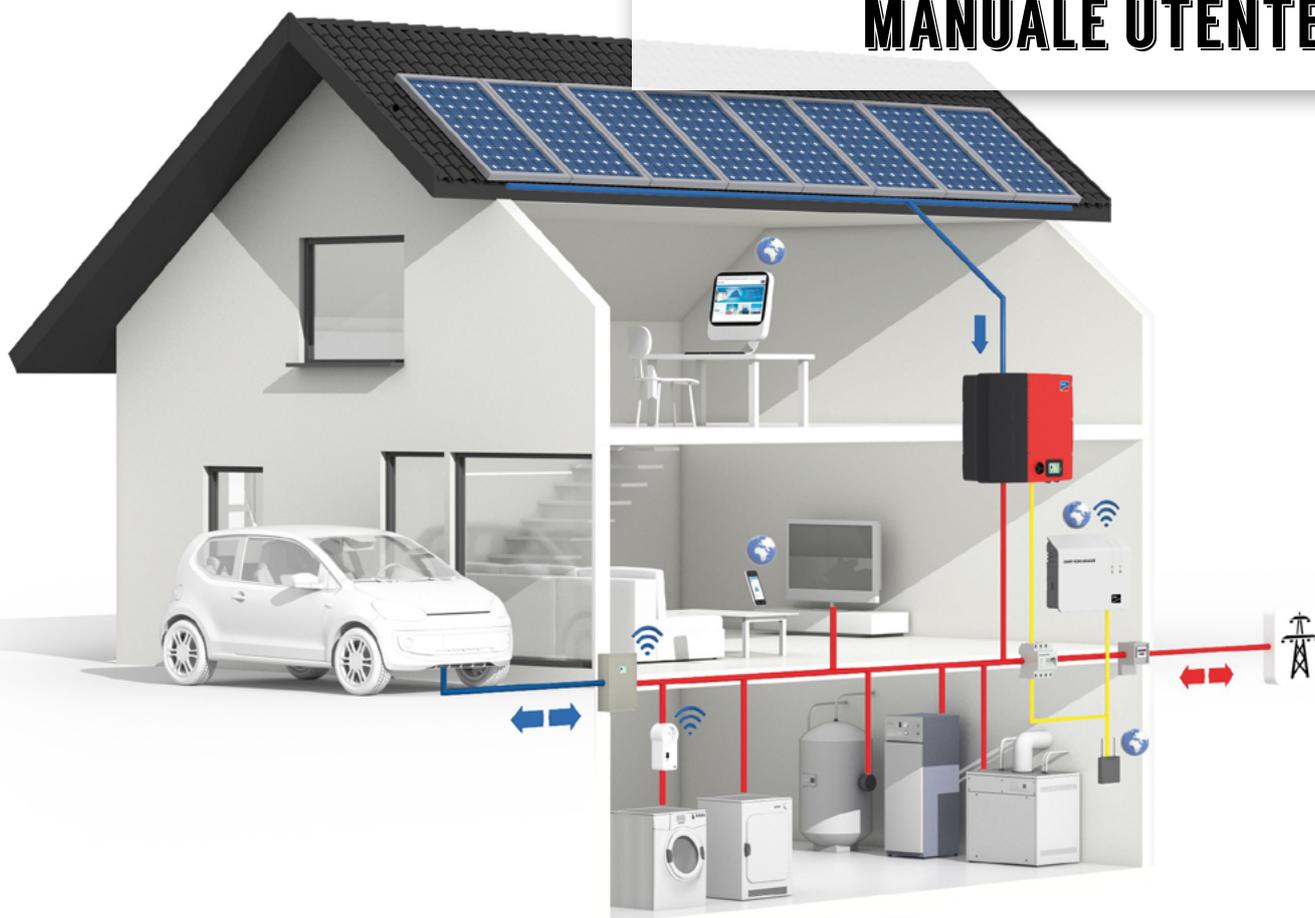


OTTIMIZZARE L'AUTOCONSUMO DI ELETTRICITÀ SOLARE

MANUALE UTENTE



svizzeraenergia

Il nostro impegno: il nostro futuro.

INDICE

DI COSA SI TRATTA

1	Introduzione.....	4
1.1	Qual è la differenza tra autosufficienza e autoconsumo?	4
1.2	L'autoconsumo è conveniente?.....	5

PER IL CONSUMATORE

2	Come si può aumentare l'autoconsumo?.....	6
2.1	Ottimizzazione per la produzione di calore.....	7
2.2	Ottimizzazione per il consumo elettrico domestico	7
2.3	Ottimizzazione tramite l'accumulatore a batteria	8
2.4	Ottimizzazione tramite l'elettromobilità.....	9
2.5	Il raggruppamento ai fini del consumo proprio (RCP)	10
2.6	Energia solare in «Smart Home» e «Smart Office»	11
2.7	Percentuali ottenibili di autoconsumo	11

PER L'INSTALLATORE

3	Concetti e regolazioni, panoramica	12
3.1	Pompe di calore	12
3.2	Inverter solari	16
3.3	Collegamento di un accumulatore a batteria	20
3.4	Unità di controllo per l'ottimizzazione dell'autoconsumo.....	38
3.5	Integrazione in «Smart Home».....	38

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

4	Sei fasi per un maggiore autoconsumo.....	39
---	---	----

DI COSA SI TRATTA

1 INTRODUZIONE

L'autoconsumo di elettricità fotovoltaica prodotta localmente è consentito in tutta la Svizzera dall'aprile 2014. Autoconsumo significa utilizzare l'energia solare simultaneamente prodotta sul posto, ad esempio usando la lavatrice nei momenti in cui splende il sole. Dal 2018, inoltre, è stato introdotto il raggruppamento ai fini del consumo proprio (RCP), che offre maggiori opportunità per produttori e consumatori.

1.1 QUAL È LA DIFFERENZA TRA AUTOSUFFICIENZA E AUTOCONSUMO?

Il grado di autosufficienza è una misura dell'indipendenza: quale percentuale del mio consumo di elettricità posso coprire con l'energia solare autoprodotta?

Per contro, il grado di autoconsumo indica quale percentuale della produzione totale di energia solare viene consumata localmente nello stesso momento (vedi figura 1).

Un esempio: una famiglia consuma annualmente 4000 kWh di elettricità e produce 8000 kWh con il suo impianto fotovoltaico. In media, in un anno il consumo simultaneo della propria corrente solare ammonta a 1200 kWh, che corrisponde a un livello di autosufficienza del 30% e a una percentuale di autoconsumo individuale del 15%.

Per la stessa famiglia, un impianto fotovoltaico più piccolo (produzione annua di 3000 kWh, consumo simultaneo di 900 kWh) raggiunge un grado di autonomia del 22% e un autoconsumo del 30%. Con l'aiuto di un calcolatore per l'autoconsumo (ad es. www.eigenverbrauchsrechner.ch) è possibile calcolare il livello di autoconsumo di un'economia domestica.

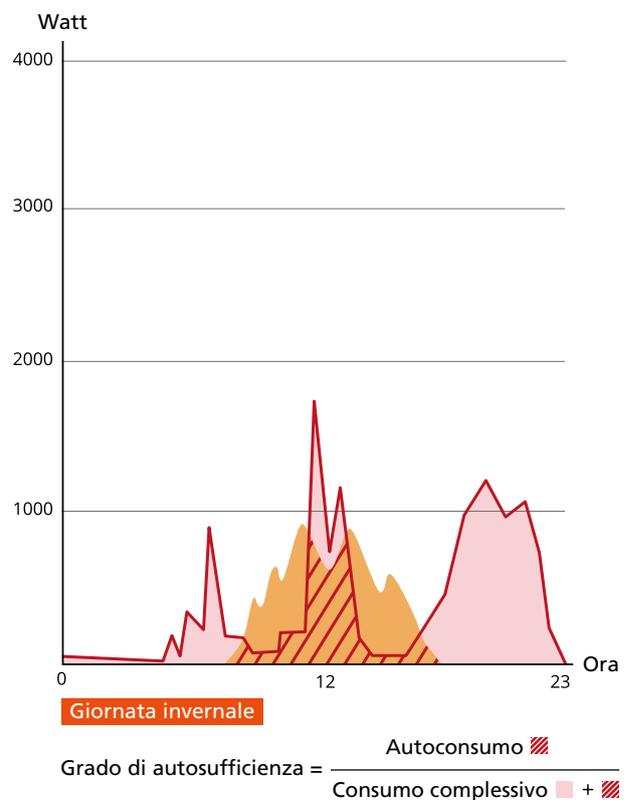
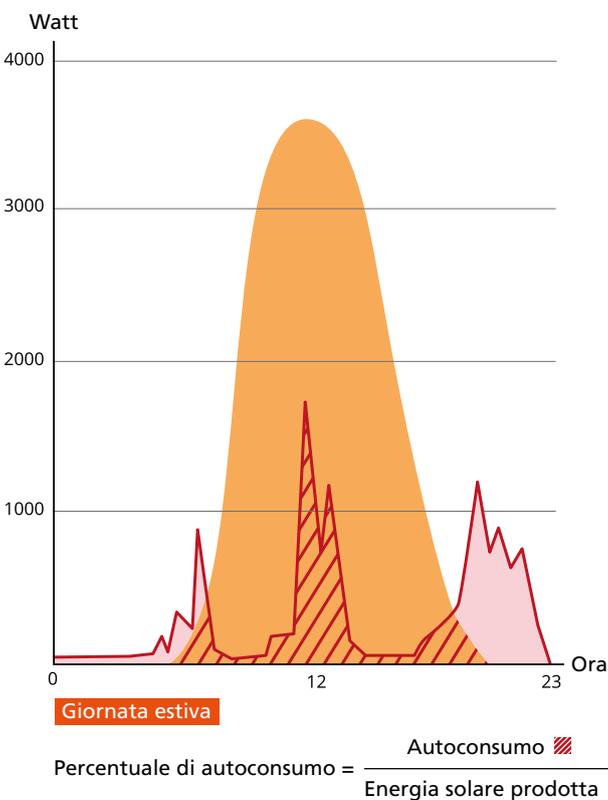


Figura 1: Esempio di andamenti giornalieri tipici della produzione di corrente solare (fonte: VESE).

1.2 L'AUTOCONSUMO È CONVENIENTE?

I costi della corrente solare, tipicamente da 8 a 16 ct./kWh, sono generalmente inferiori rispetto alla tariffa elettrica per le economie domestiche (circa 20 a 35 ct./kWh). Nel 2020, tuttavia, la tariffa di ripresa per l'immissione di energia elettrica non autoconsumata alla rete elettrica pubblica, nella maggior parte dei casi era compresa solo tra i 6 e i 13 ct./kWh.

Ciò significa che con una maggiore percentuale di autoconsumo (e una minore immissione in rete), la redditività dell'impianto fotovoltaico aumenta. Nel seguente esempio semplificato sono illustrati i parametri di un impianto standard e un'economia domestica tipica:

Potenza impianto fotovoltaico	6 kW
Costi d'investimento netti	19'390 CHF
Remunerazione unica federale (dal 1°aprile 2020)	-3040 CHF
Costi di esercizio	150 CHF/anno
Durata di vita	25 anni
Produzione di corrente all'incirca	6000 kWh/anno
Consumo domestico elettricità	4000 kWh/anno
Quota di consumo in periodi tariffari alti e bassi	Ca. 45% (A), 55% (B)
Quota di produzione di corrente solare in periodi tariffari alti e bassi	Ca. 70% (A), 30% (B)

Tabella 1: Ipotesi di calcolo della redditività di un impianto fotovoltaico per il consumo proprio.

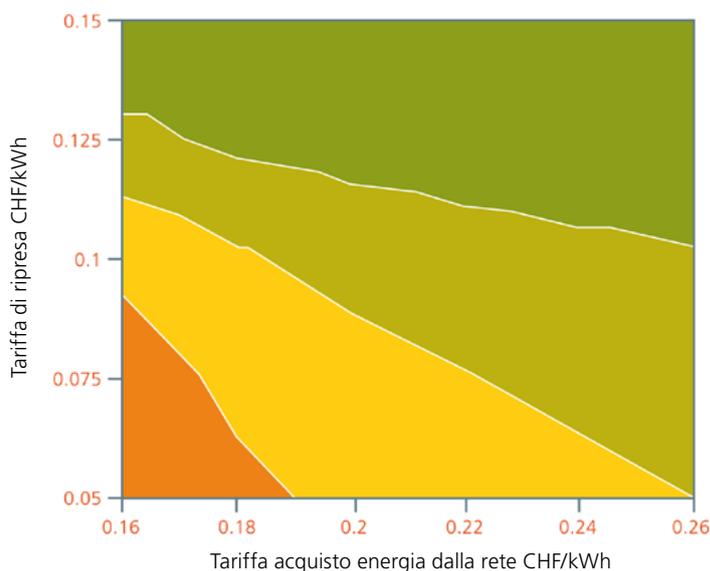


Figura 2: Grado di autoconsumo necessario per un ritorno sull'investimento dell'1% per un impianto fotovoltaico, in funzione della tariffa elettrica e della tariffa di ripresa (ipotesi in tabella 1, fonte: VESE).

60–80%
40–60%
20–40%
0–20%

Per questi parametri, la figura 2 mostra, a seconda della tariffa di ripresa e della tariffa per la corrente acquistata dalla rete, quale grado di autoconsumo è necessario per ottenere un rendimento del capitale dell'1%. Ad esempio, con una tariffa di ripresa di 10 ct./kWh e una tariffa elettrica di 22 ct./kWh, è necessaria una percentuale di autoconsumo del 40–60%, affinché l'impianto sia redditizio con l'1%.¹

Ottimizzare l'autoconsumo significa aumentare la percentuale di autoconsumo e quindi aumentare in modo mirato la redditività dell'impianto. Questo manuale mostra le possibilità tecniche di ottimizzazione dell'autoconsumo per principianti (capitolo 2) e per tecnici e installatori (capitolo 3).

Ulteriori informazioni sull'economicità e un calcolatore della resa solare sono disponibili su www.tettosolare.ch et www.svizzeraenergia.ch/calcolatore-solare.

Potete trovare la vostra tariffa elettrica sul sito www.prezzi-elettricit .elcom.admin.ch e la tariffa di ripresa nel vostro comune su www.pvtarif.ch.

¹ Le tariffe per la corrente immessa e per quella acquistata dalla rete possono cambiare ogni anno. Pertanto, il calcolo della redditività è approssimativo.

PER IL CONSUMATORE

2 COME SI PUÒ AUMENTARE L'AUTOCONSUMO?

Se il consumo annuale corrisponde approssimativamente alla produzione annua di corrente solare e l'autoconsumo non è ottimizzato, un'economia domestica senza accumulatore di energia può consumare simultaneamente circa il 15–30% della propria corrente solare. Attraverso l'ottimizzazione, è possibile raggiungere un autoconsumo dal 30 al 70% circa.

Se l'elettricità viene utilizzata anche per la produzione di calore e/o per caricare un veicolo elettrico, il potenziale per aumentare l'autoconsumo è maggiore. Ad esempio, una pompa di calore con supporto per il riscaldamento o l'elettromobilità possono richiedere circa la stessa quantità di elettricità annuale necessaria com per il resto della famiglia.

La figura 3 mostra schematicamente quali sono le utenze più idonee per l'ottimizzazione.

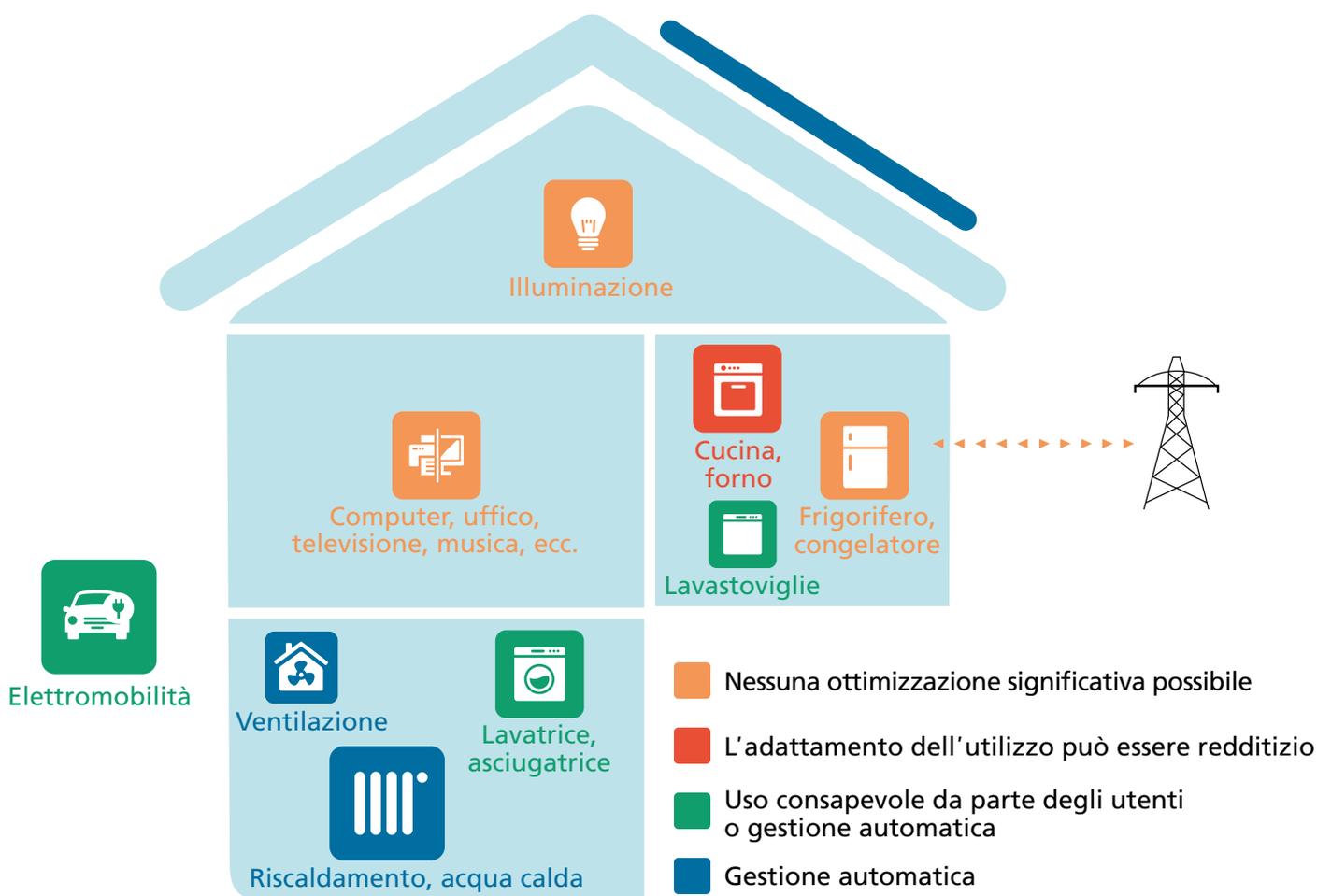


Figura 3: Opzioni di ottimizzazione in una casa unifamiliare. La dimensione dei quadrati rappresenta il consumo elettrico dei dispositivi e quindi il potenziale di ottimizzazione. I dispositivi in verde sono adatti per l'ottimizzazione manuale dell'autoconsumo, quelli in blu per l'ottimizzazione automatizzata dell'autoconsumo (fonte: VESE).

