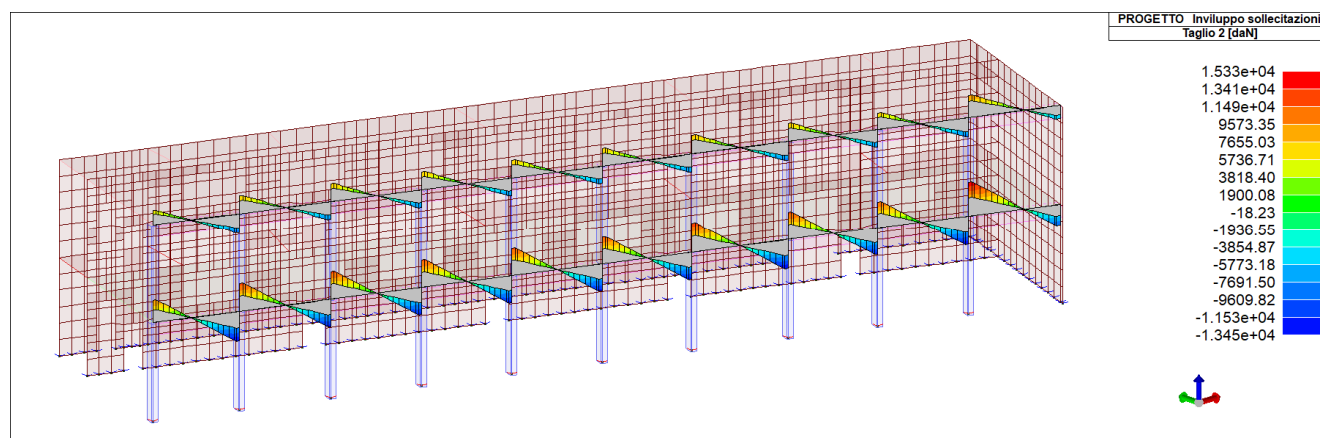


Figura 105. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

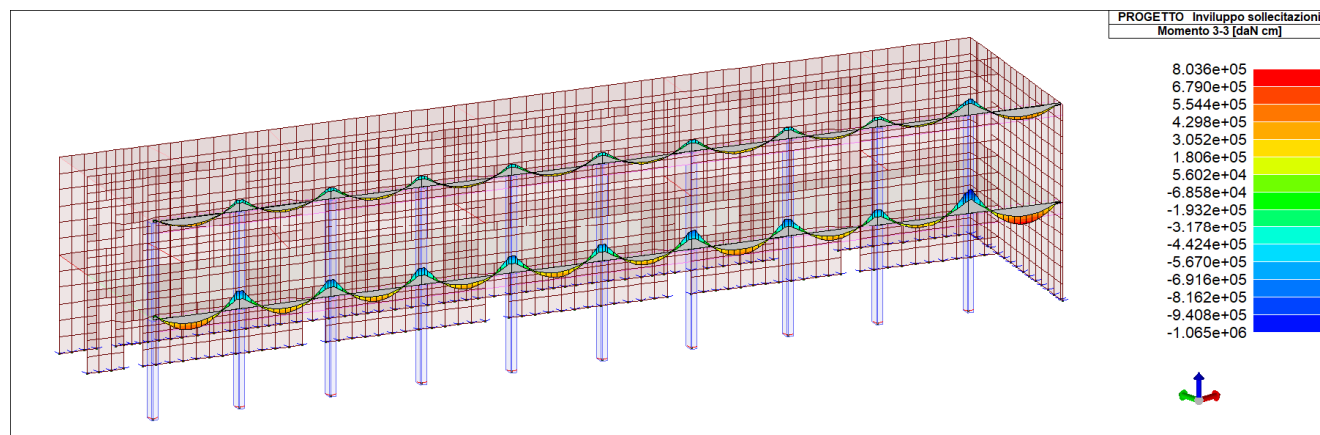


Figura 106. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

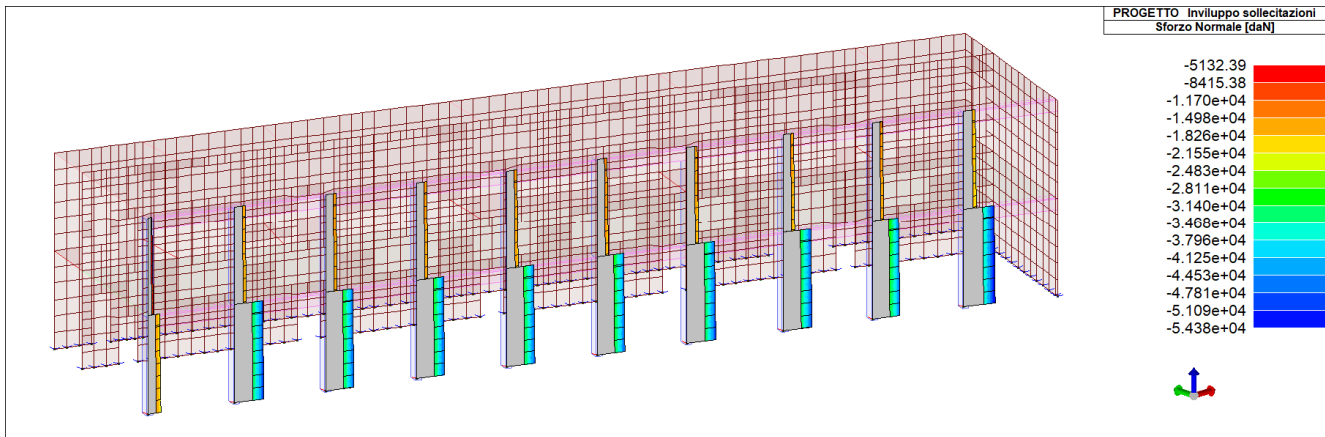


Figura 107. Inviluppo dello sforzo assiale nei pilastri

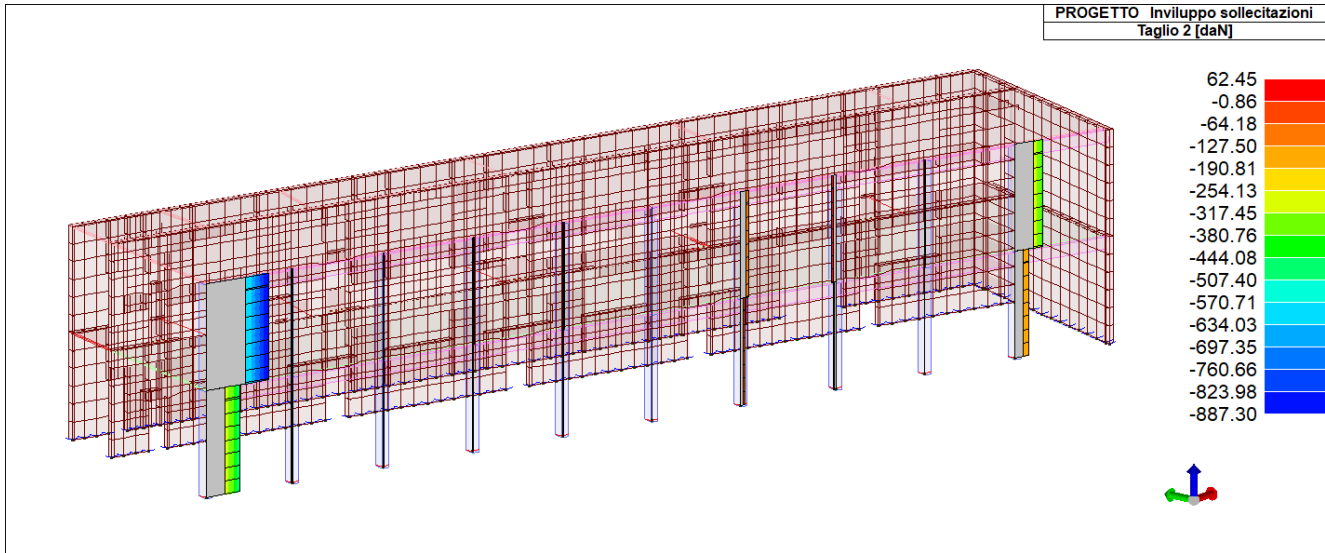


Figura 108. Inviluppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione X) nei pilastri

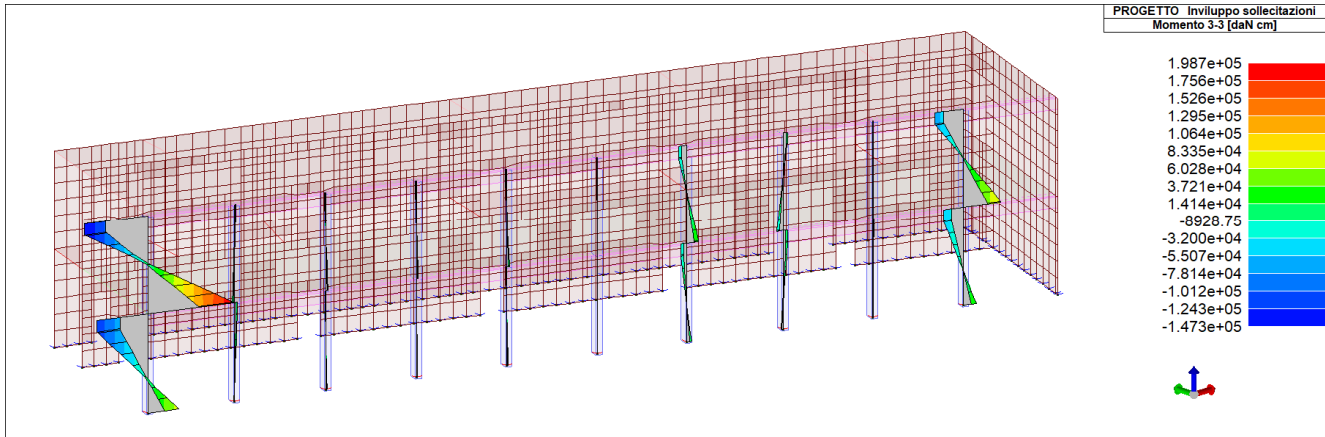


Figura 109. Inviluppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

11.3.1.2 Verifica degli elementi

Le analisi effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

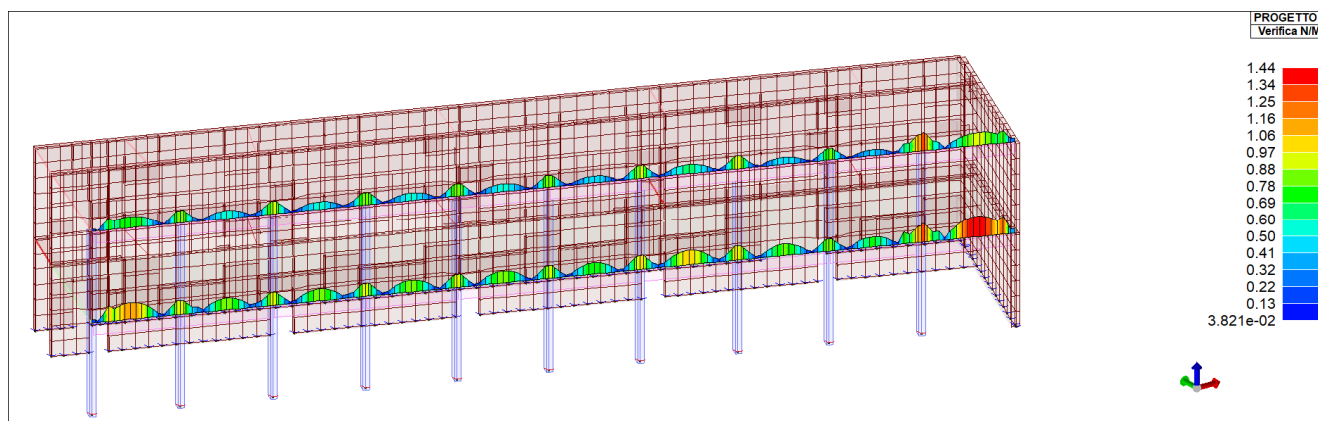


Figura 110. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 .

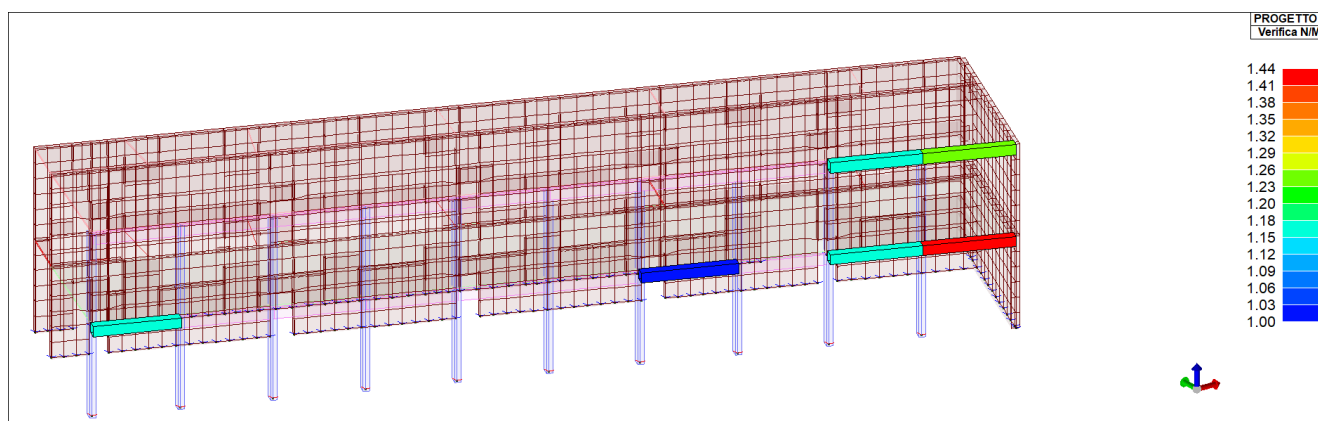


Figura 111. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati.

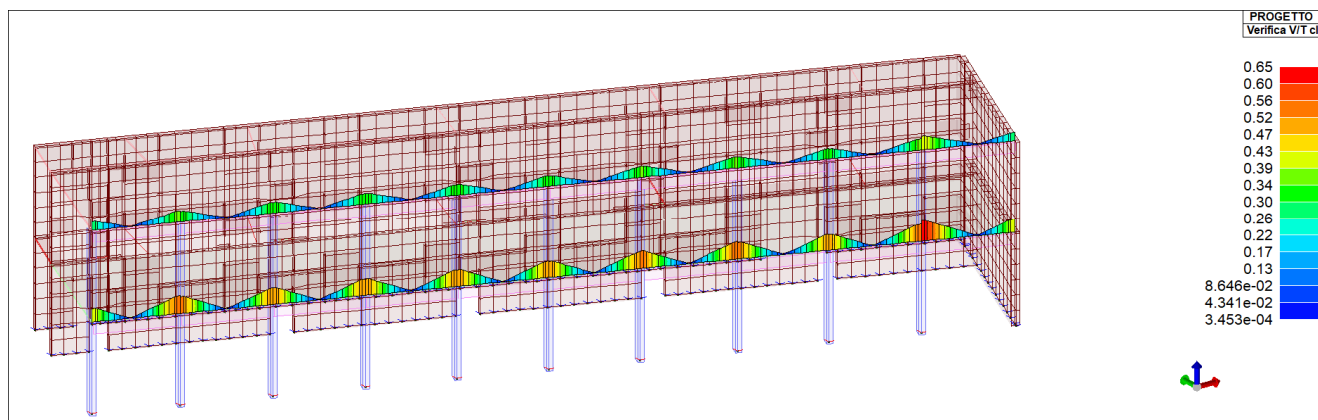


Figura 112. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1 .

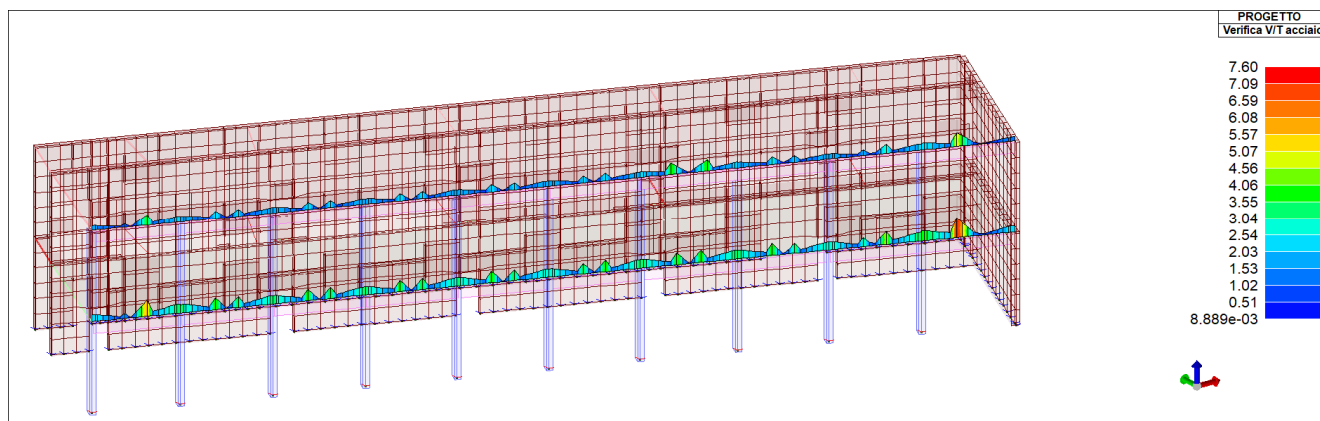


Figura 113. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

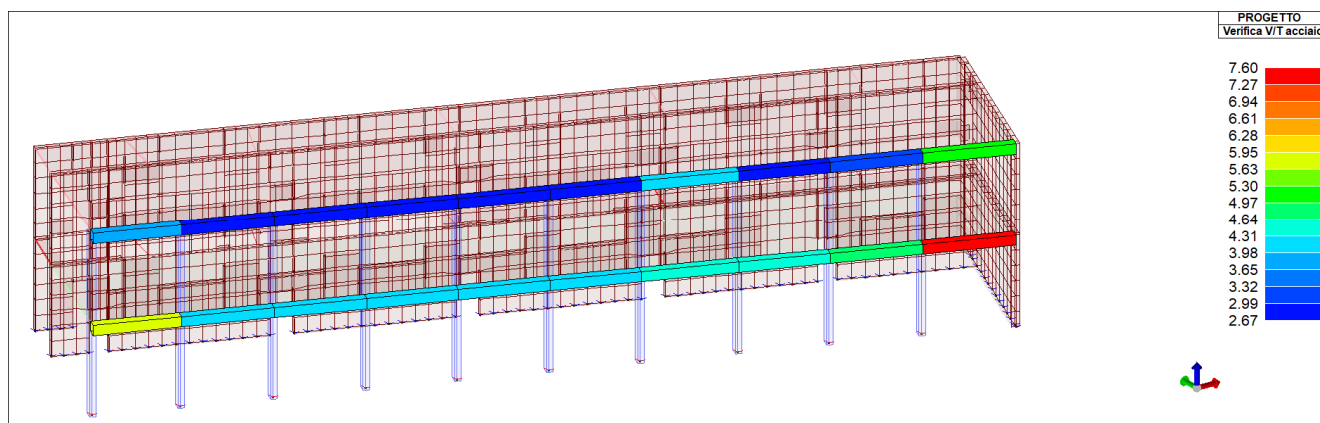


Figura 114. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati.

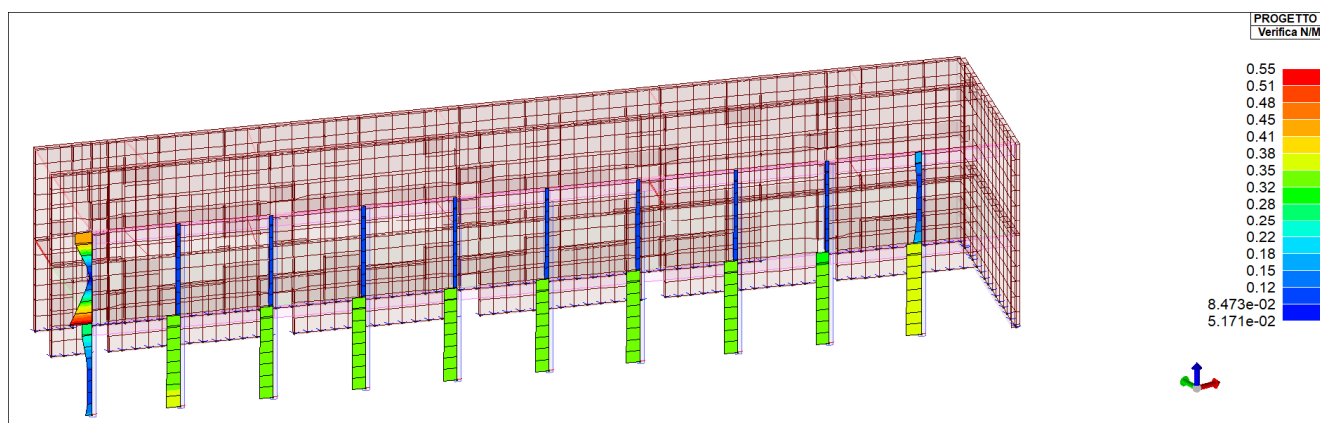


Figura 115. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

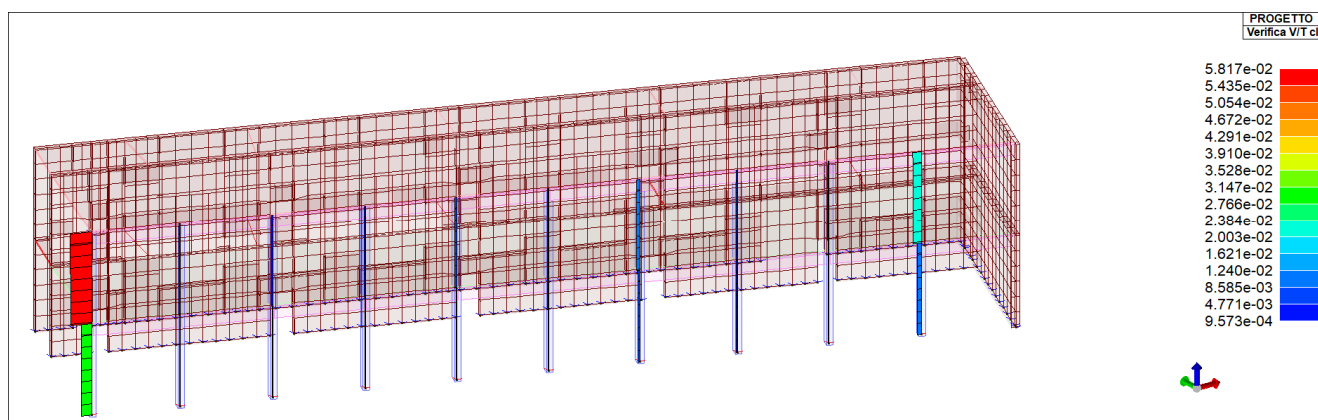


Figura 116. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

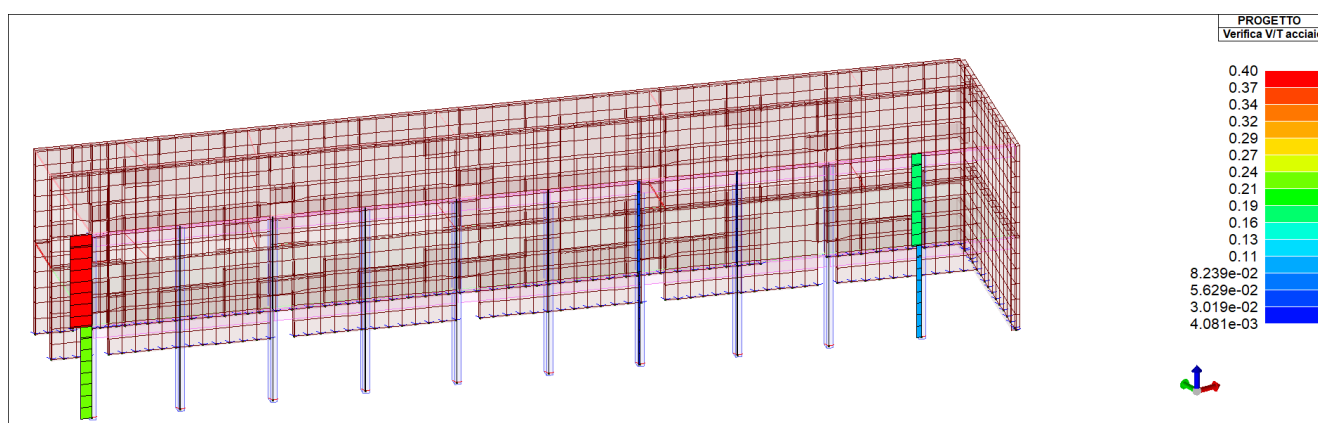


Figura 117. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

11.3.2 Strutture portanti muratura

11.3.2.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano le azioni macro massime rilevate nei maschi e nelle fasce murarie, nelle combinazioni di carico statiche.

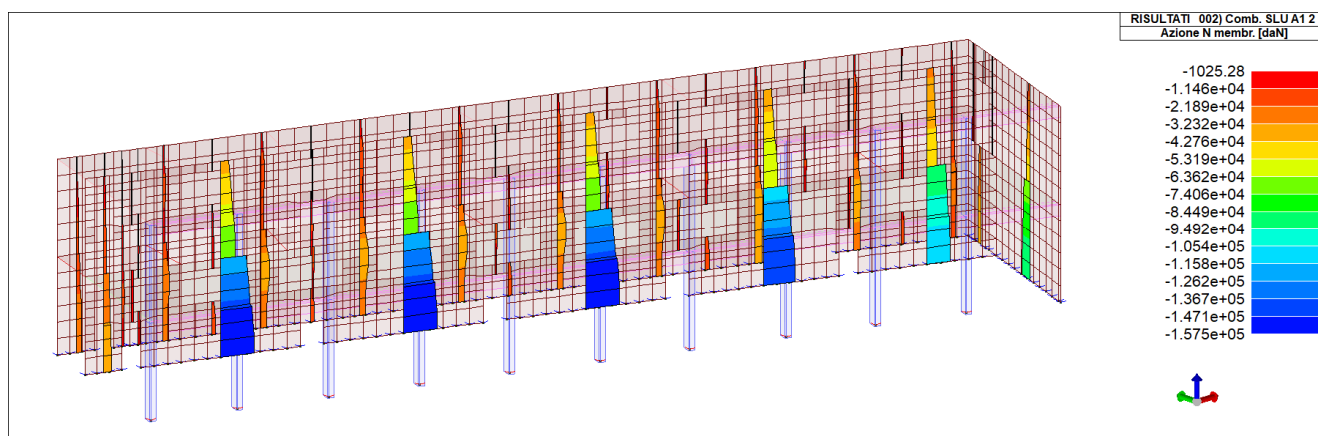


Figura 118. Azione macro N membranale

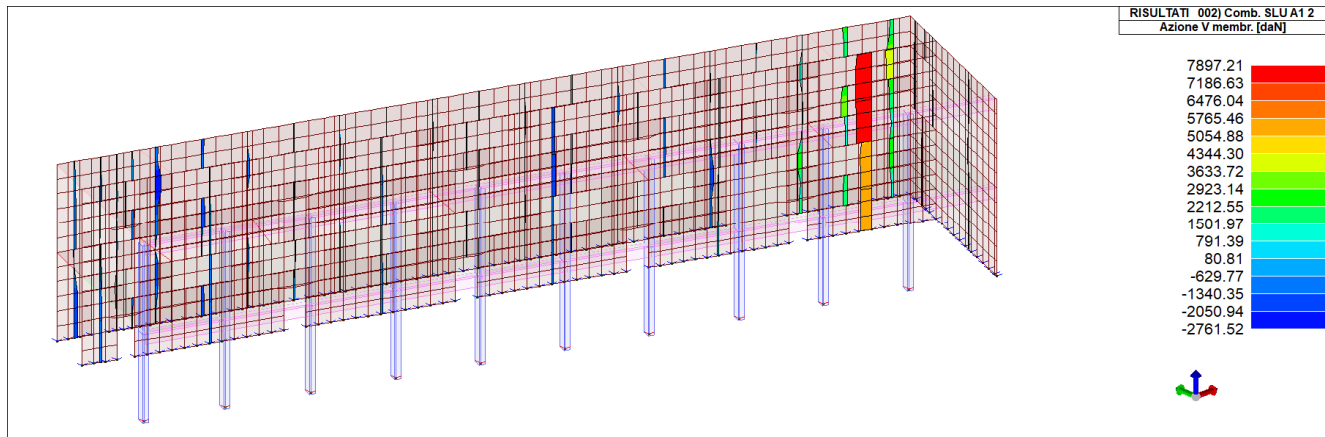


Figura 119. Azione macro V membranale

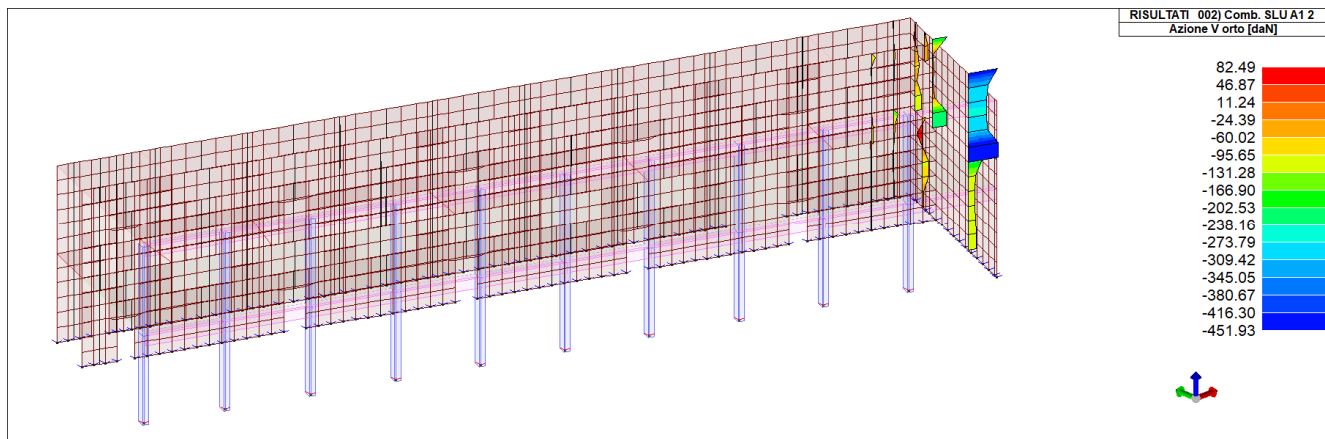


Figura 120. Azione macro V ortogonale

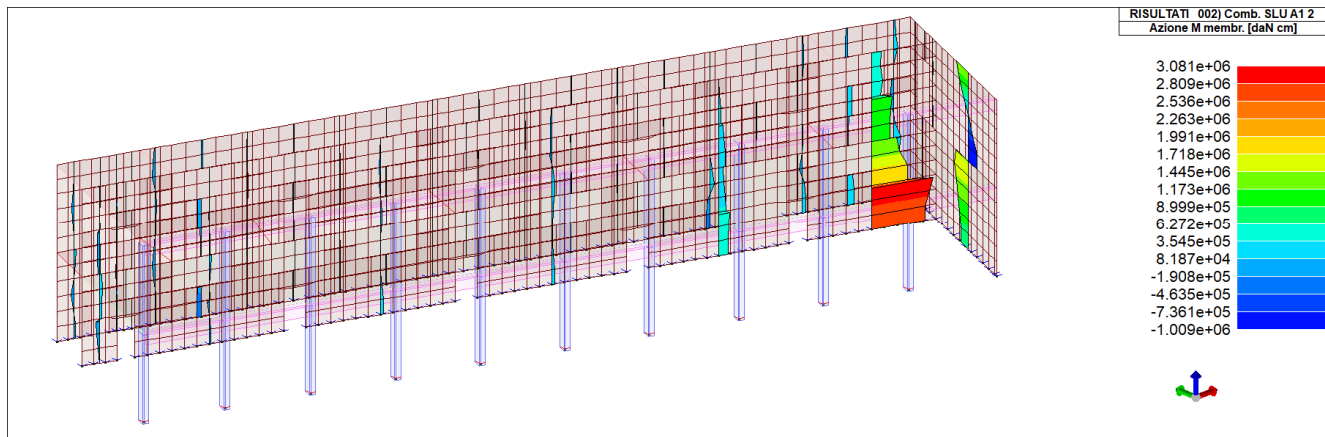


Figura 121. Azione macro M membranale

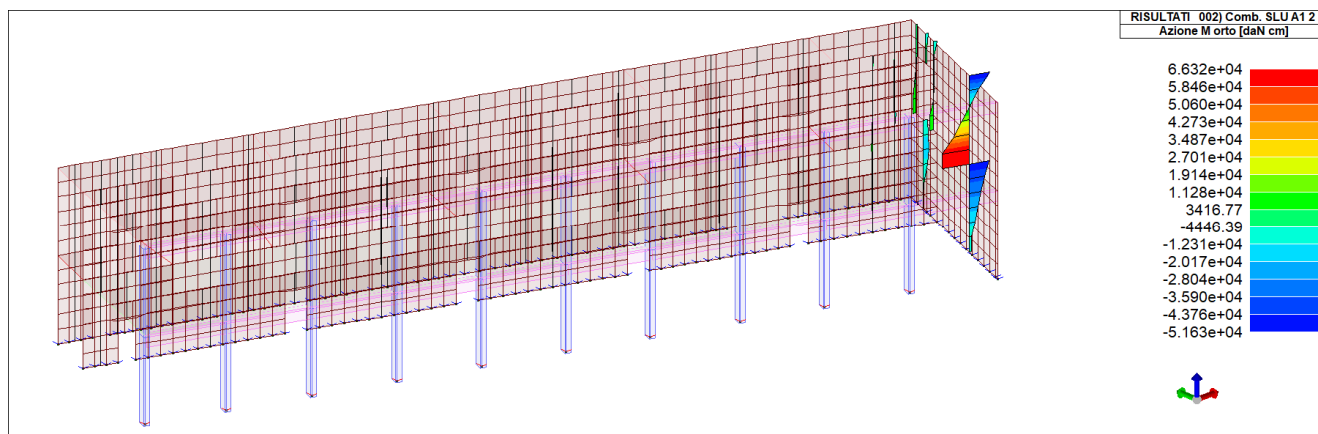


Figura 122. Azione macro M ortogonale

11.3.2.2 Verifica degli elementi

Si riportano i risultati, in forma grafica, delle verifiche effettuate sui maschi e sulle fasce murarie dell'ala est della scuola.

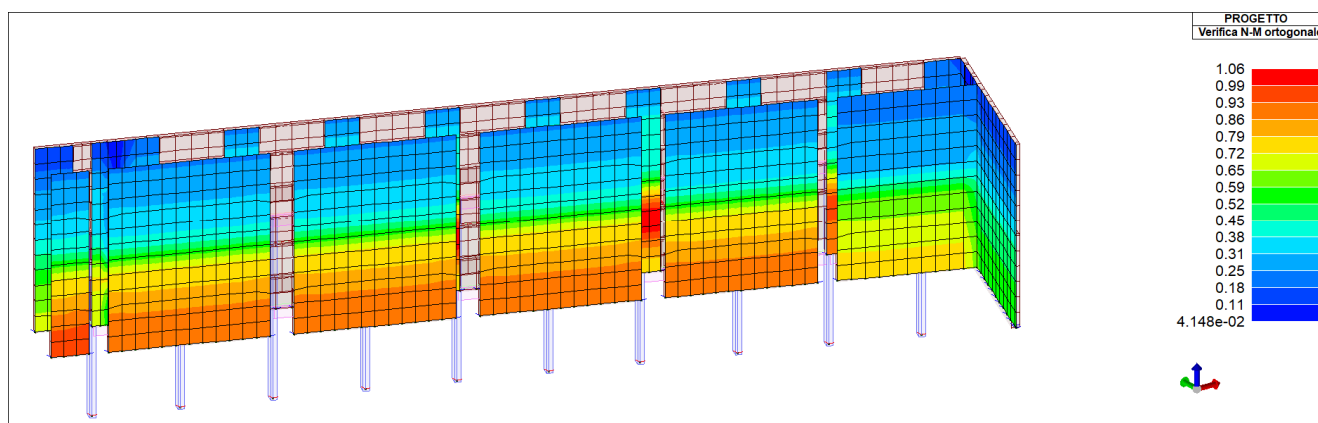


Figura 123. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud.

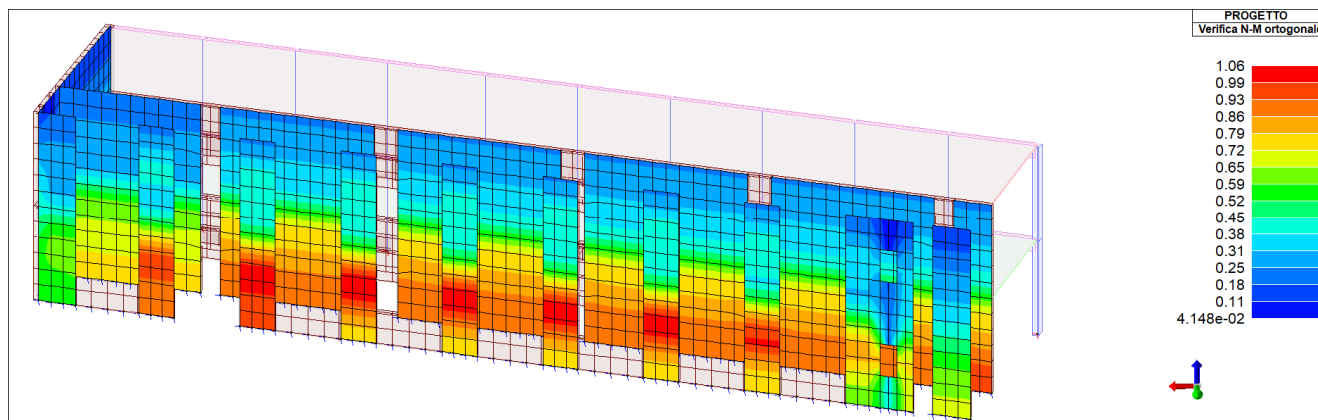


Figura 124. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord.

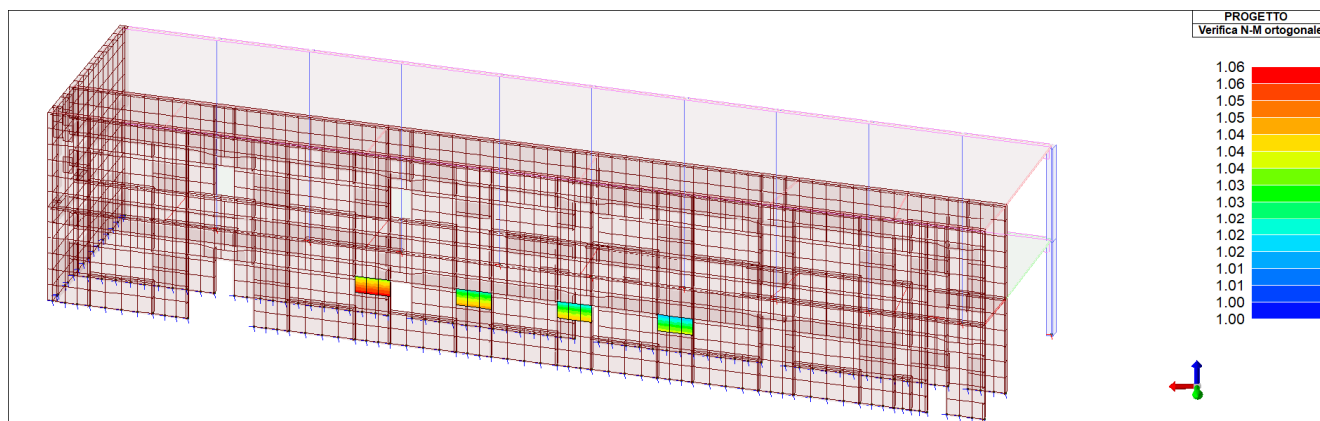


Figura 125. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Evidenziazione degli elementi non verificati. Vista da nord.

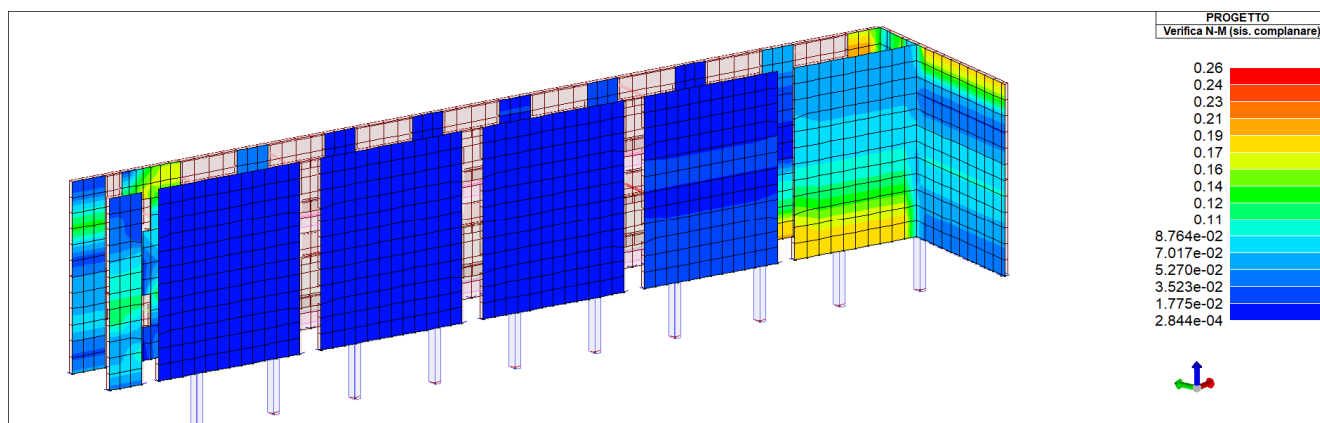


Figura 126. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud.

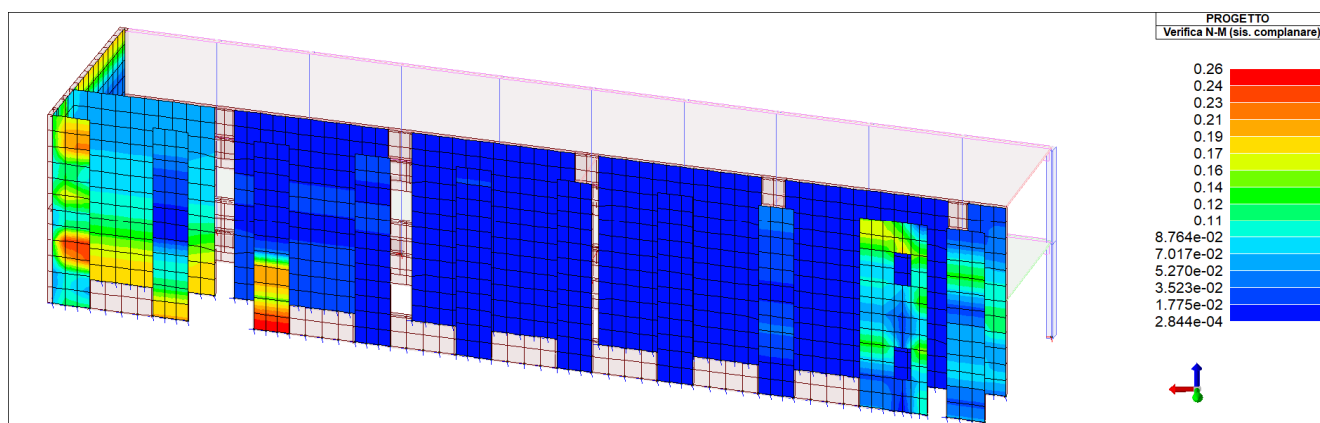


Figura 127. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord.

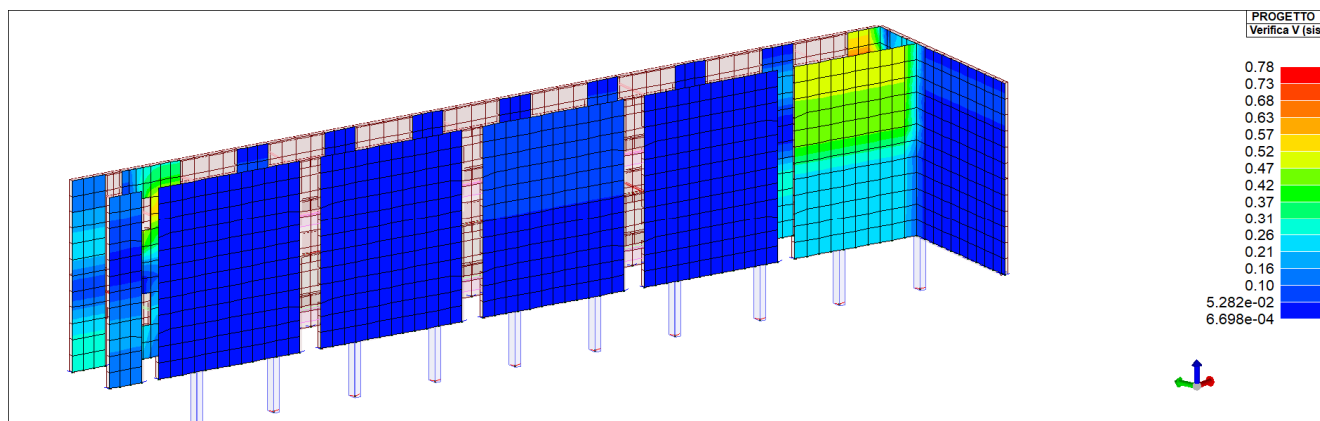


Figura 128. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud.

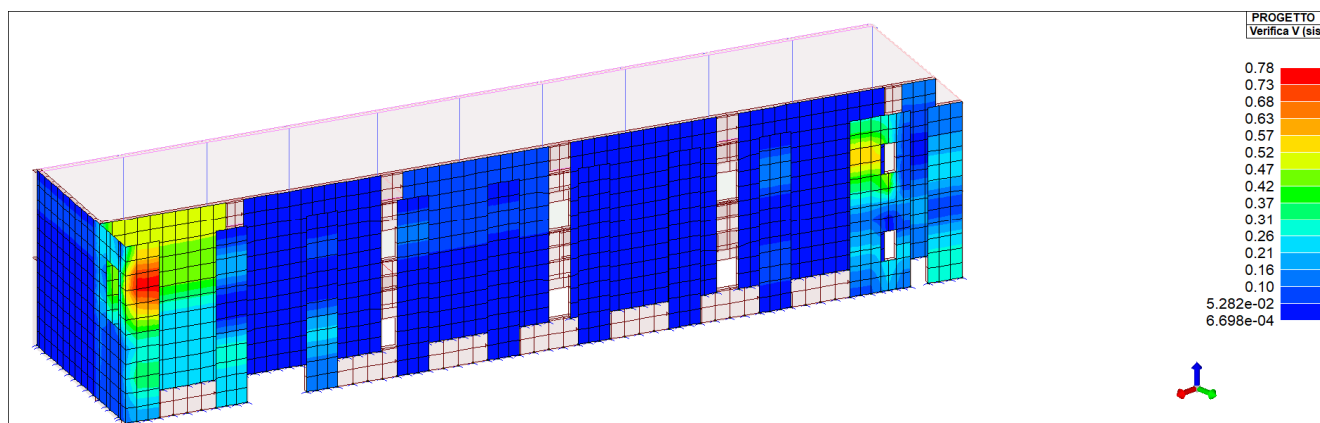


Figura 129. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord.

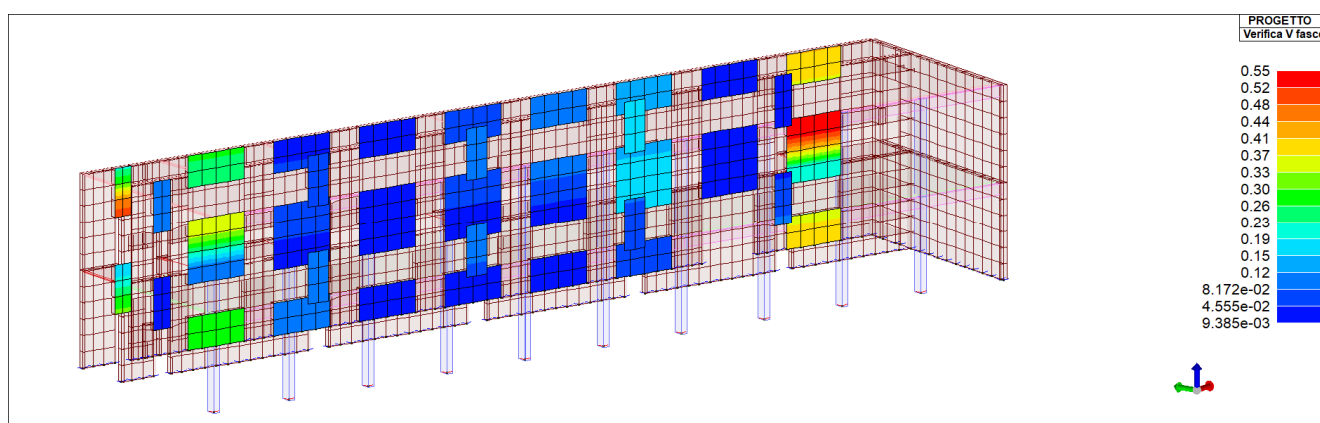


Figura 130. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

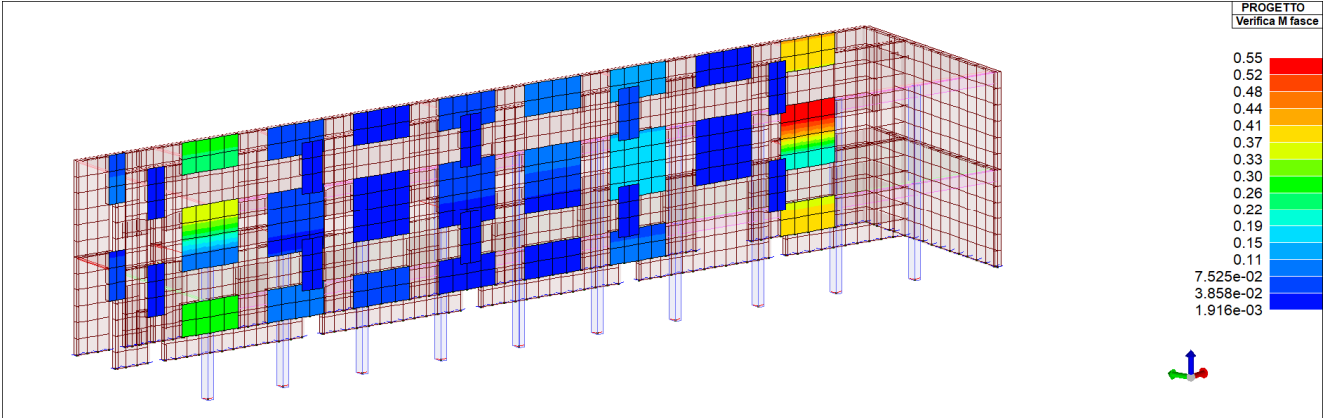


Figura 131. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta.

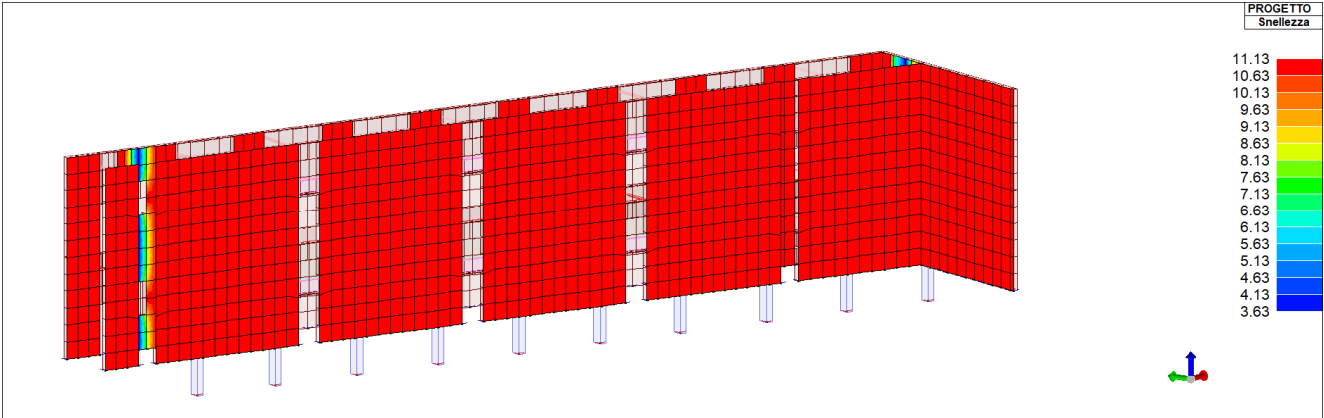


Figura 132. Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori della snellezza delle pareti in muratura; se il valore della snellezza risulta superiore al limite pari a 20 la parete risulta non verificata.

11.4 CUCINA/REFETTORIO

11.4.1 Strutture portanti in c.a.

11.4.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

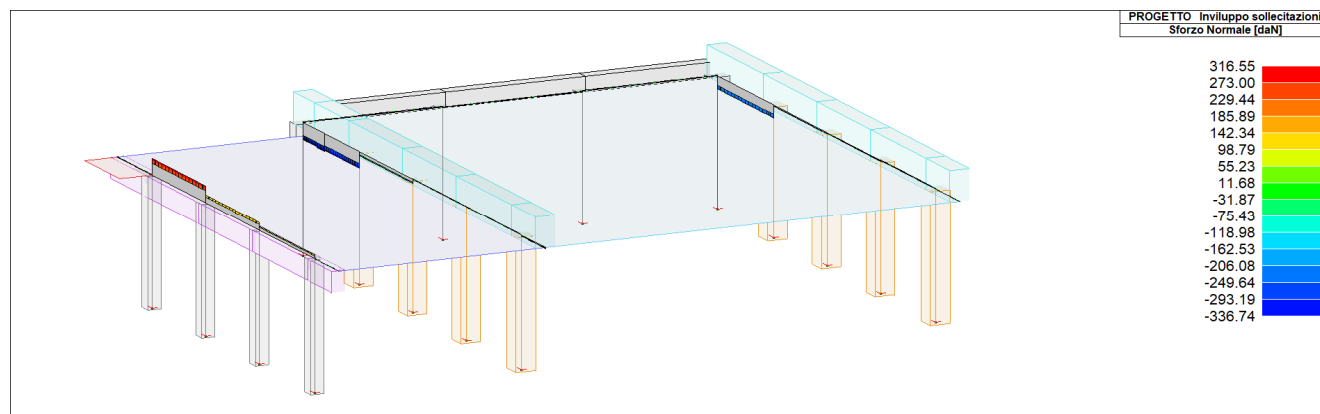


Figura 133. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

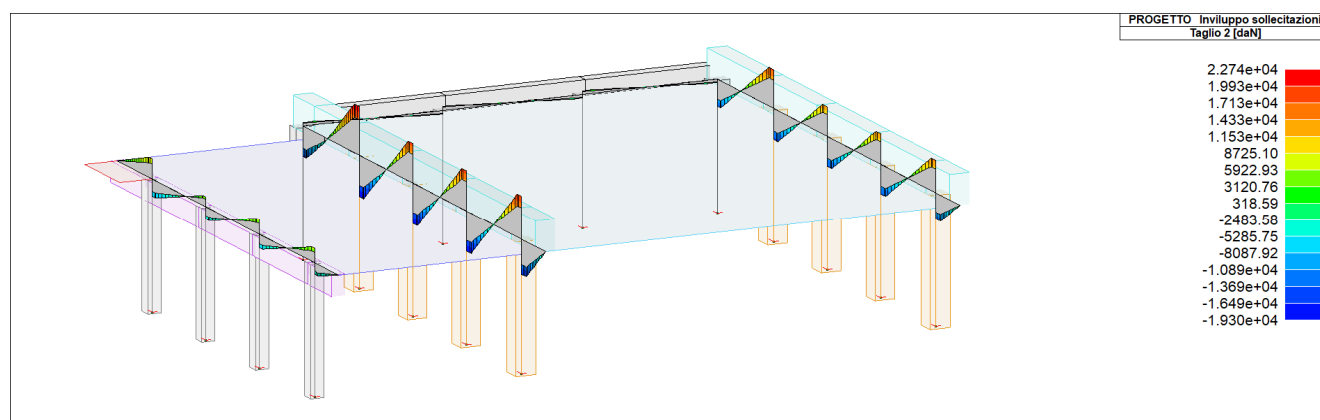


Figura 134. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

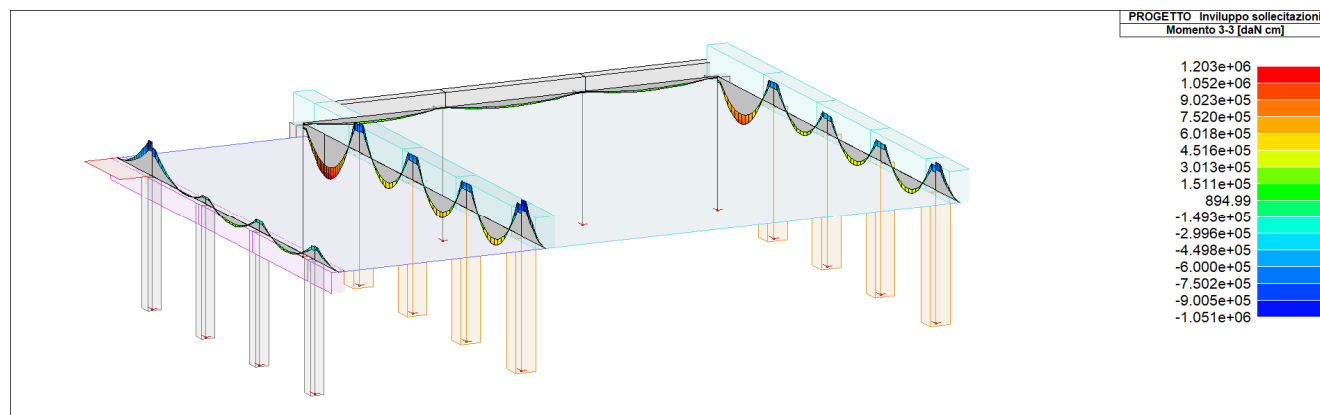


Figura 135. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

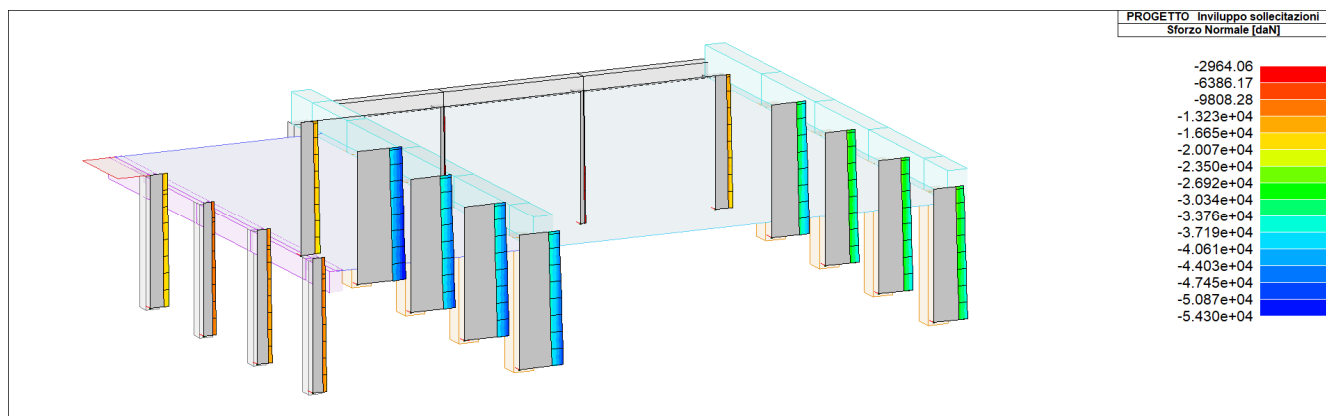


Figura 136. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

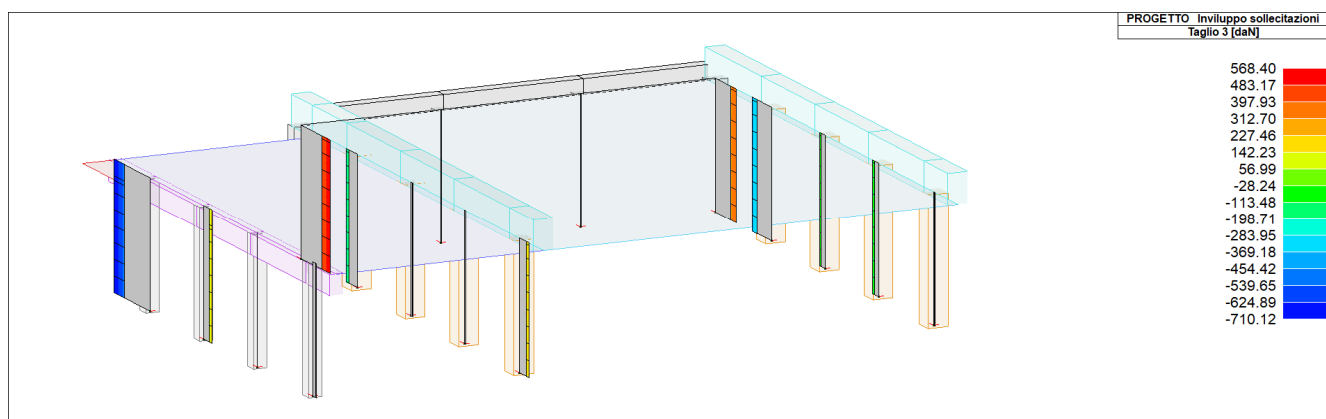


Figura 137. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

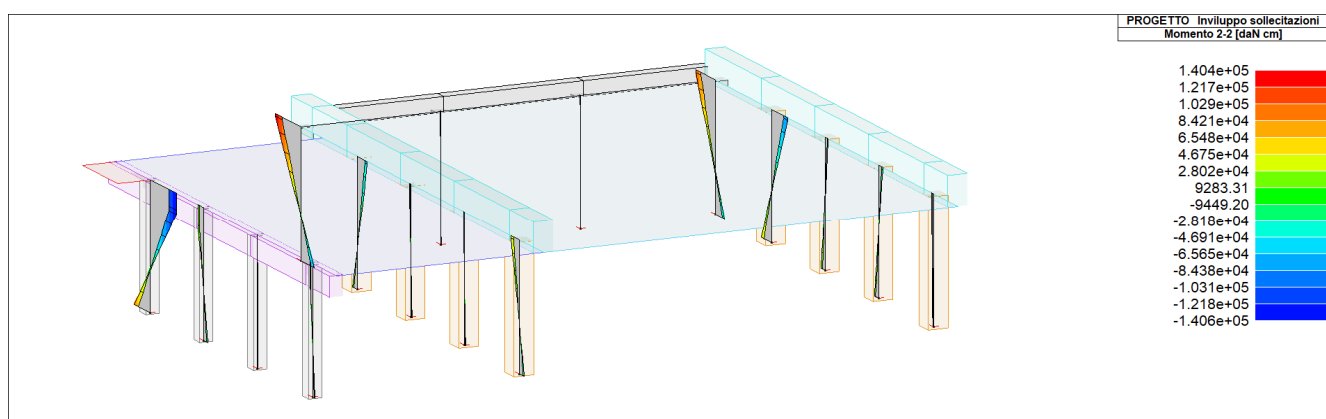


Figura 138. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

11.4.1.2 Verifica degli elementi

Le analisi effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

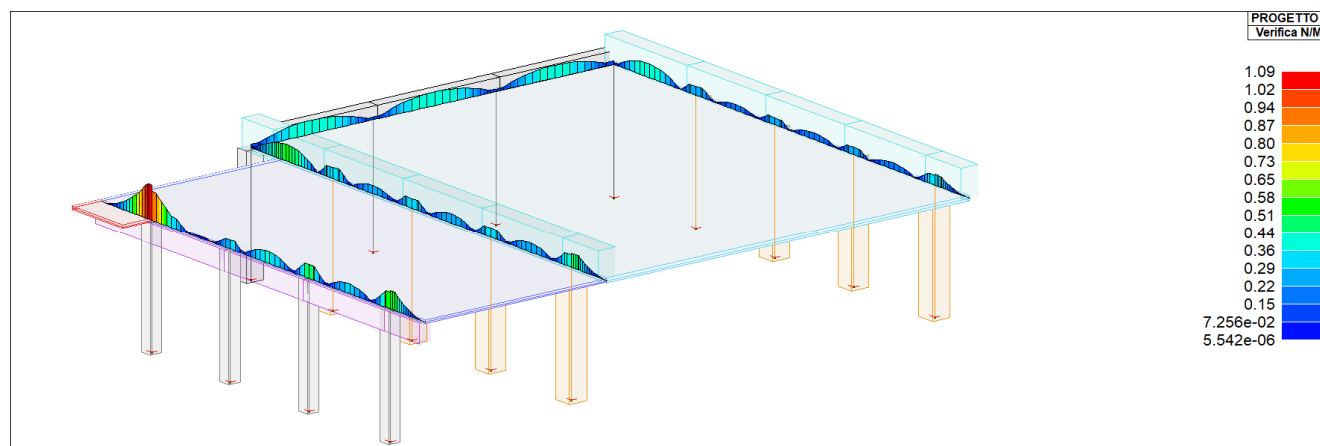


Figura 139. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

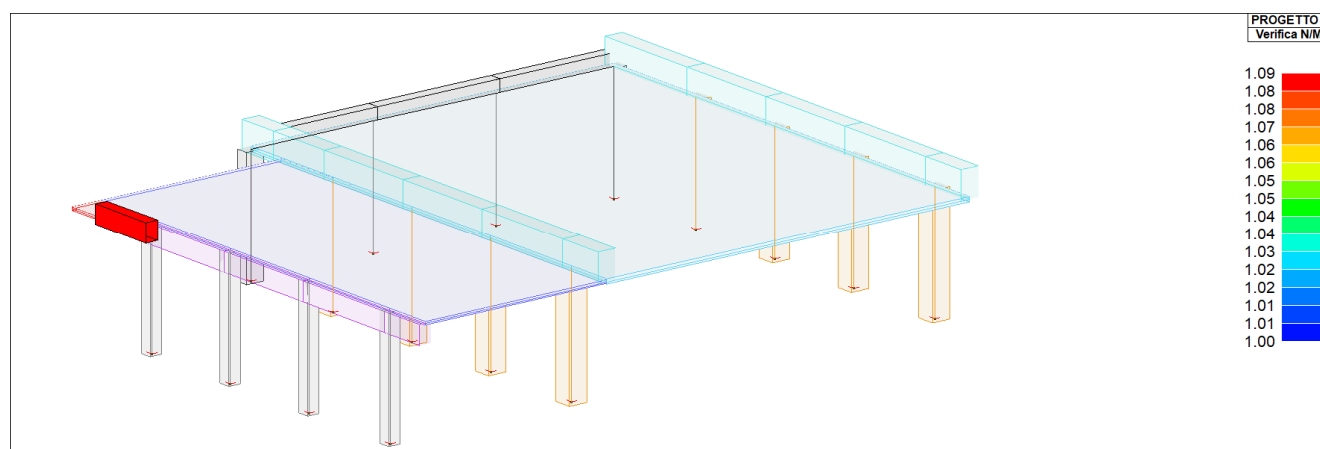


Figura 140. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati.

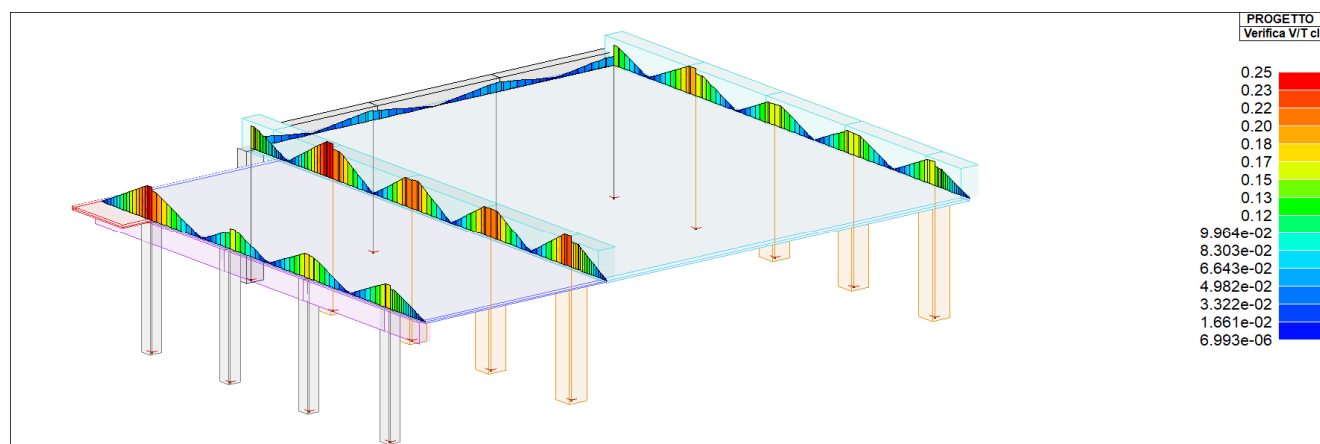


Figura 141. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

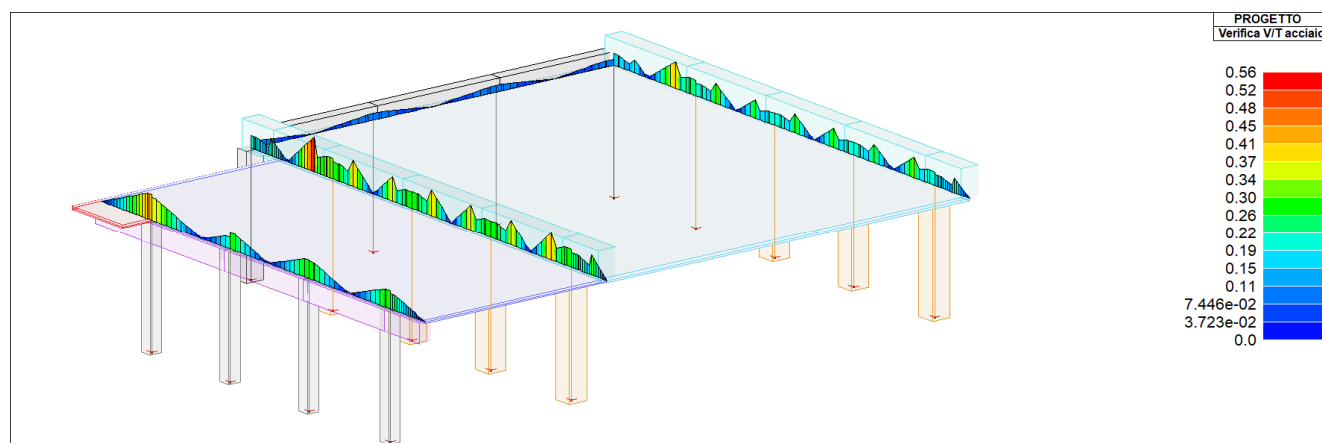


Figura 142. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

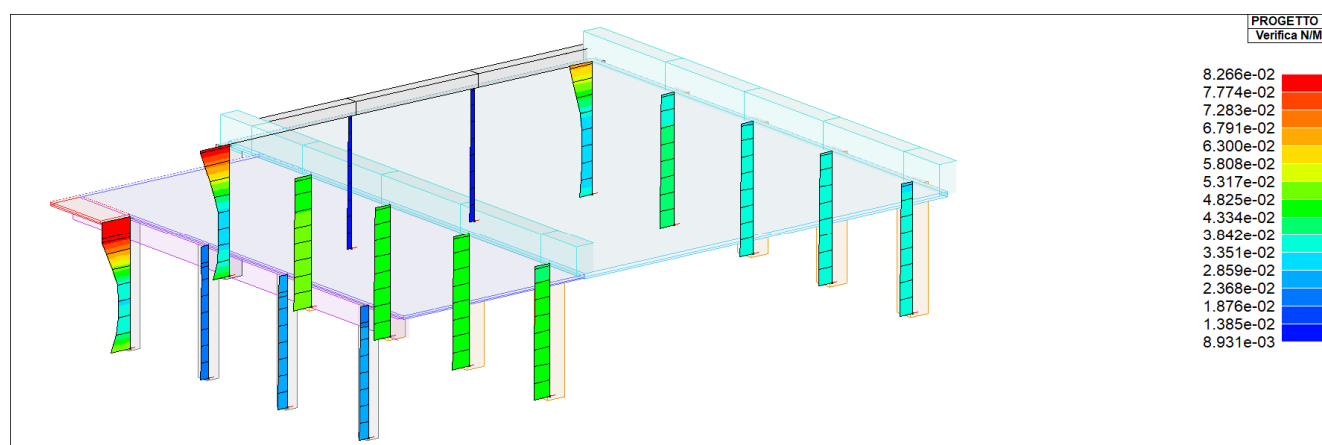


Figura 143. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

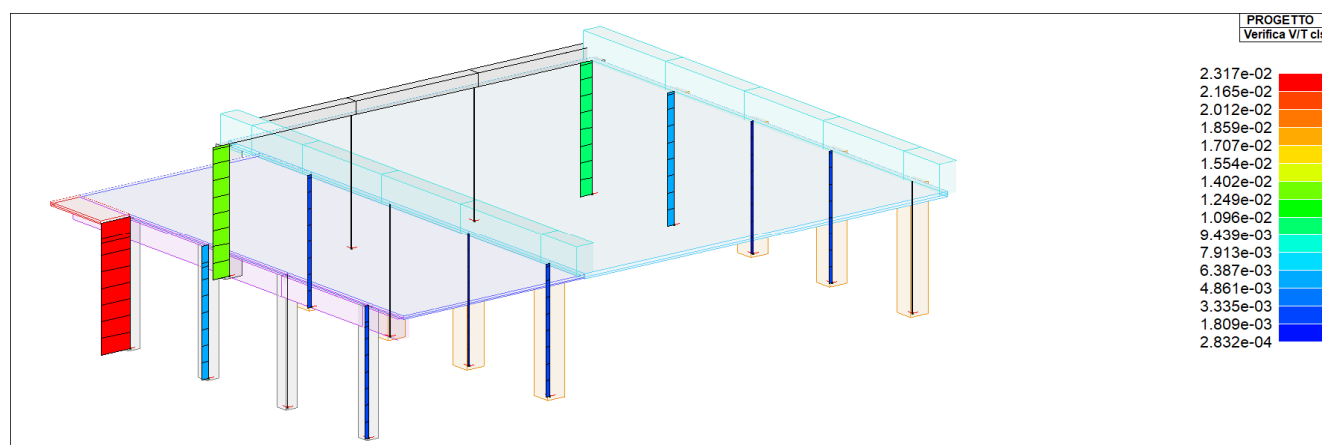


Figura 144. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

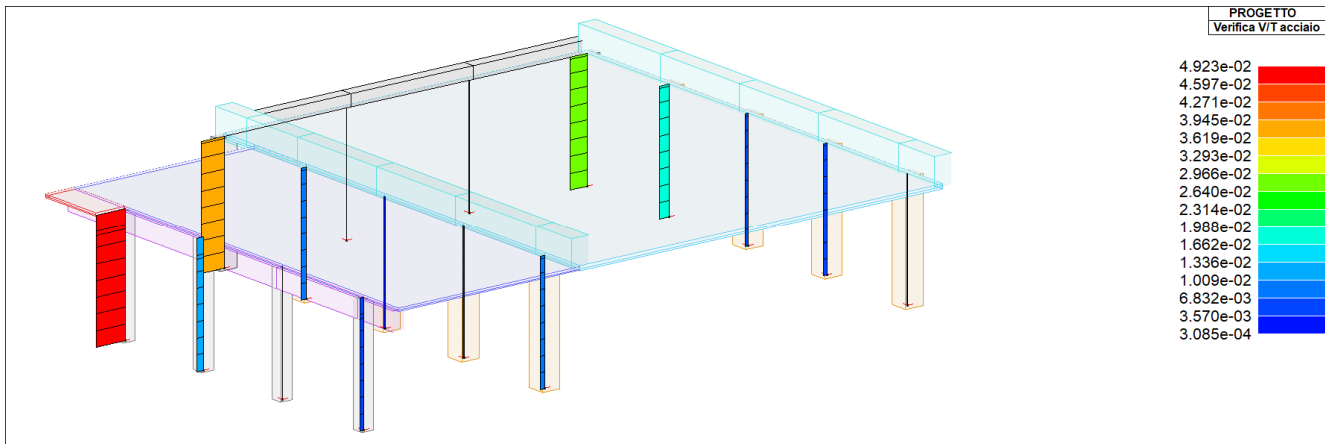


Figura 145. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 .

