

01.10.2021

Pompe di calore e fotovoltaico

Principi di progettazione per gli edifici residenziali (monofamiliari e plurifamiliari)

Una versione aggiornata (che include la mobilità elettrica) sarà pubblicata a breve. Questo documento è già disponibile in tedesco

<https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10636>



energie schweiz
Unser Engagement: unsere Zukunft.

Autore

Prof. Dr. David Zogg, Smart Energy Engineering GmbH

Coautori

Rita Kobler, Ufficio federale dell'energia

Dr. Michel Haller, Institut für Solartechnik SPF

Peter Hubacher, Hubacher Engineering

Questi documenti sono stati prodotti per conto di SvizzeraEnergia.

Gli autori sono gli unici responsabili dei contenuti.

Indirizzo

SvizzeraEnergia, Ufficio federale dell'energia UFE

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Indirizzo postale: CH-3003 Berna

Infoline 0848 444 444, www.infoline.energieschweiz.ch

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.energieschweiz.ch, twitter.com/energieschweiz

Contenuto

1	Introduzione.....	6
1.1	Pompa di calore ben regolata alla base.....	7
1.2	Perché le pompe di calore sono particolarmente adatte per ottimizzare l'autoconsumo?	8
2	Basi d'ottimizzazione dell'autoconsumo	8
2.1	Contabilizzazione in base alla regolazione dell'autoconsumo	8
2.2	Valori di riferimento	10
3	Potenziale della pompa di calore	12
3.1	Potenziale degli impianti di accumulo a confronto	12
3.2	Potenziale della tecnologia di controllo a confronto.....	13
4	Integrazione della pompa di calore	15
4.1	Gestione e progettazione degli accumulatori di calore	15
4.2	Integrazione elettrica.....	16
4.2.1	Casa monofamiliare	16
4.2.2	Casa plurifamiliare (RCP)	18
5	Modalità di funzionamento delle pompe di calore.....	20
5.1	Pompe di calore on/off	20
5.2	Pompe di calore a inverter (modulazione della potenza).....	23
5.3	Produzione di acqua calda sanitaria durante il giorno	27
5.4	Riscaldamento: riduzione notturna e aumento diurno	29
5.5	Funzione di raffreddamento	31
6	Interfacce	32
6.1	Integrazione tramite interfaccia SG-Ready	32
6.1.1	Durante l'installazione e la messa in funzione è necessario osservare i seguenti punti:	34
6.2	Integrazione tramite ingresso FV	35
6.3	Integrazione tramite Modbus (TCP).....	36
6.3.1	Durante l'installazione e la messa in funzione è necessario osservare i seguenti punti:	37
6.4	Soluzione futura tramite interfaccia SmartGridReady.....	38
6.5	Retrofitting di pompe di calore più vecchie tramite l'ingresso di blocco AAE	39

6.5.1	Durante l'installazione e la messa in funzione è necessario osservare i seguenti punti:	40
7	Procedura della progettazione	41
7.1	Progettazione del sistema nel suo complesso	42
7.1.1	Sistema di monitoraggio e variabili misurate	44
7.2	Installazione di una pompa di calore e di un energy manager	44
7.3	Messa in funzione della pompa di calore e dell'energy manager con controllo del funzionamento.....	45
7.4	Prima fase operativa senza ottimizzazione del fotovoltaico	45
7.5	Regolazione delle impostazioni PdC e ottimizzazione con il FV	46
7.6	Seconda fase operativa con ottimizzazione del fotovoltaico	46
7.7	Regolazione delle impostazioni in base al FV	47
7.8	Funzionamento con monitoraggio.....	47
8	Allegato I: Check-list per la progettazione	48
8.1	Dati di installazione	48
8.2	Informazioni sull'edificio	48
8.3	Allacciamento alla rete e contatore	49
8.4	Impianto fotovoltaico e inverter	49
8.5	Pompa di calore	50
8.6	Accumulatore	51
8.7	Boiler a pompa di calore	52
8.8	Resistenze elettriche.....	52
8.9	Sistema solare termico (opzionale).....	53
8.10	Sistema di distribuzione del calore e controllo della temperatura ambiente.....	54
8.11	Energy manager.....	54
8.12	Monitoraggio	56
9	Allegato II: Check-list messa in funzione e controllo del funzionamento.....	58
9.1	Dati di installazione	58
9.2	Impianto fotovoltaico	58
9.3	Integrazione della pompa di calore tramite SG-Ready	59
9.4	Integrazione della pompa di calore tramite ingresso fotovoltaico	60
9.5	Integrazione della pompa di calore tramite interfaccia Modbus / IP.....	61

9.6	Integrazione della pompa di calore tramite blocco dell'AAE.....	63
9.7	Boiler a pompa di calore	64
9.8	Resistenze elettriche.....	65
9.9	Sistema di distribuzione del calore e controllo della temperatura ambiente.....	65
10	Allegato III: Check-list di verifica.....	66
10.1	Monitoraggio	66
10.2	Impianto fotovoltaico	67
10.3	Integrazione della pompa di calore	68
10.4	Boiler a pompa di calore	73
10.5	Resistenze elettriche.....	74
11	Bibliografia	75

1 Introduzione

Da alcuni anni, tra l'80 ed il 95% delle pompe di calore vengono installate come sistema di riscaldamento in edifici nuovi. L'uso delle pompe di calore è in costante aumento anche nelle ristrutturazioni, in sostituzione dei sistemi di riscaldamento a gas e a olio. Molti Cantoni hanno un programma di sovvenzioni per la sostituzione dei sistemi di riscaldamento, perché la sostituzione di un sistema di riscaldamento fossile con una pompa di calore consente di risparmiare molta CO₂. Negli altri Cantoni è possibile richiedere sovvenzioni a myclimate per le pompe di calore fino a 15 kW.

In Svizzera il fotovoltaico è sovvenzionato a livello federale da Pronovo. La remunerazione unica per i piccoli impianti (RUP) è prevista per le taglie inferiori a 100 kilowatt, mentre la remunerazione unica per i grandi impianti (RUG) per i 100 kilowatt e oltre. Inoltre, esistono programmi di sostegno gestiti da singoli Cantoni, Comuni e fornitori di energia.

Autoconsumo significa generare elettricità solare sul proprio tetto o sulla propria facciata e consumarla autonomamente senza passare per la rete elettrica. L'autoconsumo è utile perché l'elettricità prodotta in proprio è più economica per le famiglie rispetto a quella proveniente dalla rete. I costi di utilizzo della rete non si applicano all'elettricità autoconsumata. In questo modo si risparmia quando si utilizza l'elettricità proveniente dal proprio tetto.

Per informazioni di base e raccomandazioni sull'ottimizzazione dell'autoconsumo di energia elettrica solare, consultare le brochure [EVO 2018] per le case monofamiliari e [EVMFH 2018] per le case plurifamiliari. Il «raggruppamento ai fini del consumo proprio» (RCP) è ora anche uno strumento importante per aumentare l'autoconsumo in case monofamiliari o plurifamiliari, vedi la guida [ZEV 2019].

In generale, si raccomanda l'uso di un sistema di gestione dell'energia che regoli in modo ottimizzato diverse utenze come pompe di calore, accumulatori di acqua calda, stazioni di ricarica per veicoli elettrici ed elettrodomestici. Una panoramica del mercato dei sistemi attuali è disponibile, ad esempio, nella brochure [EMS 2020] o [EVO 2018]. Il vantaggio di questi sistemi è la loro possibilità di estendersi con interfacce aperte.

La base di questo documento è stata sviluppata nel progetto di ricerca [OPTEG 2016], in cui sono stati studiati mediante simulazioni diversi metodi di controllo delle pompe di calore per l'ottimizzazione dell'autoconsumo. Negli anni dal 2016 al 2021 si sono susseguite più di 50 installazioni in cui i metodi di controllo sono stati accuratamente testati e ottimizzati. Le installazioni riguardavano case monofamiliari, condomini e interi quartieri [MÖRIKEN 2020]. Diverse valutazioni hanno dimostrato che i risultati della simulazione di allora potevano essere implementati nella pratica. Il raddoppio previsto del grado di copertura solare, tenendo conto della massa termica dell'edificio, potrebbe essere applicato in impianti reali senza alcuna perdita di comfort. È stato inoltre possibile testare in dettaglio metodi di controllo più semplici tramite l'interfaccia standard SG-Ready. Le raccomandazioni per l'installazione e la messa in funzione si basano quindi sull'esperienza pratica.

Nel rapporto [WP-PV 2020], le ottimizzazioni semplici tramite SG-Ready sono state confrontate con le ottimizzazioni intelligenti per le case monofamiliari degli impianti citati. Con le semplici ottimizzazioni è stato possibile aumentare la percentuale di utilizzo dell'energia fotovoltaica, ma è stato necessario riadattare i parametri. Con le ottimizzazioni intelligenti, i tassi di copertura solare delle pompe di calore potrebbero essere circa raddoppiati.

Inoltre, il rapporto [WP-PV 2020] ha presentato le varie fasi dell'integrazione delle pompe di calore e ha sviluppato le basi per gli attuali principi di progettazione. Parallelamente, è stata pubblicata una tabella dei produttori [WP-PV-Tab], che contiene un elenco di pompe di calore adatte alla combinazione con il fotovoltaico e che viene continuamente aggiornata.

Lo strumento Excel [PVopti 2018] può essere utilizzato anche per stimare il grado di autoconsumo e autarchia degli edifici. Tuttavia, l'ottimizzazione delle pompe di calore viene considerata in modo molto semplificato, distinguendo solo tra funzionamento diurno e notturno. Con le ottimizzazioni intelligenti, il potenziale è molto più elevato.

Calcoli dettagliati e professionali sono possibili con il software [PolySun®]. Il vantaggio di questo strumento è l'ampio database di modelli convalidati di pompe di calore, edifici e impianti fotovoltaici con i dati forniti dal produttore. L'ultima versione include anche un semplice controller SG-Ready. Tuttavia, questo aspetto è stato rivisto nell'ambito del presente lavoro. Su richiesta, l'autore può fornire modelli per le fasi dell'integrazione di PdC (Pompa di Calore) presentate in questo documento. In questo modo, il sistema può essere esaminato già nella fase di progettazione per vedere se i valori di riferimento possono essere aumentati.

In pratica, è importante la corretta installazione, messa in funzione e ottimizzazione della pompa di calore e dei sistemi di gestione dell'energia durante la fase iniziale di funzionamento. Ciò influisce notevolmente sui valori di riferimento effettivamente raggiunti. Pertanto, il presente documento si concentra anche su questi punti.

1.1 Pompa di calore ben regolata alla base

Il prerequisito più importante è che una pompa di calore sia correttamente dimensionata e ben regolata. Ciò include la corretta impostazione della curva di riscaldamento, che deve essere adattata ad ogni edificio. Un corretto bilanciamento idraulico è inoltre essenziale per garantire una distribuzione uniforme del calore. Si raccomanda di regolare e controllare il sistema a pompa di calore durante il primo anno di funzionamento, se possibile senza ottimizzare il fotovoltaico. Solo un sistema correttamente regolato può essere ottimizzato.

Per il dimensionamento e la corretta regolazione, si fa riferimento alle norme e ai regolamenti seguenti (cfr. 11 Bibliografia):

- [SIA 380] e [SIA 380/1]: Fondamenti per il calcolo energetico degli edifici e della domanda di riscaldamento.
- [SIA 384/1]: Principi e requisiti di base dei sistemi di riscaldamento degli edifici

- [SIA 385/1] e [SIA 385/2]: Principi, requisiti e dimensionamento dei sistemi di acqua calda sanitaria
- [PdC MS 2020]: Capitolato d'oneri e schemi di funzionamento del modulo del sistema per pompe di calore.

Il sistema a pompa di calore deve essere eseguito e messo in funzione secondo il capitolato d'oneri del modulo di sistema per pompe di calore (PdC MS). È importante effettuare un controllo a posteriori secondo [WPSM-NK 2020] al più tardi entro il terzo anno di funzionamento. Per gli impianti con ottimizzazione fotovoltaica, il controllo a posteriori è consigliato al massimo dopo un anno. La nuova scheda informativa [WPSM-PV 2021] indica i requisiti speciali per la combinazione di PdC e FV che devono essere rispettati.

I seguenti opuscoli forniscono ulteriori informazioni sulla corretta integrazione dei generatori di calore:

- [WWS 2017]: Raccomandazioni per sistemi di acqua calda efficienti.
- [HYD 2020]: Opuscolo per il bilanciamento idraulico degli impianti di riscaldamento.
- [IWP 2021]: Opuscolo per l'utilizzo di pompe di calore a inverter (controllo di potenza o modulanti)
- [SPF 2018]: Opuscolo sui bollitori solari combinati

1.2 Perché le pompe di calore sono particolarmente adatte per ottimizzare l'autoconsumo?

Le pompe di calore sono molto adatte all'ottimizzazione dell'autoconsumo in combinazione con l'accumulo termico. Ad esempio, il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria in estate può essere realizzato al 100% con l'elettricità fotovoltaica. Ma anche il riscaldamento nelle stagioni intermedie (primavera e autunno) può essere ben coordinato con la produzione fotovoltaica. In inverno, praticamente l'intera produzione solare viene utilizzata dalla pompa di calore. Oggi le pompe di calore dispongono di interfacce speciali con cui possono essere facilmente integrate in un sistema di gestione dell'energia. Tramite queste interfacce, le pompe di calore possono essere forzate in modo mirato in caso di surplus fotovoltaico, e l'energia può essere immagazzinata termicamente durante una giornata. Inoltre, le pompe di calore sono molto efficienti e consentono di risparmiare energia per tutto l'anno.

2 Basi d'ottimizzazione dell'autoconsumo

2.1 Contabilizzazione in base alla regolazione dell'autoconsumo

Da aprile 2014, l'installazione del contatore secondo la Figura 1 viene utilizzata per gli impianti con autoconsumo. C'è solo un contatore bidirezionale nel punto di connessione alla rete. Questo viene installato dalle aziende elettriche (Aziende di Approvvigionamento Energetico - AAE) e regola l'acquisto netto o l'immissione in rete di energia elettrica.

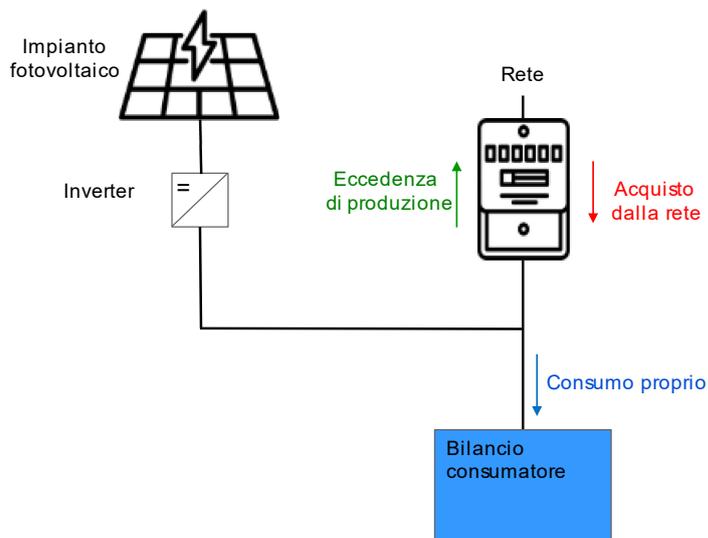


Figura 1 : Cablaggio con contatore bidirezionale al punto di connessione alla rete dopo il controllo dell'autoconsumo

Questa disposizione del contatore garantisce che l'elettricità fotovoltaica prodotta localmente possa essere utilizzata contemporaneamente per l'autoconsumo senza essere addebitata. L'elettricità autoconsumata è quindi da considerarsi "gratuita".

Quando le tariffe di vendita sono molto più basse rispetto alle tariffe di acquisto, l'autoconsumo è di base conveniente. Questi principi di progettazione riguardano il modo in cui l'autoconsumo può essere aumentato in modo economicamente ed ecologicamente sensato attraverso misure mirate in combinazione con le pompe di calore (o altre utenze).

Per gli impianti ≥ 30 kWp, è necessario un contatore di produzione separato (installazione supplementare se non già disponibile). Per i piccoli impianti fino a 30 kWp, *non è necessario* un contatore di produzione separato da parte dell'azienda elettrica.

Per generare 1 kWp di potenza nominale, sono necessari circa 6-7 m² di superficie del modulo.

Nell'Altopiano centrale si possono generare in media circa 1.000 kWh di elettricità all'anno.

Dal punto di vista finanziario, è interessante utilizzare l'intera superficie del tetto idonea per l'installazione fotovoltaica, poiché i costi di base sono elevati e i costi dei moduli aggiuntivi sono relativamente bassi.

2.2 Valori di riferimento

La Figura 2 mostra schematicamente l'andamento temporale della produzione e del consumo in un giorno. Per semplicità, si ipotizza che il consumo sia costante.

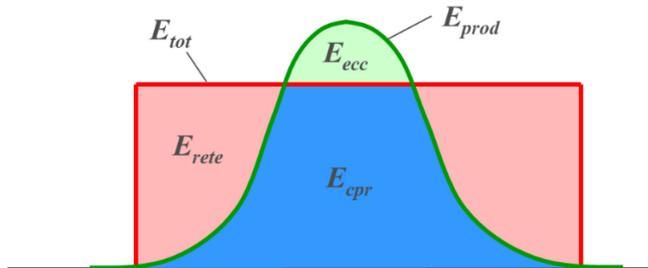


Figura 2 : andamento temporale della produzione e del consumo con acquisto dalla rete (rosso), consumo proprio (blu) e surplus (verde)

Si utilizzano le seguenti grandezze di energia (unità kWh = chilowattora):

E_{prod}	Produzione di energia elettrica dell'impianto fotovoltaico (FV) (kWh)
E_{tot}	Consumo totale di energia elettrica dell'edificio (kWh)
E_{cpr}	Consumo proprio, prodotto e consumato contemporaneamente (kWh)
E_{ecc}	Eccezione, consegnata alla rete (kWh)
E_{rete}	Acquisto dalla rete (kWh)

Su questa base, sono state definiti i seguenti indici di riferimento:

Grado di autoconsumo: il grado di autoconsumo è il rapporto tra l'autoconsumo e la produzione totale di elettricità dell'impianto fotovoltaico. L'obiettivo principale dell'ottimizzazione del fotovoltaico è aumentare il grado di autoconsumo.

$$R_{cpr} = \frac{E_{cpr}}{E_{prod}} = \frac{E_{tot} - E_{rete}}{E_{prod}}$$

Grado di autarchia: il grado di autarchia mette in relazione l'autoconsumo con il consumo totale di elettricità dell'edificio. È una misura dell'indipendenza dell'edificio dalla rete elettrica pubblica. Un grado di autarchia del cento per cento non è possibile con uno sforzo ragionevole, ma dovrebbe essere il più alto possibile durante l'intero anno.

$$R_{aut} = \frac{E_{cpr}}{E_{tot}} = \frac{E_{tot} - E_{rete}}{E_{tot}}$$

Copertura solare: la copertura solare è definita in modo analogo al grado di autarchia, ma si riferisce solo a un impianto. Per la pompa di calore, la quota di autoconsumo $E_{cpr,PdC}$ è correlata alla domanda totale di elettricità della pompa di calore E_{PdC} . Il rapporto di copertura solare è la misura per l'ottimizzazione fotovoltaica della pompa di calore.

$$R_{sol,PdC} = \frac{E_{cpr,PdC}}{E_{PdC}}$$

Consumo annuale di rete: il consumo totale di rete E_{rete} in kWh nell'arco dell'anno fornisce informazioni sul prelievo residuo di elettricità dalla rete, particolarmente importante nei mesi invernali. In futuro, sarà critico il fatto che in inverno si ha una bassa produzione fotovoltaica, motivo per cui questa riduzione del consumo di rete è importante. A scopo di confronto, il consumo annuale

di rete può essere rapportato alla superficie di riferimento energetica A_E (o SRE) o al numero di persone n_{pers} nella famiglia.

$$E_{rete,A_E} = \frac{E_{rete}}{A_E} \quad (kWh/m^2)$$

$$E_{rete,pers} = \frac{E_{rete}}{n_{pers}} \quad (kWh/persona)$$

Immissione in rete e costi dell'elettricità all'anno: l'immissione in rete E_{imre} in kWh sommata nel corso dell'anno fornisce informazioni sull'elettricità in eccesso immessa in rete. Insieme al consumo di rete E_{rete} e alle tariffe, è possibile calcolare i costi netti dell'elettricità K nell'arco dell'anno. I costi di immissione sono inclusi negativamente, poiché vengono rimborsati.

$$K = \frac{r_{rete}}{100} \cdot E_{rete} - \frac{r_{imre}}{100} \cdot E_{imre} \quad (CHF)$$

con

r_{rete} = Tariffa di acquisto dalla rete (ct./kWh) - Tariffa mista di alta e bassa tariffa

r_{imre} = Tariffa di immissione in rete (ct./kWh)

L'autoconsumo riduce sia i costi di acquisto della rete che quelli di immissione in rete, ma i costi di acquisto della rete sono più significativi, poiché la tariffa di acquisto dalla rete r_{rete} è generalmente molto più alta della tariffa di immissione in rete r_{imre} .

Fattore di carico della rete: in alternativa al consumo di rete, si può considerare anche il fattore di carico della rete [CVLT 2019]. Questo mette in relazione il consumo di rete E_{rete} con il consumo di elettricità delle economie domestiche E_{ED} e la domanda di energia termica per l'acqua calda Q_{AC} e il riscaldamento Q_R . Tuttavia, per registrare le variabili termiche sono necessari dei contatori di calore.

$$R_{rete} = \frac{E_{rete}}{E_{ED} + Q_{AC} + Q_R}$$

Efficienza, coefficiente di lavoro annuo: l'efficienza rappresenta l'energia termica utile in relazione all'energia elettrica necessaria; per le pompe di calore si parla di coefficiente di lavoro annuo (CLA). Questo mette in relazione il calore utilizzabile per l'acqua calda Q_{AC} e il riscaldamento Q_R con l'energia elettrica assorbita dalla pompa di calore E_{PdC} . L'efficienza deve sempre rimanere al centro dell'attenzione, anche con i sistemi ottimizzati per l'autoconsumo, soprattutto in inverno quando l'irraggiamento è scarso. I contatori di calore sono necessari anche per l'esatto monitoraggio del coefficiente di lavoro annuo. Le temperature impostate per l'acqua calda e il riscaldamento svolgono un ruolo importante per il coefficiente di lavoro annuo. Più alti sono questi valori, più basso è il coefficiente di lavoro annuo.

$$CLA_{PdC} = \frac{Q_{AC} + Q_R}{E_{PdC}}$$

Un vantaggio è il calcolo separato del coefficiente di lavoro annuo per il riscaldamento e la produzione di acqua calda. Tuttavia, ciò richiede il monitoraggio separato dell'energia elettrica per il riscaldamento ($E_{PdC,R}$) e della produzione di acqua calda ($E_{PdC,AC}$).

$$CLA_{PdC,R} = \frac{Q_R}{E_{PdC,R}}$$

$$CLA_{PdC,AC} = \frac{Q_{ACS}}{E_{PdC,AC}}$$

È importante che *tutti* i valori di riferimento sopracitati siano presi in considerazione durante l'ottimizzazione. La massimizzazione del solo grado di autoconsumo è fortemente sconsigliata, altrimenti si otterranno sistemi inefficienti. Ad esempio, non ha senso utilizzare l'elettricità in eccesso in modo inefficiente con una resistenza elettrica diretta. Sebbene questo aumenti il grado di autoconsumo, riduce l'immissione in rete e peggiora l'efficienza, il che non ha senso né dal punto di vista economico né da quello ecologico. Al contrario, una pompa di calore aumenta tutti i parametri di riferimento, compresa l'efficienza. Una riduzione della quantità di elettricità prelevata dalla rete è particolarmente importante in inverno e consente di risparmiare denaro.

3 Potenziale della pompa di calore

3.1 Potenziale degli impianti di accumulo a confronto

Un impianto con pompa di calore si presta molto bene alla conversione efficiente dell'elettricità autoprodotta in calore utile. Grazie all'accumulo, l'energia termica può essere utilizzata nei momenti di necessità, quando non è disponibile l'elettricità fotovoltaica. Tuttavia, l'accumulo di energia è sempre associato a perdite di energia e a costi di investimento aggiuntivi. Per questo motivo l'integrazione intelligente delle masse e dei volumi di accumulo già esistenti è particolarmente interessante.

Di seguito vengono messi a confronto diversi tipi di accumulo di energia nell'edificio, sia termico che elettrico. La Figura 3 mostra la situazione per una casa monofamiliare con una stima approssimativa del potenziale di accumulo e dei costi aggiuntivi. L'accumulo termico di gran lunga più grande è l'edificio stesso. In un edificio massiccio, con un'alta percentuale di calcestruzzo o pietra, è infatti possibile accumulare fino a 60 kWh di energia termica con un aumento di temperatura di 3 °C della massa di accumulo. In generale, per ogni aumento di temperatura di 1°C è possibile immagazzinare circa 20 kWh. Questo valore si basa sulla capacità termica specifica degli edifici in costruzione massiccia secondo [SIA 380], moltiplicate per la superficie di riferimento energetica tipica di una casa monofamiliare. L'utilizzo dell'edificio come massa di stoccaggio non comporta costi di investimento aggiuntivi. Anche i sistemi di accumulo tecnico, come i serbatoi di acqua calda sanitaria e gli accumulatori di riscaldamento, sono adatti all'accumulo termico. Tuttavia, il potenziale è inferiore e varia da 10 a 20 kWh. Se gli accumulatori sono dimensionati in modo convenzionale, anche in questo caso non ci sono costi aggiuntivi. Inoltre, gli accumulatori termici possono essere caricati e scaricati ogni volta che lo si desidera, senza che la loro durata sia compromessa.