2.1 OTTIMIZZAZIONE PER LA PRODUZIONE DI CALORE

La preparazione dell'acqua calda sanitaria richiede fino a 17 kWh al giorno.² Un'ottimizzazione è possibile se il generatore di calore elettrico non riscalda l'acqua come al solito di notte, ma durante il giorno con l'energia solare. Gli elementi riscaldanti elettrici azionabili dinamicamente hanno il vantaggio di convertire 1:1 e in modo regolabile da 0,5 a 10 kW l'energia solare in calore. Esistono, inoltre, elementi riscaldanti comandabili gradualmente. Gli elementi riscaldanti possono essere azionati da un normale impianto solare (collegato alla rete) con una semplice gestione dei surplus energetici oppure i moduli solari vengono collegati direttamente all'elemento riscaldante. Quest'ultima configurazione consente di risparmiare sui costi di installazione dell'impianto solare, ma l'elettricità prodotta non può essere utilizzata né per altre utenze né per l'immissione in rete

Le pompe di calore hanno un'efficienza energetica notevolmente più elevata degli elementi riscaldanti, poiché con 1 kWh di energia elettrica generano circa 3 kWh di calore, prelevando il calore dall'aria o dal terreno. A livello di regolazione delle pompe di calore, è necessario tenere conto di varie cose, come ad esempio: livelli di potenza prestabiliti, tempi di funzionamento minimi e periodi di riposo.

Inoltre, esistono pompe di calore modulanti che possono essere attivate a seconda del bisogno oppure in base alla disponibilità di calore (vedi anche capitolo 3.2).

Le pompe di calore per l'acqua calda sanitaria assorbono in genere 0,5 kW per diverse ore. Le pompe di calore che funzionano anche come riscaldamento hanno una potenza maggiore e consentono un autoconsumo ancora più elevato in primavera e in autunno. È sensato avere un accumulatore di calore sufficientemente grande, o allora, a seconda della situazione, una capacità termica sufficiente della massa dell'edificio.

LE POMPE DI CALORE ARIA/ACQUA IN COMBINAZIONE CON I SISTEMI FOTOVOLTAICI HANNO UN ULTERIORE VANTAGGIO: PIÙ LA TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA È ELEVATA, E MENO ENERGIA RICHIEDONO. PERTANTO LE POMPE DI CALORE FUNZIONANO IN MODO MOLTO PIÙ EFFICACE DI GIORNO CHE DI NOTTE.

2.2 OTTIMIZZAZIONE PER IL CONSUMO ELETTRICO DOMESTICO

L'ottimizzazione delle altre utenze domestiche può essere fondamentalmente eseguita in due modi:

- **manualmente:** adeguamento del comportamento dell'utente, ad es. accendendo la lavatrice manualmente nelle ore soleggiate (lavatrice e lavastoviglie rappresentano fino al 30% del consumo di elettricità dell'economia domestica).
- **automaticamente:** un dispositivo sposta i tempi di accensione nei periodi con molta energia solare. Ad esempio, la lavatrice è programmata per accendersi automaticamente quando c'è sufficiente soleggiamento. Se ciò avviene in modo coerente, l'autoconsumo aumenta in genere di circa il 10%. Il capitolo 3 spiega il funzionamento. La figura 4 mostra come l'autoconsumo può essere aumentato spostando il lavaggio dalla sera a mezzogiorno.

Raffreddare con il sole?

È sensato far funzionare anche l'aria condizionata e la ventilazione con l'energia solare. Frigoriferi e congelatori rappresentano insieme dal 15 al 30% del consumo elettrico domestico. In linea di principio è possibile alimentare i dispositivi tramite una presa telecomandata solo in presenza di corrente solare in eccesso. Per questo, la temperatura dei dispositivi deve essere inferiore da 1 a 2°C rispetto al normale, in modo che per la merce refrigerata sia disponibile una riserva di freddo durante la notte. Ad esempio, Solar-Log ha una funzione di programmazione per i congelatori con un proprio monitoraggio della temperatura. Poiché eventuali fluttuazioni di temperatura possono pregiudicare la qualità della merce da raffreddare, ogni caso va verificato attentamente. Deve inoltre essere garantito, con ulteriori misure tecniche, che non sia superata la temperatura massima.

Le imprese commerciali ottimizzano l'uso del raffreddamento sulla base della fornitura di elettricità e del prezzo dell'elettricità. Nelle grandi aziende, una riserva di freddo di mezzo grado equivale, in determinate situazioni, a una grande quantità di energia che può essere immagazzinata gratuitamente. Se ad esempio un'azienda agricola raffredda il latte non direttamente, ma tramite dell'acqua ghiacciata, con l'elettricità solare può essere prodotto ghiaccio di riserva.

² Secondo SIA 385

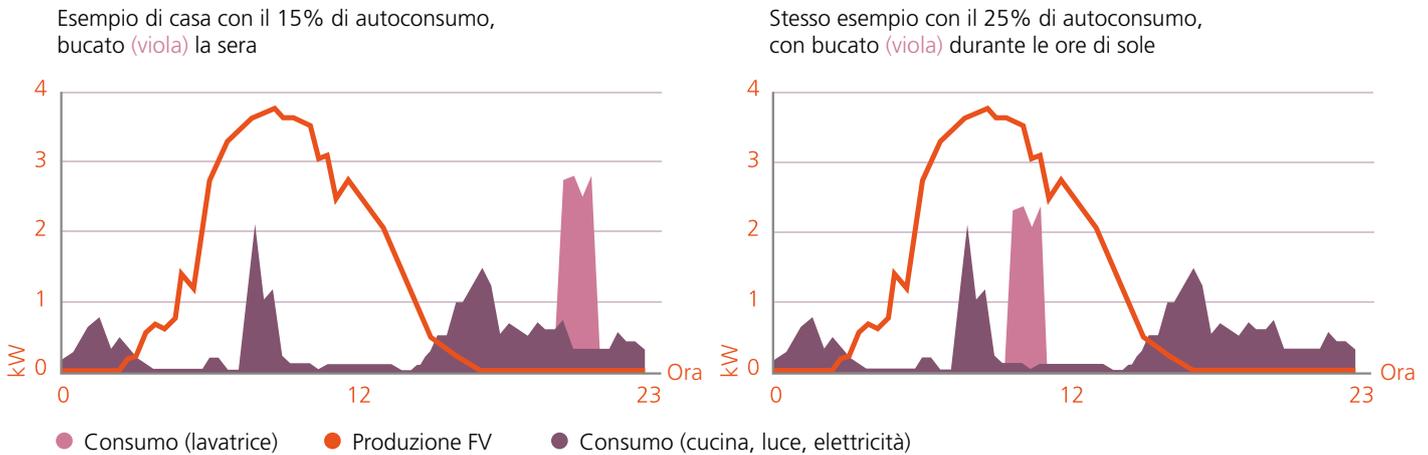


Figura 4: Aumento dell'autoconsumo mediante lavaggio durante orari con molta elettricità solare proveniente dal tetto (fonte: VESE).

2.3 OTTIMIZZAZIONE TRAMITE L'ACCUMULATORE A BATTERIA

Un ulteriore aumento dell'autoconsumo può essere ottenuto con l'accumulo intermedio: così la corrente solare prodotta durante il giorno è disponibile anche di sera e di notte. Questo accumulo intermedio avviene solitamente con batterie che vengono caricate durante il giorno con l'elettricità solare e scaricate di nuovo la sera.

Un esempio: per una famiglia di 4 persone con un consumo annuo di elettricità di 4500 kWh (4,5 MWh) e un impianto fotovoltaico con una potenza compresa tra 3 e 6 kWp, è adatto un accumulatore con una capacità di accumulo da 4 a 6 kWh (dimensioni approssimative di un piccolo frigorifero). Esso permette di aumentare l'autoconsumo dal 30 al 70% (ulteriori informazioni: www.pvspeicher.htw-berlin.de > Online-Tools > Unabhängigkeitsrechner).

Il grafico in figura 5 mostra come la percentuale di autoconsumo dipenda dalle dimensioni dell'impianto fotovoltaico e dalle dimensioni dell'accumulatore. Sull'asse x, viene indicata la potenza del sistema fotovoltaico in relazione al consumo annuo in MWh, sull'asse y la dimensione dell'accumulatore in kWh in relazione al consumo annuo in MWh. Con un buon coordinamento di entrambi i parametri è possibile raggiungere elevati livelli di autoconsumo.

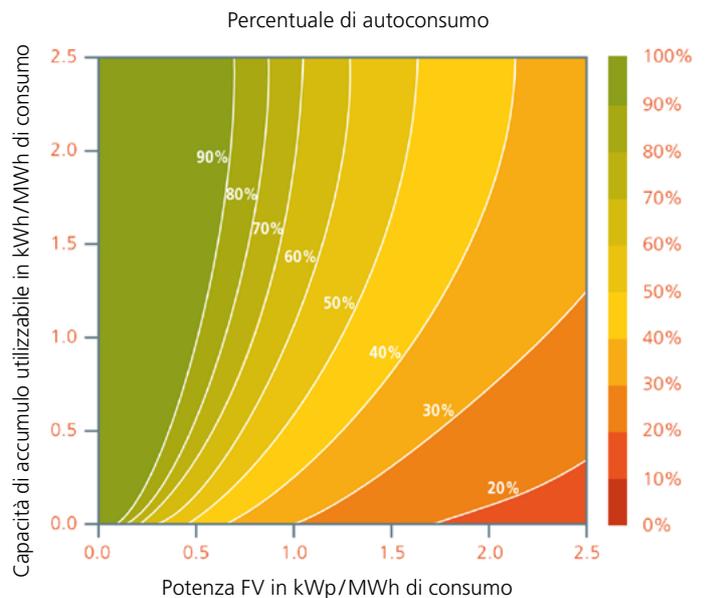


Figura 5: Autoconsumo in funzione della capacità della batteria e della potenza del sistema fotovoltaico. Entrambi i valori sono relativi, ossia riferiti al consumo annuale della famiglia (fonte: HTW Berlino – <http://pvspeicher.htw-berlin.de>).

Il mercato per accumulatori a batteria è attualmente molto dinamico. Regolarmente vengono presentati nuovi accumulatori e di conseguenza sul mercato sono disponibili diversi modelli. In generale, quando si sceglie un accumulatore dovrebbero essere presi in considerazione i seguenti criteri (i dettagli su questi punti sono disponibili nel capitolo 3.3):

- tecnologia
- capacità di accumulo
- numero di cicli di caricamento
- utilizzo (casa per il weekend, case unifamiliari/pluri-familiari o ufficio)
- profilo del consumo (da cui dipendono le dimensioni ed eventualmente la tecnologia dell'accumulatore)
- ubicazione della batteria (osservare il range di temperatura ideale delle batterie e la sicurezza: alcuni tipi di accumulatori non possono trovarsi in locali abitati)
- la potenza massima assorbita e fornita dall'accumulatore deve essere adeguata alla potenza dell'impianto fotovoltaico e a quella delle utenze collegate
- per impianti più grandi: funzionalità aggiuntive come peak shaving o servizi di rete

I prezzi correnti degli accumulatori per una casa unifamiliare, considerando la durata di vita, comportano costi di accumulo da circa 7 a 65 ct./kWh³ nel caso di accumulatori agli ioni di litio e costi più elevati nel caso di batterie al piombo. A questi si aggiunge il valore della corrente solare di circa 7 ct. (ovvero il prezzo che si otterrebbe vendendo la corrente all'azienda elettrica). Ciò significa che l'elettricità che di sera si preleva dall'accumulatore costa dai 14 ai 72 ct./kWh. Le soluzioni con accumulatore non sono quindi ancora economiche o appena al limite della redditività. Tuttavia, nei prossimi anni questo potrebbe cambiare grazie alle ulteriori riduzioni dei prezzi previste per gli accumulatori.

2.4 OTTIMIZZAZIONE TRAMITE L'ELETTROMOBILITÀ

A seconda del modello, i veicoli elettrici sono dotati di batterie con capacità da 5 a 100 kWh. In pratica si tratta di un'altra utenza elettrica che può essere utilizzata per ottimizzare l'autoconsumo.

Possono anche essere usati come sostituti o supplementi di un accumulatore a batterie stazionario – specialmente se l'auto è spesso a casa durante il giorno o in un altro luogo con collegamento di rete. Si parla anche di Vehicle-to-Home (V2H), ossia l'integrazione dell'auto elettrica in una Smart Home. Questo oggi è già possibile normalmente: vari produttori come Nissan, Mitsubishi e BYD lavorano in questa direzione e i primi modelli sono disponibili sul mercato. Ad esempio, la società svizzera EVTEC AG offre questo sistema: un gestore di servizi energetici controlla sia le utenze domestiche sia la ricarica dell'auto elettrica. Appena viene raggiunta una certa potenza minima, la batteria dell'auto inizia a caricarsi. Alla sera, quando il consumo di elettricità nella casa aumenta, la corrente della batteria dell'auto viene nuovamente messa a disposizione. Alcuni modelli già in commercio dispongono di questa funzionalità.

Quando si acquista un veicolo elettrico, è necessario assicurarsi che l'auto supporti lo standard di ricarica bidirezionale (ISO 15118). Ma anche senza scaricamento, rispettivamente «caricamento bidirezionale», un veicolo elettrico che può essere caricato con energia solare durante il giorno a casa contribuisce in larga misura ad aumentare l'autoconsumo. Si consiglia, inoltre, di informarsi sui regolamenti con l'Ufficio cantonale dell'energia o il distributore locale di elettricità.

³ Calcolo: prezzo per kWh accumulato = investimento/(capacità di accumulo utilizzabile x numero totale di cicli x efficienza di carica).

2.5 IL RAGGRUPPAMENTO AI FINI DEL CONSUMO PROPRIO (RCP)

In una casa plurifamiliare o in un edificio per uffici, diversi inquilini, proprietari di condomini o proprietari di immobili possono unirsi per formare un RCP. Se sono riforniti dallo stesso impianto solare, per ragioni statistiche l'autoconsumo aumenta, perché il consumo è più uniforme (ad esempio, compensazione per l'assenza da ferie, ecc.). Un altro vantaggio è il minor costo di investimento per kilowatt per i grandi impianti, che riduce il prezzo per kWh rispetto a un singolo impianto domestico.

Sono possibili diversi modelli di implementazione, a seconda di chi gestisce l'impianto. Questo può essere il proprietario dell'immobile o una terza parte come una cooperativa solare o il fornitore locale di energia elettrica (modalità energy contracting). Il prezzo per kWh fissato dall'operatore si basa sui costi di produzione dell'impianto fotovoltaico. La fatturazione viene effettuata dall'operatore stesso o da un fornitore di servizi, che si occupa anche dell'esercizio e della lettura dei contatori.

La figura 6 mostra come gli inquilini di un RCP sono riforniti di elettricità dall'impianto fotovoltaico sul tetto e dalla rete, nonché l'attrezzatura di misurazione richiesta.

Prima di formare un raggruppamento ai fini del consumo proprio, è opportuno chiarire quali tariffe si applicano. Per tali sistemi fotovoltaici potrebbero valere altre tariffe (come le tariffe basate sul carico) con un possibile impatto negativo sulla redditività. Va inoltre osservato che un RCP è ammesso solo se la produzione dell'impianto o degli impianti è pari ad almeno il 10% della potenza allacciata del raggruppamento. La «Guida pratica per il consumo proprio» e ulteriori informazioni sull'implementazione di RCP sono disponibili su www.svizzeraenergia.ch/consumo-proprio.