11.5 LOCALI TECNICI

11.5.1 Strutture portanti in c.a.

11.5.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

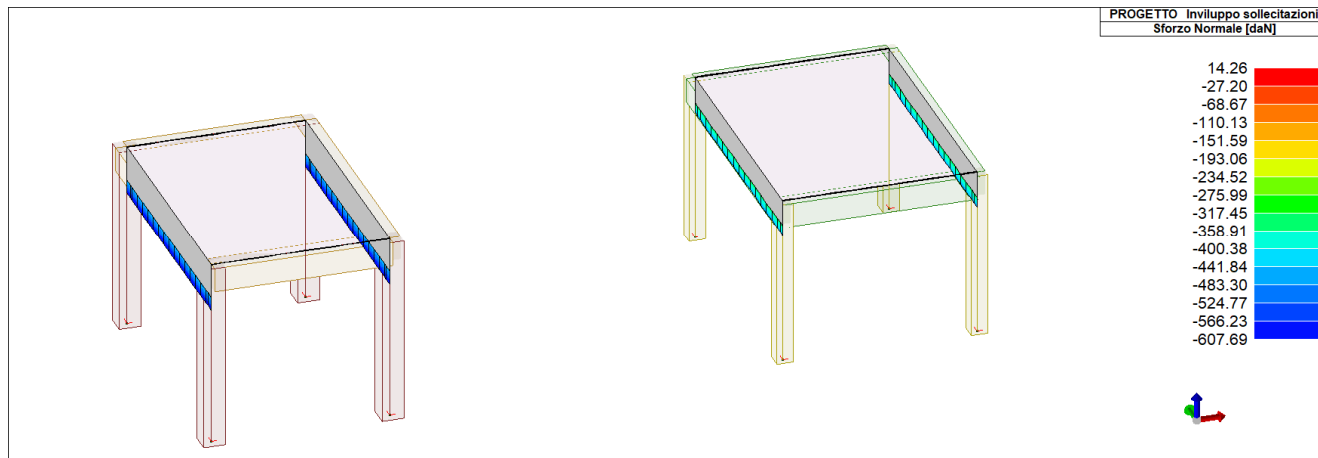


Figura 146. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

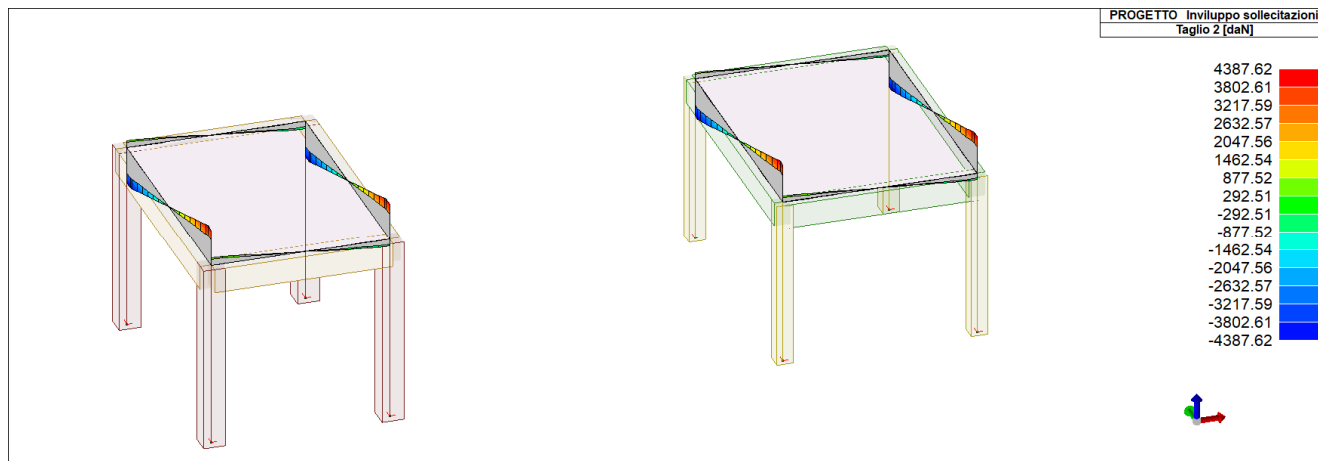


Figura 147. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

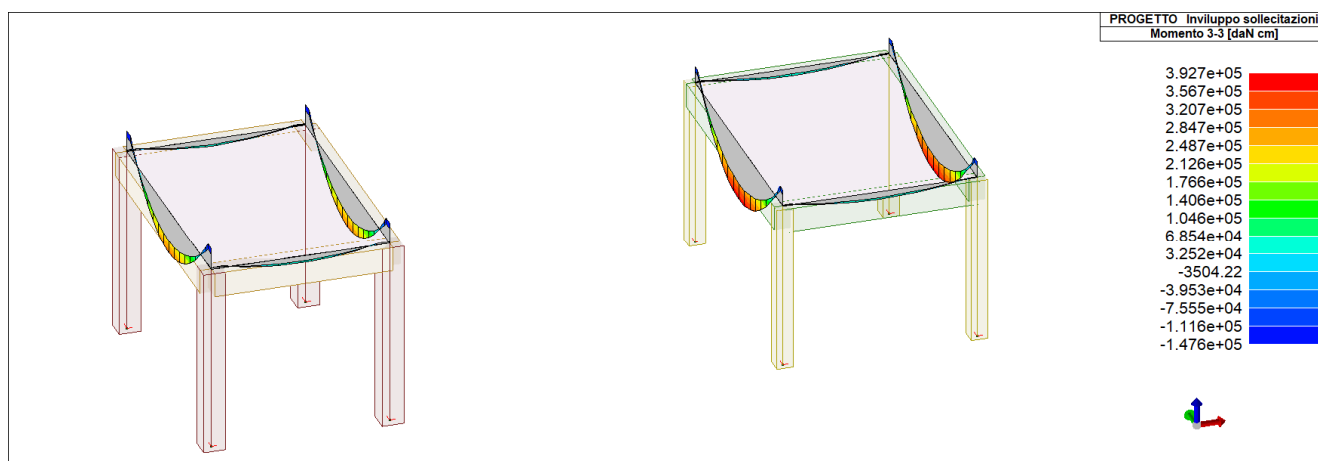


Figura 148. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

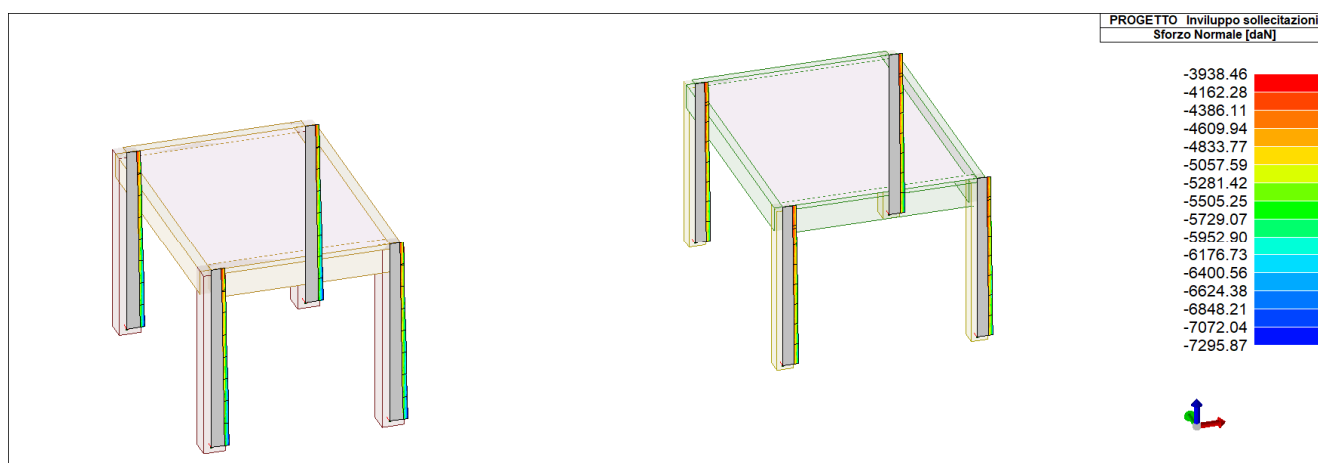


Figura 149. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

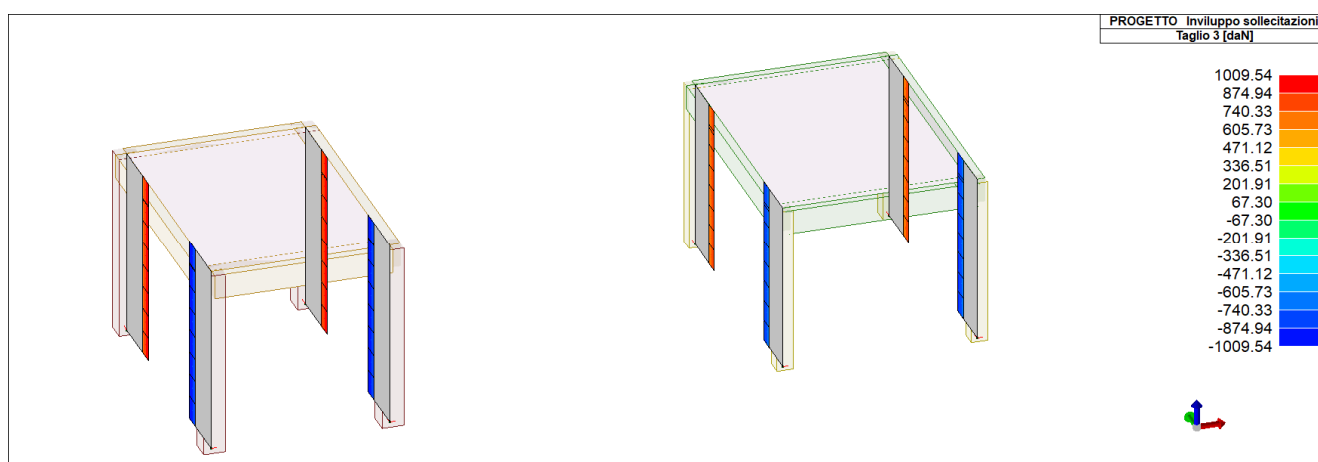


Figura 150. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (direzione Y) nei pilastri

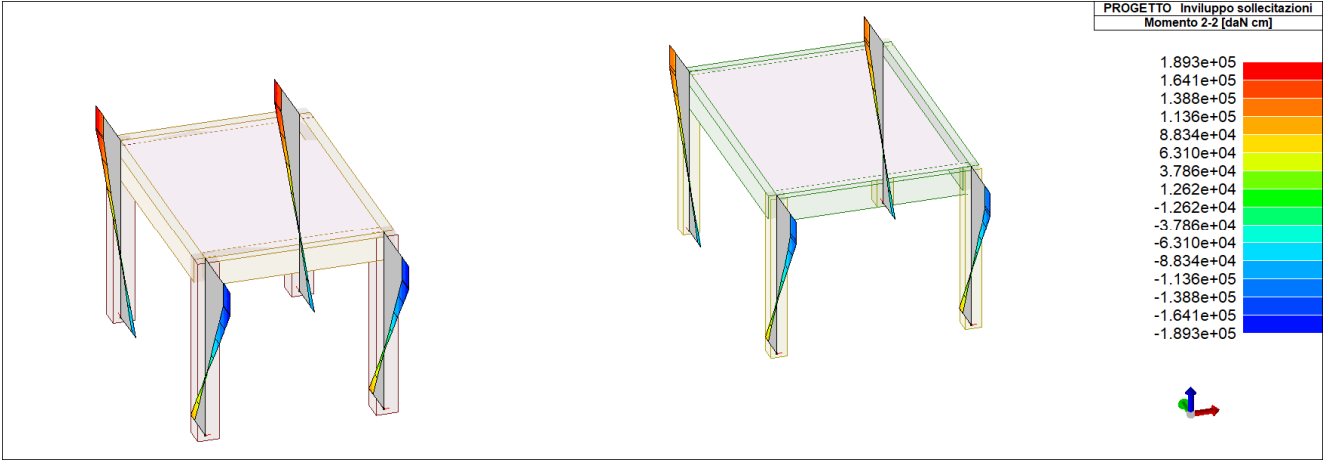


Figura 151. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

11.5.1.2 Verifica degli elementi

Le analisi effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

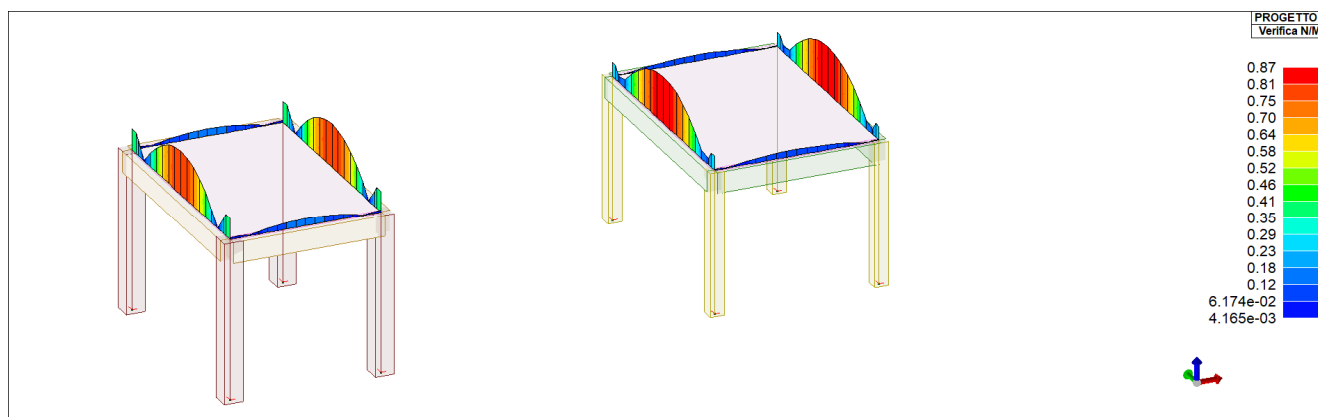


Figura 152. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.

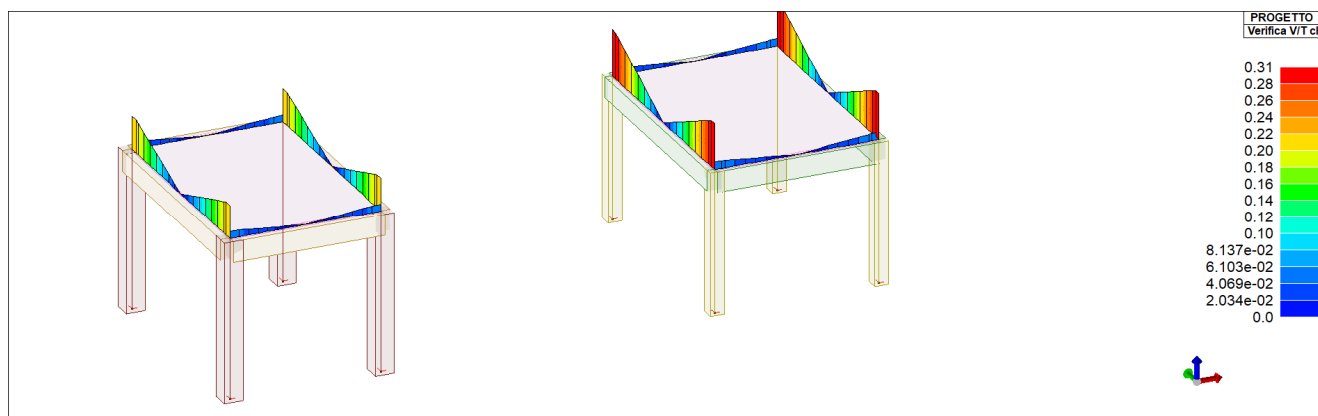


Figura 153. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

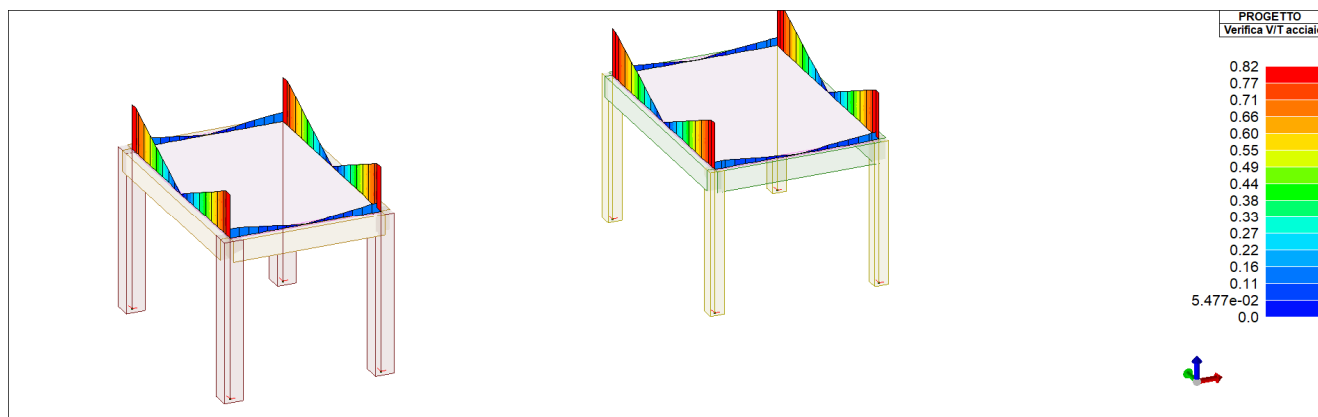


Figura 154. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.

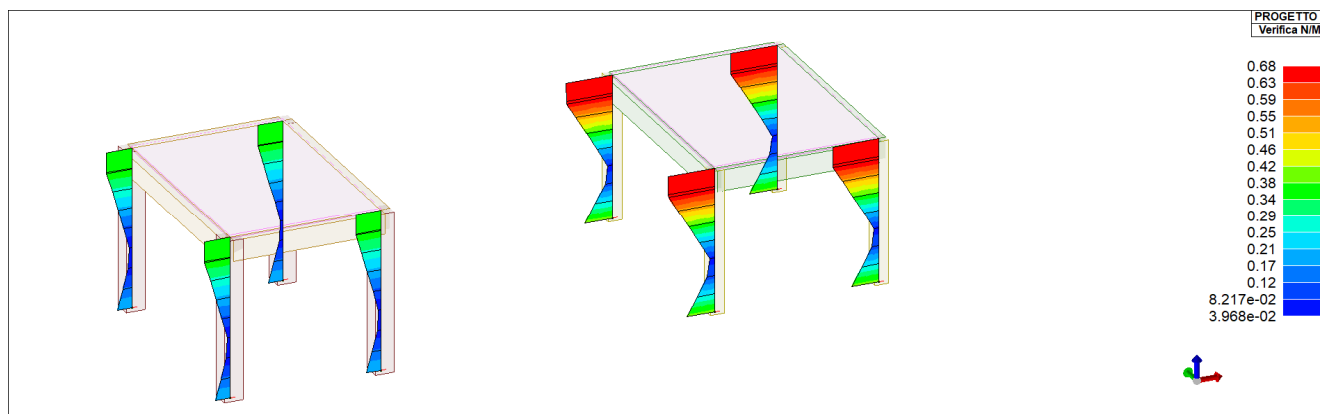


Figura 155. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 .

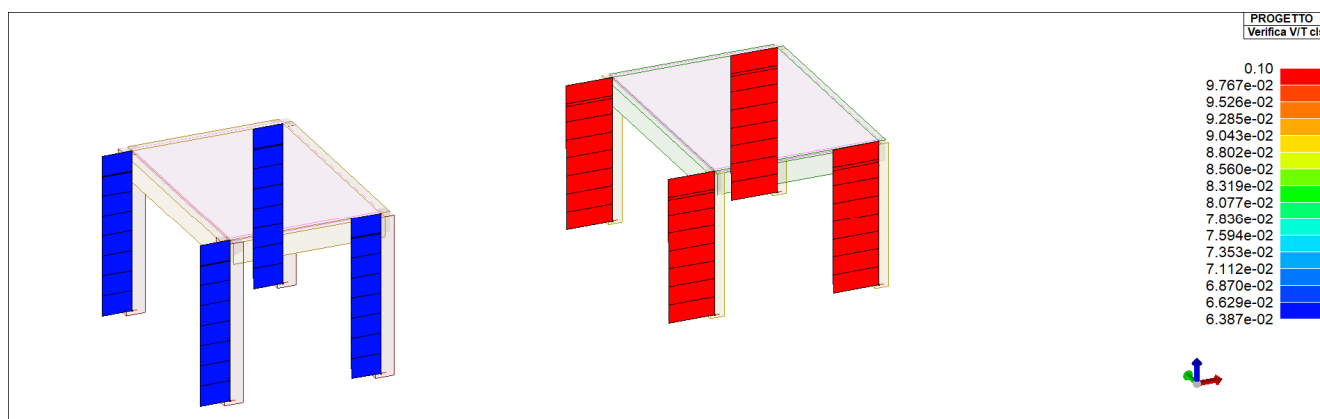


Figura 156. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 .

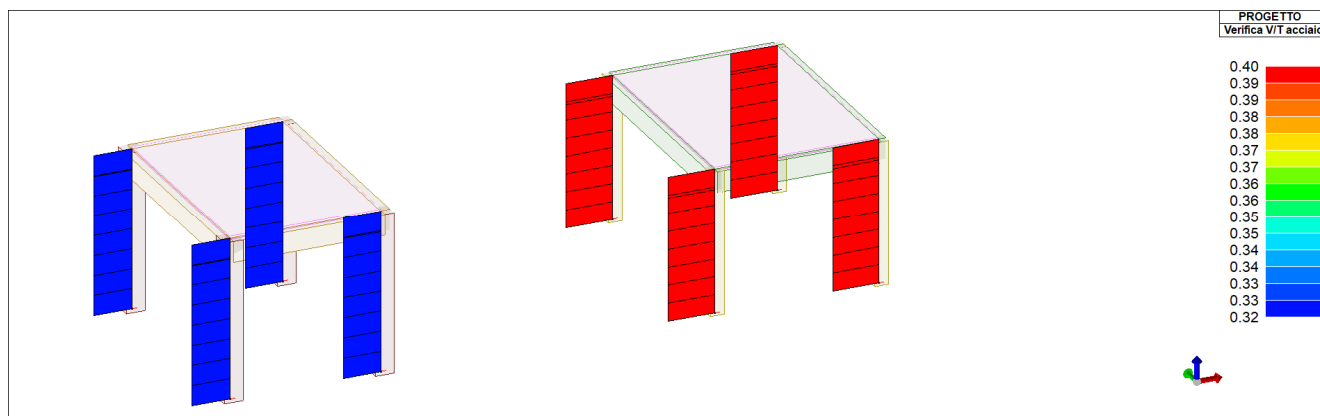


Figura 157. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 .

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 98 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

11.6 SINTESI DEI RISULTATI DELLE VERIFICHE STATICHE

Le verifiche strutturali ai soli carichi gravitazionali, quali peso proprio degli elementi strutturali e non e carichi accidentali, hanno messo in evidenza alcune carenze importanti dell'organismo edilizio. Per l'individuazione puntuale degli elementi non verificati si rimanda alle tavole grafiche allegate.

11.6.1 Palestra

In particolare, per il corpo di fabbrica chiamato "PALESTRA", si denota una sofferenza a momento negativo delle travi del primo impalcato, ossia all'estradosso degli elementi orizzontali in prossimità degli appoggi. Nessun'altra criticità si rileva sulle restanti strutture portanti in c.a.. Si ricorda che il corpo è stato oggetto di interventi di rinforzi, rilevati anche durante la campagna delle indagini effettuate, nel 2001. Anche la parete ovest della palestra, in muratura portante, risulta soddisfare tutte le verifiche strutturali.

11.6.2 Ala Ovest e Ala Est della scuola

Per quanto concerne l'ala ovest e l'ala est della scuola, si ravvisano diverse criticità strutturali. In particolare, la quasi totalità delle strutture portanti orizzontali in c.a., ossia le travi dei telai sulla facciata sud e le travi dell'androne, presentano criticità nelle verifiche a taglio di tipo fragile, dovute alla mancanza di armatura resistente a taglio. Buona parte degli elementi, soprattutto del primo impalcato, presenta non verifiche anche a flessione. I pilastri, invece, risultano quasi tutti verificati ad eccezione di due spezzoni di elementi verticali in corrispondenza delle scale. Due elementi presentano, infatti, criticità a taglio.

Le verifiche sulle murature portanti mostrano che alcuni maschi murari, la maggior parte in corrispondenza del piano terra, non superano le verifiche a presso flessione fuori piano, nel piano e a taglio. Le fasce murarie sono tutte verificate.

11.6.3 Cucina, Refettorio e locali tecnici

Le verifiche statiche condotte sul corpo Cucina/Refettorio evidenziano solo una criticità su una trave, la quale non soddisfa le verifiche a flessione. Tutte le altre verifiche sono soddisfatte.

I risultati delle verifiche sui locali tecnici non evidenziano nessuna particolare criticità.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 99 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12 ANALISI E VERIFICHE STRUTTURALI DI TIPO SISMICHE

In questo capitolo si riportano i risultati delle analisi e delle verifiche sismiche condotte sull'edificio. Al fine di agevolarne la lettura e renderla pratica e veloce, i risultati saranno esposti in veste grafica. Per il dettaglio analitico completo si rimanda al tabulato di calcolo allegato.

Per le verifiche sismiche dei corpi di fabbrica sono stati adottati tre diversi fattori di struttura, a seconda del tipo di verifica:

- Fattore di struttura $Q = 1.5$ per le verifiche a rottura di tipo fragile, ovvero per verifiche a taglio delle travi e dei pilastri e per verifiche di rottura dei nodi travi-pilastro non confinati;
- Fattore di struttura $Q = 2.5$ per le verifiche a rottura di tipo duttile, ovvero per verifiche a pressoflessione delle travi e dei pilastri;
- Fattore di struttura $Q = 3$ per le verifiche dei maschi e delle fasce murarie, così come indicato nel cap. C8 della Circolare n.7/2019.

Sull'edificio, oltre alle verifiche strutturali con l'accelerazione sismica di progetto, è stato condotto uno studio di vulnerabilità per la ricerca dell'indicatore ζ_E , definito nel capitolo 8 delle NTC2018, dato dal rapporto tra l'accelerazione sismica sostenibile dal manufatto e l'accelerazione sismica di progetto del sito di riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita. A tal fine, sono state condotte molteplici analisi con accelerazioni ag ridotte rispetto a quella di progetto.

12.1 ANALISI DINAMICA LINEARE E MODI DI VIBRARE

Per l'analisi sismica dell'opera, in accordo alle NTC vigenti, è stata adottata una Analisi Dinamica Lineare. L'Analisi Dinamica Lineare, o Analisi Modale con Spettro di risposta, tratta l'equilibrio in modo dinamico e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto.

L'Analisi Dinamica Lineare consiste:

1. nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
2. nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
3. nella combinazione di questi effetti.

Nello svolgere le analisi, sono stati considerati tutti i modi di vibrare con massa partecipante significativa. A tal riguardo, nel seguito si riportano i dati di tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% o comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale è superiore all'85%. Nel caso specifico si nota come già il primo modo di vibrare ecciti il 98% della massa sismica.

Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi, è stata utilizzata una combinazione quadratica completa (CQC) degli effetti relativi a ciascun modo. Quest'ultima viene svolta mediante analisi modale con

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 100 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

spettro di risposta, considerando un numero di modi di vibrare significativo e tale da portare in conto anche un'aliquota significativa della massa della sottostruttura che risulta, opportunamente, modellata.

Si riporta nel seguito una tabella di sintesi dei valori di periodo, frequenza e massa partecipante per ciascuno dei modi di vibrare considerati e per ciascuno dei casi di carico sismici adottati:

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
CORPO PALESTRA											
6	1	0.83	1.21	616238.71	83	0.73	0	0	0	15522472.24	8
6	2	3.58	0.28	12.81	0	315514.6	42	0	0	3070502.5	1
6	3	4.47	0.22	118327.06	15	929.48	0	0.01	0	4935401.46	2
6	4	4.95	0.2	189.51	0	345392.88	46	0	0	139775376.3	74
6	5	6.21	0.16	591.37	0	14.09	0	0.01	0	81273.86	0
6	6	6.56	0.15	0.81	0	4.72	0	0.01	0	1105.43	0
6	7	7.33	0.14	1001.4	0	43.2	0	0.03	0	28681.41	0
6	8	8.73	0.11	71.22	0	22.19	0	0.05	0	77050.81	0
6	9	9.95	0.1	207.81	0	3.94	0	0.96	0	27841.61	0
6	10	10.9	0.09	195.97	0	7453.85	1	0.04	0	200985.15	0
6	11	12.03	0.08	638.31	0	3214.64	0	0.8	0	14022.45	0
6	12	13.68	0.07	5.25	0	48532.96	6	0.04	0	12668273.94	6
6	13	16.58	0.06	20.71	0	2.73	0	83697.04	11	116.96	0
6	14	18.09	0.06	27.83	0	3.64	0	304344.71	41	79	0
6	15	22.09	0.05	93.64	0	7.83	0	249277.28	33	0.13	0
6	16	24.8	0.04	2707.63	0	91.89	0	4686.52	0	117.14	0
6	17	29.14	0.03	18.21	0	14002.14	1	9.57	0	6389165.57	3
6	18	57.74	0.02	6.4	0	1.61	0	82699.16	11	0	0
7	1	0.83	1.21	616238.71	83	0.73	0	0	0	8371025.62	4
7	2	3.58	0.28	12.81	0	315514.95	42	0	0	3180667.43	1
7	3	4.47	0.22	118327.06	15	929.47	0	0.01	0	597015.15	0
7	4	4.95	0.2	189.51	0	345392.51	46	0	0	142622789.6	79
7	5	6.21	0.16	591.18	0	14.06	0	0.01	0	5422.88	0
7	6	6.56	0.15	0.97	0	4.71	0	0.01	0	1736.68	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 101 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m²]	%
7	7	7.33	0.14	1000.11	0	43.23	0	0.03	0	197990.14	0
7	8	8.73	0.11	74.7	0	21.13	0	0.05	0	40098.63	0
7	9	9.96	0.1	206.24	0	5.56	0	0.97	0	1247.75	0
7	10	10.9	0.09	191.2	0	7469.86	1	0.05	0	326903.5	0
7	11	12.03	0.08	643.18	0	3111.86	0	0.78	0	110035.19	0
7	12	13.68	0.07	5.03	0	48610.16	6	0.03	0	12526108.87	7
7	13	16.59	0.06	20	0	3.19	0	86177.28	11	2942.94	0
7	14	18.11	0.06	27.94	0	4.22	0	303019.48	40	3493.51	0
7	15	22.1	0.05	94.57	0	8.51	0	248158.24	33	7742.84	0
7	16	24.8	0.04	2707.66	0	87.71	0	4711.8	0	190598.93	0
7	17	29.13	0.03	17.57	0	14008.62	1	12.23	0	6211019.53	3
7	18	57.81	0.02	6.35	0	1.8	0	82733.9	11	0	0
8	1	0.83	1.21	616228.39	83	0	0	0	0	11675043.43	7
8	2	3.37	0.3	0	0	349708.81	47	0	0	3023574.68	1
8	3	4.48	0.22	118510.94	15	0	0	0.01	0	2239513.98	1
8	4	5.21	0.19	0	0	310965.34	41	0	0	126916788.3	76
8	5	6.53	0.15	1569.32	0	0	0	0.02	0	17697.71	0
8	6	6.58	0.15	43.62	0	0	0	0.01	0	118156.48	0
8	7	6.99	0.14	0	0	115.14	0	0	0	108840.33	0
8	8	8.21	0.12	150.73	0	0	0	0.03	0	42090.28	0
8	9	10.01	0.1	109.29	0	0.16	0	1.17	0	4129.43	0
8	10	10.44	0.1	0	0	12724.87	1	0	0	128410.53	0
8	11	11.81	0.08	870.53	0	0.02	0	0.24	0	527.13	0
8	12	13.62	0.07	0	0	45700.71	6	0	0	10817474.93	6
8	13	16.7	0.06	7.69	0	0.02	0	110363.3	14	1748.93	0
8	14	18.28	0.05	15.59	0	0.02	0	292643.7	39	3011.19	0
8	15	22.27	0.04	57.72	0	0.03	0	237029.2	31	4735.94	0
8	16	24.96	0.04	2793.46	0	0.04	0	2634.25	0	86362.32	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 102 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m²]	%
8	17	27.25	0.04	0	0	15612.12	2	0.24	0	7510433.67	4
8	18	58.62	0.02	3.58	0	0.01	0	83236.35	11	0	0
9	1	0.83	1.21	616228.39	83	0	0	0	0	11670403.87	5
9	2	3.81	0.26	0	0	275769.72	37	0	0	2793988.04	1
9	3	4.48	0.22	118510.94	15	0	0	0.01	0	2250175.05	1
9	4	4.7	0.21	0	0	387027.72	52	0	0	157446864.1	79
9	5	6.53	0.15	1569.43	0	0	0	0.02	0	44819.41	0
9	6	6.58	0.15	43.52	0	0	0	0.01	0	81822.74	0
9	7	6.99	0.14	0	0	27.74	0	0	0	207974.21	0
9	8	8.21	0.12	150.79	0	0	0	0.03	0	9821.06	0
9	9	10.01	0.1	108.51	0	0.01	0	1.16	0	1110.46	0
9	10	11.78	0.08	2.16	0	7674.81	1	0	0	184778.08	0
9	11	11.81	0.08	869.07	0	19.61	0	0.23	0	88866.99	0
9	12	13.61	0.07	0	0	51510.26	6	0	0	14546398.6	7
9	13	16.7	0.06	7.6	0	0.01	0	110238.47	14	132.21	0
9	14	18.28	0.05	15.37	0	0.01	0	292638.62	39	187.56	0
9	15	22.27	0.04	57.15	0	0.01	0	237272.02	32	12.53	0
9	16	24.96	0.04	2794.3	0	0.01	0	2616.6	0	25619.31	0
9	17	30.46	0.03	0	0	13481.64	1	0.1	0	4928926	2
9	18	58.66	0.02	3.55	0	0.01	0	83154.14	11	0	0
CORPO ALA OVEST DELLA SCUOLA											
6	1	2.48	0.4	3887.11	0	1267987.22	67	4.21	0	333148642.8	21
6	2	3.09	0.32	223628.34	11	218759.94	11	99.39	0	859270211.8	56
6	3	5.75	0.17	1287334.21	68	30471.99	1	0.03	0	39175746.88	2
6	4	6.13	0.16	9272.36	0	196633.21	10	4.38	0	51676498.28	3
6	5	7.03	0.14	703.28	0	15463.96	0	3.16	0	34390894.62	2
6	6	7.55	0.13	4774.29	0	4196.03	0	28.1	0	9613935.82	0
6	7	7.7	0.13	32036.22	1	50232.15	2	213.13	0	113276045.9	7
6	8	9	0.11	3154.16	0	3179.4	0	509.18	0	3062514.84	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 103 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
6	9	9.6	0.1	170.95	0	5511.39	0	147.09	0	521307.23	0
6	10	10.81	0.09	47210.52	2	696.47	0	388.72	0	2119709.94	0
6	11	11.87	0.08	78.24	0	1.38	0	187198.45	10	28388.33	0
6	12	12.63	0.08	91545.98	4	18663.53	0	775.97	0	12050600.02	0
6	13	13.6	0.07	31519.85	1	3301.8	0	271383.9	14	317305.14	0
6	14	14.18	0.07	15341.45	0	905.04	0	530492.54	28	132187.9	0
6	15	19.51	0.05	90.97	0	350.85	0	428815.34	22	1280888.83	0
6	16	29.25	0.03	27017.56	1	3245.07	0	219451.64	11	3951735.45	0
6	17	30.77	0.03	20606.96	1	22927.57	1	8739.91	0	16819756.21	1
6	18	32.34	0.03	24098.89	1	8833.44	0	137902.61	7	0	0
7	1	2.49	0.4	7.25	0	1297440.06	69	3.18	0	367303257	24
7	2	3.19	0.31	122800.77	6	189126.34	10	107.87	0	838740139.5	55
7	3	5.63	0.18	1372855.79	73	34187.96	1	1.01	0	37215482.86	2
7	4	6.15	0.16	23046.31	1	199694.73	10	3.56	0	54546214.75	3
7	5	7.03	0.14	953.43	0	11240.13	0	1.63	0	24486980.83	1
7	6	7.2	0.14	34.35	0	1065.08	0	0.05	0	2838665.39	0
7	7	7.87	0.13	20626.82	1	51414.32	2	254.91	0	128113213.2	8
7	8	9.12	0.11	31.27	0	7388.64	0	333.79	0	5802821.24	0
7	9	9.42	0.11	456.6	0	1439.42	0	429.68	0	1145.17	0
7	10	10.13	0.1	20524.29	1	8.03	0	463.89	0	201295.87	0
7	11	11.82	0.08	8101.37	0	64.68	0	164577.9	8	91051.48	0
7	12	12.64	0.08	128654.01	6	16941.72	0	20305.58	1	15740179.25	1
7	13	13.22	0.08	38085.45	2	5564.06	0	156255.46	8	2648992.93	0
7	14	14.14	0.07	14509.84	0	118.23	0	642875.01	34	31904.63	0
7	15	19.24	0.05	898.09	0	589.61	0	411157.91	22	849384.52	0
7	16	28.78	0.03	11521.46	0	5832.74	0	292158.3	15	3580597.06	0
7	17	30.33	0.03	13087.48	0	25831.57	1	14121.11	0	9001657.3	0
7	18	34	0.03	47263.08	2	2797.71	0	82065.09	4	0	0
8	1	2.59	0.39	2848.39	0	1452031.86	77	0.12	0	743957729.7	43

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 104 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m²]	%
8	2	3.04	0.33	148713.19	7	41074.77	2	101.58	0	622177357.1	36
8	3	5.66	0.18	1358329.57	72	24015.14	1	1.1	0	32141171.85	1
8	4	6.4	0.16	9506.35	0	234174.43	12	0.18	0	99389356.54	5
8	5	6.64	0.15	2954.5	0	2351.87	0	2.88	0	18571873	1
8	6	7.26	0.14	6199.02	0	19720.95	1	49.18	0	54219357.22	3
8	7	7.47	0.13	16704	0	15609.94	0	191.99	0	62327137.05	3
8	8	8.83	0.11	588.34	0	5503.7	0	233.99	0	3980079.9	0
8	9	9.22	0.11	12.18	0	1084.79	0	336.99	0	236922.62	0
8	10	10.24	0.1	23179.8	1	446.93	0	28.45	0	1164637.83	0
8	11	11.82	0.08	10150.56	0	47.09	0	159503.33	8	118840.22	0
8	12	12.59	0.08	134715.25	7	13191.43	0	27297.82	1	10563930.1	0
8	13	13.03	0.08	26703.31	1	7815.72	0	113169.48	6	2249372.67	0
8	14	14.11	0.07	8608.39	0	87.85	0	685093.66	36	124966.36	0
8	15	19.28	0.05	744.77	0	446.33	0	413930.87	22	997369.07	0
8	16	28.64	0.03	29642.13	1	46.97	0	248629.67	13	359661.55	0
8	17	29.73	0.03	7747.01	0	27123.93	1	29807.89	1	17027742.96	1
8	18	33.23	0.03	34079.83	1	6341.42	0	106898.55	5	0	0
9	1	2.36	0.42	3500.86	0	1219038.88	65	7.4	0	214002802.1	16
9	2	3.32	0.3	205004.26	10	258332.27	13	109.02	0	814857088.5	61
9	3	5.72	0.17	1227360.19	65	66739.31	3	0.12	0	58150441.41	4
9	4	5.87	0.17	86105.6	4	165203.9	8	5.09	0	29064189.33	2
9	5	7	0.14	342.86	0	4.02	0	0.75	0	503587.8	0
9	6	7.48	0.13	347.89	0	11415.91	0	1.67	0	22344639.02	1
9	7	8.22	0.12	31904.95	1	57732.52	3	244.48	0	120079493	9
9	8	9.24	0.11	4401.02	0	4558.99	0	762.31	0	6378280.46	0
9	9	9.87	0.1	146.56	0	7068.54	0	259	0	398411.42	0
9	10	10.98	0.09	47213.04	2	907.81	0	1356.41	0	2327488.02	0
9	11	11.89	0.08	1389.1	0	15.06	0	197372.79	10	187631.24	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 105 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
9	12	12.86	0.08	94818.85	5	20106.41	1	618.75	0	16543828.02	1
9	13	13.74	0.07	39204.01	2	2953.09	0	183456.81	9	693445.68	0
9	14	14.11	0.07	10094.72	0	827.91	0	614649.93	32	181.48	0
9	15	19.73	0.05	60.24	0	316.76	0	437714.46	23	910495.9	0
9	16	30.06	0.03	3893.67	0	13719.58	0	219531.76	11	9140563.65	0
9	17	31.18	0.03	27593.57	1	16028.72	0	36863.4	1	6250731.56	0
9	18	32.53	0.03	39665.37	2	6459.74	0	93828.26	5	0	0
CORPO ALA EST DELLA SCUOLA											
6	1	0.69	1.45	27471.48	2	675157.85	53	0	0	2321075868	34
6	2	3.03	0.33	4072.38	0	153624.06	12	0.22	0	472565943.8	7
6	3	3.62	0.28	257120.33	20	168513.69	13	26.86	0	3009680977	44
6	4	6.17	0.16	823766.88	65	157910.94	12	38.26	0	427868557.2	6
6	5	7.02	0.14	842.9	0	16320.4	1	5.24	0	140938024.2	2
6	6	7.4	0.14	6574.56	0	6516.6	0	43.51	0	149336201.9	2
6	7	7.74	0.13	10886.75	0	1288.22	0	29.36	0	24249879.38	0
6	8	8.66	0.12	717.95	0	10382.75	0	2.65	0	63301729.84	0
6	9	9.08	0.11	2386.95	0	8656.53	0	15.74	0	97332157.43	1
6	10	9.51	0.11	11452.76	0	1682.87	0	33.86	0	40112346.55	0
6	11	11.89	0.08	5045.23	0	12507.92	0	1268.09	0	148406863.7	2
6	12	13.15	0.08	9660.76	0	76.36	0	84570.42	6	5648339.3	0
6	13	14.08	0.07	18388.25	1	3640.06	0	464301.36	36	11353565.89	0
6	14	15.15	0.07	17777.73	1	8009.65	0	237933.7	18	34307067.92	0
6	15	21.79	0.05	723.16	0	4503.75	0	215049.6	17	18834999.72	0
6	16	24.04	0.04	12.44	0	11641.51	0	76596.88	6	69580031.92	1
6	17	32.84	0.03	17675.74	1	89.98	0	67822.89	5	12484921.41	0
6	18	37.31	0.03	14273.05	1	1251.47	0	56680.01	4	0	0
7	1	0.68	1.48	64635.15	5	650408.23	51	0	0	3029984784	50
7	2	2.97	0.34	15033.37	1	149604.7	11	0.13	0	713375885.2	11
7	3	3.81	0.26	100814.71	8	201215.39	16	25.56	0	1417431189	23

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 106 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
7	4	5.98	0.17	935939.42	74	157352.35	12	47.85	0	165800462.5	2
7	5	6.99	0.14	2092.42	0	11278.23	0	2.12	0	63195045.8	1
7	6	7.32	0.14	1466.65	0	7145.6	0	30.23	0	60355773.57	1
7	7	7.7	0.13	5969.84	0	1567.71	0	38.96	0	21576329.03	0
7	8	8.47	0.12	2690.5	0	3934.89	0	1.56	0	26584183.93	0
7	9	8.89	0.11	103.66	0	14894.39	1	4.1	0	45727319.46	0
7	10	9.94	0.1	2017.1	0	233.05	0	87.59	0	1630119.27	0
7	11	11.88	0.08	2841.83	0	15748.28	1	888.84	0	80125731.63	1
7	12	13.2	0.08	12715.28	1	238.96	0	95561.22	7	11578456.92	0
7	13	14.06	0.07	31447.13	2	4086.94	0	396975.7	31	1580835.28	0
7	14	14.93	0.07	19826.55	1	6996.42	0	287087.43	22	13600505.98	0
7	15	21.44	0.05	193.86	0	3701.36	0	215104.5	17	21447006.02	0
7	16	23.35	0.04	810.92	0	10998.59	0	58971.06	4	56172318.91	0
7	17	32.19	0.03	5650.74	0	61.4	0	131055.55	10	858681.39	0
7	18	40.28	0.02	25298.38	2	2677.54	0	16983.9	1	0	0
8	1	0.74	1.36	51994.56	4	624371.28	49	0	0	2643649965	39
8	2	3.21	0.31	11157.61	0	143170.39	11	0.31	0	588815402.3	8
8	3	3.59	0.28	126891.59	10	230313.7	18	22.8	0	2598310206	38
8	4	6	0.17	926532.27	73	157718.83	12	47.36	0	214485929.3	3
8	5	6.9	0.14	480.5	0	14705.24	1	1.79	0	108405599.6	1
8	6	7.58	0.13	3256.7	0	8463.41	0	34.6	0	117690910.5	1
8	7	7.81	0.13	7843.81	0	6565.98	0	36.93	0	72832712.73	1
8	8	8.66	0.12	103.2	0	7803.09	0	9.11	0	38525314.86	0
8	9	9.42	0.11	168.07	0	5357.83	0	20.64	0	45091100.91	0
8	10	10.33	0.1	12538.56	0	1827.26	0	52.82	0	28557388.1	0
8	11	12.14	0.08	770.64	0	14396.1	1	329.6	0	104316141.4	1
8	12	13.3	0.08	7144.22	0	104.75	0	138115.08	11	6624173.5	0
8	13	14.08	0.07	32231.1	2	3482.86	0	341575.49	27	1718620.34	0
8	14	15.01	0.07	16600.14	1	4615.67	0	310565.85	24	9562939.99	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 107 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m²]	%
8	15	22.11	0.05	549.81	0	3833.84	0	229360.2	18	20276703.62	0
8	16	23.61	0.04	13.9	0	13379.27	1	60982.7	4	84363397.04	1
8	17	33.78	0.03	9320.91	0	28.51	0	96369.91	7	931792.5	0
8	18	40.22	0.02	22598.28	1	1163.37	0	27408.85	2	0	0
9	1	0.64	1.56	38501.91	3	704031.45	56	0	0	2718556442	45
9	2	2.82	0.35	7374.99	0	163005.07	12	0.09	0	611534655.7	10
9	3	3.88	0.26	238029.05	18	131778.14	10	31.46	0	1702081837	28
9	4	6.14	0.16	823782.23	65	160295.38	12	37.75	0	292257264.7	4
9	5	6.84	0.15	1215.39	0	6729.91	0	0.42	0	34254687.9	0
9	6	7.19	0.14	4809.67	0	8546.85	0	41.11	0	108036059.4	1
9	7	7.65	0.13	14263.89	1	2.21	0	26.95	0	3631100.82	0
9	8	8.18	0.12	1872.82	0	8221.84	0	0.54	0	42670181.41	0
9	9	8.76	0.11	0.18	0	11269.69	0	21.1	0	70651567.16	1
9	10	9.95	0.1	4009.08	0	2882.49	0	22.31	0	10617506.76	0
9	11	11.34	0.09	7169.36	0	15570.37	1	838.29	0	140783883.7	2
9	12	12.79	0.08	18510.21	1	5.23	0	31154.58	2	6429842.72	0
9	13	14.01	0.07	15049.12	1	2982.97	0	529008.03	42	5115442.18	0
9	14	15.1	0.07	21197.72	1	7806.98	0	215437.87	17	19932292.12	0
9	15	20.89	0.05	285.76	0	10108.77	0	121592.04	9	47587427.55	0
9	16	21.95	0.05	1178.45	0	6239.15	0	137500.01	10	39004143.13	0
9	17	30.78	0.03	10075.15	0	417.25	0	129852.57	10	17418.95	0
9	18	36.93	0.03	19901.05	1	1957.05	0	36594.54	2	0	0
CORPO CUCINA/REFETTORIO											
6	1	3.77	0.27	329035.7	99	147.28	0	0.01	0	37165998.82	11
6	2	5.72	0.17	2730.81	0	81992.07	24	0.12	0	11946105.39	3
6	3	7.01	0.14	257.17	0	249277.59	75	8.06	0	281578834	84
6	4	13.41	0.07	0.05	0	206.97	0	4058.37	1	72601.02	0
6	5	25.05	0.04	0	0	48.95	0	2999.15	0	15340.28	0

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
6	6	28.28	0.04	0	0	193.57	0	11756.16	3	112740.72	0
6	7	32.52	0.03	0.01	0	116.26	0	7124.03	2	104580.4	0
6	8	32.9	0.03	0.08	0	30.18	0	1980.2	0	68791.04	0
6	9	38.17	0.03	0	0	4.21	0	35781.51	10	2918.89	0
6	10	41.96	0.02	1.4	0	0.14	0	10.55	0	40339.9	0
6	11	46.57	0.02	0.01	0	0	0	92496.07	27	2048.83	0
6	12	48.68	0.02	0.38	0	2.81	0	2988.82	0	0.33	0
6	13	53.64	0.02	0	0	0.37	0	130023.96	39	6080.15	0
6	14	58.22	0.02	0.04	0	2.53	0	1533.28	0	118699.78	0
6	15	63.69	0.02	0	0	0.92	0	26788.17	8	126457.68	0
6	16	74.05	0.01	0.02	0	1.57	0	1617.9	0	1393808.25	0
6	17	88.06	0.01	0.11	0	0.1	0	475.47	0	459198.5	0
6	18	92.94	0.01	0	0	0.11	0	12379.1	3	0	0
7	1	3.79	0.26	331531.24	99	24.95	0	0	0	51442519.03	14
7	2	5.69	0.18	452.98	0	79506.41	23	0.13	0	15869340.76	4
7	3	7.01	0.14	38.78	0	251885.26	75	8.03	0	279958833.3	80
7	4	13.41	0.07	0	0	207.08	0	4058.37	1	71562.3	0
7	5	25.05	0.04	0	0	49.05	0	2999.26	0	17144.59	0
7	6	28.28	0.04	0.01	0	193.35	0	11754.39	3	130883.59	0
7	7	32.08	0.03	1.59	0	16.22	0	840.58	0	5060.04	0
7	8	32.66	0.03	0.09	0	130.44	0	8270.36	2	227714.44	0
7	9	38.17	0.03	0	0	4.23	0	35770.17	10	2189.73	0
7	10	42.82	0.02	0.63	0	0.3	0	1.76	0	61748.93	0
7	11	46.56	0.02	0	0	0	0	92092.89	27	718.58	0
7	12	48.05	0.02	0.27	0	2.79	0	2353.37	0	19650.54	0
7	13	53.58	0.02	0	0	0.24	0	129614.09	39	602.17	0
7	14	57.06	0.02	0.03	0	2.32	0	2794.09	0	17307.75	0
7	15	63.79	0.02	0	0	1.08	0	27404.72	8	53868.13	0
7	16	71.85	0.01	0.05	0	1.57	0	745.14	0	1118300.8	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 109 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
7	17	82.55	0.01	0.08	0	0.26	0	489.44	0	109134.94	0
7	18	92.68	0.01	0	0	0.15	0	12821.41	3	0	0
8	1	3.79	0.26	331752.74	99	1.14	0	0	0	43335071.94	12
8	2	5.87	0.17	266.29	0	12863.34	3	0.97	0	2923706.57	0
8	3	6.75	0.15	4.82	0	318535.51	95	6.11	0	311678865.1	87
8	4	13.41	0.07	0.01	0	224.22	0	4060.29	1	79051.99	0
8	5	25.05	0.04	0	0	49.95	0	2997.59	0	15705.86	0
8	6	28.28	0.04	0	0	193.95	0	11774.73	3	126907.85	0
8	7	32.6	0.03	0.01	0	146.26	0	9032.76	2	168902.78	0
8	8	33.62	0.03	0.61	0	0.08	0	54.58	0	121041.98	0
8	9	38.17	0.03	0	0	4.24	0	35782.43	10	1949.08	0
8	10	42.36	0.02	1.22	0	0.07	0	7.96	0	669059.65	0
8	11	46.57	0.02	0	0	0.03	0	93105.16	28	14.96	0
8	12	53	0.02	0	0	0.27	0	89952.22	27	1072.58	0
8	13	54.96	0.02	0	0	3.64	0	43770.62	13	8512.05	0
8	14	62.18	0.02	0.08	0	0.25	0	217.75	0	3340.92	0
8	15	63.04	0.02	0	0	0.37	0	25077.34	7	47.55	0
8	16	72.98	0.01	0	0	2.15	0	3606.43	1	6620.72	0
8	17	90.03	0.01	0.09	0	0	0	45.23	0	12920.64	0
8	18	92.97	0.01	0	0	0.12	0	12528.23	3	0	0
9	1	3.79	0.26	331695.73	99	44.04	0	0	0	44881830.73	13
9	2	5.44	0.18	300.28	0	127548.47	38	0.01	0	34741609.07	10
9	3	7.4	0.14	27.51	0	203834.84	61	9.49	0	240377395.4	74
9	4	13.41	0.07	0.01	0	192.72	0	4056.68	1	66449.8	0
9	5	25.05	0.04	0	0	47.95	0	3000.64	0	17021.8	0
9	6	28.27	0.04	0	0	194.35	0	11721.73	3	112846.56	0
9	7	31.67	0.03	0.73	0	6.9	0	585.81	0	72820.97	0
9	8	32.66	0.03	0.03	0	139.72	0	8553.17	2	157474.13	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 110 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m²]	%
9	9	38.18	0.03	0	0	4.16	0	35855.39	10	2938.98	0
9	10	42.45	0.02	1.19	0	0.42	0	8.68	0	703068.96	0
9	11	46.46	0.02	0	0	1.61	0	59271.65	17	1861.12	0
9	12	47.35	0.02	0	0	5.26	0	44284.17	13	5037.63	0
9	13	54.24	0.02	0	0	1.44	0	127300.27	38	1820.53	0
9	14	58.77	0.02	0.07	0	0.15	0	1921.81	0	8226.59	0
9	15	61.18	0.02	0.02	0	0.29	0	10269.31	3	867.82	0
9	16	68.98	0.01	0	0	3.36	0	12805.14	3	1577.55	0
9	17	89.71	0.01	0.09	0	0	0	0.22	0	18157.73	0
9	18	93.02	0.01	0	0	0.1	0	12370.24	3	0	0
CORPI LOCALI TECNICI											
6	1	5.77	0.17	12194.27	33	0	0	0	0	394854.57	6
6	2	5.8	0.17	0	0	17148.5	47	0	0	3233288.55	55
6	3	6.3	0.16	4953.84	13	0	0	0	0	760231.21	13
6	4	7.75	0.13	0	0	18794.83	52	0	0	189609.41	3
6	5	7.87	0.13	14706.56	40	0	0	0	0	551143.82	9
6	6	8.66	0.12	4087.23	11	0	0	0	0	699360.89	11
6	7	67.15	0.01	0	0	0	0	17148.82	47	0	0
6	8	67.27	0.01	0	0	0.33	0	0	0	61.31	0
6	9	67.41	0.01	0.72	0	0	0	0	0	44.45	0
6	10	67.56	0.01	0	0	0	0	0	0	1.15	0
6	11	81.07	0.01	0	0	0	0	18795.45	52	0	0
6	12	81.3	0.01	0	0	0.62	0	0	0	6.25	0
6	13	81.62	0.01	1.66	0	0	0	0	0	102.78	0
6	14	81.86	0.01	0	0	0	0	0	0	2.99	0
6	15	95.35	0.01	0	0	0	0	0	0	0.18	0
6	16	98.42	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
7	1	5.77	0.17	12194.27	33	0	0	0	0	1232901.86	20
7	2	5.8	0.17	0	0	17148.5	47	0	0	3233288.55	52

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 111 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
7	3	6.3	0.16	4953.84	13	0	0	0	0	55842.03	0
7	4	7.75	0.13	0	0	18794.83	52	0	0	189609.41	3
7	5	7.87	0.13	14706.56	40	0	0	0	0	1362057.55	22
7	6	8.66	0.12	4087.23	11	0	0	0	0	29020.17	0
7	7	67.15	0.01	0	0	0	0	17148.82	47	0	0
7	8	67.27	0.01	0	0	0.33	0	0	0	61.31	0
7	9	67.41	0.01	0.72	0	0	0	0	0	44.4	0
7	10	67.56	0.01	0	0	0	0	0	0	1.17	0
7	11	81.07	0.01	0	0	0	0	18795.45	52	0	0
7	12	81.3	0.01	0	0	0.62	0	0	0	6.25	0
7	13	81.62	0.01	1.66	0	0	0	0	0	102.51	0
7	14	81.86	0.01	0	0	0	0	0	0	3.21	0
7	15	95.35	0.01	0	0	0	0	0	0	0.24	0
7	16	98.42	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	5.73	0.17	0	0	14632.56	40	0	0	3367155.68	55
8	2	5.93	0.17	17148.11	47	0	0	0	0	1062839.27	17
8	3	6.2	0.16	0	0	2515.94	6	0	0	108801.64	1
8	4	7.69	0.13	0	0	17477.25	48	0	0	297944.85	4
8	5	8.05	0.12	18793.79	52	0	0	0	0	1164838.8	19
8	6	8.52	0.12	0	0	1317.57	3	0	0	67078.89	1
8	7	67.15	0.01	0	0	0	0	17148.82	47	0	0
8	8	67.27	0.01	0	0	0.33	0	0	0	61.3	0
8	9	67.41	0.01	0.72	0	0	0	0	0	44.42	0
8	10	67.56	0.01	0	0	0	0	0	0	1.14	0
8	11	81.07	0.01	0	0	0	0	18795.45	52	0	0
8	12	81.3	0.01	0	0	0.62	0	0	0	6.25	0
8	13	81.62	0.01	1.66	0	0	0	0	0	102.65	0
8	14	81.86	0.01	0	0	0	0	0	0	3.06	0
8	15	95.53	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.03	0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 <i>Città di</i> GROTTAGLIE <i>Provincia di Taranto</i>
	Pag. 112 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Caso di carico	Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]	Massa eccitata in dir. X [daN]	%	Massa eccitata in dir. Y [daN]	%	Massa eccitata in dir. Z [daN]	%	Massa eccitata torcente [daN x m ²]	%
8	16	98.58	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
9	1	5.73	0.17	0	0	14632.56	40	0	0	2211218	37
9	2	5.93	0.17	17148.11	47	0	0	0	0	1062839.27	18
9	3	6.2	0.16	0	0	2515.94	6	0	0	1097552.45	18
9	4	7.69	0.13	0	0	17477.25	48	0	0	86412.19	1
9	5	8.05	0.12	18793.79	52	0	0	0	0	1164838.8	19
9	6	8.52	0.12	0	0	1317.57	3	0	0	239688	4
9	7	67.15	0.01	0	0	0	0	17148.82	47	0	0
9	8	67.27	0.01	0	0	0.33	0	0	0	61.31	0
9	9	67.41	0.01	0.72	0	0	0	0	0	44.42	0
9	10	67.56	0.01	0	0	0	0	0	0	1.19	0
9	11	81.07	0.01	0	0	0	0	18795.45	52	0	0
9	12	81.3	0.01	0	0	0.62	0	0	0	6.25	0
9	13	81.62	0.01	1.66	0	0	0	0	0	102.65	0
9	14	81.86	0.01	0	0	0	0	0	0	3.14	0
9	15	95.53	0.01	0	0	0.01	0	0	0	0.09	0
9	16	98.58	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	5.77	0.17	12194.27	33	0	0	0	0	394854.57	6
6	2	5.8	0.17	0	0	17148.5	47	0	0	3233288.55	55
6	3	6.3	0.16	4953.84	13	0	0	0	0	760231.21	13
6	4	7.75	0.13	0	0	18794.83	52	0	0	189609.41	3
6	5	7.87	0.13	14706.56	40	0	0	0	0	551143.82	9
6	6	8.66	0.12	4087.23	11	0	0	0	0	699360.89	11
6	7	67.15	0.01	0	0	0	0	17148.82	47	0	0
6	8	67.27	0.01	0	0	0.33	0	0	0	61.31	0

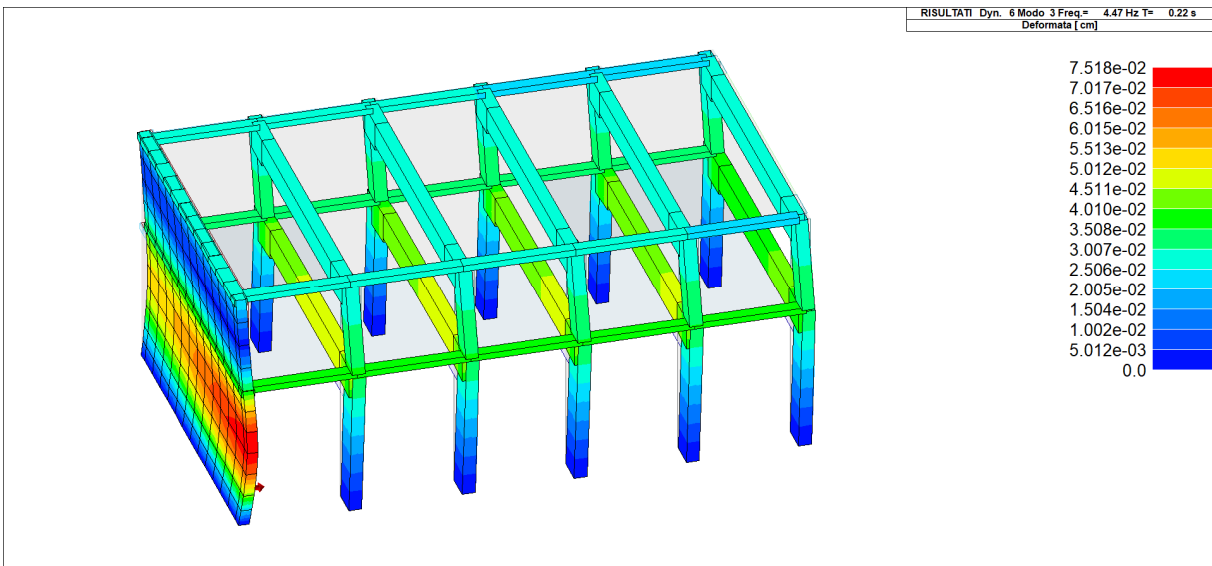
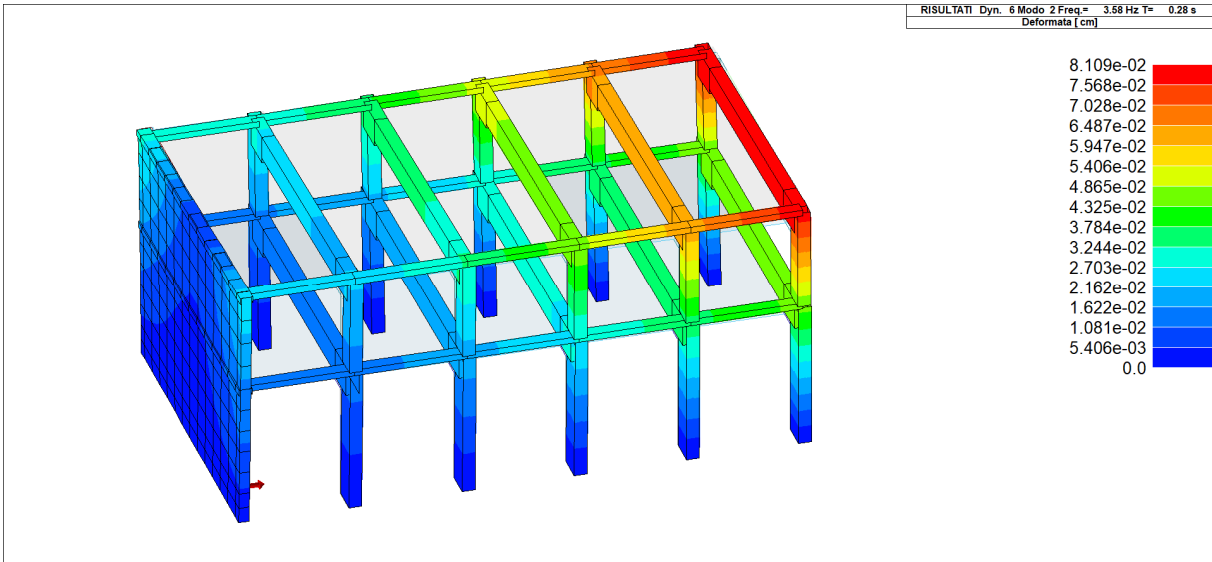
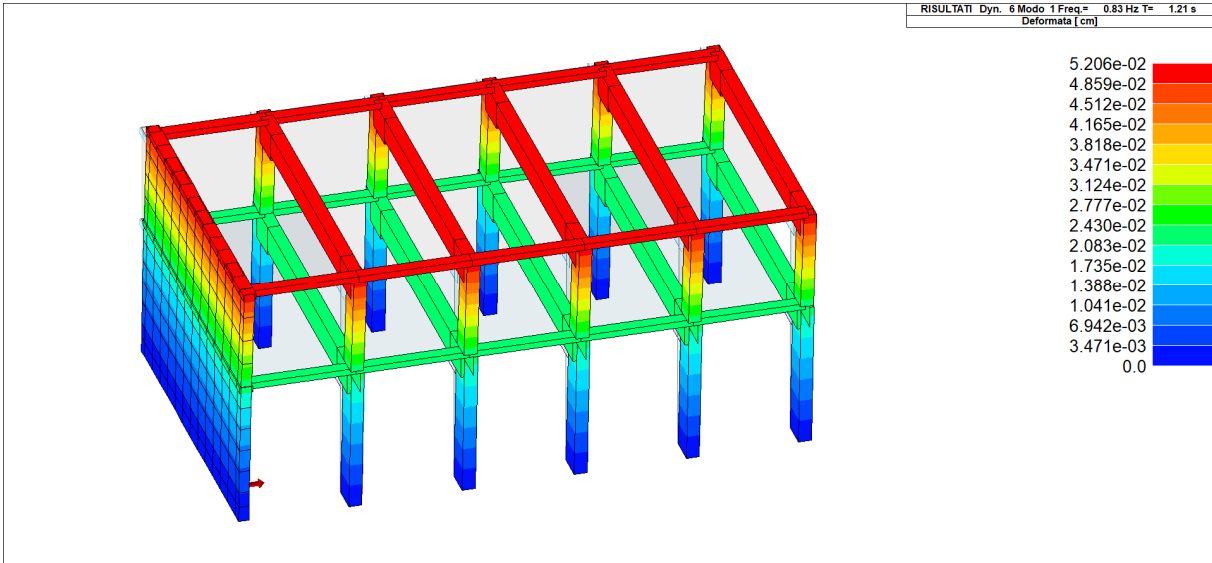


