

OGGETTO:

ACCORDO OPERATIVO relativo a parte dell'Ambito Ans 2.9 – Loc. Monte della Campana – Pavullo n/F

PROPRIETA':

AREA srl

IMMOBILIARE LA LOGGIA srl

TITOLARE DI CAPACITA' EDIFICATORIA:

Sig. EMILIO CANTONI

DOCUMENTO:

Relazione sull'utilizzo delle Fonti di Energia Rinnovabili

PROGETTISTI:

Arch. M.Pia MUCCIARINI

Arch. Gianmarco BAZZANI

INDICE

1. PREMESSA	03
2. RICOSTRUZIONE DEI FABBISOGNI ENERGETICI	05
3. IMPIANTO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA	18
4. ANALISI COMPARATIVA	30
5. ANALISI AMBIENTALE	38
6. CONCLUSIONI.....	42

1. PREMESSA

La presente relazione, come previsto dall'art. 4.8 delle Norme di Attuazione del PSC, ha come oggetto lo studio preliminare di due differenti sistemi energetici "ibridi", che utilizzano cioè combustibile fossile e fonti energetiche rinnovabili per la produzione di energia elettrica, termica e frigorifera a servizio dei fabbricati residenziali previsti nell'A.O. per la porzione dell'Ambito ANS 2.9 in oggetto da realizzarsi in località Monte della Campana a margine della S.P. 27 per Verica e lungo Via Santi, Comune di Pavullo nel Frignano (MO), messi a confronto con sistemi energetici "convenzionali". I due sistemi, concettualmente simili, differiranno tra loro solamente per le diverse macchine utilizzate a seconda della tipologia edilizia cui il sistema è destinato.

L'intervento in menzione si estende su una Superficie Territoriale di circa 19.552 mq e sono previsti nr. 12 lotti edificabili sviluppati su una Superficie Fondiaria SF di 13.780 mq più un lotto di SF di 1.080 mq destinato ad ERS; la Superficie Complessiva SC è invece pari a 4.399 mq più una quota di ERS pari a 520 mq per un totale di nr. 29 alloggi previsti in edilizia libera e nr. 5 in ERS.

I fabbricati previsti sono sostanzialmente ville uni/bi/trifamiliari di 2-3 piani fuori terra più interrato, privilegiando soluzioni ad ingresso indipendente e/o edifici bassi plurifamiliari (per Lotto 9-ERS). Le tipologie edilizie proposte avranno forma regolare e compatta sia in pianta che in alzato e con prevalenza del pieno sul vuoto: ciò permetterà di ottenere edifici a vulnerabilità sismica nulla e dispersione termica ridotta grazie ad un ottimo orientamento ed al minimo rapporto tra volume e superficie esposta.

L'attività del presente studio energetico è stata articolata nelle fasi operative riportate di seguito:

1. Ricostruzione dei fabbisogni energetici: sono riportate le modalità adottate per stimare i fabbisogni elettrici, termici e frigoriferi dell'insediamento residenziale previsto, valutati con particolare attenzione alle condizioni climatiche del sito in esame nonché in funzione della stagione di riferimento. L'andamento prenderà in considerazione l'apporto energetico dato da sistemi di produzione elettrica e termica ad energia rinnovabile come previsto dalle norme vigenti (Dgr. 25 Luglio 2022, n. 1261);

2. Impianti per la generazione: vengono presentate le soluzioni "ibride" ritenute più adatte al caso in oggetto in considerazione delle richieste energetiche, delle tipologie disponibili sul mercato e dello scenario legislativo e normativo di riferimento;

3. Analisi comparativa: viene presentato il confronto energetico ed economico tra le soluzioni “ibride” proposte e le soluzioni “tradizionali/convenzionali” comunemente utilizzate;

4. Analisi ambientale: viene presentato il risparmio ambientale, in termini di emissioni inquinanti evitate, derivante dall’impiego dei sistemi ibridi proposti rispetto al caso di soddisfacimento delle richieste energetiche con metodi convenzionali.

2. RICOSTRUZIONE DEI FABBISOGNI ENERGETICI

Al fine della stima dei fabbisogni energetici, occorre ricostruire le curve di carico rappresentative della richiesta di potenza elettrica, termica e frigorifera del complesso residenziale in oggetto. Per svolgere tale valutazione si è proceduto facendo riferimento a tre “periodi tipo”, differenziati sulle stagioni (inverno, estate e mezza stagione), considerando le seguenti tipologie di fabbisogni energetici:

- acqua calda sanitaria;
- riscaldamento;
- raffrescamento;
- elettricità.

Più in dettaglio, sono stati creati dei profili giornalieri di richiesta elettrica, termica e frigorifera per ognuna delle stagioni considerate; tali profili, ovvero “periodi tipo”, assunti costanti per tutta la stagione considerata, hanno permesso la stima dei fabbisogni energetici di tutto il complesso residenziale. E’ infatti evidente come tali fabbisogni energetici siano influenzati, sia quantitativamente che qualitativamente, dalla stagione dell’anno considerata.

La Tabella 1 riassume le tipologie di fabbisogno considerate in funzione del periodo dell’anno in questione; dalla tabella si osserva che il periodo tipo invernale è caratterizzato da una richiesta di potenza elettrica e da una termica sotto forma di acqua calda sanitaria e riscaldamento degli ambienti; il periodo tipo estivo è invece caratterizzato da una richiesta di potenza elettrica (che si differenzia dalla precedente), di potenza termica (costituita solo dal fabbisogno di acqua calda sanitaria) e inoltre di potenza frigorifera per il condizionamento delle unità abitative; infine, il periodo tipo di mezza stagione è costituito esclusivamente da una richiesta di potenza elettrica (ancora una volta diversa dalle precedenti) e da una di potenza termica rappresentata dal solo fabbisogno di acqua sanitaria.

Stagione	Periodo	Durata	Tipologia di Fabbisogno
Inverno	da 01/01 a 15/04 e da 15/10 a 31/12	183 giorni (circa 26 settimane) = 4.392 ore	- elettricità (consumo invernale) - acqua calda sanitaria - riscaldamento invernale
Mezza stagione	da 16/04 a 15/06 e da 15/09 a 14/10	91 giorni (circa 13 settimane) = 2.184 ore	- elettricità (consumo ½ stagione) - acqua calda sanitaria
Estate	da 16/06 a 14/09	91 giorni (circa 13 settimane) = 2.184 ore	- elettricità (consumo estivo) - acqua calda sanitaria - condizionamento estivo

Tabella 1 – Schema riassuntivo delle tipologie di fabbisogno energetico in funzione del periodo dell'anno

2.1. Acqua Calda Sanitaria

Il fabbisogno di acqua calda sanitaria per l'intero complesso residenziale è stato dimensionato secondo la norma UNI/TS 11300/2 (ripreso dalla DGR Emilia Romagna n. 1261/2022) ossia:

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times [V_w \times (\theta_{er} - \theta_o)] \times G$$

dove:

ρ_w è la massa volumica dell'acqua pari a 1000 [kg / m³];

c_w è il calore specifico dell'acqua, pari a 1,162 * 10⁻³ [kWh / (kg · K)];

V_w è il volume di acqua giornaliero richiesto dall'attività o servizio [per il nostro caso 0.129 m³ / giorno];

θ_{er} è la temperatura di erogazione dell'acqua [per il nostro caso 40°C];

θ_o è la temperatura dell'acqua fredda in ingresso [per il nostro caso 15°C];

G è il numero di giorni del periodo di calcolo considerato [365 giorni].

Da $Q_w = 1.367,82$ kWh/anno per ogni alloggio da cui:

	<i>nr. alloggi</i>	<i>QW (kWh/anno)</i>	<i>Consumo annuo (kWh/anno)</i>
Lotti A-B-C-D	6	1.367,82	8.206
Lotti 1-2-3-4-5-6-7	15	1.367,82	20.517
Lotto 8	8	1.367,82	10.943
Lotto 9 - ERS	5	1.367,82	6.839
totale	34	-	46.505

Tabella 2 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici dell'impianto di produzione di ACS totale dei lotti

Da cui: Q_w tot. Giornaliero = 46.505 kWh / 365 giorni = 127,41 kWh/giorno

2.2. Riscaldamento Invernale

Per ricostruire il fabbisogno di energia termica finalizzata al riscaldamento degli ambienti residenziali si è fatto riferimento alla DGR n. 1261/2022. Sulla base di tali documenti è possibile collocare il Comune di Pavullo nel Frignano nella Zona Climatica F che non prevede limitazioni per l'accensione degli impianti di riscaldamento. Sulla base dei Gradi Giorno GG previsti per il Comune di Pavullo nel Frignano (3.348) e calcolando il grado di compattezza dei fabbricati previsti per il complesso residenziale in esame (ovvero il rapporto tra la superficie disperdente S ed il volume V riscaldato) dei Lotti A-B-C-D-1-2-3-4-5-6-7-8 destinato a residenze autonome e del Lotto 9-ERS destinato a residenze di tipo condominiale è possibile stimare un fabbisogno specifico E_{Ph} , espresso in kWh/mq all'anno.

	<i>S.C. (mq)</i>	<i>Rapporto S/V</i>	<i>E_{Ph} (kWh/mq)</i>	<i>Consumo annuo (kWh/anno)</i>
Lotti A-B-C-D	960	0,6	71,49	68.630
Lotti 1-2-3-4-5-6-7	1.939	0,6	71,49	138.619
Lotto 8	1.500	0,6	71,49	107.235
Lotto 9 - ERS	520	0,5	63,10	32.812
totale	4.919	-	-	347.296

Tabella 3 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici dell'impianto di riscaldamento totale dei lotti

2.3. Condizionamento Estivo

La ricostruzione del fabbisogno frigorifero nel caso civile è un'operazione estremamente complessa e affetta da un notevole grado di aleatorietà. Tale incertezza è dovuta soprattutto al gradiente individuale di fruizione del servizio. Tenendo conto della premessa appena fatta per ricostruire il fabbisogno di energia termica finalizzata al condizionamento degli ambienti residenziali si è fatto riferimento al Delibera di Giunta Regionale n. 1366/2011 in cui viene indicato come valore limite di $E_{pe,inv}$ dell'involucro edilizio in regime estivo 30 kWh/mq anno; tale valore anche se riferito al solo involucro viene considerato come valore di riferimento in quanto vista la non continuità di utilizzo dell'impianto di condizionamento nel periodo estivo e visto che le zone realmente condizionate non coincidono con l'intera superficie della casa, sembra corrispondere ad un valore medio reale.

