



## AUDIT DI DETTAGLIO

### Samarate SCUOLA ELEMENTARE VERGHERA

**Tabella 1 - Dati generali dell'edificio e dell'utenza**

|                                   |                                                |                |
|-----------------------------------|------------------------------------------------|----------------|
| Nome                              | <b>SCUOLA ELEMENTARE VERGHERA</b>              |                |
| Indirizzo                         | Via Indipendenza<br>Samarate                   |                |
| Tipologia di edificio             | scuola                                         |                |
| Epoca costruttiva                 | primi 900                                      |                |
| Ristrutturazione                  | -                                              |                |
| Anno di ristrutturazione          | -                                              |                |
| Adeguamento normativo             | Ampliamento della scuola                       |                |
| Tecnologia costruttiva            | muri in mattoni pieni                          |                |
| Tipologia delle superfici vetrate | vetro doppio                                   |                |
| Anno impianto di riscaldamento    | 1992                                           |                |
| Combustibile riscaldamento        | gas                                            |                |
| Impianto di ventilazione          | non è presente, i serramenti non sono a tenuta |                |
| Impianto solare termico           | non presente                                   |                |
| Impianto solare fotovoltaico      | non presente                                   |                |
| Superficie utile riscaldata       | 1.734                                          | m <sup>2</sup> |
| Numero piani riscaldati           | 3                                              |                |
| Volume lordo riscaldato           | 7.958                                          | m <sup>3</sup> |
| Fattore di forma S/V              | 0,4                                            | 1/m            |
| Temperatura di comfort invernale  | 19                                             | °C             |
| Utilizzo imp. di riscaldamento    | 117                                            | giorni/anno    |



## ENERGIA ELETTRICA CONSUMI

In Tabella 2 sono riportati i consumi bimestrali relativi alle letture effettivamente rilevate per il periodo 2003-2006.

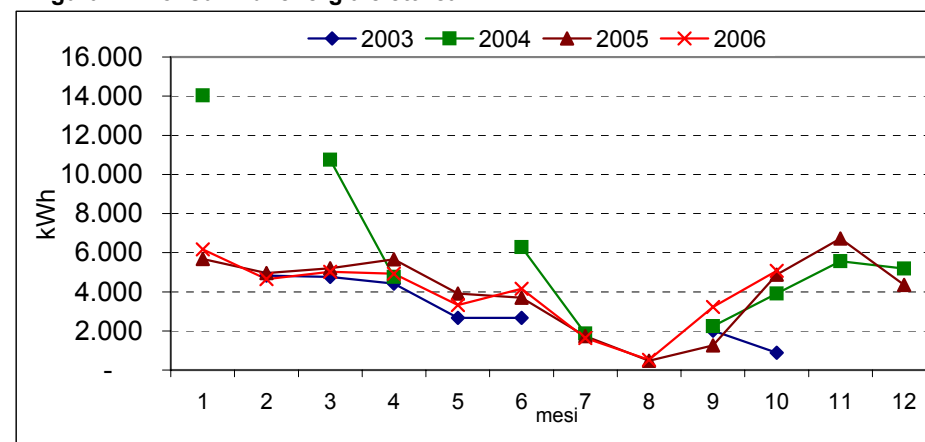
Il consumo specifico di energia elettrica è di **25 kWh/m<sup>2</sup>** ed è stato ottenuto facendo una media dei consumi elettrici degli anni 2003, 2004, 2005 e 2006, rapportata alla superficie totale dell'edificio (1734 m<sup>2</sup>). Il consumo specifico risulta nella media rispetto alle utenze della stessa tipologia, lasciando in ogni caso spazio ad interventi di risparmio.

Si segnalano sanzioni per Energia Reattiva negli anni 2003, 2004 e 2006. Si suggerisce di valutare un eventuale intervento di rifasamento. In aprile 2006 è stato installato il contatore elettronico con telelettura.

**Tabella 2 - Consumi di energia elettrica**

|            | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| <b>kWh</b> |        |        |        |        |
| GENNAIO    |        | 14.030 | 5.670  | 6.160  |
| FEBBRAIO   | 4.830  |        | 4.950  | 4.650  |
| MARZO      | 4.760  | 10.750 | 5.210  | 5.020  |
| APRILE     | 4.410  | 4.760  | 5.660  | 4.920  |
| MAGGIO     | 2.660  |        | 3.910  | 3.317  |
| GIUGNO     | 2.660  | 6.280  | 3.700  | 4.157  |
| LUGLIO     |        | 1.860  | 1.740  | 1.639  |
| AGOSTO     |        |        | 480    | 520    |
| SETTEMBRE  | 2.010  | 2.240  | 1.260  | 3.220  |
| OTTOBRE    | 880    | 3.910  | 4.880  | 5.069  |
| NOVEMBRE   |        | 5.560  | 6.730  |        |
| DICEMBRE   |        | 5.190  | 4.350  |        |
| TOTALE     | 22.210 | 54.580 | 48.540 | 38.672 |

**Figura 1 - Consumi di energia elettrica**



**Tabella 3 - Elaborazione dei consumi di energia elettrica**

|                                  | 2003        | 2004        | 2005        | 2006        | media         |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| POTENZA DISPONIBILE [kW]         | 44          | 44          | 44          | 44          | <b>44</b>     |
| P <sub>max</sub> REGISTRATA [kW] | 22          | 22          | 22          | 22          | <b>22</b>     |
| kWh                              | 22.210      | 54.580      | 48.540      | 38.672      | <b>43.734</b> |
| kWh/m <sup>2</sup>               | 13          | 31          | 28          | 22          | <b>25</b>     |
| cosφ                             | 0,80        | 0,89        | 0,90        | 0,86        | <b>0,86</b>   |
| <b>CO<sub>2</sub> PRODOTTA</b>   | <b>2003</b> | <b>2004</b> | <b>2005</b> | <b>2006</b> | <b>media</b>  |
| tonnellate                       | 11,5        | 28,3        | 25,2        | 20,1        | <b>22,7</b>   |
| kg/m <sup>2</sup>                | 6,6         | 16,3        | 14,5        | 11,6        | <b>13,1</b>   |

## ENERGIA ELETTRICA UTILIZZATORI ELETTRICI

**Tabella 4 - Parco illuminante**

| LAMPADE             | %    | UBICAZIONE |
|---------------------|------|------------|
| a incandescenza     |      |            |
| alogene             |      |            |
| a tubi fluorescenti | 100% |            |

Sensori o timer per l'illuminazione ☐

Le voci di maggiore consumo sono l'illuminazione, i dispositivi in uso nella mensa e i boiler per l'acqua calda sanitaria.

Si suggerisce di valutare i seguenti interventi:

- adozione di alimentatori elettronici per le lampade a fluorescenza
- adozione di sensori di presenza/luce naturale nei corridoi ed eventualmente nelle aule, al fine di spegnere automaticamente le luci in assenza di persone e nel caso di buon livello di illuminamento garantito dalla luce naturale
- verifica del consumo dei frigoriferi ed eventuale sostituzione con dispositivi in classe A++ di efficienza energetica
- adozione di timer per i boiler elettrici (in modo da garantirne lo spegnimento durante la notte e nei giorni festivi).

**Tabella 5 - Apparecchiature elettriche**

| UFFICIO                                                      | CUCINA E BAGNO                                    | CLIMATIZZAZIONE                                               | ALTRE APPARECCHIATURE                             |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> PC                       | <input checked="" type="checkbox"/> frigoriferi   | <input checked="" type="checkbox"/> condizionatori            | <input checked="" type="checkbox"/> TV/proiettori |
| <input checked="" type="checkbox"/> server                   | <input checked="" type="checkbox"/> scaldavivande | <input checked="" type="checkbox"/> ventilatori               | <input checked="" type="checkbox"/> ascensori     |
| <input checked="" type="checkbox"/> fax                      | <input type="checkbox"/> lavatrici                | <input type="checkbox"/> stufette elettriche                  | <input type="checkbox"/> torni                    |
| <input checked="" type="checkbox"/> fotocopiatrici/stampanti | <input checked="" type="checkbox"/> lavastoviglie | <input type="checkbox"/> Il condizionatore non è funzionante. | <input type="checkbox"/> altro                    |
| <input type="checkbox"/> altro                               | <input type="checkbox"/> piastre elettriche       |                                                               |                                                   |
|                                                              | <input type="checkbox"/> altro                    |                                                               |                                                   |

## COMBUSTIBILI FOSSILI CONSUMI

In tabella 6 sono riportati i consumi relativi al periodo in esame.

I consumi specifici di questo edificio sono di **38 kWh/m<sup>3</sup>**; questo risultato è stato ottenuto facendo una media dei consumi rilevati dalla lettura delle bollette da dicembre 2004 a dicembre 2007, rapportata al volume riscaldato dell'edificio (7958 m<sup>3</sup>).

I consumi sono riferiti al solo riscaldamento, come si evidenzia sul grafico, in quanto l'acqua calda sanitaria viene prodotta con apparecchi elettrici (vedi sezione dedicata).

Risultano consumi elevati se rapportati a tipologie di utenza analoghe e pertanto vi sono margini per attuare migliorie volte al risparmio energetico.