Figura 158. Deformata dei primi modi di vibrare della Palestra

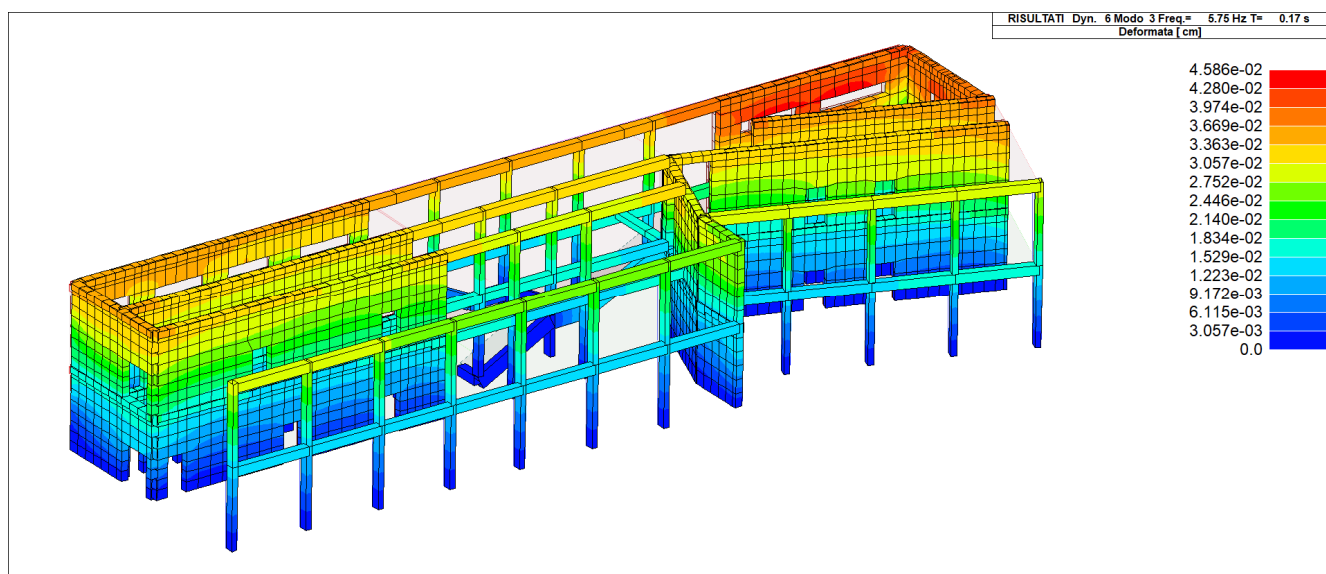
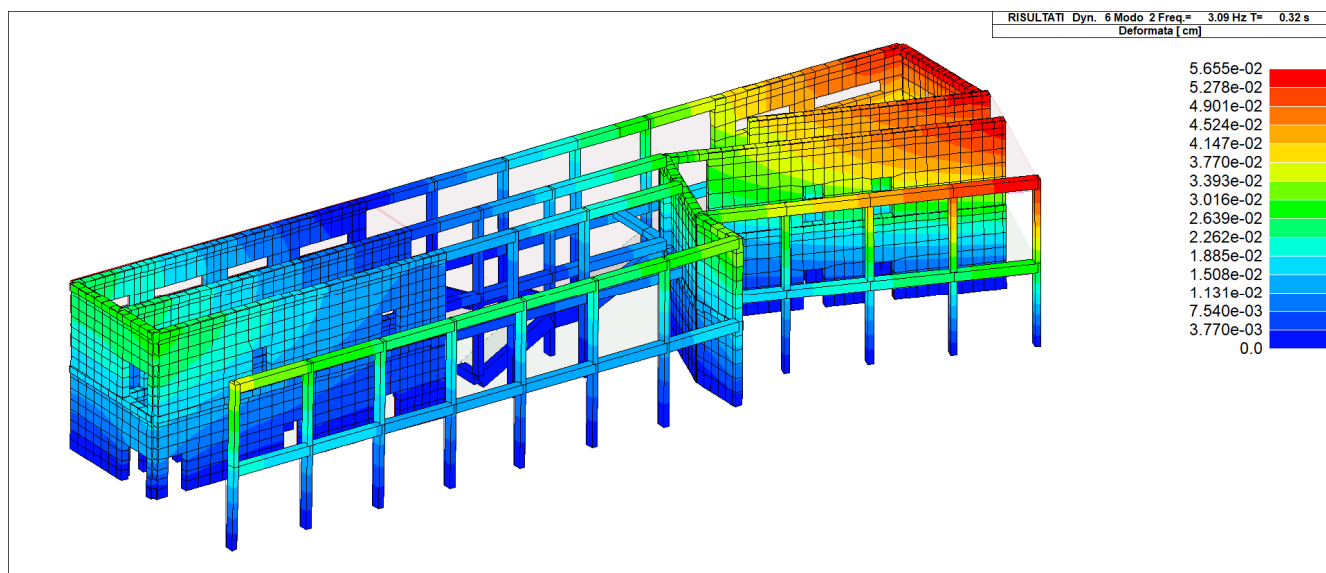
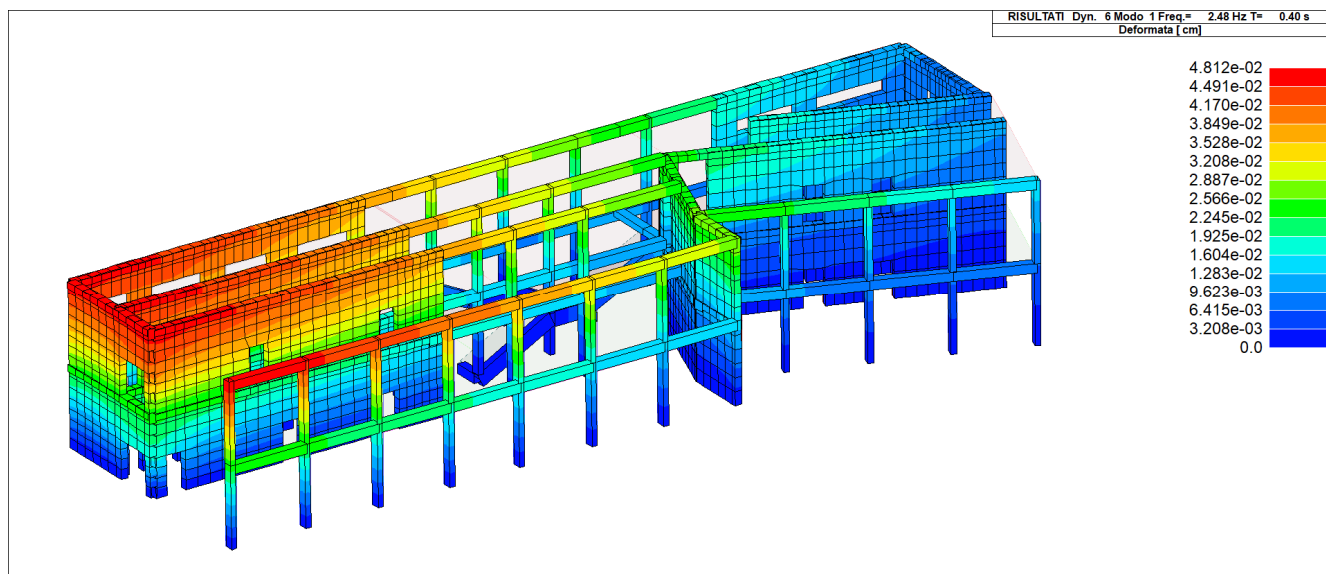


Figura 159. Deformata dei primi modi di vibrare dell'ala ovest

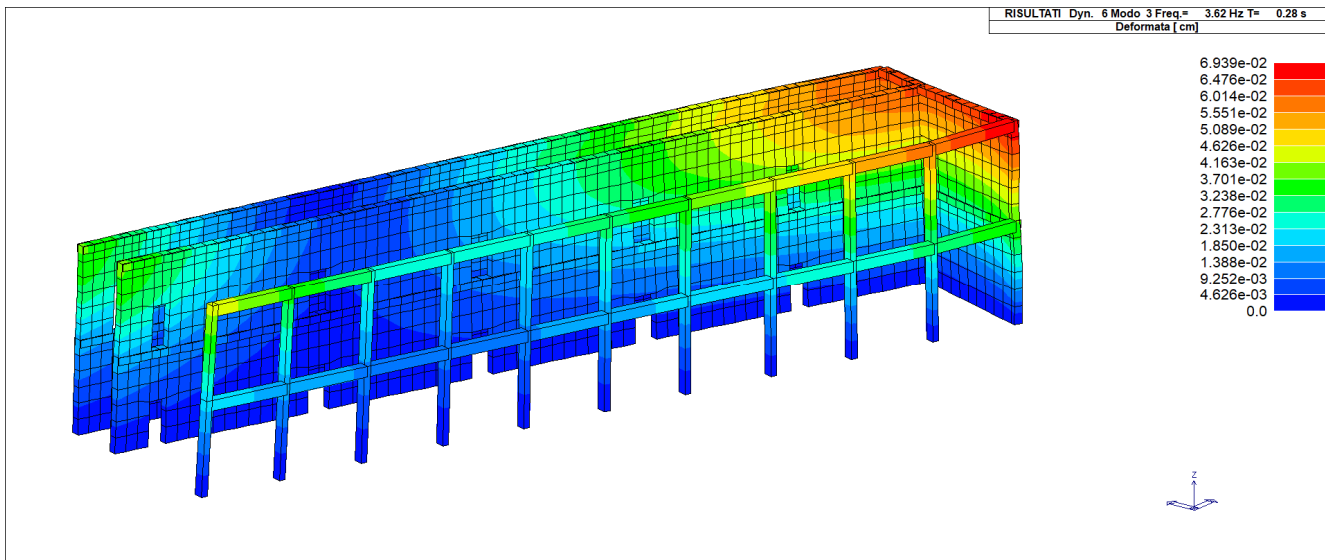
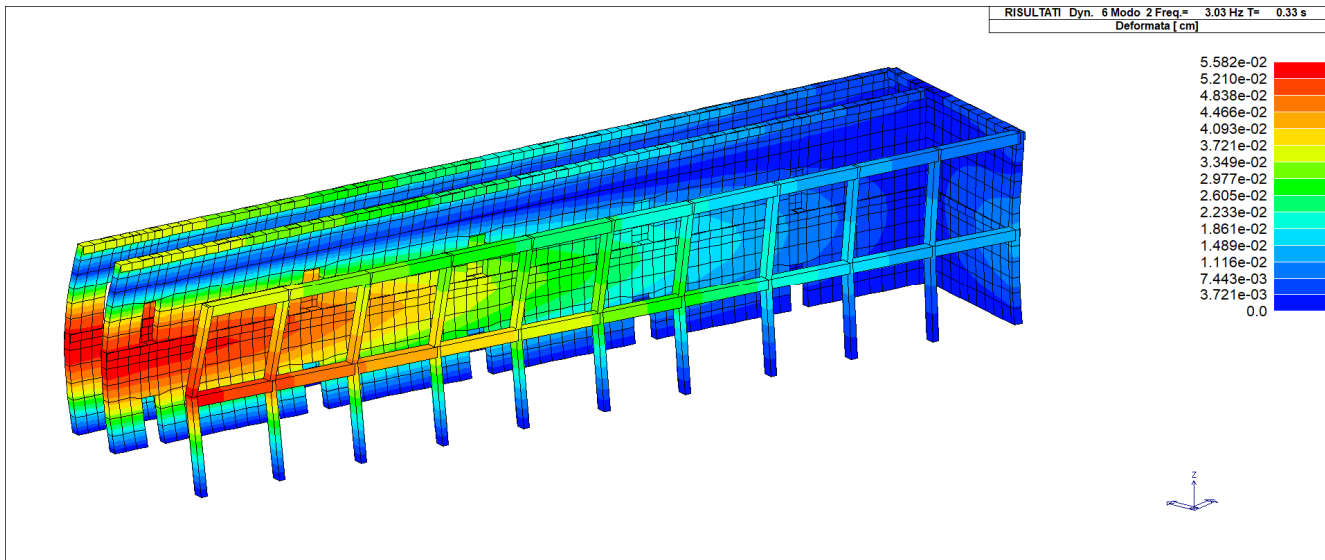
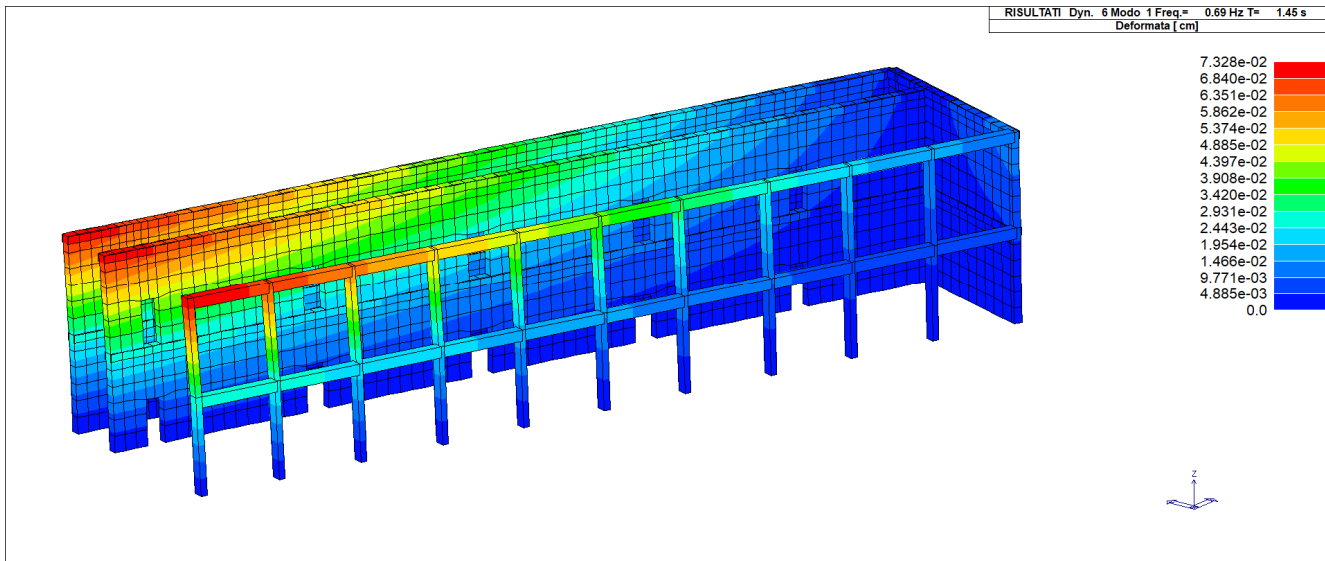


Figura 160. Deformata dei primi modi di vibrare dell'ala est

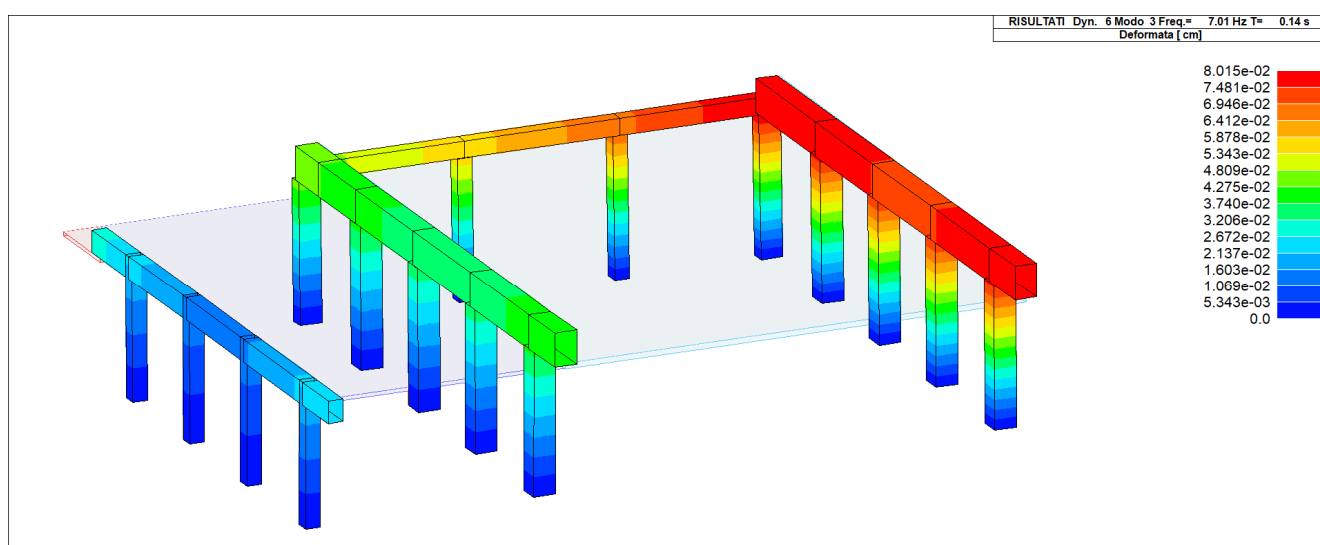
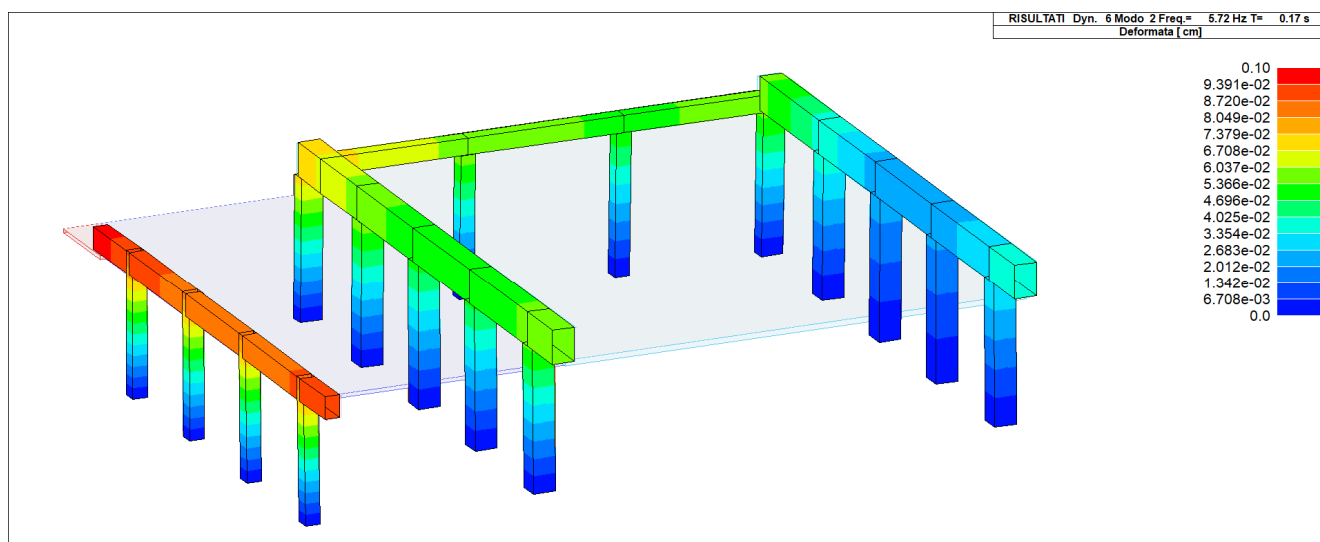
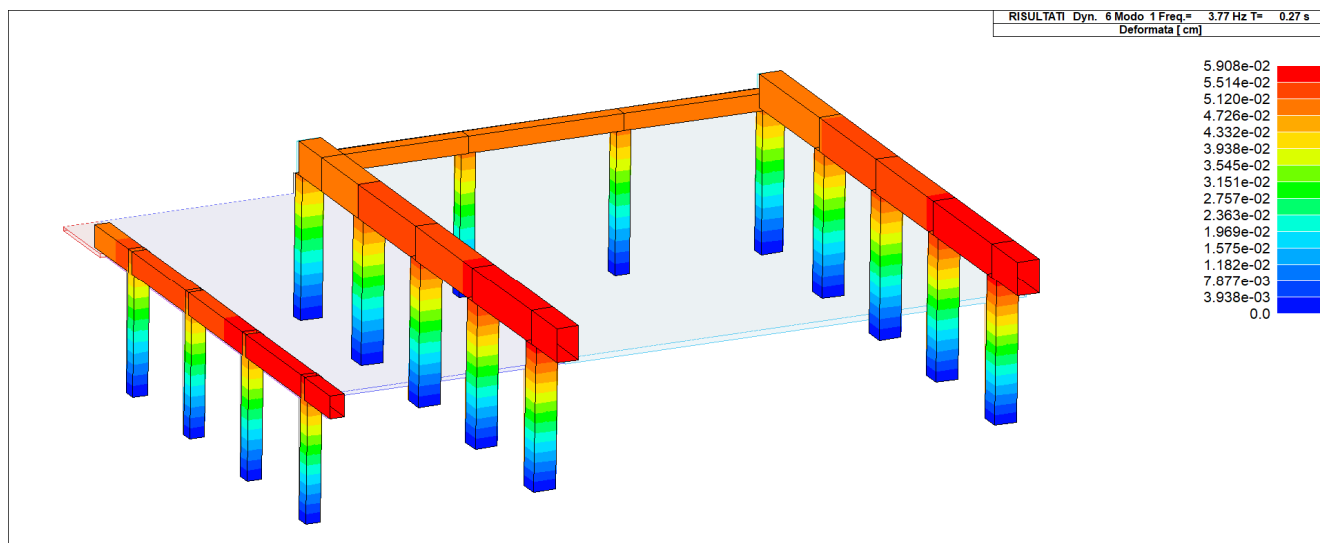
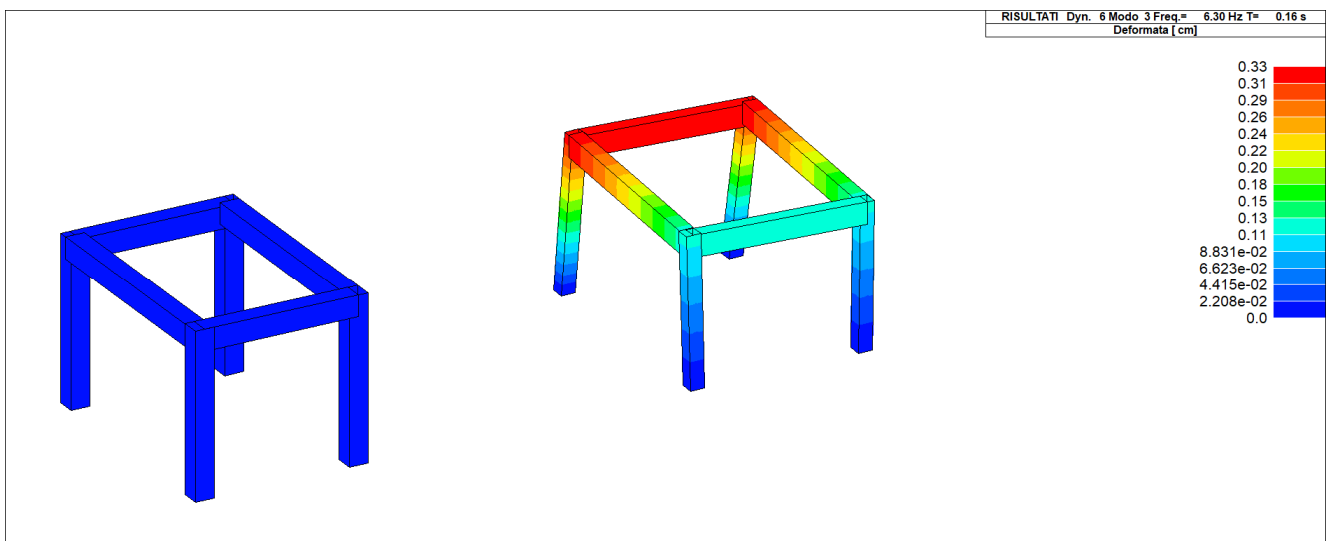
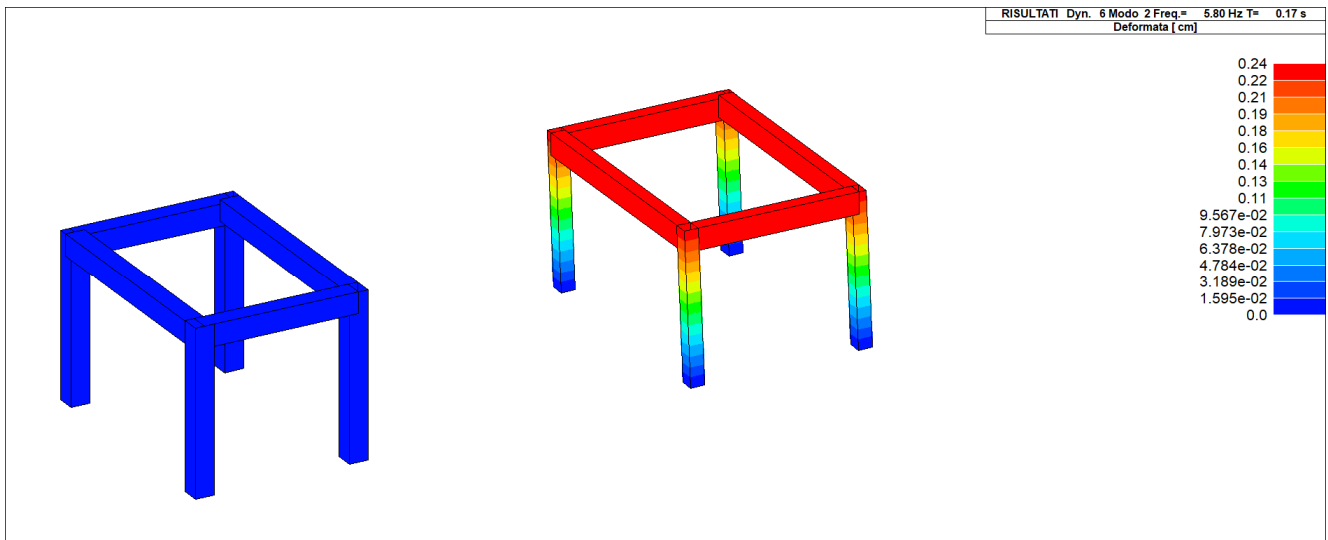
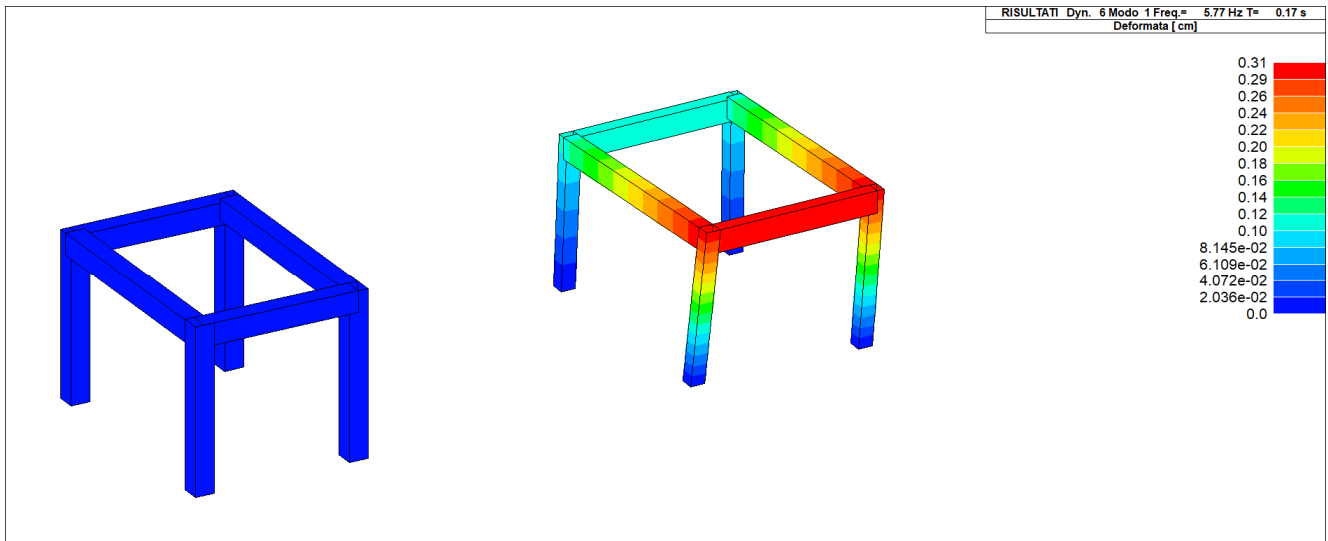


Figura 161. Deformata dei primi modi di vibrare della Cucina/Refettorio



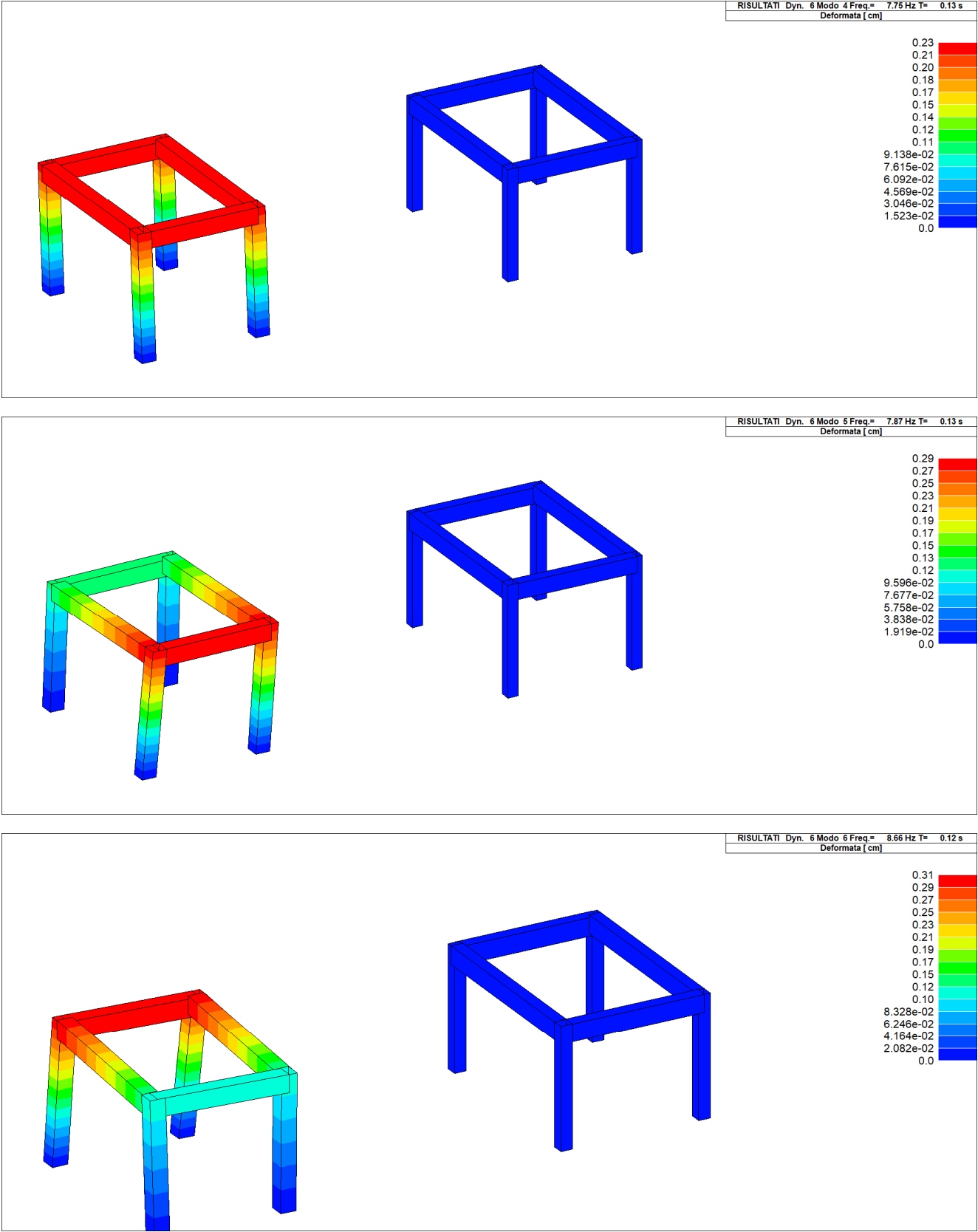


Figura 162. Deformata dei primi modi di vibrare dei locali tecnici

12.2 PALESTRA

12.2.1 Strutture portanti in c.a.

12.2.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

Analogamente a quanto esposto nel caso delle verifiche statiche, in questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

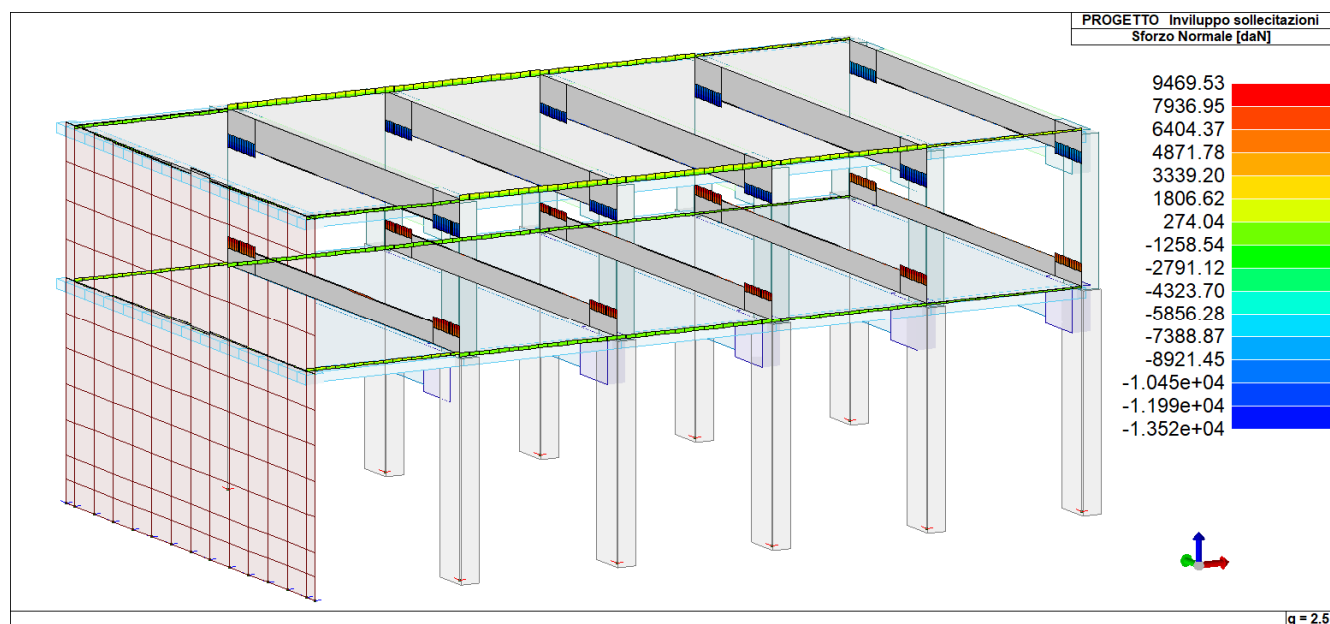


Figura 163. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

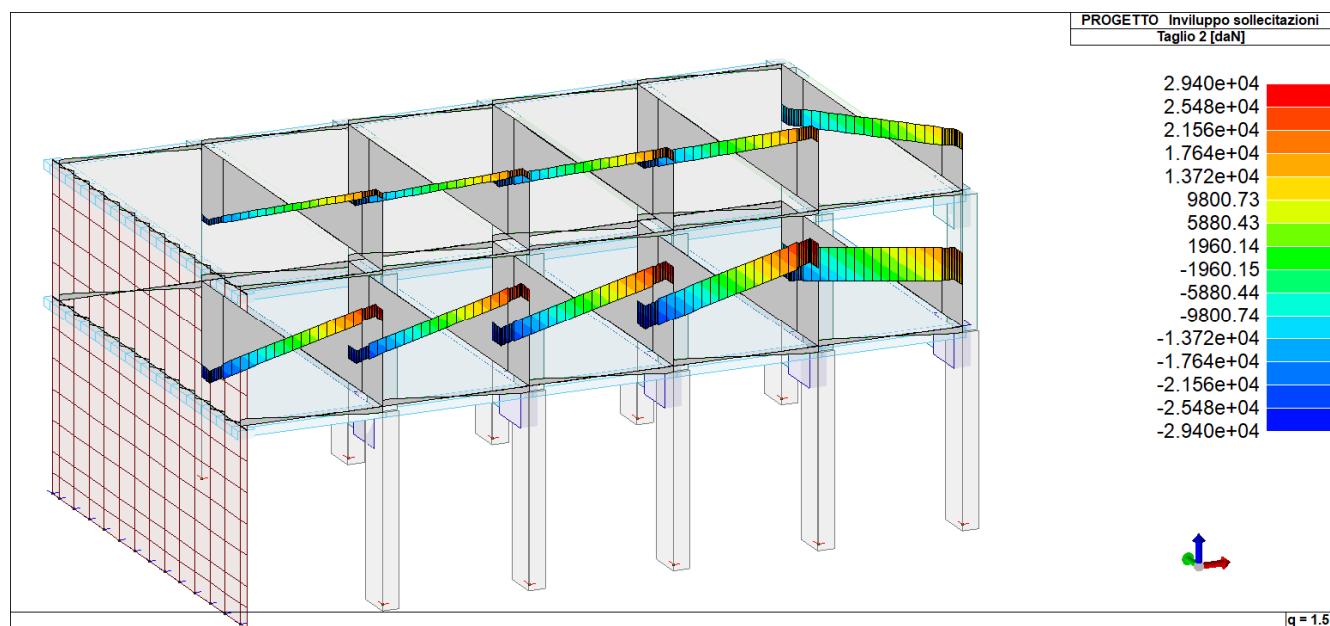


Figura 164. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

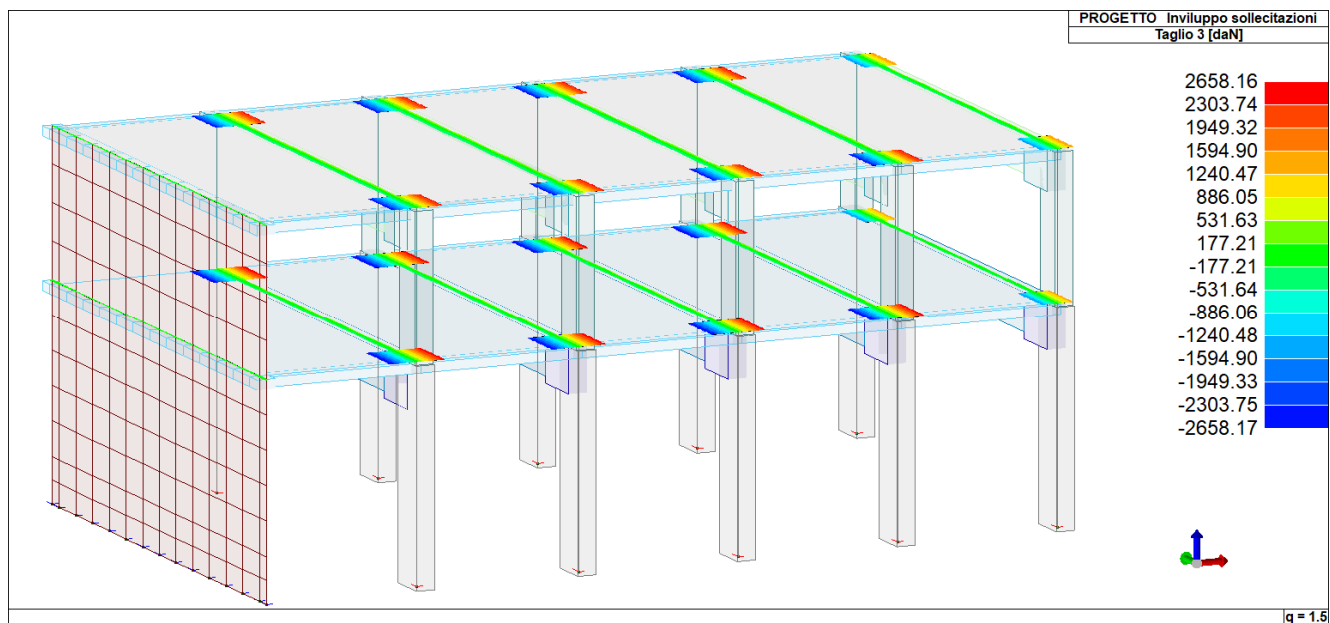


Figura 165. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (orizzontale) nelle travi

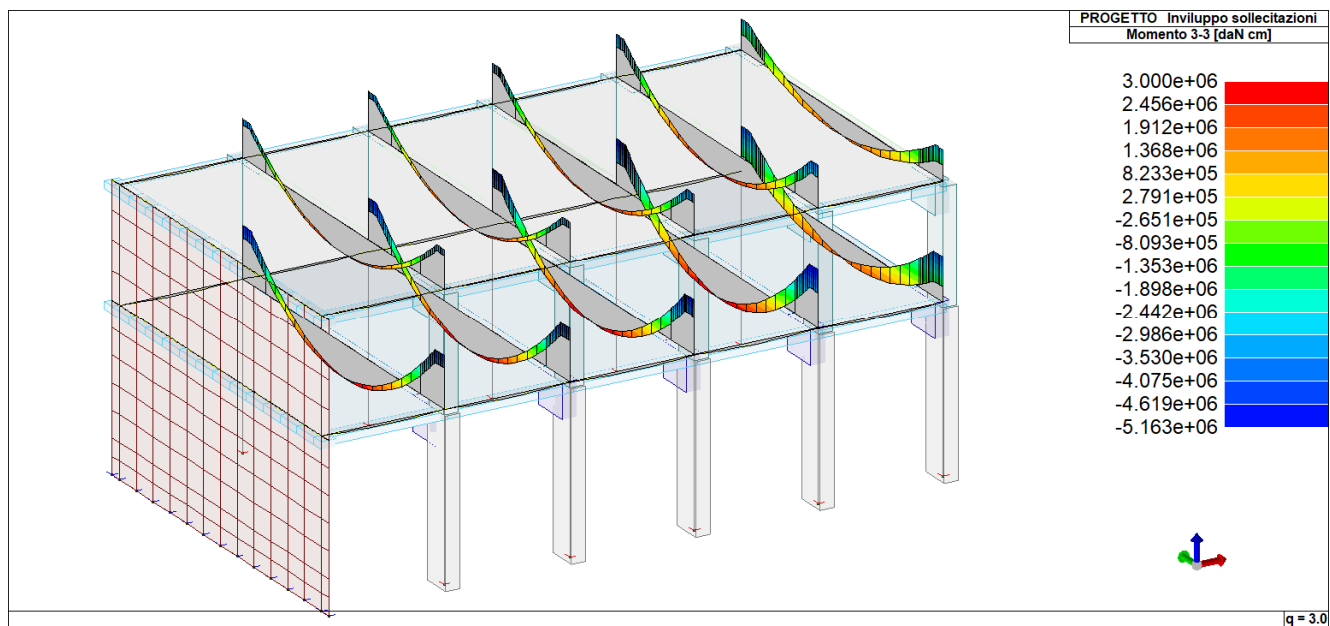


Figura 166. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

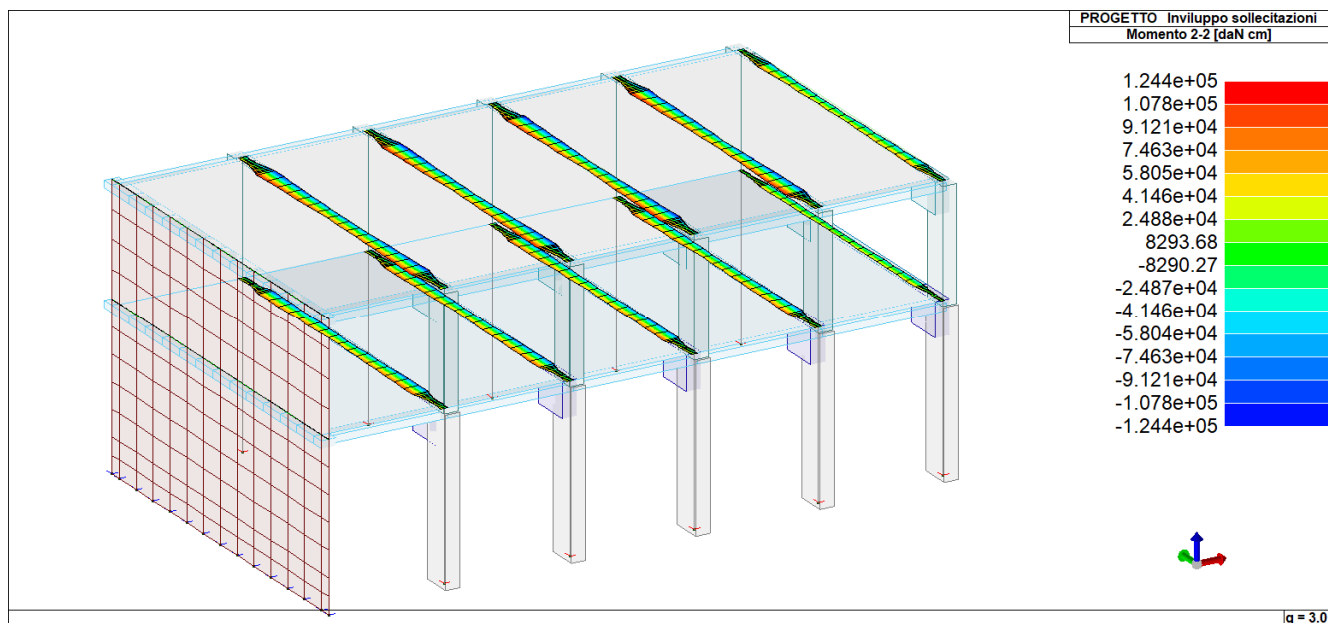


Figura 167. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (orizzontale) nelle travi

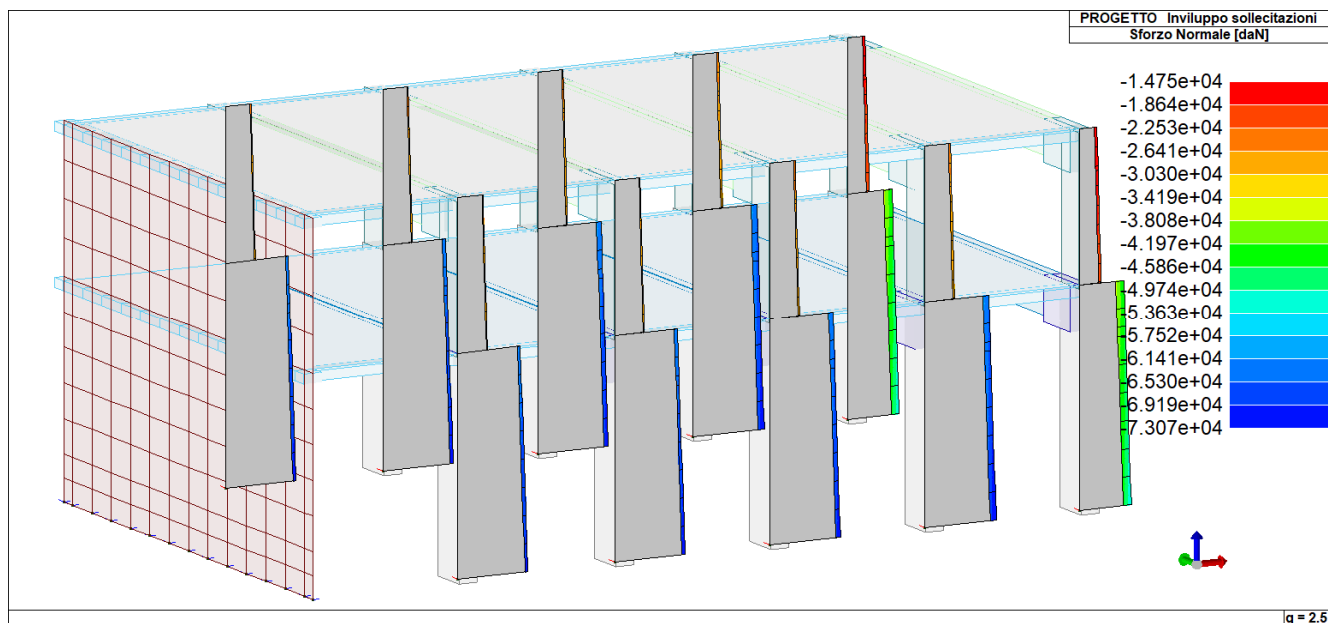


Figura 168. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

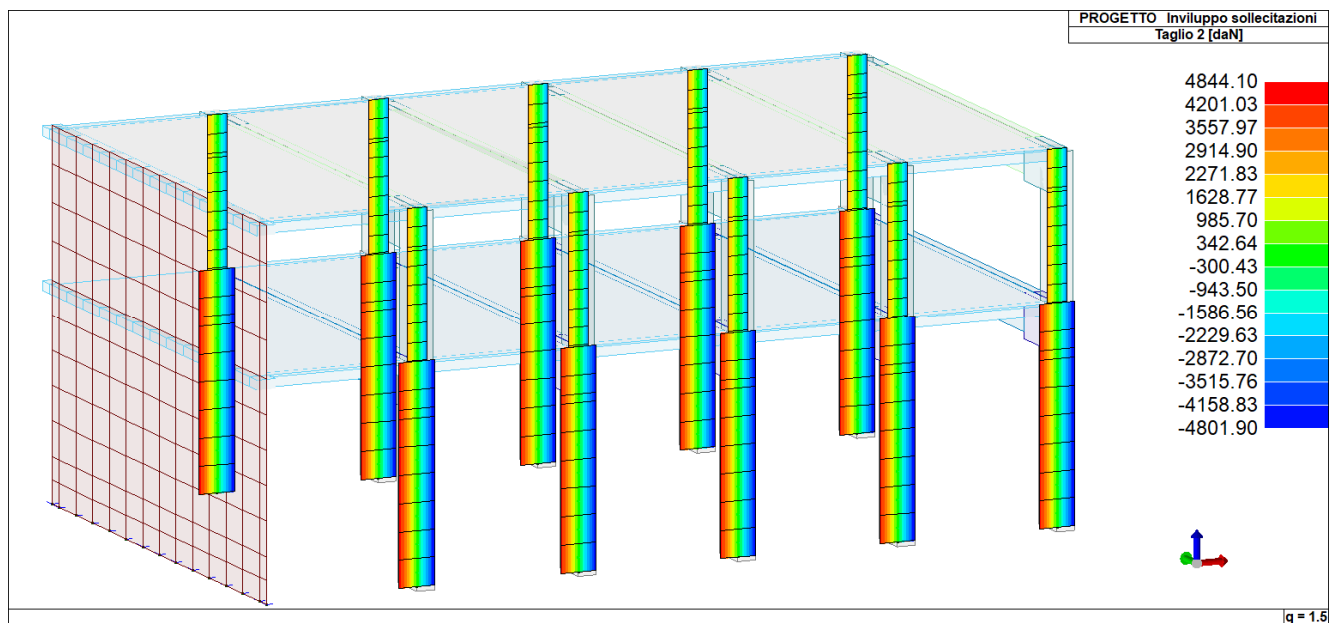


Figura 169. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione X) nei pilastri

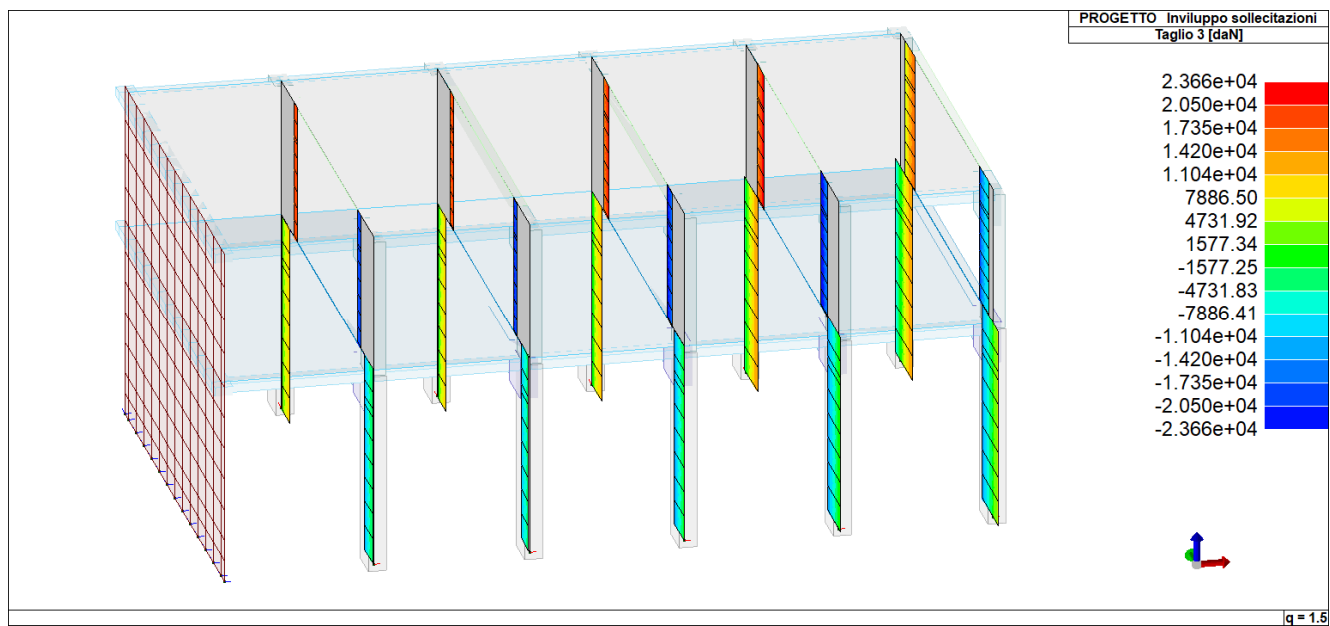


Figura 170. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (direzione Y) nei pilastri

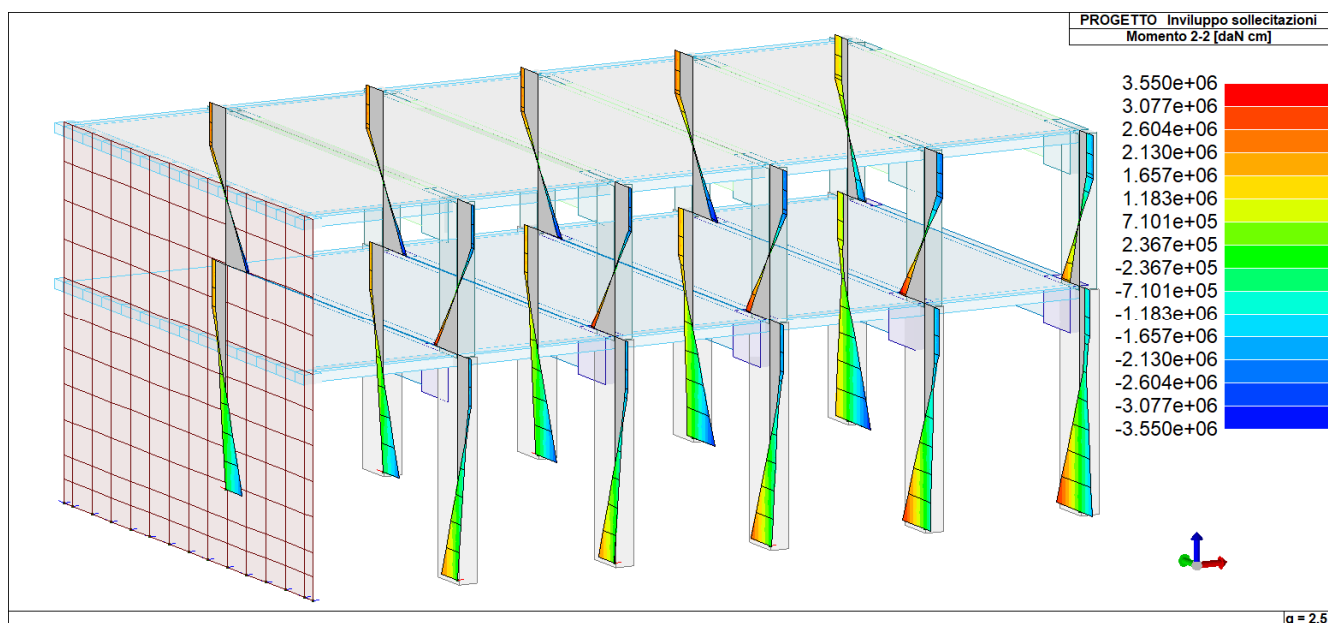


Figura 171. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

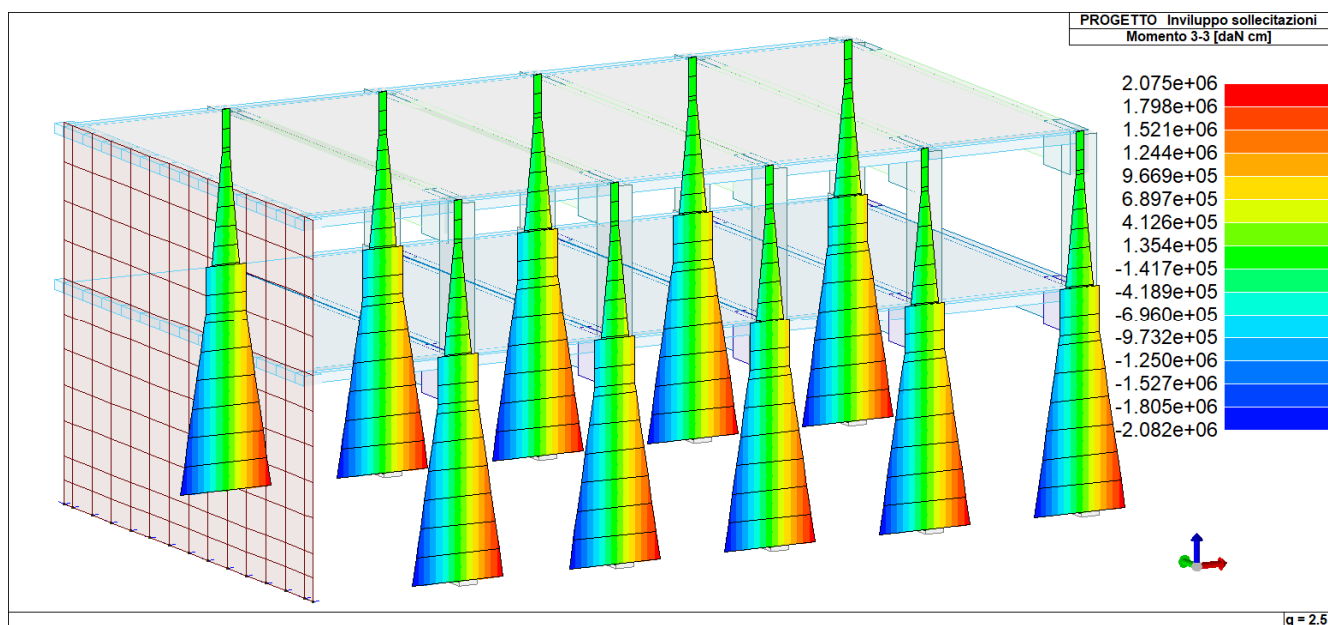


Figura 172. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

12.2.1.2 Verifica degli elementi

Le verifiche effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio. Le analisi sono state effettuate anche con accelerazione sismica ridotta rispetto a quella di progetto al fine di individuare l'accelerazione che riesce a sostenere la struttura.

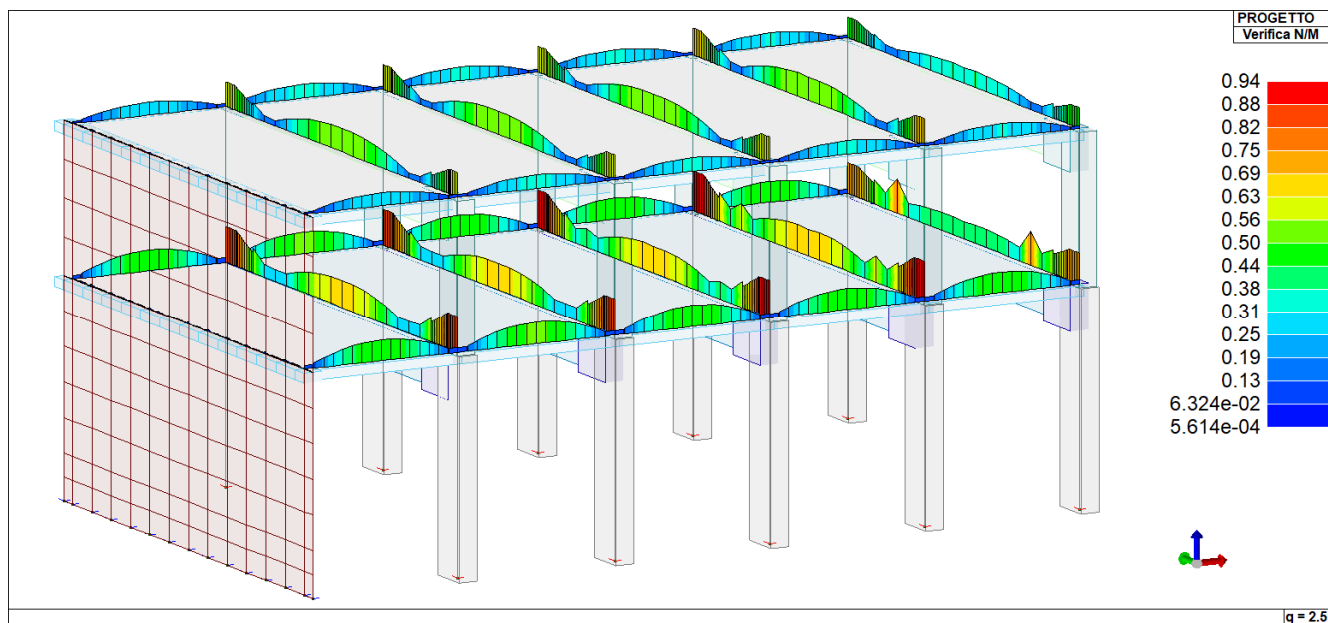


Figura 173. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. **(Accelerazione sismica 100% ag)**

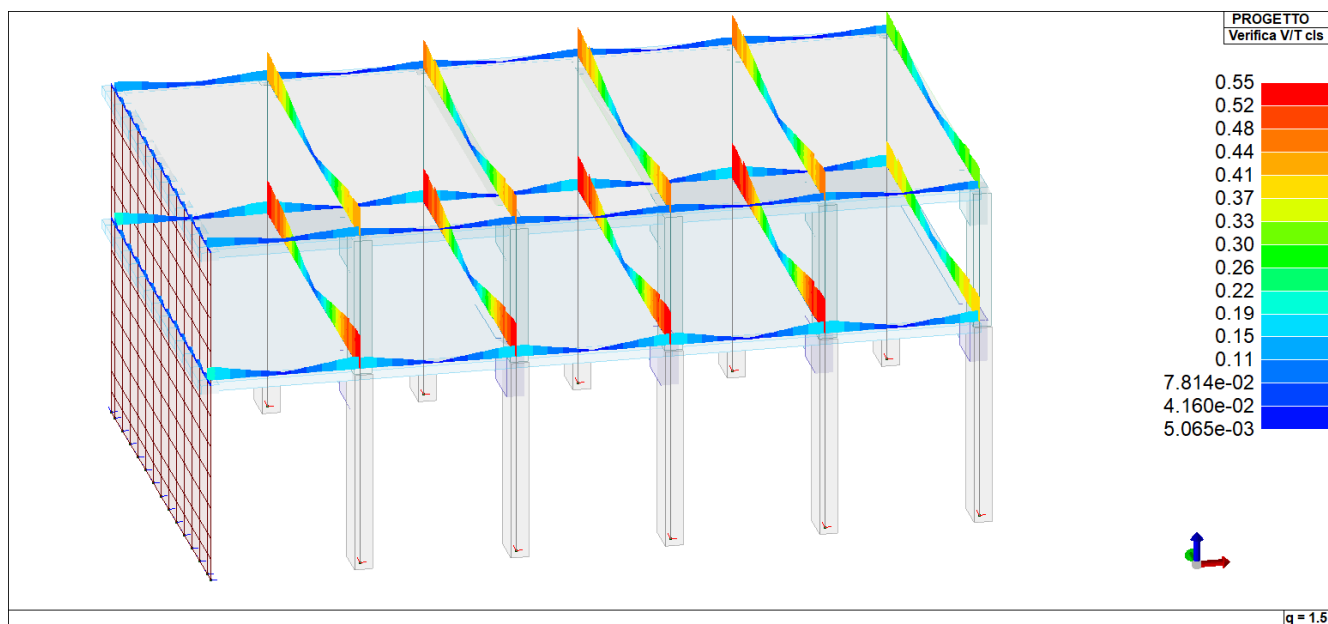


Figura 174. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. **(Accelerazione sismica 100% ag)**

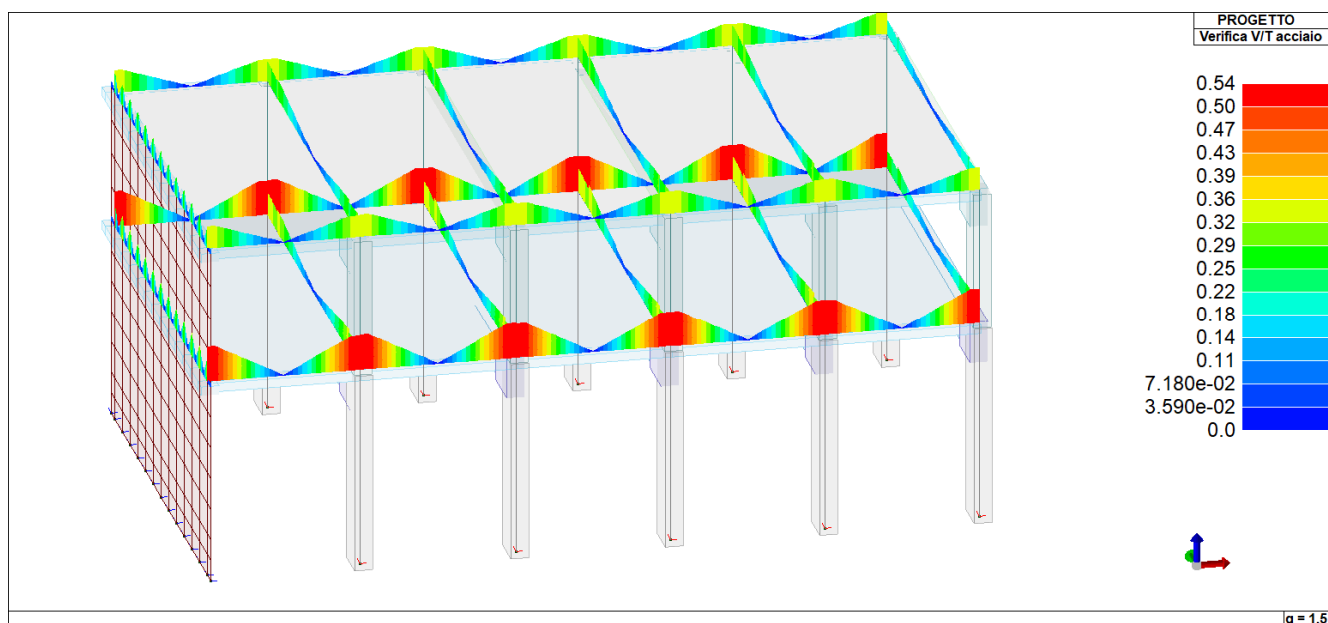


Figura 175. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1.
(Accelerazione sismica 100% ag)

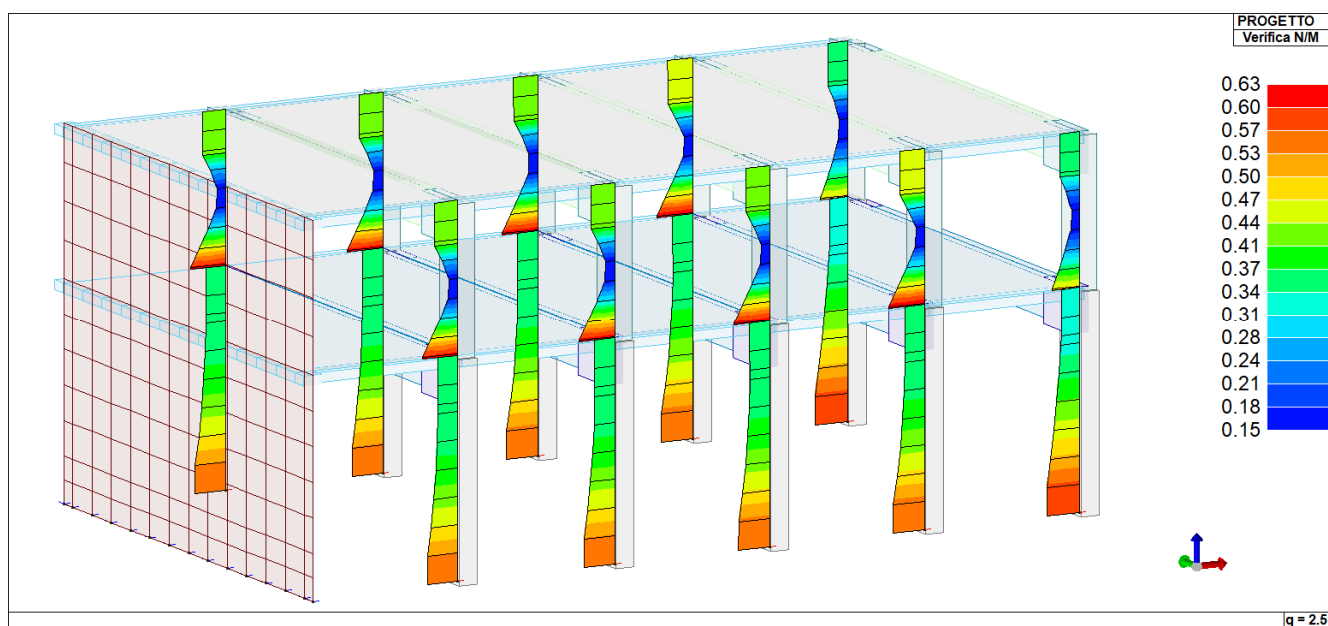


Figura 176. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.
(Accelerazione sismica 100% ag)

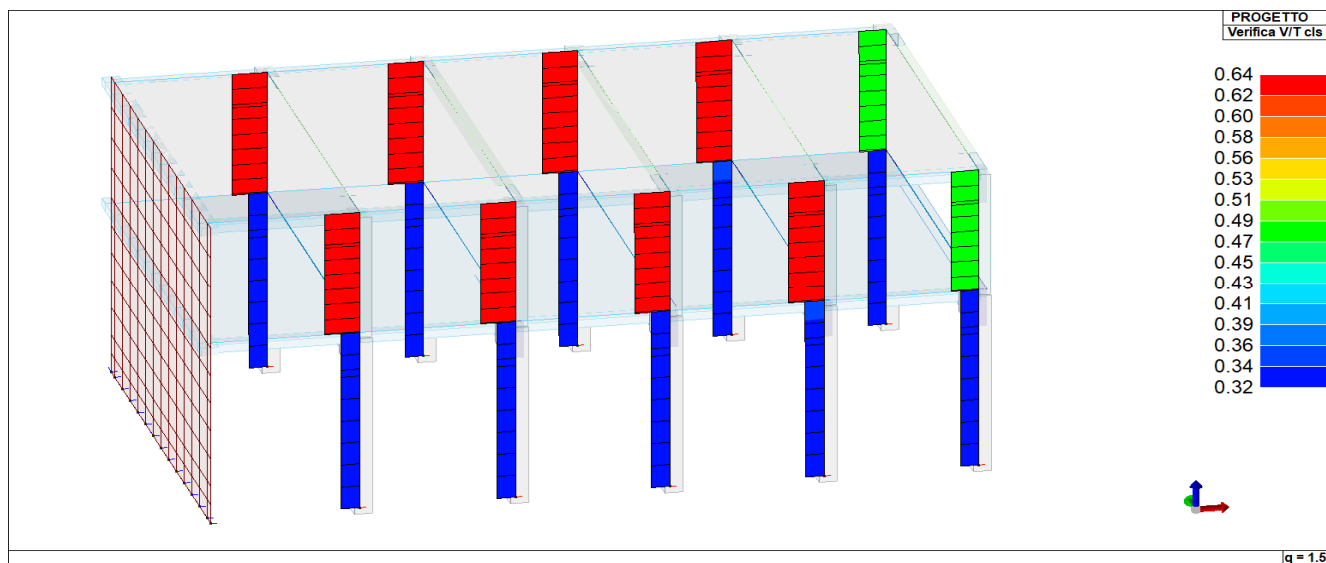


Figura 177. Verifica a taglio V/T lato cls pilastrini. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.
(Accelerazione sismica 100% ag)

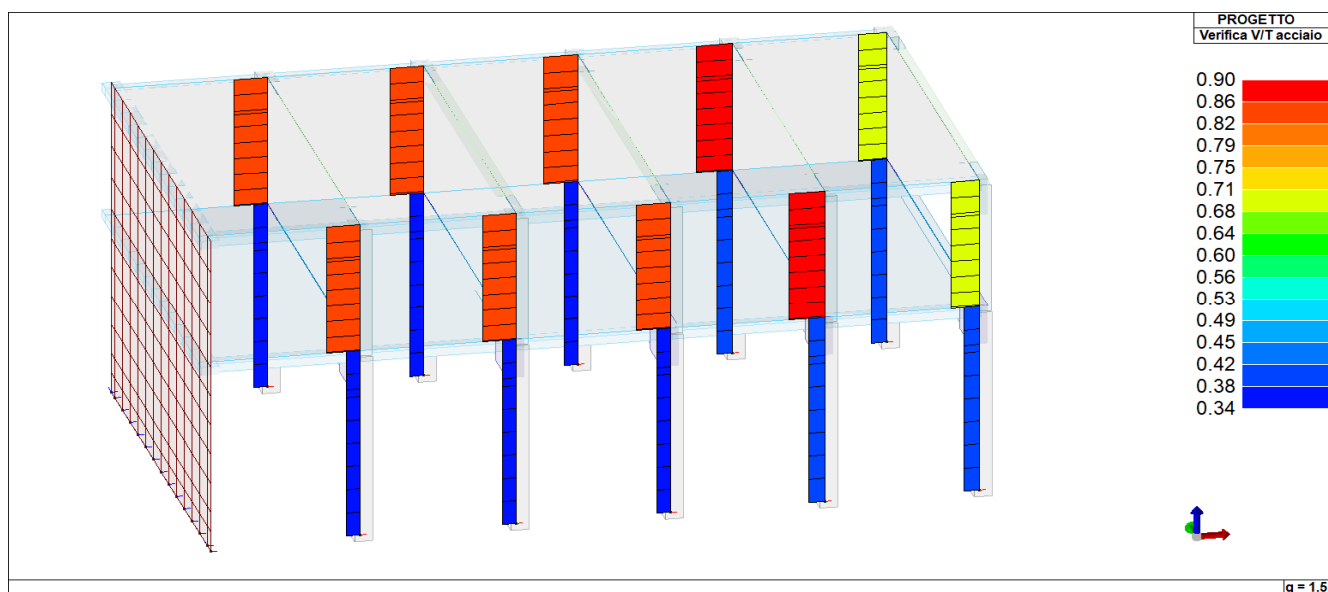


Figura 178. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.
(Accelerazione sismica 100% ag)

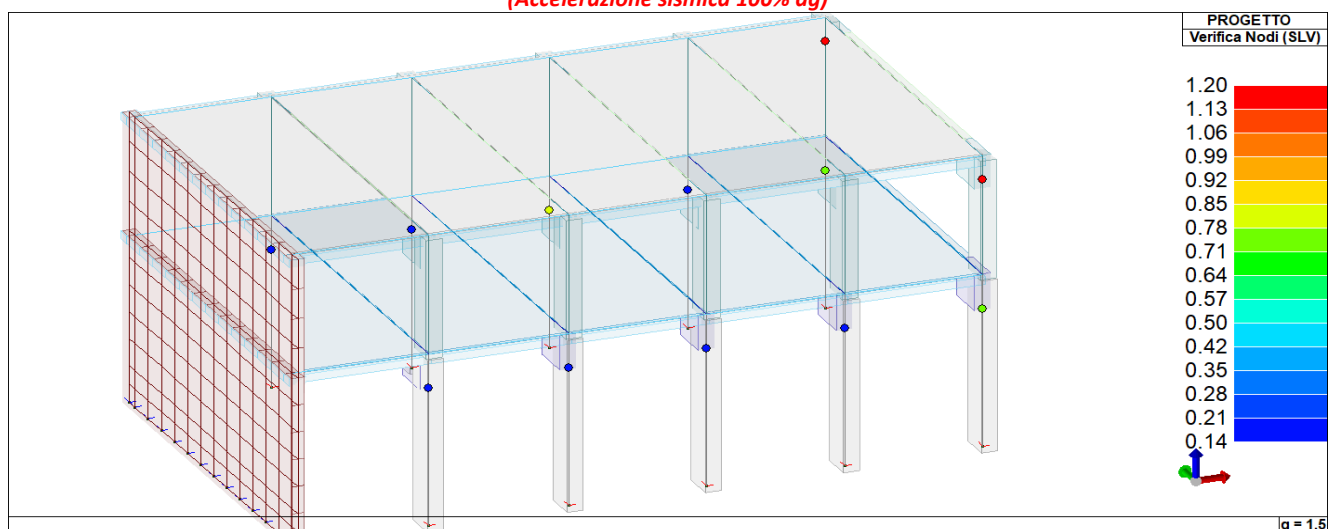


Figura 179. Verifiche dei nodi non confinati *(Accelerazione sismica 100% ag)*

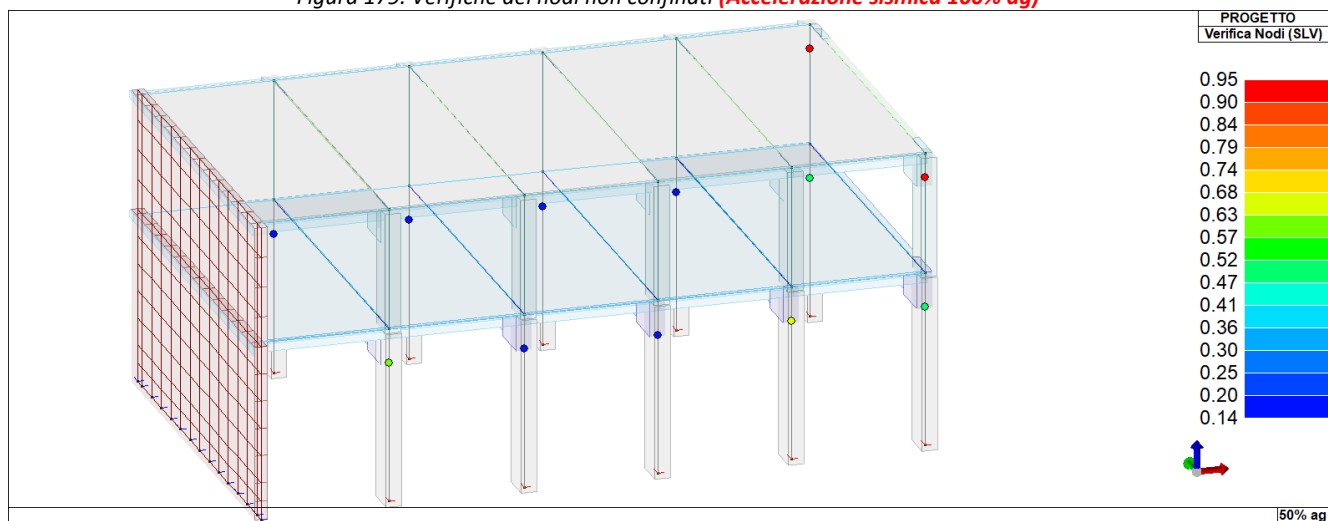


Figura 180. Verifiche dei nodi non confinati *(Accelerazione sismica 50% ag)*

12.2.2 Strutture portanti muratura

12.2.2.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano le azioni macro massime rilevate nei maschi e nelle fasce murarie, nelle combinazioni di carico sismiche.