	<i>S.C. (mq)</i>	<i>E_{Pe} (kWh/mq)</i>	<i>Consumo annuo (kWh/anno)</i>
Lotti A-B-C-D	960	30,00	28.800
Lotti 1-2-3-4-5-6-7	1.939	30,00	58.170
Lotto 8	1.500	30,00	45.000
Lotto 9 - ERS	520	30,00	15.600
totale	4.919	-	147.570

Tabella 4 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici dell’impianto di condizionamento totale dei lotti

2.4. Contributo fonti energetiche rinnovabili ad impianto di riscaldamento, condizionamento e produzione di acqua calda sanitaria

Secondo quanto riportato dalla Delibera di Giunta Regionale n. 1261/2022, “... *l’impianto termico e/o l’impianto tecnologico idrico-sanitario deve essere progettato e realizzato in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili:*

a) del 60% dei consumi previsti per l’acqua calda sanitaria e del 60% della somma dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione invernale e la climatizzazione estiva per gli interventi per i quali la richiesta di titolo edilizio è presentata fino al 31 Dicembre 2023;

b) del 70% dei consumi previsti per l’acqua calda sanitaria e del 70% della somma dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione invernale e la climatizzazione estiva per gli interventi per i quali la richiesta di titolo edilizio è presentata dal 01 Gennaio 2024;

c) del 80% dei consumi previsti per l’acqua calda sanitaria e del 80% della somma dei consumi previsti per la produzione di acqua calda sanitaria, la climatizzazione invernale e la climatizzazione estiva per gli interventi per i quali la richiesta di titolo edilizio è presentata dal 01 Gennaio 2026;...”.

Alla luce di quanto sopra esposto è possibile stimare le richieste energetiche che devono essere prodotte mediante impianti alimentati da fonti rinnovabili.

Si analizzano ora i consumi relativi ai diversi gruppi di lotti.

LOTTE A-B-C-D

	<i>riscaldamento (kWh/anno)</i>	<i>condizionamento (kWh/anno)</i>	<i>acqua calda sanitaria (kWh/anno)</i>	<i>totale (kWh/anno)</i>
<i>Fabbisogno Lotti A-B-C</i>	51.473	21.600	6.155	79.228
<i>Fabbisogno Lotto D</i>	17.157	7.200	2.051	26.408
<i>totale</i>	68.630	28.800	8.206	105.636

Tabella 5 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici totali dei lotti A-B-C-D

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>
<i>Lotti A-B-C (istanza PdC entro 31/12/2025)</i>	79.228	70%	55.460	23.768
<i>Lotto D (istanza PdC dal 01/01/2026)</i>	26.408	80%	21.126	5.282
<i>totale</i>	105.636	-	76.586	29.050

Tabella 6 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti A-B-C-D

	<i>Fabbisogno ACS (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER per ACS</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno</i>
<i>Lotti A-B-C (istanza PdC entro 31/12/2025)</i>	6.155	70%	4.309	1.846	5,44%
<i>Lotto D (istanza PdC dal 01/01/2026)</i>	2.051	80%	1.641	410	6,22%
<i>totale</i>	8.206	-	5.950	2.256	-

Tabella 7 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti A-B-C-D per la produzione di ACS

	<i>quota parte ancora da produrre mediante FER (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno</i>
<i>Lotti A-B-C riscaldamento + condizionamento</i>	55.460 – 4.309 = 51.151	64,56%
<i>Lotto D riscaldamento + condizionamento</i>	21.126 – 1.641 = 19.485	73,78%

Tabella 8 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti A-B-C-D per la produzione di riscaldamento e condizionamento

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>
<i>Riscaldamento Lotti A-B-C</i>	51.473	36.031	15.442	70%
<i>Condizionamento Lotti A-B-C</i>	21.600	15.120	6.480	70%
<i>ACS Lotti A-B-C</i>	6.155	4.309	1.846	70%
<i>totale A-B-C</i>	79.228	55.460	23.768	70%
<i>Riscaldamento Lotto D</i>	17.157	13.726	3.431	80%
<i>Condizionamento Lotto D</i>	7.200	5.760	1.440	80%
<i>ACS Lotto D</i>	2.051	1.641	410	80%
<i>totale D</i>	26.408	21.127	5.281	80%

Tabella 9 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti A-B-C-D per la produzione di ACS, riscaldamento e condizionamento

LOTTI 1-2-3-4-5-6-7

	<i>riscaldamento (kWh/anno)</i>	<i>condizionamento (kWh/anno)</i>	<i>acqua calda sanitaria (kWh/anno)</i>	<i>totale (kWh/anno)</i>
<i>Fabbisogno Lotti 1- 2-3-4</i>	79.210	33.240	11.724	124.174
<i>Fabbisogno Lotto 5- 6-7</i>	59.409	24.930	8.793	93.132
<i>totale</i>	138.619	58.170	20.517	217.306

Tabella 10 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici totali dei lotti 1-2-3-4-5-6-7

	<i>fabbisogno</i>	<i>percentuale di</i>	<i>quota parte</i>	<i>quota parte ancora</i>
--	-------------------	-----------------------	--------------------	---------------------------

	(kWh)	copertura da FER	prodotta da FER (kWh)	da produrre (kWh)
Lotti 1-2-3-4 (istanza PdC entro 31/12/2025)	124.174	70%	86.922	37.252
Lotti 5-6-7 (istanza PdC dal 01/01/2026)	93.132	80%	74.505	18.627
<i>totale</i>	217.306	-	161.427	55.879

Tabella 11 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti 1-2-3-4-5-6-7

	Fabbisogno ACS (kWh)	percentuale di copertura da FER per ACS	quota parte prodotta da FER (kWh)	quota parte ancora da produrre (kWh)	percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno
Lotti 1-2-3-4 (istanza PdC entro 31/12/2025)	11.724	70%	8.207	3.517	6,61%
Lotti 5-6-7 (istanza PdC dal 01/01/2026)	8.793	80%	7.034	1.759	7,55%
<i>totale</i>	20.517	-	15.241	5.276	-

Tabella 12 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti 1-2-3-4-5-6-7 per la produzione di ACS

	quota parte ancora da produrre mediante FER (kWh)	percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno
Lotti 1-2-3-4 riscaldamento + condizionamento	$86.992 - 8.207 = 78.785$	63,44%
Lotti 5-6-7 riscaldamento + condizionamento	$74.505 - 7.034 = 67.471$	72,45%

Tabella 13 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti 1-2-3-4-5-6-7 per la produzione di riscaldamento e condizionamento

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>
<i>Riscaldamento Lotti 1-2-3-4</i>	79.210	55.447	23.763	70%
<i>Condizionamento Lotti 1-2-3-4</i>	33.240	23.268	9.972	70%
<i>ACS Lotti 1-2-3-4</i>	11.724	8.207	3.517	70%
<i>totale 1-2-3-4</i>	124.174	86.922	37.252	70%
<i>Riscaldamento Lotti 5-6-7</i>	59.409	47.527	11.882	80%
<i>Condizionamento Lotti 5-6-7</i>	24.930	19.944	4.986	80%
<i>ACS Lotti 5-6-7</i>	8.793	7.034	1.759	80%
<i>totale 5-6-7</i>	93.132	74.505	18.627	80%

Tabella 14 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti 1-2-3-4-5-6-7 per la produzione di ACS, riscaldamento e condizionamento

LOTTO 8

	<i>riscaldamento (kWh/anno)</i>	<i>condizionamento (kWh/anno)</i>	<i>acqua calda sanitaria (kWh/anno)</i>	<i>totale (kWh/anno)</i>
<i>Fabbisogno Lotto 8</i>	107.235	45.000	10.943	163.178

Tabella 15 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici totali del lotto 8

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>
<i>Lotto 8 (istanza PdC entro 31/12/2025)</i>	163.178	70%	114.225	48.953

Tabella 16 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 8

	<i>Fabbisogno ACS (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER per ACS</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno</i>
<i>Lotto 8 (istanza PdC entro 31/12/2025)</i>	10.943	70%	7.660	3.283	4,70%

Tabella 17 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 8 per la produzione di ACS

	<i>quota parte ancora da produrre mediante FER (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno</i>
<i>Lotto 8 riscaldamento + condizionamento</i>	$114.225 - 7.660 = 106.565$	65,30%

Tabella 18 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 8 per la produzione di riscaldamento e condizionamento

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>
<i>Riscaldamento Lotto 8</i>	107.235	75.064	32.171	70%
<i>Condizionamento Lotto 8</i>	45.000	31.500	13.500	70%
<i>ACS Lotto 8</i>	10.943	7.660	3.283	70%
<i>Totale 8</i>	163.178	114.224	48.954	70%

Tabella 19 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 8 per la produzione di ACS, riscaldamento e condizionamento

LOTTO 9 - ERS

	<i>riscaldamento (kWh/anno)</i>	<i>condizionamento (kWh/anno)</i>	<i>acqua calda sanitaria (kWh/anno)</i>	<i>totale (kWh/anno)</i>
<i>Fabbisogno Lotto 9</i>	32.812	15.600	6.839	55.251

Tabella 20 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici totali del lotto 9 - ERS

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>
<i>Lotto 9 (istanza PdC entro 31/12/2025)</i>	55.251	70%	38.676	16.575

Tabella 21 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 9 - ERS

	<i>Fabbisogno ACS (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER per ACS</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno</i>
<i>Lotto 9 (istanza PdC entro 31/12/2025)</i>	6.839	70%	4.787	2.052	8,67%

