

# Ricerca di Sistema elettrico



**Individuazione di soluzioni di efficientamento energetico tramite isolamento di coperture per edifici residenziali ed individuazione di pacchetti (On-Site) complementari ai sistemi Off-Site per configurazioni di pareti: analisi numeriche e definizione della procedura di applicazione (LA2.12)**

M.A. Segreto, F. Baldi, E. Genova, A. Gugliandolo, A. Tallini (DU EE-SPS-SEI), C. Romeo (DU EE-SPS-ESU), A. Marzo, A. Cataldo, V. Fioriti; I. Iovinella, I. Roselli, F. Saitta, C. Tripepi (SSPT-MET-DISPREV)

TITOLO (LA2.12 Individuazione di soluzioni di efficientamento energetico tramite isolamento di coperture per edifici residenziali ed individuazione di pacchetti (On-Site) complementari ai sistemi Off-Site per configurazioni di pareti: analisi numeriche e definizione della procedura di applicazione)

Autori: M.A. Segreto, F. Baldi, E. Genova, A. Gugliandolo, A. Tallini (DUEE-SPS-SEI)

C. Romeo (DUEE-EPS-ESU)

A. Marzo, A. Cataldo, V. Fioriti; I. Iovinella, I. Roselli, F. Saitta, C. Tripepi (SSPT-MET-DISPREV)

Mese Anno 06/2023

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - ENEA  
Piano Triennale di Realizzazione 2022-2024

Obiettivo: Decarbonizzazione

Progetto: Edifici ad alta efficienza per la transizione energetica

Linea di attività: LA 2.12

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi

Responsabile del Work Package: Giovanni Puglisi

Mese inizio previsto: 01/2022

Mese inizio effettivo: 01/2022

Mese fine previsto: 06/2023

Mese fine effettivo: 06/2023

## Indice

1	RISULTATI ATTESI .....	2
2	RISULTATI OTTENUTI.....	3
3	PRODOTTI ATTESI.....	4
4	PRODOTTI SVILUPPATI .....	5
5	ANALISI DEGLI SCOSTAMENTI SU ATTIVITÀ E RISULTATI .....	6
6	SINTESI DELLE ATTIVITÀ SVOLTE .....	7
7	DETTAGLIO DELLE ATTIVITÀ SVOLTE.....	8
8	CONTRIBUTO DELLE EVENTUALI CONSULENZE ALLE ATTIVITÀ SOPRA DESCRITTE.....	16
9	PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE.....	17
10	EVENTI DI DISSEMINAZIONE .....	18

## 1 Risultati attesi

- Valutazione a livello di territorio italiano di una serie di scenari che evidenzino il potenziale di efficientamento energetico raggiungibile con un intervento di riqualificazione a larga scala sulle coperture, utilizzando tecnologie Off-Site Construction (OSC).
- Valutazione delle configurazioni ottimali del sistema On-Site complementari ai sistemi standardizzati in Off-Site e la progettazione del provino 3D, attraverso simulazioni numeriche preliminari.

### 1.1

Lo studio svolto nei mesi M1-M18, relativo alle soluzioni Off-Site di copertura ha lo scopo di analizzare, studiare e verificare le differenti tipologie di coperture presenti sul territorio italiano con la finalità di individuare quelle maggiormente ricorrenti e che possano essere considerate oggetto di riqualificazione energetica a larga scala attraverso l'applicazione dell'OSC. L'analisi prevede, altresì, una valutazione delle possibilità di integrazione con fonti rinnovabili (FER) (principalmente fotovoltaico).

Le attività di ricerca condotte nei primi 18 mesi del progetto, relativi allo studio ed analisi delle soluzioni complementari On-Site, hanno consentito di studiare le tecnologie più avanzate oggi disponibili sul mercato, individuarne i margini di integrazione ed ingegnerizzazione per mettere a punto un sistema integrato innovativo da validare attraverso una sperimentazione su tavola vibrante (che saranno effettuate nel periodo M19-M36). Inoltre, viene definito un progetto preliminare della campagna di test sismici che consentiranno la validazione della tecnologia proposta.