1. impianto fotovoltaico
2. contatore privato per ogni appartamento/locatario
3. contatore di produzione per l'impianto solare (da 30 kVA dal GRD)
4. contatore principale, unico contatore di consumo nei confronti del GRD

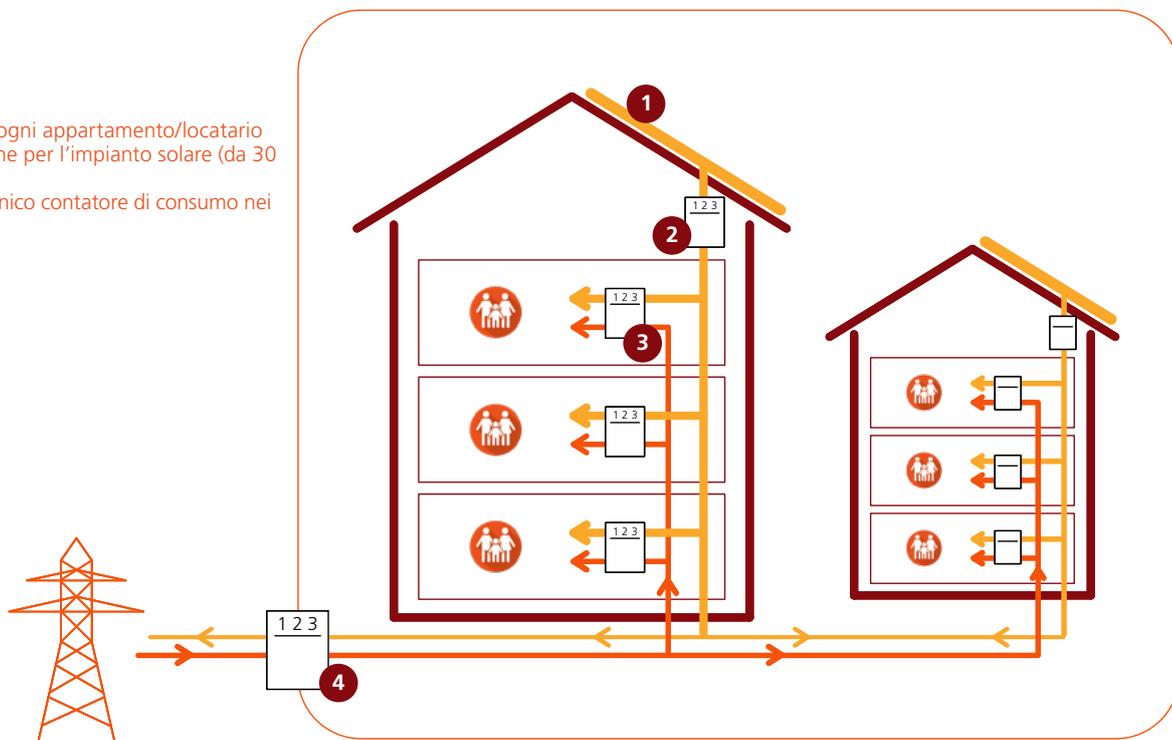


Figura 6: Raggruppamento ai fini del consumo proprio.

2.6 ENERGIA SOLARE IN «SMART HOME» E «SMART OFFICE»

«Smart Home» o «Smart Office» sono termini generici che definiscono i processi e i sistemi nelle abitazioni, negli edifici residenziali e negli uffici. Il loro obiettivo è aumentare la qualità abitativa, di vita e del lavoro, la sicurezza e l'uso efficiente dell'energia attraverso il collegamento di dispositivi e processi automatizzabili. La modalità «assenza», ad esempio, consente risparmi energetici nel settore del riscaldamento. In questo contesto, è possibile la gestione dei dispositivi che consumano energia in base alla disponibilità di energia e alle tariffe. L'ottimizzazione dell'autoconsumo solare è uno degli aspetti. Grazie al loro profilo di carico, gli uffici e le attività produttive sono predestinati a un elevato autoconsumo e spesso raggiungono una percentuale di autoconsumo maggiore rispetto a case unifamiliari e plurifamiliari.

2.7 PERCENTUALI OTTENIBILI DI AUTOCONSUMO

In casa

A seconda del numero e del tipo di dispositivi integrati nell'ottimizzazione dell'autoconsumo, è possibile raggiungere diversi livelli di autoconsumo. La figura 7 mostra percentuali ottenibili per diverse situazioni.

Nelle piccole e medie imprese (PMI)

Negli edifici di attività artigianali e nelle PMI, il potenziale di autoconsumo varia moltissimo, a seconda del momento e del tipo di utenza elettrica utilizzata. In generale, tuttavia, è possibile ottenere un'elevata percentuale di autoconsumo

sulla base dell'elevato carico giornaliero, solitamente maggiore rispetto alle abitazioni. Se è presente un carico giornaliero regolare ed elevato, è possibile raggiungere un autoconsumo superiore al 50% anche con un impianto fotovoltaico relativamente grande. Per esempio, in aziende produttive con elevata automazione e turni di fine settimana, uffici, cucine comuni e centri commerciali. Con sistemi fotovoltaici ottimizzati per l'autoconsumo, che coprono solo una parte del consumo annuale, è possibile raggiungere anche una percentuale di autoconsumo fino al 100%. Se non si lavora nel fine settimana, in base all'esperienza si può stimare una percentuale di autoconsumo tra il 60 e l'80%.

Interessanti sono anche le strutture di cura, p.es. le case di riposo e gli ospedali, ad alto consumo durante il giorno e per tutta la settimana. Una casa di riposo con un consumo elettrico di 300'000 kWh l'anno può autoconsumare oltre il 90% dell'energia elettrica di un impianto da 100 kWp. Anche in aziende agricole con diversi edifici e apparecchi frigoriferi, ad es. per latte, frutta e verdura, è possibile raggiungere un elevato autoconsumo (spesso dal 50 all'80%).

Le aziende con un consumo elettrico superiore a 100 MWh/a possono acquistare energia elettrica sul mercato libero. Considerando anche le tariffe per l'utilizzo della rete e le tasse, il costo totale per kWh è grossomodo simile al prezzo di produzione di un grande impianto fotovoltaico (8–13 ct./kWh, a partire da circa 100 kWp). Se si raggiunge una percentuale di autoconsumo sufficientemente elevata, gli impianti fotovoltaici possono essere convenienti anche per gli operatori con libero accesso al mercato.

Ulteriori informazioni sono disponibili nell'opuscolo di Svizzera-Energia «Elettricità solare per il consumo proprio: nuove possibilità per la vostra azienda» (www.svizzeraenergia.ch/consumo-proprio).

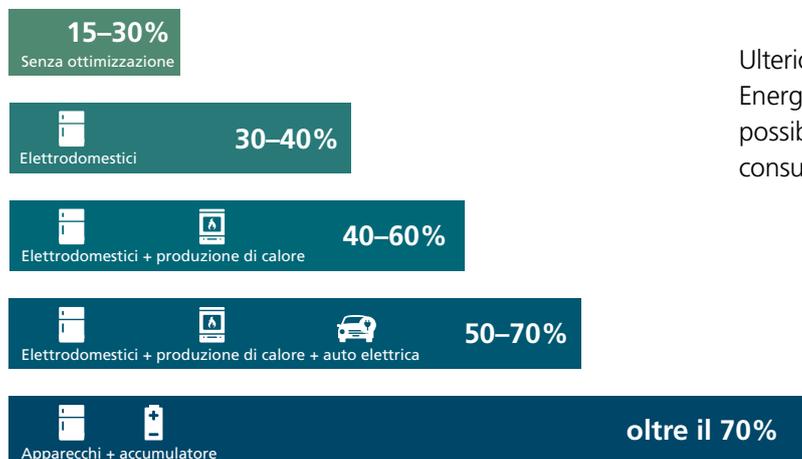


Figura 7: Valori indicativi per le percentuali di autoconsumo ottenibili in base ai gruppi di dispositivi ottimizzati. Sono possibili anche altre situazioni con percentuali ancora più alte di autoconsumo (fonte: VESE).

PER L'INSTALLATORE

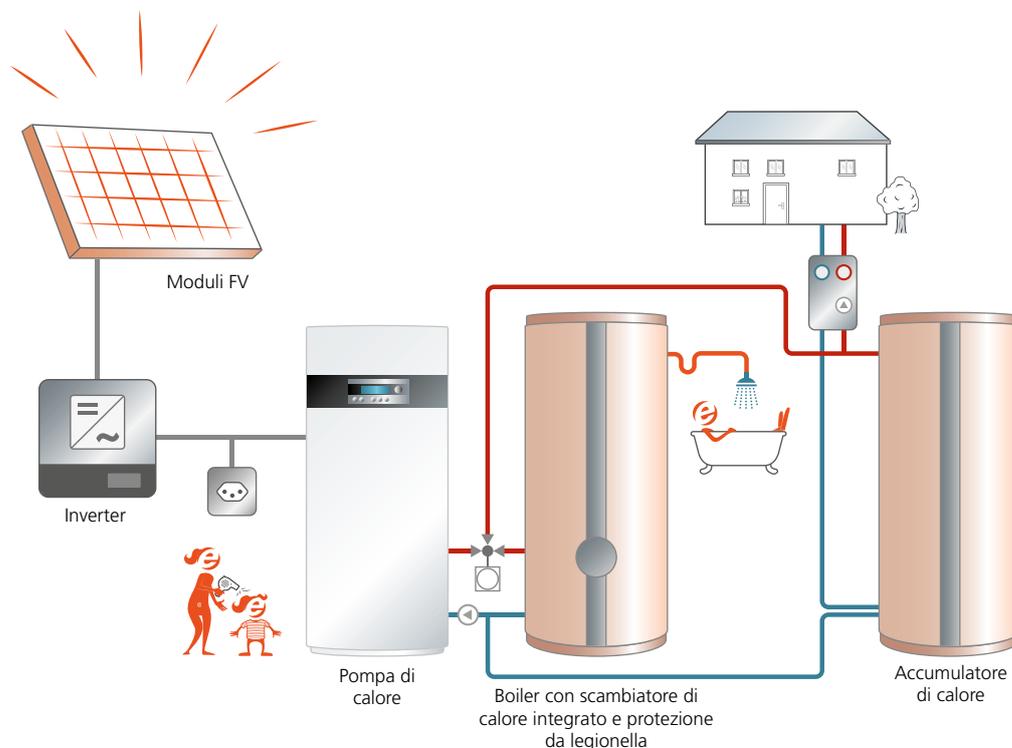


Figura 8: Concetto di collegamento idraulico pompa di calore con sistema fotovoltaico (fonte: VESE).

3 CONCETTI E REGOLAZIONI, PANORAMICA

Le seguenti informazioni sono rivolte principalmente ai progettisti e agli installatori che progettano un impianto, ma anche ai non professionisti esperti di tecnologia. Se desiderate solo aumentare la vostra comprensione sull'autoconsumo, saltate il capitolo 3 e andate direttamente al capitolo 4, Sei passi per un maggiore autoconsumo.

Le seguenti tecnologie e i relativi concetti di regolazione sono utilizzati nella pratica per l'ottimizzazione dell'autoconsumo:

1. pompe di calore
2. inverter solare
3. accumulatore a batteria
4. stazioni di ricarica elettrica
5. dispositivi di controllo separati
6. «Smart Home»

I seguenti capitoli forniscono una panoramica dei dispositivi disponibili sul mercato, i rispettivi concetti di regolazione e le possibili applicazioni.

Nota:

Il mercato dei dispositivi per l'ottimizzazione dell'autoconsumo è molto dinamico, pertanto quanto illustrato nelle seguenti tabelle va verificato prima della progettazione e dell'esecuzione. Le informazioni contenute nelle tabelle rappresentano solo la situazione attuale in quanto nuovi dispositivi vengono lanciati sul mercato ogni mese. Tuttavia, l'accento è stato posto su una panoramica completa delle possibilità tecniche (stato: estate 2020).

3.1 POMPE DI CALORE

Una pompa di calore non può essere alimentata autonomamente con un impianto fotovoltaico, poiché necessita di elettricità tutto l'anno, in particolare per il funzionamento dell'impianto di riscaldamento nei mesi invernali poco soleggiati. In effetti, da dicembre a febbraio e a seconda della posizione, l'impianto fotovoltaico produce solo una piccola percentuale (circa il 10–15%) del totale annuale.

Aumento autoconsumo

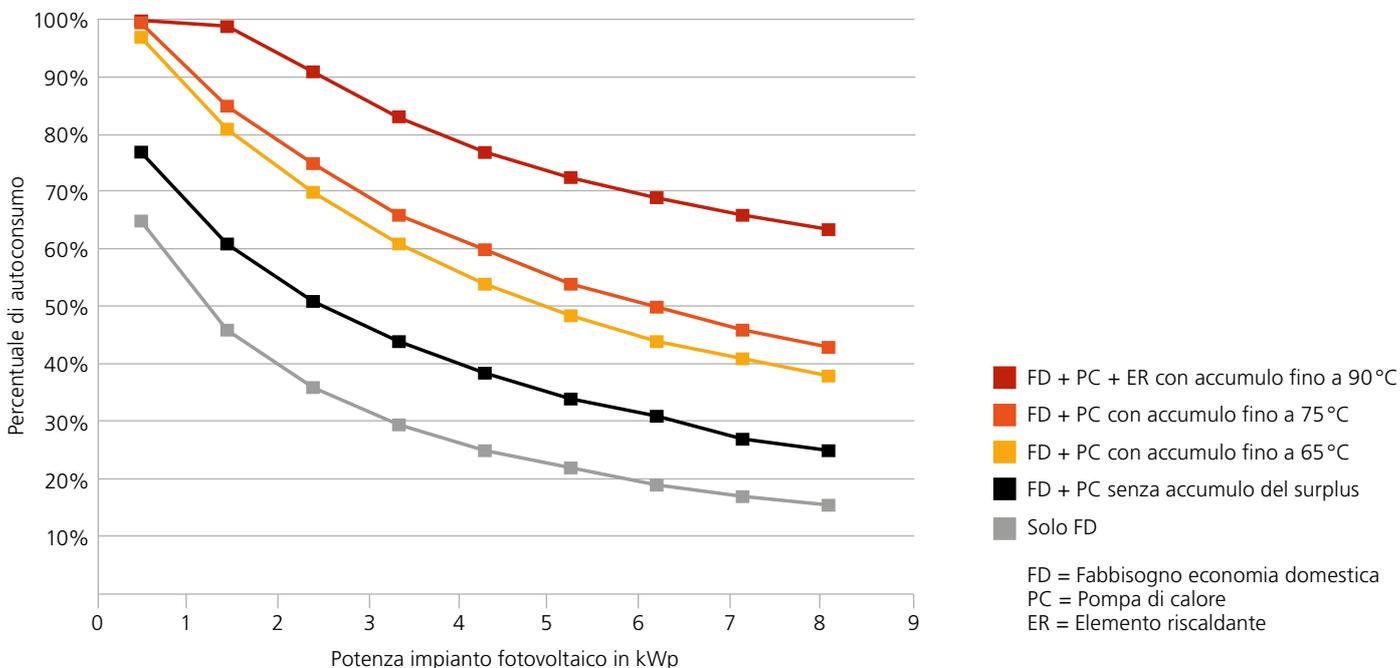


Figura 9: Ulteriore incremento della percentuale di autoconsumo con l'aumento della temperatura. Si vede chiaramente che aumentando le temperature nell'accumulatore termico intermedio si possono ottenere percentuali di autoconsumo più elevate. Se si procede in questo modo, vanno assolutamente rispettate le limitazioni e prescrizioni definite dai fabbricanti (fonte: T. Tjaden, HTW Berlin, 2013).

Ciononostante, in presenza di una pompa di calore, con un impianto di gestione dell'energia l'autoconsumo dell'impianto solare può essere notevolmente aumentato. Grazie all'ottimizzazione, la pompa di calore si accende automaticamente quando l'impianto fotovoltaico produce una potenza sufficiente, in modo che gran parte dell'acqua calda e/o energia di riscaldamento possa essere generata con la propria elettricità. In particolare, la parte di fabbisogno per l'acqua calda sanitaria aumenta significativamente l'autoconsumo.

Concetti di collegamento idraulico

La figura 8 mostra un tipico schema di collegamento idraulico. Affinché la corrente solare possa essere utilizzata in modo ottimale, si consiglia di utilizzare un accumulatore di calore (tampone termico). Con l'energia fotovoltaica non consumata immediatamente, l'acqua viene riscaldata dalla pompa di calore e immagazzinata temporaneamente nell'accumulatore. Per questa integrazione è consigliabile utilizzare un accumulatore stratificato, risp. fare in modo che l'acqua nel serbatoio

non venga miscelata eccessivamente quando caricata dalla pompa di calore. L'esperienza indica che una buona stratificazione aumenta l'efficienza (COP) della pompa di calore di alcuni decimi. Si veda anche la relazione finale sul progetto «CombiVolt» dell'Istituto di tecnologia solare SPF.

Un ulteriore aumento dell'autoconsumo è possibile quando la pompa di calore viene azionata con un aumento di temperatura: quindi se, ad esempio, l'accumulatore intermedio d'acqua viene riscaldato a una temperatura superiore a quella necessaria e/o l'energia termica viene immagazzinata negli elementi costruttivi massicci (attivazione termica della massa) o nella massa generale dell'edificio (aumento della temperatura ambiente, ad esempio a 21 o 22°C) (vedi figura 9). Tuttavia, è opportuno ricordare che all'aumentare della temperatura di esercizio, l'efficienza (COP) della pompa di calore peggiora.