Tabella 22 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 9 - ERS per la produzione di ACS

	<i>quota parte ancora da produrre mediante FER (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER sul totale del fabbisogno</i>
<i>Lotto 9 riscaldamento + condizionamento</i>	$38.676 - 4.787 = 33.889$	61,33%

Tabella 23 – Calcolo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 9 - ERS per la produzione di riscaldamento e condizionamento

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>	<i>percentuale di copertura da FER</i>
<i>Riscaldamento Lotto 9</i>	32.812	22.968	9.844	70%
<i>Condizionamento Lotto 9</i>	15.600	10.920	4.680	70%
<i>ACS Lotto 9</i>	6.839	4.787	2.052	70%
<i>Totale 9</i>	55.251	38.675	16.576	70%

Tabella 24 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili del lotto 9 - ERS per la produzione di ACS, riscaldamento e condizionamento

2.5. Fabbisogno Energetico Totale

Il fabbisogno energetico totale è dato dalla somma dell'energia necessaria per l'impianto di riscaldamento, per quello di condizionamento e per la produzione di acqua calda sanitaria. Dai valori ricavati dalle tabelle precedenti si ricava che:

	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte ancora da produrre (kWh)</i>
Lotti A-B-C-D	105.636	76.586	29.050
Lotti 1-2-3-4-5-6-7	217.306	161.427	55.879
Lotto 8	163.178	114.225	48.953
Lotto 9 - ERS	55.251	38.676	16.575
totale	541.371	390.914	150.457

Tabella 25 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti previsti nel comparto per la produzione di ACS, riscaldamento e condizionamento

2.6. Fabbisogno Elettrico delle Unità Abitative

L'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas (AEEG) considera che una famiglia italiana utilizza in media 2.700 kWh/anno.

Da cui si ricava:

<i>Lotto</i>	<i>nr. alloggi</i>	<i>potenza da installare (kWh/anno)</i>
Lotto A	1	2.700
Lotto B	1	2.700
Lotto C	2	5.400
Lotto D	2	5.400
Lotto 1	2	5.400
Lotto 2	2	5.400
Lotto 3	2	5.400
Lotto 4	2	5.400
Lotto 5	2	5.400
Lotto 6	2	5.400
Lotto 7	3	8.100

Lotto 8	8	21.600
Lotto 9 - ERS	5	13.500
totale	34	91.800

Tabella 26 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici dei lotti previsti nel comparto per la produzione di energia elettrica

Il fabbisogno elettrico degli alloggi residenziali, anche secondo le ultime ricerche svolte, varia sensibilmente in funzione delle diverse stagioni. Le richieste massime di potenza elettrica si presentano durante il periodo estivo, quindi nella mezza stagione ed infine in inverno; tale differenza è da imputarsi soprattutto al consumo delle apparecchiature frigorifere e gli impianti di condizionamento che sono infatti molto sensibili al variare delle condizioni climatiche ed aumentano il consumo di energia in modo proporzionale al crescere della temperatura dell'ambiente.

2.7. Contributo Fonti Energetiche Rinnovabili per la Produzione di Energia Elettrica

Alle voci di cui sopra è necessario decurtare la quota parte di elettricità prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, la cui installazione è obbligatoria secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 1261/2022 “...potenza elettrica P installata non inferiore a:

- 1 kW per unità abitativa e 0,5 kW per ogni 100 mq di superficie climatizzata di edifici ad uso non residenziale;
- $P = S_q \times 0,05$, dove S_q è la superficie coperta dell'edificio misurata in mq; ...”

Alla luce di quanto sopra esposto è possibile stimare le potenze elettriche da installare nei diversi lotti, ed in particolare:

Lotto	superficie coperta (mq)	potenza da installare
Lotto A	103	5,15
Lotto B	103	5,15
Lotto C	178	8,90
Lotto D	178	8,90
Lotto 1	106	5,30
Lotto 2	105	5,25

Lotto 3	104	5,20
Lotto 4	104	5,20
Lotto 5	104	5,20
Lotto 6	104	5,20
Lotto 7	180	9,00
Lotto 8	720	36,00
Lotto 9 - ERS	180	9,00
totale	2.269	113,45

Tabella 27 – Schema riassuntivo dei fabbisogni energetici apportato da impianto alimentato da fonti energetiche rinnovabili dei lotti previsti nel comparto per la produzione di energia elettrica

3. IMPIANTO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA

Prima di analizzare le soluzioni impiantistiche proposte per la copertura dei fabbisogni energetici del progetto in oggetto, vengono in questo paragrafo brevemente presentati i sistemi di conversione di energia a cui si farà esplicito riferimento.

3.1. Componenti di Impianto

3.1.1. Microcogeneratori ad inseguimento termico

La micro-cogenerazione è nota a livello internazionale come microCHP, acronimo delle parole inglesi combined heat and power, vale a dire produzione combinata di calore ed energia. La cogenerazione, ossia la produzione congiunta di Elettricità e Calore mediante un unico sistema in cascata, consente la produzione contemporanea di energia elettrica pregiata e energia termica, con rendimenti globali anche superiori al 90%.

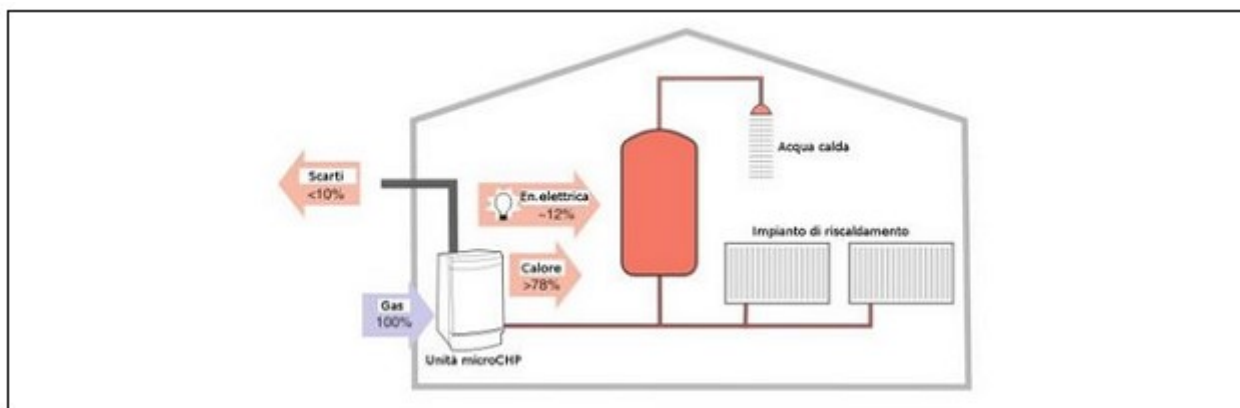


Figura 1 – Principio di funzionamento impianto di microcogenerazione

Il principio su cui si basa la cogenerazione è quello di recuperare il calore generato durante la produzione di energia elettrica, altrimenti disperso nell'ambiente, e riutilizzarlo per produrre energia termica.

Con il termine micro-cogenerazione (micro-CHP) si intende la pratica della cogenerazione su piccola scala. Essa si applica in genere per potenze inferiori ad 1 Mw, in particolare risulta ideale per abitazioni domestiche, ospedali, hotel, condomini, alberghi, case di cura, fitness center, uffici, centri elaborazione dati, case di riposo e serre.

Tali sistemi decentralizzati di produzione energetica hanno la peculiarità di essere molto semplici da installare e di avere grande flessibilità. Si basano su motori a combustione interna. Le macchine che rispondono ai dettami della direttiva dell'Unione Europea 8/2004CE del 11

febbraio 2004, in cui si definisce il concetto di MICRO-COGENERAZIONE, sono a motore endotermico, alimentato a gas, di taglia compresa fra 1 e 50 kW elettrici.

Un impianto di cogenerazione può funzionare con "priorità termica", ossia si privilegia la produzione di energia termica (acqua calda o vapore), o con "priorità elettrica", in cui viene privilegiata la produzione di energia elettrica. Dare la "priorità termica" di funzionamento alla cogenerazione è un sistema sicuro per ottenere, oltre a considerevoli risparmi di energia primaria, ottimi ritorni economici a breve termine.

L'efficienza della macchina viene sfruttata solo quando si utilizza tutto ciò che produce: elettricità e calore.

La microcogenerazione è assimilata all'energia rinnovabile ed è ritenuta fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi del protocollo di Kyoto. Gode quindi di finanziamenti statali e regionali, e di consistenti sgravi fiscali. Parte del combustibile utilizzato in cogenerazione è defiscalizzato.

I benefici derivanti dalla suddetta tecnologia saranno sia di tipo economico che ambientale; infatti il risparmio sul costo dell'energia elettrica autoprodotta e sulla potenza installata fa sì che in media l'impianto si ripaghi in 4-5 anni con un utilizzo di almeno 3.000-4.000 ore l'anno (autoconsumo 100% energia elettrica prodotta). Inoltre rispetto alla generazione separata di energia elettrica e termica, la cogenerazione riduce del 30-40% la quantità di combustibile utilizzato, e quindi le emissioni inquinanti.

3.1.2. Pompa di Calore Aria – Acqua

Le pompe di calore sono macchine in grado di trasferire l'energia gratuita presente nelle sorgenti esterne (aria) agli impianti per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria. Il trasferimento di calore avviene per mezzo di un circuito frigorifero ad alta efficienza con un ridotto assorbimento di energia elettrica.

L'energia prodotta da una moderna pompa di calore può essere utilizzata per riscaldare, raffrescare e per produrre acqua calda: in ognuna di queste applicazioni circa il 75% dell'energia richiesta dalla pompa di calore proviene dall'ambiente esterno e l'apporto di energia elettrica è solo di circa il 25%.

