

Indicazioni metodologiche per l'applicazione dei requisiti della DGR 1366/2011 in materia di FER

Rev.2 del 09 luglio 2012

Calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio in presenza di impianti a FER

Calcolo della percentuale di energia da FER sui consumi finali

Esempi di calcolo per configurazioni tipo

Indicazioni metodologiche per l'applicazione dei requisiti della DGR 1366/2011 in materia di contributo delle fonti energetiche rinnovabili REV. 02 DEL 9 LUGLIO 2012

PREMESSA

In occasione dell'entrata in vigore dei nuovi requisiti in materia di sfruttamento delle fonti rinnovabili di energia negli edifici, è stato reso disponibile agli operatori interessati un documento di indirizzo per la effettuazione delle verifiche relative alla quota di consumi energetici coperti con fonti rinnovabili (rapporto QR).

A seguito dei confronti avviati dopo la sua diffusione, e di alcune segnalazioni pervenute, si è ritenuto opportuno produrne un aggiornamento, riportato nel presente documento: le parti modificate sono riconoscibili per l'inserimento di una linea verticale a margine destro.

Ricordiamo che il documento è stato predisposto al fine di illustrare i criteri di calcolo della prestazione energetica e della quota percentuale di energia da fonti energetiche rinnovabili conformemente ai requisiti di cui all'Allegato 2 della DGR 1366 in materia di contributo delle FER ai consumi degli edifici di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazione rilevante.

Esso non intende sostituire quanto già previsto in merito dalla normativa tecnica in vigore al momento della sua redazione, ma solo costituirne un esempio applicativo ritenuto conforme alle specifiche sopra richiamate.

Conseguentemente, le indicazioni contenute nel presente documento sono soggette ad aggiornamenti in funzione dell'evoluzione della normativa tecnica.

Il presente documento è articolato in tre parti:

- nella prima parte vengono esemplificati i criteri da adottare per la determinazione del contributo alla prestazione energetica degli edifici fornito da impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili o da altri metodi di generazione, con riferimento alla specifica UNI TS 11300-4:2012 alla quale si rimanda per qualunque necessario approfondimento
- nella seconda parte viene specificato il criterio attraverso cui determinare la quota di energia fornita da sistemi di generazione che sfruttano fonti energetiche rinnovabili, a copertura dei consumi degli edifici per i servizi di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria, per la verifica di conformità al requisito di cui al punto 21 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011
- nella terza parte vengono riportate alcune esemplificazioni di calcolo, con applicazione dei criteri di cui al punto precedente, con riferimento ad un edificio-tipo (le cui caratteristiche vengono preliminarmente indicate) e ad alcune tipologie impiantistiche adottate.

Gli esempi forniti hanno il solo scopo di illustrare i criteri di calcolo da adottare per la verifica del requisito di cui al punto 21 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011.

Conseguentemente:

- le soluzioni tecnologiche assunte ad esempio non sono da intendersi come esaustive delle possibilità tecniche disponibili
- i dati sono parziali, e non tengono conto delle condizioni necessarie per soddisfare altri requisiti, in particolare non sono state sempre considerate le condizioni necessarie per soddisfare il requisito di cui all'Allegato 3 punto 22) in merito alla produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili.

In alcuni casi, per la verifica dei requisiti di copertura dei consumi energetici con fonti rinnovabili, negli esempi è stato utilizzato il metodo di cui al punto 23) dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011: si sottolinea il fatto che tale metodo si può applicare solo previa verifica del fatto che non è possibile installare impianti da fonti energetiche rinnovabili nella misura minima prevista.

CREDITS

Per il contributo fornito alla predisposizione del presente documento, si ringraziano:

- il Prof. Gian Luca Morini – Università di Bologna
- l'Arch. Kristian Fabbri – consulente NuovaQuasco
- i membri del Tavolo Tecnico per l'accreditamento

PARTE PRIMA

Calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio (UNI-TS 11300 parte 4)

Quando siano presenti impianti di produzione di energia da fonti rinnovabili, il fabbisogno di energia primaria dell'edificio Q_p deve essere calcolato conformemente alla specifica UNI TS 11300-4:2012, per ciascun servizio energetico e per ciascun vettore energetico, per ogni mese, secondo la formula:

$$(1) \quad Q_p = \left[\sum_i Q_{del,i} \cdot f_{p,del,i} - \sum_i Q_{exp,i} \cdot f_{p,exp,i} \right]_k \quad [\text{kWh/anno}]$$

dove:

k è il servizio energetico (k)

i è il vettore energetico (i)

$Q_{del,i}$ è l'energia fornita dal vettore energetico i , AL 'contorno del sistema'

$Q_{exp,i}$ è l'energia esportata dal vettore energetico i , DAL 'contorno del sistema'

$f_{p,del,i}$ è il fattore di conversione del vettore energetico i (energia fornita)

$f_{p,exp,i}$ è il fattore di conversione del vettore energetico i (energia esportata)

Il calcolo deve essere riferito al servizio energetico, in base al periodo di funzionamento del servizio stesso.

Ad esempio nel caso del servizio di climatizzazione invernale, la quantità di energia fornita (del) e di energia esportata (exp) deve riferirsi alla quantità prodotta durante la stagione invernale.

Servizi energetici (k)

- Climatizzazione invernale
- Acqua calda sanitaria
- Ventilazione
- Climatizzazione estiva
- Illuminazione

In conformità con quanto previsto dalla DAL 156/2008 art. 3.5, nelle more di successivi specifici provvedimenti, per il calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio Q_p si tiene conto unicamente dei servizi energetici di climatizzazione invernale e di produzione di acqua calda sanitaria.

Vettori energetici (i) e fattori di conversione: prospetto 1

Per il calcolo del fabbisogno di energia primaria dell'edificio Q_p mediante la formula (1) si utilizzano i seguenti fattori di conversione delle fonti/vettori energetici in energia primaria:

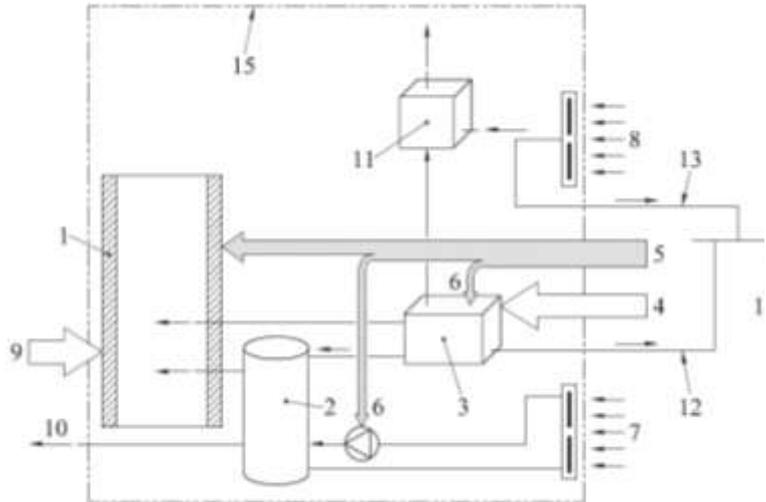
Classificazione	Vettore energetico (i)	pedice	Fattore di conversione f_p
FONTI NON RINNOVABILI: Combustibili fossili	Gas naturale	(c)	1
	GPL		
	Gasolio		
	Olio combustibile		
Energia elettrica da rete o autoprodotta	Energia elettrica (*)	(el)	1/0,46
FONTI RINNOVABILI	Solare	(sol,ter)	0
	Biomasse (solide, liquide, gassose) (**)	(bio)	0,3
	Energia a bassa entalpia prelevata dall'ambiente in pompe di calore (***)		0
(*) valore AEEG (**) valore DPR 59/2009 e DGR 1366/2011 (***) la cui quantificazione va effettuata sulla base di quanto specificato al punto 28 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011			

Chiarimenti confine del sistema edificio

Confini del sistema edificio

Legenda

- 1 Utilizzazione (fabbisogno di energia termica)
- 2 Accumulo
- 3 Generatore
- 4 Vettore energetico primario
- 5 Energia elettrica
- 6 Energia per ausiliari
- 7 Collettori solari termici
- 8 Pannelli fotovoltaici
- 9 Energia termica utile fornita da rete
- 10 Energia termica utile esportata
- 11 Sistema di dissipazione del calore
- 12 Energia elettrica esportata da cogenerazione
- 13 Energia elettrica esportata da fotovoltaico
- 14 Rete elettrica pubblica
- 15 Confine del sistema



Il fabbisogno di energia primaria ai fini della determinazione dell'indice EP è dato dal "bilancio" tra la quantità di energia consegnata (Q_{del}) ed esportata (Q_{exp}) attraverso il contorno del sistema edificio.

