

RELAZIONE DI DIAGNOSI ENERGETICA (rapporto finale) secondo UNI CEI EN 16247-1-2

Committente

Nome *ACER FERRARA*

Indirizzo

Edificio / condominio

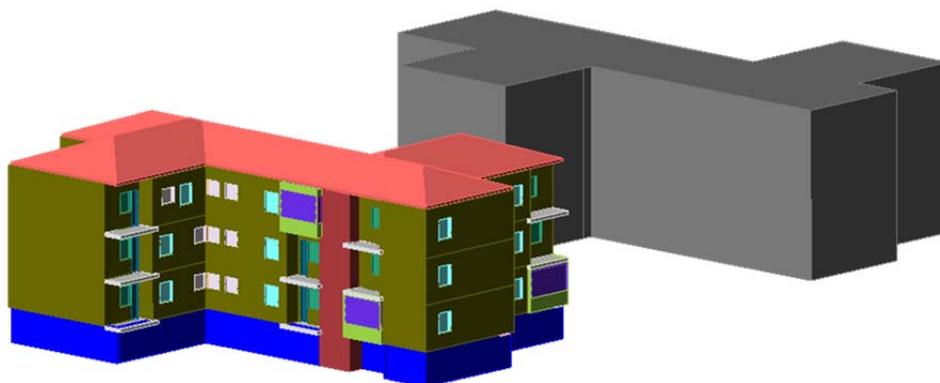
Descrizione *CONDOMINIO ACER FE - KRASNODAR 247*

Indirizzo *via Krasnodar 247, Ferrara*

Studio tecnico

Nome *AESS - AGENZIA PER L'ENERGIA DI MODENA*

Indirizzo *VIA CARUSO, 3 - 41122 MODENA (MO)*



Software di calcolo *Edilclima EC700 versione 10.21.6 ed EC720 versione 5.19.49*

Data di redazione del documento *10/03/2021*

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 *Strutture disperdenti*
 - 4.2.2 *Principali risultati dei calcoli*
 - 4.3 Caratteristiche degli impianti
 - 4.3.1 *Impianto di riscaldamento idronico*
 - 4.3.2 *Impianto di acqua calda sanitaria*
 - 4.4 Principali risultati dei calcoli
- 5** **Raccomandazioni circa i possibili interventi**
 - 5.1 Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)
 - 5.1.1 *Isolamento pareti opache esterne e solaio sottotetto*
 - 5.1.2 *Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle*
 - 5.1.3 *Sostituzione generatori di calore*
 - 5.1.4 *Prestazioni 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.).

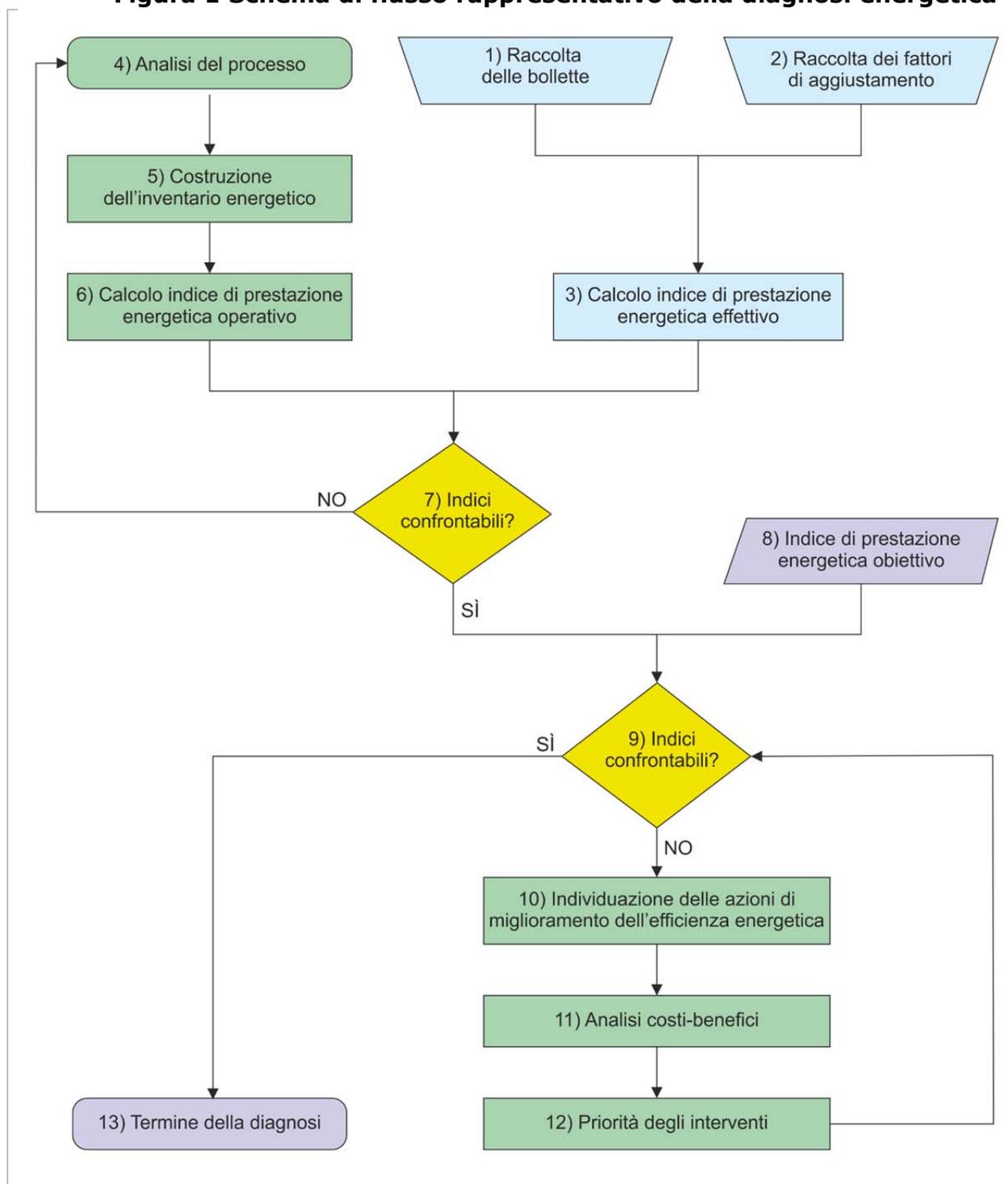
Modalità operative

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 fornirne 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	CONDOMINIO ACER FE - KRASNODAR 247 (SIMULAZIONE PRE)
Comune	Ferrara
Provincia	Ferrara
CAP	44100
Indirizzo edificio	via Krasnodar 247, Ferrara
Zona climatica	E
Gradi giorno DPR 412/93 (GG _{DPR 412/93}) [°Cg]	2326
Categoria prevalente (DPR 412/93)	E.1 (1)
Altre categorie (DPR 412/93)	
Numero di unità immobiliari	18
Numero di fabbricati	1
Periodo di costruzione	Anni '80
Scopo / contesto della diagnosi energetica	Riqualificazione energetica dell'edificio
Riferimento	DLgs 192/05, art. 2, comma 1

Descrizione sintetica dell'edificio

Edificio a 3 piani fuoriterza a destinazione residenziale oltre a piano terra non riscaldato, per complessivi 18 alloggi, con strutture a telaio in calcestruzzo e tamponamenti in laterizio, serramenti prevalentemente in ferro e vetro singolo, con cassonetti non isolati.

La ridotta altezza del piano terra non permette di intervenire mediante isolamento dell'intradosso del primo impalcato.

