

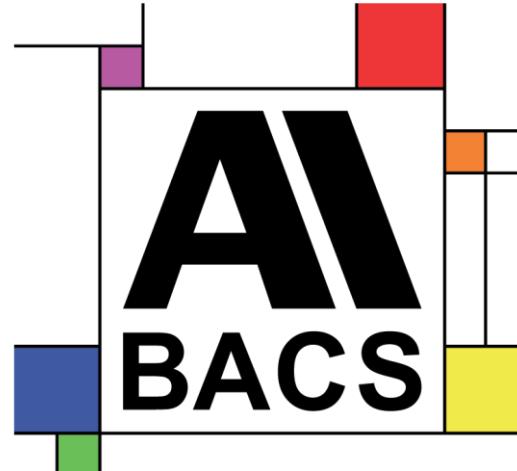
SMART BUILDING EXPO®

THE EUROPEAN EVENT
ON THE DIGITAL AND ENERGY
TWIN TRANSITION
OF BUILDINGS AND CITIES

19 | 21 NOV 2025
FIERAMILANO



ASSOCIAZIONE ITALIANA
BUILDING AUTOMATION
AND CONTROL SYSTEMS



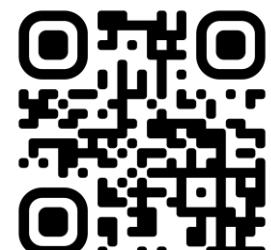
ASSOCIAZIONE ITALIANA
BUILDING AUTOMATION
AND CONTROL SYSTEMS



ASSOCIAZIONE ITALIANA
BUILDING AUTOMATION
AND CONTROL SYSTEMS

A CHI CI RIVOLGIAMO

- **System Integrator**
- **Progettisti**
- **«Smart Installer»**
- **Investitori mercato immobiliare**
- **Produttori**



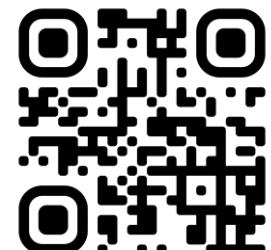
Prospettive e sfide dell'integrazione dell'IA nei BACS

Alfonso Capozzoli



Politecnico
di Torino

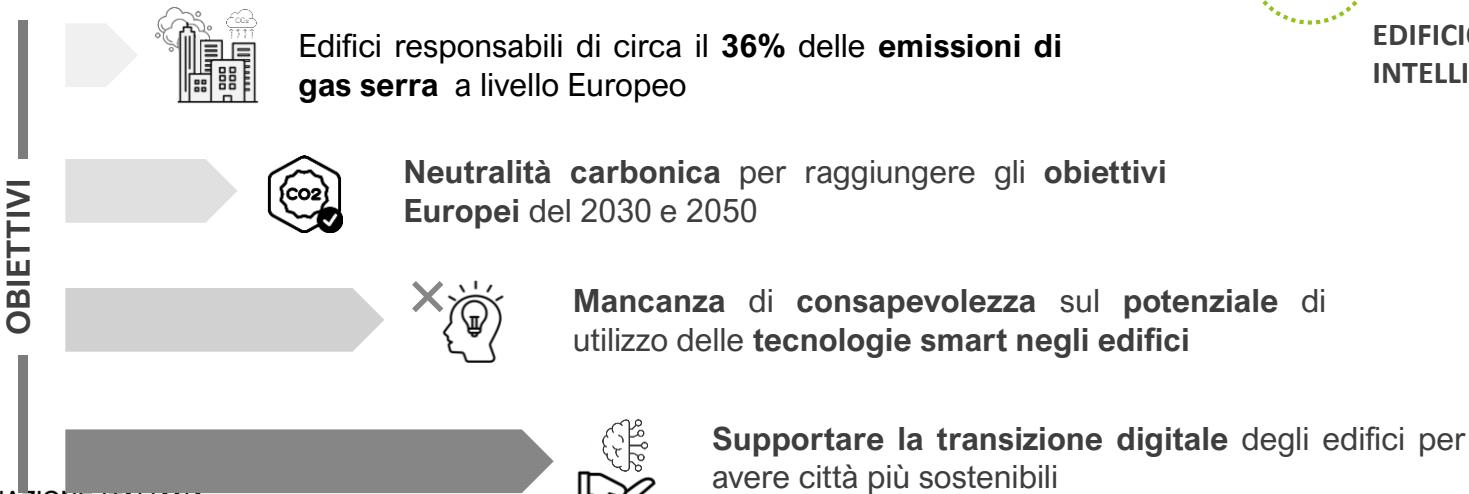
Department of Energy
"G.Ferraris"