Calcolo energia primaria – Chiarimenti vettori energetici

Dalle definizioni di vettore energetico è possibile scrivere la formula (1) come segue:

$$Q_P = \underbrace{(Q_{del,c} - Q_{exp,c}) \cdot f_{p,c}}_{\text{Vettore combustibile fossile}} + \underbrace{(Q_{del,ee} - Q_{exp,ee}) \cdot f_{p,ee}}_{\text{Vettore energia elettrica}} + \underbrace{(Q_{del,RN} - Q_{exp,RN}) \cdot f_{p,RN}}_{\text{Vettore energia rinnovabile}}$$

Q_{RN}

Se la differenza tra energia consegnata (Q_{del}) ed energia esportata (Q_{exp}) per un singolo vettore energetico fosse negativa, tale valore non può essere sottratto all'energia primaria di un altro vettore energetico, anche per il medesimo servizio energetico.

Impianti polivalenti priorità degli interventi

1	Solare termico	Termica
2	Cogenerazione	Elettrica e termica cogenerata ^{a)}
3	Combustione di biomasse	Termica
4	Pompe di calore	Termica o frigorifera
5	Generatori di calore a combustibili fossili	Termica
a) Qualora il sistema preveda l'utilizzo di energia termica utile da rete (teleriscaldamento) e di energia solare, a quest'ultima viene assegnata priorità 1.		

Fattore di carico del generatore con priorità 1

$$FC_{gn1} = \frac{Q_{gn,out,1}}{Q_{gn,out}}$$

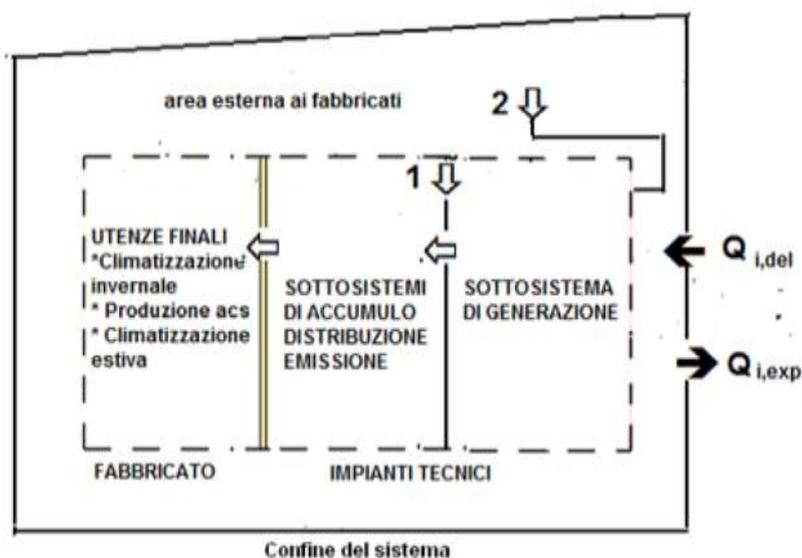
PARTE SECONDA

Calcolo della quota percentuale di energia da fonti energetiche rinnovabili ai fini del rispetto dei requisiti minimi

In conformità con quanto previsto dalla DAL 156/2008 art. 3.5, nelle more di successivi specifici provvedimenti, per il calcolo della quota percentuale di energia da fonti energetiche rinnovabili di cui al punto 21 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011 si tiene conto unicamente dei consumi energetici per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria.

Ai fini della verifica dei limiti di cui al punto 21 della DGR 1366/2011, la quota percentuale di energia rinnovabile è data dal rapporto tra la quantità di energia da fonti rinnovabili prodotta o catturata all'interno ("on site") del confine del sistema edificio (solare termico, pompa di calore, etc.), convertita in energia primaria in base al fattore di conversione del vettore energetico "fonte energetica rinnovabile", in rapporto alla quantità di energia consegnata al confine del sistema edificio, convertita in energia primaria in base al fattore di conversione del vettore energetico "non rinnovabile".

Il calcolo deve essere riferito a ciascun servizio energetico ed a ciascun vettore energetico.



1: Energia captata "on site"

2: Energia prelevata "on site" da pompe di calore

Con riferimento ai limiti di cui al citato punto 21 dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011, nel caso in cui siano presenti impianti da fonti energetiche rinnovabili, la quota percentuale di energia rinnovabile si calcola quindi come segue:

$$(2) \quad QR = 100 \cdot \frac{Q_{p,ren,tot}}{Q_{p,tot}} \quad [\%]$$

dove

QR è la quota percentuale di copertura da rinnovabili

$Q_{p,ren,tot}$ è la quantità di energia primaria ("on site") al contorno del sistema edificio attribuibile al vettore "fonte energetica rinnovabile" data dalla formula (3)

$Q_{p,tot}$ è la quantità di energia primaria ("on site") al contorno del sistema edificio dato dalla formula (4)

$$(3) \quad Q_{p,ren,tot} = \sum Q_{del,os,ren,i} \cdot f_{p,ren,i} + \sum Q_{os,ren,i} \cdot f_{p,ren,i} \quad [\text{kWh/anno}]$$

dove

$Q_{del,os,ren}$ è la quantità di energia consegnata "on site" dal vettore "fonte energetica rinnovabile (ren)"

$Q_{os,ren}$ è la quantità di energia prodotta "on site" dal vettore "fonte energetica rinnovabile (ren)"

$f_{p,ren}$ è il fattore di conversione del vettore "fonte energetica rinnovabile (ren)"

Le fonti energetiche rinnovabili “on site” sono:

- energia solare captata entro il confine dell’edificio mediante collettori solari o solare fotovoltaico, o altri sistemi per la produzione di energia **termica** o elettrica da rinnovabili (ad esempio micro-eolico);
- energia a bassa entalpia prelevata entro il confine del sistema da fonte aerotermica, geotermica idrotermica riqualificata mediante pompe di calore ad entalpia più elevata

$$(4) \quad Q_{p,tot} = \sum Q_{del,os,nren,i} \cdot f_{p,nren,i} + \sum Q_{del,os,ren,i} \cdot f_{p,ren,i} \quad [\text{kWh/anno}]$$

dove

$Q_{del,os,nren}$ è la quantità di energia consegnata “on site” dal vettore energetico “non rinnovabile (nren)”

$f_{p,nren}$ è il fattore di conversione del vettore energetico “non rinnovabile (nren)”

Fattori di conversione: prospetto 2

fattori di conversione per il calcolo di QR: prospetto 2

Per il calcolo della quota di energia da FER QR mediante la formula (2) si utilizzano i seguenti fattori di conversione in energia primaria:

- per le fonti/vettori energetici non rinnovabili si considera $f_{p,nren} = f_p$, e si usano quindi i fattori di conversione di cui al precedente prospetto 1
- per le fonti rinnovabili si considera $f_{p,ren} = 1-f_p$, e si utilizzano quindi i fattori di conversione del prospetto 2 seguente

Classificazione	Fonte energetica	$f_{p,ren}$
Energie da fonti energetiche rinnovabili “on site”	Solare	1
	Biomasse (solide, liquide, gassose) (*)	0,7
	Energia a bassa entalpia prelevata dall’ambiente in pompe di calore (**)	1
(*) valore DPR 59/2009 e DGR 1366/2011		
(**) la cui quantificazione va effettuata sulla base di quanto specificato al punto 28 dell’Allegato 2 della DGR 1366/2011		

