

Opera finanziata con fondi PNRR Misura M4C1I3.3 "Piano di messa in sicurezza e riqualificazione dell'edilizia scolastica"



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA COMUNE DI AYMAVILLES	REGION AUTONOME VALLEE D'AOSTE COMMUNE DE AYMAVILLES	COMMITTENTE		
INTERVENTI DI EFFICIENZA ENERGETICA E DI ADEGUAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DENOMINATI PLURIUSO		AMMINISTRAZIONE COMUNALE		
		<p>PROGETTAZIONE</p> <p>STUDIOPARISSET ing. PARISSET Sandro</p>  <p>REGIONE BORGNALE, 10L 11100 AOSTA (AO) C.F. PRS SDR 65S19 A326W P.IVA 00568000079</p> <p>Ordine Ing. n° 344 Tel/Fax: 0165 903555 em@il: info@studiopariset.it web: www.studiopariset.it</p> <hr/> <p>PASTORET Engineering & Consulting S.r.l. <small>Società di Ingegneria</small></p> <p>per. ind. PASTORET Francesco ing. MASCOTTO Roberto per. Ind. BESENVAL Alex</p> <p>REGIONE BORGNALE, 10 11100 AOSTA (AO) CF/PI 01113260077</p> <p>Tel/Fax: 0165 45696 em@il: info@pastoret.it web: www.pastoret.it</p>		COLLABORATORI
FASE PROGETTO ESECUTIVO		SCALA	DATA REL. A AGO.2022 DATA REL. SUC.	REVISORE <input type="checkbox"/> / 0 9 2 3 / 0 9 /
ELABORATO RELAZIONE TECNICA - OPERE STRUTTURALI			TAVOLA RTS	

SCUOLE DI AYMAVILLES - CAPOLUOGO
PROGETTO ESECUTIVO
ADEGUAMENTO SISMICO EDIFICIO SCOLASTICO

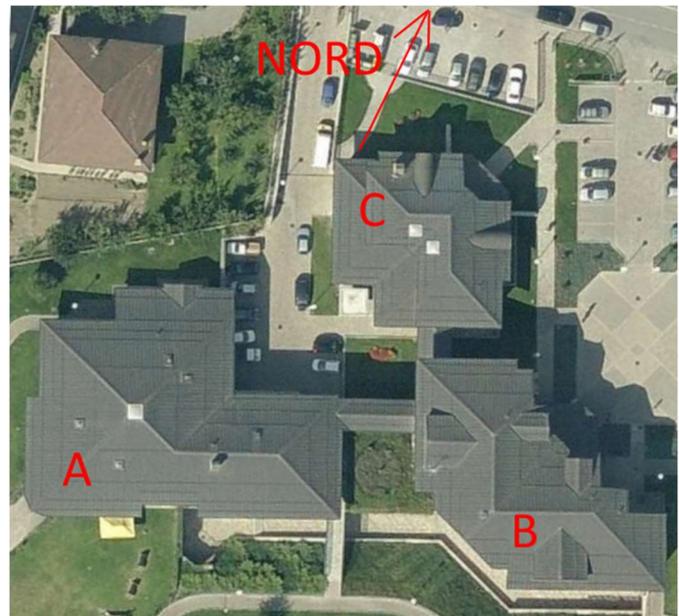
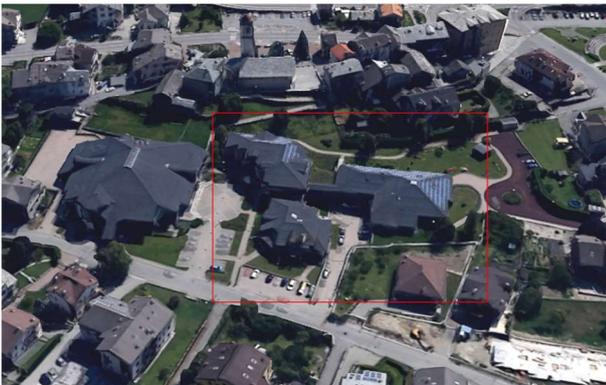
INDICE

PREMESSA	2
DESCRIZIONE GENERALE EDIFICI	3
LIVELLI DI CONOSCENZA	5
Verifica defectologica – anno 2010.....	5
Verifica vulnerabilità sismica – anno 2013	6
PFE adeguamento sismico – anno 2020	6
DATI GENERALI ANALISI SISMICA.....	7
PARAMETRI DI CALCOLO	7
MODELLO BLOCCO A.....	11
MODELLO BLOCCO B.....	14
CRITERI DI ADEGUAMENTO	17
CONSIDERAZIONI SU STATO ATTUALE.....	17
BLOCCO A	19
BLOCCO B	22
ASPETTI NORMATIVI ED AUTORIZZATIVI	26
ANALISI ECONOMICHE	27
PROGRAMMA DEI LAVORI.....	28

PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Aymavilles, all'interno di un incarico congiunto con lo studio PASTORET Engineering & Consulting, ha affidato allo STUDIOPARISSET, con sede ad Aosta, Regione Borgnalle 10L, il progetto **per l'adeguamento sismico del complesso scolastico** (solamente per i blocchi **A e B**), sito in località capoluogo, individuabile nella seguente immagine. La presente relazione accompagna il progetto ESECUTIVO.

Foto 1 - Vista d'insieme del complesso scolastico



DESCRIZIONE GENERALE EDIFICI

L'edificio, nel suo complesso, comprende la **scuola dell'infanzia**, la **scuola primaria** e la **biblioteca** e presenta un'articolazione planimetrica molto complessa.

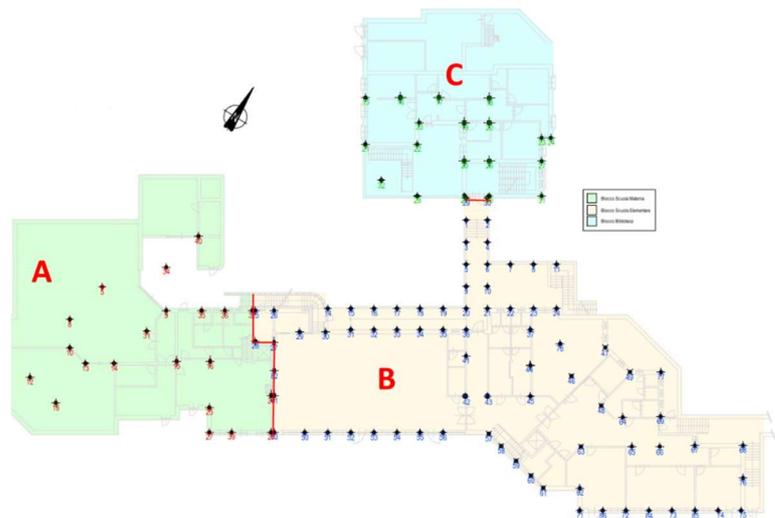
Sono strutturalmente individuabili tre diversi corpi di fabbrica di seguito così indicati:

Blocco **A** – Scuola dell'infanzia

Blocco **B** – Scuola primaria

Blocco **C** – Biblioteca

Figura 1 - Planimetria generale complesso scolastico



I blocchi **A** e **B** sono architettonicamente comunicanti ma *strutturalmente disconnessi* da un giunto di qualche centimetro realizzato mediante doppi pilastri affiancati.

I blocchi **B** e **C** sono collegati architettonicamente da un passaggio coperto organizzato strutturalmente su due livelli e disconnessi mediante doppi pilastri affiancati.

I giunti strutturali sono evidenziati in rosso nella figura precedente.

Nella successiva immagine è rappresentata la posizione relativa in esplosione dei diversi blocchi volumetrici.

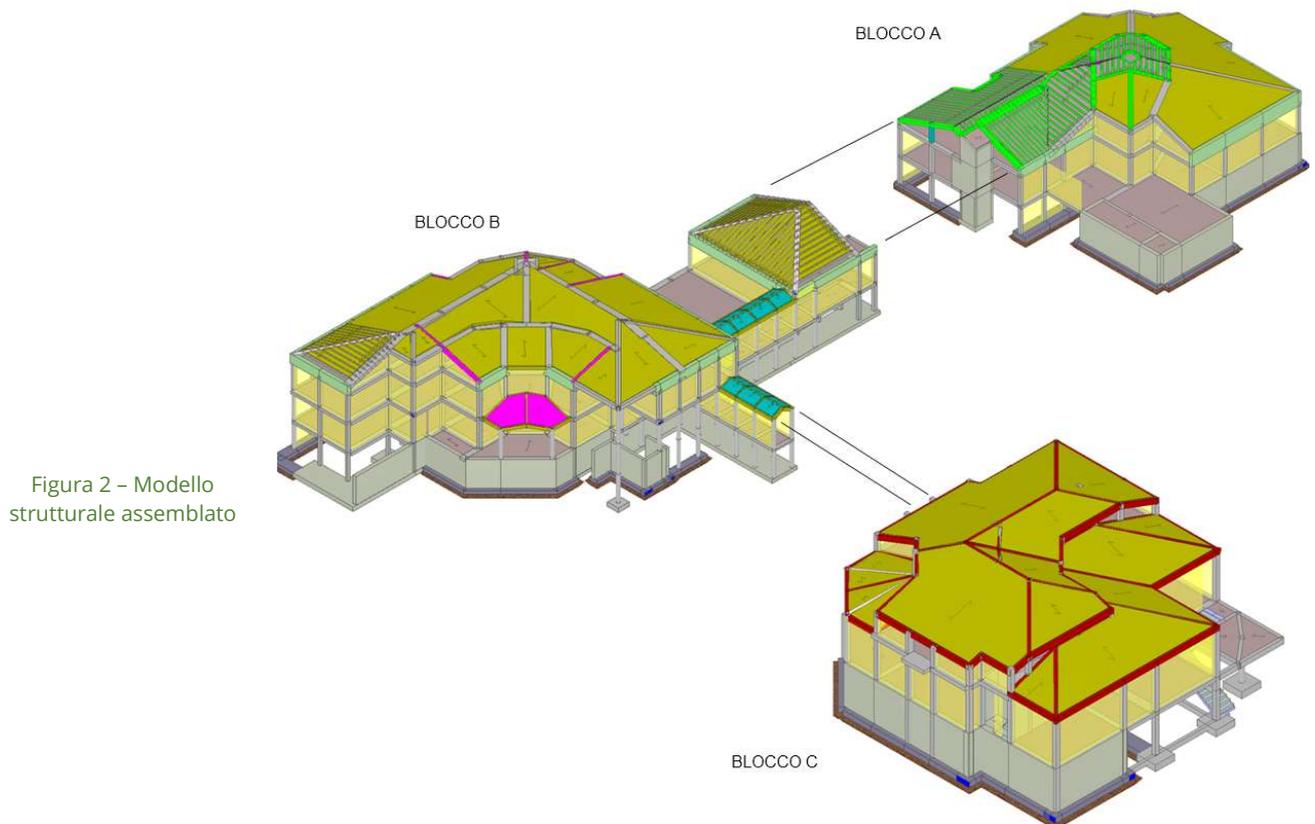


Figura 2 - Modello strutturale assemblato

Il blocco **A** è costituito da un piano seminterrato, un piano terra e un sottotetto non abitabile.