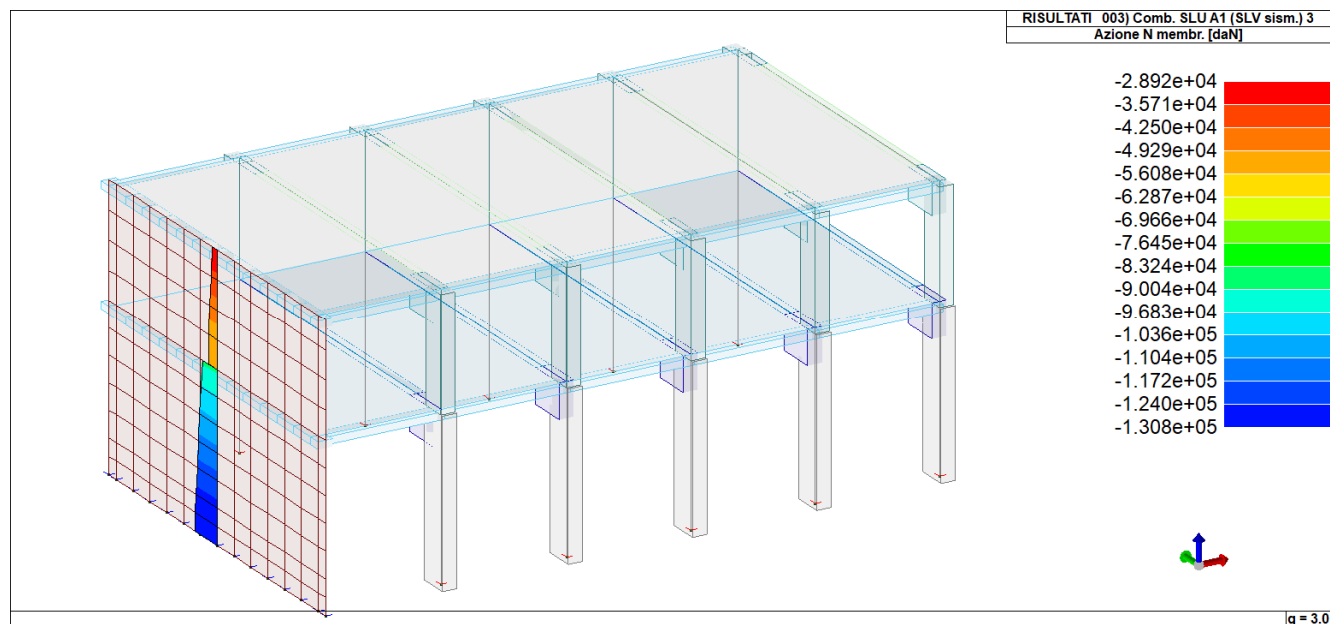


Figura 181. Azione macro N membranale

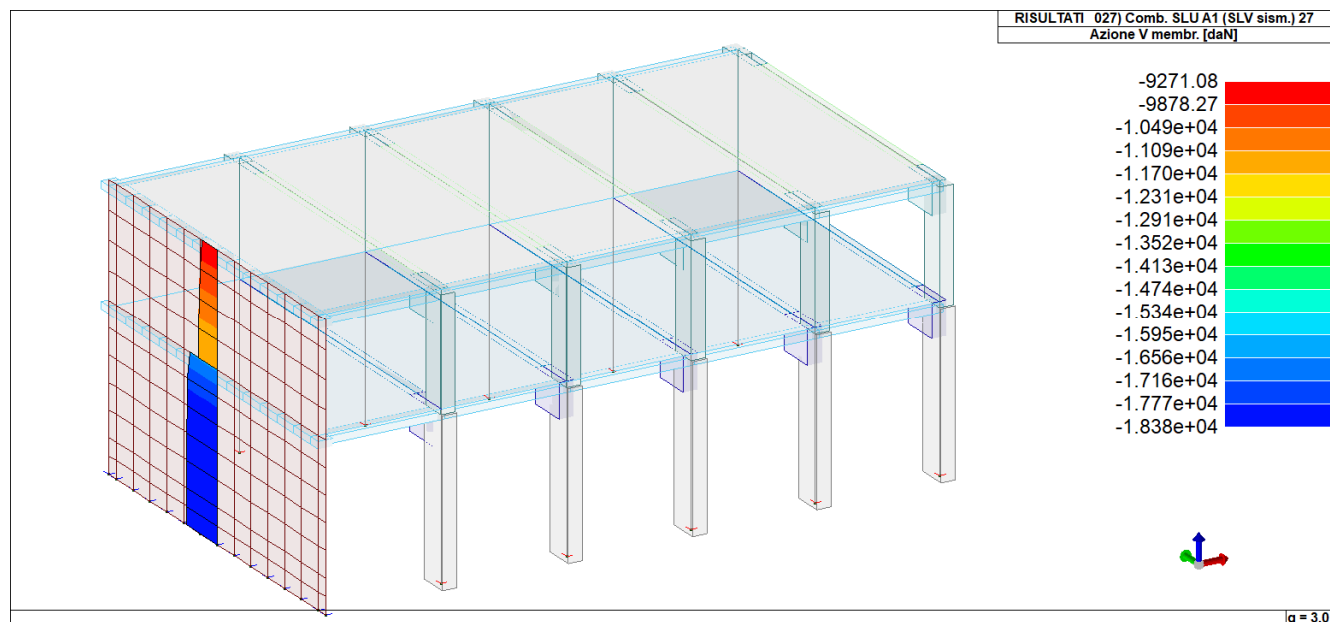


Figura 182. Azione macro V membranale

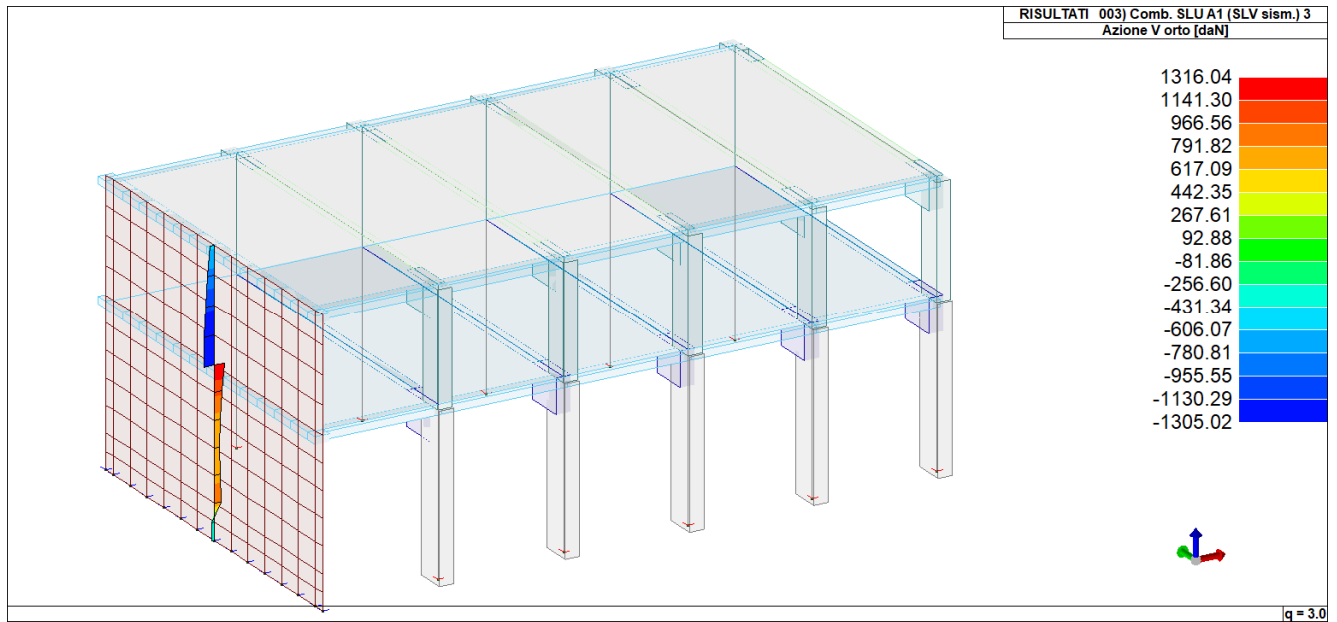


Figura 183. Azione macro V ortogonale

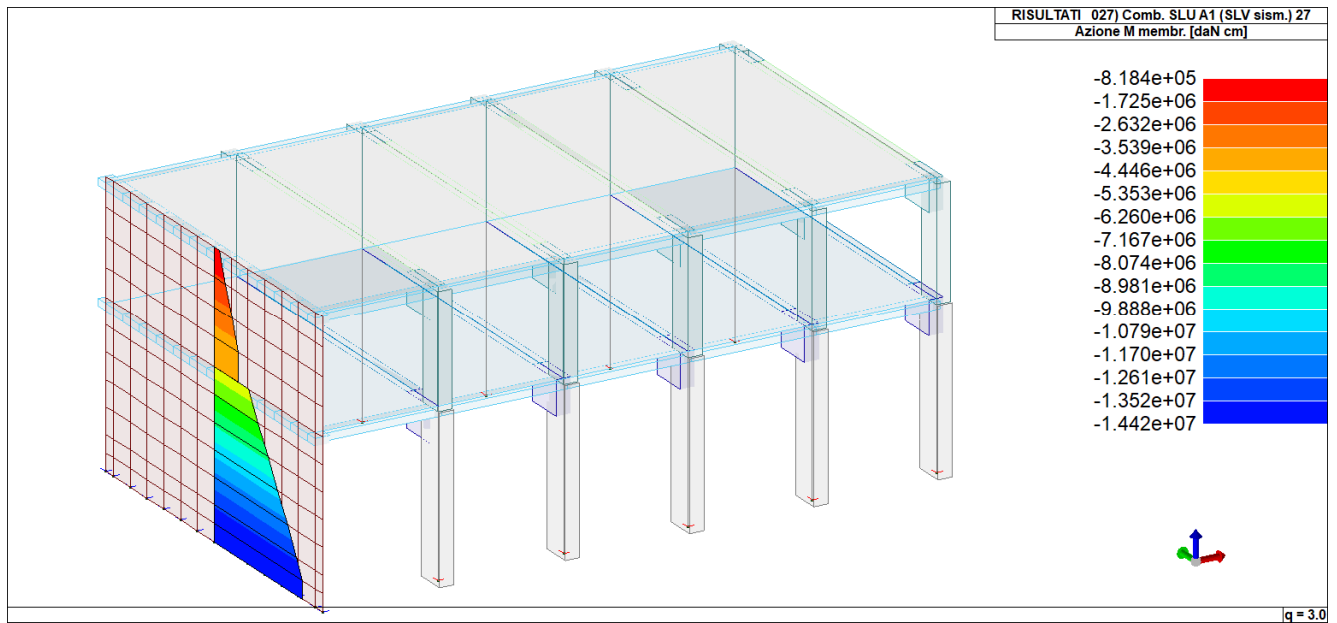


Figura 184. Azione macro M membranale

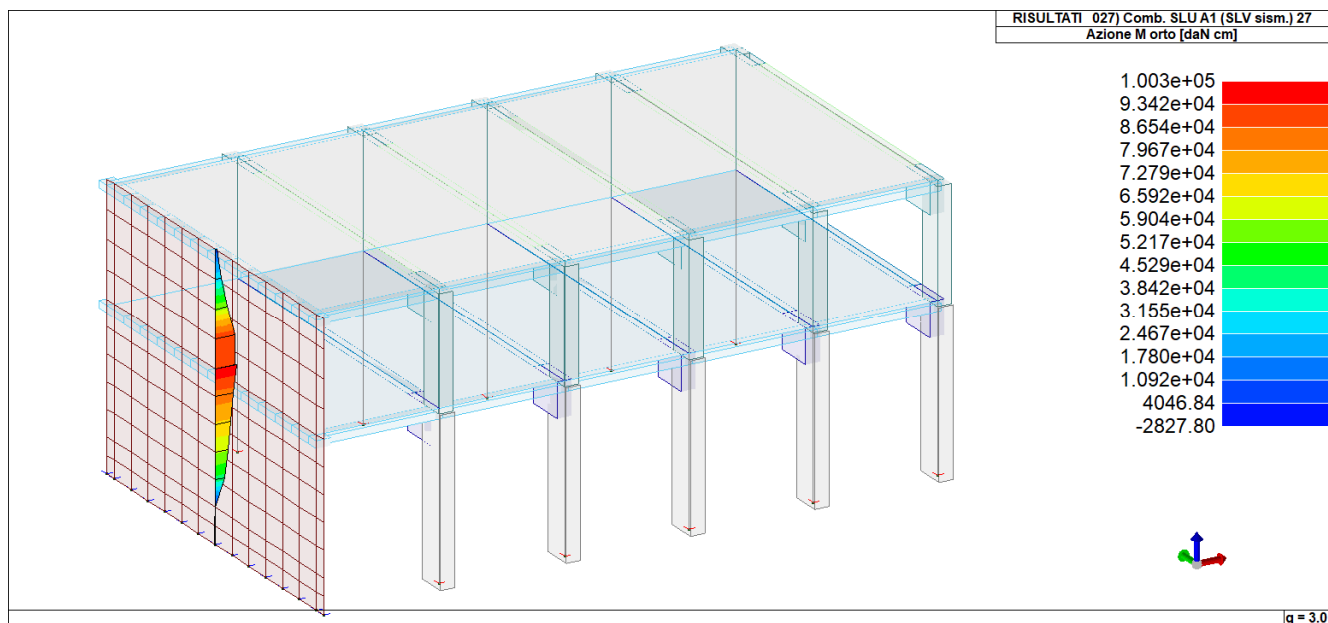


Figura 185. Azione macro M ortogonale

12.2.2.2 Verifica degli elementi

Di seguito si riportano i risultati, in forma grafica, delle verifiche effettuate sui maschi e sulle fasce murarie.

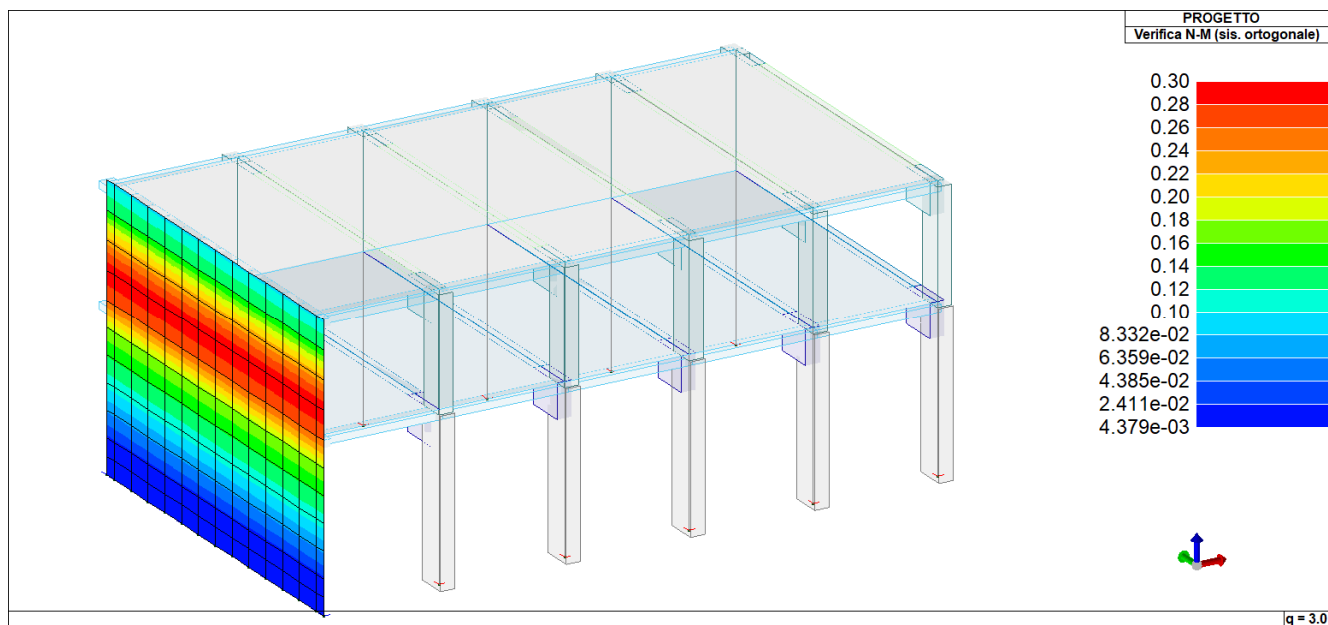


Figura 186. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in presenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. **(Accelerazione sismica 100% ag)**

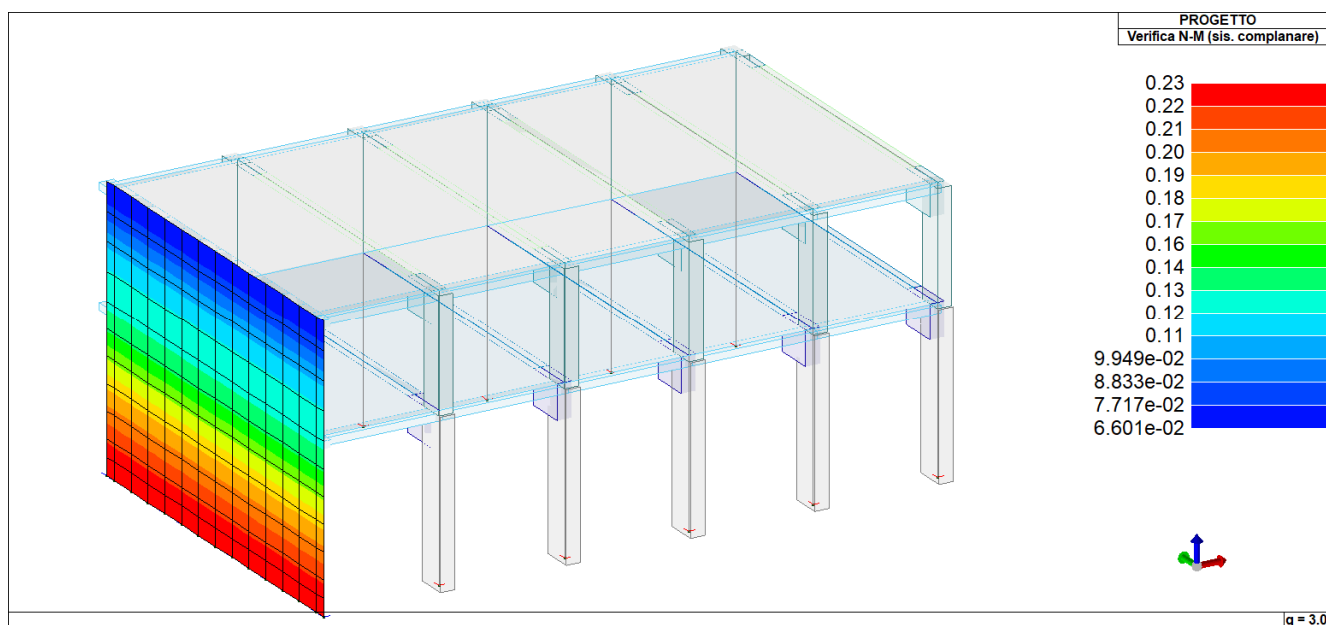


Figura 187. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. **(Accelerazione sismica 100% ag)**

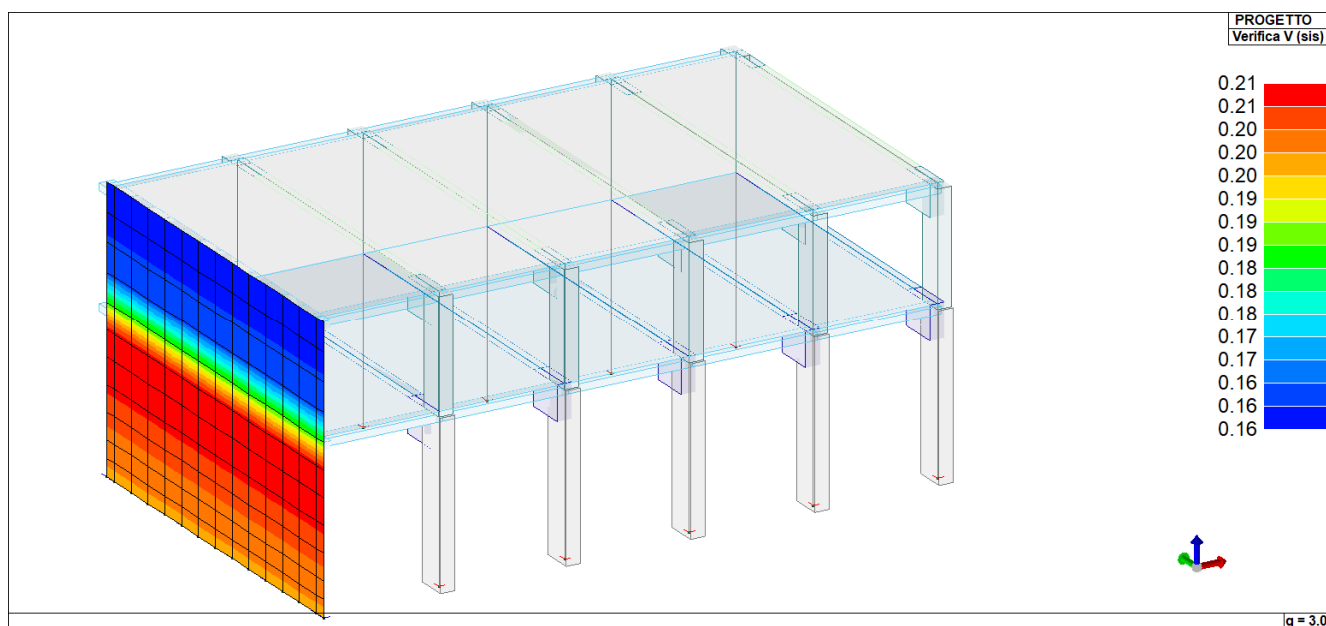


Figura 188. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. **(Accelerazione sismica 100% ag)**

12.2.2.3 Verifica dei cinatismi locali

12.2.2.3.1 Metodo di calcolo

Le analisi dei meccanismi di collasso vengono sviluppate tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, basato sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematismo.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 132 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.2.2.3.2 Analisi cinematica lineare

I meccanismi locali si verificano nelle pareti murarie prevalentemente per azioni perpendicolari al loro piano, mentre nel caso di sistemi ad arco anche per azioni nel piano. Le normative suggeriscono di effettuare le verifiche con riferimento ai meccanismi locali di danno e collasso (nel piano e fuori piano) tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, basato sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinemismo. Nel caso di analisi cinematica le strutture murarie sono considerate costituite da macro elementi indeformabili (o da corpi rigidi) ignorando quindi la deformabilità del materiale, che permette le verifiche di tipo statico. L'analisi ha lo scopo di valutare le condizioni di equilibrio limite dei macro elementi sollecitati dal sisma, trascurando la resistenza a trazione della muratura. La costruzione va studiata per individuare, sulla base dell'organizzazione strutturale, delle sue carenze e del suo stato di fatto, i meccanismi che possono essere attivati.

Si ricorda che per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo in generale richiede i seguenti passi:

- trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, in grado di ruotare o scorrere tra loro (meccanismo di danno e collasso);
- valutazione, mediante analisi cinematica lineare, del moltiplicatore orizzontale dei carichi α_0 che comporta l'attivazione del meccanismo (stato limite di danno);
- valutazione, mediante analisi cinematica non lineare, dell'evoluzione del moltiplicatore orizzontale dei carichi α al crescere dello spostamento δ_k di un punto di controllo della catena cinematica, usualmente scelto in prossimità del baricentro delle masse, fino all'annullamento della forza sismica orizzontale;
- trasformazione della curva così ottenuta in curva di capacità, ovvero in accelerazione a^* e spostamento δ^* spettrali, con valutazione dello spostamento ultimo per collasso del meccanismo (stato limite ultimo);
- verifiche di sicurezza, attraverso il controllo della compatibilità degli spostamenti e/o delle resistenze richieste alla struttura.

Oltre alla resistenza nulla a trazione della muratura, per l'applicazione del metodo di analisi si ipotizza, in genere:

- assenza di scorrimento tra i blocchi;
- resistenza a compressione infinita della muratura.

Con l'analisi cinematica lineare, assegnata una rotazione virtuale δ_k al generico blocco k , è possibile determinare in funzione di questa e della geometria della struttura, gli spostamenti delle diverse forze applicate nella rispettiva direzione. Il moltiplicatore α_0 si ottiene applicando il Principio dei Lavori Virtuali, in termini di spostamenti, uguagliando il lavoro totale eseguito dalle forze esterne ed interne applicate al sistema in corrispondenza dell'atto di moto virtuale:

$$\alpha_0 \left(\sum_{i=1}^n P_i \delta_{x,i} + \sum_{j=n+1}^{n+m} P_j \delta_{x,j} \right) - \sum_{i=1}^n P_i \delta_{y,i} - \sum_{h=1}^o F_h \delta_h = L_{fi}$$

dove:

- n è il numero di tutte le forze peso applicate ai diversi blocchi della catena cinematica;

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 133 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

- m è il numero di forze peso non direttamente gravanti sui blocchi le cui masse, per effetto dell'azione sismica, generano forze orizzontali sugli elementi della catena cinematica, in quanto non efficacemente trasmesse ad altre parti dell'edificio;
- o è il numero di forze esterne, non associate a masse, applicate ai diversi blocchi;
- P_i è la generica forza peso applicata al blocco (peso proprio del blocco, applicato nel suo baricentro, o un altro peso portato);
- P_j è la generica forza peso, non direttamente applicata ai blocchi, la cui massa, per effetto dell'azione sismica, genera una forza orizzontale sugli elementi della catena cinematica, in quanto non efficacemente trasmessa ad altre parti dell'edificio;
- δx_i è lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione dell' i -esimo peso P_i , assumendo come verso positivo quello associato alla direzione secondo cui agisce l'azione sismica che attiva il meccanismo;
- δx_j è lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione dell' j -esimo peso P_j , assumendo come verso positivo quello associato alla direzione secondo cui agisce l'azione sismica che attiva il meccanismo;
- δy_i è lo spostamento virtuale verticale del punto di applicazione dell' i -esimo peso P_i , positivo se verso l'alto;
- F_h la generica forza esterna (in valore assoluto) applicata ad un blocco;
- δh è lo spostamento virtuale del punto di applicazione dell' h -esima forza esterna, nella direzione della stessa e di segno positivo se di verso discorde;
- L_{fi} è il lavoro di eventuali forze interne.

12.2.2.3.3 Analisi cinematica non lineare

L'evoluzione del cinematismo si segue per via analitico - numerica, considerando una successione di rotazioni virtuali finite e aggiornando la geometria variata del sistema: fissata una rotazione finita ϑ_k , si può determinare il moltiplicatore α ad essa corrispondente così come fatto nel caso della configurazione iniziale del sistema, tenendo però conto della variazione della geometria. Tramite relazioni trigonometriche, supponendo che le azioni restino costanti, è possibile ricavare le espressioni per i bracci delle forze agenti in funzione della rotazione ϑ_k che si fa compiere alla struttura e seguire la variazione del coefficiente α fino al suo annullamento.

Aumentando l'angolo di rotazione, si ha una diminuzione del braccio delle forze verticali rispetto alla cerniera cilindrica (per alcuni valori di ϑ_k , il punto di applicazione di alcune forze esce dal filo della parete su cui si trova il polo di rotazione e, in questi casi, il momento generato da tali forze, che diventano instabilizzanti, sarà negativo, contribuendo alla diminuzione del momento resistente) e un aumento del braccio delle forze orizzontali: ne consegue una diminuzione del momento stabilizzante, che in una certa configurazione arriva ad annullarsi, e un aumento del momento ribaltante. A questo corrisponde, per quanto detto, una diminuzione del coefficiente α , che si annullerà in quella configurazione in cui è nullo il momento resistente.

È possibile determinare l'angolo ϑ_{k0} (cui corrisponde lo spostamento dk_0 del punto di controllo considerato) che caratterizza la configurazione per cui si ha l'annullamento del moltiplicatore α e quindi del momento stabilizzante M_s .

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 134 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.2.2.3.4 Verifiche eseguite

Verifica SLD e SLU con analisi lineare a quota zero.

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento isolato o una porzione della costruzione comunque sostanzialmente appoggiata a terra, la verifica di sicurezza è soddisfatta se l'accelerazione spettrale a_0^* che attiva il meccanismo, confrontata con l'accelerazione al suolo soddisfa la seguente disuguaglianza:

$$\text{SLD:} \quad a_0^* \geq a_g(P_{VR}) \cdot S \quad (\text{C8A.4.7})$$

$$\text{SLV:} \quad a_0^* \geq \frac{a_g(P_{VR})S}{q} \quad (\text{C8A.4.9})$$

Verifica SLD e SLU con analisi lineare a quota sopraelevata

Nel caso in cui la verifica riguardi un elemento posto ad una certa quota, si deve tener conto del fatto che l'accelerazione assoluta alla quota della porzione di edificio interessata dal cinematisma è in genere amplificata rispetto a quella al suolo, una approssimazione accettabile consiste nel verificare (oltre alle precedenti) che:

$$\text{SLD:} \quad a_0^* \geq S_e(T_1) \cdot \psi(z) \cdot \gamma \quad (\text{C8A.4.8})$$

$$\text{SLV:} \quad a_0^* \geq \frac{S_e(T_1) \cdot \psi(z) \cdot \gamma}{q} \quad (\text{C8A.4.10})$$

Verifica mediante spettro di capacità (analisi cinematica non lineare)

La verifica di sicurezza dei meccanismi locali nei confronti dello Stato limite di salvaguardia della vita consiste nel confronto tra la capacità di spostamento ultimo d_u^* del meccanismo locale e la domanda di spostamento ottenuta dallo spettro di spostamento in corrispondenza del periodo secante T_s .

$$\text{Cinem. quota zero:} \quad d_u^* \geq S_{DE}(T_s) \quad (\text{C8A.4.11})$$

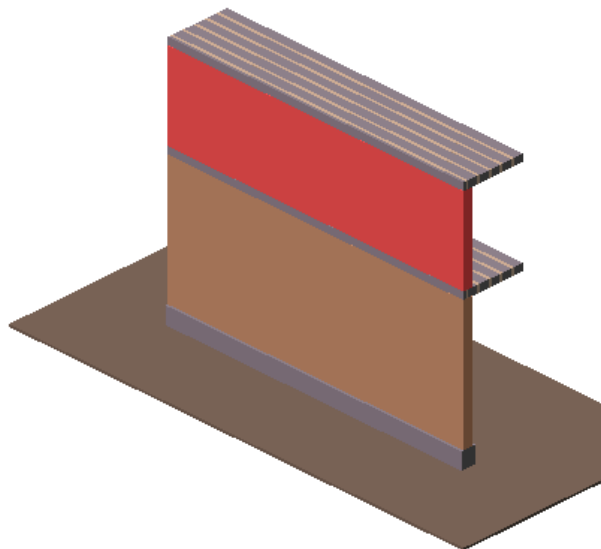
$$\text{Cinem. quota sopraelevata:} \quad d_u^* \geq S_{DE}(T_1) \phi(z) \gamma \frac{\left(\frac{T_s}{T_1}\right)^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{T_s}{T_1}\right)^2 + 0.02 \frac{T_s}{T_1}}} \quad (\text{C8A.4.12})$$

Nel calcolo dei cinematismi viene considerato l'arretramento del punto di contatto tra i blocchi nei seguenti casi:

- Cinematismi di ribaltamento fuori piano
- Cinematismi di flessione verticale

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 135 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

- Cinematismi di flessione orizzontale



Cinematismo n°: 1

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota zero

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 0.000

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 0.6647 [g]

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.2660 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0.479

accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 0.399 [g]

Massa partecipante al cinematismo M^* : 48 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 1.000

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: N.R [g]

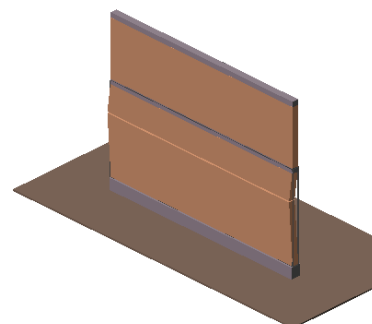
Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.118$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 136 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.129$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = N.R$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.528[sec]

Spostamento spettrale u^* : 0.058[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematiso a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.019 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematiso a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: N.R [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.322$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = N.R$ [-]

Cinematiso n°: 2

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota sopra elevata

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\psi(Z)$: 1.487

PGA relativa al cinematiso nel caso di analisi cinematica lineare: 0.0759 [g]

PGA relativa al cinematiso nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.1735 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0.218

accelerazione spettrale di attivazione del cinematiso a_0^* : 0.181 [g]

Massa partecipante al cinematiso M^* : 33 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 1.000

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: 0.172 [g]

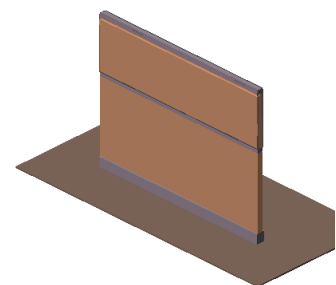
Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.260$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = 0.950$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0.205 [g]



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 137 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.283$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 1.128$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.802[sec]

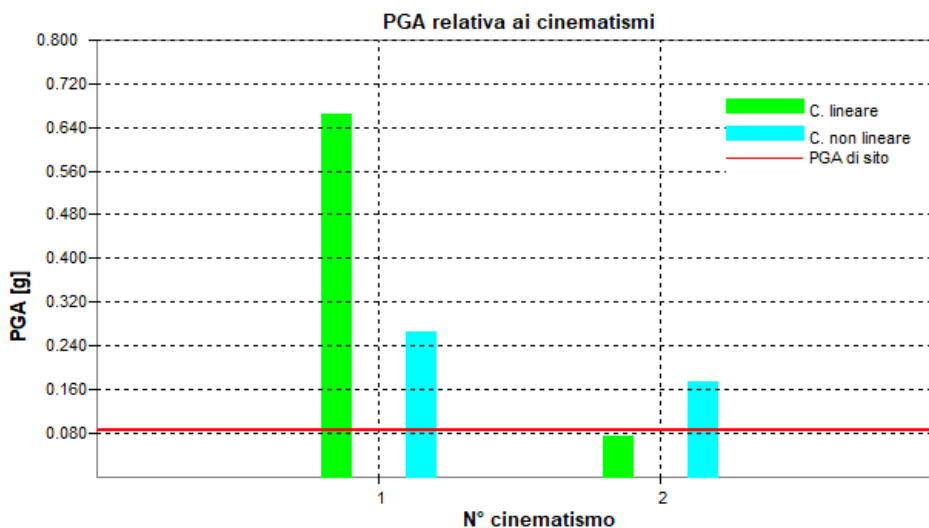
Spostamento spettrale d_u^* : 0.067[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematismo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.028 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematismo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: 0.033 [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.426$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.493$ [-]



I risultati mostrano la non verifica del cinematismo lineare n.2. Le verifiche sono soddisfatte con l'accelerazione sismica ridotta al 70%.

12.3 ALA OVEST DELLA SCUOLA

12.3.1 Strutture portanti in c.a.

12.3.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico statiche.

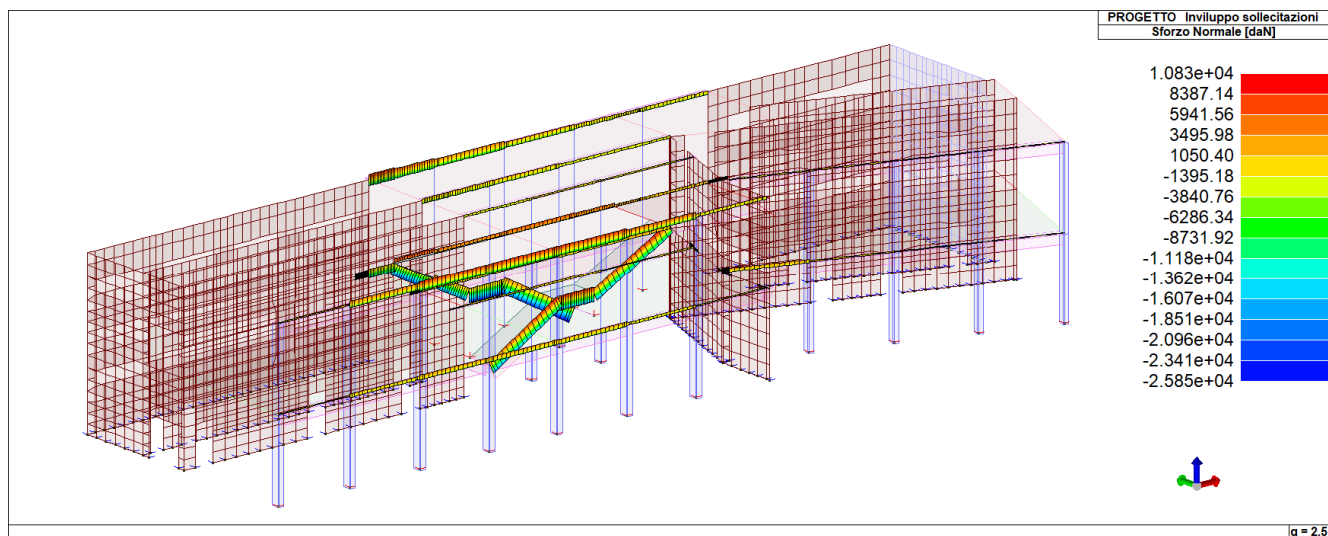


Figura 189. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

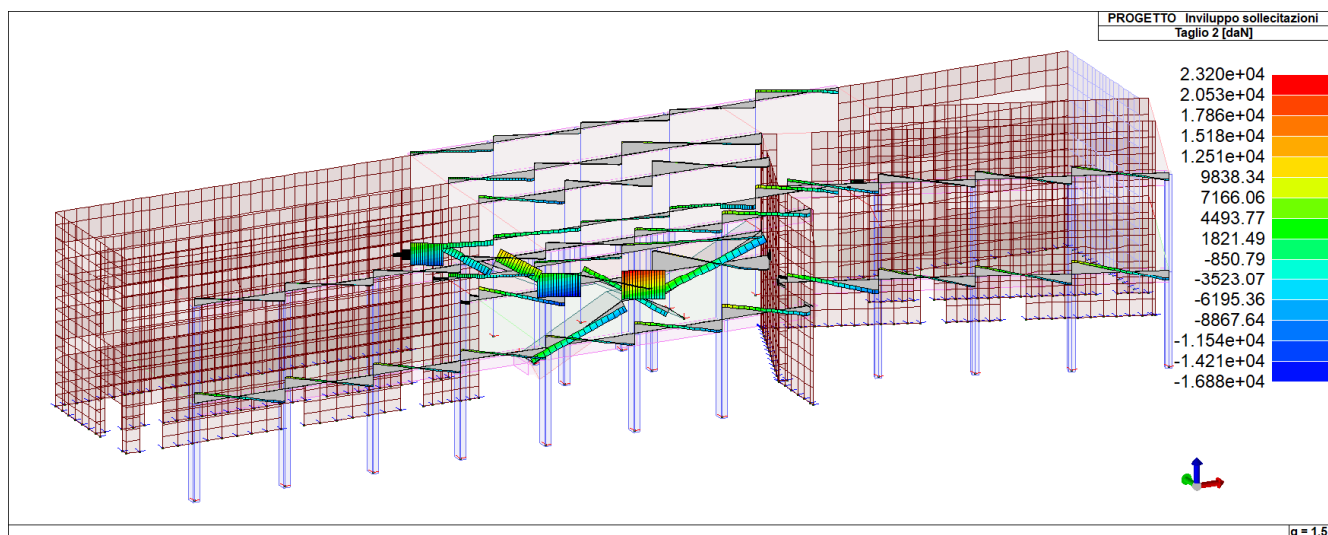


Figura 190. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

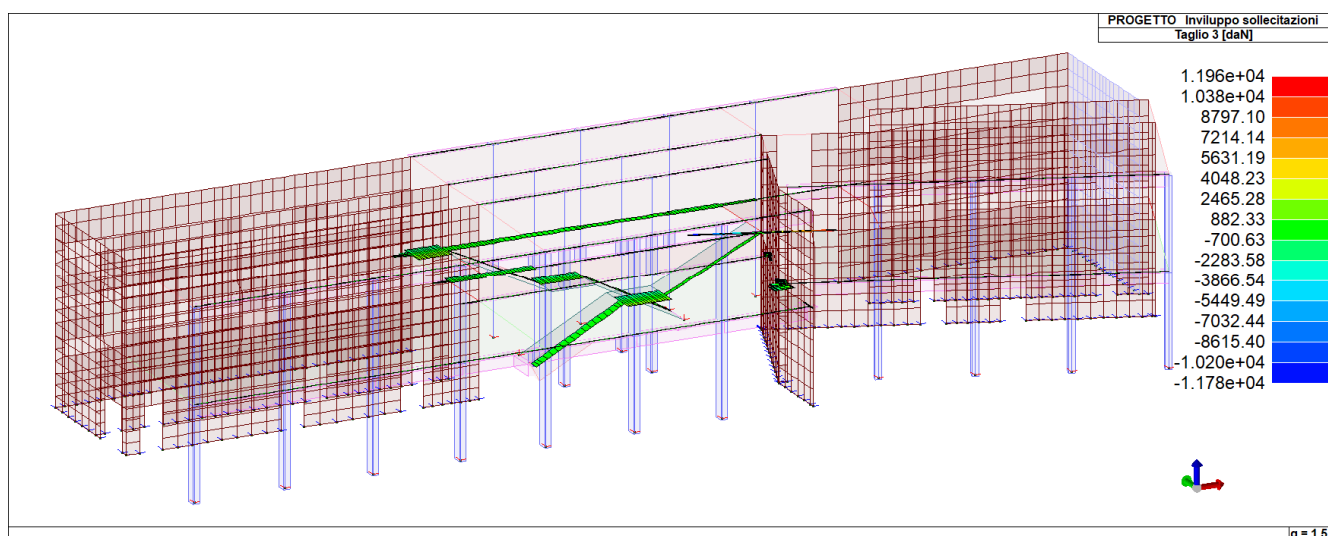


Figura 191. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (orizzontali) nelle travi

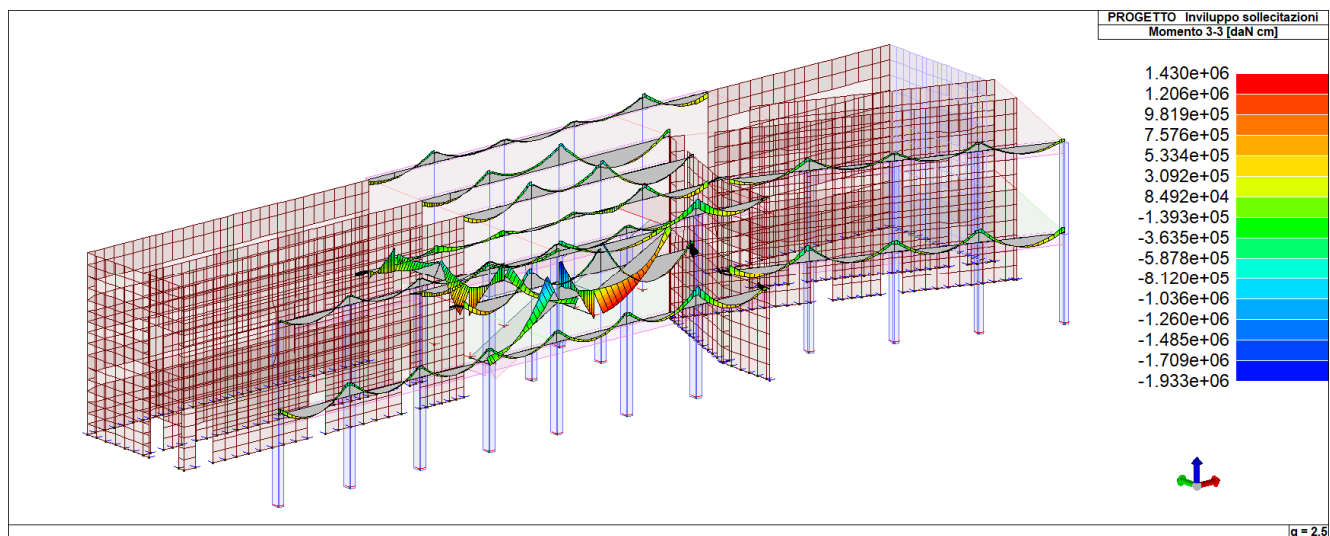


Figura 192. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

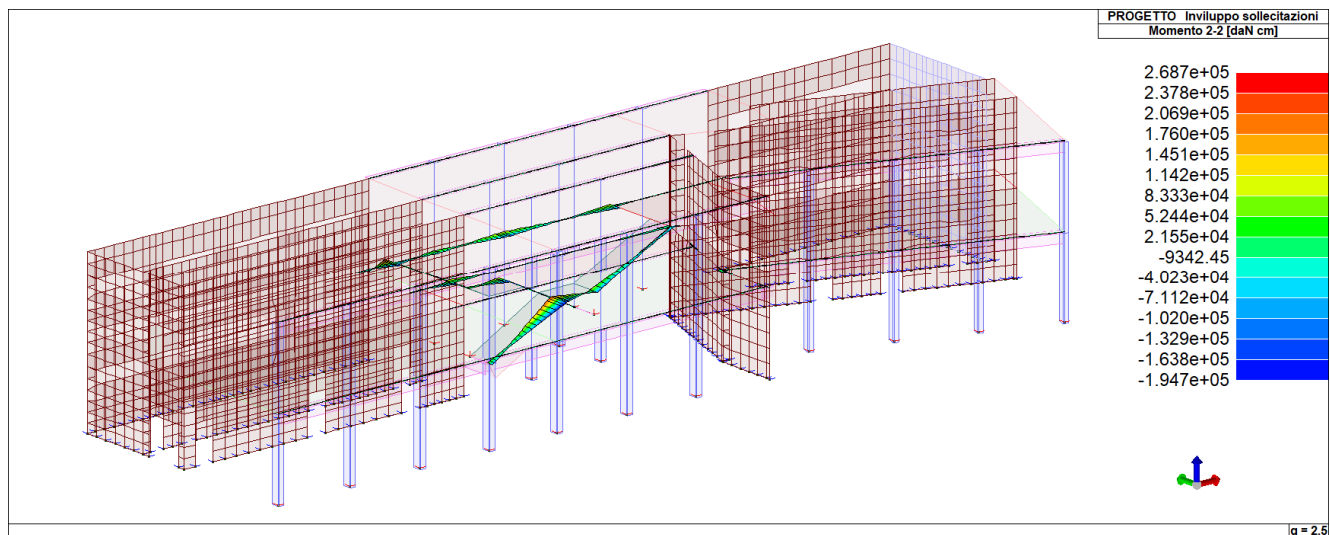


Figura 193. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (orizzontale) nelle travi

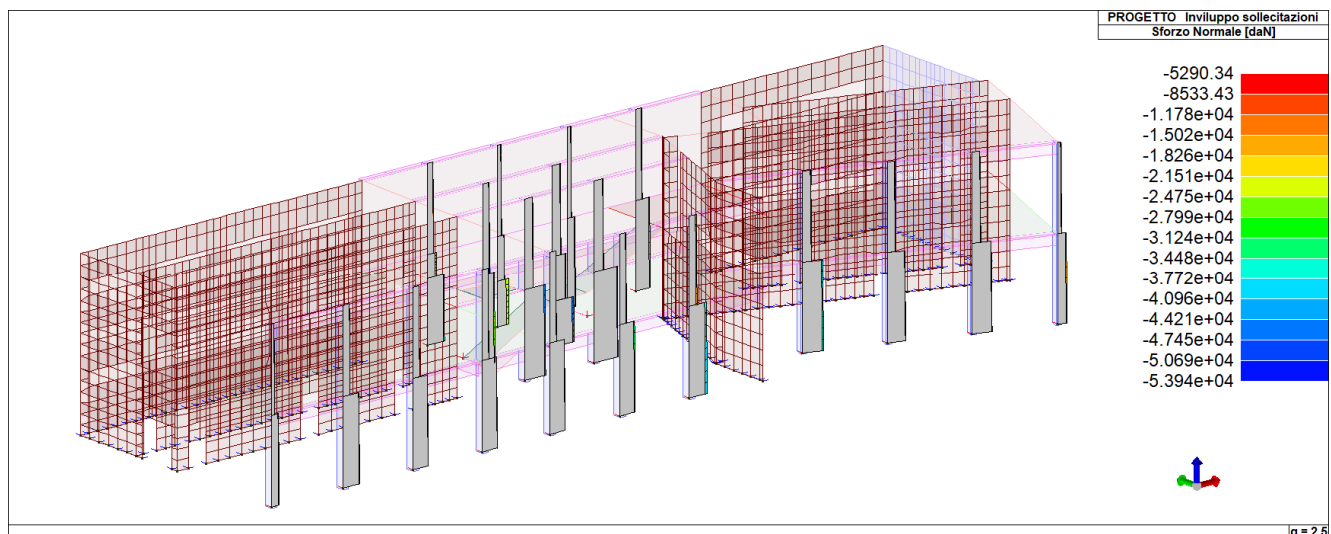


Figura 194. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri.

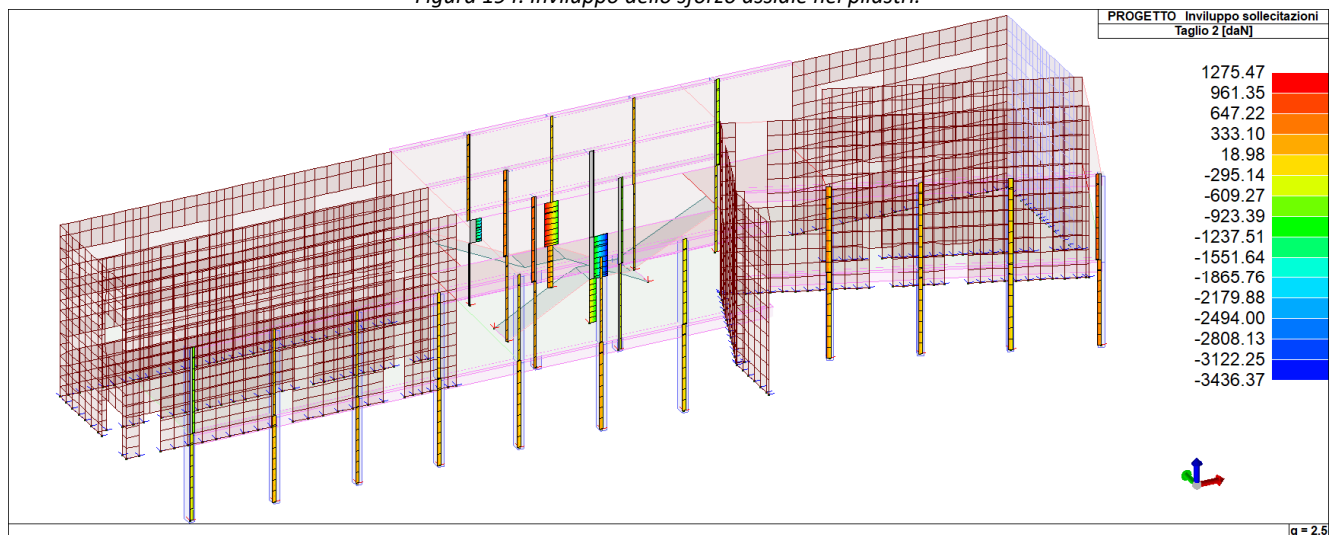


Figura 195. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione X) nei pilastri

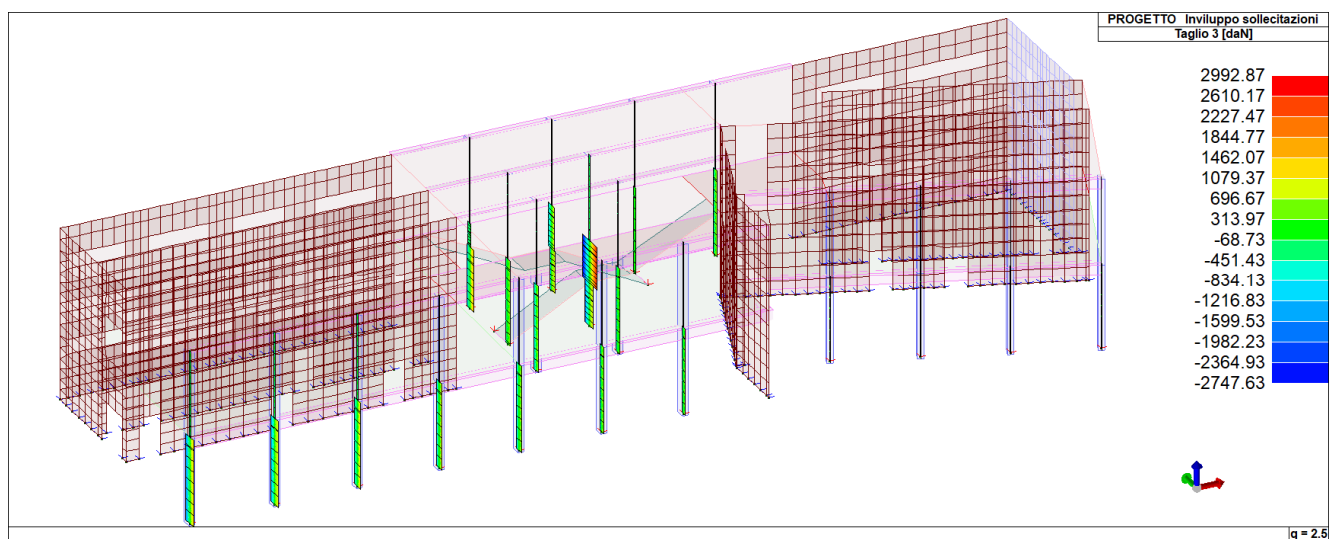


Figura 196. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (direzione Y) nei pilastri

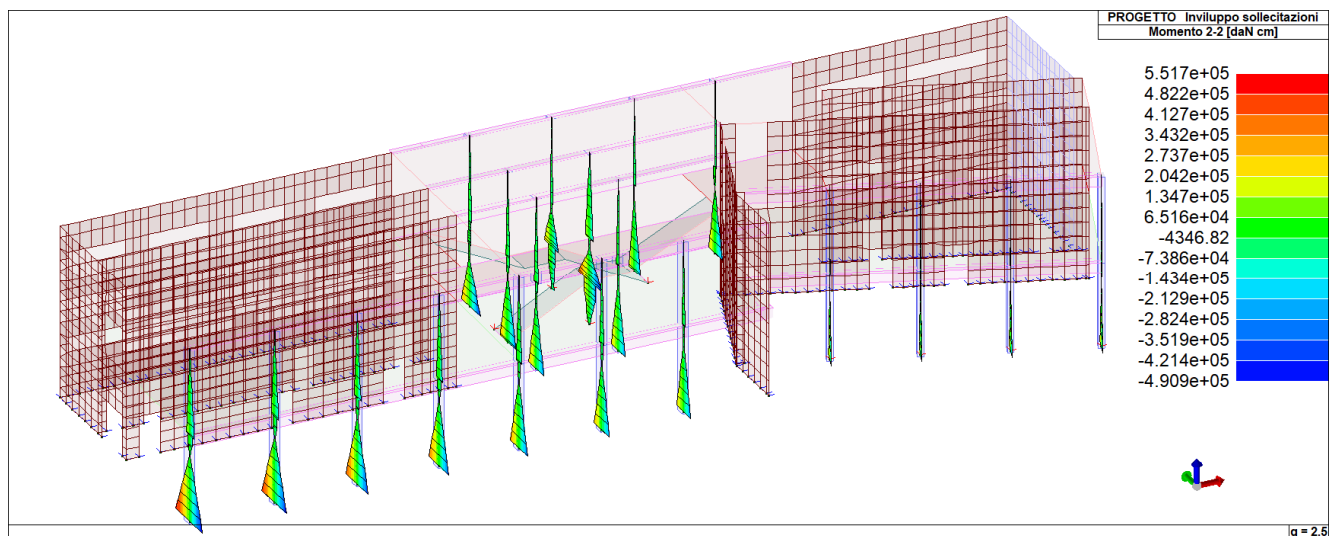


Figura 197. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

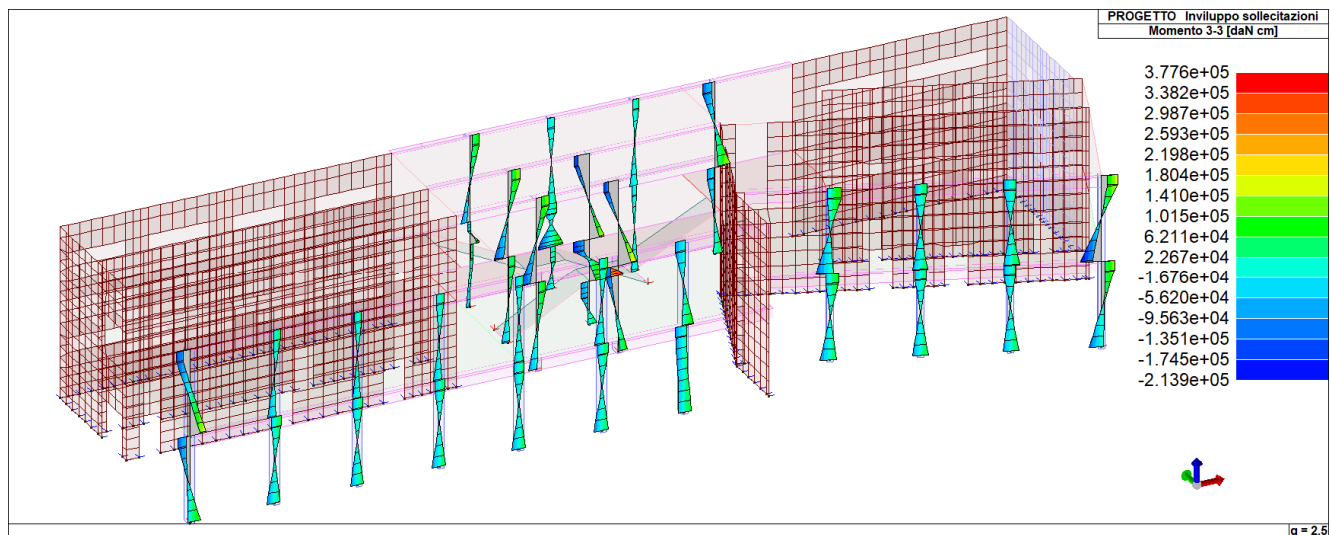


Figura 198. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

12.3.1.2 Verifica degli elementi

Le verifiche effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

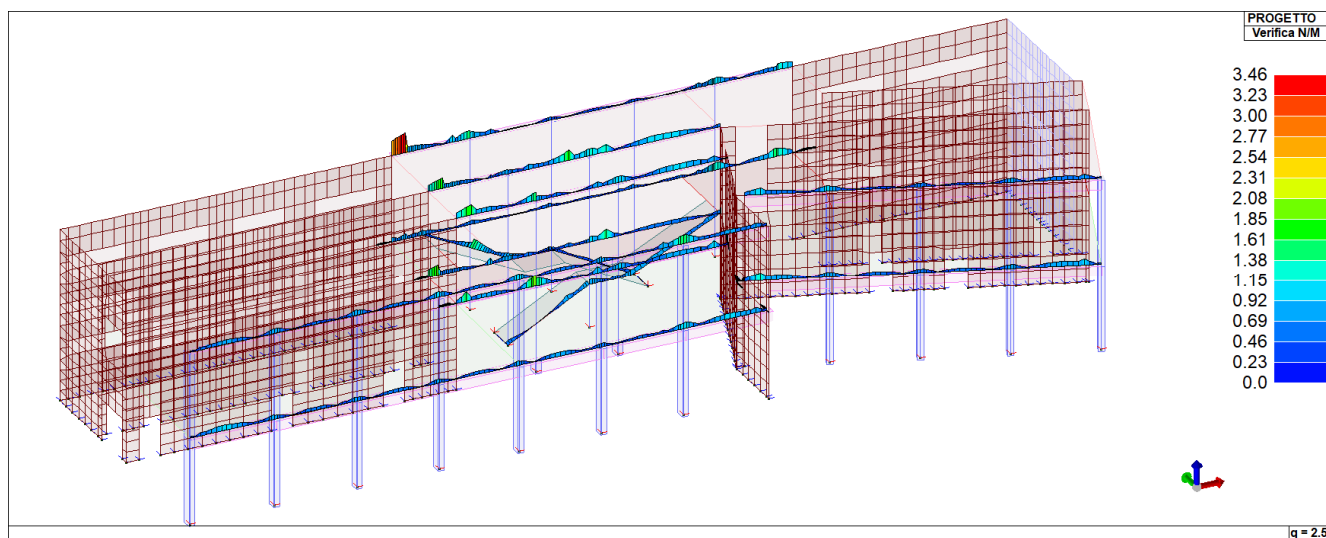


Figura 199. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.
 (Accelerazione sismica 100% ag)

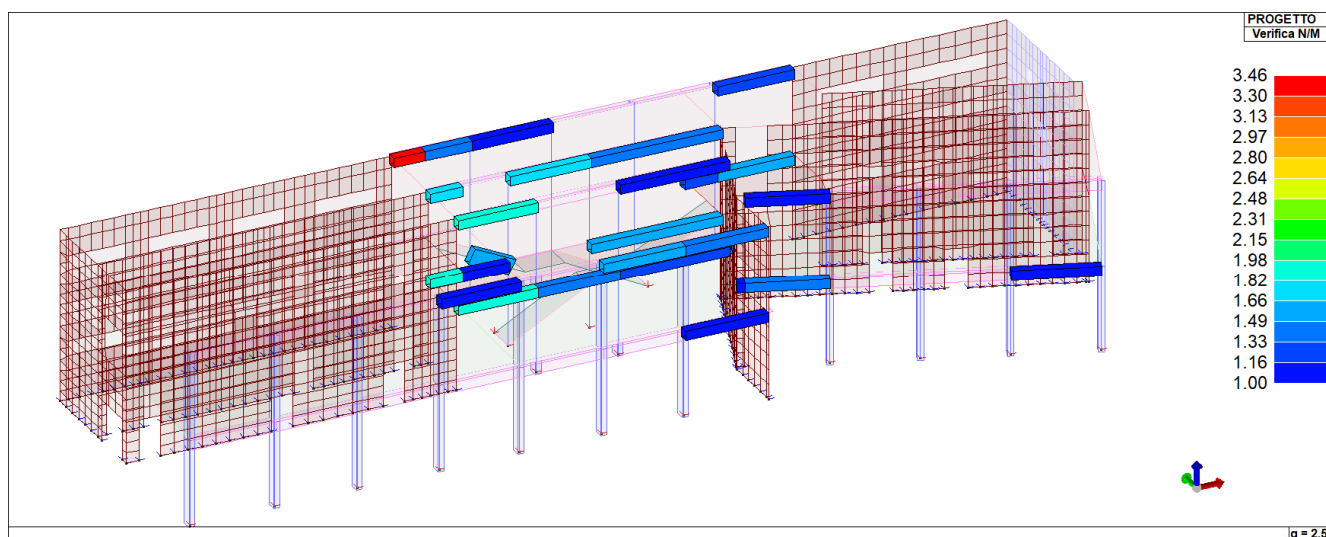


Figura 200. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati. (Accelerazione sismica 100% ag)

Le travi non sono verificate a flessione e a taglio anche considerando un'accelerazione sismica ridotta al minimo. Alcuni elementi, infatti, mostrano criticità già nelle combinazioni di carichi statici.

