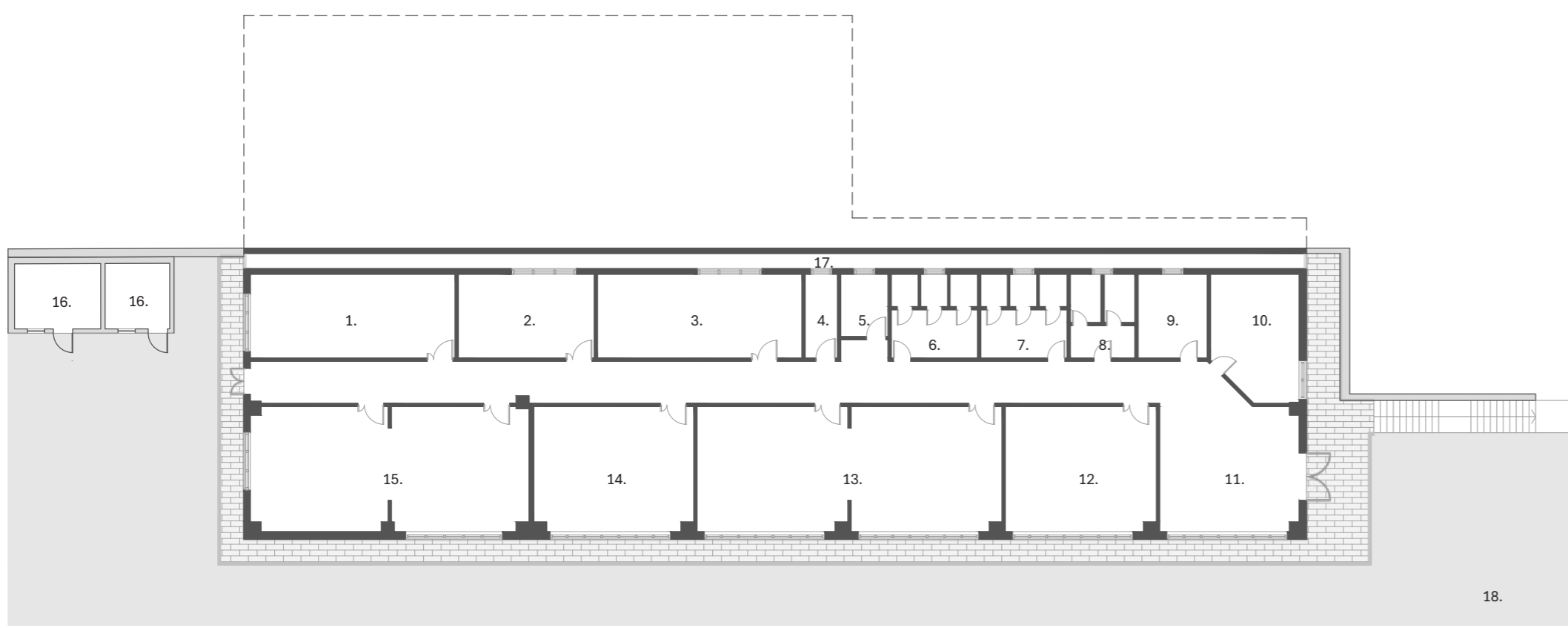
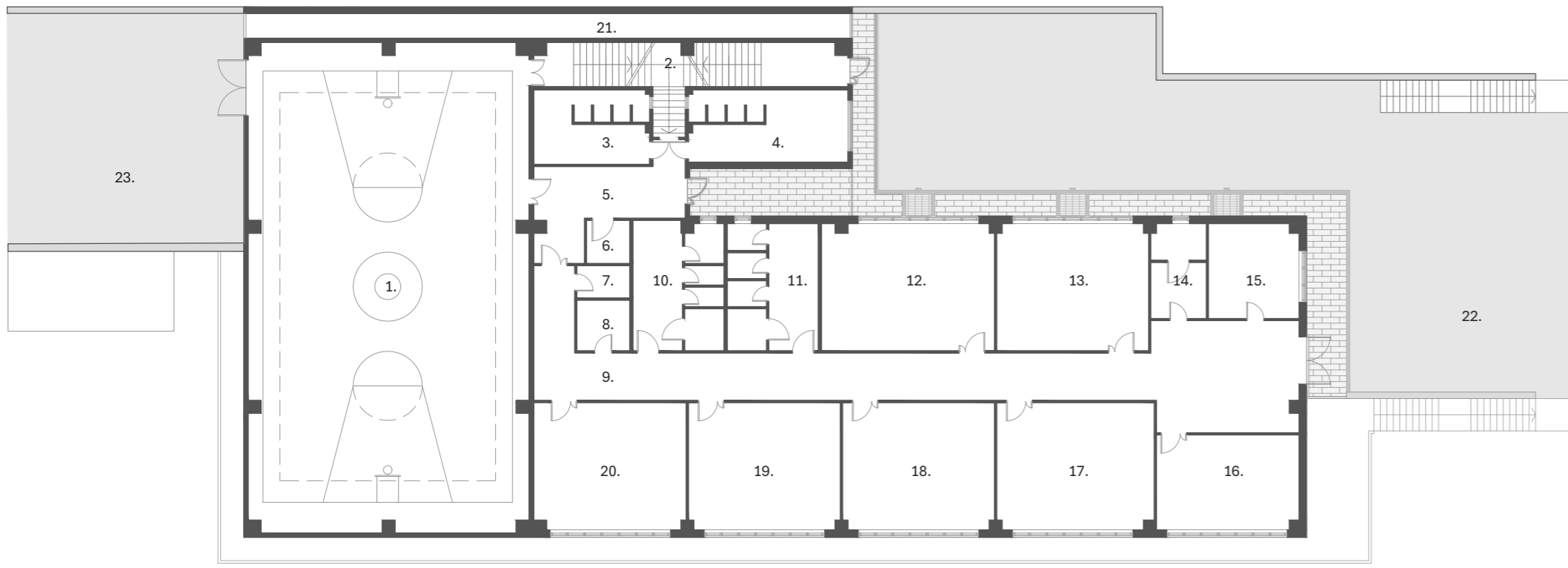


# Stato di fatto: Modellazione sistema edificio - impianto



**PIANO SEMINTERRATO (Scuola media)** Sup. utile= 556,03 m<sup>2</sup>

- |                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Aula multimediale                 | 10. Sala docenti         |
| 2. Archivio                          | 11. Corridoio            |
| 3. Sala videoconferenze e proiezioni | 12. Aula 1               |
| 4. Ripostiglio                       | 13. Aula 2 e 3           |
| 5. Bagno                             | 14. Aula 4               |
| 6. Bagno 1                           | 15. Aula 5 e 6           |
| 7. Bagno 2                           | 16. Centrale termica     |
| 8. Bagno 3                           | 17. Intercapedine        |
| 9. Spogliatoio                       | 18. Parcheggio scuolabus |



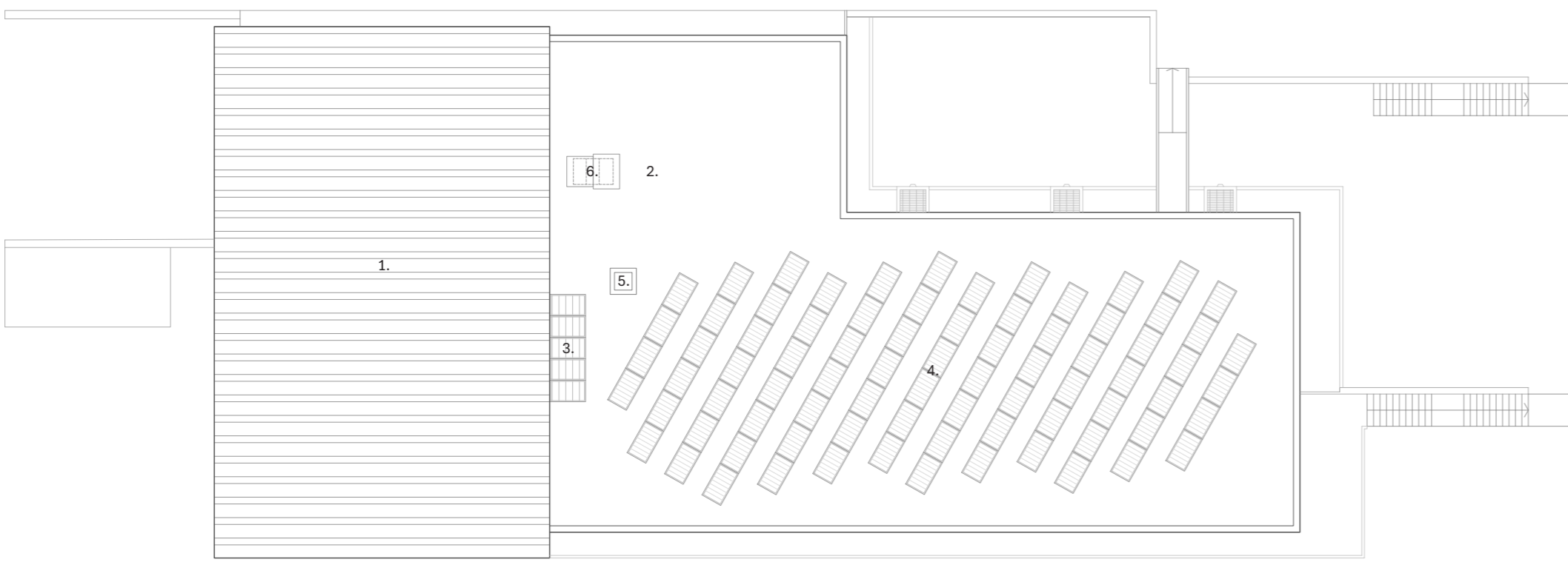
**PIANO TERRA (Scuola elementare)** Sup. utile= 904,40 m<sup>2</sup>

- |                              |                            |                     |
|------------------------------|----------------------------|---------------------|
| 1. Palestra (doppia altezza) | 10. Bagno 1                | 19. Aula 4          |
| 2. Vano scale                | 11. Bagno 2                | 20. Aula 5          |
| 3. Spogliatoio palestra 1    | 12. Aula multimediale      | 21. Intercapedine   |
| 4. Spogliatoio palestra 2    | 13. Aula 1                 | 22. Parcheggio auto |
| 5. Corridoio                 | 14. Bagno 3                | 23. Giardino        |
| 6. Bagno                     | 15. Sala docenti           |                     |
| 7. Ripostiglio               | 16. Laboratorio di pittura |                     |
| 8. Ripostiglio 1             | 17. Aula 2                 |                     |
| 9. Ripostiglio 2             | 18. Aula 3                 |                     |



**PRIMO PIANO (Scuola materna)** Sup. utile= 922,08 m<sup>2</sup>

- |                              |                   |                     |
|------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1. Palestra (doppia altezza) | 10. Sala docenti  | 19. Aula 1          |
| 2. Vano scale                | 11. Bagno 1       | 20. Ripostiglio     |
| 3. Cucina                    | 12. Sala giochi   | 21. Bagno 2         |
| 4. Dispensa                  | 13. Aula 4        | 22. Parcheggio auto |
| 5. Bagno cucina              | 14. Aula 3        |                     |
| 6. Spogliatoio cucina        | 15. Ripostiglio 2 |                     |
| 7. Mensa                     | 16. Ripostiglio 1 |                     |
| 8. Atrio                     | 17. Bagno 3       |                     |



**Copertura** Sup. calpestabile= 606,36 m<sup>2</sup>

- Copertura palestra
- Copertura piana
- Impianto solare termico (15 m<sup>2</sup>)
- Impianto fotovoltaico (133,6 m<sup>2</sup>, 19,2 kWp)
- Botola
- Lucernaio

## NAMIRIAL TERMO 6.5

Il software utilizzato per questo elaborato di tesi è Namirial Termo nella versione 6.5, per effettuare il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio e dei relativi servizi previsti (riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione e trasporto di cose e persone).

Il software è certificato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI), secondo l'Allegato III del D.lgs. 115/08 e l'Art. 7 del DM 26/6/15. È conforme alla normativa italiana vigente, secondo la quale è costantemente aggiornato. È aggiornato al DM 26/06/2015 (DM Requisiti Minimi) e calcola gli indici di prestazione energetica dell'edificio secondo le specifiche tecniche UNI/TS 11300 e la UNI EN 15193:2008, inerenti al calcolo del fabbisogno energetico degli edifici e dei suoi servizi.



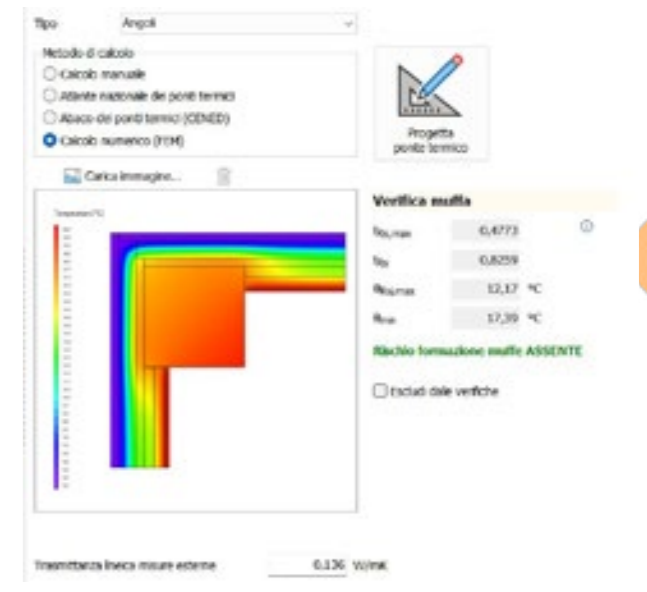
### DATI GENERALI

- Zona climatica: D
- Categoria E.7 in conformità con D.P.R. 412/93
- Normativa Nazionale - D. lgs. 192/2005 - UNI/TS 11300
- Ristrutturazione importante di I livello - D.M. 26/06/2015
- Edificio pubblico, ad uso pubblico

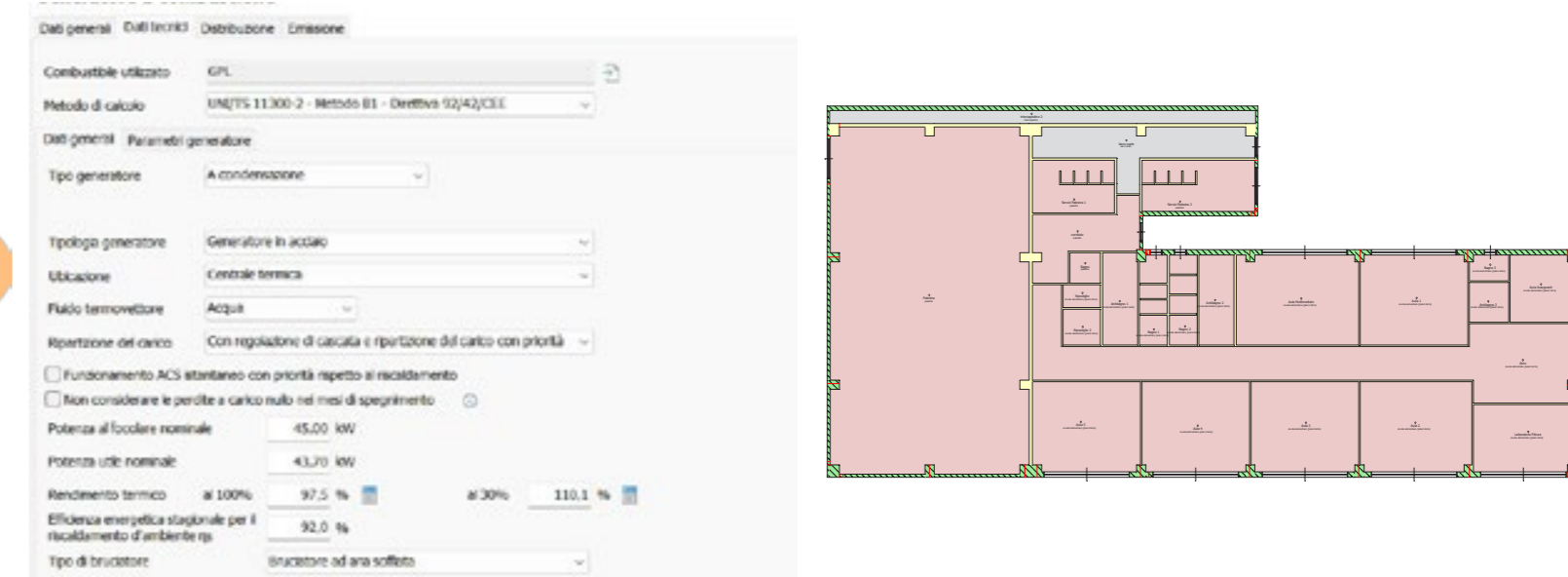
### DEFINIZIONE STRUTTURE (pareti, solai, serramenti)