Figura 2 - Consumi di combustibile (Smc)

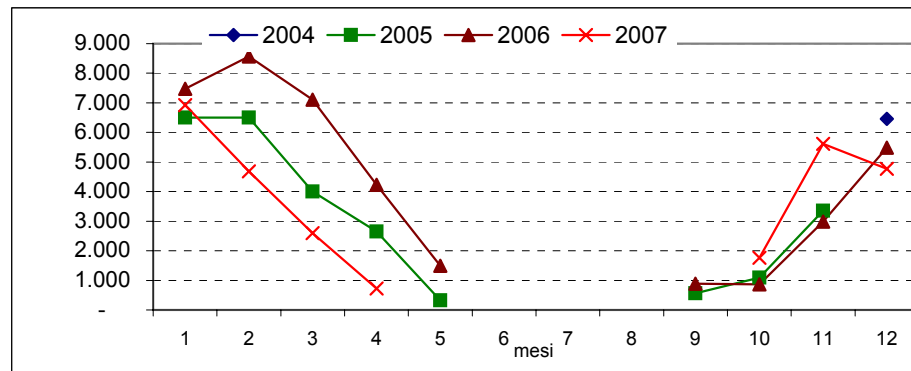


Tabella 6 - Consumi di combustibile

|            |           | 2004  | 2005   | 2006   | 2007   |
|------------|-----------|-------|--------|--------|--------|
| Smc<br>gas | GENNAIO   |       | 6.500  | 7.473  | 6.920  |
|            | FEBBRAIO  |       | 6.500  | 8.566  | 4.684  |
|            | MARZO     |       | 4.000  | 7.104  | 2.596  |
|            | APRILE    |       | 2.646  | 4.230  | 726    |
|            | MAGGIO    |       | 320    | 1.490  |        |
|            | GIUGNO    |       |        |        |        |
|            | LUGLIO    |       |        |        |        |
|            | AGOSTO    |       |        |        |        |
|            | SETTEMBRE |       | 566    | 892    |        |
|            | OTTOBRE   |       | 1.088  | 868    | 1.758  |
|            | NOVEMBRE  |       | 3.357  | 2.990  | 5.614  |
|            | DICEMBRE  | 6.460 |        | 5.480  | 4.770  |
|            | TOTALE    | 6.460 | 24.977 | 39.093 | 27.068 |

Tabella 7 - Elaborazione dei consumi di combustibile

| combustibile:            |                                                     | 2004   | 2005    | 2006    | 2007    | media   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|
| gas                      | Smc                                                 | 6.460  | 24.977  | 39.093  | 27.068  | 31.653  |
|                          | kWh                                                 | 61.971 | 239.606 | 375.021 | 259.665 | 303.653 |
|                          | kWh/m <sup>2</sup>                                  | 36     | 138     | 216     | 150     | 175     |
|                          | kWh/m <sup>3</sup>                                  | 8      | 30      | 47      | 33      | 38      |
|                          | valore limite dell'indice di prestazione energetica |        |         |         |         | 12      |
| CO <sub>2</sub> prodotta |                                                     | 2004   | 2005    | 2006    | 2007    | media   |
|                          | tonnellate                                          | 12,5   | 48,4    | 75,8    | 52,5    | 61,4    |
|                          | kg/m <sup>2</sup>                                   | 7,2    | 27,9    | 43,7    | 30,3    | 35,4    |
|                          | kg/m <sup>3</sup>                                   | 1,6    | 6,1     | 9,5     | 6,6     | 7,7     |

## SISTEMA RISCALDAMENTO

**Tabella 8 - Descrizione del sistema di riscaldamento**

|                                   |                                              |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|
| Tipologia della caldaia           | centralizzata standard                       |
| Potenza cumulata [kW]             | 349                                          |
| Anno installazione caldaia        | 1992                                         |
| Combustibile utilizzato           | gas                                          |
| Tipologia dei terminali scaldanti | radiatori                                    |
| Sistema di regolazione            | climatica centralizzata/regolatore climatico |

Il rendimento del sistema riscaldamento è pari al 57%: ciò significa che il 43% dell'energia contenuta nel combustibile viene dispersa.

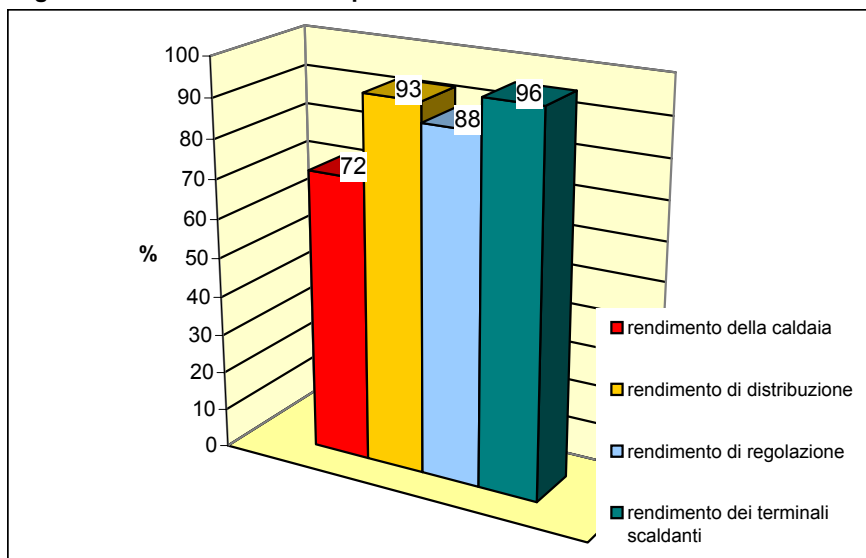
Il valore basso di rendimento è dovuto primariamente alla tipologia di generatore di calore installato, standard poco efficiente. La sostituzione della caldaia con un apparecchio a condensazione aumenterebbe il rendimento globale del sistema; sarebbe opportuno intervenire anche sul sistema di regolazione, monitorando le temperature in ambiente.

Potenza Nominale ideale per il riscaldamento. Utilizzando la formula  $[(\sum(k*S)+V*n*Y)*\Delta T] / \eta$  dove k e S sono rispettivamente le trasmittanze e le superfici degli elementi dell'involucro, V il volume netto dell'edificio, n la portata d'aria di ricambio, Y coefficiente di conversione,  $\Delta T$  la massima differenza di temperatura interno-esterno (25°C),  $\eta$  il rendimento del sistema di riscaldamento escluso il rendimento di produzione, si ottiene la potenza ideale per riscaldare pari a