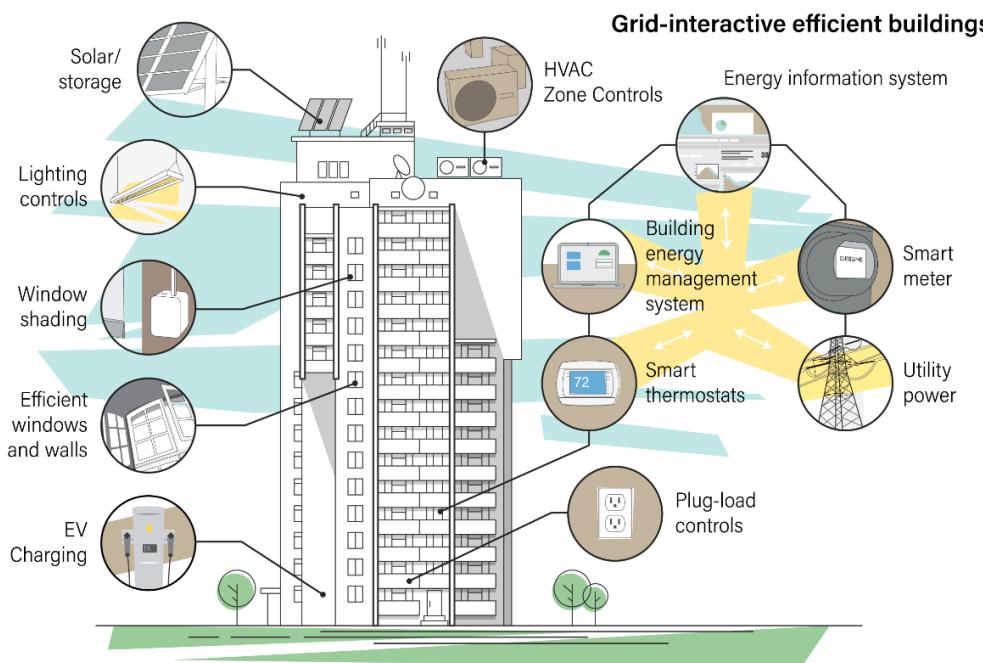


Il contesto

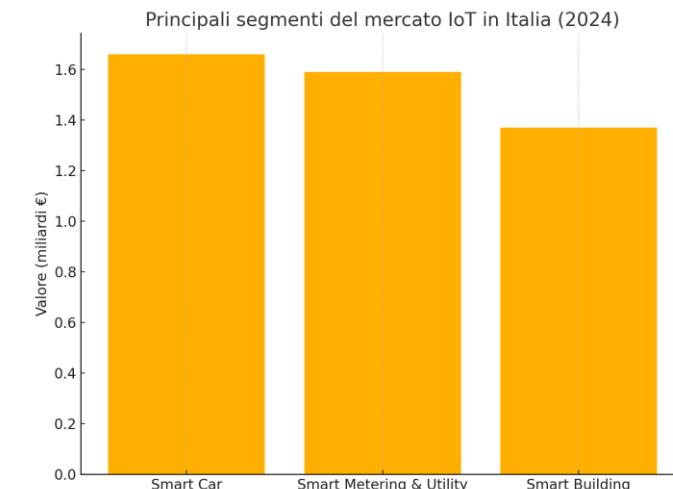
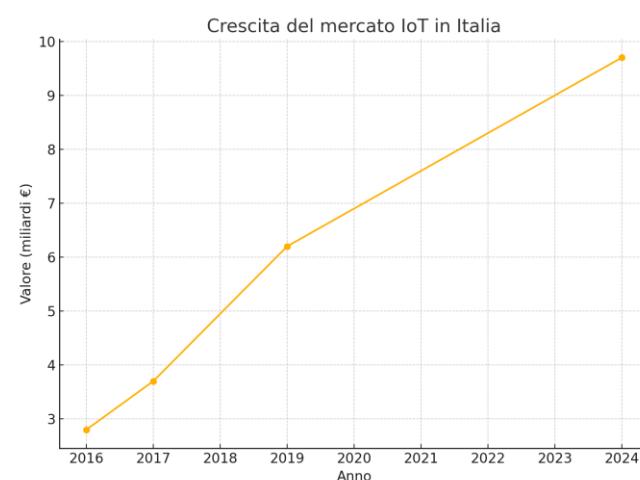
La nuova EPBD enfatizza il potenziale delle tecnologie intelligenti, per migliorare sia l'efficienza energetica, sia l'interazione con le reti energetiche che il benessere degli occupanti. I sistemi di gestione, automazione e controllo rappresentano la tecnologia chiave:

- Introduzione obbligatoria dell'indicatore di predisposizione all'intelligenza degli edifici (SRI)
- Introduzione obbligatoria dei BACS che devono essere interoperabili e in grado di monitorare, registrare, analizzare
- L'installazione di dispositivi di misura e controllo della qualità ambientale interna
- Metodologia di calcolo che consideri la gestione delle fonti rinnovabili in loco, delle infrastrutture di ricarica bidirezionale e del contributo dei BACS per ottimizzare le prestazioni

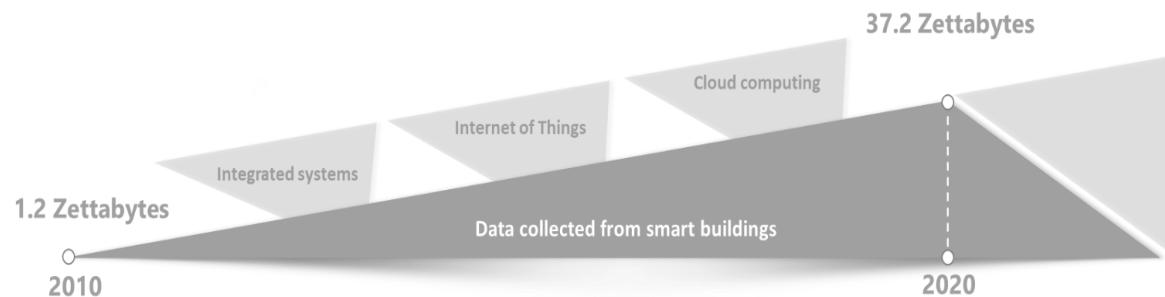




Il mercato italiano dell'Internet of Things ha registrato una crescita significativa dal 2016 al 2024, **passando da 2,8 miliardi di euro a 9,7 miliardi di euro**. Questa tendenza evidenzia l'adozione crescente di soluzioni IoT nel Paese.

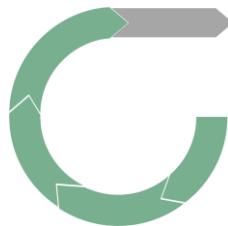


Fonte: Osservatorio Internet of Things, Politecnico di Milano
Internet of Things (IoT) in Energy Market - Growth Rate by Region (2021 - 2026)

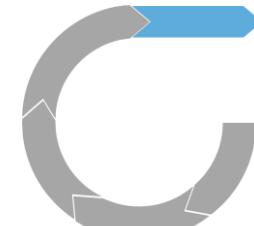


"In theory, there is no difference between theory and practice...But, in practice, there is"

Jan L. A. van de Snepscheut



Progetto



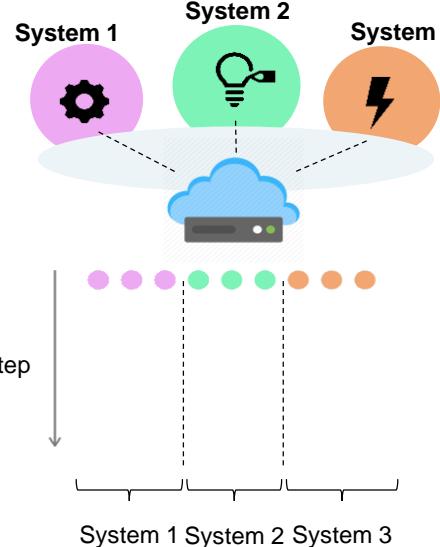
In esercizio



Esperienza di dominio in campo energetico

Esperienza di dominio in Data Analytics

Acquisizione ed integrazione dati



- ✓ **Esplorazione e caratterizzazione** per scoprire la conoscenza nascosta
- ✓ **Regressione e classificazione** per la predizione

L'implementazione dei sistemi di gestione energetica per individuare:

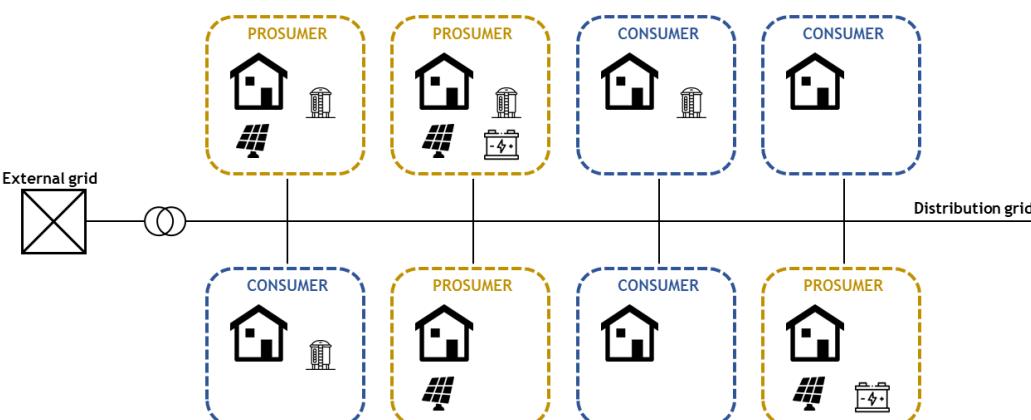
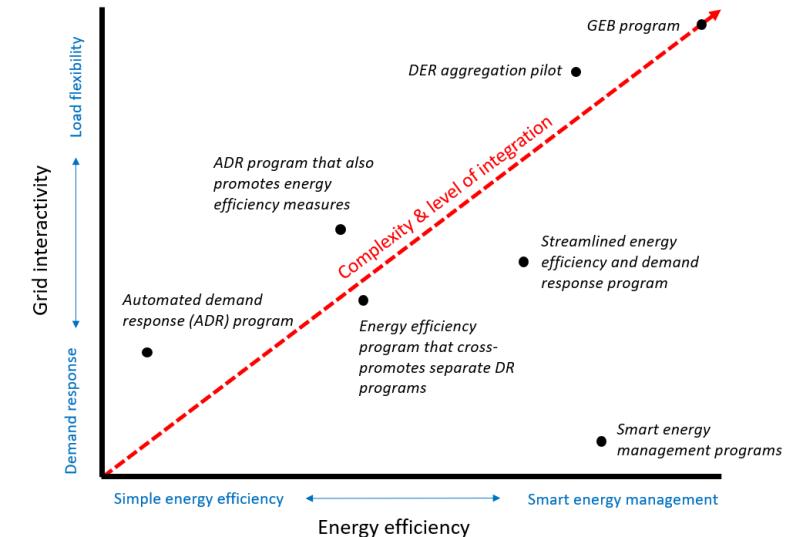
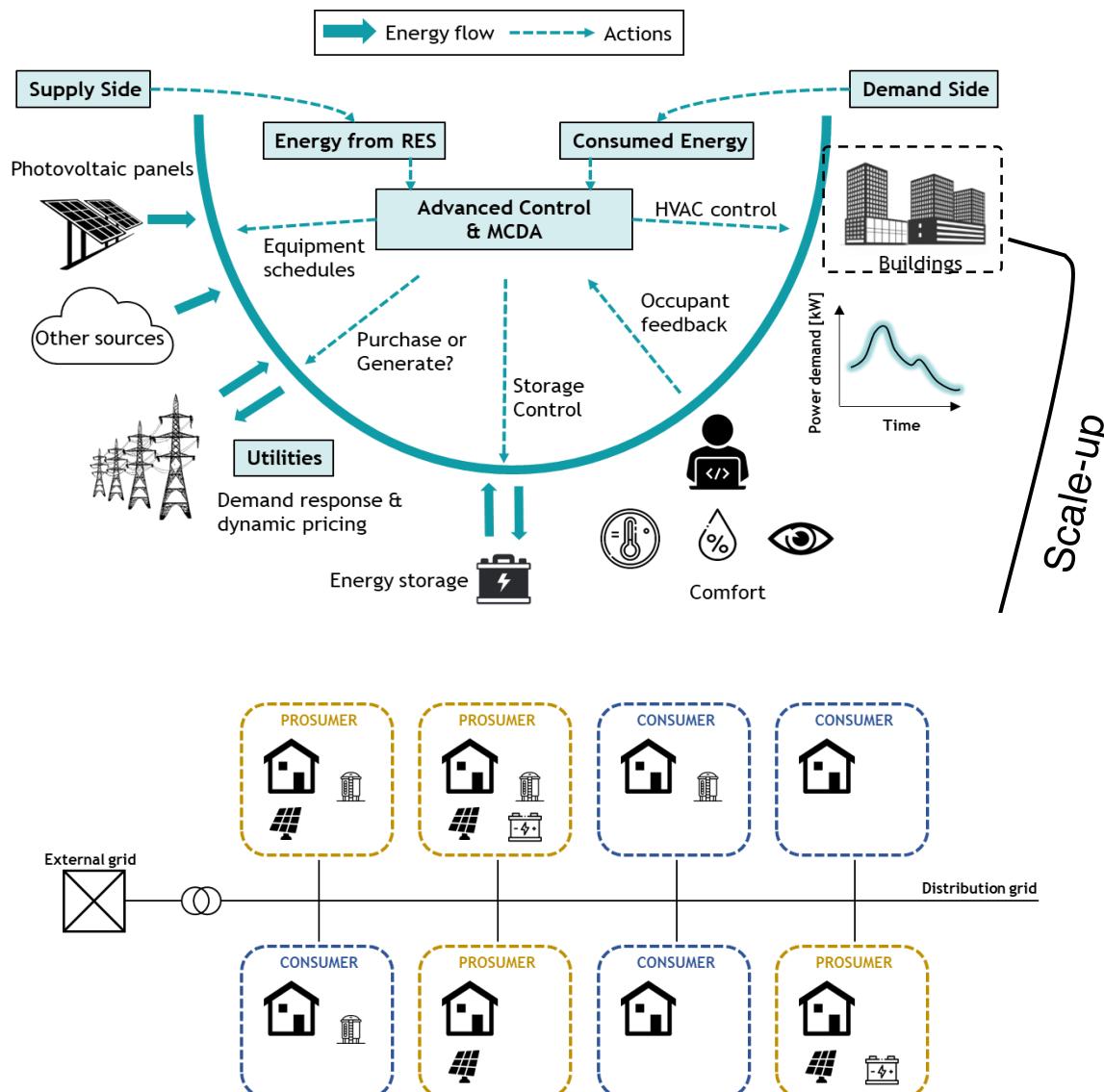
- Scarsa manutenzione
- Malfunzionamento componenti
- Comportamento ed interazione degli occupanti
- Impostazioni di controllo errate o sub-ottimali
- Interazione con la rete energetica e sfruttamento fonti energetiche rinnovabili



- ✓ Definizione degli obiettivi
- ✓ Ingegnerizzazione delle variabili
- ✓ Selezione del modello
- ✓ Interpretazione