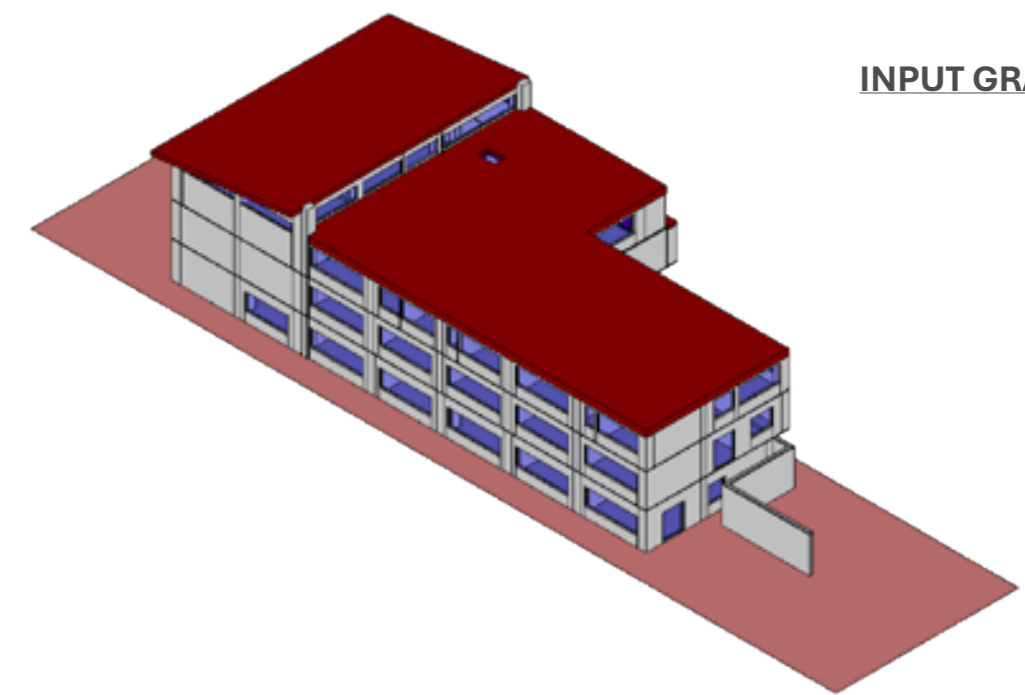
### DEFINIZIONE PONTI TERMICI



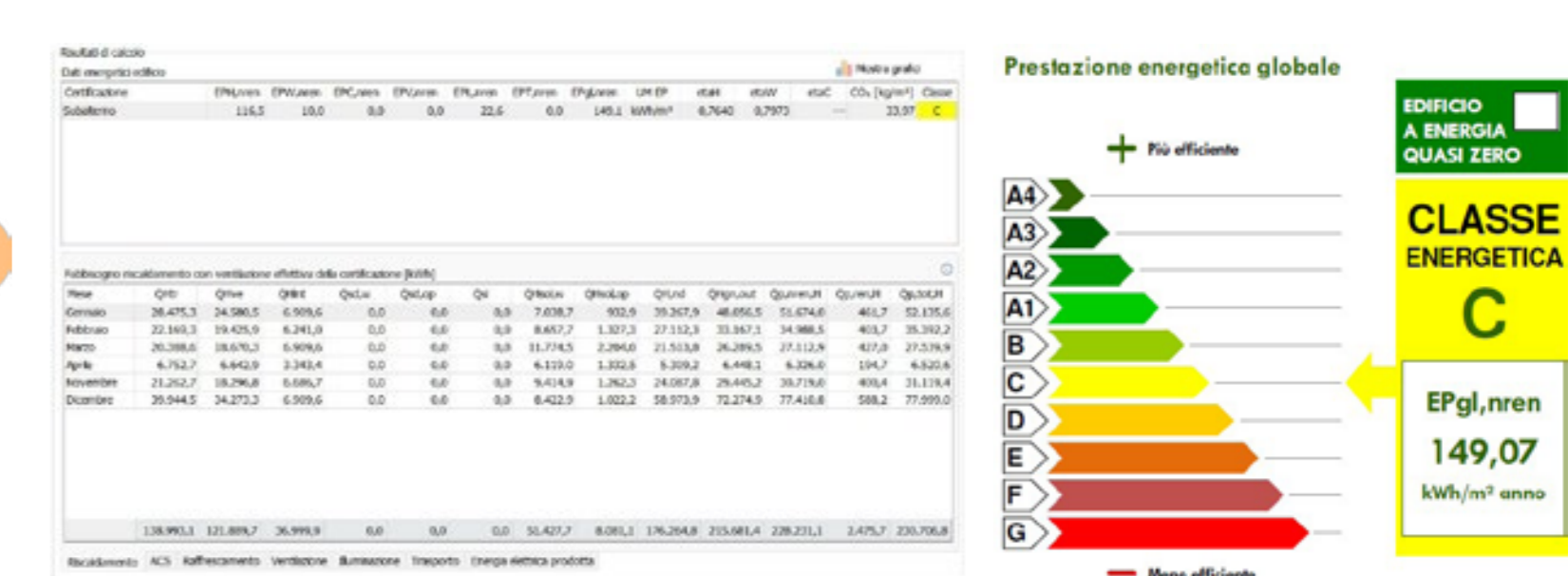
### DEFINIZIONE IMPIANTI E ZONE TERMICHE



### INPUT GRAFICO



### CALCOLO DELL'EDIFICIO



# Stato di fatto: Analisi involucro

## Strutture disperdenti verso esterno

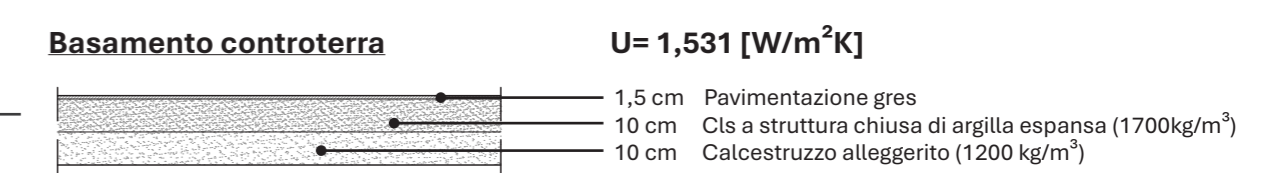
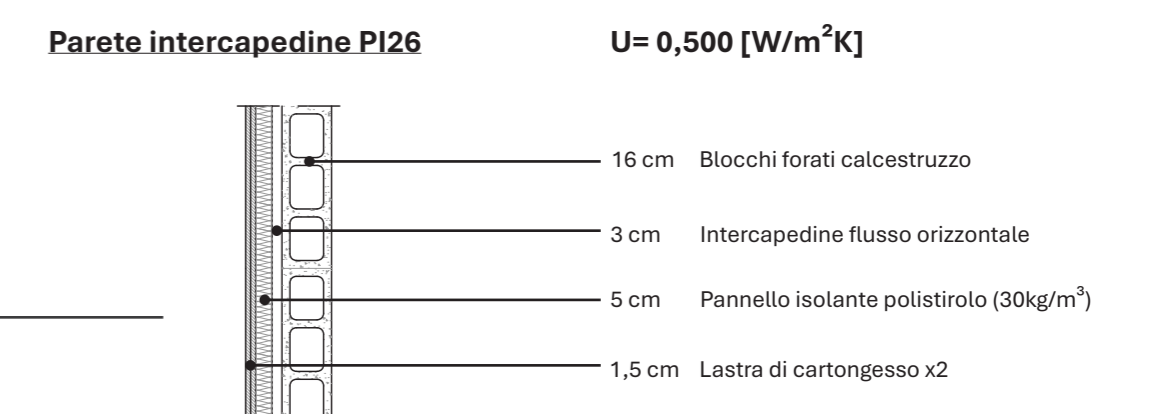
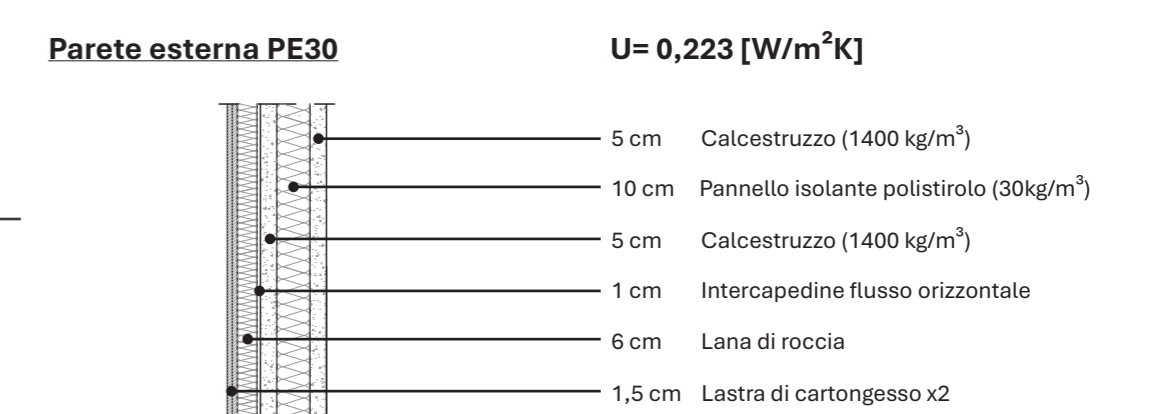
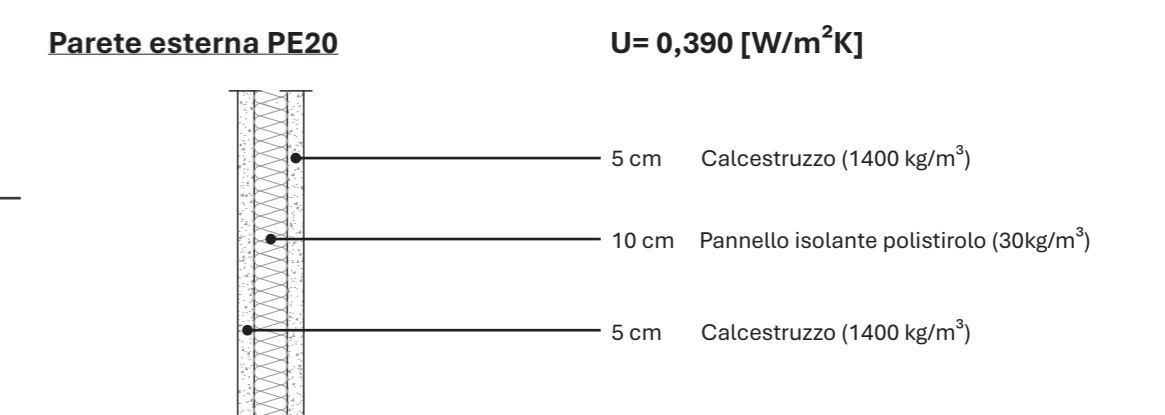
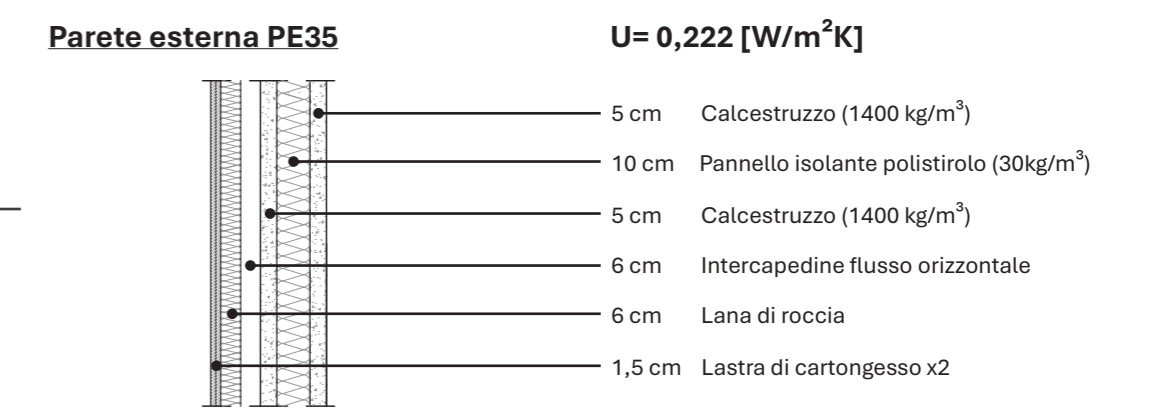
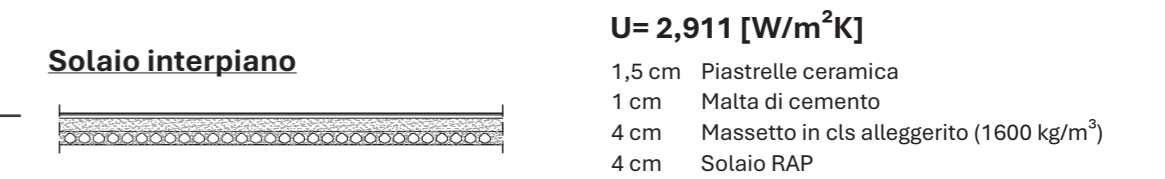
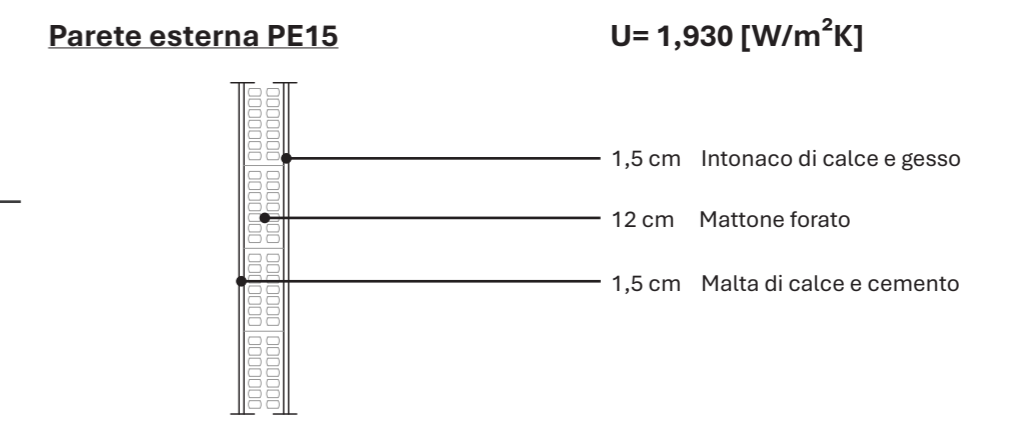
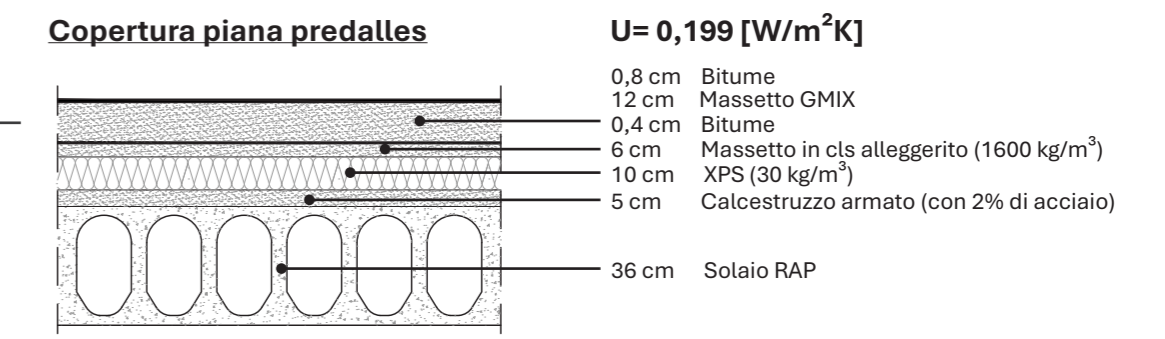
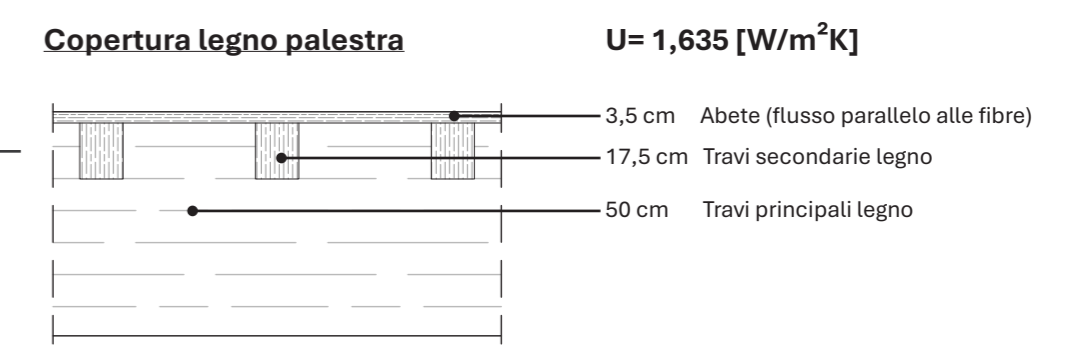
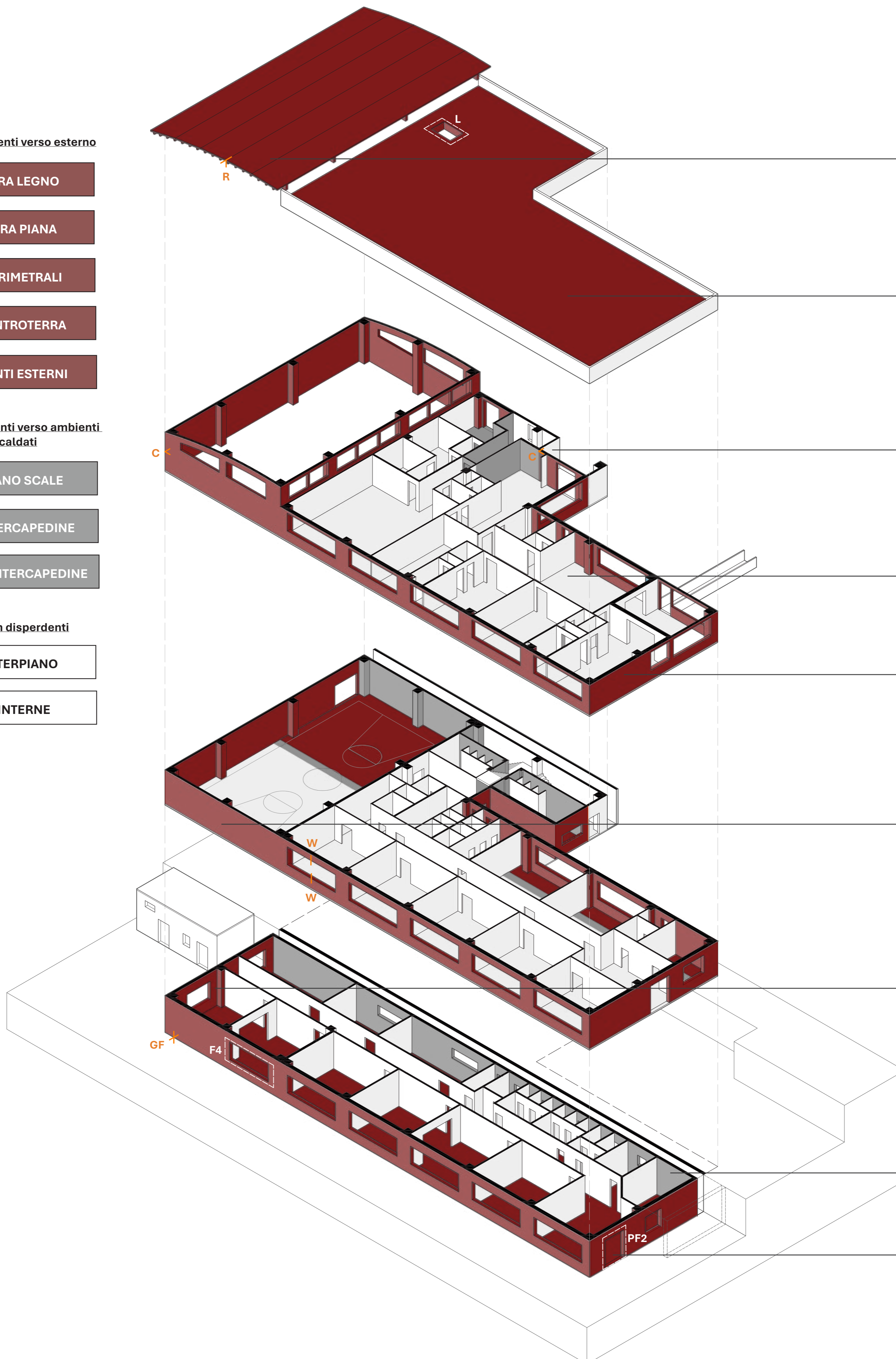
- COPERTURA LEGNO
- COPERTURA PIANA
- PARETI PERIMETRALI
- SOLAI CONTROTERRA
- SERRAMENTI ESTERNI

## Strutture disperdenti verso ambienti non riscaldati

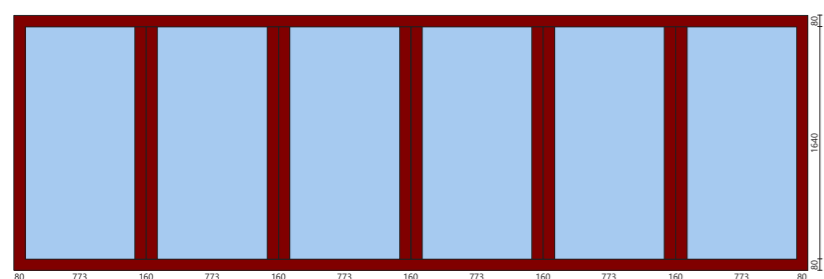
- PARETI VANO SCALE
- PARETI INTERCAPEDINE
- SOLAIO SU INTERCAPEDINE

## Strutture non disperdenti

- SOLAI INTERPIANO
- PARETI INTERNE

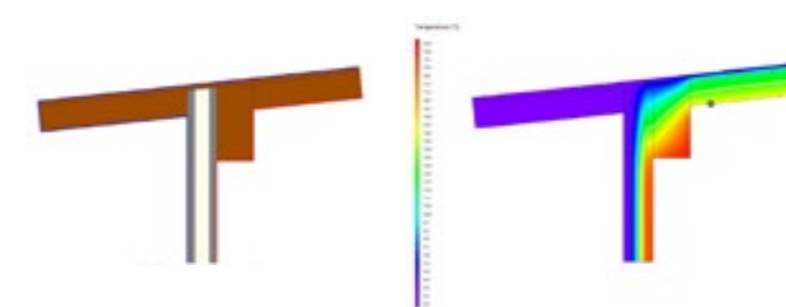


**Serramento F4**  $U = 3,897 [W/m^2K]$



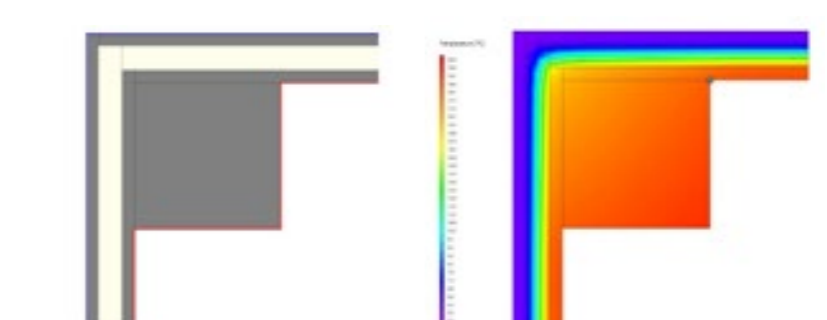
Vetro 4 mm / 6 mm aria / 4 mm ( $U=2,7 W/m^2K$ )  
 Telaio alluminio senza taglio termico ( $U=7 W/m^2K$ )  
 $\psi = 0,05 W/mK$   
 fattore g 0,67