PARTE TERZA

Esempi di calcolo per configurazioni tipo: edificio di riferimento

Palazzina ad uso residenziale (E.1.1) composta da 12 unità immobiliari localizzata a Bologna (2259 GG) Zona Climatica E

DATI GEOMETRICI

Volume lordo climatizzato	3169,18	m ³
Superficie utile energetica	758,98	m ²
Superficie disperdente	1200,23	m ²
Rapporto S/V	0,38	m ⁻¹
Superfici di coperta (Sq)	253	m ²

REQUISITI MINIMI: VALORI LIMITE

Indice EP _i	50,73	kWh/m ² anno	
Indice EP _{acs}	11,55	kWh/m ² anno	
Indice EP_{tot}	62,28	kWh/m²anno	LIMITE DA RISPETTARE

Copertura FER per ACS	50%		LIMITE DA RISPETTARE
Copertura FER per Risc+acs	35%	<i>In vigore dal 30maggio 2012 al 31 dicembre 2014</i>	LIMITE DA RISPETTARE

(P) Potenza minima kW_{elettrici} da FER

P = n.°unità immobiliari =	12	kW	LIMITE DA RISPETTARE
P = Sq/50 =	253/50=5,06	kW	

CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA

Usi energetici: riscaldamento ed acqua calda sanitaria

Impianto termico centralizzato, con contabilizzazione del calore per ogni U.I. con produzione combinata riscaldamento ed acqua calda sanitaria.

Fabbisogno energia termica utile e $Q_{gn,out}$ dell'edificio di riferimento

RISCALDAMENTO: FABBISOGNI TERMICI ED ELETTRICI

Mese	gg	FABBISOGNI TERMICI			FABBISOGNI ELETTRICI AUSILIARI		
		$Q_{h,nd}$ [kWh]	Q'_h [kWh]	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{H,e,aux}$ [kWh]	$Q_{H,d,aux}$ [kWh]	$Q_{H,gn,aux}$ [kWh]
gennaio	31	6652	6525	7094	0	0	13
febbraio	28	3648	3537	3846	0	0	7
marzo	31	920	805	876	0	0	2
aprile	15	20	5	5	0	0	0
maggio	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	90	53	58	0	0	0
novembre	30	2442	2330	2533	0	0	5
dicembre	31	5701	5577	6063	0	0	11
TOTALI	183	19473	18833	20475	0	0	38

Legenda simboli

- gg Giorni compresi nella stagione di riscaldamento
- $Q_{h,nd}$ Energia termica utile per riscaldamento
- Q'_h Energia utile al netto di eventuali perdite recuperate e per funzionamento non continuo dell'impianto
- $Q_{H,gn,out}$** **Energia termica fornita dalla generazione per riscaldamento (comprensiva di $Q_{H,solare}$)**
- $Q_{H,e,aux}$ Fabbisogno elettrico del sottosistema di emissione
- $Q_{H,d,aux}$ Fabbisogno elettrico del sottosistema di distribuzione
- $Q_{H,gn,aux}$ Fabbisogno elettrico del sottosistema di generazione

ACQUA CALDA SANITARIA: FABBISOGNI TERMICI ED ELETTRICI

Mese	Giorni	FABBISOGNI TERMICI		FABBISOGNI ELETTRICI AUSILIARI		
		$Q_{h,w}$ [kWh]	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,ric,aux}$ [kWh]	$Q_{W,gn,aux}$ [kWh]
gennaio	31	1362	7094	1648	0	3
febbraio	28	1230	3846	1483	0	3
marzo	31	1362	876	1630	0	3
aprile	30	1098	5	1316	0	2
maggio	31	1135	-	1351	0	3
giugno	30	1098	-	1296	0	2
luglio	31	1135	-	1333	0	3
agosto	31	1135	-	1334	0	3
settembre	30	1098	-	1300	0	2
ottobre	31	1135	58	1359	0	3
novembre	30	1318	2533	1579	0	3
dicembre	31	1362	6063	1643	0	3
TOTALI	365	14469	20475	17272	0	33

Legenda simboli

- $Q_{h,w}$ Fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria
- $Q_{W,solare}$ Energia termica da produzione solare per acqua calda sanitaria
- $Q_{W,gn,out}$** **Energia termica fornita dalla generazione per acqua calda sanitaria**
- $Q_{W,ric,aux}$ Fabbisogno elettrico degli ausiliari della rete di ricircolo
- $Q_{W,gn,aux}$ Fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di generazione

In alcuni casi negli esempi che seguono, per la verifica dei requisiti di copertura dei consumi energetici con fonti rinnovabili, è stato utilizzato il metodo di cui al punto 23) dell'Allegato 2 della DGR 1366/2011: **si sottolinea che tale metodo si può applicare solo previa verifica del fatto che non è possibile installare impianti da fonti energetiche rinnovabili a pieno soddisfacimento dei requisiti 21 e 22).**

Esempio 1 - CONFIGURAZIONE TRADIZIONALE CALDAIA A CONDENSAZIONE

**Impianto di riscaldamento con caldaia a condensazione
(rendimento stagionale 1,01) con produzione combinata Riscaldamento ed ACS**

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Fabbisogni termici		Fabb.elettrici	$Q_{p,H,gn}$ [kWh]
		$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{H,gn,out,Cald}$ [kWh]	$Q_{H,d,aux}$ [kWh]	
gennaio	31	7094	7094	37.2	7024
febbraio	28	3846	3846	33.6	3808
marzo	31	876	876	37.2	867
aprile	30	5	5	18	5
maggio	31	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-
ottobre	31	58	58	20.4	57
novembre	30	2533	2533	36	2508
dicembre	31	6063	6063	37.2	6003
TOTALI	365	20475	20475	220	20272

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,gn,out,Cald}$ [kWh]	$Q_{H,gn,aux}$ [kWh]	$Q_{p,W,gn}$ [kWh]
gennaio	31	1649	1649	12.4	1632
febbraio	28	1489	1489	11.2	1474
marzo	31	1649	1649	12.4	1632
aprile	30	1596	1596	12	1696
maggio	31	1649	1649	12.4	1874
giugno	30	1596	1596	12	1813
luglio	31	1649	1649	12.4	1874
agosto	31	1649	1649	12.4	1874
settembre	30	1596	1596	12	1813
ottobre	31	1649	1649	12.4	1765
novembre	30	1596	1596	12	1580
dicembre	31	1649	1649	12.4	1632
TOTALI	365	19413	19413	146	20660

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale $Q_{p,i} = 20272 + (220/0,46) = 20750$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria $Q_{p,acs} = 20660 + 146/0,46 = 20977$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria totale $Q_{p,nren,tot} = 20750 + 20977 = 41727$ [kWh/anno]

Indice di prestazione energetica $EP_{tot} = 41727 / 758,98 = 54,97$ [kWh/m²anno] **Classe B**

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo $EP_{tot,lim} = 62,28$ [kWh/m²anno] **Requisito rispettato**

Copertura da fonti energetiche rinnovabili **Non sono presenti impianti da fonti energetiche rinnovabili** **Requisito non rispettato**

Esempio 2 – CALDAIA + SOLARE TERMICO

Caldia a condensazione (rendimento stagionale 1,01) e Pannelli solari termici a tubi sotto vuoto (14,7 m²) (inclinazione: 25°; azimuth 0°)

