

RELAZIONE DI DIAGNOSI ENERGETICA

(rapporto finale)

secondo UNI CEI EN 16247-1-2

Committente

Nome *Provincia di Parma*
Indirizzo *Viale Martiri della Libertà, 15 - Parma*

Edificio / condominio

Descrizione *ED008 – S25 - I.P.S.I.A. P. Levi*
Indirizzo *Piazzale Sicilia, 5 - Parma*

Studio tecnico

Nome *Costel & Partners S.r.l.*
Indirizzo *Via Gian Pietro Sardi, 24/A - 43124 Parma (PR)*

Software di calcolo *Edilclima EC700 versione 11.22.23 ed EC720 versione 6.22.19*
Data di redazione del documento *06/03/2023*

SOMMARIO

| | |
|----------|--|
| 1 | Premessa |
| 2 | Sintesi della diagnosi energetica |
| 3 | Generalità ed impostazioni di calcolo |
| 4 | Analisi energetica dell'edificio |
| 4.1 | Dati climatici (calcolo mensile) |
| 4.2 | Caratteristiche del fabbricato (calcolo mensile) |
| 4.2.1 | <i>Strutture disperdenti</i> |
| 4.2.2 | <i>Principali risultati dei calcoli</i> |
| 4.3 | Caratteristiche degli impianti |
| 4.3.1 | <i>Impianto di riscaldamento idronico</i> |
| 4.3.2 | <i>Impianto di acqua calda sanitaria</i> |
| 4.3.3 | <i>Altri impianti</i> |
| 4.4 | Principali risultati dei calcoli |
| 5 | Confronto con i consumi reali |
| 5.1 | Edificio |
| 5.1.1 | <i>Anno 2022</i> |
| 5.1.2 | <i>Stagione media</i> |
| 6 | Raccomandazioni circa i possibili interventi |
| 6.1 | Riqualficazione coperture e serramenti |
| 6.1.1 | <i>Coibentazione della copertura</i> |
| 6.1.2 | <i>Sostituzione serramenti</i> |
| 6.1.3 | <i>Coibentazione della copertura</i> |
| 6.1.4 | <i>Prestazioni raggiungibili</i> |
| 6.2 | Valvole termostatiche e contabilizzazione |
| 6.2.1 | <i>Installazione valvole termostatiche su tutti i corpi radianti</i> |
| 6.2.2 | <i>Installazione di sistemi di contabilizzazione</i> |
| 6.2.3 | <i>Prestazioni raggiungibili</i> |
| 6.3 | Cogeneratore |
| 6.3.1 | <i>Cogeneratore</i> |
| 6.2.3 | <i>Prestazioni raggiungibili</i> |
| 6.4 | Prestazioni complessive raggiungibili |

1 PREMESSA

Per “diagnosi energetica” di un edificio si intende, in conformità al DLgs 192/05 (allegato A, comma 10), un elaborato tecnico, riguardante tanto il fabbricato quanto gli impianti, volto ad individuare le possibili opportunità di risparmio energetico (quantificandone i risparmi conseguibili, energetico ed economico, ed i rispettivi tempi di ritorno), ad identificare la classe energetica raggiungibile a valle degli interventi ed a fornire, nel contempo, un’adeguata motivazione delle scelte impiantistiche prospettate. La diagnosi energetica di un edificio può essere diretta, in generale, a differenti scopi, quali una riqualificazione energetica, un’analisi volontaria o il soddisfacimento di obblighi di legge (es. nuova installazione o ristrutturazione di impianti con potenza superiore o uguale a 100 kW_t, compreso il distacco dall’impianto centralizzato, adempimenti connessi alle grandi imprese ed imprese energivore, ecc.).

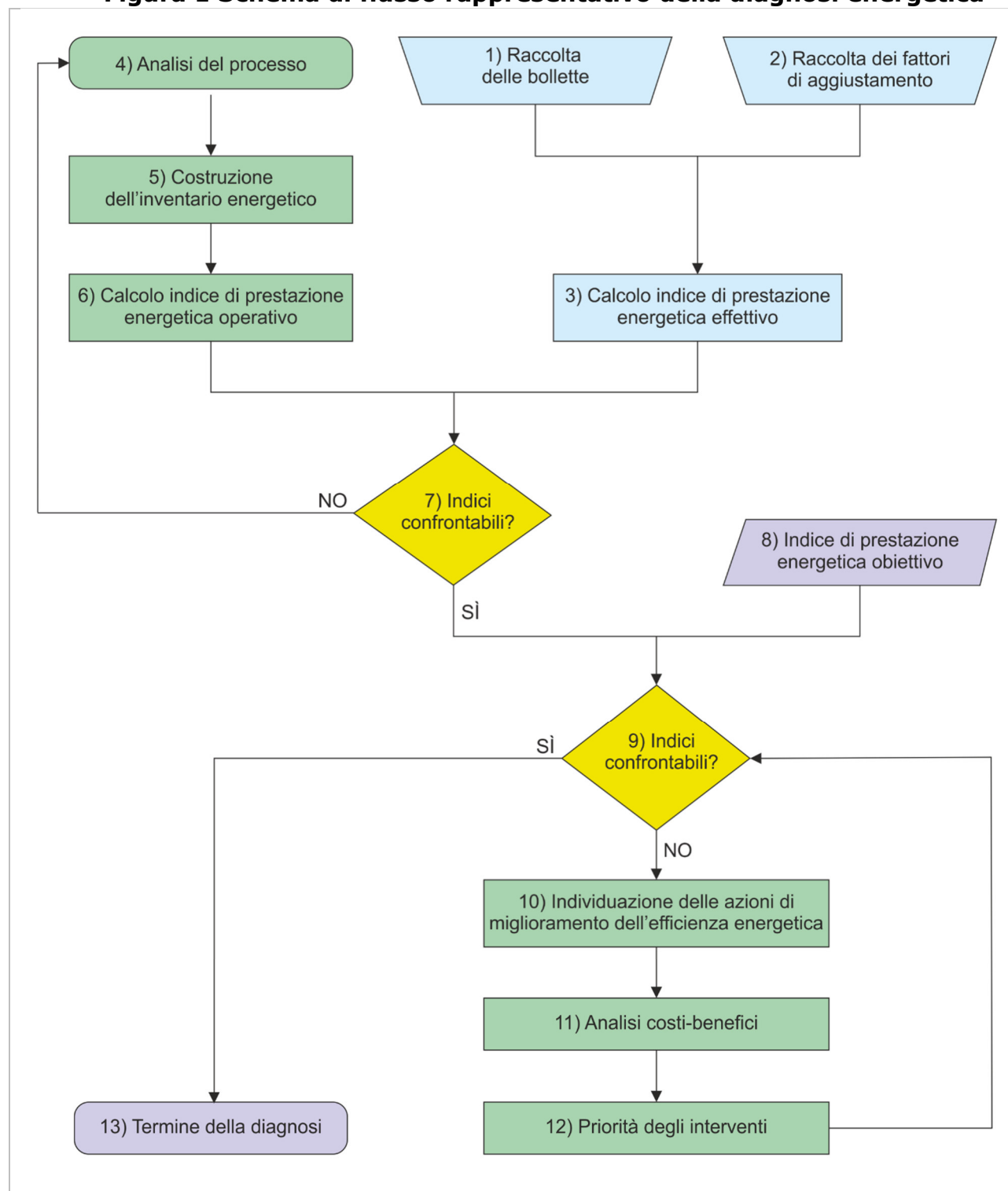
Modalità operative

Le modalità operative, gli scopi ed i passaggi essenziali di una diagnosi energetica sono definiti dalle norme UNI CEI/TR 11428 ed UNI CEI EN 16247. In particolare la prima, costituente una sorta di linea guida nazionale, disciplina i requisiti ed aspetti generali mentre la seconda, traduzione italiana della corrispondente norma europea, si articola in quattro parti, riguardanti, rispettivamente, i principi di base, gli edifici, i processi ed i trasporti. Ad esse si aggiungono, per ciascun ambito di applicazione della diagnosi, i rispettivi progetti di linee guida CTI, ad oggi in fase di elaborazione. Secondo tali norme, la diagnosi energetica di un edificio consiste in una procedura sistematica ed articola in passaggi ben definiti, così sintetizzabili: il rilievo delle bollette (consumi storici), l’analisi energetica dell’edificio (volta a fornire un’adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico, tenuto conto di tutti i servizi energetici dei quali l’edificio è provvisto), il confronto tra i consumi calcolati ed i consumi reali (validazione sul campo del modello di calcolo), l’individuazione delle opportunità di risparmio energetico (ottimizzandole sotto il profilo dei costi-benefici) ed il resoconto finale in merito alle valutazioni svolte ed ai risultati conseguiti. A ciò si aggiunge una verifica finale, a valle dell’esecuzione delle opere, basata sul confronto tra le prestazioni attese ed i consumi effettivamente raggiunti. Secondo chiarimenti forniti da CTI ed ENEA, la conformità della diagnosi alle predette normative è garanzia di rispetto dei requisiti richiesti dall’allegato 2 al DLgs 102/14. Gli aspetti procedurali ed i passaggi essenziali della diagnosi sono riassumibili in uno schema di flusso, raffigurato nella pagina seguente (figura 1).

Metodologie di calcolo

L’analisi energetica dell’edificio consiste nell’individuazione dei flussi di energia relativi al fabbricato (involucro edilizio) ed agli impianti (sistemi tecnologici dedicati ai differenti servizi). Presupposto di tale analisi è l’esecuzione di un accurato rilievo. Occorre però mettere in evidenza una profonda differenza, dal punto di vista metodologico, tra i calcoli finalizzati alla certificazione energetica ed i calcoli finalizzati alla diagnosi. Se infatti lo scopo dei calcoli di certificazione è quello di definire indicatori di riferimento, volti a “contrassegnare” gli edifici ed a consentirne il confronto, l’obiettivo primario di una diagnosi è la costruzione di un modello di calcolo affidabile, finalizzato all’individuazione dei consumi effettivi ed alla modellazione delle possibili opere di efficientamento. Ne consegue che, in caso di certificazione, occorre attenersi a metodologie ben circoscritte nonché strettamente normate. In particolare, le metodologie di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici sono ad oggi definite dai decreti attuativi della Legge 90/13, vale a dire i DM 26.06.15, secondo i quali il pacchetto normativo di riferimento è costituito dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300 ed altre norme EN ad esse correlate. In caso invece di diagnosi, pur costituendo le UNI/TS 11300 il metodo di base ed un punto di riferimento, ci si avvale di un calcolo più “libero”, il quale si discosta, ove necessario, da esse in virtù dell’obiettivo primario perseguito, vale a dire la comprensione delle ragioni dei consumi effettivi. I differenti scopi ed approcci dei calcoli finalizzati alla certificazione ed alla diagnosi sono inoltre espressi ed enfatizzati dall’adozione di differenti opzioni ed impostazioni. Il calcolo delle prestazioni energetiche può essere infatti condotto secondo tre differenti modalità di valutazione, come definite dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300 (prospetto 2): A1 (di progetto), A2 (standard) ed A3 (adattata all’utenza). Le prime due modalità (A1 ed A2), le quali trovano applicazione, rispettivamente, ai calcoli di progetto ed alla formulazione dell’APE, si fondano sull’adozione di parametri convenzionali, rappresentativi delle condizioni di clima ed utenza standard. La terza modalità (A3), da utilizzarsi ai fini delle diagnosi energetiche, si fonda invece su parametri quanto più possibile effettivi, volti a rappresentare le reali condizioni dell’edificio.

Figura 1 Schema di flusso rappresentativo della diagnosi energetica



2 SINTESI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

La presente diagnosi energetica ha come oggetto un edificio così identificato:

Caratteristiche generali dell'edificio oggetto della diagnosi

| | |
|---|--|
| Descrizione edificio | <i>ED008 - S25 I.P.S.I.A. P. Levi</i> |
| Comune | <i>Parma</i> |
| Provincia | <i>Parma</i> |
| CAP | <i>43100</i> |
| Indirizzo edificio | <i>Piazzale Sicilia, 5 - Parma</i> |
| Zona climatica | <i>E</i> |
| Gradi giorno DPR 412/93 ($GG_{DPR\ 412/93}$) [$^{\circ}Cg$] | <i>2502</i> |
| Categoria prevalente (DPR 412/93) | <i>E.7</i> |
| Altre categorie (DPR 412/93) | |
| Numero di unità immobiliari | <i>1</i> |
| Numero di fabbricati | <i>1</i> |
| Periodo di costruzione | <i>Anni '60</i> |
| Scopo / contesto della diagnosi energetica | <i>Riqualificazione energetica dell'edificio</i> |
| Riferimento | <i>DLgs 192/05, art. 2, comma 1</i> |

Descrizione sintetica dell'edificio

*L'edificio è adibito interamente ad attività scolastica di livello superiore ad indirizzo tecnico.
L'edificio è ampio e si sviluppa in varie ali, con altezze diverse.
Le porzioni di edificio adibite ad aule si sviluppano su tre piani fuori terra.
La porzione di edificio con gli uffici direzionali e l'accesso principale si sviluppa su due piani fuori terra.
La zona officine è costituita da un unico piano fuori terra.*

Immagine edificio



Le caratteristiche dimensionali dell'edificio sono così riassumibili:

Caratteristiche dimensionali complessive dell'edificio

| | | | |
|------------------|--------------------|----------|-----------------|
| Superficie utile | S _{utile} | 14716,77 | m ² |
| Superficie lorda | S _{lorda} | 15704,08 | m ² |
| Volume netto | V _{netto} | 57850,59 | m ³ |
| Volume lordo | V _{lordo} | 69898,03 | m ³ |
| Fattore di forma | S/V | 0,29 | m ⁻¹ |

L'edificio è provvisto, nel suo stato di fatto, dei seguenti servizi energetici ed impianti:

Servizi ed impianti di cui è provvisto l'edificio

| Servizio / impianto | Tipologia | Caratteristiche |
|---|---------------|-----------------|
| Riscaldamento idronico (H _{idr}) | Centralizzato | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | Centralizzato | Combinato |
| Climatizzazione estiva (C) | Assente | - |
| Ventilazione (V) | Assente | - |
| Riscaldamento aeraulico (H _{aer}) | Assente | - |
| Illuminazione (L) | Considerato | - |
| Trasporto (T) | Assente | - |
| Solare termico (ST) | Assente | - |
| Solare fotovoltaico (SF) | Assente | - |

Le prestazioni energetiche dell'edificio sono, nello stato di fatto, così riassumibili:

Prestazioni energetiche stato di fatto

| | | | |
|---|-----------------------|-----------|---------------------------------------|
| Indice di prestazione energetica globale non innovabile | EP _{gl,nren} | 182,95 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica | | F | |
| Spesa globale annua | S _{gl} | 204772,16 | €/anno |

Sono stati individuate le seguenti possibili opere di risparmio energetico (raccomandazioni), articolate in differenti scenari. Ciascuno scenario si articola a sua volta in più interventi.

Raccomandazioni

| Raccomandazioni | | | | | |
|--|-------------------------------|----------------------|---|----------|-------|
| Scenario | 1 | Descrizione scenario | Riqualificazione coperture e serramenti | | |
| Intervento | Descrizione intervento | | Costo (C) [€] | | |
| 1 | Coibentazione della copertura | | 1158346,00 | | |
| 2 | Sostituzione serramenti | | 1260240,25 | | |
| 3 | Coibentazione della copertura | | 284560,81 | | |
| Parametri di valutazione | | Stato di fatto | Scenario | Δ | % |
| Costo complessivo scenario(C) [€] | | | 2703147,00 | | |
| Spesa globale annua (S _{gl})[€/anno] | | 204772,16 | 180419,45 | 24352,70 | 11,90 |
| Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni] | | | 111,0 | | |
| EP _{gl,nren} [kWh _p /m²anno] | | 182,95 | 155,38 | 27,58 | 15,10 |
| Classe energetica | | F | E | | |

| Scenario | 2 | Descrizione scenario | Valvole termostatiche e contabilizzazione | | |
|--|---|----------------------|---|----------|-------|
| Intervento | Descrizione intervento | | Costo (C) [€] | | |
| 1 | Installazione valvole termostatiche su tutti i corpi radianti | | 61000,00 | | |
| 2 | Installazione di sistemi di contabilizzazione | | 23400,00 | | |
| Parametri di valutazione | | Stato di fatto | Scenario | Δ | % |
| Costo complessivo scenario(C) [€] | | 84400,00 | | | |
| Spesa globale annua (S _{gl})[€/anno] | | 204772,16 | 166497,66 | 38274,50 | 18,70 |
| Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni] | | 2,2 | | | |
| EP _{gl,nren} [kWh _p /m²anno] | | 182,95 | 157,01 | 25,94 | 14,18 |
| Classe energetica | | F | E | | |

| Scenario | 3 | Descrizione scenario Cogeneratore | | |
|--|------------------------------|-----------------------------------|-----------|---------------|
| Intervento | Descrizione intervento | | | Costo (C) [€] |
| 1 | Cogeneratore 83 kWt e 50 kWe | | | 453000,00 |
| Parametri di valutazione | | Stato di fatto | Scenario | Δ |
| Costo complessivo scenario(C) [€] | | | 453000,00 | |
| Spesa globale annua (S_{gl}) [€/anno] | | 204772,16 | 143530,52 | 61241,64 |
| Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni] | | | 7,5 | 7,4 |
| $EP_{gl,nren}$ [kWh _p /m ² anno] | | 182,95 | 147,03 | 35,92 |
| Classe energetica | | F | E | |

Le opere di risparmio energetico verranno descritte, nel dettaglio, al capitolo "Raccomandazioni circa i possibili interventi".

3 GENERALITA' ED IMPOSTAZIONI DI CALCOLO

La procedura di diagnosi energetica richiede una valutazione dell'edificio nel suo complesso, tenuto conto di tutti i servizi energetici ed impianti in esso presenti (progetto di linee guida CTI, punto 1).

Rilievo dell'edificio

Il rilievo delle caratteristiche dell'edificio è stato effettuato con riferimento sia alle strutture disperdenti esterne sia ai sottosistemi impiantistici.

Software di calcolo

I software di calcolo adottati sono EC700 versione 11.22.23 (modulo base, provvisto di certificato di validazione CTI n. 73) ed EC720 versione 6.22.19 (modulo aggiuntivo, specifico per la diagnosi energetica).

Metodo ed impostazioni di calcolo

L'analisi è stata eseguita applicando le specifiche tecniche UNI/TS 11300 ed adottando la modalità di valutazione A3 (Tailored Rating). Il calcolo dell'energia termica utile invernale ed estiva è stato condotto secondo il metodo mensile. La modalità di valutazione A3 si basa sulle condizioni effettive di utilizzo (tenendo conto, ad esempio, di aspetti quali la stagione di calcolo reale, il regime di funzionamento dell'impianto ed il fattore di contabilizzazione). La modalità di valutazione A2 (Asset Rating), così come la modalità di valutazione A1 (Design Rating), si basa invece sulle condizioni standard (adozione di valori convenzionali o tabulati). La valutazione A3 può discostarsi in modo più o meno marcato dalla valutazione A2 secondo lo scopo ed in base alla discrezione ed esperienza del progettista (al limite le due modalità di valutazione possono coincidere). Si riassumono, nel prospetto seguente, le principali differenze tra le modalità di valutazione A1, A2 ed A3.