La situazione è diversa per i sistemi di accumulo elettrico. Questi sono associati a costi di investimento aggiuntivi e hanno una durata limitata. Alle attuali tariffe elettriche, non sono ancora economicamente convenienti e la valutazione del ciclo di vita è peggiore di quella dei sistemi di accumulo termico [SOLBAT 2020]. L'accumulo a batteria elettrica viene utilizzato per uno stoccaggio a breve termine, ad esempio nel corso della giornata quando c'è un'eccedenza di elettricità; questo non può ridurre in modo significativo la quantità di elettricità prelevata dalla rete in inverno.

L'aspetto interessante, tuttavia, è l'utilizzo di veicoli elettrici in cui le unità di accumulo sono già presenti. Oggi sono possibili capacità di accumulo elevate, fino a 80 kWh o anche superiori. I costi aggiuntivi per l'edificio si limitano all'installazione di una stazione di ricarica. In futuro saranno disponibili anche opzioni di ricarica bidirezionale, il che significa che la batteria di accumulo del veicolo potrà essere utilizzata anche per fornire energia all'edificio (V2H = Vehicle-To-Home). Soprattutto nei mesi estivi, il veicolo elettrico consente di utilizzare in modo ottimizzato l'elettricità fotovoltaica in eccesso.

Tipo di accumulo	Capacità	Numero di batterie fisse corrispondenti	Costi aggiuntivi all'edificio per l'installazione	Numero di cicli di ricarica
Massa dell'edificio (costruzione massiccia in calcestruzzo)	ca. 60kWh (con aumento di temperatura di 3°C)		Nessuno	Illimitato
Accumulo di acqua calda	10..20 kWh		Nessuno	Illimitato
Accumulo di batterie nelle auto elettriche	20..80 kWh		ca. 1'000 CHF (stazione di ricarica)	ca. 5'000
Accumulo di batterie stazionarie	10 kWh		Da 10'000 CHF	ca. 5'000

Figura 3 : Stoccaggio per case monofamiliari a confronto

Nota: nella compilazione della tabella, va notato che l'energia elettrica non può in linea di principio essere confrontata direttamente con l'energia termica. Dal punto di vista termodinamico, l'energia elettrica è di qualità superiore (pura "exergia"). Le pompe di calore possono convertire l'energia elettrica in energia termica con un fattore che varia da tre a cinque (COP).

3.2 Potenziale della tecnologia di controllo a confronto

La sezione seguente esamina in che misura è possibile aumentare la copertura solare della pompa di calore attraverso l'uso della tecnologia di regolazione. La Figura 4 mostra una panoramica dei possibili fattori di incremento con diverse strategie di controllo (valori migliori dalla pratica). La "copertura solare naturale" senza ottimizzazione è assunta pari a un fattore 1 e si considerano gli aumenti relativi.

Con l'ottimizzazione manuale, i programmi orari per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) sul lato della pompa di calore sono specificatamente impostati durante la giornata. Per l'acqua calda sanitaria, è possibile un aumento elevato, fino a un fattore di circa 2. Per il riscaldamento, il grado di copertura può essere in qualche modo influenzato da una riduzione mirata delle ore notturne o da un aumento delle ore diurne (sezione 5.3).

Con l'ottimizzazione automatica del riscaldamento, si distinguono due casi. Con l'ottimizzazione semplice, in caso di surplus solare viene sovralimentato solo l'accumulatore di riscaldamento. Ciò comporta un aumento fino a un fattore di circa 1,3, a seconda dell'aumento di temperatura imposto. Tale controllo richiede un energy manager e utilizza l'interfaccia SG-Ready o un ingresso FV sul lato della pompa di calore. Tali sistemi sono approfonditi più avanti nelle sezioni 6.1 e 6.2.

Nell'ottimizzazione complessiva, l'edificio viene utilizzato attivamente anche come accumulo termico. Ciò richiede una gestione termica con integrazione di sensori di temperatura ambiente e utilizza una moderna interfaccia sul lato della pompa di calore. Tali sistemi saranno discussi in seguito nelle sezioni 6.3 e 6.4. In questo caso, la copertura solare può essere aumentata di un fattore fino a 2, anche per il riscaldamento.

Per l'acqua calda sanitaria, in tutti i casi è sufficiente un semplice metodo di controllo con sfasamento giornaliero. Questo aspetto sarà discusso più avanti nel capitolo 5 e trattato in un secondo momento.

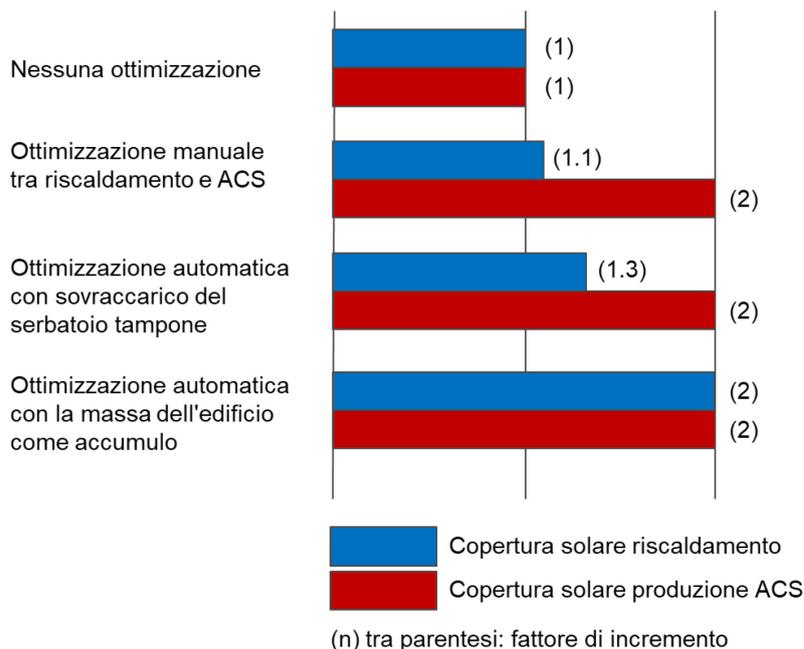


Figura 4 : Confronto tra il potenziale di aumento delle diverse strategie di controllo

Da notare che i valori migliori riportati sopra possono essere raggiunti solo se sia l'energy manager che la pompa di calore sono impostati e abbinati in modo ottimale. Questo punto è trattato nella procedura di progettazione nel capitolo 7.

4 Integrazione della pompa di calore

4.1 Gestione e progettazione degli accumulatori di calore

Il diagramma nella Figura 5 mostra gli accumulatori di calore presenti nell'edificio e la loro logica di gestione. Fondamentalmente, gli accumulatori tecnici, cioè l'accumulatore idraulico per l'acqua calda sanitaria per il riscaldamento, nonché l'edificio stesso, sono adatti come accumulatori di calore. Con l'ottimizzazione del fotovoltaico, le temperature dell'accumulatore vengono aumentate non appena si verifica un surplus solare. Come impostazione predefinita, le temperature degli accumulatori di acqua calda sanitaria e di riscaldamento vengono aumentate per poter stoccare ulteriore energia. Quando la temperatura dell'accumulatore di riscaldamento viene aumentata, è necessario installare una valvola miscelatrice nel circuito di riscaldamento in modo che l'aumento sia disaccoppiato dal sistema di produzione di calore. Se la massa dell'edificio viene utilizzata come accumulatore termico, si ha come vantaggio una maggiore capacità di accumulo con un aumento di temperatura notevolmente ridotto. In questo modo si ottiene un funzionamento efficiente della pompa di calore. L'efficienza del sistema può essere ulteriormente aumentata abbassando le temperature al di fuori dei tempi di produzione del fotovoltaico.

La gestione mirata degli accumuli, con fasi di riscaldamento e abbassamento più lunghe, riduce anche i cicli di funzionamento della pompa di calore, con un effetto positivo sulla durata.

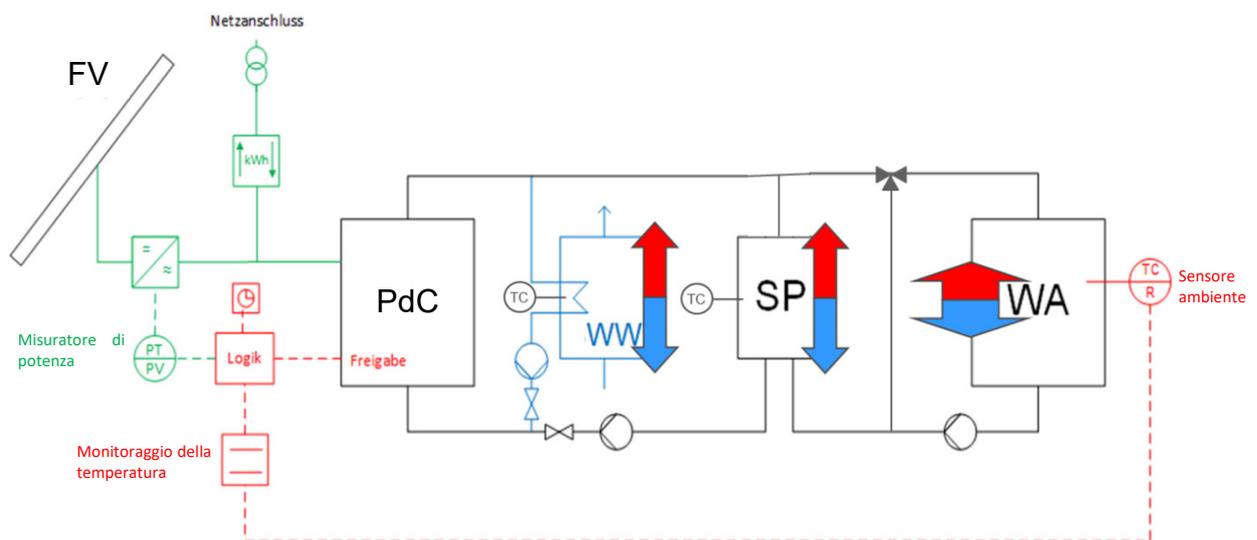


Figura 5 : Integrazione elettrica e idraulica con la gestione degli stoccaggi (freccie)

Legenda per Figura 5:

FV = Fotovoltaico

PdC = Pompa di calore

WW = Accumulo di acqua calda sanitaria

SP = Accumulo di riscaldamento

WA = Sistema di emissione del calore (riscaldamento a pavimento, radiatori)

Le temperature di accumulo sono rilevate con uno o più sensori di temperatura per ogni serbatoio. Se la massa dell'edificio deve essere utilizzata come accumulatore, è necessario rilevare e registrare anche la temperatura ambiente per mantenere il comfort.

Secondo [WPSM-PV 2021], nella progettazione devono essere rispettati i seguenti punti:

- Il progetto dell'impianto è sostanzialmente lo stesso, con e senza lo sfruttamento del fotovoltaico.
- Le temperature all'interno dell'accumulatore idraulico possono aumentare solo con l'energia fotovoltaica, non nel funzionamento normale.
- Gli accumulatori idraulici di riscaldamento possono essere leggermente sovradimensionati per accumulare temporaneamente più calore.
- Dopo l'accumulatore idraulico di riscaldamento (accumulo parallelo) è necessaria un'ulteriore valvola miscelatrice per la regolazione delle temperature di mandata tipiche per i sistemi di distribuzione di calore. Tuttavia, la valvola miscelatrice può essere utilizzata solo durante il surplus di produzione fotovoltaica e deve essere normalmente mantenuta aperta (cioè senza miscelazione).
- L'acqua calda sanitaria dovrebbe essere prodotta principalmente con la pompa di calore, anche in caso di funzionamento ottimizzato con il fotovoltaico. L'inserimento di resistenze elettriche è sconsigliato per motivi di efficienza. Se vengono comunque utilizzati, possono essere accese solo in seconda priorità e solo quando c'è un'eccedenza di FV.
- La pompa di calore non deve essere fatta funzionare oltre i suoi limiti operativi anche in caso di funzionamento ottimizzato con il fotovoltaico. Il funzionamento a lungo termine ai limiti operativi dovrebbe essere evitato anche per ragioni di durata di vita della pompa di calore.

Inoltre, va notato che l'accumulo di acqua calda sanitaria è dimensionato in modo tale da dover essere caricato una sola volta nelle 24 ore per il consumo medio di una economia domestica.

Se il calore per l'acqua calda sanitaria e il riscaldamento degli ambienti viene accumulato in un unico serbatoio (accumulatore idraulico combinato, serbatoio riscaldamento con modulo per la produzione istantanea dell'acqua calda sanitaria), in questo caso devono essere utilizzati solo accumulatori con certificato di efficienza stratificazione (secondo lo standard di prova [SPF-PV86]).

4.2 Integrazione elettrica

4.2.1 Casa monofamiliare

Il diagramma in Figura 6 mostra l'integrazione elettrica dei componenti in una casa monofamiliare. L'azienda elettrica (AAE) installa un solo contatore bidirezionale nel punto di connessione alla rete. Questo viene utilizzato per la fatturazione nei confronti del fornitore di energia. Per gli impianti fotovoltaici < 30 kWp, il fornitore di energia non richiede un contatore di produzione separato. Poiché gli attuali contatori non dispongono di un'interfaccia, i dati non possono essere utilizzati per

l'ottimizzazione interna del fotovoltaico. Con i futuri contatori intelligenti, ciò sarà possibile solo con i relativi moduli di comunicazione.

Sul lato dell'edificio è installato un energy manager che coordina centralmente tutte le utenze. L'energy manager dovrebbe disporre di interfacce aperte per il controllo di utenze tipiche come pompe di calore, scaldabagni e stazioni di ricarica per veicoli elettrici. Inoltre, deve essere facilmente configurabile ed espandibile. L'energy manager deve essere un dispositivo indipendente. Questo comporta dei vantaggi in caso di manutenzione o sostituzione.

L'energy manager può anche essere parte di un prodotto esistente, ad esempio una pompa di calore "intelligente" o un inverter "intelligente" con funzioni di gestione dell'energia. Anche in questo caso, però, dovrebbero essere disponibili interfacce aperte per l'integrazione di ulteriori consumatori e dovrebbe essere possibile la libera configurabilità di prodotti di terze parti. È necessario evitare l'installazione parallela di diversi dispositivi con funzioni di gestione dell'energia. I consumatori dovrebbero essere controllati e coordinati centralmente attraverso un unico sistema.

Per l'ottimizzazione, l'energy manager deve necessariamente tenere conto della produzione dell'impianto fotovoltaico e del consumo dell'intera economia domestica. A questo scopo sono installati dei contatori interni (in blu nel diagramma). Il contatore FV interno viene utilizzato per registrare la produzione. Questo contatore misura sia la produzione che il consumo di energia dell'impianto fotovoltaico. Il contatore del consumo totale interno viene utilizzato per registrare l'elettricità totale dell'economia domestica. Può essere installato in diversi punti. In questo schema, il contatore è installato in serie con il contatore AAE e, come quest'ultimo, misura l'immissione in rete o l'assorbimento dalla rete. In questo caso, il misuratore è bidirezionale e registra la potenza istantanea e l'energia in entrambe le direzioni. Se è presente una batteria elettrica, deve essere misurata con un altro misuratore bidirezionale.

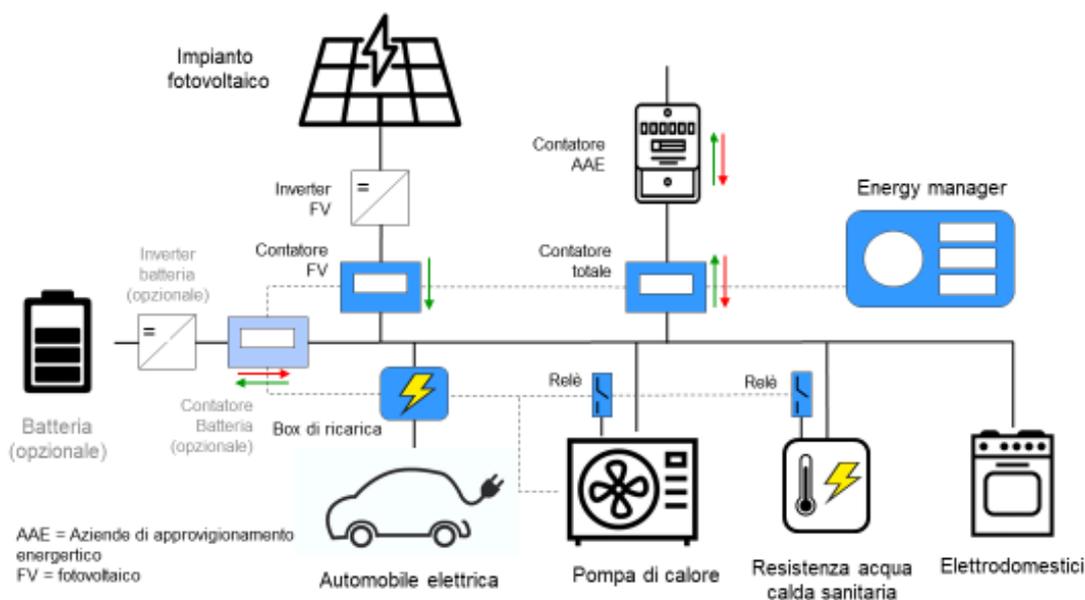


Figura 6 : Schema di integrazione elettrica per case monofamiliari

Se l'inverter dispone di un'interfaccia corrispondente, si può fare a meno del contatore FV interno. I dati vengono quindi letti direttamente dall'inverter. Lo stesso vale per il sistema opzionale di batterie.

Le utenze sono controllate tramite comandi a relè o interfacce intelligenti. In linea di principio, questo vale anche per la pompa di calore o per i riscaldatori di acqua calda esterni. I dettagli del controllo sono descritti nel capitolo 6.

Le moderne stazioni di ricarica per veicoli elettrici sono integrate da interfacce intelligenti e controllate in modo variabile in base alla potenza. Per informazioni sull'infrastruttura per i veicoli elettrici, consultare la norma [SIA 2060].

Anche gli altri elettrodomestici vengono misurati, ma non ottimizzati. L'ottimizzazione del fotovoltaico non vale la pena per i piccoli elettrodomestici, come le lavatrici o le lavastoviglie. Non ha senso per cucine, forni e simili.

Se vengono integrate unità di accumulo con batterie stazionarie, queste devono avere un'interfaccia corrispondente con l'energy manager o essere misurate tramite un contatore separato e bidirezionale.

4.2.2 Casa plurifamiliare (RCP)

Il diagramma in Figura 7 mostra l'integrazione dei componenti per un condominio con raggruppamento ai fini del consumo proprio (RCP). In questo caso, i contatori interni servono anche a registrare e fatturare il consumo di elettricità dei singoli appartamenti. Pertanto, in questo caso è obbligatorio utilizzare misuratori calibrati con approvazione MID o METAS. Tutti i grandi consumatori, come pompe di calore, scaldabagni e consumi generali, sono registrati separatamente. Tutte le stazioni di ricarica per veicoli elettrici devono essere registrate tramite contatori calibrati ai fini della fatturazione.

Nei condomini è assolutamente necessario un energy manager centrale che, oltre al compito di controllo, si occupi anche della fatturazione automatica degli appartamenti. Se esistesse già o fosse previsto un sistema di automazione centralizzata degli edifici, dovrebbe esserci un'interfaccia con l'energy manager (ad es. KNX). In questo caso, l'integrazione e la suddivisione dei compiti tra i sistemi devono essere chiarite in dettaglio. In generale, l'energy manager assume il coordinamento dei (grandi) consumatori.

Il controllo della pompa di calore è sostanzialmente lo stesso della casa monofamiliare. Per gli impianti più grandi, tuttavia, l'energy manager dovrebbe essere in grado di controllare in modo coordinato diverse pompe di calore o altri generatori di calore.

Anche l'integrazione delle stazioni di ricarica per i veicoli elettrici è sostanzialmente uguale a quella delle case monofamiliari. Tuttavia, in presenza di un numero elevato di stazioni di ricarica, sono necessarie ulteriori logiche di gestione della carica per evitare che il consumo complessivo venga superato durante la ricarica simultanea. Le logiche di gestione della carica dovrebbero essere assunte dal gestore dell'energia elettrica, che dispone di informazioni complete sul resto del sistema.

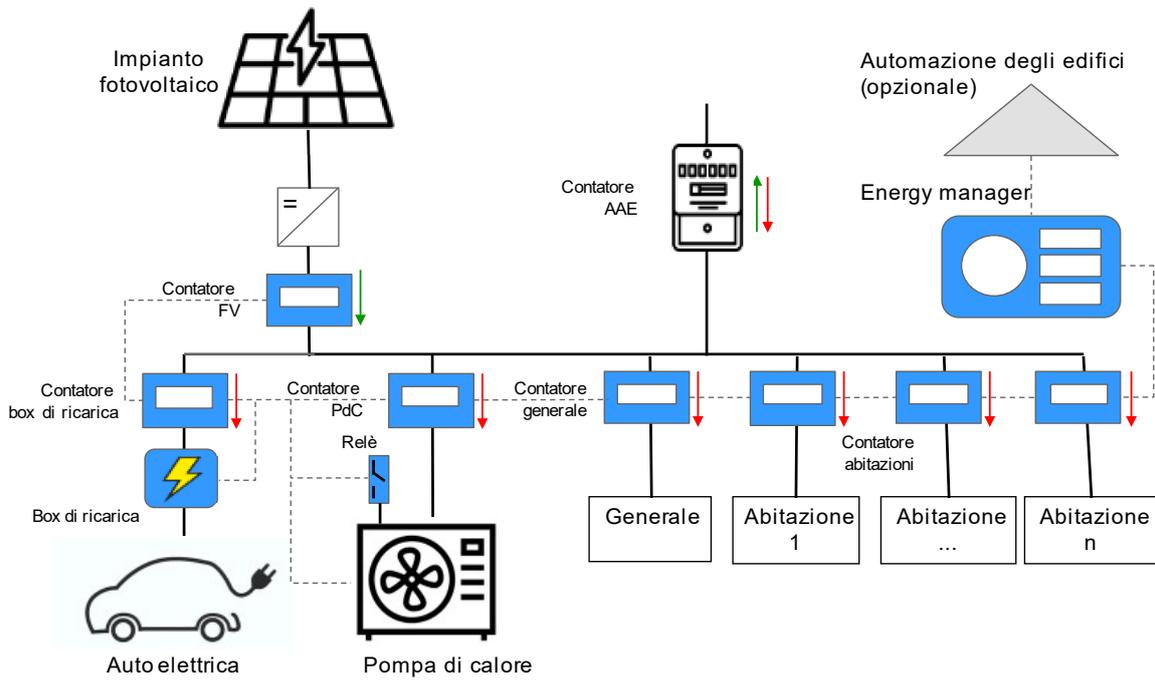


Figura 7 : Schema di integrazione elettrica per casa plurifamiliare

5 Modalità di funzionamento delle pompe di calore

Per le pompe di calore è possibile distinguere il funzionamento temporizzato (on/off) e il funzionamento modulante dalla potenza (a inverter). Mentre i modelli tradizionali possono essere utilizzati solo con commutazione on/off, i moderni sistemi a inverter offrono diversi vantaggi grazie alla regolazione della potenza in funzione del fabbisogno. Entrambi i sistemi possono essere utilizzati per l'ottimizzazione dell'autoconsumo, ma i sistemi a inverter sono ancora più flessibili perché la potenza può essere adattata meglio al fabbisogno di energia.

5.1 Pompe di calore on/off

Le pompe di calore on/off possono essere solo accese o spente. Il consumo di energia elettrica deriva dallo stato di funzionamento attuale della pompa di calore. Questo dipende dalle temperature della fonte e del condensatore. Poiché il consumo di energia elettrica non può essere impostato dall'esterno, il coordinamento con la produzione fotovoltaica è possibile solo in misura limitata. Tuttavia, il funzionamento può essere spostato il più possibile nell'arco della giornata, in modo da ottimizzare l'autoconsumo.

La Figura 8 mostra una tipica curva caratteristica di una pompa di calore on/off di tipo aria-acqua (esempio semplificato). In genere, il fabbisogno di calore $Q^*_{\text{Fabbisogno}}$ dell'edificio e la potenza termica Q^*_R della pompa di calore vanno in direzioni opposte a seconda della temperatura esterna T_A .

Poiché la potenza termica aumenta con l'aumentare della temperatura esterna, ma la richiesta di calore diminuisce, la pompa di calore inizia a "ciclare", cioè si accende e si spegne più frequentemente.