Il blocco **B** presenta un piano seminterrato, 2 piani fuori terra e un piano sottotetto abitabile.

Il blocco **C** presenta un livello seminterrato, un piano fuori terra e un piano sottotetto con copertura integralmente lignea.

In termini generali le strutture sono composte da fondazioni in cemento armato, muri perimetrali in cemento armato per le parti contro terra, pilastri e travi per i volumi emergenti.

Gli orizzontamenti di piano sono realizzati in laterocemento, mentre le falde dei tetti sono in parte in laterocemento e in parte in struttura lignea.

Gli sbalzi del tetto e alcune tettoie sono interamente in struttura lignea.

Le modellazioni software degli schemi strutturali sono state realizzate sulla base dei dati desumibili dalle tavole di progetto e dai numerosi riscontri sul campo.

LIVELLI DI CONOSCENZA

L'analisi strutturale degli edifici oggetto di adeguamento si basa su una serie completa di informazioni, ricavate in tempi e modi diversi.

Verifica defectologica – anno 2010

Nell'anno 2010, è stata effettuata una prima analisi defectologica sull'edificio per valutare l'origine di alcune fessurazioni. I risultati dell'indagine sono stati i seguenti:

"... Come precedentemente già accennato i quadri fessurativi analizzati all'interno della struttura scolastica:

- *non risultano essere direttamente collegati tra di loro;*
- *non hanno una significativa rilevanza ai fini statici;*
- *la qualità del cls esaminato è buona.*

Per quanto riguarda la zona refettori, le lesioni sono state generate da:

- *cattiva qualità dei materiali utilizzati per le finiture (massetto di sottofondazione);*
- *soluzione progettuale strutturale non propriamente consona (presenza della trave in spessore nel solaio a lastre e pilastro circolare all'interno della muratura perimetrale).*

Pertanto, le fessure presenti non sono da considerare alla stregua di un problema di sicurezza statica.

Nella zona della scuola dell'infanzia le fessure sono state causate dalla particolare impostazione progettuale architettonica e strutturale.

Occorre però intervenire per evitare che il quadro fessurativo evolva negativamente. ...".

Verifica vulnerabilità sismica – anno 2013

Nell'anno 2013 è stata effettuata un'analisi approfondita preliminare delle caratteristiche costruttive e dei materiali che ha permesso di procedere alla verifica di vulnerabilità sismica ai sensi delle NTC 2008.

Le conclusioni sono state le seguenti:

"... Sulla base di tutto quanto precedentemente esposto, NELLE CONDIZIONI ATTUALI GLI EDIFICI NON SONO COMPLETAMENTE SISMICAMENTE ADEGUATI ma il loro comportamento globale NE PERMETTE L'UTILIZZO ALL'INTERNO DI ACCETTABILI MARGINI DI SICUREZZA ..."

PFTE adeguamento sismico – anno 2020

Per la redazione del PFTE sono state realizzate le seguenti ulteriori prove:

- **Caratterizzazione dinamica mediante tecnica OMA** delle principali frequenze proprie dell'edificio così come attualmente costruito. I risultati sono riportati nella specifica relazione tecnica e hanno permesso di stabilire che i giunti strutturali risultano funzionanti.
- **Analisi MASW del terreno di fondazione** per la caratterizzazione ai sensi dell'inquadramento previsto dalle norme (NTC 2018 ndr.). Dalle analisi è emerso un terreno di tipo B. I risultati sono riportati nella specifica relazione tecnica allegata (RT_IM).

Sulla base di tutti i dati disponibili e delle numerose indagini effettuate si assume quindi un **livello di conoscenza ACCURATA pari a LC3, con fattore di confidenza F.C. pari a 1.0.**

A titolo di esempio per la completezza del livello di informazioni, nella seguente immagine è riportata la verifica incrociata con la numerazione originale dei pilastri riportata sulle tavole del cemento armato di progetto originario del blocco B.

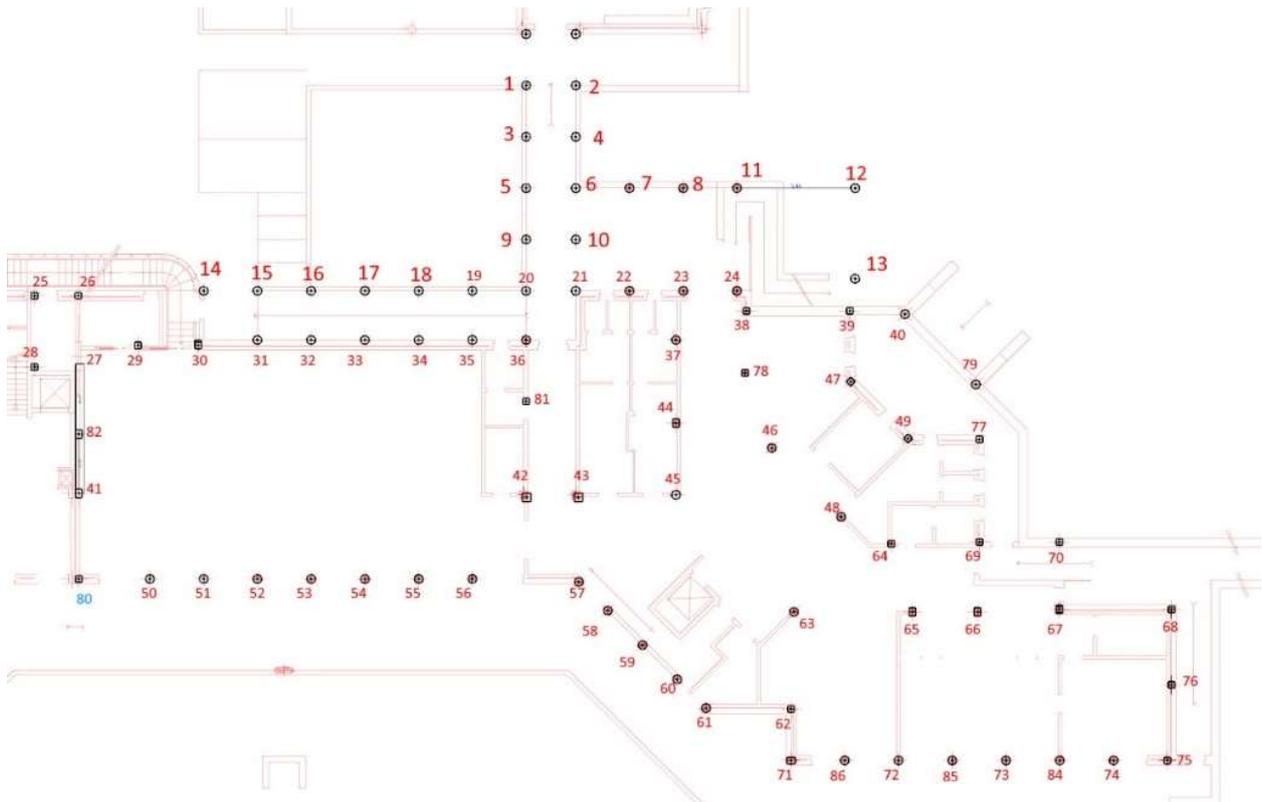


Figura 3 - Raffronto pilastrate progetto-modello

DATI GENERALI ANALISI SISMICA

PARAMETRI DI CALCOLO

L'azione sismica è stata valutata in conformità alle indicazioni del D.M. 20/02/2018 "Norme tecniche per le Costruzioni". In particolare, il procedimento per la definizione degli spettri di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- definizione della Vita Nominale e della Classe d'Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell'azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l'individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell'edificio.
- Determinazione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

I dati così calcolati sono stati utilizzati per determinare gli Spettri di Progetto nelle verifiche agli Stati Limite considerate. Si riportano di seguito le coordinate geografiche del sito rispetto al Datum ED50:

Latitudine	Longitudine	Altitudine
[°]	[°]	[m]
45.701944	7.236944	640

La tabella seguente riepiloga, per la struttura in esame, le condizioni di regolarità in pianta ed in altezza soddisfatte.

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN PIANTA	
La configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidità	NO
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	NO
Nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione	NO
Gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti	SI

REGOLARITÀ DELLA STRUTTURA IN ALTEZZA	
Tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione	NO
Massa e rigidità rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25 %, la rigidità non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidità si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	NO
Nelle strutture intelaiate progettate in CD"B" il rapporto tra resistenza effettiva e resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dall'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti [non significativo per le strutture in muratura]	-
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	NO

La rigidità è calcolata come rapporto fra il taglio complessivamente agente al piano e δ , spostamento relativo di piano. La struttura è pertanto:

in pianta	in altezza
NON REGOLARE	NON REGOLARE

L'edificio è stato progettato per una **Vita Nominale** pari a **50** e per **Classe d'Uso** pari a **4**. Come già precedentemente accennato, in base alle indagini geognostiche su edifici della zona si è classificato il **suolo** di fondazione di

categoria B, cui corrispondono i seguenti valori per i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta orizzontale e verticale:

Stato Limite	a_g/g	F_0	Parametri di pericolosità sismica					
			T_c^* [s]	C_c	T_B [s]	T_c [s]	T_D [s]	S_s
SLO	0.0423	2.511	0.230	1.71	0.131	0.392	1.769	1.50
SLD	0.0530	2.525	0.250	1.66	0.138	0.415	1.812	1.50
SLV	0.1287	2.468	0.290	1.58	0.153	0.458	2.115	1.50
SLC	0.1643	2.474	0.297	1.57	0.155	0.466	2.257	1.46

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune) occorre determinare il Fattore di Struttura (q). Il Fattore di struttura q è un fattore riduttivo delle forze elastiche introdotto per tenere conto delle capacità dissipative della struttura che dipende dal sistema costruttivo adottato, dalla Classe di Duttilità e dalla regolarità in altezza. Si è inoltre assunto il **Coefficiente di Amplificazione Topografica** (S_T) pari a **1.00**.

Per la struttura in esame sono stati determinati i seguenti valori:

Stato Limite di salvaguardia della Vita

Fattore di Struttura (q_x) per sisma orizzontale in direzione X:	2.250
Fattore di Struttura (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y:	2.250
Fattore di Struttura (q_z) per sisma verticale:	1.50

Essendo la struttura oggetto di studio una **struttura esistente**, il fattore di struttura è invece calcolato secondo quanto indica la Circolare 02-02-2009 n. 617 al par. C8.7.1.2. Per la verifica di edifici con analisi lineare ed impiego del fattore q , il valore da utilizzare per quest'ultimo è pari a:

- $q = 2,0 \cdot \alpha_u / \alpha_1$ per edifici regolari in elevazione;
- $q = 1,5 \cdot \alpha_u / \alpha_1$ negli altri casi;

in cui α_u e α_1 sono definiti nel D.M. 2018. In assenza di più precise valutazioni, potrà essere assunto un rapporto α_u / α_1 pari a 1,5.