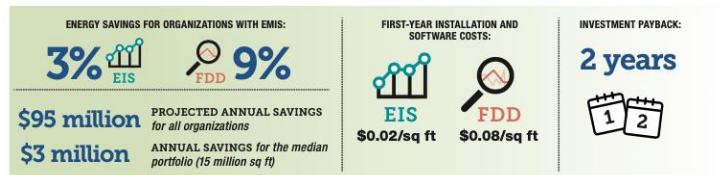


Gestire la complessità per una transizione green



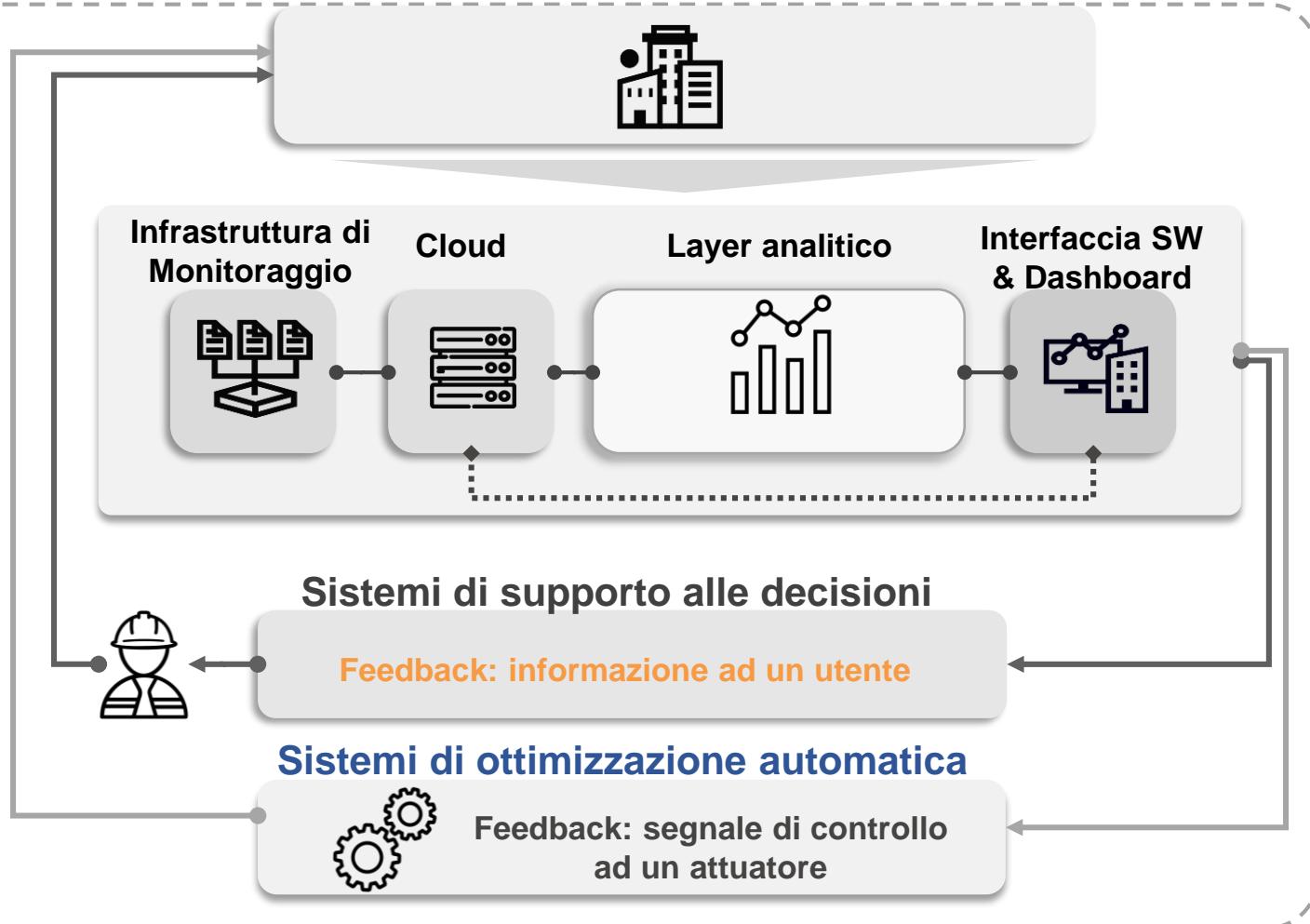
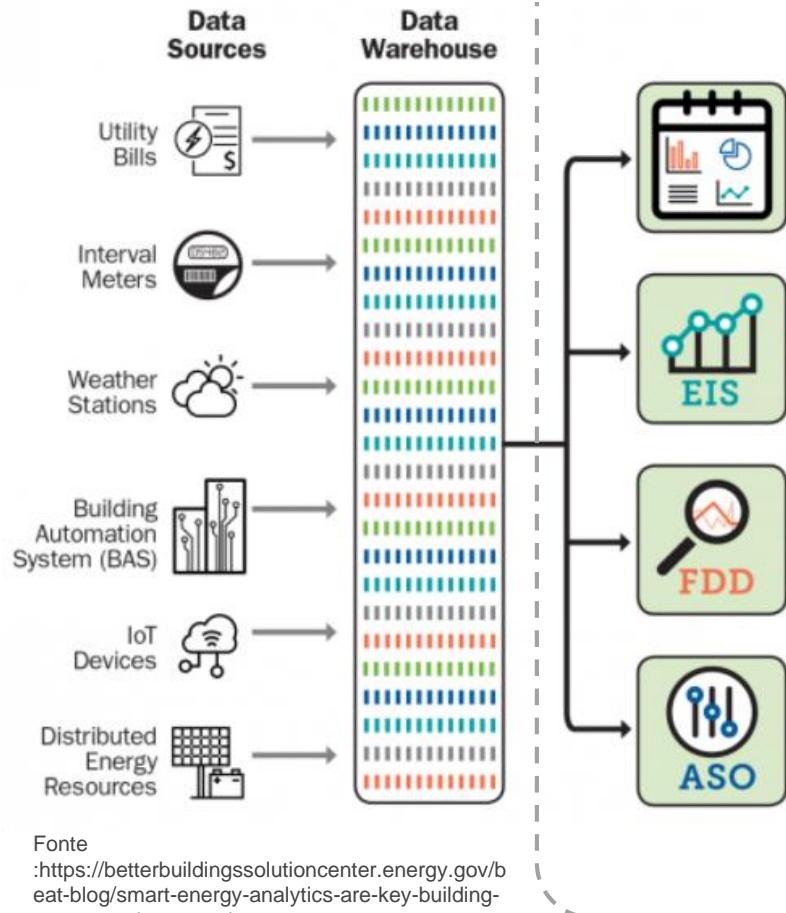
- **Digitalizzazione:** i dati vengono raccolti attraverso infrastrutture di monitoraggio (BACS e smart meter).
- **Decarbonizzazione:** penetrazione della produzione di FER abbinata a sistemi di accumulo, per bilanciare la produzione e il fabbisogno energetico.
- **Decentralizzazione:** paradigmi basati sulla gestione energetica cooperativa per ottimizzare gruppi di edifici per raggiungere un obiettivo globale di distretto (comunità energetiche).