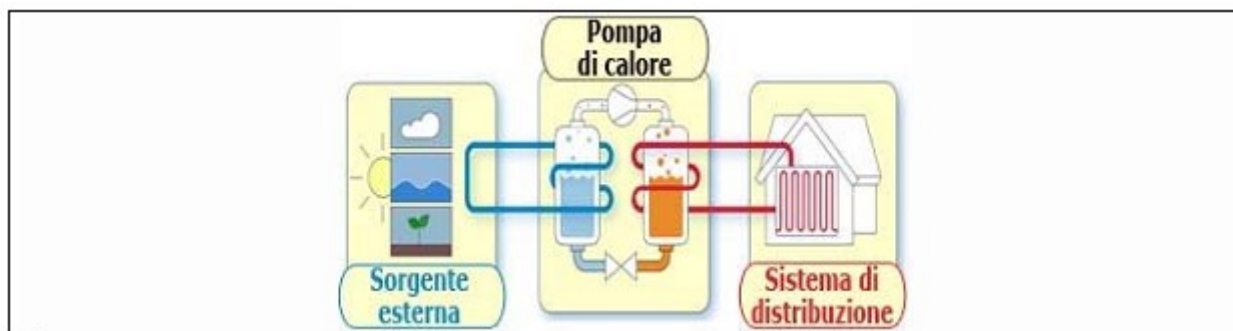


Figura 2 – Principio di funzionamento impianto a pompa di calore aria-acqua

Il funzionamento della pompa di calore avviene con un circuito in cui scorre un fluido refrigerante. Il fluido, passando in un primo scambiatore di calore, assorbe energia dalla sorgente esterna e passa successivamente al compressore: questo mantiene il fluido in circolazione e fornisce un apporto aggiuntivo di energia. Nel secondo scambiatore l'energia viene ceduta dal fluido refrigerante al sistema di distribuzione: a questo punto grazie ad un organo di laminazione il ciclo può ricominciare. Il funzionamento sia in riscaldamento che in raffrescamento è possibile invertendo gli scambiatori ed il senso di funzionamento del ciclo frigorifero.

La pompa di calore ha un bassissimo impatto sull'ambiente e sulla bolletta energetica. Il risparmio per la produzione di acqua calda sanitaria rispetto agli scaldabagni elettrici può arrivare fino al 70%. L'abbinamento della pompa di calore ad un impianto di riscaldamento radiante garantisce un risparmio energetico che può andare dal 40% al 70% rispetto ai sistemi tradizionali.

Gli impianti per il riscaldamento a pavimento funzionano con acqua a bassa temperatura (25-40°C) e sono pertanto ideali per essere integrati con pompe di calore, caldaie a condensazione ecc., e con qualunque tecnologia che sfrutti fonti energetiche rinnovabili.

L'efficienza di una pompa di calore migliora del 25% se abbinata ad un sistema radiante rispetto ad un impianto a ventilconvettori.

L'assorbimento elettrico di una pompa di calore varia proporzionalmente alla sua potenza. La corretta scelta di una pompa di calore tiene conto principalmente di due elementi: il fabbisogno termico dell'edificio da riscaldare e la temperatura massima per l'impianto (impianto radiante, fan-coil, radiatori, ecc.). Le prestazioni di una pompa di calore vengono misurate attraverso il "coefficiente di prestazione" (COP), definito come il rapporto tra la potenza prodotta e la

potenza consumata (in questo caso potenza elettrica); il COP dipende principalmente dalla taglia, dal sistema di condensazione ed in misura minore dal fluido frigorifero adottato.

In linea di massima, dividendo il fabbisogno termico per il COP della macchina si può ottenere una stima del consumo istantaneo della pompa di calore. Tali valori si riferiscono a determinate condizioni di carico e temperature esterne; se la variazione del carico può risultare poco influente utilizzando compressori completamente modulanti, al contrario l'influenza della temperatura esterna sulle prestazioni dei cicli frigoriferi a compressione è nell'ordine del 1,5% del valore del COP di riferimento per ogni 1°C di variazione della temperatura dell'aria esterna.

3.1.3. Caldaia a Condensazione

La caldaia a condensazione è la caldaia più ecologica disponibile attualmente sul mercato. Garantisce infatti rendimenti particolarmente elevati attraverso il recupero del calore latente di condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi. In questo modo, può raggiungere mediamente un rendimento superiore anche del 20% rispetto a quello di una caldaia tradizionale. Al tempo stesso, grazie a particolari accorgimenti e a una combustione ottimizzata, riduce le emissioni di ossidi di azoto e di monossido di carbonio (fino al 70% in meno rispetto a quelle di una caldaia tradizionale).

Una caldaia tradizionale consiste in un contenitore di acqua (o di un altro liquido), che viene riscaldata solitamente attraverso la combustione di gas oppure di gasolio. I fumi di combustione sono eliminati attraverso un apposito camino. Per problemi tecnici è necessario evitare la condensazione dei fumi e quindi la creazione di condensa sulle superfici di scambio termico, per questo motivo solo una parte del calore generato dalla combustione potrà quindi essere utilizzata. Il calore latente (quantità di energia per unità di massa necessaria allo svolgimento di una transizione di fase o passaggio di stato) del vapore acqueo che viene immesso nell'atmosfera attraverso il camino non verrà quindi recuperato. Questo rappresenta circa l'11% dell'energia totale generata dalla combustione.

La caldaia a condensazione invece funziona nel modo contrario: la condensazione dei gas di combustione permette di recuperare l'energia termica latente del vapore acqueo, oltre al calore dei gas di scarico. I fumi vengono raffreddati fino a che il vapore acqueo non passa allo stato di liquido, condensando il vapore cede calore che viene trasferito all'acqua dell'impianto termico.

Normalmente le temperature dei fumi sono comprese tra 90°C (per i radiatori) e 40°C (impianti a bassa temperatura).

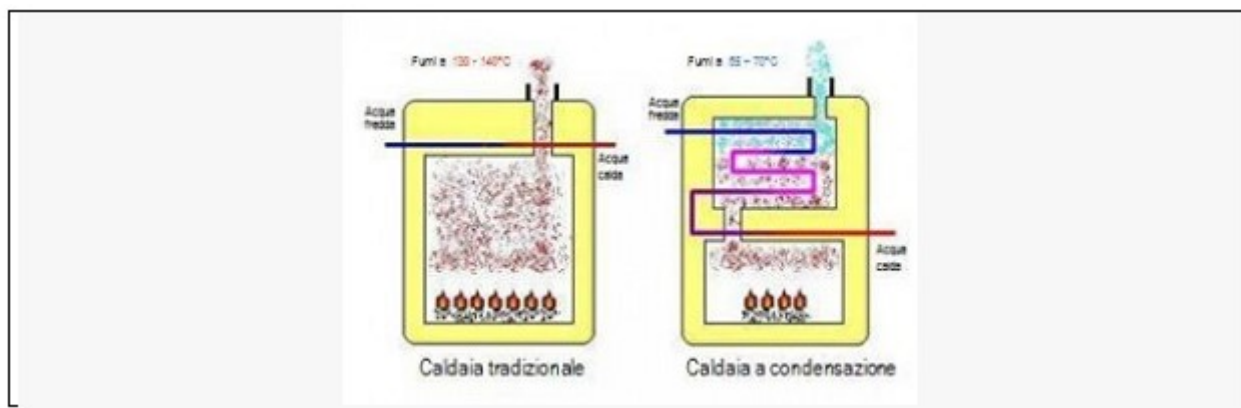


Figura 3 – Principio di funzionamento caldaia tradizionale e caldaia a condensazione

A parità di energia prodotta, la caldaia a condensazione consuma meno combustibile, oltre a produrre fumi a temperatura inferiore rispetto a quelli delle caldaie tradizionali. Minore è la temperatura raggiunta dai fumi, maggiore sarà la quantità di vapore acqueo che condensa e, di conseguenza, più efficiente sarà la caldaia. Inoltre, la minore temperatura dei fumi permette minori dispersioni di gas (di scarico), con un migliore sfruttamento dell'energia. Le caldaie a condensazione hanno rendimenti superiori al 100%.

Questo è dovuto al fatto che nel calcolo del rendimento delle caldaie a condensazione dovrebbe essere considerato il potere calorifico superiore del combustibile (per la condensazione del vapore acqueo), mentre il calcolo del rendimento delle caldaie tradizionali considera il potere calorifico inferiore, di conseguenza se calcolo il rendimento di una caldaia condensazione rispetto al potere calorifico inferiore avrò rendimenti anche superiori al 100%. Il potere calorifico superiore è la quantità di calore che si rende disponibile per effetto della combustione completa, a pressione costante, della massa unitaria di combustibile quando i prodotti della combustione siano riportati alla temperatura iniziale di comburente e combustibile. Il potere calorifico inferiore, invece, è dato da quello superiore diminuito del calore di condensazione del vapore acqueo liberato durante la combustione.

La caldaia a condensazione permette un risparmio sui costi dell'energia grazie al minor consumo di combustibile. Il risparmio potenziale è dell'ordine del 15-20% sulla produzione di acqua calda a 80°C, del 20-30% a 60°C. Questo perché il rendimento della caldaia è maggiore

quando lavora a carico parziale rispetto al carico massimo. Per il riscaldamento di un edificio, con radiatori tradizionali, si ottengono risparmi anche del 25-30%. Il risparmio massimo (40% e oltre) viene raggiunto utilizzando la caldaia a condensazione con un impianto radiante a bassa temperatura (30-50 °C), p.es. con pannelli a soffitto o serpentine a pavimento o a parete. L'impatto ambientale delle caldaie a condensazione è minore rispetto a quello delle caldaie tradizionali, perché i fumi generati hanno una temperatura inferiore. Anche le emissioni di ossidi di azoto e monossido di carbonio sono minori (fino al 70%) rispetto a un impianto tradizionale.

3.1.4. Impianto Solare Termico

Un impianto solare termico è un sistema in grado di trasformare l'energia irradiata dal sole in energia termica, ossia calore, che può essere utilizzato negli usi quotidiani, quali ad esempio il riscaldamento dell'acqua per i servizi o il riscaldamento degli ambienti.