## 2 Risultati ottenuti

- Valutazione a livello di territorio italiano di una serie di scenari che evidenzino il potenziale di efficientamento energetico raggiungibile con un intervento di riqualificazione a larga scala sulle coperture, utilizzando tecnologie Off-Site Construction (OSC).
- Valutazione delle configurazioni ottimali del sistema On-Site complementari ai sistemi standardizzati in Off-Site e la progettazione del provino 3D, attraverso simulazioni numeriche preliminari.

### 3 Prodotti attesi

- Rapporto Tecnico

## 4 Prodotti sviluppati

Per la prima rendicontazione non era previsto lo sviluppo di prodotti hardware/software.

## 5 Analisi degli scostamenti su attività e risultati

Si sono verificati piccoli scostamenti tecnici/economici rispetto al preventivo che meglio si dettagliano qui di seguito:

1. In merito ai materiali di consumo per le misurazioni in campo, non sono state sostenute spese poiché non più necessarie vista la disponibilità di alcuni partner a fornire direttamente i materiali a costo zero.
2. In merito alle pubblicazioni e convegni non sono state sostenute spese poiché, pur avendo presentato gli abstract durante il primo periodo di rendicontazione, i convegni relativi si terranno durante il secondo periodo di rendicontazione (e di conseguenza anche le *fee* per gli articoli trasleranno come periodo di sostenimento della spesa).

## 6 Sintesi delle attività svolte

Lo studio sulle soluzioni Off-Site di copertura ha permesso di analizzare e verificare le tipologie di coperture del territorio italiano con la finalità di individuare quelle maggiormente ricorrenti e che possano essere oggetto di riqualificazione energetica a larga scala attraverso l'applicazione dell'OSC. L'analisi ha previsto una valutazione delle possibilità di integrazione con FER e la valutazione dei risparmi ottenibili.

Per quanto riguarda le soluzioni On-Site, sono state studiate le soluzioni più avanzate disponibili in letteratura e si è proceduto con l'ingegnerizzazione preliminare della tecnologia di intervento proposta. Il sistema consiste in una rete in fibra di vetro alcali-resistente impregnata di resina epossidica da fissare agli elementi di c.a. e alla tamponatura in laterizio, immersa in uno strato di PE. È stato progettato, inoltre, il prototipo che verrà utilizzato per i test sismici su tavola vibrante e sono state svolte delle simulazioni numeriche preliminari.

## 7 Dettaglio delle attività svolte

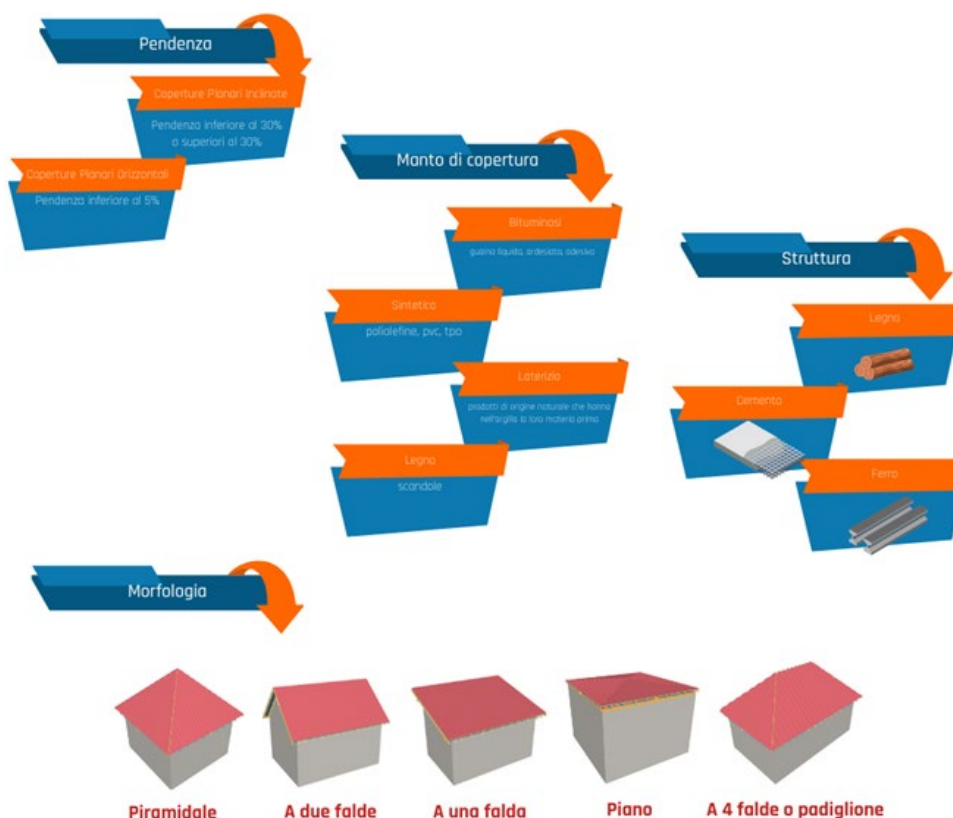
L'attività effettuata ha consentito di poter valutare quali siano le soluzioni geometriche e costruttive di copertura maggiormente diffuse sul territorio italiano così da poter definire le tipologie di coperture "ricorrenti", ciò in continuità ed integrazione rispetto a quanto fatto nel triennio 2019-2021.

