

Tecnologie e soluzioni per la gestione ottimizzata ed efficiente del sistema edificio-impianti

Il quadro normativo attuale è favorevole alla riqualificazione energetica del parco immobiliare italiano, ancora caratterizzato da consumi energetici elevati. Si richiedono, quindi, nuove soluzioni in grado di incrementare l'efficienza energetica e l'uso di fonti rinnovabili in questo settore. ENEA svolge attività di ricerca e sviluppo volte a incrementare l'autoconsumo anche in contesti condominiali, integrando, su scala reale, fonti rinnovabili e sistemi di accumulo termico ed elettrico. ENEA si occupa, inoltre, di configurazioni innovative di reti di teleriscaldamento nell'ottica di utenti prosumer.

DOI 10.12910/EAI2020-077

di Biagio Di Pietra, Giovanni Landi, Luca La Notte, Alessandro Lorenzo Palma, Paolo Sdringola, Laboratorio Soluzioni Energetiche Integrate, ENEA

Il parco immobiliare italiano, nonostante i progressi degli ultimi anni, è caratterizzato ancora da consumi energetici elevati. Per questo, le norme nazionali del settore, in linea con gli obiettivi europei, hanno fissato requisiti minimi finalizzati alla ricerca di nuove soluzioni in grado di incrementare l'efficienza energetica degli edifici, sia nel caso di nuova costruzione, sia di riqualificazione dell'esistente. Sono oggetto di attività di ricerca e sviluppo numerosi componenti e impianti innovativi che permettono di incrementare l'efficienza e l'uso delle fonti rinnovabili e di ottimizzare la gestione dei flussi energetici.

Si fa riferimento al singolo edificio, ma anche ad un contesto più ampio come quello di una comunità energetica – a cui possono partecipare persone fisiche, PMI, enti locali, ubicati in un perimetro più ampio rispetto a quello dei condomini – che è stata oggetto, insieme all'autoconsumo collettivo di energia proveniente da fonti rinnovabili, di recenti

misure incentivanti per favorire la transizione energetica del sistema elettrico del nostro Paese, con benefici ambientali, economici e sociali per i cittadini. L'attuale quadro normativo risulta pertanto favorevole alla promozione e all'agevolazione dello sviluppo di tecnologie per l'autoconsumo. In tale ambito, risulta di grande interesse lo studio di soluzioni e configurazioni impiantistiche che massimizzino la generazione da fonte rinnovabile (locale o centralizzata), rendano più efficienti i sistemi energetici e ottimizzino la gestione dei flussi scambiati con le utenze, ricorrendo all'interazione di sistemi di accumulo non esclusivamente di tipo elettrochimico. All'interno dell'Accordo di Programma ENEA-MiSE sulla Ricerca di Sistema Elettrico (Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021), il Dipartimento Unità Efficienza Energetica dell'ENEA sta portando avanti, in collaborazione con diversi Atenei nazionali, un'attività di ricerca su tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio

di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti. Tra gli obiettivi del progetto rientra lo studio di soluzioni innovative (modelli e dimostratori sperimentali) per coniugare la generazione distribuita di energia con tecnologie che consentano di incrementare e ottimizzare l'autoconsumo dell'energia prodotta *in situ* dei singoli utenti.

Soluzioni tecnologiche innovative e impianto S.A.P.I.EN.T.E.

Con particolare riferimento ai sistemi "ibridi" costituiti da fonti rinnovabili, sistemi tradizionali e accumuli elettrici/termici, l'ENEA ha realizzato presso il Centro di Ricerche Casaccia l'impianto sperimentale S.A.P.I.EN.T.E. - Sistema di Accumulo e Produzione Integrata di ENergia Termica ed Elettrica (Figura 1), per provare, in scala reale, soluzioni tecnologiche che possano consentire un elevato autoconsumo delle fonti rinnovabili locali anche in contesti condominiali, integrando sistemi d'accumulo termici ed elettrici.