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Fabbisogni termici			Fabb.elettrici			Percentuale copertura solare termico f _H (%)
		Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out} Cald [kWh]	Q _{H,gn,out} sol [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,sol} [kWh]	Q _{p,H,gn} [kWh]	
gennaio	31	7094	6813	281	37.2	75	6746	3,96%
febbraio	28	3846	3395	451	33.6	65	3361	11,73%
marzo	31	876	511	365	37.2	70	506	41,67%
aprile	30	5	0	5	18	35	0	100,00%
maggio	31	-	-	0	-	-	-	
giugno	30	-	-	0	-	-	-	
luglio	31	-	-	0	-	-	-	
agosto	31	-	-	0	-	-	-	
settembre	30	-	-	0	-	-	-	
ottobre	31	58	13	45	20.4	33	13	77,59%
novembre	30	2533	2270	263	36	64	2247	10,38%
dicembre	31	6063	5806	257	37.2	89	5749	4,24%
TOTALI	365	20475	18808	1667	220	431	18622	8,14%

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Fabbisogni termici			FABBISOGNI ELETTRICI			Percentuale copertura solare termico f _w (%) ¹
		Q _{w,gn,out} [kWh]	Q _{w,gn,out} Cald [kWh]	Q _{H,gn,out} sol [kWh]	Q _{w,aux} [kWh]	Q _{el,gn,sol} [kWh]	Q _{p,w,gn} [kWh]	
gennaio	31	1649	1614	35	12.4	75	1598	2,12%
febbraio	28	1489	1343	146	11.2	65	1330	9,81%
marzo	31	1649	1012	636	12.4	70	1002	38,63%
aprile	30	1596	229	1367	12	72		85,65%
maggio	31	1649	41	1608	12.4	75	46	97,51%
giugno	30	1596	0	1596	12	70	0	100,00%
luglio	31	1649	0	1649	12.4	75	0	100,00%
agosto	31	1649	0	1649	12.4	75	0	100,00%
settembre	30	1596	193	1402	12	70	219	87,91%
ottobre	31	1649	649	1000	12.4	75	695	60,64%
novembre	30	1596	1446	150	12	70	1431	9,40%
dicembre	31	1649	1607	42	12.4	75	1591	2,55%
TOTALI	365	19413	8133	11280	146	867	7913	58,11%

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

$$Q_{p,i} = 18622 + (220 + 431) / 0,46 = 20037 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria

$$Q_{p,acs} = 7913 + (146 + 867) / 0,46 = 10115 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Fabbisogno di energia primaria totale

$$Q_{p,nrer,tot} = 20037 + 10115 = 30152 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile

$$Q_{p,ren} = 1667 + 11280 = 12947 \quad [\text{kWh/anno}] \quad \text{Valore da riportare ACE}$$

Indice di prestazione energetica

$$EP_{tot} = 30152 / 758,98 = 39,72 \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}] \quad \text{Classe A}$$

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo

$$EP_{tot,lim} = 62,28 \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}] \quad \text{Requisito rispettato}$$

Verifica copertura 50% ACS

$$QR_{acs} = 11280 / (11280 + 10115) = 52,72\% \quad \text{Requisito rispettato}$$

Copertura da fonti energetiche rinnovabili

$$QR = 100 \cdot Q_{p,ren} / Q_p = 12947 / (12947 + 30151) = 30,04\%$$

Verifica rispetto requisiti DGR 1366/2011 Allegato 2 punto 23)²

$$62,28 * [1/2 + ((30,04\% / 35\%) + (0/12)) / 4] = 44,50 \quad EP_{tot} = 39,72 < 44,50 \quad \text{Requisito rispettato}$$

EP_{tot,punto23})

¹ f_w = 1 - Q_{w,gn,out} / Q_{w,gn,out} Cald (%)

² Praticabile qualora sia verificata la impossibilità tecnica di procedere alla installazione di ulteriori impianti a FER

Esempio 3 - POMPA DI CALORE A GAS (Aria-Acqua)

Funzionamento monovalente: temperatura bivalente pari a -5°C

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{H,gn,out}$ PdC [kWh]	$Q_{H,d,aux}$ [kWh]	$Q_{th,gn,PdC}$ [kWh]	$Q_{p,ren}$ [kWh]	GUE
gennaio	31	7094	7094	37.2	5255	1839	1.35
febbraio	28	3846	3846	33.6	2807	1039	1.37
marzo	31	876	876	37.2	639	237	1.37
aprile	30	5	5	18	4	1	1.38
maggio	31	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	58	20.4	42	16	1.38
novembre	30	2533	2533	36	1876	657	1.35
dicembre	31	6063	6063	37.2	4525	1538	1.34
TOTALI	365	20475	20475	220	15148	5327	1.35

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,gn,out}$ PdC [kWh]	$Q_{W,aux}$ [kWh]	$Q_{th,gn,PdC}$ [kWh]	$Q_{p,ren}$ [kWh]	GUE
gennaio	31	1649	1649	12.4	1221	427	1.35
febbraio	28	1489	1489	11.2	1111	378	1.34
marzo	31	1649	1649	12.4	1203	445	1.37
aprile	30	1596	1596	12	1156	439	1.38
maggio	31	1649	1649	12.4	1178	471	1.40
giugno	30	1596	1596	12	1124	472	1.42
luglio	31	1649	1649	12.4	1153	496	1.43
agosto	31	1649	1649	12.4	1153	496	1.43
settembre	30	1596	1596	12	1124	472	1.42
ottobre	31	1649	1649	12.4	1186	463	1.39
novembre	30	1596	1596	12	1165	431	1.37
dicembre	31	1649	1649	12.4	1212	436	1.36
TOTALI	365	19413	19413	146	13987	5427	1.39

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	$Q_{p,i} = 15148 + 220 / 0,46 =$	15626	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria	$Q_{p,acs} = 13987 + 146 / 0,46 =$	14304	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria totale	$Q_{p,nrer,tot} = 15626 + 14304 =$	29930	[kWh/anno]	
Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile	$Q_{p,ren} = 5327 + 5427 =$	10754	[kWh/anno]	Valore da riportare nell'attestato
Indice di prestazione energetica	$EP_{tot} = 29930 / 758,98 =$	39,43	[kWh/m ² anno]	Classe A
Valore <i>minore</i> dell'indice di prestazione energetica minimo	$EP_{tot,lim} =$	62,28	[kWh/m ² anno]	Requisito rispettato
Verifica copertura 50% ACS	$QR_{acs} = 5427 / (5427 + 14304) =$	27,50%		Requisito <i>non</i> rispettato
Copertura da fonti energetiche rinnovabili	$QR = 100 \cdot Q_{p,ren} / Q_p = 10754 / (10754 + 29930) =$	26,43%		
Verifica rispetto requisiti DGR 1366/2011 Allegato 2 punto 23)³	$62,28 * [1/2 + ((26,43\% / 35\%) + (0/12)) / 4] = 42,89$		$EP_{tot} = 39,43 < 42,89$ <small>EP_{tot,punto23})</small>	Requisito rispettato

³ Praticabile qualora sia verificata la impossibilità tecnica di procedere alla installazione di ulteriori impianti a FER

Esempio 4 - POMPA DI CALORE A GAS + SOLARE TERMICO

Stessa pompa a gas dell'esempio precedente

Pannelli solari termici a tubi sotto vuoto (14,7 m²) (inclinazione: 25°; azimuth 0°)

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out Pdc} [kWh]	Q _{H,gn,out sol} [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,sol} [kWh]	GUE	fH (%)	Q _{H,gn,Pdc} [kWh]	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	7094	6813	281	37.2	75	1.35	4	5047	2047
febbraio	28	3846	3395	451	33.6	65	1.34	12	2534	1312
marzo	31	876	511	365	37.2	70	1.37	42	373	503
aprile	30	5	0	5	18	35	1.38	100	0	5
maggio	31	-	-	0	-	-	1.40	0	-	-
giugno	30	-	-	0	-	-	1.42	0	-	-
luglio	31	-	-	0	-	-	1.43	0	-	-
agosto	31	-	-	0	-	-	1.43	0	-	-
settembre	30	-	-	0	-	-	1.42	0	-	-
ottobre	31	58	13	45	20.4	33	1.39	77	9	49
novembre	30	2533	2270	263	36	64	1.37	10	1657	876
dicembre	31	6063	5806	257	37.2	89	1.36	4	4269	1794
TOTALI	365	20475	18808	1667	220	431	1.35	8	13889	6586