Un nuova generazione di sistemi di gestione energetica basati su IA



Il 40% dei gestori immobiliari considera l'IA per il controllo energetico come tecnologia strategica per raggiungere la carbon neutrality entro 5 anni

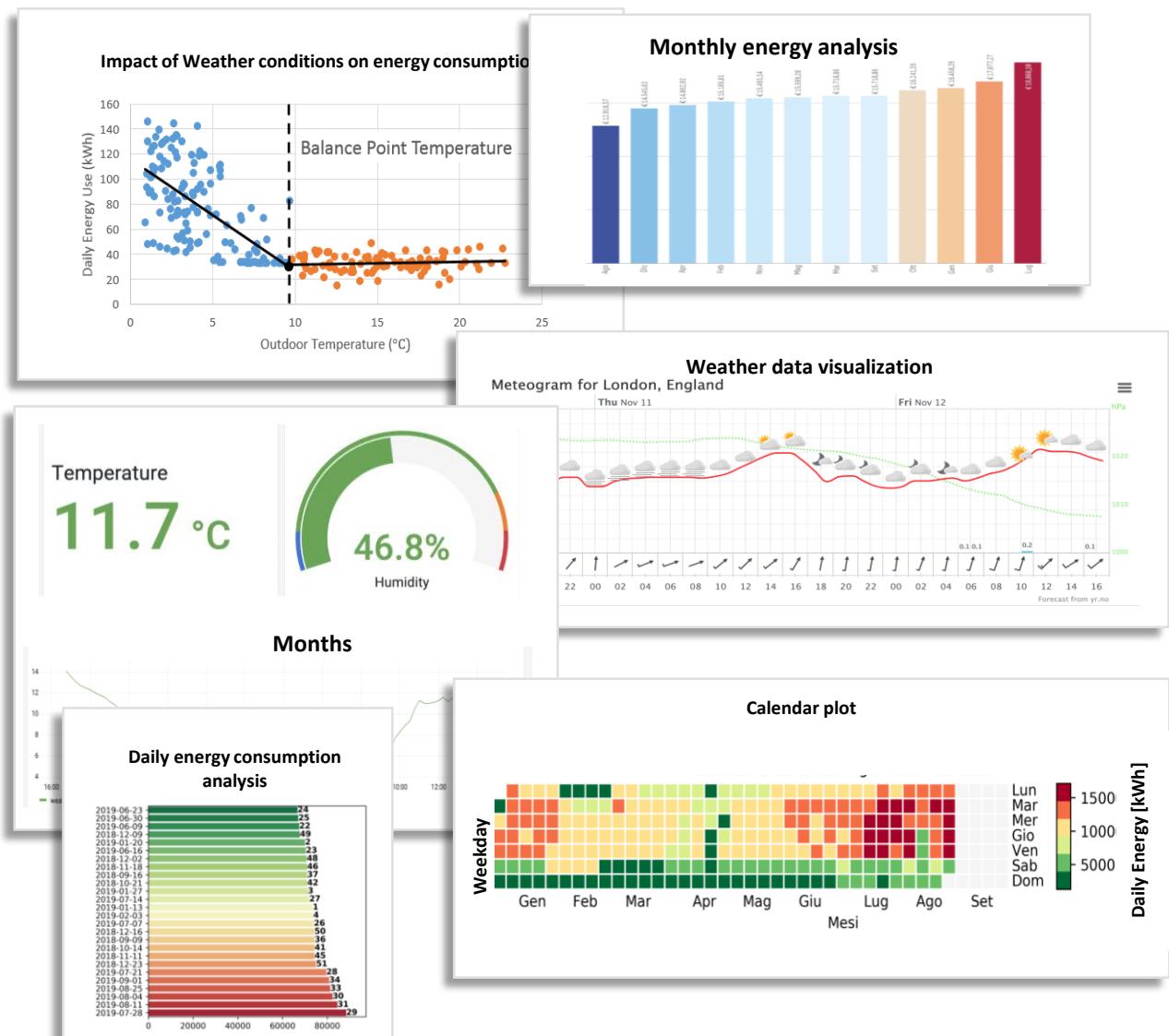
(Fonte: Schneider Electric – <https://www.se.com/ww/en/about-us/newsroom/news/press-releases/smart-buildings-strategic-ai>)