**Ponte Termico R**  
 Giunzione parete esterna PE20 con solaio di copertura



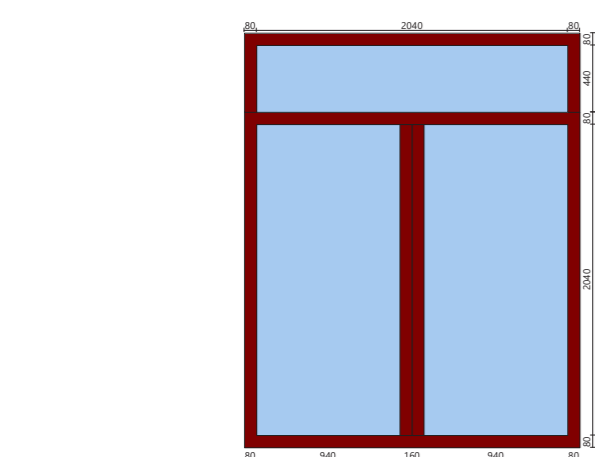
$\Psi_e = -0,641 W/mK$   
 $\theta_{Rsi,max} = 13,11 ^\circ C$   
 $\theta_{min} = 14,98 ^\circ C$   
 Rischio formazione muffe: ASSENTE

**Ponte Termico C**  
 Angolo sporgente tra pareti esterne PE20



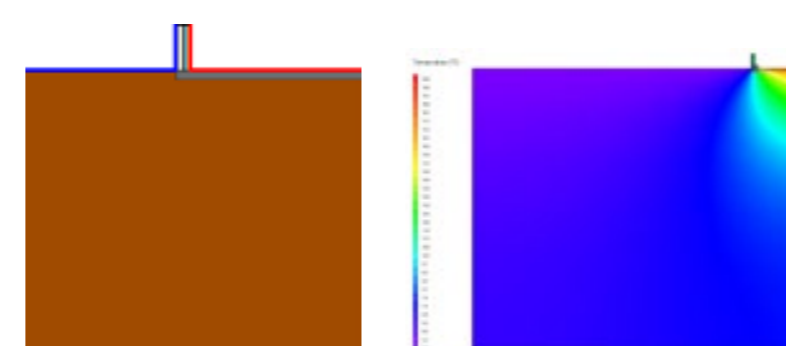
$\Psi_e = 0,171 W/mK$   
 $\theta_{Rsi,max} = 14,98 ^\circ C$   
 $\theta_{min} = 15,00 ^\circ C$   
 Rischio formazione muffe: ASSENTE

**Serramento PF2**  $U = 3,740 [W/m^2K]$



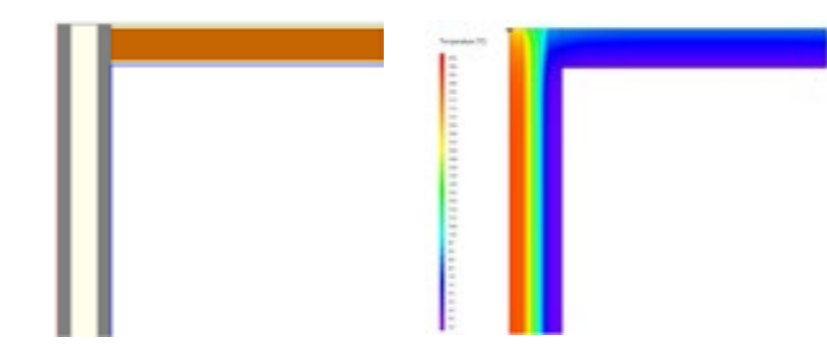
Vetro 4 mm / 6 mm aria / 4 mm ( $U=2,7 W/m^2K$ )  
 Telaio alluminio senza taglio termico ( $U=7 W/m^2K$ )  
 $\psi = 0,05 W/mK$   
 fattore g 0,67

**Ponte Termico GF**  
 Giunzione parete esterna PE35 con basamento controterra



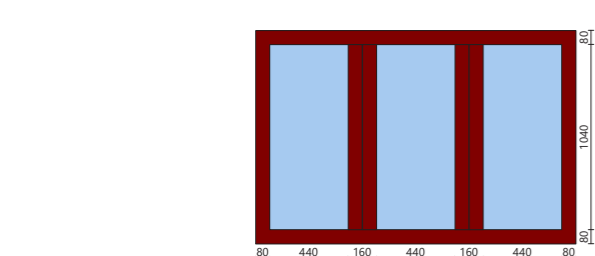
$\Psi_e = -0,147 W/mK$   
 $\theta_{Rsi,max} = 12,17 ^\circ C$   
 $\theta_{min} = 18,19 ^\circ C$   
 Rischio formazione muffe: ASSENTE

**Ponte Termico C**  
 Angolo sporgente tra pareti esterne PE20-PE15



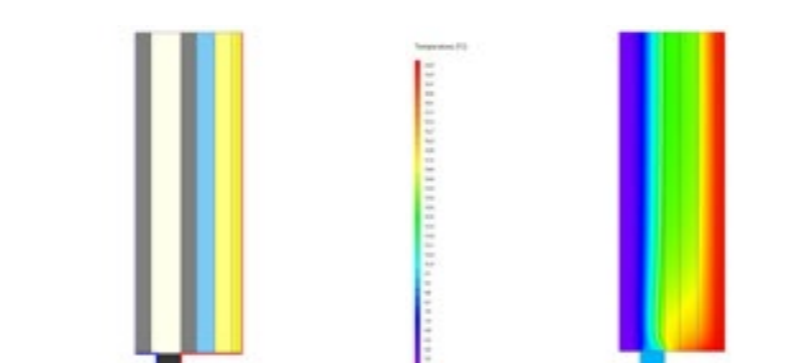
$\Psi_e = -1,765 W/mK$   
 $\theta_{Rsi,max} = 12,17 ^\circ C$   
 $\theta_{min} = 15,01 ^\circ C$   
 Rischio formazione muffe: ASSENTE

**Serramento L (lucernario su copertura piana)**  $U = 6,930 [W/m^2K]$



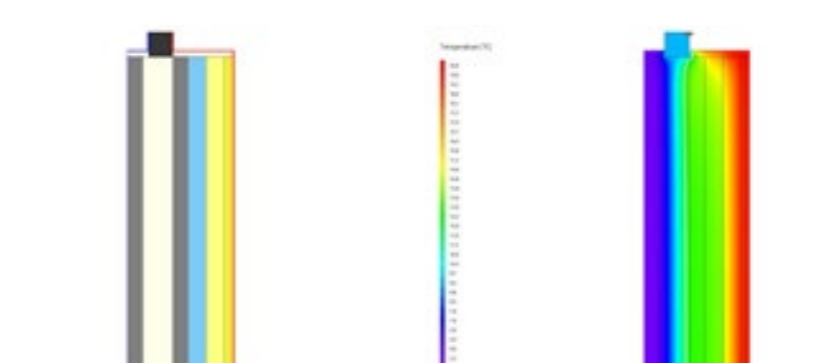
Vetro 4 mm ( $U=6,9 W/m^2K$ )  
 Telaio alluminio senza taglio termico ( $U=7 W/m^2K$ )  
 $\psi = 0,05 W/mK$   
 fattore g 0,85

**Ponte Termico W**  
 Giunzione parete esterna PE35 con serramento (architrave)



$\Psi_e = 0,129 W/mK$   
 $\theta_{Rsi,max} = 12,17 ^\circ C$   
 $\theta_{min} = 9,29 ^\circ C$   
 Rischio formazione muffe: PRESENTE

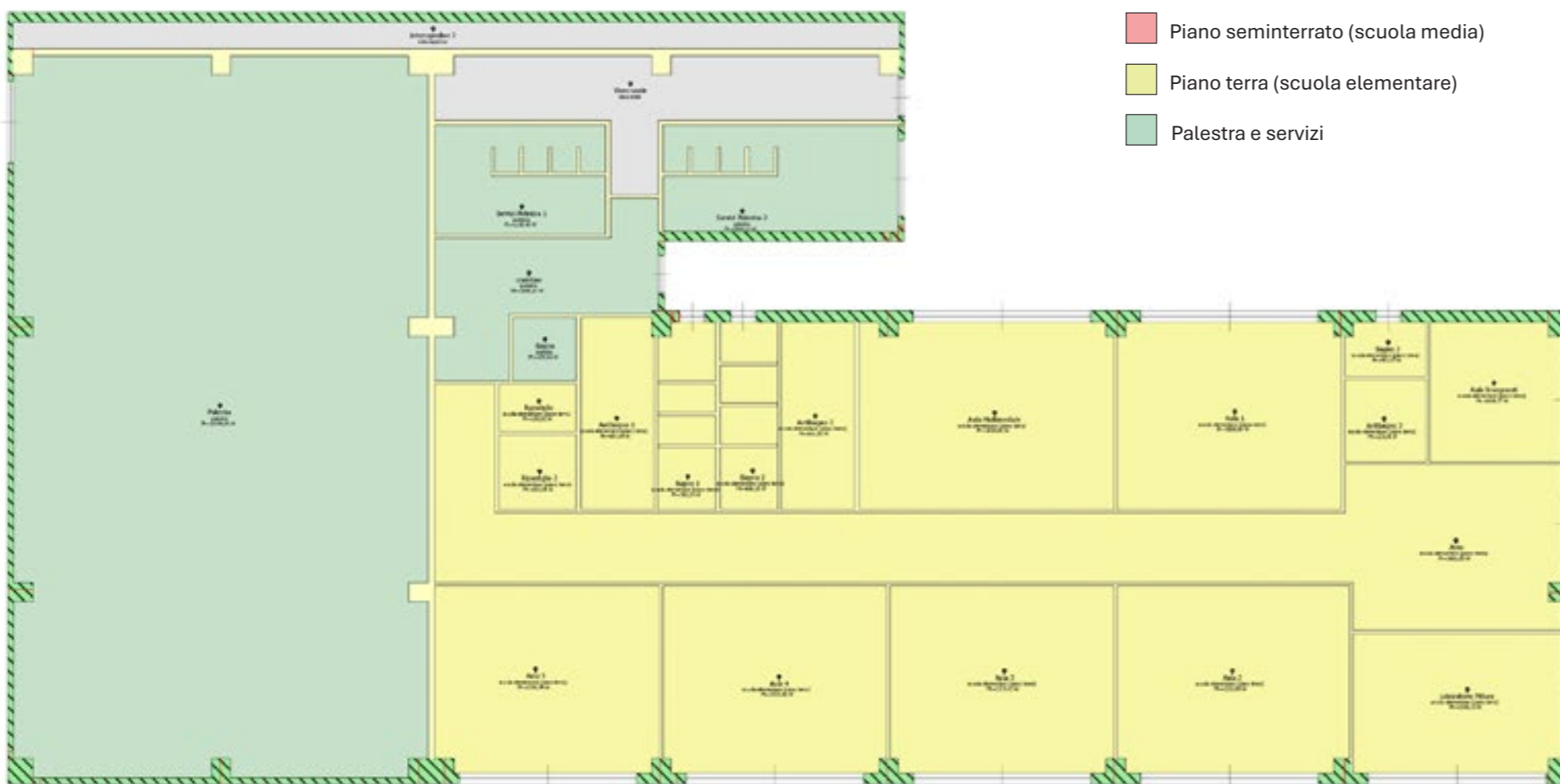
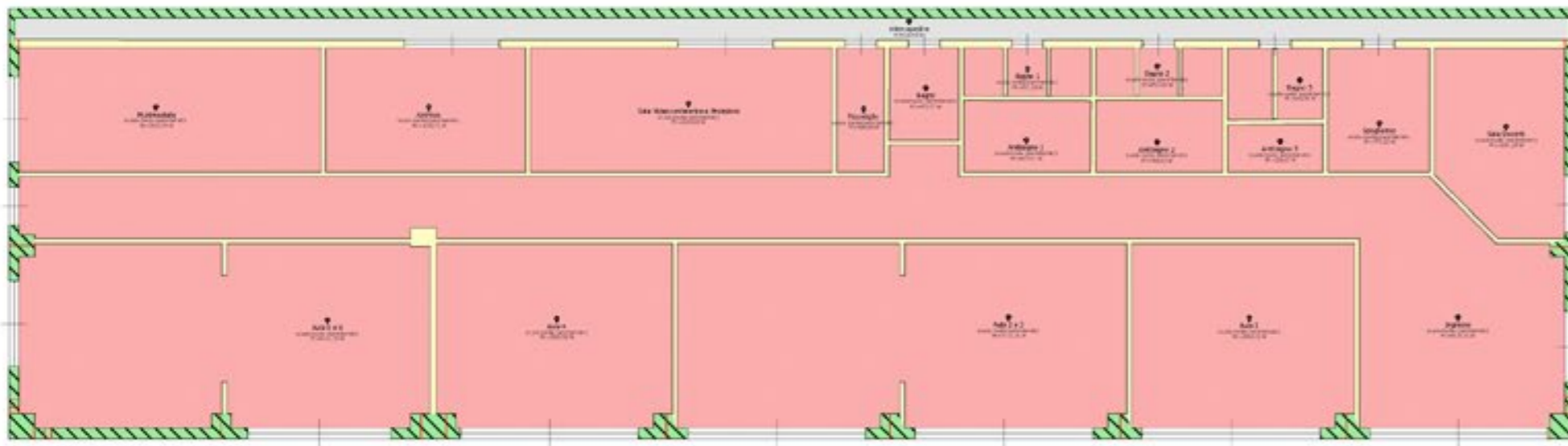
**Ponte Termico W**  
 Giunzione parete esterna PE35 con serramento (davanzale)



$\Psi_e = 0,041 W/mK$   
 $\theta_{Rsi,max} = 12,17 ^\circ C$   
 $\theta_{min} = 9,29 ^\circ C$   
 Rischio formazione muffe: PRESENTE

# Stato di fatto: Analisi impianti e valutazione risultati

## DEFINIZIONE ZONE TERMICHE



## IMPIANTO CENTRALIZZATO (Riscaldamento e produzione di acs)

### SISTEMA DI GENERAZIONE

4 caldaie a condensazione Cosmogas a GPL, ubicate in centrale termica, esterna all'edificio al piano seminterrato.  
Riscaldamento + produzione di acs in integrazione  
3x Novadens 45 C P<sub>nom</sub>= 43,7 kW  
1x MYplus 50 C P<sub>nom</sub>= 48,5 kW

### SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

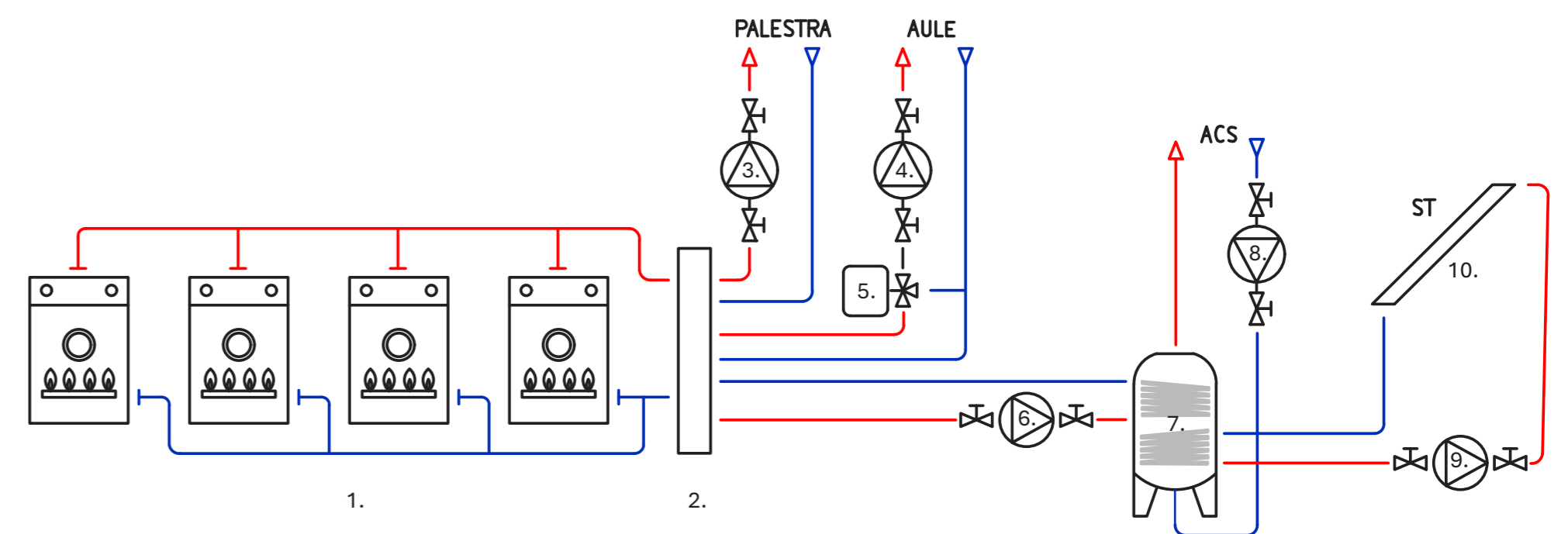
Il sistema di distribuzione è a "collettori".  
Circuito aule: Pompa 1 inverter GRUNDFOS Magna 40-120F;  
Circuito palestra: Pompa inverter 2 GRUNDFOS Alpha 1 L 32-60 180;  
Circuito acs: Pompa 3 inverter GRUNDFOS UPS 25-50;  
Circuito solare termico: Pompa 4 DAB VS 16/150  
Ricircolo acs: Pompa 5 GRUNDFOS UP 20-30 N 150.

### SISTEMA DI DISTRIBUZIONE

La regolazione è prevalentemente climatica.  
Nel circuito delle Aule è anche per singolo ambiente: è presente valvola termostatica a tre vie.

### SISTEMA DI EMISSIONE

I terminali di emissione sono principalmente radiatori in alluminio su parete esterna. I corridoi sono scaldati da ventilconvettori, mentre la palestra da arotermi.