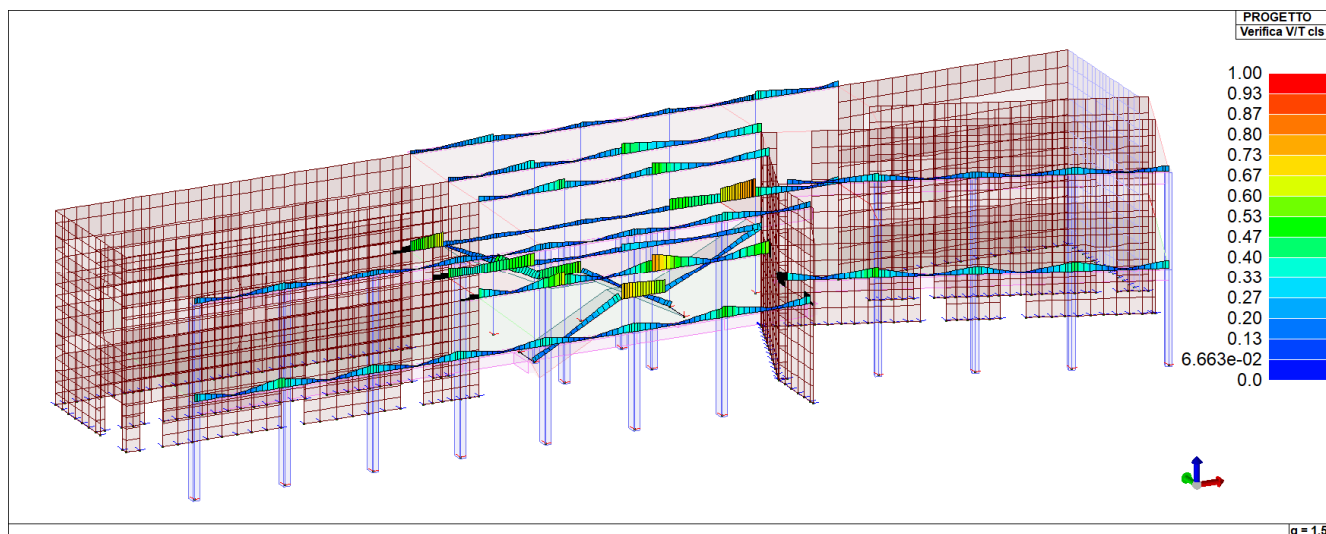


Figura 201. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

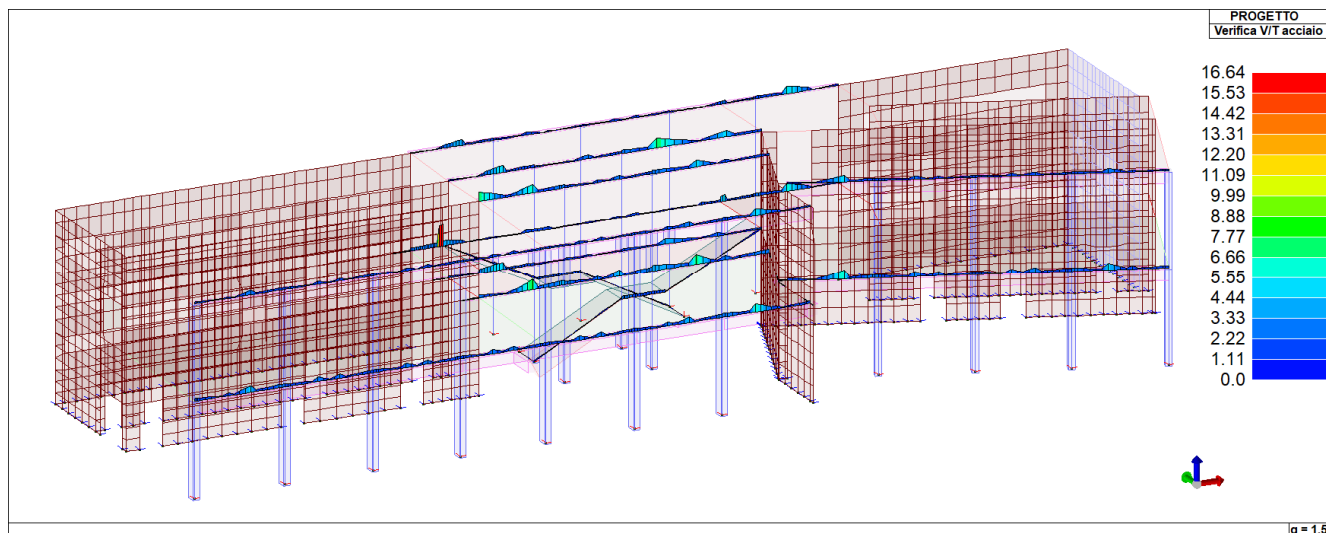


Figura 202. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

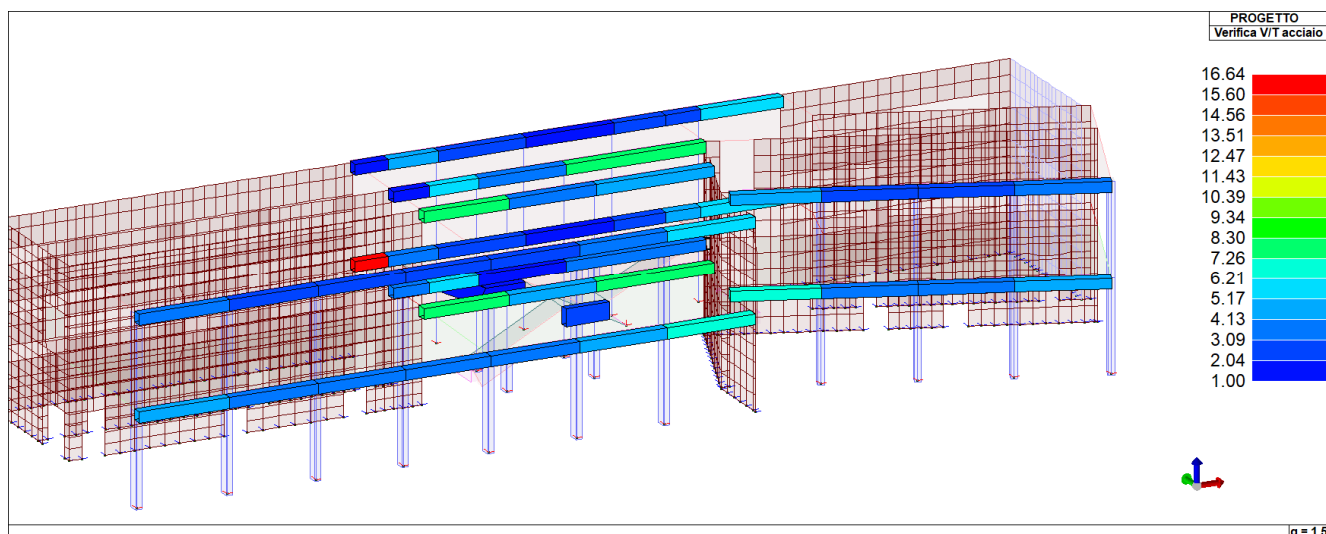


Figura 203. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati. (100% ag)

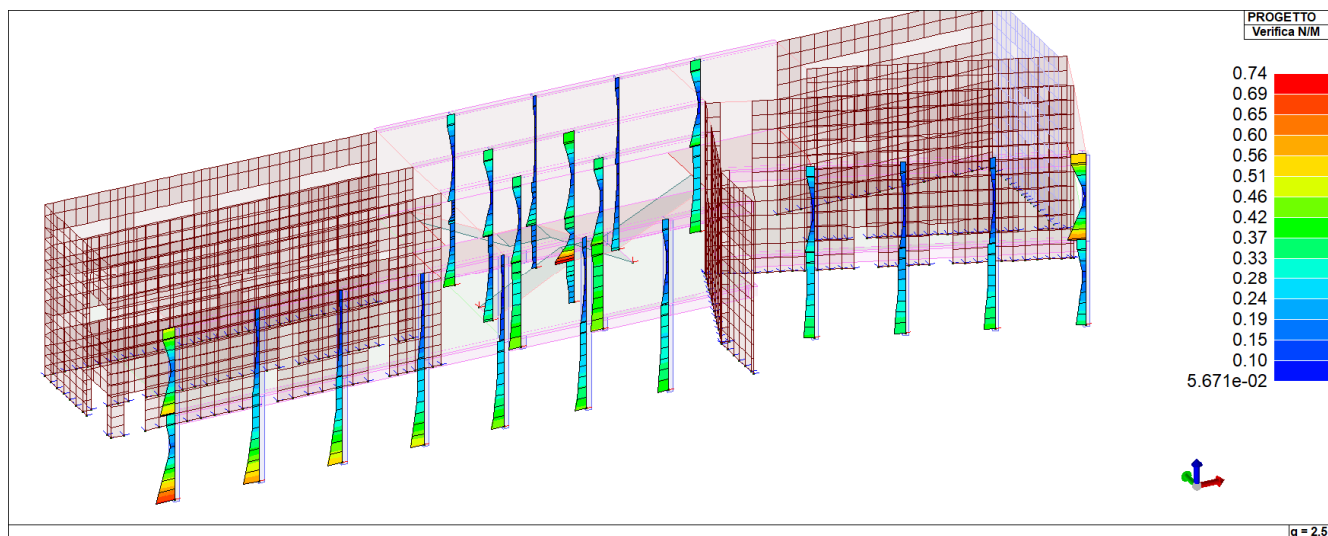


Figura 204. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

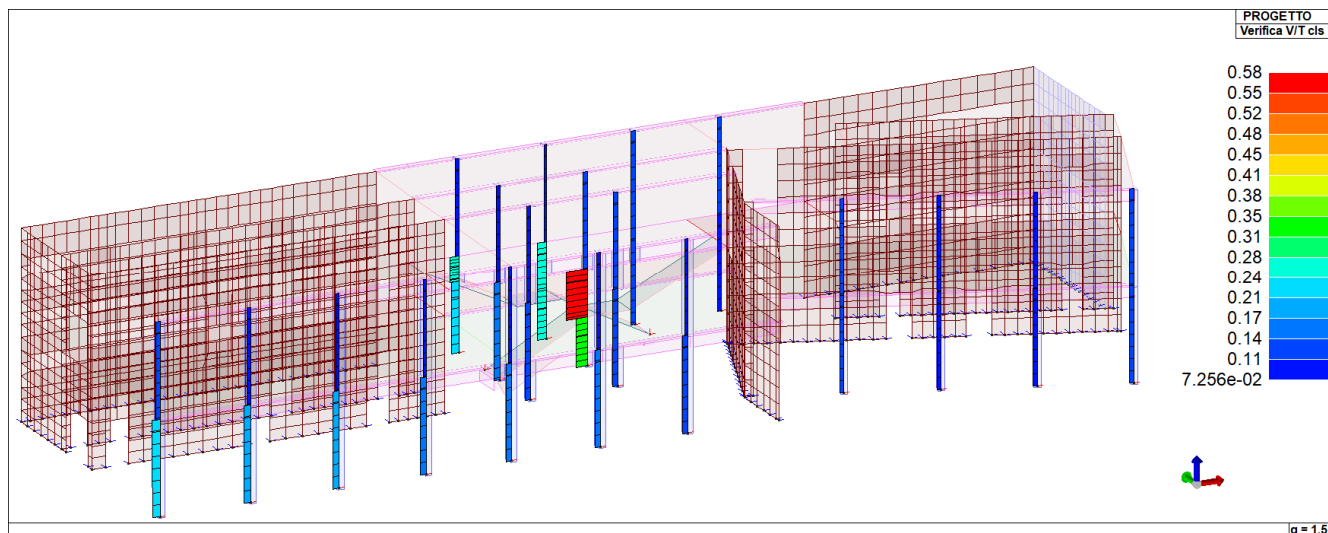


Figura 205. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

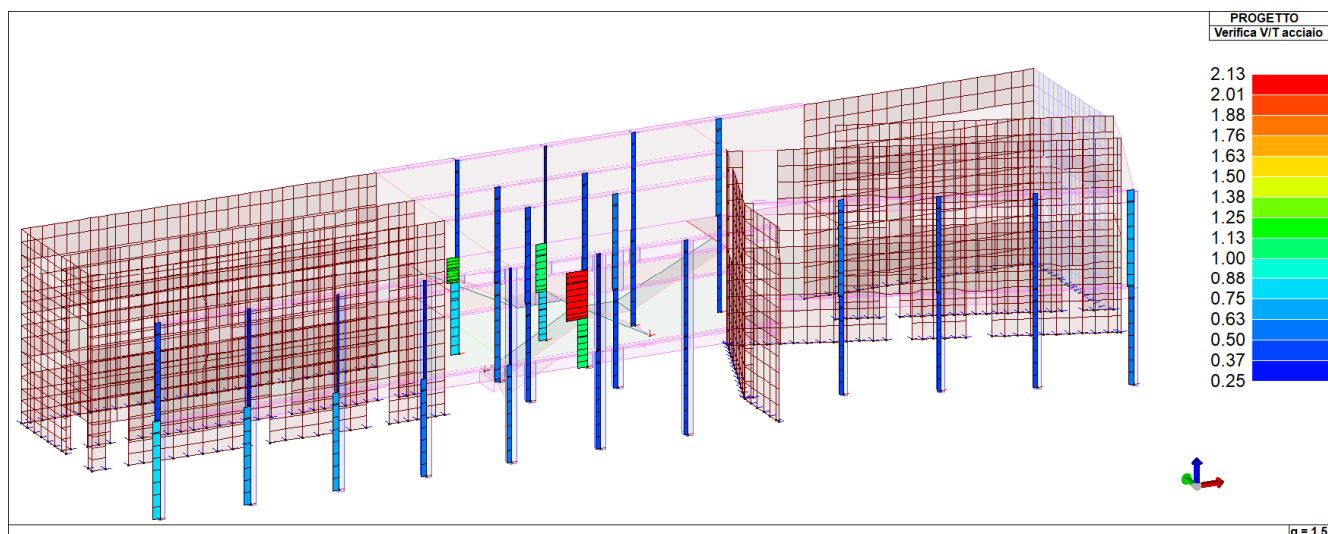


Figura 206. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

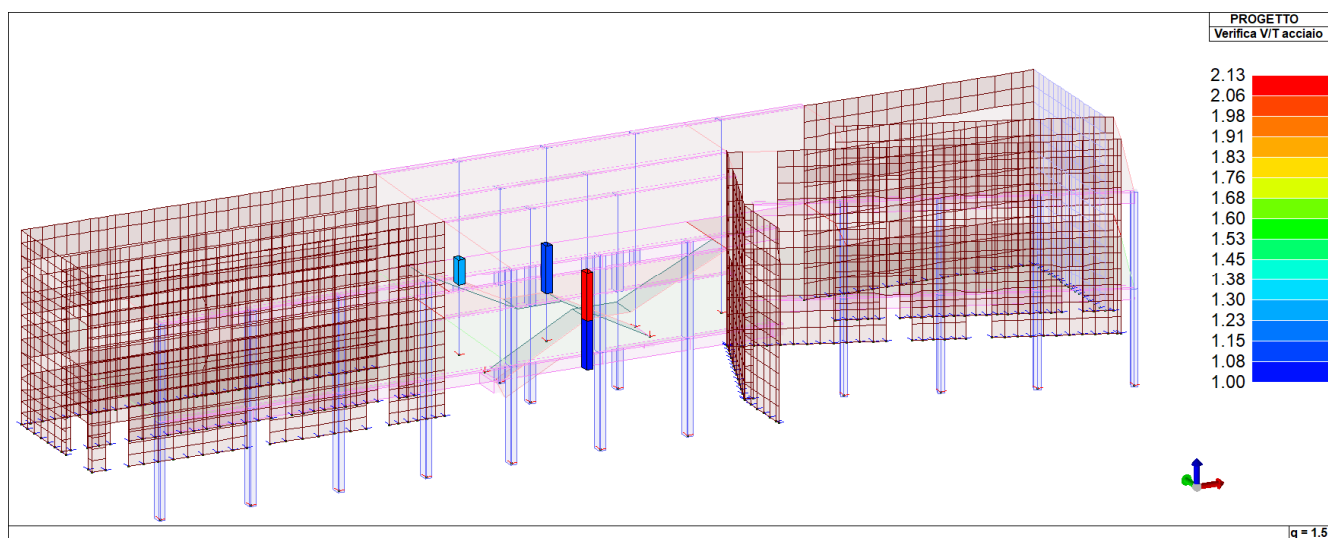


Figura 207. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. Evidenziazione degli elementi non verificati. (100% ag)

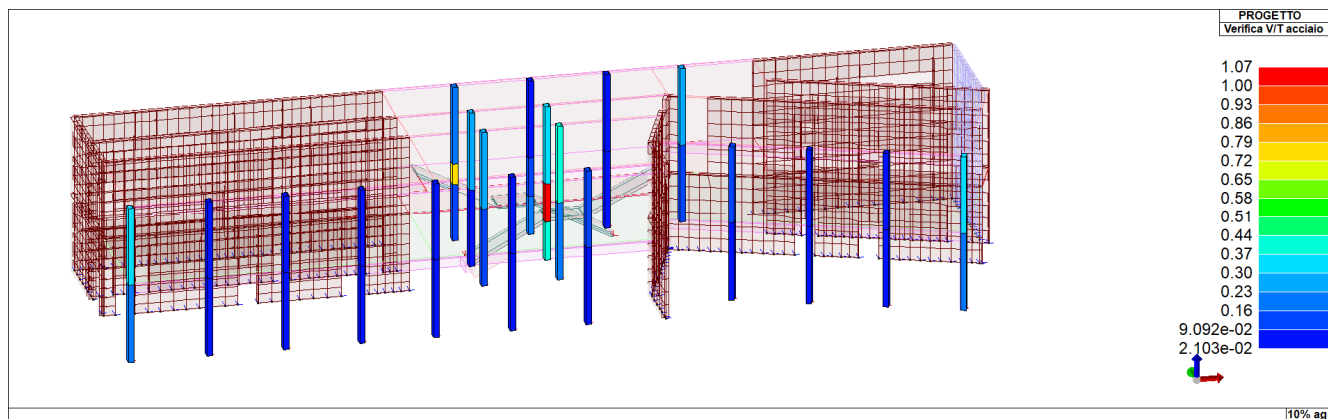


Figura 208. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. Evidenziazione degli elementi non verificati. (10% ag)

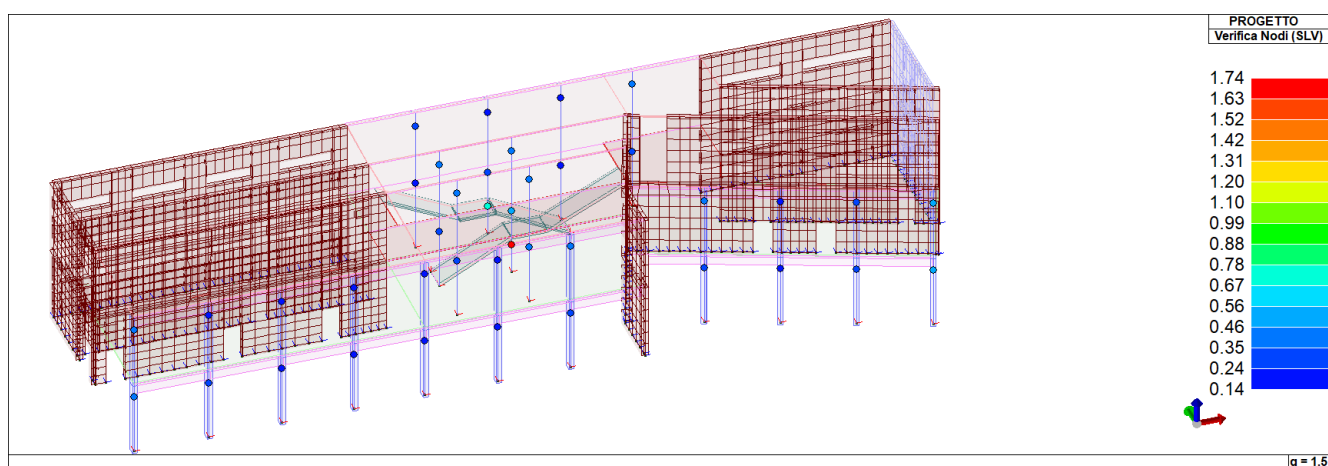


Figura 209. Verifica dei nodi non confinati. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

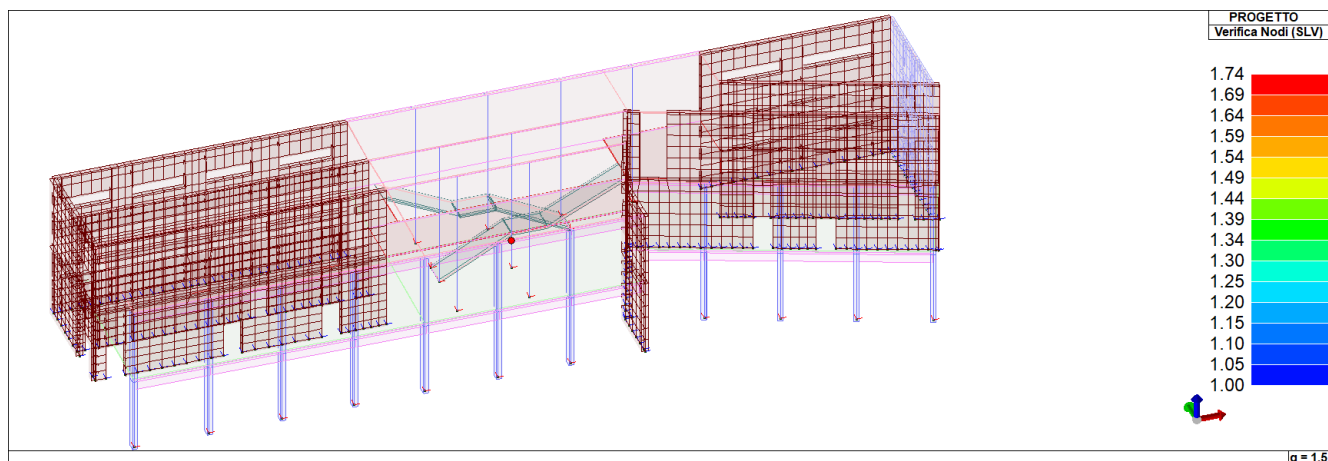


Figura 210. Verifica dei nodi non confinati. Elementi non verificati. (100% ag)

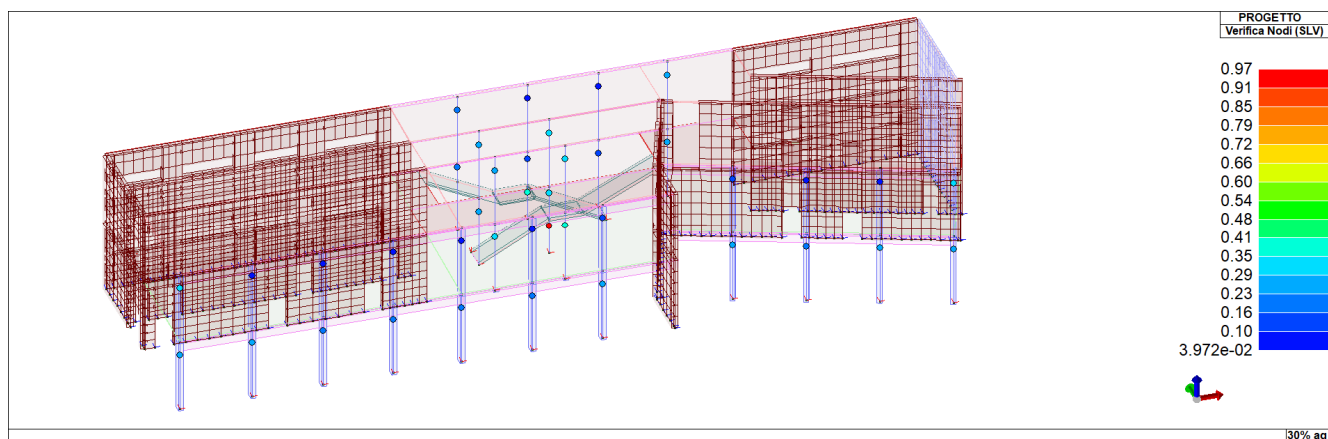


Figura 211. Verifica dei nodi non confinati. Elementi non verificati. (30% ag)

12.3.2 Strutture portanti muratura

12.3.2.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano le azioni macro massime rilevate nei maschi e nelle fasce murarie, nelle combinazioni di carico statiche.

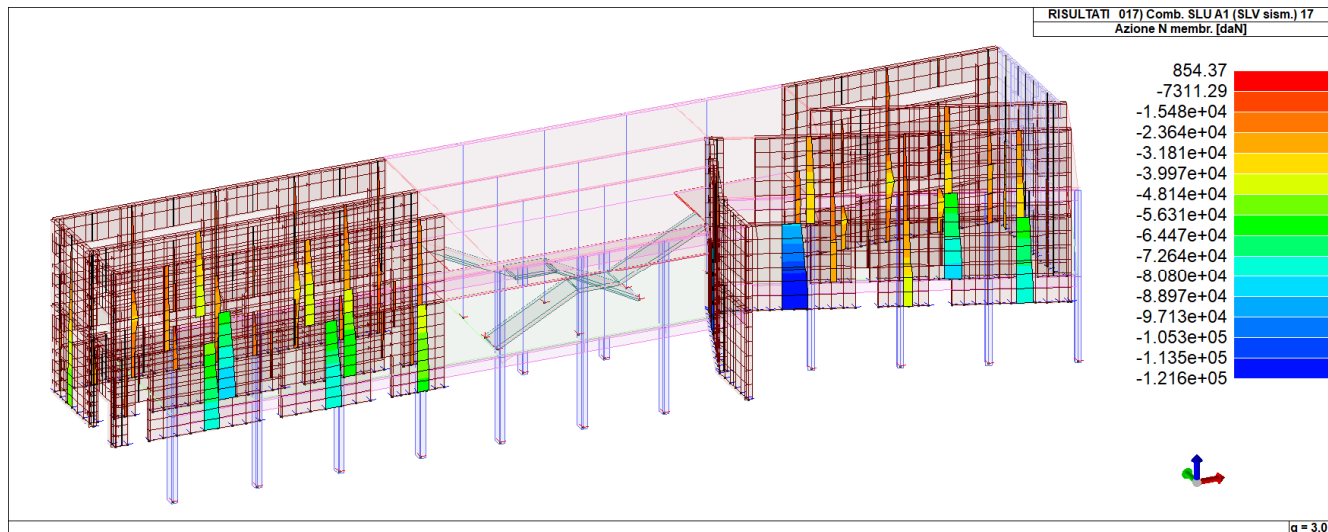


Figura 212. Azione macro N membranale

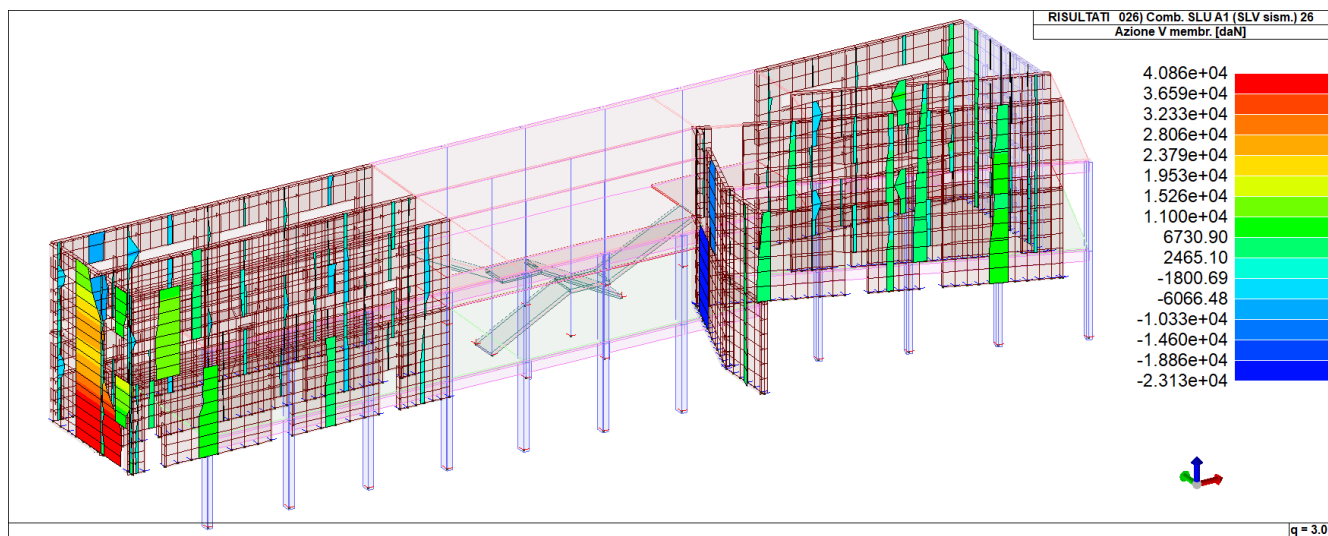


Figura 213. Azione macro V membranale

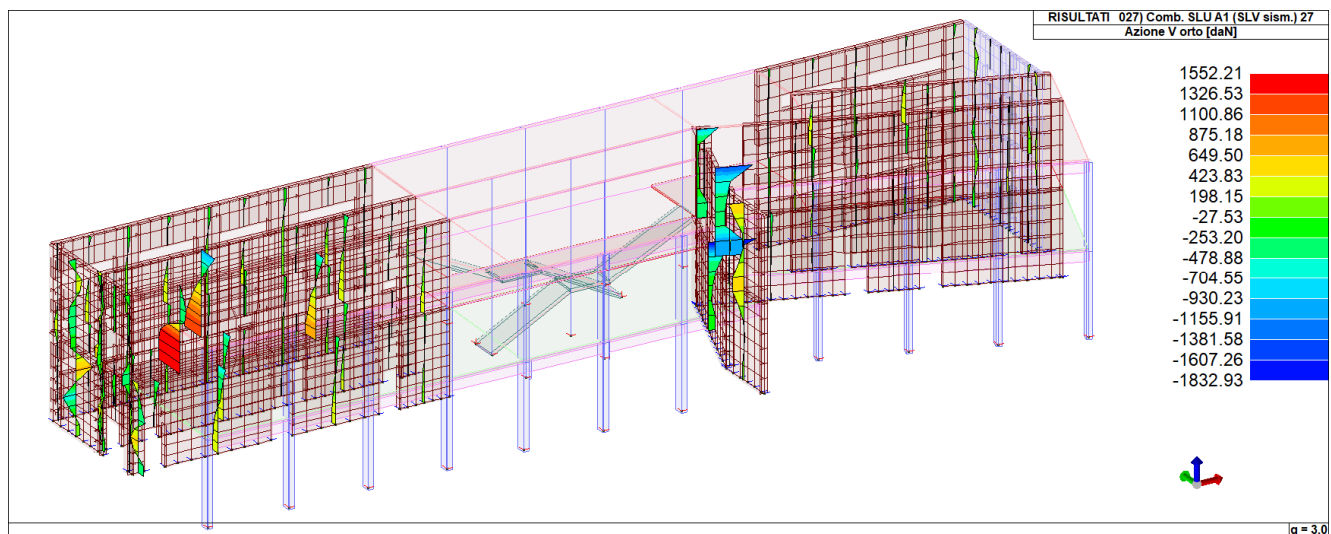


Figura 214. Azione macro V ortogonale

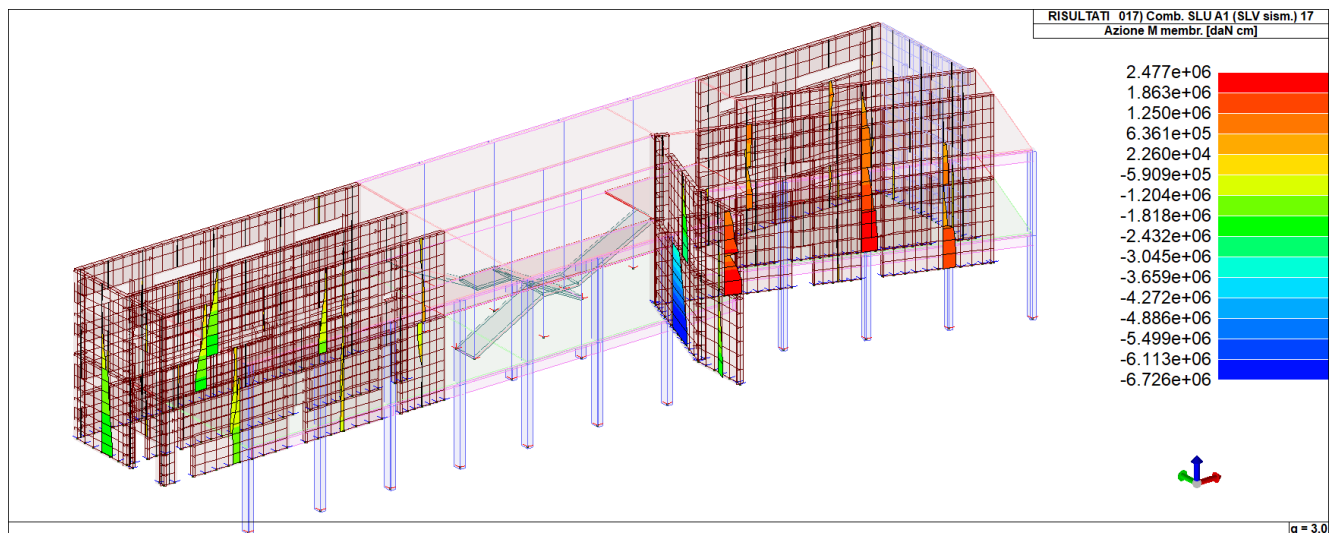


Figura 215. Azione macro M membranale

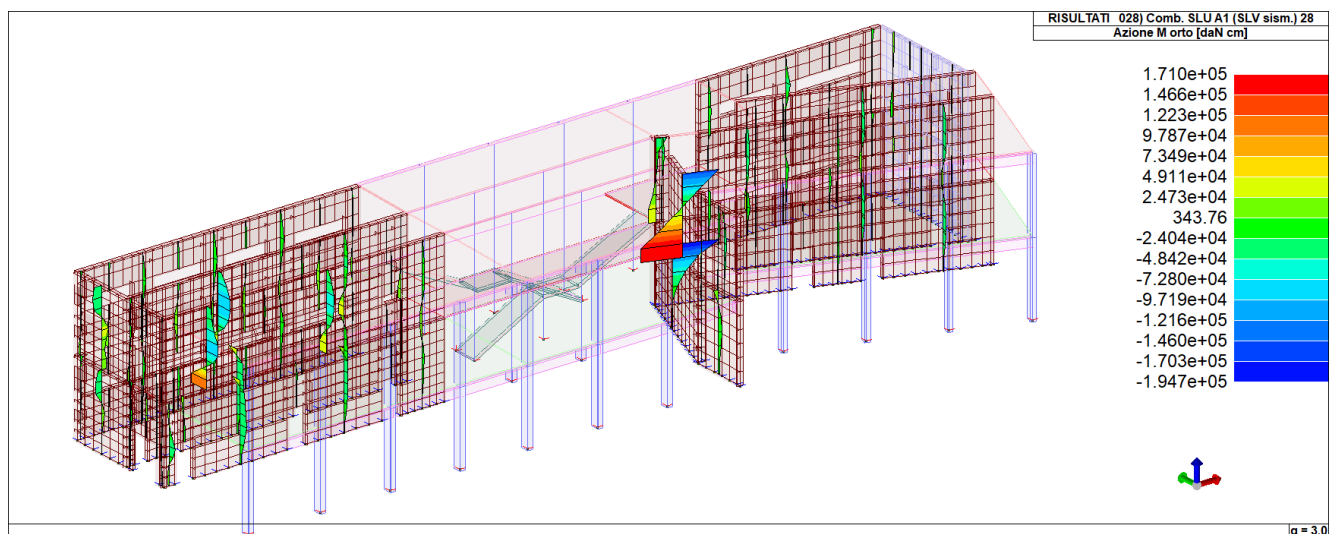


Figura 216. Azione macro M ortogonale

12.3.2.2 Verifica degli elementi

Di seguito si riportano i risultati, in forma grafica, delle verifiche effettuate sui maschi e sulle fasce murarie.

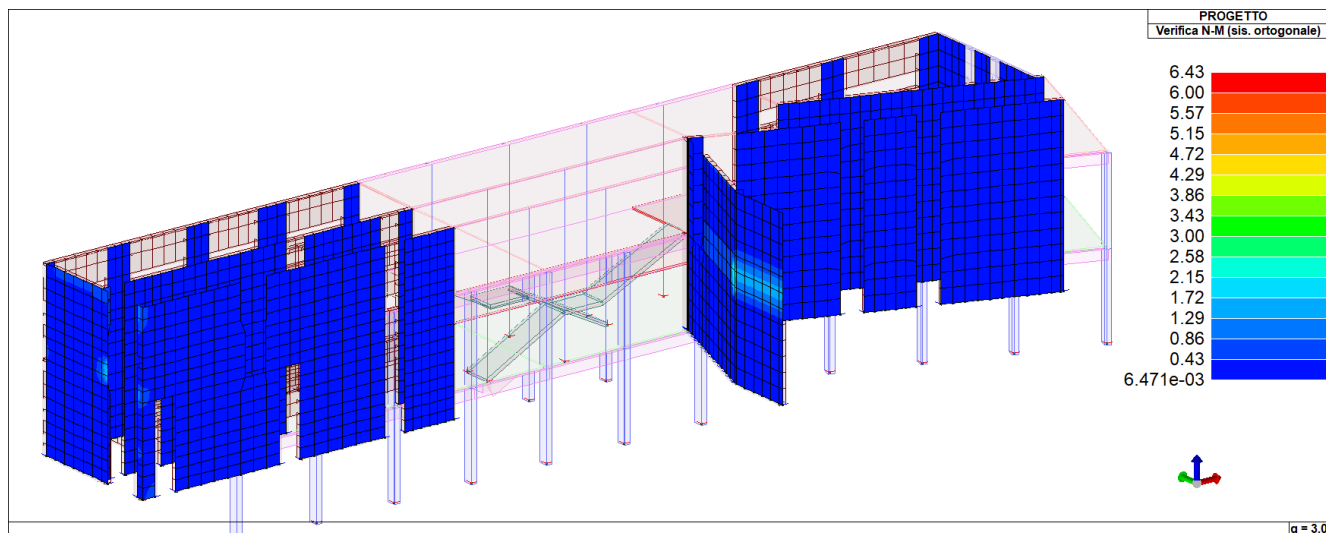


Figura 217. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. **(100% ag)**

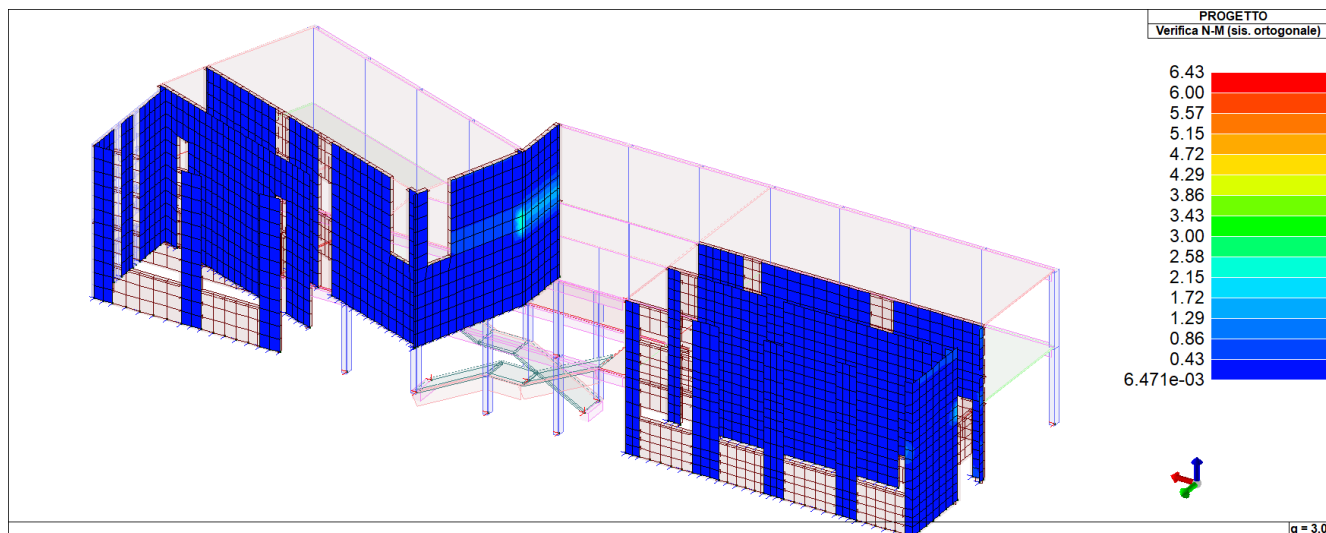


Figura 218. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. **(100% ag)**

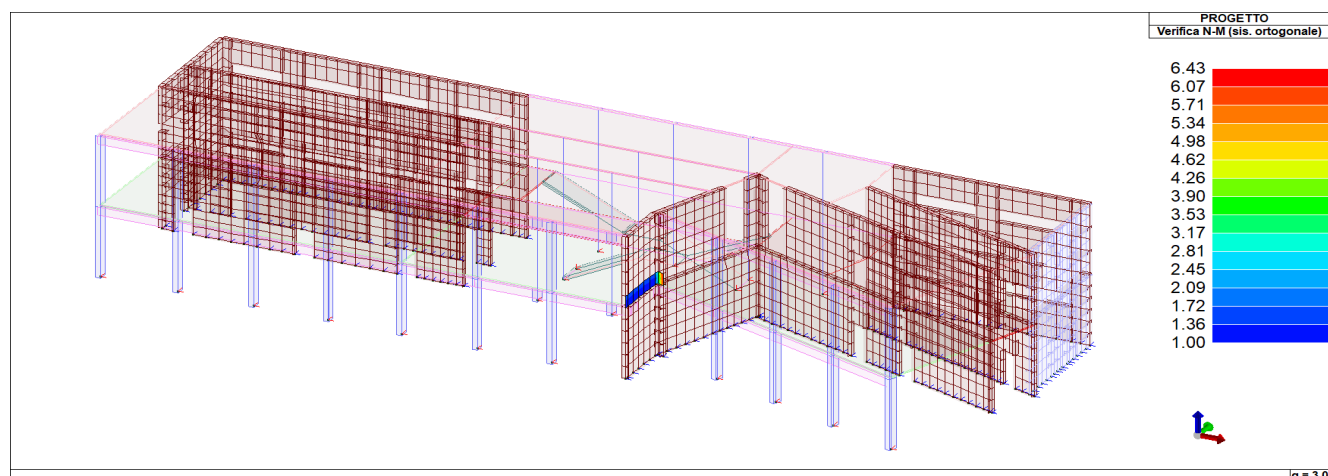


Figura 219. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Evidenziazione degli elementi non verificati. Vista da sud. **(100% ag)**

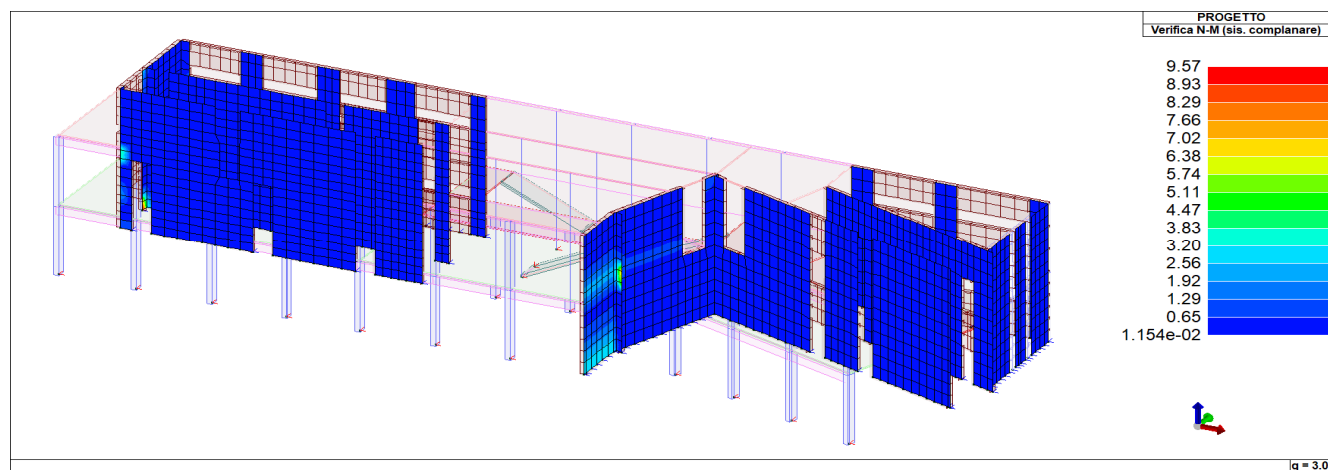


Figura 220. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. **(100% ag)**

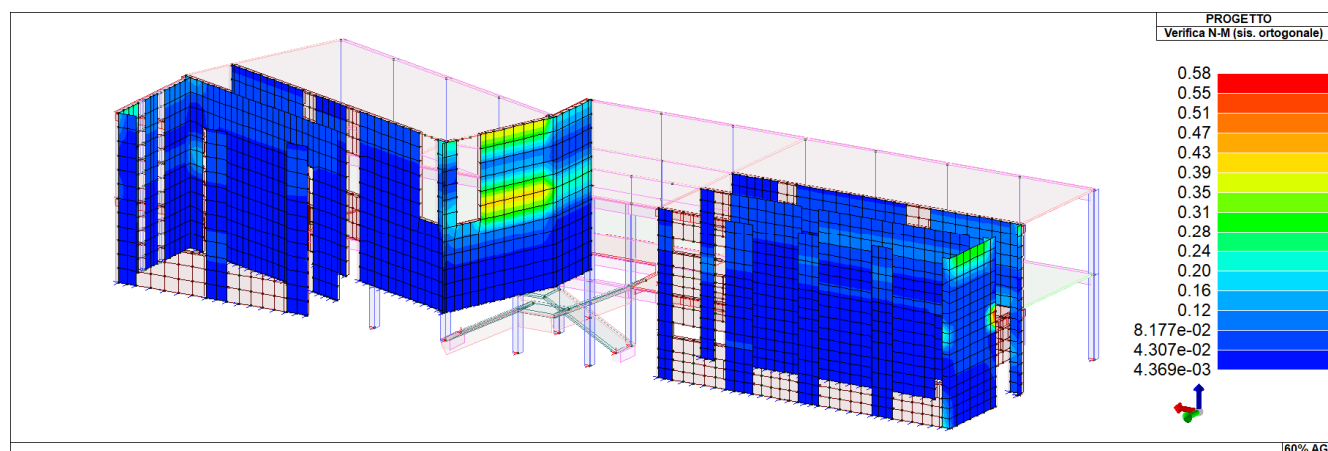


Figura 221. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. **(60% ag)**

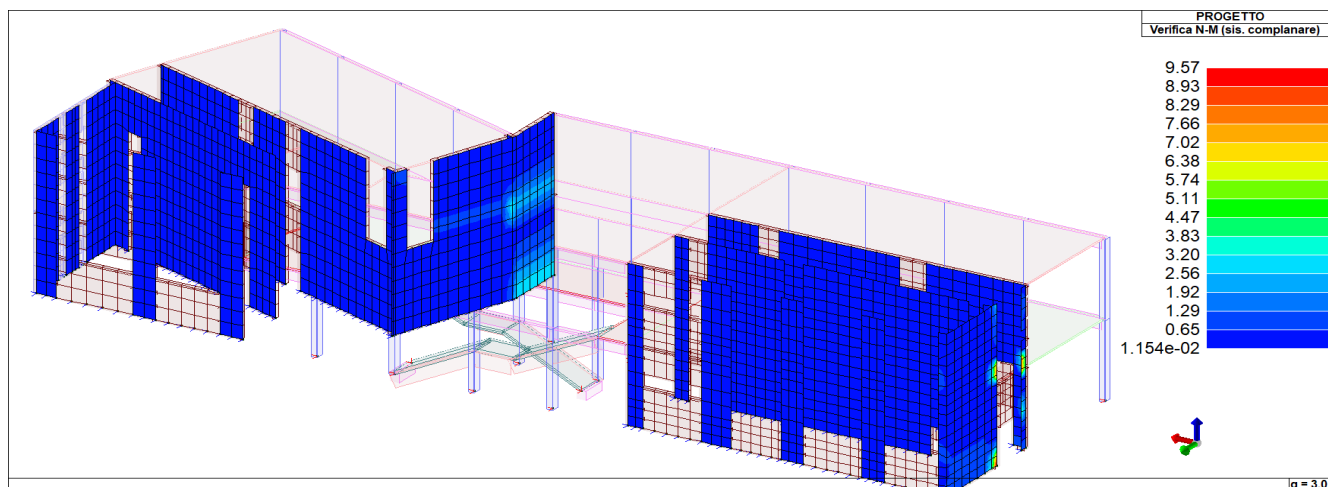


Figura 222. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. (100% ag)

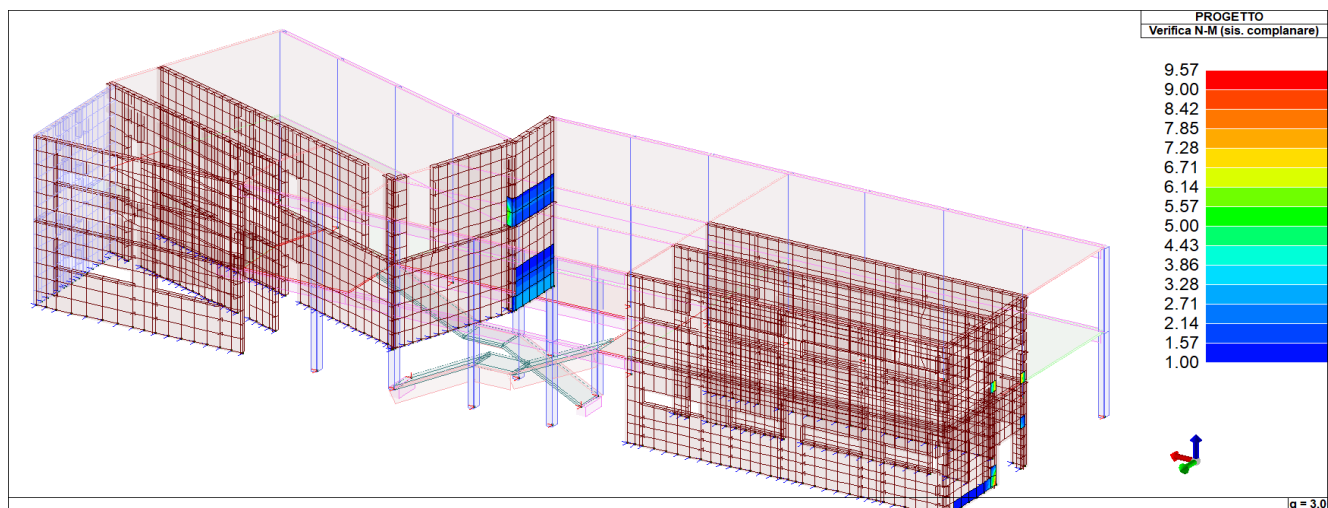


Figura 223. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Elementi non verificati. Vista da nord. (100% ag)

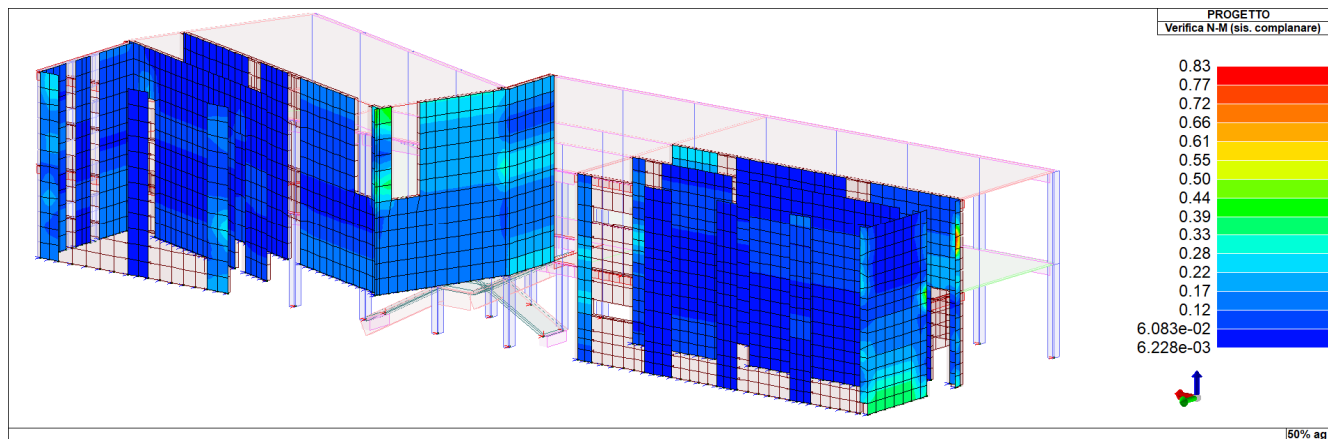


Figura 224. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Elementi non verificati. Vista da nord. (60% ag)

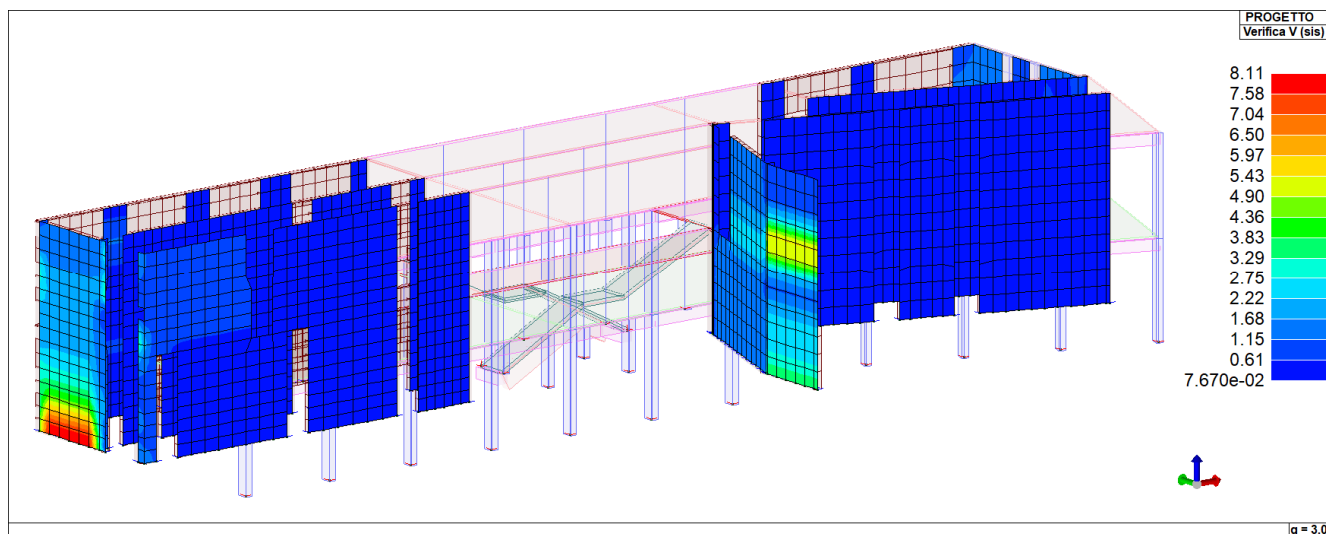


Figura 225. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. (100% ag)

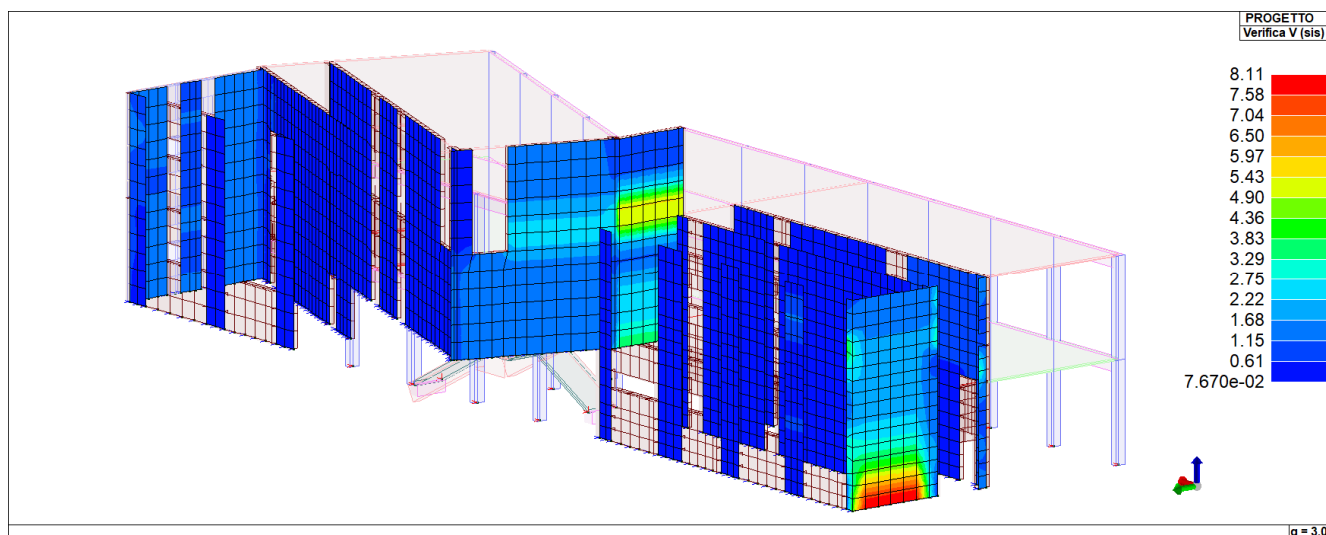


Figura 226. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. (100% ag)

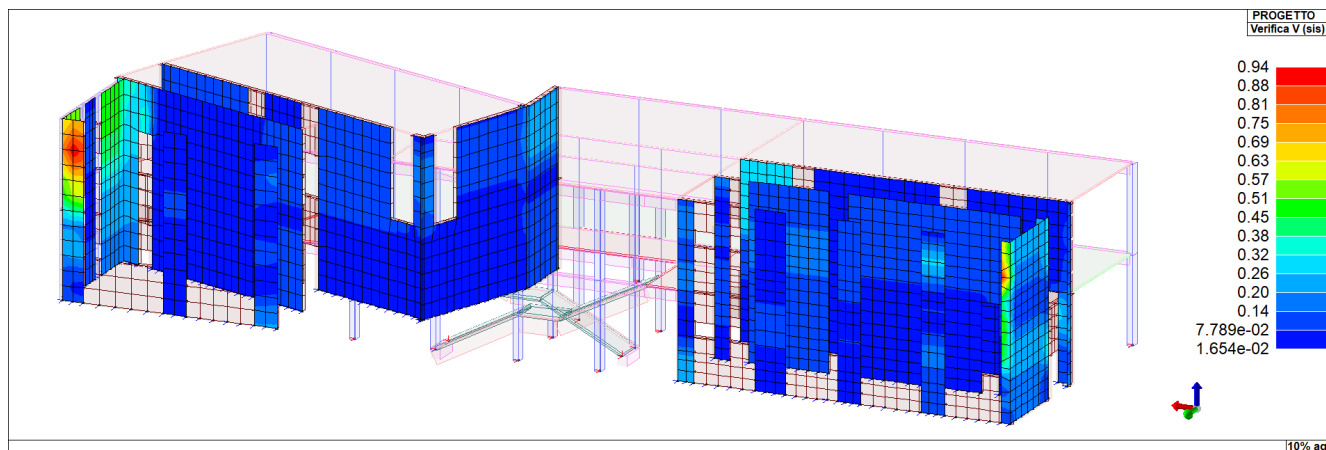


Figura 227. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. (10% ag)

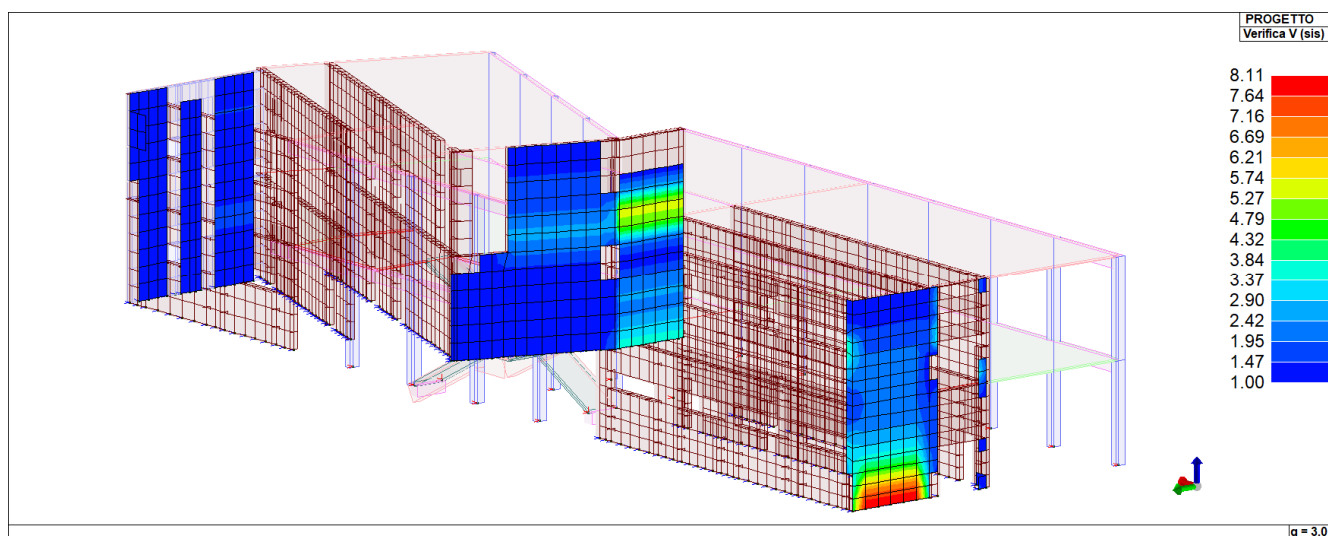


Figura 228. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Elementi non verificati. Vista da nord. (100% ag)

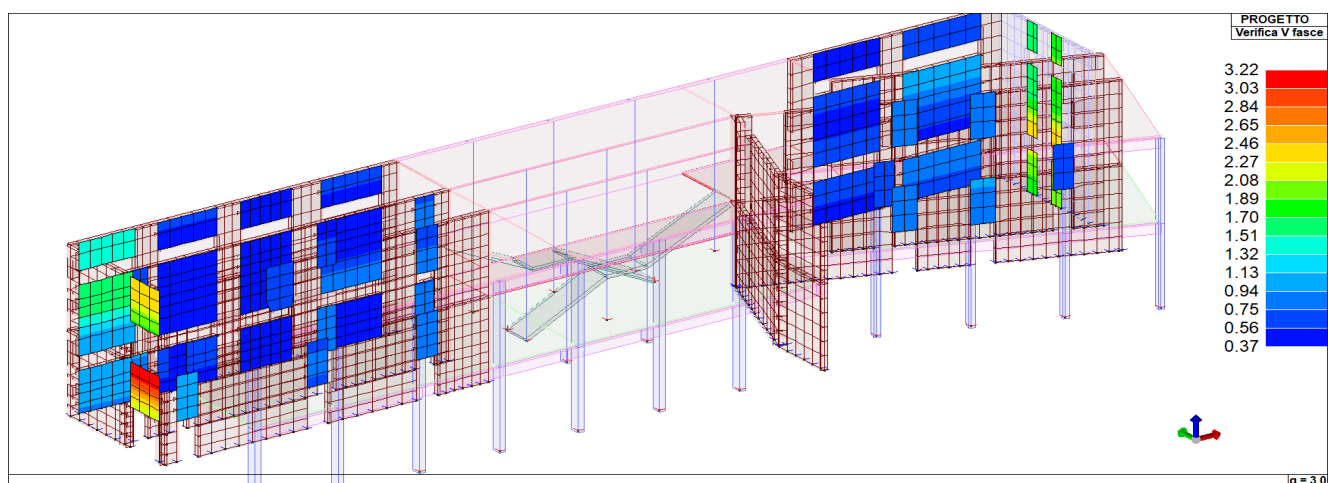


Figura 229. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. (100% ag)

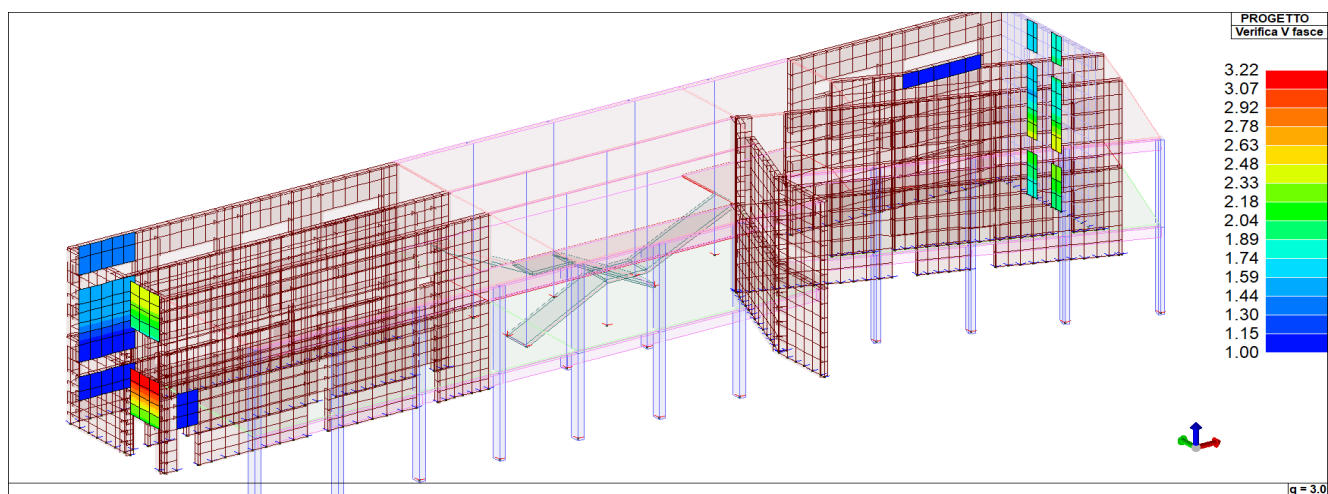


Figura 230. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; elementi non verificati. (100% ag)

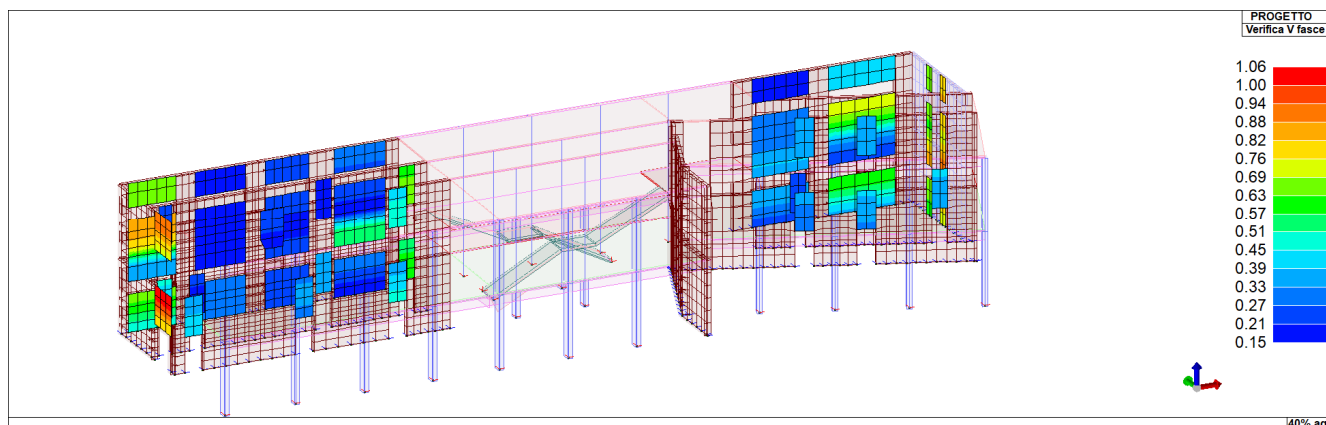


Figura 231. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. (40% ag)

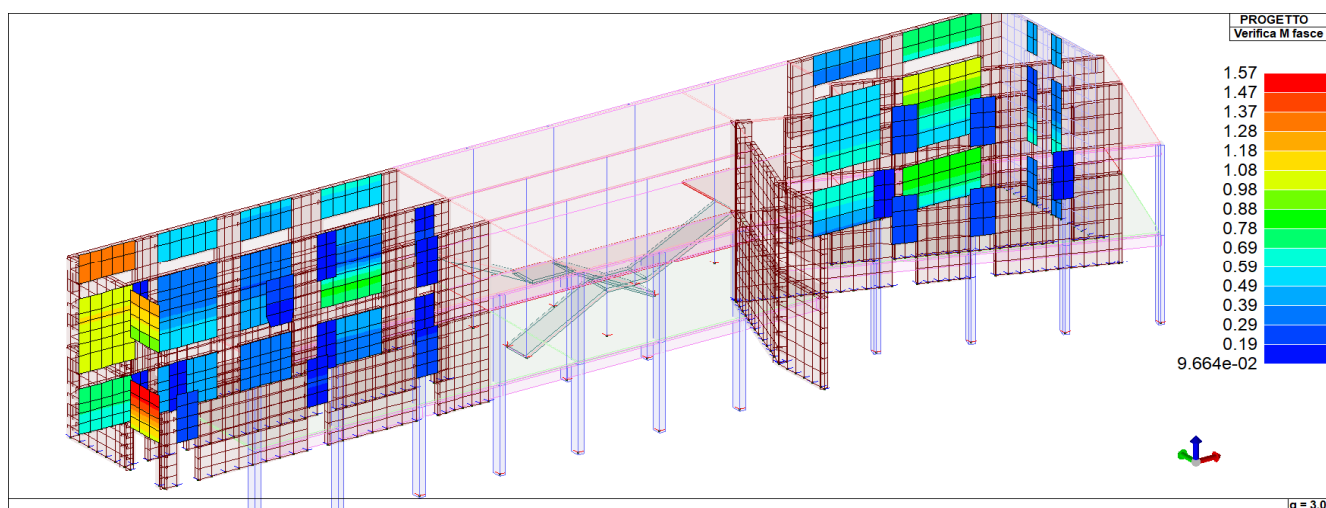


Figura 232. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. (100% ag)

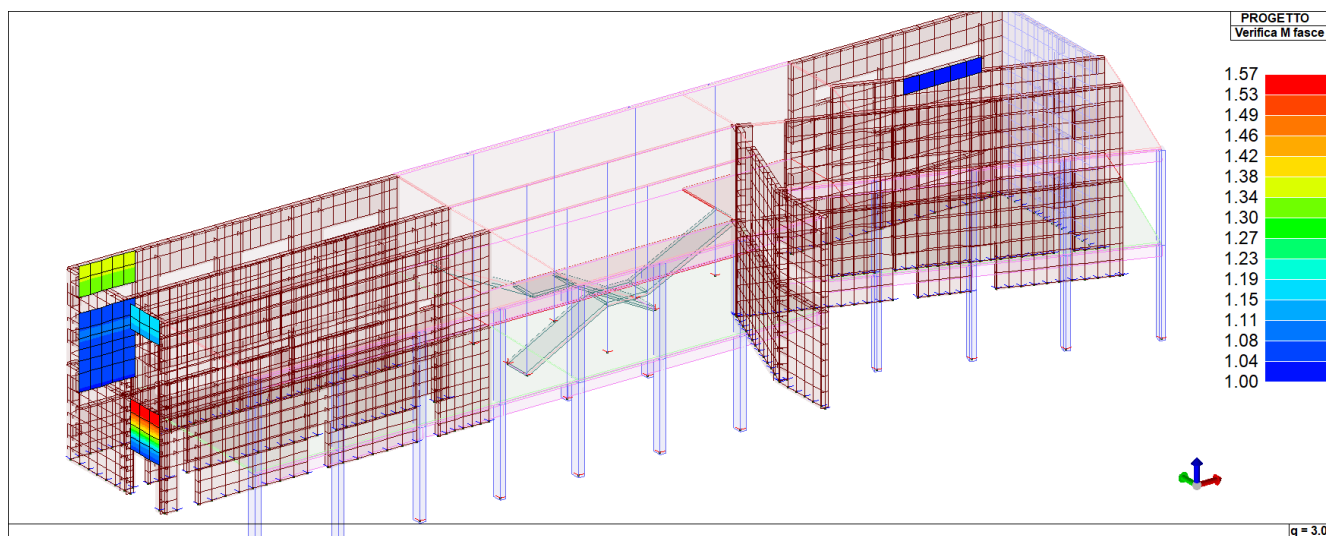


Figura 233. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; elementi non verificati. (100% ag)

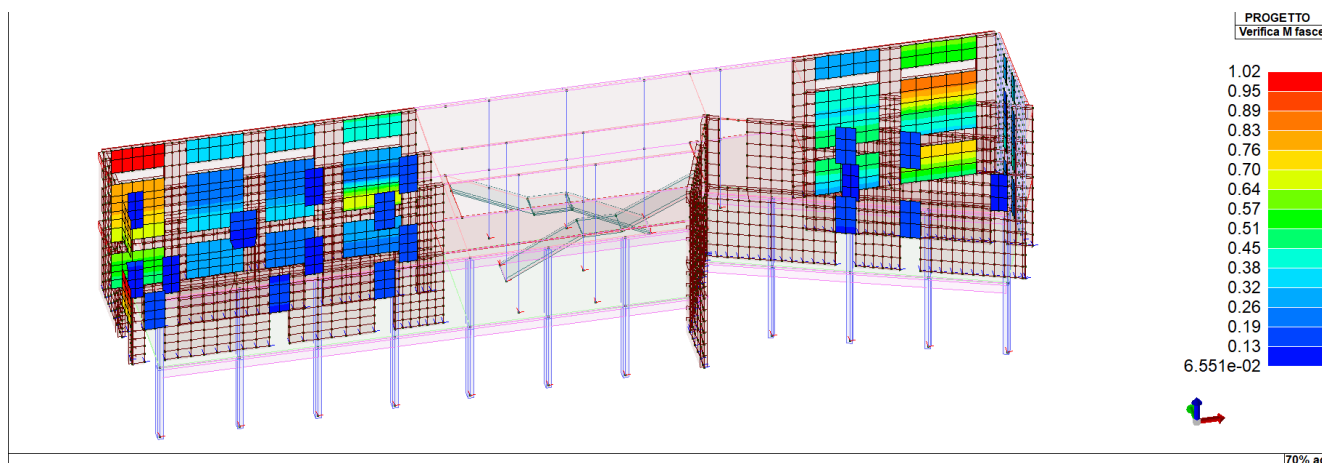


Figura 234. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; elementi non verificati. (70% ag)

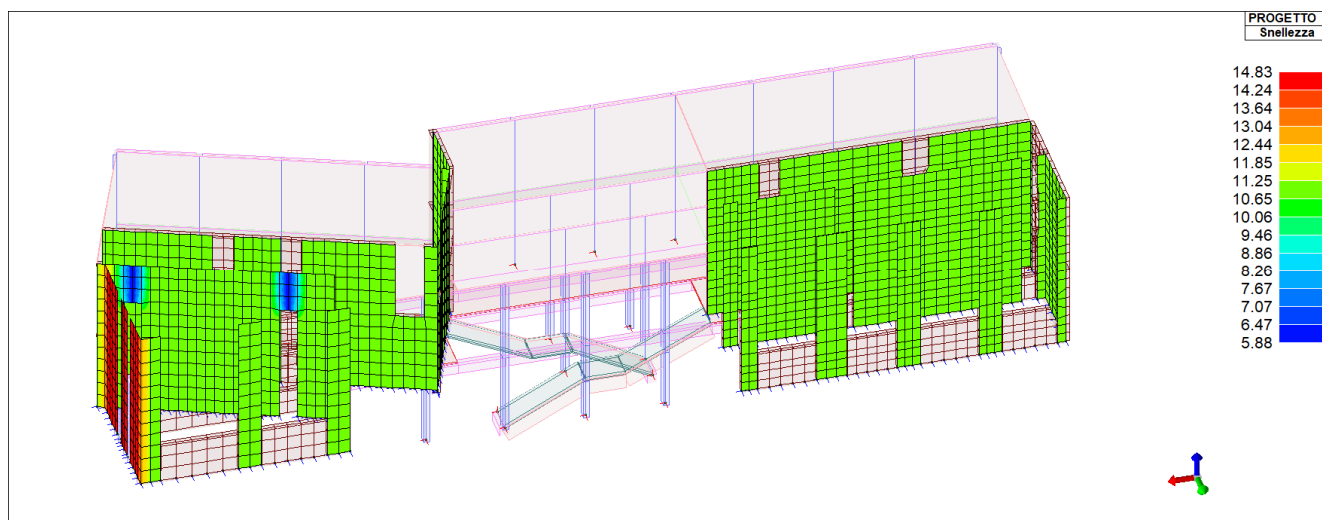


Figura 235. Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori della snellezza delle pareti in muratura; se il valore della snellezza risulta superiore al limite pari a 20 la parete risulta non verificata.