Gli spettri utilizzati sono riportati nella successiva figura.

Grafico degli Spettri di Risposta

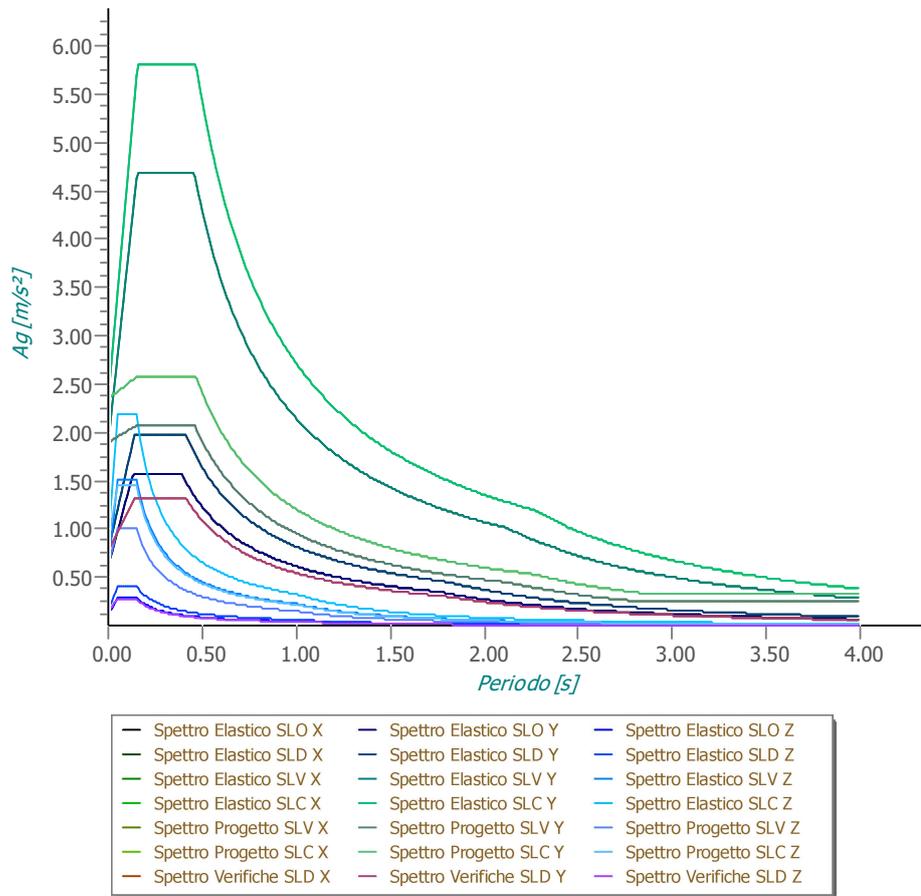


Figura 4 - Spettro di norma

MODELLO BLOCCO A

Di seguito si riportano in forma sintetica i dati fondamentali dell'analisi strutturale (modello 923_14_01_A_STR_230822).

DEFORMATA STATICA

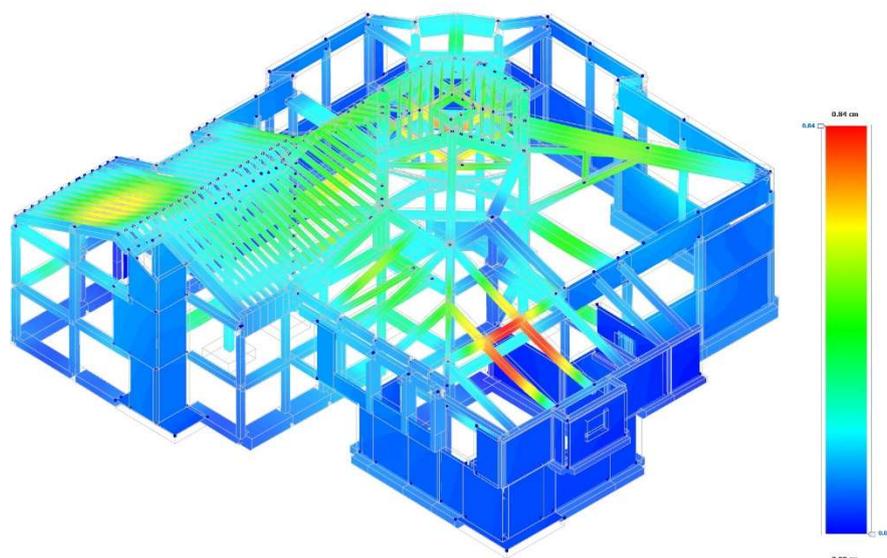


Figura 5 - Deformata statica ricavata tramite il software EdiLus

DEFORMATA DINAMICA ASSE X

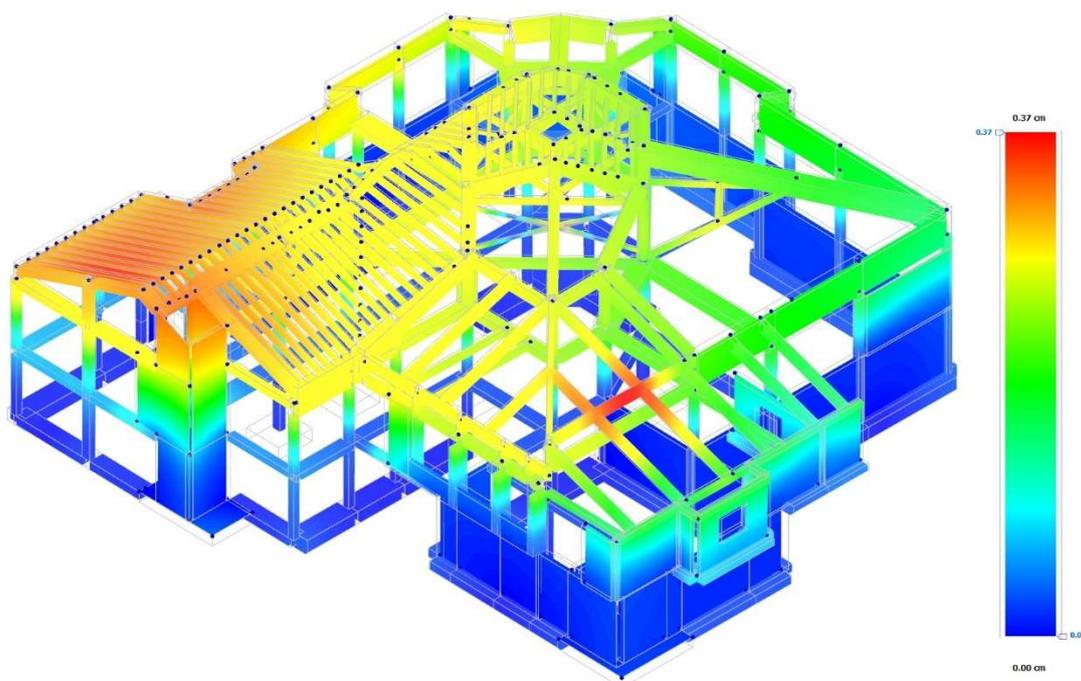


Figura 6 - Deformata dinamica sull'asse delle x ricavata tramite il software EdiLus

DEFORMATA DINAMICA ASSE Y

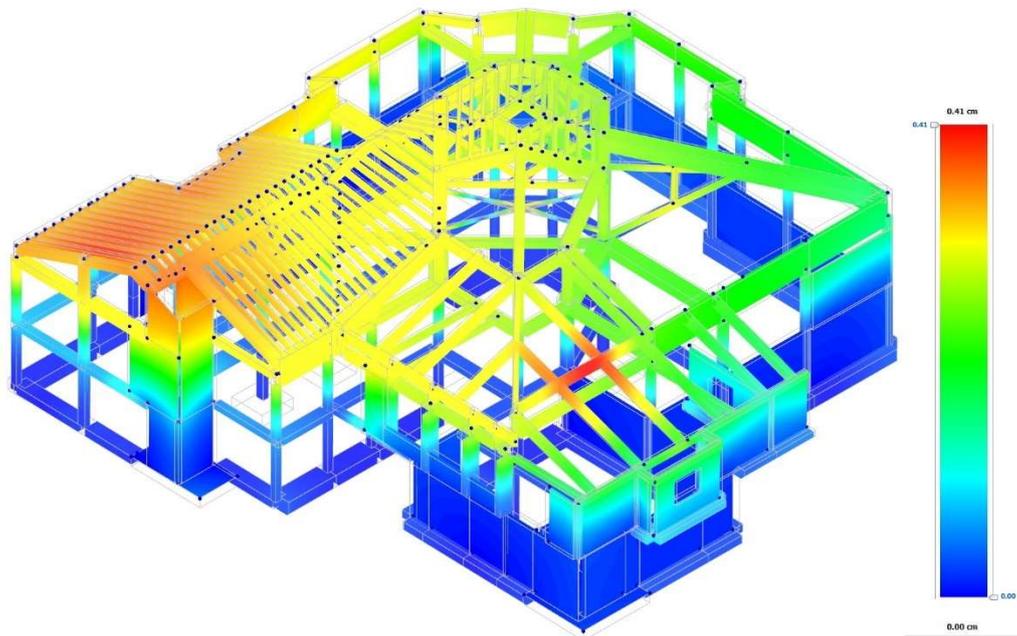


Figura 7 - Deformata dinamica sull'asse delle y ricavata tramite il software EdiLus

PERIODI FONDAMENTALI E MASSE PARTECIPANTI

Direzione	Periodo [s]	Modo di vibrare	Masse partecipanti [%]	Coefficiente di partecipazione
X	0.129	2	36.85	758.20
Y	0.143	1	39.72	787.13

LEGENDA: Periodi fondamentali e masse partecipanti

Periodo

Periodo di vibrazione nella direzione considerata **di vibrare** Modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.

Masse partecipanti

Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.

Coefficiente di partecipazione

Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g /g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.3863	>2475
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.2230	>2475
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.3684	>2475
SLV	Deformazione Ultima Maschio	MU	0.4079	>2475
SLV	Pressoflessione Fuoripiano del Maschio	MU	0.2209	>2475
SLV	Rottura nel Piano del Maschio	MU	0.3089	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.1554	977

SLV	Taglio	CA	0.1677	1217
SLV	Rottura del Nodo	CA	0.1750	1380
SLV	Flessione o Pressoflessione	AC	1.5854	>2475
SLV	Taglio	AC	3.3568	>2475
SLV	Instabilità ACCIAIO	AC	1.5651	>2475

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale	Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura	Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_c	Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se PGA _c =0 -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k + \sum_i (\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. Se PGA _c =NS -> Non significativo per valori di PGA _c >= 1000.
T_{RC}	Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_c/PGA_D)^{\eta}]$ con $\eta = 1/0,41$.
N.B.	Come PGA _c per "Rottura nel Piano del Maschio" viene riportata la minima tra i meccanismi di "Pressoflessione Nel Piano" e "Taglio Nel Piano" del maschio.

DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Stato Limite	PGA _D [a ₀ /g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.0508	60
SLD	0.0635	101
SLV	0.1545	949
SLC	0.1972	1950

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.
PGA_D	Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_0/g$).

INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Stato Limite	α _{PGA}	α _{TR}
SLO	4.392	4.677
SLD	6.078	4.734
SLV	1.006	1.012

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
α_{PGA}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_c/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla.
α_{TR}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

MODELLO BLOCCO B

Di seguito si riportano in forma sintetica i dati fondamentali dell'analisi strutturale. (modello 923_16_01_D_STR_290822).

DEFORMATA STATICA

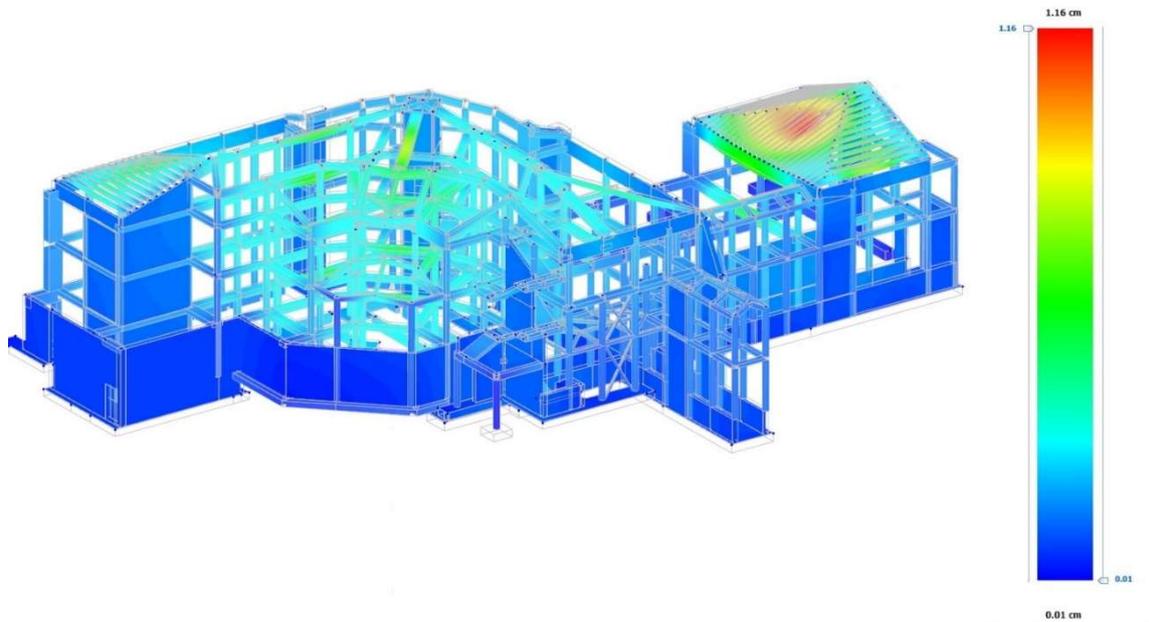


Figura 8 - Deformata statica ricavata tramite il software EdiLus CA+PO+EE+AC+MU+LG v.BIM 2(c)

DEFORMATA DINAMICA ASSE X

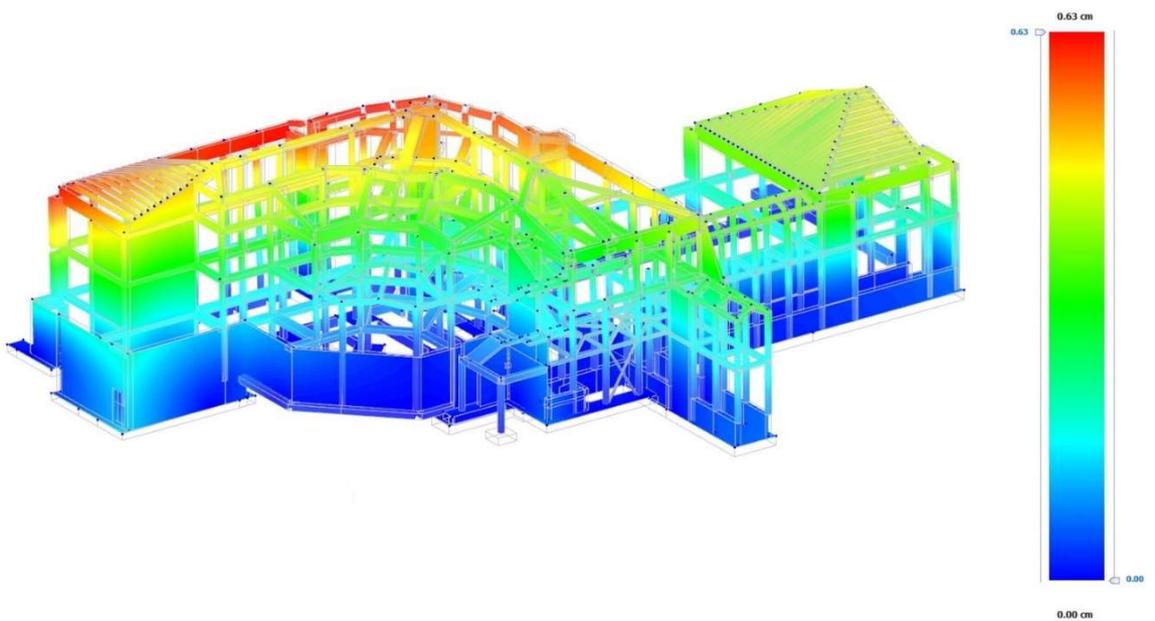


Figura 9 - Deformata dinamica sull'asse delle x ricavata tramite il software EdiLus CA+PO+EE+AC+MU+LG v.BIM 2(c)

DEFORMATA DINAMICA ASSE Y

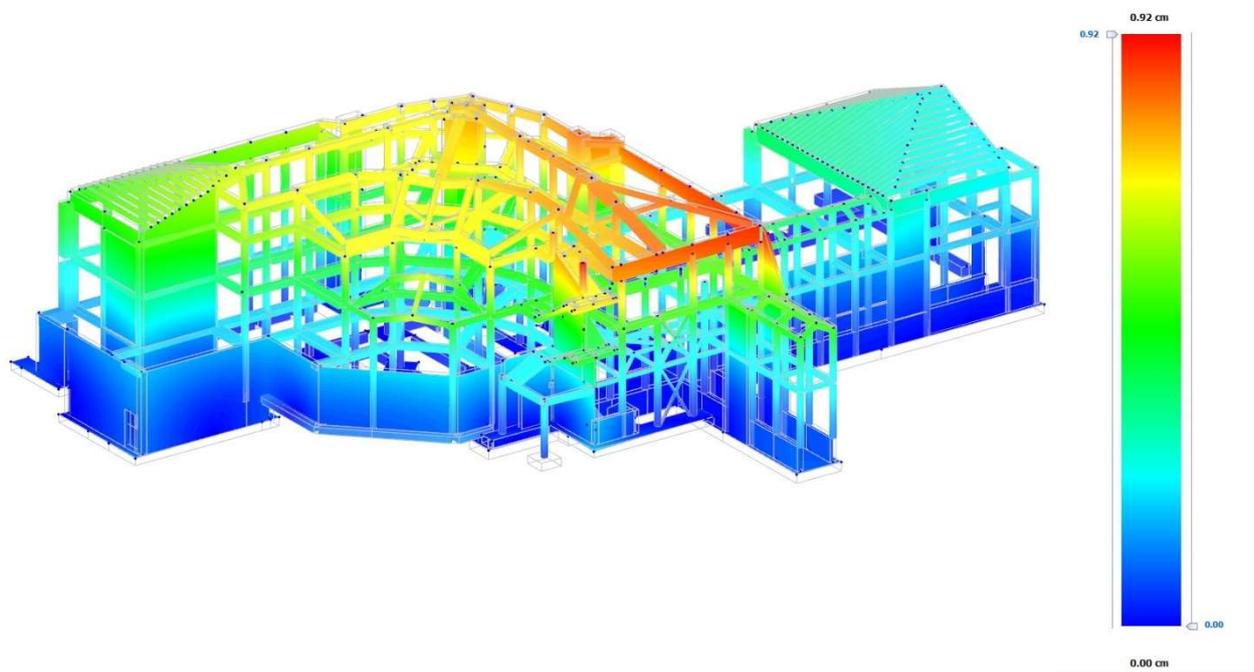


Figura 10 - Deformata dinamica sull'asse delle y ricavata tramite il software EdiLus CA+PO+EE+AC+MU+LG v.BIM 2(c)

PERIODI FONDAMENTALI E MASSE PARTECIPANTI

Periodi fondamentali e masse partecipanti				
Direzion e	Periodo [s]	Modo di vibrare	Masse partecipanti [%]	Coefficiente di partecipazione
X	0.196	2	49.66	923.04
Y	0.232	1	60.55	1'019.28

LEGENDA: Periodi fondamentali e masse partecipanti

- Periodo** Periodo di vibrazione nella direzione considerata. Modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Masse partecipanti** Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata. [-] = Non significativo per il tipo di analisi scelto.
- Coefficiente di partecipazione** Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

CAPACITA' - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA SOSTENIBILE

Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile				
SL	Tipo di rottura	Materiale/Terreno	PGA _c [a _g /g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento Interpiano (SLD)	-	0.1665	1190
SLO	Spostamento Interpiano (SLO)	-	0.0884	228
SLV	Carico Limite Terreno	TER	0.3800	>2475
SLV	Flessione o Pressoflessione	CA	0.1394	729
SLV	Taglio	CA	0.1409	750



SLV	Rottura del Nodo	CA	0.1450	809
-----	------------------	----	--------	-----

LEGENDA: Capacità - Entità dell'azione sismica sostenibile

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
Materiale	Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: [CA] = Cemento Armato - [AC] = Acciaio - [MU] = Muratura - [TER] = Terreno - [-] = Parametro non significativo per il tipo di rottura.
Tipo di rottura	Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.
PGA_C	Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se $PGA_C=0$ -> l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica $[G_k+\sum_i(\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i})]$. Se $PGA_C=NS$ -> Non significativo per valori di $PGA_C >= 1000$.
T_{RC}	Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno $[= T_{RD} \cdot (PGA_C/PGA_D)^\eta]$ con $\eta = 1/0,41$.
N.B.	Come PGA_C per "Rottura nel Piano del Maschio" viene riportata la minima tra i meccanismi di "Pressoflessione Nel Piano" e "Taglio Nel Piano" del maschio.

DOMANDA - ENTITA' DELL'AZIONE SISMICA ATTESA

Domanda - Entità dell'azione sismica attesa			
Stato Limite	PGA _D	T _{RD}	
	[a _g /g]	[anni]	
SLO	0.0446	45	
SLD	0.0561	75	
SLV	0.1386	712	
SLC	0.1789	1462	

LEGENDA: Domanda - Entità dell'azione sismica attesa

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività - [SLC] = stato limite prevenzione collasso.
PGA_D	Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_s \cdot S_T \cdot a_g/g$).
T_{RD}	Domanda in termini di periodo di ritorno.