Il primo passo importante è stato quello della identificazione dei parametri descrittivi da tenere in considerazione sia nel modello "as is" sia in quello di riqualificazione. Per l'analisi effettuata sono stati utilizzati dati provenienti da manuali specifici (ad es. UTET) e dati provenienti da enti accreditati (ad es. ISTAT, CNR, ENEA...).

Lo studio ha consentito di suddividere l'Italia in tre grandi tipologie:

1. *l'Italia mono-bifamiliare* della provincia e della dispersione, prevalentemente costituita da edilizia mono-bifamiliare costituita da edifici di piccole dimensioni;
2. *l'Italia della periferia*, addossata alle aree centrali, frutto di modelli edilizi più intensi, fatta di edifici con oltre 5 abitazioni;
3. *l'Italia dei centri storici* che rappresenta l'Italia della conservazione del patrimonio storico-artistico e del tessuto storico-edilizio.

Le analisi effettuate hanno consentito, in prima battuta, la categorizzazione delle diverse tipologie di coperture in funzione di parametri specifici di classificazione. L'immagine che segue riassume tale categorizzazione:

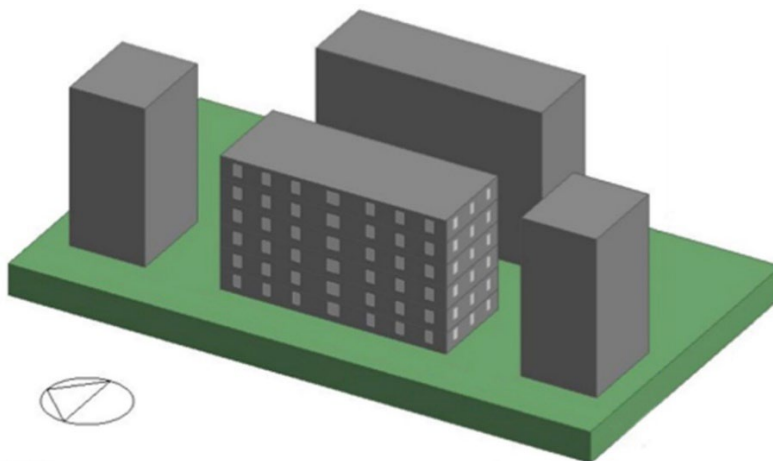


**Rappresentazione grafica delle diverse tipologie di categorizzazione delle coperture**

Per eseguire le modellazioni è stato necessario individuare un edificio rappresentativo che ripercorre le scelte affrontate nel triennio 2019-2021.

Le caratteristiche costruttive del modello di edificio condominiale ricorrente e quello mono-bifamiliare si fondano sull'ipotesi che il fabbricato sia stato eretto nel decennio 1971-1980. Di conseguenza, si assume che il sistema costruttivo adottato sia quello intelaiato in calcestruzzo armato, cioè la soluzione più diffusa nell'edilizia residenziale italiana a partire dal secondo dopoguerra.