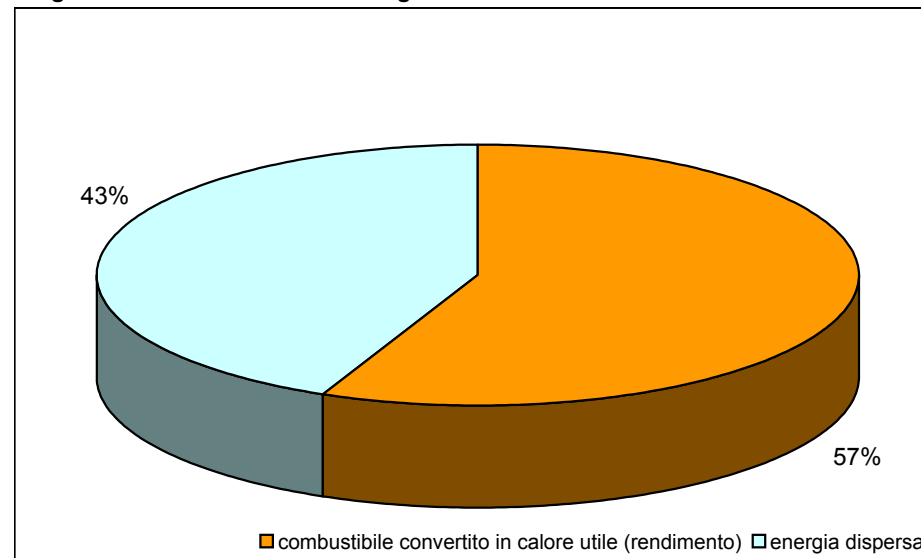
**202 kW.**

La caldaia risulta sovradimensionata del 73%

**Figura 3 - Rendimenti dei componenti del sistema di riscaldamento**



**Figura 4 - Rendimento medio stagionale del sistema di riscaldamento**



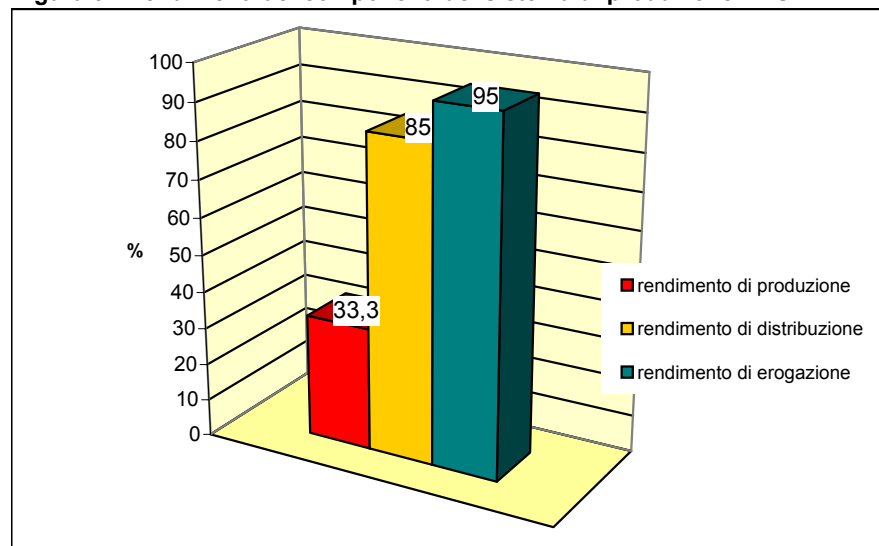
## SISTEMA ACS

**Tabella 9 - Descrizione del sistema di produzione ACS**

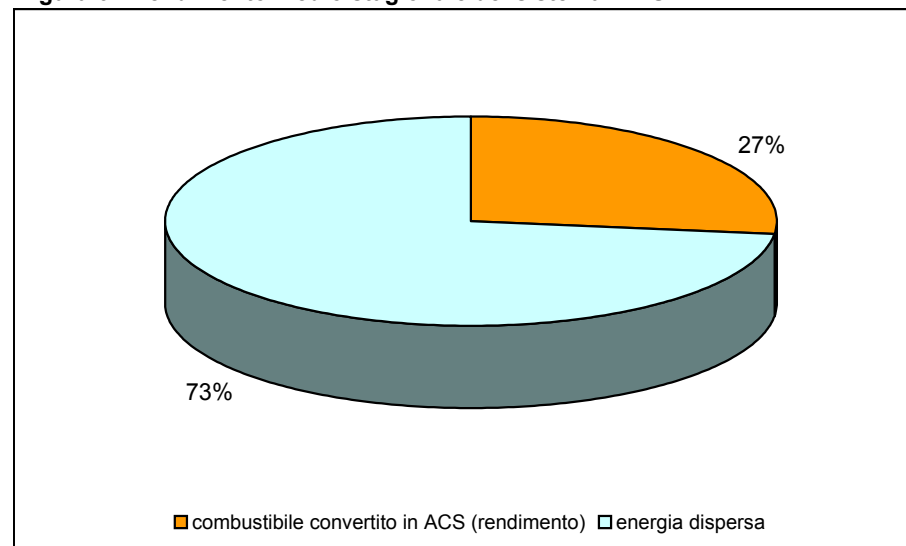
|                          |                                                  |
|--------------------------|--------------------------------------------------|
| Tipologia di impianto    | autonomo indipendente                            |
| Anno installazione       | 2000                                             |
| Tipologia di apparecchio | riscaldamento elettrico a resistenza ad accumulo |

L'energia dispersa del 73% è molto elevata dal momento che tiene conto del processo di conversione da mix di combustibili a energia elettrica, che avviene nelle centrali elettriche italiane, oltre al rendimento del sistema di ACS. Il boiler elettrico è sconsigliabile se non per utilizzi saltuari.

**Figura 5 - Rendimenti dei componenti del sistema di produzione ACS**



**Figura 6 - Rendimento medio stagionale del sistema ACS**







**Generatore**



**Bruciatore**

**Pompe di circolazione**



**Terminali scaldanti**



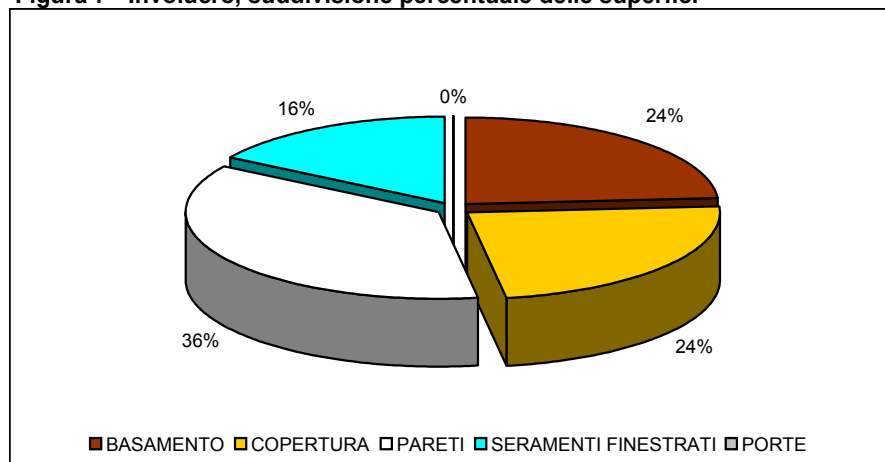
## INVOLUCRO

**Tabella 10 - Descrizione dell'involucro**

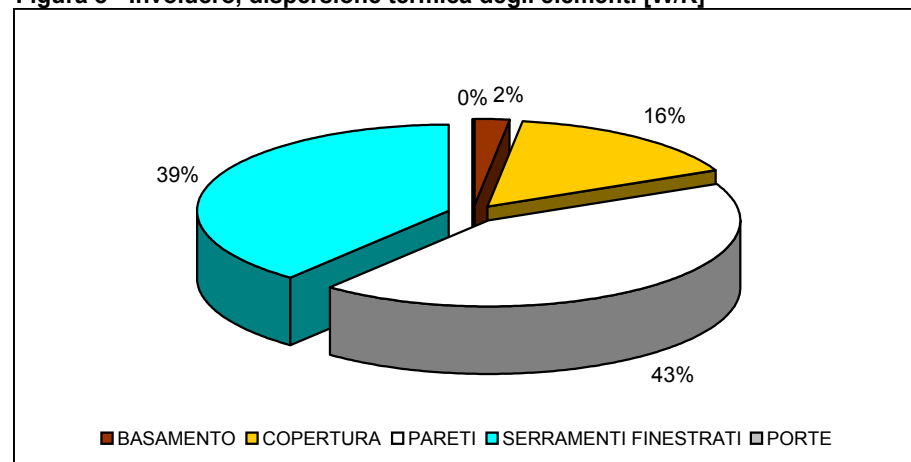
| elemento              | sup. netta [m <sup>2</sup> ] | tipologia costruttiva                                | spessore medio [cm] | trasmissione [W/(m <sup>2</sup> *K)] | trasmissione DGR VIII/5773 |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| pareti                | 1.142,9                      | blocchi di cls vuoti riempiti di isolante. (373-374) | 30                  | 1,86                                 | 0,34                       |
| serramenti finestrati | 439,4                        | vetro singolo                                        | -                   | 4,40                                 | 2,20                       |
| porte                 | 0,0                          | serramenti in legno                                  |                     |                                      |                            |
| basamento             | 749,0                        | laterocemento su terreno                             | 35                  | 0,31                                 | 0,33                       |
| copertura             | 748,9                        | soletta piana non coibentata in laterocemento        | 35                  | 1,06                                 | 0,30                       |

Le prestazioni energetiche dell'edificio non risultano soddisfacenti. La trasmissione del basamento risulta nei limiti imposti dalla DGRVIII n°5773 della Regione Lombardia, allegato A, tabella A.3, per edifici nella zona climatica E (a cui appartiene il Comune di Samarate), mentre la trasmissione delle pareti, della copertura e dei serramenti risultano superiori.

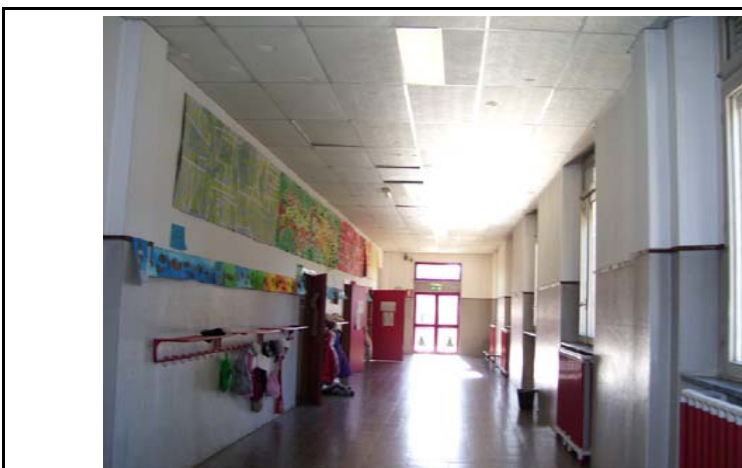
**Figura 7 - Involucro, suddivisione percentuale delle superfici**



