

## ADEGUAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO “UGO FOSCOLO” DI SEDICO (BL) CON LA TECNICA DEL CAPPOTTO SISMICO: PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE

- Coordinamento generale e progettazione strutturale: MTD Studio di Ingegneria (Belluno), Ing. Ludovico De Lotto
- Progettazione architettonica: arch. Roberto De Biasi
- Collaborazione progetto strutturale: ing. Chiara Barattin
- Impresa esecutrice: Hellenia SRL Costruzioni Generali
- Fornitore del cappotto sismico: Ecosism SRL

### PREMESSA

In questo articolo si descrive l'intervento di adeguamento sismico ed efficientamento energetico della scuola secondaria di primo piano di Sedico in provincia di Belluno.

La tecnica di intervento utilizzata è quella del “cappotto sismico” che permette di dare risposta contemporaneamente sia alle esigenze di aumento della sicurezza sismica dell'edificio che di efficientamento termico e acustico delle superfici verticali opache, operando quasi esclusivamente dall'esterno dell'edificio.

Nello specifico il cappotto sismico adottato per realizzare l'intervento è il Geniale Cappotto Sismico prodotto dalla ditta Ecosism di Battaglia Terme- Padova.

### CARATTERIZZAZIONE DELL'EDIFICIO OGGETTO D'INTERVENTO

La planimetria della scuola è inscritta in un rettangolo di dimensioni circa 47x41 m ed è il risultato della realizzazione di due corpi di fabbrica costruiti in tempi diversi.

1. Il volume originario fu edificato alla fine degli anni 50 ed ha una pianta inscritta in un rettangolo 35x20 m con un piano seminterrato e due piani fuori terra. Questo corpo di fabbrica fu realizzato con fondazioni in calcestruzzo armato, murature portanti perimetrali in pietrame listato nel piano parzialmente interrato ed in mattoni di laterizio per l'elevazione. I solai intermedi e d'copertura sono in laterocemento.



Figura 1 Vista esterna del corpo originale del 1959 dal giardino



Figura 2 Vista esterna del corpo originale del 1959 dal parcheggio sul retro

2. L'ampliamento, ultimato a fine anni 70, ha pianta rettangolare 11,55x41,74 m ed è costituito da tre piani fuori terra.

L'edificio fu retto su un reticolo di travi rovesce in calcestruzzo armato ed è dotato di murature portanti perimetrali in laterizio e telai interni in c.a. I solai sono in laterocemento ed eccezione delle zone con luci importanti, i quali furono realizzati con travetti precompressi.



Figura 3 Ampliamento del 1979 dal giardino



Figura 4 Ingresso vetrato dell'ampliamento

I due corpi di fabbrica sono separati da un giunto tecnico di insufficiente ampiezza a scopo sismico: tale giunto non è stato rilevato in copertura.

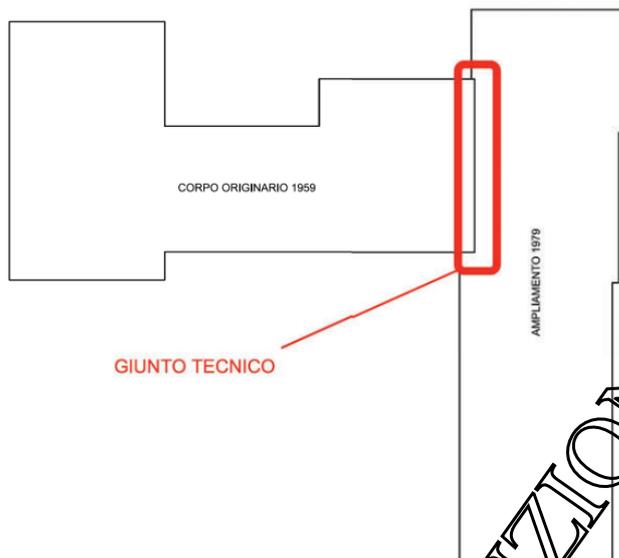


Figura 5 Individuazione del giunto tecnico

Esternamente sono presenti due scale scoperte realizzate in calcestruzzo armato: la prima di servizio per il primo e secondo piano, mentre la seconda funge da via di fuga per l'aula magna.



Figura 6 Scale esterne

### SINTESI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Sviluppare un'accurata diagnosi energetica è stato un passo fondamentale da parte dell'Amministrazione Comunale per conoscere in modo approfondito il reale comportamento e consumo energetico dell'edificio scolastico al fine di individuare le migliori strategie di intervento per migliorare l'efficienza energetica, ridurre i costi di approvvigionamento ed incrementare la sostenibilità ambientale.

Tale studio è stato richiesto in relazione alla necessità di procedere all'adeguamento sismico della struttura con lo scopo di valutare anche le potenzialità termiche dei veri interventi previsti.

Il comune di Sedico (BL) fa parte della zona climatica F caratterizzata da una temperatura minima di progetto di -9.63°C ed una massima di 31.55°C.

MESE	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T <sub>ext</sub> [°C]	-2.00	0.80	5.80	9.70	15.00	19.20	20.40	19.80	15.10	10.60	7.50	-0.40
U <sub>r</sub> [%]	87.30	82.40	71.90	72.40	73.10	82.10	77.10	79.60	84.10	83.40	87.70	85.60

Tabella 1 Caratteristiche Zona Climatica F

Di seguito le principali caratteristiche dimensionali dell'edificio:

Volume lordo riscaldato V	9 902,83 mc
Superficie lorda disperdente del volume riscaldato (S)	4 167,66 mq
Rapporto S/V (fattore di forma)	0,421/m
Superficie utile riscaldata dell'edificio	7 409,85 mq
Volume lordo raffrescato (V)	0 mc
Superficie lorda disperdente del volume raffrescato (S)	0 mq
Superficie utile raffrescata dell'edificio	0 mq

Tabella 2 Caratteristiche dimensionali di climatizzazione estiva ed invernale

Si descrivono brevemente gli impianti presenti:

- Tutti gli impianti, (idrico, elettrico ed ascensore), sono attualmente funzionanti.
- L'impianto di riscaldamento è centralizzato con doppio generatore di calore e posizionato nel locale caldaie, i terminali di emissione sono radiatori tradizionali spesso sottofinestra.
- La regolazione climatica è centralizzata con sonda esterna.
- Il funzionamento dell'impianto di riscaldamento è a fasce orarie.
- La produzione di ACS è ottenuta mediante boiler elettrici nei bagni dell'edificio originario, mentre non è fornita nei restanti servizi.

L'immobile presenta vari punti critici, sia a livello costruttivo che impiantistico, i quali favoriscono un consumo energetico eccessivo:

- In copertura è presente un isolamento minimo ed in certi punti addirittura inesistente;
- I sottotetti non praticabili risultano essere locali non climatizzati i quali confinano con i locali riscaldati al pian inferiore: le strutture sono scarsamente isolate;
- I muri perimetrali anche se conformi ai dettami dell'epoca, risultano debolmente isolati termicamente;
- L'impianto termico è centralizzato e regolato in telegestione ma non sono presenti sistemi di regolazione della temperatura locale e ciò fa sì che le varie aule e corridoi non abbiano un riscaldamento uniforme.