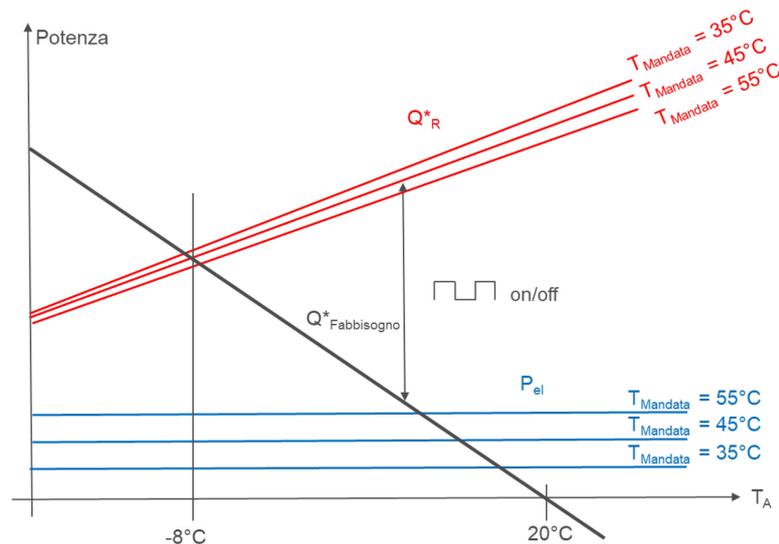


Figura 8 : Curve caratteristiche di una pompa di calore on/off (in rosso la potenza termica Q^*_R , in blu il consumo di energia elettrica P_{el} , in funzione della temperatura esterna T_A e della temperatura di mandata T_{Mandata}) e del fabbisogno di riscaldamento dell'edificio (in nero la richiesta $Q^*_{\text{Fabbisogno}}$).

La frequenza del ciclo dipende dall'inerzia del sistema di produzione di calore e dall'isteresi impostata. Il rapporto tra tempo di accensione e di spegnimento deriva dal rapporto tra fabbisogno

di calore e potenza termica. Il calcolo del fabbisogno di calore si basa sulla [SIA 380/1]. Le curve caratteristiche della pompa di calore sono fornite dai produttori. Il punto di progetto (-8°C nell'esempio) varia a seconda della posizione geografica e dell'altitudine sul livello del mare.

Per l'ottimizzazione dell'autoconsumo fotovoltaico, è importante la potenza elettrica in ingresso P_{el} della pompa di calore. Questo dipende fortemente dalla temperatura di mandata del circuito $T_{Mandata}$. All'aumentare della temperatura di mandata, aumenta il consumo di energia (e diminuisce l'efficienza). In modalità riscaldamento, i setpoint di mandata $T_{Mandata, obiettivo}$ o di ritorno $T_{Ritorno, obiettivo}$ vengono calcolati dalla "curva di riscaldamento" in funzione della temperatura esterna T_A in base ai parametri mostrati in Figura 9. Per semplificare le cose, le "curve di riscaldamento" sono indicate come lineari, anche se nella pratica sono generalmente non lineari (con corrispondenti coefficienti per il riscaldamento a pavimento, i radiatori, ecc.) La "curva di riscaldamento" è progettata secondo le norme [SIA 384/2] e [SIA 380/1].

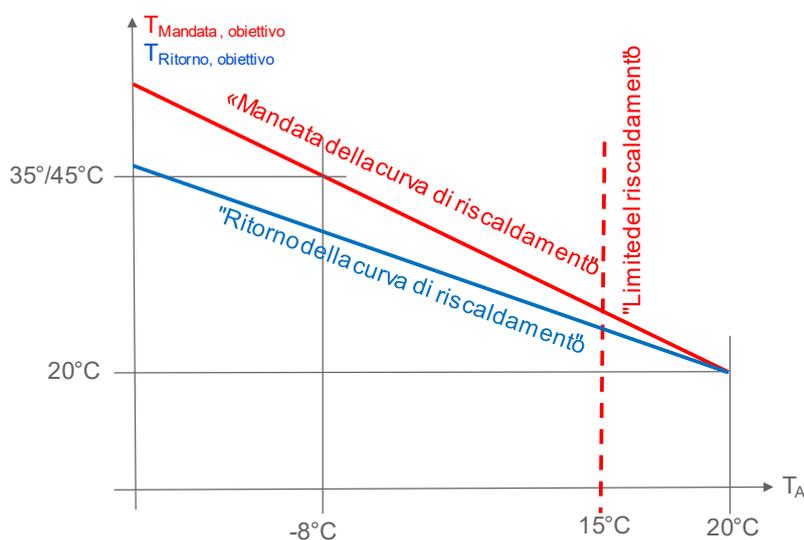


Figura 9 : Curva di riscaldamento (rosso setpoint temperatura di mandata $T_{Mandata}$, blu setpoint temperatura di ritorno $T_{Ritorno}$, in funzione della temperatura esterna T_A) con valori di impostazione tipici (esempio, lineare semplificato).

Nel funzionamento ottimizzato per il fotovoltaico, la "curva di riscaldamento" può essere aumentata per un breve periodo, ossia la temperatura nominale viene incrementata. In questo modo aumenta anche il consumo di energia elettrica P_{el} della pompa di calore e l'energia aggiuntiva può essere immagazzinata nell'accumulatore idraulico tampone o nell'edificio. Tuttavia, l'efficienza della pompa di calore diminuisce. Pertanto, la "curva di riscaldamento" dovrebbe rimanere nella stessa impostazione di base ed essere aumentata solo per un breve periodo in caso di eccedenza di elettricità dal FV.

Le pompe di calore di oggi raggiungono anche valori superiori ai $55-60^{\circ}\text{C}$ in modalità acqua calda sanitaria. Durante il caricamento dell'acqua calda, la temperatura impostata è costante. Per l'ottimizzazione del fotovoltaico, è opportuno posticipare il caricamento dell'acqua calda in modo che avvenga durante il periodo di massima produzione fotovoltaica.

La Figura 10 illustra gli andamenti della pompa di calore nell'arco di una giornata in diversi periodi dell'anno. Qui si considera solo il consumo di energia elettrica della pompa di calore insieme alla produzione fotovoltaica. A seconda della stagione, emergono i seguenti modelli:

- **Estate:** la pompa di calore produce solo acqua calda sanitaria. L'acqua calda viene prodotta con un funzionamento ottimizzato dal fotovoltaico durante il giorno, nei momenti di massima produzione.
- **Stagione intermedia (primavera/autunno):** La pompa di calore produce acqua calda sanitaria e riscalda l'edificio. Il funzionamento del riscaldamento avviene al di fuori della produzione di acqua calda sanitaria. In questo caso, la ciclicità di accensione-spegnimento è chiaramente visibile. L'altezza della barra corrisponde al consumo di energia elettrica, che varia a seconda della temperatura di mandata. A causa della curva di riscaldamento, la temperatura di mandata impostata è più alta di notte che di giorno, quando le temperature esterne sono basse. Pertanto, anche il consumo di energia elettrica è opposto alla produzione fotovoltaica. Grazie all'ottimizzazione del fotovoltaico, l'accumulo di energia termica aumenta durante il giorno, con conseguente aumento del consumo di energia elettrica. Se la riserva di energia nell'accumulatore tampone è sufficiente, la sera non è più necessario il riscaldamento. Questo effetto aumenta ulteriormente quando si accumula energia nella massa dell'edificio. Opzionalmente, la curva di consumo della pompa di calore può essere ulteriormente ottimizzata riducendo la temperatura di mandata durante la notte.
- **Inverno:** La pompa di calore produce acqua calda sanitaria e riscalda l'edificio. Il riscaldamento richiede più energia a causa delle temperature esterne più basse. Il coordinamento con la produzione fotovoltaica è possibile solo in misura limitata e la quantità di energia prelevata dalla rete aumenta. Pertanto, in inverno, l'attenzione si concentra sull'efficienza del sistema, ovvero sul minor consumo possibile.

In generale, il potenziale di ottimizzazione è maggiore nelle stagioni intermedie (primavera e autunno), quando produzione e consumo sono più o meno bilanciate. In estate, il potenziale di ottimizzazione è minimo, poiché la produzione di acqua calda sanitaria richiede solo una frazione dell'energia fotovoltaica prodotta. In inverno, il potenziale di ottimizzazione in termini di FV è ridotto, ma esiste un notevole potenziale di ottimizzazione in termini di efficienza (ad es. impostazione corretta della curva di riscaldamento, temperature ambiente ragionevoli, edificio ben isolato, ecc.).

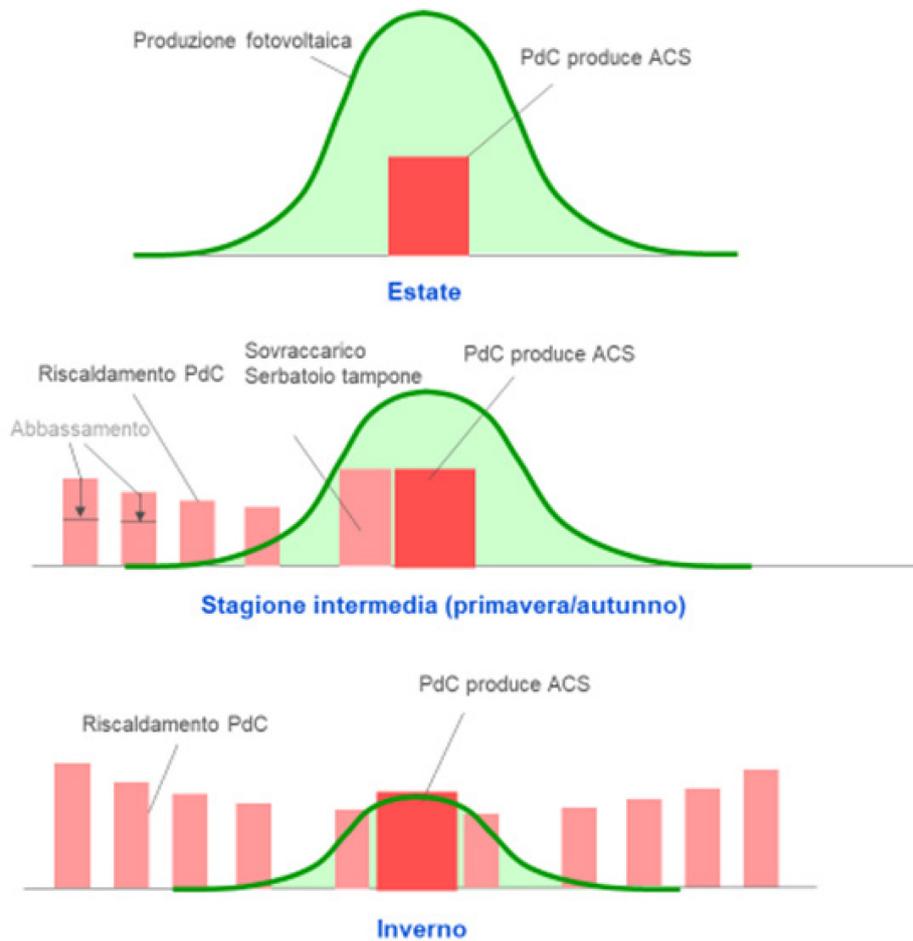


Figura 10 : Funzionamento giornaliero di una pompa di calore on/off nelle diverse stagioni

5.2 Pompe di calore a inverter (modulazione della potenza)

La potenza delle pompe di calore a inverter può essere controllata in modo variabile. Il consumo di energia elettrica può essere influenzato dalla velocità del compressore. Ciò significa che è più facile adeguare la potenza alla produzione fotovoltaica rispetto a una pompa di calore on/off. Per la corretta progettazione e il funzionamento delle pompe di calore modulanti, consultare la scheda informativa [IWP 2021].

La Figura 11 mostra una tipica curva caratteristica di una pompa di calore modulante aria-acqua (esempio semplificato). La potenza termica Q^*_R può essere regolata in un certo intervallo in base alla domanda di calore $Q^*_{fabbisogno}$ dell'edificio. Questo avviene variando la velocità a cui lavora il compressore. A basse velocità, la pompa di calore passa ad avere un funzionamento on/off (nell'esempio con il 30% della velocità nominale).

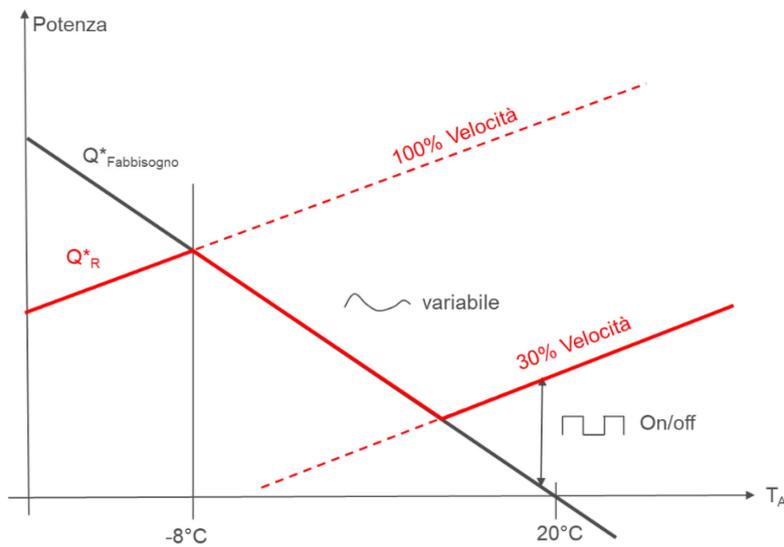


Figura 11 : Curve caratteristiche di una pompa di calore modulanti (in rosso la potenza termica Q^*_R in funzione della temperatura esterna T_A) e del fabbisogno di riscaldamento dell'edificio (in nero la domanda $Q^*_{\text{fabbisogno}}$), con un intervallo di velocità variabile 30..100% (esempio)

Per valutare l'influenza della velocità del compressore sulle prestazioni, è più appropriato il diagramma in Figura 12. In questo caso la velocità del compressore è rappresentata sull'asse orizzontale. Con l'aumentare della velocità, il consumo di energia elettrica aumenta in modo approssimativamente lineare. Anche la potenza di riscaldamento aumenta in modo approssimativamente lineare. Inoltre, viene tracciata la curva COP in funzione della velocità. Poiché le moderne pompe di calore con inverter sono dotate di compressori ottimizzati per il carico parziale, il COP è ottimale a una velocità relativamente bassa. La progettazione viene eseguita per determinate temperature nominali, che devono essere specificate nei diagrammi del produttore (ad esempio, B0/W35 per una pompa di calore salamoia/acqua). Alla temperatura di dimensionamento, il fabbisogno di riscaldamento $Q^*_{\text{Fabbisogno}}$ coincide alla corrispondente potenza termica Q^*_R della pompa di calore, che determina la velocità nel punto di progetto. Quando il fabbisogno diminuisce, la velocità si riduce. Al di sotto di un valore minimo (Min), il compressore diventa inefficiente passando ad un funzionamento intermittente. Una pompa di calore a velocità variabile non dovrebbe essere troppo sovradimensionata. In caso contrario, durante le stagioni intermedie il funzionamento sarà spesso intermittente e inefficiente.

Per l'ottimizzazione dell'autoconsumo, si sfrutta il fatto che la pompa di calore funziona spesso a bassa velocità durante la mezza stagione. Aumentando la velocità in modo variabile, la potenza può essere aumentata in modo mirato, questo significa che la produzione fotovoltaica può essere "seguita" meglio che con le pompe di calore on/off. Tuttavia, va notato che il compressore ha una durata limitata con basse o molto elevate velocità. Questo è dovuto a una scarsa lubrificazione o a un surriscaldamento. In alcuni casi, alcune velocità possono anche causare risonanze indesiderate. Per questo motivo, raramente la velocità nei sistemi odierni può essere impostata direttamente dall'esterno. Alcuni produttori consentono degli interventi limitati (ad esempio, solo in modalità acqua calda sanitaria). Tuttavia, è sempre possibile influenzare indirettamente la velocità modificando le

temperature di riferimento (setpoint). Va notato che l'ottimizzazione dell'autoconsumo deve sempre partire da una pompa di calore correttamente impostata. L'aumento della velocità al di sopra del COP ottimale comporta un peggioramento dell'efficienza, motivo per cui questa operazione può essere effettuata solo in presenza di un eccesso di produzione di elettricità fotovoltaica. Inoltre, per motivi di durata, l'incremento forzato della velocità non deve essere mantenuto a lungo.

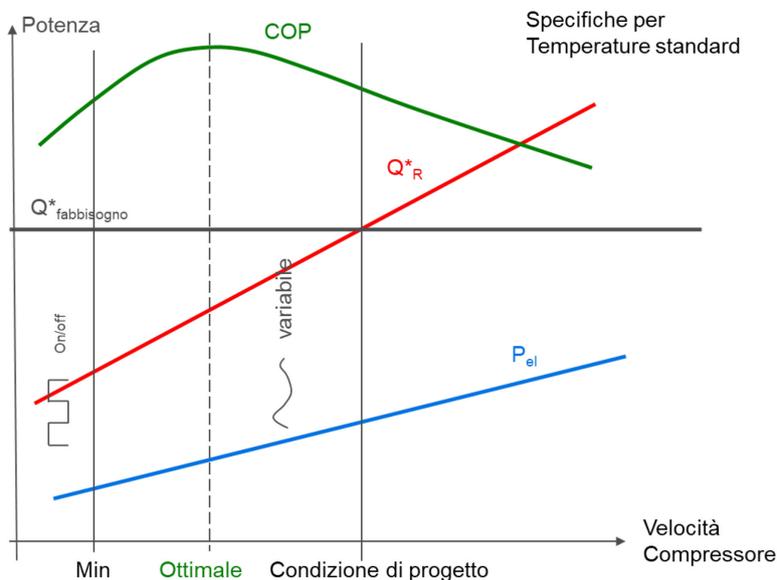


Figura 12 : Curve caratteristiche di una pompa di calore modulante in funzione della velocità del compressore (in rosso potenza termica Q^*_R , in blu consumo di energia elettrica P_{el} , in verde COP a carico parziale)

In sintesi, le seguenti variabili possono essere influenzate nel funzionamento ottimizzato con il fotovoltaico:

- **Temperatura nominale:** La temperatura nominale può essere aumentata spostando leggermente la "curva di riscaldamento" (vedi sezione 5.1). Questo aumenta anche la velocità e il consumo di energia elettrica P_{el} della pompa di calore. Questo permette di influenzare indirettamente il consumo di energia elettrica, consentendo di adeguare meglio la produzione fotovoltaica rispetto ai sistemi on/off.
- **Velocità del compressore:** se il produttore consente di impostare la velocità del compressore, questa può essere variata direttamente nella modalità prevista (ad es. produzione di acqua calda). Ciò consente un coordinamento ancora migliore con la produzione fotovoltaica. Tuttavia, è necessario tenere presente la durata di vita della pompa di calore.

Per i controlli descritti, è indispensabile scegliere un energy manager, abbinato al produttore di PdC e testato in precedenza.

La Figura 13 illustra il funzionamento variabile della pompa di calore nell'arco di una giornata per diverse stagioni. Qui si considera solo il consumo di energia elettrica della pompa di calore insieme alla produzione fotovoltaica. A seconda della stagione, emergono i seguenti modelli:

- **Estate:** la pompa di calore produce solo acqua calda sanitaria. Nel funzionamento ottimizzato con il fotovoltaico, l'acqua calda viene prodotta durante il giorno nei momenti di massima produzione. Con alcuni produttori è possibile influenzare la velocità del compressore in modalità acqua calda, questo consente di regolare il livello di potenza in base alla produzione fotovoltaica (ad esempio, in una giornata nuvolosa).
- **Stagione intermedia (primavera/autunno):** La pompa di calore produce acqua calda sanitaria e riscalda l'edificio. In questo caso è chiaramente visibile il funzionamento a potenza variabile in modalità riscaldamento. La potenza elettrica in ingresso dipende dalla temperatura esterna attraverso la curva di riscaldamento. Tuttavia, al contrario delle pompe di calore on/off, è possibile la modulazione della potenza in funzione del fabbisogno. A causa dell'ottimizzazione del fotovoltaico, l'accumulatore tampone viene sovraccaricato durante il giorno, con conseguente aumento del consumo di energia. Se la riserva di energia nell'accumulatore tampone è sufficiente, la sera il riscaldamento non è più necessario. Questo effetto aumenta ulteriormente quando si accumula energia nella massa dell'edificio. Opzionalmente, la curva di consumo della pompa di calore durante il periodo di funzionamento può essere ulteriormente ridotta abbassando la temperatura di mandata durante la notte.
- **Inverno:** La pompa di calore produce acqua calda sanitaria e riscalda l'edificio. Il riscaldamento richiede più energia a causa delle temperature esterne più basse. Il coordinamento con la produzione fotovoltaica è possibile solo in misura limitata e la quantità di energia prelevata dalla rete aumenta. Pertanto, nel caso invernale, l'attenzione è rivolta all'efficienza del sistema. In questo caso, i sistemi con modulazione della potenza (inverter) hanno un vantaggio fondamentale, ma solo se sono impostati correttamente.

Nel complesso, il consumo di energia elettrica delle **pompe di calore a inverter** può essere **meglio adattato alla produzione fotovoltaica**. Tuttavia, anche in questo caso esistono dei limiti fisici, giustificati dal principio dello sfasamento tra produzione e consumo nel corso della stagione.

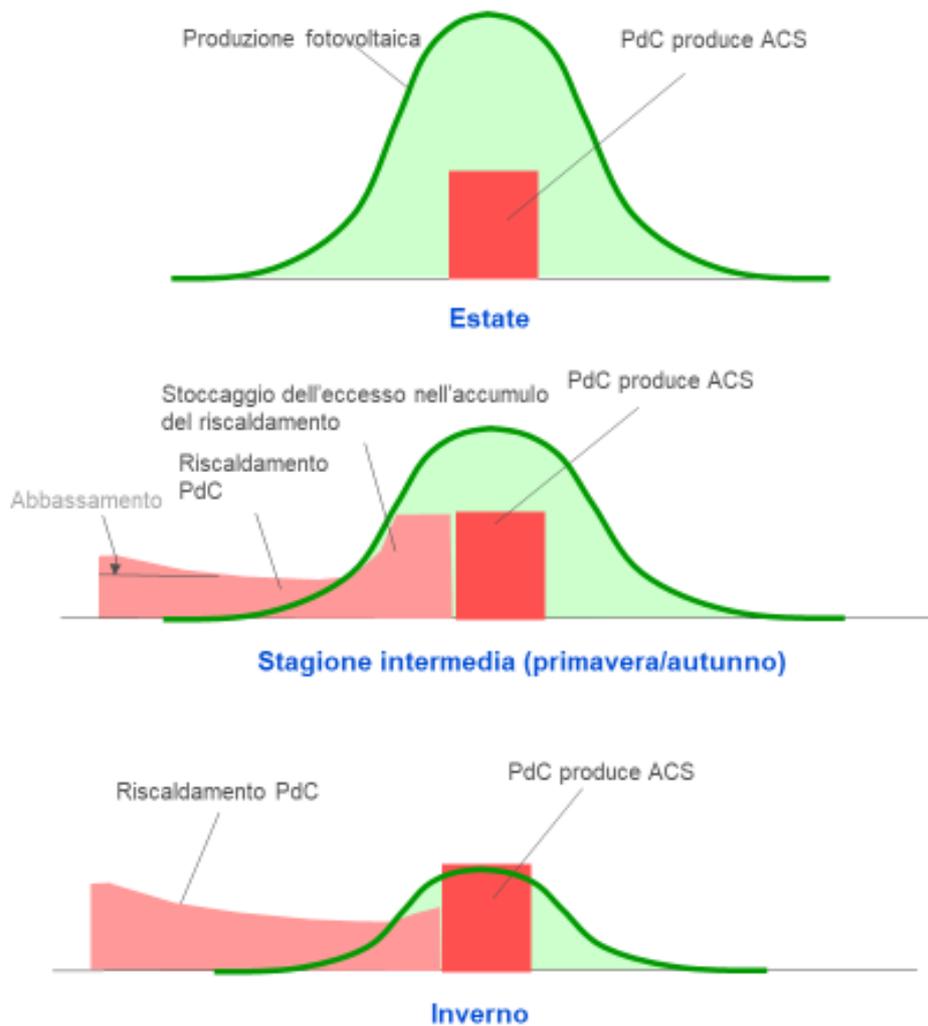


Figura 13 : Funzionamento giornaliero di una pompa di calore modulante nelle diverse stagioni

5.3 Produzione di acqua calda sanitaria durante il giorno

Diverse indagini su edifici reali hanno dimostrato che il metodo più semplice per aumentare la copertura solare per quanto riguarda l'acqua calda sanitaria consiste nell'impostare una finestra di carico fissa durante il giorno. Questo è mostrato in Figura 14. Per motivi di efficienza, la produzione dell'acqua calda sanitaria dovrebbe avvenire principalmente tramite la pompa di calore. La finestra temporale per il caricamento dell'acqua calda è impostata in modo da corrispondere quanto più possibile alla curva di potenza della produzione fotovoltaica su una media annuale (linea verde tratteggiata). Inoltre, dovrebbe svolgersi nel pomeriggio, dato che il riscaldamento è previsto principalmente al mattino. Il terzo aspetto è che l'acqua calda non dovrebbe essere prodotta durante il mezzogiorno, poiché in questo periodo le altre utenze domestiche assorbono molta elettricità. In questo esempio, la ricarica è stata impostata dalle 13:00 alle 15:00. È inoltre importante assicurarsi che la finestra di carica sia sufficientemente lunga da consentire il raggiungimento della temperatura nominale desiderata (setpoint). La finestra di carica viene programmata tramite il regolatore della pompa di calore.

