



RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

Progetto di riqualificazione energetica del Liceo delle Scienze Umane
“Fabrizio De André”

Comune di Brescia (BS), via Bonino Bonini n. 58

Committente: Provincia di Brescia

Progettista:

Ing. Diego Cattaneo



Data ultima revisione:

Brescia, 22/12/2016

SOMMARIO

GENERALITÀ	4	Eliminazione
1. Premessa	4	Eliminazione
2. Inquadramento territoriale	4	Eliminazione
3. Storico dei Consumi Energetici.....	7	Eliminazione
3.1. Analisi Energia Elettrica	9	Eliminazione
3.2. Analisi Energia Termica.....	10	Eliminazione
PROGETTO	12	Eliminazione
4. Isolamento delle strutture opache verticali disperdenti	12	Eliminazione
5. Isolamento delle strutture opache orizzontali e inclinate disperdenti.....	16	Eliminazione
5.1. Copertura a falde inclinate	16	Eliminazione
5.2. Coperture piane.....	19	Eliminazione
5.3. Pavimento su porticato d'ingresso	19	Eliminazione
6. Impianto Fotovoltaico	20	Eliminazione
6.1. Stima producibilità energia elettrica	21	Eliminazione
6.2. Stima valorizzazione economica energia elettrica prodotta	23	Eliminazione

GENERALITÀ

1. Premessa

Con la presente relazione tecnica si vogliono illustrare gli interventi per il miglioramento energetico che sono risultati più urgenti a seguito dell'analisi del sistema edificio-impianto termico degli immobili ospitanti il Liceo delle Scienze Umane "Fabrizio De André" siti in via Bonino Bonini n. 58 a nel Comune di Brescia. Tali interventi riguardano tutti l'edificio originario risalente agli anni '70 e possono essere così sintetizzati:

1. restauro dei coprifermo deteriorati e successiva posa di cappotto termico all'estradosso dei tamponamenti prefabbricati in c.a.;
2. isolamento con pannelli in EPS delle coperture a falde e sostituzione del manto in tegole di laterizio con lastre grecate in lamiera d'acciaio zincato;
3. isolamento all'intradosso delle coperture piane con feltro in lana di vetro posizionato nell'intercapedine al di sopra del controsoffitto;
4. isolamento all'estradosso del pavimento del piano primo confinante col porticato d'ingresso con feltro in lana di vetro posizionato nell'intercapedine al di sopra del controsoffitto.
5. installazione di impianto fotovoltaico per autoproduzione di energia;

È importante sottolineare fin da subito che l'attività di realizzazione di isolamento termico sarà realizzata parallelamente alla sostituzione dei serramenti dei serramenti in metallo senza taglio termico e vetro singolo semplice con serramenti in metallo a profilo a taglio termico (distanziatore in PVC) e vetrocamera con vetro basso emissivi **forniti da diverso committente con cui la Provincia di Brescia ha stabilito accordo preventivo**; l'intervento non è compreso all'interno del capitolato d'appalto.

2. Inquadramento territoriale

L'intervento verrà realizzato sull'edificio originario risalente agli anni '70 ospitante parte del Liceo delle Scienze Umane "Fabrizio De André" sito in via Bonino Bonini n. 58 a nel Comune di Brescia, individuato alle coordinate geografiche 45°33'27.41" Nord - 10°11'12.54" Est e al Foglio 37 - Particella 87 - Subalterno 5 del Catasto dei Fabbricati Ufficio di Brescia.



Immagine 1: Ortofoto con individuazione area intervento



Immagine 2: Ortofoto con individuazione area intervento



Immagine 3: Foto aerea con individuazione area intervento

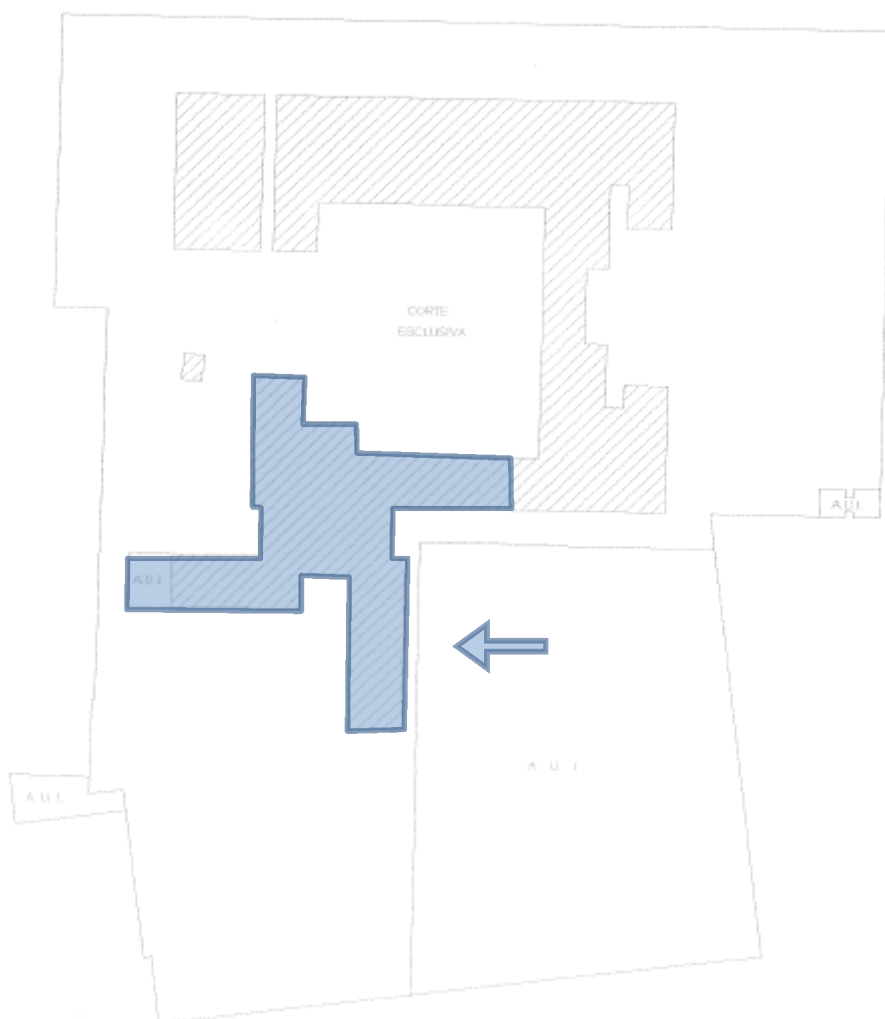


Immagine 4: Estratto mappa catastale

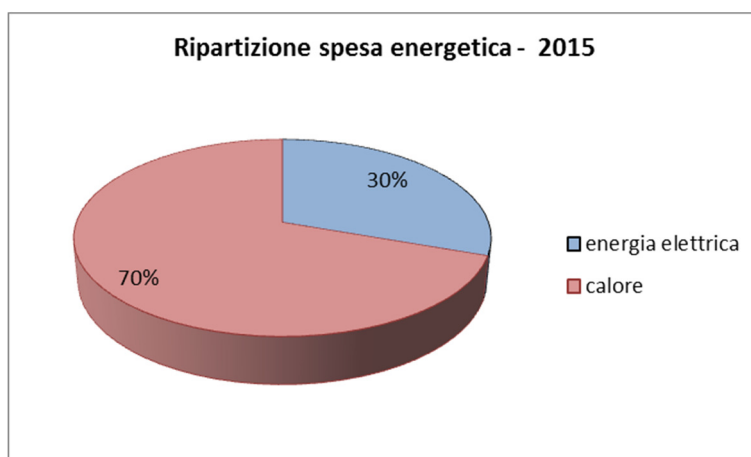
3. Storico dei Consumi Energetici

Sono stati raccolti e confrontati i dati relativi ai consumi energetici sostenuti nelle ultime tre annualità: 2013-2014-2015.