INDICATORI DI RISCHIO SISMICO

Indicatori di rischio sismico			
Stato Limite	α _{PGA}	α _{TR}	
SLO	1.981	1.945	
SLD	2.965	3.106	
SLV	1.006	1.010	

LEGENDA: Indicatori di rischio sismico

Stato Limite	Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato: [SLV] = stato limite di salvaguardia della vita - [SLD] = stato limite di danno - [SLO] = stato limite di operatività.
α_{PGA}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. [0] -> la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla.
α_{TR}	Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0,41}$ - [NS] = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

CRITERI DI ADEGUAMENTO

Di seguito si presenta la logica prevista per gli interventi di **adeguamento** dei due distinti corpi di fabbrica.

CONSIDERAZIONI SU STATO ATTUALE

Per l'adeguamento di edifici esistenti, occorre partire dalla situazione architettonico-strutturale attuale. Nel caso di specie, come già precedentemente illustrato, è possibile dividere l'analisi nei tre diversi blocchi A, B e C.

Da un punto di vista generale si possono immediatamente evidenziare le seguenti caratteristiche salienti:

1. Dall'**indagine Masw** emerge la classificazione del terreno all'interno della classe B che, in questo caso, è da considerare positivamente perché riduce gli effetti dell'azione sismica.
2. Entrambe gli edifici, e il blocco B in misura maggiore, presentano una **conformazione planimetrica articolata** e complessa che, nel caso sismico, è da considerare un fattore di complicazione nell'analisi strutturale del comportamento dinamico.
3. Gli **schemi strutturali** sono, naturalmente, parimenti **relativamente complessi**. In particolare per:
 - a. Solai in latero cemento di copertura a ginocchio senza travi di colmo;
 - b. Eccentricità di alcuni pilastri rispetto alle travi portate;
 - c. Presenza di travi molto lunghe;
 - d. Presenza di travi parete.
 - e. Presenza di materiali diversi (cemento armato - muratura - legno).
4. Lo sviluppo architettonico dei fabbricati in **elevazione è modesto** per i blocchi A e C, mentre è **più significativo per il blocco B**.
5. La **copertura dei tetti in lamiera**, grazie alla sua intrinseca leggerezza, riduce in maniera significativa le masse sismiche in elevazione e questo fatto riduce le sollecitazioni sulle strutture.

6. Trattandosi di scuole vi è una significativa quantità di finestre che, di fatto, indeboliscono, l'eventuale azione irrigidente delle murature, sempre presente anche se di semplice tamponamento.

Sulla base delle precedenti valutazioni sono quindi DA ESCLUDERE le seguenti possibilità di intervento:

- a) *Torri dissipative*. La complessità planimetrica ne riduce l'efficienza.
- b) *Isolamento alla base*. Non sono disponibili sezioni resistenti di interrato tali da permettere un razionale sfruttamento di questa tecnologia.

Nell'analisi strutturale aggiornata alla progettazione definitiva ed esecutiva sono stati approfonditi i seguenti aspetti che erano stati sviluppati nella fase di progettazione precedente (PFTE):

- 1) **Complessità della realizzazione dei punti di ancoraggio** delle strutture metalliche ai nodi strutturali. La concentrazione di sforzi richiedeva dettagli costruttivi troppo complessi.
- 2) **Aumento eccessivo dei costi del materiale metallico** e delle relative lavorazioni.
- 3) **Complessità eccessiva per la risoluzione dei ponti termici** legati alla presenza delle molteplici nuove travi metalliche.

La progettazione strutturale definitiva/esecutiva ha quindi previsto una soluzione tecnica strutturale concettualmente simile ma differente nella scelta dei materiali resistenti. Si è optato per:

- a) **Realizzazione di setti/pilastri e pareti in cemento armato** sulla parte esterna dell'involucro edilizio.
- b) **Realizzazione di strutture metalliche di controvento** nelle porzioni in cui tali opere possono essere realizzate con nodi di collegamento tradizionali.
- c) **Impiego di fibre di carbonio** al solo fine di:
 - a. aumentare la duttilità dei *nodi strutturali*;
 - b. ovviare ad eventuali tensioni parassite nelle *travi* dovute alla particolare geometria dei solai a ginocchio.

Nelle pagine seguenti sono descritti i vari interventi previsti per i diversi edifici. È evidente che trattandosi di intervento su strutture esistenti, solamente in fase esecutiva, dopo aver eseguito le demolizioni, a quel punto possibili, saranno compiutamente verificati i dettagli esecutivi di cantiere degli ancoraggi tra strutture esistenti e rinforzi strutturali da realizzare.

BLOCCO A

Nella seguente immagine sono riassunti tutti gli interventi principali previsti. (cfr. modello 923_14_01_A_STR_230822)

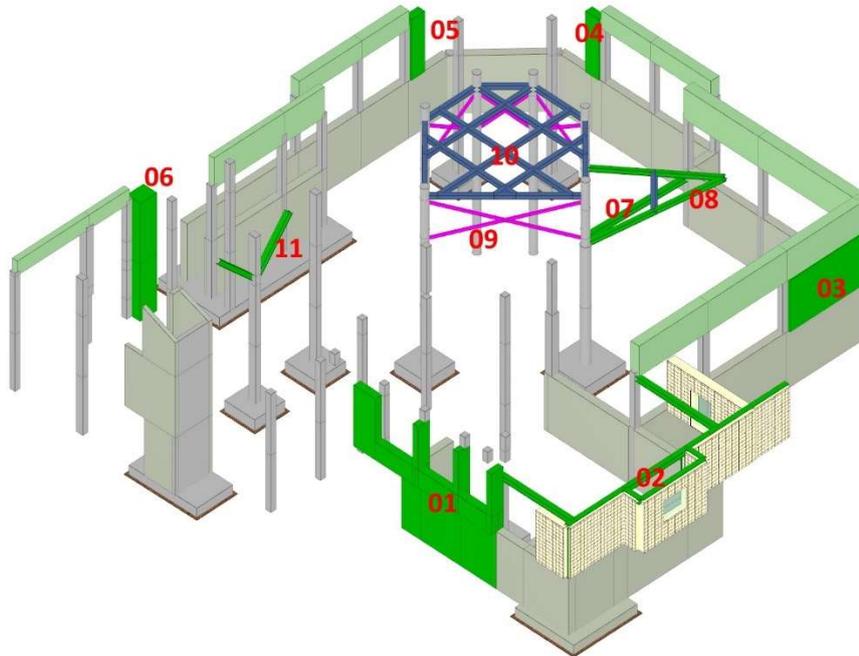


Figura 11 - Vista globale interventi strutturali in cemento armato

Nella seguente immagine sono riportati gli elementi per i quali è prevista l'applicazione di fibre di carbonio (F1—F11) o intonaco armato (M01).

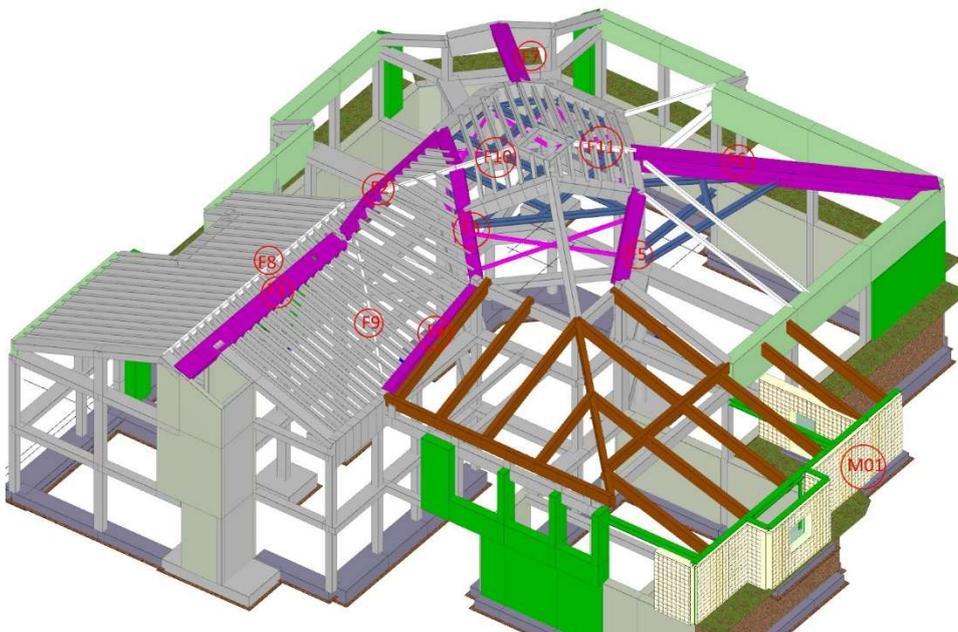


Figura 12 - Elementi con rinforzo fibre di carbonio o intonaco armato

Nelle seguenti immagini sono individuati i nodi per i quali è previsto il rinforzo locale con fibre di carbonio ai soli fini dell'incremento di duttilità.