La copertura del fabbricato è inclinata, con sottotetto non abitabile Hmax=150cm

Immagine edificio



Le caratteristiche dimensionali dell'edificio sono così riassumibili:

Caratteristiche dimensionali complessive dell'edificio

Superficie utile	S_{utile}	1057,72	m^2
Superficie lorda	S_{lorda}	1256,69	m^2
Volume netto	V_{netto}	3162,54	m^3
Volume lordo	V_{lordo}	4239,19	m^3
Fattore di forma	S/V	0,56	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})	Autonomo	-
Acqua calda sanitaria (W)	Autonomo	Combinato
Climatizzazione estiva (C)	Assente	-
Ventilazione (V)	Assente	-
Riscaldamento aeraulico (H_{aer})	Assente	-
Illuminazione (L)	Non 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	$EP_{\text{gl,nren}}$	290,14	$kWh_p/m^2\text{anno}$
Classe energetica		G	
Spesa globale annua	S_{gl}	25881,64	€/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

Scenario	1	Descrizione scenario	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)		
Intervento	Descrizione intervento		Costo (C) [€]		
1	Isolamento pareti opache esterne e solaio sottotetto		358453,56		
2	Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle		123146,10		
3	Sostituzione generatori di calore		118062,00		
Parametri di valutazione		Stato di fatto	Scenario	Δ	%
Costo complessivo scenario(C) [€]			599661,63		
Spesa globale annua (S_{gl})[€/anno]		25881,64	7034,59	18847,05	72,80
Tempo di ritorno semplice (t_r) [anni]			31,8		
$EP_{\text{gl,nren}}$ [$kWh_p/m^2\text{anno}$]		290,14	77,61	212,53	73,20
Classe energetica		G	A1		

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 10.21.6 (modulo base, provvisto di certificato di validazione CTI n. 73) ed EC720 versione 5.19.49 (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)

Le impostazioni di calcolo sono tipiche della modalità A2, con rilievo in situ delle strutture edilizie e degli impianti (laddove possibile) e dimensioni tratte dagli elaborati forniti dal Committente corroborate dalle misurazioni in campo.

Stagioni di calcolo

Energia invernale

Stagione di riscaldamento	Convenzionale		
Dal	15 ottobre	Al	15 aprile
Giorni di riscaldamento (n_{risc})	183		

Energia estiva

Stagione di raffrescamento	Reale		
Dal	16 aprile	Al	10 ottobre
Giorni di raffrescamento (n_{raffr})	178		

Fattori di conversione in energia primaria

Vettore energetico	$f_{D,nren}$ [kWh _p /kWh _{t,el}]	$f_{D,ren}$ [kWh _p /kWh _{t,el}]	$f_{D,tot}$ [kWh _p /kWh _{t,el}]	f_{CO2} [kg/kWh _{t,el}]
Energia elettrica da rete	1,950	0,470	2,420	0,460
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 aeraulico)
H _{aer}	Riscaldamento aeraulico (trattamenti aria)	W	Acqua calda sanitaria
H	Riscaldamento (idronico ed aeraulico)	V	Ventilazione
C _{idr}	Raffrescamento idronico	L	Illuminazione
C _{aer}	Raffrescamento aeraulico (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	Ferrara		
Provincia	Ferrara		
Altitudine s.l.m.		9	m
Latitudine nord		44°50'	
Longitudine est		11°37'	
Gradi giorno DPR 412/93	GG _{DPR412/93}	2326	°Cg
Gradi giorno calcolati	GG _{calc}	2505	°Cg
Zona climatica		E	
Regione di vento		ADRIATICO	
Direzione del vento prevalente		Ovest	
Distanza da mare		> 40	km
Velocità del vento media	V _{media}	2,00	m/s
Velocità del vento massima	V _{max}	4,00	m/s
Temperatura esterna di progetto	θ _{e,des}	-5,0	°C
Irradianza mensile massima sul piano orizzontale		298,6	W _t /m ²

Dati climatici mensili

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
θ _{H,int} [°C]	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
θ _e [°C]	1,1	4,4	8,3	12,9	18,0	22,0	24,6	23,5	19,3	15,2	8,0	3,1
n _{risc} [g]	31	28	31	15	0	0	0	0	0	17	30	31
GG _{calc} [°Cg]	586	437	363	122	0	0	0	0	0	113	360	524
p [Pa]	575,4	569,4	763,2	976,0	1234,8	1485,6	1346,8	1757,4	1477,6	1142,9	895,1	676,3

Irradiazione solare giornaliera media mensile (H) [MJ/m²]

Orient.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
N	1,4	2,5	3,6	5,4	8,7	10,3	9,9	7,2	4,5	3,0	1,8	1,2
NE	1,5	3,4	5,3	8,2	12,3	13,6	13,8	10,5	7,2	4,1	2,1	1,3
E	3,0	7,0	8,6	11,2	15,4	16,1	16,9	13,7	11,1	7,1	4,4	2,7
SE	5,2	10,7	10,8	11,9	14,2	13,9	14,9	13,6	12,8	9,8	7,3	4,7
S	6,6	12,9	11,3	10,7	11,4	10,7	11,5	11,6	12,5	11,1	9,2	6,0
SO	5,2	10,7	10,8	11,9	14,2	13,9	14,9	13,6	12,8	9,8	7,3	4,7
O	3,0	7,0	8,6	11,2	15,4	16,1	16,9	13,7	11,1	7,1	4,4	2,7
NO	1,5	3,4	5,3	8,2	12,3	13,6	13,8	10,5	7,2	4,1	2,1	1,3
Orizzontale	3,8	8,8	11,8	16,4	23,3	24,9	25,8	20,4	15,5	9,5	5,5	3,3

Legenda:

θ _{H,int}	Temperatura interna invernale
θ _e	Temperatura esterna media mensile
n _{risc}	Giorni di riscaldamento
GG _{calc}	Gradi giorno calcolati
p	Pressione del vapore

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

*Struttura portante a telaio in c.a., tamponamenti in laterizio facciavista a cassavuota, solai in laterocemento, il tutto non isolato.
Sottotetto non abitabile con copertura inclinata anch'essa non isolata.*

Descrizione sintetica dei componenti finestrati

Serramenti in acciaio e vetrosingolo senza taglio termico, con cassonetti non isolati

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	Muratura esterna cassavuota	1,099	884,20	58422,9	28,1	5210,9	35,0	11339,9	43,5
M2	T	Sottofinestra	1,924	111,93	12945,5	6,2	852,8	5,7	1734,1	6,7
M3	U	Muratura vs vano scala	1,099	262,78	6943,1	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
M4	T	Cassonetto	6,000	46,44	16748,9	8,0	1091,9	7,3	1502,9	5,8
M5	U	Porta ingresso	2,500	35,70	2145,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M10	U	Muratura cassavuota vs loggia *btr,u 0,74	1,021	51,32	2331,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				1392,37	99537,8	47,8	7155,5	48,0	14576,9	56,0

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	U	Pavimento su PT	1,289	383,62	17832,2	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	T	Pavimento vs esterno	1,500	35,15	3170,3	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				418,77	21002,5	10,1	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]	%
S1	U	Solaio copertura vs sottotetto	1,873	418,66	27205,2	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				418,66	27205,2	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0

Cod.	Tipo	Descrizione	Componenti finestrati							
			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 120*145	4,096	55,68	13710,1	6,6	997,0	6,7	5226,4	20,1
W2	T	Finestra 120*110	4,080	43,56	10682,2	5,1	588,5	3,9	2959,0	11,4
W3	T	Porta-Finestra 70*250	4,166	24,50	6135,4	2,9	283,8	1,9	1281,5	4,9
W4	T	Finestra 110*145 (balconi)	4,116	22,33	5524,4	2,7	297,5	2,0	1998,4	7,7
W5	U	Copia di Porta-Finestra 70*250 (balconi) *btr 0,74	3,688	7,00	1148,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0
W6	U	Copia di Finestra 110*145 (balconi) *btr 0,74	3,596	6,40	1023,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				159,47	38223,8	18,4	2166,8	14,5	11465,3	44,0

Cod.	Tipo	Descrizione	Ponti termici			
			ψ [W _t /mK]	L _{tot} [m]	Q _{H,tr} [kWh _t]	%
Z1	-	W - Parete M1 - Telaio	0,163	472,60	4618,5	2,2
Z2	-	P - Parete - Pilastro	0,407	535,21	13006,6	6,2
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,190	85,69	923,6	0,4
Z4	-	R - Parete - Copertura	-0,467	151,90	-3704,5	-1,8
Z5	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,389	369,89	7397,7	3,6
Totale				1615,29	22242,0	10,7