Nella seguente tabella sono riportati i valori ricavati dalle fatture dell'anno 2015. Corrispondono ai prelievi dei rispettivi contatori fiscali, POD (energia elettrica) e Punto di fornitura teleriscaldamento:

Bolletta energetica per soddisfare il fabbisogno energetico (2015)			
	Prelievo	Costo [€]	Costo €/unità
EE	120.787 [kWh]	€ 24.776	0,205
Calore	630.222 [kWh]	€ 56.834	0,090
TOTALE		€ 81610	

Tabella 1: Dettaglio spesa energetica 2015



Osservazioni:

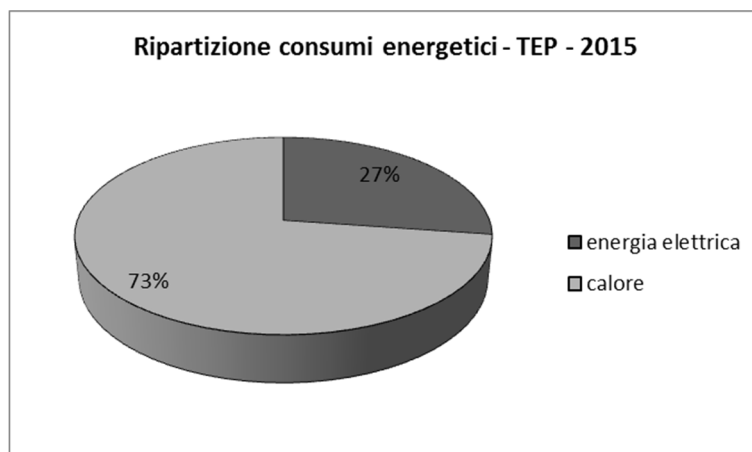
- Si evince come la voce più rilevante della bolletta energetica nel 2015 sia l'acquisto di energia termica.

Nella tabella seguente si riporta l'energia acquistata corrispondente a ciascun vettore energetico espresso in kWh e quindi in TEP per avere un'indicazione dell'incidenza sul consumo di energia primaria:

Vettore	2015 [kWh]	2015 [TEP]	%
Energia Elettrica	120.787	22,59	27%
Calore	630.222	60,22	73%
Totale		82.81	100%

Tabella 2: Ripartizione fabbisogno energetico

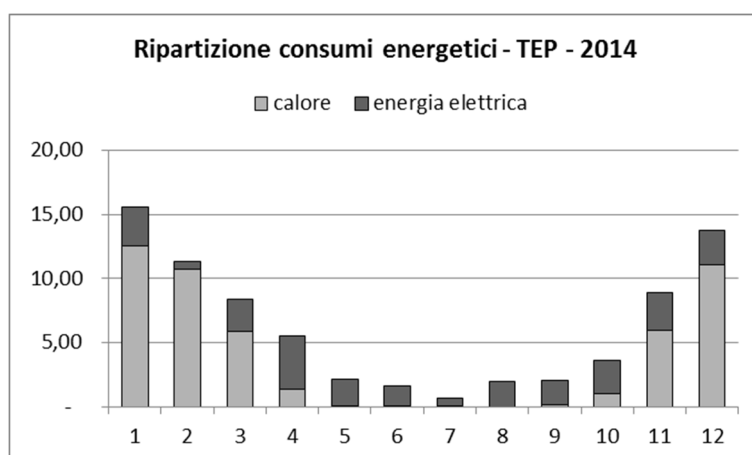
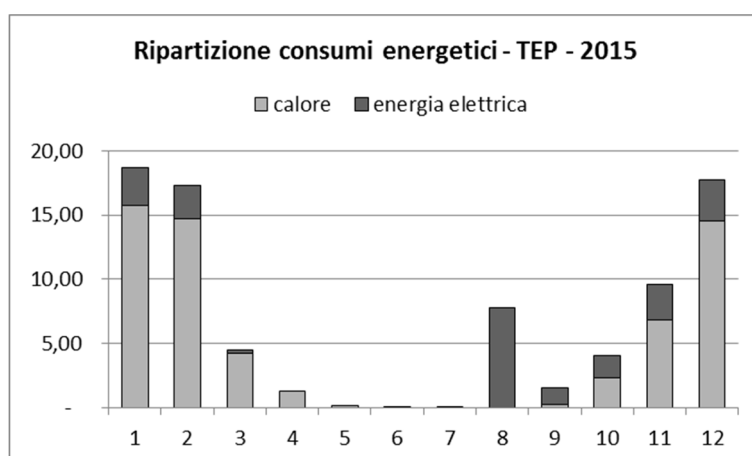
Confrontando i consumi in termini di energia primaria (TEP), come meglio rappresentato nel grafico sottostante, si osserva che il vettore che incide maggiormente è il **calore**, pari al **73%**.



Ripartizione dei consumi di energia in TEP - energia primaria

Analizzando i consumi su base mensile, si nota un utilizzo più elevato di energia primaria nei mesi invernali dovuto al riscaldamento mentre da maggio a ottobre si ha un'indicazione sul peso dell'energia elettrica.

Di seguito si riportano i grafici sia dell'anno 2015 che dell'anno 2014 (i dati elettrici relativi all'anno 2015 rilevano un'incongruenza: nel mese di agosto probabilmente sono stati conguagliati ci consumi dei mesi di aprile, maggio, giugno e luglio).



3.1. Analisi Energia Elettrica

Sono stati raccolti i consumi storici elettrici, a partire dai dati forniti per gli anni 2013-2014-2015.

Il consumo medio annuale è pari a circa: 130.869 kWh.

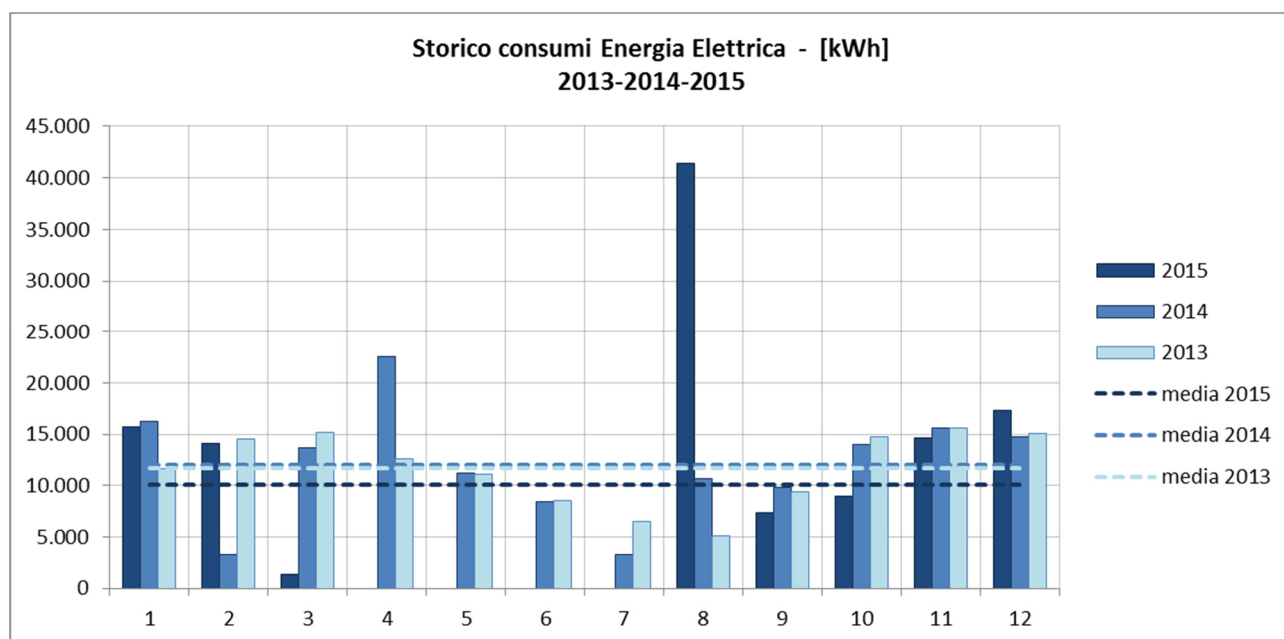
Dati relativi alla fornitura:

POD: IT006T00000413 - Via Bonini Bonino n.58 - 25127 Brescia

Trader: Edison Energia s.p.a

Storico consumi :2013-2014-2015			
Anno	Prelievo kWh	Costo [€]	Costo €/kWh
2013	128.307	€ 25.570	0,199
2014	143.514	€ 27.955	0,195
2015	120.787	€ 24.776	0,205

Nel grafico sottostante sono riepilogati i dati dell'energia elettrica prelevata dalla Rete di Distribuzione (kWh_e), nel triennio in esame.



Osservazioni:

- I dati forniti relativi all'anno 2015, confrontati con le due annualità precedenti, rilevano un'incongruenza, probabilmente nel mese di agosto sono stati imputati a conguaglio anche i consumi dei mesi precedenti di aprile, maggio, giugno e luglio;
- La media mensile dei consumi relativi agli anni 2013 e 2014, sono molto simili, si evidenzia un calo nel consumo medio mensile per l'anno 2015.

3.2. Analisi Energia Termica

Sono stati raccolti i consumi storici dell'energia termica prelevata dalla rete di teleriscaldamento per gli anni 2013, 2014, 2015.