Le raccomandazioni per il caricamento dell'acqua calda variano a seconda della situazione iniziale:

- La pompa di calore raggiunge la temperatura nell'accumulatore richiesta per motivi igienici secondo la norma SIA 385/1 (di solito 55 o 60 °C) e l'accumulo di acqua calda sanitaria è sufficientemente grande da coprire il fabbisogno con una carica giornaliera → In questo caso, l'acqua calda viene riscaldata esclusivamente con la pompa di calore e *non* deve essere utilizzato *alcun* altro input elettrico.
- La pompa di calore raggiunge la temperatura nell'accumulatore necessaria per motivi igienici secondo la norma SIA 385/1 (di solito 55 o 60 °C), ma l'accumulatore di acqua calda sanitaria *non* è sufficientemente capiente per coprire il fabbisogno con una carica giornaliera → In questo caso, si può utilizzare la resistenza elettrica per aumentare leggermente la temperatura dell'acqua calda, in modo da non dover utilizzare la rete elettrica durante la notte. Tuttavia, è necessario assicurarsi che la resistenza elettrica si accenda solo dopo la pompa di calore, in modo che quest'ultima effettui prioritariamente il riscaldamento dell'acqua calda. La resistenza elettrica può essere accesa solo quando c'è un'eccedenza di FV. Questa relazione è mostrata nella Figura 14.
- La pompa di calore raggiunge nell'accumulo una temperatura inferiore a quella richiesta per motivi igienici secondo la norma SIA 385/1 (di solito 55 o 60 °C) → In questo caso, è possibile utilizzare la resistenza elettrica per aumentare la temperatura dell'acqua calda fino alla temperatura richiesta. Tuttavia, è necessario assicurarsi che la resistenza elettrica si accenda solo dopo la pompa di calore, in modo che quest'ultima effettui prioritariamente il riscaldamento dell'acqua calda. L'attivazione avviene principalmente quando c'è un'eccedenza di FV o quando la tariffa di rete è bassa e al di fuori dei periodi di alto carico della rete elettrica.

In caso di utilizzo di resistenze elettriche e di temperature superiori a 60°C, è necessario installare anche una protezione contro le scottature; inoltre aumenta anche il rischio di calcificazione.

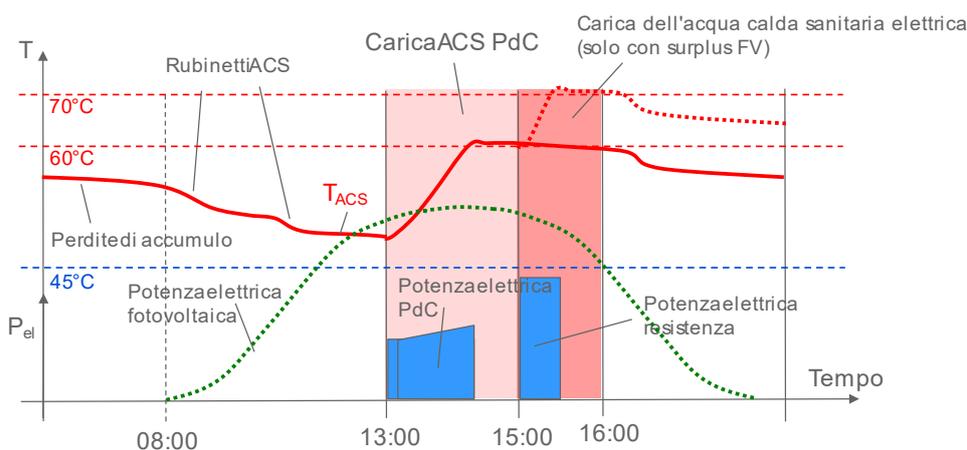


Figura 14 : Carica dell'acqua calda durante il giorno con pompa di calore, in casi eccezionali con uso elettrico (T_{ACS} = temperatura dell'acqua calda nell'accumulatore, P_{el} = potenza elettrica)

Va notato che le perdite di accumulo aumentano alle alte temperature. Anche i sistemi di circolazione dell'acqua causano perdite aggiuntive, che possono portare alla carica al di fuori dei tempi di produzione del fotovoltaico. Se possibile, i sistemi di circolazione nelle case monofamiliari

dovrebbero essere spenti al di fuori degli orari di richiesta dell'acqua calda sanitaria. Per le case plurifamiliari, i sistemi di circolazione o gli impianti di riscaldamento esistenti devono essere gestiti senza interruzioni per motivi igienici (vedi SIA 385/1).

Alcune aziende elettriche possono programmare la finestra di carica in base alla produzione fotovoltaica o impostare in modo variabile il livello di setpoint dell'acqua calda sanitaria. Inoltre, i singoli produttori di PdC consentono di impostare la potenza variabile tramite la velocità del compressore della pompa di calore. Ciò consente un coordinamento ancora migliore con la produzione fotovoltaica.

5.4 Riscaldamento: riduzione notturna e aumento diurno

Con una programmazione mirata della fase di riscaldamento tramite la centralina della pompa di calore, è possibile influenzare anche l'autoconsumo. A differenza del precedente "abbassamento notturno", ora si usa il termine "aumento diurno" per ottimizzare l'autoconsumo. Le differenze sono spiegate di seguito.

La Figura 15 mostra la situazione di un classico abbassamento notturno, come veniva utilizzato in passato per ridurre durante la notte il consumo energetico di edifici scarsamente isolati. L'immagine mostra un andamento tipico delle temperature con una curva di riscaldamento tipica (la temperatura di mandata dipende dalla temperatura esterna). In questo caso, la temperatura di mandata viene intenzionalmente ridotta durante la fase abbassamento notturno. Questo comporta una fase di riscaldamento al mattino (rilancio mattutino), che avviene proprio nel momento in cui la pompa di calore lavora in modo più inefficiente. Questo è il caso soprattutto delle pompe di calore aria-acqua, che al mattino hanno la temperatura esterna più bassa come sorgente di calore (con la temperatura di mandata più alta), con conseguente minore rendimento (COP). Con le pompe di calore salamoia/acqua, l'effetto negativo è leggermente inferiore, poiché la temperatura della sorgente di calore è costante, ma anche in questo caso si nota una riduzione del COP a causa della temperatura di mandata più elevata. Per questo motivo, l'abbassamento notturno non è generalmente più raccomandato negli edifici moderni e ben isolati.

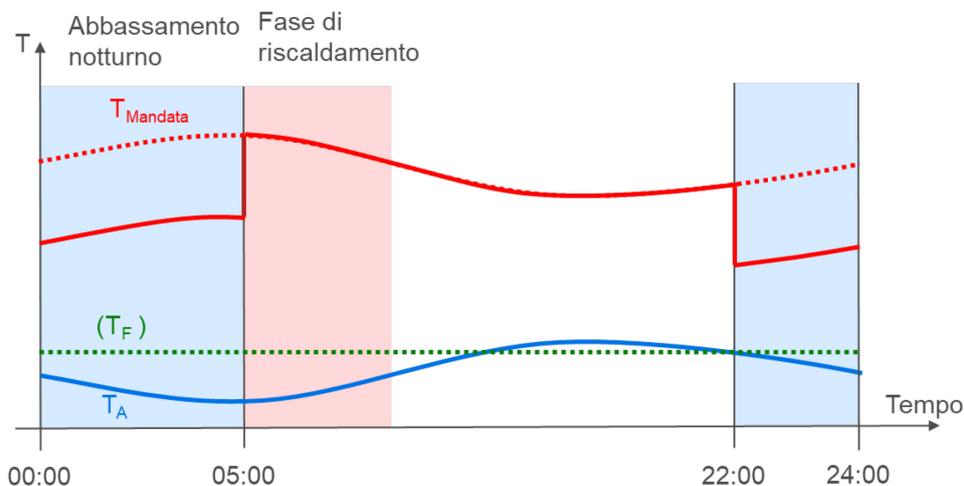


Figura 15 : Curve di temperatura con riduzione notturna ($T_{Mandata}$ = temperatura di mandata, T_A = temperatura aria esterna, T_F = temperatura della fonte per PdC salamoia/acqua)

La riduzione notturna *non deve essere* utilizzata per aumentare l'autoconsumo delle pompe di calore. Questo perché la perdita di efficienza non è compensata dal leggero aumento dell'autoconsumo (spostando gli orari di funzionamento al giorno). Inoltre, durante la fase di riscaldamento, l'elettricità deve essere prelevata completamente dalla rete, poiché in questo momento l'impianto fotovoltaico non produce praticamente nulla.

Inoltre, non è consigliabile spegnere completamente la pompa di calore durante la notte. Questo può persino portare a una perdita di comfort a causa dell'elevata inerzia degli edifici. Inoltre, ciò richiederebbe un sovradimensionamento della pompa di calore e una curva di riscaldamento troppo alta, poiché il riscaldamento avviene solo in una frazione delle 24 ore della giornata.

Come alternativa per un'efficiente ottimizzazione dell'autoconsumo, si raccomanda il potenziamento diurno, come mostrato nella Figura 16. In base alla curva di riscaldamento impostata in modo ottimale, la temperatura di mandata viene leggermente aumentata durante il giorno. Per non peggiorare l'efficienza complessiva, l'impostazione di base della curva di riscaldamento viene leggermente abbassata. In questo modo, il funzionamento della pompa di calore viene spostato nella fascia oraria diurna, dove funziona in modo efficiente e può utilizzare l'elettricità prodotta dall'impianto fotovoltaico. Soprattutto con le pompe di calore aria-acqua, un aumento diurno ha senso nei periodi di temperature esterne elevate per aumentare il COP.

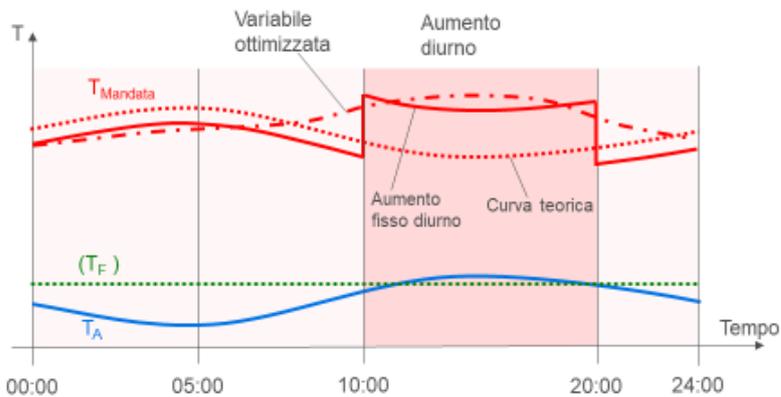


Figura 16 : Curve di temperatura con aumento diurno

Per impostare l'aumento diurno, è necessario osservare una curva tipica della temperatura esterna. In genere, la temperatura esterna aumenta notevolmente poche ore dopo l'alba. L'ora di inizio dell'aumento diurno può essere impostata, ad esempio, alle ore 10:00. La sera le temperature esterne rimangono elevate più a lungo, per poi calare bruscamente dopo il tramonto. L'ora di fine può essere impostata alle 20:00, ad esempio.

L'aumento diurno può essere facilmente programmato in qualsiasi regolatore standard delle pompe di calore. Può anche essere combinata con un controllo intelligente tramite un energy manager, che adatta in modo variabile il tempo e la quantità dell'aumento diurno alla produzione fotovoltaica.

Come ulteriore ottimizzazione, è possibile prendere in considerazione la situazione tariffaria, come mostrato in Figura 17. Oggi i costi dell'elettricità sono (ancora) addebitati secondo orari fissi. Di giorno si applica la tariffa alta, di notte la tariffa bassa. Questo aspetto può essere preso in considerazione nell'ottimizzazione per ridurre i costi dell'elettricità, soprattutto nei mesi invernali. La tariffa alta viene ridotta in modo mirato. Grazie a un sistema di controllo intelligente, anche in questo caso è possibile ottimizzare le variabili. Tuttavia, è importante che la curva di riscaldamento non venga aumentata nella tariffa bassa (per motivi di efficienza). I serbatoi di accumulo o simili non devono essere caricati quando si preleva dalla rete a tariffa bassa.

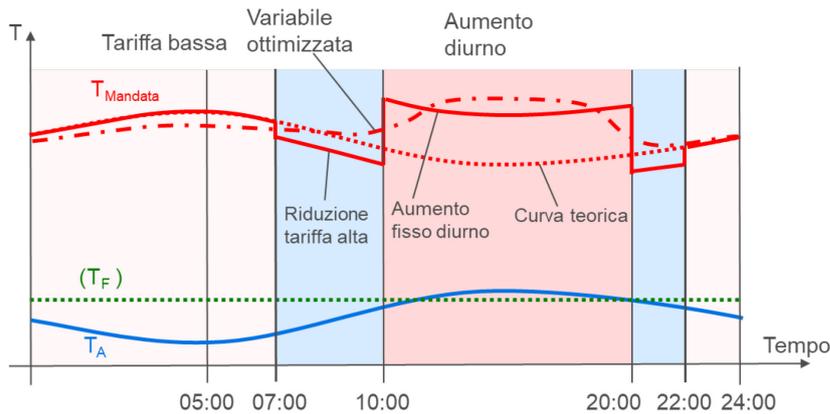


Figura 17 : Curve di temperatura con aumento diurno e considerazione della tariffa elettrica

In futuro, questa rigida situazione tariffaria probabilmente scomparirà. La tariffa bassa è già stata aumentata dalla maggior parte delle aziende che forniscono energia elettrica. Inoltre, i prezzi dell'elettricità scenderanno durante il giorno, quando c'è una forte produzione fotovoltaica ed eolica. Questo può portare a tariffe dinamiche con un prezzo dell'elettricità variabile. I gestori energetici intelligenti possono già oggi gestire tali sistemi tariffari [MÖRIKEN 2020].

5.5 Funzione di raffreddamento

Per il raffreddamento, occorre distinguere tra le due varianti seguenti:

- **Raffreddamento attivo attraverso l'inversione del processo.** Il compressore funziona, ma il circuito di raffreddamento funziona al contrario, in modo da estrarre il calore dall'edificio e fornirlo all'ambiente. Il raffreddamento attivo o la climatizzazione degli edifici richiede molta energia e, nella situazione attuale in Svizzera, è sconsigliato per gli edifici con carichi interni moderati (edifici residenziali). Ma è chiaro che il raffreddamento attivo può essere realizzato con l'elettricità fotovoltaica se comunque previsto. La simultaneità della produzione fotovoltaica e della richiesta di raffreddamento nei mesi estivi è il motivo per cui l'ottimizzazione del fotovoltaico è facilmente realizzabile in questi casi.
- **Raffreddamento passivo tramite sonde geotermiche ("natural cooling" o "geocooling").** In questo caso, il compressore non funziona. C'è solo uno scambio di calore tra l'edificio e le sonde geotermiche. A questo scopo, funzionano solo le pompe di circolazione e il circuito di riscaldamento è collegato al circuito della sonda tramite uno scambiatore di calore. Ciò consente di raffreddare leggermente l'edificio durante le giornate

calde (riduzione della temperatura ambiente da 2 a 3 K). Come effetto collaterale positivo, le sonde si rigenerano in estate. Tuttavia, il raffreddamento passivo non è interessante per l'ottimizzazione del fotovoltaico, poiché qui sono in funzione solo pompe di circolazione a basso consumo energetico.

Per la corretta progettazione e il funzionamento dei sistemi di raffreddamento, consultare i prospetti [KFB 2021] e [GCL 2021] o [GCLB 2021].

6 Interfacce

In linea di principio, le pompe di calore possono essere integrate attraverso varie interfacce. La tabella seguente fornisce una breve panoramica:

Interfaccia	Vantaggi	Svantaggi
Ingresso di blocco AAE	Disponibile in ogni PdC.	La PdC può essere solo bloccata, è necessario un controllo del comfort.
SG-Ready (SG-R)	Controllo relativamente semplice in 4 fasi, standard tedesco secondo bwp (Bundesverband Wärmepumpe Deutschland), ampiamente utilizzato.	Vantaggioso solo con le impostazioni ottimali dalla parte PdC
Ingresso FV	Controllo semplice con 1 stadio aumentato per il funzionamento del fotovoltaico, ampiamente utilizzato	Solo 1 livello rialzato. Non supportato da tutti i produttori.
Modbus / IP	Controllo flessibile con setpoint variabili.	Soluzioni specifiche dei diversi produttori.
SmartGridready (SGr)	Futuro standard per il controllo intelligente.	I primi dispositivi non saranno disponibili prima del 2021.

6.1 Integrazione tramite interfaccia SG-Ready

Le moderne pompe di calore sono oggi dotate di un'interfaccia SG-Ready®, definita dall'Associazione tedesca delle pompe di calore (bwp) nel 2013 [SG-R 2013]. Questa interfaccia è già installata o può essere equipaggiata come opzione. Al momento dell'acquisto della pompa di calore, è necessario assicurarsi che sia presente l'etichetta SG-Ready e che sia installata l'opzione corrispondente (Figura 18).



Figura 18 : Etichetta SG-Ready di bwp.

L'interfaccia SG-Ready è stata originariamente sviluppata in Germania con l'obiettivo principale di sgravare la rete elettrica. Attraverso l'interfaccia, le aziende fornitrici di energia elettrica dovrebbero

essere in grado di utilizzare le pompe di calore per la gestione del carico della rete. A tal fine, sono stati definiti i seguenti 4 stati:

- **Stato di funzionamento 1 "Blocco"** (soluzione terminale 1:0). Blocco "rigido" della pompa di calore, stessa funzione del precedente "blocco AAE".
- **Stato di funzionamento 2 "Abilitazione"** (soluzione terminale 0:0). Funzionamento normale della pompa di calore, stessa funzione del precedente "sblocco AAE".
- **Stato di funzionamento 3 "Richiesto"** (soluzione terminale 0:1). "Funzionamento potenziato" per il riscaldamento degli ambienti e la preparazione dell'acqua calda, senza comando di avvio fisso, ma solo "raccomandazione di accensione" con sovraccarico.
- **Stato di funzionamento 4 "Forzato"** (soluzione terminale 1:1). Comando di avvio forzato, se possibile, tramite l'attivazione del compressore e/o del riscaldamento elettrico ausiliario. In questo caso, è possibile gestire temperature più elevate negli accumuli termici.

Sebbene l'interfaccia sia stata originariamente sviluppata per le aziende elettriche (soprattutto in Germania), oggi viene utilizzata principalmente per l'ottimizzazione dell'autoconsumo. In questo caso, gli stati di funzionamento possono essere utilizzati per portare la pompa di calore a un livello di temperatura più elevato o per farla accendere quando la produzione fotovoltaica locale è sufficiente.

La Figura 19 mostra il principio di integrazione attraverso un energy manager che controlla la pompa di calore tramite l'interfaccia SG-Ready. Vengono utilizzati due terminali, ciascuno dei quali è controllato da un contatto a potenziale zero. Come interfaccia alternativa, il Modbus® può essere utilizzato anche con le moderne pompe di calore per commutare gli stati di funzionamento in modo digitale. In questo caso, la comunicazione con la pompa di calore avviene tramite LAN.

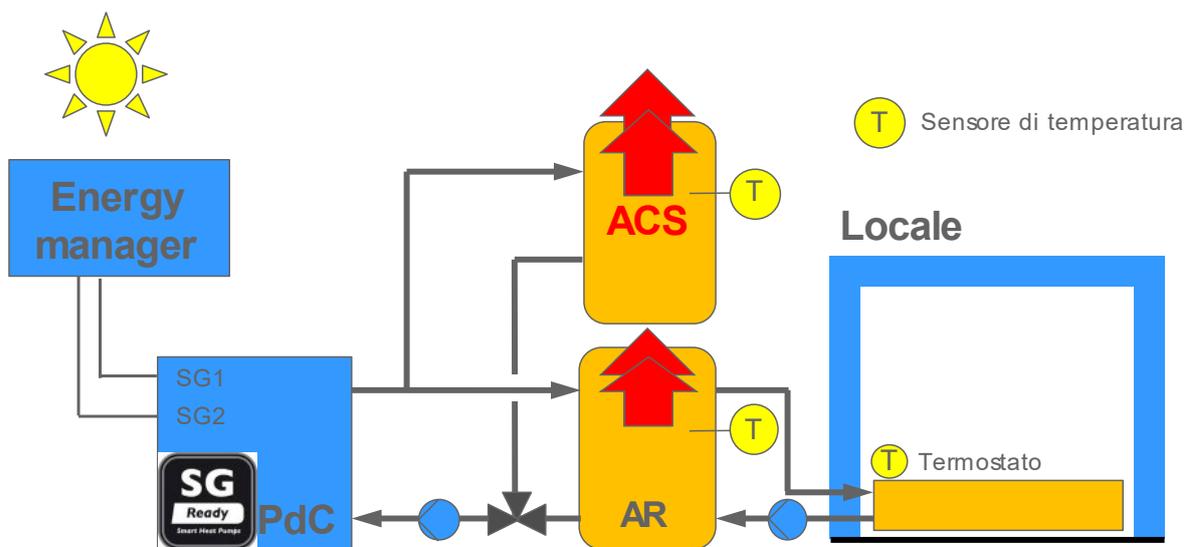


Figura 19 : Integrazione di una pompa di calore (PdC) tramite l'interfaccia SG-Ready (AR = accumulatore riscaldamento, ACS = accumulatore acqua calda sanitaria, SG1 = contatto SG-Ready 1, SG2 = contatto SG-Ready 2).

L'effetto sulle temperature durante l'ottimizzazione del fotovoltaico è indicato con le frecce. Le frecce rosse indicano un aumento della temperatura dei due accumulatori del sistema. In questo modo, sia l'accumulatore di acqua calda (ACS) che l'accumulatore di riscaldamento (AR) possono essere aumentati in modo mirato in caso di surplus elettrico da FV. L'aumento avviene gradualmente in base allo stato di funzionamento 3 o 4. Un aumento della temperatura dell'edificio non è generalmente possibile con questa soluzione "standard", poiché i termostati nelle stanze determinano la temperatura di ritorno. Poiché le temperature degli accumulatori vengono aumentate durante la produzione di FV, il coefficiente di lavoro annuo della pompa di calore è leggermente ridotto. Tuttavia, un aumento può avvenire solo in presenza di un'effettiva eccedenza elettrica da FV.

6.1.1 Durante l'installazione e la messa in funzione è necessario osservare i seguenti punti:

- È obbligatorio installare una valvola miscelatrice dopo l'accumulatore di riscaldamento per consentire l'aumento della temperatura di accumulo durante la produzione di FV (vedi schema in Figura 5).
- I terminali (SG1, SG2) devono essere collegati correttamente. Se sono collegati in modo errato, il funzionamento potrebbe essere compromesso o potrebbero essere controllati gli stadi sbagliati.
- L'interfaccia SG-Ready non è compatibile con il blocco AAE, comune in Svizzera. Pertanto, è necessario chiarire con l'azienda elettrica se rinuncia al blocco della pompa di calore (cosa che di solito avviene con i sistemi ottimizzati per l'autoconsumo). In caso contrario, è necessario implementare un circuito elettrico corrispondente che garantisca il blocco. Alcune pompe di calore forniscono anche un ingresso di blocco AAE aggiuntivo, che può essere utilizzato.
- L'innalzamento dei livelli di temperatura negli accumulatori idraulici deve essere definito in modo appropriato per la pompa di calore: devono infatti essere rispettati i limiti di funzionamento della pompa di calore (vedere le check-list nelle sezioni 9.3 e 9.4).
- Il caricamento dell'acqua calda sanitaria deve essere programmato giornalmente. Secondo la nuova norma sull'acqua calda [SIA 385/1], la temperatura nell'accumulatore dell'acqua calda sanitaria deve raggiungere i 55 °C o i 60 °C, a seconda dei casi, e deve essere in grado di mantenere questa temperatura anche all'uscita dell'acqua calda per la maggior parte della giornata.
- Il funzionamento con resistenze elettriche o altri riscaldatori elettrici diretti per l'acqua calda è sconsigliato se la pompa di calore raggiunge i 60°C nell'accumulo (cosa generalmente possibile con le macchine attuali).
- Le soglie di commutazione per l'attivazione degli stati di funzionamento aumentati 3 e 4 devono essere configurate correttamente nella pagina dell'energy manager, in modo che vengano attivate solo in caso di effettivo surplus solare. Non è consentito il funzionamento con corrente prelevata dalla rete elettrica. Per la corretta impostazione, consultare le check-list in allegato.

- È inoltre necessario assicurarsi che l'energy manager non entri involontariamente nello stato di funzionamento 1 (blocco), poiché ciò potrebbe comportare una riduzione del comfort. Questo obiettivo può essere raggiunto solo se viene implementato un corrispondente monitoraggio della temperatura ambiente.
- L'intero sistema, composto dall'energy manager e dalla pompa di calore, deve essere testato durante la messa in funzione. È necessario avvicinarsi a tutti gli stati di funzionamento da 1 a 4 e verificare la corretta funzionalità della pompa di calore. Vedere le check-list in allegato.

Si noti che l'impostazione dei parametri per SG-Ready® sul lato pompa di calore può variare a seconda del produttore. Inoltre, l'effetto non sempre corrisponde allo standard. Le impostazioni devono quindi essere effettuate e ottimizzate con urgenza insieme al produttore. Nella maggior parte dei casi, lasciare le impostazioni di base non è sufficiente.

Si raccomanda inoltre di effettuare un controllo di verifica dopo alcune settimane di funzionamento con un'ottimizzazione delle impostazioni (→ *"Check-list di verifica" nell'Allegato III, Capitolo 10*).

6.2 Integrazione tramite ingresso FV

In alternativa all'interfaccia SG-Ready® si possono utilizzare anche le cosiddette "interfacce FV" o "ingressi FV", a condizione che il produttore ne metta una a disposizione. Il vantaggio di questa interfaccia è l'attenzione all'ottimizzazione del fotovoltaico. In questo modo è possibile un semplice controllo tramite un comando a relè. Anche la combinazione con un eventuale blocco AAE secondo lo standard CH è molto più semplice che con SG-Ready® (standard tedesco).