12.3.2.3 Verifica dei cinatismi locali

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo si rimanda al paragrafo 12.2.2.3.

12.3.2.3.1 Verifiche eseguite sulla parete muraria situata sul prospetto nord ovest

Cinematismo n°: 1

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota zero

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 0.000

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 3.0619 [g]

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica non lineare: 1.2017 [g]

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 156 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 1.332

accelerazione spettrale di attivazione del cinematiso a_0^* : 1.837 [g]

Massa partecipante al cinematiso M^* : 45 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.604

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.026$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.028$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.221[sec]

Spostamento spettrale d_u^* : 0.047[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematiso a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.003 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematiso a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: N.R [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.071$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Cinematiso n°: 2

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota sopra elevata

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 1.197

PGA relativa al cinematiso nel caso di analisi cinematica lineare: 0.3110 [g]

PGA relativa al cinematiso nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.1581 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0.490

accelerazione spettrale di attivazione del cinematiso a_0^* : 0.599 [g]

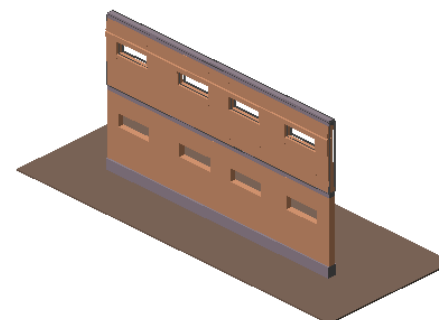
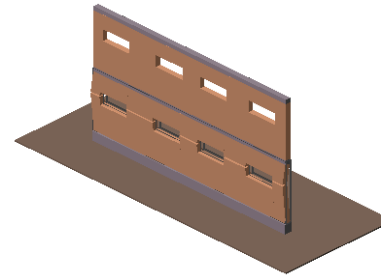
Massa partecipante al cinematiso M^* : 44 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.682

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: 0.139 [g]



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 157 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.079$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = 0.232$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0.165 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.086$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.275$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.391[sec]

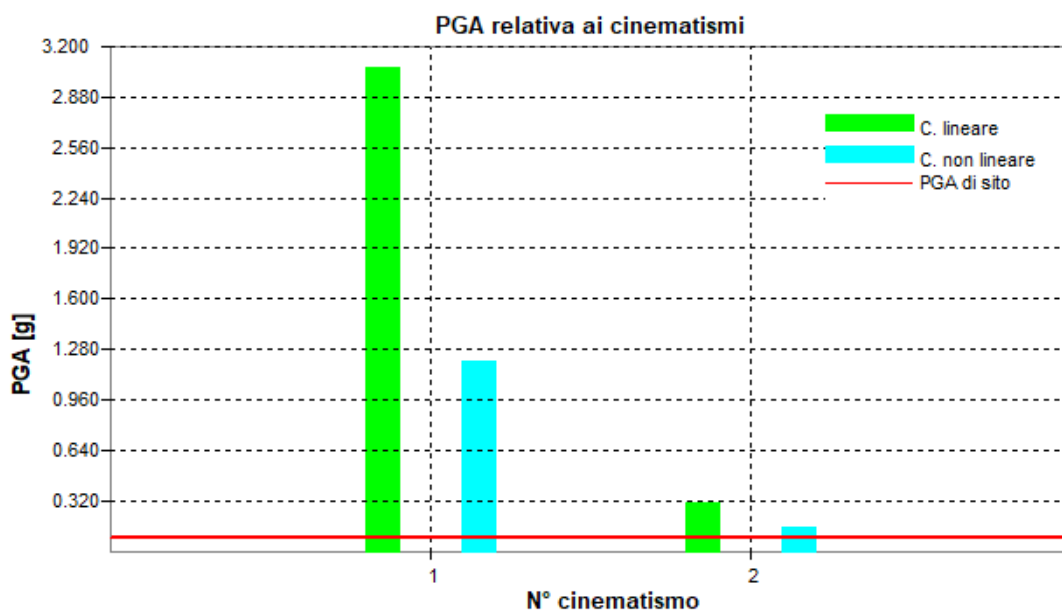
Spostamento spettrale d_u^* : 0.048[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.010 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: 0.026 [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.217$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.541$ [-]



Le verifiche sono soddisfatte.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 158 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.3.2.3.2 Verifiche eseguite sulla parete muraria situata sul prospetto nord est

Cinematismo n°: 1

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota zero

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 0.000

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 2.5352 [g]

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.9954 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 1.150

accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 1.521 [g]

Massa partecipante al cinematismo M^* : 33 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.630

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.031$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.034$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.254[sec]

Spostamento spettrale d_u^* : 0.051[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematismo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.004 [m]

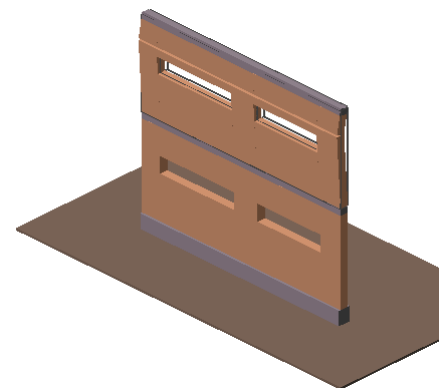
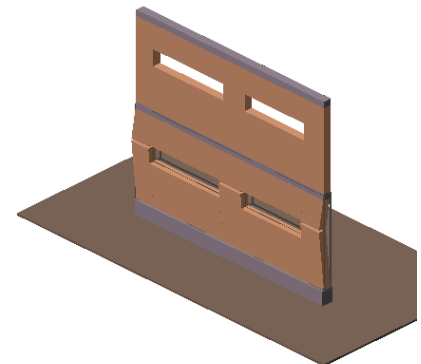
Domanda di spostamento nel caso di cinematismo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: N.R [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.086$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Cinematismo n°: 2

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota sopra elevata



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 159 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 1.197

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica lineare: 0.2557 [g]

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.1872 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0.418

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* : 0.492 [g]

Massa partecipante al cinematisimo M^* : 32 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.707

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: 0.139 [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.096$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = 0.282$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0.165 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.104$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.335$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.451[sec]

Spostamento spettrale d_u^* : 0.052[m]

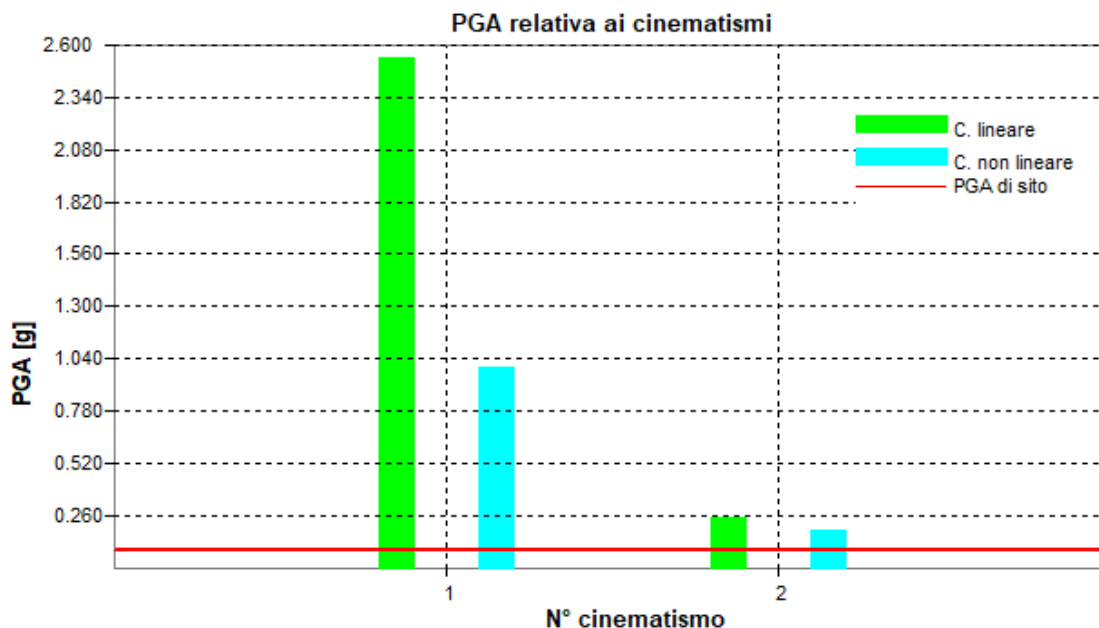
Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.014 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: 0.024 [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.265$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.457$ [-]

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 160 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	



Le verifiche sono soddisfatte.

12.3.2.3.3 Verifiche eseguite sulla parete muraria situata sul prospetto nord est

Cinematismo n°: 1

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota zero

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 0.000

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 3.1782 [g]

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica non lineare: 1.2512 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 1.364

accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 1.907 [g]

Massa partecipante al cinematismo M^* : 29 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.596

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

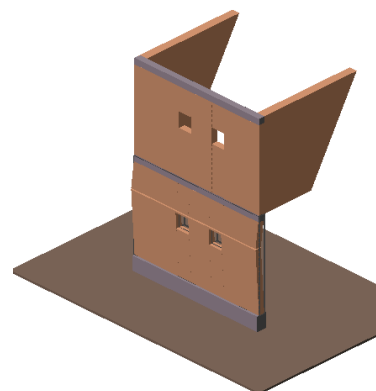
Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.025$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 161 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.027$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.213[sec]

Spostamento spettrale d_u^* : 0.045[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.003 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: N.R [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.068$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Cinematisimo n°: 2

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota sopra elevata

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 1.197

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica lineare: 0.3194 [g]

PGA relativa al cinematisimo nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.1546 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0.500

accelerazione spettrale di attivazione del cinematisimo a_0^* : 0.615 [g]

Massa partecipante al cinematisimo M^* : 28 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.677

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: 0.139 [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.077$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = 0.226$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

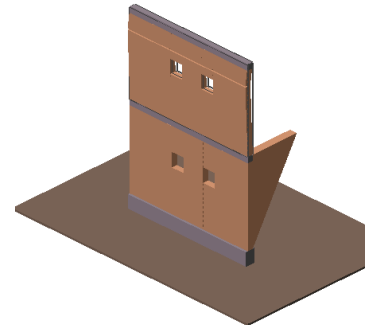
Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0.165 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.084$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.268$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 162 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Periodo secante T_s : 0.385[sec]

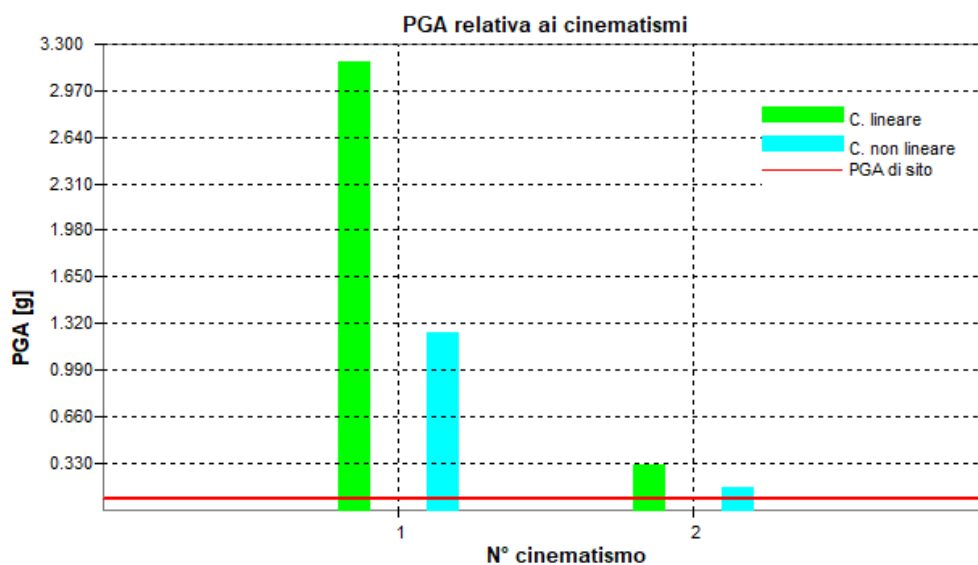
Spostamento spettrale d_u^* : 0.048[m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.010 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematisimo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: 0.026 [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.211$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.554$ [-]



Le verifiche sono soddisfatte.

12.4 ALA EST DELLA SCUOLA

12.4.1 Strutture portanti in c.a.

12.4.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico sismiche.

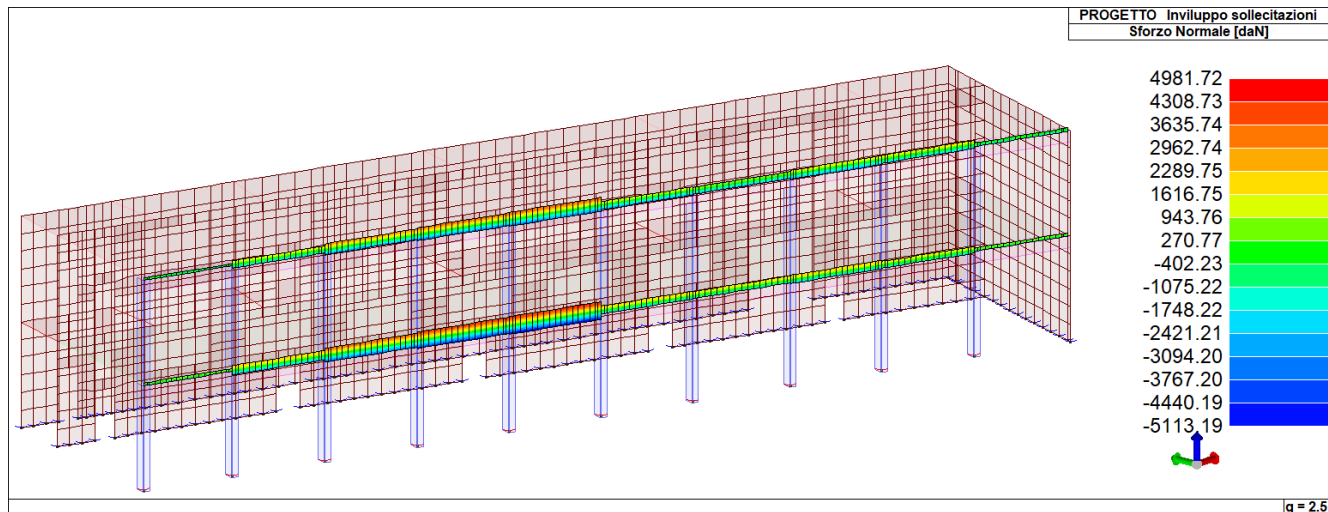


Figura 236. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

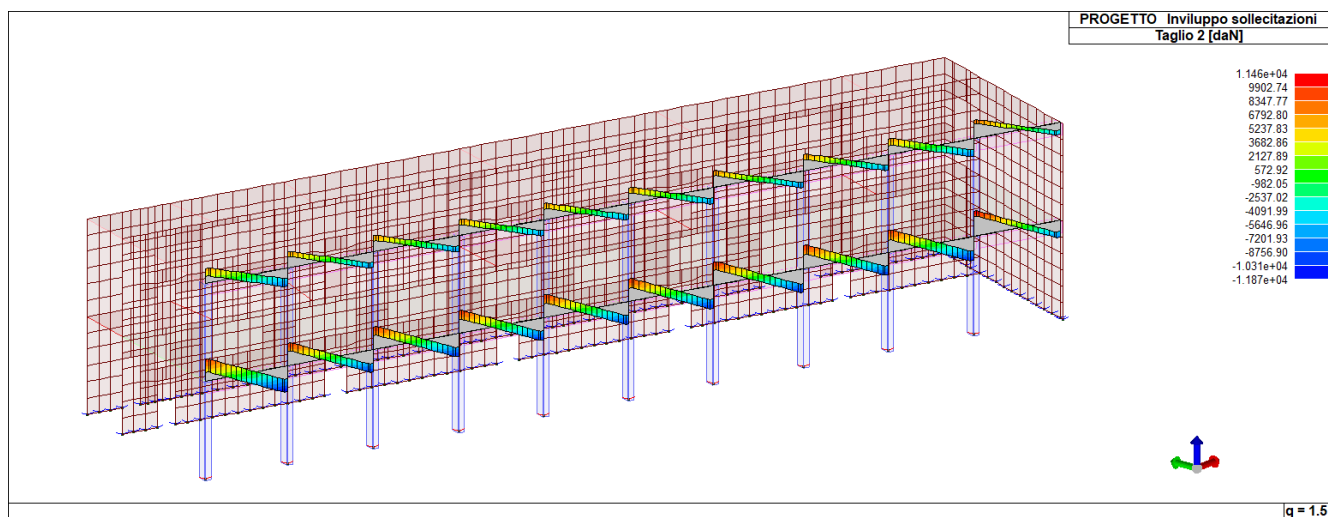


Figura 237. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

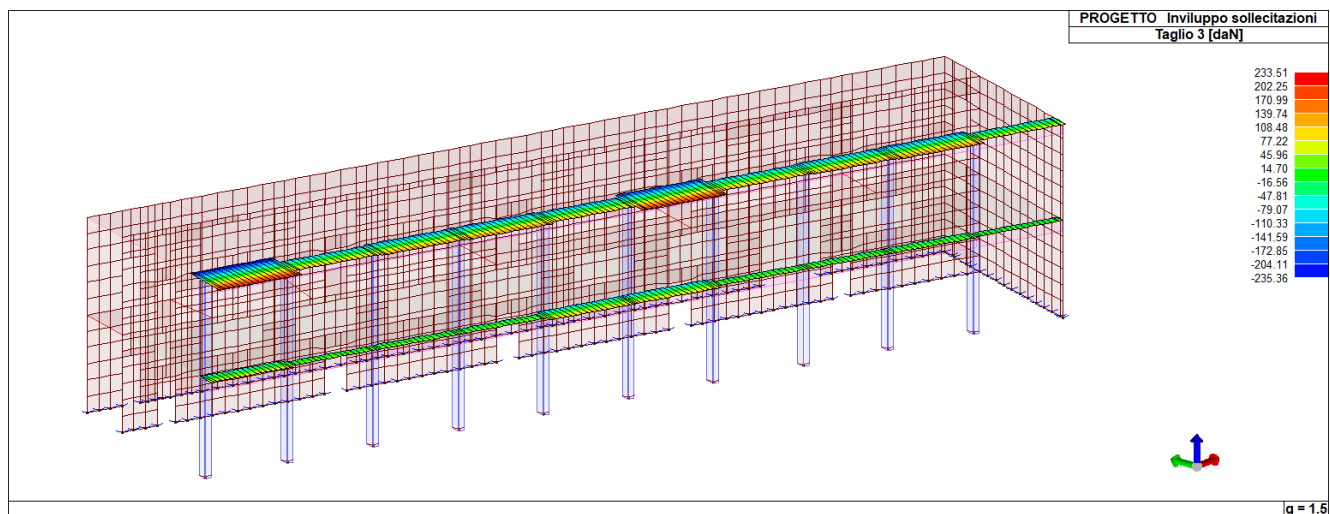


Figura 238. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (orizzontale) nelle travi

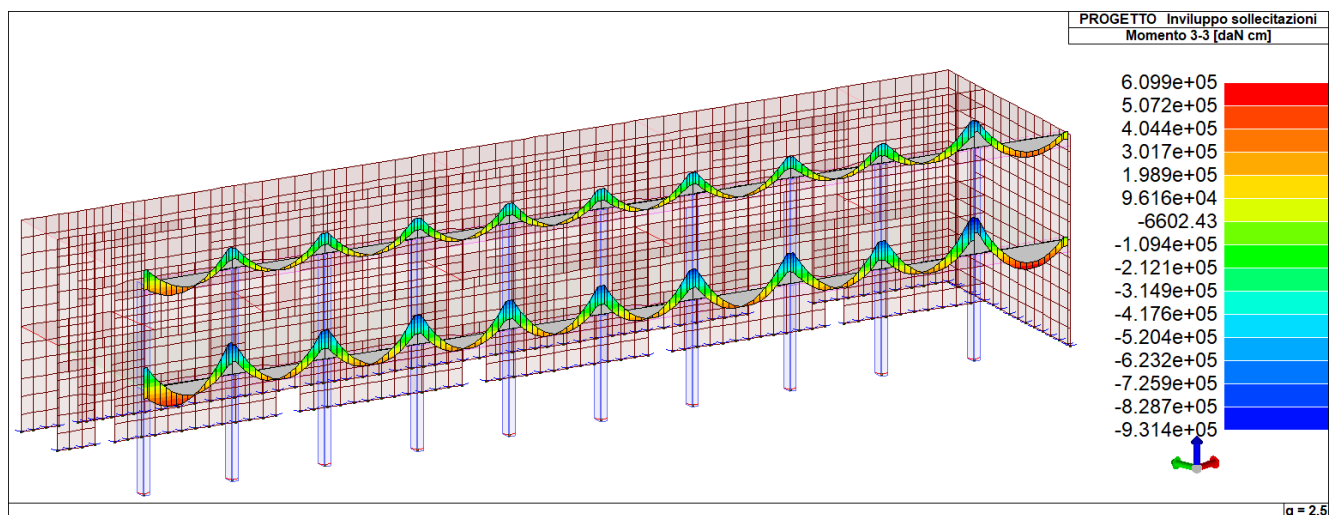


Figura 239. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

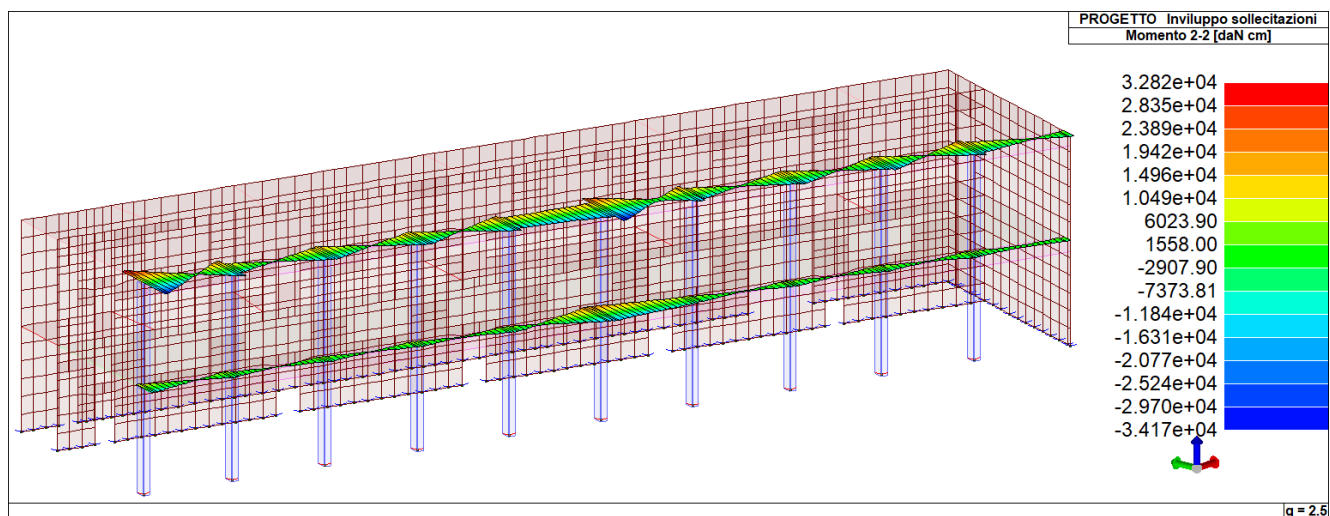


Figura 240. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (orizzontale) nelle travi

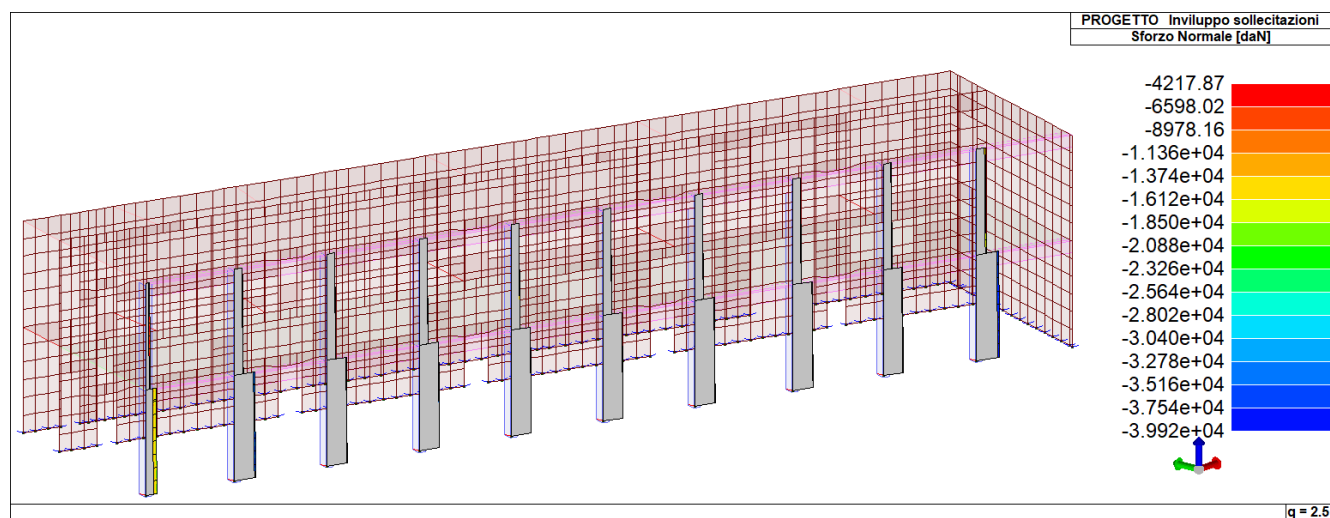


Figura 241. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

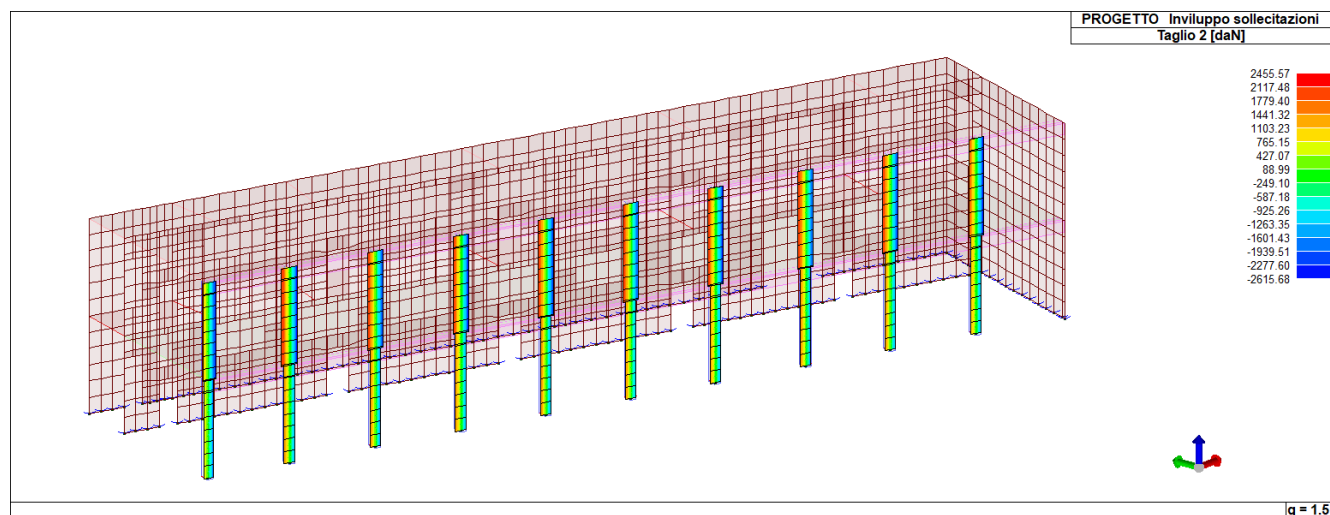


Figura 242. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione X) nei pilastri

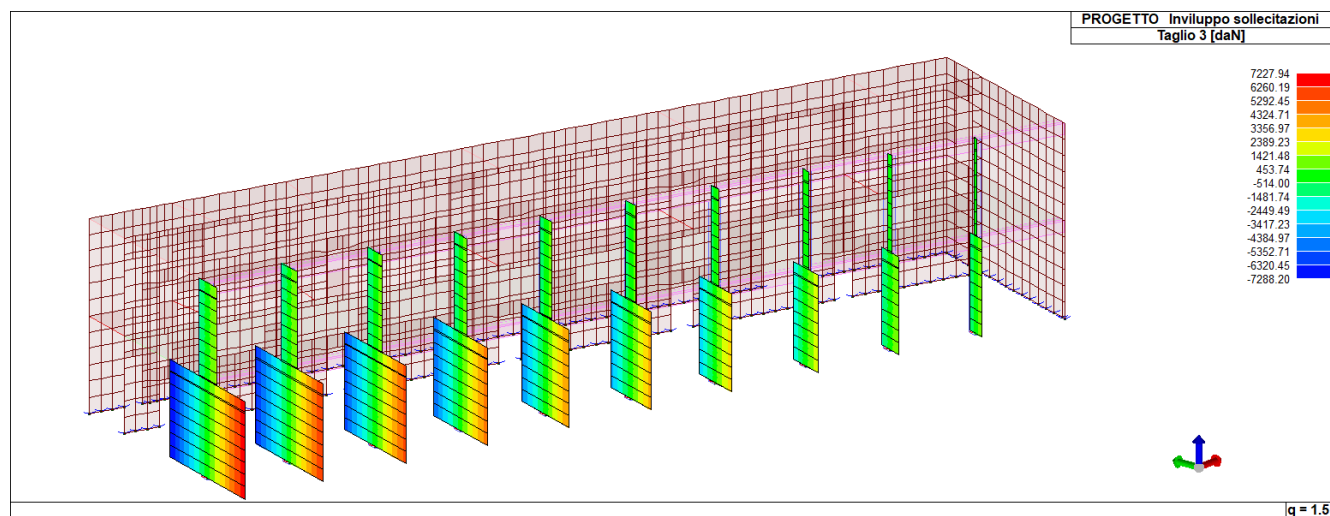


Figura 243. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (direzione Y) nei pilastri

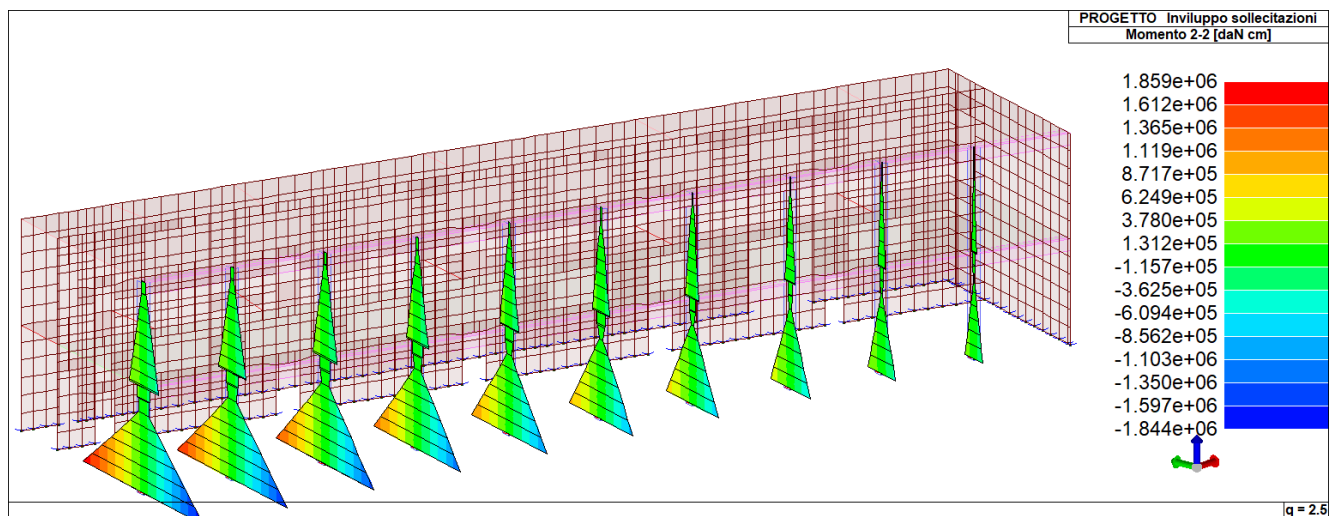


Figura 244. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

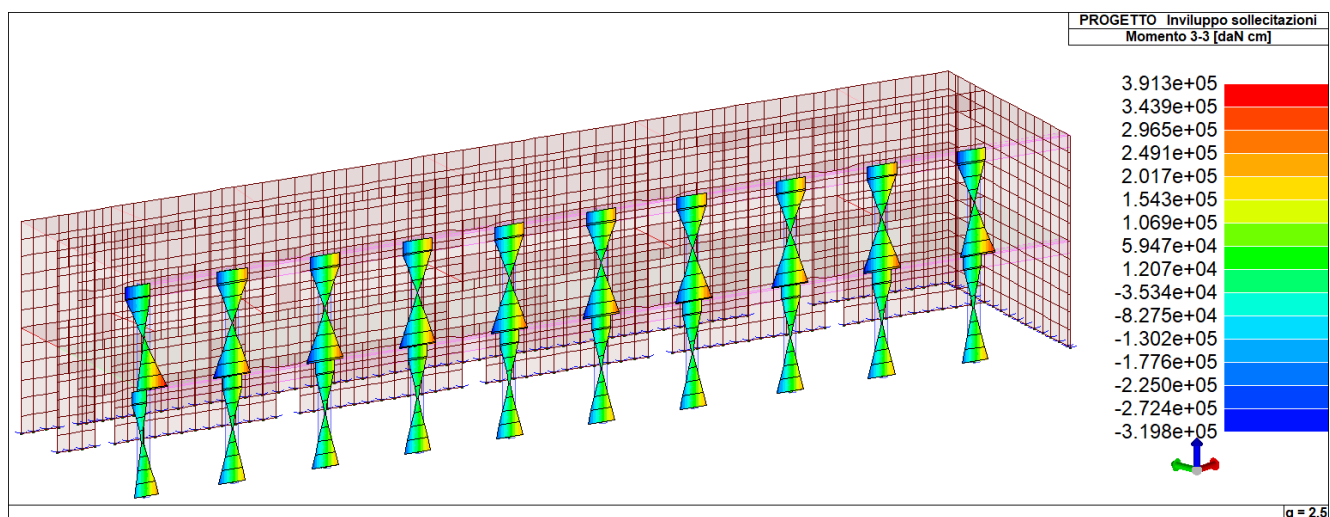


Figura 245. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

12.4.1.2 Verifica degli elementi

Le analisi effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

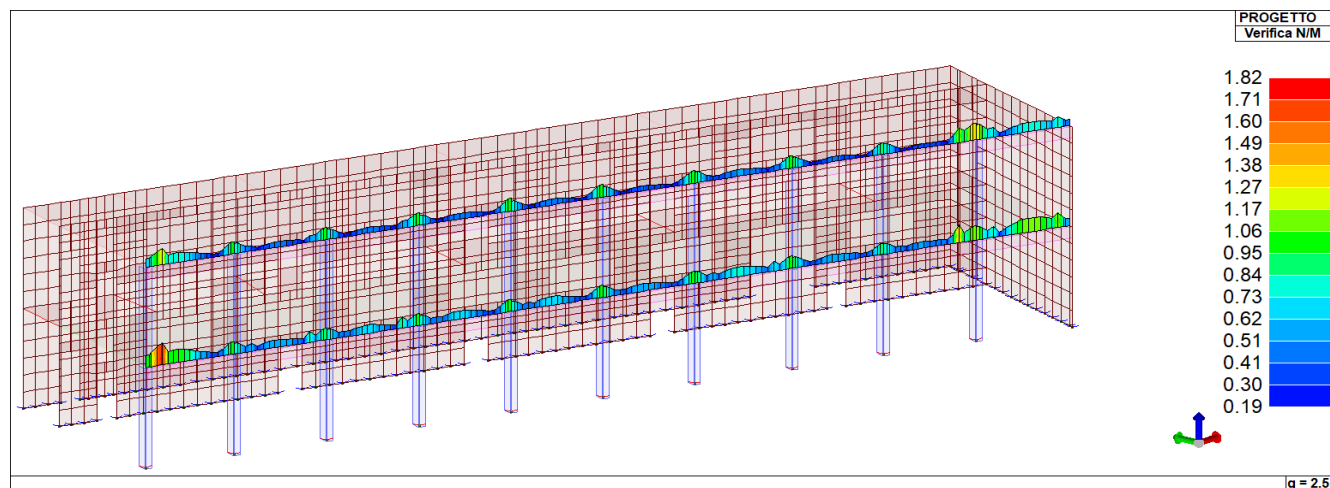


Figura 246. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 . (100% ag)

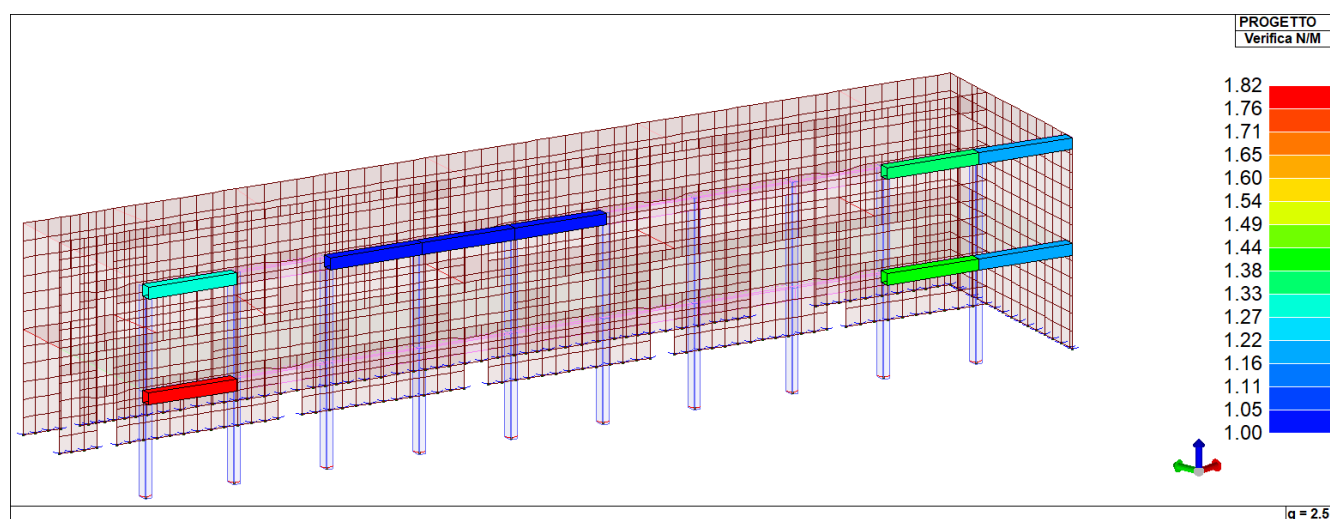


Figura 247. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati. (100% ag)

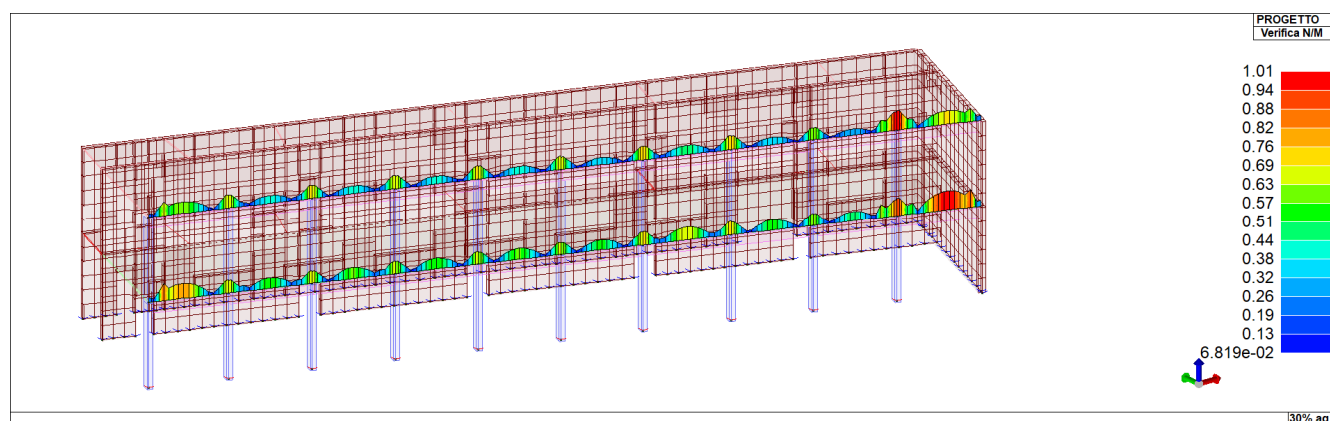


Figura 248. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati. (30% ag)

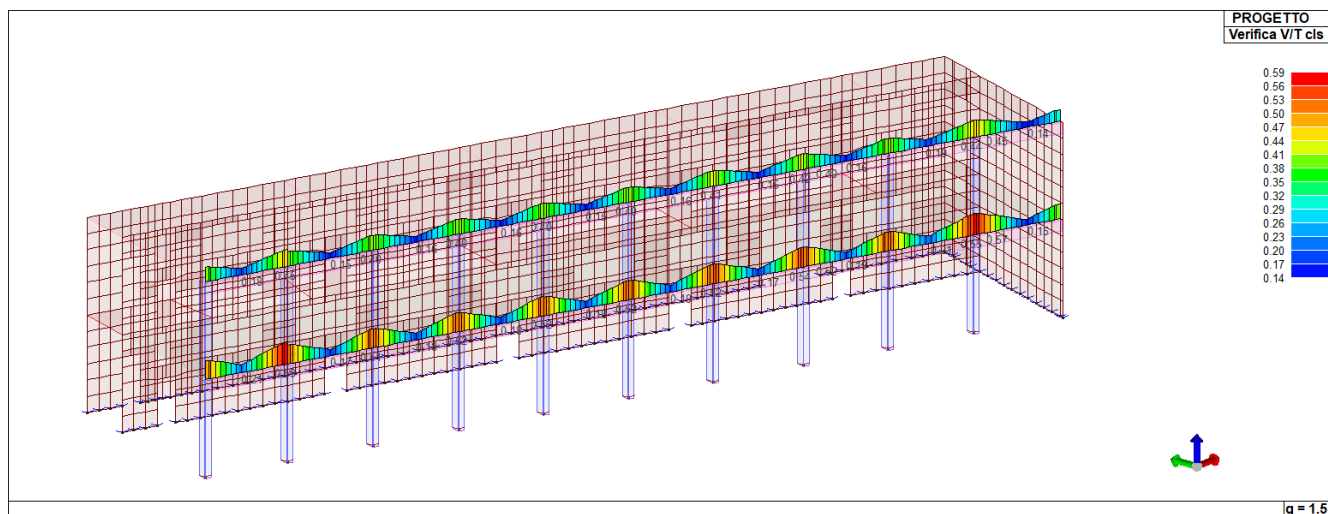


Figura 249. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

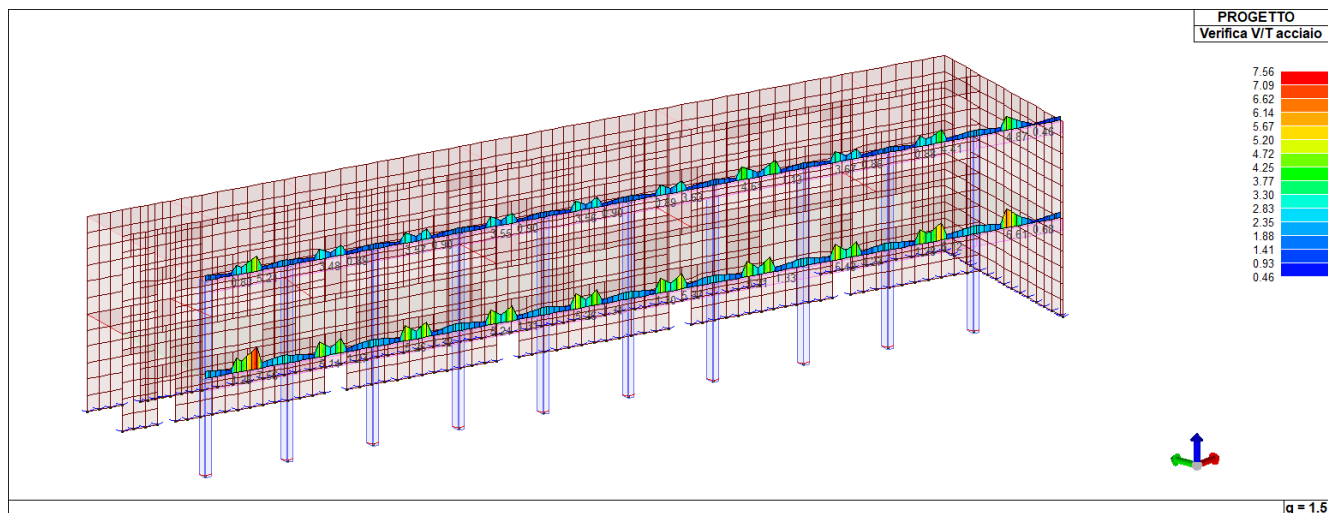


Figura 250. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

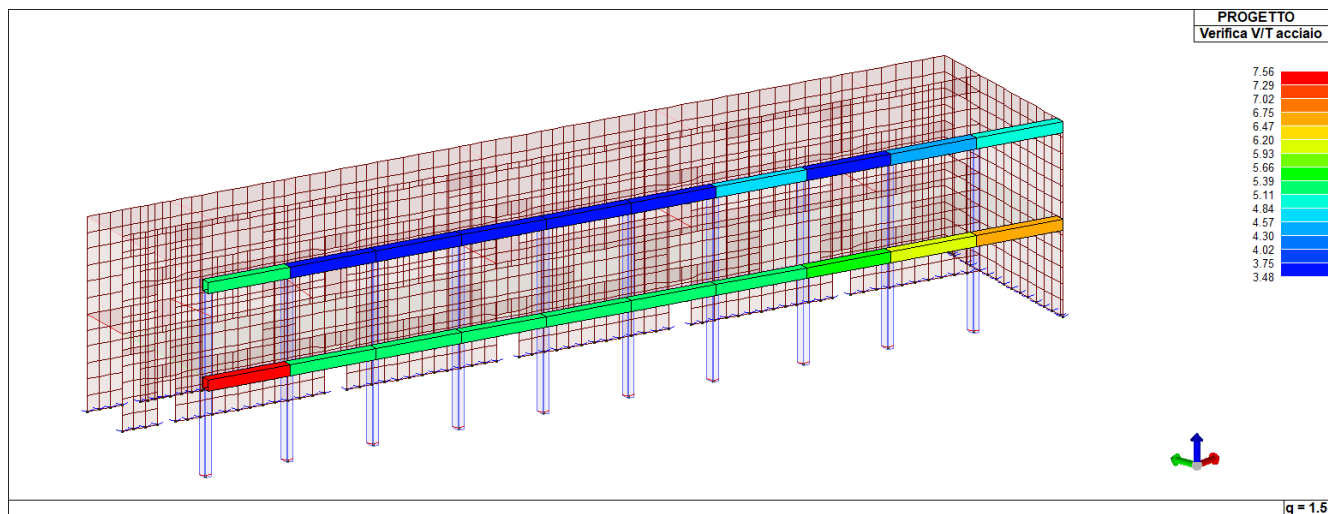


Figura 251. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati. (100% ag)

Per quanto concerne il taglio sulle travi, la capacità degli elementi orizzontali in c.a. nei confronti del sisma è nulla. Difatti, tali elementi risultano non soddisfare neanche le verifiche statiche.

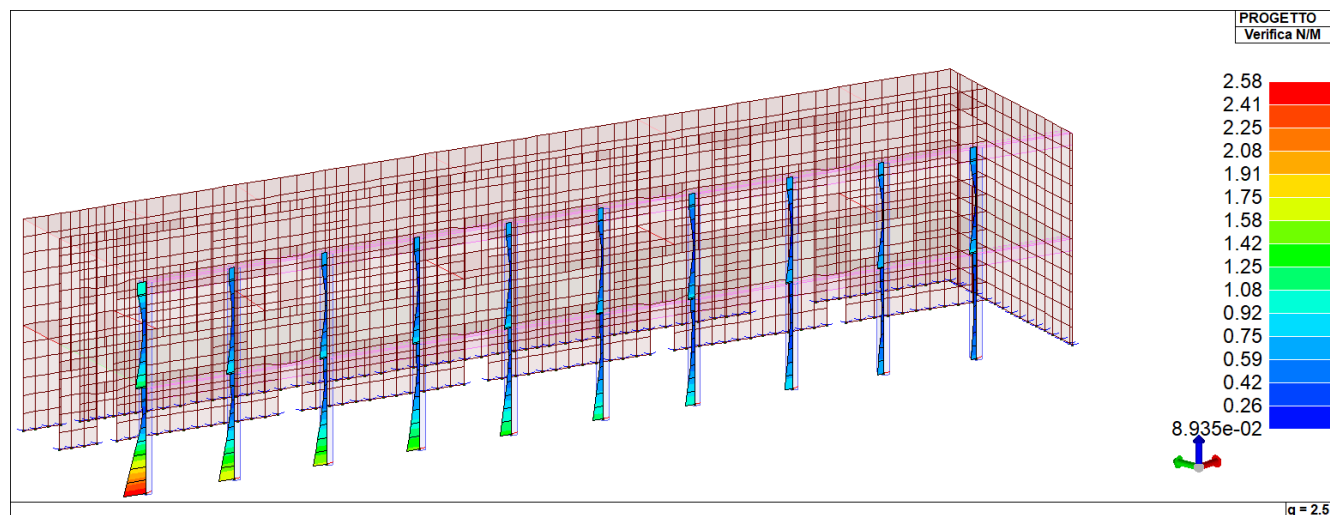


Figura 252. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.
(100% ag)

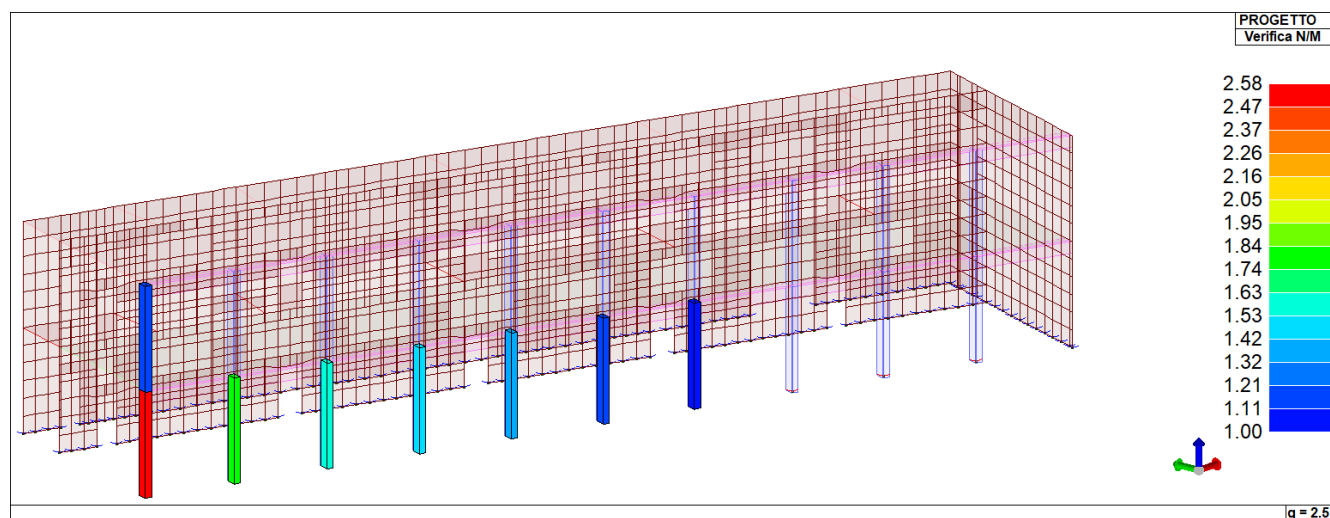


Figura 253. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. Elementi non verificati. **(100% ag)**

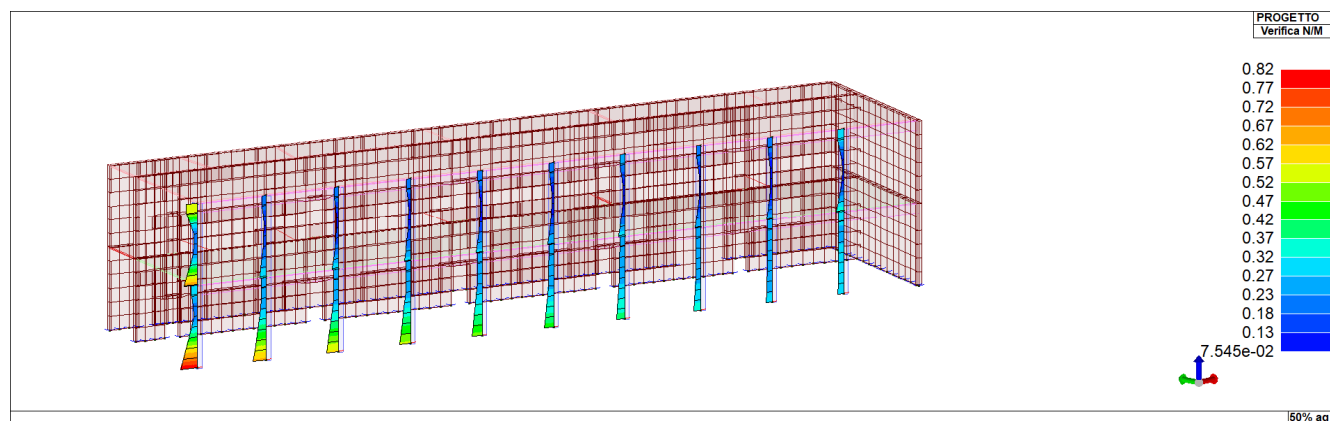


Figura 254. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. Elementi non verificati. **(50% ag)**

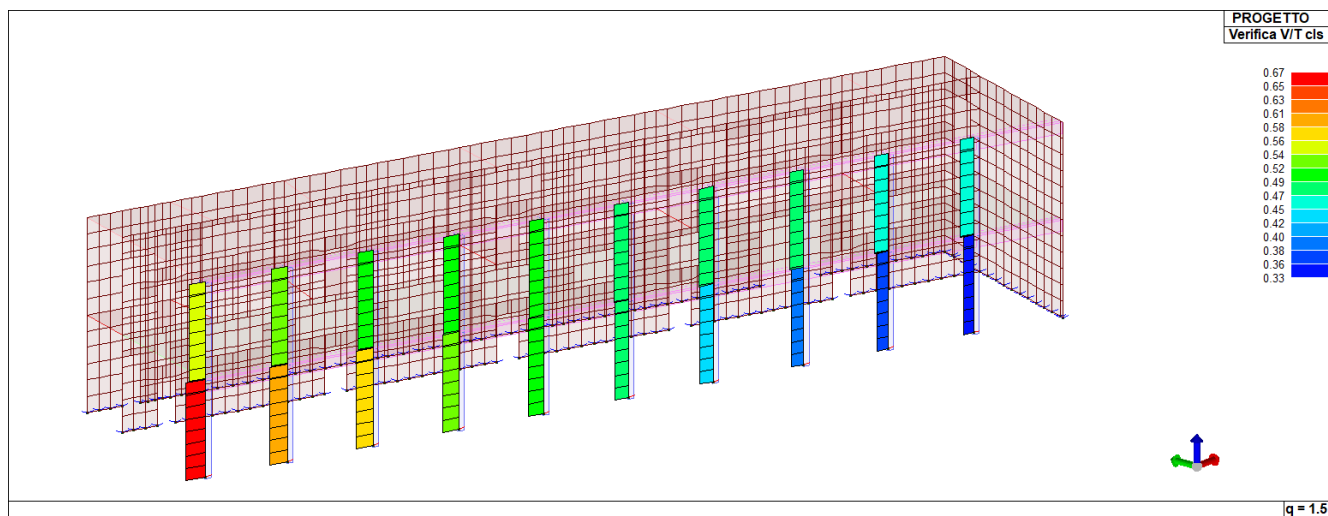


Figura 255. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

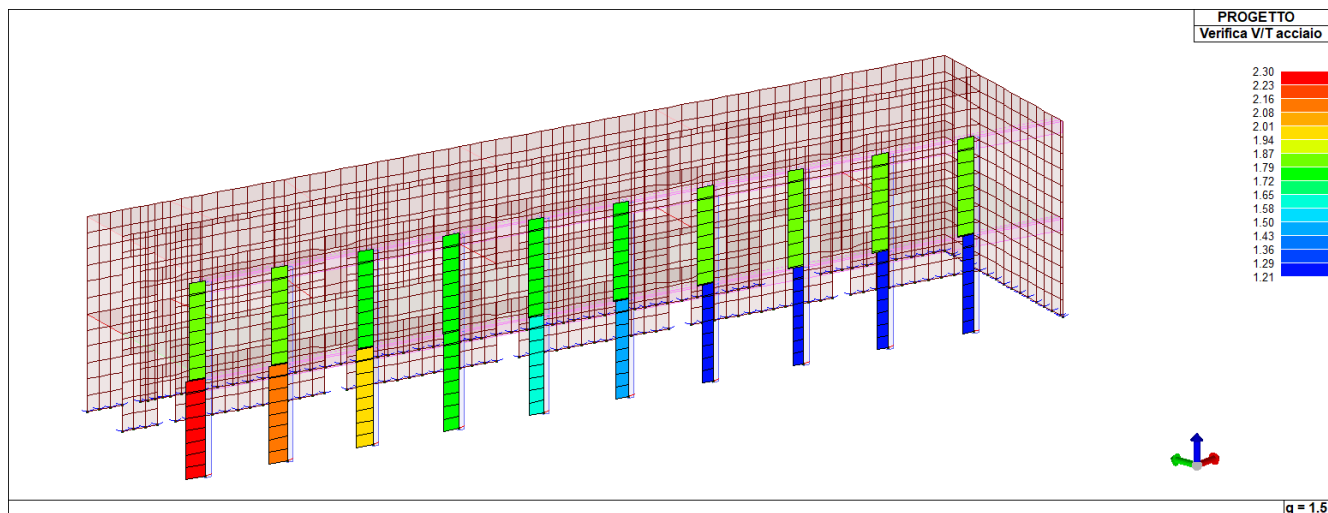


Figura 256. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

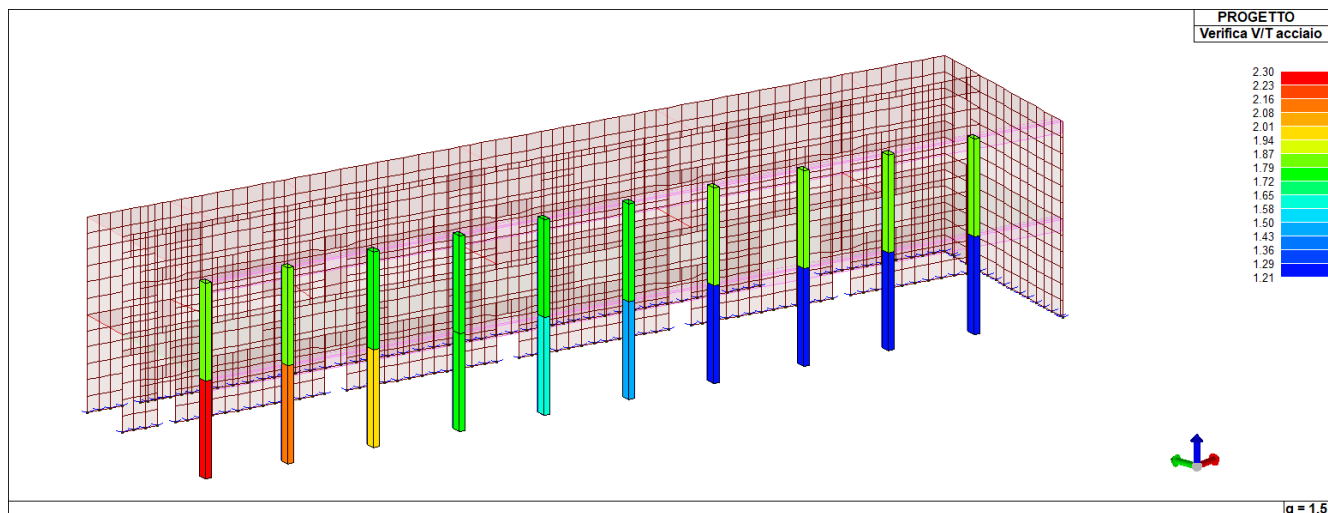


Figura 257. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. Elementi non verificati. (100% ag)

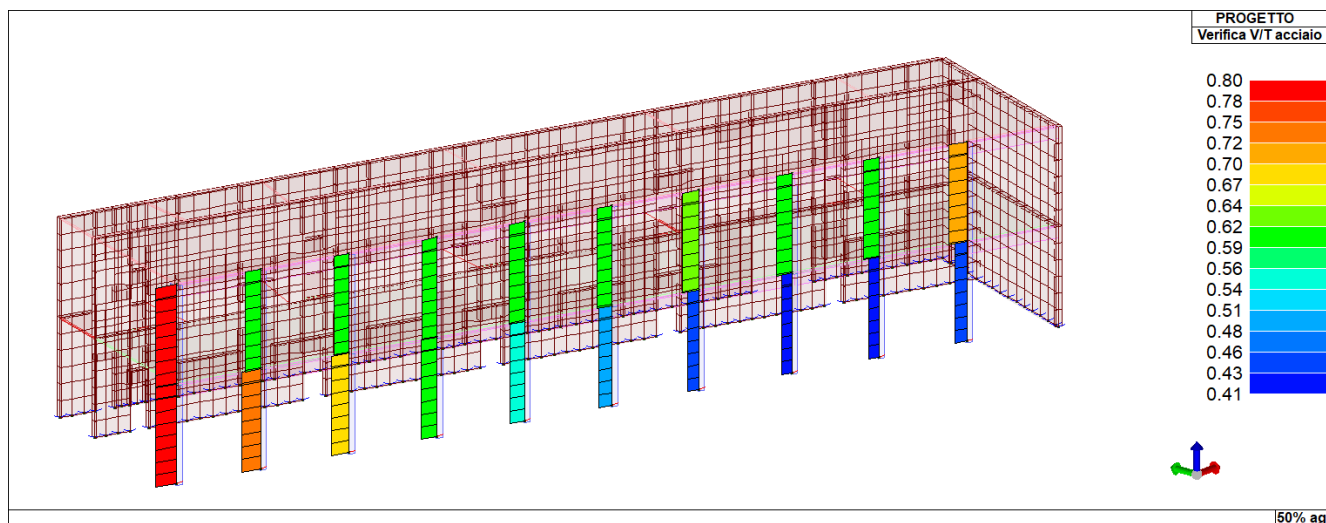


Figura 258. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. Elementi non verificati. (50% ag)

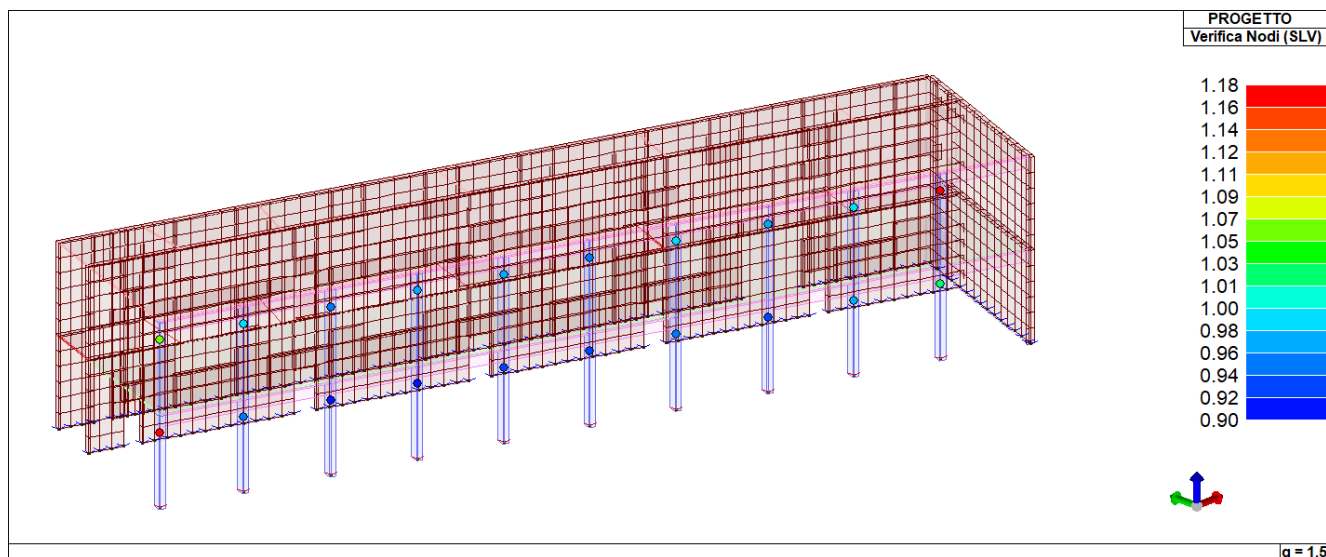


Figura 259. Verifica dei nodi non confinati. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

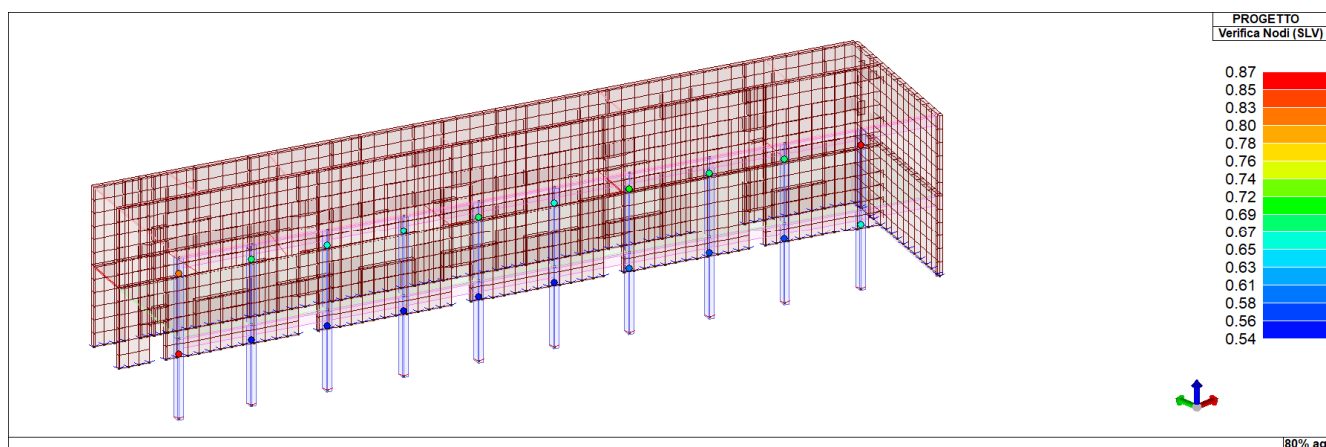


Figura 260. Verifica dei nodi non confinati. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (80% ag)

12.4.2 Strutture portanti muratura

12.4.2.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano le azioni macro massime rilevate nei maschi e nelle fasce murarie, nelle combinazioni di carico statiche.