I dati raccolti per stabilire i consumi energetici per gli anni 2015 – 2019:

ANNO	METANO			ENERGIA ELETTRICA	
	Q tot [mc]	Q' cli [kWh/anno]	C cli [€]	Q tot [kWh]	C [€]
2015	30 528	290 932	23 030.04	45 090	6 797.22
2016	28 784	274 312	19 149.14	47 216	7 605.82
2017	31 435	299 576	20 995.05	45 651	7 175.82
2018	31 081	296 202	20 714.47	43 463	5 951.87
2019	35 912	34 241	26 649.46	41 401	6 630.20
<b>MEDIA</b> (con sottrazione percentuale consumi palestra)	26 290	250 544	18 423.03	44 564	6 832.19

Tabella 3 Consumi energetici medi

Con questi dati di input, è stato possibile definire l'indice di prestazione energetica globale  $E_{p,gl}$  per l'intero edificio che risulta essere pari a 164.34 kWh/mq·anno: tale dato è un buon risultato in relazione alle tipologie costruttive e agli anni di costruzione.

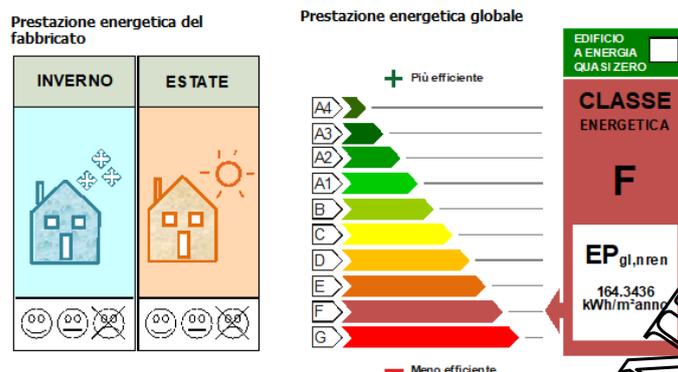


Figura 7 Prestazione energetica globale e del fabbricato

Il progetto di adeguamento sismico prevede la posa del Geniale Cappotto Sismico® in grado di coniugare in un'unica lavorazione sia l'incremento dell'indice di rischio sismico che l'efficienza energetica del fabbricato.

La stratigrafia individuata in grado di massimizzare l'intervento combinato è la seguente:

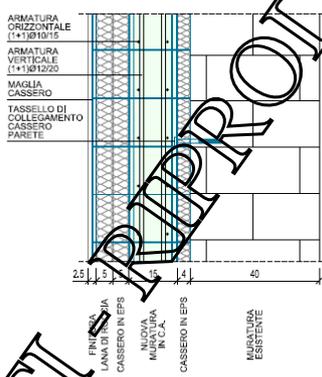


Figura 8 Stratigrafia

Dopo un'attenta analisi della geometria dell'edificio, si è ritenuto che la corretta posa del cappotto non prevedesse l'eliminazione totale dei ponti termici degli aggetti, quali sporti e terrazze. Quindi si è considerato il cappotto solo sulle superfici verticali e le correzioni dei ponti termici dovute a travi, pilastri e finestre.

Di seguito i risultati:

CENTRALE TERMICA					
Descrizione	UM	Stato di fatto	Stato di progetto	Variazione	
Indice di prestazione energetica globale per la classificazione energetica $E_{p,gl,nr}$	kWh/mq	106.40	78.02	-31.38	-29%
Consumo di gas per il riscaldamento	mc	20 429.75	12 780.23	-7 649.51	-37%
Fabbisogno di energia primaria per riscaldamento	kWh/anno	203 659.14	127 620.52	-76 038.62	-37%
Costo globale per l'esercizio dell'impianto di riscaldamento	€	15 589.09	9 766.44	-5 822.64	-37%

Tabella 4 Consumi pre e post intervento



Figura 9 Prestazione energetica di progetto

### SINTESI DEI RISULTATI DELLA VERIFICA DI VULNERABILITA' SISMICA

La vulnerabilità dell'edificio scolastico è stata redatta nel 2016 in conformità con le NTC2008, vigenti all'epoca, a seguito di una vasta campagna di rilievi, saggi e prove per caratterizzare i materiali e gli elementi strutturali al fine di raggiungere il livello di conoscenza LC2.

I due corpi di fabbrica risultavano staticamente verificati, mentre, per le azioni sismiche, il corpo originario presentava un indice pari a 0.38 e l'ampliamento pari a 0.52: risultati ottenuti al netto dell'inadeguatezza del giunto esistente.

Si riportano in seguito le principali cause di questi ridotti indici sono riconducibili a:

- Corpo originario:
  - Presenza della scalinata di accesso a Sedico che interrompe i maschi murari del piano superiore.
  - Numerose forometrie nell'area servizi a Nord
- Ampliamento:
  - Scarsità delle murature sismo-resistenti;
  - Irregolare distribuzione delle rigidità a causa delle ampie vetrate presenti;
  - Telai difformi alla gerarchia delle resistenze.

Non erano state constatate vulnerabilità riconducibili a cinematicismi.

### CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Il fabbricato scolastico è ubicato sulla sommità di un dosso di origine strutturale al limite occidentale con la conoide di origine alluvionale e/o fluvioglaciale su cui sorge l'abitato di Sedico: è un dosso modesto con pendenze naturali dell'ordine di qualche grado sull'orizzontale che aumentano lungo la scarpata a sud-est fino a circa 10° - 15°.

L'area, da tempo urbanizzata, presenta buone condizioni di stabilità e non sono presenti segnali di fenomeni franosi e/o erosivi.

Per la caratterizzazione del terreno è stata svolta un'indagine geognostica con la perforazione di un sondaggio meccanico a rotazione e carotaggio continuo dello stesso fino ad una profondità di 8.00 m dal piano campagna per poi procedere con prove SPT ad intervalli regolari sul campione estratto.

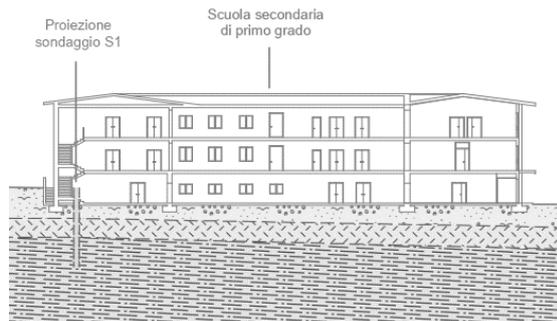
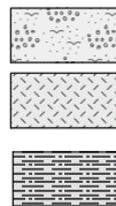


Figura 10 Sezione geologica



Limi argilloso sabbiosi con ghiaie e ciottoli (depositi eluvio-colluviali e materiali di riporto)

Limi argillosi e sabbiosi consistenti con livelli marnosi (alterazione del substrato roccioso)

Marne argillose e silti marnose grigie (formazione della "Siltite di Bastia" - Miocene)

De seguito i litotipi rilevati e caratterizzati dalla prova:

1. Terreno di riporto e depositi eluvio-colluvionali da 0 a-3m
2. Alterazione del substrato roccioso da-3 a-5 m dal p.c.: presenza
3. Rocce del substrato da-5 m a-8 m: marne argillose e silti marnose grigie