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out Pdc} [kWh]	Q _{H,gn,out sol} [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]	Q _{el,gn,sol} [kWh]	Q _{W,gn,Pdc} [kWh]	fW (%)	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	1649	1614	35	12.4	75	1196	2	453
febbraio	28	1489	1343	146	11.2	65	1002	10	487
marzo	31	1649	1012	636	12.4	70	739	39	910
aprile	30	1596	229	1367	12	72	166	86	1430
maggio	31	1649	41	1608	12.4	75	29	98	1620
giugno	30	1596	0	1596	12	70	0	100	1596
luglio	31	1649	0	1649	12.4	75	0	100	1649
agosto	31	1649	0	1649	12.4	75	0	100	1649
settembre	30	1596	193	1402	12	70	136	88	1460
ottobre	31	1649	649	1000	12.4	75	467	61	1182
novembre	30	1596	1446	150	12	70	1055	9	540
dicembre	31	1649	1607	42	12.4	75	1181	3	467
TOTALI	365	19416	8134	11280	146	867	5971	58.10	13444

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale $Q_{p,i} = 13889 + (220 + 431) / 0,46 = 15304$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria $Q_{p,acs} = 5971 + (146 + 867) / 0,46 = 8173$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria totale $Q_{p,nrer,tot} = 15304 + 8173 = 23477$ [kWh/anno]

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile $Q_{p,ren} = 6586 + 13444 = 20030$ [kWh/anno] Valore da riportare nell'attestato

Indice di prestazione energetica $EP_{tot} = 23477 / 758,98 = 30,93$ [kWh/m²anno] **Classe A**

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo $EP_{tot,lim} = 62,28$ [kWh/m²anno] **Requisito rispettato**

Verifica copertura 50% ACS $QR_{acs} = 13444 / (13444 + 8173) = 62,19\%$ **Requisito rispettato**

Copertura da fonti energetiche rinnovabili $QR = 100 \cdot Q_{p,ren} / Q_p = 20030 / (20030 + 23487) = 46,02\%$ **Requisito rispettato**

Esempio 5 - POMPA DI CALORE AD ARIA + CALDAIA DI INTEGRAZIONE

Caldaia a condensazione (rendimento 1,01)

Pompa di calore aria - acqua. Temperatura bivalente 3.8°C Temperatura di cut-off 3.8°C -

Funzionamento bivalente alternativo

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out} PdC [kWh]	Q _{H,gn,out bu} [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	7094	1356	5738	37.2	352	5681	3.86	592
febbraio	28	3846	1367	2479	33.6	345	2454	3.96	616
marzo	31	876	0	876	37.2	0	867	0.00	0
aprile	30	5	0	5	18	0	5	0.00	0
maggio	31	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	0	58	20.4	0	58.035424	0.00	0
novembre	30	2533	1257	1276	36	297	1264	4.23	610
dicembre	31	6063	2222	3841	37.2	570	3803	3.90	982
TOTALI	365	20475	6201	14274	220	1565	14133	3.96	2800

FABBISOGNO ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out} PdC [kWh]	Q _{W,gn,out bu} [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	1649	432	1217	12.4	112	1205	3.86	189
febbraio	28	1489	748	741	11.2	189	734	3.96	337
marzo	31	1649	1264	385	12.4	292	381	4.33	629
aprile	30	1596	1276	319	12	254	339	5.03	724
maggio	31	1649	1319	330	12.4	224	375	5.89	832
giugno	30	1596	1276	319	12	173	363	7.38	900
luglio	31	1649	1319	330	12.4	156	375	8.46	980
agosto	31	1649	1319	330	12.4	160	375	8.24	971
settembre	30	1596	1276	319	12	188	363	6.79	868
ottobre	31	1649	1319	330	12.4	254	353	5.19	767
novembre	30	1596	1276	319	12	302	316	4.23	620
dicembre	31	1649	752	897	12.4	193	888	3.90	332
TOTALI	365	19413	13578	5835	146	2497	6065	5.44	8150

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale $Q_{p,i} = 14133 + (220 + 1565) / 0,46 = 18013$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria $Q_{p,acs} = 6065 + (146 + 2497) / 0,46 = 11810$ [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria totale $Q_{p,nrer,tot} = 18013 + 11810 = 29823$ [kWh/anno]

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile $Q_{p,ren} = 2800 + 8150 = 10950$ [kWh/anno] Valore da riportare nell'attestato

Indice di prestazione energetica $EP_{tot} = 29823 / 758,98 = 39,29$ [kWh/m²anno] Classe A

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo $EP_{tot,lim} = 62,28$ [kWh/m²anno] Requisito rispettato

Verifica copertura 50% ACS $QR_{acs} = 8150 / (8150 + 11810) = 40,83\%$ Requisito non rispettato

Copertura da fonti energetiche rinnovabili $QR = 100 Q_{p,ren} / Q_p = 10950 / (10950 + 29823) = 26,85\%$ Requisito non rispettato

Verifica rispetto requisiti DGR 1366/2011 Allegato 2 punto 23)⁴ $62,28 * [1/2 + ((26,85\% / 35\%) + (0/12)) / 4] = 43,08$ $EP_{tot} = 39,29 < 43,08$ Requisito rispettato
EP_{tot,punto23})

⁴ Praticabile qualora sia verificata la impossibilità tecnica di procedere alla installazione di ulteriori impianti a FER

Esempio 6 - POMPA DI CALORE AD ARIA + CALDAIA INTEGRAZIONE + FOTVOLTAICO

Caldaia a condensazione (rendimento 1.01) - Funzionamento bivalente alternativo
 Pompa di calore aria-acqua. Temperatura bivalente 3.8°C Temperatura di cut-off 3.8°C
 FV: 12 kWp (80 m²) silicio monocristallino, moduli molto ventilati, azimuth 0° inclinazione 25°

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out PdC} [kWh]	Q _{H,gn,out bu} [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]	Q _{exp,FV} [kWh]
gennaio	31	7094	1356	5738	37.2	352	5681	3.86	592	389
febbraio	28	3846	1367	2479	33.6	345	2454	3.96	616	379
marzo	31	876	0	876	37.2	0	867	0.00	0	37
aprile	30	5	0	5	18	0	5	0.00	0	18
maggio	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	0	58	20.4	0	58.035424	0.00	0	20
novembre	30	2533	1257	1276	36	297	1264	4.23	610	333
dicembre	31	6063	2222	3841	37.2	570	3803	3.90	982	530
TOTALI	365	20475	6201	14274	220	1565	14133	3.96	2800	1707

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out PdC} [kWh]	Q _{W,gn,out bu} [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]	Q _{exp,FV} [kWh]	Q _{exp,FV} (*) [kWh]
gennaio	31	1649	432	1217	12.4	112	1205	3.86	189	124	-35
febbraio	28	1489	748	741	11.2	189	734	3.96	337	200	-230
marzo	31	1649	1264	385	12.4	292	381	4.33	629	304	-867
aprile	30	1596	1276	319	12	254	339	5.03	724	266	-1207
maggio	31	1649	1319	330	12.4	224	375	5.89	832	236	-1486
giugno	30	1596	1276	319	12	173	363	7.38	900	185	-1621
luglio	31	1649	1319	330	12.4	156	375	8.46	980	168	-1892
agosto	31	1649	1319	330	12.4	160	375	8.24	971	172	-1644
settembre	30	1596	1276	319	12	188	363	6.79	868	200	-1242
ottobre	31	1649	1319	330	12.4	254	353	5.19	767	266	-808
novembre	30	1596	1276	319	12	302	316	4.23	620	289	0
dicembre	31	1649	752	897	12.4	193	888	3.90	332	0	0
TOTALI	365	19413	13578	5835	146	2497	6065	5.44	8150	2412	