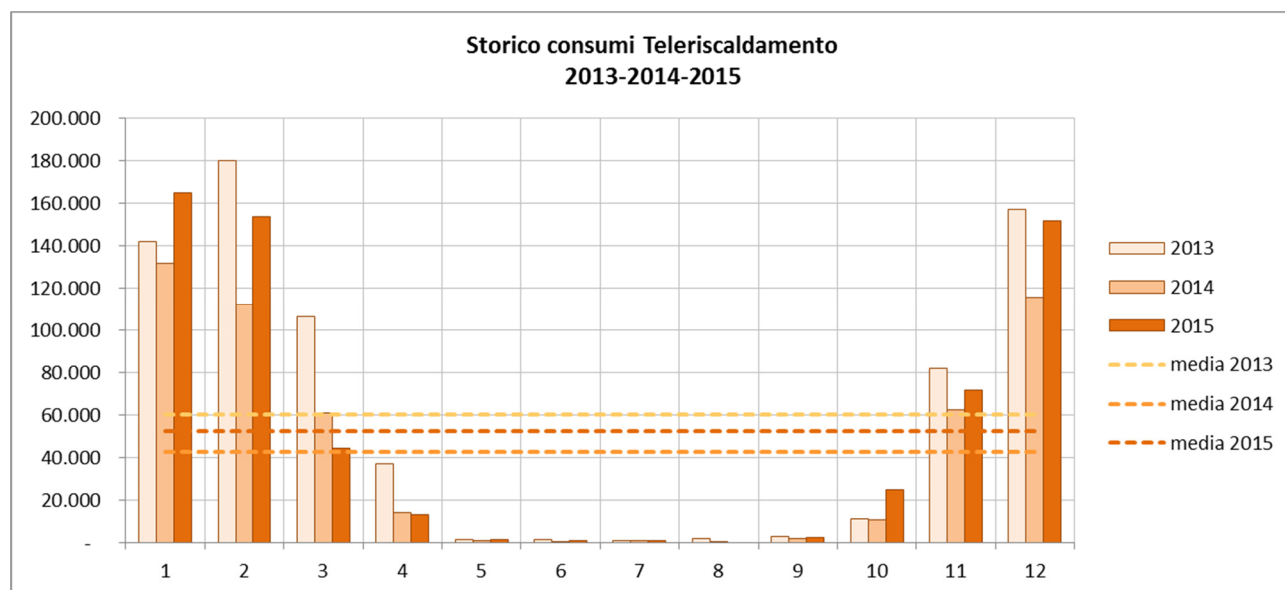
Il consumo medio annuale è pari a circa: 622.143 kWh.

Dati relativi alla fornitura: (a2a Calore e Servizi)

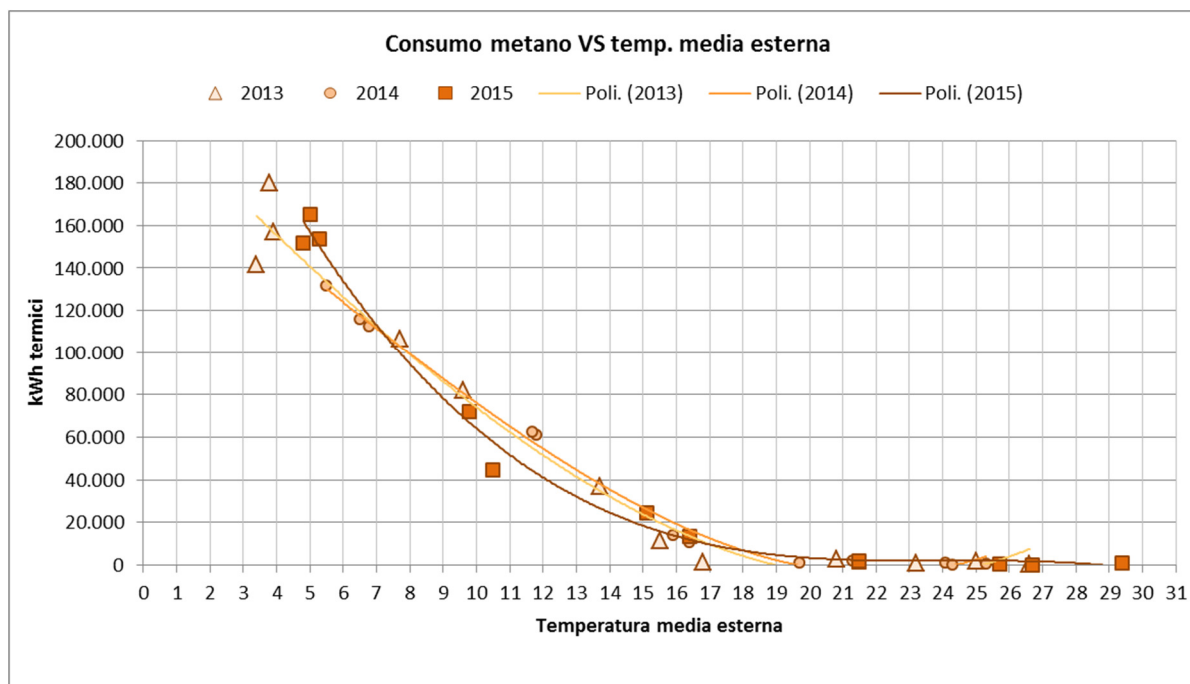
POD: IT006T00000413 - Punto di fornitura: n. 413

Storico consumi :2013-2014-2015			
Anno	Prelievo kWh th	Costo [€]	Costo €/kWh th
2013	723.990	€ 68.216	0,094
2014	512.218	€ 53.490	0,104
2015	630.222	€ 56.834	0,090

Nel grafico sottostante sono riepilogati i dati dell'energia termica prelevata dalla rete di teleriscaldamento (kWh_{th}), nel triennio in esame.



Si rende noto che le letture rilevate e fornite dall'Ente Gestore **A2A**, non seguono esattamente la cadenza dei mesi solari: per attribuire i dati a ciascun mese sono state fatte delle piccole approssimazioni (da 2 a 5 gg).



Osservazioni:

- Il fattore principale che influenza il consumo è la temperatura ambiente esterna;
- Tendenzialmente, a parità di temperatura media esterna, i consumi di energia termica sono stabili nel triennio valutato.

PROGETTO

4. Isolamento delle strutture opache verticali disperdenti

Il primo intervento previsto riguarda l'isolamento delle strutture opache verticali disperdenti formate principalmente (più del 90%) dai tamponamenti prefabbricati in c.a. e, negli spazi lasciati liberi da essi, dai pilastri che formano la struttura portante dell'edificio.

Il sistema di isolamento sarà "a cappotto" in EPS per esposizione normale e prevedrà l'incollaggio delle lastre di isolante, secondo il sistema "perimetro-punti", su di una superficie pari ad almeno il 40% e il fissaggio con tasselli.

Le lastre dovranno essere posate con giunti accostati e sfalsati anche sugli spigoli, i giunti maggiori di 2 mm dovranno essere riempiti con schiuma e la superficie dovrà poi essere levigata.

Prima di procedere all'applicazione delle lastre isolanti, dovranno essere completate a regola d'arte le lavorazioni di preparazione del supporto, consistenti nell'integrale asportazione di verniciature, tinteggiature e/o rivestimenti plastici, da eseguirsi mediante raschiatura e/o idrolavaggio a pressione, fino a portare al vivo la struttura portante. Successivamente si dovrà procedere alla bonifica, risanamento e rifacimento corticale delle parti ammalorate con il ripristino dei copriferro deteriorati.

In corrispondenza della zoccolatura esterna dell'edificio dovrà essere previsto l'utilizzo di EPS ad alta densità al fine di rinforzare una delle zone maggiormente esposte agli agenti esterni e a possibili danni meccanici.