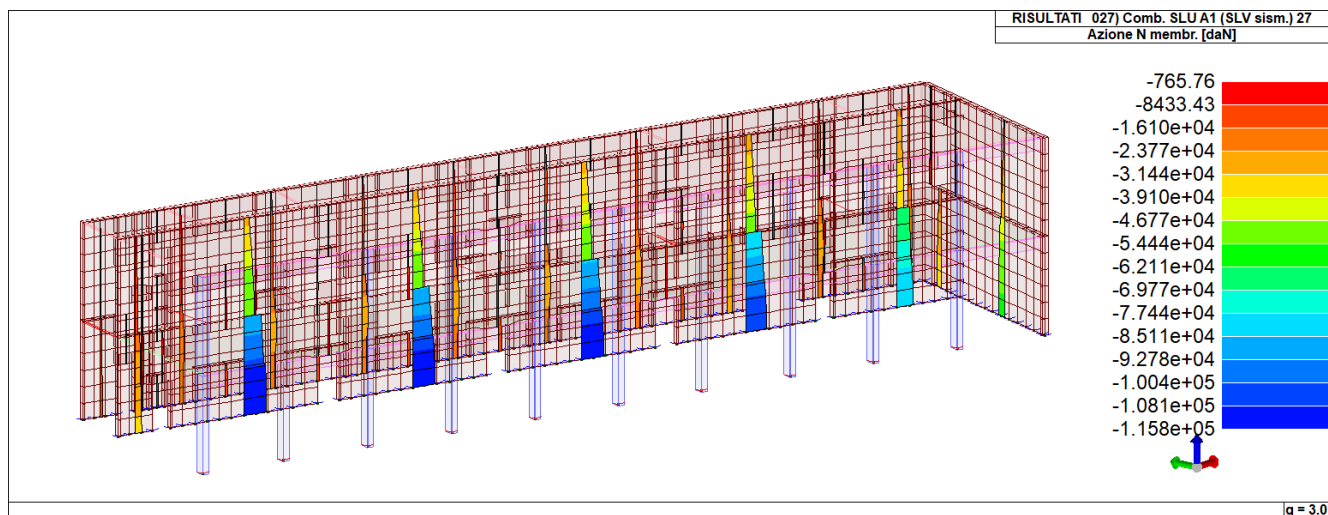


Figura 261. Azione macro N membranale

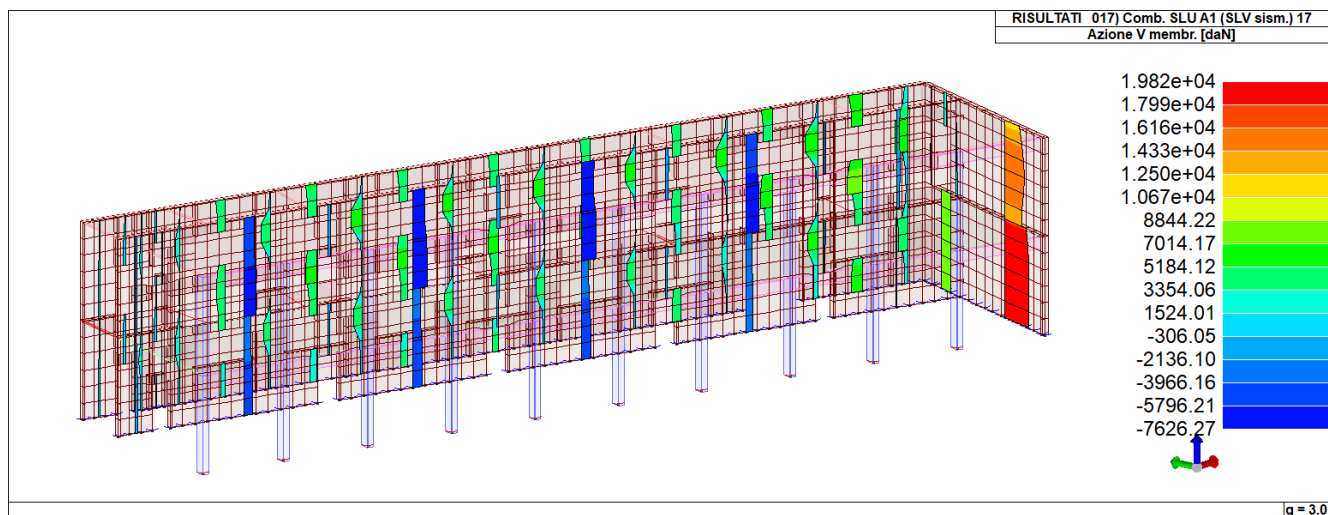


Figura 262. Azione macro V membranale

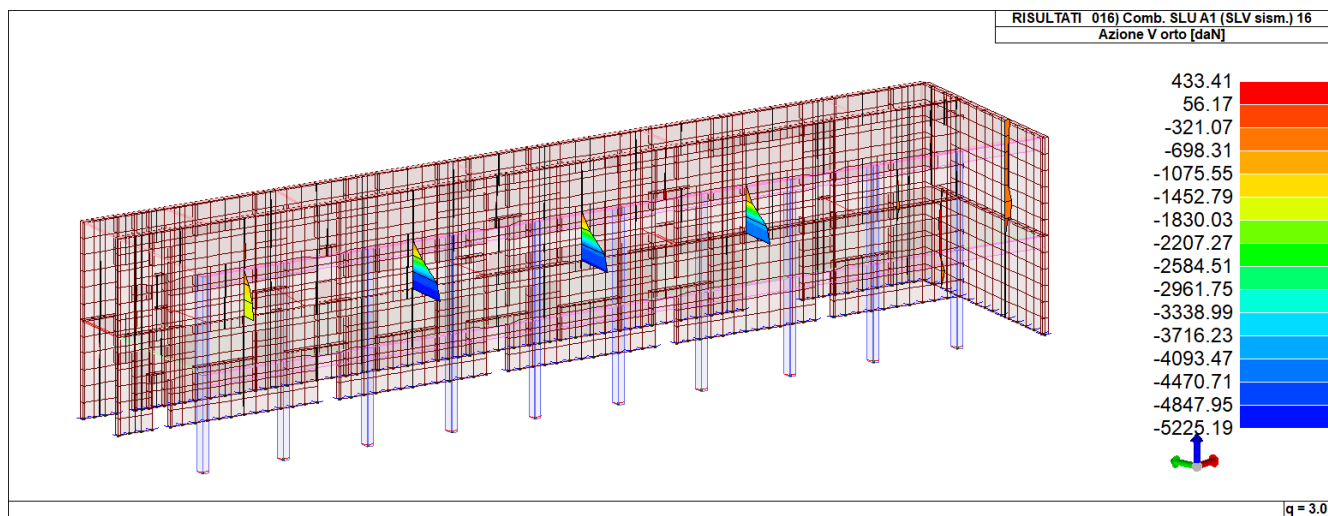


Figura 263. Azione macro V ortogonale

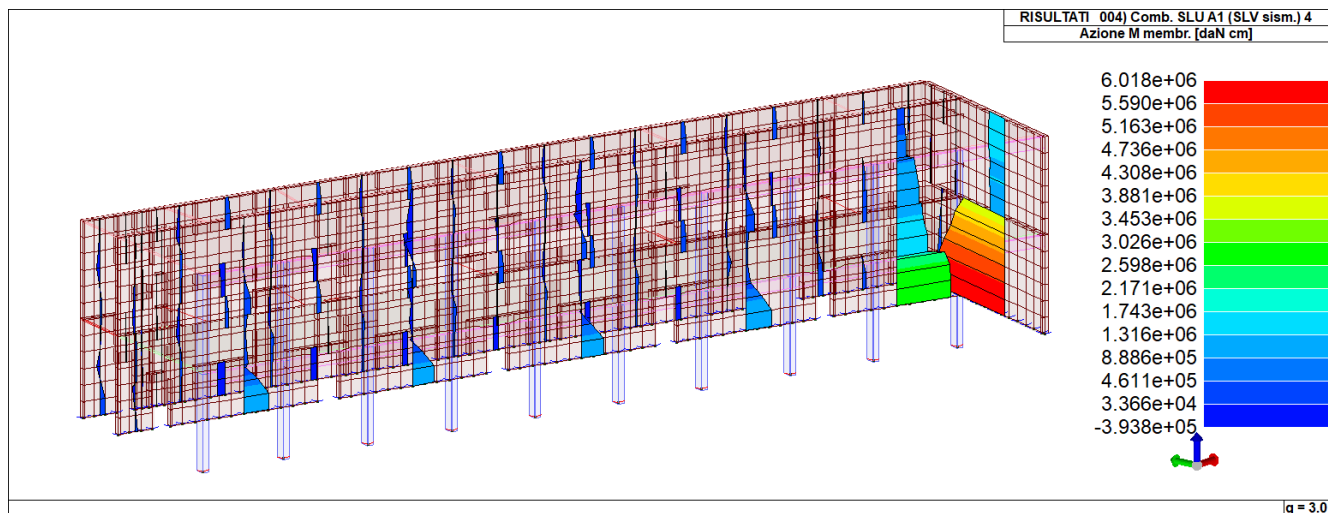


Figura 264. Azione macro M membranale

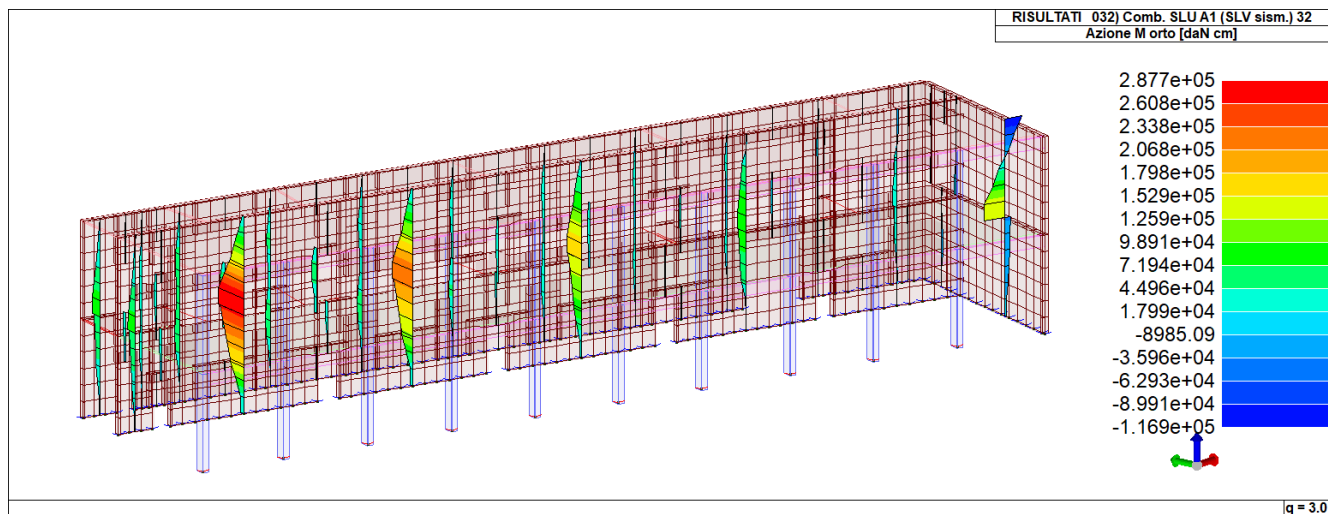


Figura 265. Azione macro M ortogonale

12.4.2.2 Verifica degli elementi

Si riportano i risultati, in forma grafica, delle verifiche effettuate sui maschi e sulle fasce murarie dell'ala est della scuola.

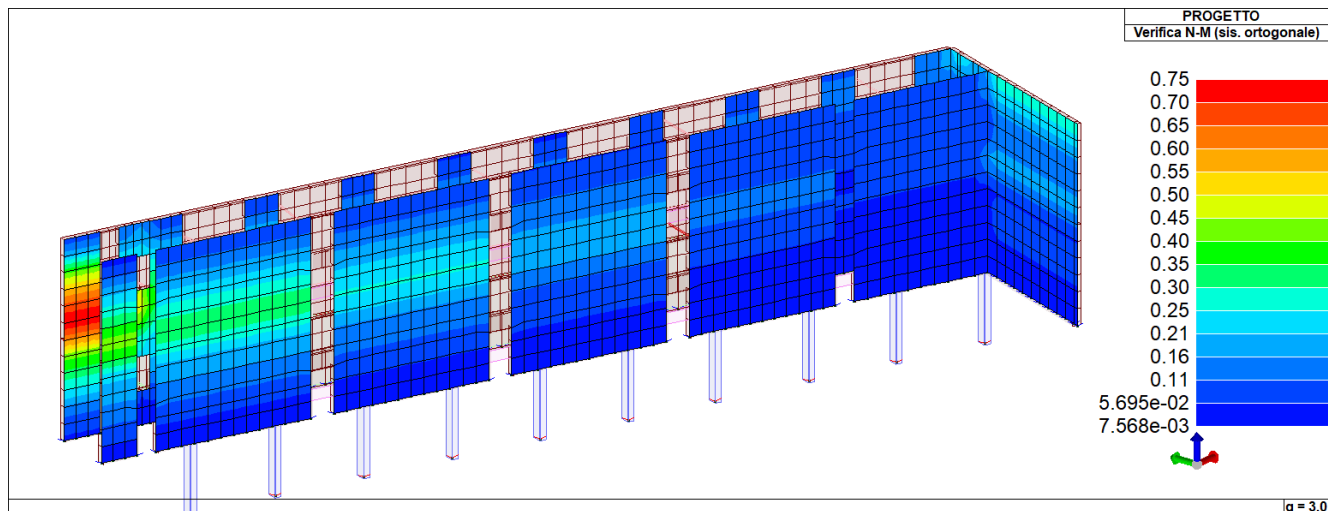


Figura 266. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. **(100% ag)**

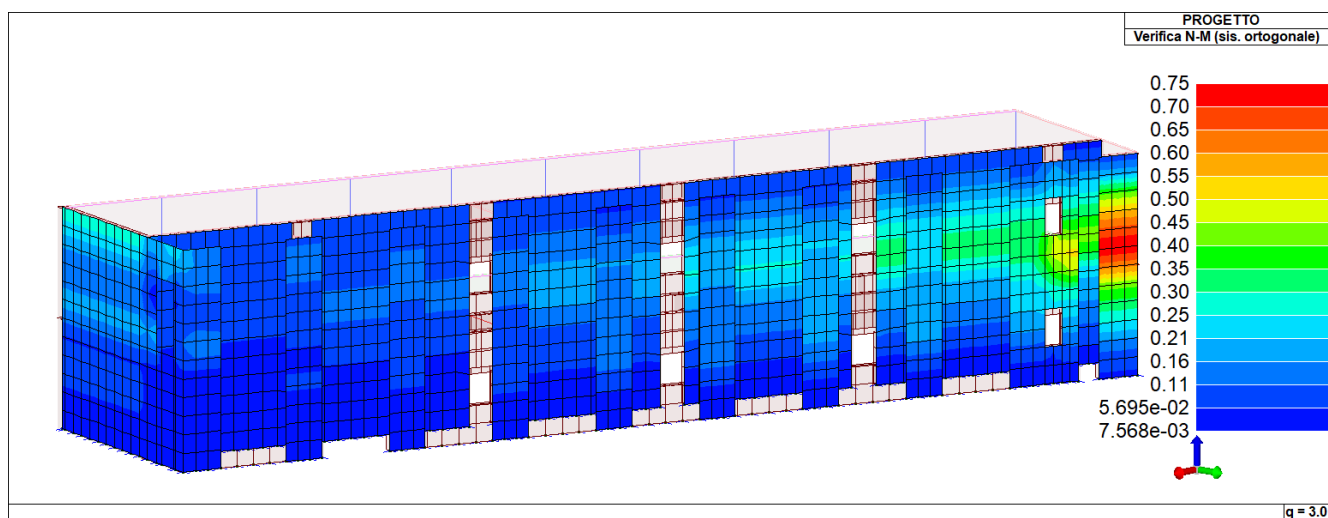


Figura 267. Verifica a presso-flessione fuori piano (ortogonale). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra il carico normale agente e il carico limite della muratura, effettuata per le combinazioni in assenza di sisma. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. **(100% ag)**

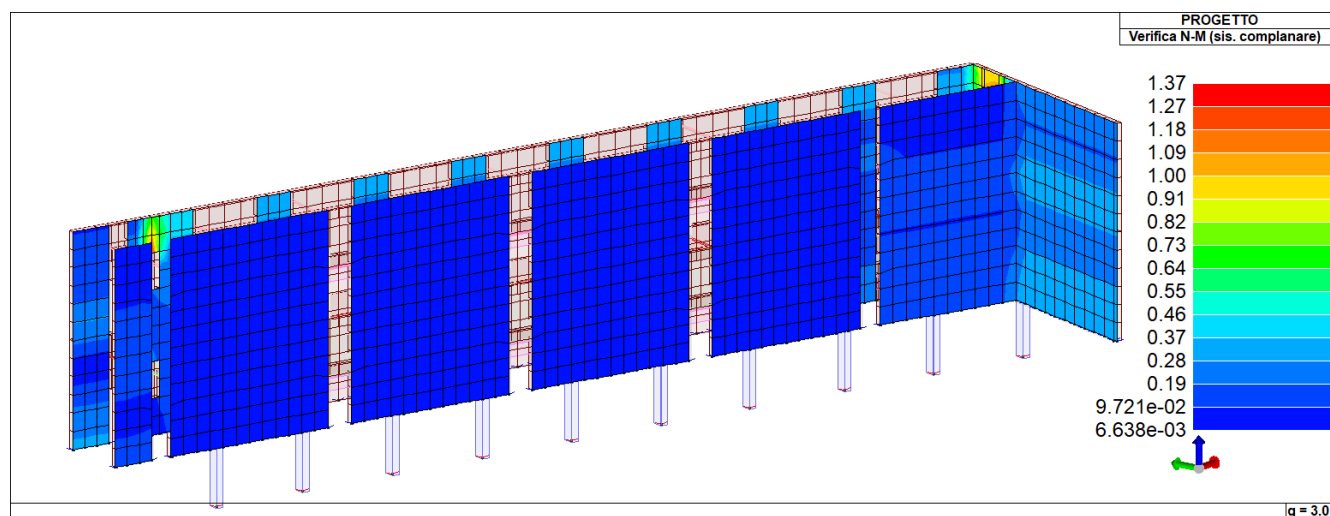


Figura 268. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. (100% ag)

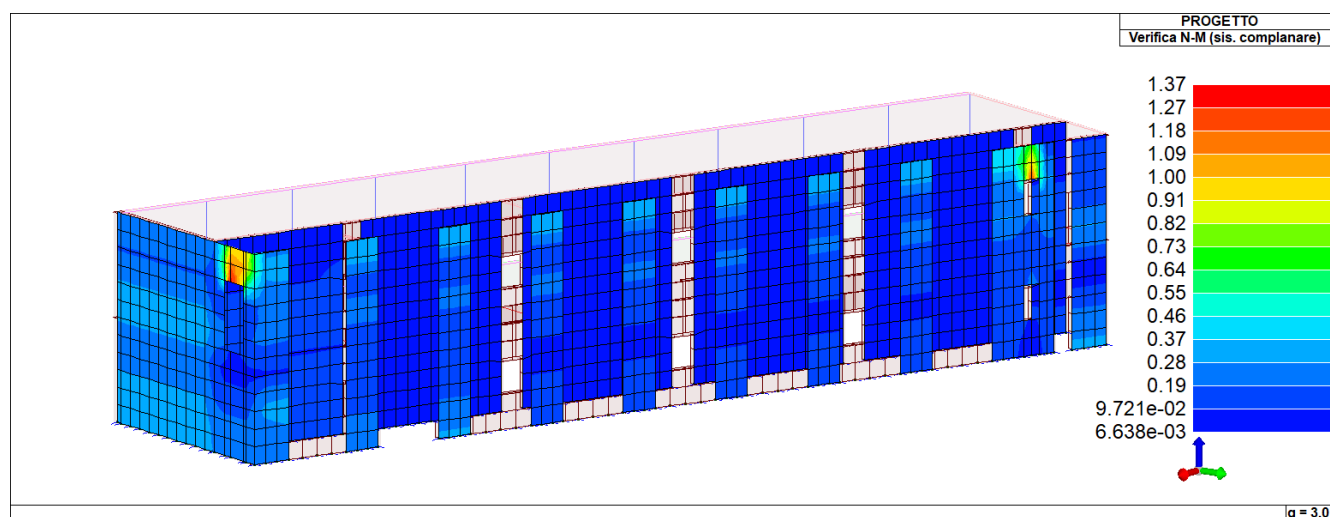


Figura 269. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. (100% ag)

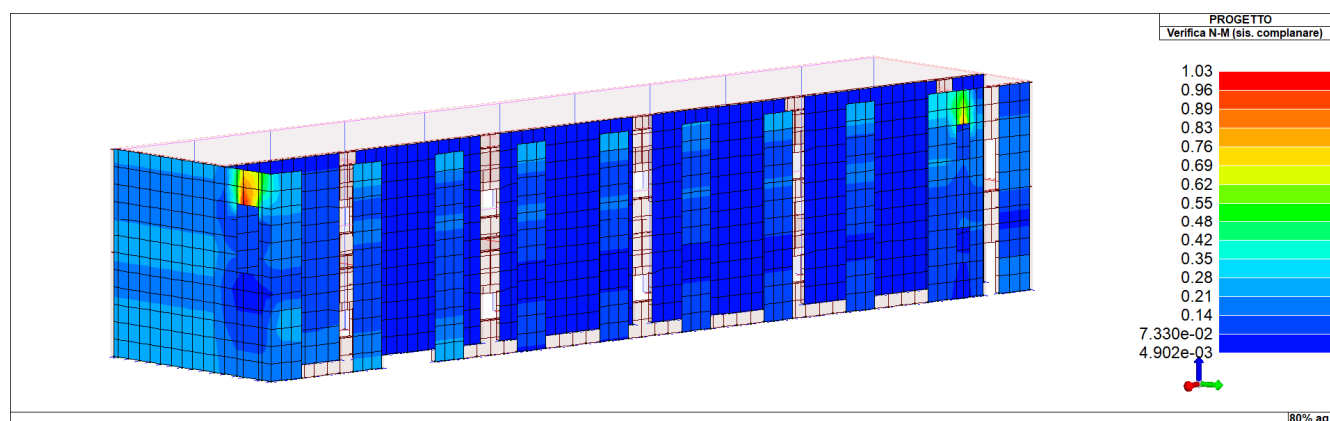


Figura 270. Verifica a presso-flessione nel piano (complanare). Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente nel piano del muro effettuato per le combinazioni di carico statiche. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. (80% ag)

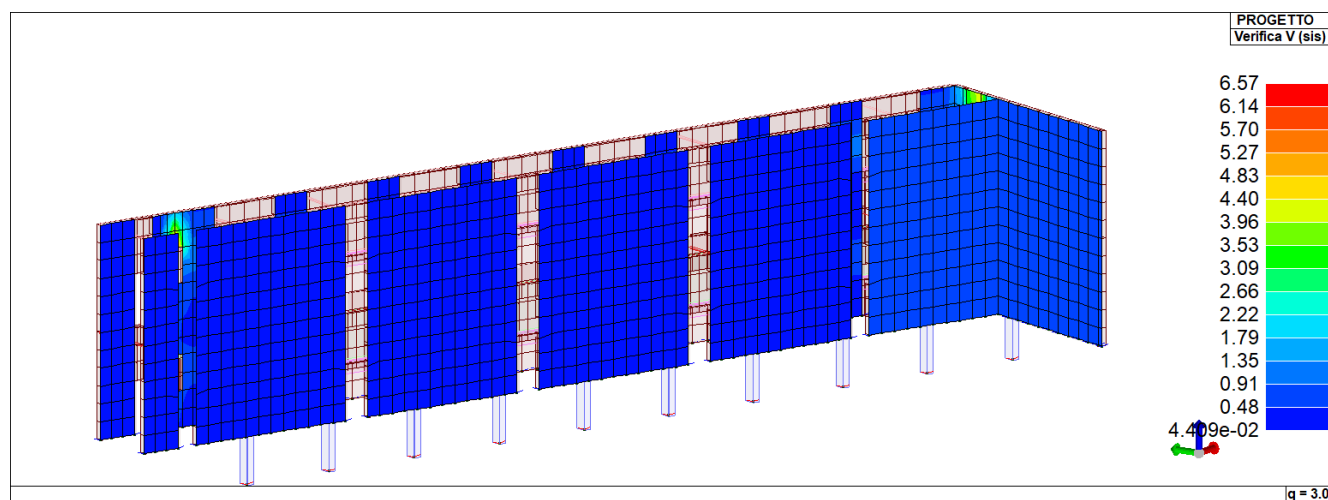


Figura 271. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da sud. (100% ag)

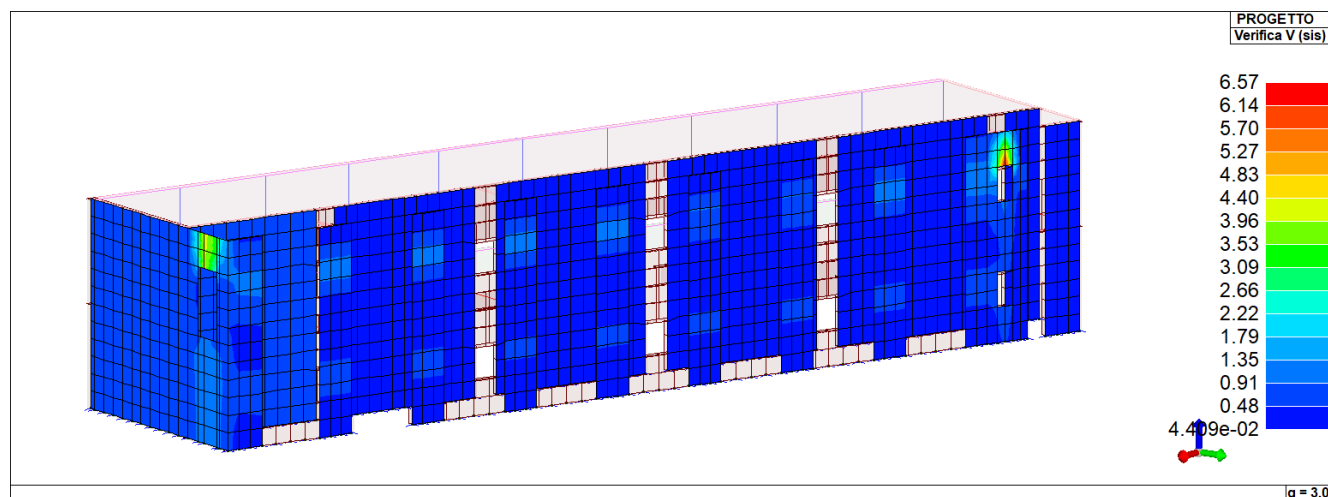


Figura 272. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. Vista da nord. (100% ag)

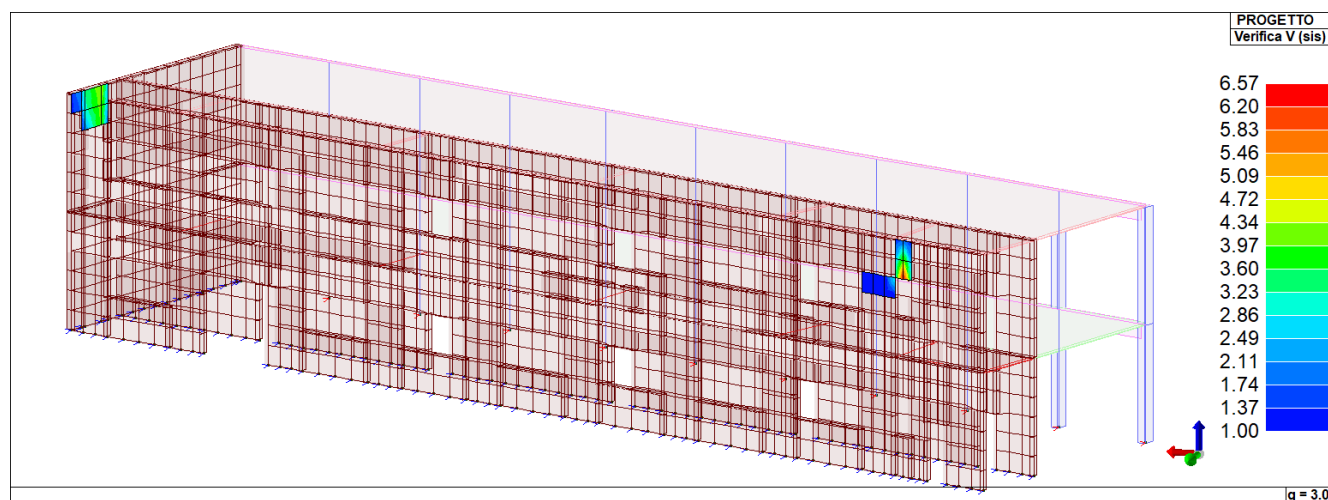


Figura 273. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Elementi non verificati. Vista da nord. (100% ag)

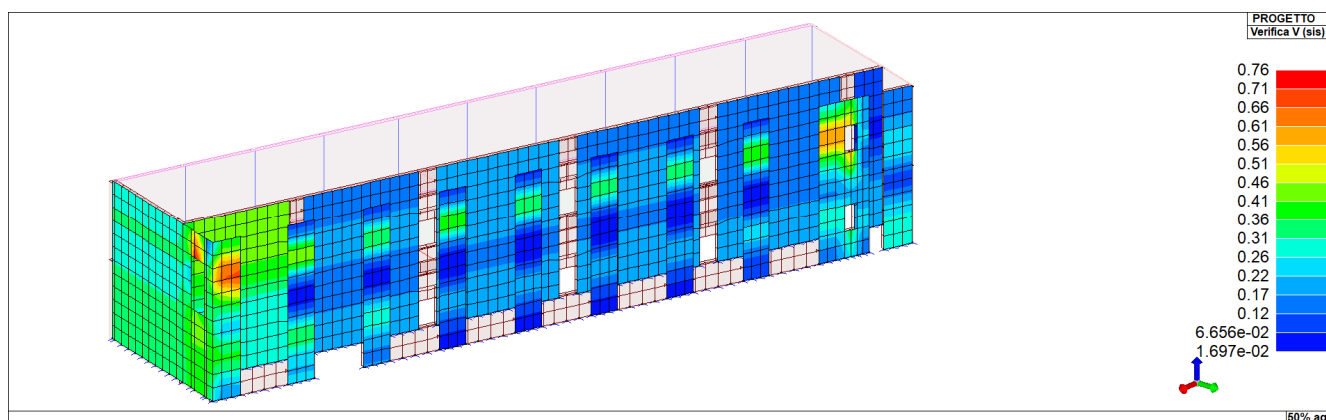


Figura 274. Verifiche a taglio. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, effettuato per tutte le combinazioni. Elementi non verificati. Vista da nord. (100% ag)

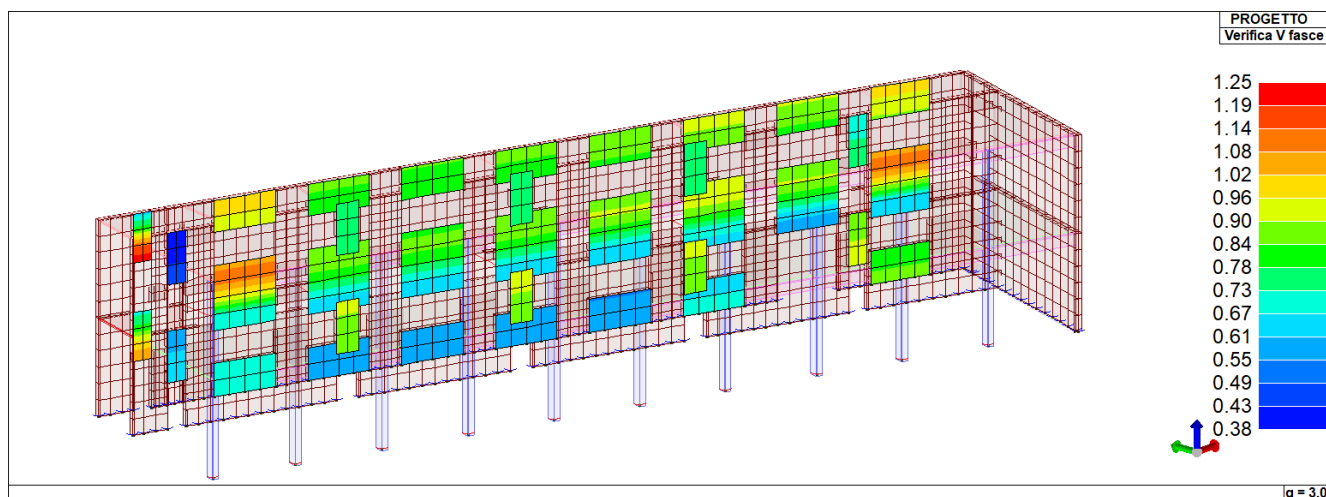


Figura 275. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. (100% ag)

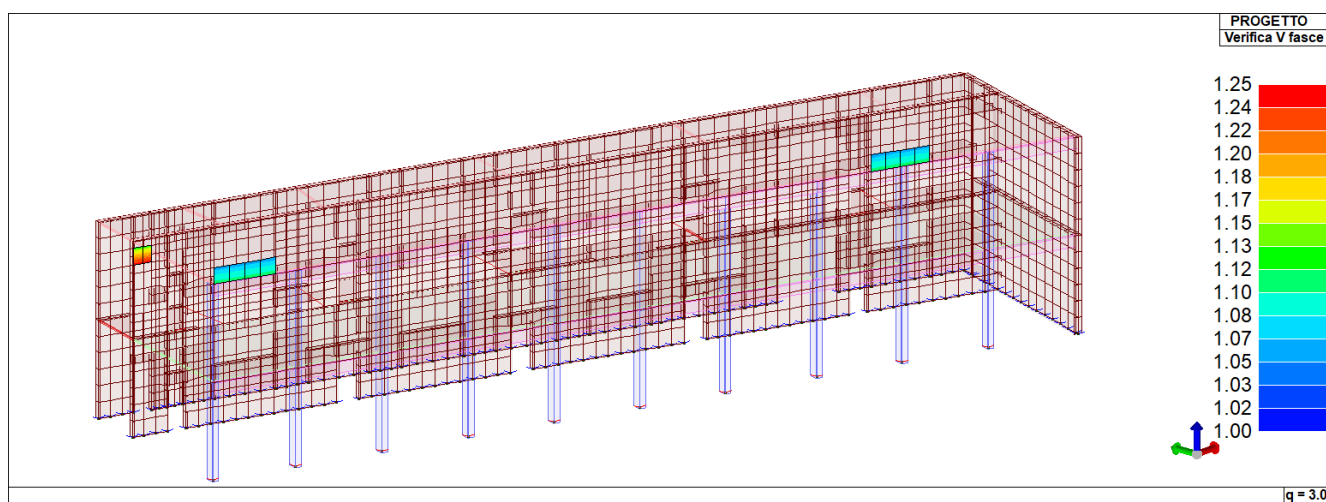


Figura 276. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; elementi non verificati. (100% ag)

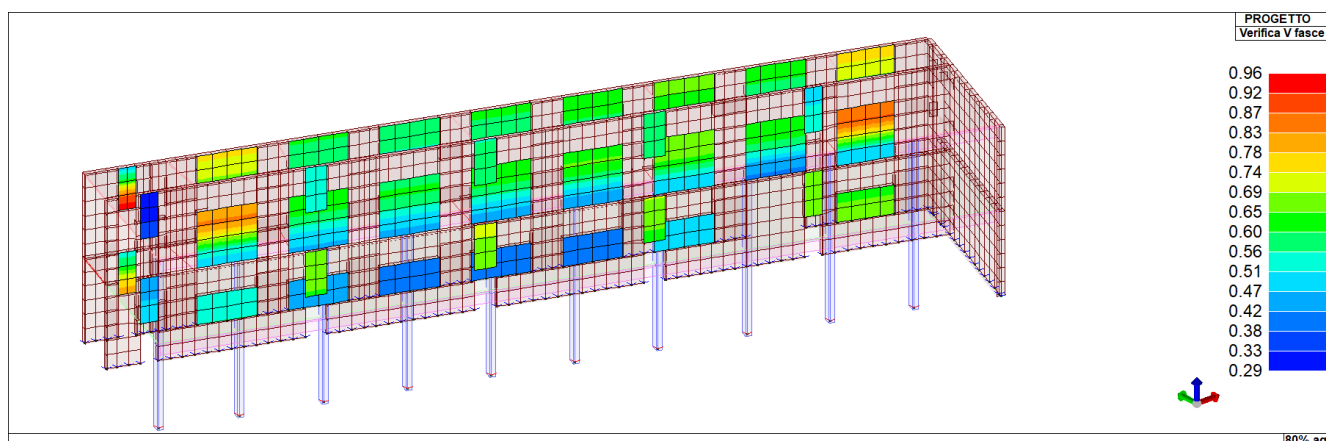


Figura 277. Verifica a taglio delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il taglio nelle travi in muratura e il taglio ultimo; elementi non verificati. **(80% ag)**

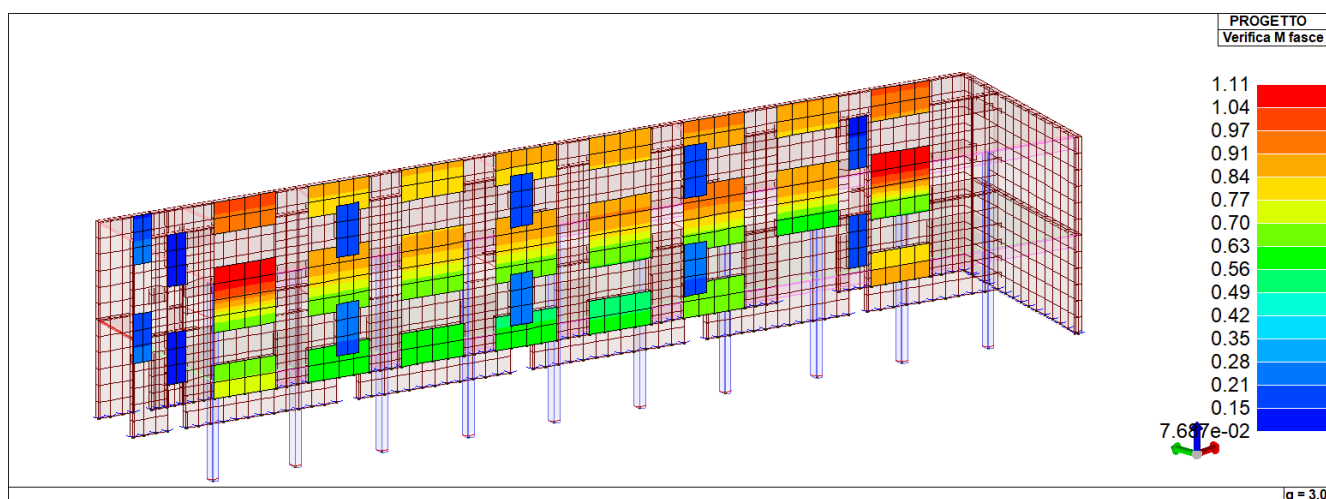


Figura 278. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. **(100% ag)**

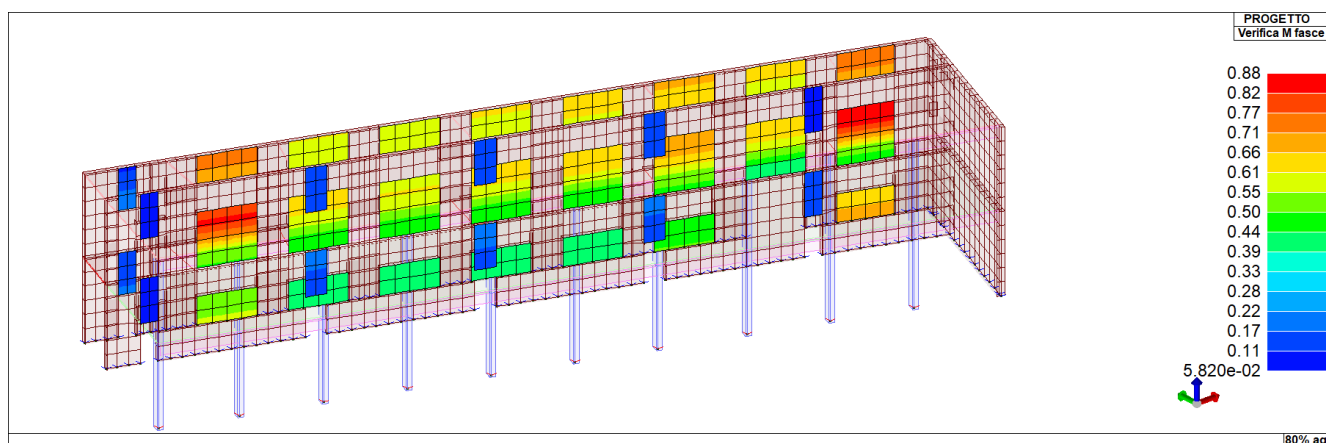


Figura 279. Verifica a momento delle fasce murarie. Visualizzazione, mediante mappa di colore, del massimo valore del rapporto tra il momento nelle travi in muratura e il momento ultimo; se il valore risulta < 1 la verifica è soddisfatta. **(80% ag)**

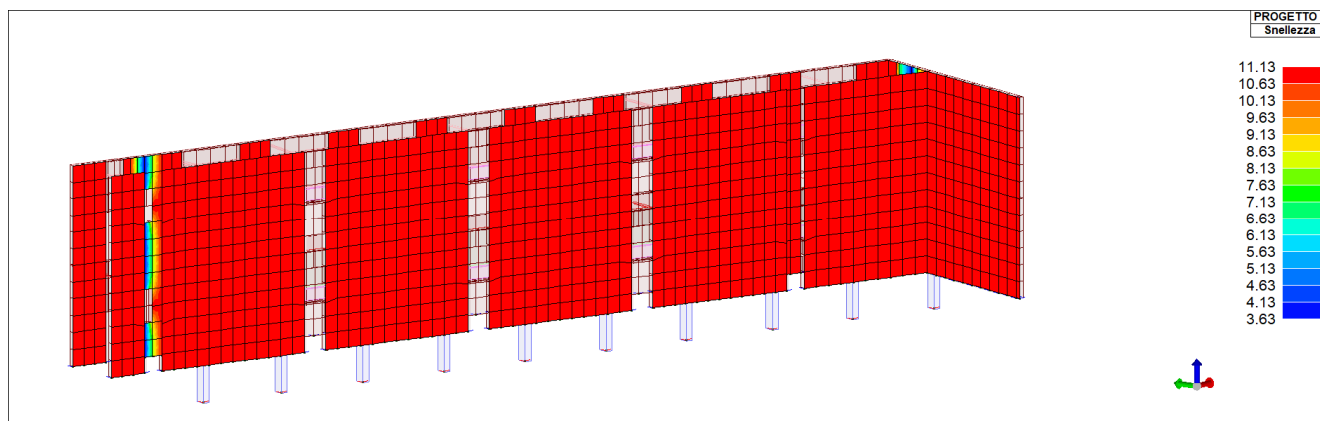


Figura 280. Visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori della snellezza delle pareti in muratura; se il valore della snellezza risulta superiore al limite pari a 20 la parete risulta non verificata.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 180 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.4.2.3 Verifica dei cinematismi locali

Per quanto riguarda la metodologia di calcolo si rimanda al paragrafo 12.2.2.3.

12.4.2.3.1 Verifiche eseguite sulla parete muraria situata sul prospetto nord

Cinematismo n°: 1

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota zero

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(z)$: 0.000

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica lineare: 3.1782 [g]

PGA relativa al cinematismo nel caso di analisi cinematica non lineare: 1.2512 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 1.364

accelerazione spettrale di attivazione del cinematismo a_0^* : 1.907 [g]

Massa partecipante al cinematismo M^* : 29 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.596

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.025$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: N.R [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.027$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.213[sec]

Spostamento spettrale d_u^* : 0.045[m]

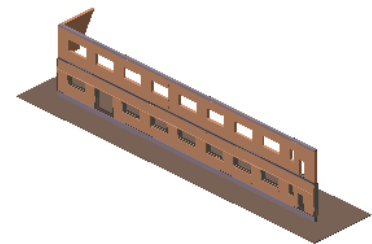
Domanda di spostamento nel caso di cinematismo a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.003 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematismo a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: N.R [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.068$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = \text{N.R}$ [-]

Cinematismo n°: 2



Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 181 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Tipo: Espulsione Flessionale Verticale Singola a quota sopra elevata

Quota: 0.00[m]

Primo modo di vibrare normalizzato ad 1 in sommità dell'edificio $\Psi(Z)$: 1.197

PGA relativa al cinematiso nel caso di analisi cinematica lineare: 0.3194 [g]

PGA relativa al cinematiso nel caso di analisi cinematica non lineare: 0.1546 [g]

Moltiplicatore di collasso dei carichi orizzontali α_0 : 0.500

accelerazione spettrale di attivazione del cinematiso a_0^* : 0.615 [g]

Massa partecipante al cinematiso M^* : 28 [kN]

Frazione di massa partecipante della struttura e^* : 0.677

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLD

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota zero: 0.047 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLD a quota diversa da zero: 0.139 [g]

Fattore di verifica allo SLD a quota zero: $f_s = 0.077$ [-]

Fattore di verifica allo SLD a quota diversa da zero: $f_s = 0.226$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica lineare allo SLV

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota zero: 0.051 [g]

Accelerazione di riferimento allo SLV a quota diversa da zero: 0.165 [g]

Fattore di verifica allo SLV a quota zero: $f_s = 0.084$ [-]

Fattore di verifica allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.268$ [-]

Risultati della verifica con analisi cinematica non lineare allo SLV

Periodo secante T_s : 0.385[sec]

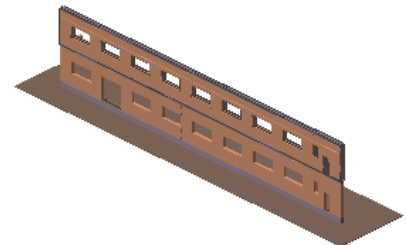
Spostamento spettrale d_u^* : 0.048[m]

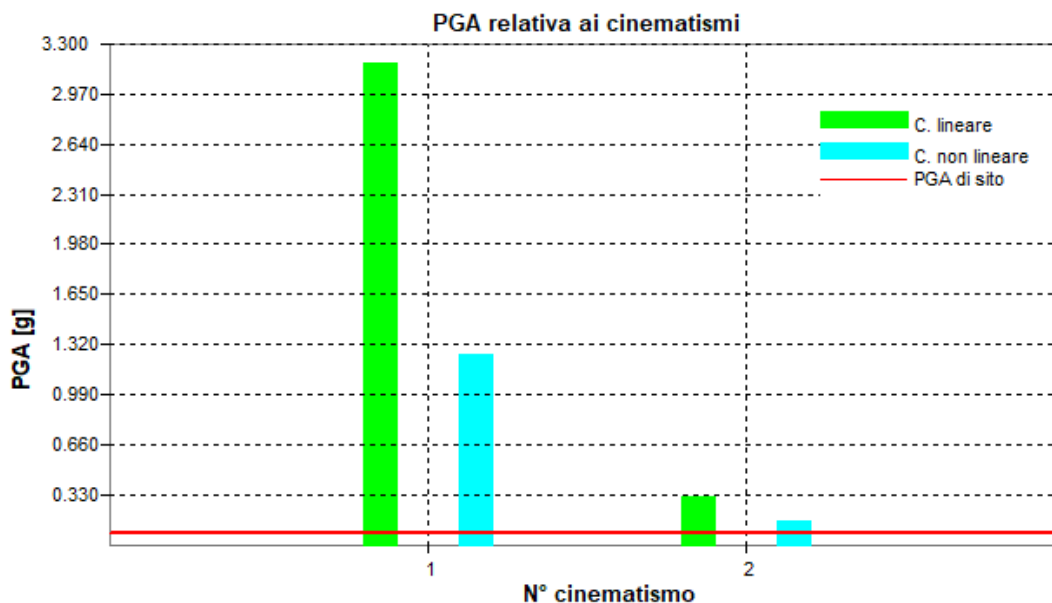
Domanda di spostamento nel caso di cinematiso a quota zero $\Delta_{d, \text{quota zero}}$: 0.010 [m]

Domanda di spostamento nel caso di cinematiso a quota maggiore di zero $\Delta_{d, \text{quota sopraelev}}$: 0.026 [m]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota zero: $f_s = 0.211$ [-]

Fattore di verifica non lineare allo SLV a quota diversa da zero: $f_s = 0.554$ [-]





Le verifiche sono soddisfatte.

12.5 CUCINA/REFETTORIO

12.5.1 Strutture portanti in c.a.

12.5.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico sismiche.

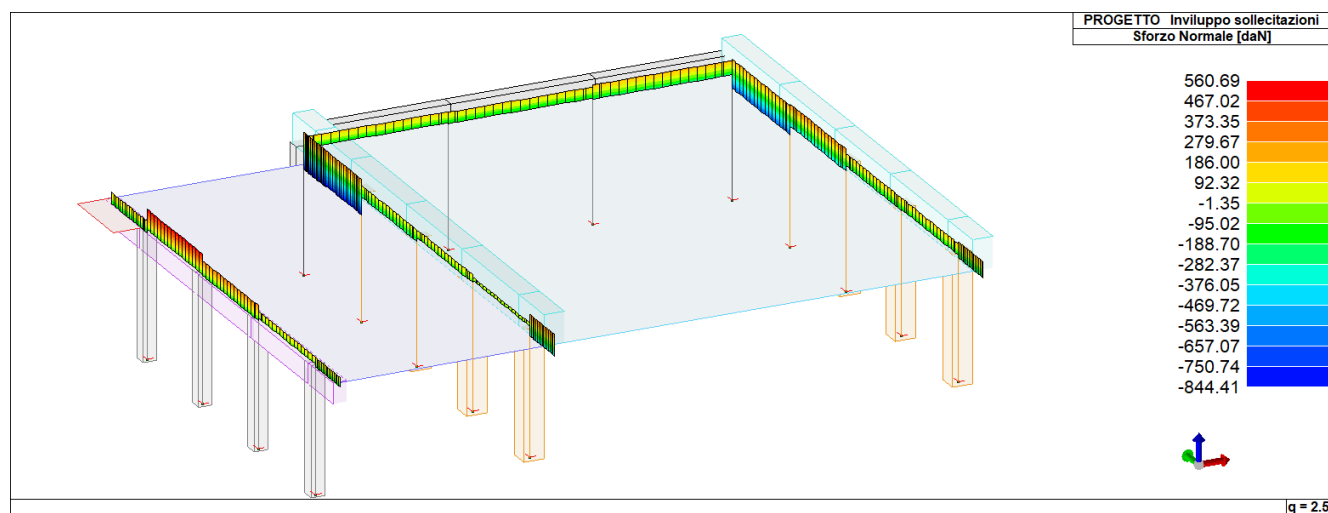


Figura 281. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

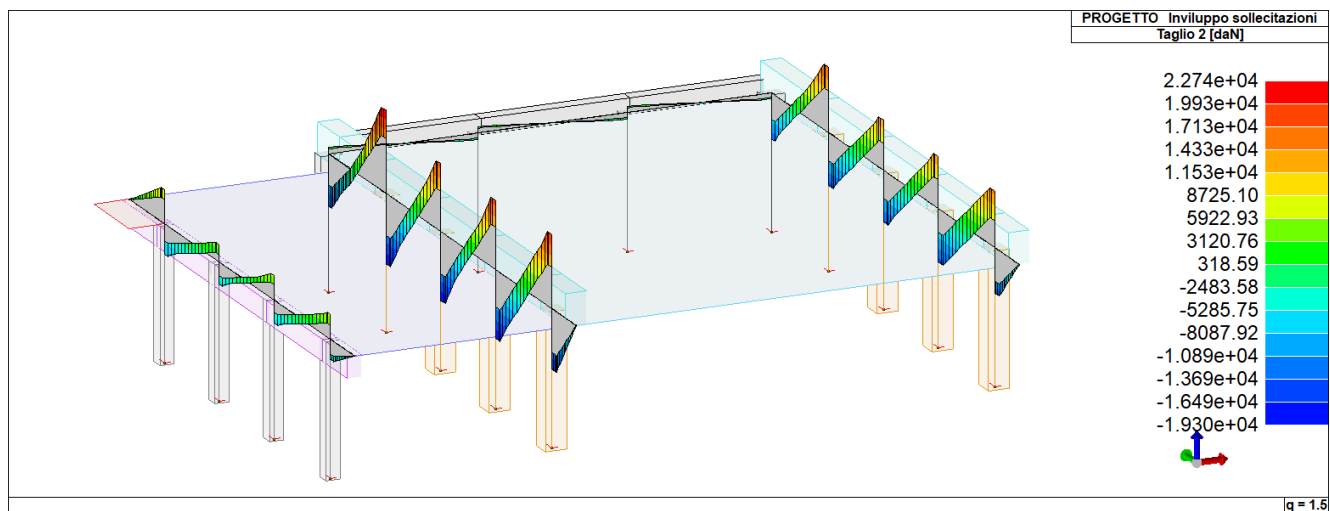


Figura 282. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

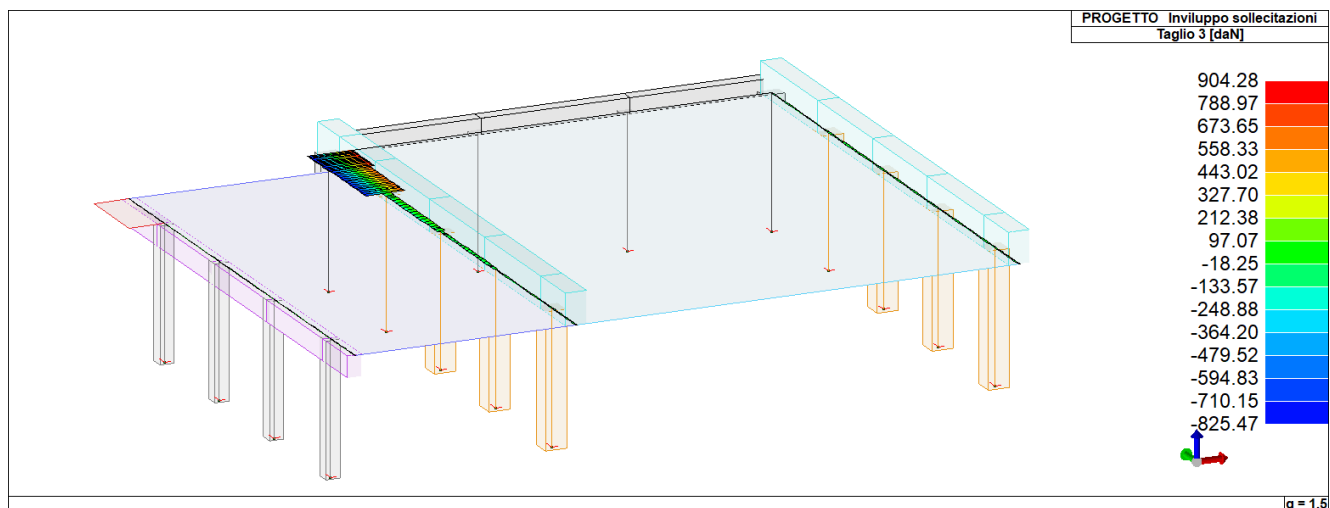


Figura 283. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (orizzontale) nelle travi

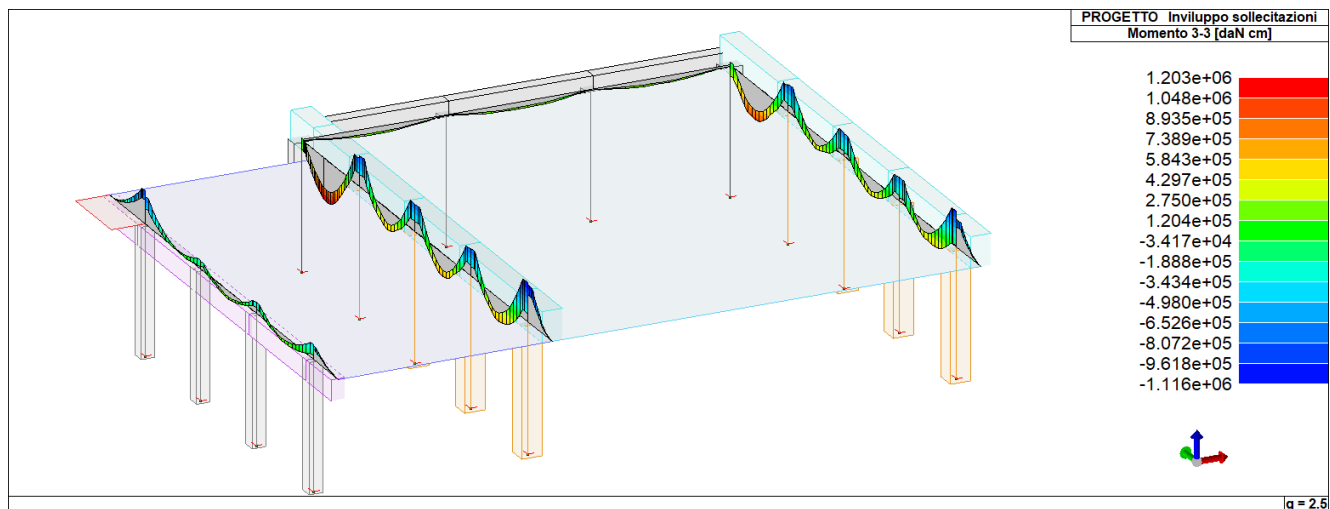


Figura 284. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

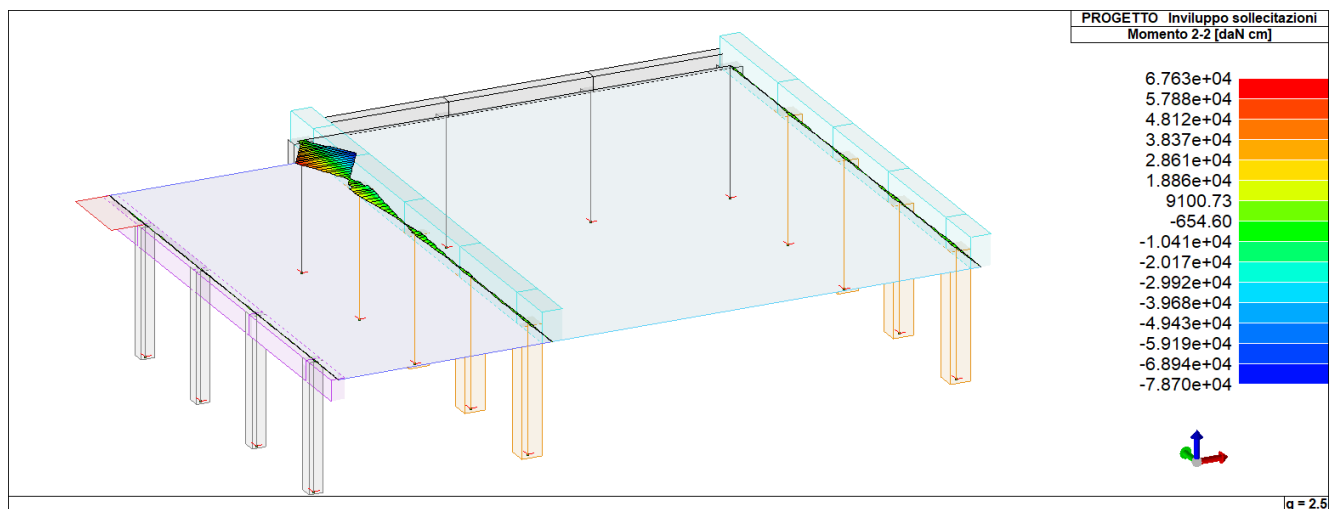


Figura 285. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (orizzontale) nelle travi

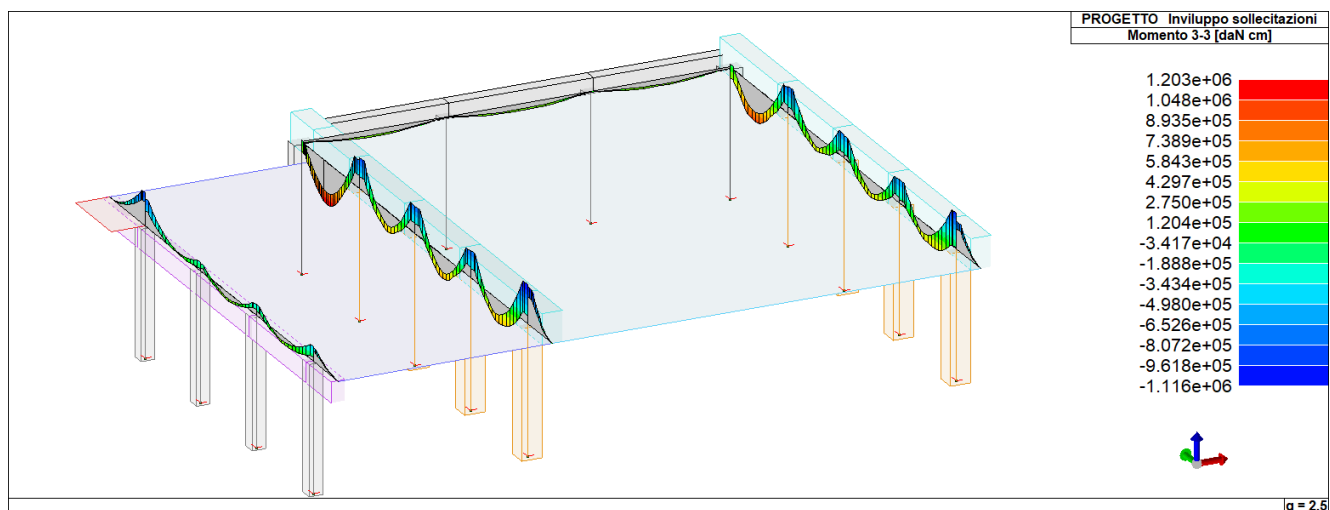


Figura 286. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

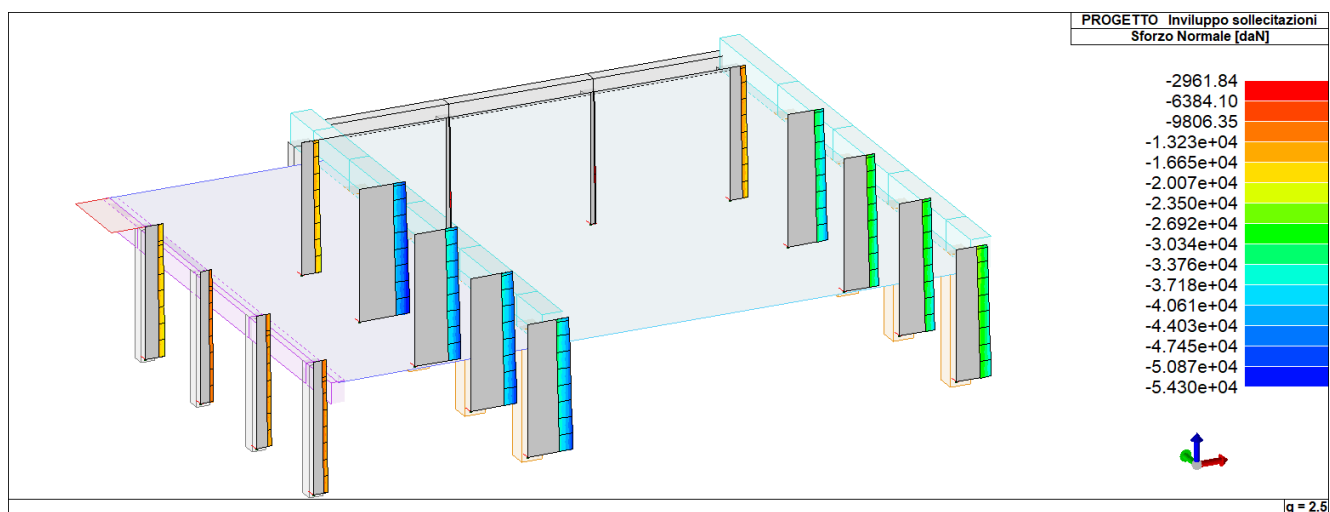


Figura 287. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

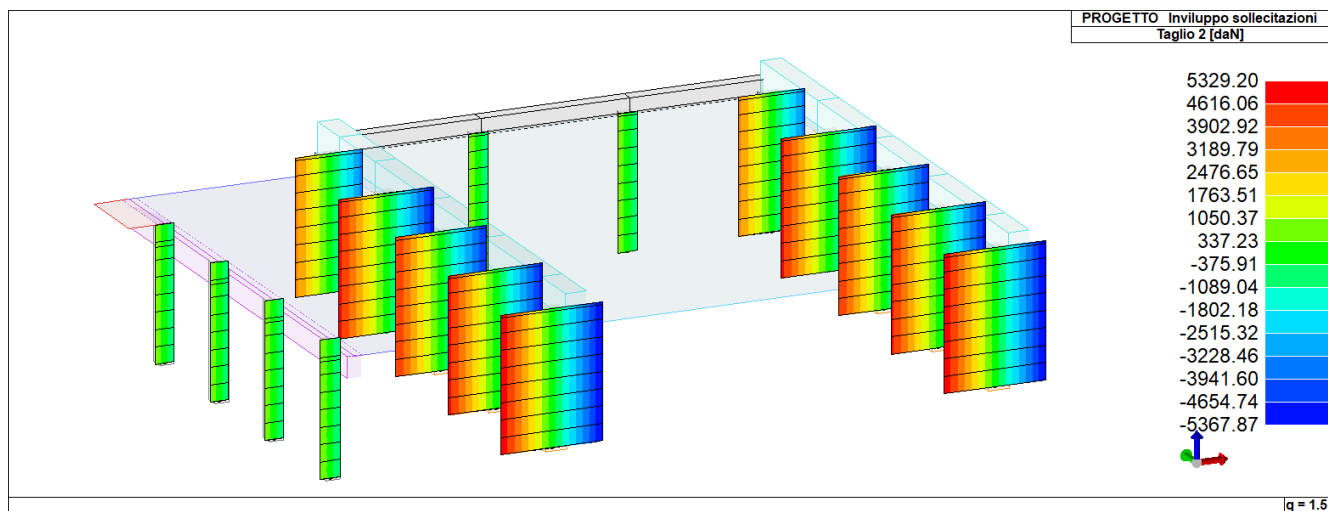


Figura 288. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione X) nei pilastri

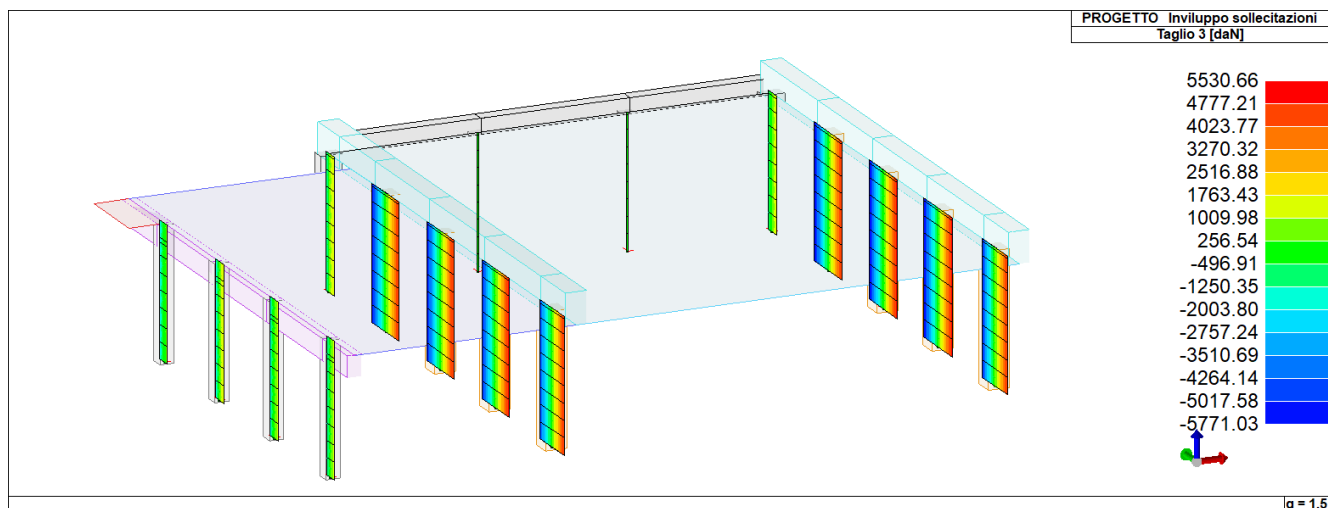


Figura 289. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (direzione Y) nei pilastri

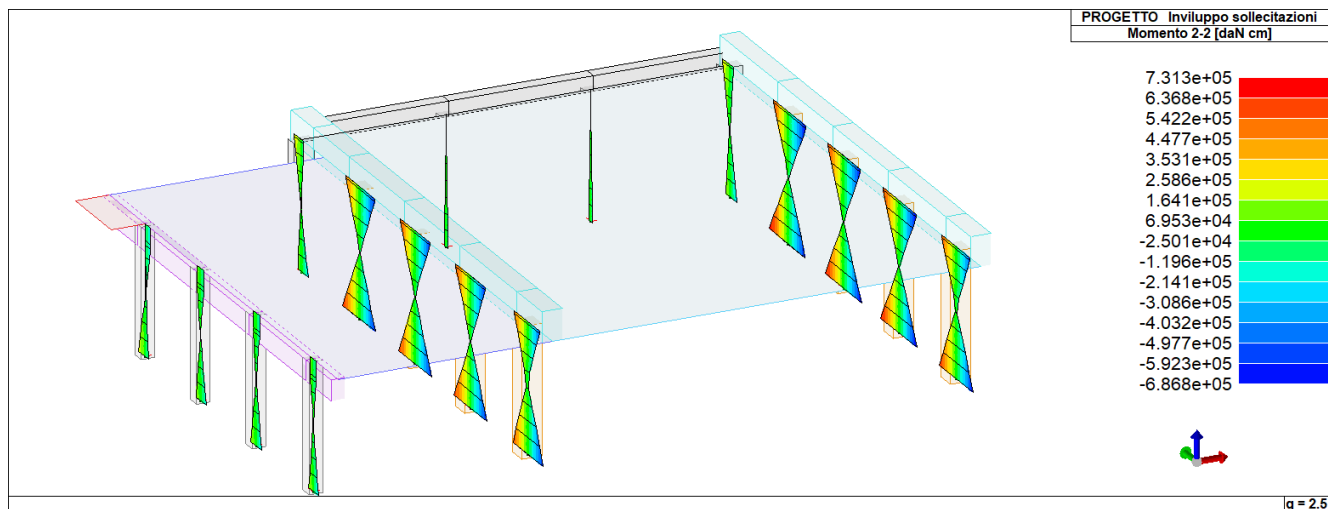


Figura 290. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

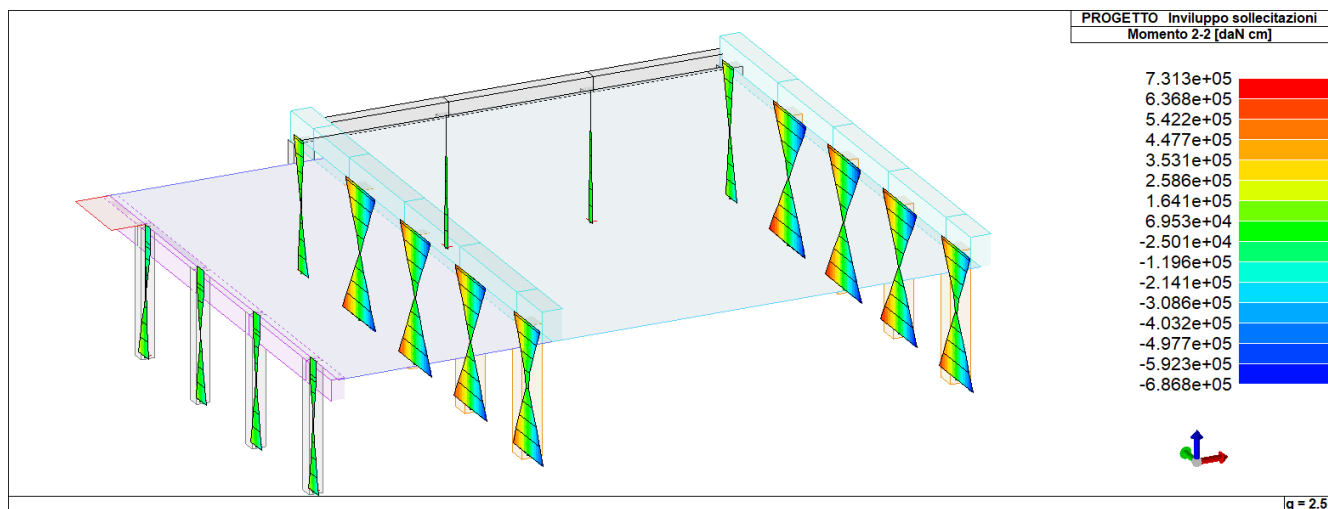


Figura 291. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

12.5.1.2 Verifica degli elementi

Le analisi effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

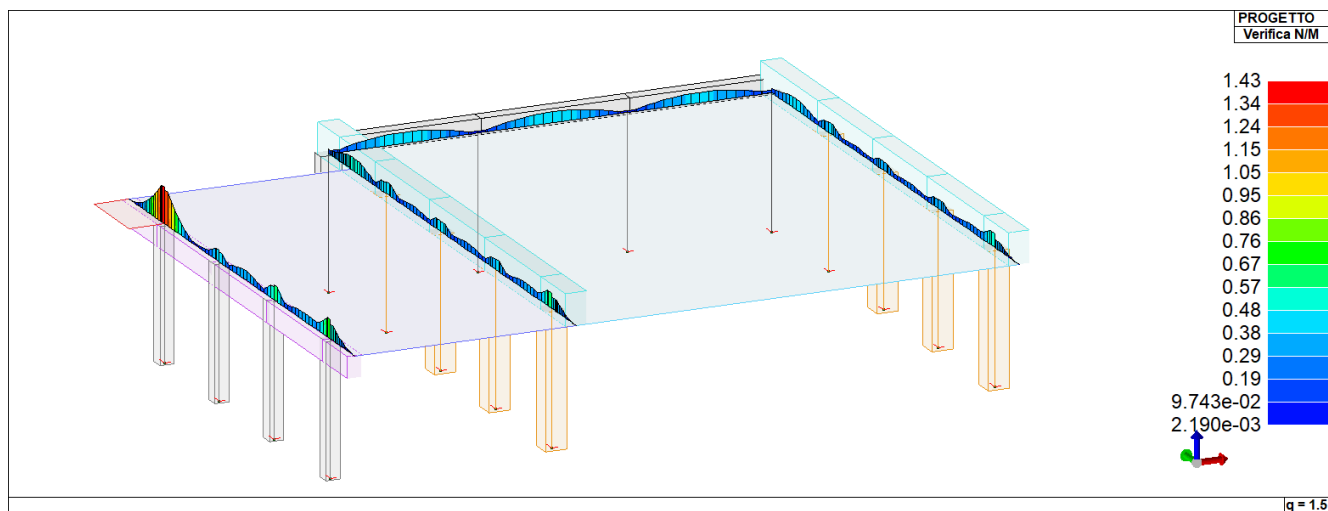


Figura 292. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. **(100% ag)**

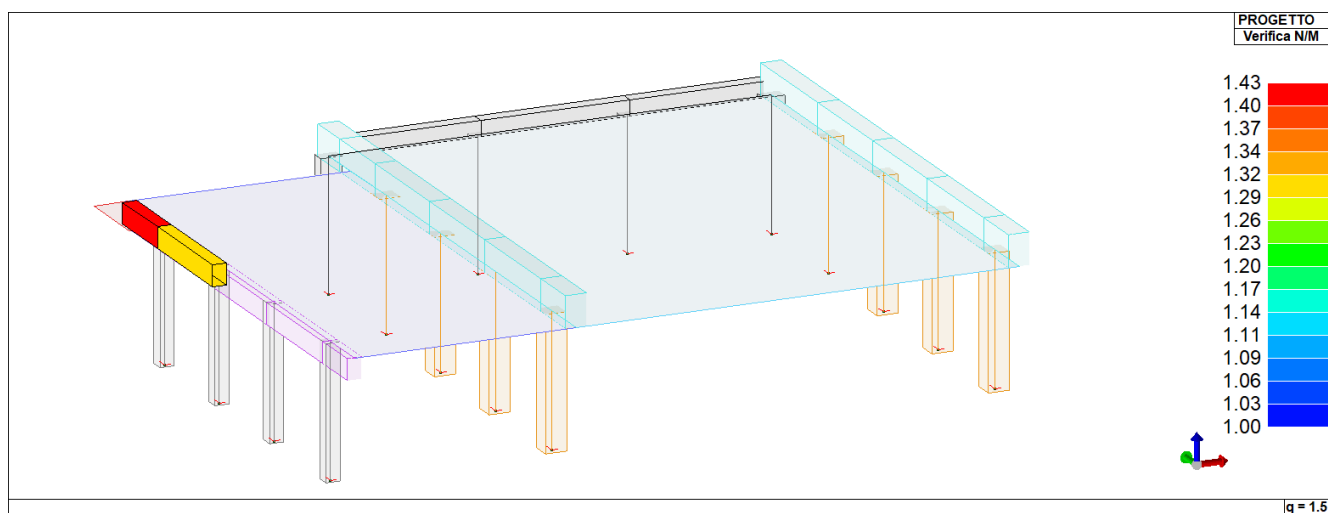


Figura 293. Verifica a flessione N/M delle travi. Evidenziazione degli elementi non verificati. (100% ag)