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali del condominio ricorrente, basandosi sui dati ISTAT si è scelto di modellare un edificio di pianta rettangolare, caratterizzato da tre appartamenti per piano e di un unico corpo scala, su un totale di sei elevazioni. Ciascuna unità immobiliare ha una superficie utile di  $90\text{m}^2$ , mentre il corpo scala di  $30\text{m}^2$  corrisponde ad una superficie totale netta di  $300\text{m}^2$ , e infine  $360\text{m}^2$  considerando che la superficie lorda è generalmente circa il 20% maggiore di quella netta. Nella pratica, questo si traduce in un edificio di 30 m di larghezza e 12 m di profondità.



***Visualizzazione grafica delle caratteristiche geometriche del condominio utilizzato come caso di riferimento***

Per quanto riguarda le caratteristiche dimensionali dell'edificio ricorrente mono-bifamiliare, le analisi hanno portato alla scelta di un edificio che si sviluppa su due elevazioni con una superficie utile totale di  $132\text{m}^2$ , derivante dalla scelta di una pianta quadrata di 7,4 m di lato e tenendo in conto il fatto che la superficie netta è pari a circa il 20% in meno della superficie lorda. L'altezza netta di piano corrisponde al valore minimo ammesso dal D.M. 05/07/1975 per i locali d'abitazione, cioè 2,70 m (con interpiano di 3 m). In ogni facciata si è prevista una porta-finestra (1,2 m x 2,2 m) per ciascuna elevazione, rispettando dunque la prescrizione del D.M. 05/07/1975 in base alla quale la superficie finestrata apribile dev'essere pari almeno a  $1/8$  della superficie di pavimento (superficie aeroilluminante minima).



***Visualizzazione grafica delle caratteristiche geometriche dell'edificio mono-bifamiliare utilizzato come caso di riferimento***

Definite caratteristiche e parametri di modellazione, sono state effettuate le valutazioni in merito ai risparmi ottenibili con alcuni scenari di riferimento.

Le simulazioni sono state effettuate con la medesima metodologia applicata nello scorso triennio per il caso di facciate e considerando le medesime condizioni al contorno.

Di seguito la lista delle località, rappresentative dell'intero territorio nazionali, in cui sono state effettuate le simulazioni.

Località	Regione	ZC <sub>i</sub>	ZC <sub>e</sub>	Nome località	Regione	ZC <sub>i</sub>	ZC <sub>e</sub>
<b>Pescara</b>	<b>Abruzzo</b>	D	E	<b>Bari</b>	<b>Puglia</b>	C	E
<b>Latronico</b>	Basilicata	E	B	Bari (Aeroporto)	Puglia	C	E
<b>Bonifati</b>	Calabria	D	D	Brindisi	Puglia	C	E
<b>Crotone</b>	<b>Calabria</b>	B	F	Foggia	Puglia	D	E
<b>Lamezia</b>	Calabria	C	E	Ginosa	Puglia	D	G
<b>Reggio Calabria</b>	Calabria	B	F	Lecce	Puglia	C	F
<b>Capri</b>	Campania	C	F	Monte Sant'Angelo	Puglia	E	A
<b>Salerno</b>	<b>Campania</b>	C	G	Taranto	Puglia	C	F
<b>Trevico</b>	Campania	F	A	Alghero	Sardegna	C	E
<b>Bologna</b>	<b>Emilia-Romagna</b>	E	E	<b>Cagliari</b>	<b>Sardegna</b>	C	F
<b>Cervia</b>	Emilia-Romagna	E	C	Decimomannu	Sardegna	C	F
<b>Ferrara</b>	Emilia-Romagna	E	C	Olbia	Sardegna	C	G
<b>Forlì</b>	Emilia-Romagna	D	D	Catania (Fontanarossa)	Sicilia	B	G
<b>Parma</b>	Emilia-Romagna	E	D	Enna	Sicilia	E	C
<b>Piacenza</b>	Emilia-Romagna	E	B	Gela	Sicilia	B	G
<b>Rimini</b>	Emilia-Romagna	E	C	Lampedusa	Sicilia	A	G
<b>Tarvisio</b>	Friuli-Venezia Giulia	F	A	<b>Palermo (Boccadifalco)</b>	<b>Sicilia</b>	B	F
<b>Trieste</b>	<b>Friuli-Venezia Giulia</b>	E	D	Palermo (Punta Raisi)	Sicilia	B	F
<b>Civitavecchia</b>	Lazio	C	F	Pantelleria	Sicilia	B	F
<b>Frosinone</b>	Lazio	E	B	Prizzi	Sicilia	E	A
<b>Latina</b>	Lazio	C	D	Trapani	Sicilia	B	F
<b>Messina</b>		B	G	Ustica	Sicilia	B	F
<b>Ponza</b>	Lazio	C	D	Arezzo	Toscana	E	C
<b>Roma (Ciampino)</b>	<b>Lazio</b>	D	D	<b>Firenze (aeroporto)</b>	<b>Toscana</b>	D	D
<b>Viterbo</b>	Lazio	D	D	Grosseto	Toscana	D	D
<b>Albenga</b>	Liguria	C	D	Monte Argentario	Toscana	C	D