Prospetto 1 Principali differenze tra le modalità di valutazione A1, A2 ed A3

| Parametro | A1 / A2 | A3 |
|---------------------------------------|--------------------------|--|
| Dati climatici | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Fattori di ombreggiatura | Convenzionali | Convenzionali / analitici / forfettari |
| Apporti interni | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Temperature interne | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Umidità relativa interna | Convenzionale | Convenzionale / reale |
| Ricambi d'aria | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Stagione di riscaldamento | Convenzionale | Convenzionale / reale / nota |
| Stagione di raffrescamento | Convenzionale | Reale / nota |
| Vicini | Presenti | Presenti / assenti |
| Regime di funzionamento impianto | Continuo | Continuo / intermittente |
| Fattore di contabilizzazione | Non considerato | Considerato / non considerato |
| Rendimento di emissione | Semplificato / analitico | Semplificato / analitico / misure |
| Rendimento di regolazione | Convenzionale | Convenzionale / corretto |
| Consumi di ACS | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Temperature reti di distribuzione ACS | Convenzionali | Convenzionali / reali |
| Illuminazione | Ambienti interni | Ambienti interni ed esterni |

Principali impostazioni di calcolo adottate (dati climatici, fabbricato, zone, locali ed impianti)

Dati climatici: Parma

Temperatura esterna di progetto (inverno/estate): -5°C/+31°C U.R. 55%

GG: 2502

Fabbricato adibito ad attività scolastica: E.7 – DPR 412/93

Stagione di riscaldamento

| | | | |
|--|------------|--------------|-----------|
| Data di inizio | 15 ottobre | Data di fine | 15 aprile |
| Giorni di riscaldamento (n_{risc}) | 183 | | |

Stagione di raffrescamento

| | | | |
|--|-------------|--------------|-------------|
| Data di inizio | 17 febbraio | Data di fine | 13 novembre |
| Giorni di raffrescamento (n_{raffr}) | 270 | | |

Fattori di conversione in energia primaria

| Vettore energetico | $f_{p,nren}$ [kWh _p /kWh _t /el] | $f_{p,ren}$ [kWh _p /kWh _t /el] | $f_{p,tot}$ [kWh _p /kWh _t /el] | f_{CO2} [kg/kWh _t /el] |
|------------------------------------|--|---|---|--|
| Energia elettrica da rete | 1,950 | 0,470 | 2,420 | 0,4332 |
| Gas naturale | 1,050 | 0,000 | 1,050 | 0,1998 |
| Teleriscaldamento | 1,500 | 0,000 | 1,500 | 0,3600 |
| Solare termico | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |
| Solare fotovoltaico | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |
| Ambiente esterno (pompa di calore) | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |
| Energia esportata da fotovoltaico | 0,000 | 1,000 | 1,000 | - |

Nota: i fattori di conversione dell'energia consegnata dai vettori energetici sono definiti dalla Tabella 1 del decreto "requisiti minimi" (DM 26.06.15). I fattori di conversione dell'energia elettrica esportata sono definiti dalla UNI/TS 11300-5, in vigore dal 29.06.16 (fino a tale data, si adottano invece quelli definiti dalla Raccomandazione CTI/14). Il costo dell'energia elettrica da rete è tratto dai prezzi correnti mentre i parametri relativi ai singoli combustibili verranno dettagliati, nel presente documento, in relazione a ciascun generatore.

Caratteristiche dei singoli vettori energetici

| Vettore energetico | UM | PCI [kWh _t /UM] | c [€/UM] |
|--------------------------------|------------------|----------------------------|----------|
| Metano | Sm ³ | 9,423 | 0,82 |
| Propano | Sm ³ | 24,636 | 0,82 |
| Butano | Sm ³ | 32,021 | 0,82 |
| Gasolio | kg | 11,870 | 1,70 |
| GPL | kg | 12,778 | 1,63 |
| Legname (25% umidità) | kg | 3,833 | 0,15 |
| Olio combustibile | kg | 11,750 | 1,07 |
| Pellet | kg | 4,667 | 0,25 |
| Carbone | kg | 7,917 | 0,14 |
| Teleriscaldamento | kWh _t | - | 0,09 |
| GPL (70% Propano + 30% Butano) | Sm ³ | 26,780 | 5,50 |
| Energia elettrica | kWh | - | 0,25 |

Valori limite

I valori limite dei parametri energetici, da adottarsi come riferimento per la valutazione ed il giudizio sui valori calcolati, sono definiti, così come le classi energetiche, dai decreti attuativi della Legge 90/13 (i cosiddetti DM 26.06.15, afferenti, rispettivamente, ai requisiti minimi ed alle linee guida nazionali), in relazione allo specifico edificio ed attraverso i corrispondenti edifici di riferimento. Per "edificio di riferimento" si intende una sorta di edificio "gemello" di quello considerato, con il quale condivide determinate caratteristiche, caratterizzato, però, da valori predefiniti di taluni parametri (quali, secondo il caso, trasmittanze, efficienze impiantistiche, ecc.). I valori minimi della quota rinnovabile sono invece definiti dal DLgs n. 28/11 (allegato 3, comma 1). Si precisa che la classe energetica ed i valori limite indicati nel presente documento, da considerarsi quali un riferimento, si basano sul calcolo effettuato secondo la valutazione A3 quindi non coincideranno necessariamente con quelli calcolati, rispettivamente, ai fini dell'APE (valutazione A2) o del progetto (valutazione A1).

Simboli adottati

Nella presente relazione si adotteranno, per i parametri energetici ed i servizi, i seguenti simboli principali (in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300):

| | | | |
|--|--|-----|---|
| Legenda dei parametri energetici: | | | |
| Q | Energia termica o elettrica | E | Consumo, energia consegnata, esportata o primaria |
| W | Energia elettrica | Φ | Potenza termica o elettrica |
| Legenda dei principali pedici: | | | |
| del | potenza o energia consegnata | em | emissione |
| p | energia primaria | reg | regolazione |
| out | uscita | du | distribuzione di utenza |
| in | ingresso | dp | distribuzione primaria |
| aux | ausiliari | gen | generazione |
| Legenda dei servizi: | | | |
| H _{idr} | Riscaldamento idronico | C | Raffrescamento (idronico ed aerale) |
| H _{aer} | Riscaldamento aerale (trattamenti aria) | W | Acqua calda sanitaria |
| H | Riscaldamento (idronico ed aerale) | V | Ventilazione |
| C _{idr} | Raffrescamento idronico | L | Illuminazione |
| C _{aer} | Raffrescamento aerale (trattamenti aria) | T | Trasporto di persone o cose |

4 ANALISI ENERGETICA DELL'EDIFICIO

4.1 Dati climatici (calcolo mensile)

Si sintetizzano di seguito le caratteristiche geografiche della località ed i principali dati climatici adottati nel calcolo. Si precisa che per "gradi giorno" si intende, in conformità alla norma UNI EN ISO 15927-6, la sommatoria degli scostamenti giornalieri tra la temperatura interna invernale ed esterna. In particolare, i gradi giorno "DPR 412/93" sono quelli definiti dal decreto ed utilizzati per la definizione della zona climatica. I gradi giorno "calcolati" sono invece rappresentativi delle temperature esterne in corrispondenza della quali è stata condotta l'analisi energetica.

Caratteristiche geografiche

| | | | |
|--|-------------------------|-----------|--------------------------------|
| Comune | Parma | | |
| Provincia | Parma | | |
| Altitudine s.l.m. | | 57 | m |
| Latitudine nord | | 44°48' | |
| Longitudine est | | 10°19' | |
| Gradi giorno DPR 412/93 | GG _{DPR412/93} | 2502 | °Cg |
| Zona climatica | | E | |
| Regione di vento | | ADRIATICO | |
| Direzione del vento prevalente | | Est | |
| Distanza da mare | | > 40 | km |
| Velocità del vento media | V _{media} | 1,50 | m/s |
| Velocità del vento massima | V _{max} | 3,00 | m/s |
| Temperatura esterna di progetto | θ _{e,des} | -5,0 | °C |
| Irradianza mensile massima sul piano orizzontale | | 287,0 | W _t /m ² |

Dati climatici (modello di calcolo)

| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|--|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| θ _{est} [°C] | 0,5 | 4,7 | 9,3 | 13,2 | 18,0 | 23,2 | 24,7 | 23,1 | 19,4 | 15,2 | 8,3 | 2,9 |
| H _{or,dir} [W/m ²] | 25,5 | 67,1 | 93,8 | 115,7 | 150,5 | 184,0 | 180,6 | 141,2 | 92,6 | 55,6 | 35,9 | 19,7 |
| H _{or,diff} [W/m ²] | 23,1 | 35,9 | 56,7 | 76,4 | 100,7 | 103,0 | 98,4 | 88,0 | 74,1 | 47,5 | 26,6 | 20,8 |

Legenda:

θ_{est} Temperatura esterna media mensile
H_{or,dir} Irradiazione solare diretta media mensile sul piano orizzontale
H_{or,diff} Irradiazione solare diffusa media mensile sul piano orizzontale

4.2 Caratteristiche del fabbricato (calcolo mensile)

Il calcolo del fabbisogno di energia termica utile del fabbricato (inteso come solo involucro edilizio, senza considerare gli impianti) si fonda, in caso di metodo mensile, su un bilancio termico tra dispersioni ed apporti. Tale calcolo deve essere condotto per ciascuna zona termica. In particolare, secondo quanto indicato dalla UNI/TS 11300-1 (punto 12), ai fini delle prestazioni termiche del fabbricato ($Q_{H/C,nd,rif}$), ovvero l'energia utile, si considera la sola ventilazione naturale o "di riferimento" mentre, ai fini delle prestazioni energetiche dell'edificio ($E_{H/C,p}$), ovvero l'energia primaria, si considera la ventilazione meccanica o "effettiva", ove presente. Il fabbisogno complessivo dell'edificio si ottiene poi come sommatoria dei fabbisogni delle singole zone.

Calcolo invernale

Il fabbisogno mensile di energia utile della singola zona per riscaldamento ($Q_{H,nd,rif}$) si calcola nel seguente modo (UNI/TS 11300-1, formula 1):

$$Q_{H,nd} = (Q_{H,tr} + Q_{H,r} + Q_{H,ve} - Q_{H,sol,op}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{H,int} + Q_{H,sol,w}) \quad [kWh_t]$$

dove:

- $Q_{H,tr}$ = dispersioni per trasmissione [kWh_t];
- $Q_{H,r}$ = dispersioni per extraflusso [kWh_t];
- $Q_{H,ve}$ = dispersioni per ventilazione [kWh_t];
- $Q_{H,sol,op}$ = apporti solari attraverso i componenti opachi [kWh_t];
- $\eta_{H,gn}$ = fattore di utilizzazione degli apporti [-];
- $Q_{H,int}$ = apporti interni [kWh_t];
- $Q_{H,sol,w}$ = apporti solari attraverso i componenti finestrati [kWh_t].

Calcolo estivo

Il fabbisogno mensile di energia utile della singola zona per raffrescamento ($Q_{C,nd,rif}$) si calcola nel seguente modo (UNI/TS 11300-1, formula 2):

$$Q_{C,nd} = (Q_{C,int} + Q_{C,sol,w}) - \eta_{C,ls} \times (Q_{C,tr} + Q_{C,r} + Q_{C,ve} - Q_{C,sol,op}) \quad [kWh_t]$$

dove:

- $Q_{C,int}$ = apporti interni [kWh_t];
- $Q_{C,sol,w}$ = apporti solari attraverso i componenti finestrati [kWh_t];
- $\eta_{C,ls}$ = fattore di utilizzazione delle perdite [-];
- $Q_{C,tr}$ = dispersioni per trasmissione [kWh_t];
- $Q_{C,r}$ = dispersioni per extraflusso [kWh_t];
- $Q_{C,ve}$ = dispersioni per ventilazione [kWh_t];
- $Q_{C,sol,op}$ = apporti solari attraverso i componenti opachi [kWh_t].

4.2.1 Strutture disperdenti

Si descrivono di seguito le differenti strutture disperdenti costituenti il fabbricato raffrontandone le rispettive trasmittanze medie ai corrispondenti limiti di legge ed esplicitandone le dispersioni (invernali ed estive). Per ciascuna struttura verrà inoltre evidenziata la rispettiva incidenza sulle dispersioni totali. I valori limite sono costituiti, come prescritto dal DM 26.06.15 (appendice A), dalle trasmittanze del cosiddetto "edificio di riferimento". Per edificio di riferimento si intende un edificio identico a quello reale, per geometria ed ubicazione, ma contraddistinto da valori prefissati di determinati parametri. Si riporta inoltre una breve descrizione dei componenti finestrati ed opachi.

Descrizione sintetica dei componenti opachi

Le murature esterne sono costituite telaio e pilastri in cemento armato con tamponature in muratura con mattoni facciavista.

I pavimenti sono in laterocemento senza isolamento così come la copertura dell'edificio.

Descrizione sintetica dei componenti finestrati

I serramenti sono in alluminio con vetrocamera

4.2.2 Dispersioni edificio

Dispersioni invernali

| Cod. | Tipo | Descrizione | Muri | | | | | | | |
|--------|------|---|---|---------------------------------------|--|------|---|------|---|------|
| | | | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, op} [kWh _t] | % |
| M1 | T | Muro perimetrale 64 cm | 0,981 | 425,65 | 24792,3 | 2,2 | 3607,3 | 2,0 | 5309,3 | 1,2 |
| M2 | T | Muro perimetrale 60 cm | 1,034 | 918,95 | 56369,7 | 5,0 | 8201,8 | 4,6 | 8377,9 | 1,9 |
| M3 | T | Muro perimetrale 50 cm | 1,192 | 2639,69 | 186730,4 | 16,5 | 27169,2 | 15,3 | 40535,9 | 9,1 |
| M4 | T | Muro perimetrale 40 cm | 1,408 | 1056,08 | 88223,1 | 7,8 | 12836,4 | 7,2 | 21134,8 | 4,7 |
| M5 | T | Muro perimetrale 45 cm | 1,291 | 571,95 | 43815,8 | 3,9 | 6375,2 | 3,6 | 10513,8 | 2,4 |
| M6 | T | Muro perimetrale 25 cm | 1,932 | 116,96 | 13410,0 | 1,2 | 1951,1 | 1,1 | 2949,6 | 0,7 |
| M7 | T | Muro perimetrale 20 cm | 2,206 | 244,10 | 31954,7 | 2,8 | 4649,4 | 2,6 | 5437,9 | 1,2 |
| M9 | T | Muro perimetrale 35 cm | 1,548 | 290,46 | 26677,8 | 2,4 | 3881,6 | 2,2 | 5719,6 | 1,3 |
| M10 | G | Muro perimetrale 64 cm controterra | 0,000 | 80,90 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M11 | G | Muro perimetrale 60 cm controterra | 0,000 | 108,06 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M12 | G | Muro perimetrale 50 cm controterra | 0,801 | 343,01 | 16311,9 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M13 | G | Muro perimetrale 45 cm controterra | 0,000 | 115,21 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M14 | G | Muro perimetrale 40 cm controterra | 0,000 | 185,44 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M15 | G | Muro perimetrale 35 cm controterra | 0,000 | 50,78 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M17 | G | Muro perimetrale 25 cm controterra | 0,000 | 89,64 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M18 | G | Muro perimetrale 20 cm controterra | 0,000 | 38,16 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M27 | U | Muro interno 50 cm vs non climatizzato | 1,091 | 25,49 | 777,3 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M28 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato | 1,173 | 14,75 | 552,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M32 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PT | 1,173 | 31,31 | 2002,7 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M34 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PP | 1,173 | 24,91 | 1592,4 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M35 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PS | 1,173 | 45,31 | 2966,2 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | | 7416,81 | 496177,0 | 43,7 | 68672,1 | 38,7 | 99978,9 | 22,4 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Pavimenti | | | | | | | |
|--------|------|--|---|---------------------------------------|--|-----|---|-----|---|-----|
| | | | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, op} [kWh _t] | % |
| P1 | G | Pavimento controterra | 0,272 | 3632,15 | 58616,2 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P4 | U | Pavimento piano terra vs seminterrato (non climatizzato 1) | 0,976 | 635,24 | 17332,1 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | | 4267,39 | 75948,3 | 6,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Soffitti | | | | | | | |
|--------|------|-------------------------------|---|---------------------------------------|--|------|---|------|---|------|
| | | | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, op} [kWh _t] | % |
| S2 | T | Copertura a falde esistente | 0,252 | 1229,45 | 18406,6 | 1,6 | 5356,3 | 3,0 | 5176,3 | 1,2 |
| S4 | T | Copertura non isolata | 0,759 | 3472,26 | 156409,2 | 13,8 | 45515,0 | 25,7 | 43982,7 | 9,8 |
| S5 | T | Copertura + pannello sandwich | 0,251 | 1720,15 | 25622,4 | 2,3 | 7456,1 | 4,2 | 7229,5 | 1,6 |
| S9 | T | Copertura piana | 1,537 | 853,00 | 77782,4 | 6,9 | 22634,6 | 12,8 | 21868,2 | 4,9 |
| Totale | | | | 7274,86 | 278220,6 | 24,5 | 80962,0 | 45,7 | 78256,7 | 17,5 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Componenti finestrate | | | | | | | |
|--------|------|---------------------------|---|---------------------------------------|--|------|---|------|--|------|
| | | | U [W _t /m ² K] | S _{tot} [m ²] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % | Q _{H,r} [kWh _t] | % | Q _{H,sol, w} [kWh _t] | % |
| W1 | T | finestra 290x180 | 2,462 | 229,68 | 33556,9 | 3,0 | 4540,7 | 2,6 | 46151,2 | 10,3 |
| W2 | T | finestra 290x250 | 2,462 | 268,25 | 39192,1 | 3,5 | 5303,3 | 3,0 | 63532,7 | 14,2 |
| W3 | T | finestra 290x100 | 2,462 | 185,60 | 27116,7 | 2,4 | 2981,3 | 1,7 | 30919,2 | 6,9 |
| W4 | T | finestra 210x180 | 2,462 | 521,64 | 76213,0 | 6,7 | 10312,8 | 5,8 | 103804,0 | 23,2 |
| W5 | T | finestra 210x100 | 2,462 | 2,10 | 306,8 | 0,0 | 41,5 | 0,0 | 387,7 | 0,1 |
| W8 | T | finestra 570x150 | 2,462 | 17,10 | 2498,4 | 0,2 | 338,1 | 0,2 | 6055,2 | 1,4 |
| W15 | T | vetrata ingresso 1220x500 | 2,462 | 61,00 | 8912,3 | 0,8 | 1206,0 | 0,7 | 13663,5 | 3,1 |
| W16 | T | finestra 560x100 | 2,462 | 22,40 | 3272,7 | 0,3 | 442,8 | 0,2 | 4489,4 | 1,0 |
| Totale | | | | 1307,77 | 191068,8 | 16,8 | 25166,4 | 14,2 | 269002,8 | 60,1 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Ponti termici | | | |
|---------------|------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|------|
| | | | Ψ [W _t /mK] | L _{tot} [m] | Q _{H,tr} [kWh _t] | % |
| Z1 | - | IF - Parete - Solaio interpiano | 0,178 | 4252,05 | 44202,8 | 3,9 |
| Z2 | - | GF - Parete - Solaio controterra | 0,176 | 1021,99 | 10578,3 | 0,9 |
| Z3 | - | W - Parete - Telaio | 0,181 | 2511,00 | 27045,6 | 2,4 |
| Z4 | - | P - Parete - Pilastro | 0,321 | 1633,23 | 31134,8 | 2,7 |
| Z6 | - | R - Parete - Copertura | -0,718 | 455,18 | -19385,8 | -1,7 |
| Totale | | | | 9873,45 | 93575,8 | 8,2 |