Dispersioni estive

Cod.	Tipo	Descrizione	Muri							
			U [W _t /m ² K]	S _{tot} [m ²]	Q _{C,tr} [kWh _t]	%	Q _{C,r} [kWh _t]	%	Q _{C,sol, op} [kWh _t]	%
M1	T	Muratura esterna cassavuota	1,099	884,20	16716,0	28,3	6292,7	34,1	22031,1	42,8
M2	T	Sottofinestra	1,924	111,93	3741,7	6,3	1040,0	5,6	3609,6	7,0
M3	U	Muratura vs vano scala	1,099	262,78	1967,3	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
M4	T	Cassonetto	6,000	46,44	4858,3	8,2	1333,1	7,2	3091,4	6,0
M5	U	Porta ingresso	2,500	35,70	602,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
M10	U	Muratura cassavuota vs loggia *btr,u 0,74	1,021	51,32	591,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				1392,37	28477,7	48,2	8665,8	46,9	28732,0	55,9

Cod.	Tipo	Descrizione	Pavimenti							
			U [W _t /m ² K]	S _{tot} [m ²]	Q _{C,tr} [kWh _t]	%	Q _{C,r} [kWh _t]	%	Q _{C,sol, op} [kWh _t]	%
P1	U	Pavimento su PT	1,289	383,62	3090,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
P2	T	Pavimento vs esterno	1,500	35,15	546,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				418,77	3636,2	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0

Cod.	Tipo	Descrizione	Soffitti							
			U [W _t /m ² K]	S _{tot} [m ²]	Q _{C,tr} [kWh _t]	%	Q _{C,r} [kWh _t]	%	Q _{C,sol, op} [kWh _t]	%
S1	U	Solaio copertura vs sottotetto	1,873	418,66	9812,2	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				418,66	9812,2	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0

Cod.	Tipo	Descrizione	Componenti finestrati							
			U [W _t /m ² K]	S _{tot} [m ²]	Q _{C,tr} [kWh _t]	%	Q _{C,r} [kWh _t]	%	Q _{C,sol, w} [kWh _t]	%
W1	T	Finestra 120*145	4,096	55,68	4002,1	6,8	1213,1	6,6	10216,5	19,9
W2	T	Finestra 120*110	4,080	43,56	3047,1	5,2	715,9	3,9	6689,2	13,0
W3	T	Porta-Finestra 70*250	4,166	24,50	1808,9	3,1	349,8	1,9	2597,7	5,1
W4	T	Finestra 110*145 (balconi)	4,116	22,33	1628,8	2,8	369,0	2,0	3194,8	6,2
W5	U	Copia di Porta-Finestra 70*250 (balconi) *btr 0,74	3,688	7,00	292,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
W6	U	Copia di Finestra 110*145 (balconi) *btr 0,74	3,596	6,40	261,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Totale				159,47	11040,8	18,7	2647,8	14,3	22698,1	44,1

Cod.	Tipo	Descrizione	Ponti termici			
			Ψ [W _t /mK]	L _{tot} [m]	Q _{C,tr} [kWh _t]	%
Z1	-	W - Parete M1 - Telaio	0,163	472,60	1342,6	2,3
Z2	-	P - Parete - Pilastro	0,407	535,21	3712,9	6,3
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,190	85,69	265,6	0,4
Z4	-	R - Parete - Copertura	-0,467	151,90	-1344,2	-2,3
Z5	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,389	369,89	2117,0	3,6
Totale				1615,29	6093,9	10,3

Trasmittanze termiche medie

Cod.	Tipo	Descrizione	Muri			
			U [W _t /m ² K]	U_{media} [W _t /m ² K]	U_{limite} [W_t/m²K]	
					2015	2021
M1	T	Muratura esterna cassavuota	1,099	1,551	0,300	0,280
M3	U	Muratura vs vano scala	1,099	1,178	0,750	0,700
M6	N	Muratura tra unità immobiliari con giunto	0,595	0,664	0,800	0,800
M8	N	Muratura tra unità immobiliari cassavuota	1,111	1,146	0,800	0,800
M10	U	Muratura cassavuota vs loggia *btr,u 0,74	1,021	1,124	0,405	0,378

Cod.	Tipo	Descrizione	Pavimenti			
			U [W _t /m ² K]	U_{media} [W _t /m ² K]	U_{limite} [W_t/m²K]	
					2015	2021
P1	U	Pavimento su PT	1,289	1,289	0,517	0,483
P2	T	Pavimento vs esterno	1,500	1,500	0,310	0,290

Cod.	Tipo	Descrizione	Soffitti			
			U [W _t /m ² K]	U_{media} [W _t /m ² K]	U_{limite} [W_t/m²K]	
					2015	2021
S1	U	Solaio copertura vs sottotetto	1,873	1,873	0,450	0,416

Cod.	Tipo	Descrizione	Componenti finestrati			
			U_w [W _t /m ² K]	U_{w,limite} [W_t/m²K]		U_g [W _t /m ² K]
			2015	2021		
M5	U	Porta ingresso	2,500	4,750	3,500	-
W1	T	Finestra 120*145	4,096	1,900	1,400	5,166
W2	T	Finestra 120*110	4,080	1,900	1,400	5,166
W3	T	Porta-Finestra 70*250	4,166	1,900	1,400	5,166
W4	T	Finestra 110*145 (balconi)	4,116	1,900	1,400	5,166
W5	U	Copia di Porta-Finestra 70*250 (balconi) *btr 0,74	3,688	2,568	1,892	3,802
W6	U	Copia di Finestra 110*145 (balconi) *btr 0,74	3,596	2,568	1,892	3,802

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
Stot	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	$Q_{H,tr}$	185387	kWh _t
Dispersioni per extraflusso	$Q_{H,r}$	14905	kWh _t
Dispersioni per ventilazione	$Q_{H,ve}$	19010	kWh _t
Apporti			
Apporti solari attraverso i componenti opachi	$Q_{H,sol,op}$	22824	kWh _t
Apporti solari attraverso i componenti finestrati	$Q_{H,sol,w}$	11465	kWh _t
Apporti interni	$Q_{H,int}$	27057	kWh _t
Apporti aggiuntivi	$Q_{H,aqg}$	0	kWh _t
Bilancio energetico			
Fabbisogno del fabbricato	$Q_{H,nd}$	181021	kWh _t
Indice di prestazione termica del fabbricato	$EP_{H,nd}$	171,14	kWh _t /m ²
Valore limite	$EP_{H,nd,lim}$	35,82	kWh _t /m ²

Risultati energia estiva

Dispersioni			
Dispersioni per trasmissione	$Q_{C,tr}$	9395	kWh _t
Dispersioni per extraflusso	$Q_{C,r}$	18474	kWh _t
Dispersioni per ventilazione	$Q_{C,ve}$	5447	kWh _t
Apporti			
Apporti solari attraverso i componenti opachi	$Q_{C,sol,op}$	49666	kWh _t
Apporti solari attraverso i componenti finestrati	$Q_{C,sol,w}$	22698	kWh _t
Apporti interni	$Q_{C,int}$	22660	kWh _t
Apporti aggiuntivi	$Q_{C,aqg}$	0	kWh _t
Bilancio energetico			
Fabbisogno del fabbricato	$Q_{C,nd}$	25814	kWh _t
Indice di prestazione termica del fabbricato	$EP_{C,nd}$	24,41	kWh _t /m ²
Valore limite	$EP_{C,lim}$	24,80	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 [$kWh_p/kWh_{t/el}$];