In sostanza, tramite l'ingresso FV è possibile controllare due stati:

- **Stato di funzionamento 1 "Normale"** (relè aperto = 0). Funzionamento normale della pompa di calore.
- **Stato di funzionamento 2 "Funzionamento FV"** (relè chiuso = 1). Aumento del funzionamento della pompa di calore.

La Figura 20 mostra il principio dell'integrazione attraverso un energy manager, che controlla la pompa di calore tramite l'interfaccia fotovoltaica. In questo caso si utilizza un morsetto, che viene controllato tramite un contatto a potenziale zero e che può avere il valore 0 o 1. Il blocco AAE esistente può ancora essere utilizzato se il fornitore di energia lo richiede.

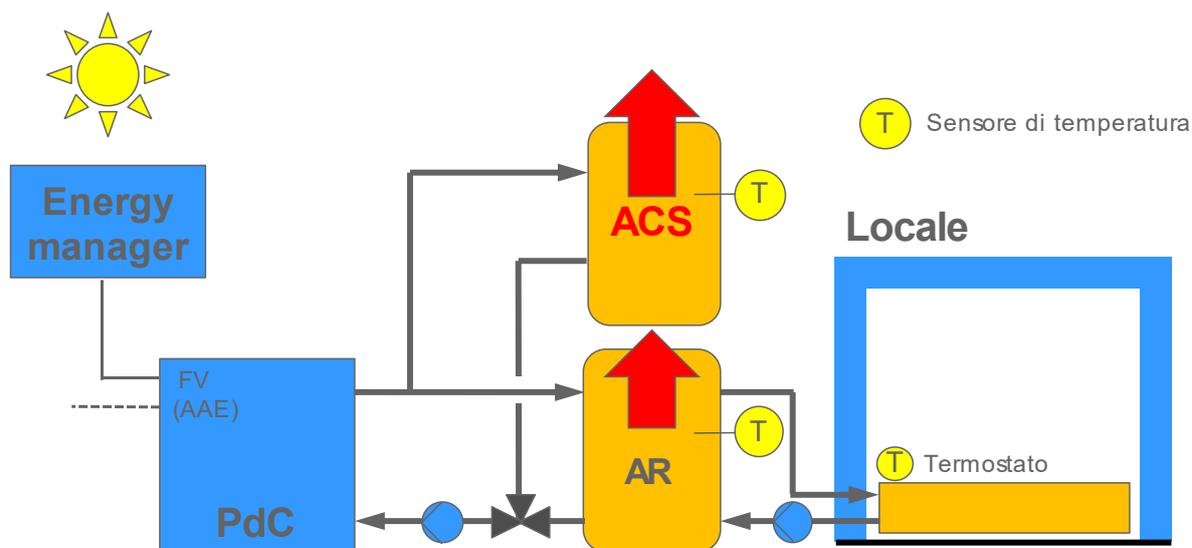


Figura 20 : Integrazione di una pompa di calore (PdC) tramite l'interfaccia FV e il blocco AAE opzionale (AR = accumulatore riscaldamento, ACS = accumulatore acqua calda sanitaria, FV = ingresso FV, AAE = ingresso blocco AAE).

Per la configurazione, si devono osservare gli stessi punti della sezione 6.1.1.

6.3 Integrazione tramite Modbus (TCP)

L'integrazione di gran lunga più semplice di una pompa di calore per il cliente e l'installatore avviene tramite interfacce intelligenti. La pompa di calore viene quindi collegata all'energy manager tramite un cavo di rete (LAN) (Figura 21). Oggi il protocollo di comunicazione più utilizzato è il Modbus® TCP. Il gestore dell'energia può scambiare una serie di dati con la pompa di calore tramite l'interfaccia intelligente. Ad esempio, le temperature di setpoint possono essere modificate per i diversi accumulatori. L'energy manager può aumentare selettivamente le temperature in caso di eccedenza di FV e poi abbassarle di nuovo. Ciò consente un'integrazione ottimale, particolarmente vantaggiosa per le pompe di calore a inverter con modulazione della potenza. Con alcuni produttori è persino possibile gestire la velocità del compressore, che consente di seguire ancora meglio la curva di produzione elettrica da FV. Tuttavia, ci sono dei limiti legati alla durata di vita.

Il grande vantaggio dell'integrazione intelligente è la possibilità di utilizzare l'edificio come stoccaggio termico. Per questo, tuttavia, l'energy manager deve supportare la cosiddetta "gestione termica". Ciò significa che monitora costantemente le temperature ambiente e ottimizza di conseguenza il sistema a pompa di calore. Influenzando la temperatura di mandata e il setpoint della temperatura ambiente, è possibile accumulare più o meno energia termica nell'edificio.

Tuttavia, si tratta di soluzioni specifiche del produttore. Occorre quindi chiarire in anticipo quale tipo di integrazione è supportata dall'energy manager e se è compatibile con la pompa di calore prevista. Si consigliano solo i sistemi che hanno già dimostrato nella pratica il funzionamento di questa combinazione.

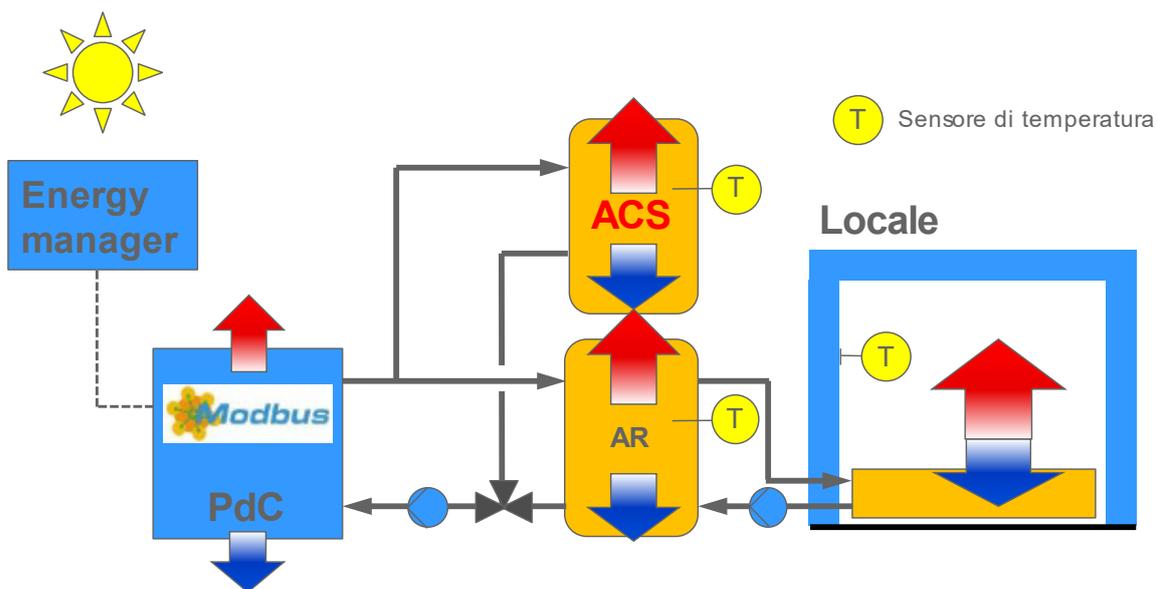


Figura 21 : Integrazione di una pompa di calore tramite un'interfaccia intelligente (Modbus®).

6.3.1 Durante l'installazione e la messa in funzione è necessario osservare i seguenti punti:

- È obbligatorio installare una valvola miscelatrice dopo l'accumulatore di riscaldamento per consentire l'incremento di temperatura durante la produzione di FV (vedi schema in Figura 5). La valvola miscelatrice può anche essere utilizzata per controllare la temperatura di mandata nell'edificio, se l'energy manager dispone di una "gestione termica".
- *Opzionale:* per una completa "gestione termica" dell'edificio, devono essere installati sensori di temperatura ambiente e l'energy manager deve avere accesso a questi dati. Sono vantaggiose le unità di controllo del locale che consentono all'energy manager di influenzare il setpoint (con un'interfaccia corrispondente).
- Nell'edificio deve essere presente una rete LAN attraverso la quale sono collegati l'energy manager e la pompa di calore. Le soluzioni "wireless" (WLAN) non sono consigliate per motivi di affidabilità.
- Qualsiasi blocco della pompa di calore da parte dell'azienda elettrica deve essere chiarito in anticipo. In questo caso, è necessario collegare l'"ingresso di blocco AAE" esistente sul lato della pompa di calore.
- Sul lato della pompa di calore, il protocollo di comunicazione (MODBUS) deve essere configurato correttamente. La versione attuale del protocollo deve essere supportata dall'energy manager. In questo caso è necessario rispettare le liste di compatibilità dei produttori.
- L'intero sistema, composto dall'energy manager e dalla pompa di calore, deve essere testato durante la messa in funzione. La corretta risposta della pompa di calore deve essere verificata sia in modalità riscaldamento che in modalità produzione di acqua calda sanitaria.

Anche in questo caso è assolutamente consigliato un controllo successivo dopo alcune settimane di funzionamento per ottimizzare le impostazioni (→ vedi check-list "controllo successivo" in allegato).

6.4 Soluzione futura tramite interfaccia SmartGridReady

Uno svantaggio dell'integrazione tramite MODBUS® è che i protocolli sono ancora specifici del produttore. Sebbene MODBUS® si sia affermato come "lingua", gli indirizzi e i contenuti dei registri possono variare notevolmente tra i produttori, il che è paragonabile a "dialetti" molto diversi. Di conseguenza, lo sforzo di integrazione da parte dell'energy manager è notevole e solo alcuni produttori di pompe di calore sono supportati. Inoltre, una modifica della versione del protocollo può causare incompatibilità.

Per questi motivi, la standardizzazione è attualmente in corso. A tal fine, nel 2019 è stata fondata in Svizzera l'associazione "SmartGridReady", che si è posta l'obiettivo di definire un primo standard per le pompe di calore e gli energy manager entro il 2021. I produttori che aderiranno allo standard riceveranno l'"etichetta SmartGridReady" come da Figura 22. Questo per garantire che l'integrazione dei sistemi funzioni completamente secondo lo standard specificato.



Figura 22 : Etichetta SmartGridReady (in preparazione).

Le unità con l'etichetta "SmartGridReady" possono essere collegate tra di loro senza alcuno sforzo. In termini di tecnologia di controllo, sono previsti vari livelli che possono essere supportati dai dispositivi [SGr 2018]:

- **Livello 1:** funzionamento On/Off, corrisponde all'attuale ingresso di blocco della AAE.
- **Livello 2:** funzionamento a più stadi, corrispondente allo standard SG-Ready® secondo bwp.
- **Livello 3:** Specifiche continue e statiche (ad es. curve caratteristiche fisse).
- **Livello 4:** Specifiche continue e dinamiche (ad esempio, tariffe variabili o valori target).
- **Livello 5:** Controllo dinamico con retroazione.
- **Livello 6:** Controllo dinamico con feedback e diagnosi.

Le soluzioni presentate nella sezione 6.3 con la preimpostazione variabile dei setpoint di temperatura (e delle velocità) sono standardizzate al livello 4. L'integrazione dell'edificio come accumulatore termico è sostenuta anche a livelli superiori.

La pompa di calore è di solito integrata via LAN come illustrato nella Figura 23. Altrimenti le possibilità sono le stesse descritte nella sezione 6.3.

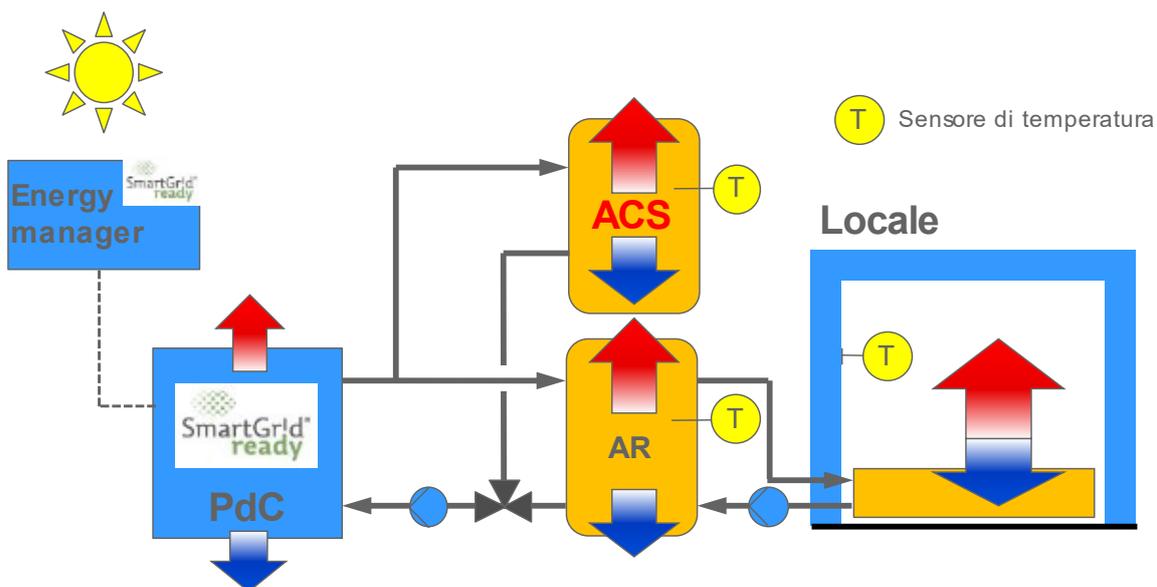


Figura 23 : Integrazione di una pompa di calore tramite un'interfaccia SmartGridReady.

Poiché l'etichetta SmartGridReady era ancora in fase di sviluppo al momento della stesura del rapporto e non c'è ancora un'esperienza pratica, non è possibile formulare raccomandazioni specifiche. In linea di principio, tuttavia, devono essere osservati gli stessi punti della sezione 6.3.1, con la differenza che in questo caso è prevista una semplificazione dei processi attraverso la standardizzazione.

6.5 Retrofitting di pompe di calore più vecchie tramite l'ingresso di blocco AAE

Le pompe di calore di vecchia data non dispongono delle moderne interfacce descritte nelle sezioni precedenti. Nella maggior parte dei casi, non possono essere aggiornate con esse. In questo caso, l'unica interfaccia rimanente è l'ingresso di blocco dell'utenza, che viene utilizzato per bloccare la pompa di calore nei momenti di picco del carico (tipicamente intorno a mezzogiorno e la sera tramite un segnale di controllo dell'ondulazione corrispondente). La stessa interfaccia può essere utilizzata anche per l'ottimizzazione dell'autoconsumo locale. Tuttavia, è necessario tenere in considerazione i seguenti punti:

- Il blocco o l'abilitazione locale della pompa di calore non deve comportare un conflitto con il blocco da parte dell'azienda elettrica. In genere è facile ottenere questo risultato collegando in serie i due relè di blocco (di utenza e locale). Spesso le aziende elettriche sono anche disposte a rinunciare completamente al blocco della pompa di calore se serve a ottimizzare il funzionamento con elettricità fotovoltaica.
- Per motivi di comfort, la pompa di calore non deve essere spenta per troppo tempo. A seconda dell'edificio e del sistema di distribuzione del calore, già dopo due ore di blocco si notano significative diminuzioni di temperatura negli ambienti. Pertanto, è indispensabile monitorare la temperatura degli ambienti se si verificano tempi di blocco più lunghi.

Una soluzione di retrofit tramite l'ingresso di blocco AAE è illustrata in Figura 24. In questo caso, l'energy manager controlla direttamente l'interfaccia AAE tramite un contatto a potenziale zero. La pompa di calore viene quindi bloccata in caso di bassa produzione fotovoltaica e attivata in caso di alta produzione fotovoltaica o bassa temperatura ambiente. Per mantenere il comfort, la temperatura ambiente deve essere continuamente misurata e monitorata dall'energy manager. Si raccomanda anche una misurazione aggiuntiva della temperatura di accumulo dell'acqua calda sanitaria.

Con questa soluzione, le temperature degli accumulatori vengono volutamente abbassate mentre la pompa di calore è bloccata (frecche blu) e rialzate quando viene sbloccata (frecche rosse). In questo modo si mantiene il livello medio di temperatura. La soluzione è quindi più efficiente rispetto al puro potenziamento dell'accumulo con SG-Ready o con l'apporto del fotovoltaico (sezioni 6.1 e 6.2).

Inoltre, l'edificio può essere utilizzato come stoccaggio termico, abbassando o alzando selettivamente la temperatura ambiente. I tempi di blocco più lunghi durante le fasi di abbassamento riducono anche i cicli della pompa di calore, con un effetto positivo sulla durata di vita.

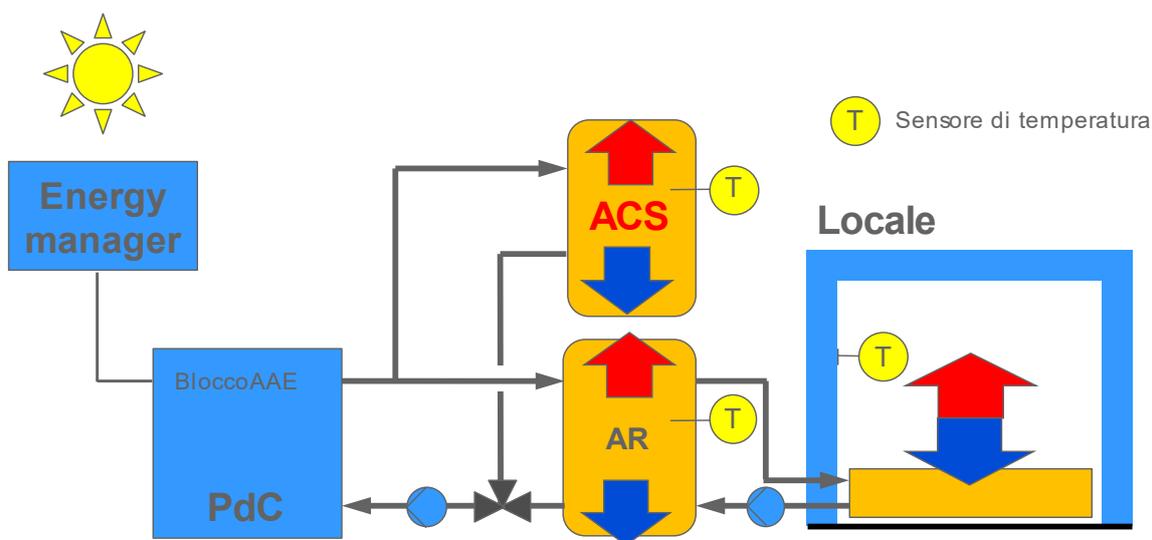


Figura 24 : Integrazione di una pompa di calore tramite l'ingresso di blocco AAE (soluzione retrofit)

Va notato, tuttavia, che solo pochi energy manager presenti sul mercato consentono il monitoraggio della temperatura esterna (la cosiddetta "gestione termica"). Questo punto deve essere chiarito in anticipo con il produttore dell'energy manager.

6.5.1 Durante l'installazione e la messa in funzione è necessario osservare i seguenti punti:

- Nel caso di un "blocco AAE" prescritto dall'azienda elettrica, è necessario chiarire con il fornitore come deve avvenire l'integrazione. Si vedano i commenti precedenti.
- L'uso di un sensore di temperatura ambiente è obbligatorio. Il posizionamento deve essere ottimale, preferibilmente in soggiorno e al riparo dalla luce diretta del sole e da fonti di calore esterne (come le stufe a legna).

- Si raccomanda l'uso di un sensore di temperatura nell'accumulatore dell'acqua calda sanitaria. A tal fine, è necessario disporre di un pozzetto termometrico corrispondente (eventualmente si possono sostituire i sensori di temperatura analogici, utilizzati solo per la visualizzazione). Inoltre, la sonda dell'accumulatore deve essere posizionata nell'area dello scambiatore di calore della PdC o leggermente al di sopra di esso.
- La pompa di calore deve essere configurata in modo tale che il caricamento dell'acqua calda avvenga in linea di principio durante la giornata (tramite un programma orario appropriato, vedere la sezione 5.3). La temperatura di comfort per il riscaldamento può essere leggermente aumentata durante la giornata ("Aumento diurno" secondo la sezione 5.4).
- Se è presente anche una resistenza elettrica, questa deve essere accesa solo in casi eccezionali. Vedere le spiegazioni nella sezione 5.3. Quando si posiziona il sensore dell'accumulatore, è importante assicurarsi che sia posizionato sopra la resistenza elettrica.
- L'intero sistema, composto da energy manager e pompa di calore, deve essere testato durante la messa in funzione. È necessario verificare il corretto funzionamento della pompa di calore per verificarne il blocco e lo sblocco, compresa la produzione di acqua calda sanitaria.

Si rimanda alla check-list "Controllo della messa in funzione e del funzionamento" in allegato, sezione 9.6. Inoltre, si raccomanda vivamente di effettuare un controllo successivo dopo alcune settimane di funzionamento, ottimizzando le impostazioni (vedere la "Check-list di verifica" nell'allegato).

7 Procedura della progettazione

Il diagramma in Figura 25 mostra la procedura base di un progetto. Le singole fasi sono spiegate nelle sezioni seguenti.



Figura 25 : Procedura tipica del progetto

7.1 Progettazione del sistema nel suo complesso

È importante che l'intero sistema, composto da impianto fotovoltaico, pompa di calore ed energy manager, sia preso in considerazione fin dall'inizio del processo di progettazione. I componenti devono essere coordinati e compatibili tra loro. Inoltre, l'adeguamento e l'ottimizzazione necessari del sistema devono essere calcolati nei costi fin dalle prime fasi. I contratti di assistenza per la pompa di calore e l'energy manager sono fortemente raccomandati, anche per gli impianti più piccoli.

La responsabilità della progettazione generale dovrebbe essere affidata a una persona che abbia una visione d'insieme di tutte le aree sopra citate. Questa persona coordina poi i progettisti o gli installatori dei singoli sottosistemi. Questo include le seguenti figure professionali:

- Progettista e installatore di impianti fotovoltaici
- Progettista e installatore elettricista
- Progettista e installatore RCVS
- Fornitore di pompe di calore
- Fornitore dell'energy manager

Tutte le parti coinvolte devono sapere fin dall'inizio che devono coordinare i loro componenti con l'ottimizzazione del fotovoltaico. Naturalmente, ognuna delle figure professionali nell'elenco di cui sopra può occuparsi della progettazione generale, purché abbia una conoscenza sufficiente degli altri sottosistemi.

Nella fase di progettazione devono essere definiti i seguenti punti:

- Progettazione e integrazione dell'impianto fotovoltaico
- Progettazione e integrazione della pompa di calore
- Determinazione dei valori di riferimento da raggiungere in base alla fase preliminare come valori target. I valori di riferimento possono essere calcolati con strumenti di simulazione comuni come [PolySun®] o [PVopti 2018].
- Selezione di un energy manager adeguato. Si fa riferimento alle brochure [EVO 2018] e [EMS 2020] (le ultime versioni possono essere scaricate da internet). Con l'energy manager è necessario prestare attenzione ai seguenti punti:
 - Supporto di standard aperti per consentire una facile sostituzione, indipendentemente dal resto dei componenti.
 - La possibilità di estensione deve essere possibile, ad esempio per integrare successivamente una stazione di ricarica per veicoli elettrici o altre utenze.
 - Assistenza alle procedure di monitoraggio (vedi voce "Monitoraggio").
- Uso mirato dell'accumulatore per l'ottimizzazione del fotovoltaico:
 - Accumulatore di acqua calda sanitaria: funzionamento durante il giorno, deve essere sufficiente per 1 carica al giorno, devono essere raggiunti 60°C anche senza il funzionamento elettrico
 - Accumulatore di riscaldamento: sovradimensionamento raccomandato di 1/3 del volume nominale [WPSM-SP 2018]. Una valvola di miscelazione a valle dell'accumulatore è obbligatoria a causa dell'aumento della temperatura all'interno dell'accumulatore stesso.
 - Utilizzo dell'edificio come stoccaggio: è necessario installare e integrare dei sensori ambiente. L'energy manager deve essere predisposto alla gestione termica attiva, compresa l'integrazione dell'edificio.
- Interfacce necessarie sulle unità:
 - Pompa di calore con etichetta SG-Ready® o SmartGridReady® o interfaccia MODBUS, approvata per l'ottimizzazione del fotovoltaico.
 - Inverter fotovoltaici con interfaccia MODBUS secondo lo standard Sunspec® (lettura dei dati).
 - Gli energy manager con le interfacce presentate precedentemente devono essere compatibili con le connessioni sopraccitate. Soprattutto per l'integrazione MODBUS, assicurarsi che la pompa di calore corrispondente sia supportata e sia stata testata in precedenza.

→ Si veda la "**Check-list per la progettazione**" nell'Allegato I, capitolo 8.

7.1.1 Sistema di monitoraggio e variabili misurate

Un sistema di monitoraggio è fortemente raccomandato per la successiva ottimizzazione operativa. Questo dovrebbe far parte dell'energy manager. Si raccomanda inoltre il monitoraggio secondo le specifiche Minergie [MIN 2017, Allegato C]. Per leggere i punti di misura dalla PdC, è necessaria un'interfaccia moderna come MODBUS® o SmartGridReady®. In caso contrario, è necessario utilizzare sensori esterni.

→ Vedere "**Check-list per la pianificazione**" nell'Allegato I, sezione 8.12 "**Monitoraggio**"

7.2 Installazione di una pompa di calore e di un energy manager

L'installazione della pompa di calore deve essere eseguita secondo gli attuali standard di qualità del modulo di sistema della pompa di calore [WPSM 2021] (impianti fino a 15 kW di potenza termica di riscaldamento) o deve essere soddisfatta la garanzia di prestazione [WP-LG 2020] (impianti a partire da 15 kW di potenza termica).