- Caldaie a condensazione (GPL)
- Collettore
- Pompa 2 (circuito riscaldamento palestra)
- Pompa 1 (circuito riscaldamento scuola)
- Valvola termostatica a tre vie
- Pompa 3 (circuito acs caldaie-accumulo)
- Accumulo da 500 L con doppio serpentino (superiore alimentato da caldaie, inferiore da solare termico)
- Pompa 5 (ricircolo acs)
- Pompa 4 (circuito solare termico)
- Impianto solare termico su copertura piana

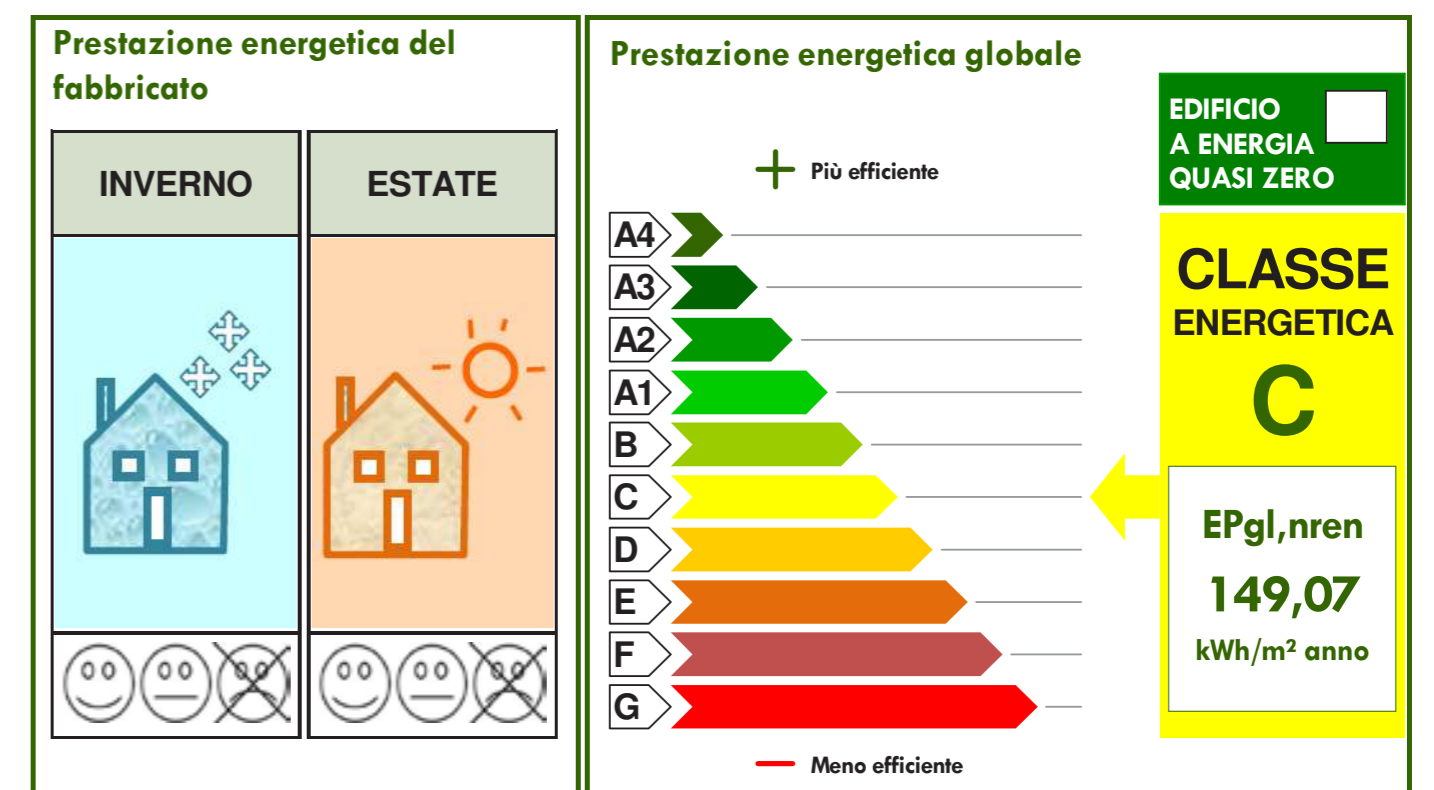
## ANALISI DELLO STATO DI FATTO

## VALUTAZIONE DEI RISULTATI COMPLESSIVI

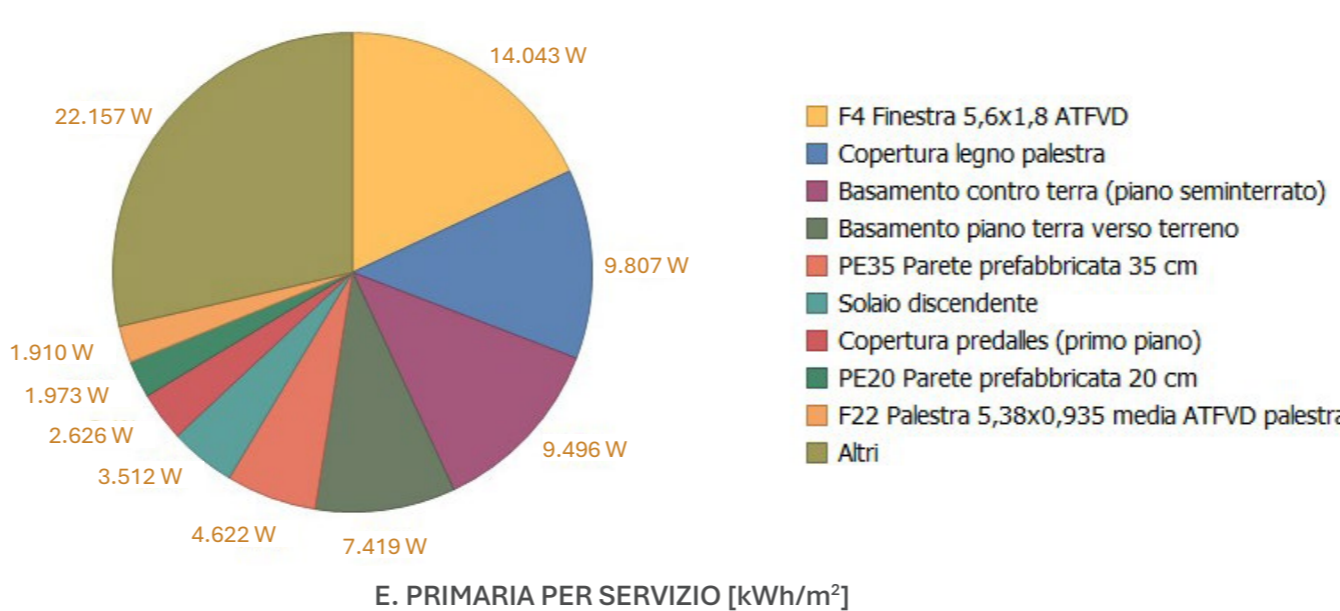
## INDIVIDUAZIONE DELLE CRITICITÀ

## SCENARI DI INTERVENTO MIGLIORATIVI

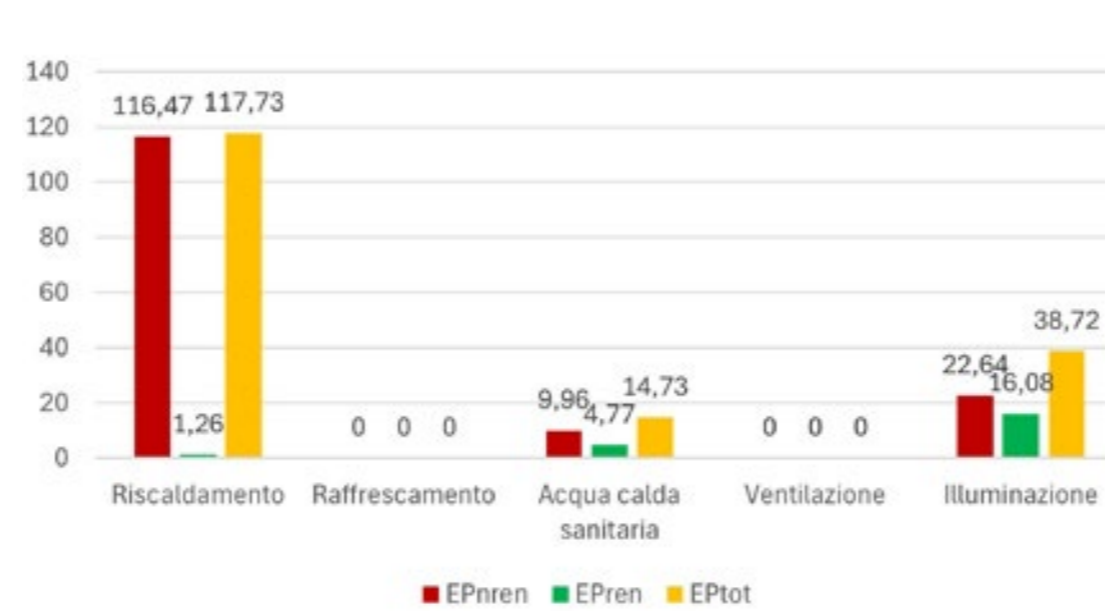
INDICHI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	Stato di fatto	R. Minimi	
Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile (EP <sub>g,non</sub> )	KWh/m <sup>2</sup> anno	149,10	/
Indice di prestazione energetica globale rinnovabile (EP <sub>g,ren</sub> )	KWh/m <sup>2</sup> anno	22,12	/
Indice di prestazione energetica globale totale (EP <sub>g,tot</sub> )	KWh/m <sup>2</sup> anno	171,22	120,86
<b>RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI</b>			
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale (η <sub>cl</sub> )		0,76	≥ 0,73
Efficienza media stagionale dell'impianto di prod. acqua calda sanitaria (η <sub>acs</sub> )		0,80	≥ 0,5
<b>PRESTAZIONE INVERNALE</b>			
Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento (E <sub>PH,nd</sub> )	kWh/m <sup>2</sup>	89,9	≤ 47,8
Coefficiente medio globale di scambio termico (H <sub>T</sub> )	W/m <sup>2</sup> K	1,01	≤ 0,8
<b>PRESTAZIONE ESTIVA</b>			
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento (E <sub>PC,nd</sub> )	kWh/m <sup>2</sup>	12,70	≤ 14,84
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile (A <sub>sol,est</sub> /A <sub>sup,utile</sub> )		0,057	≤ 0,04



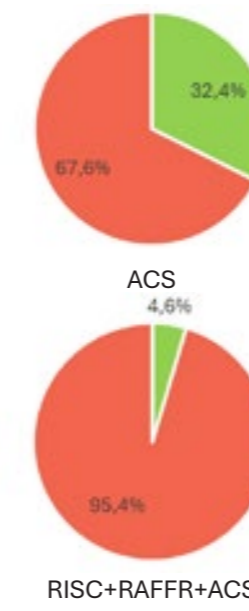
### DISPERSIONI PER TIPOLOGIA DI STRUTTURA



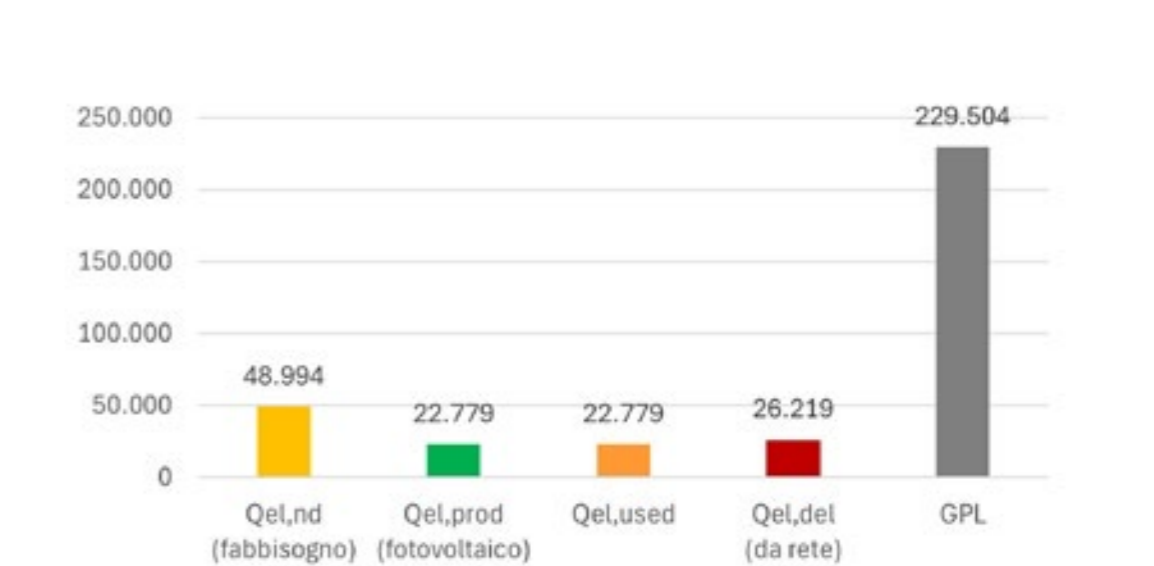
### E. PRIMARIA PER SERVIZIO [kWh/m<sup>2</sup>]



### QUOTE REN



### ENERGIA ELETTRICA E GPL (kWh)



1. Elevate dispersioni attraverso involucro opaco  
Elevate dispersioni attraverso serramenti  
Consistente fabbisogno energetico per riscaldamento

### INTERVENTO PASSIVO SULL'INVOLUCRO

2. Assenza di ventilazione meccanica  
Insufficiente qualità dell'aria interna  
Scarso comfort termo-igrometrico

### INTRODUZIONE IMPIANTO VMC

3. Bassi livelli di illuminamento  
Impianto di illuminazione energivoro e inefficiente

### INTERVENTO DI RELAMPING

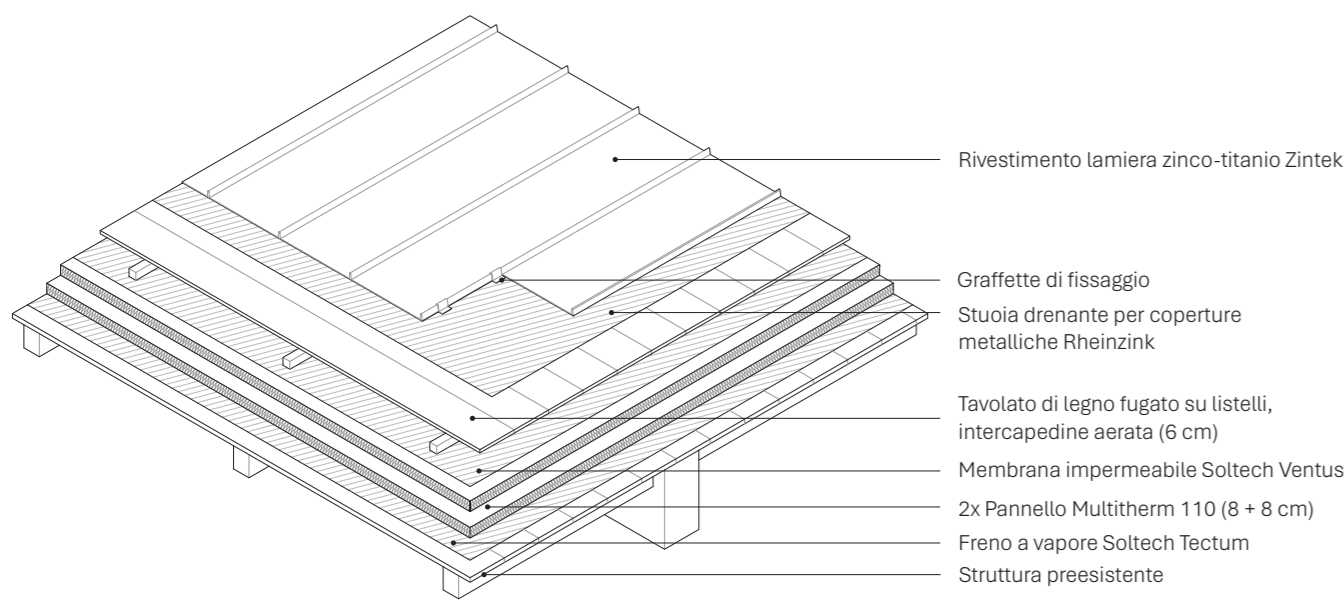
4. Limitato sfruttamento fonti rinnovabili  
Elevata dipendenza energetica dalla rete

### POTENZIAMENTO DELLE FONTI RINNOVABILI

1.

## INTERVENTO PASSIVO SULL'INVOLUCRO

Ristrutturazione importante di I livello  
Superficie disperdente interessata:  
2297,2 / 3636,7 m<sup>2</sup> (63%)

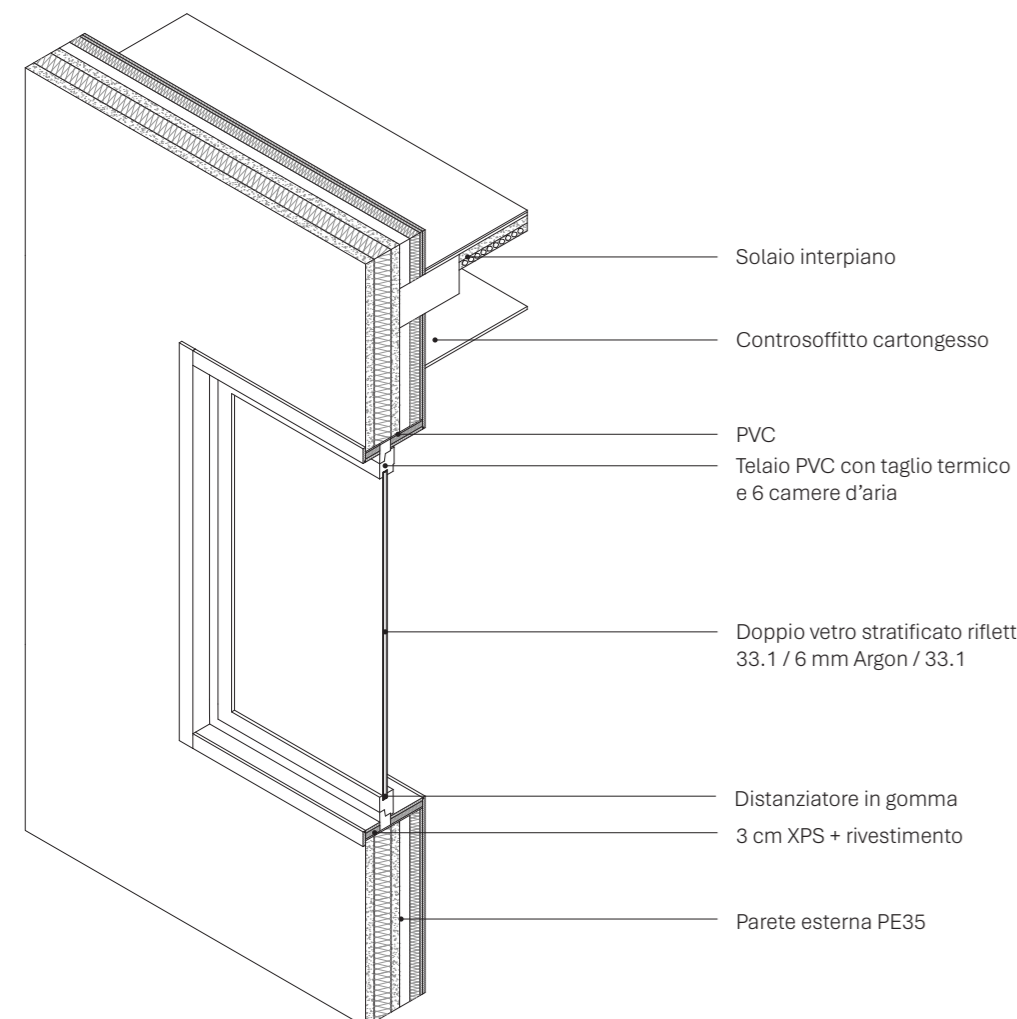


a.

### Realizzazione tetto ventilato

La copertura lignea è responsabile di elevata dispersione termica invernale e di scarso controllo del surriscaldamento estivo, dovuti all'assenza degli strati tecnici di isolamento e barriera al vapore. L'intervento prevede la realizzazione di un tetto "freddo" o ventilato, ovvero in cui è disposta la presenza di una membrana traspirante e di una camera di ventilazione. Si è optato per un intervento di isolamento estradossale, che mantenga intatta la struttura del solaio ligneo esistente.

U=1,635 [W/m<sup>2</sup>K] → U=0,205 [W/m<sup>2</sup>K]  
Ms=138,3 [kg/m<sup>2</sup>] → Ms=172,1 [kg/m<sup>2</sup>]  
Yie=1,14 [W/m<sup>2</sup>K] → Yie=0,048 [W/m<sup>2</sup>K]



c.