Il sistema normalmente è composto da una serie di collettori (pannelli) piani o sottovuoto con una superficie in grado di assorbire il calore del Sole i quali vengono installati su una superficie piana o inclinata esposta a Sud (falda del tetto, terrazza...). All'interno del collettore solare circola un fluido che, riscaldato dal sole, passa in uno scambiatore di calore e cede calore all'acqua di un circuito secondario, che viene accumulata in un serbatoio (boiler) per poi essere utilizzata successivamente quando se ne ha bisogno.

Gli impianti solari combinati hanno una circolazione forzata del fluido termovettore (una soluzione di acqua e glicine propilenico) all'interno dei collettori per mezzo di una pompa di circolazione e possono essere:

- sistemi aperti, in cui il fluido termovettore che circola all'interno del collettore è la stessa acqua che raggiunta la temperatura richiesta, viene usata dall'utenza;
- sistemi chiusi, in cui si evidenziano due circuiti separati per il fluido termovettore e l'acqua da scaldare. Un impianto solare combinato per il riscaldamento utilizza un sistema chiuso, mentre un impianto solare combinato per il riscaldamento dell'acqua delle piscine può utilizzare un sistema aperto oltre che chiuso.

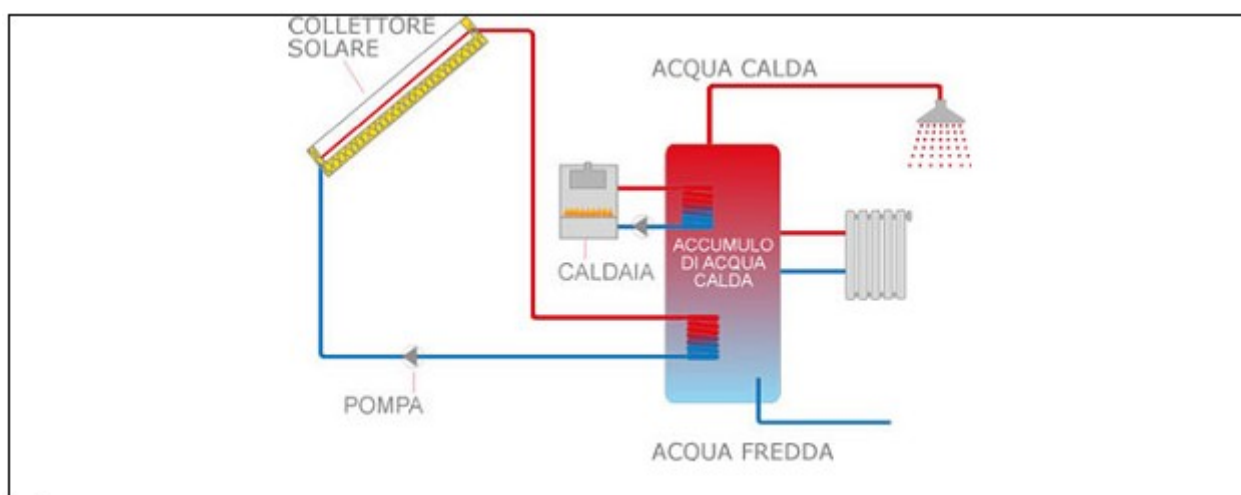


Figura 4 – Principio di funzionamento impianto solare termico

L'impianto integra i sistemi di riscaldamento degli ambienti interni e produce acqua calda per uso sanitario (ACS). Viene utilizzato anche per riscaldare l'acqua delle piscine nei mesi estivi. La densità di energia solare è bassa, utile se si vuole utilizzare acqua calda a temperature non altissime (tra i 40° e 80°), temperatura adatta per l'ACS e per il riscaldamento interno che utilizzi sistemi a bassa temperatura, radiatori a pavimento o a parete (30° e 40°).

Una volta installato l'impianto, il calore fornito per riscaldare gli ambienti interni e l'acqua non richiede costi aggiuntivi per il combustibile. Il tempo di ritorno dell'investimento varia a seconda di molti fattori, è sicuramente più breve se si progetta l'impianto in fase di realizzazione dell'abitazione mentre il calcolo esatto dipende da numerosi fattori:

- latitudine, (Nord-Sud), perchè al sud, con un irraggiamento maggiore, serve una quantità inferiore di collettori;
- esposizione al sole: la presenza di eventuali ostacoli che riducono l'insolazione riduce anche la redditività dell'impianto;
- tecnologia (tipo di collettore).

La produzione di calore attraverso i collettori solari genera una riduzione considerevole nel consumo di combustibili, quindi una riduzione delle emissioni in atmosfera di sostanze a effetto serra e inquinanti, favorendo il raggiungimento degli obiettivi di Kyoto. L'utilizzo dei collettori solari rispetta l'ambiente perchè non brucia combustibili quindi contribuisce a una migliore qualità dell'aria nelle nostre città e contrasta l'effetto serra dovuto alla produzione di anidride carbonica (CO₂).

3.1.5. Impianto Solare Fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico è un impianto per la produzione di energia elettrica mediante conversione diretta della radiazione solare, tramite effetto fotovoltaico. Il dispositivo di base all'interno di un pannello fotovoltaico è dato da un insieme di celle fotovoltaiche le quali possono essere di silicio monocristallino, policristallino o amorfo. Il silicio, essendo un materiale semiconduttore, attira i raggi solari (detti anche raggi fotonici) sprigionando elettroni che generano quindi energia elettrica. Un impianto fotovoltaico è principalmente composto da: un insieme di pannelli fotovoltaici, uno o più gruppi di conversione della corrente continua in corrente alternata, un apposito contatore adibito alla misurazione dell'energia prodotta, ed altri componenti elettrici minori. Per alimentare un sistema fotovoltaico è sufficiente la luce solare mentre la sua resa dipende dall'irraggiamento solare: più si va verso l'Equatore e più l'impianto produce e l'Italia fortunatamente per quanto riguarda l'irraggiamento solare gode di un'ottima posizione.



Figura 5 – Principio di funzionamento impianto solare fotovoltaico

Nella maggior parte dei casi l'impianto fotovoltaico non è un impianto indipendente e viene allacciato direttamente alla rete elettrica locale, per cui, durante la giornata, non occorre che ci sia necessariamente il sole, tuttavia se il sito di installazione è ben soleggiato, l'impianto produrrà sicuramente più energia. Negli ultimi tempi, con il sempre maggior sviluppo della mobilità elettrica e degli accumulatori di energia anche di taglia domestica, si sta facendo strada l'opzione di non allacciare l'impianto direttamente alla rete elettrica locale ma di autoconsumare

direttamente l'energia prodotta e/o di accumularla e sfruttarla in un momento successivo magari per la ricarica dei veicoli elettrici.

A differenza degli anni precedenti, attualmente i costi di manutenzione per un impianto fotovoltaico sono diventati finalmente molto più ridotti e di conseguenza facilmente sostenibili. La vita media utile di un impianto fotovoltaico dipende principalmente dalla qualità dei moduli, dalla resistenza degli inverter e dal tipo di condizioni climatiche presenti di norma nella zona dove viene installato; a partire dal decimo anno di vita è sempre buona norma comunque prevedere interventi di manutenzione extra-ordinaria consistenti nella probabile sostituzione di eventuali componenti elettrici deteriorati dal tempo o degli inverter di stringa. Per avere un'idea della durata che può avere un impianto fotovoltaico tecnologico di ottima qualità basta sapere che negli Stati Uniti d'America sono stati realizzati impianti con moduli Sanyo che attualmente ancora continuano a produrre energia elettrica (anche se sempre meno negli anni), addirittura da più di 50 anni. Infine è sempre consigliabile una copertura assicurativa dell'impianto contro eventuali danneggiamenti dei componenti da parte di cause meteorologiche estreme.

I benefici di questa tipologia impiantistica sono:

- un risparmio dei combustibili fossili (assenza di qualsiasi tipo d'emissione inquinante durante il funzionamento dell'impianto);
- una estrema affidabilità poiché, nella maggior parte di casi, non esistono parti in movimento;
- una vita utile di un impianto di norma superiore a 25 anni;
- costi di esercizio e manutenzione attualmente molto contenuti rispetto solo a qualche anno fa.

3.2. Centrali di Produzione

3.2.1. Premesse sulla scelta impiantistica

Nel presente paragrafo vengono presentate le diverse soluzioni impiantistiche poste a confronto per soddisfare le richieste energetiche del complesso in esame. Tali soluzioni verranno poi energeticamente ed economicamente confrontate nei successivi paragrafi. Prima di entrare nel dettaglio dei sistemi scelti è utile premettere alcune considerazioni sulla tipologia di intervento da realizzare.

Innanzitutto è importante considerare la tipologia edilizia prevista nei diversi lotti, cioè villette uni/bi/trifamiliari che per loro natura devono essere dotate di impianti autonomi per non

doverle coinvolgere in una gestione condominiale; discorso diverso invece per il Lotto 9 – ERS dove si realizzerà un edificio plurifamiliare condominiale. Inoltre i lotti non verranno attuati tutti contemporaneamente considerata anche la difficile situazione del mercato immobiliare.

Viste le suddette particolarità si afferma sin da ora che non risulta economicamente conveniente centralizzare la produzione di calore, raffrescamento ed energia elettrica; infatti l'ipotetica realizzazione di un'unica centrale in posizione baricentrica farebbe sì che:

- l'intervento viste le considerazioni sopracitate e considerando un arco di vita di almeno 25 anni risulterebbe energeticamente poco efficiente;
- in caso di poche vendite di alloggi, questi si dovrebbero dividere le spese gestionali dell'intera centrale;
- in caso di poche vendite di alloggi, la centrale anche se dimensionata il più modularmente possibile, potrebbe essere comunque sovradimensionata per le reali utenze allacciate;
- si obbligherebbero le villette ad una gestione "condominiale" snaturando la loro tipologia di utilizzo.