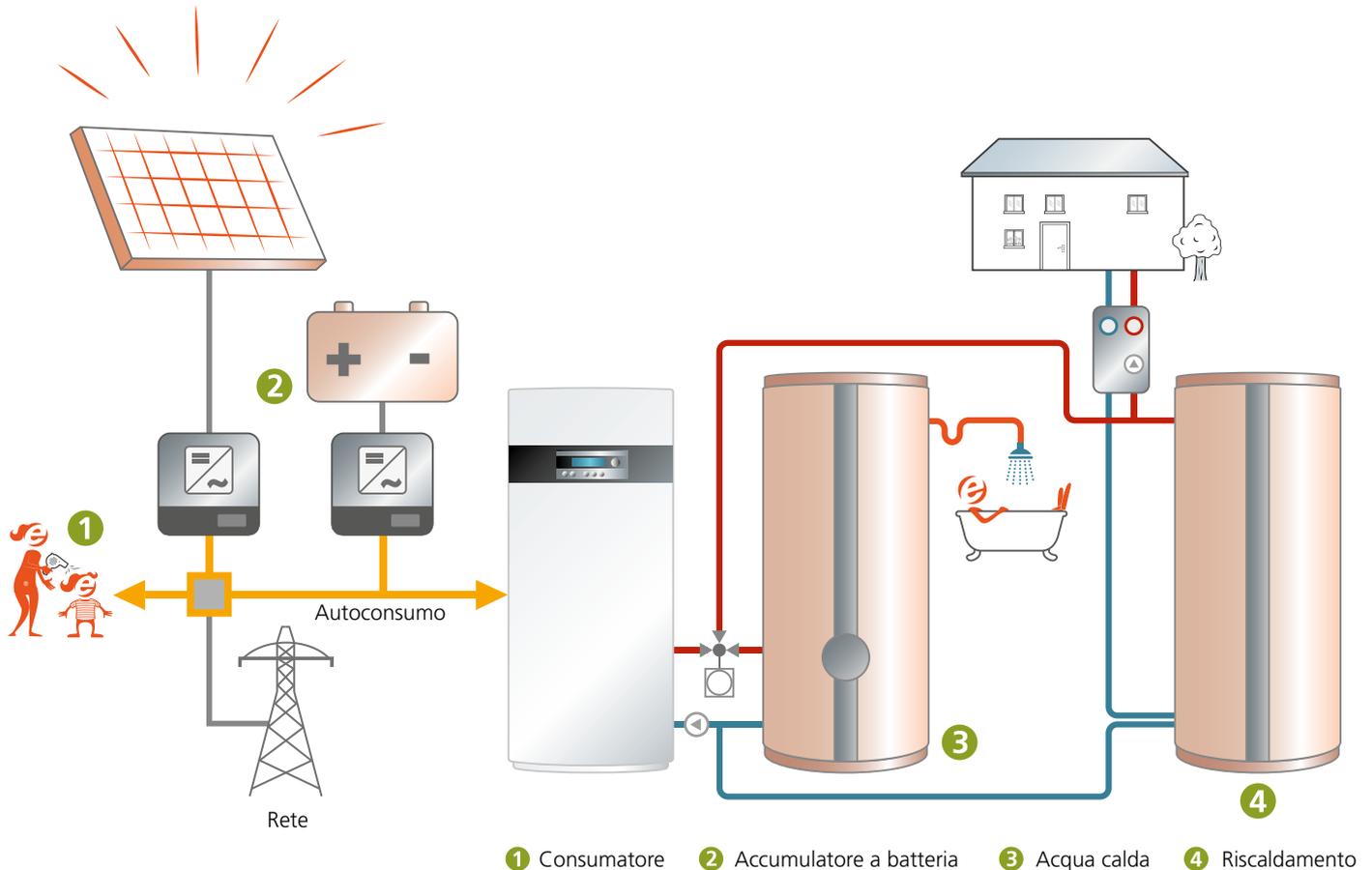


Figura 10: Impianto fotovoltaico con accumulatore a batteria, serbatoio dell'acqua calda e pompa di calore con interfaccia SG Ready. La numerazione indica la possibile sequenza con cui i componenti possono essere utilizzati dalla gestione energetica per immagazzinare l'energia solare (fonte: VESE).

Regolazione (comunicazione)

Nella pratica per la comunicazione tra la pompa di calore e l'inverter vengono principalmente adottati diversi metodi:

- Collegamento inverter e pompa di calore con un cavo: il contatto senza potenziale dell'inverter invia un segnale alla pompa di calore quando la produzione di energia solare è sufficientemente elevata. Questo segnale si basa su una soglia di potenza impostata fissa del sistema fotovoltaico. La soglia tiene conto del fabbisogno degli elettrodomestici e della pompa di calore. A causa di questo valore di potenza fisso, la corrente solare non può essere utilizzata in modo ottimale.
- L'ottimizzazione dell'autoconsumo si ottiene con l'interfaccia SG Ready (SG = Smart Grid) della pompa di calore. È un'interfaccia attraverso la quale è possibile specificare quattro stati operativi:

1. spegnimento (max 2 h),
2. raccomandazione di esercizio normale,
3. raccomandazione di esercizio forzato (ad esempio aumento della temperatura, stabilito dal regolatore dell'inverter),
4. accensione se possibile.

L'interfaccia è controllata dall'inverter o da uno dei seguenti componenti:

- Smart meter: viene impostata la potenza elettrica della pompa di calore, che funge da criterio di commutazione. Lo smart meter misura l'elettricità residua dopo aver rifornito tutte le altre utenze.
- Sistema di gestione dell'energia (energy management): tale sistema consente un ulteriore aumento dell'autoconsumo. In esso possono essere memorizzate con il loro

Elemento riscaldante come integrazione o alternativa alla pompa di calore

L'acqua calda può anche essere generata con inserti riscaldanti. Si tratta di resistenze elettriche a immersione, installate direttamente nello scaldacqua. Tuttavia, l'efficienza energetica è solo di circa $\frac{1}{3}$ rispetto a una pompa di calore. La potenza assorbita è in genere compresa tra 1 e 10 kW.

Concetti di regolazione:

- a) «Regolazione on-off»: l'elemento riscaldante viene attivato o disattivato al 100% (ad esempio, con il segnale dell'inverter).
- b) «Regolazione PWM o sinusoidale»: in questo caso, normalmente l'elemento riscaldante può funzionare tra il 5% e il 100% della sua potenza nominale. Tali regolazioni, inserite tra inverter e inserto riscaldante, sono offerte da diversi produttori. Assicurarsi che l'inverter o il dispositivo di gestione dell'autoconsumo abbiano un'uscita adatta al controllo dell'elemento riscaldante. In alternativa al «controllo PWM» vengono offerti anche circuiti con modulazione a taglio di fase. Essi sono tuttavia sconsigliati, poiché possono causare disturbi di rete.

Esempio: in un determinato momento un impianto fotovoltaico da 5 kWp produce 2 kW di «corrente in eccesso». L'elemento riscaldante ha una potenza di 3 kW. Se l'elemento riscaldante fosse ora acceso al 100% («comando on-off»), dalla rete si preleverebbe 1 kW aggiuntivo (potenza assorbita 3 kW, potenza solare 2 kW). Con un controllo PWM, è possibile alimentare l'elemento riscaldante al 66% della sua potenza nominale, in modo che assorba circa 2 kW e che la corrente solare venga sfruttata in modo ottimale.

→ *Attenzione: il riscaldamento elettrico dell'acqua calda non è consentito ovunque e può essere bloccato dal fornitore di energia locale con un comando a distanza. Si consiglia pertanto di informarsi sulle normative presso dell'Ufficio cantonale dell'energia o presso il gestore della rete di distribuzione elettrica. Una possibile soluzione è chiedere all'azienda elettrica di verificare se il blocco può essere disabilitato (nota: assicurarsi che lo scaldacqua non sia caricato durante il giorno con corrente di rete).*

profilo operativo e comandate tramite prese telecomandate, interfaccia SG Ready o tipi di comunicazione basati su bus, singole utenze come ad esempio lavatrice, asciugatrice o pompa di calore. Sulla base dei dati meteorologici, il sistema genera previsioni di resa (la cosiddetta regolazione anticipatoria) e decide quando l'utenza, inclusa la pompa di calore, può essere accesa.

La figura 10 mostra un esempio di un sistema in cui l'autoconsumo diretto è combinato con una batteria e una pompa di calore per l'ottimizzazione dell'autoconsumo. Con questi sistemi si possono ottenere percentuali di autoconsumo molto elevate: i numeri nella figura 10 indicano l'ordine con cui un gestore di autoconsumo (non mostrato nella figura) può controllare i singoli dispositivi. L'energia fotovoltaica viene quindi consumata direttamente sul posto, accumulando l'energia rimanente nella batteria e l'eventuale ulteriore esubero come acqua calda con l'ausilio della pompa di calore. Questo calore può quindi essere utilizzato la sera per il riscaldamento o per l'acqua calda sanitaria.

Per azionare la pompa di calore attraverso l'inverter, uno Smart Relais Box è adatto come interruttore. SG Ready è offerto da tutti i principali produttori di pompe di calore. Sono possibili anche altre interfacce di comunicazione.

Raffreddamento con pompe di calore

Le pompe di calore (se reversibili, ossia predisposte a tale scopo) possono non solo riscaldare ma anche raffreddare. Questo ha senso soprattutto se un impianto fotovoltaico è integrato nel sistema. Ciò permette, con una produzione fotovoltaica sufficiente, di raffreddare gli edifici senza prelevare elettricità dalla rete. Ci sono due modi per farlo:

- **Raffreddamento attivo:** con pompe di calore aria/acqua, il compressore è in funzione ed è alimentato da corrente solare.
- **Raffreddamento passivo:** con pompe di calore salamoia/acqua, il compressore è fuori servizio, il raffreddamento avviene unicamente tramite la pompa di circolazione.

Pompa di calore modulante

Le cosiddette «pompe di calore modulanti» chiamate anche «pompe di calore inverter» hanno una regolazione elettronica della velocità del compressore. La potenza termica è regolata in base all'effettiva necessità, rispettivamente adeguata alla disponibilità di energia solare. Ciò si traduce in un minor numero di cicli di accensione e spegnimento, tempi di funzionamento più lunghi e quindi tendenzialmente un maggiore autoconsumo. Le pompe di calore modulanti hanno un prezzo

leggermente superiore, ma di solito questo investimento extra si ripaga rapidamente.

3.2 INVERTER SOLARI

Quasi tutte le nuove serie di inverter solari hanno un'uscita a relè che può essere utilizzata per azionare un elettrodomestico (ad es. una lavatrice).

È possibile impostare una potenza di accensione e spegnimento (ad es. attivazione se la potenza solare è di 2500 W e la disattivazione a 2000 W); oppure se viene superata la soglia di accensione per x minuti, il segnale di abilitazione viene mantenuto per y minuti (ad es. attendere 2 minuti su 2000 W, quindi abilitare per 60 minuti).

Se un'utenza non ha un ingresso di controllo, un dispositivo di commutazione intermedio può interrompere l'alimentazione, come in figura 11. L'inverter attiva un interruttore che può interrompere l'alimentazione ai dispositivi sottostanti. A destra di questo interruttore si trova un interruttore manuale, che consente di attivare i dispositivi manualmente.

Dopo un'interruzione di corrente, lavatrici e lavastoviglie continuano il loro programma; questo di solito è previsto anche

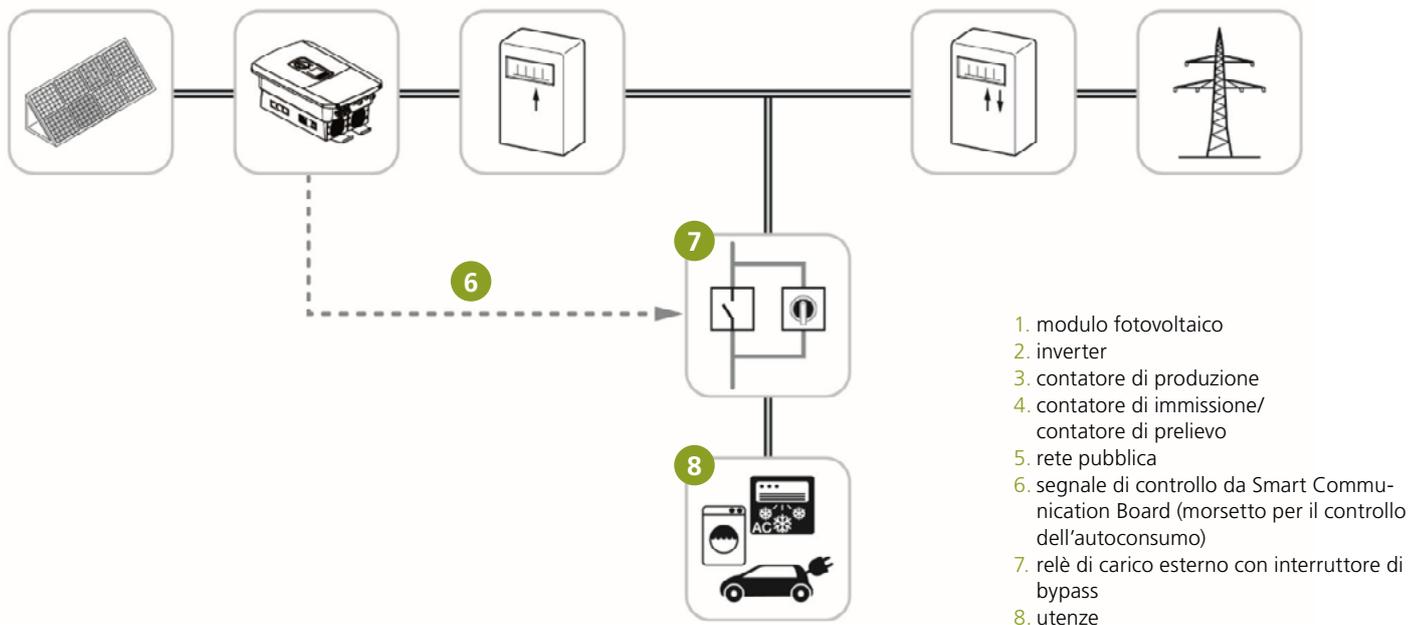


Figura 11: Dispositivo di commutazione a monte (fonte: Kostal 2020).

per quanto riguarda gli orari di blocco a mezzogiorno. Inoltre, il programma deve essere impostato in anticipo. Poiché questo, ad esempio, avviene di mattina prima dell'abilitazione da parte dell'impianto fotovoltaico, è necessario un interruttore di bypass manuale: bypass ON, programmazione dispositivo, bypass OFF, attendere l'abilitazione dell'impianto fotovoltaico.

Vantaggio: oltre al cablaggio, non ci sono costi aggiuntivi.

Svantaggio: questo semplice circuito non è in grado di impedire l'alimentazione delle utenze secondarie e quindi il prelievo di corrente dalla rete in momenti dove c'è già un elevato consumo energetico (ad es. per la cottura). Questo può essere evitato con un misuratore di potenza aggiuntivo disponibile per molti inverter.

Nella tabella 2 viene illustrata una selezione non esaustiva di inverter e dei loro parametri più importanti (stato: estate 2020). Va notato che i dati sono informazioni dei produttori.

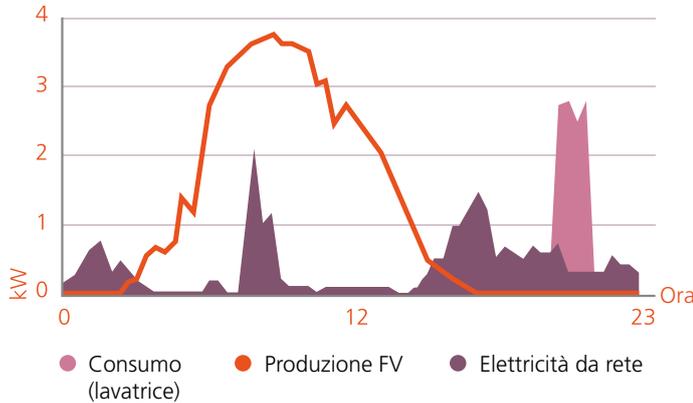
Inverter con gestione dell'autoconsumo integrata, ad es. con controllo dell'accumulatore

Prodotto	Monofase: H2.5 Flex, H3A Flex, H4A Flex, H5A Flex Trifase: M6A, M8A, M10A	RCT Power Inverter o Power Storage DC	Serie ET e Serie BT	blueplanet hybrid 10.0 TL3
Fornitore	Delta Electronics	RCT Power GmbH	GoodWe Europe GmbH	KACO new energy GmbH
Link	https://solarsolutions.delta-emea.com/it/index.htm	www.rct-power.com	www.goodwe.com	www.kaco-newenergy.com
Area di ottimizzazione	economia domestica/calore	economia domestica/calore	economia domestica/calore	economia domestica/ piccole imprese
Numero di relè interni	1	1	Sì	1
Comunicazione	Monofase: WIFI Trifase: WIFI e RS-485	TCP, ModBus, I/O digitali	RS-485, W-LAN, opzionale: LAN	Ethernet, RS-484
Logica di accensione	Potenza	Potenza di attivazione, superamento stabile del limite	Potenza di attivazione, superamento stabile del limite	Tensione FV, livello di carica della batteria, consumo domestico
Logica di spegnimento	Potenza, tempo	Potenza di spegnimento	Potenza di spegnimento o tempo di funzionamento	Tensione FV, livello di carica della batteria, consumo domestico
Osservazioni	Monofase: monitoraggio e messa in funzione via WIFI Trifase: monitoraggio via WIFI o RS-485+ datalogger DC1; messa in funzione via WIFI o RS-485	Power Inverter è un inverter solare puro, Power Storage è un inverter ibrido con possibilità di montare batterie successivamente	Funzionamento con alimentazione di emergenza trifase integrata, in grado di supportare carichi sbilanciati con tempo di commutazione < 10 ms. Inverter ibrido con gestione batteria integrata.	Gestione dell'autoconsumo integrata con compensazione completa dei consumi domestici, compatibile con gestione energetica OpenEMS
Accumulatori compatibili	Accumulatori SDI Samsung	Proprio accumulatore (vedere sistemi di accumulo)	BYD: Battery-Box Premium HVM, Battery-Box Premium HVS/Pylontech: Powercube H1-48, Force-H2/Soluna (solo ET); Soluna 15K Pack HV/ Dyness: Dyness Tower (T7, T10, T14, T17)	BYD Battery-Box HV/HVS/ HVM batterie Energy Depot DOMUS
Potenza di carica e scarica dell'accumulatore	3 kW	10 kW	Fino alla potenza massima dell'inverter e a seconda del modello di batteria	Sistema ad alta tensione con potenza di carica e scarica fino a 25 A (10 kW)
Possibilità di alimentazione di emergenza/in isola del sistema di accumulo	Idoneo alla modalità in isola	Idoneo alla modalità in isola, tempo di commutazione 10 sec.	Fino alla potenza massima dell'inverter e a seconda del modello di batteria	Funzionamento con alimentazione di emergenza trifase con 10 kW di potenza totale o idoneità opzionale alla modalità in isola. Capace di avviarsi senza alimentazione di rete, ricarica solare
				

Tabella 2: Inverter con gestione dell'autoconsumo integrata.