Dispersioni estive

| Cod. | Tipo | Descrizione | Muri | | | | | | | |
|--------|------|---|---------------|--------------------------|--|------|---|------|---|------|
| | | | U [Wt/m²K] | S _{tot} [m²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, op} [kWh _t] | % |
| M1 | T | Muro perimetrale 64 cm | 0,981 | 425,65 | 23505,8 | 2,2 | 7024,6 | 2,0 | 14911,4 | 1,2 |
| M2 | T | Muro perimetrale 60 cm | 1,034 | 918,95 | 53444,6 | 5,0 | 15971,7 | 4,6 | 24480,5 | 2,0 |
| M3 | T | Muro perimetrale 50 cm | 1,192 | 2639,69 | 177040,8 | 16,5 | 52907,8 | 15,3 | 100585,0 | 8,2 |
| M4 | T | Muro perimetrale 40 cm | 1,408 | 1056,08 | 83645,1 | 7,8 | 24997,0 | 7,2 | 45351,1 | 3,7 |
| M5 | T | Muro perimetrale 45 cm | 1,291 | 571,95 | 41542,2 | 3,9 | 12414,7 | 3,6 | 26183,8 | 2,1 |
| M6 | T | Muro perimetrale 25 cm | 1,932 | 116,96 | 12714,1 | 1,2 | 3799,6 | 1,1 | 6010,8 | 0,5 |
| M7 | T | Muro perimetrale 20 cm | 2,206 | 244,10 | 30296,5 | 2,8 | 9054,0 | 2,6 | 16091,2 | 1,3 |
| M9 | T | Muro perimetrale 35 cm | 1,548 | 290,46 | 25293,5 | 2,4 | 7558,8 | 2,2 | 16067,1 | 1,3 |
| M10 | G | Muro perimetrale 64 cm controterra | 0,000 | 80,90 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M11 | G | Muro perimetrale 60 cm controterra | 0,000 | 108,06 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M12 | G | Muro perimetrale 50 cm controterra | 0,801 | 343,01 | 15465,4 | 1,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M13 | G | Muro perimetrale 45 cm controterra | 0,000 | 115,21 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M14 | G | Muro perimetrale 40 cm controterra | 0,000 | 185,44 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M15 | G | Muro perimetrale 35 cm controterra | 0,000 | 50,78 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M17 | G | Muro perimetrale 25 cm controterra | 0,000 | 89,64 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M18 | G | Muro perimetrale 20 cm controterra | 0,000 | 38,16 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M27 | U | Muro interno 50 cm vs non climatizzato | 1,091 | 25,49 | 737,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M28 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato | 1,173 | 14,75 | 524,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M32 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PT | 1,173 | 31,31 | 1898,8 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M34 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PP | 1,173 | 24,91 | 1509,7 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| M35 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PS | 1,173 | 45,31 | 2812,3 | 0,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | | 7416,81 | 470430,0 | 43,7 | 133728,1 | 38,8 | 249680,9 | 20,4 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Pavimenti | | | | | | | |
|--------|------|--|---------------|--------------------------|--|-----|---|-----|---|-----|
| | | | U [Wt/m²K] | S _{tot} [m²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, op} [kWh _t] | % |
| P1 | G | Pavimento controterra | 0,272 | 3632,15 | 55574,6 | 5,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| P4 | U | Pavimento piano terra vs seminterrato (non climatizzato 1) | 0,976 | 635,24 | 16432,7 | 1,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Totale | | | | 4267,39 | 72007,3 | 6,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Soffitti | | | | | | | |
|--------|------|-------------------------------|---------------|--------------------------|--|------|---|------|---|------|
| | | | U [Wt/m²K] | S _{tot} [m²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, op} [kWh _t] | % |
| S2 | T | Copertura a falde esistente | 0,252 | 1229,45 | 17451,5 | 1,6 | 10430,6 | 3,0 | 16216,0 | 1,3 |
| S4 | T | Copertura non isolata | 0,759 | 3472,26 | 148293,0 | 13,8 | 88633,4 | 25,7 | 137920,3 | 11,3 |
| S5 | T | Copertura + pannello sandwich | 0,251 | 1720,15 | 24292,8 | 2,3 | 14519,6 | 4,2 | 22542,5 | 1,8 |
| S9 | T | Copertura piana | 1,537 | 853,00 | 73746,2 | 6,9 | 44077,4 | 12,8 | 68673,0 | 5,6 |
| Totale | | | | 7274,86 | 263783,5 | 24,5 | 157660,9 | 45,7 | 245351,8 | 20,1 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Componenti finestrate | | | | | | | |
|--------|------|---------------------------|-----------------------|--------------------------|--|------|---|------|--|------|
| | | | U [Wt/m²K] | S _{tot} [m²] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % | Q _{C,r} [kWh _t] | % | Q _{C,sol, w} [kWh _t] | % |
| W1 | T | finestra 290x180 | 2,462 | 229,68 | 31815,6 | 3,0 | 8842,4 | 2,6 | 132431,3 | 10,8 |
| W2 | T | finestra 290x250 | 2,462 | 268,25 | 37158,4 | 3,5 | 10327,3 | 3,0 | 153603,8 | 12,6 |
| W3 | T | finestra 290x100 | 2,462 | 185,60 | 25709,6 | 2,4 | 5805,6 | 1,7 | 82004,7 | 6,7 |
| W4 | T | finestra 210x180 | 2,462 | 521,64 | 72258,3 | 6,7 | 20082,5 | 5,8 | 297884,8 | 24,4 |
| W5 | T | finestra 210x100 | 2,462 | 2,10 | 290,9 | 0,0 | 80,8 | 0,0 | 1112,4 | 0,1 |
| W8 | T | finestra 570x150 | 2,462 | 17,10 | 2368,7 | 0,2 | 658,3 | 0,2 | 8936,1 | 0,7 |
| W15 | T | vetrata ingresso 1220x500 | 2,462 | 61,00 | 8449,8 | 0,8 | 2348,4 | 0,7 | 39207,6 | 3,2 |
| W16 | T | finestra 560x100 | 2,462 | 22,40 | 3102,9 | 0,3 | 862,4 | 0,2 | 12885,0 | 1,1 |
| Totale | | | | 1307,77 | 181154,1 | 16,8 | 49007,7 | 14,2 | 728065,7 | 59,5 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Ponti termici | | | |
|---------------|------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|------|
| | | | Ψ [W _t /mK] | L _{tot} [m] | Q _{C,tr} [kWh _t] | % |
| Z1 | - | IF - Parete - Solaio interpiano | 0,178 | 4252,05 | 41909,1 | 3,9 |
| Z2 | - | GF - Parete - Solaio controterra | 0,176 | 1021,99 | 10029,4 | 0,9 |
| Z3 | - | W - Parete - Telaio | 0,181 | 2511,00 | 25642,2 | 2,4 |
| Z4 | - | P - Parete - Pilastro | 0,321 | 1633,23 | 29519,2 | 2,7 |
| Z6 | - | R - Parete - Copertura | -0,718 | 455,18 | -18379,9 | -1,7 |
| Totale | | | | 9873,45 | 88720,0 | 8,2 |

Trasmittanze termiche medie

| Cod. | Tipo | Descrizione | Muri | | U _{limite} [Wt/m ² K] | |
|------|------|---|----------------------------|---|---|-------|
| | | | U [Wt/m ² K] | U _{media} [Wt/m ² K] | 2015 | 2021 |
| M1 | T | Muro perimetrale 64 cm | 0,981 | 1,512 | 0,300 | 0,280 |
| M2 | T | Muro perimetrale 60 cm | 1,034 | 1,113 | 0,300 | 0,280 |
| M3 | T | Muro perimetrale 50 cm | 1,192 | 1,434 | 0,300 | 0,280 |
| M4 | T | Muro perimetrale 40 cm | 1,408 | 1,521 | 0,300 | 0,280 |
| M5 | T | Muro perimetrale 45 cm | 1,291 | 1,528 | 0,300 | 0,280 |
| M6 | T | Muro perimetrale 25 cm | 1,932 | 2,006 | 0,300 | 0,280 |
| M7 | T | Muro perimetrale 20 cm | 2,206 | 2,234 | 0,300 | 0,280 |
| M9 | T | Muro perimetrale 35 cm | 1,548 | 1,951 | 0,300 | 0,280 |
| M10 | G | Muro perimetrale 64 cm controterra | 0,000 | 0,095 | 0,300 | 0,280 |
| M11 | G | Muro perimetrale 60 cm controterra | 0,000 | 0,499 | 0,300 | 0,280 |
| M12 | G | Muro perimetrale 50 cm controterra | 0,801 | 0,896 | 0,300 | 0,280 |
| M13 | G | Muro perimetrale 45 cm controterra | 0,000 | 0,095 | 0,300 | 0,280 |
| M14 | G | Muro perimetrale 40 cm controterra | 0,000 | 0,095 | 0,300 | 0,280 |
| M15 | G | Muro perimetrale 35 cm controterra | 0,000 | 0,095 | 0,300 | 0,280 |
| M17 | G | Muro perimetrale 25 cm controterra | 0,000 | 0,095 | 0,300 | 0,280 |
| M18 | G | Muro perimetrale 20 cm controterra | 0,000 | 0,095 | 0,300 | 0,280 |
| M27 | U | Muro interno 50 cm vs non climatizzato | 1,091 | 1,174 | 0,637 | 0,594 |
| M28 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato | 1,173 | 1,268 | 0,557 | 0,520 |
| M32 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PT | 1,173 | 1,264 | 0,327 | 0,305 |
| M34 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PP | 1,173 | 1,287 | 0,327 | 0,305 |
| M35 | U | Muro interno 45 cm vs non climatizzato PS | 1,173 | 1,076 | 0,319 | 0,298 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Pavimenti | | U _{limite} [Wt/m ² K] | |
|------|------|--|----------------------------|---|---|-------|
| | | | U [Wt/m ² K] | U _{media} [Wt/m ² K] | 2015 | 2021 |
| P1 | G | Pavimento controterra | 0,272 | 0,297 | 0,310 | 0,290 |
| P4 | U | Pavimento piano terra vs seminterrato (non climatizzato 1) | 0,976 | 1,010 | 0,658 | 0,616 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Soffitti | | U _{limite} [Wt/m ² K] | |
|------|------|-------------------------------|----------------------------|---|---|-------|
| | | | U [Wt/m ² K] | U _{media} [Wt/m ² K] | 2015 | 2021 |
| S2 | T | Copertura a falde esistente | 0,252 | 0,244 | 0,260 | 0,240 |
| S4 | T | Copertura non isolata | 0,759 | 0,757 | 0,260 | 0,240 |
| S5 | T | Copertura + pannello sandwich | 0,251 | 0,250 | 0,260 | 0,240 |
| S9 | T | Copertura piana | 1,537 | 1,569 | 0,260 | 0,240 |

| Cod. | Tipo | Descrizione | Componenti finestrate | | | |
|------|------|---------------------------|---|---|---|-------|
| | | | U _w [Wt/m ² K] | U _{w,limite} [Wt/m ² K] | U _g [Wt/m ² K] | |
| | | | | 2015 | 2021 | |
| W1 | T | finestra 290x180 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W2 | T | finestra 290x250 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W3 | T | finestra 290x100 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W4 | T | finestra 210x180 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W5 | T | finestra 210x100 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W8 | T | finestra 570x150 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W15 | T | vetrata ingresso 1220x500 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |
| W16 | T | finestra 560x100 | 2,462 | 1,900 | 1,400 | 3,100 |

Legenda dei simboli:

| | |
|----------------|--|
| U | Trasmittanza termica (comprensiva dei ponti termici) |
| U_{media} | Trasmittanza termica media (comprensiva dei ponti termici o strutture opache poste in sottrazione) |
| U_w | Trasmittanza serramento (vetro + telaio) |
| U_g | Trasmittanza solo vetro |
| S_{tot} | Superficie disperdente totale |
| Ψ | Trasmittanza termica lineica del ponte termico |
| L_{tot} | Lunghezza totale del ponte termico |
| $Q_{H,tr}$ | Dispersioni per trasmissione |
| $Q_{H,r}$ | Dispersioni per extraflusso |
| $Q_{H,sol,op}$ | Apporti solari attraverso i componenti opachi |
| $Q_{H,sol,w}$ | Apporti solari attraverso i componenti finestrati |
| % | Incidenza sulle dispersioni totali |

Legenda tipologie di componente:

| | |
|---|--|
| T | Verso l'esterno |
| G | Verso il terreno |
| U | Verso locali confinanti non climatizzati |
| N | Verso locali confinanti climatizzati (locali vicini) |
| A | Verso locali a temperatura fissa |
| E | Da locale non climatizzato verso l'esterno |
| R | Da locale non climatizzato verso il terreno |
| D | Divisorio interno alla zona climatizzata |

Risultati energia invernale

| | | | |
|---|-----------------|--------|----------------------------------|
| Dispersioni | | | |
| Dispersioni per trasmissione | $Q_{H,tr}$ | 953386 | kWh _t |
| Dispersioni per extraflusso | $Q_{H,r}$ | 177246 | kWh _t |
| Dispersioni per ventilazione | $Q_{H,ve}$ | 279206 | kWh _t |
| Apporti | | | |
| Apporti solari attraverso i componenti opachi | $Q_{H,sol,op}$ | 181604 | kWh _t |
| Apporti solari attraverso i componenti finestrati | $Q_{H,sol,w}$ | 269003 | kWh _t |
| Apporti interni | $Q_{H,int}$ | 258544 | kWh _t |
| Apporti aggiuntivi | $Q_{H,aqg}$ | 0 | kWh _t |
| Bilancio energetico | | | |
| Fabbisogno del fabbricato | $Q_{H,nd}$ | 918777 | kWh _t |
| Indice di prestazione termica del fabbricato | $EP_{H,nd}$ | 62,43 | kWh _t /m ² |
| Valore limite | $EP_{H,nd,lim}$ | 17,93 | kWh _t /m ² |

Risultati energia estiva

| | | | |
|---|----------------|--------|----------------------------------|
| Dispersioni | | | |
| Dispersioni per trasmissione | $Q_{C,tr}$ | 572243 | kWh _t |
| Dispersioni per extraflusso | $Q_{C,r}$ | 345025 | kWh _t |
| Dispersioni per ventilazione | $Q_{C,ve}$ | 264718 | kWh _t |
| Apporti | | | |
| Apporti solari attraverso i componenti opachi | $Q_{C,sol,op}$ | 503852 | kWh _t |
| Apporti solari attraverso i componenti finestrati | $Q_{C,sol,w}$ | 728066 | kWh _t |
| Apporti interni | $Q_{C,int}$ | 381459 | kWh _t |
| Apporti aggiuntivi | $Q_{C,aqg}$ | 0 | kWh _t |
| Bilancio energetico | | | |
| Fabbisogno del fabbricato | $Q_{C,nd}$ | 470344 | kWh _t |
| Indice di prestazione termica del fabbricato | $EP_{C,nd}$ | 31,96 | kWh _t /m ² |
| Valore limite | $EP_{C,lim}$ | 25,89 | kWh _t /m ² |

4.3 Caratteristiche degli impianti

Si dettagliano di seguito le caratteristiche degli impianti di riscaldamento idronico ed acqua calda sanitaria, che sono l'oggetto, nell'analisi condotta, delle principali opere di risparmio energetico. In particolare, per ciascun sottosistema impiantistico, si effettua una sintesi dei dati principali. Ogni sottosistema è fonte sia di perdite termiche (in parte recuperate) sia di fabbisogni elettrici (anch'essi in parte recuperati sotto forma di calore). Scopo del calcolo è giungere, per ciascun servizio, alla determinazione dell'energia, termica o elettrica, consegnata dai singoli vettori energetici (ai fini del soddisfacimento dei fabbisogni energetici dell'edificio), ossia, in altri termini, alla quantificazione dei consumi, di combustibile ed energia elettrica. L'energia consegnata ed esportata (surplus) da ciascun vettore vengono poi convertite, attraverso appositi fattori, in energia primaria. L'energia primaria complessiva (Q_p) viene infine calcolata, per ciascun servizio, come sommatoria delle componenti dovute ai singoli vettori (UNI/TS 11300-5, formule da 12 a 14):

$$Q_p = \sum_k (Q_{del,k} \times f_{p,del,k}) - (Q_{exp,k} \times f_{p,exp,k}) \quad [kWh_p]$$

dove:

$Q_{del,k}$ = energia consegnata dal singolo vettore energetico [$kWh_{t/el}$];

$f_{p,del,k}$ = fattore di conversione dell'energia consegnata dal singolo vettore [$kWh_p/kWh_{t/el}$];

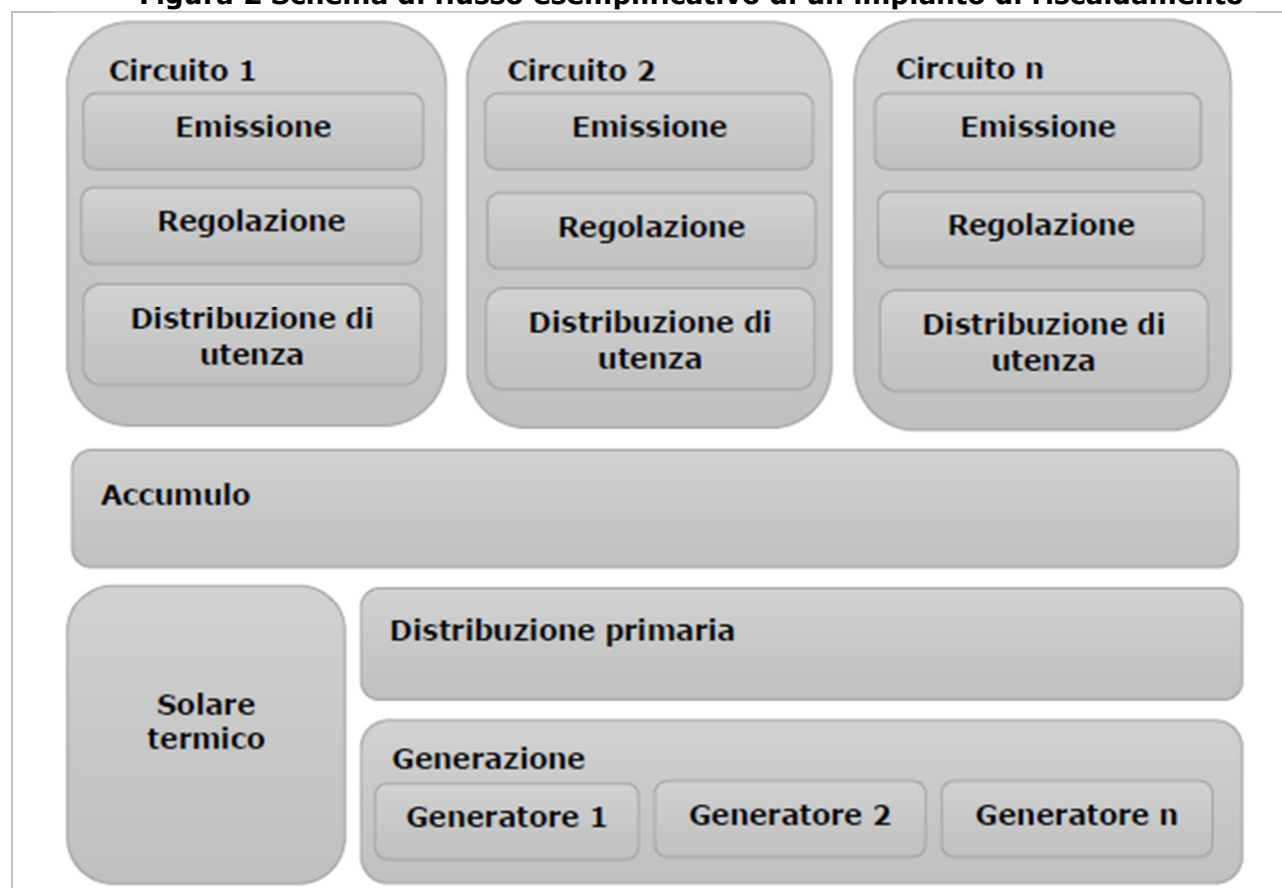
$Q_{exp,k}$ = energia esportata dal singolo vettore energetico [kWh_{el}];

$f_{p,exp,k}$ = fattore di conversione dell'energia esportata dal singolo vettore [kWh_p/kWh_{el}].

4.3.1 Impianto di riscaldamento idronico

L'impianto di riscaldamento idronico si articola in più sottosistemi impiantistici, come evidenziato nello schema di flusso esemplificativo sotto riportato (figura 2). In particolare, l'impianto può essere costituito da uno o più circuiti di utenza (gruppi di locali aventi caratteristiche uniformi), a loro volta alimentati da uno o più generatori. In presenza di un impianto solare termico, quest'ultimo concorre al soddisfacimento del fabbisogno in ingresso all'accumulo. La presenza di un impianto solare fotovoltaico, così come di eventuali cogeneratori, fornisce invece un contributo al soddisfacimento del fabbisogno elettrico, dovuto alla generazione ed agli ausiliari.

Figura 2 Schema di flusso esemplificativo di un impianto di riscaldamento



Si riporta di seguito una descrizione sintetica dell'impianto. Si forniscono inoltre un riassunto dei principali dati caratterizzanti i sottosistemi impiantistici, una sintesi dei principali risultati del calcolo ed un riepilogo dei rendimenti.