STRATO	Profondità	Angolo di attrito interno eff $\phi'$	Angolo di attrito interno tot $\Phi_u$	Angolo di attrito interno massa rocciosa $\Phi$	Coesione eff $c'$ [kPa]	Coesione tot $c_u$ [kPa]	Coesione massa rocciosa $c$ [kPa]	Coefficiente di Poisson $\nu$	Modulo di elasticità $E$ [MPa]	Peso di volume $\gamma$ [kN/mc]
1	0÷-3,00 m	25°÷26°	-	-	0	-	-	-	4÷5	18÷19
2	-3,00 m ÷ -5,00 m	24°÷25°	0	-	20÷30	80÷90	-	-	20÷25	20÷21
3	-5,00 m ÷ -8,00 m	-	-	30°÷35°	18÷25	48÷19	0,02÷0,03	0,24÷0,25	100÷200	25÷26

Tabella 5 Caratterizzazione stratigrafica del terreno

La resistenza di progetto del terreno è stata ricavata riducendo del fattore di sicurezza  $\gamma=2.3$  la capacità portante allo SLU del terreno stimata ipotizzando un meccanismo di rottura globale con criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

La capacità portante del terreno per lo strato più scadente (terreno di riporto e depositi eluvio-colluviali situato dal p.c. fino a-3,00 m) per fondazioni a travi rovesce poste ad una profondità di-1,50 m è pari a circa 330 kN/mq.

Per definizione dell'azione sismica di progetto sono stati eseguiti un profilo MASW e 4 test HVSR. Di seguito il confronto fra lo spettro di risposta medio RLS e NTC2018 ottenuti.

APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2018	
Ag [g]	0.264
F0	2.412
Tc*	0.334
Categoria stratigrafica	B
Categoria topografica	T1

Tabella 6 Parametri sismici degli spettri di accelerazione orizzontale NTC18

PARAMETRIZZAZIONE RISPOSTA SISMICA LOCALE	
TpA [s]	0.200
0.50 TpA [s]	0.100
1.50 TpA [s]	0.300
Sa,medio [g]	1.356
TpV [s]	0.500
0.80 TpV [s]	0.400
1.20 TpV [s]	0.600
Sv,medio [g*s]	0.075
a,max	0.411
FO	3.299
S	1.557
Tb [s]	0.116
Tc [s]	0.347
Td [s]	2.656

Tabella 7 Parametri sismici degli spettri di accelerazione orizzontale RLS

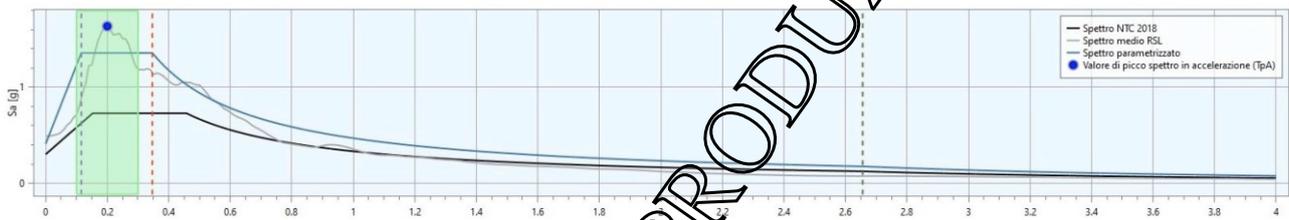


Figura 11 Confronto spettri di accelerazione NTC2018 e risposta sismica locale

## PROGETTAZIONE DELL'INTERVENTO

L'obiettivo dell'Amministrazione Comunale era di conseguire rapidamente l'adeguamento sismico del fabbricato scolastico e con l'occasione di migliorare le prestazioni energetiche dello stesso.

La problematica principale, individuata in fase preliminare di progettazione, era quella generata dalla presenza del giunto fra i due blocchi che compongono l'edificio di dimensione inadeguata al fine di evitare il mutuo martellamento fra i due elementi in caso di terremoto: si è optato per la cucitura di tale elemento in quanto, la realizzazione di un nuovo giunto di ampiezza idonea avrebbe comportato invasive ed antieconomiche lavorazioni interne di demolizione e di ricostruzione.

La tecnica in grado di massimizzare il rapporto benefici/costi è quella del cappotto sismico, cioè, affiancando alle murature perimetrali esistenti un sistema di setti in calcestruzzo armato di spessore 15 e 20 cm.

La scelta della tecnologia è ricaduta su Geniale Cappotto Sismico® prodotto da Ecosism®: un'innovativa soluzione che, mediante un unico intervento combinato, garantisce l'adeguamento sismico e l'efficientamento energetico degli edifici esistenti in maniera non invasiva, mantenendo fruibile l'edificio oggetto d'intervento.

Il cappotto sismico di Ecosism® viene prodotto sottoforma di pannelli di grandi dimensioni aventi altezza pari a quella d'intervento: ogni modulo è realizzato a misura, sulla base del rilievo delle facciate del fabbricato ed in funzione delle necessità strutturali, architettoniche e termotecniche indicate nei vari progetti esecutivi.

Geniale Cappotto Sismico® viene applicato solamente all'esterno del fabbricato per realizzare una nuova pelle sismoresistente: è composto da una lastra sottile in calcestruzzo armato gettato in opera all'interno di due strati isolanti preinseriti in una maglia tridimensionale in acciaio zincato. Tale getto di rinforzo viene collegato in opera alla struttura portante esistente mediante appositi collegamenti lungo le fondazioni e i cordoli di piano.

Caratteristica fondamentale di questo cappotto sismico è la sua estrema personalizzazione: vista l'importanza strategica e sociale dell'edificio scolastico, è stata scelta una stratigrafia in grado di massimizzare l'isolamento termico e, allo stesso tempo, donare alle facciate la massima protezione in caso di incendi andando ad accoppiare, già in stabilimento produttivo, la lana di roccia con l'eps.

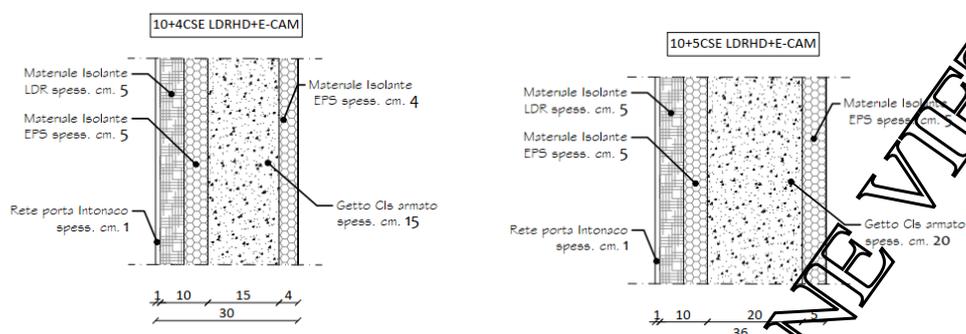


Figura 12 Moduli previsti nella fornitura

A causa dell'elevata irregolarità in pianta, oltre alla solidarizzazione dei due blocchi mediante l'applicazione del cappotto sismico lungo il perimetro dell'intero fabbricato e alla cucitura del giunto esistente, è stato necessario inserire all'interno dell'ampliamento due nuovi setti a tutta altezza ortogonali fra di loro, per migliorare la distribuzione delle rigidità.