(*) *ecceso di fotovoltaico che non viene conteggiato.*

Calcolo energia primaria a fini della determinazione dell'indice di prestazione energetica

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	$Q_{p,i} = 14133 + (220 + 1565 - 1707^*) / 0,46 =$	14302	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria	$Q_{p,acs} = 6065 + (146 + 2497 - 2412^*) / 0,46 =$	6567	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria totale	$Q_{p,nrer,tot} = 14302 + 6567 =$	20869	[kWh/anno]	
Indice di prestazione energetica	$EP_{tot} = 20869 / 758,98 =$	27,49	[kWh/m ² anno]	Classe A
Valore <i>minore</i> dell'indice di prestazione energetica minimo	$EP_{tot,lim} =$	62,28	[kWh/m ² anno]	Requisito rispettato

Calcolo energia primaria a fini della determinazione di QR

Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale	$Q_{p,nrer,i} = 14133 + (220 + 1565) / 0,46 =$	18013	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria	$Q_{p,nrer,acs} = 6065 + (146 + 2497) / 0,46 =$	11810	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile totale	$Q_{p,nrer,tot} = 18013 + 11810 =$	29823	[kWh/anno]	
Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile	$Q_{p,ren} = 2800 + 8150 + 8954^5 =$	19904	[kWh/anno]	Valore da riportare nell'attestato
Verifica copertura 50% ACS	$QR_{acs} = (8150 + 5243^6) / (8150 + 11810) =$	67,09%		Requisito rispettato
Copertura da fonti energetiche rinnovabili	$QR = 100 Q_{p,ren} / Q_p = 19904 / (19904 + 29823) =$	40,03 %		Requisito rispettato

⁵ Energia primaria rinnovabile prodotta "on site" da solare fotovoltaico $Q_{p,ren,FV} = (1707 + 2412) / 0,46 = 8954$

⁶ Energia primaria rinnovabile prodotta "on site" da solare fotovoltaico per ACS $Q_{p,ren,FV} = 2412 / 0,46 = 5243$

Esempio 7.a - POMPA DI CALORE AD ARIA + RESISTENZA ELETTRICA DI INTEGRAZIONE

Pompa di calore ad aria (esempio precedente)

Funzionamento bivalente-alternativo. Temperatura bivalente 3.8°C T cut-off = 3.8°C

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out PdC} [kWh]	Q _{H,gn,out bu} [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	7094	1356	5738	37.2	352	5738	3.86	592
febbraio	28	3846	1367	2479	33.6	345	2479	3.96	616
marzo	31	876	0	876	37.2	0	876	0.00	0
aprile	30	5	0	5	18	0	5	0.00	0
maggio	31	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	0	58	20.4	0	58.035424	0.00	0
novembre	30	2533	1257	1276	36	297	1276.4859	4.23	610
dicembre	31	6063	2222	3841	37.2	570	3841	3.90	982
TOTALI	365	20475	6201	14274	220	1565	14274	3.96	2800

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out PdC} [kWh]	Q _{W,gn,out bu} [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	1649	432	1217	12.4	112	1217	3.86	189
febbraio	28	1489	748	741	11.2	189	741	3.96	337
marzo	31	1649	1264	385	12.4	292	385	4.33	629
aprile	30	1596	1276	319	12	254	319	5.03	724
maggio	31	1649	1319	330	12.4	224	330	5.89	832
Giugno	30	1596	1276	319	12	173	319	7.38	901
Luglio	31	1649	1319	330	12.4	156	330	8.46	980
Agosto	31	1649	1319	330	12.4	160	330	8.24	971
settembre	30	1596	1276	319	12	188	319	6.79	868
Ottobre	31	1649	1319	330	12.4	254	330	5.19	767
novembre	30	1596	1276	319	12	302	319	4.23	619
Dicembre	31	1649	752	897	12.4	193	897	3.90	332
TOTALI	365	19413	13578	5835	146	2497	5835	5.44	8150

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

$$Q_{p,i} = (14274+220+1565)/0,46 = 34910 \text{ [kWh/anno]}$$

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria

$$Q_{p,acs} = (5835+146+2497)/0,46 = 18430 \text{ [kWh/anno]}$$

Fabbisogno di energia primaria totale

$$Q_{p,nrer,tot} = 34910 + 18430 = 53340 \text{ [kWh/anno]}$$

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile

$$Q_{p,ren} = 2800+8150 = 10950 \text{ [kWh/anno]}$$

Valore da riportare nell'attestato

Indice di prestazione energetica

$$EP_{tot} = 53340 / 758,98 = 70,27 \text{ [kWh/m}^2\text{anno]}$$

Classe C

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo

$$EP_{tot,lim} = 62,28 \text{ [kWh/m}^2\text{anno]}$$

Requisito *non* rispettato

Verifica copertura 50% ACS

$$QR_{acs} = (8150)/(8150+ 18430) = 30,66\%$$

Requisito *non* rispettato

Copertura da fonti energetiche rinnovabili

$$QR=100 Q_{p,ren}/Q_p = 10950/(10950+53340) = 17,03\%$$

Verifica rispetto requisiti DGR 1366/2011 Allegato 2 punto 23)⁷

$$62,28*[1/2+((17,93\%/35\%)+(0/12))/4]= 39,11$$

$$EP_{tot} = 70,28 > 39,11 EP_{tot,punto23}$$

Requisito *non* rispettato

⁷ Praticabile qualora sia verificata la impossibilità tecnica di procedere alla installazione di ulteriori impianti a FER

Esempio 7.b - POMPA DI CALORE AD ARIA + RESISTENZA ELETTRICA DI INTEGRAZIONE

Pompa di calore ad aria (esempio precedente)

Funzionamento bivalente-parallelo. Temperatura bivalente 3.8°C T cut-off = - 5°C

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out PdC} [kWh]	Q _{H,gn,out bu} [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	7094	3834	3260	37.2	1096	3260	3.50	1452
febbraio	28	3846	2562	1284	33.6	684	1284	3.75	1075
marzo	31	876	0	876	37.2	0	876	0.00	0
aprile	30	5	0	5	18	0	5	0.00	0
maggio	31	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	0	58	20.4	0	58.035424	0.00	0
novembre	30	2533	1257	1276	36	297	1276.4859	4.23	610
dicembre	31	6063	3863	2200	37.2	1048	2200	3.68	1584
TOTALI	365	20475	11515	8960	220	3126	8960	3.68	4721

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out PdC} [kWh]	Q _{W,gn,out bu} [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{th,gn,bu} [kWh]	COP	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	1649	1319	330	12.4	377	330	3.50	499
febbraio	28	1489	1191	298	11.2	318	298	3.75	500
marzo	31	1649	1319	330	12.4	292	330	4.52	684
aprile	30	1596	1276	319	12	254	319	5.03	724
maggio	31	1649	1319	330	12.4	224	330	5.89	832
giugno	30	1596	1276	319	12	173	319	7.38	900
luglio	31	1649	1319	330	12.4	156	330	8.46	980
agosto	31	1649	1319	330	12.4	160	330	8.24	971
settembre	30	1596	1276	319	12	188	319	6.79	868
ottobre	31	1649	1319	330	12.4	254	330	5.19	767
novembre	30	1596	1276	319	12	302	319	4.23	620
dicembre	31	1649	1319	330	12.4	358	330	3.68	541
TOTALI	365	19413	15530	3883	146	3056	3883	5.08	8887