La capacità di sostenere le azioni sismiche delle travi non verificate e indicate nella precedente immagine è nulla. Infatti, tali elementi risultano non essere verificati neanche in condizioni statiche

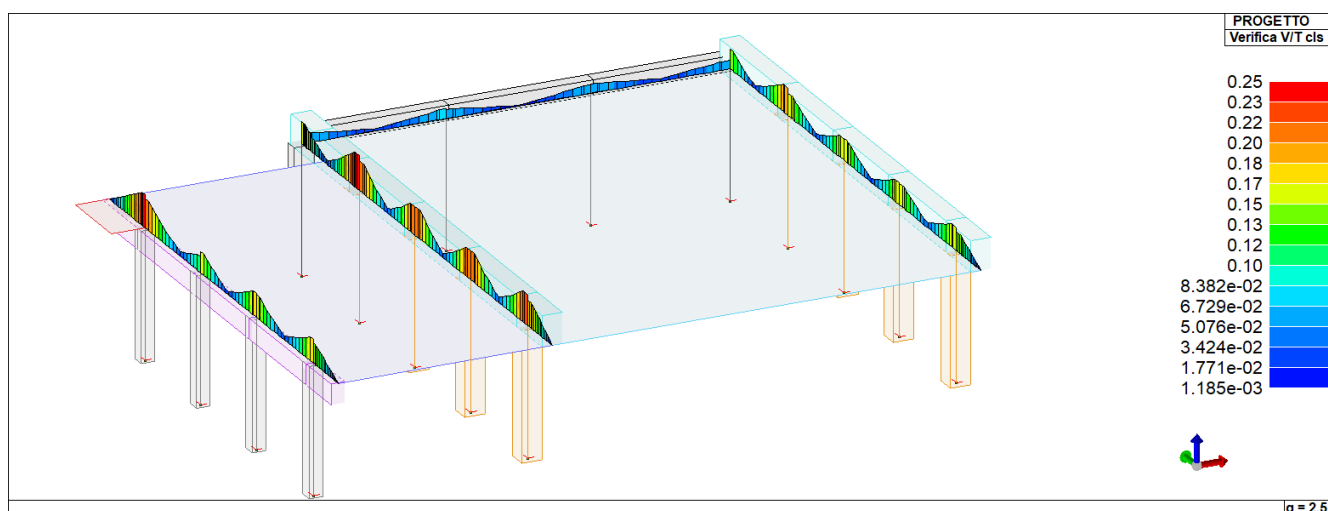


Figura 294. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

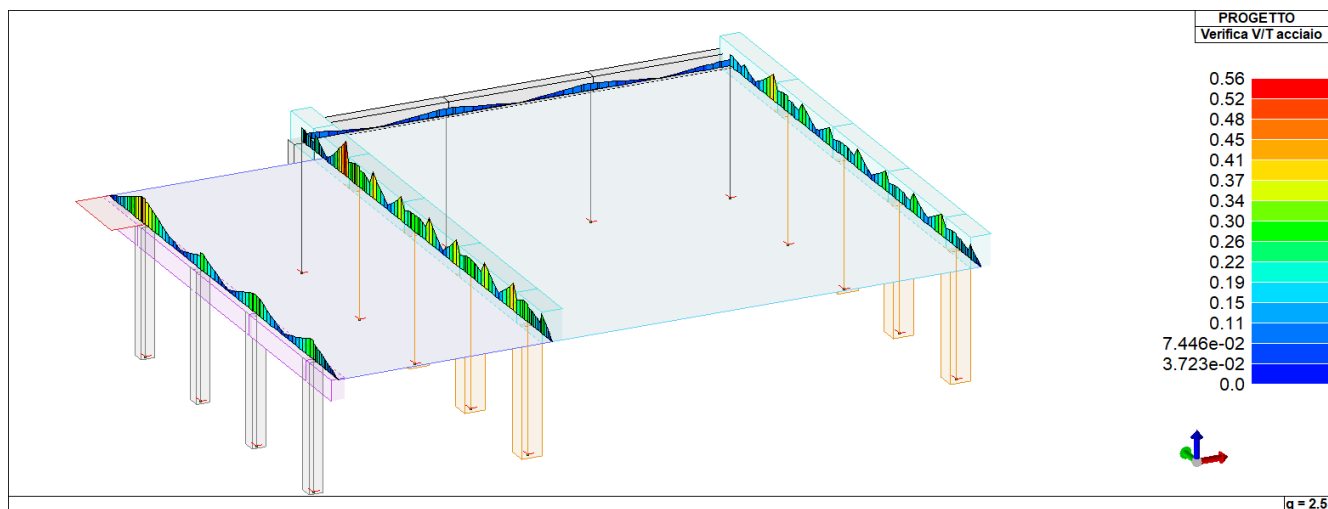


Figura 295. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

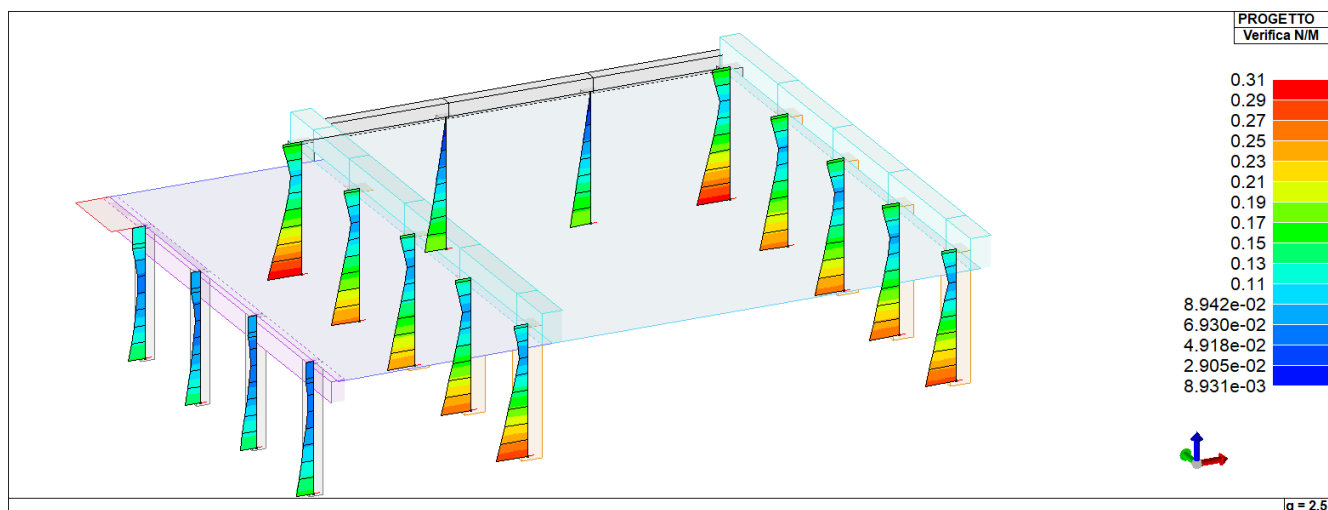


Figura 296. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

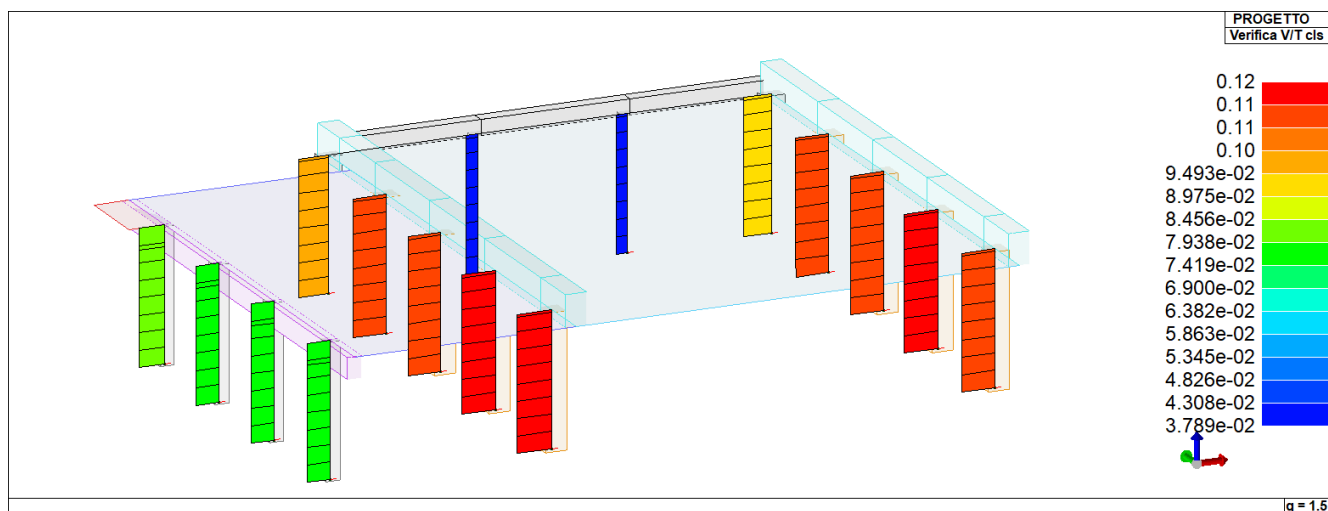


Figura 297. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

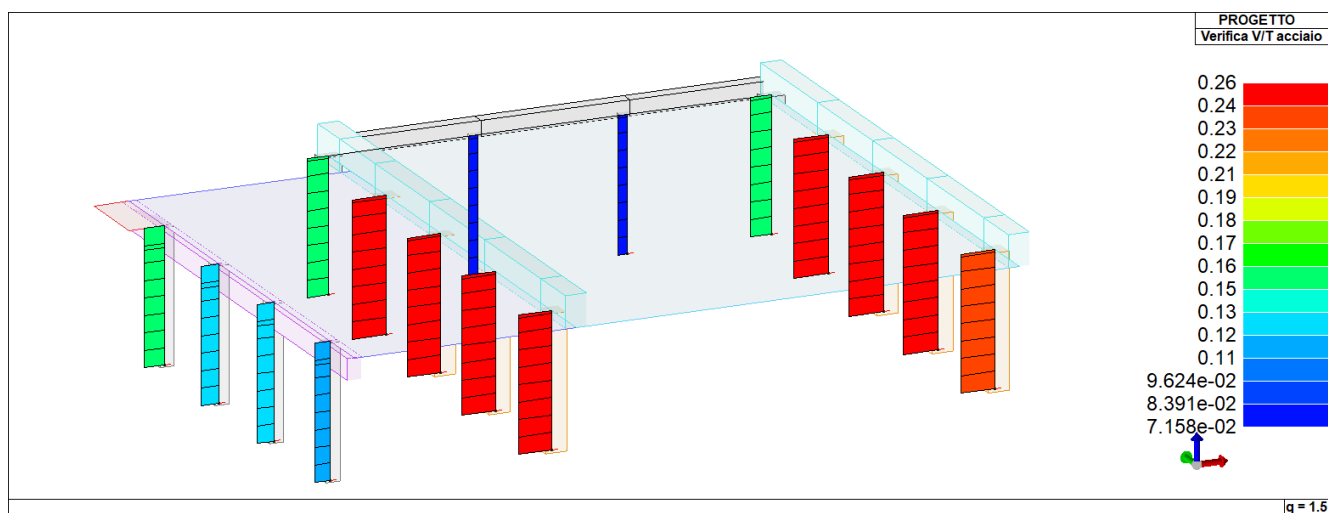


Figura 298. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1 .
(100% ag)

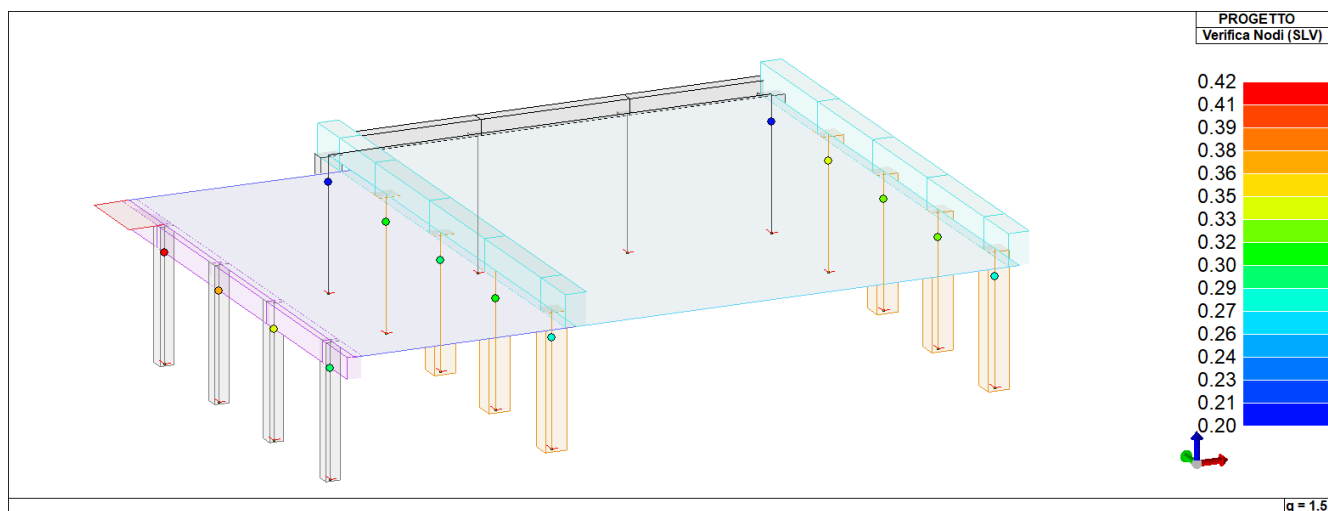


Figura 299. Verifica dei nodi non confinati **(100% ag)**

12.6 LOCALI TECNICI

12.6.1 Strutture portanti in c.a.

12.6.1.1 Involuppi delle sollecitazioni

In questo paragrafo si illustrano gli involuppi delle sollecitazioni nelle travi e nei pilastri nelle combinazioni di carico sismiche.

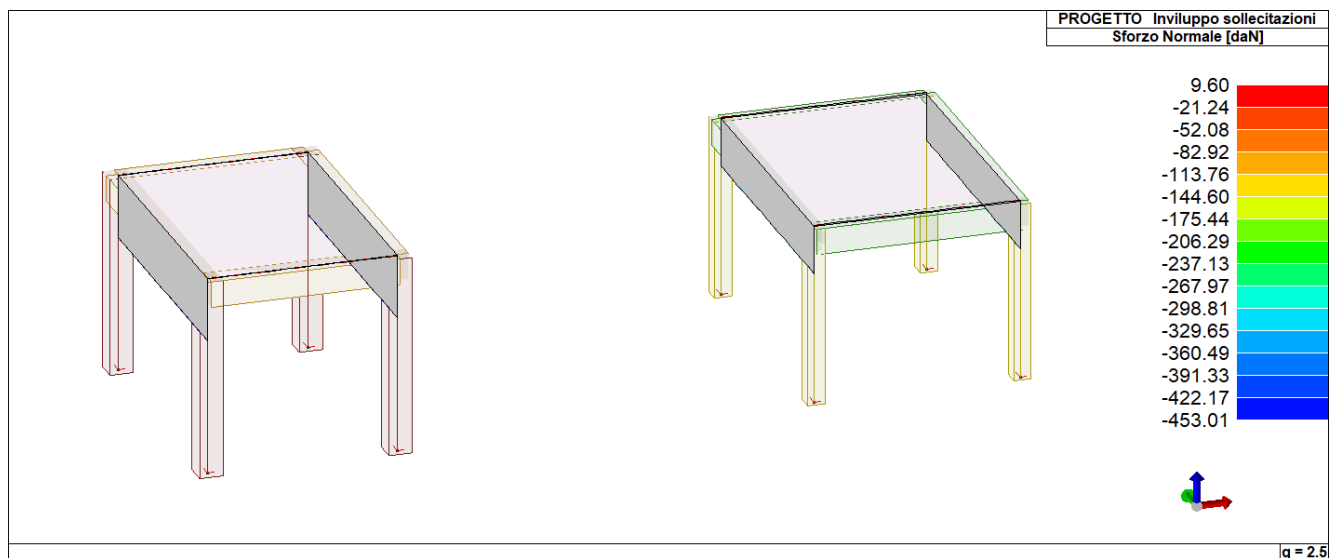


Figura 300. Involuppo dello sforzo assiale nelle travi

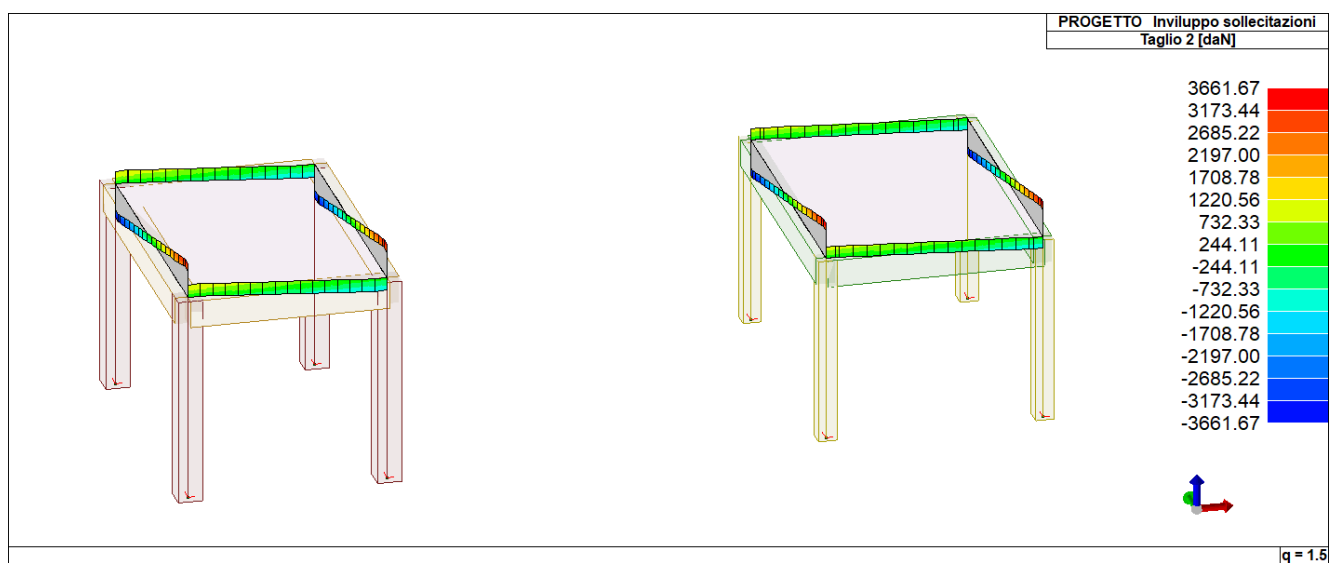


Figura 301. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (verticale) nelle travi

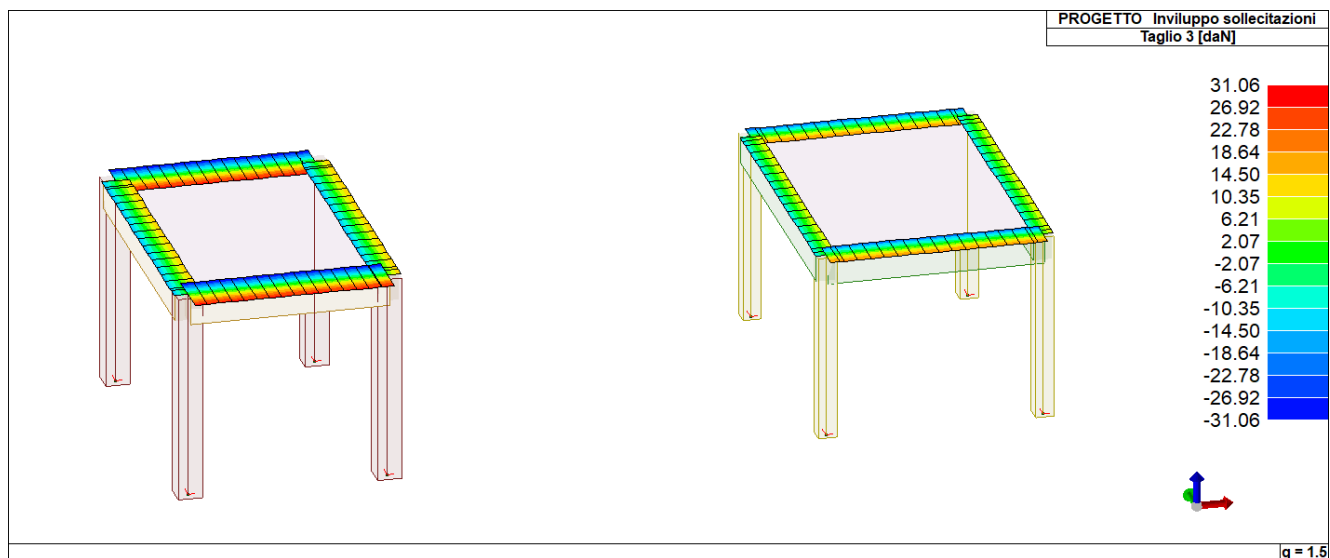


Figura 302. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (orizzontale) nelle travi

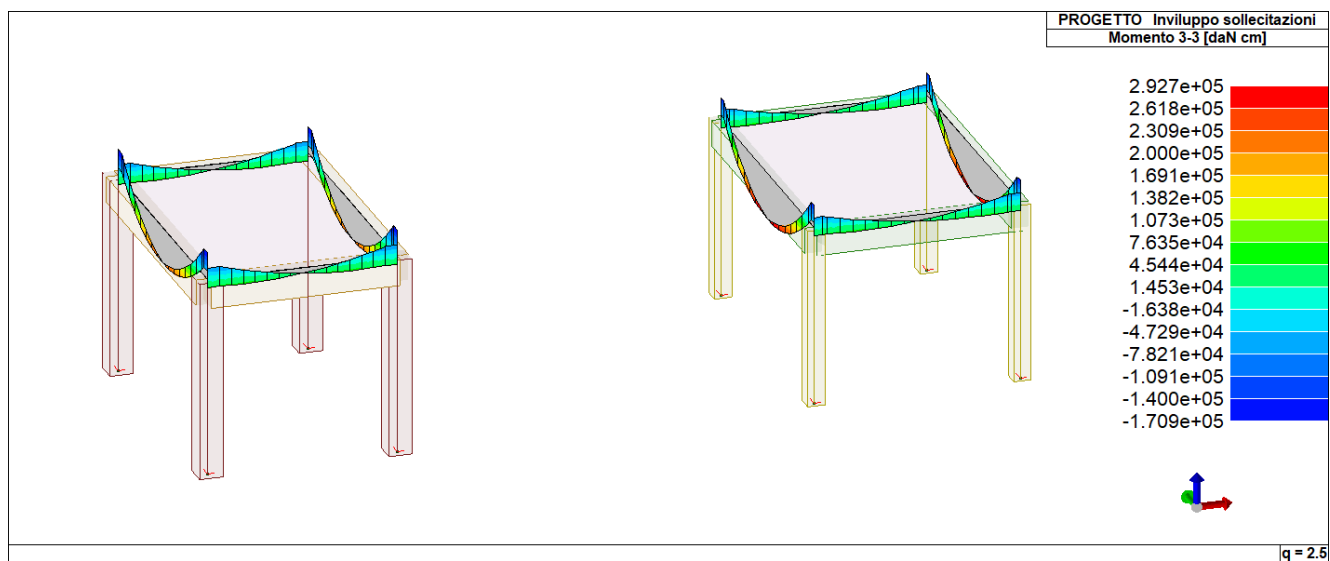


Figura 303. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (verticale) nelle travi

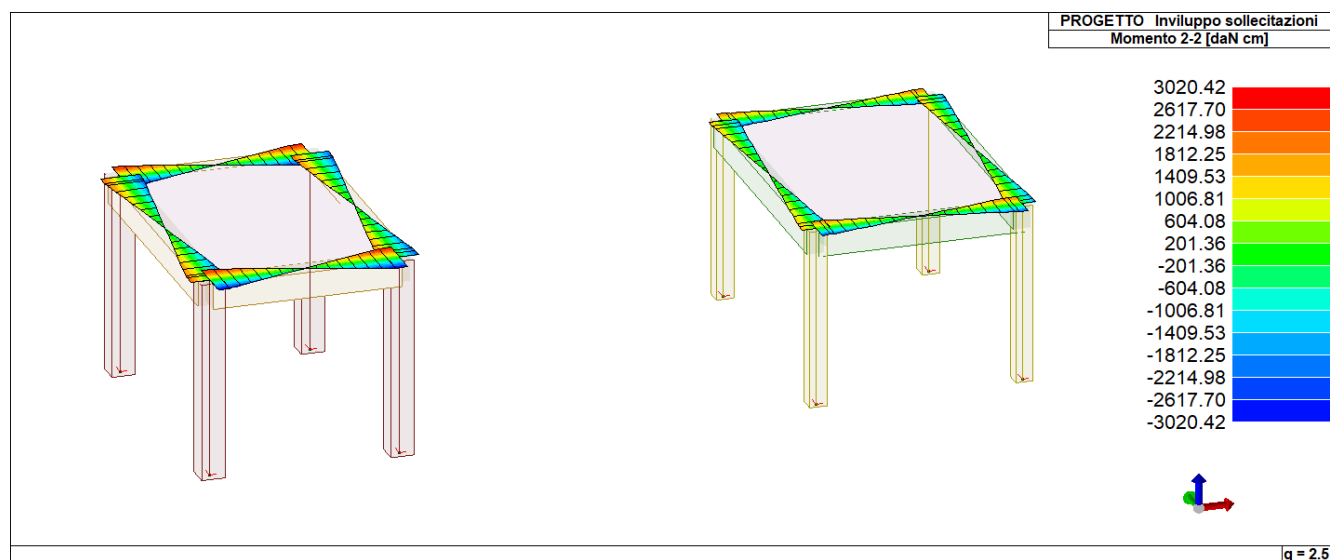


Figura 304. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (orizzontale) nelle travi

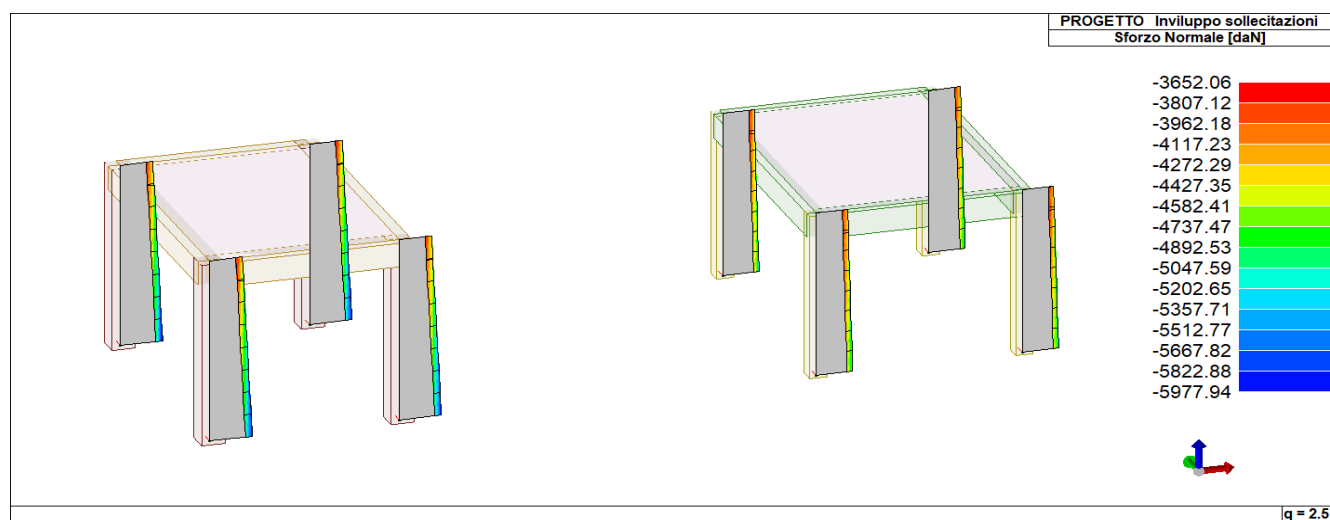


Figura 305. Involuppo dello sforzo assiale nei pilastri

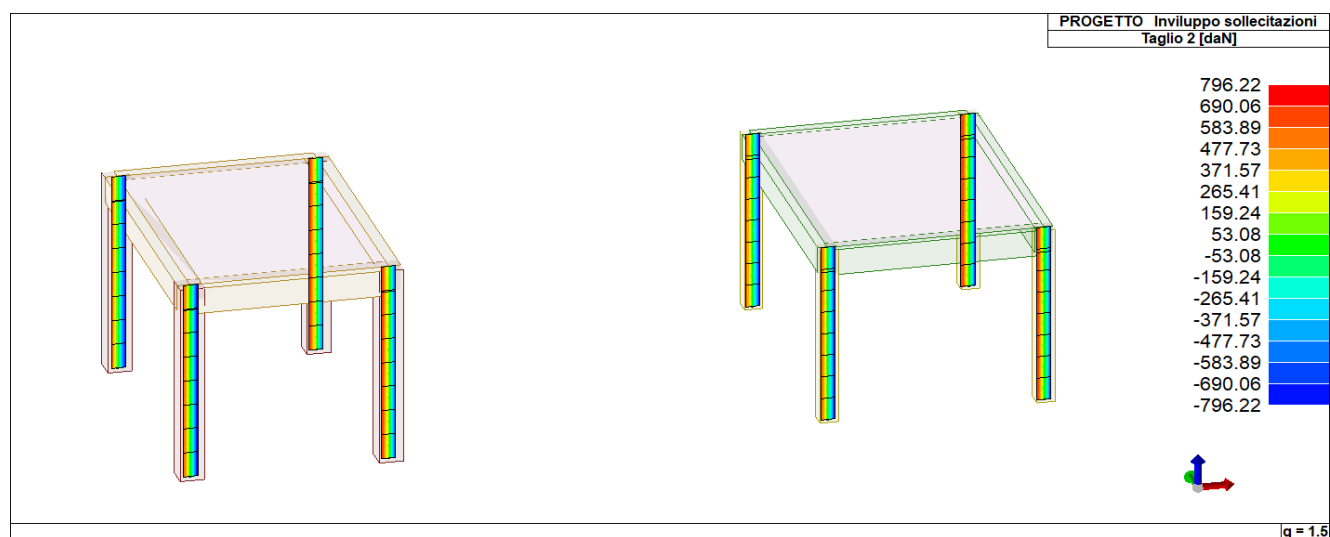


Figura 306. Involuppo del taglio in direzione asse 2-2 (direzione X) nei pilastri

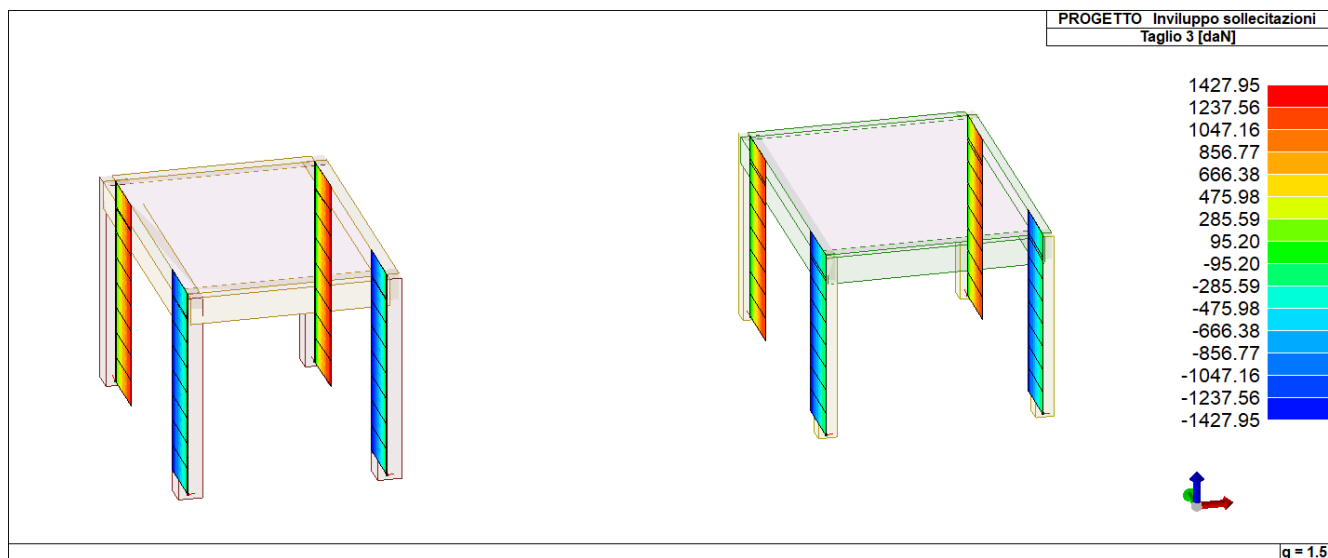


Figura 307. Involuppo del taglio in direzione asse 3-3 (direzione Y) nei pilastri

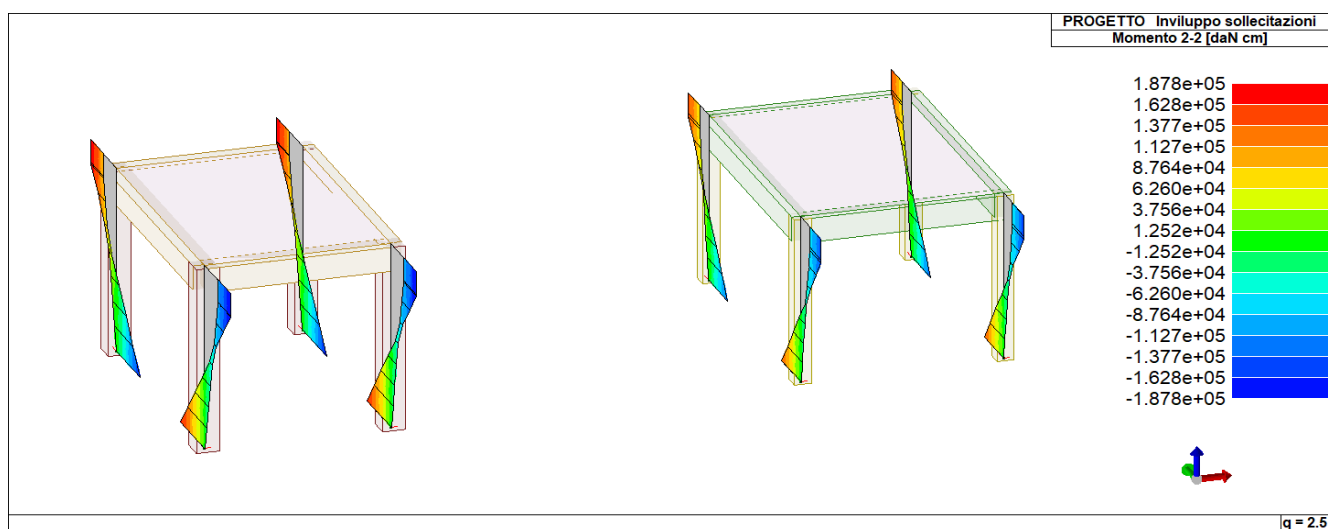


Figura 308. Involuppo del momento in direzione asse 2-2 (direzione Y) nei pilastri

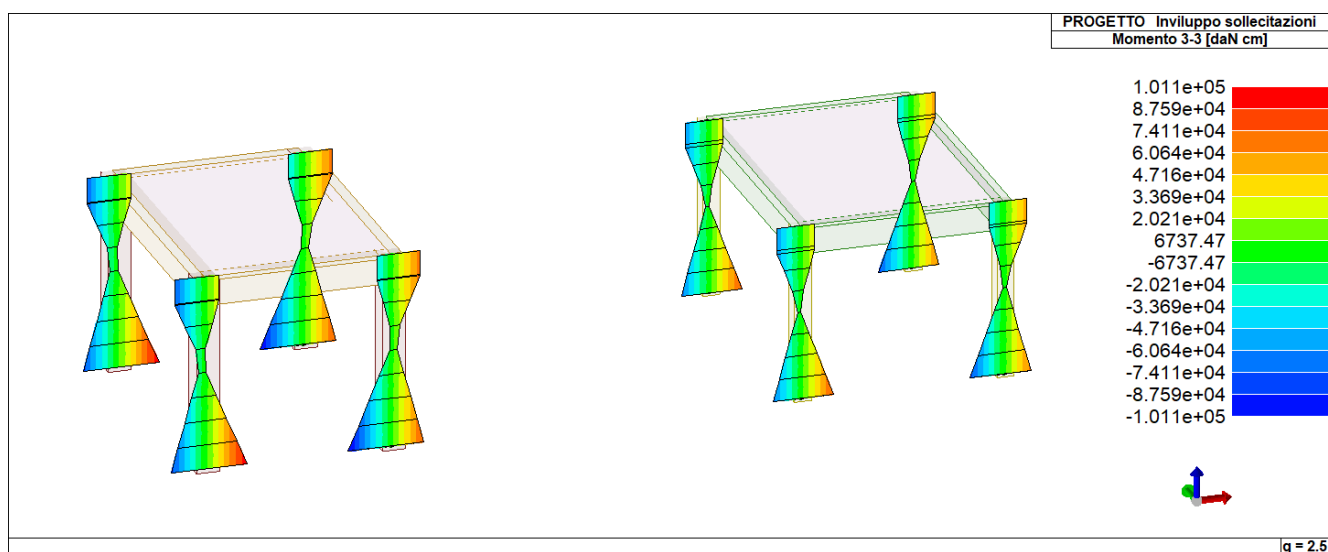


Figura 309. Involuppo del momento in direzione asse 3-3 (direzione X) nei pilastri

12.6.1.2 Verifica degli elementi

Le analisi effettuate sugli elementi portanti in c.a., verticali e orizzontali, consistono nella verifica a pressoflessione, ovvero a flessione nel caso di travi, e nella verifica a taglio, sia sul calcestruzzo che sull'acciaio.

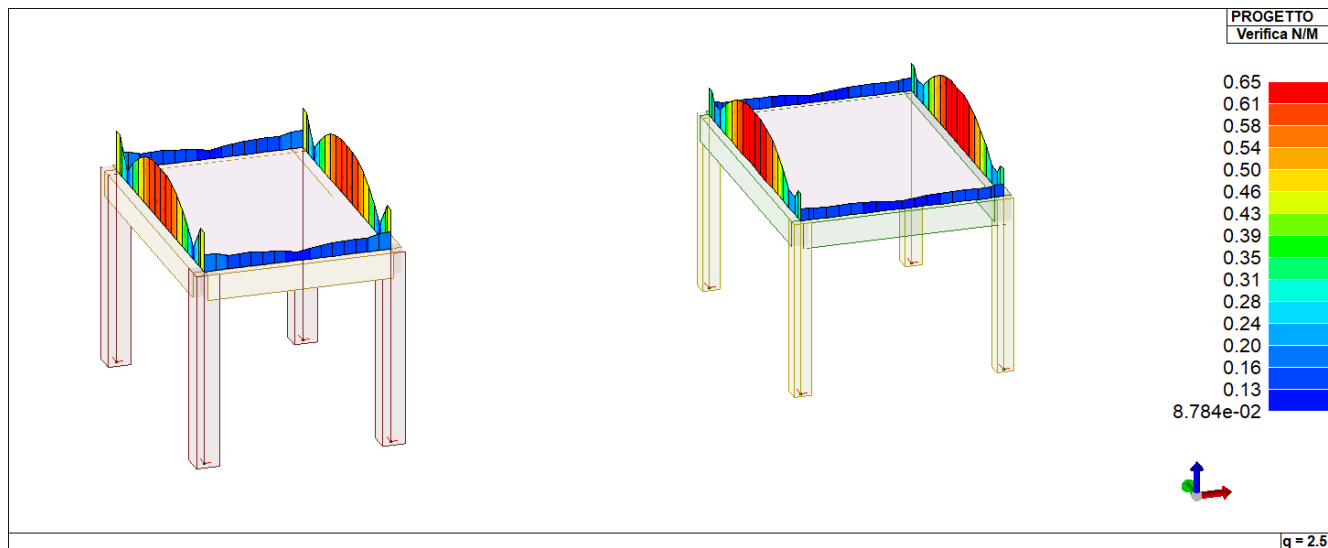


Figura 310. Verifica a flessione N/M delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

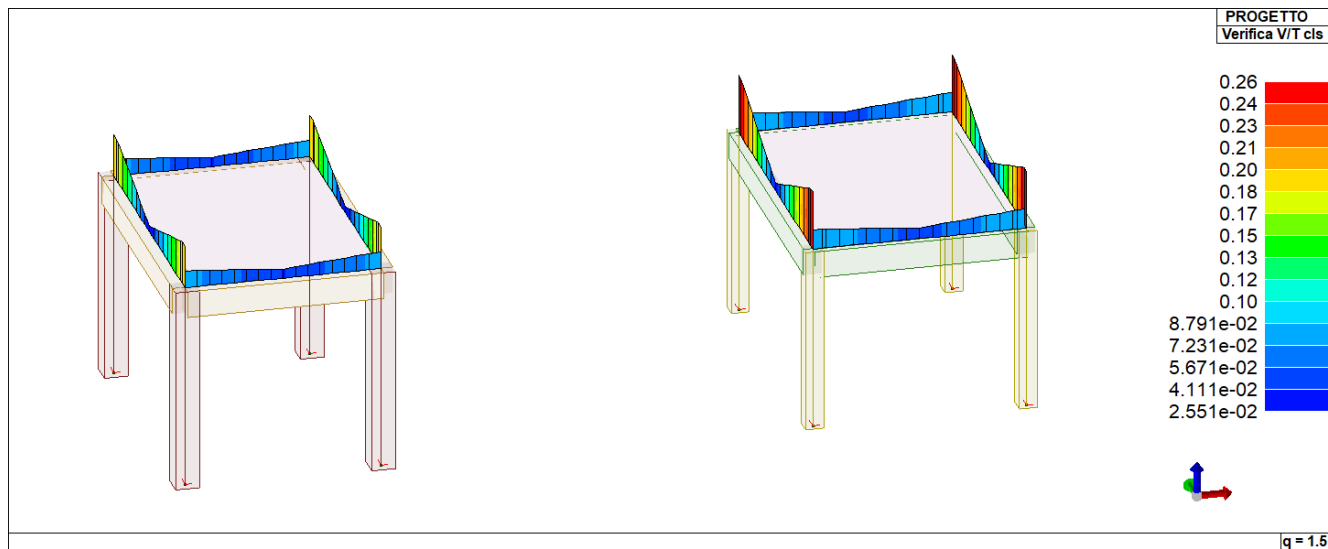


Figura 311. Verifica a taglio V/T – lato cls – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

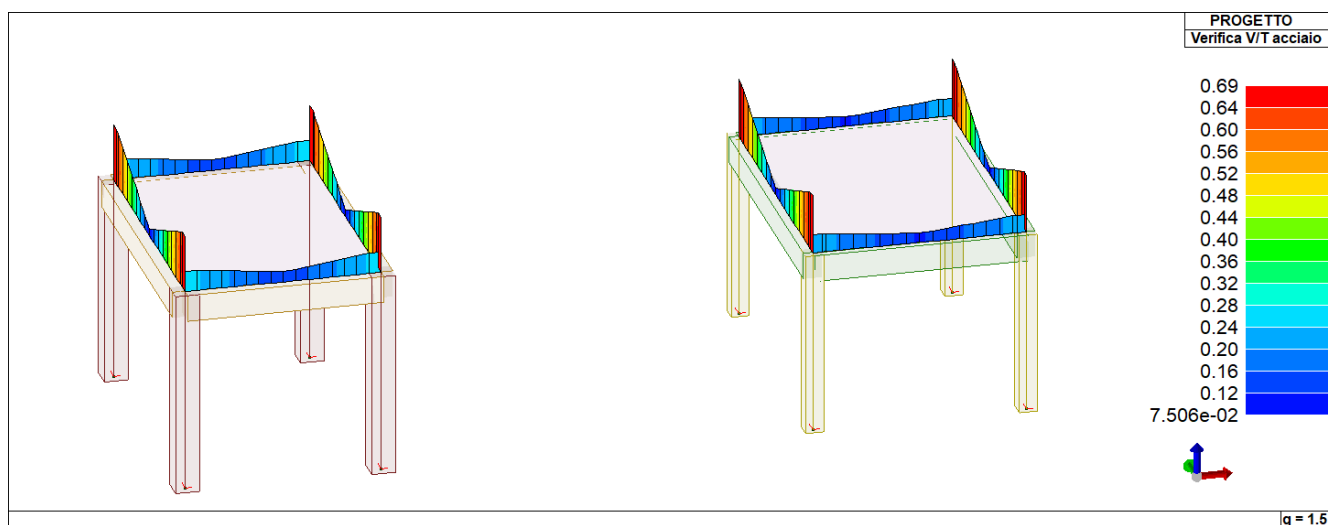


Figura 312. Verifica a taglio V/T – lato acciaio – delle travi. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato è < 1. (100% ag)

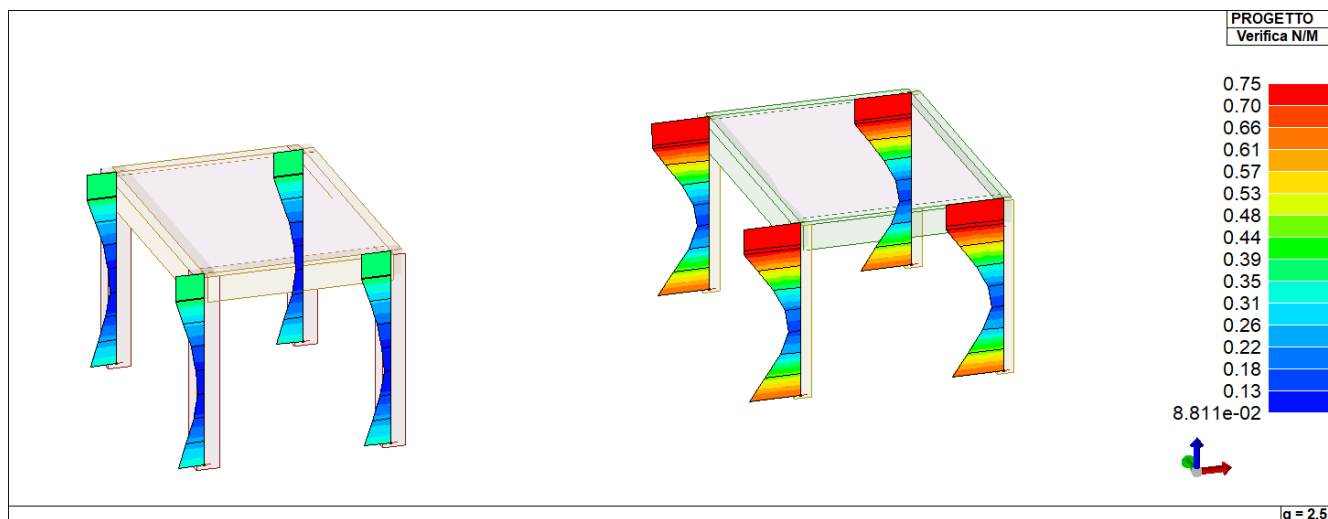


Figura 313. Verifica a pressoflessione N/M dei pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

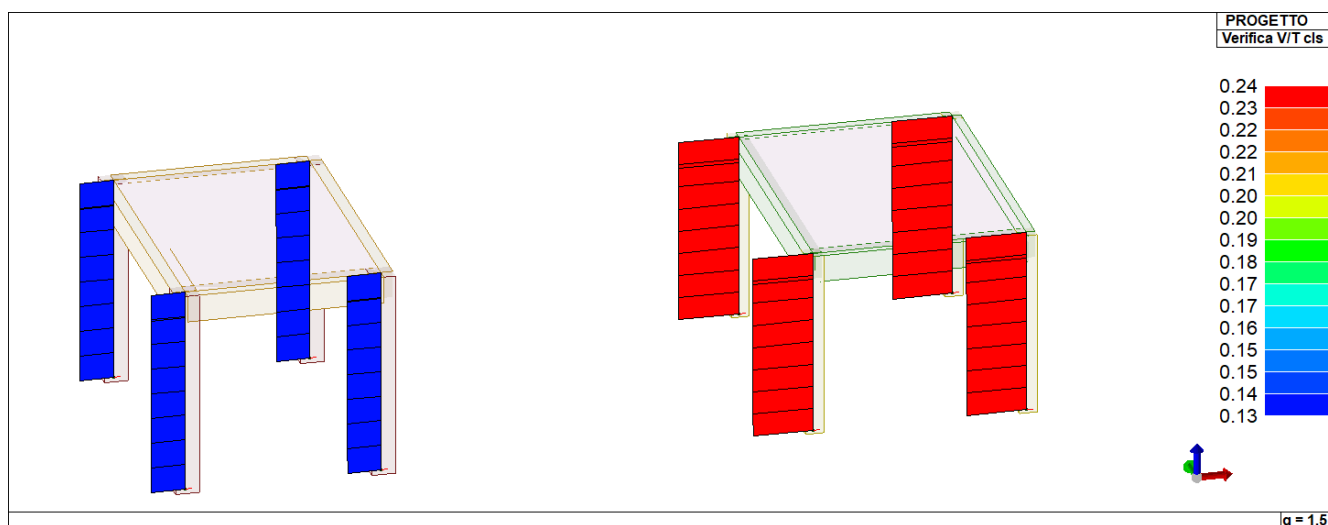


Figura 314. Verifica a taglio V/T lato cls pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1. (100% ag)

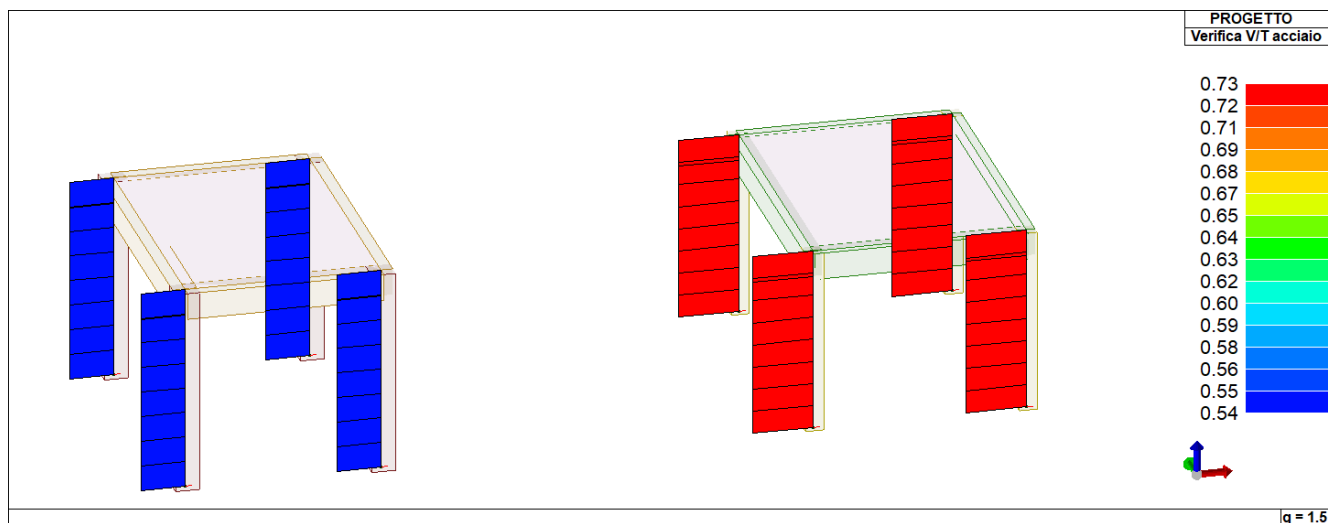


Figura 315. Verifica a taglio V/T lato acciaio pilastri. La verifica dell'elemento è soddisfatta se il valore indicato nei diagrammi è < 1.
(100% ag)

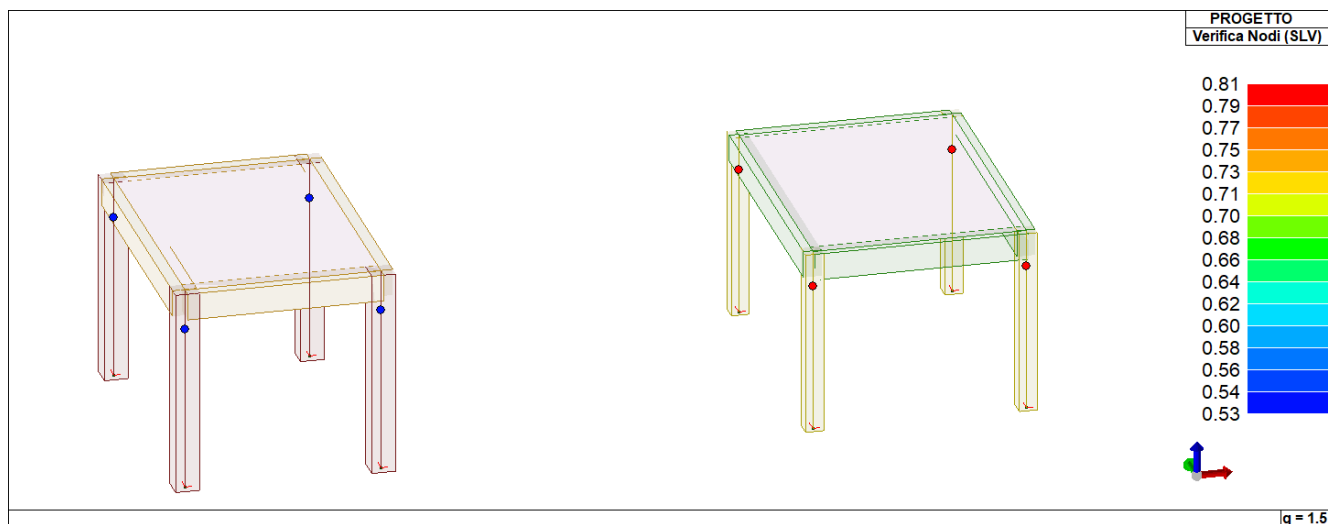
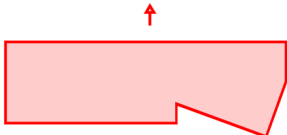
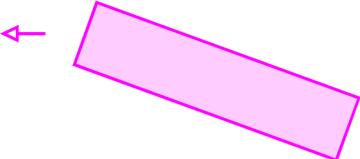
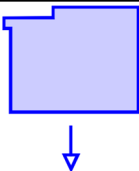


Figura 316. Verifiche dei Nodi non confinati. (100% ag)

12.7 ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI

In corrispondenza dei giunti strutturali si è ritenuto necessario effettuare un controllo sugli spostamenti relativi tra i corpi di fabbrica, ottenuti nelle condizioni sismiche, al fine di valutare l'ipotesi di martellamento tra i corpi di fabbrica contigui. Di seguito si riporta una tabella che illustra gli spostamenti rilevati secondo la formula riportata nel paragrafo 7.3.3.3 delle NTC2018.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 197 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Corpo		Direzione	Spostamento max	Somma degli spostamenti
Palestra		Spostamento verso il corpo Ala Est della scuola	4,8 cm	5,5 cm
Ala Ovest della scuola		Spostamento verso il corpo Palestra	0,7 cm	5,5 cm
		Spostamento verso il corpo Ala Est	0,8 cm	4,9 cm
		Spostamento verso il corpo Cucina/Refettorio	0,6 cm	1,1 cm
Ala Est della scuola		Spostamento verso il corpo Ala Ovest	4,1 cm	4,9 cm
Cucina/Refettorio		Spostamento verso il corpo Ala Ovest	0,5 cm	1,1 cm

Dai risultati si evince che gli spostamenti massimi, nel caso peggiore in cui si considerano i corpi spostarsi nelle direzioni opposte, si ottengono tra la Palestra e l'Ala Ovest e tra quest'ultima e l'Ala Est.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 198 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.8 SINTESI DEI RISULTATI DELLO STUDIO DI VULNERABILITÀ SISMICA

Sull'organismo edilizio sono state effettuate le verifiche strutturali con carichi sismici delle strutture portanti in c.a., adottando un fattore di comportamento pari a 1,5 per le verifiche di tipo fragile e 2,5 per le verifiche di tipo duttile, e delle strutture portanti in muratura, adottando un fattore di comportamento pari a 3,0. Le analisi effettuate sono di tipo dinamico lineare.

Oltre alle verifiche strutturali con carichi sismici, effettuate con l'accelerazione di progetto, è stato condotto uno studio di vulnerabilità con accelerazioni sismiche ridotte al fine di ricercare l'indicatore ζ_E , definito nel capitolo 8 delle NTC2018 e dato dal rapporto tra l'accelerazione sismica sostenibile dal manufatto e l'accelerazione sismica di progetto del sito di riferimento, per ogni tipologia di elemento portante e per entrambe le tipologie di rottura (fragile e duttile).

12.8.1 Palestra

Le verifiche effettuate sulle strutture portanti in c.a. del corpo Palestra mostrano che gli elementi non presentano particolari carenze né a taglio né a flessione. Le uniche criticità riscontrate riguardano le rotture di tipo fragile relative ai nodi non confinati. Con l'accelerazione sismica di progetto due nodi non superano le verifiche. Le analisi condotte considerando l'accelerazione sismica ridotta al 50%, mostrano la verifica anche di tali nodi.

La muratura portante posta sul lato ovest del corpo supera tutte le verifiche a pressoflessione a taglio. Tuttavia, le verifiche dei cinematismi locali ravvisano la non verifica della parete del piano primo. Tale verifica risulta soddisfatta adottando un'accelerazione sismica ridotta al 70%.

Al fine di avere il quadro completo dei risultati in uno schema sintetico, di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle capacità di resistenza alle azioni sismiche degli elementi strutturali analizzati, espresse mediante l'indicatore ζ_E .

Verifiche	ζ_E
Strutture in c.a.	
Verifiche delle rotture di tipo duttile	
Verifica a flessione delle travi	>1.0
Verifica a flessione dei pilastri	>1.0
Verifiche delle rotture di tipo fragile	
Verifica a taglio delle travi	>1.0
Verifica a taglio dei pilastri	>1.0
Verifica dei nodi non confinati	≈ 0.5
Strutture in muratura portante	
Verifiche a pressoflessione fuori piano	>1.0
Verifiche a pressoflessione nel piano	>1.0
Verifiche a taglio	>1.0
Verifica dei cinematismi locali	≈ 0.7

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 199 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

12.8.2 Ala Ovest della Scuola

Le analisi condotte con l'accelerazione sismica di progetto mostrano che molteplici travi in c.a. del corpo non superano le verifiche a flessione. In particolare, le travi con criticità alle rotture di tipo duttile sono per la maggior parte quelle in corrispondenza dell'androne e delle scale. Inoltre, le verifiche a rottura di tipo fragile (taglio) degli elementi portanti orizzontali in c.a. dimostrano che la totalità delle travi non supera le verifiche. Questa criticità importante è stata appurata anche nel caso di verifiche strutturali con i soli carichi statici. Pertanto, la capacità di sostenere le azioni sismiche delle travi può ritenersi nulla.

Le verifiche a pressoflessione sui pilastri risultano tutte soddisfatte, non rilevando problematiche particolari per quanto concerne le rotture di tipo duttile. La maggior parte dei pilastri risulta soddisfare le verifiche a taglio ad eccezione di qualche elemento, concentrato nella zona dell'androne, che risulta soddisfare le verifiche a taglio con accelerazione sismica ridotta ad appena il 10% di quella di progetto.

Le verifiche a rottura fragile dei nodi non confinati mostrano la verifica della quasi totalità degli elementi portanti verticali. Fa eccezione un tronco di pilastro che supporta la scala che risulta soddisfare le verifiche con accelerazione sismica ridotta al 30% ag.

Per quanto riguarda le strutture portanti in muratura, le verifiche a pressoflessione fuori piano e nel piano dimostrano che la capacità di sostenere le azioni sismiche di tutti i maschi murari è pari al 60% ag. Le analisi effettuate con l'accelerazione sismica di progetto, infatti, dimostrano che diversi maschi murari non superano le verifiche a pressoflessione. Per quanto concerne le verifiche a taglio dei maschi, i risultati illustrano che soprattutto al piano primo alcuni angoli non superano le verifiche con l'accelerazione sismica di progetto ma lo fanno con ag ridotta al 10%. Le verifiche dei cinematismi di tipo locale delle pareti ritenute rappresentative dell'edificio sono soddisfatte.

Al fine di avere il quadro completo dei risultati in uno schema sintetico, di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle capacità di resistenza alle azioni sismiche degli elementi strutturali analizzati, espresse mediante l'indicatore ζ_E .

Verifiche	ζ_E
Strutture in c.a.	
Verifiche delle rotture di tipo duttile	
Verifica a flessione delle travi	(*)
Verifica a flessione dei pilastri	>1.0
Verifiche delle rotture di tipo fragile	
Verifica a taglio delle travi	(*)
Verifica a taglio dei pilastri	≅ 0.1
Verifica dei nodi non confinati	≅ 0.3
Strutture in muratura portante	
Verifiche a pressoflessione fuori piano dei maschi murari	≅ 0.6
Verifiche a pressoflessione nel piano dei maschi murari	≅ 0.6

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 200 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Verifiche a taglio dei maschi murari	$\cong 0.1$
Verifica a momento delle fasce murarie	$\cong 0.7$
Verifica a taglio delle fasce murarie	$\cong 0.4$
Verifica dei cinematismi locali	>1.0

(*) Le verifiche risultano non essere soddisfatte già nei casi di carico statici. L'accelerazione sismica sostenibile degli elementi può considerarsi nulla.

12.8.3 Ala Est della Scuola

La situazione delle verifiche sismiche condotte sull'Ala Est della Scuola è del tutto analoga a quella dell'Ala Ovest.

Le verifiche a flessione delle travi mostrano alcune criticità che si superano con accelerazione sismica ridotta al 30% di quella di progetto. Per quanto riguarda le verifiche a taglio delle travi, come per il caso dell'ala ovest, si denota la sofferenza della totalità degli elementi. Le verifiche di tipo statico mostrano gli stessi risultati.

Le verifiche dei pilastri mostrano che gli elementi non verificati a presso flessione sono 8 e sono quelli più vicini all'ala ovest, al piano terra. I pilastri superano tutti la verifica a rottura di tipo duttile con accelerazione sismica ridotta al 50% ag. Per quanto riguarda la verifica a taglio dei pilastri, con l'accelerazione sismica di progetto, nessun elemento le supera. Riducendo l'accelerazione sismica al 50% ag, le verifiche a taglio dei pilastri sono tutte soddisfatte. Infine, per quanto riguarda le verifiche dei nodi, alcuni elementi non superano la verifica con accelerazione ag. La superano, invece, tutti con l'80% ag.

Per quanto riguarda le strutture portanti in muratura, le verifiche a pressoflessione fuori piano sono soddisfatte mentre le verifiche a pressoflessione nel piano dimostrano che la capacità di sostenere le azioni sismiche di tutti i maschi murari è pari all'80% ag. Per quanto concerne le verifiche a taglio dei maschi, i risultati illustrano che soprattutto al piano primo alcuni elementi non superano le verifiche con l'accelerazione sismica di progetto ma lo fanno con ag ridotta al 50%. Le verifiche delle fasce murarie sono soddisfatte solo con l'80% ag, mentre le verifiche dei cinematismi di tipo locale delle pareti ritenute rappresentative dell'edificio danno esito positivo.

Al fine di avere il quadro completo dei risultati in uno schema sintetico, di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle capacità di resistenza alle azioni sismiche degli elementi strutturali analizzati, espresse mediante l'indicatore ζ_E .

Verifiche	ζ_E
Strutture in c.a.	
Verifiche delle rotture di tipo duttile	
Verifica a flessione delle travi	$\cong 0.3$
Verifica a flessione dei pilastri	$\cong 0.5$
Verifiche delle rotture di tipo fragile	
Verifica a taglio delle travi	(*)

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 201 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Verifica a taglio dei pilastri	< 0.1
Verifica dei nodi non confinati	≈ 0.8
Strutture in muratura portante	
Verifiche a pressoflessione fuori piano dei maschi murari	>1.0
Verifiche a pressoflessione nel piano dei maschi murari	≈ 0.8
Verifiche a taglio dei maschi murari	≈ 0.5
Verifica a momento delle fasce murarie	≈ 0.8
Verifica a taglio delle fasce murarie	≈ 0.8
Verifica dei cinematismi locali	>1.0

(*) Le verifiche risultano non essere soddisfatte già nei casi di carico statici. L'accelerazione sismica sostenibile degli elementi può considerarsi nulla.

12.8.4 Cucina e refettorio

Il corpo Cucina/Refettorio non presenta molti problemi. Le verifiche condotte sulle strutture portanti, che in questo caso risultano essere tutte in c.a., mostrano che le uniche criticità si riscontrano nelle verifiche a flessione delle travi, in corrispondenza dell'angolo nord-ovest del corpo di fabbrica. Gli stessi elementi hanno mostrato criticità anche nelle verifiche strutturali statiche.

Anche in questo caso, al fine di avere il quadro completo dei risultati in uno schema sintetico, di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle capacità di resistenza alle azioni sismiche degli elementi strutturali analizzati, espresse mediante l'indicatore ζ_E .

Verifiche	ζ_E
Strutture in c.a.	
Verifiche delle rotture di tipo duttile	
Verifica a flessione delle travi	(*)
Verifica a flessione dei pilastri	>1.0
Verifiche delle rotture di tipo fragile	
Verifica a taglio delle travi	>1.0
Verifica a taglio dei pilastri	>1.0
Verifica dei nodi non confinati	>1.0

(*) Le verifiche risultano non essere soddisfatte già nei casi di carico statici. L'accelerazione sismica sostenibile degli elementi può considerarsi nulla.

12.8.5 Locali tecnici

Le due piccole strutture chiamati corpi Locali tecnici non presentano problemi di tipo strutturale. Le verifiche sono soddisfatte. Si riporta comunque la tabella riepilogativa come negli altri casi.

Verifiche	ζ_E
Verifiche delle rotture di tipo duttile (presso-flessione)	>1.0
Verifiche delle rotture di tipo fragile (taglio e nodi)	>1.0

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5		 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	Pag. 202 di 203	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

13 CONCLUSIONI

Sull'edificio scolastico, costituito da corpi di fabbrica separati strutturalmente mediante giunti di costruzione, sono state effettuate verifiche sia con carichi prettamente di tipo gravitazionale/statici sia con carichi sismici.

I corpi presentano strutture portanti di tipo misto. In particolare, il corpo Palestra costituito da n.2 piano fuori terra, presenta n. 5 telai in c.a. ad un unico portale e due impalcati in altezza e un pannello murario senza aperture situato sul lato estremo ovest del Corpo. L'Ala Ovest e l'Ala Est sono costituiti da telai in c.a. presenti lungo tutta la facciata che affaccia sul lato sud e da una porzione integralmente realizzata in travi e pilastri in corrispondenza dell'androne e delle scale. Il lato nord e la "spina" longitudinale centrale delle strutture sono realizzati in maschi e fasce murarie suddivise da aperture, quali porte interne e finestre verso l'esterno. I restanti corpi Cucina/Refettorio e i Locali tecnici sono interamente a struttura portante in c.a..

Dalla ricerca documentale e storico critica condotta si è potuto constatare che in passato sull'organismo edilizio è stata condotta giù una campagna di indagini (nel 2016) mirata fondamentalmente al rilievo dello stato dei solai. Inoltre, sul corpo Palestra, nel 2001 fu realizzato un intervento urgente di rinforzo per la messa in sicurezza delle strutture in c.a..

La campagna condotta durante l'espletamento dell'incarico in oggetto e le precedenti prove effettuate sull'edificio scolastico hanno permesso di conseguire un livello di conoscenza adeguato della struttura (LC2). Tuttavia, si ritiene che le numerose indagini effettuate sulla scuola non abbiano consentito di rilevare in modo altrettanto adeguato le armature longitudinali presenti nelle travi, soprattutto per quanto concerne gli elementi dei telai della facciata esterna sud, ove sono presenti infissi e strutture frangisole che ne hanno ostacolato i rilievi. Per tali elementi si è preferito adottare un livello di conoscenza LC1.

Dai sopralluoghi effettuati e dai rilievi visivi è stato possibile notare fenomeni diffusi di espulsione del copriferro dai pilastri e alcune fessurazioni, di piccole dimensioni, presenti sulle murature in corrispondenza di aperture. Inoltre, in alcuni punti si denota il fenomeno di infiltrazione, ravvisato principalmente in corrispondenza dell'imbocco dei pluviali e in corrispondenza dei giunti strutturali.

I risultati delle verifiche statiche, condotte secondo le recenti norme tecniche delle costruzioni, mostrano che un numero considerevole di travi non raggiunge il requisito di sicurezza strutturale richiesto dalle NTC2018. Durante i rilievi pacometrici, infatti, si è ravvisata la carenza di armatura a taglio nelle travi in questione. Le verifiche statiche mostrano criticità anche su alcuni maschi murari situati al piano terra, con problemi alle verifiche a pressoflessione. Per quanto concerne le condizioni meramente strutturali dei solai si confermano e si condividono le considerazioni riportate nello studio effettuato precedentemente sugli orizzontamenti, ove si denotano le non verifiche degli elementi ai carichi gravitazionali. Tuttavia, dall'analisi dei risultati derivanti dalle prove di carico si ritiene che i solai conservino ancora un grado di elasticità sufficiente.

Ing. Fabio DE GIORGIO Via Dante Alighieri, 283 Cell. 328.3547598 PEC fabio.degiorgio@ingpec.eu	Verifica di vulnerabilità sismica, ai sensi dell'art.2 c.3 dell'OPCM n.3274 del 2003 per l'edificio scolastico SCUOLA ELEMENTARE DON BOSCO CUP J48E18000270001 - CIG Z8027D8EE5 Pag. 203 di 203	 Città di GROTTAGLIE Provincia di Taranto
	RT.STR.01 - Verifiche statiche e studio di vulnerabilità sismica - Relazione di sintesi dei risultati di calcolo	

Sull'edificio, oltre alle verifiche strutturali di tipo statico e di tipo sismico (con accelerazione di progetto), è stato condotto uno studio di vulnerabilità per la ricerca dell'indicatore ζ_E , definito nel capitolo 8 delle NTC2018, dato dal rapporto tra l'accelerazione sismica sostenibile dal manufatto e l'accelerazione sismica di progetto del sito di riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita. A tal fine, sono state condotte molteplici analisi con accelerazioni ag ridotte rispetto a quella di progetto.

Sono state effettuate verifiche anche degli spostamenti relativi tra i corpi di fabbrica contigui al fine di valutare l'ipotesi martellamento. I risultati esposti nel paragrafo 12.7 mostrano che tra i corpi Palestra-Ala Ovest e tra Ala Ovest-Ala Est si hanno spostamenti relativi di circa 5 cm e quindi si rimanda alle successive fasi di progettazione degli interventi di rinforzo la possibilità di estendere il giunto strutturale di qualche centimetro per ovviare alla problematica.

I risultati delle verifiche sismiche mostrano che il corpo "Palestra" conserva una capacità di resistenza alle azioni sismiche avente un indicatore ζ_E pari a 0.5, ossia pari al 50% dell'accelerazione sismica di progetto ag, per quanto riguarda le strutture in c.a., e pari a 0.7, ossia pari al 70% ag, per quanto riguarda le strutture in muratura portante.

Per quanto concerne le "ali ovest ed est" della scuola, le verifiche evidenziano numerose e diffuse problematiche dal punto di vista delle rotture di tipo fragile, ossia a taglio, delle travi in c.a., rilevate già nelle verifiche statiche. Mentre, per i pilastri si rilevano alcuni casi di non verifica in prossimità delle scale e sulla facciata sud. Si rileva che la capacità di sostenere il sisma da parte delle strutture verticali in c.a. varia tra il 50% e l'80%, ad eccezione di casi isolati in corrispondenza delle scale. Diffuse sono anche le non verifiche a pressoflessione nel piano e fuori piano rilevate sui maschi e sulle fasce murarie, ove si ottiene un indicatore ζ_E compreso tra 0.4 e 0.6. Le verifiche a taglio, invece, denotano situazioni locali più critiche, rilevando indicatori ζ_E decisamente più bassi.

I corpi di fabbrica Cucina/Refettorio e Locali Tecnici non presentano gravi criticità strutturali. L'unica rilevata interessa una trave sul telaio ovest della cucina.

In conclusione, lo studio di vulnerabilità sismica condotto mostra delle carenze strutturali diffuse sull'edificio scolastico. Particolarmente critici sono i risultati ottenuti dalle verifiche a taglio delle travi in c.a. e quelli ottenuti su alcune zone localizzate dei maschi murari. Per quanto concerne i solai, si ritiene che le verifiche sismiche sono da considerarsi meno gravi rispetto a quelle statiche, rimandando a queste ultime le considerazioni di dovere.

Tanto si doveva al fine dell'espletamento dell'incarico avuto.