**Figura 8 - Involucro, dispersione termica degli elementi [W/K]**







## SIMULAZIONE TERMICA INVERNALE

**Tabella 11 - Simulazione termica invernale dell'edificio**

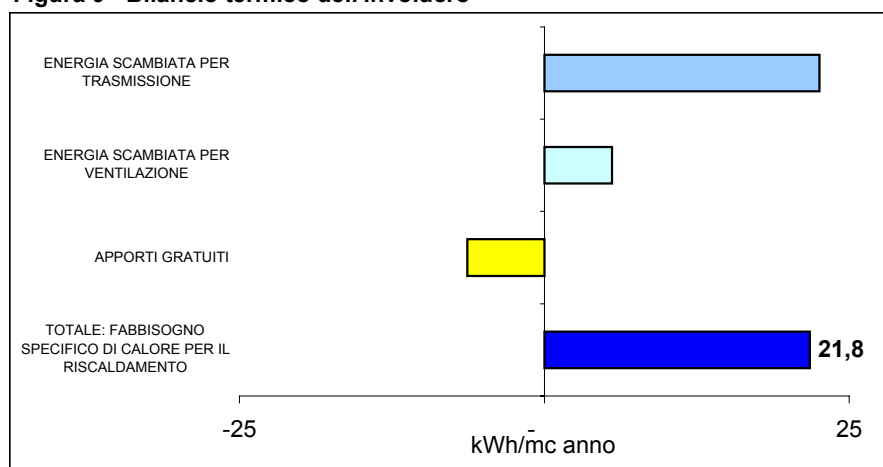
|                                                                             | simbolo   | kWh/anno | kWh/mc anno |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------------|
| Energia scambiata per trasmissione dall'involucro                           | $Q_T$     | 179.506  | 22,6        |
| Energia scambiata per ventilazione                                          | $Q_V$     | 44.134   | 5,5         |
| Energia dovuta agli apporti interni                                         | $Q_I$     | 8.469    | 1,1         |
| Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a NE    | $Q_{SIN}$ | 1.144    | 0,1         |
| Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a NO    | $Q_{SIO}$ | 10.305   | 1,3         |
| Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a SO    | $Q_{SIS}$ | 558      | 0,1         |
| Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orientate a SE    | $Q_{SIE}$ | 29.840   | 3,7         |
| Energia dovuta agli apporti solari, superfici trasparenti orizzontali       | $Q_{SIC}$ | -        | 0,0         |
| Fabbisogno annuo, in relazione all'uso, di calore per il riscaldamento      | $E_H$     | 173.325  | 21,8        |
| Energia del combustibile necessaria a soddisfare la domanda di risc.        | $EP_H$    | 306.082  | 38,5        |
| Fabbisogno annuo, in relazione all'uso, di energia termica per usi sanitari | $E_W$     | 6.700    | 0,8         |
| Energia del combustibile necessaria a soddisfare la domanda di ACS          | $EP_W$    | 24.917   | 3,1         |
| Fabbisogno globale di energia primaria                                      | $EP_{HW}$ | 330.999  | 41,6        |

Il fabbisogno specifico di calore per il riscaldamento è pari a 21,8 kWh/mc, dato dalla somma dell'energia scambiata per trasmissione dall'involucro 22,6 kWh/mc, quella per ventilazione, 5,5 kWh/mc e sottraendo gli apporti gratuiti, 6,3 kWh/mc (tab.11 e fig. 9).

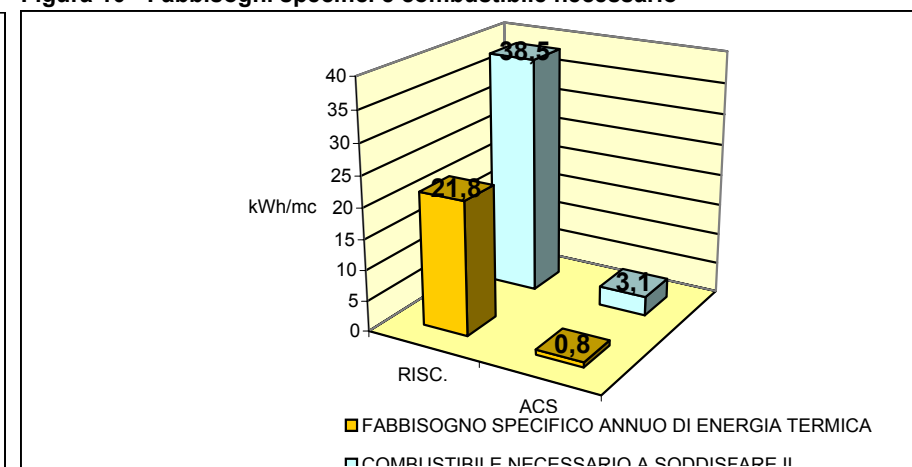
Considerando il fabbisogno specifico annuo di energia termica e il rendimento del sistema di riscaldamento, 0,6, è possibile ottenere il valore di combustibile necessario a soddisfare tale fabbisogno.

Il consumo termico medio elaborato nelle bollette, pari a 38,2 kWh/mc, risulta confermato dalla simulazione di tab.11, 38,5 kWh/mc.

**Figura 9 - Bilancio termico dell'involucro**



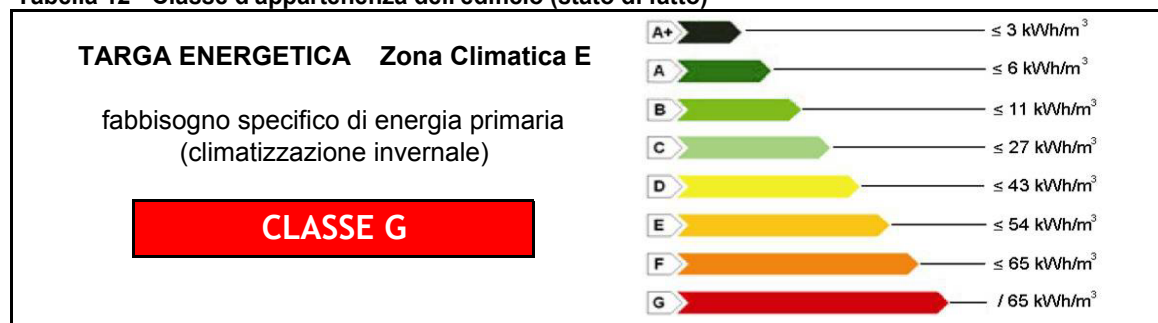
**Figura 10 - Fabbisogni specifici e combustibile necessario**



## PRESTAZIONI ENERGETICHE

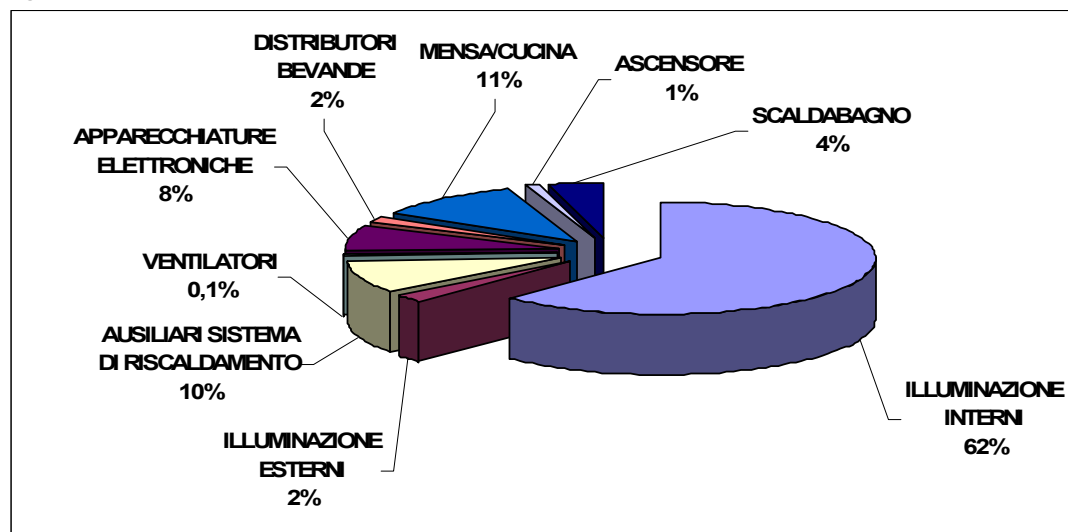
In relazione alla certificazione energetica, secondo una modalità di utilizzo standard dell'impianto termico, con 229 kWh/mc rappresentanti il fabbisogno specifico di energia primaria per la climatizzazione invernale, l'edificio si attesterebbe in CLASSE G (tab.12).

**Tabella 12 - Classe d'appartenenza dell'edificio (stato di fatto)**



## BILANCIO USI FINALI ELETTRICI

Figura 11 - Suddivisione percentuale dei consumi elettrici



Si conferma l'opportunità di valutare la fattibilità economica degli interventi suggeriti in sede di audit leggero. Nelle pagine successive si presentano le valutazioni energetico-economiche degli interventi che presentano maggiore rilevanza.

Grazie ai rilievi eseguiti in sede di audit di dettaglio è stato ricostruito il parco dispositivi elettrici in uso nell'edificio e sono state rilevate le modalità di utilizzo dei dispositivi stessi.

I dati raccolti sono stati rielaborati per fornire una stima di consumo annuo nei diversi usi finali elettrici. La ricostruzione dei consumi elettrici evidenzia che la voce di maggiore consumo è l'illuminazione, seguita dalle apparecchiature elettroniche.