Consideriamo ora l'intervento in oggetto e dalle considerazioni fatte sopra risulta evidente che si dovranno dividere le tipologie impiantistiche da utilizzare in base alle destinazioni finali dei vari lotti, in particolare:

<i>Lotto</i>	<i>nr. alloggi</i>	<i>utilizzo</i>
Lotto A	1	autonomo
Lotto B	1	autonomo
Lotto C	2	autonomo
Lotto D	2	autonomo
Lotto 1	2	autonomo
Lotto 2	2	autonomo
Lotto 3	2	autonomo
Lotto 4	2	autonomo
Lotto 5	2	autonomo
Lotto 6	2	autonomo
Lotto 7	3	autonomo
Lotto 8	8	autonomo

Lotto 9 - ERS	5	condominiale
---------------	---	--------------

Tabella 28 – Schema riassuntivo delle destinazioni finali dei lotti previsti nel comparto3.2.2. Impianto “Convenzionale” Autonomo (Lotti A-B-C-D-1-2-3-4-5-6-7-8)

L'impianto definito “Convenzionale” Autonomo sarà composto da:

- caldaia a condensazione per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'impianto di riscaldamento;
- gruppo frigo per l'impianto di condizionamento;
- pannelli solari termici dimensionati in modo da garantire le coperture di energie rinnovabili indicate nei capitoli precedenti per la produzione di ACS;
- pannelli fotovoltaici dimensionati in modo da garantire le coperture di energie rinnovabili indicate nei capitoli precedenti per la produzione di energia elettrica.

3.2.3. Impianto “Ibrido” Autonomo (Lotti A-B-C-D-1-2-3-4-5-6-7-8)

L'impianto definito “Ibrido” Autonomo sarà composto da:

- pompa di calore aria acqua per l'impianto di riscaldamento e condizionamento e produzione di ACS;
- caldaia a condensazione per l'integrazione all'impianto di produzione di acqua calda sanitaria e per l'impianto di riscaldamento nei momenti in cui la pompa di calore risulta inefficiente;
- pannelli fotovoltaici dimensionati in modo da garantire le coperture di energie rinnovabili indicate nei capitoli precedenti per la produzione di energia elettrica.

3.2.4. Impianto “Convenzionale” Condominiale (Lotto 9 - ERS)

L'impianto definito “Convenzionale” Condominiale sarà composto da:

- caldaia a condensazione per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'impianto di riscaldamento;
- gruppo frigo per l'impianto di condizionamento;
- pannelli solari termici dimensionati in modo da garantire le coperture di energie rinnovabili indicate nei capitoli precedenti per la produzione di ACS e per l'integrazione dell'impianto di riscaldamento;

- pannelli fotovoltaici dimensionati in modo da garantire le coperture di energie rinnovabili indicate nei capitoli precedenti per la produzione di energia elettrica.

3.2.5. Impianto "Ibrido" Condominiale (Lotto 9 - ERS)

L'impianto definito "Ibrido" Condominiale sarà composto da:

- pompa di calore aria-acqua per l'impianto di riscaldamento e condizionamento;
- microcogeneratore ad inseguimento termico per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'integrazione all'impianto di riscaldamento nei momenti in cui la pompa di calore risulta inefficiente e per la produzione di energia elettrica;
- pannelli fotovoltaici dimensionati in modo da garantire la rimanenza della potenza elettrica installata non erogata dal microcogeneratore.

4. ANALISI COMPARATIVA

4.1. Analisi Comparativa Energetica del Lotto 9 - ERS

Prendendo in esame le due diverse tipologie presentate nei capitoli 3.2.4. e 3.2.5. risulta evidente il minor utilizzo di apparecchiature nella soluzione “ibrida” rispetto alla “convenzionale”; infatti non vengono utilizzati i pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e per l’integrazione all’impianto di riscaldamento; questa scelta è dovuta dal fatto che la produttività di tale tecnologia è in funzione del periodo dell’anno, tanto che l’energia da produrre diventa inevitabilmente influenzata dalla stagione.

Sempre relativamente alla soluzione “convenzionale” si precisa sin da subito che per ottemperare alla normativa in termini di quota di energia prodotta da fonti rinnovabili, l’impianto nel suo complesso dovrà essere ottimamente tarato e coordinato, con tutte le complicità del caso.

Nella figura che segue si riporta l’andamento del fabbisogno termico totale ($Th_{richiesto}$) ottenuto sottraendo alla somma della richiesta per il riscaldamento ($Risc$) e l’acqua calda sanitaria (ACS), il contributo solare ($Solare_T$) prodotto mediante pannelli solari termici.

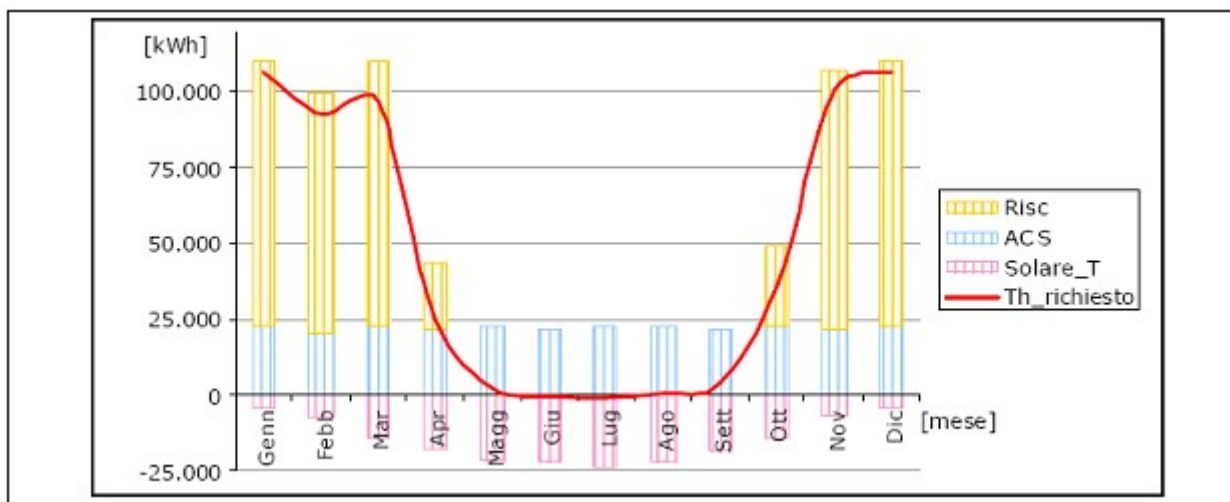


Figura 6 – Andamento del fabbisogno termico annuo richiesto

Alla luce di quanto sopra esposto si afferma che il minimo di energia termica prodotta dai pannelli coincide con la massima richiesta energetica della palazzina.

Ciò comporta un difficile dimensionamento dell’impianto solare e un apporto energetico minimo al sistema.

Sostanziale differenza tra il sistema “ibrido” rispetto al “convenzionale” è quello di utilizzare come generatore di calore una pompa di calore aria-acqua affiancata da un microcogeneratore; questa soluzione fa sì che la pompa di calore riesca a sfruttare l’energia elettrica prodotta dall’impianto fotovoltaico di giorno e dal microcogeneratore nei momenti in cui questo risulta attivato; inoltre l’abbinamento dei due sistemi fa sì che:

- il microcogeneratore entri in funzione quando le prestazioni della pompa di calore sono economicamente svantaggiose (infatti all’abbassarsi della temperatura esterna il rendimento della pompa di calore cala);
- il dimensionamento della pompa di calore risulta più equilibrato poiché non deve sopperire le perdite di prestazione del periodo termicamente più rigido;
- per la produzione di acqua calda sanitaria si utilizzerà il microcogeneratore il quale produce acqua calda ad una temperatura superiore a 50°C la quale se prodotta solamente dal microcogeneratore viene considerata come totalmente prodotta da fonte energetica rinnovabile.

<i>Lotto 9 - ERS soluzione convenzionale</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte Energia Primaria (kWh)</i>	<i>rendimento sistema medio o SCOP o SEER</i>	<i>fattore conversione en. elettrica in en. primaria</i>	<i>Reale consumo (kWh)</i>
riscaldamento	32.812	22.968	9.844	0,9	-	10.938
condizionamento	15.600	10.920	4.680	3,1	2,21	3.336
ACS	6.839	4.787	2.052	0,9	-	2.280
totale	55.251	38.675	16.576			16.554

Tabella 29 – Schema riassuntivo dei fabbisogni di energia primaria del lotto 9 - ERS con soluzione convenzionale

Considerando solo i reali consumi di energia primaria di riscaldamento + ACS si avrebbe:

10.938 + 2.280 = 13.218 kWh/anno (soluzione convenzionale)

Se tale valore lo si divide per i mq dell’intervento si ottiene una sorta di Indice di Prestazione Energetica medio di:

13.218 / 520 = 25,42 kWh/mq anno (soluzione convenzionale)

<i>Lotto 9 - ERS soluzione ibrida</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte Energia Primaria (kWh)</i>	<i>rendimento sistema medio o SCOP o SEER</i>	<i>fattore conversione en. elettrica in en. primaria</i>	<i>Reale consumo (kWh)</i>
riscaldamento	32.812	16.406 con pompa di calore + fotovolt.	16.406 con pompa di calore	3,3	2,21	10.987
		16.406 con microcog.	0	-	-	-
condizionamento	15.600	10.920	4.680	3,3	2,21	3.134
ACS	6.839	6.839	0	0,9	-	0
totale	55.251	50.571	21.086			14.121

Tabella 30 – Schema riassuntivo dei fabbisogni di energia primaria del lotto 9 - ERS con soluzione ibrida

Considerando solo i reali consumi di energia primaria di riscaldamento + ACS si avrebbe:

10.987 + 0 = 10.987 kWh/anno (soluzione ibrida)

Se tale valore lo si divide per i mq dell'intervento si ottiene una sorta di Indice di Prestazione Energetica medio di:

10.987 / 520 = 21,12 kWh/mq anno (soluzione ibrida)

4.2. Analisi Comparativa Economica del Lotto 9 - ERS

Si prenderanno in esame le spese di gestione annua delle due diverse tipologie di sistema schematizzate nelle tabelle 29 e 30; le tariffe sono ricavate dai valori dichiarati dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA, ex AEEG):