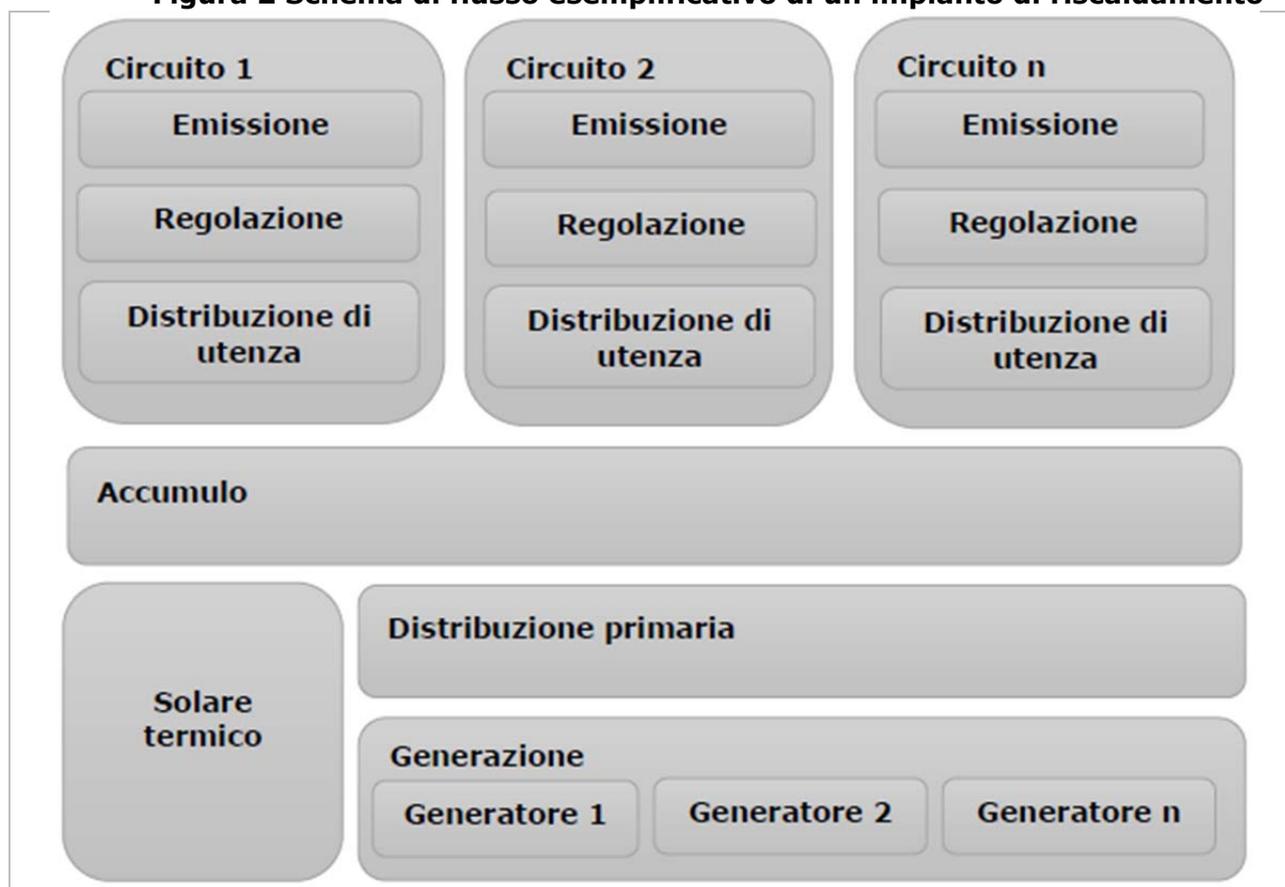
$Q_{exp,k}$ = energia esportata dal singolo vettore energetico [kWh_{el}];

$f_{p,exp,k}$ = 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

IMPIANTI AUTONOMI CON CALDAIE COMBinate (PREVALENTEMENTE DI TIPO B) CON CANNE FUMARIE COLLETTIVE RAMIFICATE e TERMOSTATO DI ZONA; RADIATORI PREVALENTEMENTE PRIVI DI VALVOLE TERMOSTATICHE.

NB: laddove non è stato possibile eseguire un rilievo puntuale, si è ipotizzata una caldaia tipo C tradizionale.

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

[*Caldaia combinata per ciascun alloggio*](#)

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	Metano							Spesa ed emissioni	
	Consumo ed energia consegnata				Energia primaria				
	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)	26808	Sm ³	252603	0	265233	0	265233	21982,53	53047
Acqua calda sanitaria (W)	3214	Sm ³	30286	0	31800	0	31800	2635,60	6360
Globale (GI)	30022	Sm³	282889	0	297034	0	297034	24618,13	59407

Servizio	Energia elettrica							Spesa ed emissioni	
	Consumo ed energia consegnata				Energia primaria				
	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)	4110	kWh	4110	-	8014	1932	9946	1027,46	1891
Acqua calda sanitaria (W)	944	kWh	944	-	1841	444	2285	236,05	434
Globale (GI)	5054	kWh	5054	-	9855	2375	12231	1263,51	2325

Spesa

Servizio	S [€]
Riscaldamento (H)	23009,99
Acqua calda sanitaria (W)	2871,64
Raffrescamento (C)	0,00
Ventilazione (V)	0,00
Illuminazione (L)	0,00
Trasporto (T)	0,00
Globale (GI)	25881,64

Rendimenti

Riscaldamento idronico (H_{idr})	
Sottosistema	Valore calcolato [-]
Emissione (η_{em})	90,9
Regolazione (η_{reg})	93,0
Distribuzione di utenza (η_{du})	97,8
Accumulo (η_s)	100,0
Distribuzione primaria (η_{dp})	100,0
Generazione ($\eta_{gen,ut}$)	86,3
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	80,6
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	80,3
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	66,2
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	65,8
Valore limite (η_{lim})	0,0

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 ($\eta_{gen,ut}$)	72,0
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	64,8
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	64,0
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	60,0
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	59,2
Valore limite (η_{lim})	0,0

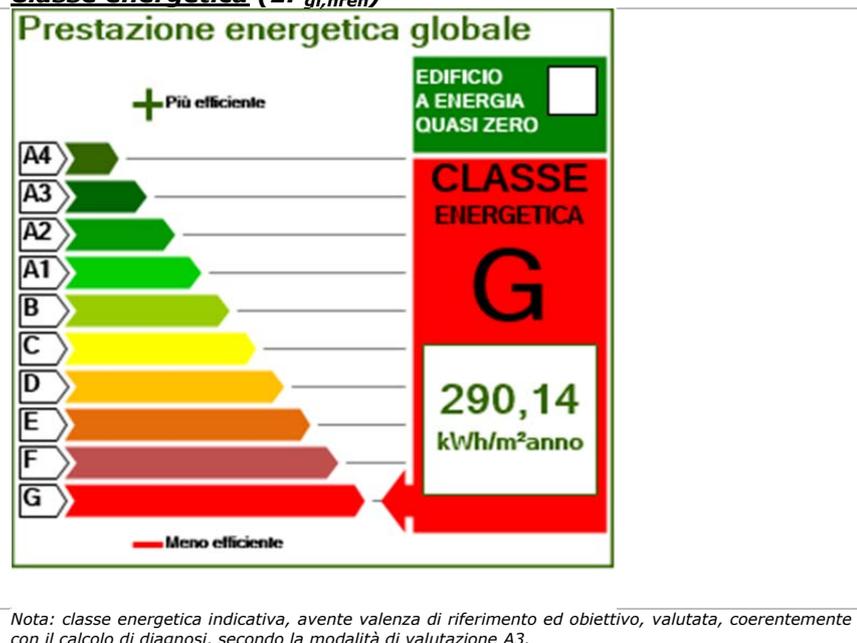
Indici di prestazione termica del fabbricato

Servizio	Q_{nd} [kWh _t]	EP_{nd} [kWh _t /m ²]	$EP_{nd,limite}$ [kWh _t /m ²]
Riscaldamento (H)	181021	171,14	35,82
Raffrescamento (C)	25814	24,41	24,80

Indici di prestazione energetica dell'edificio

Servizio	Energia primaria			Indici di prestazione energetica			
	$Q_{p,nren}$ [kWh _a]	$Q_{p,ren}$ [kWh _a]	$Q_{p,tot}$ [kWh _a]	EP_{nren} [kWh _a /m ²]	EP_{ren} [kWh _a /m ²]	EP_{tot} [kWh _a /m ²]	$EP_{tot,limite}$ [kWh _a /m ²]
Riscaldamento (H)	273248	1932	275179	258,34	1,83	260,16	-
Acqua calda sanitaria (W)	33641	444	34085	31,81	0,42	32,23	-
Raffrescamento (C)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Ventilazione (V)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Illuminazione (L)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Trasporto (T)	0	0	0	0,00	0,00	0,00	-
Globale	306889	2375	309264	290,14	2,25	292,39	82,55