Descrizione sintetica dell'impianto di riscaldamento idronico

L'impianto termico è centralizzato alimentato dal teleriscaldamento cittadino.

I terminali di erogazione sono costituiti da radiatori in ghisa e radiatori a piastre di alluminio.

4.3.1.1 Impianto centralizzato

Dati generali

| | |
|-----------------------|--------------|
| Tipologia di impianto | Monocircuito |
| Fluido termovettore | Acqua |

Circuito Riscaldamento

| | |
|-------------------------|----------|
| Regime di funzionamento | Continuo |
|-------------------------|----------|

Emissione

| | | | |
|------------|---|------|-------------------|
| Tipologia | Radiatori su parete esterna non isolata ($U > 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$) | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,em}$ | 92,0 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,em,aux}$ | 0,0 | kWh _{el} |

Regolazione

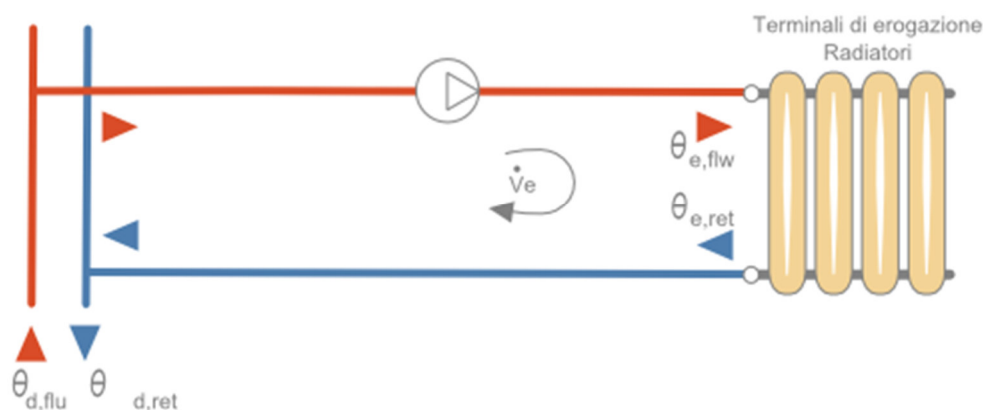
| | | | |
|-----------------|--------------------------------------|------|---|
| Tipologia | Manuale (solo termostato di caldaia) | | |
| Caratteristiche | - | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,reg}$ | 75,9 | % |

Distribuzione

| | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------|-------------------|
| Metodo di calcolo | Semplificato | | |
| Tipologia di impianto | Autonomo, edificio condominiale | | |
| Rendimento | $\eta_{H,idr,du}$ | 96,0 | % |
| Ausiliari | $Q_{H,idr,du,aux}$ | 0,0 | kWh _{el} |

Temperatura media

| | |
|-----------------------|---------------------|
| Tipologia di circuito | A temperatura fissa |
|-----------------------|---------------------|



| Temperature medie | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|--|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Emissione ($\theta_{H,idr,em,avg}$) [°C] | 55,8 | 49,4 | 41,4 | 34,5 | - | - | - | - | - | 36,4 | 45,5 | 53,3 |
| Distribuzione ($\theta_{H,idr,du,avg}$) [°C] | 55,8 | 49,4 | 41,4 | 34,5 | - | - | - | - | - | 36,4 | 45,5 | 53,3 |

Generazione

| | |
|---------------------------------|--------------------|
| Configurazione centrale termica | Generatore singolo |
|---------------------------------|--------------------|

Generatore 1 - Teleriscaldamento

| Dati generali | | | |
|---|-----------------------|--------|---------------------|
| Numero | 1 | | |
| Tipologia | Teleriscaldamento | | |
| Metodo di calcolo | - | | |
| Marca / serie / modello | | | |
| Potenza utile nominale | Φ_n | 803,08 | kW _t |
| Rendimenti termici | | | |
| Riscaldamento idronico | $\eta_{H,idr,gen,ut}$ | 100,0 | % |
| ACS | $\eta_{W,qen,ut}$ | 100,0 | % |
| Ausiliari | | | |
| Riscaldamento idronico | $Q_{H,idr,gen,aux}$ | 0,0 | kWh _{el} |
| ACS | $Q_{W,qen,aux}$ | 0,0 | kWh _{el} |
| Vettore energetico | | | |
| Tipologia | Teleriscaldamento | | |
| Potere calorifico inferiore | PCI | - | kWh/kWht |
| Costo | c | 0,09 | €/ kWht |
| Fattore di emissione di CO ₂ | f _{CO2} | 0,360 | kg/kWh _p |
| Fattori di conversione in energia primaria (energia consegnata dal combustibile) | | | |
| Non rinnovabile | f _{p,nren} | 1,500 | - |
| Rinnovabile | f _{p,ren} | 0,000 | - |
| Totale | f _{p,tot} | 1,500 | - |

Principali risultati dei calcoli

| | | | |
|---|-------------------------|---------|-------------------|
| Fabbisogni termici | | | |
| Fabbisogno del fabbricato (ventilazione naturale) | $Q_{H,nd}$ | 918777 | kWh _t |
| Fabbisogno dell'edificio (ventilazione effettiva) | $Q_{H,sys,out}$ | 918777 | kWh _t |
| Energia recuperata dall'impianto di ACS | $Q_{H,W,rh}$ | 29 | kWh _t |
| Fabbisogno ideale netto (dedotto dei recuperi) | $Q'_{H,sys,out}$ | 918748 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per intermittenza | $Q_{H,sys,out,interm}$ | 918748 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per contabilizzazione | $Q_{H,sys,out,cont}$ | 918748 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per ulteriori fattori | $Q_{H,sys,out,corr}$ | 918748 | kWh _t |
| Perdite di emissione non recuperate | $Q_{H,em,ls,nrh}$ | 79891 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'emissione | $Q_{H,em,in}$ | 998639 | kWh _t |
| Perdite di regolazione non recuperate | $Q_{H,rg,ls,nrh}$ | 317476 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla regolazione | $Q_{H,rg,in}$ | 1316115 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate | $Q_{H,du,ls,nrh}$ | 54838 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di utenza | $Q_{H,du,in}$ | 1370953 | kWh _t |
| Perdite di accumulo non recuperate | $Q_{H,s,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'accumulo | $Q_{H,s,in}$ | 1370953 | kWh _t |
| Energia prodotta dal solare termico | $Q_{H,sol,out}$ | 0 | kWh _t |
| Eccedenza del solare termico | $Q_{H,sol,surplus}$ | 0 | kWh _t |
| Contributo netto del solare termico | $Q_{H,sol,out,net}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno effettivo in ingresso all'accumulo | $Q_{H,s,in,eff}$ | 1370953 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione primaria non recuperate | $Q_{H,dp,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione primaria | $Q_{H,dp,in}$ | 1370953 | kWh _t |
| Fabbisogno in uscita dalla generazione | $Q_{H,gen,out}$ | 1370953 | kWh _t |
| Perdite dei circuiti di generazione non recuperate | $Q_{H,gen,circ,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso ai circuiti di generazione | $Q_{H,gen,circ,in}$ | 1370953 | kWh _t |
| Perdite di generazione non recuperate | $Q_{H,gen,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia termica) | $Q_{H,gen,in,t}$ | 1370953 | kWh _t |
| Energia da ambiente esterno (pompa di calore) | $Q_{H,gen,in,RES}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogni elettrici | | | |
| Fabbisogno elettrico ausiliari emissione | $Q_{H,em,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari distribuzione di utenza | $Q_{H,du,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Ausiliari solare termico | $Q_{H,sol,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari distribuzione primaria | $Q_{H,dp,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari generazione | $Q_{H,gen,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia elettrica) | $Q_{H,gen,in,el}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico complessivo | $Q_{H,el}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dal fotovoltaico | $Q_{H,PV,out}$ | 0 | kWh _{el} |
| Eccedenza del fotovoltaico | $Q_{H,PV,surplus}$ | 0 | kWh _{el} |
| Contributo netto del fotovoltaico | $Q_{H,PV,out,net}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dalla cogenerazione | $Q_{H,CG,out}$ | 0 | kWh _{el} |
| Eccedenza della cogenerazione | $Q_{H,CG,surplus}$ | 0 | kWh _{el} |
| Contributo netto della cogenerazione | $Q_{H,CG,out,net}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico effettivo (da rete) | $Q_{H,el,eff}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia primaria | | | |
| Non rinnovabile | $Q_{H,p,nren}$ | 2056429 | kWh _p |
| Rinnovabile | $Q_{H,p,ren}$ | 0 | kWh _p |
| Totale | $Q_{H,p,tot}$ | 2056429 | kWh _p |

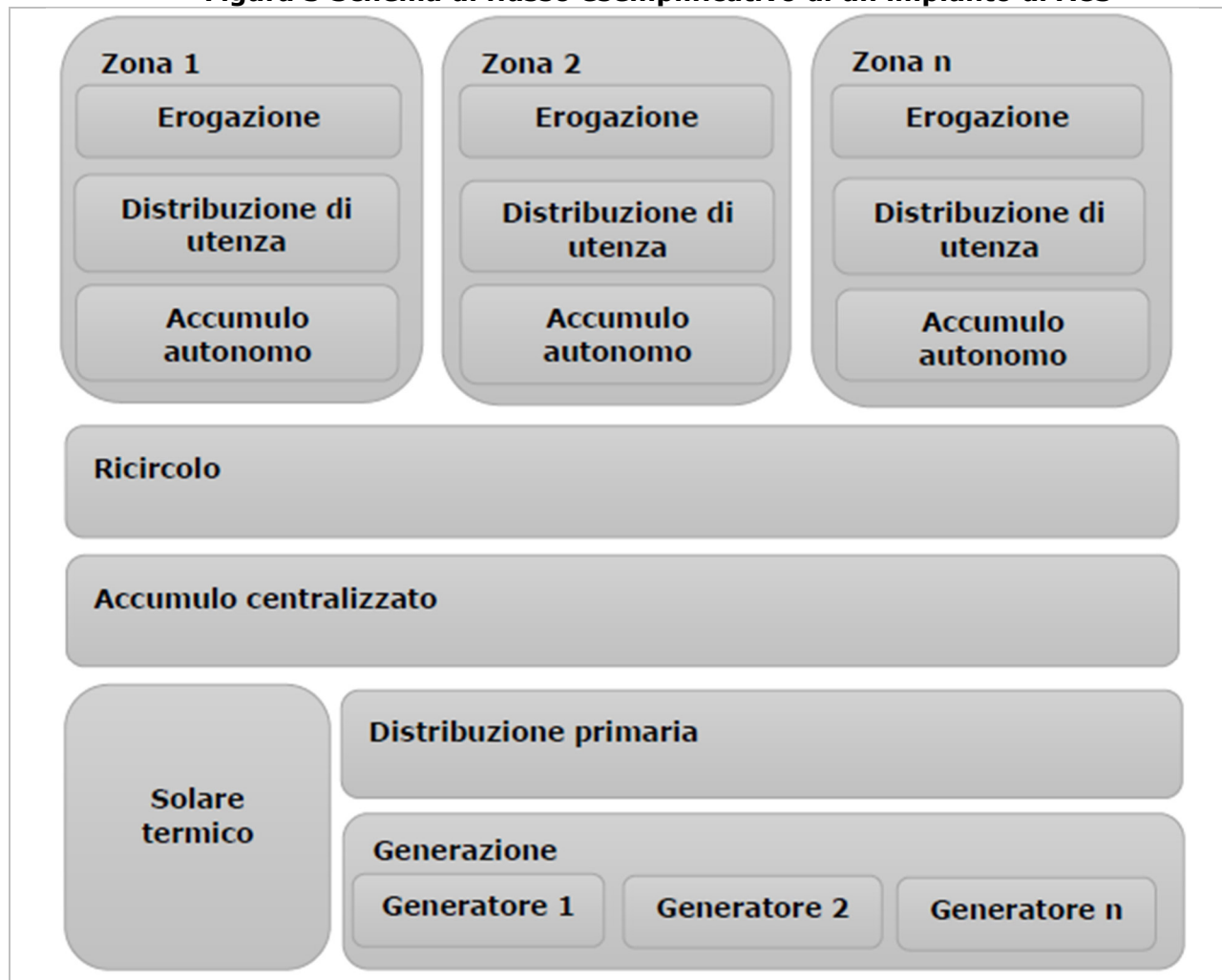
Riepilogo rendimenti

| | | | |
|--|----------------------------|-------|---|
| Impianto idronico | | | |
| Emissione | $\eta_{H, idr,em}$ | 92,0 | % |
| Regolazione | $\eta_{H, idr,reg}$ | 75,9 | % |
| Distribuzione di utenza | $\eta_{H, idr,du}$ | 96,0 | % |
| Accumulo | $\eta_{H, idr,s}$ | 100,0 | % |
| Distribuzione primaria | $\eta_{H, idr,dp}$ | - | % |
| Generazione (rispetto all'energia utile) | $\eta_{H, idr,gen,ut}$ | 100,0 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria non rinnovabile) | $\eta_{H, idr,gen,p,nren}$ | 66,7 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria totale) | $\eta_{H, idr,gen,p,tot}$ | 66,7 | % |
| Globale medio stagionale (rispetto a en. pr. non rinn.) | $\eta_{H,g,p,nren}$ | 44,7 | % |
| Globale medio stagionale (rispetto a en. pr. tot.) | $\eta_{H,g,p,tot}$ | 44,7 | % |
| Valore limite | $\eta_{H,g,lim}$ | 52,4 | % |

4.3.2 Impianto di acqua calda sanitaria

L'impianto di acqua calda sanitaria si articola, così come l'impianto di riscaldamento, in più sottosistemi impiantistici, come evidenziato nello schema di flusso esemplificativo sotto riportato (figura 3). In particolare, l'impianto può essere costituito da una o più zone (a seconda che sia autonomo o centralizzato), a loro volta alimentate da uno o più generatori. Tra generazione ed utenze sono interposti ulteriori sottosistemi, ossia distribuzione primaria, ricircolo ed accumulo (quest'ultimo, secondo i casi, centralizzato o autonomo). La presenza di un impianto solare o fotovoltaico può fornire un contributo al soddisfacimento del fabbisogno, rispettivamente, termico (in ingresso all'accumulo) ed elettrico (generazione ed ausiliari). Al soddisfacimento del fabbisogno elettrico può inoltre concorrere l'energia prodotta da cogenerazione.

Figura 3 Schema di flusso esemplificativo di un impianto di ACS



Si riporta di seguito una descrizione sintetica dell'impianto. Si forniscono inoltre un riassunto dei principali dati caratterizzanti i sottosistemi impiantistici, una sintesi dei principali risultati del calcolo ed un riepilogo dei rendimenti.

Descrizione sintetica dell'impianto di ACS

L'acqua calda ad uso sanitario è prodotta da scambiatore di calore dedicato alimentato dal teleriscaldamento cittadino.

4.3.2.1 Impianto centralizzato

Erogazione, distribuzione di utenza ed accumuli autonomi

| | | | |
|---------------------------------------|---------------|-------|------------------|
| Fabbisogno ideale | $Q_{W,nd}$ | 1459 | kWh _t |
| Rendimento di erogazione | $\eta_{W,er}$ | 100,0 | % |
| Rendimento di distribuzione di utenza | $\eta_{W,du}$ | 92,6 | % |

Principali risultati dei calcoli

| | | | |
|---|-------------------------|------|-------------------|
| Fabbisogni termici | | | |
| Fabbisogno di energia termica utile | $Q_{W,sys,out}$ | 1459 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per recupero reflui docce | $Q_{W,sys,out,rec}$ | 1459 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per contabilizzazione | $Q_{W,sys,out,cont}$ | 1459 | kWh _t |
| Perdite di erogazione non recuperate | $Q_{W,er,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'erogazione | $Q_{W,er,in}$ | 1459 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione di utenza non recuperate | $Q_{W,du,ls,nrh}$ | 117 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di utenza | $Q_{W,du,in}$ | 1576 | kWh _t |
| Perdite di ricircolo non recuperate | $Q_{W,ric,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso al ricircolo | $Q_{W,ric,in}$ | 1576 | kWh _t |
| Perdite di accumulo non recuperate | $Q_{W,s,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'accumulo | $Q_{W,s,in}$ | 1576 | kWh _t |
| Perdite della distribuzione di prerisc. solare non recuperate | $Q_{W,sol,dis,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione di prerisc. solare | $Q_{W,sol,dis,in}$ | 0 | kWh _t |
| Perdite dell'accumulo di prerisc. solare non recuperate | $Q_{W,sol,s,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso all'accumulo di prerisc. solare | $Q_{W,sol,s,in}$ | 0 | kWh _t |
| Energia prodotta dal solare termico | $Q_{W,sol,out}$ | 0 | kWh _t |
| Eccedenza del solare termico | $Q_{W,sol,surplus}$ | 0 | kWh _t |
| Contributo netto del solare termico | $Q_{W,sol,out,net}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno effettivo in ingresso all'accumulo | $Q_{W,s,in,eff}$ | 1576 | kWh _t |
| Perdite di distribuzione primaria non recuperate | $Q_{W,dp,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla distribuzione primaria | $Q_{W,dp,in}$ | 1576 | kWh _t |
| Fabbisogno in uscita dalla generazione | $Q_{W,gen,out}$ | 1576 | kWh _t |
| Perdite dei circuiti di generazione non recuperate | $Q_{W,gen,circ,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso ai circuiti di generazione | $Q_{W,gen,circ,in}$ | 1576 | kWh _t |
| Perdite di generazione non recuperate | $Q_{W,gen,ls,nrh}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia termica) | $Q_{W,gen,in,t}$ | 1576 | kWh _t |
| Energia da ambiente esterno (pompa di calore) | $Q_{W,gen,in,RES}$ | 0 | kWh _t |
| Fabbisogni elettrici | | | |
| Fabbisogno elettrico ausiliari rete di ricircolo | $Q_{W,ric,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari solare termico | $Q_{W,sol,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari distribuzione primaria | $Q_{W,dp,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico ausiliari generazione | $Q_{W,gen,aux}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno in ingresso alla generazione (energia elettrica) | $Q_{W,gen,in,el}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico complessivo | $Q_{W,el}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dal fotovoltaico | $Q_{W,PV,out}$ | 0 | kWh _{el} |
| Eccedenza del fotovoltaico | $Q_{W,PV,surplus}$ | 0 | kWh _{el} |
| Contributo netto del fotovoltaico | $Q_{W,PV,out,net}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia prodotta dalla cogenerazione | $Q_{W,CG,out}$ | 0 | kWh _{el} |
| Eccedenza della cogenerazione | $Q_{W,CG,surplus}$ | 0 | kWh _{el} |
| Contributo netto della cogenerazione | $Q_{W,CG,out,net}$ | 0 | kWh _{el} |
| Fabbisogno elettrico effettivo (da rete) | $Q_{W,el,eff}$ | 0 | kWh _{el} |
| Energia primaria | | | |
| Non rinnovabile | $Q_{W,p,nren}$ | 2363 | kWh _p |
| Rinnovabile | $Q_{W,p,ren}$ | 0 | kWh _p |
| Totale | $Q_{W,p,tot}$ | 2363 | kWh _p |

Riepilogo rendimenti

| | | | |
|---|--|-------------|----------|
| Erogazione | $\eta_{W,er}$ | 100,0 | % |
| Distribuzione di utenza | $\eta_{W,du}$ | 92,6 | % |
| Accumulo | $\eta_{W,s}$ | 100,0 | % |
| Tubazione di ricircolo | $\eta_{W,ric}$ | - | % |
| Distribuzione primaria | $\eta_{W,dp}$ | - | % |
| Generazione (rispetto all'energia utile) | $\eta_{W,gen,ut}$ | 100,0 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria non rinnovabile) | $\eta_{W,gen,nren}$ | 66,7 | % |
| Generazione (rispetto all'energia primaria totale) | $\eta_{W,gen,tot}$ | 66,7 | % |
| Globale medio stagionale (risp. a en. pr. non rinn) | $\eta_{W,g,p,nren}$ | 61,7 | % |
| Globale medio stagionale (risp. a en. pr. totale) | $\eta_{W,g,p,tot}$ | 61,7 | % |
| Valore limite | $\eta_{W,g,p,tot,lim}$ | 45,3 | % |

4.3.3 Altri impianti

4.3.3.1 Impianto di illuminazione

Descrizione sintetica impianto di illuminazione

Apparecchi fluorescenti, proiettori alogeni e lampadine normali.