PLENTICORE plus 3.0-10	Sunny Boy, Sunny Tripower, Sunny Boy Storage	Inverter trifase StorEdge	Symo/Primo
KOSTAL Solar Electric GmbH www.kostal-solar-electric.com	SMA Solar Technology AG www.sma.de	SolarEdge Technologies Inc. www.solaredge.com	Fronius International GmbH www.fronius.com
economia domestica/energia	economia domestica/ elettricità e calore	economia domestica/calore/ Smart Energy	economia domestica/calore
1	0*	0	nessuno, solo segnali digitali
LAN, RS-485, 4x I/O digitali, Modbus (TCP)/SunSpec	RS-485, W-LAN, Speedwire (LAN), Modbus TCP, EEBUS 1.0, SEMP, SG-Ready	1x Ethernet, 2x RS-485 e W-LAN integrati, ZigBee e GSM opzionali	Modbus TCP/IP, Modbus RTU (RS-485), 6x Digital-IN, 6x Digital-Out, W-LAN, LAN
Potenza di attivazione, superamento stabile del limite	Previsioni FV (utenze obbligatorie e facoltative), surplus FV	Modalità automatica «Smart Saver» con priorità per l'ottimizzazione dell'autoconsumo. Orario (ToU – Time of use) selezionabile opzionalmente.	Potenza di attivazione, superamento stabile del limite
Potenza di spegnimento o tempo di funzionamento	Previsioni FV (utenze obbligatorie e facoltative), surplus FV	Nessun surplus, tempo di funziona- mento minimo utenza o termine orario	Potenza di spegnimento, tempo di funzionamento preimpostato
Contatore «KOSTAL Smart Energy Meter» disponibile come accessorio. Consente un'attivazione in base alla potenza dell'esubero immesso in rete invece che della potenza dell'inverter. 3 ingressi CC o inseguitore MPP. Il 3° ingresso può essere configurato come ingresso batteria con un codice di attivazione opzionale.	Opzionalmente con Homemanager è possibile controllare fino a 12 utenze nella gestione energeti- ca attiva. Elenco di compatibilità SMA SMART HOME per utenze elettriche (www.SMA.de) • Analisi dei consumi delle singole utenze • Carica ottimizzata della batteria nei sistemi di accumulo SMA • Energy manager con dispositivo di misura integrato	Il regolatore per acqua calda, lo Smart Energy Switch e lo Smart Energy Relay sono controllati con tecnologia wireless (ZigBee). Un modulo ZigBee può controllare fino a 10 apparecchi. Si raccomanda di installare un contatore SolarEdge per misurare il consumo domestico e di controllarlo dinamicamente.	Aggiungendo un contatore elettrico esterno è possibile tenere conto della potenza dell'esubero immesso in rete. Contatto digitale 12 V, scambio dati diretto con Miniserver Loxone, espandibile con Fronius Smart Meter. In genere possibilità di comunicazione via Modbus TCP e/o RTU (RS-485) con altri apparecchi *Potenza assorbita dalla rete o da unità di generazione esterne per il caricamento dell'accumulatore. Importante: le potenze sopra indicate non sono raggiungibili se la potenza di carica e scarica è limitata dall'accumu- latore.
BYD Battery-Box Premium, altri produttori in previsione	tra gli altri BYD, LG-Chem (vedi elenco di compatibilità batterie su www.SMA.de)	compatibile con batterie da 48V di BYD e LG Chem	BYD Premium HVM e HVS
6.5 kW	Vedere potenza nominale nella scheda tecnica Sunny Boy Storage (2.5/3.7/5/6)	5	Max. potenza di scarica CA: 6.22 kW, 8.25 kW e 10.3 kW (a seconda del tipo di inverter) Max. potenza di carica CA*: 6 kW, 8 kW e 10 kW (a seconda del tipo di inverter)
No	Sunny Boy Storage: funzione di alimentazione di emergenza o di backup (è necessario un dispositi- vo commutatore automatico)	No	Opzione 1: PV-Point (monofase), opzione 2: Full-Backup (trifase, è necessario un ulteriore dispositivo di scollegamento dalla rete elettrica, ad esempio: Enwitec-Box), tempo di commutazione delle due soluzioni di alimentazione di emergenza: < 90 sec.
			

Esempio di economia domestica con lavatrice (violetto) la sera. Il mattino e la sera, il consumo è più elevato che la produzione FV.



Con ottimizzazione della batteria: la corrente di rete viene sostituita dall'energia solare accumulata di giorno (tratteggio giallo).

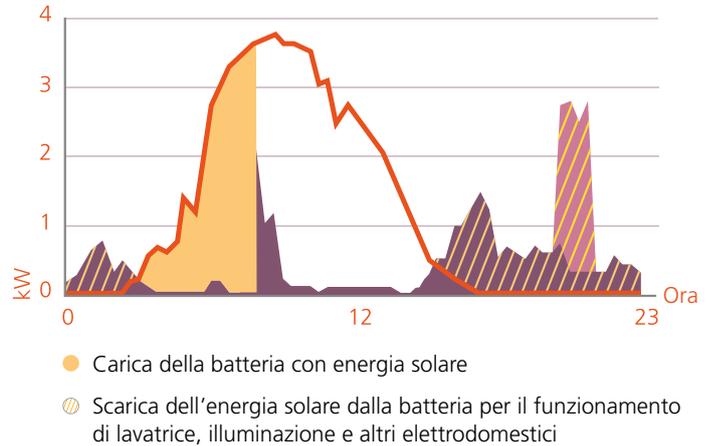


Figura 12: Aumento dell'autoconsumo grazie all'utilizzazione di una batteria. Nota: il grafico mostra l'andamento della ricarica di una batteria in un caso esemplare. In pratica però le batterie possono essere programmate anche per una carica ottimizzata in funzione alla rete (vale a dire distribuita su tutto l'arco della giornata) (fonte: VESE).

3.3 COLLEGAMENTO DI UN ACCUMULATORE A BATTERIA

La percentuale di autoconsumo dell'elettricità prodotta può essere significativamente aumentata dall'uso di un accumulatore come illustrato in figura 12. Sinora, l'accumulo di corrente solare era molto oneroso dal punto di vista dei costi. Tuttavia, esso sta diventando sempre più interessante dal punto di vista economico, a causa della caduta dei prezzi delle batterie, del calo delle tariffe di ripresa e dell'aumento dei prezzi regionali dell'elettricità di rete.

Sul mercato esistono varie tecnologie di batterie, anche se le batterie agli ioni di litio rappresentano circa l'80% delle nuove installazioni. Vengono utilizzate anche batterie al piombo, al sodio-zolfo, al nichel-cadmio e batterie Redoxflow.

Maggiori informazioni sul tema accumulatori a batteria sono disponibili nell'opuscolo «Accumulatori a batteria stazionari negli edifici» di SvizzeraEnergia.

CHE PARAMETRI CONSIDERARE PER GLI ACCUMULATORI

Durata, numero di cicli, capacità di accumulo utilizzabile e densità energetica

Un ciclo corrisponde allo scarico della batteria fino a una profondità di scarico definita (in % della capacità di accumulo nominale) e alla successiva ricarica fino a una tensione di carica definita.

La durata della batteria può essere fornita in anni di calendario o in numero di cicli. La durata di calendario di un accumulatore a batteria indica la durata della batteria ed è un'indicazione teorica. Se l'accumulatore non viene né scaricato né caricato, al termine della durata di calendario ha ancora l'80% della capacità nominale iniziale. La durata di calendario dipende dalla temperatura e dallo stato di carica; per gli accumulatori al litio è da 10 a 20 anni, per batterie al piombo da 5 a 10 anni.

Costi di investimento e costi di accumulazione

Tecnologia	Durata di calendario in anni	Durata in cicli	Costi di investimento (solo batteria) in CHF/kWh	Costi accumulatore kWh (ct./kWh) ⁴
Piombo	5–15	500–2000	200–400	10–80
Ioni di litio	5–20	1000–5000	350–650	7–65
Sale	10–15	1000–5000	700–1100	14–110

Tabella 3: Panoramica dei costi per gli accumulatori e dei costi elettrici per la corrente della batteria.

Sicurezza

Le batterie al litio sono infiammabili, quindi vanno osservate le raccomandazioni di sicurezza! È importante scegliere la giusta ubicazione per la batteria, che garantisca condizioni appropriate (temperatura, umidità, ecc.). La temperatura operativa ideale per le batterie al litio va da 20°C a 40°C, per batterie al piombo da 10°C a 30°C.

Per ragioni di sicurezza, l'accumulatore a batteria non deve essere installato in una zona con elevata presenza di persone (ad esempio nell'area di ingresso di un edificio residenziale). Per una panoramica sugli standard di sicurezza per le batterie al litio e sui criteri per un acquisto vedi www.swissolar.ch/it/per-gli-specialisti/schede-tecniche-fotovoltaico/

Più rilevante è la durata in numero di cicli specificati dai produttori per ciascuna batteria. Dopo aver raggiunto questo numero di cicli, la batteria ha ancora l'80% della sua capacità nominale e può ancora essere utilizzata. Le batterie al litio presentano poca usura e possono raggiungere spesso fino a 10'000 cicli. Per contro, per le batterie al piombo il numero di cicli va da 500 a 2500, con modelli più recenti che raggiungono fino a 4000 cicli. Il numero di cicli dipende non solo dalla tecnologia, ma anche dalla qualità della batteria e dalla modalità operativa.

Una batteria non dovrebbe essere scaricata al 100%, perché la cosiddetta scarica profonda è dannosa. Quindi si parla della capacità di accumulo utilizzabile di una batteria. Per le batterie al litio è dall'80 al 90%. Le batterie al piombo sono invece più delicate e dovrebbero essere scaricate solo al 50% circa.

La densità di energia di una batteria indica quanta energia può essere immagazzinata per massa. A seconda della tecnologia, è compresa tra 80 e 250 Wh/kg per le batterie al litio e tra 30 e 50 Wh/kg per le batterie al piombo. Più alto è questo numero, più la batteria è adatta per i veicoli elettrici. Nelle applicazioni stazionarie, tuttavia, un'alta densità di energia è meno cruciale.

⁴ Calcolo: prezzo per kWh accumulato = investimento/(capacità di accumulo utilizzabile × numero totale di cicli × efficienza di carica).

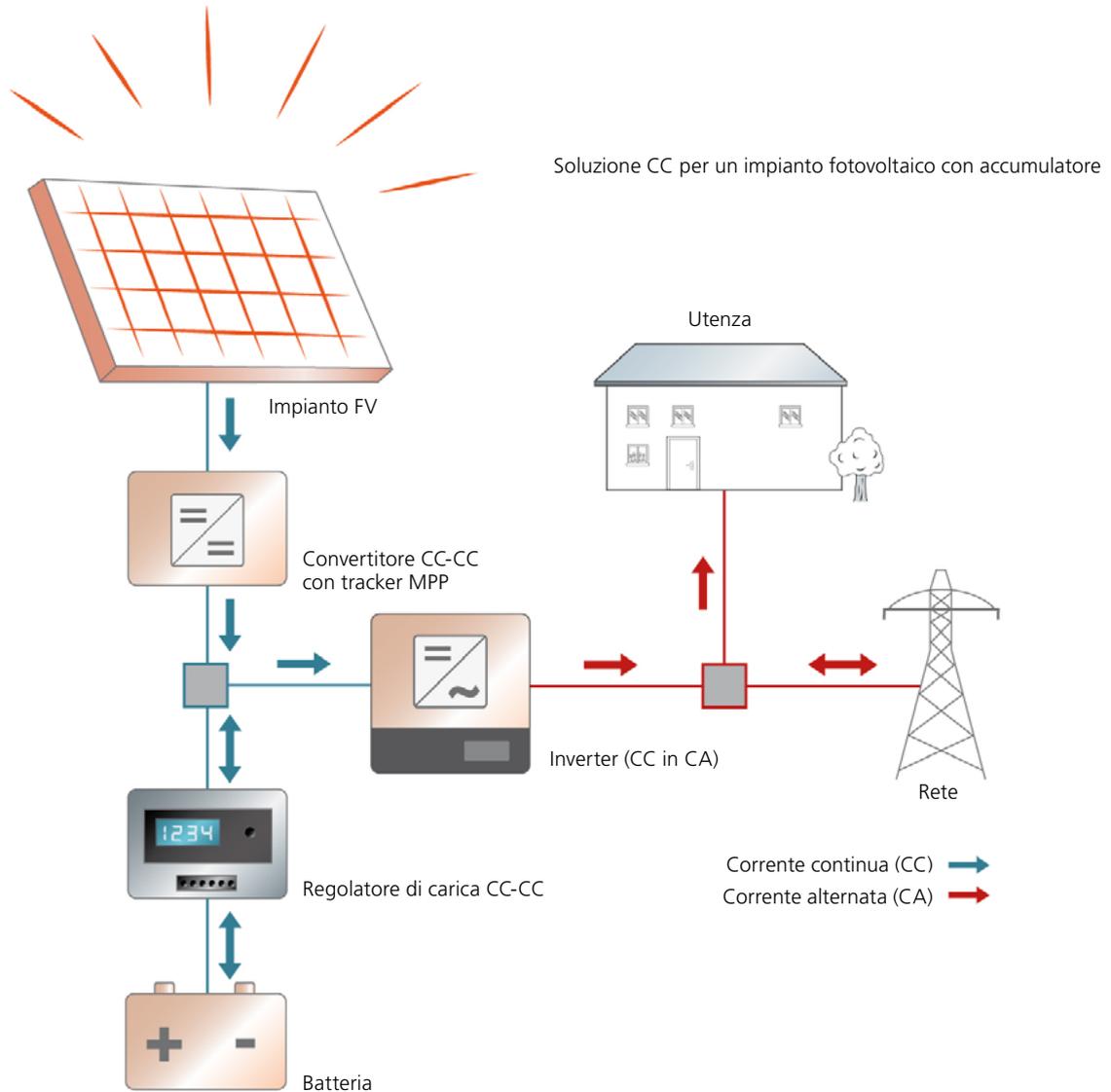


Figura 13: Accumulatore a batteria accoppiato in CC (fonte: VESE).

Collegamento CC vs CA

Nella scelta del sistema di batterie più adatto, oltre alla tecnologia di accumulo vanno considerati altri due aspetti riguardanti la tipologia di allacciamento del sistema. Il primo riguarda il punto di allacciamento dell'accumulatore rispetto all'impianto fotovoltaico: si distingue tra accoppiamento sul lato corrente continua (CC o DC) o sul lato corrente alternata (CA o AC). Nel caso dell'accoppiamento sul lato CA, la seconda decisione riguarda il tipo di collegamento, che può essere monofase o trifase.

Ciascuno dei concetti ha i suoi vantaggi e svantaggi (vedi tabella seguente). Se un impianto fotovoltaico è già presente e si intende completarlo con una batteria, solitamente si preferisce l'accoppiamento in CA. Nel caso di un nuovo impianto, si opta invece solitamente per l'accoppiamento in CC.