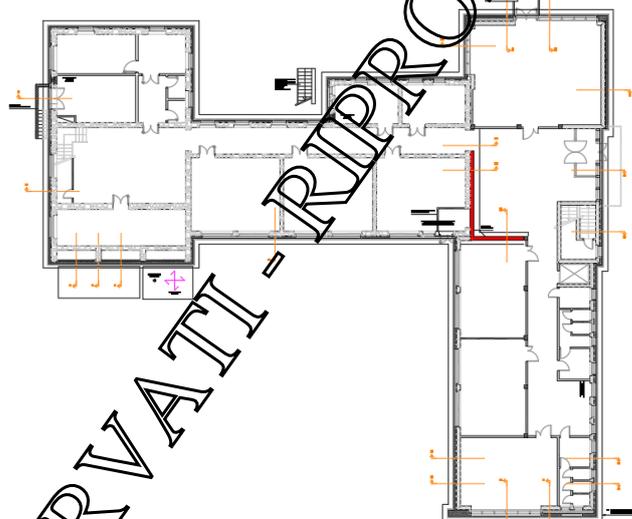


Figura 13 Indicazione dei nuovi setti interni

Invece, l'assenza di mascherine murarie dell'accesso all'atrio lungo il prospetto principale è stata risolta portando a terra i setti di cappotto sismico allineandoli con quelli del primo piano, previa la demolizione della scalinata esterna esistente e la realizzazione di nuove fondazioni continue.

Si è sfruttato l'intervento di demolizione di questa porzione per spostare l'ingresso verso il giardino con un nuovo studio architettonico-funzionale che ha consentito anche l'ampliamento dell'atrio esistente.

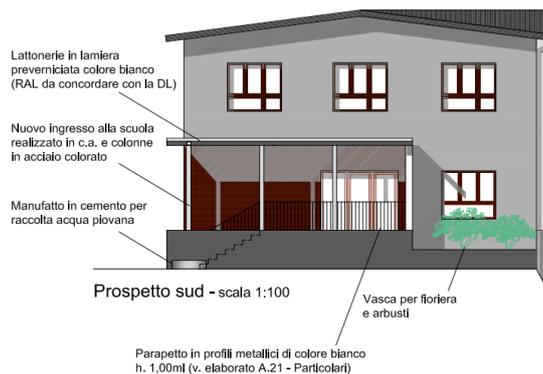


Figura 14 Nuovo accesso - Prospetto Sud

Le scale esterne, presenti lungo la facciata a nord, sono state demolite in quanto elemento di interferenza con la continuità di posa richiesta della tecnica di adeguamento con Geniale (Cappotto Sismico®), e ricostruite in acciaio in modo staticamente e sismicamente indipendente dal nuovo guscio sismico.

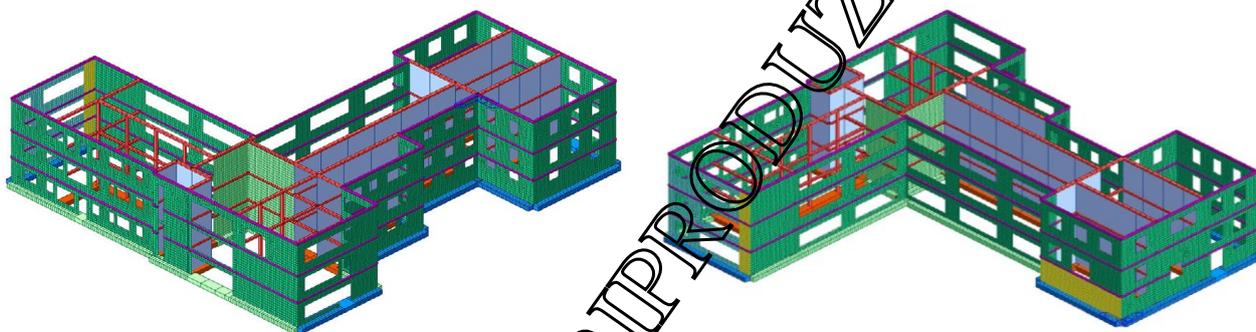


Figura 15 Viste tridimensionali del modello FEM

Grazie alla sua maggiore rigidità rispetto alla struttura portante in laterizio, il nuovo esoscheletro anti-sismico è in grado di attrarre la maggior aliquota dell'azione tagliante generata dal sisma.

Per valutare gli effetti dell'azione sismica sulla struttura, si è utilizzato infatti un approccio semplificato supponendo che la totalità delle azioni sismiche generate sia contrastata esclusivamente dal nuovo sistema di setti resistenti (cappotto sismico perimetrale e pareti interne). Per fare ciò, nel modello FEM, è stata assegnata rigidità orizzontale trascurabile sia alle pareti in muratura che ai cordoli di piano, quindi caratterizzandoli esclusivamente con la loro rigidità verticale.

Tale approccio risulta essere a favore di sicurezza in quanto tutti i modi di vibrare calcolati (considerando solo la rigidità del nuovo esoscheletro in c.a.) hanno un periodo che ricade all'interno del plateau dello spettro sismico: se si fosse considerato anche il contributo della struttura esistente, si sarebbe ridotta l'intensità dell'azione sismica.

Nel procedere con la modellazione, sono state adottate anche le seguenti ipotesi:

- 1- Durante l'evento sismico, la struttura esistente continua a supportare i carichi gravitazionali (verificare gli spostamenti allo SLV);
- 2- Ad ogni orizzontamento è presente il vincolo di piano rigido: per il blocco originario è generato dalle cappe in calcestruzzo e dai reticoli di cordoli, mentre, per l'ampliamento dalla cappa armata presente sui solai;
- 3- Il comportamento dell'esoscheletro sismico è di tipo non dissipativo: non si applicano le prescrizioni sui dettagli costruttivi indicati al capitolo 7 delle NTC2018.

Di seguito il riassunto dei 6 modi di vibrare considerati: la massa partecipante è maggiore al 90% per tutte le direzioni principali.

MODO	FREQUENZA		PERIODO [sec]	TOLLERANZA
	[rad/sec]	[ciclo/sec]		
1	28.8716	4.5951	0.2176	0
2	29.7462	4.7343	0.2112	0
3	34.7456	5.5299	0.1808	0
4	77.5103	12.3361	0.0811	2.9529E-25
5	86.0792	13.6999	0.0730	1.1551E-13
6	88.5182	14.0881	0.0710	5.6838E-10

Tabella 8 Modi di vibrare analizzati

MODO	TRAN - X		TRAN - Y		TRAN - Z		ROTN - X		ROTN - Y		ROTN - Z	
	Massa [%]	Somma [%]										
1	1,2772	1,2772	89,8247	89,8247	0	0	23,5168	23,5168	0,3518	0,3518	0,4766	0,4766
2	79,0901	80,3673	0,6751	90,4998	0	0	0,2416	23,5168	19,737	20,0884	12,746	13,2228
3	11,86	92,2273	1,156	91,6558	0	0	0,0832	23,8416	3,0733	23,1617	81,396	94,6188
4	0	92,2273	0,1986	91,8544	0	0	2,2646	26,064	0,0008	23,1625	0,002	94,6208
5	0,0012	92,2285	0,364	92,2184	0	0	2,6623	28,7587	0,0015	23,164	0,0012	94,622
6	0,0929	92,3214	0,8385	93,0569	0	0	1,0193	32,778	0,2971	23,4611	0,2278	94,8498