Immagine 7: Copriferro deteriorato

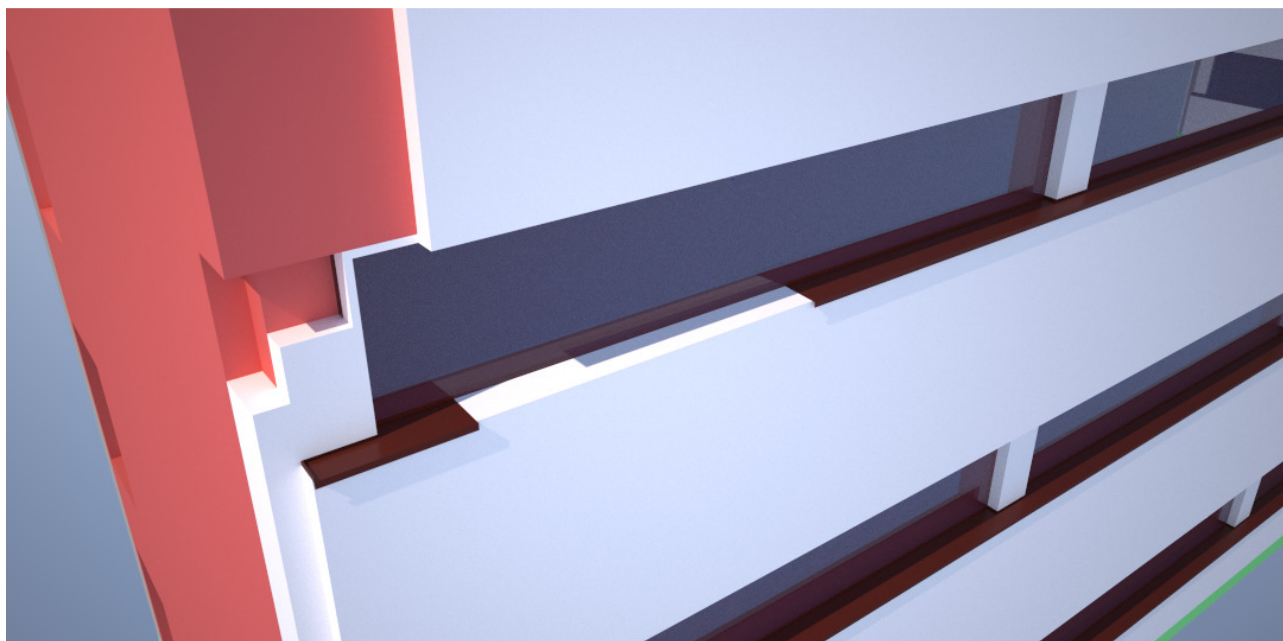


Immagine 8: Esploso del progetto in facciata

Parallelamente i serramenti, forniti da altro committente secondo accordo definito dalla Provincia di Brescia con terzo fornitore, anche nella nuova posizione, risulteranno comunque arretrati di circa 15 cm rispetto al filo esterno dei tamponamenti prefabbricati in c.a. e sarà quindi importante la corretta posa di una lastra isolante per stipite che riduca al minimo l'effetto del ponte termico che si potrebbe instaurare in quest'area.

Per le stesse ragioni i davanzali in lamiera, con inclinazione adeguata e inviti a 45° per favorire lo scorrimento dell'acqua, dovranno prevedere un adeguato isolamento sottostante.

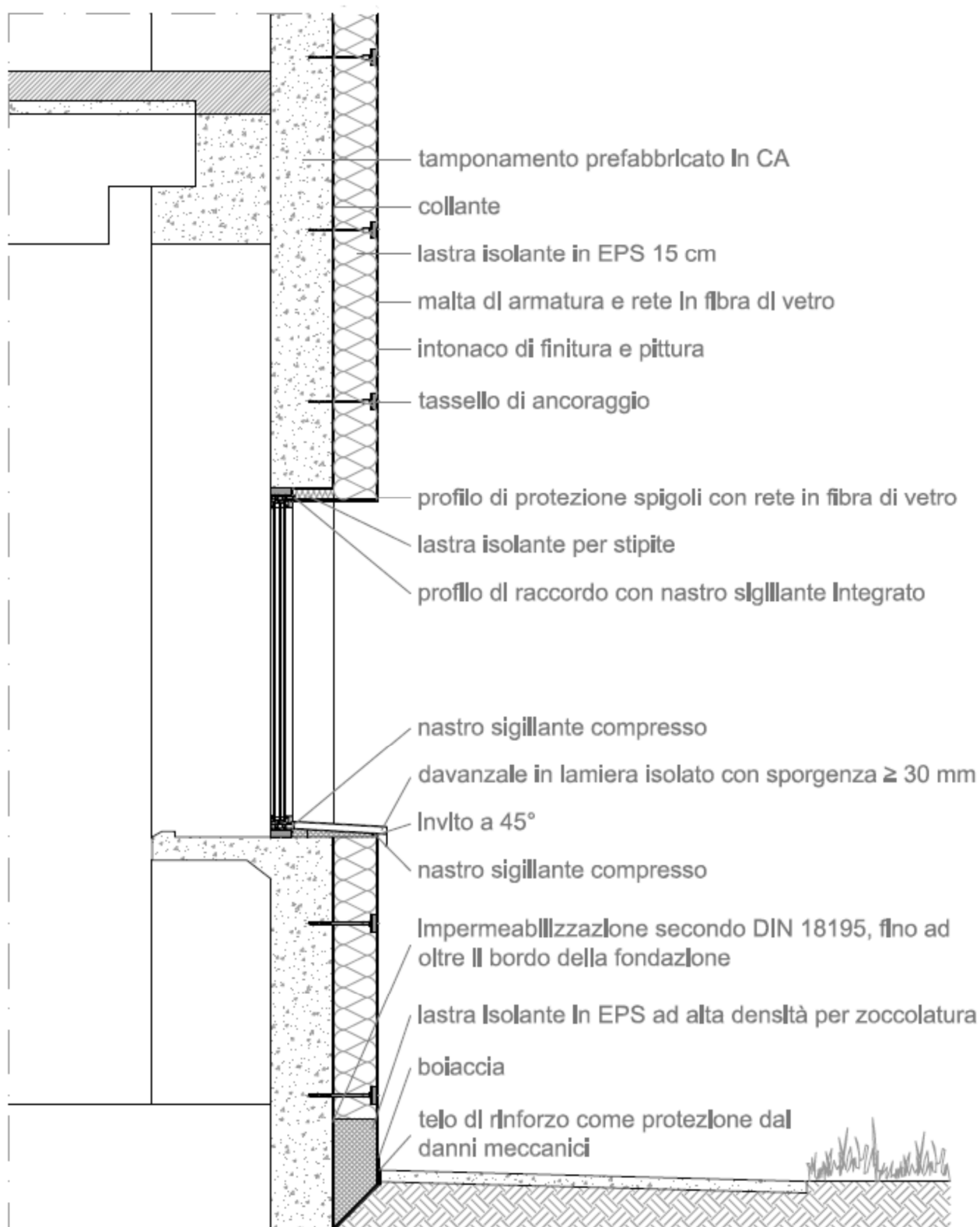


Immagine 9: Sezione in corrispondenza del serramento 6850x1200 mm

In corrispondenza dei tamponamenti lo spessore dell'isolamento in EPS sarà pari a 15 cm, mentre in corrispondenza dei pilastri, sia per ragioni di prestazioni termiche che per ragioni architettoniche, lo stesso sarà di pari a 20 cm.