Genova	Liguria	D	E		Pisa (aeroporto)	Toscana	D	D
Brescia	Lombardia	E	D		Bolzano	Trentino-Alto Adige	E	C
Milano (Linate)	Lombardia	E	D		Dobbiaco	Trentino-Alto Adige	F	A
Milano (Malpensa)	Lombardia	E	B		Perugia	Umbria	E	B
Milano (Orio al Serio)	Lombardia	E	C		Istrana	Veneto	E	C
Ascoli Piceno	Marche	D	D		Padova	Veneto	E	C
Frontone	Marche	E	A		Treviso	Veneto	E	C
Campobasso	Molise	E	B		Venezia (Polo)	Veneto	E	C
Termoli	Molise	C	G		Verona	Veneto	E	C
Cuneo	Piemonte	F	B		Vicenza	Veneto	E	C
Torino	Piemonte	E	C					
Torino (Bric. Della Croce)	Piemonte	E	C					

È stata, inoltre, affrontata una analisi specifica relativa alle soluzioni presenti, ad oggi, sul mercato che riguardino la riqualificazione energetica delle coperture con integrazione di sistemi fotovoltaici.

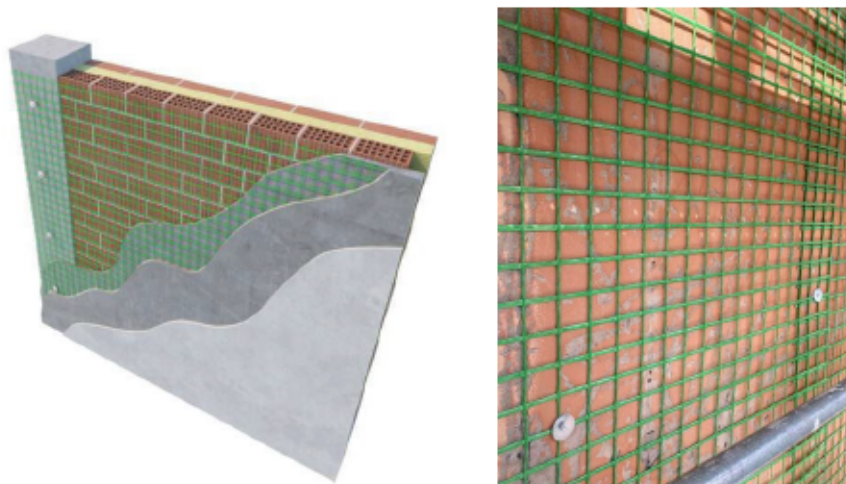
Tali sistemi contribuiscono a contenere i consumi energetici ed hanno il grande vantaggio di condurre gli edifici verso l'autosufficienza energetica e permettendo lo sviluppo di comunità energetiche rinnovabili (CER) e gruppi di autoconsumo collettivo (AUC) allo scopo di promuovere la resilienza del sistema energetico e contrastare la povertà energetica.