- costo gas metano al normalmetrocuo per caldaia a condensazione: 0,85 euro/mc
- costo gas metano al normalmetrocuo per microcogeneratore defiscalizzato: 0,72 euro/mc
- costo energia elettrica acquistata dalla rete: 0,22 euro/KW

<i>Lotti 9 - ERS soluzione convenzionale</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>reale consumo depurato da FER (kWh)</i>	<i>quantità in mc gas metano kW ele per energia elettrica</i>	<i>spesa annua (euro)</i>
riscaldamento	32.812	10.938	1.023 mc	870,00
condizionamento	15.600	3.336	1.076 kWele	237,00
ACS	6.839	2.280	214 mc	182,00
energia elettrica	13.500	13.500	13.500 kWele	2.970,00
en. elettrica da fotovoltaico	-9.900	-9.900	-9.900 kWele	-2.178,00
manutenzione(600€/lotto)				600,00
				2.681,00

Tabella 31 – Schema riassuntivo delle spese annue del lotto 9 - ERS con soluzione convenzionale

Dalla Tabella 31 si ottiene una spesa annua per appartamento pari a:

2.681,00 € / 5 alloggi = 540,00 € anno/alloggio circa (soluzione convenzionale)

<i>Lotto 9 - ERS soluzione ibrida</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>reale consumo depurato da FER (kWh)</i>	<i>quantità in mc gas metano kW ele per energia elettrica</i>	<i>spesa annua (euro)</i>
riscaldamento pompa di calore	32.812	10.987	3.538 kWele	778,00
riscaldamento microgeneratore		16.406	1.534 mc	1.104,00
condizionamento	15.600	3.134	1.009 kWele	222,00
ACS	6.839	0	0 mc	0
energia elettrica	13.500	13.500	13.500 kWele	2.970,00
en. elettrica da fotovoltaico			-9.900 kWele	-2.178,00
en. elettrica da microgeneratore			-8.775 kWele	-1.930,00
manutenzione (1.000€/lotto)				1.000,00
				1.966,00

Tabella 32 – Schema riassuntivo delle spese annue del lotto 9 - ERS con soluzione ibrida

Dalla Tabella 32 si ottiene una spesa annua per appartamento pari a:

1.966,00 € / 5 alloggi = 395,00 € anno/alloggio circa (soluzione ibrida)

4.3. Analisi Comparativa Energetica dei Lotti A-B-C-D-1-2-3-4-5-6-7-8

Prendendo in esame le due diverse tipologie presentate nei capitoli 3.2.2 e 3.2.3 e fatte salve le considerazioni espresse al precedente capitolo 4.1, anche per questa soluzione “ibrida” non

vengono utilizzati i pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'integrazione all'impianto di riscaldamento. A differenza però della precedente versione ibrida non verrà utilizzato il microgeneratore ma una caldaia a condensazione; questa scelta è dovuta principalmente dal fatto che il microgeneratore necessita di spazi di installazione abbastanza ampi non possibili da ricavare nelle villette autonome; inoltre la potenza erogata dal microgeneratore sarebbe troppo elevata rispetto alle reali esigenze termiche dell'abitazione tanto da pregiudicarne il funzionamento. Si precisa che l'analisi verrà effettuata solamente sul gruppo di Lotti A-B-C-D.

<i>soluzione convenzionale</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte Energia Primaria (kWh)</i>	<i>rendimento sistema medio o SCOP o SEER</i>	<i>fattore conversione en. elettrica in en. primaria</i>	<i>Reale consumo (kWh)</i>
riscaldamento A-B-C	51.473	36.031	15.442	0,9	-	17.158
condizionamento A-B-C	21.600	15.120	6.480	3,1	2,21	4.620
ACS A-B-C	6.155	4.309	1.846	0,9	-	2.051
riscaldamento D	17.157	13.726	3.431	0,9	-	3.812
condizionamento D	7.200	5.760	1.440	3,1	2,21	1.026
ACS D	2.051	1.641	410	0,9	-	455
totale	105.636	76.587	29.049			29.122

Tabella 33 – Schema riassuntivo dei fabbisogni di energia primaria dei lotti A-B-C-D con soluzione convenzionale

Considerando solo i reali consumi di energia primaria di riscaldamento + ACS si avrebbe:

$$(17.158 + 3.812) + (2.051 + 455) = 23.476 \text{ kWh/anno (soluzione convenzionale)}$$

Se tale valore lo si divide per i mq dell'intervento si ottiene una sorta di Indice di Prestazione Energetica medio di:

$$23.476 / 960 = 24,37 \text{ kWh/mq anno (soluzione convenzionale)}$$

<i>soluzione ibrida</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte prodotta da FER (kWh)</i>	<i>quota parte Energia Primaria (kWh)</i>	<i>rendimento sistema medio o SCOP o SEER</i>	<i>fattore conversione en. elettrica in en. primaria</i>	<i>Reale consumo (kWh)</i>
riscaldamento A-B-C	51.473	36.031 con pompa di calore + fotovolt.	7.721 con pompa di calore	3,3	2,21	5.171
		0 con caldaia	7.721 con caldaia	0,9	-	8.579
condizionamento A-B-C	21.600	15.120	6.480	3,3	2,21	4.339
ACS A-B-C	6.155	4.309 con pompa di calore + fotovolt.	923 con pompa di calore	3,4	2,21	600
		0 con caldaia	923 con caldaia	0,9	-	1.026
riscaldamento D	17.157	13.726 con pompa di calore + fotovolt.	1.715 con pompa di calore	3,3	2,21	1.149
		0 con caldaia	1.715 con caldaia	0,9	-	1.906
condizionamento D	7.200	5.760	1.440	3,3	2,21	964
ACS D	2.051	1.641 con pompa di calore + fotovolt.	205 con pompa di calore	3,4	2,21	133
		0 con caldaia	205 con caldaia	0,9	-	228
totale	157.741	76.587	29.049			24.095

Tabella 34 – Schema riassuntivo dei fabbisogni di energia primaria dei lotti A-B-C-D con soluzione ibrida

Considerando solo i reali consumi di energia primaria di riscaldamento + ACS si avrebbe:

$(5.171 + 8.579 + 1.149 + 1.906) + (600 + 1.026 + 133 + 228) = 18.792 \text{ kWh/anno (soluzione ibrida)}$

Se tale valore lo si divide per i mq dell'intervento si ottiene una sorta di Indice di Prestazione Energetica medio di:

$18.792 / 960 = 19,58 \text{ kWh/mq anno (soluzione ibrida)}$

4.4. Analisi Comparativa Economica dei Lotti A-B-C-D-1-2-3-4-5-6-7-8

Analogamente a quanto fatto in precedenza si prenderanno in esame le spese di gestione annua delle due diverse tipologie di sistema schematizzate nelle tabelle 33 e 34; le tariffe sono ricavate dai valori dichiarati dall'Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA, ex AEEG):

- costo gas metano al normalmetro cubo per caldaia a condensazione: 0,85 euro/mc
- costo energia elettrica acquistata dalla rete: 0,22 euro/KW

Si precisa che l'analisi verrà effettuata solamente sul gruppo di Lotti A-B-C-D.

<i>soluzione convenzionale</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>reale consumo depurato da FER (kWh)</i>	<i>quantità in mc gas metano kW ele per energia elettrica</i>	<i>spesa annua (euro)</i>
riscaldamento A-B-C	51.473	17.158	1.605 mc	1.364,00
condizionamento A-B-C	21.600	4.620	1.490 kWele	328,00
ACS A-B-C	6.155	2.051	192 mc	163,00
energia elettrica A-B-C	10.800	10.800	10.800 kWele	2.376,00
en. elettrica da fotovoltaico A-B-C	-21.120	-21.120	-21.120 kWele	-4.646,00
riscaldamento D	17.157	3.812	357 mc	303,00
condizionamento D	7.200	1.026	331 kWele	73,00
ACS D	2.051	455	43 mc	37,00
energia elettrica D	5.400	5.400	5.400 kWele	1.188,00
en. elettrica da fotovoltaico D	-9.790	-9.790	-9.790 kWele	-2.154,00
manutenzione(600€/alloggio)				3.600,00
				2.632,00

Tabella 35 – Schema riassuntivo delle spese annue dei lotti A-B-C-D con soluzione convenzionale

Dalla Tabella 35 si ottiene una spesa annua per alloggio pari a:

2.632,00 € / 6 alloggi = 440,00 € anno/alloggio circa (soluzione convenzionale)

<i>soluzione ibrida</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>reale consumo depurato da FER (kWh)</i>	<i>quantità in mc gas metano kW ele per energia elettrica</i>	<i>spesa annua (euro)</i>
riscaldamento pompa di calore A- B-C	51.473	5.171	1.665 kWhele	366,00
riscaldamento caldaia A-B-C		8.579	802 mc	682,00
condizionamento A- B-C	21.600	4.339	1.399 kWele	308,00
ACS pompa di calore A-B-C	5.232	600	193 kWele	43,00
ACS caldaia A-B-C	923	1.026	96 mc	82,00
energia elettrica A-B- C	10.800	10.800	10.800 kWele	2.376,00
en. elettrica da fotovoltaico A-B-C	-21.120	-21.120	-21.120 kWele	-4.646,00
riscaldamento pompa di calore D	17.157	1.149	370 kWele	82,00
riscaldamento caldaia D		1.906	178 mc	151,00
condizionamento D	7.200	964	311 kWele	68,00
ACS pompa di calore D	1.846	133	43 kWele	10,00
ACS caldaia D	205	228	21 mc	18,00
energia elettrica D	5.400	5.400	5.400 kWele	1.188,00
en. elettrica da fotovoltaico D	-9.790	-9.790	-9.790	-2.154,00
manutenzione (600€/alloggio)				3.600,00
				2.174,00

Tabella 36 – Schema riassuntivo delle spese annue dei lotti A-B-C-D con soluzione ibrida

Dalla Tabella 36 si ottiene una spesa annua per alloggio pari a:

2.174,00 € / 6 alloggi = 360,00 € anno/alloggio circa (soluzione ibrida)

5. ANALISI AMBIENTALE

Oggetto del presente capitolo è la valutazione e il confronto, in termini di emissioni, dell'impatto ambientale dei sistemi "convenzionale" e "ibrido".