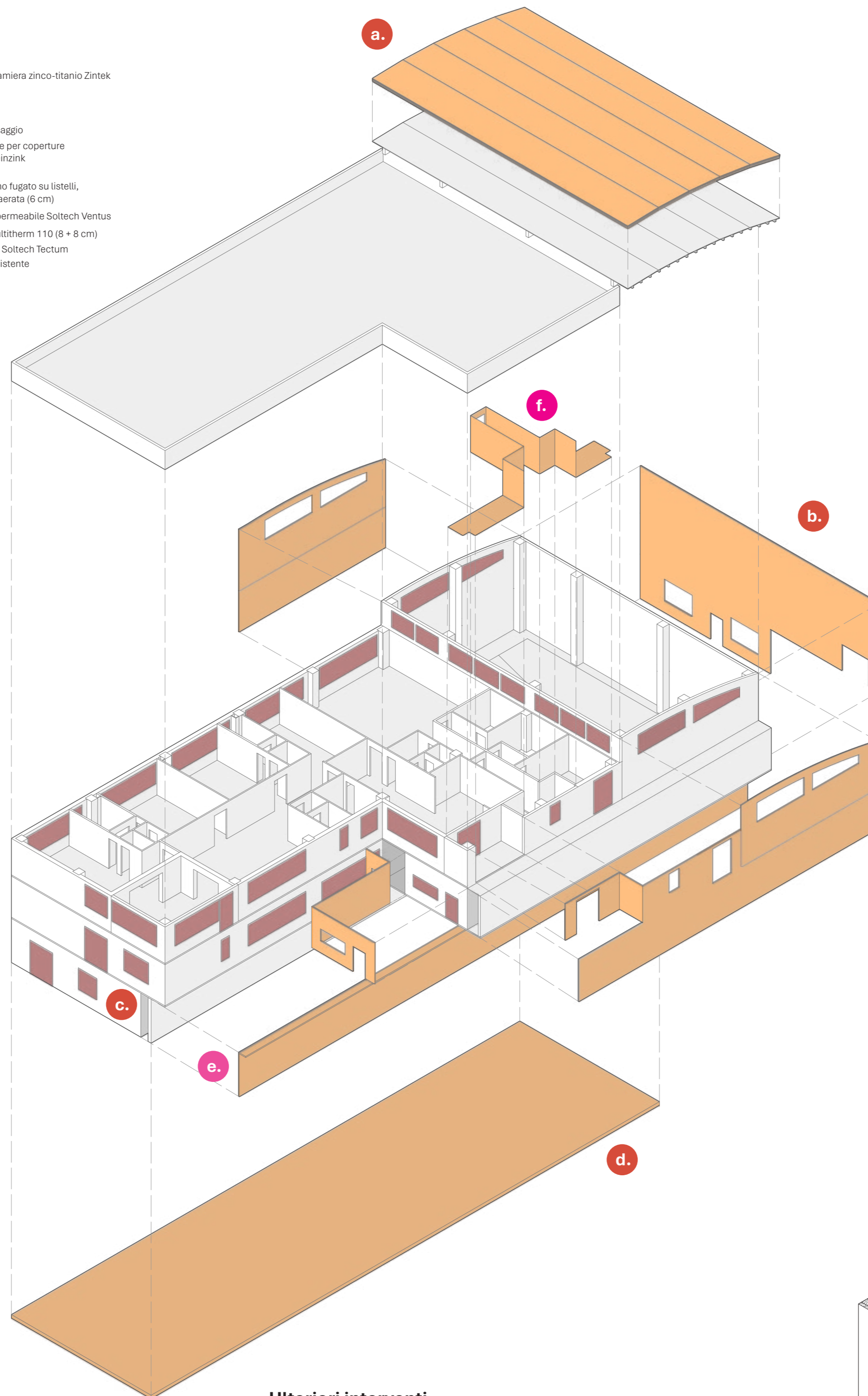
### Sostituzione dei serramenti e coibentazione vano finestra

Le finestre e le portefinestre scelte per la sostituzione sono caratterizzate da telaio in PVC con profondità che permette l'installazione di vetrate ad alte prestazioni termiche (spessore del vetro fino a 51 mm) e canalina warm-edge "super spacer", un distanziatore in gomma pre-essicata senza metallo che garantisce un ulteriore aumento della performance termica.

Si è scelto un doppio vetro European Glass con camera riempita di gas Argon, rivestimento basso-emissivo e trattamento riflettente. In particolare, la stratigrafia dall'interno prevede: 33.1 Stratobel iplus Planibel Clear + iplus Energy N pos.2 / 16 mm Argon 90% / 33.1 Stratobel 2x Planibel Clear per uno spessore complessivo di 28 mm. I vetri 33.1 sono costituiti da due lastre di vetro float da 3 mm ciascuna con uno strato intermedio di polivinilbutirale (PVB) che garantiscono prestazione di sicurezza 1B1 adatte a edifici pubblici e in particolare con parapetti ≤ 1 m. Il coefficiente di trasmissione solare del vetro g si attesta a 0,36 e la trasmissione luminosa tv è del 71%.

Si prevede inoltre il "cappotto" dei vani serramento con spallette prefabbricate in XPS (3 cm) rivestite.

U=3,897 [W/m<sup>2</sup>K] → U=1,100 [W/m<sup>2</sup>K]

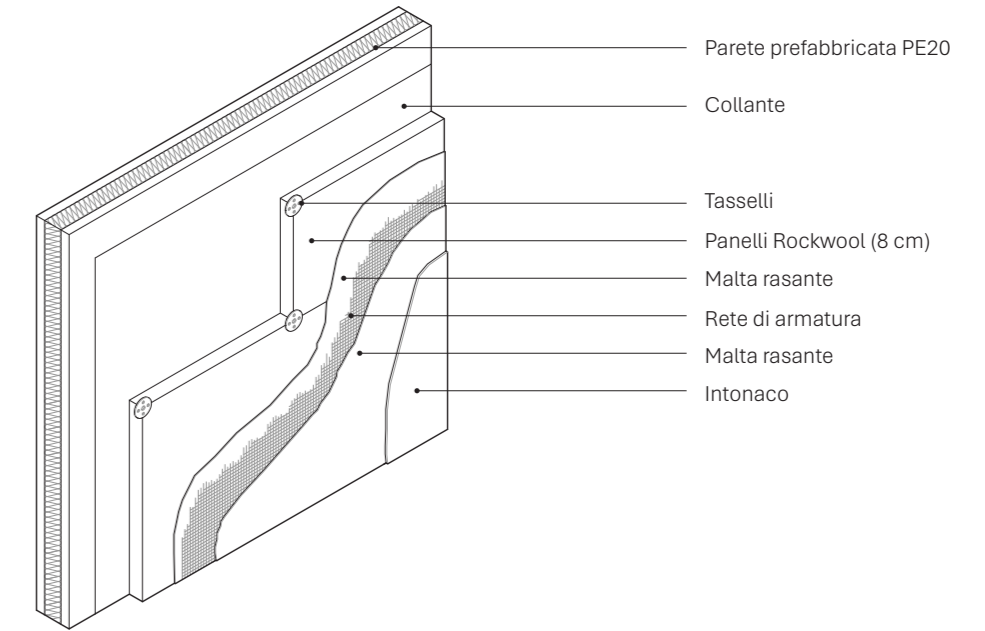


b.

### Cappotto termico

Si prevede la realizzazione del cappotto termico esterno principalmente per le pareti caratterizzate attualmente da struttura a sandwich con pannello EPS tra due pannelli prefabbricati in c.a. (PE20). Nella porzione di involucro in cui è previsto il cappotto termico sono presenti anche altri tratti di parete con performance termica già soddisfacente (PE35 e PE30), in quanto caratterizzati dalla presenza di ulteriore isolamento sul lato interno del pannello sandwich. Pertanto, anche questi tratti saranno soggetti all'intervento per garantire la continuità del cappotto termico. Si prevede l'inserimento di 8 cm di lana di roccia Rockwool Rockfront Extra ad alta densità con doppia pelle (110 kg/m<sup>3</sup>) (λ= 0,036 W/mK).

U=0,390 [W/m<sup>2</sup>K] → U=0,208 [W/m<sup>2</sup>K]  
Ms=143 [kg/m<sup>2</sup>] → Ms=151,8 [kg/m<sup>2</sup>]  
Yie=0,289 [W/m<sup>2</sup>K] → Yie=0,025 [W/m<sup>2</sup>K]

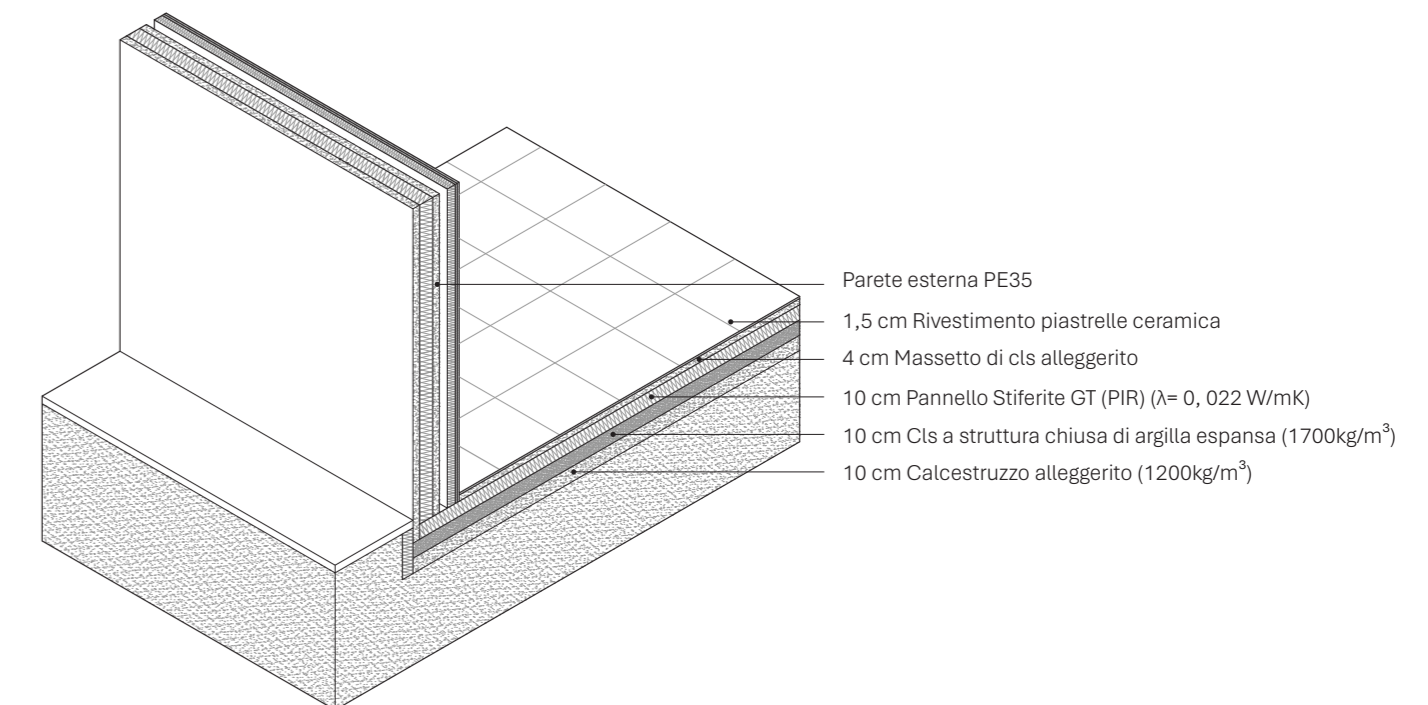


d.

### Coibentazione basamento controterra

Il basamento è caratterizzato da inerzia termica elevata ma isolamento insufficiente ed è quindi responsabile di significative dispersioni verso il terreno. Si è optato per la rimozione del massetto e della pavimentazione attuale in gres, ma per il mantenimento della struttura in calcestruzzo alleggerito e calcestruzzo a struttura chiusa di argilla espansa, sopra la quale si prevede la posa di pannelli Stiferite GT (10 cm) (λ= 0,022 W/mK) di schiuma polyiso (PIR) e rivestiti su entrambi i lati con membrana gas impermeabile multistrato. I pannelli PIR presentano resistenza a compressione ≥ 150 kPa, adatta all'utilizzo in solai soggetti a calpestio e sotto il massetto di calcestruzzo; si prevede poi il getto del nuovo massetto di calcestruzzo alleggerito (4 cm) e la posa della nuova finitura in piastrelle.

U=1,531 [W/m<sup>2</sup>K] → U=0,191 [W/m<sup>2</sup>K]  
Ms=307 [kg/m<sup>2</sup>] → Ms=392,1 [kg/m<sup>2</sup>]  
Yie=0,57 [W/m<sup>2</sup>K] → Yie=0,020 [W/m<sup>2</sup>K]

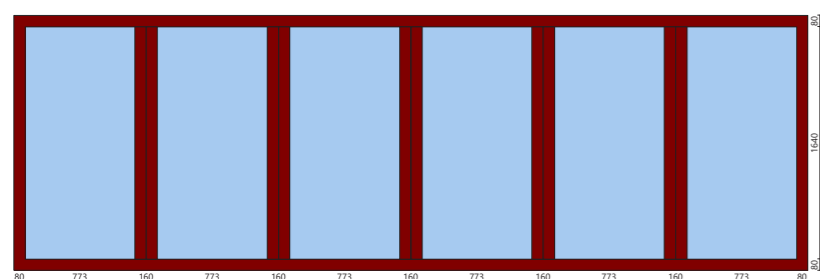


### Ulteriori interventi

- e.** Coibentazione della parete (PI26) tra locali riscaldati e intercapedine liberamente ventilata. Si prevede l'applicazione di 6 cm di Stiferite GT (PIR) e finitura. La trasmittanza passa da 0,500 a 0,211 W/m<sup>2</sup>K;
- Coibentazione del solaio (solaio discendente intercapedine) tra locali riscaldati e intercapedine liberamente ventilata. Si prevede l'applicazione di 10 cm di Stiferite GT (PIR) e finitura. La trasmittanza passa da 2,361 a 0,201 W/m<sup>2</sup>K;
- f.** Coibentazione delle pareti tra locali riscaldati e vano scale non riscaldato. Si prevede l'applicazione di 6 cm di lana di roccia dal lato del locale non riscaldato;
- Coibentazione del solaio tra locale riscaldato e vano scale non riscaldato. Si prevede l'applicazione in intradosso di 14 cm di lana di roccia e finitura. La trasmittanza passa da 2,361 a 0,231 W/m<sup>2</sup>K.

### Serramento F4

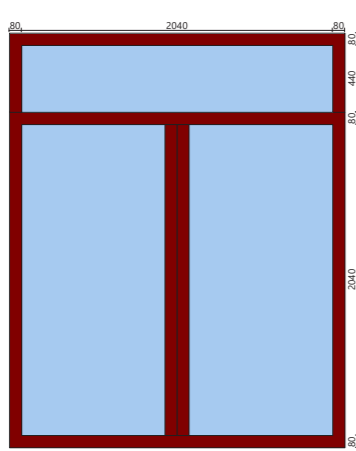
U=1,1 [W/m<sup>2</sup>K]



Vetro 33.1 / 16 mm Argon / 33.1 mm (U=1,0 W/m<sup>2</sup>K)  
Telaio PVC con taglio termico (U=1,1 W/m<sup>2</sup>K)  
ψ = 0,041 W/mK  
fattore g 0,36 (trattamento riflettente)

### Serramento PF2

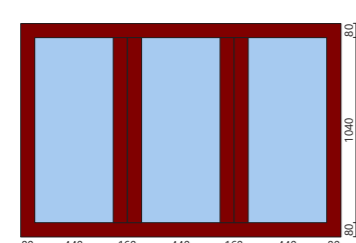
U=1,2 [W/m<sup>2</sup>K]



Vetro 33.1 / 16 mm Argon / 33.1 (U=1,0 W/m<sup>2</sup>K)  
Telaio PVC con taglio termico (U=1,2 W/m<sup>2</sup>K)  
ψ = 0,041 W/mK  
fattore g 0,36 (trattamento riflettente)

### Serramento L (lucernario su copertura piana)

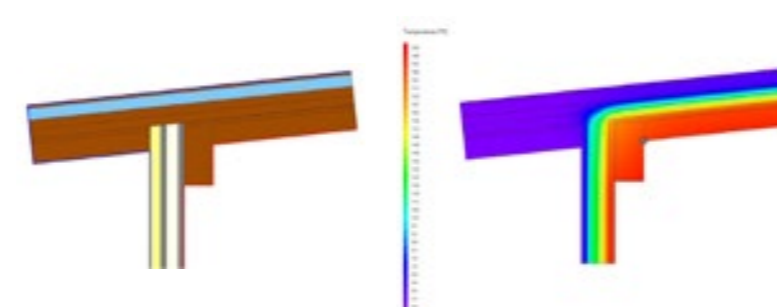
U=1,2 [W/m<sup>2</sup>K]



Vetro 33.1 / 16 mm Argon / 33.1 (U=1,0 W/m<sup>2</sup>K)  
Telaio PVC con taglio termico (U=1,2 W/m<sup>2</sup>K)  
ψ = 0,041 W/mK  
fattore g 0,36 (trattamento riflettente)

### Ponte Termico R

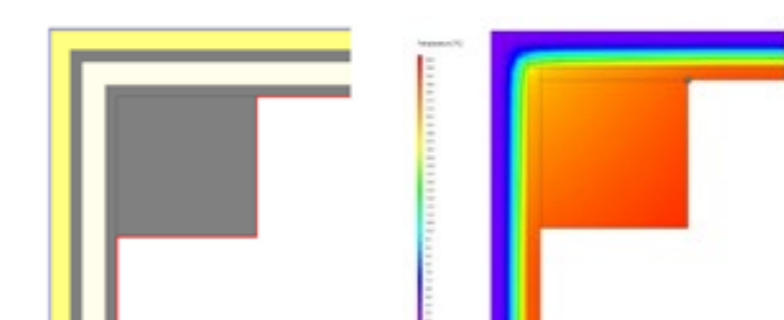
Giunzione parete esterna PE20 con solaio di copertura



Ψ<sub>e</sub> = -0,092 W/mK  
θ<sub>Rsi,max</sub> = 13,11 °C  
θ<sub>min</sub> = 18,81 °C  
Rischio formazione muffe: ASSENTE

### Ponte Termico C

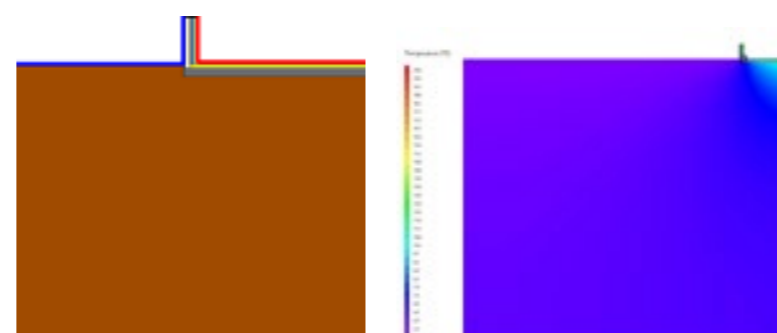
Angolo sporgente tra pareti esterne PE20



Ψ<sub>e</sub> = -0,067 W/mK  
θ<sub>Rsi,max</sub> = 12,17 °C  
θ<sub>min</sub> = 18,93 °C  
Rischio formazione muffe: ASSENTE

### Ponte Termico GF

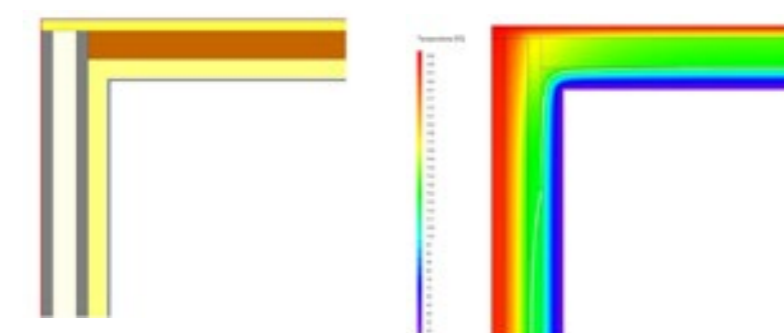
Giunzione parete esterna PE35 con basamento controterra