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

$$Q_{p,i} = (8960+220+3126)/0,46 = 26752 \text{ [kWh/anno]}$$

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria

$$Q_{p,acs} = (3883+146+3056)/0,46 = 15402 \text{ [kWh/anno]}$$

Fabbisogno di energia primaria totale

$$Q_{p,nrer,tot} = 26752 + 15402 = 42154 \text{ [kWh/anno]}$$

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile

$$Q_{p,ren} = 4721 + 8887 = 13608 \text{ [kWh/anno]}$$

Valore da riportare nell'attestato

Indice di prestazione energetica

$$EP_{tot} = 42154 / 758,98 = 55,54 \text{ [kWh/m}^2\text{anno]}$$

Classe B

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo

$$EP_{tot,lim} = 62,28 \text{ [kWh/m}^2\text{anno]}$$

Requisito rispettato

Verifica copertura 50% ACS

$$QR_{acs} = 8887 / (8887 + 15402) = 36,58\%$$

Requisito non rispettato

Copertura da fonti energetiche rinnovabili

$$QR = 100 \cdot Q_{p,ren} / Q_p = 13608 / (13608 + 42154) = 24,40\%$$

Verifica rispetto requisiti DGR 1366/2011 Allegato 2 punto 23)⁸

$$62,28 * [1/2 + ((24,40\%/35\%) + (0/12))/4] = 41,99$$

EP_{tot} = 55,54 > 41,99 EP_{tot,punto23} **Requisito non rispettato**

⁸ Praticabile qualora sia verificata la impossibilità tecnica di procedere alla installazione di ulteriori impianti a FER

Esempio 7.c - POMPA DI CALORE AD ARIA + RESISTENZA ELETTRICA DI INTEGRAZIONE + FOTOVOLTAICO

Pompa di calore ad aria (esempio precedente)

Funzionamento bivalente-parallelo. Temperatura bivalente 3.8°C T cut-off = - 5°C

FV: 12 kWp (80 m²) silicio monocristallino, moduli molto ventilati, azimuth 0° inclinazione 25°

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out} PdC [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{el,gn,bu} [kWh]	Q _{exp,FV} [kWh]	COP
gennaio	31	7094	3834	37.2	1096	3260	548	3.50
febbraio	28	3846	2562	33.6	684	1284	809	3.75
marzo	31	876	0	37.2	0	876	913	0.00
aprile	30	5	0	18	0	5	23	0.00
maggio	31	-	-	-	-	-	0	-
giugno	30	-	-	-	-	-	0	-
luglio	31	-	-	-	-	-	0	-
agosto	31	-	-	-	-	-	0	-
settembre	30	-	-	-	-	-	0	-
ottobre	31	58	0	20.4	0	58	78	0.00
novembre	30	2533	1257	36	297	1276	622	4.23
dicembre	31	6063	3863	37.2	1049	2200	530	3.68
TOTALI	365	20475	11515	220	3126	8960	3524	3.68

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	FABBISOGNI ELETTRICI			COP	Rimanente			
		Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out} PdC [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]			Q _{el,gn,PdC} [kWh]	Q _{el,gn,bu} [kWh]	Q _{exp,FV} [kWh]
gennaio	31	1649	1319	12.4	377	330	0	3.50	0
febbraio	28	1489	1191	11.2	318	298	0	3.75	0
marzo	31	1649	1319	12.4	292	330	296	4.52	0
aprile	30	1596	1276	12	254	319	585	5.03	- 883
maggio	31	1649	1319	12.4	224	330	566	5.89	- 1156
giugno	30	1596	1276	12	173	319	504	7.38	- 1302
luglio	31	1649	1319	12.4	156	330	498	8.46	- 1562
agosto	31	1649	1319	12.4	160	330	502	8.24	- 1314
settembre	30	1596	1276	12	188	319	519	6.79	- 922
ottobre	31	1649	1319	12.4	254	330	596	5.19	- 420
novembre	30	1596	1276	12	302	319	0	4.23	0
dicembre	31	1649	1319	12.4	358	330	0	3.68	0
TOTALI	365	19413	15530	146	3056	3883	4067	4.00	

(*) *ecceso di fotovoltaico che non viene conteggiato.*

Calcolo energia primaria a fini della determinazione dell'indice di prestazione energetica

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale	$Q_{p,i} = (8960+220+3126-3524)/0,46 =$	19091	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria	$Q_{p,acs} = (3883+146+3056-4067)/0,46 =$	6560	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria totale	$Q_{p,nrer,tot} = 19091 + 6560 =$	25651	[kWh/anno]	
Indice di prestazione energetica	$EP_{tot} = 25651 / 758,98 =$	33,79	[kWh/m ² anno]	Classe A
Valore <i>minore</i> dell'indice di prestazione energetica minimo	$EP_{tot,lim} =$	62,28	[kWh/m ² anno]	Requisito rispettato

Calcolo energia primaria a fini della determinazione di QR

Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale	$Q_{p,i} = (8960 + 220 + 312) / 0,46 =$	20634	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la produzione di acqua calda sanitaria	$Q_{p,acs} = (3883 + 146 + 3056) / 0,46 =$	15402	[kWh/anno]	
Fabbisogno di energia primaria non rinnovabile totale	$Q_{p,nrer,tot} = 20634 + 15402 =$	36036	[kWh/anno]	
Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile	$Q_{p,ren} = 4721 + 8887 + 16502^9 =$	30110	[kWh/anno]	Valore da riportare nell'attestato
Verifica copertura 50% ACS	$QR_{acs} = (8887 + 8841^{10}) / (8150 + 15402) =$	75,27%		Requisito rispettato
Copertura da fonti energetiche rinnovabili	$QR = 100 Q_{p,ren} / Q_p = 30110 / (30110 + 36036) =$	45,52 %		Requisito rispettato

⁹ Energia primaria rinnovabile prodotta "on site" da solare fotovoltaico $Q_{p,ren,FV} = (3524 + 4067) / 0,46 = 16502$

¹⁰ Energia primaria rinnovabile prodotta "on site" da solare fotovoltaico per ACS $Q_{p,ren,FV} = 4067 / 0,46 = 8841$

Esempio 8 - MICRO COGENERATORE + CALDAIA DI INTEGRAZIONE

Due Micro-cogeneratori alimentati a gas - Regolazione in base al carico termico

Potenza termica nominale: 11.7 kW

Potenza elettrica nominale: 6 kW (totale 12

kW)Rendimento termico nominale: 0.562

Rendimento elettrico nominale: 0.288

Temp. Max in uscita dal cogeneratore: 80°C

Temp. Media acqua ritorno: 55°C

Accumulo: 1400 litri

Rendimento caldaia a gas di integrazione: 0.96

Congruità accumulo termico

Mese	Giorni	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$Q_{CG,s,design}$ [kWh]	$Q_{CG,s}$ [kWh]	α
gennaio	31	7094	1649	35.10	40.17	1.14
febbraio	28	3846	1489	35.10	40.17	1.14
marzo	31	876	1649	22.49	40.17	1.79
aprile	30	5	1596	15.47	40.17	2.60
maggio	31	-	1649	15.42	40.17	2.60
giugno	30	-	1596	15.42	40.17	2.60
luglio	31	-	1649	15.42	40.17	2.60
agosto	31	-	1649	15.42	40.17	2.60
settembre	30	-	1596	15.42	40.17	2.60
ottobre	31	58	1649	15.89	40.17	2.53
novembre	30	2533	1596	35.10	40.17	1.14
dicembre	31	6063	1649	35.10	40.17	1.14
TOTALI	365	20475	19413			Accumulo congruo

Poiché $\alpha > 1$ in tutti i mesi l'accumulo previsto è congruo.