I consumi calcolati risultano inferiori di circa il 25% rispetto al totale dei consumi medi annui registrati al contatore (vedi Tabella 3). La discrepanza può essere dovuta a una sottostima di alcuni usi finali o al fatto che alcuni dispositivi non siano stati censiti in sede di sopralluogo: si suggerisce di approfondire ulteriormente l'analisi a seguito dei risultati del presente lavoro.

## INTERVENTO DI RISPARMIO NEGLI USI FINALI ELETTRICI

### ALIMENTATORI ELETTRONICI E SENSORI DI PRESENZA PER LE LAMPADE FLUORESCENTI DEI CORRIDOI

L'intervento prevede la sostituzione degli attuali alimentatori convenzionali delle lampade a fluorescenza dei corridoi con alimentatori elettronici. Inoltre si considera l'installazione di sensori di presenza per lo spegnimento automatico delle lampade quando i locali non sono occupati. L'investimento tiene conto dei costi dei dispositivi e dei costi di installazione.

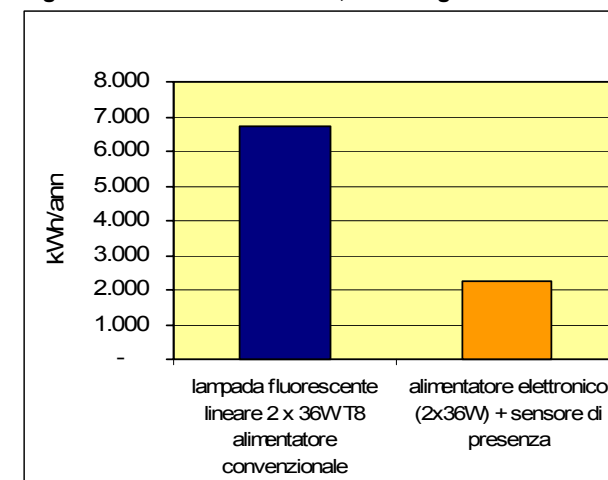
**Tabella 13 - Ipotesi di intervento su un utilizzatore elettrico**

| Tecnologia attualmente in uso          |                                                                    |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Tecnologia                             | lampada fluorescente lineare 2 x 36W T8 alimentatore convenzionale |
| Ubicazione                             | corridoi                                                           |
| Numero di unità                        | 26                                                                 |
| Potenza di ogni unità                  | 95 W                                                               |
| ore medie di funzionamento settimanale | 55 ore                                                             |
| Nuova tecnologia proposta              |                                                                    |
| Tecnologia                             | alimentatore elettronico (2x36W) + sensore di presenza             |
| Numero di unità                        | 26                                                                 |
| Potenza di ogni unità                  | 70 W                                                               |
| Ore medie di funzionamento settimanale | 25 ore                                                             |

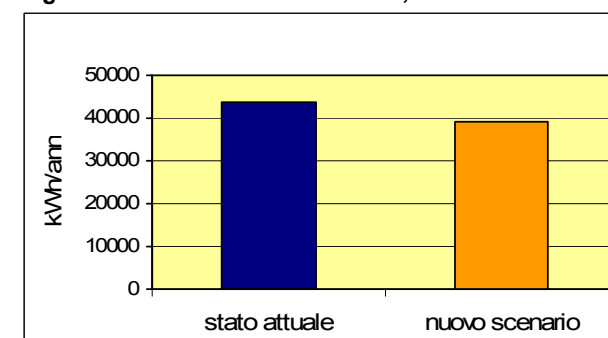
**Tabella 14 - Analisi economica dell'investimento**

|                             | €         | anni | t/anno | kWh/anno | %   |
|-----------------------------|-----------|------|--------|----------|-----|
| Investimento complessivo    | 3.950,00  |      |        |          |     |
| Risparmio energetico        |           |      |        | 4.453    |     |
| CO <sub>2</sub> evitata     |           |      | 2,3    |          | 2,7 |
| Risparmio economico annuo   | 760,00    |      |        |          |     |
| Vita utile nuova tecnologia |           | 20,3 |        |          |     |
| PBT (Pay Back Time)         |           | 5,2  |        |          |     |
| VAN                         | 11.410,00 |      |        |          |     |

**Figura 12 - Consumi elettrici, tecnologie a confronto**



**Figura 13 - Consumi totali elettrici, scenari a confronto**



## INTERVENTO DI RISPARMIO NEGLI USI FINALI ELETTRICI

### ALIMENTATORI ELETTRONICI E SENSORI DI PRESENZA/LUCE-NATURALE PER LE LAMPADE A FLUORESCENZA NELLE AULE

L'intervento consiste nella sostituzione degli attuali alimentatori delle lampade a fluorescenza delle aule con alimentatori elettronici. Contemporaneamente si provvede alla installazione di sensori di presenza e luce naturale che consentono lo spegnimento automatico delle luci nel caso in cui non si abbia presenza di persone o il livello di illuminamento fornito dalla luce esterna sia sufficiente (governando separatamente le due file di luci, vicine alle finestre e distanti da esse). L'investimento include i costi dei dispositivi e i costi di installazione.

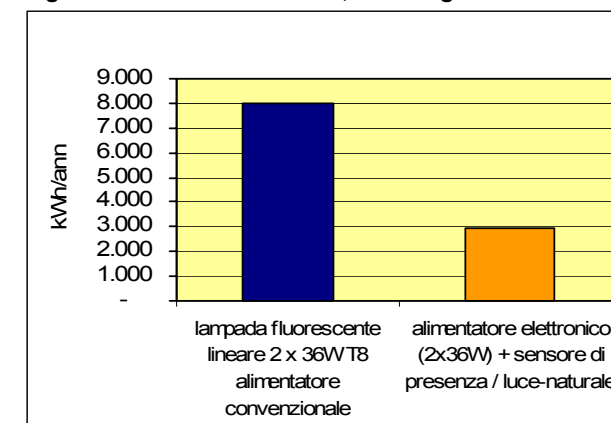
**Tabella 13 - Ipotesi di intervento su un utilizzatore elettrico**

| Tecnologia attualmente in uso          |                                                                        |      |     |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| Tecnologia                             | lampada fluorescente lineare 2 x 36W T8 alimentatore convenzionale     |      |     |
| Ubicazione                             | aule                                                                   |      |     |
| Numero di unità                        |                                                                        | 60   |     |
| Potenza di ogni unità                  |                                                                        | 95 W |     |
| ore medie di funzionamento settimanale |                                                                        | 40   | ore |
| Nuova tecnologia proposta              |                                                                        |      |     |
| Tecnologia                             | alimentatore elettronico (2x36W) + sensore di presenza / luce-naturale |      |     |
| Numero di unità                        |                                                                        | 60   |     |
| Potenza di ogni unità                  |                                                                        | 70 W |     |
| Ore medie di funzionamento settimanale |                                                                        | 20   | ore |

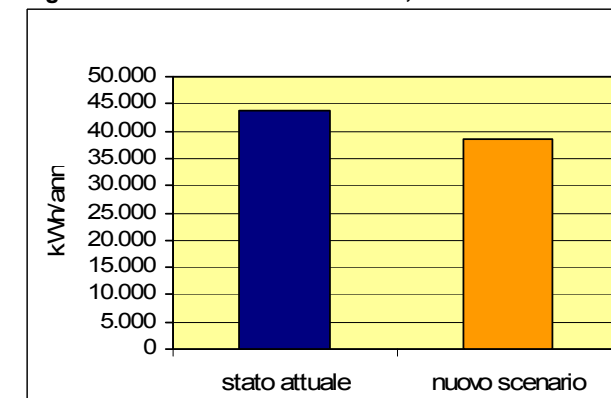
**Tabella 14 - Analisi economica dell'investimento**

|                             | €       | anni | t/anno | kWh/anno | %   |
|-----------------------------|---------|------|--------|----------|-----|
| Investimento complessivo    | 9000,00 |      |        |          |     |
| Risparmio energetico        |         |      |        | 5.040    |     |
| CO <sub>2</sub> evitata     |         |      | 2,6    |          | 3,1 |
| Risparmio economico annuo   | 860,00  |      |        |          |     |
| Vita utile nuova tecnologia |         | 20,0 |        |          |     |
| PBT (Pay Back Time)         |         | 10,5 |        |          |     |
| VAN                         | 8140,00 |      |        |          |     |

**Figura 12 - Consumi elettrici, tecnologie a confronto**



**Figura 13 - Consumi totali elettrici, scenari a confronto**



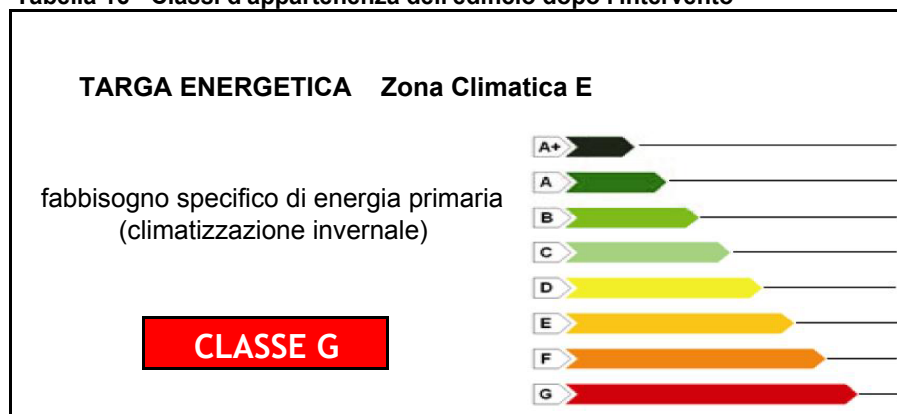
## INTERVENTO DI RISPARMIO NEGLI USI FINALI TERMICI SOSTITUZIONE DEI SERRAMENTI

Si ipotizza la sostituzione degli attuali serramenti, con vetrocamera semplice, senza taglio termico, con serramenti in legno ricoperto in alluminio con doppio vetro 4-16-4, con taglio termico con trasmittanza di 1,3 W/mqk.