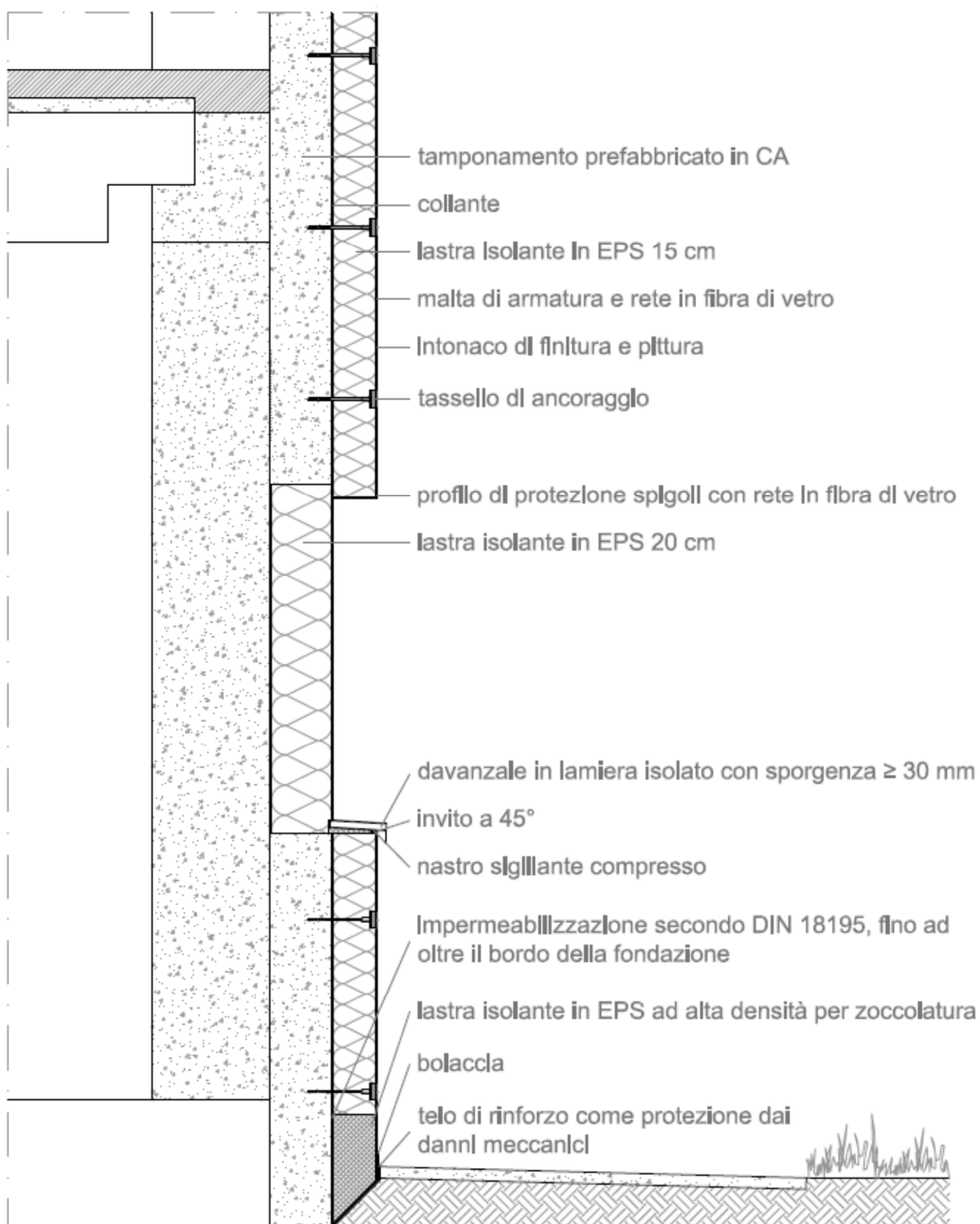


Immagine 10: Sezione in corrispondenza del pilastro

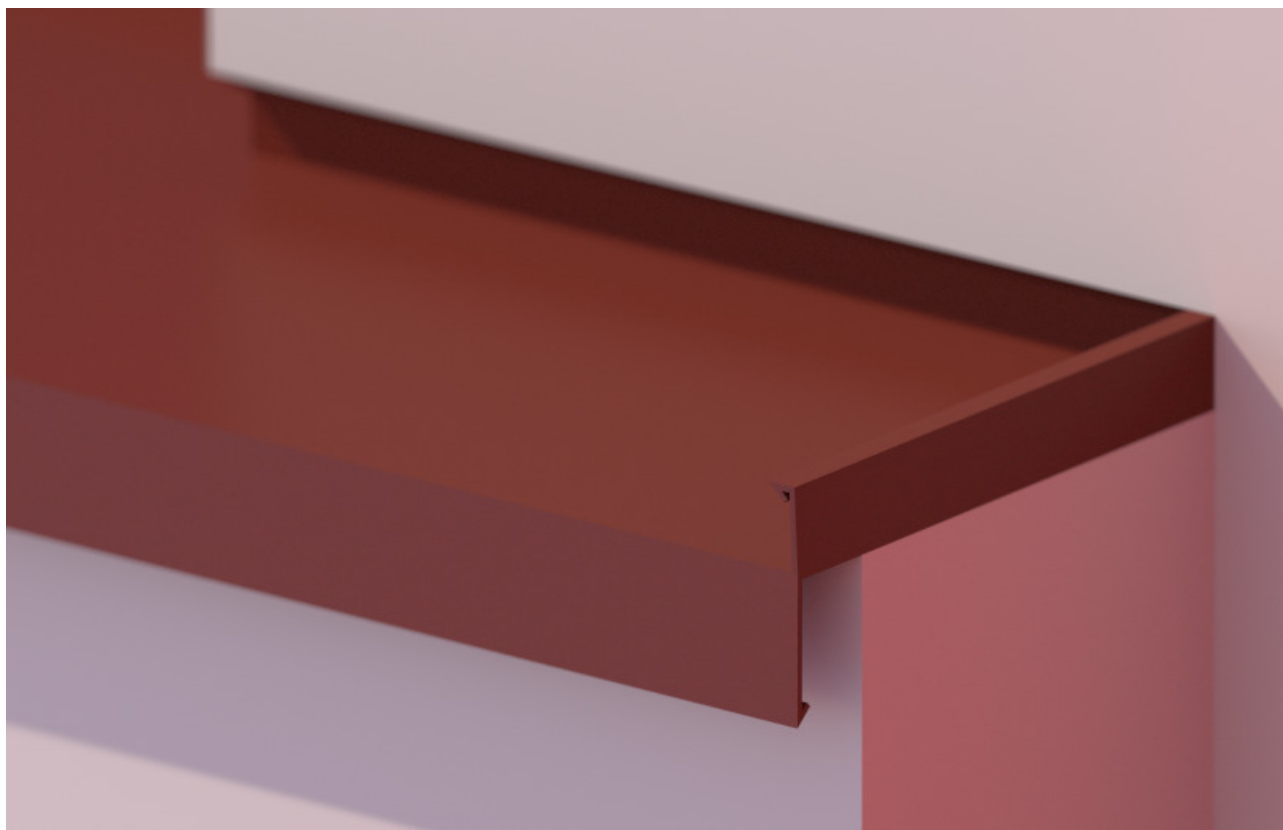


Immagine 11: Dettaglio del progetto di davanzale in lamiera con inviti a 45°

5. Isolamento delle strutture opache orizzontali e inclinate disperdenti

Per quanto riguarda l'isolamento delle strutture opache orizzontali il progetto prevede tre interventi differenti.

5.1. Copertura a falde inclinate

La maggior parte dei solai di copertura (poco più dell'80%) sono a falde inclinate formate da muricci e tavelloni non comunicanti e questo rende tecnicamente difficile la posa di uno strato di materiale isolante all'intradosso di quest'ultimi.

Si è quindi scelto di intervenire tramite la rimozione del manto di copertura in tegole di laterizio e la successiva posa di un doppio strato di pannelli in EPS ad alta densità da 10 cm, per un totale di 20 cm d'isolamento, all'estradosso dei tavelloni.

La tenuta statica del primo strato di pannelli in EPS è garantita da un'orditura di morali in legno fissati al solaio di copertura con viti direttamente inserite nel getto in c.a. o, in corrispondenza dei tavelloni, passanti in appositi fori da praticare nel laterizio e dotate di un sistema di ancoraggio automatico a farfalla.

Il secondo strato di pannelli in EPS sarà invece incollato a quello sottostante e mantenuto in posizione da un secondo morale di testa fissato al morale di testa sottostante e dalla nuova copertura composta da lastre grecate in lamiera d'acciaio zincato che verranno a loro volta fissate con viti dotate di guarnizione all'orditura di morali sottostante.

Le lastre grecate dovranno prevedere un sormonto minimo di 20 cm per garantire la corretta impermeabilizzazione della copertura.

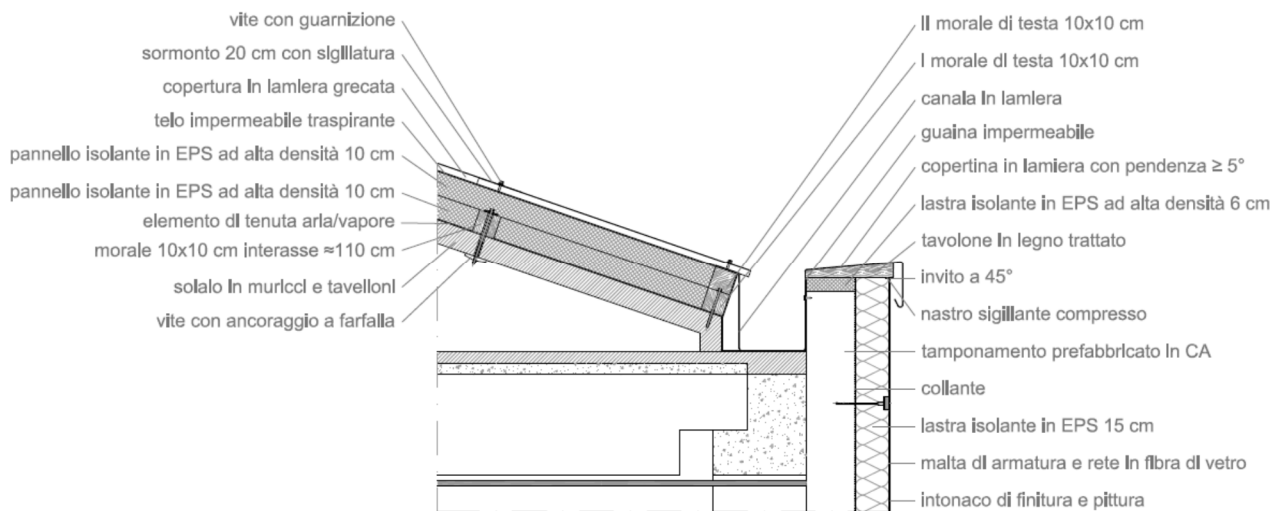


Immagine 12: Sezione su coronamento in corrispondenza del fissaggio dei morali al solaio esistente