4.4 Principali risultati dei calcoli (stato di fatto)

Si riportano nel seguito i principali risultati del calcolo caratterizzanti lo stato di fatto. In particolare si riassumono i consumi, la spesa, gli indici di prestazione termica ed energetica, la classe energetica, i rendimenti ed altri parametri, quali quota rinnovabile ed emissioni.

4.4.1 Edificio

Consumi ed energia consegnata

| Servizio | Consumo ed energia consegnata | | | | Energia primaria | | | Spesa ed emissioni | |
|---------------------------|-------------------------------|------------------------|---|--|--|---|---|--------------------|---------------------------|
| | Co | UM | Q _{del} [kWh _t] | Q _{exp} [kWh _{el}] | Q _{p,nren} [kWh _p] | Q _{p,ren} [kWh _p] | Q _{p,tot} [kWh _p] | S [€] | Em _{co2} [kg] |
| Riscaldamento (H) | 1370953 | kWh _t | 1370953 | 0 | 2056429 | 0 | 2056429 | 123385,74 | 411286 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1576 | kWh _t | 1576 | 0 | 2363 | 0 | 2363 | 141,80 | 473 |
| Globale (GI) | 1372528 | kWh_t | 1372528 | 0 | 2058792 | 0 | 2058792 | 123527,54 | 411758 |

| Servizio | Consumo ed energia consegnata | | | | Energia primaria | | | Spesa ed emissioni | |
|---------------------------|-------------------------------|------------|--|--|--|---|---|--------------------|---------------------------|
| | Co | UM | Q _{del} [kWh _{el}] | Q _{exp} [kWh _{el}] | Q _{p,nren} [kWh _p] | Q _{p,ren} [kWh _p] | Q _{p,tot} [kWh _p] | S [€] | Em _{co2} [kg] |
| Riscaldamento (H) | 0 | kWh | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | kWh | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0 |
| Illuminazione (L) | 324978 | kWh | 324978 | - | 633708 | 152740 | 786448 | 81244,61 | 149490 |
| Globale (GI) | 324978 | kWh | 324978 | - | 633708 | 152740 | 786448 | 81244,61 | 149490 |

Spesa

| Servizio | S [€] |
|---------------------------|------------------|
| Riscaldamento (H) | 123385,74 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 141,80 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 |
| Ventilazione (V) | 0,00 |
| Illuminazione (L) | 81244,61 |
| Trasporto (T) | 0,00 |
| Globale (GI) | 204772,15 |

Rendimenti

| Riscaldamento idronico (H _{idr}) | |
|--|-------------------------|
| Sottosistema | Valore calcolato [-] |
| Emissione (η _{em}) | 92,0 |
| Regolazione (η _{reg}) | 75,9 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 96,0 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 44,7 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 44,7 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,4 |

| Acqua calda sanitaria (W) | |
|--|-------------------------|
| Sottosistema | Valore calcolato [-] |
| Erogazione (η _{er}) | 100,0 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 92,6 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 |
| Ricircolo (η _{ric}) | 100,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 61,7 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 61,7 |
| Valore limite (η_{lim}) | 45,3 |

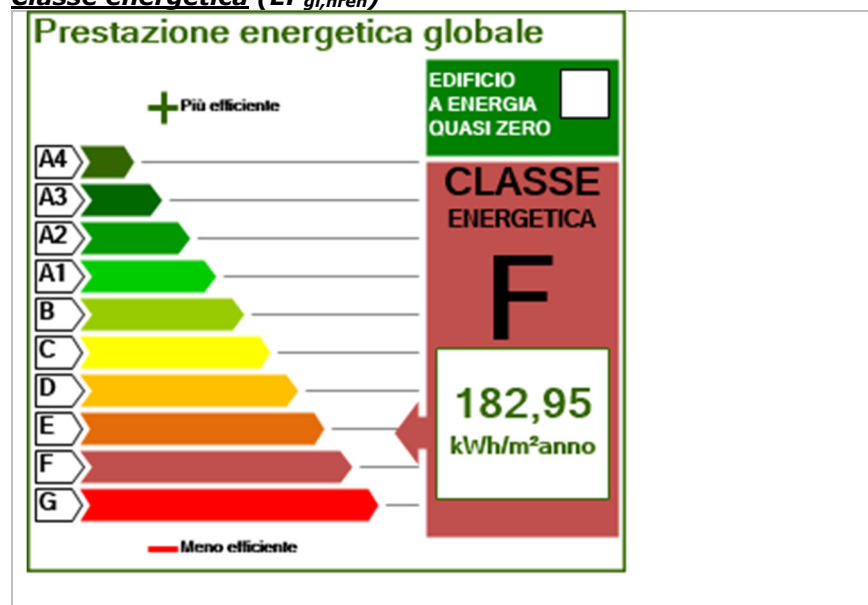
Indici di prestazione termica del fabbricato

| Servizio | Q _{nd} [kWh _t] | EP _{nd} [kWh _t /m ²] | EP _{nd,limite} [kWh _t /m ²] |
|--------------------|--|---|--|
| Riscaldamento (H) | 918777 | 62,43 | 17,93 |
| Raffrescamento (C) | 470344 | 31,96 | 25,89 |

Indici di prestazione energetica dell'edificio

| Servizio | Energia primaria | | | Indici di prestazione energetica | | | |
|---------------------------|--|---|---|---|--|--|---|
| | Q _{p,nren} [kWh _p] | Q _{p,ren} [kWh _p] | Q _{p,tot} [kWh _p] | EP _{nren} [kWh _p /m ²] | EP _{ren} [kWh _p /m ²] | EP _{tot} [kWh _p /m ²] | EP _{tot,limite} [kWh _p /m ²] |
| Riscaldamento (H) | 2056429 | 0 | 2056429 | 139,73 | 0,00 | 139,73 | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 2363 | 0 | 2363 | 0,16 | 0,00 | 0,16 | - |
| Raffrescamento (C) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| Ventilazione (V) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| Illuminazione (L) | 633708 | 152740 | 786448 | 43,06 | 10,38 | 53,44 | - |
| Trasporto (T) | 0 | 0 | 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | - |
| Globale | 2692500 | 152740 | 2845240 | 182,95 | 10,38 | 193,33 | 87,90 |

Classe energetica (EP_{gl,nren})



Quota rinnovabile

| Servizio | QR [%] | Valore minimo [%] | | |
|----------------------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| | | 1° fase (31.05.12 - 31.12.13) | 2° fase (01.01.14 - 31.12.16) | 3° fase (dal 01.01.17) |
| Riscaldamento (H) | 0,0 | - | - | - |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,0 | 50 | - | - |
| Raffrescamento (C) | 0,0 | - | - | - |
| Globale (H + W + C) | 0,0 | 20 | 35 | 50 |
| Ventilazione (V) | 0,0 | - | - | - |
| Illuminazione (L) | 19,4 | - | - | - |
| Trasporto (T) | 0,0 | - | - | - |
| Globale | 5,4 | - | - | - |

Nota: il DLgs 28/11 (allegato 3, comma 1) prevede, per la verifica di copertura globale (riscaldamento, raffrescamento ed ACS), tre differenti fasi di vigenza, corrispondenti a valori limiti via via più stringenti.

Emissioni

| Servizio | Emissioni di CO ₂ [kg] |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Riscaldamento (H) | 411285,81 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 472,66 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 |
| Ventilazione (V) | 0,00 |
| Illuminazione (L) | 149490,09 |
| Trasporto (T) | 0,00 |
| Globale (GI) | 561248,56 |

Legenda:

| | |
|---------------------|--|
| Co | Consumo |
| Em _{CO2} | Emissioni di CO ₂ |
| EP _{nd} | Indice di prestazione termica |
| EP _{nren} | Indice di prestazione energetica non rinnovabile |
| EP _{ren} | Indice di prestazione energetica rinnovabile |
| EP _{tot} | Indice di prestazione energetica totale |
| η_{ut} | Rendimento rispetto all'energia utile |
| $\eta_{p,nren}$ | Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile |
| $\eta_{p,tot}$ | Rendimento rispetto all'energia primaria totale |
| Q _{nd} | Fabbisogno di energia utile (ventilazione naturale) |
| Q _{del} | Energia consegnata |
| Q _{exp} | Energia elettrica esportata |
| Q _{p,nren} | Energia primaria rinnovabile |
| Q _{p,ren} | Energia primaria non rinnovabile |
| Q _{p,tot} | Energia primaria totale |
| QR | Quota rinnovabile |
| S | Spesa |

5 Confronto con i consumi reali

Come dato di consumo di convalida sono stati utilizzati i dati storici forniti dal committente. Il confronto, effettuato su base annua ed attraverso la firma energetica, ha condotto al seguente esito.

5.1 Edificio

5.1.1 Anno 2022

5.1.1.1 Consumi annui

| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
|----------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| θ_{est} [°C] | 0,5 | 4,7 | 9,3 | 13,2 | 18,0 | 23,2 | 24,7 | 23,1 | 19,4 | 15,2 | 8,3 | 2,9 |
| $H_{or,di}$ [W/m ²] | 25,5 | 67,1 | 93,8 | 115,7 | 150,5 | 184,0 | 180,6 | 141,2 | 92,6 | 55,6 | 35,9 | 19,7 |
| $H_{or,dif}$ [W/m ²] | 23,1 | 35,9 | 56,7 | 76,4 | 100,7 | 103,0 | 98,4 | 88,0 | 74,1 | 47,5 | 26,6 | 20,8 |

Legenda dei simboli:

| | |
|----------------|---|
| θ_{est} | Temperatura esterna media mensile |
| $H_{or,dir}$ | Irradiazione solare diretta media mensile sul piano orizzontale |
| $H_{or,dif}$ | Irradiazione solare diffusa media mensile sul piano orizzontale |

Stagione di riscaldamento

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|-----|-----|------|--------------|------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Data di inizio | 15/10/2021 | | | | Data di fine | 15/04/2022 | | | | | | |
| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| g_{risc} [g] | 31 | 28 | 31 | 15 | - | - | - | - | - | 17 | 30 | 31 |
| $\theta_{est,risc}$ [°C] | 0.5 | 4.7 | 9.3 | 12.3 | - | - | - | - | - | 13.4 | 8.3 | 2.9 |

Consumi e validazione

| | |
|--------------------|-------------------|
| Vettore energetico | Teleriscaldamento |
|--------------------|-------------------|

| Servizio | Co_{calc} [kWh] | Co_{reale} [kWh] | F_{agg} [-] | $Co_{reale,agg}$ [kWh] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|
| Riscaldamento (H) | 1370953 | 957834 | 1,00 | 961723 | 42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1576 | 1101 | 1,00 | 1101 | 43,1 |
| Globale (GI) | 1372528 | 958935 | 0,00 | 962824 | 42,6 |

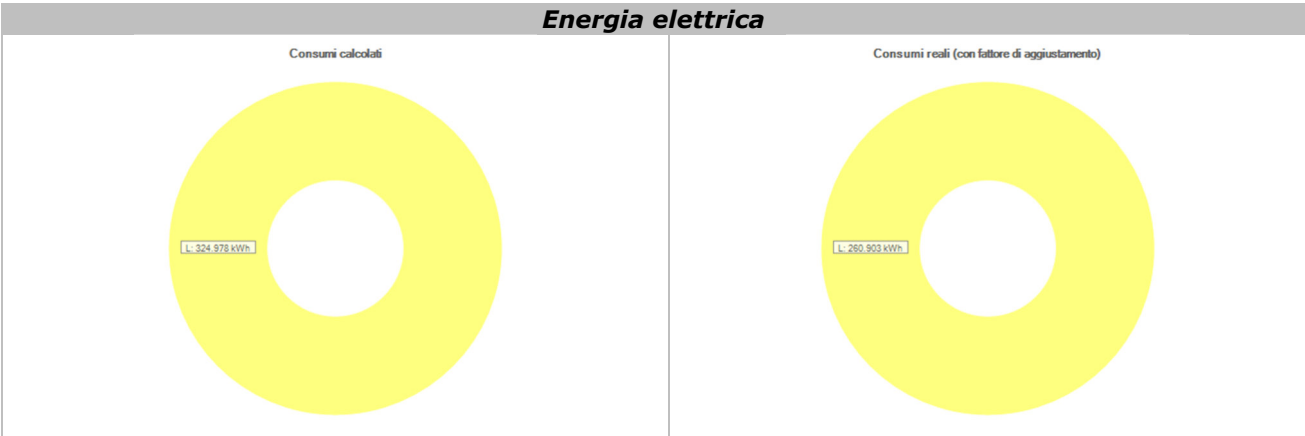
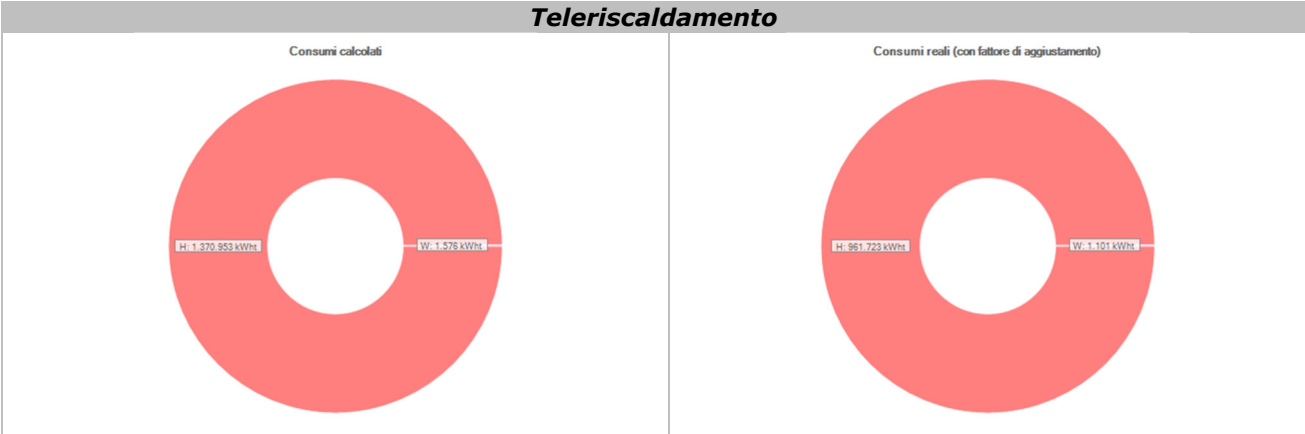
| | |
|--------------------|-------------------|
| Vettore energetico | Energia elettrica |
|--------------------|-------------------|

| Servizio | Co_{calc} [kWh] | Co_{reale} [kWh] | F_{agg} [-] | $Co_{reale,agg}$ [kWh] | Δ [%] |
|-------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|
| Illuminazione (L) | 324978 | 260903 | 1,00 | 260903 | 24,6 |
| Globale (GI) | 324978 | 260903 | 0,00 | 260903 | 24,6 |

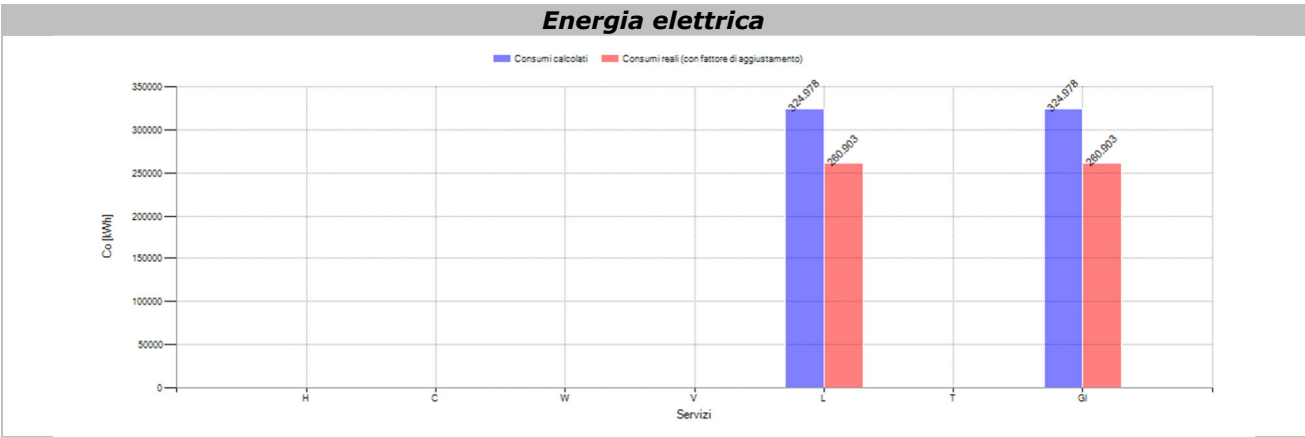
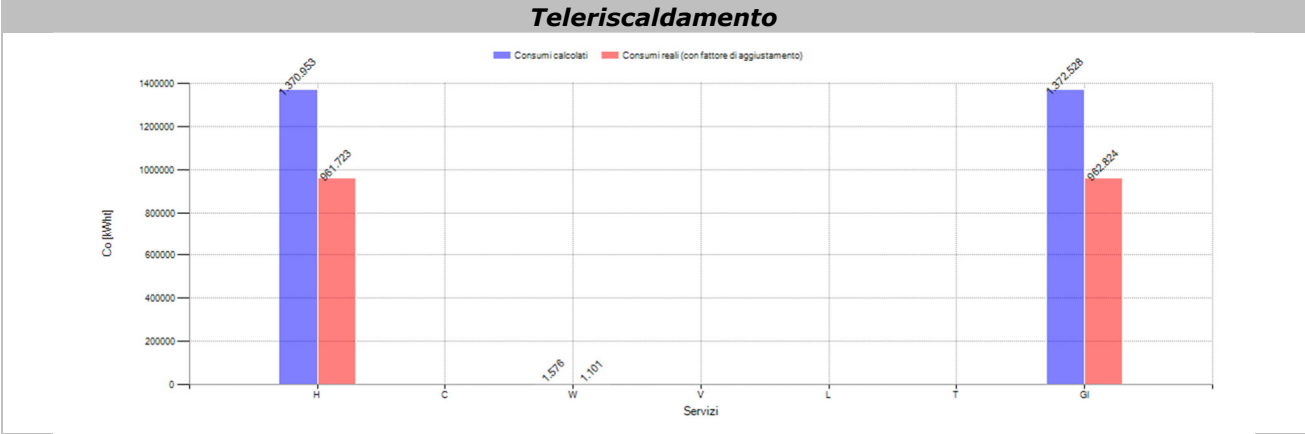
Legenda dei simboli:

| | |
|------------------|--|
| Co_{calc} | Consumo calcolato (operativo) |
| Co_{reale} | Consumo reale (effettivo) |
| F_{agg} | Fattore di aggiustamento |
| $Co_{reale,agg}$ | Consumo reale comprensivo del fattore di aggiustamento |
| Δ | Scostamento consumo |