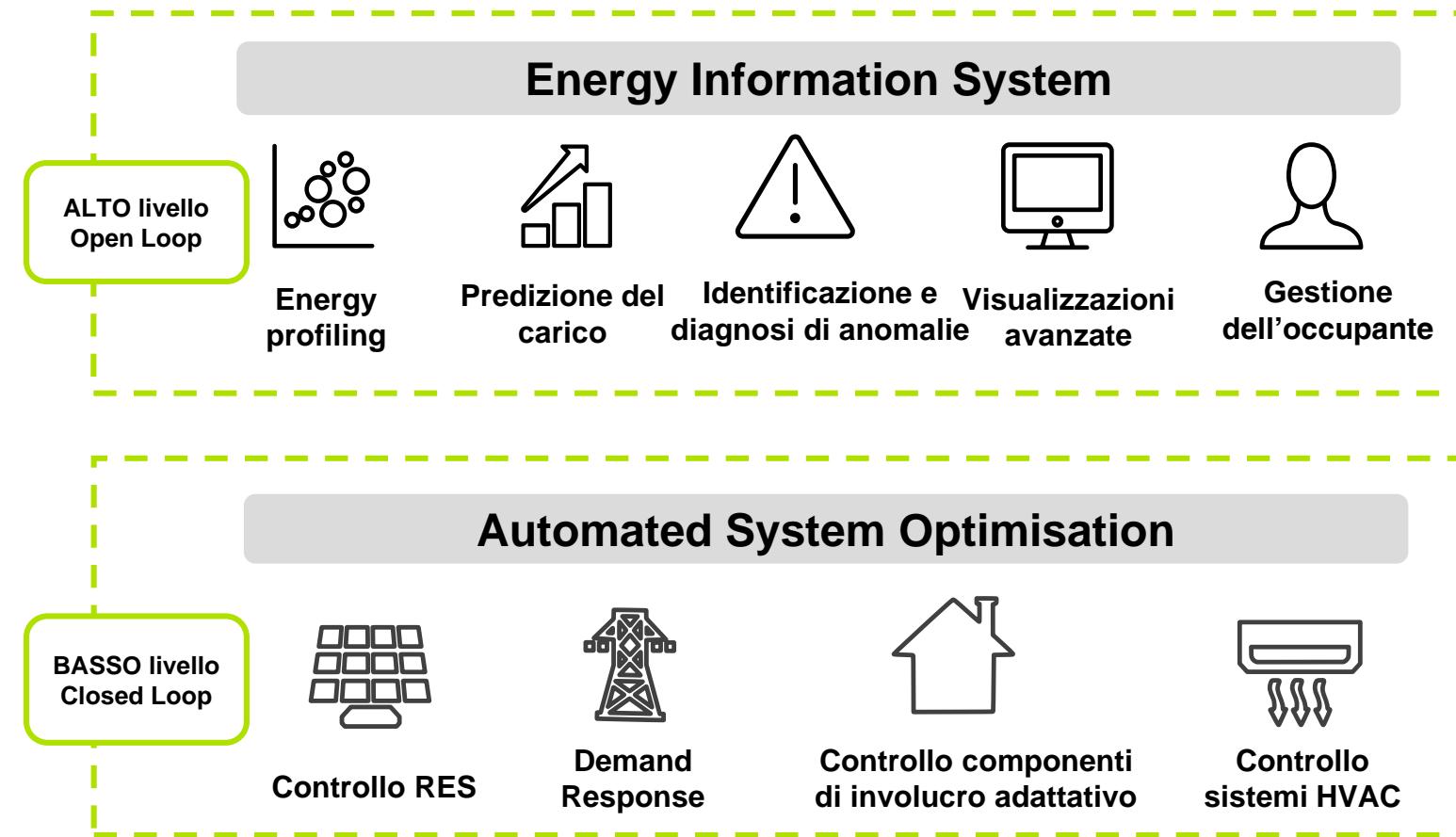


Fonte:
<https://betterbuildingssolutioncenter.energy.gov/bear-blog/smart-energy-analytics-are-key-building-energy-and-cost-savings>

Driver a supporto delle decisioni: le tipologie di dati e metadati

- **Prezzi dell'energia ToU**: utilizzato per eseguire la ripartizione e l'analisi dei costi energetici.
- **Schedule operative e di produzione**: utilizzate per estrarre modelli di riferimento specifici per periodi temporali o variabili di produzione (analisi relative alla produzione, ad esempio, quantità di kWh/prodotto).
- **Occupazione**: utilizzata per confrontare i modelli di occupazione previsti e quelli reali ed eseguire l'analisi delle prestazioni energetiche correlate.
- **Condizioni climatiche**: utilizzate per la caratterizzazione dei consumi termici/elettrici associati ad esempio a servizi per la climatizzazione.
- **Dati energetici**: misure relative ai principali vettori energetici dell'edificio (principalmente il vettore elettrico).
- **Misure di qualità dell'ambiente interno**: relative alla qualità dell'ambiente interno (ad esempio, CO₂, temperatura, UR).





Opportunità

- **Continuous commissioning**, diagnosi e manutenzione del sistema
- Caratterizzazione del **profilo della domanda** per iniziative di gestione del carico e di domanda attiva
- Caratterizzazione del **comportamento degli occupanti** e profili occupazionali
- **Controllo predittivo e adattivo** per sistemi energetici componenti/tecnologie responsive

Risparmio energetico mediano dopo 2 anni

Costo base mediano (software + installazione)

Costo annuo ricorrente mediano

Lavoro interno mediano

Periodo mediano di ritorno semplice dell'investimento

Benefici strumenti di FDD

9% Intervallo: 1% a 28%

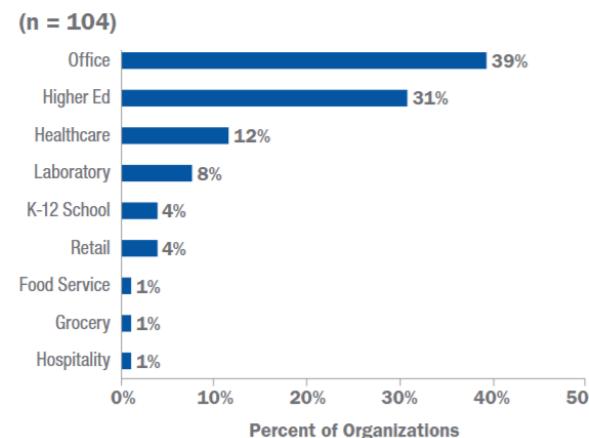
0,594 €/m²

0,198 €/m² / anno

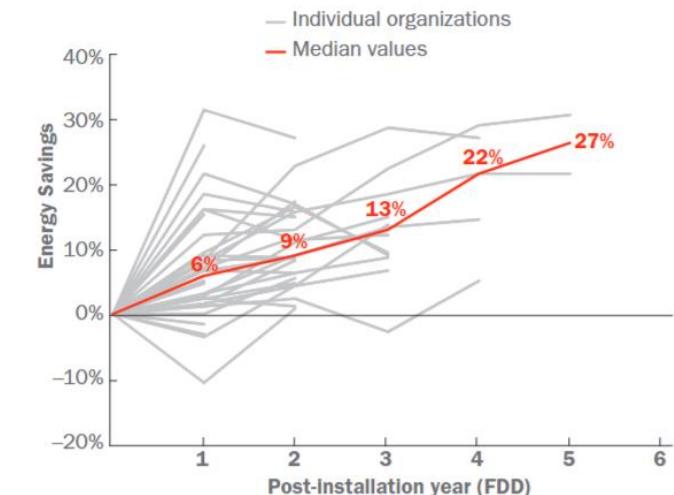
8 ore/edificio al mese

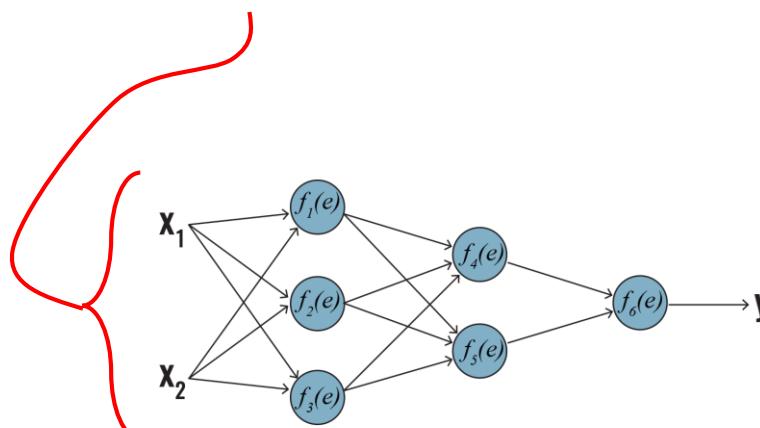
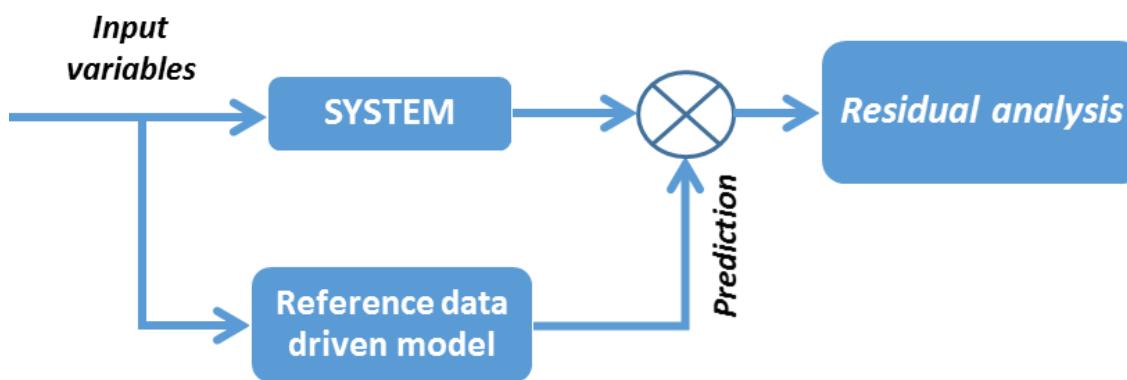
2 anni (n = 17)