Riscaldamento e produzione Acqua Calda Sanitaria

Mese	Giorni	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$\beta_{H,W,mese}$	X_{CG}	$Q_{CG,p,in}$ [kWh]	$Q_{CG,e,out}$ [kWh]	$Q_{gn,npref,in}$ [kWh]	Q_{aux}
gennaio	31	7094	1649	1.00	1.00	15489.0	4460.8	39.6	50
febbraio	28	3846	1489	1.47	1.00	9493.3	2734.1	0.0	45
marzo	31	876	1649	3.45	1.00	4492.5	1293.8	0.0	50
aprile	30	5	1596	5.26	1.00	2848.1	820.2	0.0	30
maggio	31	-	1649	5.28	1.00	2933.8	844.9	0.0	12
giugno	30	-	1596	5.28	1.00	2839.2	817.7	0.0	12
luglio	31	-	1649	5.28	1.00	2933.8	844.9	0.0	12
agosto	31	-	1649	5.28	1.00	2933.8	844.9	0.0	12
settembre	30	-	1596	5.28	1.00	2839.2	817.7	0.0	12
ottobre	31	58	1649	5.10	1.00	3037.0	874.7	0.0	33
novembre	30	2533	1596	2.04	1.00	7346.3	2115.7	0.0	48
dicembre	31	6063	1649	1.13	1.00	13722.1	3952.0	0.0	50
TOTALI	365	20475	19413			70907.9	20421.5	39.6	366

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria

$$Q_p = 70907.9 + 39.6 - 20421 / 0,46 + 366 / 0,46 =$$

27349 [kWh/anno]

Fabbisogno di energia primaria totale

$$Q_{p,nrer,tot} =$$

27349 [kWh/anno]

Indice di prestazione energetica

$$EP_{tot} = 27349 / 758,98 =$$

36,03 [kWh/m²anno] **Classe A**

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo

$$EP_{tot,lim} =$$

62,28 [kWh/m²anno] **Requisito rispettato**

Copertura da fonti energetiche rinnovabili

Non sono presenti impianti da fonti energetiche rinnovabili

La verifica non è necessaria ai sensi dell'Allegato 2 punto 21 e 22 lett. ii) della DGR 1366/2011

Esempio 9 – CALDAIA A BIOMASSA

Generatore di calore alimentato a biomasse con caricamento automatico e ventilatore

Rendimento nominale dichiarato dal produttore in base a EN 303-5: 0.75

Generatore collegato ad accumulo dimensionato secondo EN 303-5

Installazione all'interno (F2=0). Temperatura media di caldaia maggiore di 65°C (F4=-1). Camino inferiore a 10 m (F3=F6=0).

Rendimento medio stagionale (0.75-0.01)=0.74

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	Q _{H,gn,out} [kWh]	Q _{H,gn,out,Cald} [kWh]	Q _{H,aux} [kWh]	Q _{H,gn,in} [kWh]	Q _{H,gn,p} [kWh]	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	7094	7094	37.2	9586	2876	6710.54
febbraio	28	3846	3846	33.6	5197	1559	3638.11
marzo	31	876	876	37.2	1184	355	828.65
aprile	30	5	5	18	7	2	4.73
maggio	31	-	-	-	-	-	-
giugno	30	-	-	-	-	-	-
luglio	31	-	-	-	-	-	-
agosto	31	-	-	-	-	-	-
settembre	30	-	-	-	-	-	-
ottobre	31	58	58	20.4	78	24	54.86
novembre	30	2533	2533	36	3423	1027	2396.08
dicembre	31	6063	6063	37.2	8193	2458	5735.27
TOTALI	365	20475	20475	220	27669	8301	19368

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	Q _{W,gn,out} [kWh]	Q _{W,gn,out,cald} [kWh]	Q _{W,aux} [kWh]	Q _{W,gn,in} [kWh]	Q _{W,gn,p} [kWh]	Q _{p,ren} [kWh]
gennaio	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
febbraio	28	1489	1489	11.2	2012	604	1408.73
marzo	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
aprile	30	1596	1596	12	2156	647	1509.36
maggio	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
giugno	30	1596	1596	12	2156	647	1509.36
luglio	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
agosto	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
settembre	30	1596	1596	12	2156	647	1509.36
ottobre	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
novembre	30	1596	1596	12	2156	647	1509.36
dicembre	31	1649	1649	12.4	2228	668	1559.67
TOTALI	365	19413	19413	146	26234	7870	18364

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

$$Q_{p,i} = 27669 * 0,3^{11} + 220 / 0,46 = 8301 + 477 = 8779 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria

$$Q_{p,acs} = 26234 * 0,3 + 146 / 0,46 = 7870 + 317 = 8189 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Fabbisogno di energia primaria totale

$$Q_{p,nrer,tot} = 8778 + 8187 = 16968 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Quantità di energia da fonte energetica rinnovabile

$$Q_{p,ren} = 19368 + 18364 = 37732 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Valore da riportare nell'attestato

Indice di prestazione energetica

$$EP_{tot} = 16968 / 758,98 = 22,36 \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}]$$

Classe A+

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo

$$EP_{tot,lim} = 62,28 \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}]$$

Requisito rispettato

Verifica copertura 50% ACS

$$QR_{acs} = 18364 / (18364 + 8189) = 69,15\%$$

Requisito rispettato

Copertura da fonti energetiche rinnovabili

$$QR = 100 Q_{p,ren} / Q_p = 37732 / (37732 + 16968) = 68,97\%$$

Requisito rispettato

¹¹ Valore DPR 59/2009

Esempio 10 – TELERISCALDAMENTO

Valore del fattore di conversione dell'energia termica prodotta dall'impianto di teleriscaldamento ***Dichiarato dal fornitore del servizio: $f_{p,TLR} = 0,88$***

Nota: quando $f_{p,TLR} < 1$ vuol dire che parte del calore distribuito è stato prodotto utilizzando fonti rinnovabili (come, ad esempio, nel caso di un impianto a fonte geotermica)

RISCALDAMENTO

Mese	Giorni	$Q_{H,gn,out}$ [kWh]	$Q_{H,l,ss,env}$ [kWh]	$Q_{H,aux}$ [kWh]	$Q_{H,gn,in}$ [kWh]	$Q_{H,gn,p}$ [kWh]
gennaio	31	7094	128	37.2	7222	6355
febbraio	28	3846	69	33.6	3915	3445
marzo	31	876	16	37.2	892	785
aprile	30	5	0	36	5	4
maggio	31	-	0	-	-	-
giugno	30	-	0	-	-	-
luglio	31	-	0	-	-	-
agosto	31	-	0	-	-	-
settembre	30	-	0	-	-	-
ottobre	31	58	1	37.2	59	52
novembre	30	2533	46	36	2579	2269
dicembre	31	6063	109	37.2	6172	5431
TOTALI	365	20475	369	254	20844	18342

ACQUA CALDA SANITARIA

Mese	Giorni	$Q_{W,gn,out}$ [kWh]	$Q_{W,l,ss,env}$ [kWh]	$Q_{W,aux}$ [kWh]	$Q_{W,gn,in}$ [kWh]	$Q_{W,gn,p}$ [kWh]
gennaio	31	1649	33	12.4	1682	1480
febbraio	28	1489	30	11.2	1519	1337
marzo	31	1649	33	12.4	1682	1480
aprile	30	1596	32	12	1628	1432
maggio	31	1649	33	12.4	1682	1480
giugno	30	1596	32	12	1628	1432
luglio	31	1649	33	12.4	1682	1480
agosto	31	1649	33	12.4	1682	1480
settembre	30	1596	32	12	1628	1432
ottobre	31	1649	33	12.4	1682	1480
novembre	30	1596	32	12	1628	1432
dicembre	31	1649	33	12.4	1682	1480
TOTALI	365	19413	388	146	19801	17425

Fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale

$$Q_{p,i} = 20844 \cdot 0.88 + 254 / 0.46 = 18342 + 533 = 18895 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria

$$Q_{p,acs} = 19801 \cdot 0.88 + 146 / 0.46 = 17425 + 317 = 17743 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Fabbisogno di energia primaria totale

$$Q_{p,nrer,tot} = 18895 + 17742 = 36638 \quad [\text{kWh/anno}]$$

Indice di prestazione energetica

$$EP_{tot} = 36638 / 758,98 = 48,27 \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}] \quad \text{CLASSE B}$$

Valore *minore* dell'indice di prestazione energetica minimo

$$EP_{tot,lim} = 62,28 \quad [\text{kWh/m}^2\text{anno}] \quad \text{Requisito rispettato}$$

Copertura da fonti energetiche rinnovabili

Non sono presenti impianti da fonti energetiche rinnovabili

La verifica non è necessaria ai sensi dell'Allegato 2 punto 21 e 22 lett. ii) della DGR 1366/2011