Ψ<sub>e</sub> = -0,033 W/mK  
θ<sub>Rsi,max</sub> = 14,98 °C  
θ<sub>min</sub> = 18,73 °C  
Rischio formazione muffe: ASSENTE

### Ponte Termico C

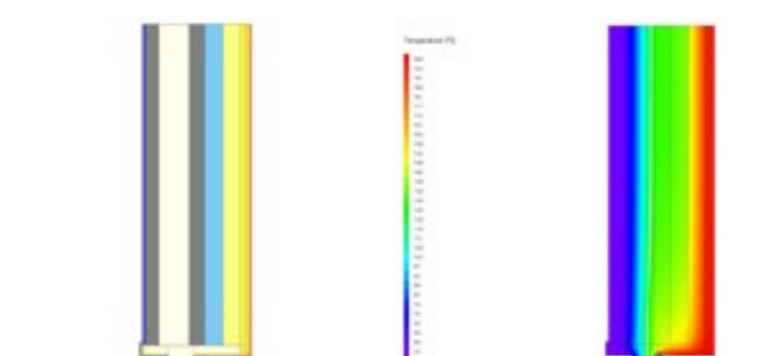
Angolo sporgente tra pareti esterne PE20-PE15



Ψ<sub>e</sub> = -0,037 W/mK  
θ<sub>Rsi,max</sub> = 12,17 °C  
θ<sub>min</sub> = 19,20 °C  
Rischio formazione muffe: ASSENTE

### Ponte Termico W

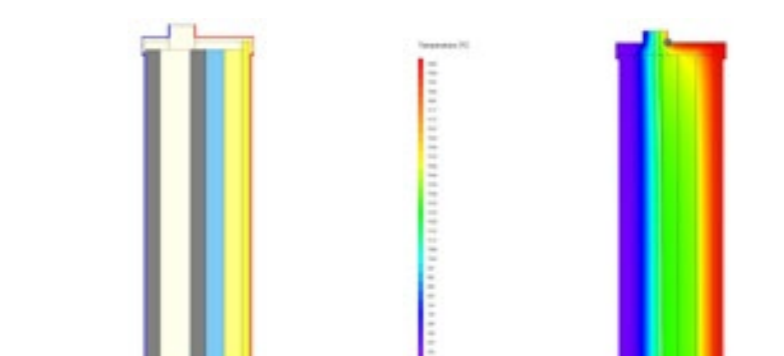
Giunzione parete esterna PE35 con serramento (architrave)



Ψ<sub>e</sub> = -0,008 W/mK  
θ<sub>Rsi,max</sub> = 12,17 °C  
θ<sub>min</sub> = 16,95 °C  
Rischio formazione muffe: ASSENTE

### Ponte Termico W

Giunzione parete esterna PE35 con serramento (davanzale)



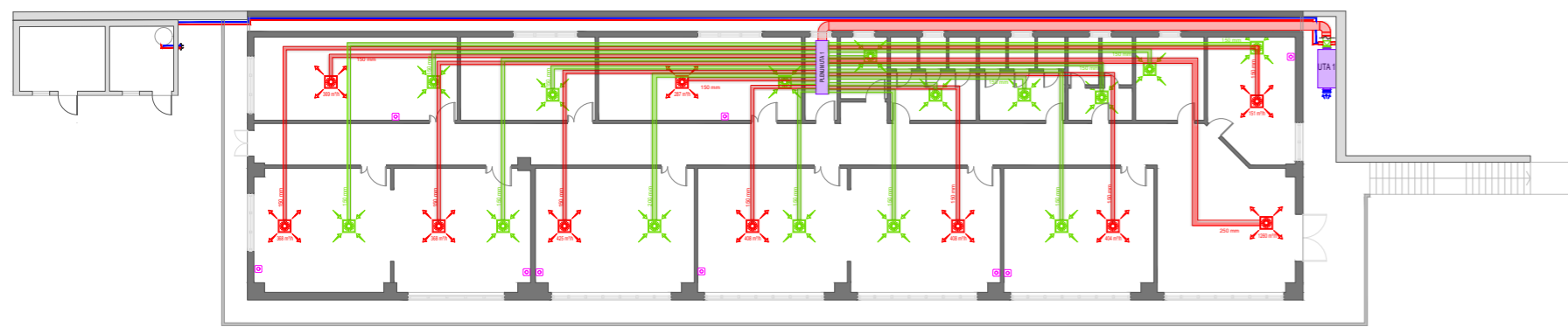
Ψ<sub>e</sub> = 0,009 W/mK  
θ<sub>Rsi,max</sub> = 12,17 °C  
θ<sub>min</sub> = 16,85 °C  
Rischio formazione muffe: ASSENTE

## Scenari di intervento: Impianti tecnologici

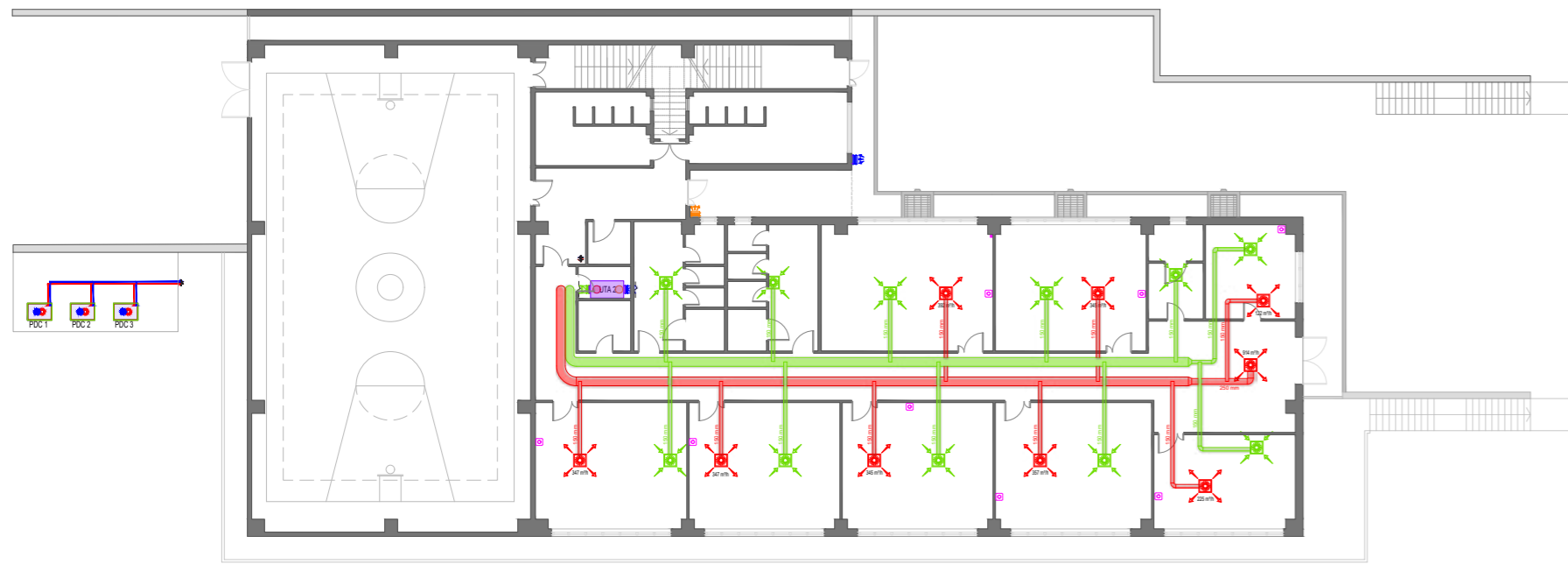
2.

### INTRODUZIONE IMPIANTO VMC

Installazione di n.3 PDC add-on a servizio VMC su copertura CT  
 Installazione di n.3 UTA (unità trattamento aria) con recuperatore di calore  
 Installazione di n.1 plenum di distribuzione  
 Realizzazione delle canalizzazioni di mandata e ripresa  
 Installazione di sensori CO<sub>2</sub> per controllo qualità dell'aria e regolazione



PIANO SEMINTERRATO (Scuola media): Distribuzione a plenum



PIANO TERRA (Scuola elementare): Distribuzione ramificata



PRIMO PIANO (Scuola materna): Distribuzione ramificata

#### LEGENDA COMPONENTI

- TUBAZIONI IMPIANTO TERMICO DI MANDATA (in rosso) E RITORNO (in blu)
- ++ COLONNE MONTANTI TUBAZIONI IMPIANTO TERMICO
- CANALI ARIA DI MANDATA DA VMC
- CANALI ARIA DI RIPRESA DA VMC
- DIFFUSORE A SOFFITTO ELICOIDALE DI MANDATA
- DIFFUSORE A SOFFITTO ELICOIDALE DI RIPRESA
- BOCCHETTA DI RIPRESA NEL CANALE
- BOCCHETTA DI MANDATA NEL CANALE

PDC 1 - POMPA DI CALORE tipo DAIKIN ALTHERMA 3 M Modello EBLA16DAW17  
 potenza resa in riscaldamento (7/35°C): 15,96 kW COP 4,53  
 potenza resa in raffreddamento (35/7°C): 14,0 kW EER 3,06

PDC 2 - POMPA DI CALORE tipo DAIKIN ALTHERMA 3 M Modello EBLA16DAW17  
 potenza resa in riscaldamento (7/35°C): 15,96 kW COP 4,53  
 potenza resa in raffreddamento (35/7°C): 14,0 kW EER 3,06

PDC 3 - POMPA DI CALORE tipo DAIKIN ALTHERMA 3 M Modello EBLA16DAW17  
 potenza resa in riscaldamento (7/35°C): 15,96 kW COP 4,53  
 potenza resa in raffreddamento (35/7°C): 14,0 kW EER 3,06

ACCUMULO tipo CORDIVARI Modello VOLANO BS GCF 500

Sensore installato a parete (di CO<sub>2</sub>, VOC, Umidità e Temperatura) tipo FYBRA SMART

Plenum di distribuzione

UTA 1 - PORTATA ARIA 4.452 m<sup>3</sup>/h  
 tipo ASPIRNOVA modello RCE-4500-EC-D2/V dimensioni (1.800x1.505x850 mm) peso 320 kg  
 completa di batteria di post riscaldamento e raffreddamento  
 tipo ASPIRNOVA modello BAT-AF4 3800-4500 dimensioni (780x520x150 mm) peso 18 kg

UTA 2 - PORTATA ARIA 3.296 m<sup>3</sup>/h  
 tipo ASPIRNOVA modello RCE-3800-EC-D11/V dimensioni (1.550x1.380x870 mm) peso 210 kg  
 completa di batteria di post riscaldamento e raffreddamento  
 tipo ASPIRNOVA modello BAT-AF4 3800-4500 dimensioni (780x520x150 mm) peso 18 kg

UTA 3 - PORTATA ARIA 1.851 m<sup>3</sup>/h  
 tipo ASPIRNOVA modello RCE-2000-EC-D2/V dimensioni (1.650x1.380x870 mm) peso 215 kg  
 completa di batteria di post riscaldamento e raffreddamento  
 tipo ASPIRNOVA modello BAT-AF4 1200-2300 dimensioni (655x400x140 mm) peso 12 kg

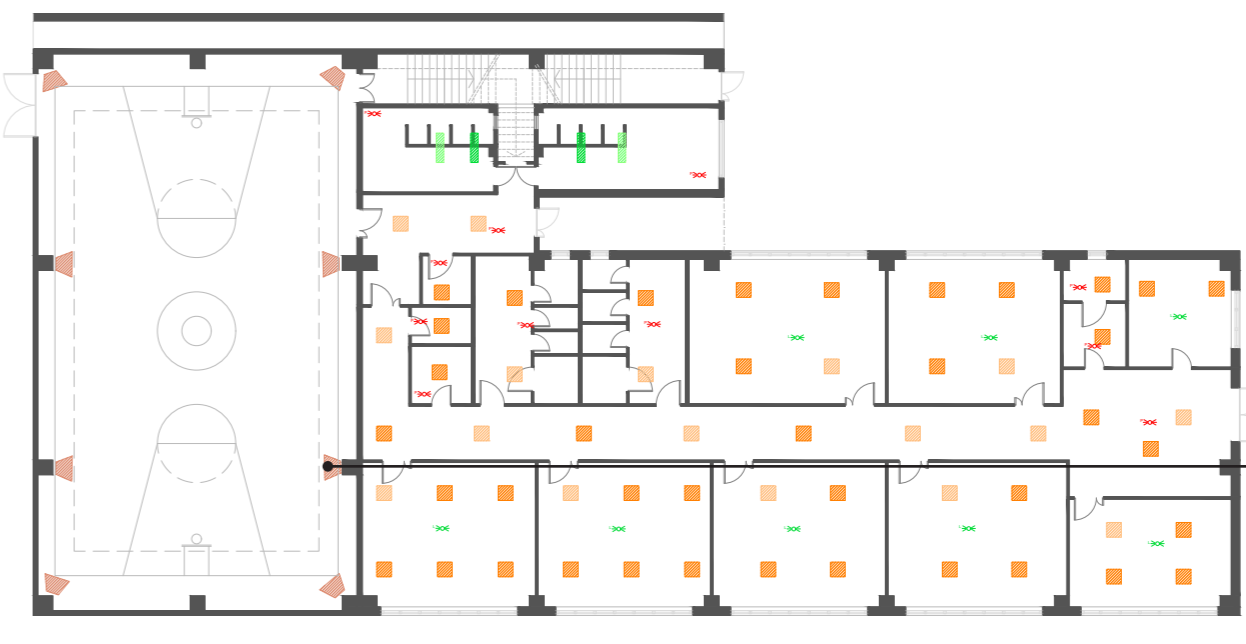
3.

### INTERVENTO DI RELAMPING

Sostituzione di n.176 apparecchi illuminanti  
 Installazione di sensori di presenza per accensione/spegnimento automatici  
 Installazione di sensori di luminosità per regolazione automatica



PIANO SEMINTERRATO (Scuola media): Potenza assorbita 3816 W → 2014 W



PIANO TERRA (Scuola elementare): Potenza assorbita 7650 W → 4180 W



PRIMO PIANO (Scuola materna): Potenza assorbita 3960 W → 1650 W

**Stato di fatto**  
 Philips 60x60 a incasso  
 4 tubi a Led TL-D 18 W/33-640  
 72 W / apparecchio  
 1200 lm

**Scenario 2**  
 Philips 60x60 a incasso  
 Pannello LED CoreLine Gen6  
 38 W / apparecchio  
 5000 lm

- #### LEGENDA COMPONENTI
- Pannello LED 38 W
  - Pannello LED 38 W emergenza
  - Tubi LED 2-15 W
  - Tubi LED 2-15 W emergenza
  - Faro LED 281 W
  - Sensori presenza
  - Sensori luminosità

**Stato di fatto**  
 Fari LED  
 489 W / apparecchio

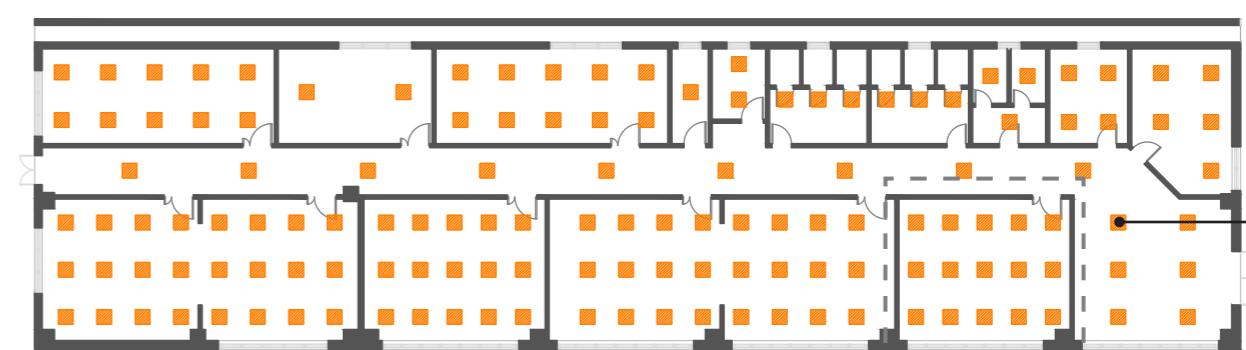
**Scenario 2**  
 Fari LED Trilux LnPlus  
 261 W / apparecchio  
 42.000 lm

**Stato di fatto**  
 Mazdafuor 120x30  
 2 tubi LED TF 36W/BI  
 72 W / apparecchio  
 1200 lm

**Scenario 2**  
 Ledvance 120x30  
 2 tubi LED T8nPerformance  
 30 W / apparecchio  
 4800 lm

### IPOTESI SECONDO NORMA TECNICA UNI EN 12464

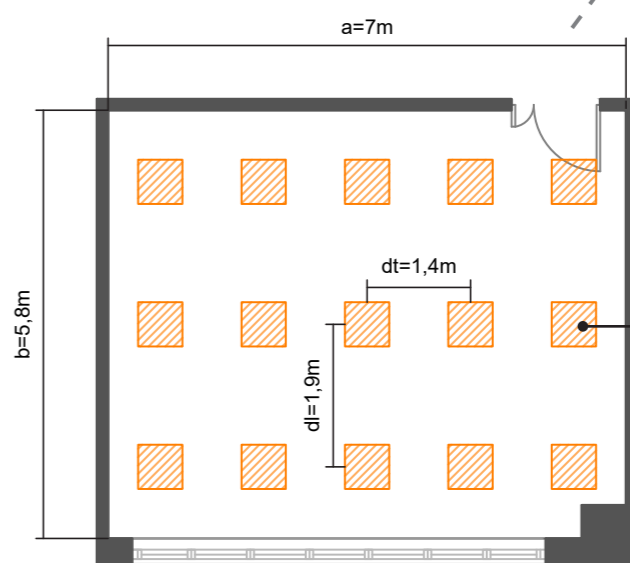
Si valuta anche lo scenario ipotetico che garantisca il rispetto dei livelli raccomandati di illuminamento medio e di distribuzione uniforme. Per il dimensionamento si è fatto riferimento al "Metodo del flusso totale" per garantire il rispetto delle norme del livello di illuminazione di ogni singolo locale. In questo metodo approssimato si assume come parametro di riferimento il livello di illuminamento medio mantenuto Em in conformità con la norma tecnica UNI EN 12464-1 (Prospetti 33 e 34).