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)	0,7	-	-	-
Acqua calda sanitaria (W)	1,3	-	50	-
Raffrescamento (C)	0,0	-	-	-
Globale (H + W + C)	0,8	20	35	50
Ventilazione (V)	0,0	-	-	-
Illuminazione (L)	0,0	-	-	-
Trasporto (T)	0,0	-	-	-
Globale	0,8	-	-	-

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)	54937,21
Acqua calda sanitaria (W)	6794,36
Raffrescamento (C)	0,00
Ventilazione (V)	0,00
Illuminazione (L)	0,00
Trasporto (T)	0,00
Globale (GI)	61731,57

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
η _{p,nren}	Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile
η _{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 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	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)	599661,63	18847,05	31,8	212,53	A1

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)

5.1 Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)

Dati generali

Numero	1		
Descrizione	Intervento Superbonus 110% (vedasi "asseverazione superbonus" per dettagli)		
Lavoro di riferimento	APE_POST_KRASNODAR_247.E0001		
Costo stimato	C	599661,63	€
Risparmio economico conseguibile	ΔS_{ql}	18847,05	€/anno
Tempo di ritorno semplice	t_r	31,8	anni
Risparmio energetico conseguibile	$\Delta EP_{ql,nren}$	212,53	kWh _p /m ² anno
Classe energetica raggiungibile	A1		

Riepilogo interventi

N°	Descrizione	Costo (C) [€]
1	Isolamento pareti opache esterne e solaio sottotetto	358453,56
2	Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle	123146,10
3	Sostituzione generatori di calore	118062,00

5.1.1 Isolamento pareti opache esterne e solaio sottotetto

Dati generali

Intervento	1		
Descrizione	Isolamento pareti opache esterne e solaio sottotetto		
Costo stimato	C	358453,56	€

Caratteristiche intervento

Isolamento delle pareti esterne (tipologia M1 ed M2) mediante installazione di 14cm di EPS con $\lambda=0,033$ W/mK oltre a 10mm di intonaco plastico; inoltre verrà isolato l'ultimo orizzontamento (solaio verso sottotetto freddo non abitabile) mediante insufflaggio di isolante in Isover Insulsafe33 per 200mm di spessore.

L'isolamento delle strutture perimetrali verrà proseguito in altezza per circa 40cm oltre l'estradosso dell'ultimo orizzontamento, per correggere parzialmente il ponte termico; analogamente avverrà intorno agli imbotti dei serramenti, mediante impiego di inferiori spessori (50mm).

5.1.2 Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle

Dati generali

Intervento	2		
Descrizione	<i>Sostituzione serramenti vetrati comprensivi di tapparelle</i>		
Costo stimato	C	<i>123146,10</i>	€

Caratteristiche intervento

Sostituzione serramenti vetrati con tipologia a taglio termico in PVC e vetrocamera con vetri bassoemissivi.

Uw =1,3 W/mqK

Nuove tapparelle con cassonetti isolati.

5.1.3 Sostituzione generatori di calore

Dati generali

Intervento	3		
Descrizione	Sostituzione generatori di calore		
Costo stimato	C	118062,00	€

Caratteristiche intervento

Sostituzione generatori di calore esistenti con caldaie combinate a condensazione Pu = 20,2 kW e nuova canna fumaria; installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti

5.1.4 Prestazioni raggiungibili

Si riportano di seguito le prestazioni raggiungibili, a seguito delle opere di risparmio energetico, per lo scenario considerato. I risultati vengono forniti sia in forma numerica sia in forma grafica, attraverso diagrammi a torta ed istogrammi, oltre che mediante le firme energetiche invernale ed estiva.

5.1.4.1 Edificio

Consumi (Co)

Servizio	Metano [Sm ³]		
	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	26808	5432	-79,7
Acqua calda sanitaria (W)	3214	2351	-26,9
Globale	30022	7783	-74,1

Servizio	Energia elettrica [kWh]		
	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	4110	2386	-41,9
Acqua calda sanitaria (W)	944	225	-76,2
Globale	5054	2611	-48,3

Spesa (S) [€]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	23009,99	5050,85	78,0
Acqua calda sanitaria (W)	2871,64	1983,75	30,9
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale	25881,64	7034,59	72,8

Valutazione economica preliminare

Costo stimato (C) [€]	599661,63
Risparmio economico conseguibile (ΔS _{gl}) [€/anno]	18847,05
Tempo di ritorno semplice (t _r) [anni]	31,8

Rendimenti (η) [%]

Sottosistema	Riscaldamento idronico (H_{idr})		
	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Emissione (η_{em})	90,9	96,5	6,2
Regolazione (η_{reg})	93,0	96,0	3,2
Distribuzione di utenza (η_{du})	97,8	97,1	-0,7
Accumulo (η_s)	100,0	100,0	0,0
Distribuzione primaria (η_{dp})	100,0	100,0	0,0
Generazione ($\eta_{gen,ut}$)	86,3	100,8	16,8
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	80,6	90,1	11,8
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	80,3	88,8	10,7
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	66,2	80,6	21,7
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	65,8	79,1	20,2
Valore limite (η_{lim})	0,0	-	-

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 ($\eta_{gen,ut}$)	72,0	98,4	36,7
Generazione ($\eta_{gen,p,nren}$)	64,8	92,0	42,0
Generazione ($\eta_{gen,p,tot}$)	64,0	91,6	43,2
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,nren}$)	60,0	85,2	42,0
Globale medio stagionale ($\eta_{g,p,tot}$)	59,2	84,8	43,2
Valore limite (η_{lim})	0,0	-	-

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

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]	Valore limite
Riscaldamento (H)	171,14	44,51	-74,0	35,82
Raffrescamento (C)	24,41	24,16	-1,0	24,80

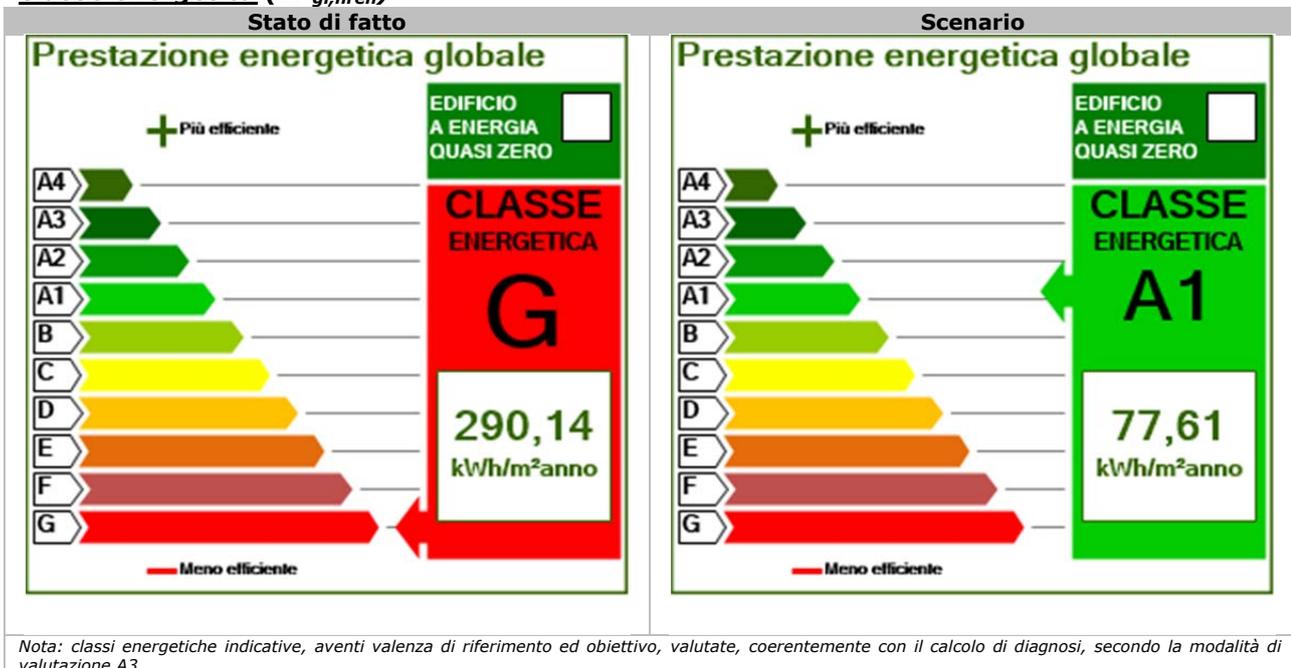
Indici di prestazione energetica dell'edificio (EP) [kWh_p/m^2]