**Tabella 15 - Risparmio energetico ed emissioni evitate**

|                                                            |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| Energia primaria considerata                               | gas         |
| Risparmio energetico annuo di energia primaria             | 10272 Smc   |
| CO <sub>2</sub> evitata                                    | 19,9 t/anno |
| Diminuzione percentuale delle emissioni di CO <sub>2</sub> | 23,7 %      |

**Tabella 16 - Classi d'appartenenza dell'edificio dopo l'intervento**



**Tabella 17 - Analisi economica dell'investimento**

|                                                            | €                | anni      | %            | €/Smc |
|------------------------------------------------------------|------------------|-----------|--------------|-------|
| Vita media investimento                                    |                  | 30        |              |       |
| <b>Investimento complessivo (ipotesi)</b>                  |                  |           |              |       |
| Costo dell'energia primaria                                |                  |           |              | 0,65  |
| Risparmio economico annuo                                  | 6.700,00         |           |              |       |
| Costi aggiuntivi di manutenzione annui                     | -                |           |              |       |
| Tasso di interesse                                         |                  |           | 6,00%        |       |
| Inflazione                                                 |                  |           | 2,50%        |       |
| Percentuale investimento mutuizzato                        |                  |           | 100,00%      |       |
| Durata mutuo                                               |                  | 10        |              |       |
| Investimento mutuizzato (spese incluse)                    | 140.614,40       |           |              |       |
| Quota di investimento effettuata all'anno uno              | 19.104,99        |           |              |       |
| Rata annua mutuo a tasso fisso                             | 19.104,99        |           |              |       |
| <b>VAN Valore Attuale Netto</b>                            | <b>28.900,00</b> |           |              |       |
| <b>PBT<sub>R</sub> Pay Back Time ipotesi Rateizzazione</b> |                  | <b>26</b> |              |       |
| <b>IRR tasso di rendimento interno</b>                     |                  |           | <b>1,63%</b> |       |
| <b>PBT<sub>S</sub> Pay Back Time semplice</b>              |                  | <b>21</b> |              |       |



Figura 14 - Entrate e uscite annuali

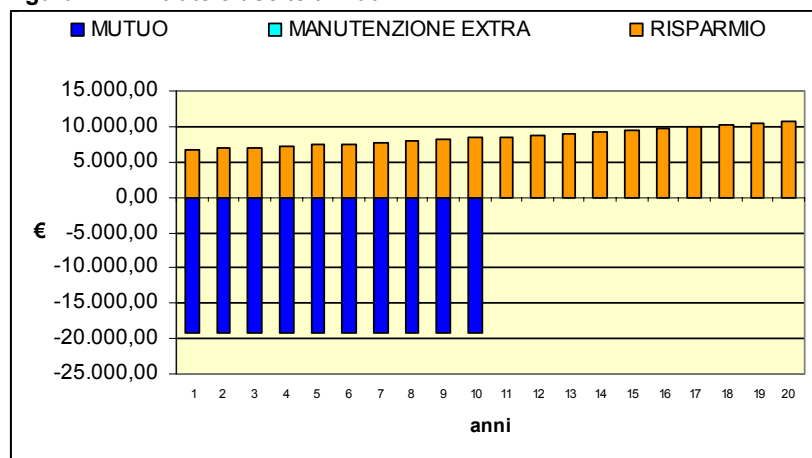


Figura 15 - Flusso di cassa netto

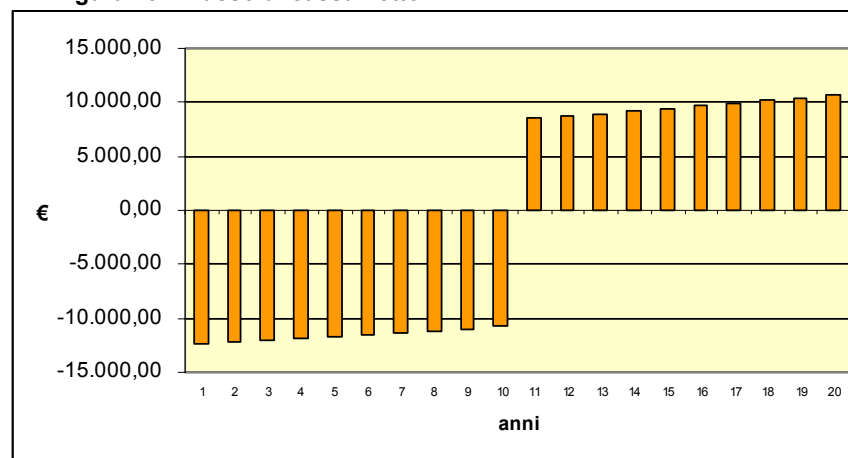


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

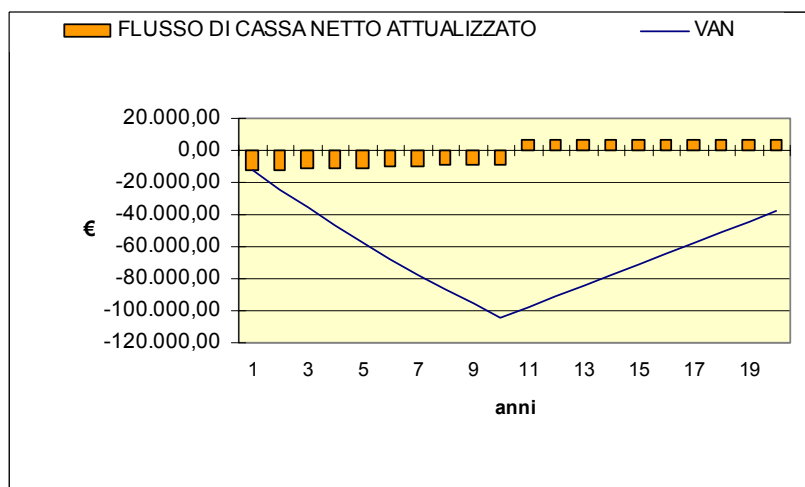
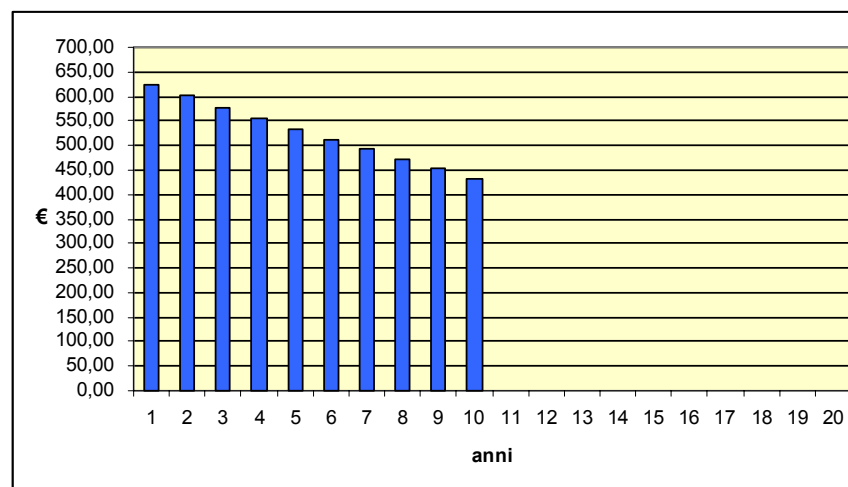


Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata



## INTERVENTO DI RISPARMIO NEGLI SISTEMI TERMICI SOSTITUZIONE DELLA CALDAIA E VALVOLE TERMOSTATICHE

Si ipotizza la sostituzione dell'attuale caldaia standard del 1992 con una caldaia a condensazione della potenza di 220 kW, e l'installazione di valvole termostatiche per ogni terminale scaldante.