Suddivisione per servizio

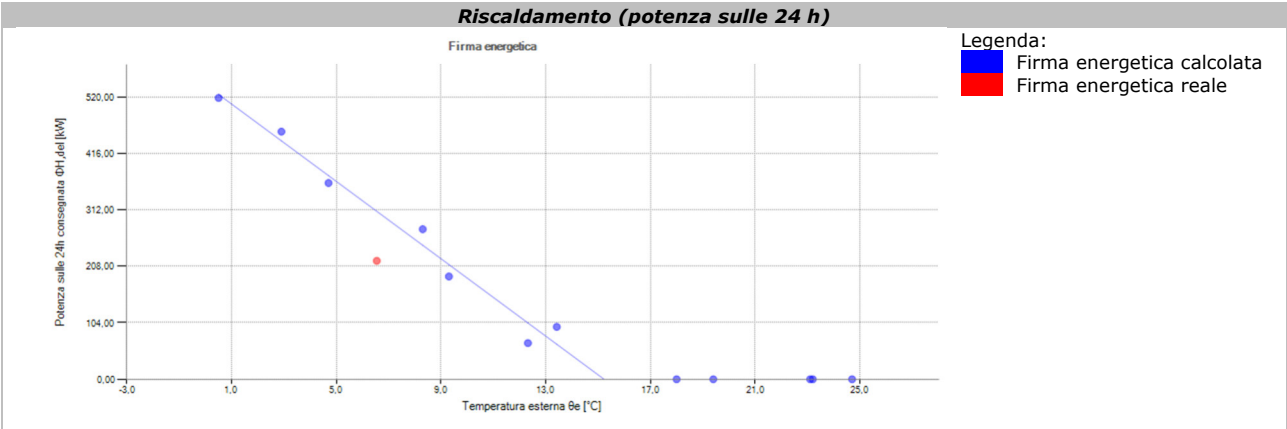


Confronto



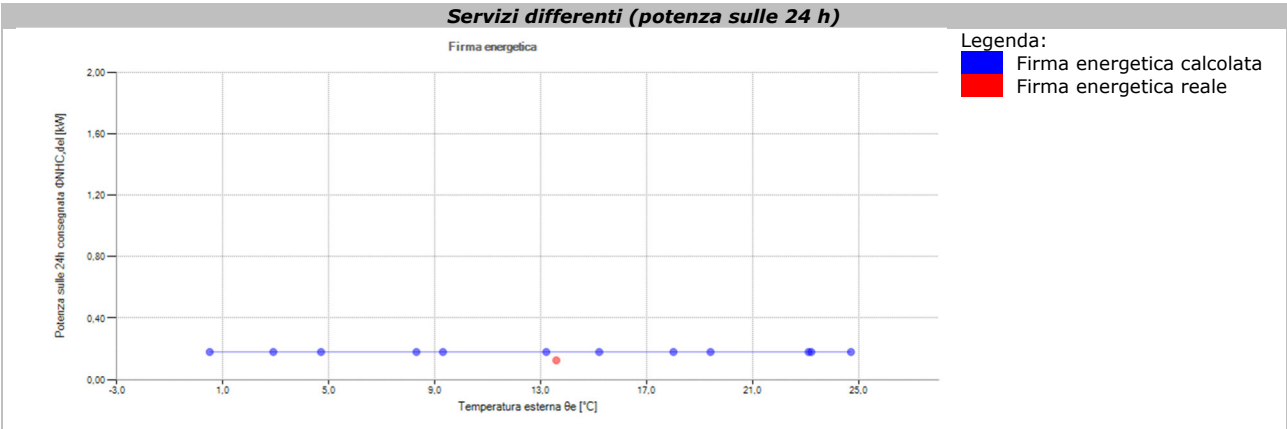
5.1.1.2 Firme energetiche

| | | | |
|--------------------|-------------------|-----------------|---------|
| Contatore | 1 | Unità di misura | kWht |
| Vettore energetico | Teleriscaldamento | Servizi | Hidr, W |



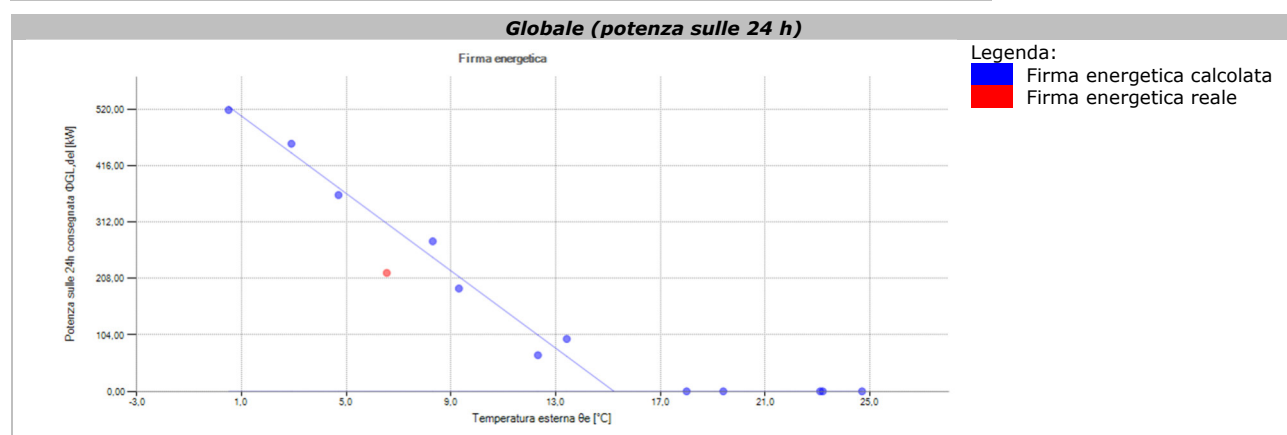
| Firma energetica calcolata | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---|
| Mesi | Codice Mesi | g [g] | θe [°C] | g _{risc} [g] | θe _{risc} [°C] | CO _H [kWht] | Φ _{H,del} [kWt _{el}] |
| gennaio | H | 31 | 0,5 | 31 | 0,5 | 385553 | 518,22 |
| febbraio | H | 28 | 4,7 | 28 | 4,7 | 242930 | 361,50 |
| marzo | H | 31 | 9,3 | 31 | 9,3 | 140849 | 189,31 |
| aprile | H | 30 | 13,2 | 15 | 12,3 | 23961 | 66,56 |
| maggio | NH | 31 | 18,0 | 0 | 18,0 | 0 | 0,00 |
| giugno | NH | 30 | 23,2 | 0 | 23,2 | 0 | 0,00 |
| luglio | NH | 31 | 24,7 | 0 | 24,7 | 0 | 0,00 |
| agosto | NH | 31 | 23,1 | 0 | 23,1 | 0 | 0,00 |
| settembre | NH | 30 | 19,4 | 0 | 19,4 | 0 | 0,00 |
| ottobre | H | 31 | 15,2 | 17 | 13,4 | 39353 | 96,45 |
| novembre | H | 30 | 8,3 | 30 | 8,3 | 198977 | 276,36 |
| dicembre | H | 31 | 2,9 | 31 | 2,9 | 339329 | 456,09 |
| TOTALE | | 365 | - | 183 | - | 1370953 | - |

| Firma energetica reale | | | | | | | |
|------------------------|----------------|-------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---|
| Periodo | Codice Periodo | g [g] | θe [°C] | g _{risc} [g] | θe _{risc} [°C] | CO _H [kWht] | Φ _{H,del} [kWt _{el}] |
| 1 - Anno 2022 | H | 365 | 13,6 | 183 | 6,5 | 957834 | 218,09 |
| TOTALE | | 365 | - | 183 | - | 957834 | - |



| Firma energetica calcolata | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| Mesi | Codice Mesi | g [g] | θ_e [°C] | CONHC [kWh] | $\Phi_{NHC,del}$ [kWh/el] |
| gennaio | H | 31 | 0,5 | 134 | 0,18 |
| febbraio | H | 28 | 4,7 | 121 | 0,18 |
| marzo | H | 31 | 9,3 | 134 | 0,18 |
| aprile | H | 30 | 13,2 | 129 | 0,18 |
| maggio | NH | 31 | 18,0 | 134 | 0,18 |
| giugno | NH | 30 | 23,2 | 129 | 0,18 |
| luglio | NH | 31 | 24,7 | 134 | 0,18 |
| agosto | NH | 31 | 23,1 | 134 | 0,18 |
| settembre | NH | 30 | 19,4 | 129 | 0,18 |
| ottobre | H | 31 | 15,2 | 134 | 0,18 |
| novembre | H | 30 | 8,3 | 129 | 0,18 |
| dicembre | H | 31 | 2,9 | 134 | 0,18 |
| TOTALE | | 365 | - | 1576 | - |

| Firma energetica reale | | | | | |
|------------------------|----------------|-------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| Periodo | Codice Periodo | g [g] | θ_e [°C] | CONHC [kWh] | $\Phi_{NHC,del}$ [kWh/el] |
| 1 - Anno 2022 | H | 365 | 13,6 | 1101 | 0,13 |
| TOTALE | | 365 | - | 1101 | - |

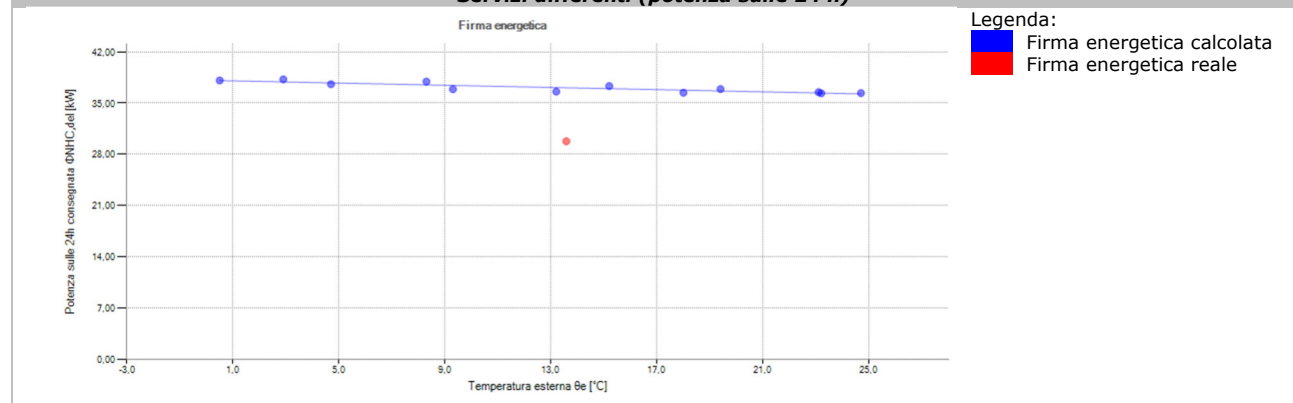


| Firma energetica calcolata | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------|-----------------|--------------|----------------------------|
| Mesi | Codice Mesi | g [g] | θ_e [°C] | CoGL [kWh] | $\Phi_{GL,del}$ [kWh/el] |
| gennaio | H | 31 | 0,5 | 385687 | 518,40 |
| febbraio | H | 28 | 4,7 | 243051 | 361,68 |
| marzo | H | 31 | 9,3 | 140983 | 189,49 |
| aprile | H | 30 | 13,2 | 24090 | 66,74 |
| maggio | NH | 31 | 18,0 | 134 | 0,18 |
| giugno | NH | 30 | 23,2 | 129 | 0,18 |
| luglio | NH | 31 | 24,7 | 134 | 0,18 |
| agosto | NH | 31 | 23,1 | 134 | 0,18 |
| settembre | NH | 30 | 19,4 | 129 | 0,18 |
| ottobre | H | 31 | 15,2 | 39487 | 96,63 |
| novembre | H | 30 | 8,3 | 199107 | 276,54 |
| dicembre | H | 31 | 2,9 | 339463 | 456,27 |
| TOTALE | | 365 | - | 1372528 | - |

| Firma energetica reale | | | | | |
|------------------------|----------------|-------|-----------------|--------------|----------------------------|
| Periodo | Codice Periodo | g [g] | θ_e [°C] | CoGL [kWh] | $\Phi_{GL,del}$ [kWh/el] |
| 1 - Anno 2022 | H | 365 | 13,6 | 958935 | 218,21 |
| TOTALE | | 365 | - | 958935 | - |

| | | | |
|--------------------|-------------------|-----------------|-----|
| Contatore | 2 | Unità di misura | kWh |
| Vettore energetico | Energia elettrica | Servizi | L |

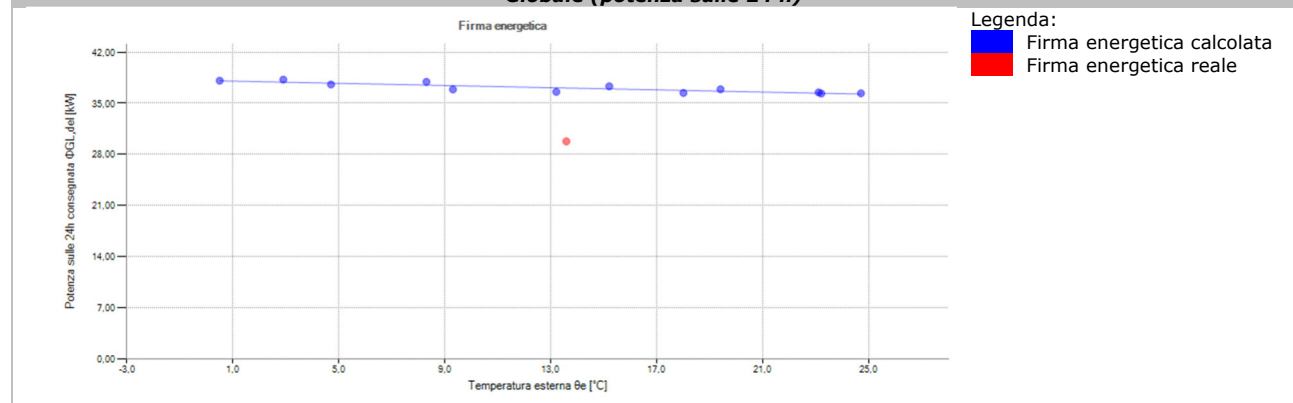
Servizi differenti (potenza sulle 24 h)



| Firma energetica calcolata | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------|----------|---------------|--------------------|
| Mesi | Codice Mesi | g [g] | θe [°C] | CONHC [kWh] | ΦNHC,del [kWt/el] |
| <i>gennaio</i> | - | 31 | 0,5 | 28344 | 38,10 |
| <i>febbraio</i> | - | 28 | 4,7 | 25251 | 37,58 |
| <i>marzo</i> | - | 31 | 9,3 | 27456 | 36,90 |
| <i>aprile</i> | - | 30 | 13,2 | 26334 | 36,58 |
| <i>maggio</i> | - | 31 | 18,0 | 27094 | 36,42 |
| <i>giugno</i> | - | 30 | 23,2 | 26167 | 36,34 |
| <i>luglio</i> | - | 31 | 24,7 | 27060 | 36,37 |
| <i>agosto</i> | - | 31 | 23,1 | 27150 | 36,49 |
| <i>settembre</i> | - | 30 | 19,4 | 26578 | 36,91 |
| <i>ottobre</i> | - | 31 | 15,2 | 27775 | 37,33 |
| <i>novembre</i> | - | 30 | 8,3 | 27316 | 37,94 |
| <i>dicembre</i> | - | 31 | 2,9 | 28453 | 38,24 |
| TOTALE | | 365 | - | 324978 | - |

| Firma energetica reale | | | | | |
|------------------------|----------------|------------|----------|---------------|--------------------|
| Periodo | Codice Periodo | g [g] | θe [°C] | CONHC [kWh] | ΦNHC,del [kWt/el] |
| <i>1 - Anno 2022</i> | - | 365 | 13,6 | 260903 | 29,78 |
| TOTALE | | 365 | - | 260903 | - |

Globale (potenza sulle 24 h)



| Firma energetica calcolata | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------|-----------------|---------------|--------------------------|
| Mesi | Codice Mesi | g [g] | θ_e [°C] | CoGL [kWh] | $\Phi_{GL,del}$ [kWt/el] |
| <i>gennaio</i> | - | 31 | 0,5 | 28344 | 38,10 |
| <i>febbraio</i> | - | 28 | 4,7 | 25251 | 37,58 |
| <i>marzo</i> | - | 31 | 9,3 | 27456 | 36,90 |
| <i>aprile</i> | - | 30 | 13,2 | 26334 | 36,58 |
| <i>maggio</i> | - | 31 | 18,0 | 27094 | 36,42 |
| <i>giugno</i> | - | 30 | 23,2 | 26167 | 36,34 |
| <i>luglio</i> | - | 31 | 24,7 | 27060 | 36,37 |
| <i>agosto</i> | - | 31 | 23,1 | 27150 | 36,49 |
| <i>settembre</i> | - | 30 | 19,4 | 26578 | 36,91 |
| <i>ottobre</i> | - | 31 | 15,2 | 27775 | 37,33 |
| <i>novembre</i> | - | 30 | 8,3 | 27316 | 37,94 |
| <i>dicembre</i> | - | 31 | 2,9 | 28453 | 38,24 |
| TOTALE | | 365 | - | 324978 | - |

| Firma energetica reale | | | | | |
|------------------------|----------------|------------|-----------------|---------------|--------------------------|
| Periodo | Codice Periodo | g [g] | θ_e [°C] | CoGL [kWh] | $\Phi_{GL,del}$ [kWt/el] |
| 1 - Anno 2022 | - | 365 | 13,6 | 260903 | 29,78 |
| TOTALE | | 365 | - | 260903 | - |

Legenda dei simboli:

| | |
|-------------------|--|
| g | Giorni effettivi del periodo |
| θ_e | Temperatura esterna media del periodo |
| g_{risc} | Giorni di riscaldamento del periodo |
| g_{raffr} | Giorni di raffrescamento del periodo |
| $\theta_{e,risc}$ | Temperatura esterna media riproporzionata sui giorni di riscaldamento |
| $\theta_{e,raff}$ | Temperatura esterna media riproporzionata sui giorni di raffrescamento |
| Φ_{del} | Potenza consegnata del periodo |

Legenda dei servizi:

| | |
|-----|---|
| H | Riscaldamento (idronico ed aeraulico) |
| C | Raffrescamento |
| NHC | Servizi differenti dal riscaldamento o raffrescamento |
| gl | Globale |

Legenda dei codici:

| | |
|-----|--------------------------------------|
| H | Riscaldamento |
| C | Raffrescamento |
| HC | Sia riscaldamento che raffrescamento |
| NH | Non riscaldamento |
| NC | Non raffrescamento |
| NHC | Né riscaldamento né raffrescamento |

5.1.2 Stagione media

5.1.2.1 Consumi annui

Dati climatici (modello di calcolo)

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|----------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Tipologia | Secondo modellazione EC700 | | | | | | | | | | | |
| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| θ_{est} [°C] | 0,5 | 4,7 | 9,3 | 13,2 | 18,0 | 23,2 | 24,7 | 23,1 | 19,4 | 15,2 | 8,3 | 2,9 |
| $H_{or,di}$ [W/m²] | 25,5 | 67,1 | 93,8 | 115,7 | 150,5 | 184,0 | 180,6 | 141,2 | 92,6 | 55,6 | 35,9 | 19,7 |
| $H_{or,dif}$ [W/m²] | 23,1 | 35,9 | 56,7 | 76,4 | 100,7 | 103,0 | 98,4 | 88,0 | 74,1 | 47,5 | 26,6 | 20,8 |

Legenda dei simboli:

| | |
|----------------|---|
| θ_{est} | Temperatura esterna media mensile |
| $H_{or,dir}$ | Irradiazione solare diretta media mensile sul piano orizzontale |
| $H_{or,dif}$ | Irradiazione solare diffusa media mensile sul piano orizzontale |

Stagione di riscaldamento

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------|-----|-----|------|--------------|------------|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| Data di inizio | 15/10/2021 | | | | Data di fine | 15/04/2022 | | | | | | |
| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic |
| g_{risc} [g] | 31 | 28 | 31 | 15 | - | - | - | - | - | 17 | 30 | 31 |
| $\theta_{est,risc}$ [°C] | 0.5 | 4.7 | 9.3 | 12.3 | - | - | - | - | - | 13.4 | 8.3 | 2.9 |

Consumi e validazione

| | |
|--------------------|-------------------|
| Vettore energetico | Teleriscaldamento |
|--------------------|-------------------|

| Servizio | CO_{calc} [kWh] | CO_{reale} [kWh] | F_{agg} [-] | $CO_{reale,agg}$ [kWh] | Δ [%] |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|
| Riscaldamento (H) | 1370953 | 957834 | 1,00 | 961334 | 42,6 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1576 | 1101 | 1,00 | 1101 | 43,1 |
| Globale (GI) | 1372528 | 958935 | 0,00 | 962435 | 42,6 |