La sezione elettrica di S.A.P.I.EN.T.E., come illustrato in Figura 2, si compone di un campo fotovoltaico da 11,4 kWp (in fase di realizzazione), un carico elettronico da 10 kW (prevista l'estensione in potenza fino a 30 kW), in grado di generare profili di carico elettrico di utenze monofamiliari e piccoli condomini, e di un sistema di accumulo a litio da 16 kWh con inverter bidirezionale per gestire i flussi di potenza tra generatore, utente e rete. La sezione termica include, invece, una pompa di calore (PdC) di tipo aria/acqua da 30 kW termici, un accumulo per acqua calda sanitaria (ACS) da 1.000 lt, due accumuli inerziali caldo/freddo da 1500 lt ciascuno e due dry cooler per riprodurre il carico termico e il profilo di consumo di acqua calda sanitaria di una utenza singola o condominiale. La gestione esterna della pompa di calore consente di regolarne il punto di lavoro e, quindi, l'assorbimento elettrico per inseguire la produzione del campo fotovoltaico (FV) e accumulare l'energia termica prodotta in eccesso. Tutti i componenti sono interfacciati via Modbus con un Controllore Logico Programmabile (PLC). Il monitoraggio e il controllo del sistema sono effettuati



Fig. 1 Foto dell'impianto S.A.P.I.EN.T.E. presente al Centro Ricerche ENEA Casaccia

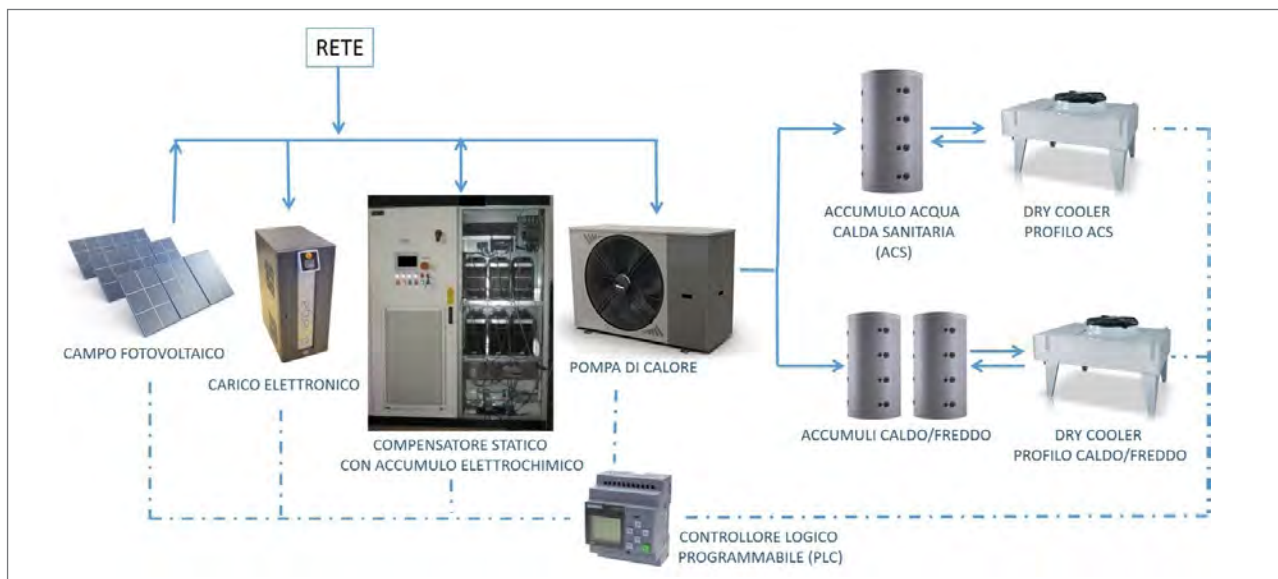


Fig. 2 Schema semplificato dell'attuale configurazione dell'impianto S.A.P.I.EN.T.E.

tramite un web server con il quale, oltre a generare curve di carico termico ed elettrico tipiche di diverse tipologie di utenze, è possibile testare diverse logiche di controllo dei singoli componenti per ottimizzare l'autoconsumo dell'energia prodotta *in loco*. Il progetto di ricerca prevede l'espansione del sistema ibrido sperimentale con un impianto termico-fotovoltaico costituito da moduli solari ibridi (PVT) e un nuovo sistema di accumulo con supercondensatori.

Gestione dei servizi energetici di un edificio multiutenza

L'obiettivo dell'attività di ricerca è quello di valutare, da un punto di vista energetico ed economico, come l'applicazione di un sistema ibrido tipo S.A.P.I.EN.T.E. possa consentire una gestione dei servizi energetici di un edificio multiutenza (es. condominio), secondo uno schema di comunità energetica, e autoconsumo collettivo come previsto dalla Direttiva EU 2018/2001 e dall'art. 42 bis del DL 162/2019 (convertito in legge 8/2020). A tal fine, oltre alle prove condotte con l'impianto sperimentale nel corso delle precedenti annualità, è stata implementata una piattaforma software che consente di simulare diversi scenari di

gestione di un impianto ibrido applicato ad un contesto condominiale secondo una architettura di micro-comunità energetica come indicata in Figura 3. In particolare, la piattaforma prevede la simulazione dell'impianto ibrido centralizzato gestito da un unico soggetto Aggregatore per la fornitura dei servizi termici ed elettrici ai singoli utenti condominiali. Obiettivo del soggetto Aggregatore è quello di massimizzare l'autoconsumo, da parte dei singoli condomini, dell'energia prodotta localmente dal campo FV attraverso la gestione ottimale dell'accumulo termico (utilizzando la pompa di calore centralizzata) e dell'accumulo elettrico.