Non rinnovabile (EP_{nren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	258,34	55,21	-78,6
Acqua calda sanitaria (W)	31,81	22,40	-29,6
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	290,14	77,61	-73,2

Rinnovabile (EP_{ren})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	1,83	1,06	-41,9
Acqua calda sanitaria (W)	0,42	0,10	-76,2
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	2,25	1,16	-48,3

Totale (EP_{tot})			
Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	260,16	56,27	-78,4
Acqua calda sanitaria (W)	32,23	22,50	-30,2
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	292,39	78,77	-73,1
Valore limite ($EP_{gl,tot,lim}$)	82,55	-	-

Classe energetica ($EP_{gl,nren}$)



Quota rinnovabile (QR) [%]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]	Valore minimo
Riscaldamento (H)	0,7	1,9	171,0	-
Acqua calda sanitaria (W)	1,3	0,4	-69,1	50
Raffrescamento (C)	0,0	0,0	0,0	-
Globale (H + W + C)	0,8	1,5	91,1	20 / 35 / 50
Ventilazione (V)	0,0	0,0	0,0	-
Illuminazione (L)	0,0	0,0	0,0	-
Trasporto (T)	0,0	0,0	0,0	-
Globale (GI)	0,8	1,5	91,1	-

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 minimi via via più stringenti:

- 1° fase (31.05.12 - 31.12.13);
- 2° fase (01.01.14 - 31.12.16);
- 3° fase (dal 01.01.17).

Emissioni (Em_{CO_2}) [kg]

Servizio	Stato di fatto	Scenario	Δ [%]
Riscaldamento (H)	54937,21	11846,48	-78,4
Acqua calda sanitaria (W)	6794,36	4754,85	-30,0
Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0,0
Ventilazione (V)	0,00	0,00	0,0
Illuminazione (L)	0,00	0,00	0,0
Trasporto (T)	0,00	0,00	0,0
Globale (GI)	61731,57	16601,32	-73,1

Legenda:

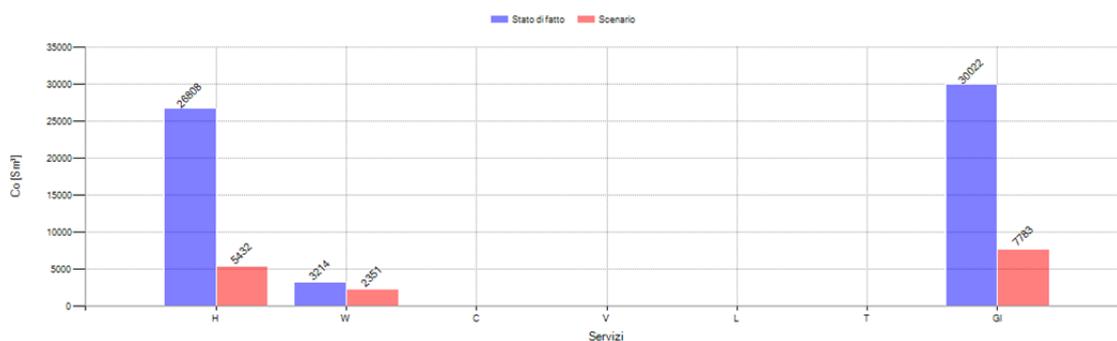
Co	Consumo
Em	Emissioni
EP_{nd}	Indice di prestazione termica
EP_{nren}	Indice di prestazione energetica non rinnovabile
EP_{ren}	Indice di prestazione energetica rinnovabile
EP_{tot}	Indice di prestazione energetica totale
η_{ut}	Rendimento rispetto all'energia utile
$\eta_{p,nren}$	Rendimento rispetto all'energia primaria non rinnovabile
$\eta_{p,tot}$	Rendimento rispetto all'energia primaria totale
QR	Quota rinnovabile
S	Spesa

Grafici

Si descrivono di seguito, attraverso istogrammi, i consumi di combustibile, energia elettrica ed energia primaria a monte ed a valle degli interventi. Si evidenzia inoltre, attraverso diagrammi a torta, come si modifica la composizione dell'energia primaria (per servizio o per vettore energetico) a seguito dell'esecuzione degli interventi. Si rappresentano infine le firme energetiche invernali ed estive dell'edificio, riferite, rispettivamente, allo stato di fatto ed allo scenario. La firma energetica esprime la correlazione tra la temperatura esterna (θ_e), riportata sull'asse delle ascisse, ed il fabbisogno di potenza in ingresso alla generazione ($\Phi_{gen,in}$), riportato sull'asse delle ordinate. Tale correlazione, rappresentata attraverso una nuvola di punti ed una retta interpolante, costituisce un significativo strumento di visualizzazione ed interpretazione della prestazione energetica dell'edificio.

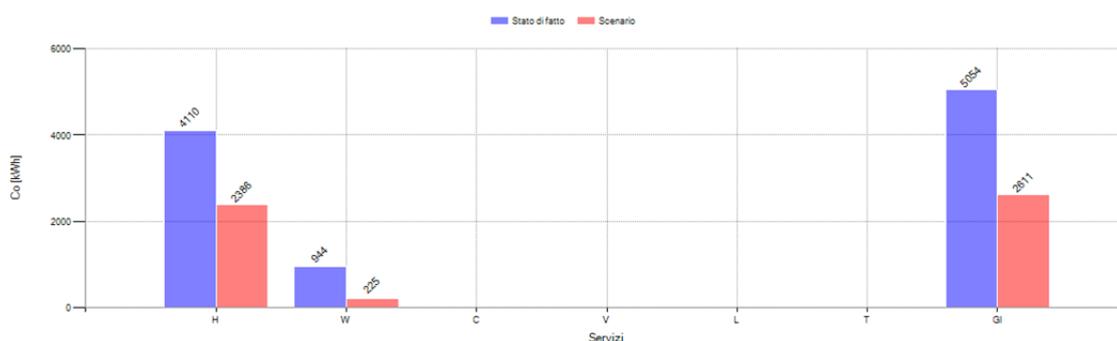
Consumi di combustibile ed energia elettrica

Metano



Servizio	Co _{in} [Sm ³]	Co _{fin} [Sm ³]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	26808	5432	-79,7
Acqua calda sanitaria (W)	3214	2351	-26,9
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	30222	7783	-74,1

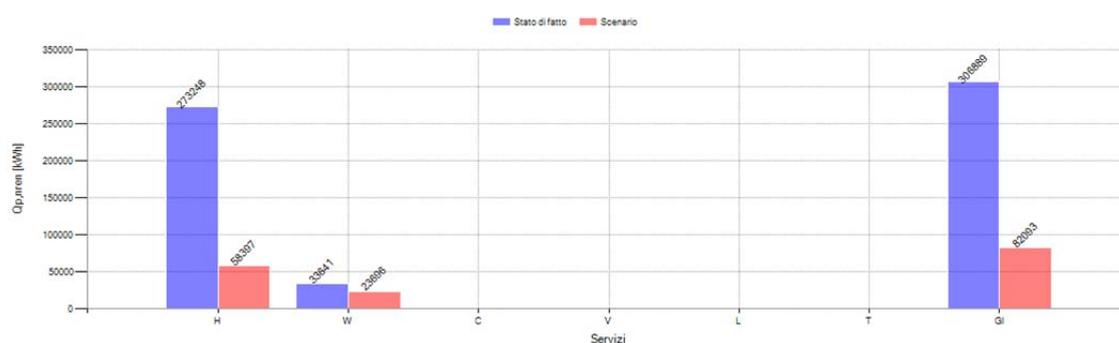
Energia elettrica



Servizio	Co _{in} [kWh]	Co _{fin} [kWh]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	4110	2386	-41,9
Acqua calda sanitaria (W)	944	225	-76,2
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	5054	2611	-48,3