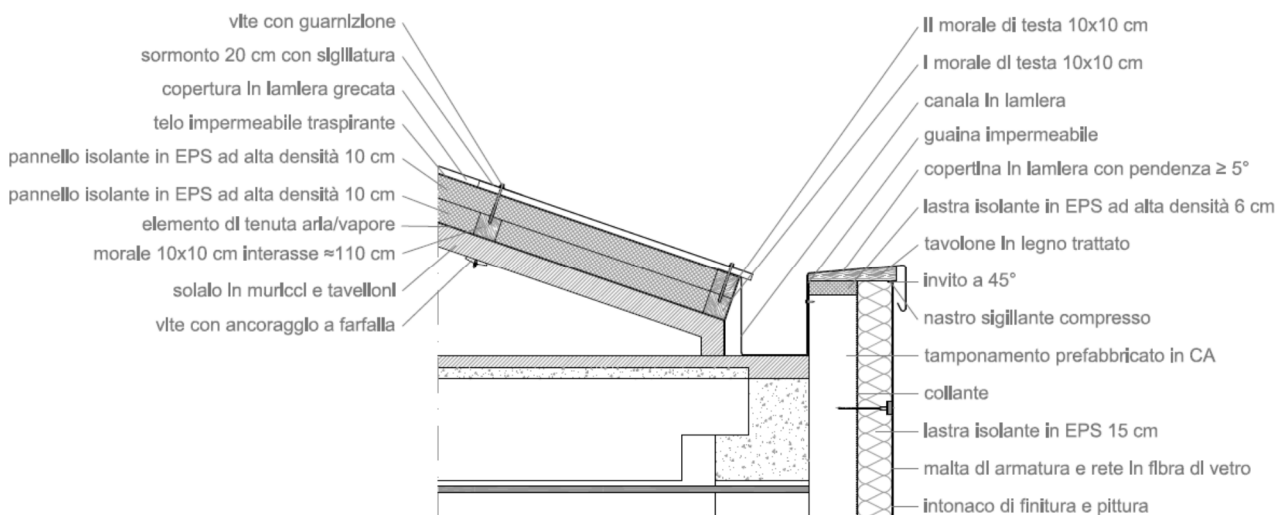


Immagine 13: Sezione su coronamento in corrispondenza del fissaggio della copertura ai morali

A seguito del rifacimento della copertura e dell'isolamento delle facciate dovrà essere ripristinata la copertina in lamiera di coronamento, provvista di adeguata pendenza maggiore di 5° per favorire lo scorrimento dell'acqua piovana verso la gronda, formata dalla corretta sagomatura della stessa e fissata al di sotto delle lastre grecate.

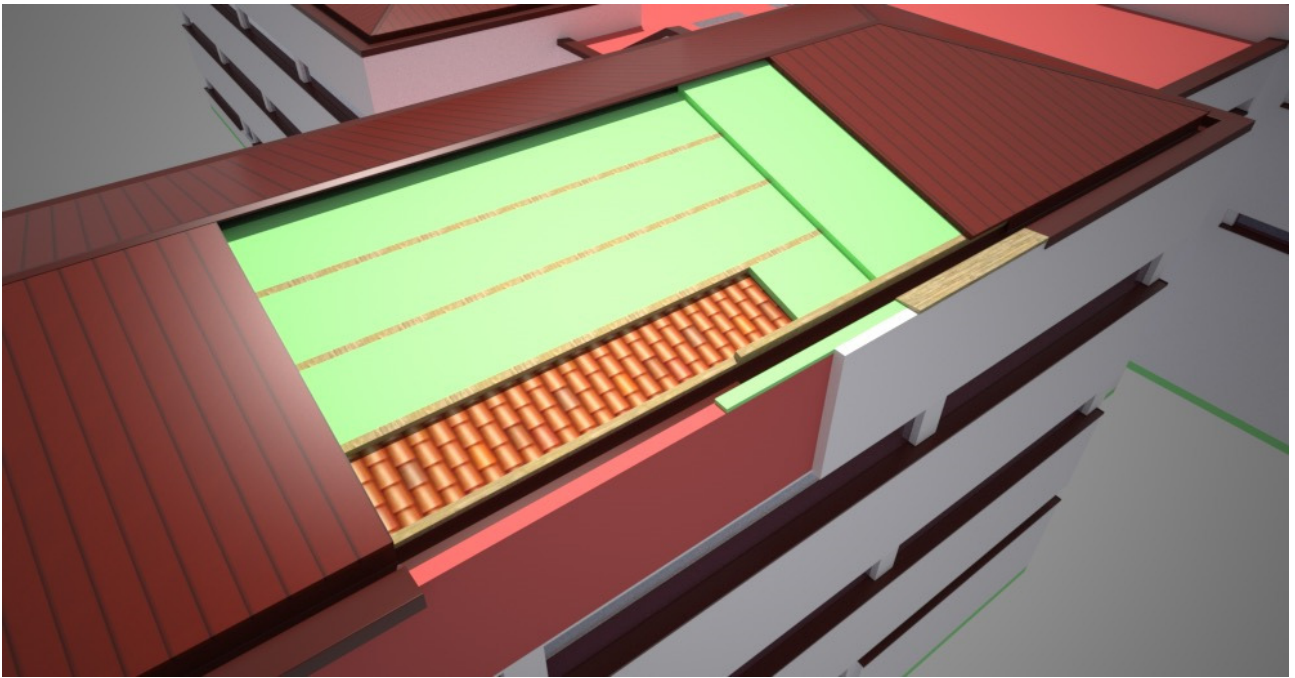


Immagine 14: Esploso del progetto in copertura

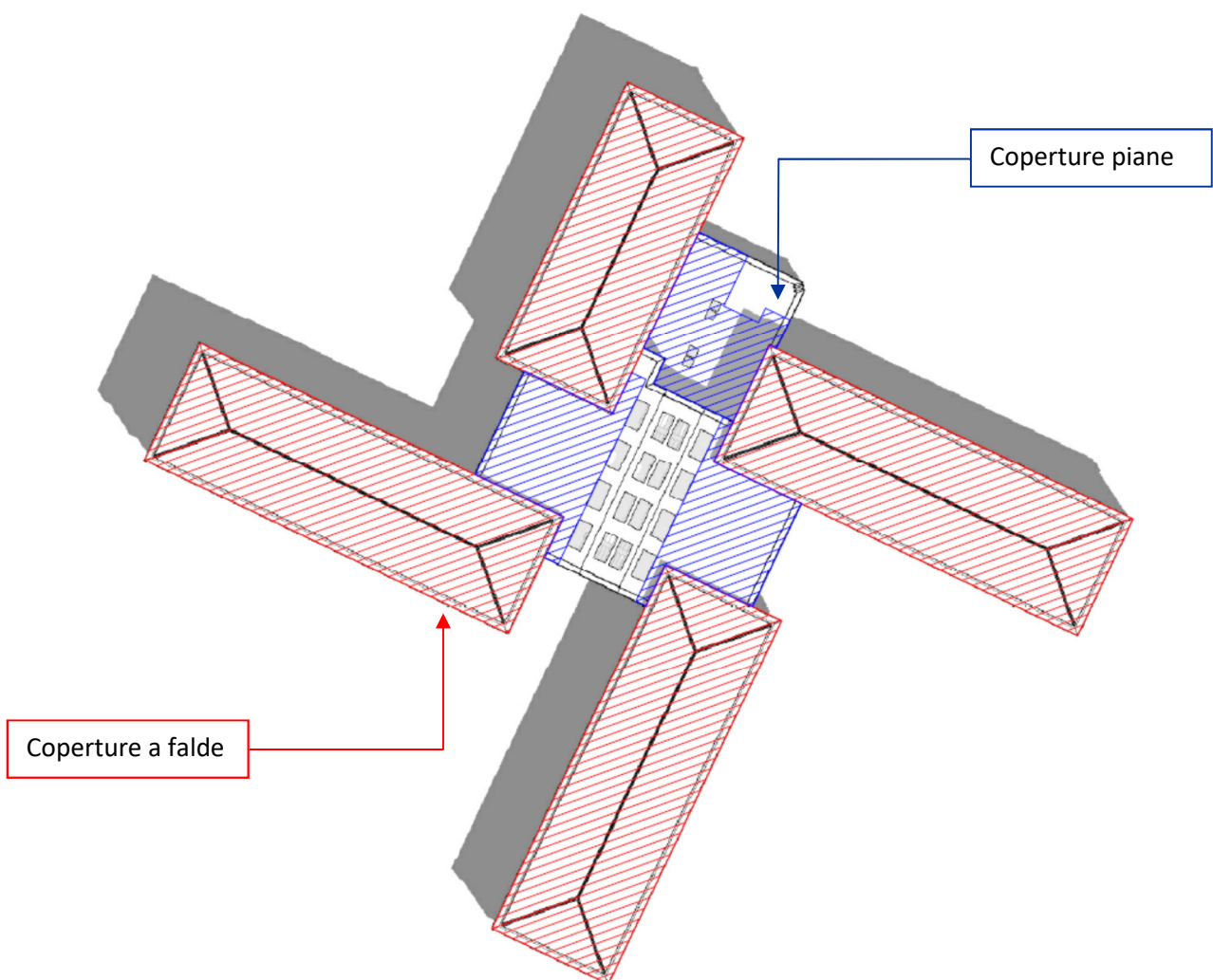


Immagine 15: Pianta delle coperture

5.2. Coperture piane

La restante parte delle coperture sono piane e l'intervento prevede il posizionamento all'intradosso di uno strato di feltro in lana di vetro di spessore pari a 20 cm posizionato nell'intercapedine al di sopra del controsoffitto, fra le nervature dei tegoli a doppio T prefabbricati che formano il solaio.