Per l'installazione dell'energy manager è necessario rispettare le specifiche del produttore. È importante che sia facile sostituire l'energy manager in un secondo momento, perché la durata di vita dei sistemi sul mercato varia notevolmente e i fornitori possono cambiare a causa del mercato ancora giovane.

I moderni energy manager richiedono generalmente una connessione a Internet, che deve essere disponibile nel luogo di installazione. Per motivi di affidabilità, una soluzione cablata (LAN) è preferibile a una soluzione wireless (WLAN). Se i dispositivi controllati sono integrati via IP, si raccomanda l'uso di un router locale (Figura 26). Una sottorete separata rende la connessione dati tra l'energy manager e i dispositivi indipendente dal router di casa. Ciò significa che la connessione dati è sempre garantita anche se il router di casa viene aggiornato o sostituito, ad esempio se si cambia il provider Internet. Inoltre, la sottorete separata è meno sollecitata dagli apparecchi ad alto consumo di dati in ambito amministrativo.

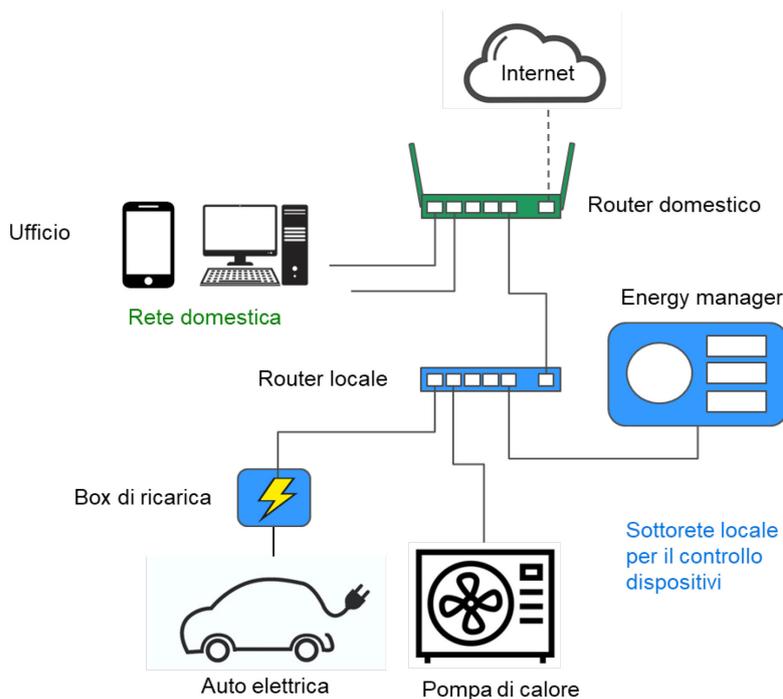


Figura 26 : Topologia di rete con sottorete indipendente per i dispositivi controllati da IP

7.3 Messa in funzione della pompa di calore e dell'energy manager con controllo del funzionamento

La pompa di calore e l'energy manager devono essere messi in funzione secondo le istruzioni del produttore. Per la pompa di calore, fare riferimento alla procedura prevista dal modulo di sistema della pompa di calore [WPSM 2020]. È importante impostare correttamente la curva di riscaldamento e il limite di riscaldamento secondo la norma [SIA 384/1], adattandoli all'edificio.

Un'attenzione particolare deve essere rivolta alla corretta interazione tra la pompa di calore e l'energy manager. Pertanto, è obbligatorio eseguire una configurazione con successivo controllo del funzionamento.

→ Vedere "**Check-list messa in funzione e controllo del funzionamento**", Allegato II, capitolo 9.

Tutte le impostazioni effettuate sul lato della pompa di calore e dell'energy manager devono essere **documentate** e il cliente finale deve essere **istruito** di conseguenza.

7.4 Prima fase operativa senza ottimizzazione del fotovoltaico

Per una nuova installazione, si raccomanda di far funzionare la pompa di calore nella prima fase senza ottimizzazione del fotovoltaico. In questo modo è possibile controllare il corretto funzionamento della pompa di calore e dell'intero sistema idraulico durante il normale funzionamento.

Durante questa fase, le variabili misurate vengono osservate e valutate attraverso il sistema di monitoraggio. Si controlla che le temperature siano mantenute e che i cicli di commutazione

(rapporto tra ore di funzionamento e impulsi) rientrino in un intervallo ragionevole. Inoltre, i valori di riferimento sono registrati in base alla sezione 0 sono registrati e memorizzati come "valori naturali" per il funzionamento senza ottimizzazione FV.

Per accelerare il processo, si può rinunciare alla prima fase operativa senza ottimizzazione del fotovoltaico nelle seguenti situazioni:

- La pompa di calore è già in funzione da almeno una stagione di riscaldamento ed è già stata controllata e regolata in modo ottimale.
- Viene utilizzata una combinazione collaudata di pompa di calore ed energy manager, espressamente riconosciuta dal produttore della pompa di calore per i suoi sistemi.

Nei casi sopra descritti, è possibile procedere direttamente alla seconda fase operativa con l'ottimizzazione del fotovoltaico (sezione 7.6).

7.5 Regolazione delle impostazioni PdC e ottimizzazione con il FV

Secondo il modulo di sistema per pompe di calore, il sistema dovrebbe essere controllato al più tardi dopo 2-3 anni di funzionamento [WPSM-NK 2021]. Tuttavia, si raccomanda un controllo tempestivo, al più tardi dopo la prima stagione di riscaldamento. I parametri della pompa di calore, compresa la curva di riscaldamento, sono impostati in modo ottimale in base al PdC MS. È necessario tenere conto di una priorità di carica giornaliera per l'acqua calda sanitaria.

Ora è possibile **procedere con l'ottimizzazione del fotovoltaico**. Il processo è documentato nelle seguenti check-list:

→ Vedere "**Check-list messa in funzione e controllo del funzionamento**", Allegato II, capitolo 9

A seconda dell'integrazione della pompa di calore, è necessario osservare diversi punti. Le seguenti check-list si applicano alle nuove installazioni:

→ Vedere "**Integrazione della pompa di calore tramite SG-Ready**", Allegato II, Sezione 9.3.

→ Vedere "**Integrazione della pompa di calore attraverso ingresso FV**", Allegato II, Sezione 9.4.

→ Vedere "**Integrazione della pompa di calore tramite interfaccia Modbus / IP**", Allegato II, Sezione 9.5.

La seguente check-list si applica alla riqualifica dei vecchi modelli di pompe di calore:

→ Vedere "**Integrazione della pompa di calore tramite blocco dell'AAE**", Allegato II, Sezione 9.6.

7.6 Seconda fase operativa con ottimizzazione del fotovoltaico

In questa fase l'intero sistema viene gestito con l'ottimizzazione fotovoltaica attiva. In questo modo è possibile verificare il funzionamento desiderato della pompa di calore e delle altre utenze durante il momento di esercizio del fotovoltaico.

Durante questa fase, le variabili misurate vengono osservate e valutate in base a quanto indicato nella sezione 7.1.1. Si controlla se le temperature vengono mantenute anche durante il funzionamento del FV e se i cicli di commutazione rientrano in un intervallo ragionevole. Inoltre, i valori di riferimento secondo la sezione 0 vengono registrati e confrontati con i "valori iniziali" senza ottimizzazione FV della sezione 7.4. Calcolando il rapporto tra i valori di riferimento prima e dopo l'ottimizzazione, è possibile verificare gli effetti dell'energy manager e ottimizzarli se necessario.

7.7 Regolazione delle impostazioni in base al FV

Le impostazioni per l'ottimizzazione in base al FV secondo la sezione 7.5 vengono ricontrollate e, se necessario, regolate.

È necessario verificare le seguenti impostazioni:

- Energy manager: soglie di commutazione per l'attivazione delle azioni in base al funzionamento FV. La pompa di calore dovrebbe funzionare a un livello più intenso solo quando c'è un'effettiva eccedenza di FV.
- Pompa di calore: impostazioni per l'aumento della temperatura dell'accumulatore nei vari livelli di funzionamento, se necessario con impostazione dell'isteresi di commutazione.
- Riscaldatore elettrico: può essere acceso solo in casi eccezionali, vedi sezione 5.3.
- Per ulteriori impostazioni, consultare l'elenco di controllo riportato di seguito.

→ Vedere la "**Check-list di verifica**" nell'*Allegato III*.

7.8 Funzionamento con monitoraggio

A questo punto è possibile avviare il regolare funzionamento del sistema. È importante monitorare costantemente le variabili misurate secondo la sezione 7.1.1 e un controllo almeno annuale dei valori di riferimento secondo la sezione 0. Il sistema deve essere ottimizzato costantemente anche durante il funzionamento. Le funzionalità dell'energy manager servono a questo scopo.

Si raccomanda vivamente di stipulare dei contratti di assistenza per la pompa di calore e per l'energy manager.

8 Allegato I: Check-list per la progettazione

Questa check-list supporta il progettista nella scelta dei componenti e delle interfacce durante la fase di progettazione.

8.1 Dati di installazione

Proprietario: _____

Luogo (indirizzo): _____

Azienda di Approvvigionamento Energetico (AAE):

Progettista/installatore di impianti fotovoltaici:

Progettista/installatore elettricista: _____

Progettista/installatore RCVS: _____

Fornitore pompa di calore: _____

Fornitore energy manager: _____

Data di installazione prevista: _____

Data prevista per la messa in funzione: _____

8.2 Informazioni sull'edificio

Edificio nuovo/edificio esistente

- Nuovo edificio + impianto fotovoltaico + pompa di calore
- Edificio esistente con impianto fotovoltaico, rinnovamento pompa di calore
- Edificio esistente con pompa di calore, rinnovamento fotovoltaico
- Edificio esistente, rinnovamento pompa di calore e FV

Tipo di edificio:

- Casa monofamiliare
- Casa plurifamiliare

Metodo di costruzione:

- Leggero/legno
- Massiccio/pietra

Isolamento:

- Nessuno
- Vecchio edificio risanato

- Nuovo edificio
 Minergie ____ (standard)

Dati dell'edificio:

Numero di piani: _____

Numero di locali: _____

Numero di appartamenti (Casa plurifamiliare): _____

Superficie abitativa totale: _____ m²

Edifici aggiuntivi, ampliamenti, ecc: _____

Dati energetici (stimati)

Fabbisogno termico annuo di riscaldamento (kWh) _____

Fabbisogno termico annuo per ACS (kWh) _____

Consumo annuo di elettricità pompa di calore (kWh) _____

Consumo annuo di elettricità per uso domestico (kWh) _____

Consumo annuo totale di elettricità (kWh) _____ → E_{cons,tot}Consumo annuo totale di elettricità (MWh) _____ → E_{cons,tot,MWh}

8.3 Allacciamento alla rete e contatore

Contatore principale dell'Azienda di Approvvigionamento Energetico (AAE)

- Consumo proprio con 1 contatore AAE bidirezionale nel punto di connessione alla rete
 Immissione in rete con 2 contatori separati per l'immissione e l'acquisto
 → Richiedere all'azienda elettrica la modifica per l'autoconsumo

Altri contatori dell'Azienda di Approvvigionamento Energetico (AAE)

- Contatore di produzione aggiuntivo per l'impianto fotovoltaico
 → Per gli impianti inferiori a 30 kWp, richiedere all'azienda elettrica l'esonero dal contatore di produzione.
 Contatore aggiuntivo per la pompa di calore
 → Per i sistemi di autoconsumo, richiedere all'AAE l'esenzione dal contatore separato

8.4 Impianto fotovoltaico e inverter

Dati dell'impianto fotovoltaicoPotenza di picco del sistema (kWp) → _____ P_{FV,max}

Orientamento e inclinazione dell'impianto: _____

Produzione annuale stimata (kWh) _____

Produttore di inverter / tipo: _____ / _____

Inverter con interfaccia MODBUS: (sì/no) _____

8.5 Pompa di calore

Produttore della pompa di calore / tipo / anno di costruzione:

_____ / _____ / _____

Fonte di calore: Aria Suolo Acqua altro: _____

Valore nominale della potenza di riscaldamento (kW): _____ a condizioni nominali: _____

Potenza elettrica nominale di assorbimento (kW): _____ (a condizioni nominali)

Modulante (sì/no): _____

Integrazione

Una **nuova pompa di calore** deve avere almeno 1 delle seguenti interfacce. In caso contrario, è necessario richiedere al produttore l'opzione corrispondente.

Interfaccia SG-Ready presente

→ Il logo "SG-Ready" deve essere presente e la pompa di calore deve disporre di 2 ingressi speciali a relè tramite i quali è possibile controllare le 4 modalità di funzionamento secondo lo standard SG-Ready [SG-R 2013].



Ingresso FV disponibile

→ La pompa di calore deve disporre di un ingresso relè aggiuntivo tramite il quale può essere impostata in base al funzionamento FV (chiamato anche "FV ready" o simile da alcuni produttori).

Interfaccia MODBUS® disponibile

→ La pompa di calore può essere controllata in modo "intelligente" tramite MODBUS. La connessione fisica avviene tramite LAN (MODBUS TCP).

Documentazione per l'interfaccia MODBUS® disponibile

→ Poiché i protocolli MODBUS sono specifici di ogni produttore, è obbligatoria una descrizione dettagliata dell'interfaccia da parte del produttore (documento con elenco dei registri MODBUS).

Interfaccia SmartGridReady disponibile

→ La pompa di calore può essere controllata in modo "intelligente" tramite il nuovo standard SmartGridReady secondo [SGr 2018]. La pompa di calore deve mostrare il seguente logo ed essere controllabile tramite un'interfaccia IP (LAN).



Livello SmartGridReady noto: _____

→ Secondo [SGr 2018], sono noti 6 livelli, vedi sezione 6.4. Il produttore deve dichiarare il livello supportato. È necessario almeno il livello 2 (bwp SG-Ready), meglio il livello 4 (specifiche dinamiche).

Le interfacce citate non sono ancora disponibili per una **pompa di calore più vecchia (riqualifica)**. È possibile adottare la seguente soluzione, se supportata dall'energy manager.

Controllo tramite blocco AAE

→ L'ingresso di blocco AAE viene utilizzato per far funzionare la pompa di calore durante il funzionamento FV o la richiesta di comfort (sezione 6.5)

L'energy manager ha il monitoraggio della temperatura ambiente

→ Il gestore dell'energia monitora la temperatura ambiente tramite un sensore e attiva la pompa di calore anche se la temperatura ambiente è bassa (sezione 8.11).

L'azienda elettrica (AAE) viene informata del controllo aggiuntivo con il fotovoltaico.

→ Il controllo con il FV è collegato in serie a qualsiasi controllo AAE esistente.

→ Nella maggior parte dei casi, l'azienda non blocca la pompa di calore durante l'ottimizzazione con il fotovoltaico.

Cambiamento idraulico

Accumulatore di riscaldamento presente

Valvola di miscelazione presente

→ La valvola di miscelazione è assolutamente necessaria a causa dell'incremento delle temperature dell'accumulo durante l'eventuale sovraccarica dovuta alla produzione da FV!

(Eccezione: controllo tramite blocco AAE)

Stima dei valori di riferimento raggiungibili

Copertura solare "naturale" prevista per la pompa di calore = _____ (%) → $r_{sol, PdC, nat} = r_{aut, nat}$

Fattore di incremento previsto grazie alla tecnologia di controllo per il riscaldamento secondo Figura 4 = _____ (figura)

Fattore di incremento previsto attraverso la tecnologia di controllo per l'ACS secondo Figura 4 = _____ (numero)

Copertura solare prevista della pompa di calore per il riscaldamento, ottimizzata = _____ (%) → $r_{sol, PdC, R, opt}$

Copertura solare prevista della pompa di calore per ACS, ottimizzata = _____ (%) → $r_{sol, PdC, ACS, opt}$

8.6 Accumulatore

Tipo di accumulatore:

Accumulatore di riscaldamento

Accumulatore dell'acqua calda sanitaria

Accumulatori combinato con certificazione di stratificazione

Nel caso di un accumulatore combinato, è necessario prestare particolare attenzione all'efficienza della stratificazione. È necessario rispettare il foglio informativo [SPF 2018] o la specifica di prova [SPF-PV86].

Dimensionamento degli accumulatori:

Dimensioni degli accumulatori secondo il progetto [SIA 384] e [SIA 385]:

accumulatore di riscaldamento: _____ litri

Sovradimensionamento: _____ Fattore
→ Sovradimensionamento massimo consigliato di 1/3 [WPSM-SP 2021].

accumulatore dell'acqua calda sanitaria: _____ litri

Dimensionamento per 1 carica al giorno tramite la pompa di calore
→ Secondo [WPSM-SP 2021], non si raccomanda un sovradimensionamento, ma l'accumulatore deve essere in grado di gestire 1 carica prevista su 24 ore con un consumo medio dell'edificio.

8.7 Boiler a pompa di calore

In un nuovo edificio, anche l'acqua calda sanitaria dovrebbe essere prodotta con la pompa di calore centrale. Tuttavia, nel caso di un risanamento, è possibile sostituire i boiler elettrici con boiler la pompa di calore

Boiler a pompa di calore disponibile

Potenza termica: _____ kW

Potenza elettrica di ingresso: _____ kW

Costruttore / tipo / anno di costruzione: _____ / _____ / _____

Integrazione (interfacce)

- On/Off
- SG-Ready (2 ingressi a relè)
- Ingresso FV (1 ingresso relè)
- MODBUS® (interfaccia LAN)
- altri: _____

Per le interfacce, vedere la sezione 8.5.

8.8 Resistenze elettriche

In generale, le resistenze elettriche per l'ottimizzazione del fotovoltaico non sono consigliate a causa della scarsa efficienza. Possono essere attivate solo in casi eccezionali, secondo quanto previsto dalla sezione 5.3. Si distinguono i seguenti casi:

La pompa di calore raggiunge la temperatura nell'accumulo richiesta per motivi igienici secondo la norma SIA 385/1 (di solito 55 o 60 °C) e l'accumulo di acqua calda sanitaria è sufficientemente grande da coprire il fabbisogno con una sola carica al giorno → L'acqua calda viene riscaldata esclusivamente con la pompa di calore, **non viene utilizzata alcuna resistenza elettrica.**

La pompa di calore raggiunge la temperatura nell'accumulatore necessaria per motivi igienici secondo la norma SIA 385/1 (di solito 55 o 60 °C), ma l'accumulo di acqua calda sanitaria non è sufficientemente capiente per coprire il fabbisogno con una sola carica giornaliera → In questo caso, si può utilizzare la

resistenza elettrica per aumentare leggermente la temperatura dell'acqua calda in modo da non doversi rifornire dalla rete elettrica di notte.

La pompa di calore raggiunge nell'accumulo una temperatura *inferiore* a quella richiesta per motivi igienici secondo la norma SIA 385/1 (di solito 55 o 60 °C) → In questo caso, è possibile utilizzare la resistenza elettrica per aumentare la temperatura dell'acqua calda sanitaria fino alla temperatura richiesta.

Se si utilizza una resistenza elettrica, è necessario verificare le seguenti condizioni:

- Il riscaldamento principale dell'acqua calda sanitaria è assicurato dalla pompa di calore.
- La resistenza elettrica viene accesa dopo la pompa di calore.
- La resistenza elettrica viene attivata solo quando c'è un corrispondente surplus di produzione da FV.
- La resistenza elettrica viene attivata per motivi igienici, poiché la pompa di calore non raggiunge le temperature richieste (vedi sopra). L'attivazione avviene principalmente quando c'è un'eccedenza di produzione da FV o quando la tariffa di rete è bassa e al di fuori dei periodi di alto carico della rete elettrica.
- La resistenza elettrica non viene attivata durante il funzionamento normale e viene utilizzata solo per il riscaldamento di emergenza.

Sono previsti/presenti i seguenti supporti elettrici:

- Resistenza elettrica per l'accumulatore di riscaldamento: _____ kW (potenza)
- Accumulatore di acqua calda sanitaria con resistenza elettrica: _____ kW (potenza)
- L'azienda elettrica (AAE) viene informata del controllo in funzione della produzione fotovoltaica in aggiunta alla resistenza elettrica. Qualsiasi controllo tramite l'inverter durante la notte deve essere disattivato.

Tipo di regolazione delle prestazioni:

- On/Off
- Stadio, numero di stadi: _____ (numero)
- Variabile, gamma di potenza: _____ (kW)

8.9 Sistema solare termico (opzionale)

Se esiste già un impianto solare termico, bisogna tenerne conto nella progettazione.

Sistema solare termico disponibile

Area dei collettori: _____ m²

Produttore Impianto / Tipo / Anno di fabbricazione:

_____/_____/_____

Connessione:

- Solo riscaldamento dell'acqua calda sanitaria
- Riscaldamento dell'acqua calda sanitaria e appoggio al riscaldamento

- Accumulatore combinato con registro solare, con certificazione di stratificazione

Nel caso di un accumulatore combinato, è necessario prestare particolare attenzione all'efficienza di stratificazione. È necessario rispettare il foglio informativo [SPF 2018] o la specifica di prova [SPF-PV86].

8.10 Sistema di distribuzione del calore e controllo della temperatura ambiente

Tipo di sistema di distribuzione del calore:

- Radiatori
- Riscaldamento a pavimento

Controllo della temperatura delle stanze:

- Radiatori con valvole termostatiche
- Riscaldamento a pavimento passivo ("effetto autoregolante") → non consigliato
- Riscaldamento a pavimento con termostato, 1 termostato in soggiorno
- Riscaldamento a pavimento con termostato, 1 termostato in ogni locale (controllo individuale dei locali)

Collegamento al sistema di riscaldamento centrale:

- Sensore ambiente presente, collegato alla pompa di calore
- Sensore ambiente presente, collegato al sistema di automazione dell'edificio (ad es. tramite KNX)

→ Secondo la norma [SIA 386], per l'automazione di un edificio esistente è fortemente consigliato un collegamento tra i comandi locali e il comando centrale dell'edificio.

→ Per gli edifici di piccole dimensioni, l'energy manager (sezione 8.11) può assumere alcune delle funzioni del controllo centrale dell'edificio, purché sia progettato a tale scopo.

Uso attivo dell'edificio come accumulatore termico:

- Influenza le temperature di mandata
- Influenza i setpoint della temperatura ambiente

→ I sensori di temperatura ambiente devono essere obbligatori e devono essere presi in considerazione nell'energy manager (sezione 8.11).

8.11 Energy manager

L'intero sistema deve essere controllato da un energy manager centrale.

Tipo di energy manager

- Energy manager come prodotto separato
- Inverter con funzioni aggiuntive di gestione dell'energia
- Pompa di calore con funzioni aggiuntive di gestione dell'energia
- Sistema di batterie con funzioni aggiuntive di gestione dell'energia

Le condizioni

L'energy manager deve soddisfare le seguenti condizioni:

- Controllo di una pompa di calore tramite ingresso SG-Ready o FV
- Opzionale: controllo di una pompa di calore tramite MODBUS o SmartGridReady*
- Sistema aperto con possibilità di nuove installazioni
- Facile configurabilità da parte dell'installatore e del cliente finale
- Assistenza garantita durante la messa in funzione e il funzionamento

Inoltre, l'energy manager deve misurare e registrare le seguenti grandezze:

- Misurazione della produzione dell'impianto fotovoltaico
- Misurazione del consumo totale dell'edificio, inclusa l'elettricità domestica residua
- Opzionale: misurazione separata del consumo della pompa di calore*

→ Vedi schema di esempio per casa monofamiliare in Figura 6

Casa plurifamiliare con fatturazione dei costi dell'elettricità (nel caso di RCP):

- Utilizzo di un misuratore calibrato per la produzione
- Utilizzo di un contatore calibrato per il consumo generale
- Utilizzo di un contatore calibrato per la pompa di calore
- Uso di contatori calibrati per le abitazioni
- Tutti i contatori hanno l'approvazione METAS.

→ Si vedano gli schemi di esempio per casa plurifamiliare in Figura 7

Scelta del prodotto:

Nome del prodotto: _____

Produttore / Versione: _____ / _____

Componenti supportati dall'energy manager:

- Pompa di calore
- Accumulatore dell'acqua calda sanitaria
- Stazione di ricarica per auto elettriche
- Controllo degli elettrodomestici
- Sistema con batteria
- Altro: _____

Interfacce supportate dall'energy manager:

- Uscite a relè per la commutazione di singole utenze. Quantità: _____
→ può essere utilizzato per controllare l'interfaccia fotovoltaica delle pompe di calore.
- SG-Ready® (2 uscite a relè) per pompe di calore
→ può essere utilizzato per controllare l'interfaccia SG-Ready delle pompe di calore.
- Interfaccia MODBUS® per pompe di calore
 - Interfaccia compatibile con la pompa di calore selezionata nella sezione 8.5
→ La compatibilità deve essere verificata!
- Interfaccia MODBUS® per inverter
 - Interfaccia compatibile con l'inverter selezionato nella sezione 8.4
→ La compatibilità deve essere verificata (standardizzazione secondo SunSpec®)!

Interfaccia con i sistemi di automazione degli edifici

KNX

BacNet

Altro: _____

Altre interfacce:

Gestione termica integrata

Misura della temperatura dell'accumulo dell'acqua calda sanitaria

Misurazione della temperatura dell'accumulatore di riscaldamento

Misurazione della temperatura ambiente per la zona giorno

ulteriori misure di temperatura: _____

→ La misurazione della temperatura ambiente è obbligatoria per l'uso attivo dell'edificio come accumulatore termico.