Soluzione CA per un impianto fotovoltaico con accumulatore

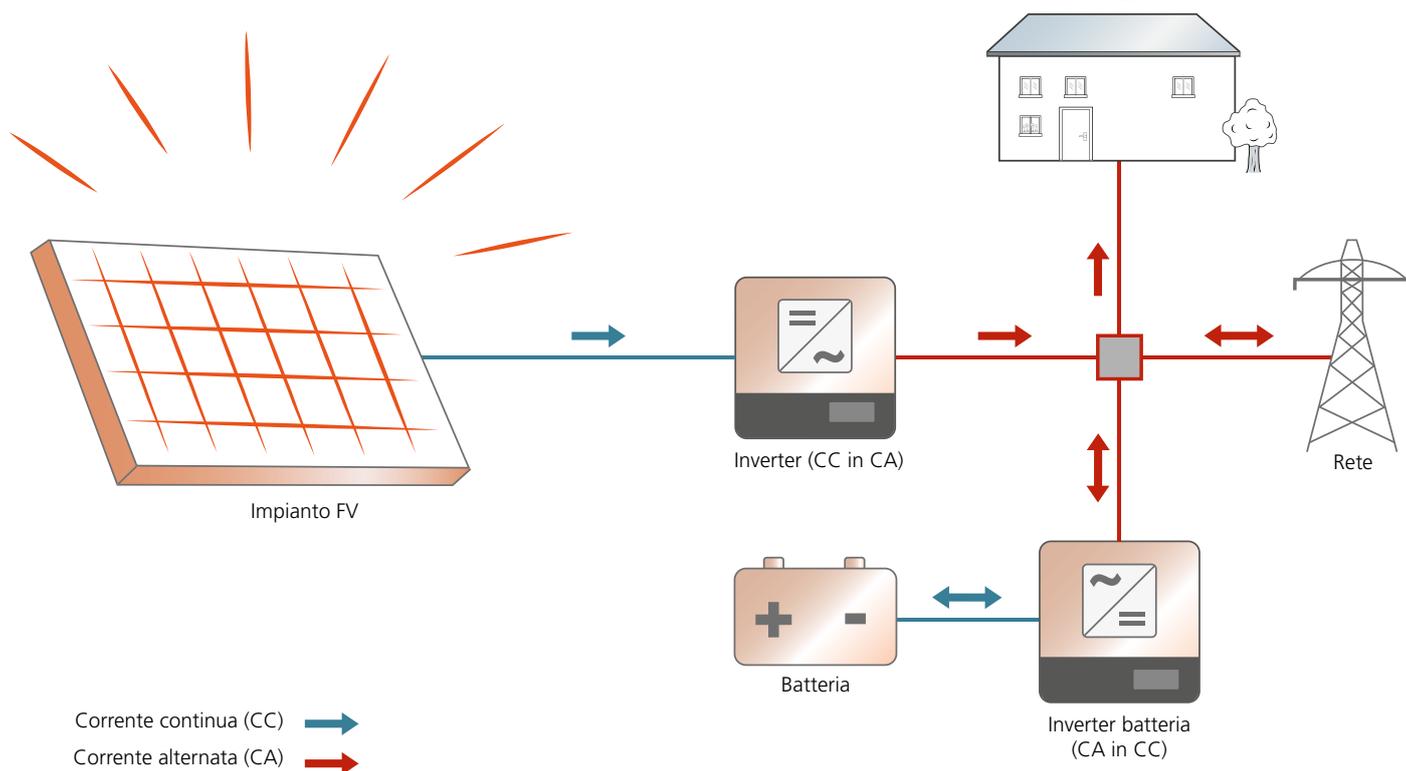


Figura 14: Accumulatore a batteria accoppiato in CA (fonte: VESE).

Alcuni accumulatori a batteria hanno un allacciamento monofase, così come gli impianti fotovoltaici molto piccoli. Tuttavia, tali carichi di rete asimmetrici sono consentiti solo fino a una potenza di 3,6 kWp e non con tutti i gestori di rete. In questo caso, al fine di aumentare l'autoconsumo, la regolazione del sistema di accumulo deve tenere conto della somma delle correnti di tutte le fasi e deve contenere un contatore a saldo.

Le figure 13 e 14 mostrano in che modo un accumulatore accoppiato in CC o in CA può essere integrato nell'impianto.

	Accoppiamento CC	Accoppiamento CA
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Soluzione compatta con inverter, regolatore di carica e batteria • Per la corrente solare è sufficiente una regolazione della tensione prima dell'accumulo, quindi l'efficienza è tendenzialmente superiore • Per i nuovi impianti spesso più economico, un solo dispositivo 	<ul style="list-style-type: none"> • L'inverter può essere scelto indipendentemente dalla batteria • Ideale per impianti fotovoltaici esistenti • Flessibile in caso di retrofit • Più flessibilità per la capacità della batteria • Gli inverter solari e a batterie possono essere combinati liberamente (anche di produttori diversi) • La batteria può anche essere alimentata dalla rete
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Solitamente la batteria non può essere alimentata dalla rete elettrica • Tutti i componenti devono essere abbinati in modo ottimale tra loro (anche l'impianto fotovoltaico rispetto alla batteria) • Ampliamento a posteriori difficile 	<ul style="list-style-type: none"> • Efficienza tendenzialmente leggermente inferiore rispetto ai sistemi CC • Tendenzialmente più costoso e complesso, perché si tratta di due dispositivi separati: inverter solare e inverter per le batterie
	Monofase	Trifase
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnicamente più semplice e meno costoso 	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentazione costante su tutte le fasi • Potenze di carica e scarica più elevate rispetto al funzionamento monofase
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Può portare ad asimmetrie nella rete elettrica • Funzionamento in isola possibile solo monofase⁵ (a seconda del dispositivo ma anche del collegamento delle fasi in funzionamento isolato). Le potenze di carica e scarica della batteria sono limitate • Connessione non consentita ovunque (verificare con l'azienda elettrica) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnicamente più complesso e quindi più costoso • A seconda del caso, per esercizio in isola ev. è possibile alimentare solamente carichi a corrente alternata puri («collegamento a triangolo»). Per il funzionamento di utenze monofase, e collegate a stella, è necessario un inverter per batteria in tecnica «a quattro conduttori» • Tendenzialmente minore efficienza rispetto alle soluzioni monofase (a causa della maggiore tensione del circuito intermedio)

Tabella 4: Vari accoppiamenti di batteria con vantaggi e svantaggi.

⁵ Un funzionamento in isola richiede modifiche nell'impianto elettrico della casa.

Rete in isola: con «rete in isola» o «sistema di backup» si intende la capacità di un inverter di fornire energia anche quando la rete pubblica è inattiva (di solito gli inverter vengono disattivati per motivi di sicurezza non appena la rete pubblica è inattiva). Per il proprietario dell'impianto fotovoltaico, ciò significa che la corrente solare è disponibile anche in caso di guasto alla rete elettrica pubblica («interruzione di corrente»). Tecnicamente, in questo caso la casa è disaccoppiata dalla rete pubblica tramite un disgiuntore, da qui il termine «isola». Non tutti gli inverter e le regolazioni per batterie sono idonei a funzionare «in isola». Qualsiasi batteria può essere accoppiata a corrente continua o alternata.

Si distinguono generalmente tre tipi di sistema, anche se talvolta i concetti vengono confusi:

Il **sistema per alimentazione di backup** (con accumulatore e inverter) è in grado di erogare energia dall'accumulatore all'edificio anche quando la rete è inattiva.

Tuttavia, il sistema funziona solo fino a quando l'accumulatore si scarica. È il caso dei sistemi puramente accoppiati in CA, dove l'impianto solare si trova su un'altra presa.

In un **sistema per rete in isola** non solo l'accumulatore può fornire elettricità all'edificio, ma anche l'impianto solare può continuare a operare. Esistono anche soluzioni intermedie in cui l'inverter ha una presa CA integrata a 230 Volt che può ancora erogare elettricità.

Un **gruppo di continuità** o UPS è un sistema che passa all'alimentazione di backup in modo così rapido (millisecondi) che non si verificano interruzioni evidenti dell'alimentazione e i dispositivi collegati, come computer e apparecchiature ospedaliere, non subiscono arresti. Un UPS non è necessariamente un sistema idoneo all'alimentazione di backup o in isola. Le batterie solari convenzionali non sono UPS.

Che cosa dovrebbe essere valutato nella scelta dell'accumulatore?

Attualmente sul mercato ci sono centinaia di modelli di batterie di accumulazione e regolarmente se ne aggiungono di nuovi. Di conseguenza, la selezione può essere difficile e una raccomandazione può diventare inutile in breve tempo. Nelle tabelle 5 e 6 figurano i modelli più comuni in Svizzera e i loro dati di confronto (stato: estate 2020). Si prega di notare che si tratta di informazioni dei produttori.

Per la capacità dell'accumulatore (in kWh), determinanti sono le utenze allacciate. L'ideale sarebbe eseguire misurazioni del profilo di carico per diverse settimane, per riconoscere cicli ricorrenti e rilevare il consumo di corrente durante le varie fasi del giorno, risp. mattina/sera. Tali misurazioni del profilo del carico possono essere richieste dall'azienda elettrica se sono installati contatori moderni, oppure essere effettuate dall'installatore, ma è anche possibile un autorilevamento (per esempio usando strumenti come «Smappee» (www.smappee.com)). Durante la misurazione, dovrebbero già essere intraprese le misure per l'ottimizzazione dell'autoconsumo (si veda sopra nel manuale, ad esempio fare il bucato nelle ore soleggiate).

L'accumulatore deve essere dimensionato in modo tale da potersi scaricare nuovamente in larga misura durante la sera e la mattina seguente (per essere pronto per la successiva disponibilità di elettricità solare). La capacità massima è determinata anche dalla potenza del campo fotovoltaico che, dopo deduzione dell'autoconsumo simultaneo, in una giornata di sole dovrebbe essere in grado di caricare completamente la batteria.

Valori empirici di riferimento, sulla base dell'esperienza:

- (a) capacità utilizzabile dell'accumulatore = da 0,1 a 0,15% del consumo annuale di elettricità della famiglia
- (b) per sistemi a partire da 5 kWp in su in case unifamiliari: capacità utilizzabile dell'accumulatore = $1,5 \times$ potenza del campo fotovoltaico
- il valore di riferimento è quindi il valore più piccolo tra (a) e (b)

Ad esempio, per una casa unifamiliare con un consumo annuale di 4500 kWh e una potenza del campo fotovoltaico di 5 kWp, ciò significa una capacità della batteria di circa 4,5 a 7 kWh.

Nota: queste regole di dimensionamento devono essere intese solo come indicative. Per una corretta interpretazione è necessario coinvolgere un professionista del solare.

Sistemi di accumulo con inverter integrato

Prodotto	StoraXe SRS20xx	GREENROCK Home	Hauskraftwerk S10E/ S10E Pro	FENECON Pro Hybrid-Serie
Fornitore	ADS-TEC ENERGY	BlueSky Energy	E3/DC Hager AG Schweiz	FENECON GmbH
Link	www.ads-tec.de	www.bluesky-energy.eu	www.e3dc.com/ch	www.fenecon.de
Tecnologia	Li-NMC	Acqua salata (soluzione acquosa agli ioni di sodio)	Ioni di litio	Li (LiFePO4)
Capacità energetica [kWh]	19–47 kWh	5–30 kWh	Interna 5–19.5 kWh, estensione fino a 39 kWh	5.1 kWh–12.8 kWh (HVS)/ 8.3 kWh–22.1 kWh (HVM)
Cicli	13'000	5000	Illimitati in garanzia (10 anni di garanzia sul sistema)	6000
Profondità di scarica massima	90%	100%	90–100%	95%
Allacciamento	Trifase	Monofase o trifase con fino a max. 3 inseguitori MPP	Inverter 12 kW integrato, trifase, 2 inseguitori MPP	Trifase
Accoppiamento (CC, CA)	CA	CA, CC o combinato CA/CC	CA, CC o ibrido	CA o CC possibile
Interfacce	Ethernet, RJ45	Modbus/TCP	RS-232, USB, Ethernet, CAN, ModBus (TCP), KNX, SG Ready, myGEKKO, Loxone, xComfort	Modbus/TCP, OpenEMS
Estensione	Su richiesta	In incrementi di 2.5 kWh fino a max. 30 kWh entro 9 mesi	Possibilità di funzionamento in parallelo di più sistemi, wallbox, secondo inverter 12 kW, funzionamento con alimentazione di emergenza (possibilità di blackstart)	Modulare fino a max. 38.4 kWh (HVS)/Modulare fino a max. 66.3 kWh (HVM)
Potenza di carica/scarica [kW]	18	A seconda delle dimensioni dell'impianto: Monofase: 1–2.4 kW; Trifase: 1.5–7 kW	3–2 kW a seconda della configurazione della batteria	A seconda dell'inverter tra 10 e 12 kW
Possibilità di alimentazione di emergenza/ in isola?	Idoneo alla modalità in isola	Idoneo alla modalità in isola	Idoneo alla modalità in isola, tempo di commutazione 4 sec.	Idoneo alla modalità in isola
Inverter integrati o compatibili?	Inverter integrato	Inverter integrato	Inverter integrato	Di serie con: KACO blueplanet hybrid (serie Pro Hybrid)/ serie GoodWe ET (serie Pro Hybrid GW)/serie GoodWe BT (serie Pro CA GW)
				

Tabella 5: Batterie e sistemi di accumulo con inverter integrato per economie domestiche e PMI.

Scalebloc	salidomo 9–36	LG ESS Home 8–10	MERITSUN Kompaktstromversorgung All-In-One
Hoppecke Schweiz GmbH www.intilion.com	Innovenergy GmbH www.innov.energy	LG Electronics www.lg.com/de/business/home-10-8	Offgrid Tech LTD www.offgrid-tech.ch
Ioni di litio	Batteria ai sali fusi	Polimero di litio	LiFePo4
68.5 kWh	9.4–36 kWh in incrementi da 9.4 kWh	7/9.8 kWh	5 kWh
8000	4500 cicli di scarica completa	0	> 6000
90%	100%	95%	95% DOD
Trifase	Lato CA: Monofase o trifase, lato CC: 48 V	Trifase	CA 230V (22A) IN, PV 4000Wp (max 145V)
CA o CC possibile	Accoppiamento CA	CC	CA 230 V 50Hz
Modbus via Ethernet, collegamento cloud via LTE	Integrazione tramite contatti a relè di elementi riscaldanti o altre utenze	CAN	Wifi con app, display LC, porta CAN o RS opzionale
Scalabile fino a 16 unità	Espansione da 9 kWh a 18 kWh nello stesso alloggiamento, accoppiamento di 2 x 18 kWh a 36 kWh	Massimo 2 batterie di qualsiasi tipo	230 V in con morsetti, uscita con presa o morsetti
30 kW/30 kW; 60 kW/60 kW	Inverter max. 9–15 kW a seconda del tipo	3.5kW/7kW (ESS Home 8), 5kW/7kW (ESS Home 10)	5000 VA (10'000 VA picco 100ms)
Per applicazioni offgrid, blackstart e funzionamento in isola	Alimentazione di emergenza standard (utilizzo della batteria dopo interruzione della rete), opzione modalità in isola (ricarica possibile da FV durante l'interruzione della rete)	Idoneo alla modalità in isola	Sì, entrambi. Sistema stand-alone
Inverter integrato	Inverter integrato	Solo proprio (LG PCS), nessuna compatibilità	Sistema completo con inverter e sistema di carica FV



Sistemi di accumulo con inverter integrato

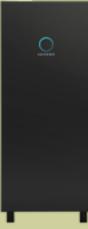
Prodotto	RCT Power Storage System	sonnenBatterie 10 performance	Tesla Powerwall
Fornitore	RCT Power GmbH	sonnen GmbH	Tesla
Link	www.rct-power.com	www.sonnen.de	www.tesla.com
Tecnologia	Li (LiFePO4)	Li (LiFePO4)	Ioni di litio
Capacità energetica [kWh]	3.8–11.5 kWh	11–55 kWh	13.5 kWh
Cicli	5000	> 10'000	Illimitati
Profondità di scarica massima	90%	ca. 91%	100%
Allacciamento	Trifase	Trifase	Monofase
Accoppiamento (CC, CA)	CA o CC possibile	CA	CA
Interfacce	TCP, ModBus	Modbus, Ethernet, KNX, API locale	LAN, W-LAN, 4G
Estensione	Entro 18 mesi, in incrementi di 1.9 kWh	Può essere esteso a posteriori con incrementi di 11 kWh, configurazione in cascata (x 9) con una capacità di accumulo totale possibile fino a 495 kWh, disponibile anche in versione CC con il modulo sonnenDC, integrazione del sistema di accumulo in un'infrastruttura KNX con il modulo sonnenKNX	Estendibile di 13.5 kWh, fino a 135 kWh
Potenza di carica/scarica [kW]	fino a 10 kW	7 kW a 11 kWh di capacità di accumulo; 8 kW a partire da 22 kWh di capacità di accumulo; in cascata fino a 72 kW possibili	3.6 kW per Powerwall
Possibilità di alimentazione di emergenza/in isola?	Idoneo alla modalità in isola, tempo di commutazione 10 sec.	Alimentazione di emergenza trifase dell'allacciamento domestico (fino a 35 A) o di circuiti di alimentazione di emergenza separati con sonnenProtect 8000	Idoneo alla modalità in isola a seconda della configurazione
Inverter integrati o compatibili?	Solo proprio, nessuna compatibilità	Inverter integrato	Inverter integrato
			

Tabella 5: Batterie e sistemi di accumulo con inverter integrato per economie domestiche e PMI.