Tabella 9 Masse partecipanti per modo di vibrare

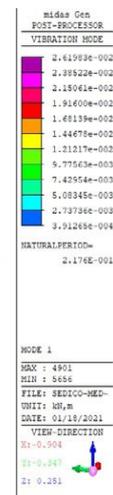
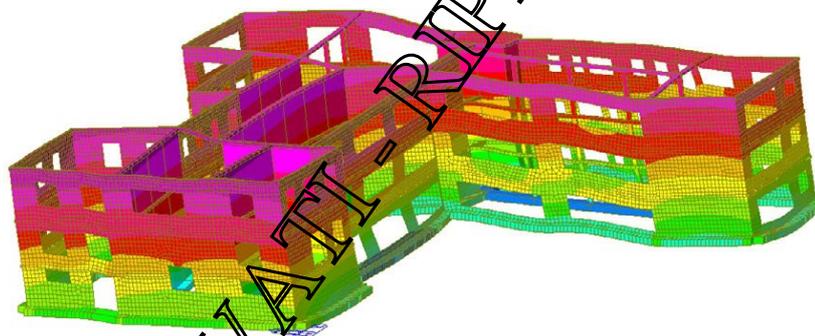


Figura 16 Primo modo di vibrare

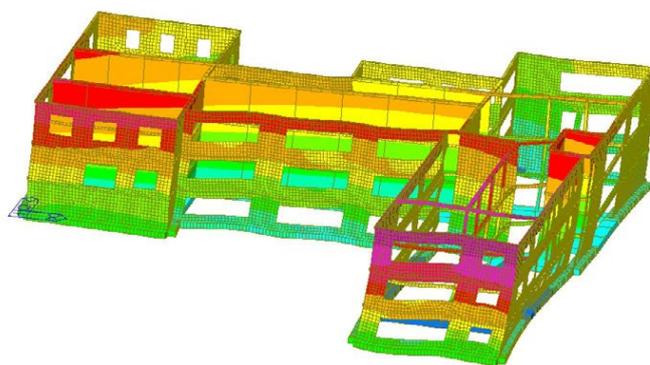


Figura 17 Secondo modo di vibrare

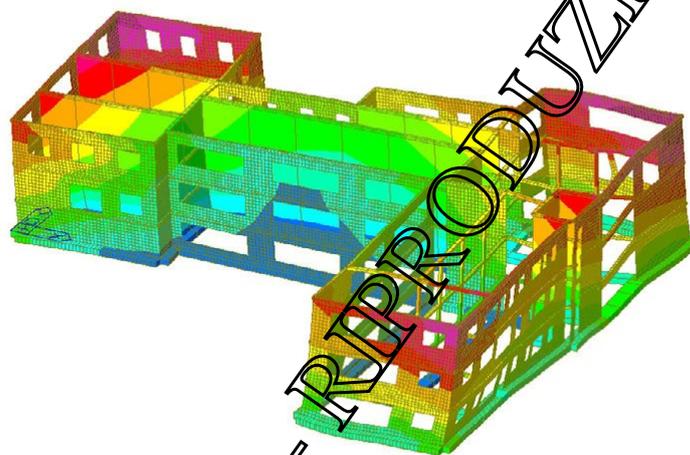
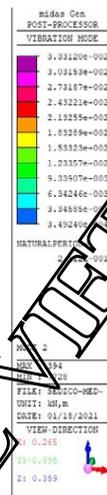
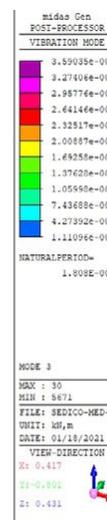


Figura 18 Terzo modo di vibrare



**DIMENSIONAMENTO DELLE CONNESSIONI IN CORRISPONDENZA DEI CORDOLI DI PIANO**

Dalle elaborazioni del modello FEM illustrato nel capitolo precedente, sono state estratte le forze sismiche ed i tagli di piano agenti sui vari impalcati dell'edificio scolastico per poter dimensionare i collegamenti fra la struttura esistente ed il nuovo sistema di setti sismo-resistenti.

PIANO	QUOTA [m]	DIREZIONE X		DIREZIONE Y	
		V [kN]	F [kN]	V [kN]	F [kN]
2F	10.10	7969	7969	8738	8738
1F	6.36	15346	7377	16543	7805
0F	3.16	20254	5203	22067	5524

Tabella 10 Tagli di piano

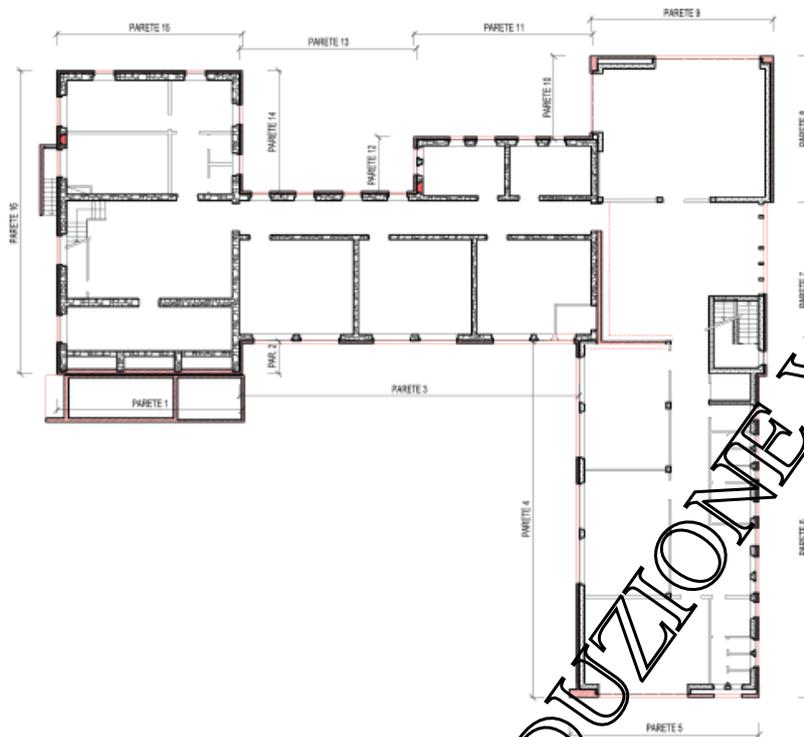


Figura 19 Numerazione delle pareti sistema resistenti

$$F_{x-min} = \frac{F_x}{L_{tot,x}} = \frac{7959}{102.00} = 78 \frac{kN}{m}$$

$$F_{y-min} = \frac{F_y}{L_{tot,y}} = \frac{8738}{114.90} = 76 \frac{kN}{m}$$

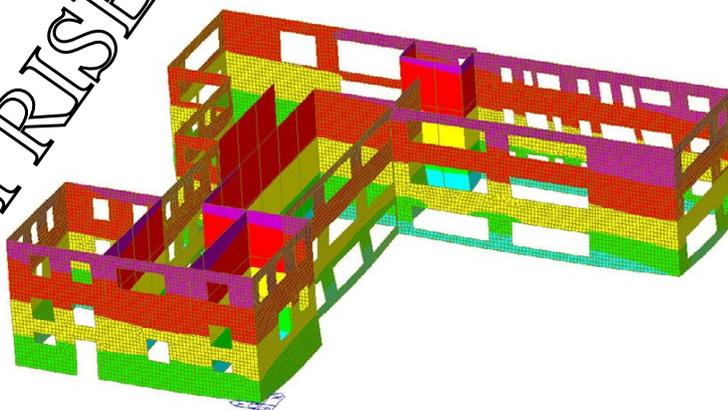
Si è scelto di disporre degli ancoranti chimici  $\phi 16/40$  cm in acciaio B450C caratterizzati da una resistenza a taglio pari a 31,0 kN per il singolo tassello e pari a 78,75 kN/m per la lunghezza unitaria.