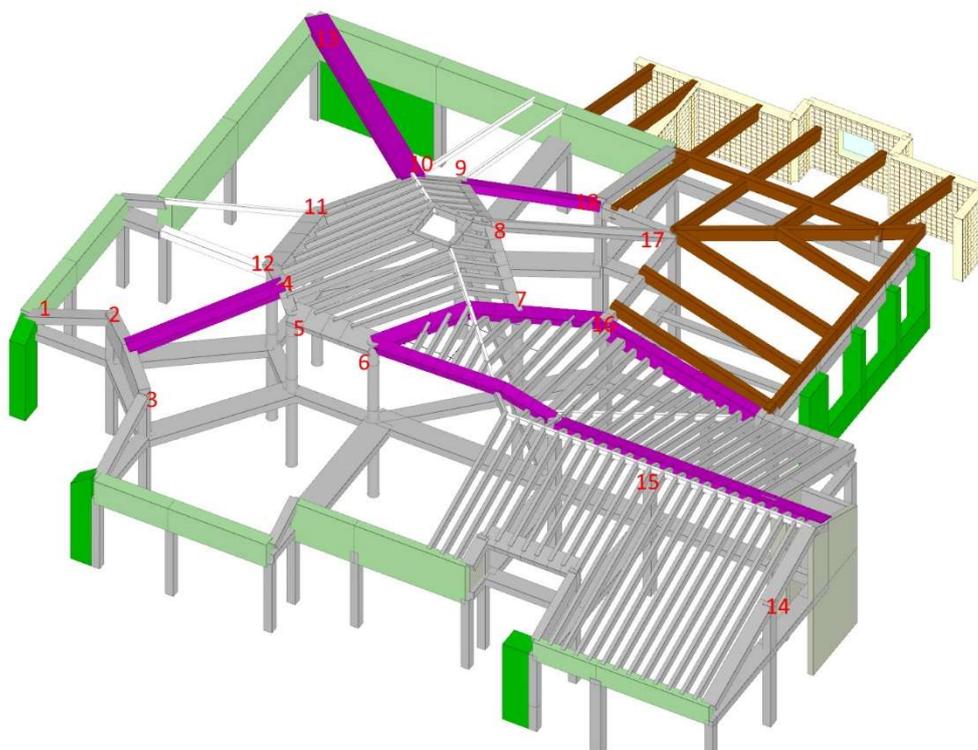


Figura 13 - Interventi su trave con fibra di carbonio

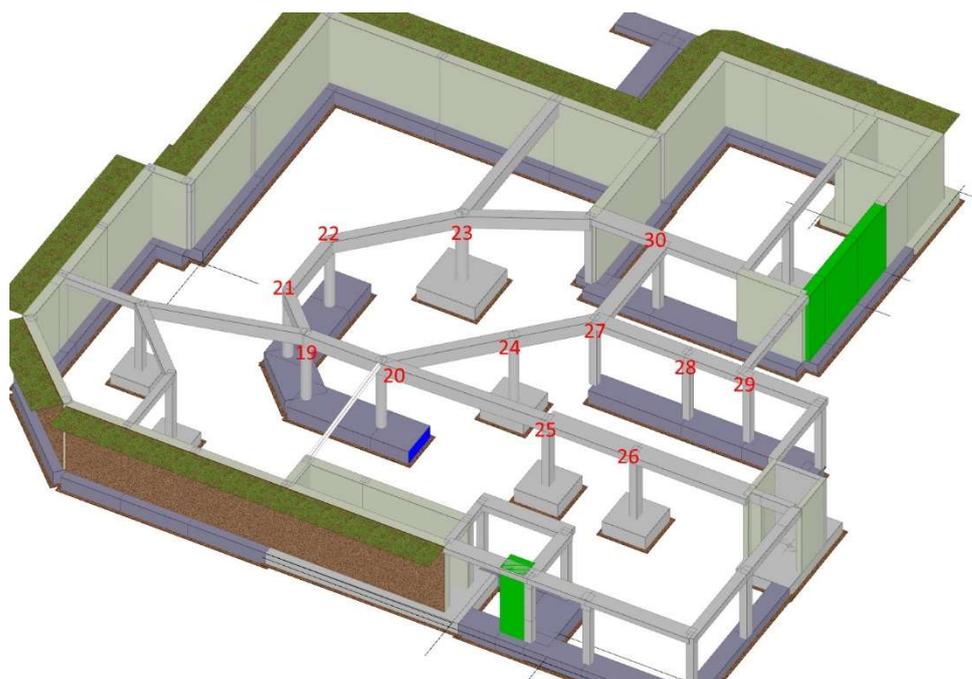


Figura 14 - Interventi con fibre di carbonio

Nella seguente immagine sono individuate le murature per le quali è previsto il rinforzo con intonaco armato.

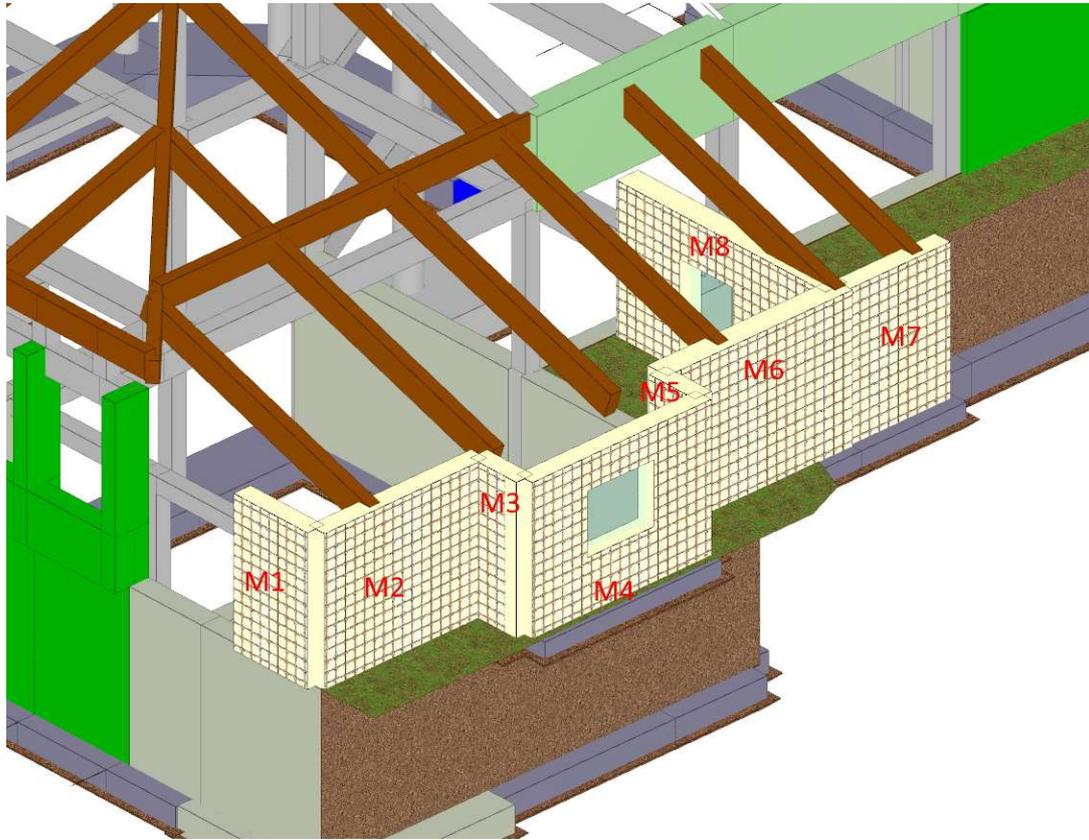


Figura 15 - Interventi con intonaco armato

BLOCCO B

Nella seguente immagine sono riassunti gli interventi principali previsti.
(923_10_01_C_STR_170622)

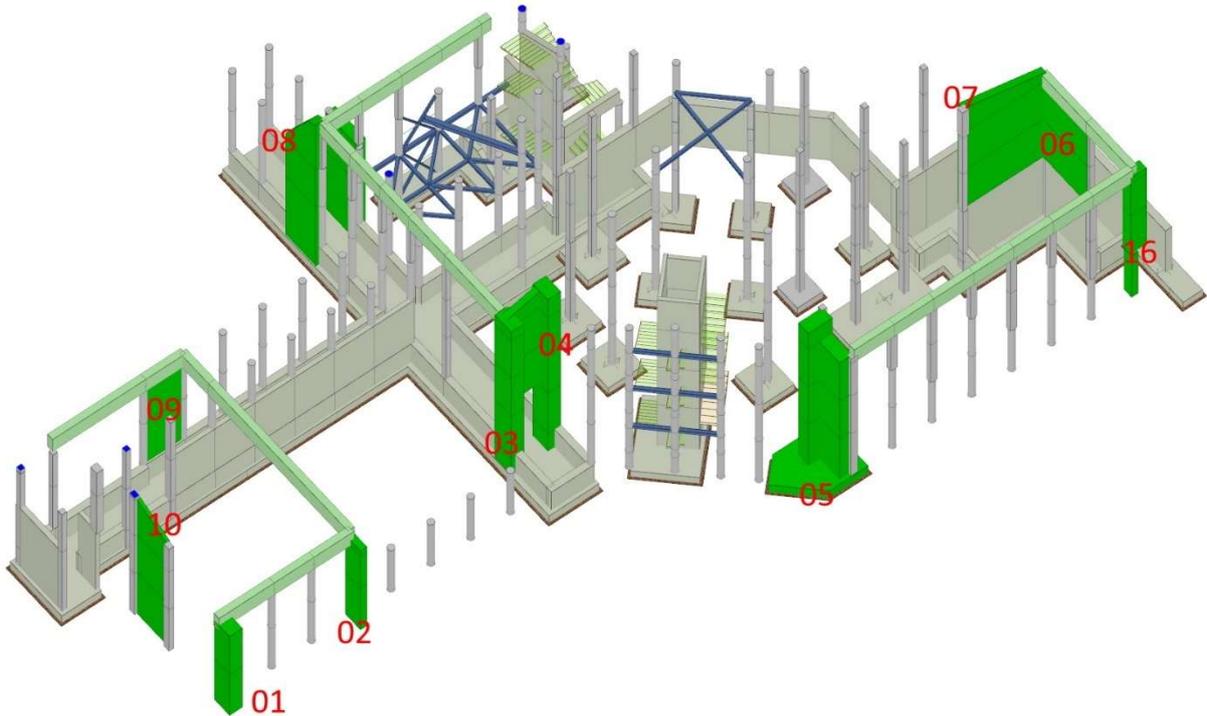


Figura 16 - Vista globale interventi su pareti

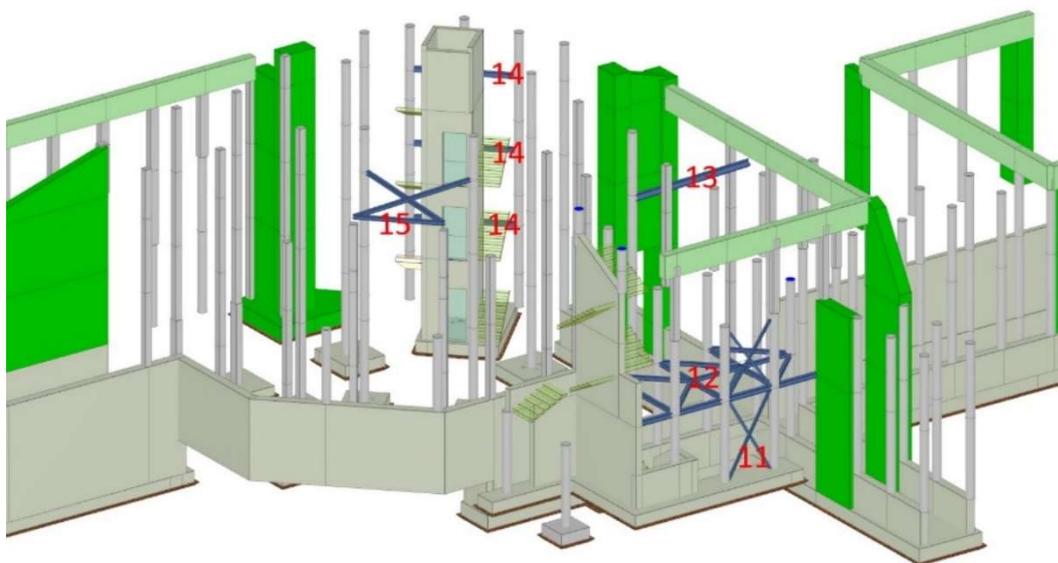


Figura 17 - Interventi con strutture metalliche

Nelle seguenti immagini sono individuati gli elementi per i quali è prevista l'applicazione di fibre di carbonio ai soli fini dell'incremento di duttilità.