TS 48 V	VARTA pulse/VARTA pulse neo/ VARTA element/VARTA one L/ VARTA one XL
TESVOLT GmbH www.tesvolt.com	VARTA Storage GmbH www.varta-storage.com
Ioni di litio	Litio e ossido di nichel manganese cobalto (NMC)/litio ferro fosfato
9.6–144 kWh	3.3–13.8 kWh
6000–8000	Da 4000 a cicli illimitati (a seconda del tipo)
100%	90%
Trifase	Monofase/trifase (a seconda del tipo)
CA	CA
CAN, ETH/Modbus TCP/IP	XML, Modbus TCP (Sunspec) (a seconda del tipo)
In qualsiasi momento (anche dopo anni), in incrementi da 4.8 kWh	Può essere esteso senza limiti di tempo. In un gruppo sono attivabili fino a 6 apparecchi in cascata (a seconda del tipo)
Da 9.9 kW a 18 kW, a seconda del tipo e della dimensione	1.8–4.0 kW/2.0–4.0 kW (a seconda del tipo)
Idoneo alla modalità in isola	Idoneo all'alimentazione di emergenza (a seconda del tipo)
Di serie con SMA Sunny Island, opzionale con Studer	Inverter a batteria integrato



Batterie (senza inverter)

Prodotto	BMZ Hyperion	BYD Battery Box PREMIUM HVS/HVM	LG Resu 3.3-10
Fornitore	BMZ GmbH	FENECON GmbH	LG Chem
Link	www.bmz-group.com	www.fenecon.de	www.lgesspartner.com
Tecnologia	Tecnologia agli ioni di litio	LiFePO4	Litio
Capacità energetica [kWh]	9-18 kWh	5.1 kWh-12.8 kWh (HVS)/ 8.3 kWh-22.1 kWh (HVM)	3.3-9.8 kWh
Cicli	5000	6000	Non specificato
Profondità di scarica massima	83% DOD	96%	90%
Accoppiamento (CC, CA)	CC	CA/CC possibile	CA/CC possibile
Interfacce	SMA Sunny Boy Storage (CAN), KOSTAL Plenticore Plus (RS-485)	Modbus/TCP, OpenEMS	CAN
Estensione	Fino a 4-6 moduli da 3 kWh	Modulare fino a max. 38.4 kWh (HVS)/Modulare fino a max. 66.3 kWh (HVM)	Max. 2 batterie di qualsiasi tipo (con RESU Plus come kit di estensione)
Novità: Potenza di carica/scarica [kW]	Da 4.6 a 9.2 kW – a seconda del numero di moduli e delle caratteristiche dell'inverter a batteria	A seconda dell'inverter 10-12 kW	3-5 kW
			

Tabella 6: Batterie e sistemi di accumulo senza inverter integrato per economie domestiche e PMI.

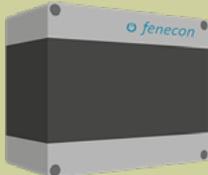
LIONTRON LX48	MERITSUN Power Pack	Pylontech US200/US 3000	MyReserve 25
Offgrid-TeCH LTD	Offgrid-TeCH LTD	Offgrid-TeCH LTD	SOLARWATT GmbH
liontron-shop.ch	offgrid-tech.ch	offgrid-tech.ch	www.solarwatt.de
LiFePo4	LiFePo4	LiFePo4	Ioni di litio (NMC)
2.56 kWh	2.4–9.6 kWh	2.4–3.5 kWh	2.4 kWh–72 kWh
> 6000 con 90% DOD	> 6000 con 25°C	> 6000	Illimitati nel periodo di garanzia
90% DOD	100% DOD	90% DOD	100% (della capacità utilizzabile)
CC	CC	CC	CC
RS-232, RS-485, CAN	Display LC, RS-232, RS-485, CAN opzionale	RS-232, RS-485, CAN	CAN, Ethernet, Bluetooth
Massimo 8 unità in parallelo	Fino a 48 unità in parallelo	8 per stringa, massimo 8 stringhe	Fino a 5 moduli batteria (2.4 kWh ciascuno) per ogni MyReserve Command, espandibile a un sistema cluster con massimo 6 MyReserve Command (max. 72 kWh).
Max. 50A	Carica/scarica 1.0C (0.5C @LFP200)	Carica/Scarica: 0.5C	Fino a 4.5 kW per ogni MyReserve Command



Confronto dispositivi di controllo più diffusi

Prodotto	4-noks Elios4you	SMARTFOX Pro	Powerdog S/M/L
Fornitore	Astrel Group srl	DAfi GmbH	Ecodata GmbH
Link	www-4-noks.it	www.smartfox.at	www.power-dog.eu
Area di ottimizzazione	Economia domestica/calore	Economia domestica/impreses/calore/auto	Economia domestica/calore/auto
Relè interni	1	4x (espandibili in futuro)	1 (S/M/L/LPR)
Attuatori esterni	Prese e interruttori wireless ZigBee, PowerReducer (per boiler elettrici), modulazione lineare di potenza 0–3 kW	SMARTFOX Car Charger, SMARTFOX Booster, SMARTFOX Meter, SMARTFOX TV, SMARTFOX Elemento riscaldante 15-Step, pompe di calore: IDM, Dimplex, Bösch (Modbus) altri per SG-Ready, regolatore di potenza da 3.5 a 12kW, stazioni di ricarica (Alfen, Keba, ABB, EATON, Mennekes, Wallbe, BMW...), Fronius Ohmpilot, EGO Smart Heater, ASKOMA ASKOHEAT+, relè di commutazione SMARTFOX, contattore SMARTFOX per stazione di ricarica (commutazione mono/trifase), Loxone	Molto versatili, liberamente programmabili, ad es. uscite digitali, analogiche, a impulsi, stazione relè, prese wireless, prese W-LAN, varie stazioni di ricarica, barre di riscaldamento a regolazione continua con approvazione EMC, MyPV, Solarinvert PowerUnit. Accumulatori a batteria: SMA, Varta, Fronius, Studer, LG, Mercedes e altri, controllo delle priorità (ad es. auto-accumulatore-acqua calda)
Comunicazione/Interfacce	Wifi, ZigBee	LAN/W-LAN, RS-485/CAN, PT1000, S0, 0–10 V, 4–20 mA, 4x relè, interfaccia di espansione modulo	USB, 1 wire, RS-485, modulo Can Bus collegabile, M-Bus, ingressi digitali e analogici, LAN
Visualizzazione	app mobile, portale web	Display su dispositivo, app mobile, portale web, server web locale	Sul dispositivo, app mobile, portale web, manutenzione remota
Programmazione	App mobile	Display, computer portatile, smartphone	Display, notebook
Previsioni del tempo	No	In previsione	In previsione
Ottimizzazione tariffa	Sì	Sì	Sì
Numero di dispositivi controllabili	4x via wireless, 1x Power Reducer 0–10 V, 1x uscita relè int.	25 (5 stazioni di ricarica, fino a 8 elementi riscaldanti, pompa di calore, accumulatore, inverter...)	50
Particolarità	Nessuna comunicazione con l'inverter, misurazione tramite trasformatore di corrente per impianti FV monofase (max. 6 kWp) o trifase (max. 100 kWp), misurazione dell'energia prodotta e immessa.	Monitoraggio gratuito ad alta risoluzione, il controllo è indipendente dall'inverter, integrazione dell'inverter (LAN/W-LAN, RS-485, S0) ad es. SolarEdge, Fronius, Huawei, Kostal, ..., sistemi a batteria integrabili ad es. BYD, Varta, RCT... Produzione di acqua calda con regolazione continua: (funzione legionella intelligente, timer settimanale, tariffa bassa, mantenimento della temperatura minima). UtENZE/dispositivi tramite relè: (pompa di calore e piscina, riscaldamento a infrarossi e a pavimento, cogenerazione, elementi riscaldanti). Gestione del carico (soppressione picchi di carico). Mobilità elettrica: gestione del caricamento max. 5 stazioni di carica, carica in eccesso dinamica incl. commutazione mono/trifase, limitazione allacciamento domestico dinamico, diverse modalità di carica selezionabili. Interfaccia Modbus TCP (ad es. Loxone).	Supporto di quasi tutti gli inverter, programmazione flessibile, ampia gamma di sensori (ad es. qualità dell'acqua/temperatura ambiente/qualità aria) e attuatori, integrazione, elemento riscaldante a regolazione continua con impostazione della temperatura, protezione intelligente contro la legionella, tempi di riscaldamento, protezione antigelo, comunicazione con pompe di calore tramite rete, rilevamento AT/BT, gestione di diverse auto elettriche in un'unica colonnina di ricarica, contattore virtuale per l'autoconsumo ad es. in condomini, case in affitto
Prezzo indicativo dispositivo	Monofase: da 480.– CHF, trifase: da 610.– CHF	Da 735.– CHF	Da 600.– CHF
			

Tabella 7: Panoramica dei sistemi Smart Home per l'ottimizzazione dell'autoconsumo.

FEMS – FENECON Energiemanagement System	AC ELWA-E/Powermeter/AC THOR/ AC THOR9s	TCR IP 4/Cntrol Plus IP 8
FENECON GmbH	my-PV	Rutenbeck, in Svizzera: Asera AG
www.fenecon.de	www.my-pv.com	www.asera.ch
Economia domestica/calore/auto	Acqua calda/riscaldamento/elettromobilità	Economia domestica/calore
0, ma possono essere aggiunte schede relè (8 per scheda relè)	0–1 (a seconda del tipo)	4x 10 A/8x 16 A
Relè, pompe di calore: Kermi & SG-Ready, stazioni di carico: Keba, ABL, Keywatt, altre previste, accumulatori a batteria: tutti gli accumulatori FENECON, da Pro Hybrid a Industrial, elementi riscaldanti, impianti di cogenerazione, commutazioni di carico generali	Compatibile con molti sistemi Smart Home, accumulatori a batteria, produttori di inverter e stazioni di ricarica (eccetto Powermeter)	Nessuno/nessuno
RS-485, Modbus/TCP, Ethernet, USB	Modbus TCP, Sunspec Modbus TCP	LAN (UDP)/LAN, W-LAN, GSM
Monitoraggio online su Internet, ottimizzato anche per smartphone e visualizzazione dati offline tramite rete locale	Portale web, display grafico a sfioramento (quest'ultimo a seconda del tipo)	Sito web
Basata su OpenSource, codice sorgente: openems.io	No	Sito web
Sì, strategia di ricarica della batteria in funzione del meteo	No, compatibile con vari produttori (eccetto Powermeter)	No
Sì, realizzabile tramite applicazioni FEMS	No. Solo AC ELWA-E: compatibile con vari produttori	No
Illimitati	Con il proprio Powermeter 10 unità AC ELWA-E, controllo esterno tramite produttori compatibili possibile fino a 255 partecipanti	4–8
Basato su Open Source EMS «OpenEMS», quindi indipendente dal produttore, pensato per sviluppi futuri e modulare. Le applicazioni possono essere installate su FEMS come su uno smartphone. Stesso software per tutte le dimensioni	Compatibile con molti sistemi Smart Home, accumulatori a batteria, produttori di inverter e stazioni di ricarica, impiegabile dalla casa monofamiliare al condominio	Per il controllo di utenze come pompe di calore (livello di carica, surplus FV) Ingressi per sensore di temperatura e pulsante (per canale di attivazione). Utilizzo su dispositivo, tramite APP, UDP o automaticamente tramite timer integrato
Già incluso nel pacchetto «Serie Pro Hybrid»	839.– CHF, eccetto Powermeter: 269.– CHF	Da 250.– CHF, www.asera.ch
		

Confronto dispositivi di controllo più diffusi

Sunny Home Manager 2.0	Smappee Infinity	smart-me
SMA Solar Technology AG	Smappee NV	smart-me AG
www.sma.de	www.smappee.com	www.smart-me.com
Economia domestica/calore/auto	Economia domestica/calore/auto/solare	Economia domestica/calore/auto
0	10x modulo output con 2 uscite ciascuno = 20 uscite	1x presa smart-me/contatore monofase 32 A) 3x smart-me contatore trifase MID 80A
Smart Home (prese wireless): Edimax, AVM FRITZ!Box; elettrodomestici (lavastoviglie, lavatrice, asciugatrice): Bosch, Siemens; pompe di calore, elementi riscaldanti e soluzioni di riscaldamento universali: MY-PV, AEG Haustechnik, Stiebel-Eltron, Tecalor, Vaillant, Wolf; mobilità elettrica: SMA EV Charger, Mennekes	Possibilità di commutare l'apparecchio monofase con uno «Smappee Switch», commutazione di un contatore per sistemi monofase o multifase. Integrazione con: Stazioni di ricarica: EVBox, KEBA, Alfen, Smappee, Powerdale e Greenflux; batterie: Varta; termostato: Google NEST; Smart Home IFTTT, Niko, pompe di calore Smart Grid Ready. Consumo di energia effettivo e previsto, programma orario, presenza e attività, importazione o esportazione rete	Uscita senza potenziale, ingresso digitale, SG Ready per ottimizzazione della pompa di calore/elemento riscaldante, interfaccia API aperta ad es. Loxone, KNX, digitalSTROM, Spline, Solarmanager
LAN	LAN, W-LAN, 3/4 G, ModbusRTU, Modbus TCP/IP, USB, RS-485, diverse uscite digitali	W-LAN, S0 (S0 non con presa smart me)
App mobile, portale web	Su dispositivo, app mobile, portale web e manutenzione remota	App mobile Android/iOS, portale web
App mobile, portale web	Tramite app mobile o portale web	App mobile Android/iOS, portale web
Sì	È una funzione di automazione e ottimizzazione integrata e pronta all'uso.	Solo con integrazione in altri sistemi, ad es. Loxone
Sì	È una funzione di automazione e ottimizzazione integrata e pronta all'uso.	Sì, tariffe virtuali possibili
24 dispositivi, di cui 12 con gestione dell'energia attiva	40	Illimitati (è possibile combinare tra loro un qualsiasi numero di dispositivi smart-me)
Gestione dell'energia basata su previsioni per l'utilizzo con inverter SMA e sistemi a batteria. La misurazione trifase integrata (fino a 63 A direttamente > 63 tramite trasformatore di corrente), viene montata direttamente sul punto di allacciamento alla rete elettrica	Gestione intelligente dell'energia per ogni esigenza energetica. Possibilità di tenere monitorati energia, solare, gas e acqua. Dati in tempo reale e cronologia dei dati tramite app e dashboard. Controllo intelligente e bilanciamento dinamico del carico. Compatibile con prodotti e servizi IoT. Facile installazione, bassa manutenzione, aggiornamenti a distanza. Modulare, pronto per sviluppi futuri.	I dispositivi smart-me registrano i dati di consumo di tutte i vettori energetici. Gli utenti ottengono strumenti di visualizzazione, ottimizzano l'autoconsumo attraverso regole intelligenti e possono generare anche bollette per l'energia. I dispositivi smart energy possono anche essere collegati al nostro sistema tramite API.
N.d.	Da 250.– CHF a 800.– CHF, a seconda del numero di misurazioni e delle funzionalità	smart-me plug CH da 110.– CHF, smart-me contatore monofase da 195.– CHF, smart-me contatore trifase 80 A MID da 298.– CHF, smart-me M-Bus Gateway da 498.– CHF
		

Tabella 7: Panoramica dei sistemi Smart Home per l'ottimizzazione dell'autoconsumo.

Solar Manager	Solar-Log Base 15/100/2000 e Solar Log 50 (Gateway)	Relè per flusso di energia EFR4000IP
Solar Manager AG	Solare Datensysteme GmbH	ZIEHL industrie-elektronik GmbH + Co KG
www.solarmanager.ch	www.solar-log.com	www.ziehl.de // www.trelco.ch
Acqua calda/pompe di calore/stazione di ricarica elettrica/accumulatore a batteria/prese intelligenti (elettrodomestici)	Economia domestica/calore/elettromobilità/ rete (AAE)	Economia domestica/calore/auto
0	Nuovo con modulo aggiuntivo MOD I/O	3
Scatole relè, prese intelligenti (mystrom, smart-me), elementi riscaldanti e ballast intelligenti (Askoheat+, myPV ElwaE e CA Thor), pompe di calore con ottimizzazione del setpoint via LAN (Stiebel Eltron, Alpha Innotec, Heliotherm, S&W Futura HSW), tutte le altre pompe di calore tramite SG Ready (quattro stadi) o PV Ready, stazioni di ricarica per auto (ricarica in eccesso con Keba, Etrek, Go-e, Juice Charger), sistemi di accumulo (Sonnen, Fronius, Solaredge, BYD, Kostal, Tesla e altri)	Relè, prese wireless (Belkin e Gude), scatola relè (8 relè, buon SG Ready), stazione relè, utenze acqua calda intelligenti: EGO Smart Heater, elementi riscaldanti my-PV e AC THOR. Pompe di calore: Stiebel Eltron, CTA, iDM e Hoval tramite protocollo duplex, altre tramite SG Ready. Accumulatori a batteria: Varta, Sonnen, E3DC, Kostal, BYD, SMA, RCT. Stazioni di ricarica: KBEA, altre seguiranno	Uscite relè, uscite analogiche, SG-Ready
LAN	Uscita digitale, 2 x Ethernet, LAN, Modbus, PM+ (RSE), MOD I/O, RS-422, RS-485, ingresso S0, Sunspec, Espandibile: eBus, KNX, M-Bus, USB, W-LAN	LAN, ingressi digitali, uscite analogiche
App mobile, portale web. App separata per l'installatore per una facile installazione.	Locale tramite interfaccia web, APP, portale web, Solarfox, iFrame Dashboard	Sul dispositivo, browser
Configurazione tramite app mobile e portale web	Notebook, portale web (remoto)	Display, browser
Si (basato sul machine learning, previsioni di produzione specifiche per la località per i prossimi tre giorni; è in previsione la considerazione delle previsioni del tempo nel sistema di controllo)	Integrate (visualizzazione, con pompe di calore iDM), nel nuovo WEB 4.0 vengono impiegate maggiormente	No
Si	In previsione, può essere implementato per Smart Energy con logica AT e BT	No
Illimitati	10	3 digitali + 1 analogico
Dati in tempo quasi reale su tutte le piattaforme (app, web) a intervalli di 10 secondi. Definizione delle priorità dei dispositivi collegati (anche quando si utilizza una batteria). Statistiche energetiche per monitorare/confrontare il consumo energetico dei dispositivi integrati. Indicazione sull'asse temporale quando sono stati accesi quali dispositivi. Grande varietà di dispositivi integrati. Profonda integrazione delle pompe di calore con spostamenti del setpoint. Attivazione delle stazioni di ricarica e delle prese intelligenti direttamente tramite l'app Gestione del carico in previsione. API in previsione. RCP+autoconsumo in collaborazione con smart-me. Azienda con sede in Svizzera.	Incl. monitoraggio FV completo > 100 produttori di inverter, portale web gratuito fino a 30 kWp, app eneeest come sistema modulare focalizzato su smart energy. Modulo I/O Base per la gestione dell'immissione in rete (controllo della potenza attiva e reattiva), interfaccia e sistema per il direct marketing integrati, funzione zero export (ovvero SL controlla gli inverter in modo dinamico in base al consumo, nessuna immissione in rete)	Combinabile con svariati componenti indipendentemente dal produttore, regolazione continua di un'utenza, controllo di elementi riscaldanti in un massimo di 7 stadi. Ulteriore funzione: monitoraggio della potenza massima di immissione
Da 690.- CHF	Solar Log 50 (Gateway) da 150.- CHF; Solar-Log Base 15 da 300.- CHF; Solar-Log Base 100 da 580.- CHF; Solar-Log Base 2000 da 860.- CHF; Licenze di estensione per SL 50 (fino a 30 kWp) da 50.- CHF; Licenze di estensione per Base 15 (fino a 30 kWp) da 68.- CHF; Licenze di estensione per Base 100 (fino a 250 kWp) da 150.- CHF	654.- CHF, in aggiunta sono necessari 3 trasformatori di corrente standard