PIANO SEMINTERRATO (Scuola media)

**Stato di fatto**  
 n. corpi illuminanti al piano: 53  
 n. corpi illuminanti edificio: 176  
 Potenza assorbita totale: 15.721 W

**UNI EN 12464**  
 n. corpi illuminanti al piano: 133  
 n. corpi illuminanti edificio: 376  
 Potenza assorbita totale: 15.032 W



AULA 1

**Stato di fatto**  
 n. corpi illuminanti Aula 1: 4  
 Illuminamento medio: 137 lux

**UNI EN 12464**  
 n. corpi illuminanti Aula 1: 15  
 Illuminamento medio: 500 lux

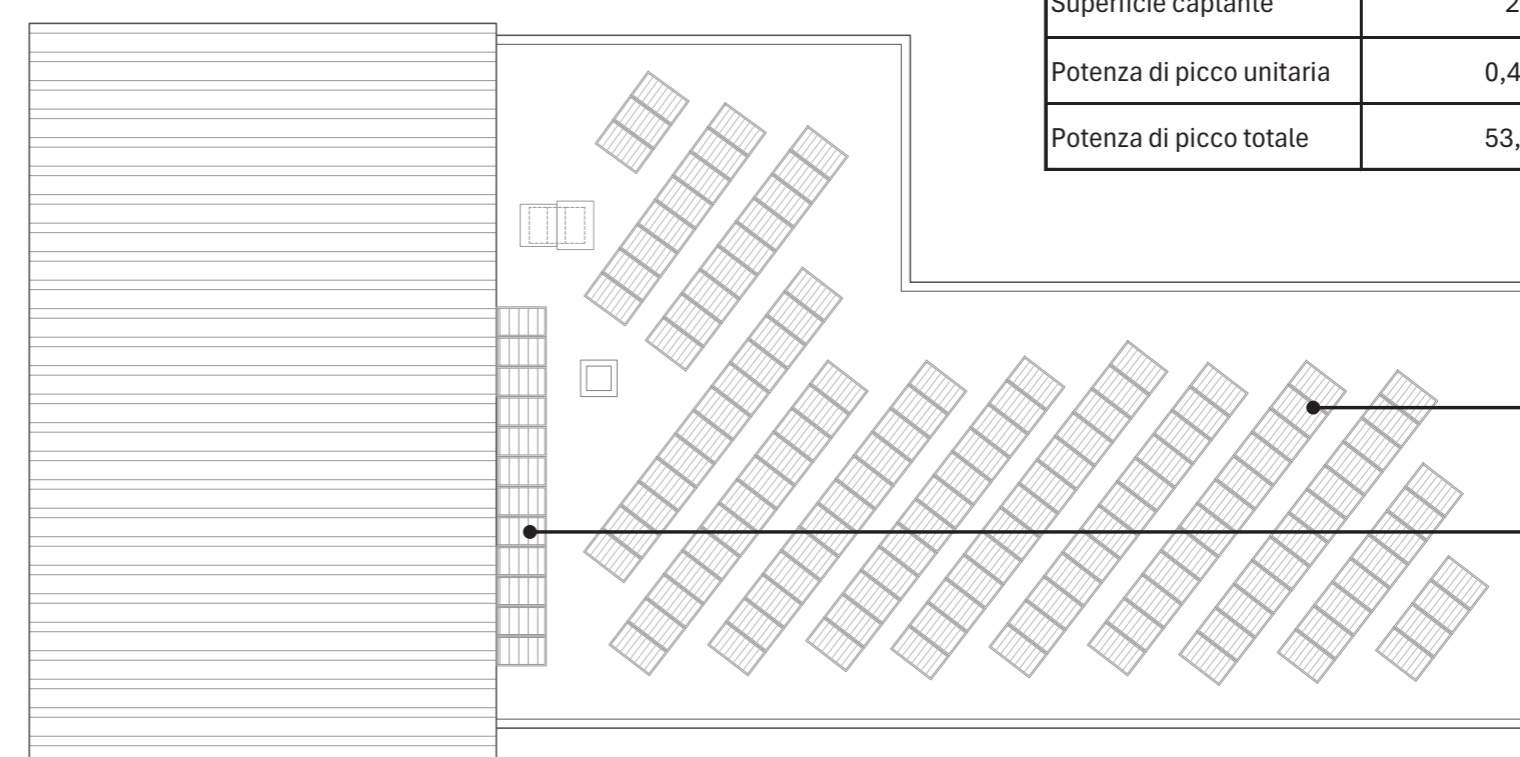
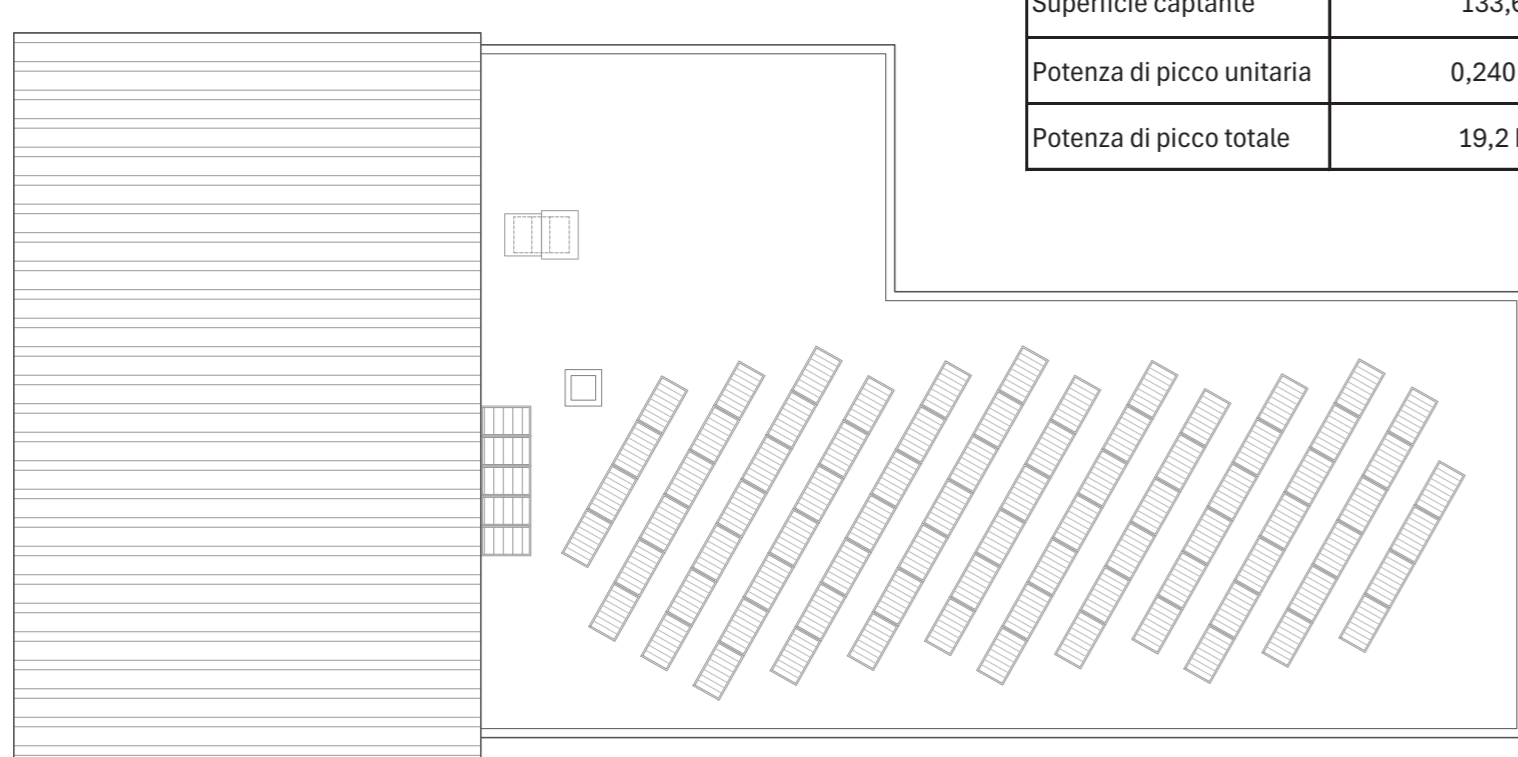
4.

### POTENZIAMENTO DELLE FONTI RINNOVABILI

Sostituzione e ampliamento impianto fotovoltaico  
 Ampliamento impianto solare termico

	Stato di fatto	
	Impianto fotovoltaico	Impianto solare termico
Installazione	Copertura piana, 35°, Sud	Copertura piana, 60°, Sud-Est
N. pannelli	80	5
Superficie captante	133,6 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>
Potenza di picco unitaria	0,240 kWp	/
Potenza di picco totale	19,2 kWp	/

	Scenario 4	
	Impianto fotovoltaico	Impianto solare termico
Installazione	Copertura piana 30°, Sud	Copertura piana, 60°, Sud-Est
N. pannelli	130	12
Superficie captante	260 m <sup>2</sup>	36 m <sup>2</sup>
Potenza di picco unitaria	0,415 kWp	/
Potenza di picco totale	53,95 kWp	/



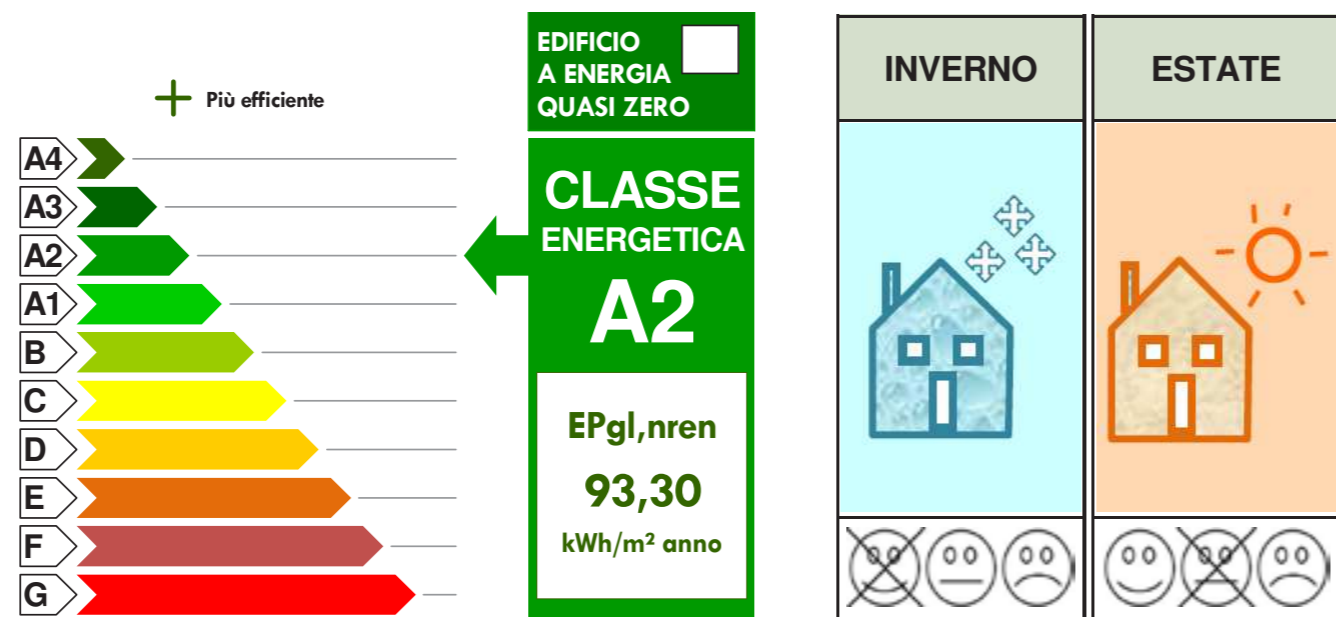
Trina Solar Vertex -S+  
 Sonnenkraft SK500

# Scenari di intervento: Valutazione dei risultati e analisi economica

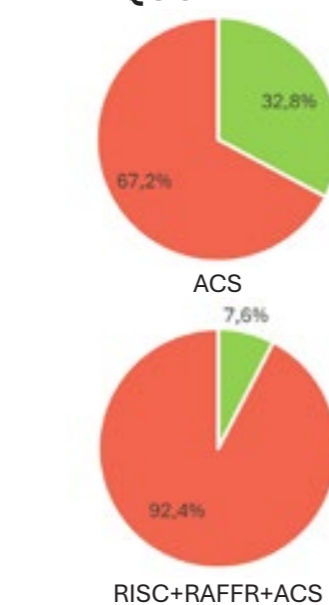
## SCENARIO 1

La superficie disperdente opaca oggetto di intervento (2.297 m<sup>2</sup>) supera il 50% di quella lorda complessiva (3.636 m<sup>2</sup>). Sono soddisfatti tutti i requisiti minimi previsti per ristrutturazione importante di I livello, relativi a strutture opache e serramenti (H<sup>t</sup>, Asol,est/Asup,utile, Ms, YIE), ai fabbisogni energetici (EP<sub>H,nd</sub>, EPC<sub>nd</sub>, EP<sub>g,tot</sub>), alle efficienze medie stagionali degli impianti (η<sub>H</sub>, η<sub>C</sub>, η<sub>W</sub>). Tutte le strutture e i ponti termici superano la verifica termometrica. La trasmittanza termica media di tutte le strutture opache verticali e orizzontali e dei serramenti tra volume climatizzato e l'esterno è inferiore al valore riportato nell'app. B del D.M. 26/06/15.

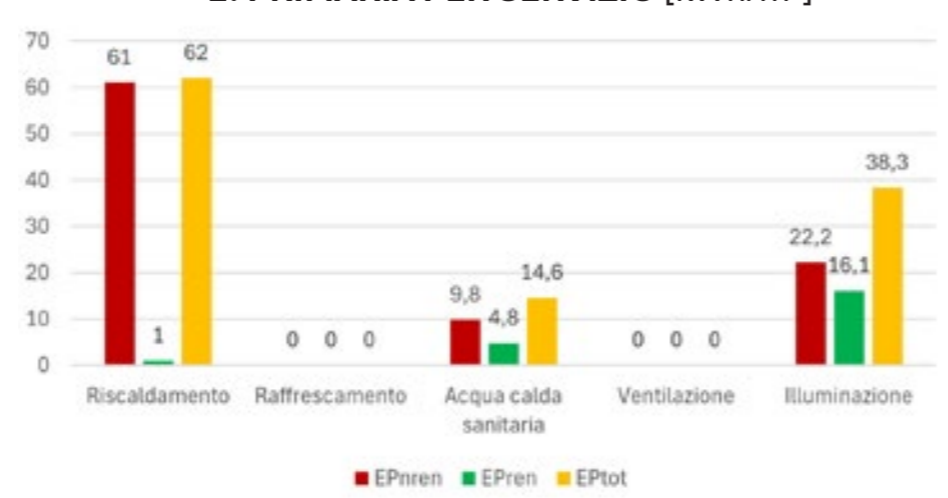
### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



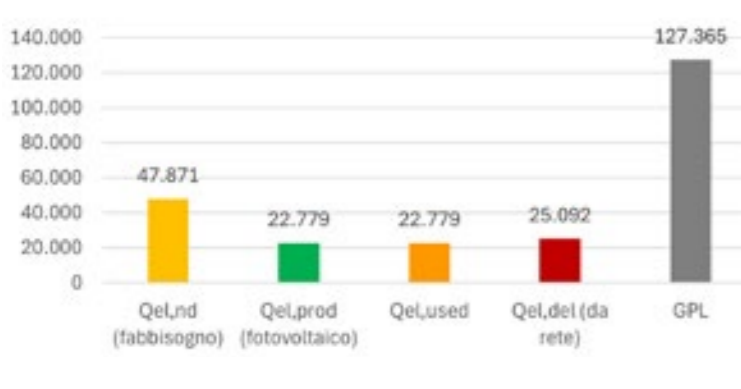
#### QUOTE REN



#### E. PRIMARIA PER SERVIZIO [kWh/m<sup>2</sup>]



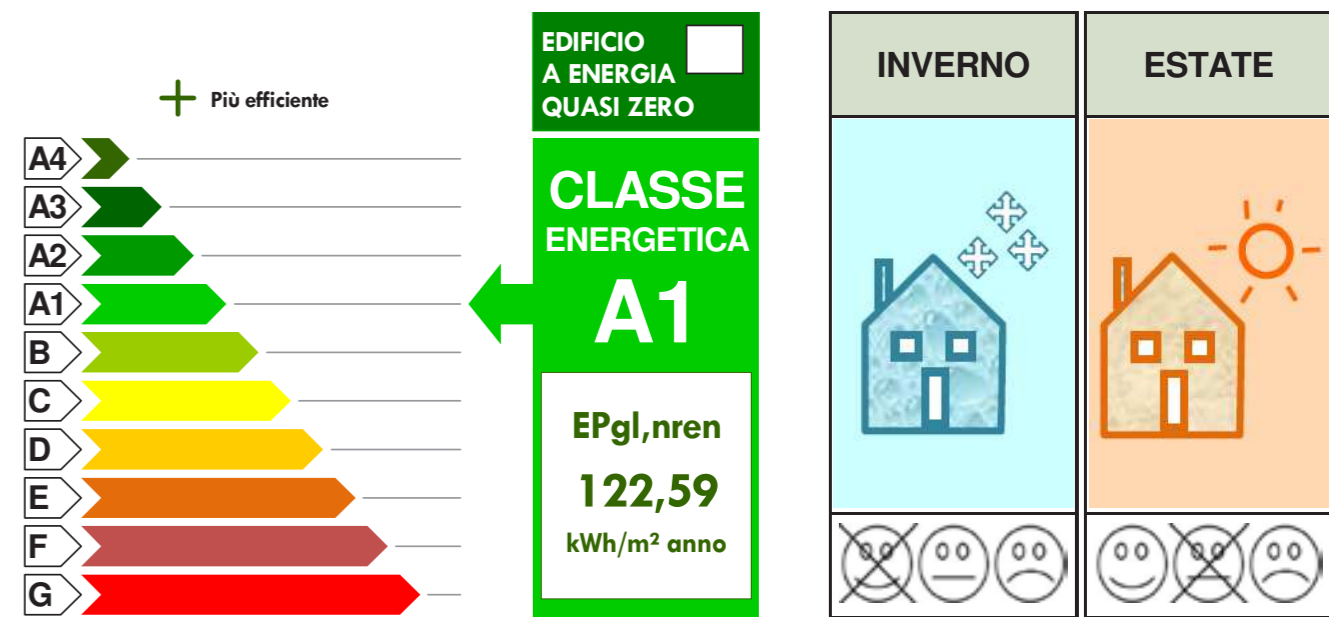
#### ENERGIA ELETTRICA E GPL [kWh]



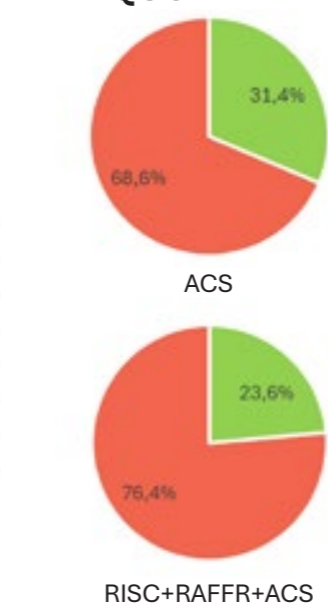
## SCENARIO 2

L'introduzione della VMC incide in maniera significativa sul bilancio energetico dell'edificio, in particolare per i consumi di energia elettrica associati al funzionamento continuo dei ventilatori e dei sistemi di controllo. Si ricorda infatti che, precedentemente all'intervento, i servizi di raffrescamento e ventilazione meccanica erano del tutto assenti. Si assiste al miglioramento delle prestazioni passive (risparmio sul riscaldamento del 50%) e della qualità interna dell'edificio, tuttavia, l'incremento di fabbisogno elettrico determina un arretramento della classe energetica e un aumento dell'EP<sub>gl,tot</sub>, che in questa fase non rientra nei requisiti (164,9 > 161,6 kWh/m<sup>2</sup>).