8.12 Monitoraggio

Si raccomanda il monitoraggio secondo MINERGIE® [MIN 2017, Allegato C] e [MINMON 2020, Allegato D]. A tal fine, i seguenti parametri devono essere registrati in modo continuo e valutati statisticamente dall'energy manager:

Punti di misura obbligatori (versione "Light" per casa monofamiliare e piccoli edifici):

Potenza elettrica (kW) ed energia (kWh) dell'impianto fotovoltaico

Potenza elettrica (kW) ed energia (kWh) dei consumi totali

Potenza elettrica (kW) ed energia (kWh) della pompa di calore

Punti di misura aggiuntivi consigliati (versione "Standard"):

Energia termica (kWh) del circuito di riscaldamento

Energia termica (kWh) dell'acqua calda sanitaria

Misure di temperatura consigliate (per valutare i coefficienti):

Temperatura dell'accumulatore dell'acqua calda sanitaria

Temperatura dell'accumulatore di riscaldamento

Temperatura ambiente nella zona giorno

Temperatura esterna

Le valutazioni statistiche devono registrare i seguenti valori di riferimento (vedi sezione 0):

Produzione totale di energia elettrica (kWh)

Consumo totale di energia elettrica (kWh)

Consumo energetico della pompa di calore (kWh)

Efficienza della pompa di calore (indice)

Grado totale di autoconsumo (%)

Grado di autarchia totale (%)

- Tasso di copertura solare della pompa di calore (%)
- Alimentazione di rete, immissione in rete e autoconsumo (kWh)

La risoluzione temporale deve essere la seguente:

- Valori istantanei (uscite di kW in intervalli di 15 minuti o più frequentemente)
- Valori mensili (kWh, valori di riferimento in %, temperature medie)
- Valori annuali (kWh, valori di riferimento in %, temperature medie)
- Confronto con i valori dell'anno precedente

9 Allegato II: Check-list messa in funzione e controllo del funzionamento

Questa check-list supporta l'installatore nella messa in funzione dei componenti e nell'esecuzione di un controllo di funzionamento dell'intero sistema con ottimizzazione fotovoltaica.

9.1 Dati di installazione

Proprietario: _____

Luogo (indirizzo): _____

Aziende di Approvvigionamento Energetico (AAE):

Progettista/installatore di impianti fotovoltaici:

Progettista/installatore elettrico: _____

Progettista/installatore RCVS: _____

Fornitore pompa di calore: _____

Fornitore energy manager: _____

Data di installazione: _____

Data di messa in funzione: _____

9.2 Impianto fotovoltaico

Inverter con interfaccia MODBUS: (si/no) _____

Se è disponibile l'opzione MODBUS:

- Estensione MODBUS installata e attivata
- Connessione all'energy manager stabilita

Connessione:

- LAN → Indirizzo IP dell'inverter: _____
- Cavo seriale → Indirizzo/ID dell'inverter: _____
- Altro: _____

Se non è disponibile un'opzione MODBUS:

- Contatore elettrico per la misurazione della produzione installato, configurato e collegato all'energy manager.
- Misura di prova effettuata: la potenza visualizzata corrisponde alla potenza dell'inverter

9.3 Integrazione della pompa di calore tramite SG-Ready

Cambio idraulico

- Valvola di miscelazione installata dopo l'accumulatore di riscaldamento e collegata alla pompa di calore

Collegamenti elettrici e cablaggio

- 2 ingressi relè sul lato pompa di calore collegati all'energy manager.
 Disattivazione dei blocchi delle aziende elettriche (da concordare con aziende elettriche).

- Integrazione "SG-Ready" via LAN → Indirizzo IP della PdC: _____

Installazione di contatori e sensori:

- Contatore elettrico per la pompa di calore¹⁾
 Sensore di temperatura per l'accumulo tampone: collegato alla PdC collegato all'EM
 Sensore di temperatura dell'accumulo acqua calda sanitaria: collegato alla PdC collegato all'EM
 Sensore di temperatura ambiente¹⁾: collegato alla PdC collegato all'EM

¹⁾ opzionale, PdC = pompa di calore, EM = energy manager,

Configurazione della PdC

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite secondo la documentazione del produttore:
(Valori tra parentesi: valori minimi/massimi)

- Funzione "SG-Ready" attivata
 Aumento della temperatura impostato per l'accumulatore riscaldamento. Valore: _____ K (max. 10 K)
 Aumento della temperatura dell'accumulatore dell'acqua calda sanitaria: Valore: _____ K (max 10K. max 60°C)
(per la temperatura massima consentita, osservare le istruzioni del produttore).
 Altre impostazioni (isteresi, ecc.): _____

Impostazioni generali:

- Ricarica accumulo ACS programmata giornalmente → Programma orario: _____ (Es. 13:00-15:00)

→ Per i valori di impostazione consigliati, vedere la sezione 6.1.1

Configurazione dell'energy manager

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite secondo la documentazione del produttore:
(valori tra parentesi: impostazioni consigliate)

- Funzione di ottimizzazione del fotovoltaico per la pompa di calore scelta
 Modalità SG ready attivata
 Soglia di potenza inferiore definita per lo stato di funzionamento 3: _____ kW ($P_{PdC} \times 1,5$)
 Definita la soglia di potenza superiore per lo stato di funzionamento 4: _____ kW ($P_{PdC} \times 2$)
(P_{PdC} = potenza elettrica di ingresso della pompa di calore secondo la targhetta)

→ Vedere di seguito la definizione degli stati di funzionamento

Controllo del funzionamento degli stati operativi dell'SG-Ready®:

→ A tale scopo, tutti e 4 gli stati di funzionamento sotto riportati vengono commutati manualmente sull'energy manager.

→ Nella pagina della pompa di calore, occorre verificare che i comandi sono stati acquisiti o eseguiti correttamente.

SG1: ingresso relè 1

SG2: ingresso relè 2

- Stato di funzionamento 1 - Bloccato: SG1 = 1, SG2 = 0
- Stato di funzionamento 2 - Abilitato: SG1 = 0, SG2 = 0
- Stato di funzionamento 3 - Incremento: SG1 = 0, SG2 = 1
- Stato di funzionamento 4 - Forzato: SG1 = 1, SG2 = 1

9.4 Integrazione della pompa di calore tramite ingresso fotovoltaico

Circuito idraulico

- Valvola di miscelazione installata dopo l'accumulatore di riscaldamento e collegata alla pompa di calore

Collegamenti elettrici e cablaggio

- 1 Ingresso relè sul lato pompa di calore collegato all'energy manager

Installazione di contatori e sensori:

- Contatore elettrico per la pompa di calore¹⁾
- Sensore di temperatura per l'accumulatore di riscaldamento: collegato alla PdC collegato all'EM
- Sensore di temperatura per l'accumulatore di acqua calda sanitaria: collegato alla PdC collegato all'EM
- Sensore di temperatura ambiente¹⁾: collegato alla PdC collegato all'EM

¹⁾ opzionale, PdC = pompa di calore, EM = energy manager,

Configurazione della PdC

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite in accordo con la documentazione del produttore: (valori tra parentesi: valori massimi)

- "Funzione FV" attivata
 - Aumento della temperatura nell'accumulatore di riscaldamento impostato. Valore: _____ K (max. 10 K)
 - Aumento della temperatura dell'accumulatore di acqua calda sanitaria impostato: Valore: _____ K (max 10 K, max 60°C)
- (per la temperatura massima consentita, osservare le istruzioni del produttore).

Impostazioni generali:

- Ricarica accumulatore ACS programmata giornalmente → Programma orario: _____ (Es. 13:00-15:00)

→ Per i valori di impostazione consigliati, vedere la sezione 6.1.1

Configurazione dell'energy manager

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite in accordo con la documentazione del produttore:
(valori tra parentesi: impostazioni consigliate)

- Funzione di ottimizzazione del fotovoltaico per la pompa di calore scelta
- Modalità FV ready o ottimizzazione tramite ingresso FV scelto
- Definizione della soglia di potenza per il funzionamento del fotovoltaico: _____ kW ($P_{PdC} \times 1,5$)
(P_{PdC} = potenza elettrica in ingresso della pompa di calore secondo la targhetta)

→ Vedere di seguito la definizione degli stati operativi

Controllo del funzionamento degli stati operativi del FV:

→ A tale scopo, i 2 stati di funzionamento sotto riportati vengono commutati manualmente attraverso l'energy manager.

→ Sul lato della pompa di calore, si controlla se i comandi arrivano correttamente o vengono eseguiti.

- Ingresso impostato su 0 (aperto) → Funzionamento normale
- Ingresso impostato a 1 (chiuso) → Funzionamento FV

9.5 Integrazione della pompa di calore tramite interfaccia Modbus / IP

Circuito idraulico

- Valvola di miscelazione installata dopo l'accumulatore di riscaldamento e collegata alla pompa di calore

Interfaccia, protocollo di trasmissione:

- MODBUS®
- SmartGridReady
- altri: _____

Protocollo di documentazione: _____ Versione: _____ Data: _____

Interfaccia, connessione:

- LAN → Indirizzo IP della pompa di calore: _____
- altro: _____

Installazione di contatori e sensori:

- Contatore elettrico per la pompa di calore
- Sensore di temperatura dell'accumulatore di riscaldamento: collegato alla PdC collegato all'EM
- Sensore di temperatura dell'accumulatore di acqua calda sanitaria: collegato alla PdC collegato all'EM
- Sensore di temperatura ambiente: collegato alla PdC collegato all'EM

PdC = Pompa di calore, EM = Energy manager

Configurazione della PdC

- Interfaccia MODBUS® attivata

- Interfaccia SmartGridReady attivata
 Altre interfacce attivate: _____

Impostazioni generali:

- Ricarica accumulo ACS programmata giornalmente → Programma orario: _____ (Es. 13:00-15:00)

Configurazione dell'energy manager

→ In generale è necessario effettuare le seguenti impostazioni
 → È importante scegliere la pompa di calore e il protocollo corretti, poiché sul mercato sono disponibili soluzioni specifiche dei produttori. Con "SmartGridReady" tutto questo è standardizzato.

- Ottimizzazione del fotovoltaico per la pompa di calore attivata
 Tipo di pompa di calore selezionata: _____
 Versione del protocollo selezionato (MODBUS®): _____
 SmartGridReady® supportato

→ I seguenti setpoint dovrebbero essere controllabili in modo variabile dall'energy manager.
 → Indicazione dei valori minimo e massimo, se regolabili.

- Temperatura di comfort¹⁾ Accumulatore di riscaldamento. Valori minimi/massimi: _____
 Temperatura di comfort¹⁾ Flusso. Valori minimi/massimi: _____
 Temperatura nominale ambiente²⁾. Valori minimi/massimi: _____
 Temperatura nominale acqua calda sanitaria³⁾. Valori minimi/massimi: _____
 Influenza della velocità del compressore⁴⁾ per le modalità: Riscaldamento Acqua calda sanitaria
 Setpoint velocità compressore⁴⁾. Valori minimi/massimi: _____

¹⁾ *Temperatura di comfort = punto base della curva di riscaldamento. Aumento massimo di 5K per il funzionamento del fotovoltaico (più basso per il riscaldamento passivo a pavimento senza termostato ambiente).*

²⁾ *Facoltativo: influenzare la temperatura ambiente. Aumento massimo di 2K con funzionamento FV (con termostato ambiente esistente).*

³⁾ *Setpoint acqua calda sanitaria. Aumento massimo 10K con funzionamento FV, setpoint massimo 60°C o in base al limite di funzionamento della pompa di calore (rispettare le specifiche del produttore!).*

⁴⁾ *Opzionale: influenza la velocità del compressore. A tal fine è necessaria l'approvazione del produttore. La gamma di velocità controllata deve essere approvata dal produttore.*

Controllo delle funzioni:

→ È necessario verificare se è stato selezionato il protocollo corretto e se i dati possono essere letti dalla pompa di calore. A tal fine, si controllano i valori visualizzati sull'energy manager.

- I dati della PdC vengono visualizzati correttamente sull'energy manager:
- Temperature: _____
 - Condizioni operative: _____
- La PdC può essere commutata manualmente tramite l'energy manager:
- On/off
 - Diverse modalità operative: _____

- Non viene visualizzato alcun messaggio di errore
- Viene visualizzato un messaggio di errore: _____

→ In caso di messaggio di errore, procedere secondo le istruzioni del produttore finché non viene visualizzato alcun messaggio di errore.

9.6 Integrazione della pompa di calore tramite blocco dell'AAE

→ Questo tipo di collegamento è consigliato solo per le pompe di calore più vecchie che non dispongono di altre interfacce.

→ L'allacciamento deve essere chiarito in anticipo con l'azienda elettrica.

Collegamenti elettrici e cablaggio

- Chiarimenti preliminari con l'azienda elettrica, elaborazione del diagramma
- L'azienda elettrica blocca l'ingresso sul lato della pompa di calore collegato all'energy manager
- Blocco dell'azienda elettrica disattivato dall'azienda elettrica¹⁾
- Blocco dell'azienda elettrica collegato in serie²⁾

¹⁾ La soluzione migliore se supportata dall'azienda elettrica.

²⁾ Se l'azienda elettrica non vuole rinunciare al blocco AAE, il relè dell'energy manager deve essere collegato in serie al blocco AAE. Ciò consente di bloccare ulteriormente la pompa di calore nella tariffa alta, se il comfort è sufficiente.

Installazione di contatori e sensori:

- Contatore elettrico per la pompa di calore¹⁾
- Sensore di temperatura per l'accumulatore di riscaldamento: collegato alla PdC collegato all'EM
- Sensore di temperatura per l'accumulatore di acqua calda sanitaria: collegato alla PdC collegato all'EM
- Sensore di temperatura ambiente²⁾: collegato alla PdC collegato all'EM

³⁾ Contatore elettrico opzionale, PdC = pompa di calore, EM = energy manager

⁴⁾ Il sensore ambiente qui è assolutamente necessario per monitorare il comfort!

Configurazione della PdC

→ Non sono necessarie configurazioni speciali sul lato PdC. Tuttavia, è obbligatorio impostare il programma dell'acqua calda sulla giornata. Con un "aumento diurno", il riscaldamento può essere ulteriormente ottimizzato (vedere la sezione 5.3).

Impostazioni generali:

- Ricarica accumulo ACS programmata giornalmente → Programma orario: _____ (es. 13:00-15:00)
- "Incremento giornaliero" del riscaldamento programmato → Programma orario: _____

Configurazione dell'energy manager

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite secondo la documentazione del produttore:

- Funzione di ottimizzazione del fotovoltaico per la pompa di calore selezionata
- Integrazione della temperatura ambiente selezionata
- Definizione della soglia di potenza per il funzionamento del fotovoltaico: _____ kW
- o altri criteri per il funzionamento del fotovoltaico: _____

Controllo del funzionamento degli stati operativi:

→ A tale scopo, i 2 stati di funzionamento sotto riportati vengono commutati manualmente sul lato energy manager.

→ Nella pagina della pompa di calore, si controlla se i comandi arrivano correttamente o vengono eseguiti.

Ingresso impostato su 0 (aperto) → Pompa di calore disattivata

Ingresso impostato su 1 (chiuso) → Pompa di calore abilitata

9.7 Boiler a pompa di calore**Collegamenti elettrici e cablaggio**

Ingresso FV: 1 ingresso relè sul lato boiler PdC collegato all'energy manager.

SG-Ready: 2 ingressi relè sul lato del boiler PdC collegati all'energy manager.

LAN: rete collegata all'energy manager, indirizzo IP boiler PdC: _____

Installazione di contatori e sensori:

Contatore elettrico per boiler PdC¹⁾

Sensore di temperatura per boiler PdC: collegato al boiler PdC collegato all'EM

¹⁾ *opzionale, PdC = pompa di calore, EM = energy manager,*

Configurazione del boiler PdC

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite secondo la documentazione del produttore:

"Funzione FV" attivata

Aumento della temperatura impostato: Valore: _____ K

Impostazioni generali:

Ricarica accumulo ACS programmata al giorno

→ Per i valori di impostazione consigliati, vedere la sezione 6.1.1

Configurazione dell'energy manager

→ Le seguenti impostazioni devono essere eseguite secondo la documentazione del produttore:

Funzione di ottimizzazione FV per boiler PdC selezionata

Ottimizzazione tramite ingresso FV selezionato

Ottimizzazione tramite SG-Ready selezionato

Ottimizzazione via LAN/IP selezionata

Soglia di potenza definita per il funzionamento del fotovoltaico: _____ kW

→ Vedere di seguito la definizione degli stati operativi

Controllo del funzionamento degli stati operativi del FV:

→ A tale scopo, tutti gli stati operativi vengono commutati manualmente nella parte inferiore della pagina dell'energy manager.

→ Nella pagina del boiler PdC si controlla se i comandi arrivano correttamente o vengono eseguiti.

Bloccato

Funzionamento normale

- Aumento del funzionamento
- Funzionamento forzato

→ Vedi anche le sezioni 9.3 e 9.4.

9.8 Resistenze elettriche

In generale, le resistenze elettriche per l'ottimizzazione del fotovoltaico non sono consigliate a causa della scarsa efficienza. Possono essere attivate solo in casi eccezionali, secondo quanto previsto dalla sezione 5.3 o dalla sezione della check-list 8.8.

Se sono ammesse resistenze elettriche, verificare la configurazione nell'energy manager:

- Attivabile solo dopo l'avvenuto caricamento dell'acqua calda sanitaria da parte della pompa di calore
- Attivazione possibile solo in caso di eccedenza di produzione da FV
- Possibili disattivazioni notturne da segnali di controllo dell'azienda elettrica

Controllo funzionale degli stati operativi:

- A tal fine, gli stadi vengono commutati in base alla tabella riportata nella pagina dell'energy manager.
- Per quanto riguarda la resistenza elettrica, si controlla se la commutazione avviene di conseguenza.
- Se è disponibile un contatore elettrico separato, viene misurato il consumo di energia.
- Le soglie di commutazione nella pagina dell'energy manager devono essere superiori al consumo di energia corrispondente, in modo da essere attivate solo in caso di eccedenza di FV.

Livello	Potenza assorbita secondo il produttore (kW)	Consumo di energia misurato (kW)	Soglia di commutazione energy manager
Livello 0 (spento)			
Livello 1 (acceso)			
Livello 2			
Livello 3			
Livello 4			
Massimo			

9.9 Sistema di distribuzione del calore e controllo della temperatura ambiente

Controllo della temperatura ambiente tramite valvole termostatiche senza collegamento al bus

- Valvole termostatiche nella zona giorno il più possibile aperte
- Riduzione delle valvole termostatiche in camera da letto e nell'area adiacente

Controllo della temperatura ambiente tramite unità di controllo ambiente con connessione Bus

- 1 unità di controllo della stanza disponibile nella zona giorno
- Diverse unità di controllo disponibili nelle singole camere. Quantità: _____

Connessione Bus:

- MODBUS®
- KNX®
- BacNet®
- Altro: _____

Configurazione nella pagina di energy manager (se possibile)

- Connessione Bus integrato e attivato in precedenza
- Influenza la temperatura ambiente impostata, intervallo di regolazione: da _____ a _____ °C
- Altre variabili influenzate: _____

10 Allegato III: Check-list di verifica

Questa check-list aiuta l'installatore a verificare le impostazioni dell'intero impianto dopo una fase di funzionamento con ottimizzazione fotovoltaica.

10.1 Monitoraggio

Il monitoraggio continuo del sistema con la registrazione dei seguenti dati serve come base per il controllo successivo.

Misurazioni elettriche:

Sono stati registrati i seguenti valori elettrici, inserire i valori per il periodo in esame:

- Impianto fotovoltaico Produzione totale di energia = _____ (kWh) → E_{prod}
- Edifici Consumo totale di energia = _____ (kWh) → E_{tot}
- Consumo totale di rete = _____ (kWh) → E_{rete}
- Immissione totale in rete = _____ (kWh) → E_{ecc}
- Consumo proprio totale = _____ (kWh) → E_{cpr}
- Pompa di calore Consumo energetico totale = _____ (kWh) → E_{PdC}
- Totale autoconsumo della pompa di calore = _____ (kWh) → $E_{cpr, PdC}$
- Pompa di calore Consumo energetico riscaldamento = _____ (kWh) → $E_{PdC, R}$
- Pompa di calore Consumo proprio riscaldamento = _____ (kWh) → $E_{cpr, PdC, R}$
- Pompa di calore Consumo energetico ACS = _____ (kWh) → $E_{PdC, ACS}$
- Consumo proprio della pompa di calore ACS = _____ (kWh) → $E_{cpr PdC, ACS}$
- Immissione di energia elettrica Consumo di energia ACS totale = _____ (kWh) → $E_{ES, ACS}$
- Consumo totale di energia elettrica dell'economia domestica = _____ (kWh) → E_{ED}
→ $E_{ED} = E_{tot} - E_{PdC} - E_{ES}$
- Le curve di potenza in kW sono state registrate per tutte le variabili di cui sopra.
→ Risoluzione temporale: _____ min.

Misurazioni termiche:

Sono state registrate le seguenti variabili termiche, inserendo i valori per il periodo in esame:

- Energia termica totale della pompa di calore = _____ (kWh) → Q_{PdC}
- Energia termica della pompa di calore per il riscaldamento totale = _____ (kWh) → $Q_{PdC, R}$
- Energia termica della pompa di calore per acqua calda sanitaria totale = _____ (kWh) → $Q_{PdC, ACS}$

Indici energetici:

Vengono calcolati i seguenti parametri (vedi sezione 0)

Generale:

- Grado di autoconsumo = _____ (%) $r_{cpr} = E_{cpr} / E_{prod}$
 Grado di autarchia = _____ (%) $r_{aut} = E_{cpr} / E_{tot}$
 Grado di copertura solare PdC = _____ (%) $r_{sol,PdC} = E_{cpr,PdC} / E_{PdC}$

Pompa di calore:

- Rapporto di copertura solare PdC, riscaldamento = _____ (valore) $CLA_{PdC} = Q_{PdC} / E_{PdC}$
 Fattore di prestazione annuale PdC = _____ (valore) $CLA_{PdC} = Q_{PdC} / E_{PdC}$
 Coefficiente di lavoro annuo PdC riscaldamento = _____ (numero) $CLA_{PdC,R} = Q_{PdC,R} / E_{PdC,R}$
 Coefficiente di lavoro annuo PdC ACS = _____ (valore) $CLA_{PdC,ACS} = Q_{PdC,ACS} / E_{PdC,ACS}$

Generazione di calore, compreso l'apporto elettrico (per ACS):

- Fattore di prestazione totale annuo = _____ (valore) $= (Q_{PdC} + E_{ES,ACS}) / (E_{PdC} + E_{ES,ACS})$
 Coefficiente di lavoro annuo acqua calda = _____ (valore) $= (Q_{PdC,ACS} + E_{ES,ACS}) / (E_{PdC,ACS} + E_{ES,ACS})$
 Spesa netta = _____ (valore) $= E_{rete} / (E_{ED} + Q_{PdC,ACS} + Q_{PdC,R})$

Temperature:

Sono state registrate le seguenti temperature:

- Temperatura dell'accumulatore per l'acqua calda sanitaria
 Temperatura dell'accumulatore riscaldamento
 Temperatura ambiente nella zona giorno
 Temperatura esterna
 Temperatura di mandata della pompa di calore
 Temperatura di ritorno della pompa di calore
 Elencare ulteriori temperature:

→ Per ulteriori valutazioni e confronti con i valori di pianificazione, si vedano le seguenti sezioni

10.2 Impianto fotovoltaico

Controllo dei dati misurati:

- Curve di potenza registrate per il sistema fotovoltaico controllato:

Potenza fotovoltaica installata: _____ (kWp)
 Potenza di picco fotovoltaica misurata: (kWp, massima del periodo considerato)

- Rendimento energetico registrato per l'impianto fotovoltaico controllato:

Potenza fotovoltaica installata: _____ (kWp) x _____ Ore di funzionamento a pieno carico (h)
 = _____ (kWh) Previsione di rendimento

Misurazione del rendimento fotovoltaico: _____ (kWh, totale nel periodo considerato) = E_{prod}

Controllo dei valori di riferimento raggiunti:

Grado di autoconsumo "regolare" previsto, secondo la sezione 8.4 = _____ (%) = $r_{cpr,nat}$

Grado di autoconsumo effettivo raggiunto in base alla sezione 10.1 = _____ (%) = r_{cpr}

Incremento del fattore di consumo proprio raggiunto = _____ (valore) = $r_{cpr} / r_{cpr,nat}$

Grado di autarchia "regolare" previsto in base alla sezione 8.4 = _____ (%) $\rightarrow r_{aut,nat}$

Grado effettivo di autarchia raggiunto in base alla sezione 10.1 = _____ (%) = r_{cpr}

Fattore di incremento raggiunto autarchia = _____ (valore) = $r_{aut} / r_{aut,nat}$

10.3 Integrazione della pompa di calore

Controllo dei dati di misura:

Verifica dei dati del contatore elettrico della pompa di calore:

Potenza elettrica d'ingresso PdC secondo la targhetta: _____ (kW)

Misurazione della potenza elettrica in ingresso PdC: _____ (kW, valore medio)

Consumo di energia elettrica PdC in base al progetto: _____ (kWh)

Consumo di energia elettrica PdC misurato: _____ (kWh) = E_{PdC}

Dati del contatore di calore per pompa di calore verificati (se disponibile):

Fabbisogno di calore per il riscaldamento in base al progetto: _____ (kWh)

Potenza termica PdC misurata per il riscaldamento: _____ (kWh) = $Q_{PdC,R}$

Fabbisogno di calore per l'acqua calda secondo il progetto: _____ (kWh)

Potenza termica PdC misurata per l'acqua calda: _____ (kWh) = $Q_{PdC,ACS}$

Valori di riferimento dell'autoconsumo della pompa di calore controllata

Copertura solare prevista per la pompa di calore per il riscaldamento secondo la sezione 8.5

= _____ (%) = $r_{sol,PdC,R,opt}$

Copertura solare effettivamente raggiunta dalla pompa di calore per il riscaldamento secondo la sezione 10.1

= _____ (%) $r_{sol,PdC,R,eff} = E_{cpr,PdC,R} / E_{PdC,R}$

Aumento raggiunto della copertura solare della pompa di calore per il riscaldamento

= _____ (numero) = $r_{sol,PdC,H,eff} / r_{sol,PdC,R,opt}$

Copertura solare prevista della pompa di calore per ACS, secondo la sezione 8.5

= _____ (%) = $r_{sol,PdC,ACS,opt}$

Copertura solare effettivamente raggiunta della pompa di calore per ACS secondo la sezione 10.1

= _____ (%) $r_{sol,PdC,ACS,eff} = E_{cpr,PdC,ACS} / E_{PdC,ACS}$

Aumento raggiunto della copertura solare della pompa di calore per l'acqua calda

= _____ (numero) = $r_{sol,PdC,ACS,eff} / r_{sol,PdC,ACS,opt}$

Aumento dei valori di riferimento nell'intervallo previsto o superiore

Aumento dei valori di riferimento inferiore al previsto (non ok)

\rightarrow Controllare l'impostazione dell'energy manager e della pompa di calore, vedi sotto

Valori di riferimento dell'efficienza Pompa di calore controllata:

Tipo: aria/acqua, salamoia/acqua, acqua/acqua

COP¹⁾ secondo le specifiche del produttore:

(Specificare i valori di COP per i livelli di temperatura secondo lo standard, ad esempio B0W35, A2W35, ecc.)