In particolare si assumono i seguenti fattori di emissione riportati in letteratura riferiti ad un kW di energia prodotta in base al "combustibile" utilizzato:

<i>combustibile</i>	<i>fattore di conversione (kgCO₂/kW)</i>
Gas naturale (metano)	0,2013
Gasolio da riscaldamento	0,2679
GPL (gas di petrolio liquefatto)	0,2359
Energia elettrica	0,4464

Tabella 37 – Fattori di conversione energia prodotta CO₂ emessa in ambiente

5.1. Analisi Comparativa Ambientale del Lotto 9 - ERS

Facendo riferimento alle tabelle da 29 a 32, relative ai fabbisogni di energia con le due soluzioni proposte, si possono ricavare i seguenti valori di CO₂ prodotta:

<i>Lotto 9 - ERS soluzione convenzionale</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte energia (kWh)</i>	<i>combustibile utilizzato</i>	<i>fattore di conversione (kgCO₂/kW)</i>	<i>CO₂ prodotta (kg)</i>
riscaldamento	32.812	9.844 kWhTER	Gas metano	0,2013	1.982
condizionamento	15.600	1.076 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	480
ACS	6.839	2.052 kWhTER	Gas metano	0,2013	413
En. elettrica consumata	13.500	13.500 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	6.026
En. elettrica prodotta	-9.900	-9.900 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-4.419
totale					4.482

Tabella 38 – Schema riassuntivo emissione di CO₂ del lotto 9 - ERS con soluzione convenzionale

<i>Lotto 9 - ERS soluzione ibrida</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte energia (kWh)</i>	<i>combustibile utilizzato</i>	<i>fattore di conversione (kgCO₂/kW)</i>	<i>CO₂ prodotta (kg)</i>
riscaldamento pompa di calore	16.406	3.538 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	1.579
riscaldamento microgeneratore	16.406	16.406 kWh _{TER}	Gas metano	0,2013	3.302
condizionamento	15.600	1.009 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	450
ACS	6.839	0 kWh _{TER}	Gas metano	0,2013	0
energia elettrica	13.500	13.500 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	6.026
en. elettrica da fotovoltaico	-9.900 kWh _{ele}	-9.900 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-4.419
en. elettrica da microgeneratore	-8.775 kWh _{ele}	-8.775 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-3.917
totale					3.021

Tabella 39 – Schema riassuntivo emissione di CO₂ del lotto 9 - ERS con soluzione ibrida

5.2. Analisi Comparativa Ambientale dei Lotti A-B-C-D-1-2-3-4-5-6-7-8

Facendo riferimento alle tabelle da 33 a 36, relative ai fabbisogni di energia con le due soluzioni proposte, si possono ricavare i seguenti valori di CO₂ prodotta (Si precisa che l'analisi verrà effettuata solamente sul gruppo di Lotti A-B-C-D):

<i>soluzione convenzionale</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte energia (kWh)</i>	<i>combustibile utilizzato</i>	<i>fattore di conversione (kgCO₂/kW)</i>	<i>CO₂ prodotta (kg)</i>
riscaldamento A-B-C	51.473	15.442 kWhTER	Gas metano	0,2013	3.108
condizionamento A-B-C	21.600	1.490 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	665
ACS A-B-C	6.155	1.846 kWhTER	Gas metano	0,2013	372
En. elettrica consumata A-B-C	10.800	10.800 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	4.821
En. elettrica prodotta A-B-C	-21.120	-21.120 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-4.713
riscaldamento D	17.157	3.431 kWhTER	Gas metano	0,2013	691
condizionamento D	7.200	331 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	148
ACS D	2.051	410 kWhTER	Gas metano	0,2013	82
En. elettrica consumata D	5.400	5.400 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	2.410
En. elettrica prodotta D	-9.790	-9.790 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-2.185
totale					5.399

Tabella 40 – Schema riassuntivo emissione di CO₂ dei lotti A-B-C-D con soluzione convenzionale

Dalla Tabella 40 si ottiene un'emissione annua di CO₂ per lotto pari a:

5.399 kg / 4 lotti = 1.350 kg anno CO₂/lotto circa (soluzione convenzionale)

<i>soluzione ibrida</i>	<i>fabbisogno (kWh)</i>	<i>quota parte energia (kWh)</i>	<i>combustibile utilizzato</i>	<i>fattore di conversione (kgCO2/kW)</i>	<i>CO2 prodotta (kg)</i>
riscaldamento pompa di calore A- B-C	43.752	1.665 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	743
riscaldamento caldaia A-B-C	7.721	7.721 kWh _{TER}	Gas metano	0,2013	1.554
condizionamento A- B-C	21.600	1.399 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	624
ACS pompa di calore A-B-C	5.232	193 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	86
ACS caldaia A-B-C	923	923 kWh _{TER}	Gas metano	0,2013	186
energia elettrica A-B- C	10.800	10.800 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	4.821
en. elettrica da fotovoltaico A-B-C	-21.120 kWh _{ele}	-21.120 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-4.713
riscaldamento pompa di calore D	15.441	370 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	165
riscaldamento caldaia D	1.715	1.715 kWh _{TER}	Gas metano	0,2013	345
condizionamento D	7.200	311 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	134
ACS pompa di calore D	1.846	43 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	19
ACS caldaia D	205	205 kWh _{TER}	Gas metano	0,2013	41
energia elettrica D	5.400	5.400 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	2.410
en. elettrica da fotovoltaico D	-9.790	-9.790 kWh _{ele}	Energia elettrica	0,4464	-2.185
totale					4.230

Tabella 41 – Schema riassuntivo emissione di CO2 dei lotti A-B-C-D con soluzione ibrida

Dalla Tabella 41 si ottiene un'emissione annua di CO2 per lotto pari a:

4.230 kg / 4 lotti = 1.060 kg anno CO2/lotto circa (soluzione ibrida)

6. CONCLUSIONI

A commento del confronto tecnico-economico riportato nei precedenti paragrafi della presente relazione, sempre tenendo bene in considerazione tutte le assunzioni fatte, si può osservare che:

1. per il lotto 9 - ERS ad uso condominiale la soluzione “ibrida” risulta più vantaggiosa rispetto alla soluzione “convenzionale” su tutti i fronti:

- miglior rendimento energetico: 21,12 kWh/mq anno per il sistema ibrido contro 25,42 kWh/mq anno per il sistema convenzionale;
- minori spese di gestione annue: 395,00 € circa anno/alloggio per il sistema ibrido contro 540,00 € circa anno/alloggio per il sistema convenzionale;
- minor emissione annuale di CO₂: 3.021 kg per il sistema ibrido contro 4.482 kg per il sistema convenzionale.

Le ipotesi/assunzioni fatte nel corso della trattazione saranno comunque oggetto di verifica in sede di presentazione del titolo abilitativo, soprattutto riguardo al sistema ibrido dove in luogo del microgeneratore, considerata anche l'evoluzione tecnologica in corso, si opterà quasi certamente per una pompa di calore adeguatamente dimensionata. Si è comunque voluto ipotizzare l'utilizzo di questa tecnologia poiché è sicuramente interessante e con notevoli benefici per l'ambiente ma forse ancora poco conosciuta nell'ambito residenziale.

2. per i lotti A-B-C-D ad uso autonomo la soluzione “ibrida” risulta più vantaggiosa rispetto alla soluzione “convenzionale” su tutti i fronti:

- miglior rendimento energetico: 19,58 kWh/mq anno per il sistema ibrido contro 24,73 kWh/mq anno per il sistema convenzionale;
- minori spese annue: 360,00 € anno/alloggio per il sistema ibrido contro 440,00 € anno/alloggio per il sistema convenzionale;
- minor emissione annuale di CO₂: 1.060 kg per il sistema ibrido contro 1.350 kg per il sistema convenzionale.

Si rammenta che l'analisi è stata limitata al solo gruppo di lotti A-B-C-D ma gli stessi principi e risultati sono validi anche per gli altri lotti con soluzioni indipendenti 1-2-3-4-5-6-7-8. Anche in questo caso le ipotesi/assunzioni fatte nel corso della trattazione saranno comunque oggetto di verifica in sede di presentazione dei singoli titoli abilitativi, ma si può già affermare che la

soluzione tecnico-impiantistica che sarà privilegiata sarà quella ibrida alla luce anche dei risultati sopra riportati.

Si precisa infine che le due soluzioni “ibride” presentate hanno ulteriori vantaggi rispetto ai sistemi alimentati da un unico generatore (convenzionale) ossia:

- affidabilità: l'impianto infatti in caso di manutenzioni, malfunzionamenti o addirittura guasti può bypassare il generatore fermo e utilizzare il secondo generatore in modo da garantire una continuità di fornitura energetica al sistema;
- modularità: il sistema è in grado di soddisfare i fabbisogni energetici dell'edificio sia a pieno regime (tutte le unità abitative occupate) che a carico parziale (poche unità abitative occupate), sia in periodi particolarmente critici (ad esempio inverni molto freddi) in cui si possono far funzionare entrambi i generatori, sia in periodi normali;
- efficienza: il sistema nel periodo invernale deciderà in base alle temperature esterne quale generatore risulta economicamente più conveniente utilizzare.

Infine per quanto riguarda la classificazione energetica si può affermare che tutti i fabbricati in progetto, anche alla luce delle soluzioni tecnico-impiantistiche qui analizzate e delle tecnologie costruttive che saranno utilizzate, saranno NZEB “edifici ad energia quasi zero”.

Pavullo n/F, lì 22/09/2023

I Tecnici

Dott. Arch. M.Pia MUCCIARINI

Dott. Arch. Gianmarco BAZZANI