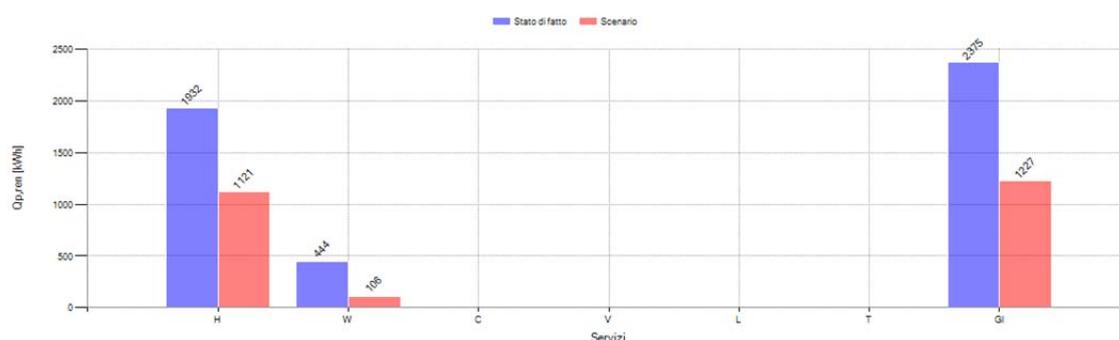
Consumi di energia primaria

Non rinnovabile



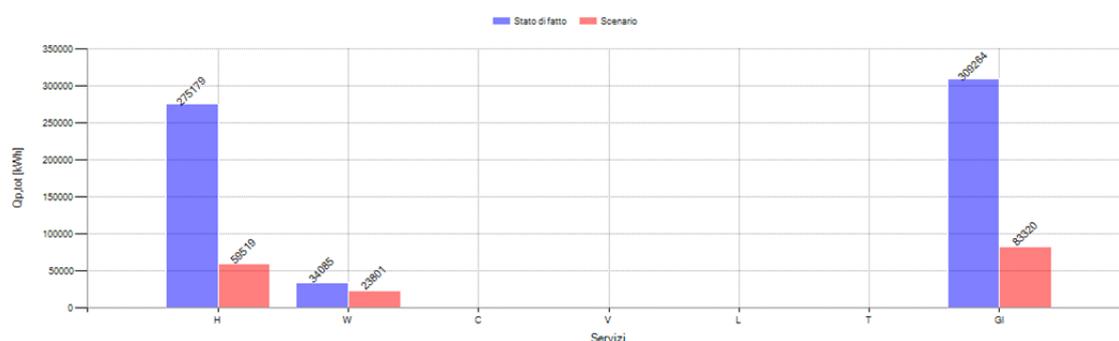
Servizio	$Q_{p,ren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	273248	58397	-78,6
Acqua calda sanitaria (W)	33641	23696	-29,6
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	306889	82093	-73,2

Rinnovabile



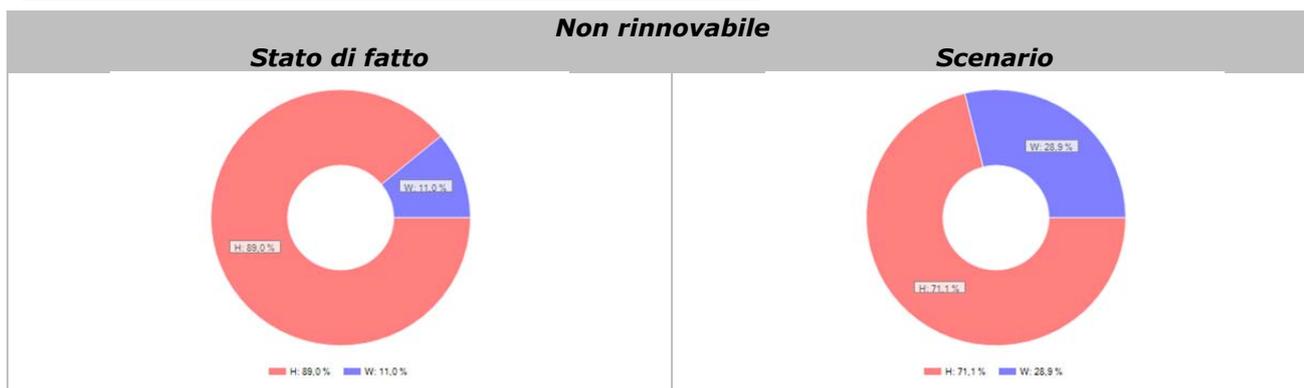
Servizio	$Q_{p,ren,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,ren,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	1932	1121	-41,9
Acqua calda sanitaria (W)	444	106	-76,2
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	2375	1227	-48,3

Totale

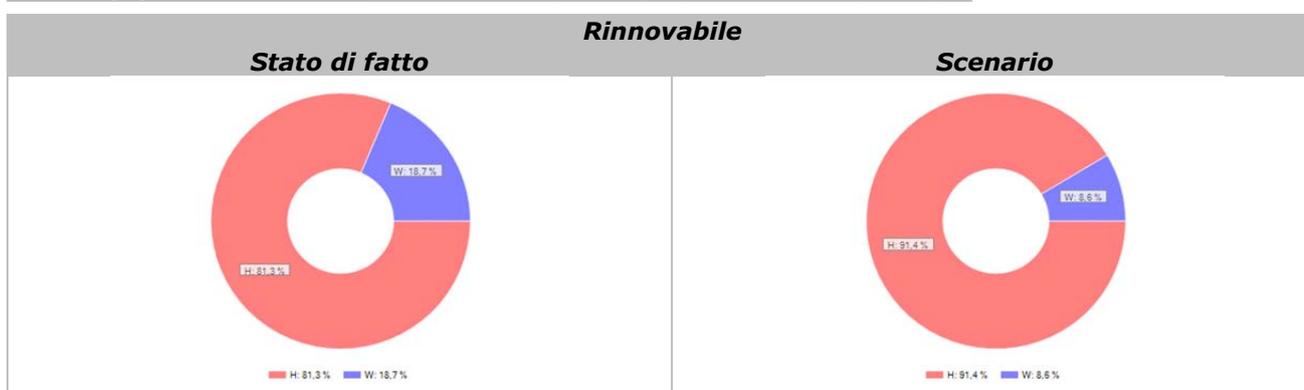


Servizio	$Q_{p,tot,in}$ [kWh _p]	$Q_{p,tot,fin}$ [kWh _p]	Δ [%]
Riscaldamento (H)	275179	59519	-78,4
Acqua calda sanitaria (W)	34085	23801	-30,2
Raffrescamento (C)	0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0	0,0
Globale (GI)	309264	83320	-73,1

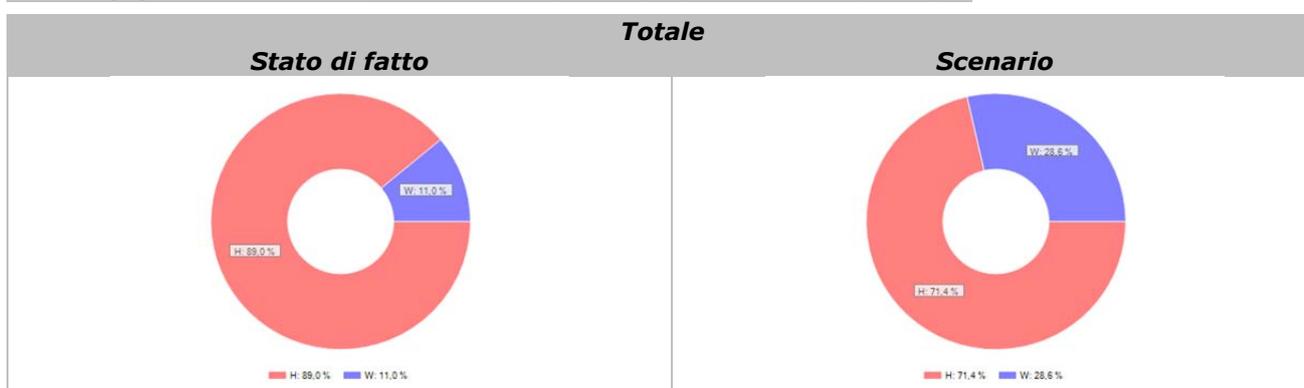
Suddivisione dell'energia primaria globale per servizio



Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{D,nren} [kWh _p]	%	Q _{D,nren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	273248	89,0	58397	71,1
Acqua calda sanitaria (W)	33641	11,0	23696	28,9
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0,0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0,0	0	0,0
Globale (GI)	306889	100,0	82093	100,0

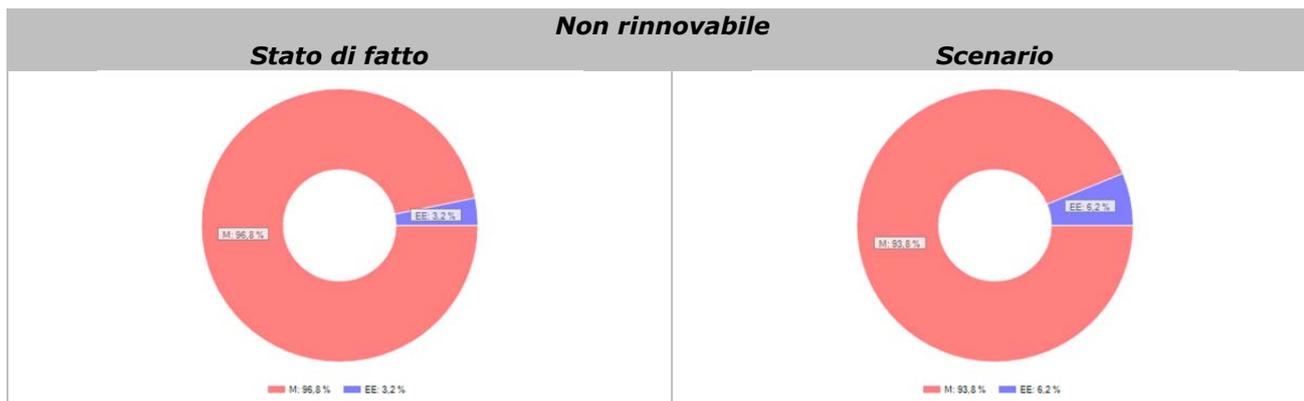


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{D,ren} [kWh _p]	%	Q _{D,ren} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	1932	81,3	1121	91,4
Acqua calda sanitaria (W)	444	18,7	106	8,6
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0,0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0,0	0	0,0
Globale (GI)	2375	100,0	1227	100,0

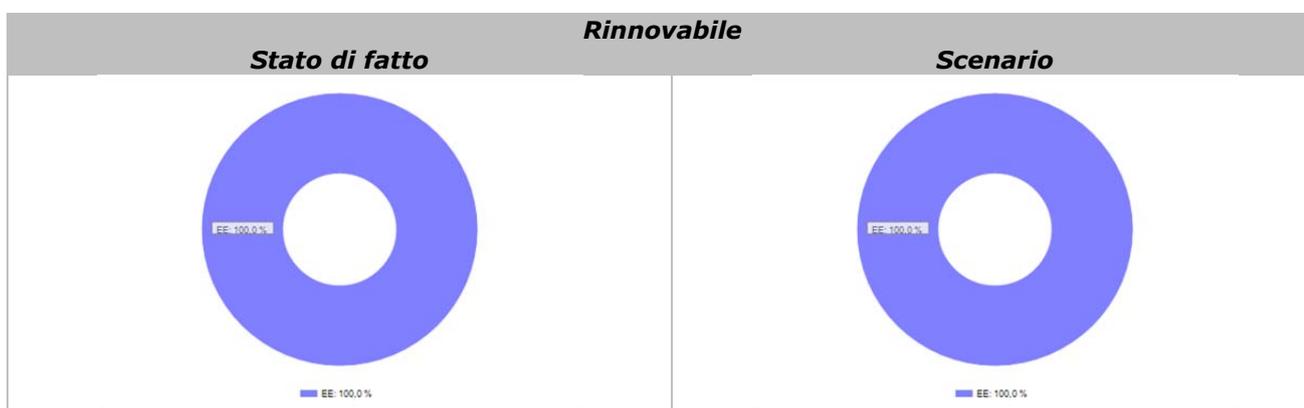


Servizio	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{D,tot} [kWh _p]	%	Q _{D,tot} [kWh _p]	%
Riscaldamento (H)	275179	89,0	59519	71,4
Acqua calda sanitaria (W)	34085	11,0	23801	28,6
Raffrescamento (C)	0	0,0	0	0,0
Ventilazione (V)	0	0,0	0	0,0
Illuminazione (L)	0	0,0	0	0,0
Trasporto (T)	0	0,0	0	0,0
Globale (GI)	309264	100,0	83320	100,0

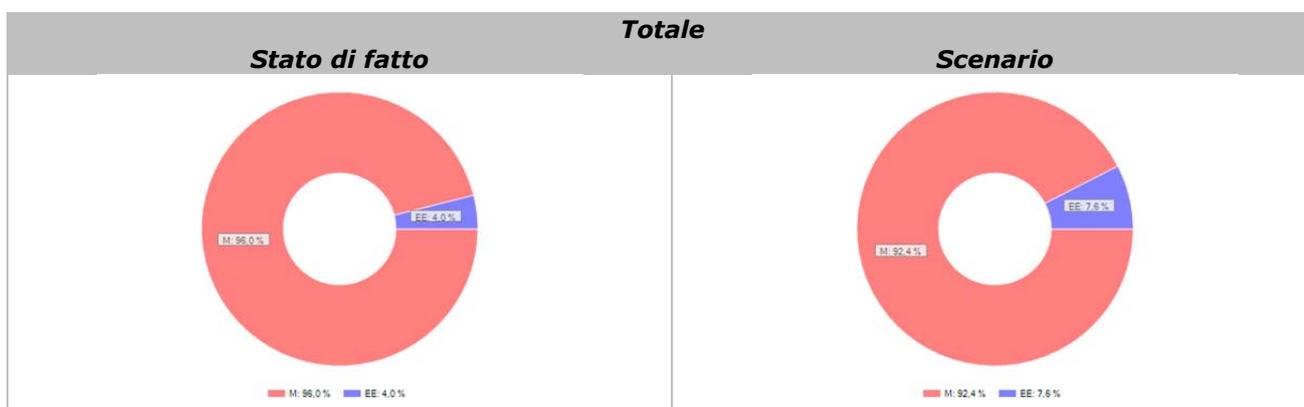
Suddivisione dell'energia primaria globale per vettore energetico



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,nren} [kWh _p]	%	Q _{p,nren} [kWh _p]	%
Metano (M)	297034	96,8	77002	93,8
Energia elettrica (EE)	9855	3,2	5091	6,2
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	0	0,0	0	0,0
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	0	0,0
Totale	306889	100,0	82093	100,0



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,ren} [kWh _p]	%	Q _{p,ren} [kWh _p]	%
Metano (M)	0	0,0	0	0,0
Energia elettrica (EE)	2375	100,0	1227	100,0
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	0	0,0	0	0,0
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	0	0,0
Totale	2375	100,0	1227	100,0



Vettore energetico	Stato di fatto		Scenario	
	Q _{p,tot} [kWh _p]	%	Q _{p,tot} [kWh _p]	%
Metano (M)	297034	96,0	77002	92,4
Energia elettrica (EE)	12231	4,0	6318	7,6
Solare termico (ST)	0	0,0	0	0,0
Solare fotovoltaico (FV)	0	0,0	0	0,0
Ambiente esterno (pompa di calore) (A)	0	0,0	0	0,0
Totale	309264	100,0	83320	100,0