Riscaldamento: _____ (COP) su _____ W35

Riscaldamento: _____ (COP) su _____ W35

Acqua calda: _____ (COP) a _____ W55

SCOP²⁾ PdC secondo le specifiche del produttore = _____ (valore)

Coefficiente di lavoro annuo PdC misurato = _____ (valore) = Q_{PdC} / E_{PdC}

Il coefficiente di lavoro annuo è nell'intervallo previsto o superiore.

Il coefficiente di lavoro annuo è inferiore al previsto (non va bene)

→ Controllare le temperature misurate e le impostazioni della pompa di calore, vedi sotto.

Coefficiente di lavoro annuo PdC riscaldamento previsto = _____ (valore)

Coefficiente di lavoro annuo PdC riscaldamento misurato = _____ (valore) =

$Q_{PdC,R} / E_{PdC,R}$

Il coefficiente di lavoro annuo per il riscaldamento è nell'intervallo previsto o superiore.

Il coefficiente di lavoro annuo del riscaldamento è inferiore al previsto (non va bene)

→ Controllare le temperature misurate del serbatoio tampone e l'impostazione della curva di riscaldamento, vedi sotto.

Coefficiente di lavoro annuo PdC ACS previsto = _____ (numero)

Coefficiente di lavoro annuo PdC ACS misurato = _____ (numero) = $Q_{PdC,ACS} / E_{PdC,ACS}$

Il coefficiente di lavoro annuo dell'acqua calda è nell'intervallo previsto o superiore.

Il Coefficiente di lavoro annuo dell'acqua calda è inferiore al previsto (non va bene)

→ Controllare le temperature misurate del serbatoio dell'acqua calda e l'impostazione dell'acqua calda sanitaria, vedi sotto.

1) Coefficient of Performance

2) Seasonal Coefficient of Performance

Controllare i dati del **sensore di temperatura dell'accumulatore di riscaldamento** (se disponibile):

Temperatura massima di mandata in base al progetto: _____ (°C, punto di progetto della curva di riscaldamento)

Temperatura minima di mandata secondo il progetto: _____ (°C, al limite di riscaldamento)

Incremento massimo per l'ottimizzazione del fotovoltaico in base all'impostazione: _____ (K)

Pompa di calore in modalità riscaldamento (senza ottimizzazione del fotovoltaico):

Temperatura massima dell'accumulatore di riscaldamento misurata: _____ (°C), Data:

_____ (°C), Data:

Temperatura massima dell'accumulatore di riscaldamento inferiore alla temperatura massima di mandata in base alla progettazione

Temperatura massima dell'accumulatore di riscaldamento superiore alla temperatura massima di mandata secondo il progetto (non va bene).

→ È necessaria la regolazione 1, vedi sotto.

Aumento di temperatura misurato con ottimizzazione FV: _____ (K)

L'innalzamento si è verificato solo nel caso di un'effettiva eccedenza di FV (verifica della potenza FV).

L'incremento si è verificato anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV (non va bene).
→ È necessaria una regolazione 2, vedi sotto.

Dati **sensore di temperatura dell'accumulatore dell'acqua calda sanitaria** controllato (se presente):

Temperatura dell'acqua calda sanitaria in base al progetto: _____ (°C)

Potenziamento massimo per l'ottimizzazione del FV in base all'impostazione: _____ (K)

Pompa di calore in modalità acqua calda (senza ottimizzazione FV):

Temperatura massima dell'acqua calda sanitaria misurata: _____ (°C)

Questa temperatura è stata raggiunta *ogni giorno*

È stata raggiunta la temperatura dell'acqua calda prevista dal progetto

La temperatura dell'acqua calda secondo il progetto non è stata raggiunta (non va bene)
→ È necessaria una regolazione 2, vedi sotto.

Aumento di temperatura misurato con ottimizzazione FV: _____ (K)

L'innalzamento si è verificato solo nel caso di un'effettiva eccedenza di FV (verifica della potenza FV).

L'incremento si è verificato anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV (non va bene).
→ Sono necessarie le regolazioni 3 e 4, vedi sotto.

Dati **sensore di temperatura ambiente** controllato (se disponibile):

Temperatura ambiente in modalità riscaldamento secondo il progetto: _____ (°C)

Temperatura ambiente misurata in modalità riscaldamento: _____ (°C)

Questa temperatura è stata raggiunta *ogni giorno*

È stata raggiunta la temperatura ambiente prevista dal progetto

La temperatura ambiente prevista dal progetto non è stata raggiunta (non va bene).
→ È necessaria una regolazione 5, vedi sotto.

Ulteriori **dati pompa di calore** controllata:

Numero di volte in cui il compressore è stato acceso (nel periodo considerato):
_____ (valore)

Interruzione frequente del compressore (> 20 volte al giorno)
→ Regolazione 6 necessaria

Tempo di funzionamento del compressore (nel periodo considerato): _____ (h)

Regolazione 1:

Temperatura massima dell'accumulatore superiore alla temperatura massima di mandata secondo il progetto.

Impostazioni a pagina pompa di calore:

Riduzione della temperatura di mandata della curva di riscaldamento al punto di progetto: vecchio _____ (°C), nuovo _____ (°C)

Ridurre la temperatura di ritorno della curva di riscaldamento al punto di progetto: vecchio _____ (°C),

nuovo _____(°C)

Nota: a seconda del sistema, è possibile influenzare la temperatura di mandata o di ritorno.

Regolazione 2:

Non è stata raggiunta la temperatura dell'acqua calda prevista dal progetto.

Impostazioni a pagina pompa di calore:

- Aumentare il setpoint della temperatura dell'acqua calda sanitaria (se possibile): vecchio _____(°C), nuovo _____(°C)
- Temperatura di mandata effettiva della pompa di calore in modalità ACS: _____ (°C)
- Se si raggiunge la temperatura massima di mandata, controllare l'impianto idraulico.

Regolazione 3 con SG-Ready:

L'innalzamento è avvenuto anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni nella pagina energy manager:

- Eccedenza di FV selezionata come criterio di accensione (non solo la produzione di FV!)
- Lo stato di funzionamento 3 secondo SG-Ready (funzionamento aumentato) è stato effettivamente raggiunto.
- Soglia di potenza per lo stato di funzionamento 3: vecchio _____ kW → aumento nuovo: _____ kW
- Lo stato di funzionamento 4 secondo SG-Ready (funzionamento forzato) è stato effettivamente raggiunto
- Soglia di potenza per la modalità operativa 4: vecchia _____ kW → aumento nuova: _____ kW

Regolazione 3 all'ingresso FV:

L'innalzamento si è verificato anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni nella pagina energy manager:

- Eccedenza di FV selezionata come criterio di accensione (non solo la produzione di FV!)
- Il funzionamento del fotovoltaico con temperature più elevate è stato effettivamente raggiunto
- Soglia di potenza per il funzionamento del fotovoltaico: vecchio _____ kW → aumento nuovo: _____ kW

Regolazione 3 con interfaccia Modbus/IP/SmartGridReady:

Il potenziamento è avvenuto anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni nella pagina energy manager:

- Eccedenza di FV o simile selezionata come criterio di controllo (non solo la produzione di FV!)
 - Il funzionamento del fotovoltaico con temperature più elevate è stato effettivamente raggiunto, se il funzionamento del fotovoltaico è stato effettivamente raggiunto:
 - Temperatura di mandata accumulatore riscaldamento. Valori minimi/massimi, vecchi: _____, nuovo: _____
 - Temperatura di mandata Portata. Valori minimi/massimi, vecchi: _____, nuovo: _____
- Si consiglia vivamente di contattare il produttore, poiché i parametri di impostazione possono variare notevolmente a seconda dell'integrazione!

Regolazione 4 per la produzione di acqua calda sanitaria:

Il potenziamento è avvenuto anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni a pagina pompa di calore:

- Impostare la finestra di carica per la produzione di acqua calda sanitaria giornaliera:

Vecchio: Ora di inizio _____ (hh:mm), Ora di fine _____ (hh:mm)
 Nuovo: Ora di inizio _____ (hh:mm), Ora di fine _____ (hh:mm)

Impostazioni nella pagina energy manager, per interfaccia Modbus/IP/SmartGridReady:

Temperatura nominale acqua calda sanitaria. Valori minimi/massimi, vecchi: _____, nuovo: _____

Influenza la velocità del compressore³⁾ per le modalità: Acqua calda sanitaria

Setpoint velocità compressore³⁾. Valori minimi e massimi vecchi: _____, nuovo: _____

→ Si consiglia vivamente di contattare il produttore, poiché i parametri di impostazione possono variare notevolmente a seconda dell'integrazione!

Regolazione 5:

Non è stata raggiunta la temperatura ambiente prevista dal progetto.

Impostazioni nei locali:

Aprire completamente le valvole termostatiche o impostare il regolatore ambiente al massimo, soprattutto nella zona giorno.

→ Attendere alcuni giorni prima di effettuare qualsiasi regolazione della pompa di calore!

Impostazioni a pagina pompa di calore:

Controllare la curva di riscaldamento → corrisponde al progetto? sì no troppo bassa no troppo alta

se la curva di riscaldamento è troppo bassa:

Aumento della temperatura di mandata della curva di riscaldamento nel punto di progetto: vecchio _____ (°C), nuovo _____ (°C)

Aumento della temperatura di ritorno della curva di riscaldamento nel punto di progetto: vecchio _____ (°C), nuovo _____ (°C)

Nota: a seconda del sistema, è possibile influenzare la temperatura di mandata o di ritorno.

Impostazioni nella pagina energy manager:

La pompa di calore è stata spenta dall'energy manager o impostata sullo stato di funzionamento 1 (SG Ready) prima o durante il verificarsi delle basse temperature ambiente.

→ Controllare il criterio di spegnimento nell'energy manager

Temperatura ambiente minima (se regolabile): vecchia _____ (°C) → *aumento*, nuova _____ (°C)

Criterio di spegnimento disattivato (la pompa di calore non può più essere bloccata dall'energy manager)

Impostazioni nella pagina energy manager, per interfaccia Modbus/IP/SmartGridReady:

Setpoint temperatura ambiente. Valori minimi e massimi vecchi: _____ nuovo: _____

Temperatura di comfort accumulatore riscaldamento. Valori minimi/massimi, vecchi: _____, nuovi: _____

Mandata della temperatura di comfort. Valori minimi/massimi, vecchi: _____, nuovi: _____

→ Si consiglia vivamente di contattare il produttore, poiché i parametri di impostazione possono variare notevolmente a seconda dell'integrazione!

Regolazione 6 per ridurre i cicli della pompa di calore:

Interruzione frequente del compressore.

Impostazioni a pagina pompa di calore:

Controllare le impostazioni di base → È stato selezionato lo schema corretto? sì no

Controllare l'isteresi della temperatura del regolatore:

Temperatura di mandata: isteresi vecchia _____ (K), nuova: _____ (K)

- Temperatura di ritorno: isteresi vecchia ____ (K), nuova: _____ (K)
 Isteresi dell'accumulatore di riscaldamento: isteresi vecchia ____ (K), nuova: _____ (K)
 Nota: a seconda del tipo di pompa di calore, sono possibili isteresi diverse.

Impostazioni nella pagina energy manager:

- Tempi minimi di funzionamento della pompa di calore: vecchio _____ (min.) nuovo _____ (min.)
 → *Raccomandazione: almeno 60 minuti.*
 Tempi di inattività minimi della pompa di calore: vecchio _____ (min.) nuovo _____ (min.)
 → *Raccomandazione: almeno 15 minuti.*
 Tempi minimi di commutazione per i livelli SG Ready: vecchio _____ (min.) nuovo _____ (min.)
 → *Raccomandazione: almeno 15 minuti.*

Impostazioni sulla pagina energy manager con blocco SG-Ready o AAE:

- È possibile raggiungere il livello SG-Ready 1 o bloccare la pompa di calore.
 Il livello SG-Ready 1 non può essere raggiunto o la pompa di calore non può essere bloccata.
 → *Se la commutazione è troppo frequente, si dovrebbe selezionare la seconda opzione per escludere la possibilità che la commutazione provenga dall'energy manager.*

→ Si consiglia vivamente di contattare i produttori della pompa di calore e l'energy manager, poiché i parametri di impostazione possono essere molto diversi a seconda dell'integrazione ed è necessario un coordinamento ottimale!

10.4 Boiler a pompa di calore

Controllo dei dati di misura:

- Verifica dei dati **del contatore elettrico del boiler a pompa di calore** (se disponibile):

Potenza elettrica in ingresso secondo la targhetta: _____ (kW)
 Misura della potenza elettrica in ingresso: _____ (kW, valore medio del periodo considerato)

- Controllo dei dati del **sensore di temperatura del boiler** (se presente):

Temperatura dell'acqua calda sanitaria in base al progetto: _____ (°C)
 Potenziamento massimo per l'ottimizzazione del FV in base all'impostazione: _____ (K)

Temperatura massima dell'acqua potabile misurata: _____ (°C)

- Questa temperatura è stata raggiunta *ogni giorno*

- È stata raggiunta la temperatura dell'acqua calda sanitaria prevista dal progetto

La temperatura dell'acqua calda sanitaria secondo il progetto non è stata raggiunta (non va bene)
 → *È necessaria una regolazione 2, vedi sotto.*

Aumento di temperatura misurato con ottimizzazione FV: _____ (K)

- L'incremento ha avuto luogo solo durante un'effettiva eccedenza di FV (controllare la potenza FV).

Il sovraccarico si è verificato anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV (non va bene).
 → *Sono necessarie le regolazioni 3 e 4, vedi sotto.*

Regolazione 2:

Non è stata raggiunta la temperatura dell'acqua calda sanitaria prevista dal progetto.

Impostazioni a pagina boiler a pompa di calore:

- Aumentare il setpoint della temperatura dell'acqua calda sanitaria (se possibile): vecchio _____ (°C), nuovo _____ (°C)

Regolazione 3 con SG-Ready:

L'innalzamento è avvenuto anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni nella pagina energy manager:

- Eccedenza di FV selezionata come criterio di accensione (non solo la produzione di FV!)
- Lo stato di funzionamento 3 secondo SG-Ready (funzionamento aumentato) è stato effettivamente raggiunto.
- Soglia di potenza per lo stato di funzionamento 3: vecchio _____ kW → aumento nuovo: _____ kW
- Lo stato di funzionamento 4 secondo SG-Ready (funzionamento forzato) è stato effettivamente raggiunto
- Soglia di potenza per la modalità operativa 4: vecchia _____ kW → aumento nuova: _____ kW

Regolazione 3 con ingresso FV:

L'innalzamento si è verificato anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni nella pagina energy manager:

- Eccedenza di FV selezionata come criterio di accensione (non solo la produzione di FV!)
- Il funzionamento del fotovoltaico con temperature più elevate è stato effettivamente raggiunto
- Soglia di potenza per il funzionamento del fotovoltaico: vecchio _____ kW → aumento nuovo: _____ kW

Regolazione 4 per il programma orario:

Il potenziamento è avvenuto anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni a pagina boiler a pompa di calore:

- Impostare la finestra di carica per la produzione di acqua calda sanitaria giornaliera:

Vecchio: Ora di inizio _____ (hh:mm), Ora di fine _____ (hh:mm)

Nuovo: Ora di inizio _____ (hh:mm), Ora di fine _____ (hh:mm)

10.5 Resistenze elettriche

In generale, le resistenze elettriche per l'ottimizzazione del fotovoltaico non sono consigliate a causa della scarsa efficienza. Possono essere attivate solo in casi eccezionali, come indicato al paragrafo 5.3 o nell'allegato III di controllo. 8.8 e 9.8.

Controllo dei dati di funzionamento:

- Controllare i dati del **sensore di temperatura del boiler** (se disponibile):

Temperatura dell'acqua calda sanitaria come da progetto: _____ (°C)

Potenziamento massimo per l'ottimizzazione del FV in base all'impostazione: _____ (K)

Temperatura massima dell'acqua calda sanitaria misurata: _____ (°C)

Aumento di temperatura misurato

con ottimizzazione FV: _____ (K)

- Tempi di funzionamento della resistenza elettrica** controllati:

- La resistenza elettrica è stata attivata solo durante un'effettiva eccedenza di FV (controllare la potenza FV)

La resistenza elettrica è stata accesa anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV (non va bene).

→ È necessaria una regolazione 3, vedi sotto.

La resistenza elettrica è stata attivata dalla pompa di calore solo *dopo* la produzione di acqua calda sanitaria.

La resistenza elettrica è stata accesa anche prima che la pompa di calore producesse acqua calda sanitaria (non va bene).

→ È necessaria una regolazione 4, vedi sotto.

Regolazione 3 per la soglia di potenza:

La resistenza elettrica è stata attivata anche al di fuori di un'effettiva eccedenza di FV.

Impostazioni nella pagina energy manager:

Eccedenza di FV selezionata come criterio di accensione (non solo la produzione di FV!)

Soglia di potenza per il funzionamento del fotovoltaico: vecchio _____ kW → aumento nuovo: _____ kW

Regolazione 4 per il programma orario:

Anche la resistenza elettrica è stata accesa dalla pompa di calore prima della produzione di acqua calda sanitaria.

Impostazioni nella pagina energy manager

Azzerare la finestra temporale per il funzionamento elettrico e adattarla alla pompa di calore:

Vecchie impostazioni:

Pompa di calore: ora di inizio _____ (hh:mm), ora di fine _____ (hh:mm)

Funzionamento elettrico: ora di inizio _____ (hh:mm), ora di fine _____ (hh:mm)

Nuove impostazioni:

Pompa di calore: ora di inizio _____ (hh:mm), ora di fine _____ (hh:mm)

Funzionamento elettrico: ora di inizio _____ (hh:mm), ora di fine _____ (hh:mm)

→ La resistenza elettrica deve essere attivata dopo la pompa di calore!

11 Bibliografia

Norme e regolamenti:

- [SIA 380] Basi per il calcolo energetico di edifici, SIA Zurigo, 2015 (nuovo prSIA 380:2021-01 in preparazione).
- [SIA 380/1] Fabbisogno termico per il riscaldamento, SIA Zurigo, 2016
- [SIA 384/1] Impianti di riscaldamento degli edifici - Basi generali ed esigenze, SIA Zurigo, 2009 (nuovo prSIA 384/1 in preparazione).
- [SIA 385/1] Impianti per l'acqua calda sanitaria negli edifici - Basi generali e requisiti, SIA Zurigo, 2020
- [SIA 385/2] Impianti per l'acqua calda sanitaria negli edifici - Fabbisogno di acqua calda, requisiti globali e dimensionamento, SIA Zurigo, 2015.

- [SIA 386] SIA-Norm 386 / EN-Norm 16484: Energieeffizienz von Gebäuden, Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement
- [SIA 2060] Norma SIA 2060: Infrastruttura per veicoli elettrici negli edifici, SIA Zurigo, 2020
- [SG-R 2013] Regularium für das Label "SG Ready" für elektrische Heizungs- und Warmwasserwärmepumpen, Version 1.1, bwp Bundesverband Wärmepumpe e.V., DE Berlin, Gennaio 2013
- [SGr 2018] Smart Grid Ready – Bereit für eine Zukunft voller Energie, die kommuniziert, Projektteam SmartGridready, 2018 (Label V1 in Vorbereitung).
- [WPSM 2021] PdC modulo di sistema - Pflichtenheft und Funktionsschemata, Dez. 2021 (in Überarbeitung)
- [WPSM-NK 2021] Wärmepumpen-System-Modul – Protokoll Nachkontrolle, 2021 (in Überarbeitung)
- [WPSM-PV 2021] PdC-Modulo di Sistema - Capitolato d'oneri, 2021 (in preparazione)
- [WPSM-SP 2018] PdC-odulo di sistema - Disposizioni per il dimensionamento di accumulatori con e senza utilizzo di corrente propria (autoconsumo) da impianto PV, agosto 2018
- [WP-LG 2020] Garanzia di prestazione pompe termiche, check-list, SvizzeraEnergia, Gennaio 2019
- [SPF-PV86] Schichtungseffizienz von Speichern, SPF Prüfvorschrift Nr. 86, Rapperswil 2020

Brochure e opuscoli:

- [WP-PV 2020] Wärmepumpen und PV – die clevere Kombination, Erkenntnisse aus der Praxis für interessierte Kunden und Installateure, Energie Schweiz, August 2020
- [WP-PV-Tab] Tabelle Wärmepumpen für die PV-Einbindung - Datenbasis für eine gute Planung, Energie Schweiz, laufend aktualisiert
<https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/energieeffizienz/umgebungswaerme.html>
- [EVO 2018] Solarstrom Eigenverbrauch optimieren – Handbuch, Energie Schweiz, April 2018
- [EVMFH 2018] Consumo proprio di elettricità solare: nuove possibilità per gli stabili plurifamiliari e le aree, Svizzera Energia, Aprile 2019
- [ZEV 2019] Leitfaden Eigenverbrauch, Version 2.0, Energie Schweiz, April 2019
- [EMS 2020] Energiemanagementsysteme: Digitales Werkzeug der Energieversorgung - Eine Marktübersicht, Energie Zukunft Schweiz, Juni 2020

- [WWS 2017] Sistemi efficienti per l'acqua calda Panoramica per i proprietari di edifici, Svizzera Energia, Giugno 2017
- [HYD 2020] Promemoria 8: Bilanciamento idraulico nei nuovi impianti di riscaldamento, SuisseTec, 2020
- [KFB 2021] Promemoria 11: Raffrescamento con il riscaldamento a pavimento, SuisseTec, 2021
- [IWP 2021] Promemoria 8: Pompe di calore con inverter, SuisseTec, 2022
- [GCL 2021] Merkblatt GeoCooling mit Wärmepumpen, SuisseTec 2021 (in Vorbereitung)
- [GCLB 2021] Empfehlung für GeoCooling-Einstellungen bei Erdwärmesonden-Wärmepumpen-Anlagen in Wohnbauten mit Fussbodenheizung, Energie Schweiz, 2021 (Entwurf in Vorbereitung)
- [MIN 2017] Produktreglement zu den Gebäudestandards MINERGIE®/MINERGIE-P®/MINERGIE-A®
- [MINMON 2020] Reglement Minergie-Modul Monitoring
- [QSCH 2015] V. Quaschnig, Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation, 9. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2015
- [SPF 2018] Merkblatt solare Kombispeicher und Wärmepumpen, SPF Institut für Solartechnik, Rapperswil, 2018

Rapporti di ricerca e studi:

- [OPTEG 2016] OPTEG – Regelstrategien für die Optimierung des Eigenverbrauchs von Gebäuden, BFE, Februar 2016
- [CVLT 2019] CombiVolt – Steigerung des Photovoltaik-Eigenverbrauchs durch intelligente Wärmepumpen, SPF / BFE, Oktober 2019
- [MÖRIKEN 2020] Innovative Eigenverbrauchsoptimierung für Mehrfamilien-Arealüberbauung mit lokaler Strombörse in Möriken-Wildegg, BFE, November 2020
- [SOLBAT 2020] Solarbatterien für Privatkunden – Eine Marktstudie, Energie Schweiz, Dezember 2020

Strumenti di calcolo:

- [PVopti 2018] Einfaches Excel-Tool zur Optimierung des Eigenverbrauchs, MINERGIE / EnDK / BFE, Dezember 2018
- [PolySun®] Detailliertes Berechnungs-Tool zur Simulation von thermo-elektrischen Systemen wie Wärmepumpen, PV-Anlagen, Gebäuden und Solarthermie, Vela Solaris AG, www.velasolaris.com