- Controllori (attuatori/valvole/inverter)
- Serrande (UTA e unità terminali)
- Valvole e batterie (raffreddamento/riscaldamento)
- Funzionamento dell'economizzatore
- Riscaldamento e raffreddamento simultaneo



<https://smartenergianalytics.org/>

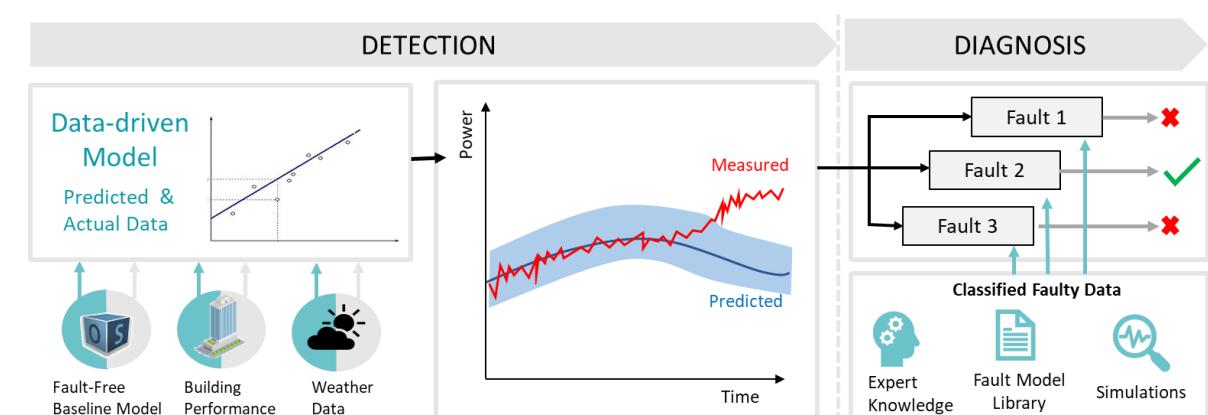




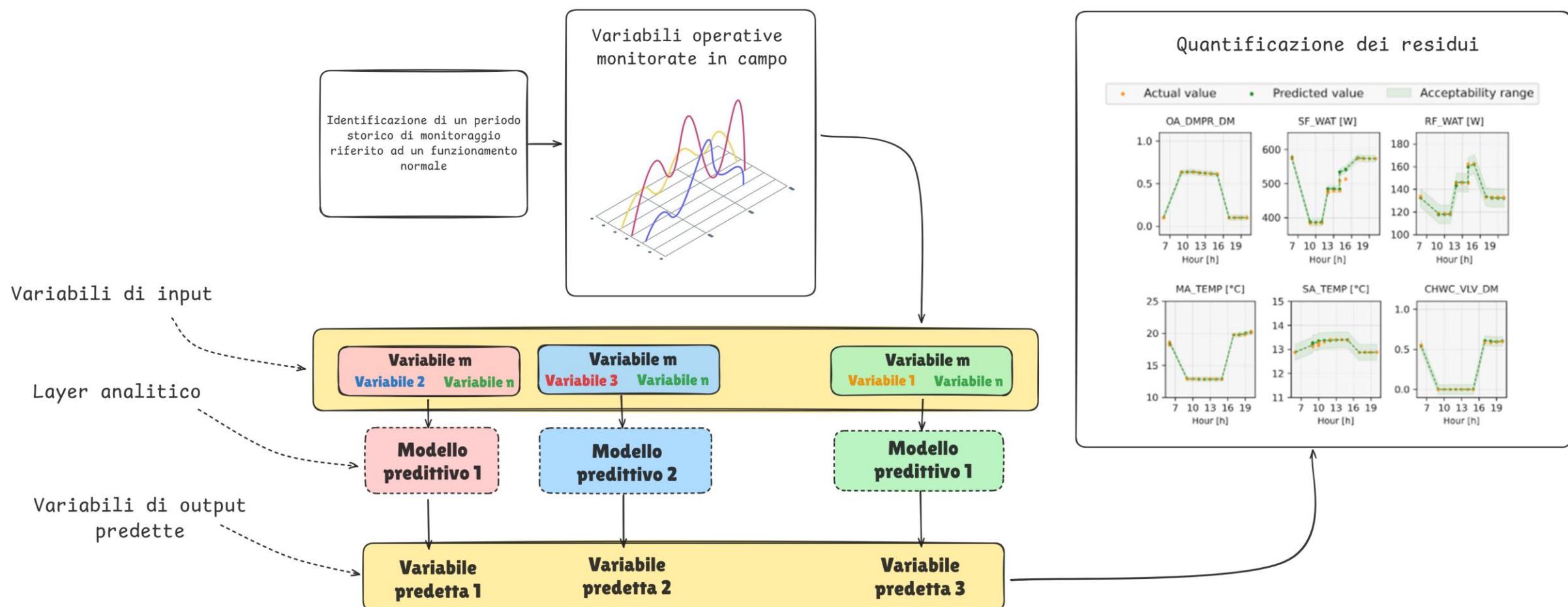
Caratterizzazione del funzionamento senza guasti