In merito alle attività sulle soluzioni On-Site sono state studiate le tecnologie più avanzate oggi disponibili sul mercato, individuarne i margini di integrazione ed ingegnerizzazione per mettere a punto un sistema integrato innovativo da validare attraverso una sperimentazione su tavola vibrante. Dall'analisi effettuata emerge chiaramente che le tecnologie proposte in letteratura mirano al miglioramento della sicurezza strutturale, soprattutto sismica della costruzione, all'incremento della sua efficienza energetica, impiegando metodologie costruttive sostenibili, durevoli e di semplice posa in opera. A questo scopo, appare particolarmente promettente l'impiego di materiali compositi a matrice inorganica, che offrono benefici significativi in termini di rinforzo strutturale, combinato con l'utilizzo di materiali isolanti, dalle elevate prestazioni di isolamento termico. Quindi è stato definito un progetto preliminare della campagna di test sismici che consentiranno la validazione della tecnologia proposta che mira al miglioramento sismico ed energetico di una costruzione in cemento armato esistente raggiungendo i seguenti obiettivi specifici:

- garantire il livello di sicurezza strutturale, soprattutto sismica, previsto dalle disposizioni normative vigenti;
- garantire prestazioni energetiche a norma con quanto richiesto per gli edifici di nuova costruzione;
- impiegare metodologie costruttive sostenibili, durevoli e di semplice posa in opera.

A questo scopo, si sceglie di utilizzare un sistema costituito da una **rete** (avente funzione strutturale) preformata in fibra di vetro alcali-resistente e impregnata con resina epossidica (GFRP, *Glass Fibre Reinforced Polymer*) da fissare agli elementi di cemento armato del telaio e alla tamponatura in laterizio, immersa in uno **strato di poliuretano espanso** (avente funzione termoisolante), che garantisce ottime prestazioni termoisolanti e adesive. La soluzione si basa su quanto proposto negli ultimi anni nella ricerca scientifica, ma in questo progetto viene data particolare rilevanza alla efficienza del sistema legata alla rapidità della messa

in opera, alla versatilità (intesa, ad esempio, come capacità di adattarsi a superfici con geometrie complesse), alla sostenibilità (intesa come minimizzazione degli sfridi), nonché alla validazione mediante prove sismiche su tavola vibrante in scala reale (oggetto del prossimo periodo). Risultato di questo studio è stato il predimensionamento del sistema:



**Rete preformata in GFRP**

Proprietà	Unità di misura	Valore minimo tra le due direzioni		Metodo di prova Norma di riferimento
		Medio	Caratteristico	
<b>RETE FBMesh66X66T96AR</b>				
Dimensione della maglia	mm	66 x 66		Marcatura CE Accertamento di Equivalenza n.9946.17-12-2020
Grammatura	g/m <sup>2</sup>	420		
Natura della fibra	-	Vetro resistente agli alcali		
Natura della matrice	-	Termoindurente di tipo epossidico-vinilestere		
Diametro nominale delle barre	mm	3.84	3.37	CNR-DT 203/2006
Sezione nominale delle barre	mm <sup>2</sup>	11.6	8.9	CNR-DT 203/2006 ACI 44.3R-04 ISO 10406-1:2015
Area nominale delle fibre	mm <sup>2</sup>	3.6	3.6	CNR-DT 200/2004 CNR-DT 203/2006
Barre/metro/lato	N°	15	15	-
Resistenza a trazione	MPa	495	365	ISO 10406-1:2015 LG di Qualificazione Sistemi CRM
Resistenza a trazione della rete	kN/m	84	64.5	ETA-19/0004 ISO 10406-1:2015
Resistenza a trazione della barra	kN	5.6	4.3	
Resistenza a strappo nodo	kN	0.46	0.25	ETA-19/0004
Modulo elastico	GPa	25	-	ISO 10406-1:2015
Deformazione a rottura	%	1.45	-	LG di Qualificazione Sistemi CRM