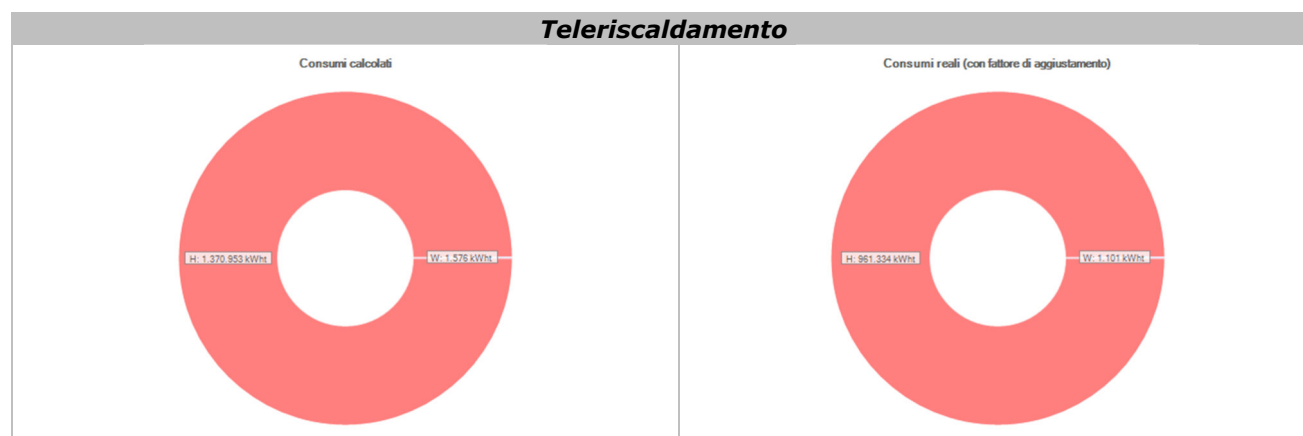
| | |
|--------------------|-------------------|
| Vettore energetico | Energia elettrica |
|--------------------|-------------------|

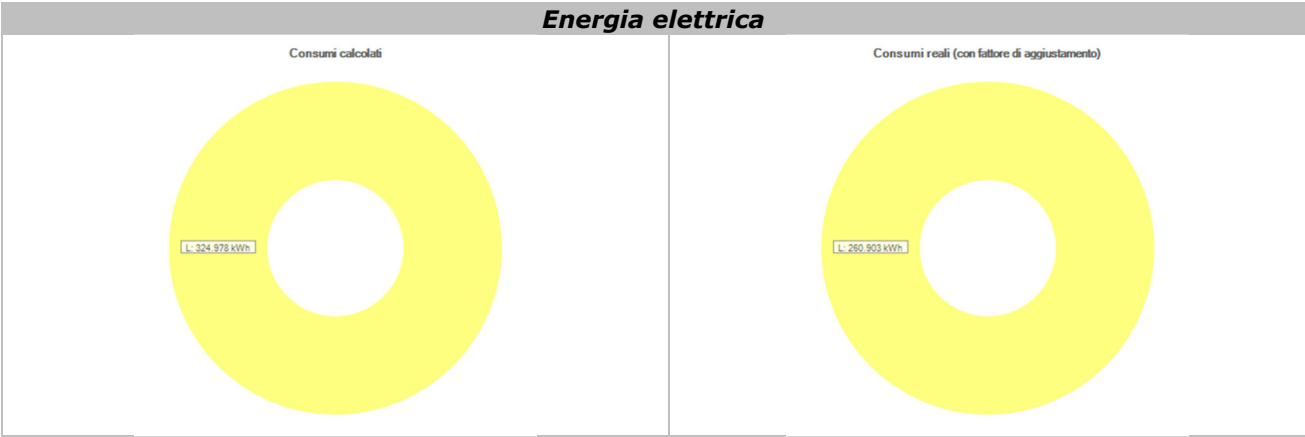
| Servizio | CO_{calc} [kWh] | CO_{reale} [kWh] | F_{agg} [-] | $CO_{reale,agg}$ [kWh] | Δ [%] |
|-------------------|------------------------|-------------------------|------------------|-----------------------------|-----------------|
| Illuminazione (L) | 324978 | 260903 | 1,00 | 260903 | 24,6 |
| Globale (GI) | 324978 | 260903 | 0,00 | 260903 | 24,6 |

Legenda dei simboli:

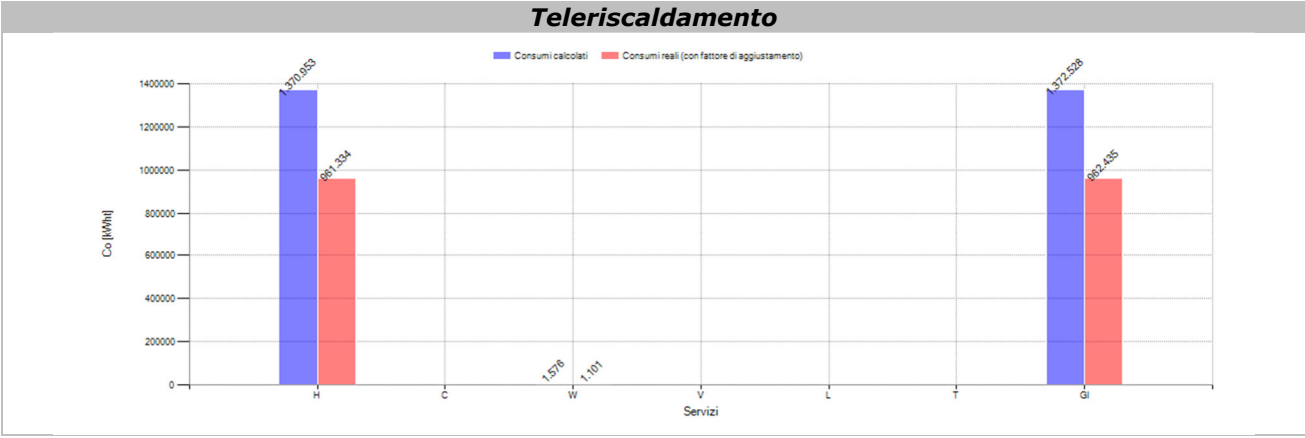
| | |
|------------------|--|
| CO_{calc} | Consumo calcolato (operativo) |
| CO_{reale} | Consumo reale (effettivo) |
| F_{agg} | Fattore di aggiustamento |
| $CO_{reale,agg}$ | Consumo reale comprensivo del fattore di aggiustamento |
| Δ | Scostamento consumo |

Suddivisione per servizio





Confronto



6 RACCOMANDAZIONI CIRCA I POSSIBILI INTERVENTI

Gli interventi di riqualificazione energetica possono essere, in generale, distinti in differenti categorie principali (prospetto 2) da considerarsi in ordine logico di priorità. In particolare, gli interventi relativi alla termoregolazione ed alla contabilizzazione dovrebbero essere anteposti a tutti gli altri in quanto tali da predisporre l'edificio ad accogliere le ulteriori opere.

Prospetto 2 Classificazione degli interventi di risparmio energetico

| Categoria di intervento | Tipologia | Beneficio |
|---|---|--|
| Interventi sul fabbricato | Cappotto interno, cappotto esterno, insufflaggio, isolamento coperture orizzontali, isolamento cassonetti, sostituzione serramenti, sostituzione solo vetro | Riduzione trasmittanze termiche (W_t/m^2K) |
| Interventi sui circuiti di utenza | Sostituzione dei terminali di emissione, installazione di sistemi di termoregolazione, installazione di sistemi di contabilizzazione | Aumento dei rendimenti di emissione o regolazione, riduzione della temperatura media dell'impianto, riduzione del fabbisogno in ingresso alla regolazione (fattore di contabilizzazione) |
| Interventi sul sottosistema di generazione ed adozione di fonti rinnovabili | Installazione di collettori solari | Riduzione del fabbisogno in uscita dalla generazione ($Q_{gen,out}$) |
| | Sostituzione del generatore con generatori multipli o sistemi più efficienti | Miglioramento del rendimento di generazione ed incremento della quota rinnovabile |
| | Installazione di moduli fotovoltaici | Riduzione del prelievo di energia elettrica dalla rete |

Nel caso considerato si sono simulati i seguenti scenari di risparmio energetico, ciascuno articolato in più interventi (i singoli scenari ed interventi sono descritti nel dettaglio nei capitoli successivi):

Riepilogo scenari

| N° | Descrizione | C [€] | ΔS_{gl} [€/anno] | t_r [anni] | $\Delta EP_{gl,nren}$ [kWh _p /m ² anno] | Classe energetica |
|----|---|------------|-----------------------------|-----------------|--|----------------------|
| 1 | Riqualificazione coperture e serramenti | 2703147,00 | 24352,70 | 111,0 | 27,58 | E |
| 2 | Valvole termostatiche e contabilizzazione | 84400,00 | 38274,50 | 2,2 | 25,94 | E |
| 3 | Cogeneratore | 453000,00 | 143530,52 | 7,4 | 35,92 | E |

Legenda:

| | |
|-----------------------|--|
| C | Costo stimato |
| ΔS_{gl} | Risparmio economico (variazione spesa globale annua) |
| t_r | Tempo di ritorno semplice |
| $\Delta EP_{gl,nren}$ | Risparmio energetico (variazione indice di prestazione energetica globale non rinnovabile) |

6.1 Riqualificazione coperture e serramenti

Dati generali

| | | | |
|-----------------------------------|---|------------|---------------------------------------|
| Numero | 1 | | |
| Descrizione | Riqualificazione coperture e serramenti | | |
| Costo stimato | C | 2703147,00 | € |
| Risparmio economico conseguibile | ΔS_{gl} | 24352,70 | €/anno |
| Tempo di ritorno semplice | t_r | 111,0 | anni |
| Risparmio energetico conseguibile | $\Delta EP_{gl,nren}$ | 27,58 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica raggiungibile | E | | |

Riepilogo interventi

| N° | Descrizione | Costo (C) [€] |
|----|-------------------------------|---------------|
| 1 | Coibentazione della copertura | 1158346,00 |
| 2 | Sostituzione serramenti | 1260240,25 |
| 3 | Coibentazione della copertura | 284560,81 |

6.1.1 Coibentazione della copertura

Dati generali

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|------------|---|
| Intervento | 1 | | |
| Tipologia | Coibentazione della copertura | | |
| Descrizione | Coibentazione della copertura | | |
| Zone di pertinenza | Edificio | | |
| Costo stimato | C | 1158346,00 | € |

Stato di fatto

Struttura esistente

| | | | |
|------------------------|--------------------------------------|---------|----------------|
| Codice | S4 | | |
| Descrizione | Copertura non isolata | | |
| Tipo | da locale climatizzato verso esterno | | |
| Tipologia di copertura | 1 | | |
| Superficie di calcolo | S_{calc} | 3472,26 | m ² |

Risultati stato di fatto

| | | | |
|-----------------------------|-----------------|--------|----------------------------------|
| Spessore totale | S_{tot} | 365,00 | mm |
| Trasmittanza iniziale | U_{in} | 0,759 | W _t /m ² K |
| Trasmittanza iniziale media | $U_{in,media}$ | 0,757 | W _t /m ² K |
| Valore limite | $U_{media,lim}$ | 0,260 | W _t /m ² K |

Intervento

Isolante

| | | | |
|--------------|--|--------|--------------------|
| Tipologia | Pannelli in lana di roccia 200 kg/m ³ | | |
| Conduttività | λ | 0,034 | W _t /mK |
| Spessore | s | 120,00 | mm |

Risultati intervento

| | | | |
|---------------------------|-----------------|--------|----------------------------------|
| Spessore totale | S_{tot} | 480,00 | mm |
| Trasmittanza finale | U_{fin} | 0,230 | W _t /m ² K |
| Trasmittanza finale media | $U_{fin,media}$ | 0,228 | W _t /m ² K |
| Valore limite | $U_{media,lim}$ | 0,260 | W _t /m ² K |

6.1.2 Sostituzione serramenti

Dati generali

| | | | |
|--------------------|-------------------------|------------|---|
| Intervento | 2 | | |
| Tipologia | Sostituzione serramenti | | |
| Descrizione | Sostituzione serramenti | | |
| Zone di pertinenza | Edificio | | |
| Costo stimato | C | 1260240,25 | € |

Stato di fatto

Struttura esistente

| | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------|----------------|
| Codice | W1 | | |
| Descrizione | finestra 290x180 | | |
| Tipo | da locale climatizzato verso esterno | | |
| Esposizioni considerate | E, O | | |
| Superficie di calcolo | S _{calc} | 1272,97 | m ² |

Risultati stato di fatto

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------|----------------------------------|
| Trasmittanza iniziale vetro | U _{q,in} | 3,100 | W _t /m ² K |
| Trasmittanza iniziale serramento | U _{w,in} | 2,800 | W _t /m ² K |
| Valore limite trasmittanza serramento | U _{w,limite} | 1,900 | W _t /m ² K |

Intervento

Dati intervento

| | | | |
|--|---------------------------------|-------|----------------------------------|
| Tipologia di vetro | Doppio vetro 4+12+4 argon | | |
| k telaio | | 1,600 | W _t /m ² K |
| Tipologia di serramento (vetro + telaio) | Alluminio taglio termico - 75mm | | |

Risultati intervento

| | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------|----------------------------------|
| Trasmittanza finale vetro | U _{q,fin} | 1,300 | W _t /m ² K |
| Trasmittanza finale serramento | U _{w,fin} | 1,341 | W _t /m ² K |
| Valore limite trasmittanza serramento | U _{w,limite} | 1,900 | W _t /m ² K |

6.1.3 Coibentazione della copertura

Dati generali

| | | | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|---|
| Intervento | 3 | | |
| Tipologia | Coibentazione della copertura | | |
| Descrizione | Coibentazione della copertura | | |
| Zone di pertinenza | Edificio | | |
| Costo stimato | C | 284560,81 | € |

Stato di fatto

Struttura esistente

| | | | |
|------------------------|--------------------------------------|--------|----------------|
| Codice | S9 | | |
| Descrizione | Copertura piana | | |
| Tipo | da locale climatizzato verso esterno | | |
| Tipologia di copertura | 1 | | |
| Superficie di calcolo | S _{calc} | 853,00 | m ² |

Risultati stato di fatto

| | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------|----------------------------------|
| Spessore totale | Stot | 315,00 | mm |
| Trasmittanza iniziale | U _{in} | 1,537 | W _t /m ² K |
| Trasmittanza iniziale media | U _{in,media} | 1,569 | W _t /m ² K |
| Valore limite | U _{media,lim} | 0,260 | W _t /m ² K |

Intervento

Isolante

| | | | |
|---------------|---|--------|--------------------|
| Tipologia | Pannello polistirene espanso 35 kg/m ³ | | |
| Conducibilità | λ | 0,022 | W _t /mK |
| Spessore | s | 100,00 | mm |

| Risultati intervento | | | |
|-----------------------------|-----------------|--------|------------|
| Spessore totale | S_{tot} | 460,00 | mm |
| Trasmittanza finale | U_{fin} | 0,186 | W_t/m^2K |
| Trasmittanza finale media | $U_{fin,media}$ | 0,219 | W_t/m^2K |
| Valore limite | $U_{media,lim}$ | 0,260 | W_t/m^2K |

6.1.4 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti in forma numerica.

6.1.4.1 Edificio

Consumi (Co)

| Servizio | Teleriscaldamento [kWh _t] | | |
|---------------------------|--|----------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 1370953 | 1100367 | -19,7 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1576 | 1576 | 0,0 |
| Globale | 1372528 | 1101943 | -19,7 |

| Servizio | Energia elettrica [kWh] | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------|------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0 | 0 | 0,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 324978 | 324978 | 0,0 |
| Globale | 324978 | 324978 | 0,0 |

Spesa (S) [€]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|------------------|------------------|-------------|
| Riscaldamento (H) | 123385,74 | 99033,05 | 19,7 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 141,80 | 141,80 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 81244,61 | 81244,61 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale | 204772,16 | 180419,45 | 11,9 |

Valutazione economica preliminare

| | |
|---|------------|
| Costo stimato (C) [€] | 2703147,00 |
| Risparmio economico conseguibile (ΔS _{gr}) [€/anno] | 24352,70 |
| Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni] | 111,0 |

Rendimenti (η) [%]

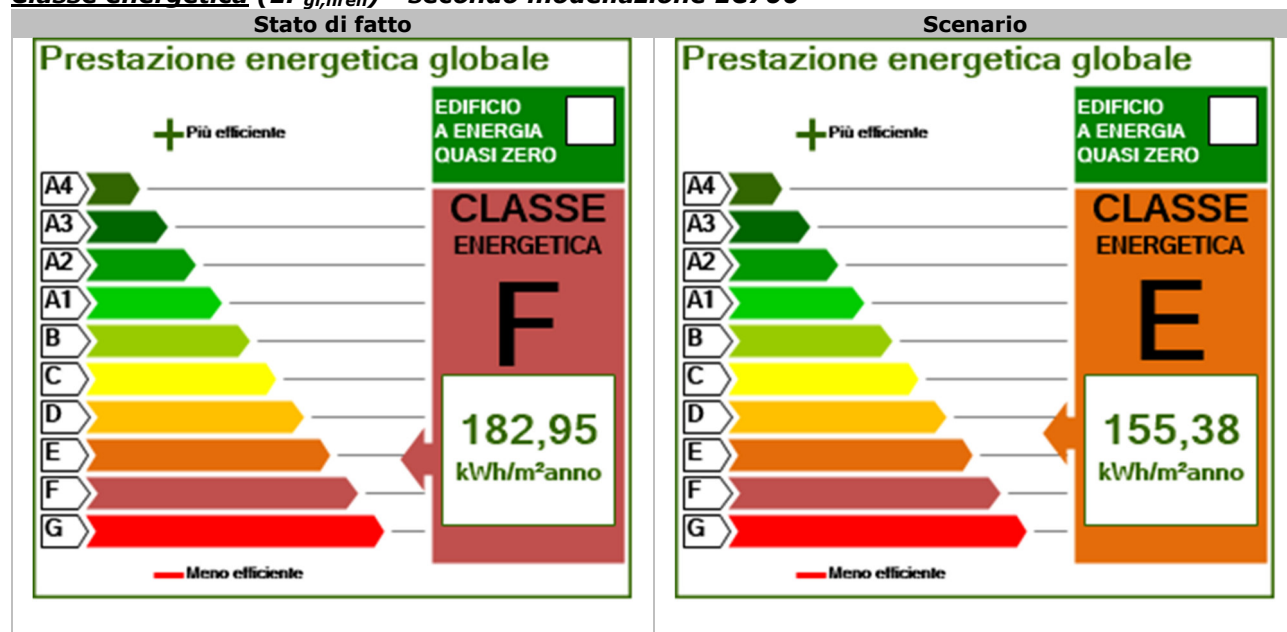
| Sottosistema | Riscaldamento idronico (H _{idr}) | | |
|--|--|-------------|-------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Emissione (η _{em}) | 92,0 | 92,0 | 0,0 |
| Regolazione (η _{reg}) | 75,9 | 74,2 | -2,2 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 96,0 | 96,0 | 0,0 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 44,7 | 43,7 | -2,2 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 44,7 | 43,7 | -2,2 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,4 | - | - |

| Sottosistema | Acqua calda sanitaria (W) | | |
|--|---------------------------|-------------|------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Erogazione (η _{er}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 92,6 | 92,6 | 0,0 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Ricircolo (η _{ric}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 61,7 | 61,7 | 0,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 61,7 | 61,7 | 0,0 |
| Valore limite (η_{lim}) | 45,3 | - | - |

Indici di prestazione termica del fabbricato (EP_{nd}) [kWh_t/m^2]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore limite |
|--------------------|----------------|----------|--------------|---------------|
| Riscaldamento (H) | 62,43 | 49,02 | -21,5 | 17,93 |
| Raffrescamento (C) | 31,96 | 25,54 | -20,1 | 25,89 |

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700



6.2 Valvole termostatiche e contabilizzazione

Dati generali

| | | | |
|-----------------------------------|---|----------|---------------------------------------|
| Numero | 2 | | |
| Descrizione | Valvole termostatiche e contabilizzazione | | |
| Costo stimato | C | 84400,00 | € |
| Risparmio economico conseguibile | ΔS_{gl} | 38274,50 | €/anno |
| Tempo di ritorno semplice | t_r | 2,2 | anni |
| Risparmio energetico conseguibile | $\Delta EP_{gl,nren}$ | 25,94 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica raggiungibile | E | | |

Riepilogo interventi

| N° | Descrizione | Costo (C) [€] |
|----|---|---------------|
| 1 | Installazione valvole termostatiche su tutti i corpi radianti | 61000,00 |
| 2 | Installazione di sistemi di contabilizzazione | 23400,00 |

6.2.1 Installazione valvole termostatiche su tutti i corpi radianti

Dati generali

| | | | |
|--------------------|---|----------|---|
| Intervento | 1 | | |
| Tipologia | Installazione valvole termostatiche su tutti i corpi radianti | | |
| Descrizione | Installazione valvole termostatiche su tutti i corpi radianti | | |
| Zona di pertinenza | Edificio | | |
| Costo stimato | C | 61000,00 | € |

Descrizione sintetica intervento

L'installazione di sistemi di termoregolazione comporta un duplice beneficio: da un lato, consente di migliorare il rendimento di regolazione, dall'altro, permettendo agli utenti di incidere liberamente sui propri consumi, è tale, se abbinato all'intervento di contabilizzazione, da generare comportamenti virtuosi, da cui si determina una riduzione del fabbisogno (della predetta riduzione si tiene conto attraverso l'intervento di contabilizzazione, di seguito descritto). Tale intervento consente inoltre di ridurre la temperatura media dell'impianto oltre che di migliorare, in caso di caldaia a condensazione, il rendimento di generazione, in virtù dei ritorni più freddi. L'intervento di termoregolazione, incidendo sulle portate dell'impianto, presuppone infine la sostituzione della precedente pompa di circolazione a giri fissi con una nuova pompa di circolazione a giri variabili, contraddistinta quindi da consumi elettrici inferiori.