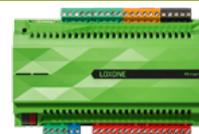


Sistemi Smart Home

Prodotto	Quinn Energy Managemet	digitalSTROM Server dSS20	eSMART-building	FHEM
Fornitore	Alpiq AG	digitalSTROM AG	eSMART Technologies AG	Open Source
Link	www.alpiq.com	www.digitalstrom.com	www.myesmart.com	www.fhem.de
Area di ottimizzazione	Economia domestica/calore/elettromobilità	Economia domestica, calore	Monitoraggio energetico/calore/servizi di gestione*	Economia domestica/calore/auto
Relè interni	Nessuno	Nessuno	0	Vari
Attuatori esterni	Fra l'altro digitali, analogici, Modbus TCP, Modbus RTU, Mbus	Relè per quadro elettrico di distribuzione, relè di installazione, presa intermedia, espandibile a piacimento	Moduli via Powerline; relè 10 A, dimmer 150 W, 0–10 V/1–10 V uscite, Dali	Circa 500 diversi protocolli o dispositivi
Comunicazione	Modulo LTE (comunicazione indipendente), rete e controllo	Direttamente attraverso le linee elettriche esistenti, 230 V	Rete 230 V esistente, M-Bus per la lettura dei contatori, interfaccia API – Energia	EnOcean, ZigBee, KNX, LAN/W-LAN, Bluetooth, MQTT, 1Wire, Homematic, ecc.
Visualizzazione	Portale web	App per smartphone, display a parete (tablet, Thanos, u:lux), web app per desktop	Pannello tattile, app mobile, piattaforma web	Sito web (vari frontend), app mobili
Programmazione	Configurazione possibile tramite portale web	Notebook, cloud, app mobile	Configurazione da display, nessuna programmazione	Script Perl, Shell, ecc.
Previsioni del tempo	No	Sì	Sì	Sì
Ottimizzazione tariffa	Sì	Sì	Sì	Sì
Particolarità	Le più recenti competenze di machine learning sulla previsione del consumo energetico a breve termine, seguite dal controllo dei carichi flessibili con l'obiettivo di aumentare l'autoconsumo. La soluzione è automatizzata al 100% ed è accompagnata da un software di visualizzazione.	Adatto per edifici nuovi e soprattutto per installazioni a posteriori, collegamento in rete e controllo intelligente di qualsiasi utenza mediante 230 V, implementazione fotovoltaica con diversi fornitori, ad es. www.netsolar.ch.	Funzioni speciali per condominii, ad es: Freecooling, stazione meteorologica, protezione antigrandine, raggruppamento ai fini del consumo proprio (RCP), connessione a fornitori terzi (basata sul web), semplice integrazione di un portale degli inquilini (Allthings, Streamnow, ecc.) *Fatturazione e notifiche ai residenti	Sistema open source basato su Perl per la domotica, con focalizzazione su utenti esperti o hobbisti, grande community di lingua tedesca.
Prezzo indicativo dispositivo	Da 1800.– CHF	Server: 539.– CHF, misuratore: 224.– CHF, relè da 69.– CHF, più implementazione fotovoltaica esterna	Monitoraggio da 750.– CHF, soluzione completa con citofono, controllo del riscaldamento e monitoraggio dell'energia con display da 2990.– CHF. Tecnologie domotiche ampliabili a piacimento.	Software gratuito
				

Tabella 8: Panoramica sistemi Smart Home per ottimizzare l'autoconsumo.

enerFACE	Smart Energy Link	joules	Miniserver/Miniserver GO
planergie ag	Smart Energy Link AG	TNC Consulting AG	Loxone Electronics GmbH
www.enerface.ch	www.smartenergylink.ch	www.joules-energy.ch	www.loxone.com
Economia domestica/calore/ elettricità/auto	Calore/elettromobilità/economia domestica	Calore/elettromobilità/economia domestica/gestione dell'energia e del carico	Gestione dell'energia e del carico/riscaldamento/elettromo- bilità ed economia domestica
10	4	Nessuno	
Relè, ingressi 0–10 Volt, uscite 0–10 Volt, regolatore di potenza con filtro di rete per inserti riscaldanti elettrici, stazioni di ricarica, interfaccia SG Ready, accumulatore a batteria	Tutti gli inverter con protocollo Sunspec, tutte le pompe di calore con SGready, integrazione diretta con CTA, Stiebel Eltron; elementi riscaldanti dinamici; stazioni di ricarica: Zapcharger, Alfen, KEBA, ABB Lunic, Wallbe, easee (in fase di sviluppo), aggiunta in corso; accumulatori a batteria: Tesla Powerpack, batterie second life (EVTEC Barista), Sonnen (in fase di sviluppo), continua integrazio- ne; KNX, eSmart	Pompe di calore con Modbus TCP, SGready, elementi riscaldanti regolabili, controllo della temperatura ambiente, attuatori di commutazione, relè, inverter, KNX, sistemi di ventilazione, accumulatori a batteria, stazioni di ricarica. Sistema espandibile in modo individuale e modulare.	Attuatori centrali o decentraliz- zati, ad es. relè, attuatori di ombreggiamento, attuatori per valvole di riscaldamento, attuatori di commutazione per luce e prese, attuatori di regolazione della luminosità e molto altro ancora
W-LAN, LAN, 1 Wire, USB, RS-485, ingressi digitali e analogici, S0	Modbus, Mbus, RS-232, RS-485, LAN, W-LAN, KNX, USB, HDMI	Modbus TCP, Modbus, M-Bus, KNX, EnOcean, REST-API, SunSpec ecc.	Loxone Tree-Bus, sistema wireless Loxone Air, LAN, con estensione anche Modbus, KNX ed EnOcean; oltre a numerose altre interfacce aperte
Portale web, smartphone e tablet	App web per proprietari, amministrazione e residenti	Portale web per amministrazione e residenti	App, sito web
Tramite browser	Sistema configurato e testato in base alle esigenze del cliente	Sistema configurato e programma- to in base al progetto specifico	Notebook (LAN), app, sito web
Sì, integrabili	Sì	Sì	Sì
Sì	Sì	Sì	Sì
Disponibile con montaggio su guida DIN o a parete. Molti sensori disponibili, come tempe- rature, stazioni meteorologiche, umidità, pressione, contatore di calore, sensori di irradiazione, anemometri, ecc. Possono essere generati report per RCP e comunità di consumo proprio sotto forma di rendiconti. Possibilità di visualizzazione su grandi display. Possibilità di integrazione nella propria homepage. Possibile soluzione white label. La previsione dei consumi energetici può essere attivata sulla base di dati storici.	Soluzione integrale per l'autocon- sumo e l'elettromobilità in immobili plurifamiliari e aree composta da: ottimizzazione dell'autoconsumo, gestione dei picchi di carico, misurazione e rendiconto dell'energia per corrente, calore, acqua e ricariche di auto elettriche, monitoraggio dell'energia (Monitoring Miner- gie), controllo Smart Grid per aree e quartieri (media e bassa tensione). Server di allarme per emergenze tecniche.	Soluzione completa da un'unica fonte. Ottimizzazione dell'autocon- sumo e gestione del carico per l'elettromobilità, nonché produzio- ne di calore. Soluzione di fattura- zione per elettricità, calore, acqua ed elettromobilità (RCP). Monito- raggio Minergie specifico dell'im- mobile tramite controllo di pompe di calore, elementi riscaldanti regolabili, stazioni di ricarica e integrazione di accumulatori a batteria. Protezione dinamica da sovraccarico dell'edificio in caso di ampliamento delle stazioni di ricarica.	Sistema completo per la building automation di edifici residenziali e commerciali; idoneo all'utilizzo in edifici nuovi ed esistenti; software gratuito per program- mazione, manutenzione a distanza e visualizzazione su cellulare, tablet o PC
Da 385.– CHF	980.– CHF	Specifico in base al progetto	Miniserver 699.– CHF, Miniserver GO 425.– CHF



3.4 UNITÀ DI CONTROLLO PER L'OTTIMIZZAZIONE DELL'AUTOCONSUMO

Dispositivi speciali per l'ottimizzazione dell'autoconsumo sono offerti da diversi produttori. Essi differiscono per quanto riguarda gli standard di comunicazione, la flessibilità della programmazione e la considerazione dei dati meteorologici o delle tariffe elettriche per l'ottimizzazione. Alcuni gestori di autoconsumo offrono per esempio la possibilità di scegliere se le utenze elettriche vanno ottimizzate in termini di costi, e quindi se devono funzionare anche di notte a tariffa ridotta, oppure se vanno completamente ottimizzate per l'autoconsumo. Se sono inclusi i dati delle previsioni meteorologiche è possibile limitare al minimo l'immissione in rete, ad esempio caricando una batteria/un veicolo elettrico a partire da mezzogiorno in caso di previsioni di tempo soleggiato, oppure caricandoli già dal mattino se si prevede pioggia.

Vantaggio: il consumo e la produzione di energia sono presentati in modo illustrativo, opzioni di programmazione complete per un utilizzo mirato delle utenze.

Svantaggio: compresa la programmazione, tutte le varianti comportano costi superiori ai 1000 franchi, che non sono necessariamente ammortizzati dall'aumento dell'autoconsumo.

La tabella 7 elenca e confronta i sistemi più comuni in Svizzera e i loro dati (stato: estate 2020). Va notato che si tratta di informazioni dei produttori.

3.5 INTEGRAZIONE IN «SMART HOME»

I sistemi Smart Home vanno oltre l'ottimizzazione dell'autoconsumo dell'energia solare. Tramite la comunicazione radio o Powerline, tutti i servizi di domotica possono essere collegati in rete, dal riscaldamento ai dispositivi multimediali al sistema di chiusura.

L'integrazione dell'impianto fotovoltaico è una piccola aggiunta, ma non ancora implementata in tutti i sistemi. Tali approcci Smart Home offrono, ad esempio, alla pompa di calore non solo un segnale di abilitazione quando è presente corrente in eccesso. Assumono il controllo del comfort in modo più completo, regolano anche a seconda della temperatura dell'acqua calda o della temperatura ambiente e tengono conto delle previsioni meteorologiche e delle tariffe elettriche.

Nella tabella 8 i sistemi più diffusi in Svizzera con i loro dati (stato: estate 2020) sono elencati e confrontati. Va notato che si tratta di informazioni dei produttori.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

4 SEI FASI PER UN MAGGIORE AUTOCONSUMO

FASE 1: USARE LA CORRENTE SOLARE PER LA PRODUZIONE DI CALORE

Se in casa c'è già una pompa di calore o un boiler a pompa di calore: assicurarsi che la pompa di calore si accenda tramite relè o interfaccia Smart Grid Ready se c'è un surplus di energia solare. Se è prevista una nuova pompa di calore o un boiler a pompa di calore: prestare attenzione all'etichetta «SG Ready» o ad altre interfacce di comunicazione per apparecchi Smart Home, poiché questi sistemi possono essere facilmente integrati.

FASE 2: USARE LA CORRENTE SOLARE PER GLI ELETTRODOMESTICI

Se gli apparecchi vengono gestiti manualmente: assicurarsi che gli apparecchi siano accesi solo quando splende il sole. Utile a tal fine è una soluzione di visualizzazione che indica la produzione di energia e il consumo di corrente (ad esempio «Smappee»). Il costo è di circa 300 franchi.

Se gli apparecchi vengono gestiti automaticamente: installare un regolatore di autoconsumo, che comanda gli apparecchi in base alle previsioni del tempo e all'elettricità solare disponibile. Per i nuovi elettrodomestici, assicurarsi che sia possibile una gestione tramite l'inverter o il gestore di autoconsumo e che dopo un'interruzione gli elettrodomestici continuino il programma precedentemente impostato.

FASE 3: USARE LA CORRENTE SOLARE PER CARICARE UN ACCUMULATORE

Se la potenza dell'impianto fotovoltaico è superiore a 1 kWp per 1000 kWh di consumo annuale, valutare l'impiego di un accumulatore a batteria. Assicurarsi che l'ottimizzazione dell'autoconsumo sia integrata. Chiedere a un professionista del settore solare di calcolare l'economicità di esercizio. Prestare attenzione alle informazioni sulla durata utile e sulla sicurezza. Se si desidera una soluzione di backup, verificare se l'accumulatore e gli inverter possono funzionare in regime in isola in caso di interruzione di corrente.

FASE 4: USARE LA CORRENTE SOLARE PER CARICARE UN VEICOLO ELETTRICO

Se si dispone già di un veicolo elettrico: e se la gestione automatica non è possibile, caricare possibilmente il veicolo

quando viene prodotta molta elettricità solare (vedi anche la fase 2 per possibili apparecchi di visualizzazione della produzione di corrente elettrica).

Se si prevede di acquistare un veicolo elettrico: assicurarsi che il veicolo supporti il caricamento bidirezionale. Scegliere una stazione di ricarica in grado di comunicare con il controllo dell'autoconsumo.

FASE 5: ADATTARE LA POTENZA DELL'IMPIANTO

Se non si dispone ancora di un impianto fotovoltaico: dimensionare la potenza dell'impianto in base al consumo elettrico e alle misure succitate, al fine di raggiungere la massima percentuale di autoconsumo possibile. Considerare le future utenze elettriche rilevanti (come la produzione di calore o veicoli elettrici) e un eventuale accumulatore a batterie. Valutare un orientamento est-ovest dell'impianto: sebbene complessivamente la resa sia leggermente inferiore rispetto a un orientamento sud, si ottiene una maggiore produzione al mattino e alla sera.

Si prega di notare, tuttavia, che un uso parziale del tetto dovrebbe sempre essere una soluzione di emergenza, riservata ai casi in cui non vi sarebbe un'efficienza economica. In ogni caso richiedere al proprio installatore solare anche un preventivo per un tetto completamente utilizzato. L'esperienza ha dimostrato che ogni «kWp» aggiuntivo è notevolmente più conveniente (il progettista, le impalcature e i lavori accessori vanno sostenuti indipendentemente dalle dimensioni dell'impianto solare).

FASE 6: RAGGRUPPAMENTO AI FINI DEL CONSUMO PROPRIO (RCP)

Se si possiede o costruisce un condominio o un'area con più abitazioni: verificare la possibilità di creare un RCP. Rispetto al fornitore di energia, l'RCP agisce come un unico utente e all'interno dell'RCP il consumo individuale di energia elettrica viene fatturato con contatori «privati». Grazie all'autoconsumo comune è possibile utilizzare una quota maggiore dell'elettricità solare e tutti i partecipanti beneficiano di prezzi per l'elettricità più vantaggiosi.

MAGGIORI INFORMAZIONI

- Le istruzioni per un'implementazione ottimale sono disponibili su www.svizzeraenergia.ch/consumo-proprio e www.svizzeraenergia.ch/il-mio-impianto-solare
- Ulteriori documenti possono essere trovati sui siti web di VESE (www.vese.ch) e Swissolar (www.swissolar.ch)
- Contattare un professionista del solare: www.professionistidelsolare.ch
- Chiamare l'infoline di SvizzeraEnergia: 0848 444 444
- Diventare membro di VESE, l'Associazione dei produttori di energia indipendenti, per scambiare esperienze e beneficiare dei servizi per i gestori fotovoltaici

I contenuti di questa brochure sono stati creati da VESE.
Dati aggiornati nell'estate 2020.

Tutte le informazioni sono state studiate al meglio delle nostre conoscenze, ma decliniamo eventuali garanzie o responsabilità per la correttezza o la completezza delle informazioni, dei valori e delle dichiarazioni rese, soprattutto perché queste informazioni possono cambiare rapidamente.

SvizzeraEnergia, Ufficio federale dell'energia UFE
Pulverstrasse 13, CH-3063 Ittigen. Indirizzo postale: CH-3003 Berna
Infoline 0848 444 444, www.svizzeraenergia.ch/consulenza
energieschweiz@bfe.admin.ch, www.svizzeraenergia.ch, twitter.com/energieschweiz

Ordinazione: www.pubblicazionifederali.admin.ch
Numero articolo 805.529.I