**Tabella 15 - Risparmio energetico ed emissioni evitate**

|                                                            |             |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| Energia primaria considerata                               | gas         |
| Risparmio energetico annuo di energia primaria             | 12439 Smc   |
| CO <sub>2</sub> evitata                                    | 24,1 t/anno |
| Diminuzione percentuale delle emissioni di CO <sub>2</sub> | 28,7 %      |

**Tabella 16 - Classi d'appartenenza dell'edificio dopo l'intervento**



**Tabella 17 - Analisi economica dell'investimento**

|                                               | €                 | anni     | %       | €/Smc |
|-----------------------------------------------|-------------------|----------|---------|-------|
| Vita media investimento                       |                   | 30       |         |       |
| <b>Investimento complessivo (ipotesi)</b>     | <b>59.400,00</b>  |          |         |       |
| Costo dell'energia primaria                   |                   |          |         | 0,65  |
| Risparmio economico annuo                     | 8.100,00          |          |         |       |
| Costi aggiuntivi di manutenzione annui        | -                 |          |         |       |
| Tasso di interesse                            |                   |          | 6,00%   |       |
| Inflazione                                    |                   |          | 2,50%   |       |
| Percentuale investimento mutuizzato           |                   |          | 100,00% |       |
| Durata mutuo                                  |                   | 10       |         |       |
| Investimento mutuizzato (spese incluse)       | 59.400,00         |          |         |       |
| Quota di investimento effettuata all'anno uno | 8.070,56          |          |         |       |
| Rata annua mutuo a tasso fisso                | 8.070,56          |          |         |       |
| <b>VAN Valore Attuale Netto</b>               | <b>170.200,00</b> |          |         |       |
| <b>PBT<sub>s</sub> Pay Back Time semplice</b> |                   | <b>7</b> |         |       |

Figura 14 - Entrate e uscite annuali

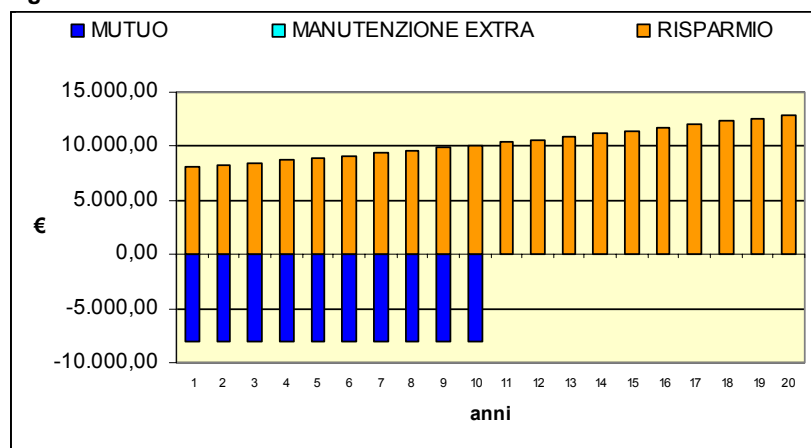


Figura 15 - Flusso di cassa netto

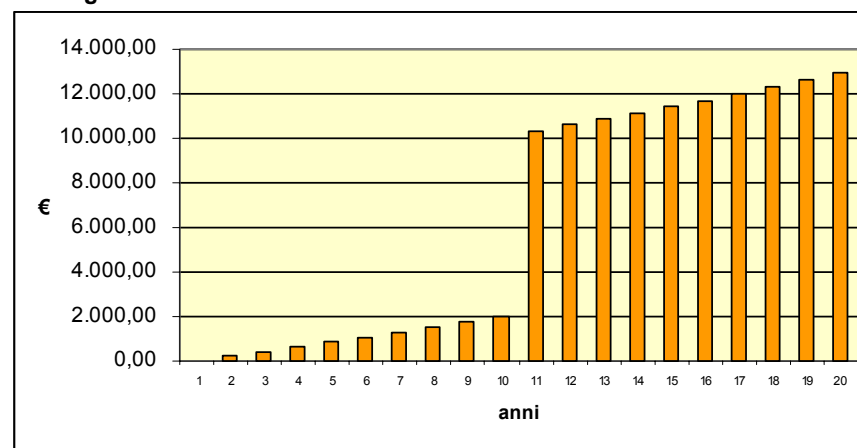


Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato

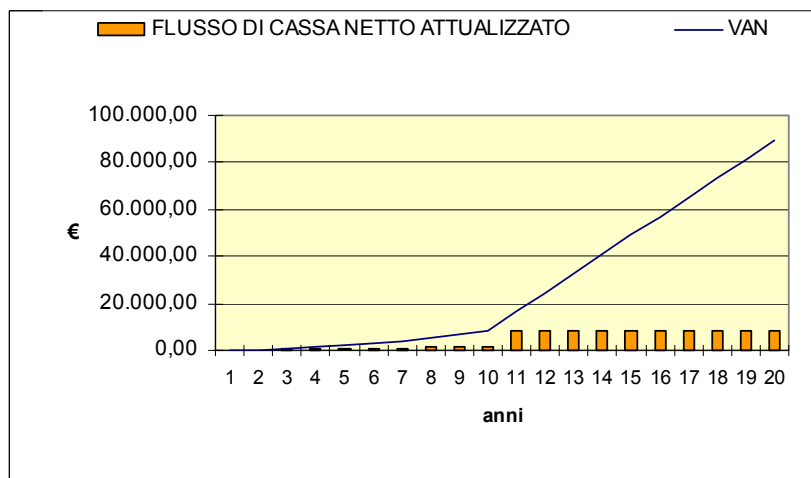
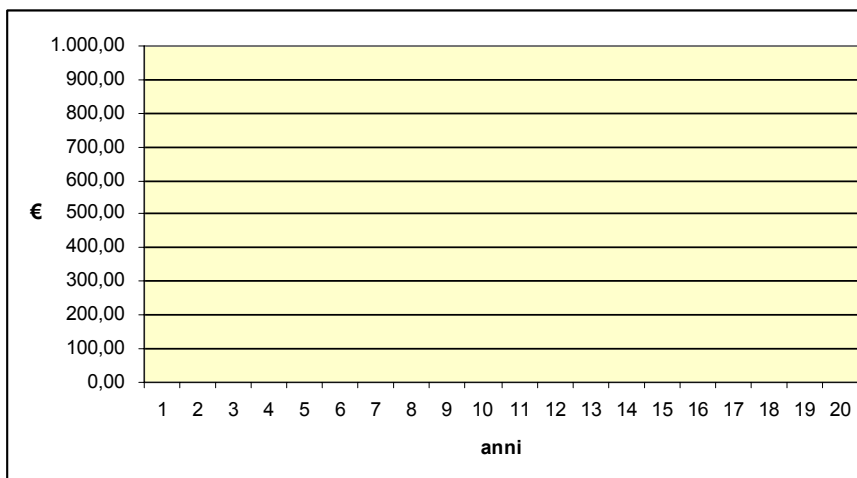


Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata



## INTERVENTO DI RISPARMIO ENERGETICO: IMPIANTO FOTOVOLTAICO

**POTENZA PROPOSTA: 19,8 kW**



Nel caso in fase di studio si è optato per un sistema di produzione con connessione alla rete elettrica (Grid Connected), soggetto agli incentivi concessi (con decreto del Ministero delle attività Produttive e dal Ministero dell' Ambiente) dal cosiddetto Conto Energia per il fotovoltaico.

In considerazione dei dati resi disponibili sulla copertura dell'edificio e dalla stima dei consumi di energia elettrica, è possibile prevedere e dimensionare un impianto in grado di ottimizzare al meglio le risorse disponibili.

La copertura di tipo piana, l'inclinazione ottimale dei moduli pari a 30 gradi rispetto al piano e l'esposizione a sud consentono di optare per un impianto non integrato (vedi immagine esemplificativa). La superficie totale lorda occupata dall'insieme dei pannelli fotovoltaici che verranno installati sulla copertura sarà di circa 368 mq.

Per ricoprire tale superficie vengono proposti 120 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino ciascuno della potenza di picco pari a 165 W per una potenza complessiva dell'impianto di 19,8 kWp.

Le tabelle della norma UNI 10349 permettono di desumere che il valore di radiazione solare ottimale (esposizione sud e angolo di tilt 30 gradi) per la provincia di Varese è di 1481,9 kWh/mq. L'orientamento del campo fotovoltaico (azimut), l'inclinazione rispetto l'orizzonte e il fattore di ombreggiamento stimato portano ad un valore corretto di radiazione solare pari a 1481,9 kWh/mq.

I benefici economici di derivanti da questa installazione sono rappresentati dall'incentivazione in conto energia e dal risparmio in bolletta ottenibile con lo scambio sul posto. Le tariffe incentivanti in "Conto Energia"- DM 19 febbraio 2007 prevedono che ogni kWh prodotto dall'impianto fotovoltaico venga incentivato, sia nel caso di assorbimento diretto da parte dell'utenza, sia nel caso venga immesso in rete.

Lo scambio sul posto è consentito per potenze che variano da 1 a 20 kW<sub>p</sub>. Il funzionamento è il seguente: L'energia (kWh) prodotta dall'impianto viene immessa in rete e misurata da un apposito contatore. Alla fine dell'anno la società elettrica effettua un conguaglio tra energia assorbita ed energia immessa; al cliente viene rimborsata una quota dell'energia assorbita pari a quella immessa in rete durante l'arco dell'anno; ciò significa che ogni kWh prodotto viene scalato dai consumi e quindi dalla bolletta elettrica.

Nella tabella seguente si illustra che la resa economica derivante da incentivazione e risparmio in bolletta si attesta sui 13652,95 €/anno, a fronte di un investimento iniziale stimabile intorno ai 141570 €/anno.