RETE FBESH66X66T192AR				
Dimensione della maglia	mm	66 x 66		Marcatura CE Accertamento di Equivalenza n.9946.17-12-2020
Grammatura	g/m <sup>2</sup>	842		
Natura della fibra	-	Vetro resistente agli alcali		
Natura della matrice	-	Termoindurente di tipo epossidico-vinilestere		
Diametro nominale delle barre	mm	5.22	4.24	CNR-DT 203/2006
Sezione nominale delle barre	mm <sup>2</sup>	21.4	14.1	CNR-DT 203/2006 ACI 44.3R-04 ISO 10406-1:2015
Area nominale delle fibre	mm <sup>2</sup>	7.2	7.2	CNR-DT 200/2004 CNR-DT 203/2006
Barre/metro/lato	N°	15	15	-
Resistenza a trazione	MPa	485	395	ISO 10406-1:2015 LG di Qualificazione Sistemi CRM
Resistenza a trazione della rete	kN/m	105	82.5	ETA-19/0004 ISO 10406-1:2015
Resistenza a trazione della barra	kN	7.0	5.5	
Resistenza a strappo nodo	kN	0.93	0.43	ETA-19/0004
Modulo elastico	GPa	25.5	-	ISO 10406-1:2015 LG di Qualificazione Sistemi CRM
Deformazione a rottura	%	1.5	-	

**Caratteristiche fisico-meccaniche della rete in GFRP**

Proprietà	Unità di misura	Valore		Metodo di prova Norma di riferimento
		Medio	Caratteristico	
Lunghezza del lato lungo	cm	25		Marcatura CE Accertamento di Equivalenza n.9946.17-12-2020
Peso	g/m	100		
Natura della fibra	-	Vetro resistente agli alcali		
Natura della matrice	-	Termoindurente di tipo epossidico-vinilestere		
Dimensioni della sezione	mm	10 x 7		CNR-DT 203/2006
Sezione nominale	mm <sup>2</sup>	79.8		CNR-DT 203/2006 ACI 44.3R-04 ISO 10406-1:2015
Resistenza a trazione	MPa	455	380	ISO 10406-1:2015 LG di Qualificazione Sistemi CRM
Modulo elastico	GPa	46.5	-	ISO 10406-1:2015 LG di Qualificazione
Deformazione a rottura	%	1.40	-	

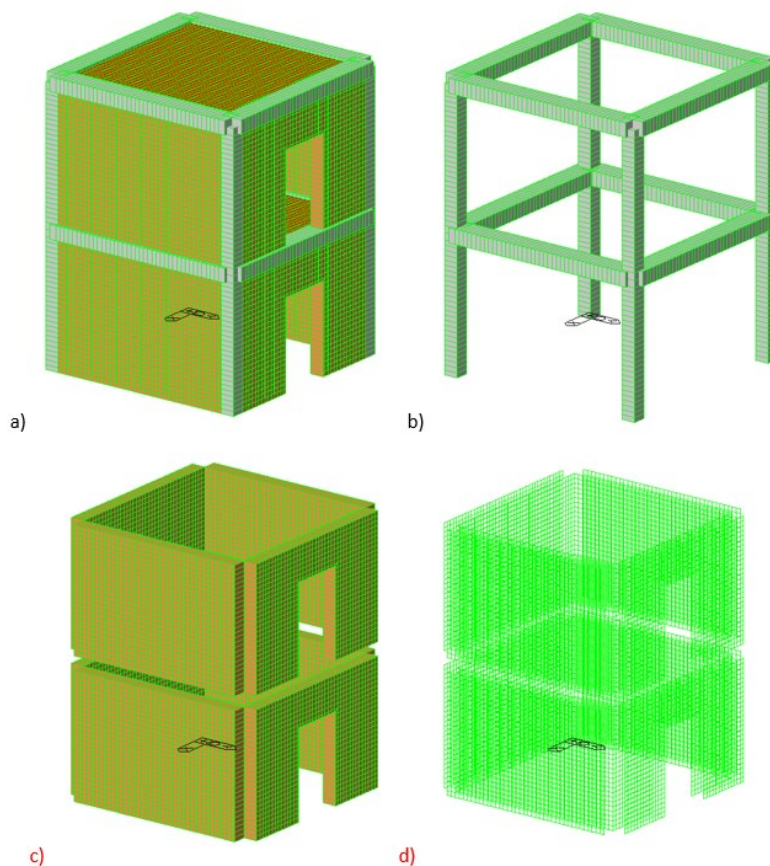
**Caratteristiche fisico-meccaniche dei connettori a L in GFRP**