Elementi trave

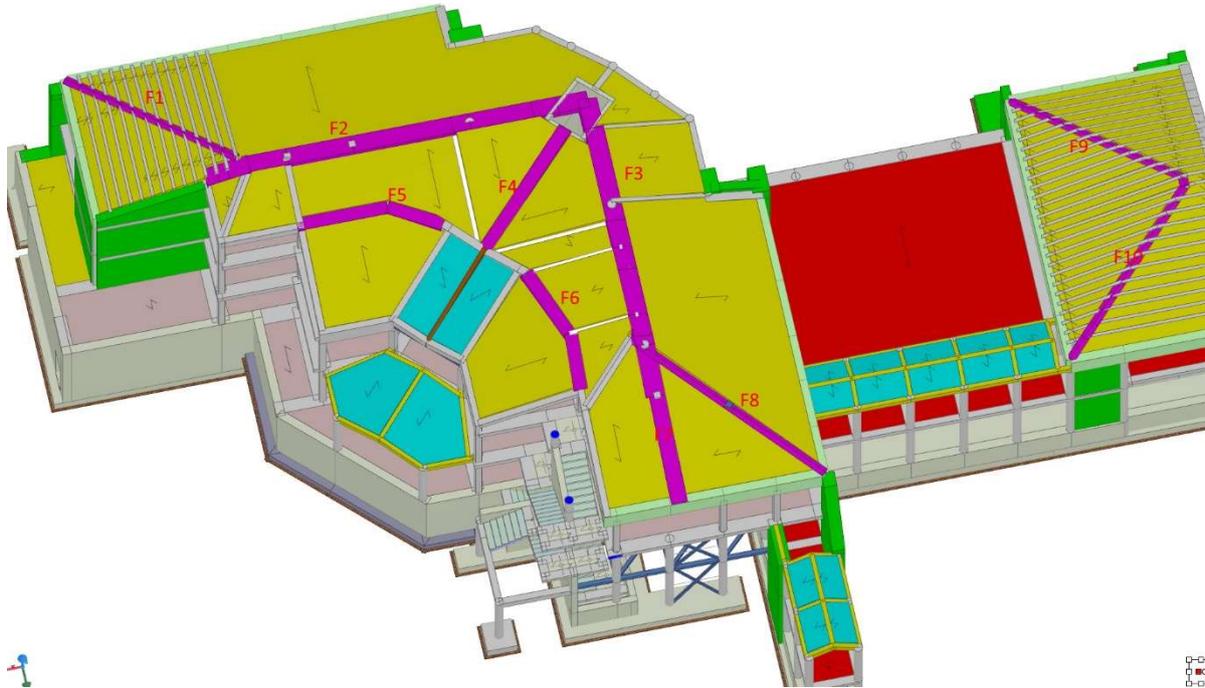


Figura 18 - Interventi

Elementi nodo strutturale

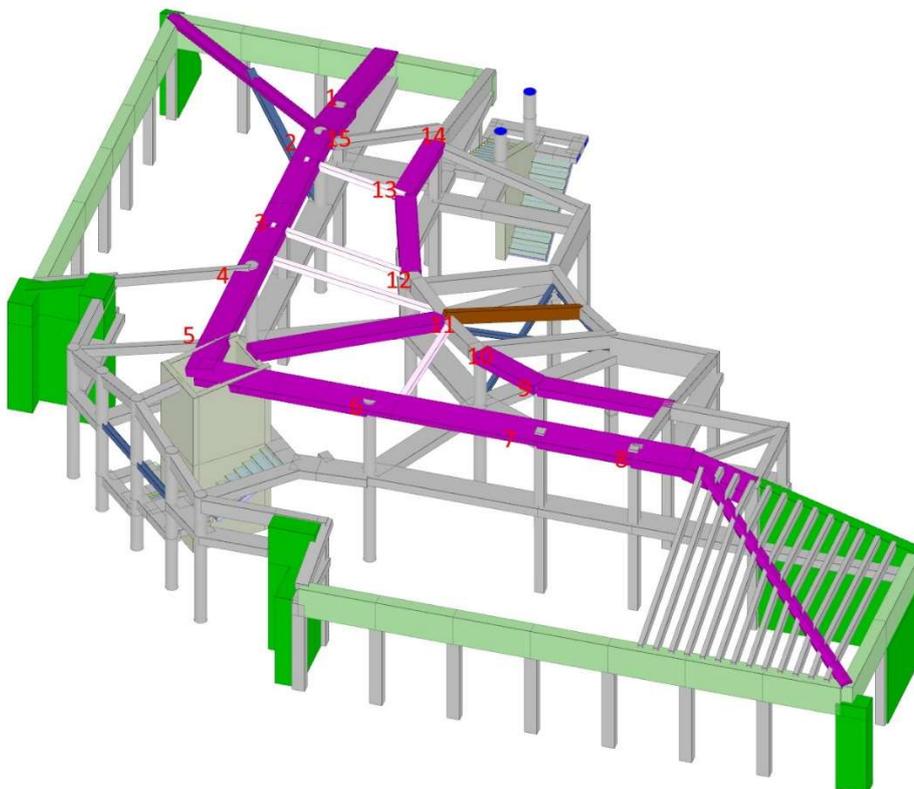


Figura 29 - Interventi

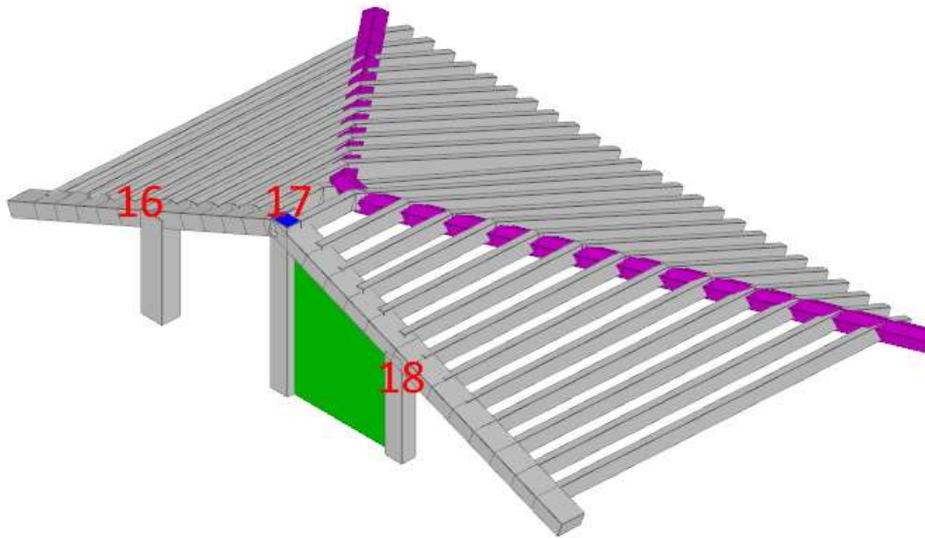


Figura 20 - Interventi

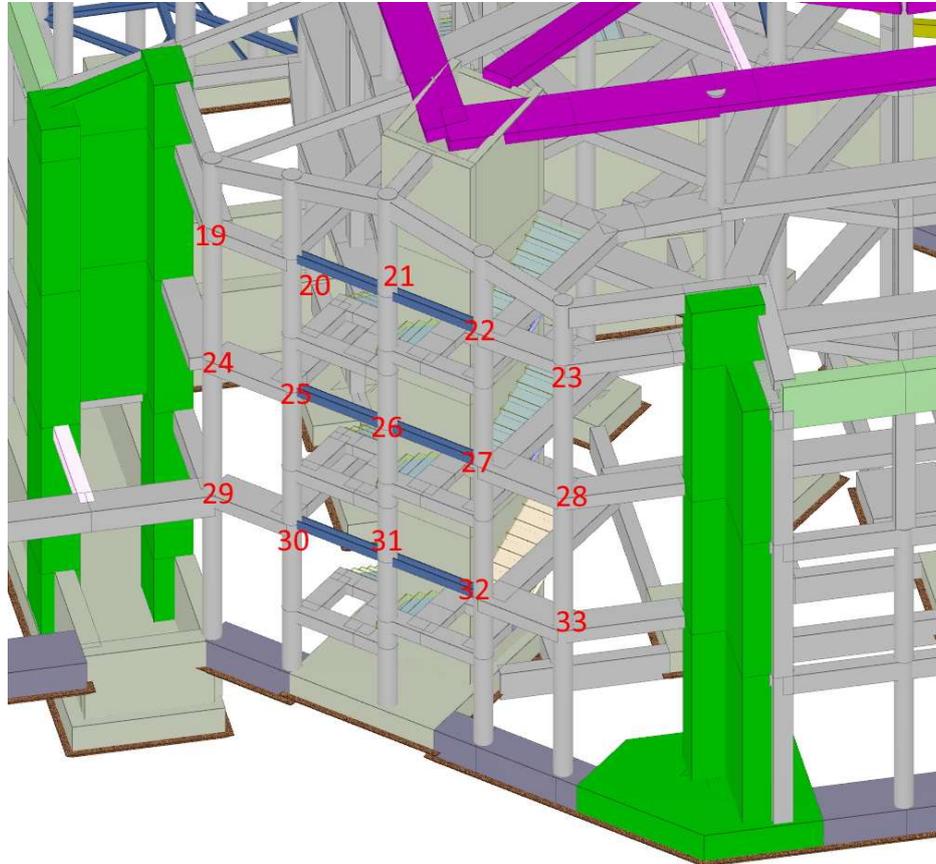


Figura 21- Interventi

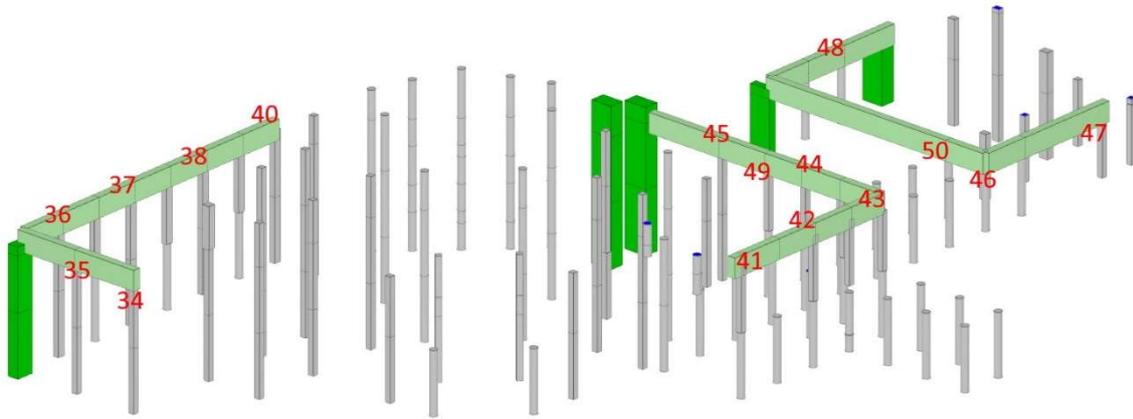


Figura 22 - Interventi

ASPETTI NORMATIVI ED AUTORIZZATIVI

Dal punto di vista urbanistico, l'unica valutazione è relativa al modesto incremento di volume esterno in corrispondenza dei setti e delle pareti di irrigidimento, comunque ricoperti dal cappotto di isolamento termico.