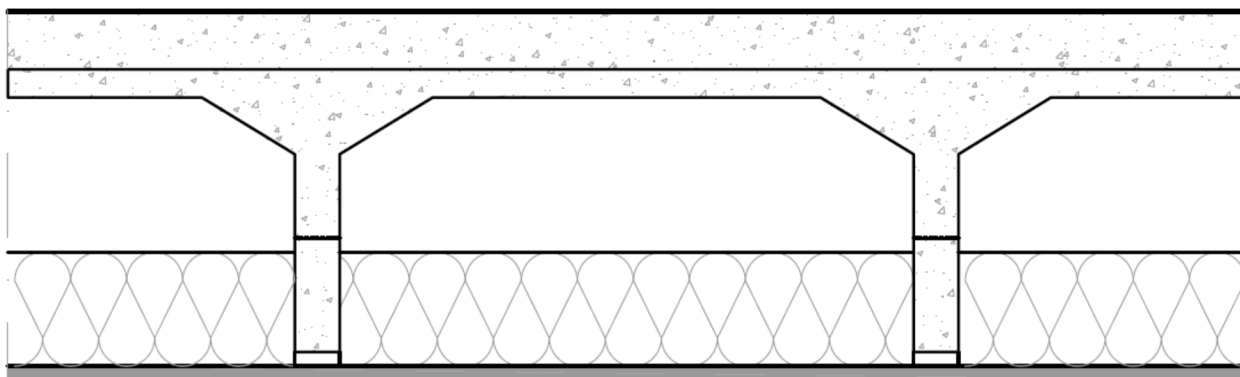
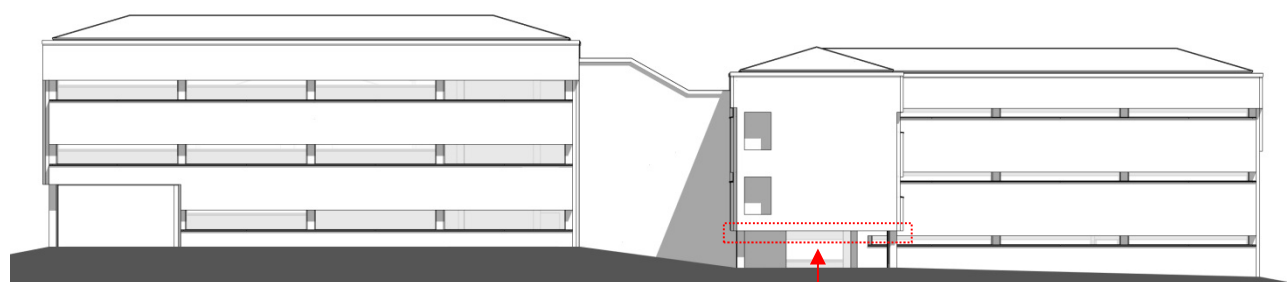


Immagine 16: Sezione in corrispondenza dei solai controsoffittati formati da tegoli a doppio T

5.3. Pavimento su porticato d'ingresso

Come per quanto previsto le coperture piane l'intervento prevede l'isolamento del pavimento del piano primo dell'ala sud confinante col porticato d'ingresso (esterno) di uno strato di feltro in lana di vetro di spessore pari a 20 cm posizionato nell'intercapedine al di sopra del controsoffitto, fra le nervature dei tegoli a doppio T prefabbricati che formano il solaio.



Solaio del piano primo confinante col porticato d'ingresso

Immagine 17: Prospetto Sud-Ovest con individuazione del solaio del piano primo confinante con l'esterno

6. Impianto Fotovoltaico

A completamento dell'intervento, è l'installazione dell'impianto fotovoltaico posizionato sulla sola struttura di sostegno già predisposta in modo da realizzare un camminamento coperto al piano primo della nuova ala del plesso scolastico.

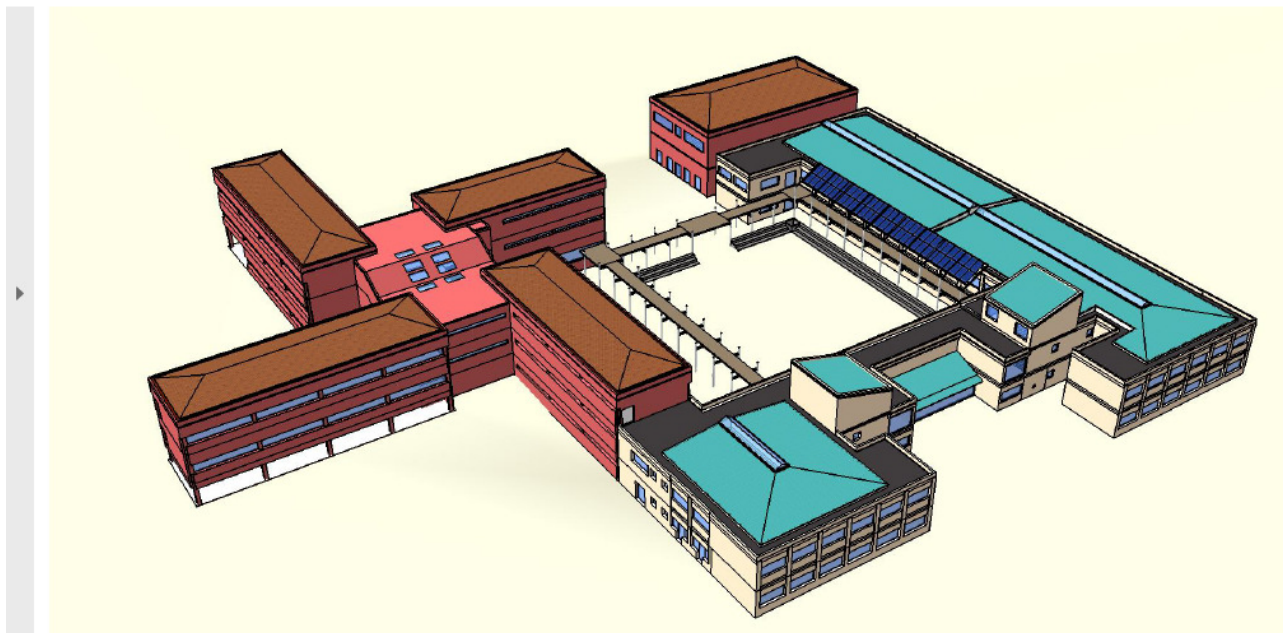


Immagine 18: Illustrazione – impianto fotovoltaico.

L'impianto proposto è costituito da n.2 sezioni come riportato di seguito in tabella. I moduli sono suddivisi su due superfici differenti e configurati con rispettivi inverter tipo SMA STP, come indicato dalla tabella seguente:

Tipologia copertura	Azimut	Tilt	n. Moduli	Potenza [kWp]	Configurazione inverter
Falda 1 frangisole	+26°	32	62	15,50	N.1 SMA STP 15000 TL-10

Entrambe le superfici sono orientate a 26 gradi Ovest.

Il collegamento alla rete elettrica dell'impianto è previsto in bassa tensione.