Per ciascuna unità immobiliare è stato implementato un modello che consente di simulare in modo indipendente i carichi flessibili (lavatrice e lavastoviglie) e non flessibili (illuminazione, pc, frigorifero, piano cottura elettrico) dei singoli appartamenti che costituiscono il condominio. Tra i carichi flessibili la piattaforma software prevede, inoltre, la possibilità di simulare il funzionamento di una pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria con accumulo termico integrato installata in ciascun appartamento del condo-

minio. Per consentire una maggiore flessibilità della comunità energetica e incrementare l'autoconsumo della fonte rinnovabile locale, è prevista la possibilità di simulare diversi scenari in cui il soggetto Aggregatore può gestire i singoli carichi programmabili secondo logiche di Demand Response (DR) prevedendo, ad esempio, un funzionamento di questi ultimi nelle ore di maggiore produzione del campo fotovoltaico.

Funzionamento e prestazioni di sistemi per lo scambio sul posto termico

Nel contesto del sistema edificio-impianto esteso alle reti energetiche e, in particolare, alle reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento, queste ultime in prospettiva futura potranno avere una funzione di bilanciamento delle reti elettriche grazie alle strategie di Power-to-Heat/Cool, ovvero l'utilizzo di eccessi di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile per la produzione di caldo/freddo. Le principali linee di ricerca sull'argomento riguardano le prestazioni di configurazioni innovative di reti "efficienti", con particolare attenzione alle temperature di distribuzione del fluido termovettore nella rete (a bassa temperatura, neutre, teleraffrescamento) e all'integrazione con impianti

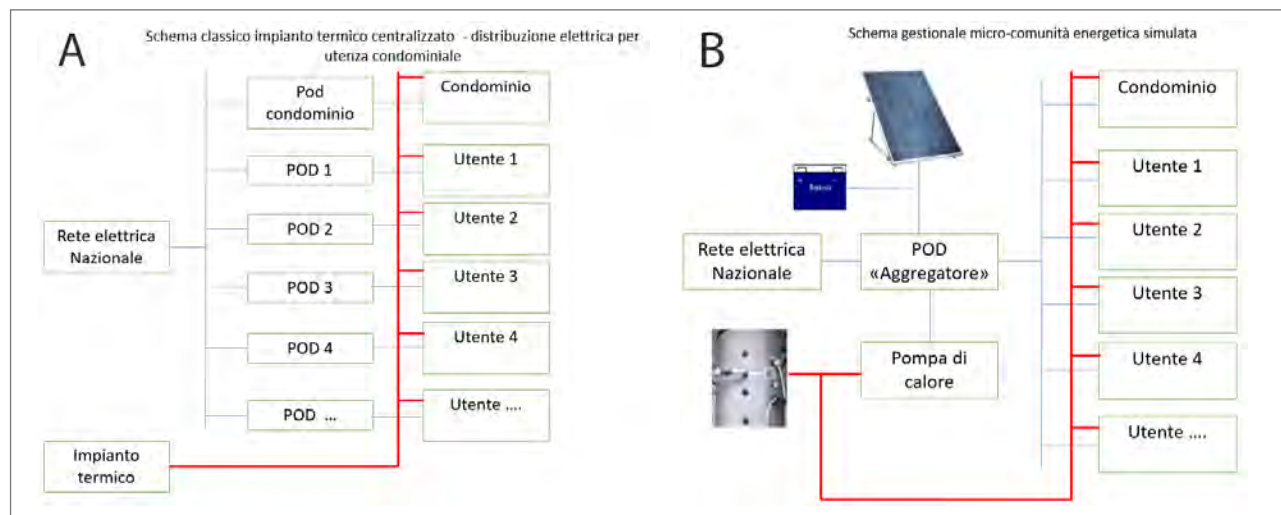


Fig. 3 Confronto degli schemi di gestione centralizzata di un'utenza condominiale: A) la distribuzione classica; B) la gestione centralizzata con impianto ibrido tipo S.A.P.I.EN.T.E.