Vista la planimetria degli edifici in rapporto ai confini dei mappali non esistono problemi di distanze rispetto ad altre proprietà.

Dal punto di vista delle procedure rispetto alle norme tecniche sulle costruzioni e al deposito delle pratiche strutturali, sarà necessario, sulla progettazione esecutiva, acquisire il parere dell'ufficio sismico regionale.

ANALISI ECONOMICHE

Nella seguente tabella sono riportate le valutazioni economiche per le principali categorie di lavorazione previste.

M	LAVORI A MISURA euro	752'427,41	100,000
M:001	BLOCCO A euro	277'743,39	36,913
M:001.001	A.01 euro	16'477,31	2,190
M:001.002	A.02 euro	17'249,95	2,293
M:001.003	A.03 euro	9'131,40	1,214
M:001.004	A.04 - A.05 euro	8'459,17	1,124
M:001.005	A.06 euro	12'416,53	1,650
M:001.006	A.07 euro	4'239,33	0,563
M:001.007	A.08 euro	7'266,69	0,966
M:001.008	A.09 euro	9'752,93	1,296
M:001.009	A.10 euro	25'644,35	3,408
M:001.010	A.11 euro	7'190,40	0,956
M:001.011	A.12 euro	25'481,22	3,387
M:001.012	A.13 euro	106'195,11	14,114
M:001.013	A.14 euro	9'014,20	1,198
M:001.014	A.15 euro	19'224,80	2,555
M:002	BLOCCO B euro	474'684,02	63,087
M:002.015	B.01 euro	16'204,84	2,154
M:002.016	B.02 euro	12'210,12	1,623
M:002.017	B.03 - B.04 euro	54'436,73	7,235
M:002.018	B.05 euro	41'714,75	5,544
M:002.019	B.06 - B07 euro	70'083,06	9,314
M:002.020	B.08 euro	40'500,33	5,383
M:002.021	B.09 euro	11'652,91	1,549
M:002.022	B.10 euro	17'443,49	2,318
M:002.023	B.11 - B.12 euro	13'129,65	1,745
M:002.024	B.13 euro	4'072,57	0,541
M:002.025	B.14 euro	5'415,41	0,720
M:002.026	B.15 euro	2'966,15	0,394
M:002.027	B.16 euro	7'270,26	0,966
M:002.028	B.17 euro	15'481,01	2,057
M:002.029	B.18 euro	138'201,54	18,367
M:002.030	B.19 euro	23'901,20	3,177
	TOTALE euro	752'427,41	100,000

Tabella 1 - Costi stimati

PROGRAMMA DEI LAVORI

Per la realizzazione dei lavori, la programmazione delle attività deve essere coordinata con l'attività scolastica del plesso e con il cantiere per la realizzazione delle opere di isolamento termico.

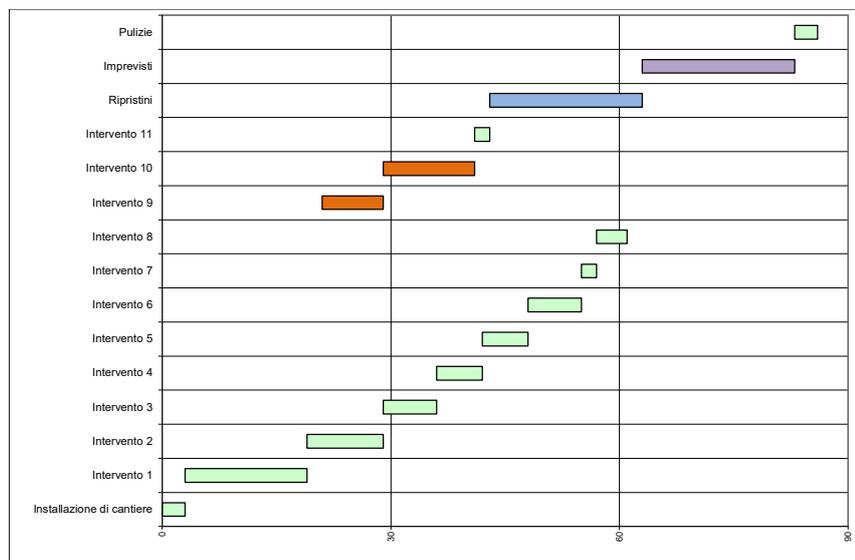
Nelle seguenti pagine sono riportate le tempistiche per gli interventi strutturali sui blocchi A e B nell'ipotesi di solo intervento strutturale. Per le ipotesi di cui sopra si è previsto un inizio ipotetico dei lavori al 20 giugno per entrambi gli edifici. Per la scuola dell'infanzia è immaginabile un avvio ritardato di 10-15 giorni in relazione alle attività interne che terminano dopo quelle della scuola primaria.

È chiaramente indispensabile prevedere di **effettuare le lavorazioni in contemporanea sui due diversi edifici.**

Edificio A

Tabella 2 - GANTT edificio A

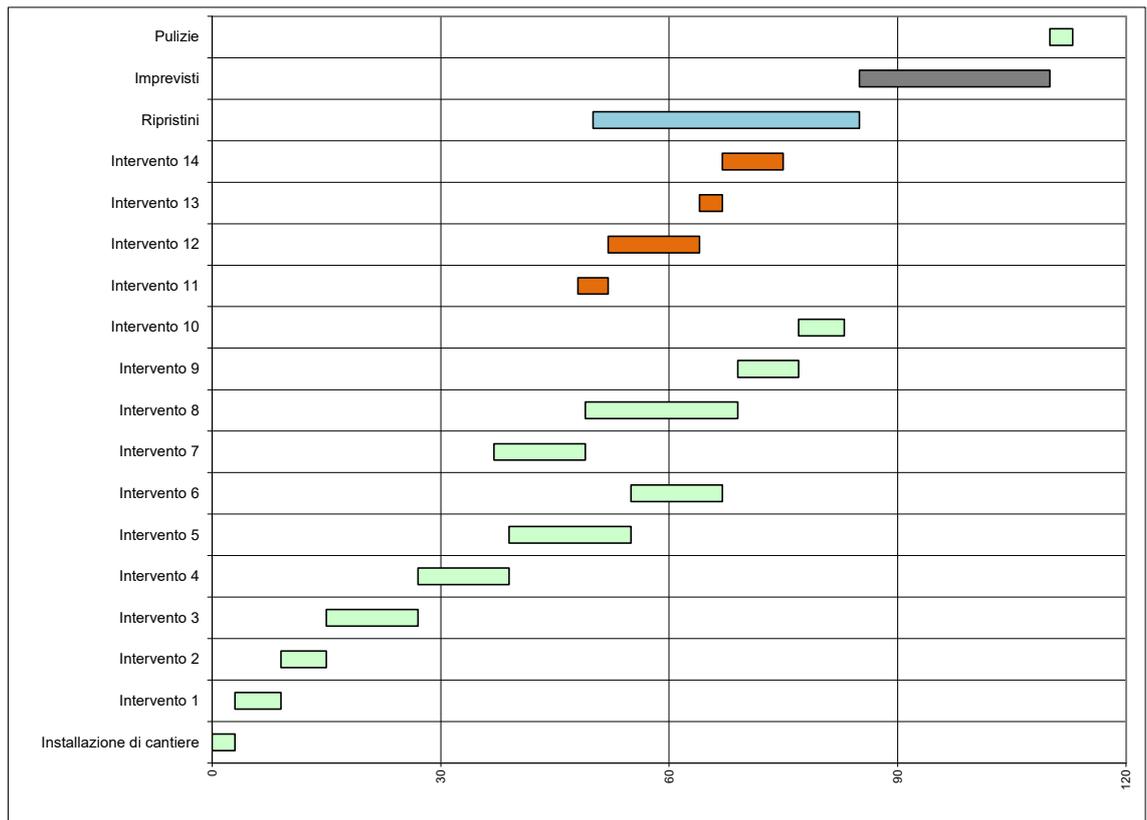
Attività	Durata	Lancio al più presto	Lancio al più presto	Fine al più presto
				30/06/2023
Installazione di cantiere	3	0	30/06/2023	03/07/2023
Intervento 1	16	3	03/07/2023	19/07/2023
Intervento 2	10	19	19/07/2023	29/07/2023
Intervento 3	7	29	29/07/2023	05/08/2023
Intervento 4	6	36	05/08/2023	11/08/2023
Intervento 5	6	42	11/08/2023	17/08/2023
Intervento 6	7	48	17/08/2023	24/08/2023
Intervento 7	2	55	24/08/2023	26/08/2023
Intervento 8	4	57	26/08/2023	30/08/2023
Intervento 9	8	21	21/07/2023	29/07/2023
Intervento 10	12	29	29/07/2023	10/08/2023
Intervento 11	2	41	10/08/2023	12/08/2023
Ripristini	20	43	12/08/2023	01/09/2023
Imprevisti	20	63	01/09/2023	21/09/2023
Pulizie	3	83	21/09/2023	24/09/2023
Somma semplice dei giorni	126			
Durata con programmazione lavori	83			



Edificio B

Attività	Durata	Lancio al più presto	Lancio al più presto	Fine al più presto
				20/06/2023
Installazione di cantiere	3	0	20/06/2023	23/06/2023
Intervento 1	6	3	23/06/2023	29/06/2023
Intervento 2	6	9	29/06/2023	05/07/2023
Intervento 3	12	15	05/07/2023	17/07/2023
Intervento 4	12	27	17/07/2023	29/07/2023
Intervento 5	16	39	29/07/2023	14/08/2023
Intervento 6	12	55	14/08/2023	26/08/2023
Intervento 7	12	37	27/07/2023	08/08/2023
Intervento 8	20	49	08/08/2023	28/08/2023
Intervento 9	8	69	28/08/2023	05/09/2023
Intervento 10	6	77	05/09/2023	11/09/2023
Intervento 11	4	48	07/08/2023	11/08/2023
Intervento 12	12	52	11/08/2023	23/08/2023
Intervento 13	3	64	23/08/2023	26/08/2023
Intervento 14	8	67	26/08/2023	03/09/2023
Ripristini	35	50	09/08/2023	13/09/2023
Imprevisti	25	85	13/09/2023	08/10/2023
Pulizie	3	110	08/10/2023	11/10/2023
Somma semplice dei giorni	203			
Durata con programmazione lavori	110			

Tabella 3 - GANTT edificio B



Nel CSA è riportato il diagramma di Gantt coordinato con le attività edili.
Aosta, agosto 2022

Il tecnico incaricato
Pariset Ing. Sandro