Intervento

Regolazione

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|--------|-------|
| Tipologia di regolazione | Per singolo ambiente + climatica | | |
| Caratteristiche regolazione | P banda proporzionale 0,5 °C | | |
| Rendimento di regolazione | $\eta_{H,idr,reg}$ | 99,0 | % |
| Costo specifico | c | 200,00 | €/cad |
| Numero di corpi scaldanti | n | 305 | - |

6.2.2 Installazione di sistemi di contabilizzazione

Dati generali

| | | | |
|--------------------|---|----------|---|
| Intervento | 2 | | |
| Tipologia | Installazione di sistemi di contabilizzazione | | |
| Descrizione | Installazione di sistemi di contabilizzazione | | |
| Zona di pertinenza | Edificio | | |
| Costo stimato | C | 23400,00 | € |

Descrizione sintetica intervento

Si prevede l'installazione di apparecchiature per la contabilizzazione del calore sui vari circuiti in derivazione dal collettore in centrale termica per monitorare i consumi di energia delle varie sezioni dell'edificio.

| | |
|--------------------|---|
| Numero di circuiti | 6 |
|--------------------|---|

Circuito Riscaldamento

| | | | |
|---|------------------------|---------|------------------|
| Fabbisogno ideale | $Q_{H,sys,out}$ | 918777 | kWh _t |
| Fabbisogno ideale netto | $Q'_{H,sys,out}$ | 918748 | kWh _t |
| Fabbisogno corretto per intermittenza | $Q_{H,sys,out,interm}$ | 918748 | kWh _t |
| Fattore di contabilizzazione | f_{cont} | 0,90 | - |
| Fabbisogno corretto per contabilizzazione | $Q_{H,sys,out,cont}$ | 826873 | kWh _t |
| Costo specifico | c | 3900,00 | €/cad |
| Numero di dispositivi | n | 6 | - |

6.2.3 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti in forma numerica.

6.2.3.1 Edificio

Consumi (Co)

| Servizio | Teleriscaldamento [kWh _t] | | |
|---------------------------|--|---------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 1370953 | 945681 | -31,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1576 | 1576 | 0,0 |
| Globale | 1372528 | 947256 | -31,0 |

| Servizio | Energia elettrica [kWh] | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------|------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0 | 0 | 0,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 324978 | 324978 | 0,0 |
| Globale | 324978 | 324978 | 0,0 |

Spesa (S) [€]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|------------------|------------------|-------------|
| Riscaldamento (H) | 123385,74 | 85111,25 | 31,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 141,80 | 141,80 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 81244,61 | 81244,61 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale | 204772,16 | 166497,66 | 18,7 |

Valutazione economica preliminare

| | |
|---|----------|
| Costo stimato (C) [€] | 84400,00 |
| Risparmio economico conseguibile (ΔS _{gr}) [€/anno] | 38274,50 |
| Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni] | 2,2 |

Rendimenti (η) [%]

| Sottosistema | Riscaldamento idronico (H _{idr}) | | |
|--|--|-------------|-------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Emissione (η _{em}) | 92,0 | 92,0 | 0,0 |
| Regolazione (η _{reg}) | 75,9 | 99,0 | 30,5 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 96,0 | 96,0 | 0,0 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 44,7 | 64,8 | 45,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 44,7 | 64,8 | 45,0 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,4 | - | - |

| Sottosistema | Acqua calda sanitaria (W) | | |
|--|---------------------------|-------------|------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Erogazione (η _{er}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 92,6 | 92,6 | 0,0 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Ricircolo (η _{ric}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 | 66,7 | 0,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 61,7 | 61,7 | 0,0 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 61,7 | 61,7 | 0,0 |
| Valore limite (η_{lim}) | 45,3 | - | - |

Indici di prestazione termica del fabbricato (EP_{nd}) [kWh_t/m^2]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore limite |
|--------------------|----------------|----------|--------------|---------------|
| Riscaldamento (H) | 62,43 | 62,43 | 0,0 | 17,93 |
| Raffrescamento (C) | 31,96 | 31,96 | 0,0 | 25,89 |

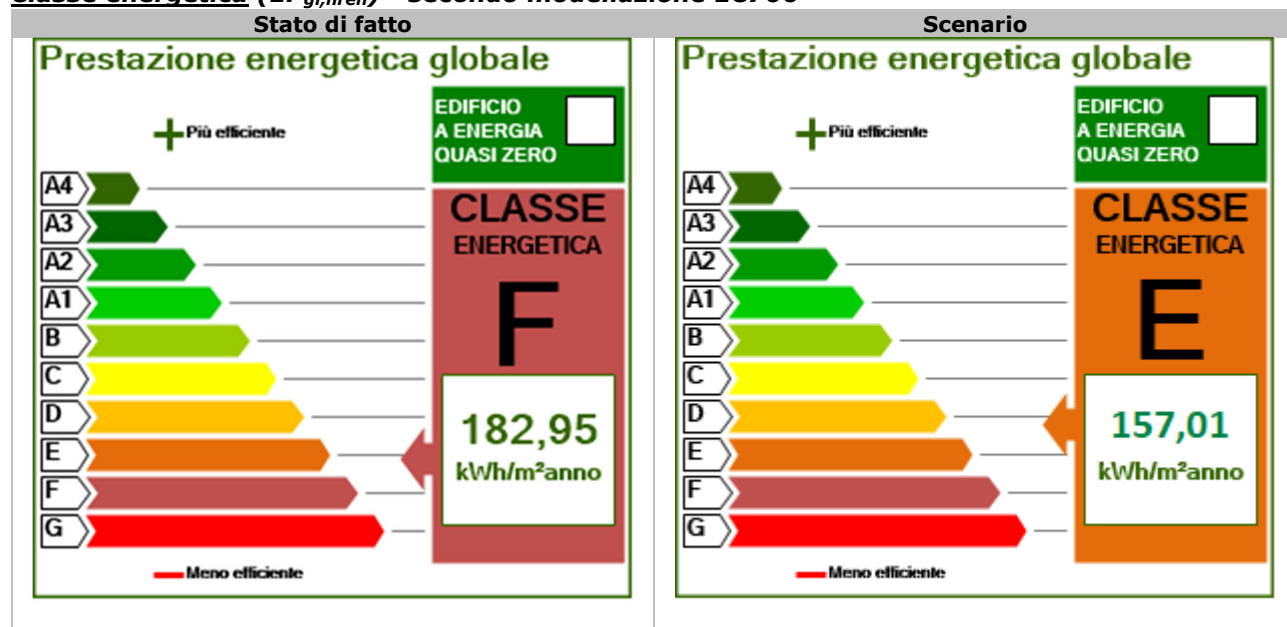
Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP) [kWh_p/m^2]

| Non rinnovabile (EP_{nren}) | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 139,73 | 96,39 | -31,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,16 | 0,16 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 43,06 | 43,06 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale (GI) | 182,95 | 139,61 | -23,7 |

| Rinnovabile (EP_{ren}) | | | |
|----------------------------|----------------|--------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 10,38 | 10,38 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale (GI) | 10,38 | 10,38 | 0,0 |

| Totale (EP_{tot}) | | | |
|---|----------------|---------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 139,73 | 96,39 | -31,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,16 | 0,16 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 53,44 | 53,44 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale (GI) | 193,33 | 149,99 | -22,4 |
| Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$) | 87,90 | - | - |

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700



6.3 Cogeneratore

Dati generali

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------|---------------------------------------|
| Numero | 3 | | |
| Descrizione | Cogeneratore | | |
| Costo stimato | C | 453000,00 | € |
| Risparmio economico conseguibile | ΔS_{gl} | 61241,64 | €/anno |
| Tempo di ritorno semplice | t_r | 7,4 | anni |
| Risparmio energetico conseguibile | $\Delta EP_{gl,nren}$ | 35,92 | kWh _p /m ² anno |
| Classe energetica raggiungibile | E | | |

Descrizione sintetica scenario

Installazione di cogeneratore funzionante a gas metano potenza termica 83 kW – potenza elettrica 50 kW avente funzionamento prioritario rispetto al teleriscaldamento

Riepilogo interventi

| N° | Descrizione | Costo (C) [€] |
|----|---|---------------|
| 1 | Cogeneratore funzionante a gas metano potenza termica 83 kW – potenza elettrica 50 kW | 453000,00 |

6.3.1 Cogeneratore

Dati generali

| | | | |
|--------------------|---|-----------|---|
| Intervento | 3 | | |
| Tipologia | Cogeneratore | | |
| Descrizione | Generatori con contemporanea produzione di acqua calda ed energia elettrica | | |
| Zona di pertinenza | Edificio | | |
| Costo stimato | C | 453000,00 | € |

Intervento

| | |
|---------------------------------|---------------------|
| Configurazione centrale termica | Generatori multipli |
| Modalità di funzionamento | Contemporaneo |

Generatore 1 - Cogeneratore

Caratteristiche pompa di calore

| | | | |
|--|--------------------------------|-------|----|
| Tipologia | Elettrica | | |
| Modalità di funzionamento | Unità con funzionamento on-off | | |
| Sorgente fredda | Aria esterna | | |
| Sorgente calda | Acqua di impianto | | |
| Temperatura di funzionamento (cut-off) | θ_{min} | -25,0 | °C |

Prestazioni pompa di calore

| | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------|-----------------|
| Coefficiente di prestazione | COP | 2,70 | - |
| Potenza utile | Φ_u | 50,00 | kW _t |
| Potenza assorbita | Φ_{ass} | 18,52 | kW _t |
| Temperatura sorgente fredda | θ_f | 7 | °C |
| Temperatura sorgente calda | θ_c | 35 | °C |
| Temperatura del generatore | $\theta_{gen,in}$ | 85,00 | °C |

Coefficienti correttivi pompa di calore

| | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CR [-] | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 |
| F _c [-] | 0,00 | 0,53 | 0,71 | 0,81 | 0,87 | 0,91 | 0,94 | 0,96 | 0,98 | 0,99 | 1,00 |
| Fattore di correzione | C _c | | | | | | | | 0,10 | - | |

| Caratteristiche caldaia | | | |
|---|-------------------------|--------|-----------------------------------|
| Tipologia | <i>Generatore a gas</i> | | |
| Potenza utile nominale | Φ_n | 83,00 | kW _t |
| Salto termico fumi-acqua di ritorno | $\Delta\theta$ | > 24 | °C |
| Rendimento di generazione base | $\eta_{gen,base}$ | 99,00 | % |
| Generatore monostadio | <i>No</i> | | |
| Installazione all'esterno | <i>Sì</i> | | |
| Temperatura di ritorno nel mese più freddo | θ_r | > 60 | °C |
| Rendimento di generazione | η_{gen} | 95,00 | % |
| Vettore energetico | | | |
| Tipologia | <i>Metano</i> | | |
| Potere calorifico inferiore | PCI | 9,940 | kWh _t /Nm ³ |
| Costo | c | 0,87 | €/ Nm ³ |
| Fattore di emissione di CO ₂ | f _{CO2} | 0,1998 | kg/kWh _{t/el} |
| Fattori di conversione in energia primaria (energia consegnata dal combustibile) | | | |
| Non rinnovabile | f _{p,nren} | 1,050 | - |
| Rinnovabile | f _{p,ren} | 0,000 | - |
| Totale | f _{p,tot} | 1,050 | - |
| Ausiliari | | | |
| Potenza ausiliari | Φ_{aux} | 375 | W _{el} |

6.3.2 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti sia in forma numerica.

6.3.2.1 Edificio

Consumi (Co)

| Servizio | Metano [Sm ³] | | |
|---------------------------|----------------------------|--------------|------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0 | 36329 | 0,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 0 | 0,0 |
| Globale | 0 | 36329 | 0,0 |

| Servizio | Teleriscaldamento [kWh _t] | | |
|---------------------------|--|----------|---------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 1370953 | 0 | -100,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 1576 | 0 | -100,0 |
| Globale | 1372528 | 0 | -100,0 |

| Servizio | Energia elettrica [kWh] | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------|-------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0 | 129094 | 0,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0 | 892 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 324978 | 324978 | 0,0 |
| Globale | 324978 | 454964 | 40,0 |

Spesa (S) [€]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
|---------------------------|------------------|------------------|-------------|
| Riscaldamento (H) | 123385,74 | 62062,85 | 49,7 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 141,80 | 223,06 | -57,3 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 81244,61 | 81244,61 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale | 204772,16 | 143530,52 | 29,9 |

Valutazione economica preliminare

| | |
|---|-----------|
| Costo stimato (C) [€] | 453000,00 |
| Risparmio economico conseguibile (ΔS _{gl}) [€/anno] | 61241,64 |
| Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni] | 7,4 |

Rendimenti (η) [%]

| Sottosistema | Riscaldamento idronico (H _{idr}) | | |
|--|--|--------------|--------------|
| | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Emissione (η _{em}) | 92,0 | 92,0 | 0,0 |
| Regolazione (η _{reg}) | 75,9 | 75,9 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η _{du}) | 96,0 | 96,0 | 0,0 |
| Accumulo (η _s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η _{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione (η _{gen,ut}) | 100,0 | 300,0 | 200,0 |
| Generazione (η _{gen,p,nren}) | 66,7 | 224,3 | 236,5 |
| Generazione (η _{gen,p,tot}) | 66,7 | 204,1 | 206,1 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,nren}) | 44,7 | 150,3 | 236,5 |
| Globale medio stagionale (η_{g,p,tot}) | 44,7 | 136,8 | 206,1 |
| Valore limite (η_{lim}) | 52,4 | - | - |

| Acqua calda sanitaria (W) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------|
| Sottosistema | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Erogazione (η_{er}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione di utenza (η_{du}) | 92,6 | 92,6 | 0,0 |
| Accumulo (η_s) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Ricircolo (η_{ric}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Distribuzione primaria (η_{dp}) | 100,0 | 100,0 | 0,0 |
| Generazione ($\eta_{gen,ut}$) | 100,0 | 194,4 | 94,4 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$) | 66,7 | 90,6 | 35,8 |
| Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$) | 66,7 | 73,0 | 9,5 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$) | 61,7 | 83,8 | 35,8 |
| Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$) | 61,7 | 67,6 | 9,5 |
| Valore limite (η_{lim}) | 45,3 | - | - |

Indici di prestazione termica del fabbricato (EP_{nd}) [kWh_t/m^2]

| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] | Valore limite |
|---------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|----------------------|
| Riscaldamento (H) | 62,43 | 62,43 | 0,0 | 17,93 |
| Raffrescamento (C) | 31,96 | 31,96 | 0,0 | 25,89 |

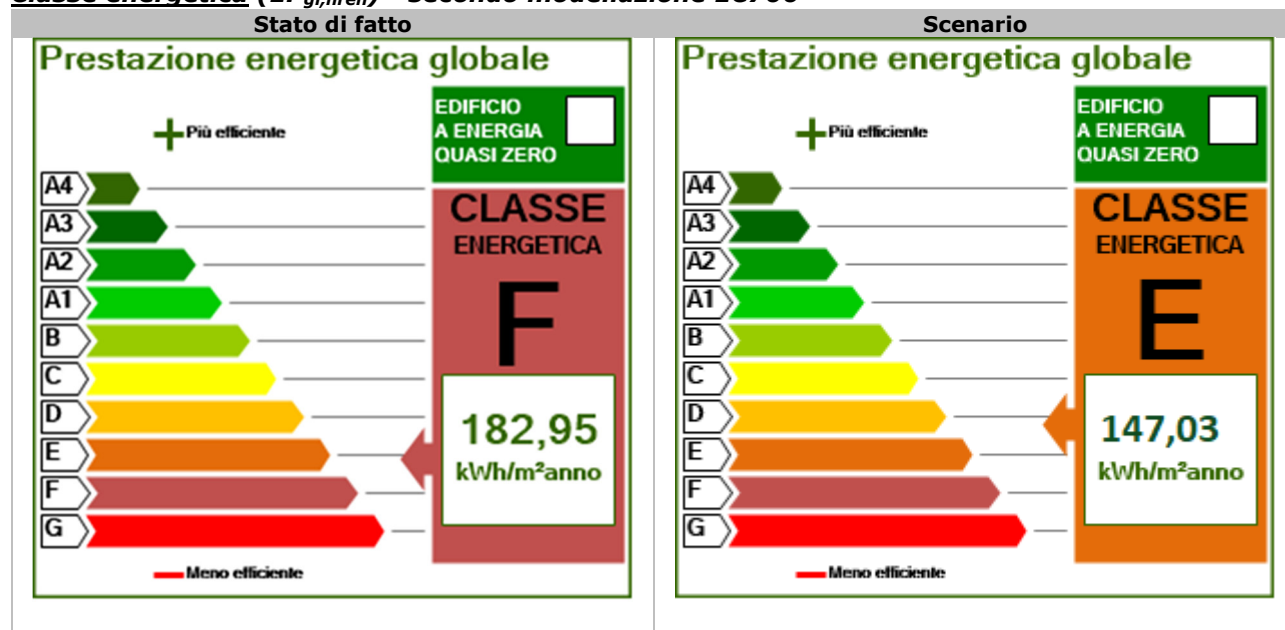
Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP) [kWh_p/m^2]

| Non rinnovabile (EP_{nren}) | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 139,73 | 41,53 | -70,3 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,16 | 0,12 | -26,4 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 43,06 | 43,06 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale (GI) | 182,95 | 84,71 | -53,7 |

| Rinnovabile (EP_{ren}) | | | |
|--|-----------------------|-----------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 0,00 | 4,12 | 0,0 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,00 | 0,03 | 0,0 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 10,38 | 10,38 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale (GI) | 10,38 | 14,53 | 40,0 |

| Totale (EP_{tot}) | | | |
|---|-----------------------|-----------------|--------------|
| Servizio | Stato di fatto | Scenario | Δ [%] |
| Riscaldamento (H) | 139,73 | 45,65 | -67,3 |
| Acqua calda sanitaria (W) | 0,16 | 0,15 | -8,6 |
| Raffrescamento (C) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Ventilazione (V) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Illuminazione (L) | 53,44 | 53,44 | 0,0 |
| Trasporto (T) | 0,00 | 0,00 | 0,0 |
| Globale (GI) | 193,33 | 99,24 | -48,7 |
| Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$) | 87,90 | - | - |

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700



6.4 Prestazioni complessive raggiungibili

Di seguito si riporta la prestazione energetica che può essere raggiunta tramite l'applicazione di tutti gli interventi suggeriti.

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$) - secondo modellazione EC700