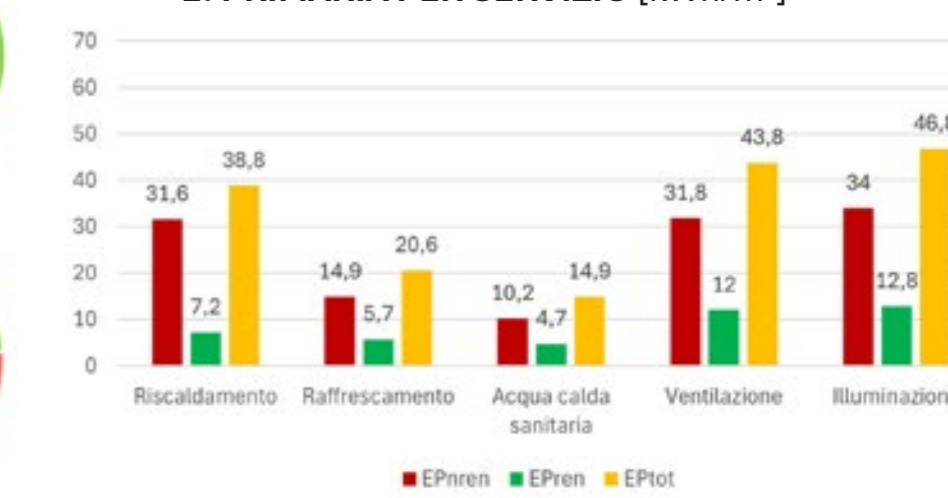
### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



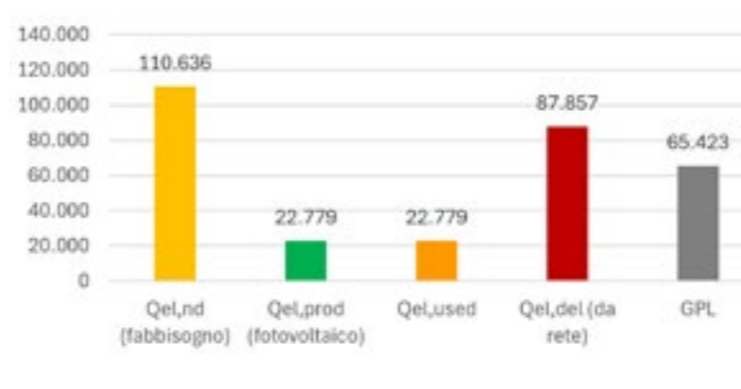
#### QUOTE REN



#### E. PRIMARIA PER SERVIZIO [kWh/m<sup>2</sup>]



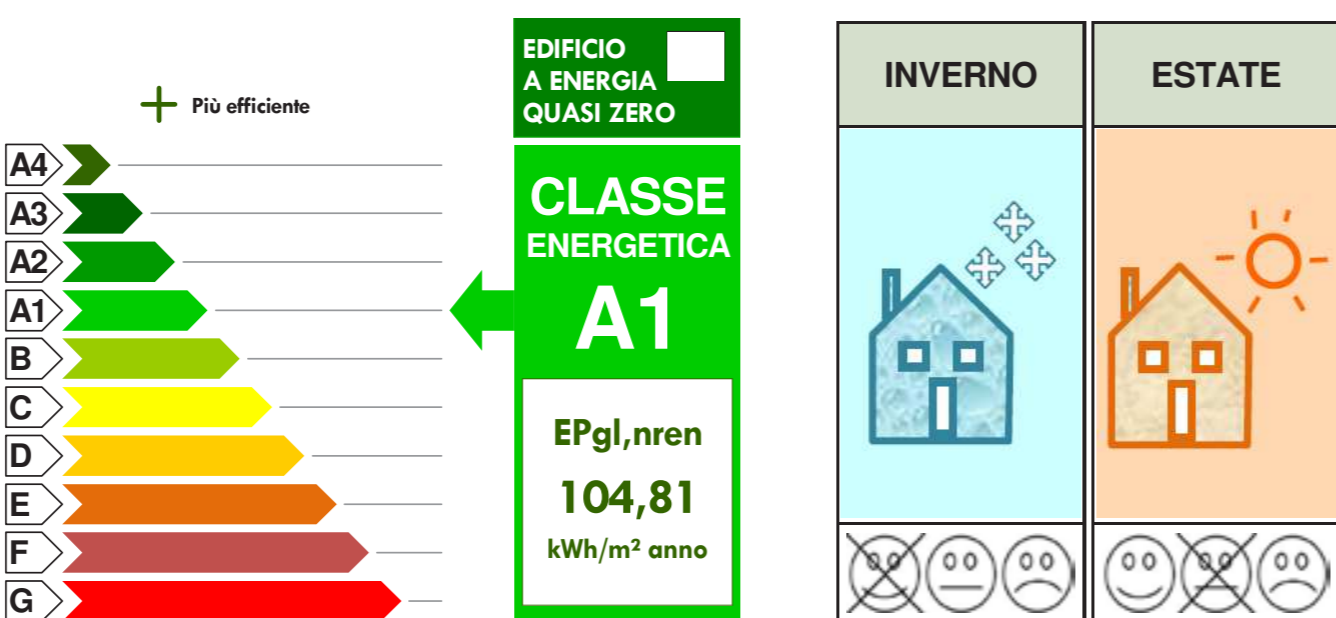
#### ENERGIA ELETTRICA E GPL [kWh]



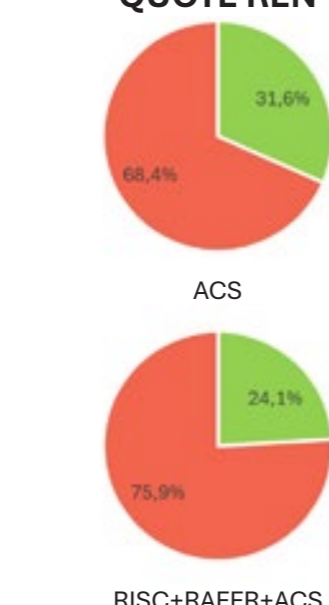
## SCENARIO 3

L'intervento di efficientamento dell'impianto di illuminazione si configura come una strategia complementare e sinergica rispetto all'introduzione della VMC: se da un lato la ventilazione meccanica migliora in modo significativo la qualità dell'aria interna e il comfort ambientale, dall'altro la sostituzione dell'impianto di illuminazione con apparecchi a più alto flusso luminoso e minor consumo consente di raggiungere livelli di illuminamento più elevati e di riequilibrare il bilancio energetico dell'edificio, quasi dimezzando il fabbisogno per il servizio e incrementando la quota di energia rinnovabile utilizzata.

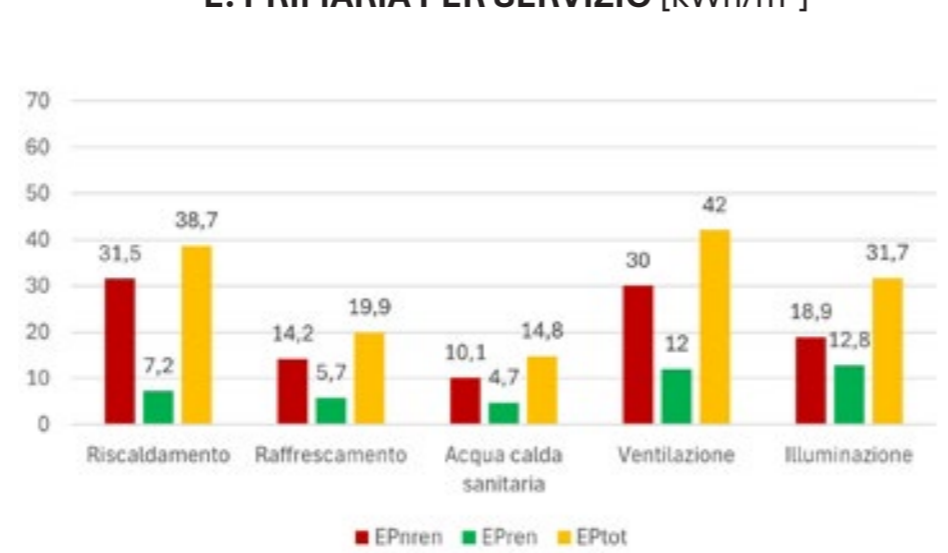
### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



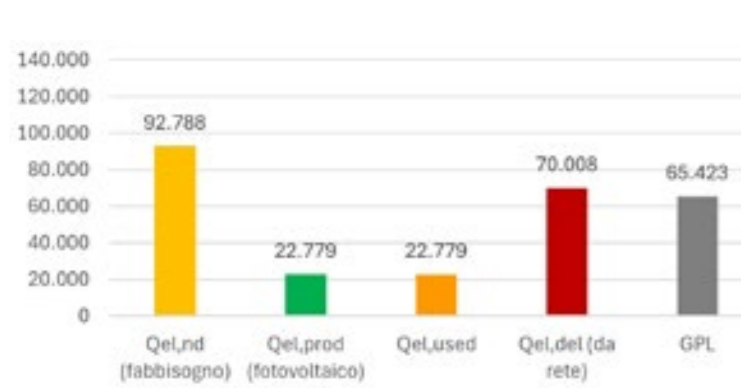
#### QUOTE REN



#### E. PRIMARIA PER SERVIZIO [kWh/m<sup>2</sup>]



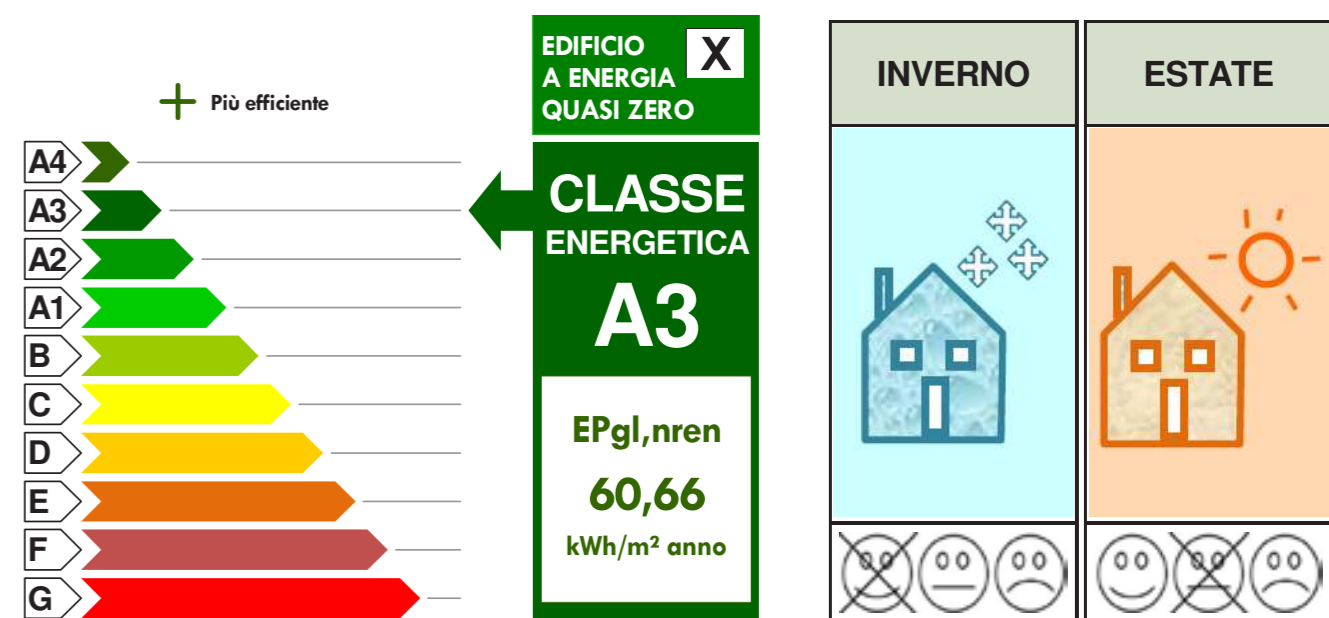
#### ENERGIA ELETTRICA E GPL [kWh]



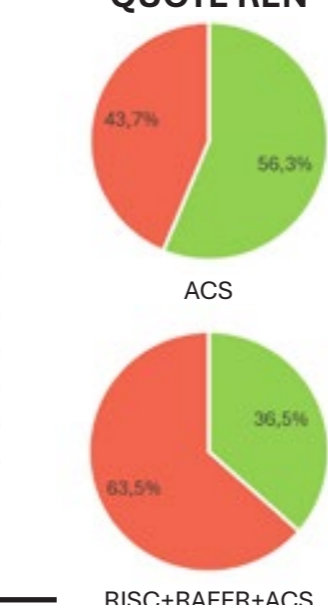
## SCENARIO 4

Si evidenzia un incremento significativo della produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica, che consente di coprire una quota maggiore dei fabbisogni elettrici associati in particolare a illuminazione e ventilazione, caratterizzati da un'elevata incidenza sui consumi complessivi. L'ampliamento del solare termico contribuisce a incrementare la copertura del fabbisogno del servizio mediante fonte rinnovabile, riducendo il ricorso a fonti convenzionali. L'EP<sub>gl,ren</sub> passa da 22,12 kWh/m<sup>2</sup> anno iniziali a 52,38. Le emissioni di CO<sub>2</sub> scendono dallo stato di fatto da 33,97 kg/m<sup>2</sup> anno a 13,70.

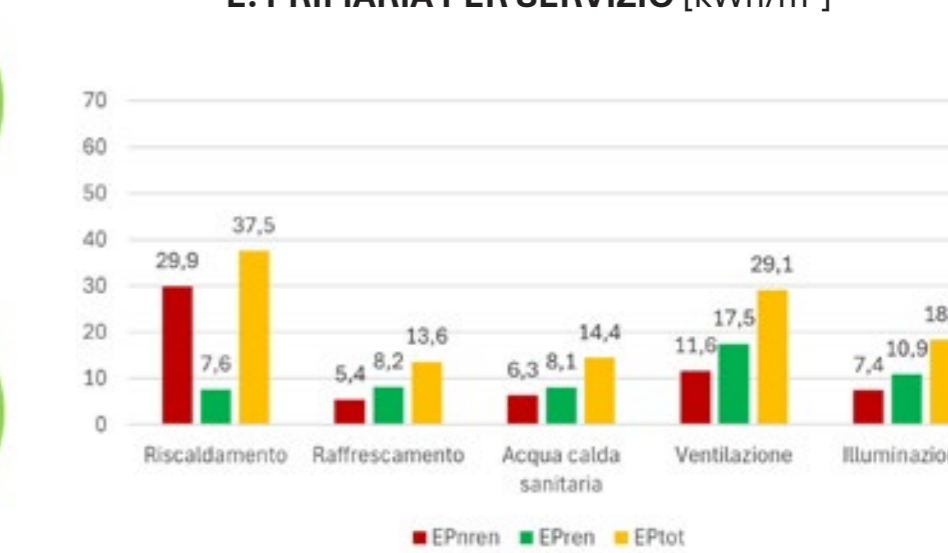
### PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



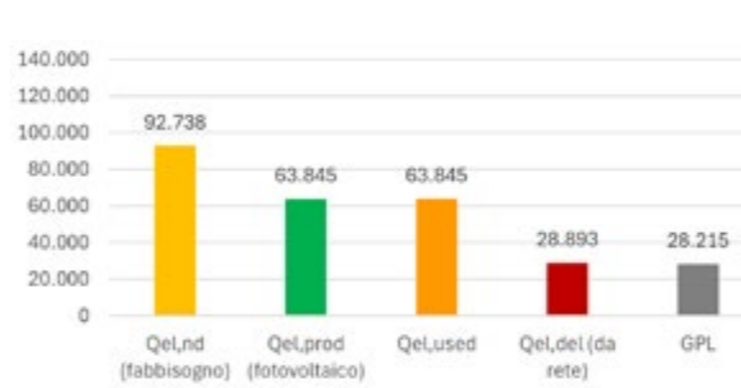
#### QUOTE REN



#### E. PRIMARIA PER SERVIZIO [kWh/m<sup>2</sup>]



#### ENERGIA ELETTRICA E GPL [kWh]



INDICI DI PRESTAZIONE ENERGETICA	Stato di fatto	NZEB	
Indice di prestazione energetica globale non rinnovabile (EP <sub>gl,nren</sub> )	kWh/m <sup>2</sup> anno	60,66	/
Indice di prestazione energetica globale rinnovabile (EP <sub>gl,ren</sub> )	kWh/m <sup>2</sup> anno	52,38	/
Indice di prestazione energetica globale totale (EP <sub>gl,tot</sub> )	kWh/m <sup>2</sup> anno	113,04	140,32
<b>RENDIMENTO DEGLI IMPIANTI</b>			
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale (η <sub>H</sub> )		1,29	≥ 1,19
Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (η <sub>C</sub> )		0,43	≥ 0,18
Efficienza media stagionale dell'impianto di prod. acqua calda sanitaria (η <sub>W</sub> )		0,82	≥ 0,43
<b>PRESTAZIONE INVERNALE</b>			
Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento (EP <sub>H,nd</sub> )	kWh/m <sup>2</sup>	48,66	≤ 49,52
Coefficiente medio globale di scambio termico (H <sup>t</sup> )	W/m <sup>2</sup> K	0,37	≤ 0,8
<b>PRESTAZIONE ESTIVA</b>			
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento (EPC <sub>nd</sub> )	kWh/m <sup>2</sup>	12,70	≤ 14,84
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile (Asol,est/Asup,utile)		0,033	≤ 0,04
<b>COPERTURA RINNOVABILE</b>			
Copertura ren del fabbisogno annuo di e.primaria per produzione acs		56,3	≥ 65%
Copertura ren del fabbisogno annuo di energia per acs + risc + raffr		36,5	≥ 65%
Potenza elettrica degli impianti alimentati a fonti rinnovabili	kWp	53,95	≥ 28,1

### VERIFICA ALTERNATIVA NZEB

- ✓ Prestazioni dell'involucro edilizio
- ✓ Indici di prestazione energetica
- ✓ Efficienze degli impianti
- ✗ % rinnovabili su ACS
- ✗ % rinnovabili su energia totale (risc.+raffr.+ACS)
- ✓ Quota elettrica da rinnovabili

**INFATTIBILITÀ TECNICA**  
Ai sensi dell'Allegato 3 del D.Lgs. 199/2021, qualora sia dimostrata l'impossibilità tecnica di installare ulteriore superficie fotovoltaica o solare termico è ammessa la VERIFICA ALTERNATIVA

- EP<sub>gl,tot</sub> < EP<sub>gl,tot,ref</sub> (edificio di riferimento) — già verificato
- L'edificio opera alla sua prestazione energetica globale più efficiente raggiungibile con le tecnologie installabili sul sito

### IPOTESI ADEGUAMENTO AGLI OBIETTIVI EPBD IV

Obiettivi EPBD IV	Interventi necessari
<ul style="list-style-type: none"> <li>Neutralità climatica entro il 2050</li> <li>Transizione nZEB → ZEB</li> <li>Assenza di emissioni di carbonio in loco</li> <li>Energia primaria &lt; 10% rispetto a soglia nZEB</li> <li>Copertura rinnovabili ≥ 65%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sostituzione 4 caldaie a GPL a condensazione con 3 pompe di calore elettriche</li> <li>Fabbisogno energetico esclusivamente elettrico → nessun combustibile fossile</li> <li>Aumento superficie FV a ≥ 1.484 m<sup>2</sup></li> <li>→ potenza di picco ≥ 334 kWp per coprire fabbisogno elettrico</li> </ul>
RISULTATI ATTESI	
<b>Copertura da fonti rinnovabili</b> Produzione ACS: 99% Riscaldamento + raffrescamento + ACS: 65% Requisito ≥ 65% soddisfatto	<b>Emissioni di CO<sub>2</sub> in loco</b> <b>0</b> kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> anno

ANALISI ECONOMICA	Opere edili	CONTO TERMICO 3.0	Opere edili	Risultati
	Isolamento pareti Isolamento coperture e pavimenti Sostituzione chiusure trasparenti <b>648.394 €</b>		La percentuale incentivata è pari al <b>100% dei costi ammissibili</b> posto il rientro nei massimali previsti, per: → Interventi su involucro opaco e trasparente → Sostituzione sistemi per illuminazione → Tecnologie di gestione e controllo (BACS) → Installazione impianti fotovoltaici → Trasformazione in nZEB In caso di: 1. Edifici pubblici di Comuni con popolazione ≤ 15.000 abitanti, utilizzati dal Comune stesso, oppure utilizzati da soggetti terzi, purché non riconducibili a imprese. 2. Edifici pubblici adibiti a uso scolastico (scuole pubbliche di ogni ordine e grado). 3. Edifici di strutture ospedaliere e sanitarie pubbliche, comprese quelle residenziali, di cura o ricovero (es. RSA, ospizi) Si precisa inoltre che rientrano nella deroga anche gli edifici a uso sportivo (come palestre), a condizione che sia dimostrata l'effettiva contiguità con un edificio scolastico, che i due edifici si trovino sullo stesso sedime e siano collegati tra loro. Per pompe di calore add on e solare termico: calcoli in funzione di tecnologia e potenza installata.	
	Impianti Pompe di calore add on Sistema VMC Sostituzione corpi illuminanti Building automation (BACS) Impianto fotovoltaico Impianto solare termico <b>333.000 €</b>		Impianti Copertura incentivi CET: <b>59%</b> Costo residuo: <b>143.055 €</b>	