#### VERIFICA SPOSTAMENTI DI INTERPIANO

Lo spostamento massimo in sommità allo SLV vale 32mm:

$$\text{Fattore di amplificazione } \mu_d = 1 + (q - 1) \frac{T_C}{T_1} = 1.8$$

$$d_{max} = 17.7 \cdot 1.8 = 32 \text{ mm}$$



Midas Gen POST-PROCESSOR DISPLACEMENT	
XX-DIRECTION	17.7
	14.5
	11.3
	8.1
	4.9
	1.7
SCALEFACTOR= 1.3207E+002	
CBOX: INV	
MAX :	10543
MIN :	36592
FILE :	SEGUO-MO-
UNIT :	mm
DATE :	01/31/2021
VIEW-DIRECTION	
X1 :	0.880
X2 :	0.235
Z1 :	0.407

Figura 20 Spostamento massimo SLV in mm

Tutti gli spostamenti di interpiano risultano essere sempre inferiori al 4‰ dell'altezza di interpiano nel centro di massa e sono al massimo il 4,2‰ nel punto di massima deformazione: tale valore è stato ritenuto accettabile dal team di progettazione strutturale.

### TIPOLOGIA DELLE FONDAZIONI

Il nuovo esoscheletro sismo-resistente si eleverà da un nuovo cordolo di fondazione realizzato adiacente ed ancorato alle fondazioni esistenti: nelle zone soggette a maggiori sforzi sono stati previsti dei micropali trivellati  $\phi 88,90 \times 10$  mm in grado di assorbire sia le azioni di compressione che di trazione.

Le fondazioni per i nuovi elementi realizzati, volume d'ingresso e scale esterne, sono state realizzate a platea.

Le pressioni massime al suolo riportate in corrispondenza delle fondazioni del cappotto sismico risultano essere sempre inferiori alla capacità portante del terreno pari a circa 330 kN/mq.

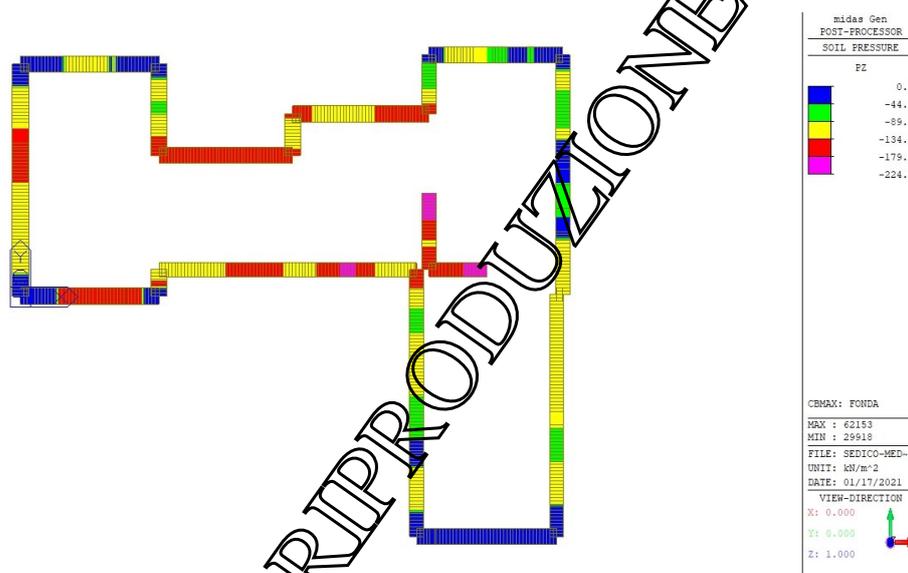


Figura 21 Massime pressioni al suolo in corrispondenza delle fondazioni dirette

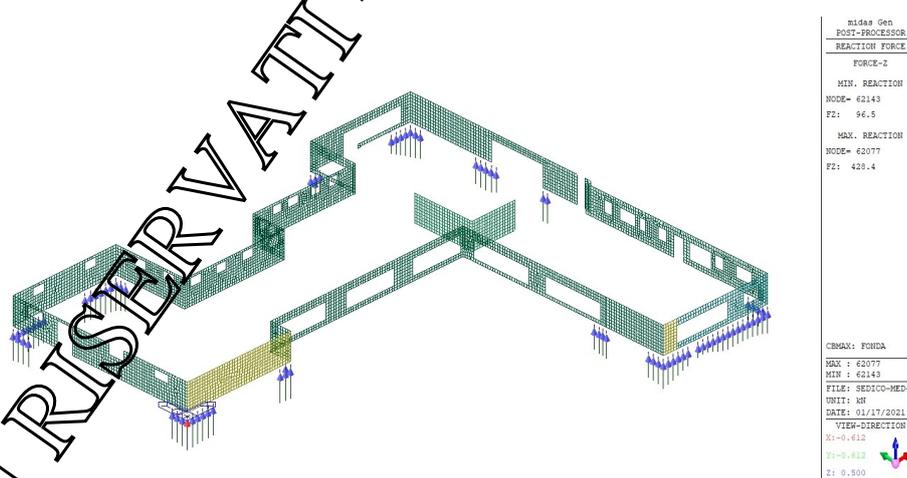
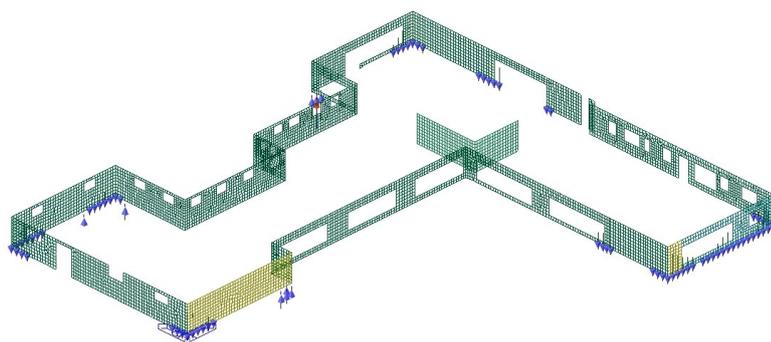


Figura 22 Carichi massimi assiali sui micropali



RESULTS	
POST-PROCESSOR	
REACTION FORCE	
FORCE-2	
MIN. REACTION	
NODE= 42095	FZ: -105.5
MAX. REACTION	
NODE= 62102	FZ: 94.2
CASE: FORM	
MAX= 62102	
MIN= 42095	
PART= 100-MED-	
UNIT= 20	
DATE= 01/17/2021	
VIEW-DIRECTION	
X: -0.612	
Y: -0.612	
Z: 0.500	

Figura 23 Carichi minimi assiali sui micropali

## PROGETTAZIONE ESECUTIVA DI PRODUZIONE

La progettazione dei moduli di Geniale Cappotto Sismico® forniti da Ecosism® ai propri clienti inizia in cantiere con il rilievo laser scanner delle facciate del fabbricato oggetto di intervento sulla quale restituzione grafica dovrà necessariamente essere indicata la quota di partenza dei pannelli da parte dell'impresa esecutrice.