ad alto rendimento e fonti rinnovabili. In questo ultimo caso, come già accade per gli utenti delle reti elettriche dotati di impianti di produzione (es. impianto fotovoltaico), l'utente attivo o prosumer, connesso alla rete di teleriscaldamento, è dotato di un proprio impianto di produzione (es. impianto solare termico installato in copertura) con la possibilità di alimentare la rete attraverso una sottostazione di scambio bidirezionale con l'energia termica prodotta e non immediatamente autoconsumata. La gestione della connessione attiva in modalità "scambio sul posto termico" potrebbe consentire il recupero dell'energia prodotta in eccesso dall'impianto solare termico (tipicamente nella stagione estiva), che diversamente sarebbe esclusa in quanto non consumata dal singolo utente. Con l'obiettivo di studiare il funzionamento e le prestazioni di sistemi per lo scambio sul posto termico, l'ENEA – in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Bologna "Alma Mater Studiorum" – ha progettato e realizzato l'hardware di un prototipo di sottostazione di scambio termico bidirezionale per teleriscaldamento attivo (Figura 4). L'implementazione del sistema di acquisizione, controllo e monitoraggio della sottostazione è stata svolta dall'Eurac Research sulla base delle specifiche

tecniche fornite dall'ENEA. Il sistema permette di raccogliere energia solare termica prodotta dall'utente, di utilizzarla direttamente quando necessario, di cederne il surplus alla rete quando la domanda dell'edificio è minore della disponibilità e, infine, di ricorrere alla rete come sorgente di calore per l'edificio nei momenti di assenza di fonte solare. Grazie al sistema di monitoraggio è stato possibile acquisire e registrare i segnali prodotti dai sensori (temperatura, portata, pressione) e dai componenti regolabili (circulatori, valvole motorizzate) della sottostazione all'interno del banco prova. Una volta conclusi i necessari test preliminari, sono state condotte prove in regime stazionario, secondo scenari in cui l'utente è soddisfatta dalla rete in modo convenzionale (in condizioni di progetto, di minimo e di massimo fabbisogno) o in cui il sistema di generazione locale alimenta l'utente e/o cede calore alla rete. I risultati hanno permesso di valutare le prestazioni della sottostazione per quanto riguarda lo scambio di energia nei diversi scambiatori, mettendo in luce la stabilità dei controlli in condizioni stazionarie. Una seconda campagna di prove ha permesso di testare la sottostazione in condizioni variabili, con riferimento alla transizione dinamica tra le suddette configurazioni di funzionamento

base. È stato pertanto variato il profilo di richiesta da parte dell'utente e il profilo di produzione del sistema di generazione, verificando in particolare:

- soddisfazione dell'utente usando energia dalla rete di teleriscaldamento e/o proveniente dalla fonte solare (60 °C). Le oscillazioni nel controllo di temperatura hanno messo in evidenza la necessità di rendere l'interazione tra gli scambiatori graduale, per evitare accensioni ad intermittenza e mantenendo le condizioni di temperatura prossime al set point; immissione di energia proveniente dalla fonte solare nella rete di teleriscaldamento (80 °C);
- efficacia del controllo della temperatura di mandata all'utente e al teleriscaldamento, che permette di mantenere gli scostamenti medi nell'intervallo +/- 0,5 °C (anche in presenza di oscillazioni al primario di +/- 2 °C, con riferimento ai valori istantanei).

Sono attualmente in corso ulteriori approfondimenti legati al teleriscaldamento attivo, con particolare riferimento ai seguenti aspetti: configurazione di rete; tipologia di input (es. fonti rinnovabili, recupero di calore di scarto); modellazione per l'analisi energetica ed idraulica dei singoli dispositivi e della rete di distribuzione; valutazione degli effetti legati all'inserimento di utenti prosumer su una rete tradizionale, ad esempio per interventi di deep renovation di distretti urbani allacciati al teleriscaldamento e/o realizzazione di micro comunità energetiche. Le attività descritte permetteranno di supportare valutazioni di convenienza energetica ed economica circa lo scambio di energia bidirezionale nelle reti di teleriscaldamento attivo, in presenza di utenti prosumer in grado di immettere energia da fonti rinnovabili oppure con recupero di calore di scarto, contribuendo alla transizione verso reti di teleriscaldamento efficienti (D.Lgs. 102/2014, art. 2).



Fig. 4 Sottostazione bidirezionale di scambio termico