Proprietà	Unità di misura	Valore	Metodo di prova Norma di riferimento
Temperatura di applicazione:	°C	da +5 a +30	
Classe d'infiammabilità	-	B3	DIN 4102
Tempo di fuori polvere (a +23°C e 50% U.R.)	minuti	5-10	
Temperatura di esercizio	°C	da -40 a +90	
Tempo indurimento completo	h	2-5	
Espansione libera	litri	45	
Resistenza a compressione	N/cm <sup>2</sup>	4.5	
Resistenza a trazione	N/cm <sup>2</sup>	7.5	
Allungamento a rottura	%	25	
Massa volumica	Kg/m <sup>3</sup>	17	
Assorbimento all'acqua dopo 24h	%	1	DIN 53428
Conducibilità termica a +20°C	W/mK	0.036	DIN 52612
Isolamento acustico	dB	58	EN 12354-3 EN ISO 717-1

#### ***Caratteristiche fisico-meccaniche della schiuma autoespandente poliuretanic***

L'attività del primo periodo di rendicontazione si è conclusa con la progettazione del prototipo di edificio, che verrà utilizzato per i test sismici su tavola vibrante, rappresentato da un telaio in cemento armato a due piani con tamponature in laterizio forato rappresentativo del costruito esistente non recente con comportamento non dissipativo.

Sono state, quindi, svolte delle simulazioni numeriche preliminari, mediante software agli elementi finiti, volte alla caratterizzazione dinamica del provino e alla determinazione dello stato di sollecitazione nella rete e nelle tamponature considerando come input sismico otto tra i terremoti più violenti registrati in Italia dal 1980 a oggi.



**Modello ad elementi finiti della struttura: a) modello completo; b) telaio in c.a.; c) tamponature; d) doppio strato di rete**

Di seguito i parametri presi in considerazione per gli eventi sismici con i quali sono simulati i test:

Evento	ID Itaca	Data e Ora	Stazione (nome, codice)	$M_w$	H [km]	D [km]	Durata [s]	Classe EC8
1	IT-1980-0012	1980/11/23 - 18:34	Bagnoli Irpino, BGI	6.9	15	21.9	129.95	B
2	IT-2009-0009	2009/04/06 - 01:32	Aquila, AQV	6.1	8.3	4.9	100.01	B
3	IT-2012-0008	2012/05/20 - 02:03	Mirandola, MRN	6.1	9.5	16.1	130.15	C
4	IT-1997-0006	1997/09/26 - 09:40	Nocera Umbra, NCR	6.0	5.7	10.9	13.63	E
5	EMSC-20160824_0000006	2016/08/24 - 01:36	Norcia, NRC	6.0	8.1	15.3	40.00	B
6	EMSC-20161026_0000095	2016/10/26 - 19:18	Foligno Colfiorito, FOC	5.9	2.1	23.7	80.00	C
7	EMSC-20161030_0000029	2016/10/30 - 06:40	Amatrice, AMT	6.6	6.2	26.5	40.20	B
8	EMSC-20161030_0000029	2016/10/30 - 06:40	Accumuli, ACC	6.6	6.2	18.5	35.00	A

**Eventi e stazioni di registrazione degli input sismici**

## 8 Contributo delle eventuali consulenze alle attività sopra descritte

Non sono state utilizzate consulenze all'interno della LA 2.12.

## 9 Pubblicazioni scientifiche

Nessuna.

## 10 Eventi di disseminazione

### *10.1 Disseminazione*

Nel primo periodo di rendicontazione non sono stati organizzati eventi specifici riferiti alla linea di attività, ma alcune presentazioni a fini divulgativi sono state proposte all'interno di altri eventi con temi affini. Sono state, altresì, inserite informazioni divulgative sulla LA in occasione di corsi organizzati da ENEA per esperti in gestione dell'energia e per energy manager.