Successivamente si passa alla scelta delle altezze esecutive dei vari moduli previsti in fornitura sulla base del rilievo e delle indicazioni tecniche ricevute: tali altezze sono in grado di assicurare una posa in opera agevole e rapida in cantiere.

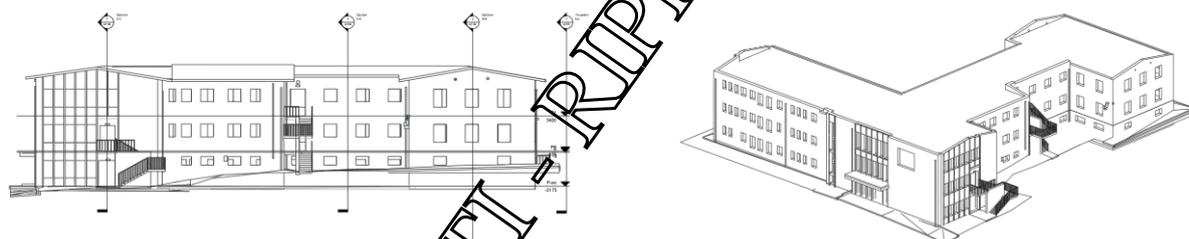


Figura 24 Restituzione grafica rilievo laser scanner

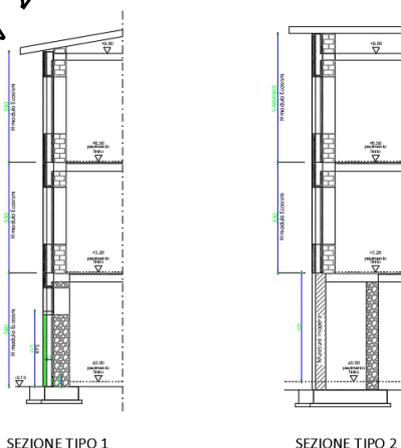


Figura 25 Definizione altezze esecutive dei pannelli

Il compito fondamentale dell'ufficio tecnico di Ecosism® è quello di unire tutte le caratteristiche geometriche del rilievo alle peculiarità del progetto strutturale, architettonico e termotecnico elaborando quindi un singolo

elaborato di produzione che si compone da delle planimetrie chiamate “schemi di posa” e dagli esplosi dei vari muri che compongono la fornitura.