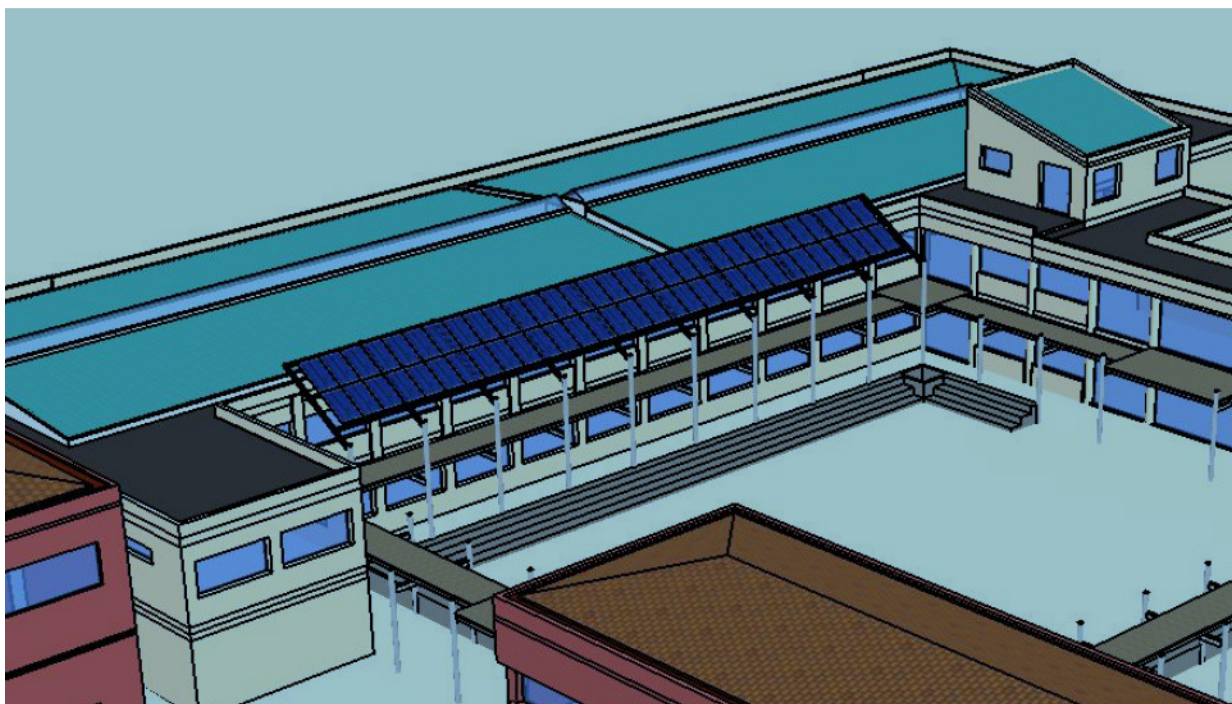


Immagine 19: Disposizione impianto fotovoltaico: indicazione superfici.

All'interno del presente appalto è prevista la sola realizzazione dell'impianto costituito da n. 62 moduli del tipo *Ferrania Solis AP 60-250*, con potenza nominale 250W, per una potenza totale di impianto pari a **15,50 kWp**.

6.1. Stima producibilità energia elettrica

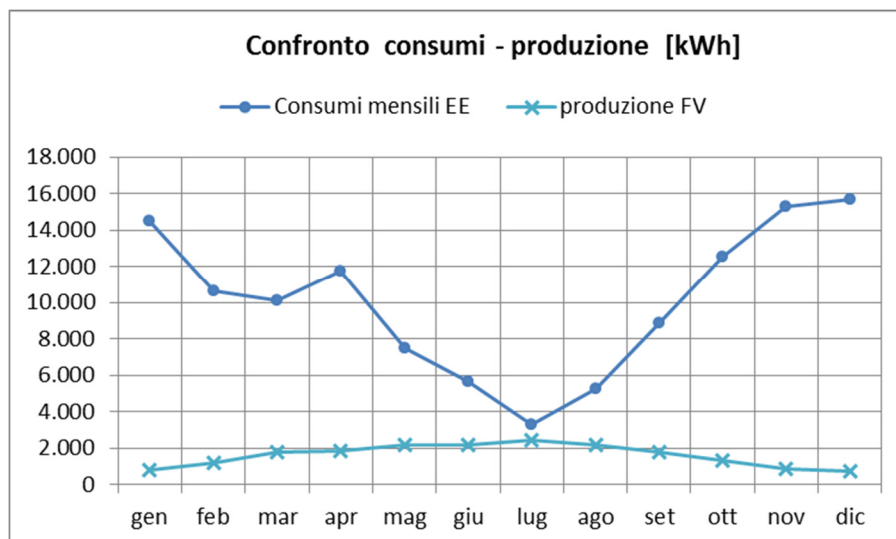
Nella tabella seguente sono stati riportati i dati utilizzati per la stima della produzione di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico da 15,50 kWp sezione n.1. Per il calcolo sono stati utilizzati i dati del simulatore degli ombreggiamenti che fa riferimento al sito ufficiale della *European Commision-Joint Research Centre* corrispondenti alla zona di Brescia.

Consumi EE media		Pot. impianto FV - kWp	15,50	
mese	energia attiva	Energia producibile		%
	totale mese kWh	media	totale mese kWh	
gen	14.525	51,76	802	6%
feb	10.658	77,67	1.204	11%
mar	10.085	114,85	1.780	18%
apr	11.718	116,63	1.808	15%
mag	7.452	138,21	2.142	29%
giu	5.649	140,37	2.176	39%
lug	3.266	156,18	2.421	74%
ago	5.249	141,61	2.195	42%
set	8.838	113,73	1.763	20%
ott	12.560	82,75	1.283	10%
nov	15.273	53,16	824	5%
dic	15.679	48,11	746	5%
	120.953	1.235,0	19.143	16%

Tabella 2: Confronto produzione e consumi medi (su tre anni solari).

La producibilità prevista dell'impianto sezione n.1 al netto degli ombreggiamenti è pari a **19.143 kWh/anno**:

Nel grafico sottostante vengono messi a confronto la produzione dell'impianto fotovoltaico (in blu) e i consumi della struttura con riferimento alla media di tre anni solari (in azzurro).



Osservazioni:

- La produzione dell'impianto è inferiore ai consumi elettrici, in particolare è in grado di coprire circa il 16% delle esigenze elettriche della struttura.
- L'impianto può essere connesso alla rete elettrica nazionale in regime di Scambio sul Posto, in modo da poter usufruire di tutta l'energia prodotta dall'impianto. È possibile inoltre richiedere la classificazione di SEU (sistema semplice di utenza) che permette di avere delle agevolazioni fiscali sull'energia prodotta e autoconsumata.

6.2. Stima valorizzazione economica energia elettrica prodotta

Per calcolare il risparmio economico ottenibile dall'installazione dell'impianto fotovoltaico, sono stati considerati i seguenti parametri:

- ✓ Non avendo dati relativi alle fasce orarie di consumo per l'energia elettrica, l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico (fascia diurna) è stata paragonata a tutta l'energia consumata (dati medi sui 3 anni).
- ✓ Prezzo di acquisto dell'energia elettrica dalla rete pari a: **0,199€/kWh** (prezzo medio pagato nelle 3 annualità)

Consumi EE media		Pot. impianto FV - kWp	15,50		Calcolo considerando di usufruire dello Scambio sul Posto			
mese	energia attiva	Energia producibile			EEprodotta /EEconsumata %	Valorizzazione energia autoconsumata in Fascia F1	Valorizzazione consumata in scambio con la rete	Totale valorizzazione EE
	totale mese kWh	media	totale mese kWh	%				
gen	14.525	51,76	802	6%	6%	€ 159,67	€ -	€ 159,67
feb	10.658	77,67	1.204	11%	11%	€ 239,57	€ -	€ 239,57
mar	10.085	114,85	1.780	18%	18%	€ 354,26	€ -	€ 354,26
apr	11.718	116,63	1.808	15%	15%	€ 359,76	€ -	€ 359,76
mag	7.452	138,21	2.142	29%	29%	€ 426,30	€ -	€ 426,30
giu	5.649	140,37	2.176	39%	39%	€ 432,97	€ -	€ 432,97
lug	3.266	156,18	2.421	74%	74%	€ 481,74	€ -	€ 481,74
ago	5.249	141,61	2.195	42%	42%	€ 436,80	€ -	€ 436,80
set	8.838	113,73	1.763	20%	20%	€ 350,81	€ -	€ 350,81
ott	12.560	82,75	1.283	10%	10%	€ 255,25	€ -	€ 255,25
nov	15.273	53,16	824	5%	5%	€ 163,96	€ -	€ 163,96
dic	15.679	48,11	746	5%	5%	€ 148,40	€ -	€ 148,40
	120.953	1.235,0	19.143	16%	16%			€ 3.809,50

Secondo le ipotesi sopra elencate, la **valorizzazione economica dell'energia elettrica** prodotta dall'impianto fotovoltaico è **pari a €3.809,50 /anno**, dovuto a:

- ✓ Diretto utilizzo dell'energia prodotta che comporta un mancato costo per l'acquisto dell'energia;
- ✓ Incasso del contributo in conto scambio erogato dal GSE per l'energia prodotta dall'impianto ed immessa in rete.

ALLEGATI

- Tavola EP001 "01_Sezioni_1"
- Tavola EP002 "02_Sezioni_2"
- Computo metrico
- Lista delle lavorazioni e forniture per richiesta offerte
- Relazione prima valutazione energetica (08/07/2016) complessiva considerando l'intervento oggetto del presente appalto e la sostituzione dei serramenti
- Relazione relativa all'analisi energetica (10/09/2015)