La tabella illustra l'analisi economica dell'investimento, ipotizzando la modalità di pagamento con rateizzazione a 10 anni. L'impianto fotovoltaico proposto si ripaga in 14 anni e nell'arco di 25 anni restituisce 1,6 volte l'investimento complessivo.

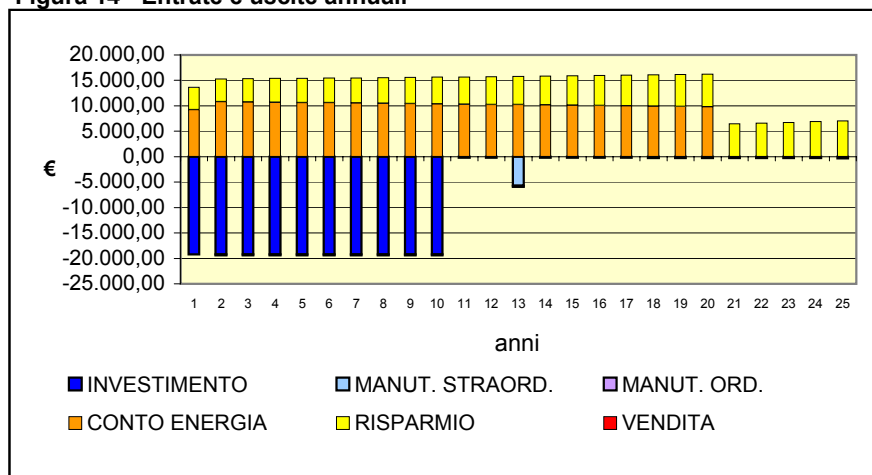
Questa stima tiene conto dei parametri riferiti alla producibilità, guadagno e risparmio annuo dell'impianto, puntualmente per ogni anno di vita, considerando il fisiologico decadimento del rendimento dei moduli, 0,5%/anno, e della manutenzione straordinaria necessaria agli inverter dopo il tredicesimo anno, oltre che della manutenzione ordinaria. Viene considerata inoltre l'inflazione, dal momento la normativa non prevede che il GSE rivaluti la tariffa con meccanismi di indicizzazione. L'accuratezza delle valutazioni tecniche sui rendimenti di sistema e la coerente aggiunta di considerazioni economico-finanziarie supplementari sono volutamente "cautelative e peggiorative".

## ANALISI ECONOMICA

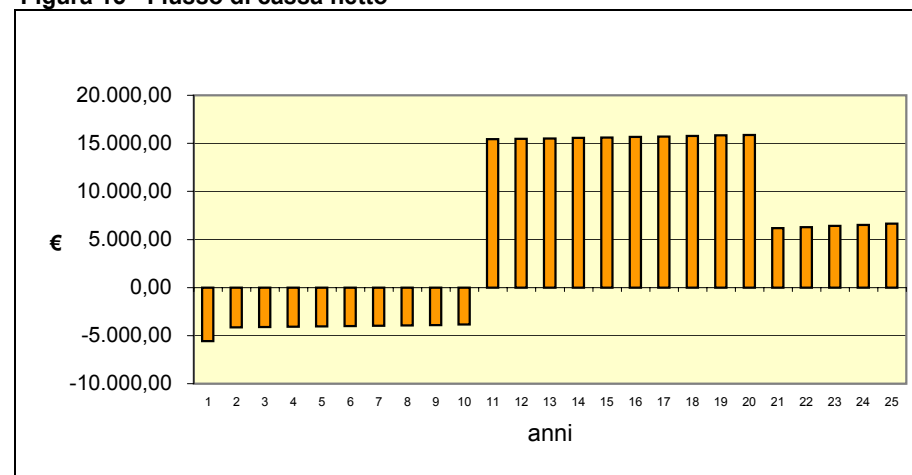
**Tabella 18 - Analisi tecnico-economica impianto fotovoltaico**

|                                                                | kW    | °     | m <sup>2</sup> | kWh/anno | anni      | €/kWh | €                 | €/m <sup>2</sup> | %             | ton/anno |
|----------------------------------------------------------------|-------|-------|----------------|----------|-----------|-------|-------------------|------------------|---------------|----------|
| Potenza                                                        | 19,80 |       |                |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Tecnologia: monocristallino; SOLARFUN - SF160-24 165W          |       |       |                |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Tipologia: non integrato                                       |       |       |                |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Regime contrattuale: scambio sul posto                         |       |       |                |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Azimut                                                         |       | sud   |                |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Inclinazione ottimale modulo                                   |       | 30,00 |                |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Superficie netta impiegata                                     |       |       | 153,20         |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Superficie lorda impiegata                                     |       |       | 368,42         |          |           |       |                   |                  |               |          |
| Decadimento efficienza celle applicato                         |       |       |                |          |           |       |                   |                  | 0,5% / anno   |          |
| Rendimento di sistema                                          |       |       |                |          |           |       |                   |                  | 79,00%        |          |
| Irradiazione solare media (UNI 10349)                          |       |       |                | 227.022  |           |       |                   |                  |               |          |
| Produzione                                                     |       |       |                | 23.180   |           |       |                   |                  |               |          |
| CO <sub>2</sub> evitata                                        |       |       |                |          |           |       |                   |                  | 14,31%        | 12,0     |
| Premio da sommare alla tariffa incentivante dopo il primo anno |       |       |                |          |           | 0,07  |                   |                  |               |          |
| <b>Investimento complessivo</b>                                |       |       |                |          |           |       | <b>141.570,00</b> |                  |               |          |
| Incentivazione annua Conto Energia                             |       |       |                | 23.180   |           | 0,40  | 9.248,77          |                  |               |          |
| Risparmio annuo                                                |       |       |                | 23.180   |           | 0,19  | 4.404,18          |                  |               |          |
| Vendita annua                                                  |       |       |                | -        |           | 0,10  | -                 |                  |               |          |
| <b>Resa annua (risparmi + incentivi)</b>                       |       |       |                |          |           |       | <b>13.652,95</b>  |                  |               |          |
| Manutenzione annua                                             |       |       |                |          |           |       | 198,00            |                  |               |          |
| Incentivo a fondo perduto                                      |       |       |                |          |           |       | -                 |                  |               |          |
| Investimento mutuizzato                                        |       |       |                |          |           |       | 141.570,00        |                  |               |          |
| Numero anni pagamento                                          |       |       |                |          | 10        |       |                   |                  |               |          |
| Rata annua mutuo a tasso fisso                                 |       |       |                |          |           |       | 19.234,83         |                  |               |          |
| Quota investimento effettuata all'anno 1                       |       |       |                |          |           |       | 19.234,83         |                  |               |          |
| Inflazione                                                     |       |       |                |          |           |       |                   |                  | 2,50%         |          |
| Inflazione energia elettrica                                   |       |       |                |          |           |       |                   |                  | 2,50%         |          |
| Tasso di interesse bancario                                    |       |       |                |          |           |       |                   |                  | 6,00%         |          |
| <b>VAN Valore attuale netto</b>                                |       |       |                |          |           |       | <b>90.646,48</b>  | <b>591,70</b>    |               |          |
| <b>PBT Pay Back Time</b>                                       |       |       |                |          | <b>14</b> |       |                   |                  |               |          |
| <b>IRR tasso di rendimento interno</b>                         |       |       |                |          |           |       |                   |                  | <b>11,73%</b> |          |

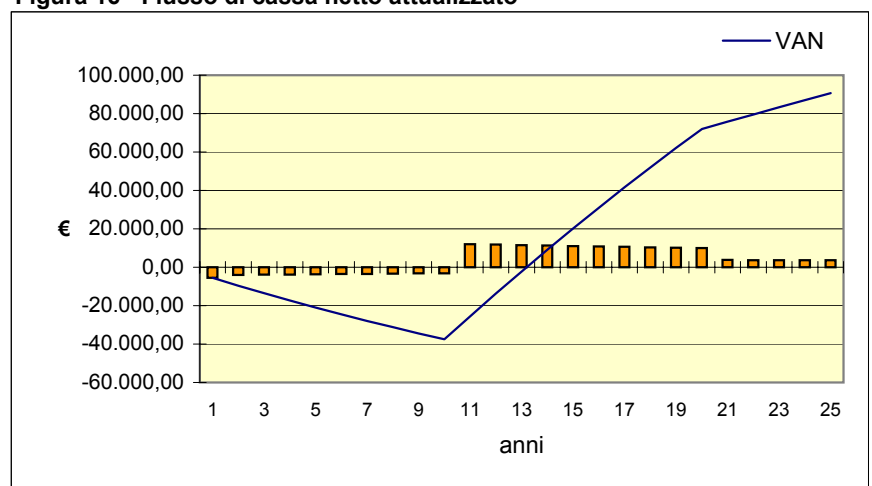
**Figura 14 - Entrate e uscite annuali**



**Figura 15 - Flusso di cassa netto**



**Figura 16 - Flusso di cassa netto attualizzato**



**Figura 17 - Costo attualizzato della tonnellata di CO<sub>2</sub> evitata**