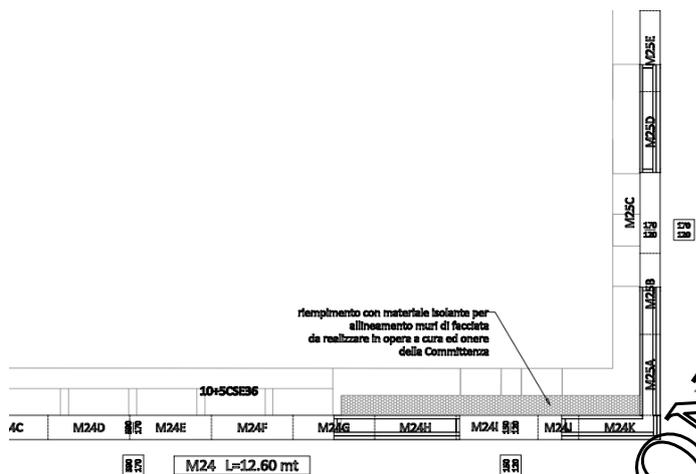


Figura 26 Estratto schema di posa Ecosism

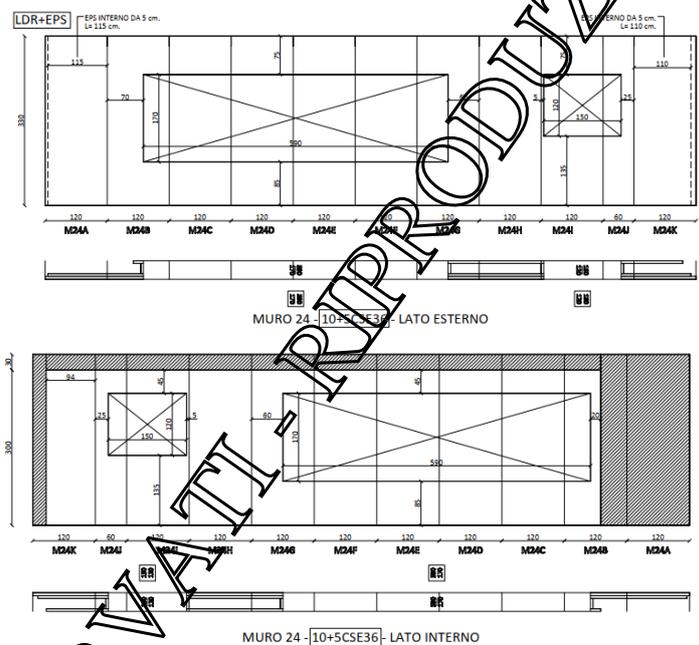


Figura 27 Vista muro 24 - Ecosism

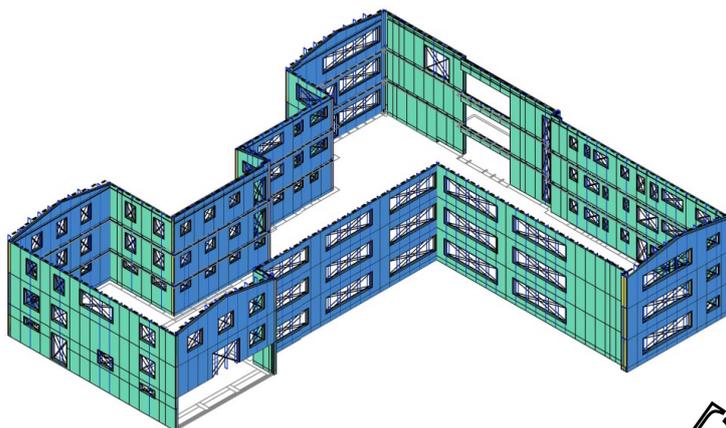


Figura 28 Modello 3D Ecosism – vista Sud-Ovest

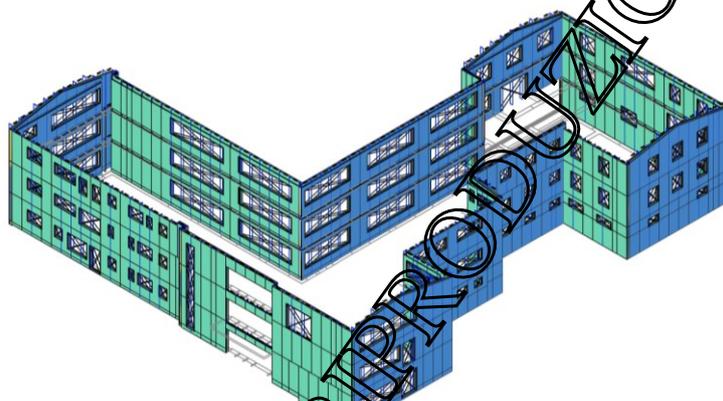


Figura 29 Modello 3D Ecosism – vista Nord-Est

## POSA IN OPERA DEL GENIALE CAPPOTTO SISMICO®

Il trasporto dei pannelli di Geniale Cappotto Sismico®, salvo situazioni particolari da valutare caso per caso, avviene per mezzo di motrice o bilico centrati, con alza/abbassa, copri/scopri, altezza minima 2,70 m: i pannelli vengono impilati in pacchi alla fine della produzione in modo da ottimizzare sia i carichi che lo scarico e la posa degli stessi. Lo scarico dal cassone può essere avviene per mezzo di sollevatore telescopico con forche, gru con forche o carrello elevatore a forche. possono essere scaricati anche a mano in caso di necessità; in tal caso l'impresa dovrà tenere in conto sia delle maggiori tempistiche di scarico sia del peso del singolo pannello.



Figura 30 Pacchi di Geniale Cappotto Sismico

L'installazione procede mediante il corretto posizionamento del singolo modulo, individuato da una sigla alfanumerica nello schema di posa, lungo il prospetto a cui fa riferimento: si procederà con la posa di più moduli successivi e alla loro immediata unione mediante appositi anelli in acciaio zincato, al fissaggio della loro sponda

interna al supporto esistente mediante tasselli da cappotto di opportuna lunghezza e all'inserimento dei ferri d'armatura all'interno dell'intercapedine lasciata fra i due strati di materiali isolanti sfruttando la presenza dei fili della gabbia metallica.

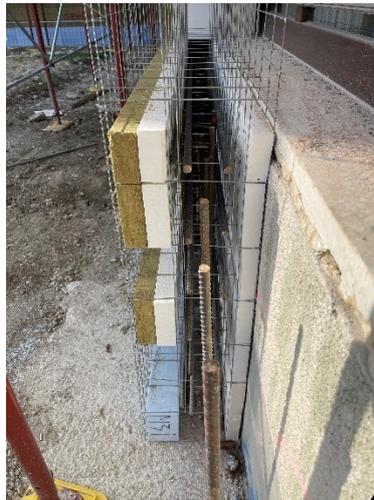


Figura 31 Particolare pannello con chiamate dalle nuove fondazioni



Figura 32 Particolare d'armatura

Prima del getto del calcestruzzo, nonostante l'auto-portanza del cassero e la sua resistenza alla spinta del getto, sarà opportuno prevedere dei rinforzi esterni nei seguenti punti: angoli e teste, nervature orizzontali, nervature verticali, architravi e spalle.



Figura 33 Particolare di rinforzo

Il getto deve avvenire per fasce orizzontali di altezza omogenea, tenendo conto che la spinta esercitata dal calcestruzzo è fortemente condizionata da vari aspetti, in particolare modo dall' altezza di getto nell'unità di tempo (velocità di getto) e dalla classe di consistenza. La marcatura ETA del cassero Ecosism® prevede la possibilità di gettare fino a 1 m/h di calcestruzzo di classe di consistenza S4: ciò significa che, in condizioni ideali, si potrà gettare una prima fascia di un metro e poi potrà gettare la seconda fascia dopo almeno un'ora per dare il tempo al conglomerato di sviluppare la presa e ridurre la spinta da esso esercitata. In queste condizioni specifiche è quindi possibile gettare un intero piano di altezza 3 m circa con fasce di getto consecutive senza interruzioni.



Figura 34 Avanzamento posa Geniale Cappotto Sismico – prospetto Sud



Figura 35 Avanzamento posa Geniale Cappotto Sismico – prospetto Nord-Est

È stata portata particolare attenzione alla zona sotto-cornice dell'intero fabbricato: vista l'impossibilità di rimuovere l'aggetto della copertura, Ecosism ha sviluppato una soluzione tecnica per consentire all'impresa di procedere con il getto in modo pratico praticando dei carotaggi localizzati per il getto e facendo inserire a terra le armature dei cordoli all'interno dei singoli pannelli.



Figura 36 Particolare pannello sismato con innesto, connettori e carotaggi per il getto

Una delle caratteristiche del sistema è la finitura a intonaco che risulta rinforzata dalla rete porta intonaco in acciaio zincato integrata nel cassero. Il ciclo prevede:

- FASE 1- RINZAFFO:  
Aggrappante a base cementizia per superfici in calcestruzzo e materiali isolanti. Si utilizza una malta secca composta da cemento Portland, sabbie classificate ed additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione al supporto.
- FASE 2- INTONACO DI FONDO:  
Applicazione dell'intonaco di fondo a base di calce e cemento in due mani. Composizione: malta secca composta da calce idrata, cemento Portland, sabbie classificate ed additivi specifici per migliorare la lavorazione e l'adesione.  
L'applicazione dell'intonaco sarà eseguita in due mani: la prima a copertura della rete porta intonaco in acciaio zincato, la seconda per dare un copri ferro alla rete di almeno 10mm. La seconda applicazione deve avvenire con la tecnica del "fresco su fresco". Andranno applicati gli idonei parasigoli inox.
- FASE 3- RASATURA:  
Rasante premiscelato a basso modulo elastico. L'applicazione della rasatura sarà eseguita in duplice mano con annegamento di una rete in fibra di vetro alcali-resistente (150gr/mq) tra le due mani.
- FASE 4- FINITURA:  
La finitura dovrà essere realizzata a spessore applicando un intonachino acril-silossanico, previa stesura a rullo di primer.

È tuttavia possibile usare anche rivestimenti in pietra, laterizio, ceramica o realizzare una parete ventilata.



Figura 37 Ciclo di finitura



Figura 38 Lavori conclusi – prospetto Nord-Est



Figura 39 Lavori conclusi – prospetto Nord-Ovest



Figura 40 Lavori conclusi – prospetto Sud

## CONCLUSIONE

L'intuizione dei tecnici incaricati nella scelta di intervenire con il Geniale Cappotto Sismico® si è dimostrata una strategia vincente e di best-practice in grado di coniugare le necessità strutturali e termiche della scuola.

La soluzione di tipo Off-Site proposta da Ecosism è la risposta più efficace nel mercato: facendo ricorso a processi costruttivi caratterizzati da una fase industriale che rimpiazza le attività di cantiere permette di ottimizzare le risorse, ridurre sfridi e scarti ed avere la certezza delle tempistiche e dei costi.

ECOSISM SRL

Via Rivella, 22 – 35041 BATTAGLIA TERME (PD)

049-9101417 – [info@ecosism.com](mailto:info@ecosism.com)

[www.ecosism.com](http://www.ecosism.com)

[www.cappottosismico.com](http://www.cappottosismico.com)

DIRITTI RISERVATI - RIPRODUZIONE VIETATA