Confronto tra il comportamento stimato del sistema e quello reale

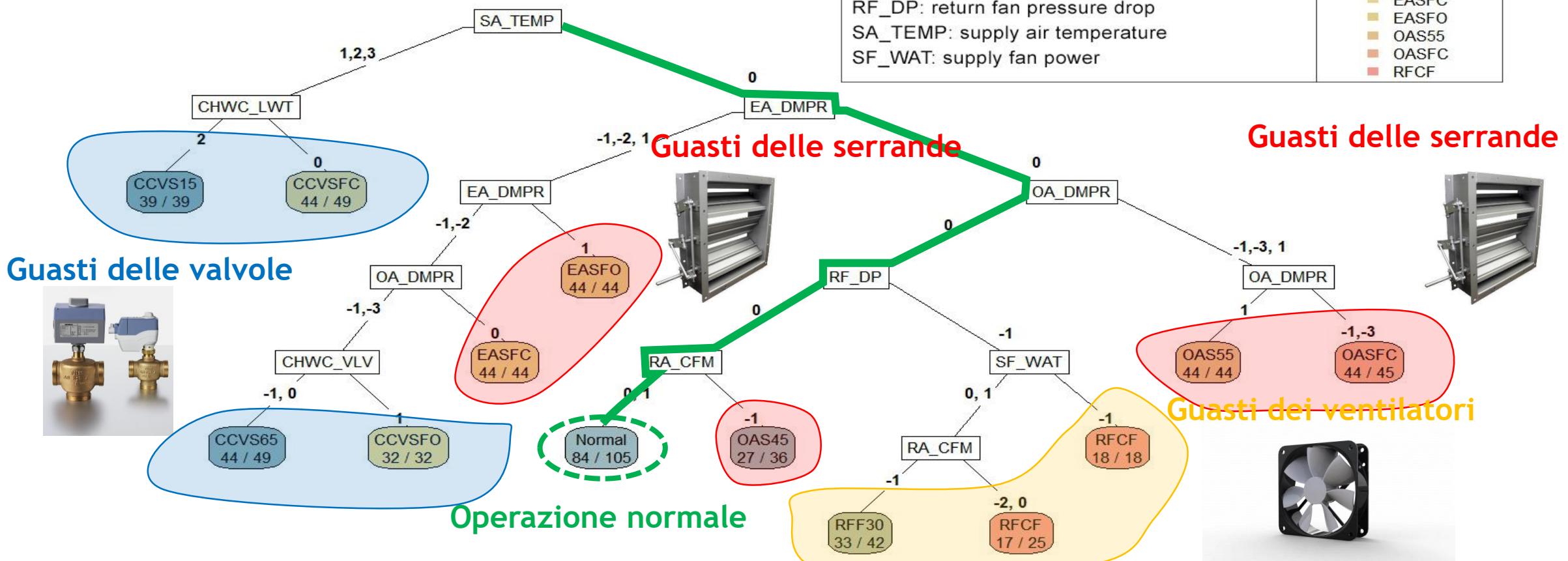
Analisi delle deviazioni per la diagnosi



Identificazione dei guasti nei sistemi HVAC sfruttando modelli di baseline basati su AI



Fino ad 11 guasti tipologici in unità di trattamento aria diagnosticati con un accuratezza del 90%



Retro-commissioning FDD

Livello 1: Analisi dei consumi energetici e dei programmi operativi

Livello 2: Analisi delle sequenze logiche e dei guasti hardware

Servizi abilitati

- Estrazione di trend energetici e operativi di normale funzionamento
- Identificazione di guasti dei componenti e logiche di gestione e controllo inefficienti
- Reset dei setpoint e logiche di controllo in linea con i protocolli internazionali



Requisito

Snapshot di dati storici

Continuous commissioning FDD

- Implementazione di un insieme di regole decisionali esperte e personalizzate

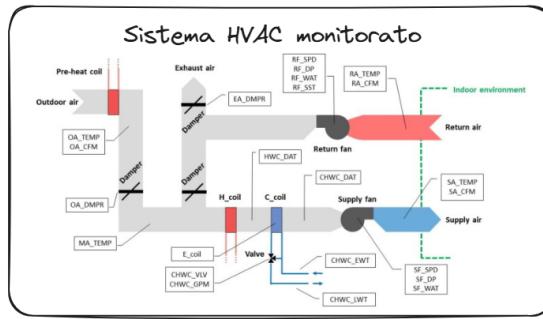
Servizi abilitati

- Rilevamento in tempo reale di pattern operativi anomali
- Diagnosi in tempo reale di guasti su sensori, valvole, ventilatori e serrande



Requisito

Flusso di dati proveniente dal sistema BACS



Analisi di 1 e 2 livello



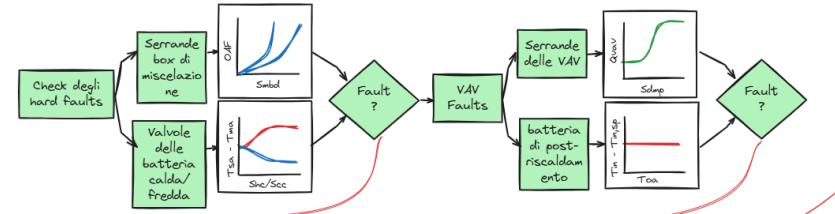
Comprendere come viene gestito il sistema e confrontare i trendestratti con le buone pratiche.

- L'utente è consapevole dei consumi energetici e dei modelli operativi del sistema?
- Il controllo dei componenti si discosta consapevolmente dalle buone pratiche?
- Esistono vincoli relativi al funzionamento previsto del sistema?

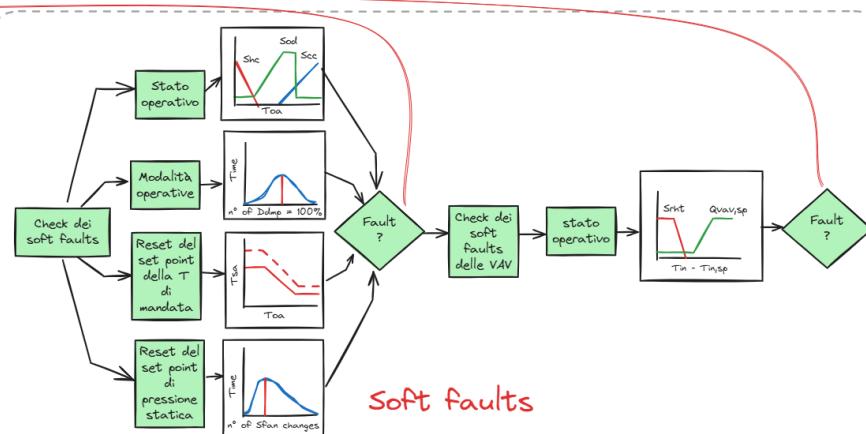
Identificazione dei potenziali problemi da risolvere:

- Hard faults (rottura di un componente)
- Soft Faults (logiche di gestione e controllo inefficienti)

Hard faults

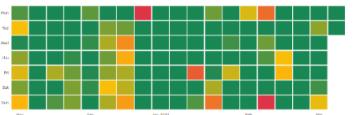
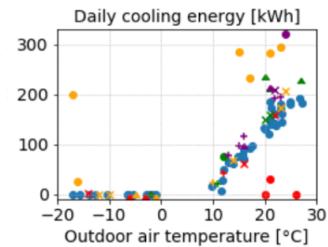


Soft faults



Analisi dei

- consumi di energia
- schedule operazionali



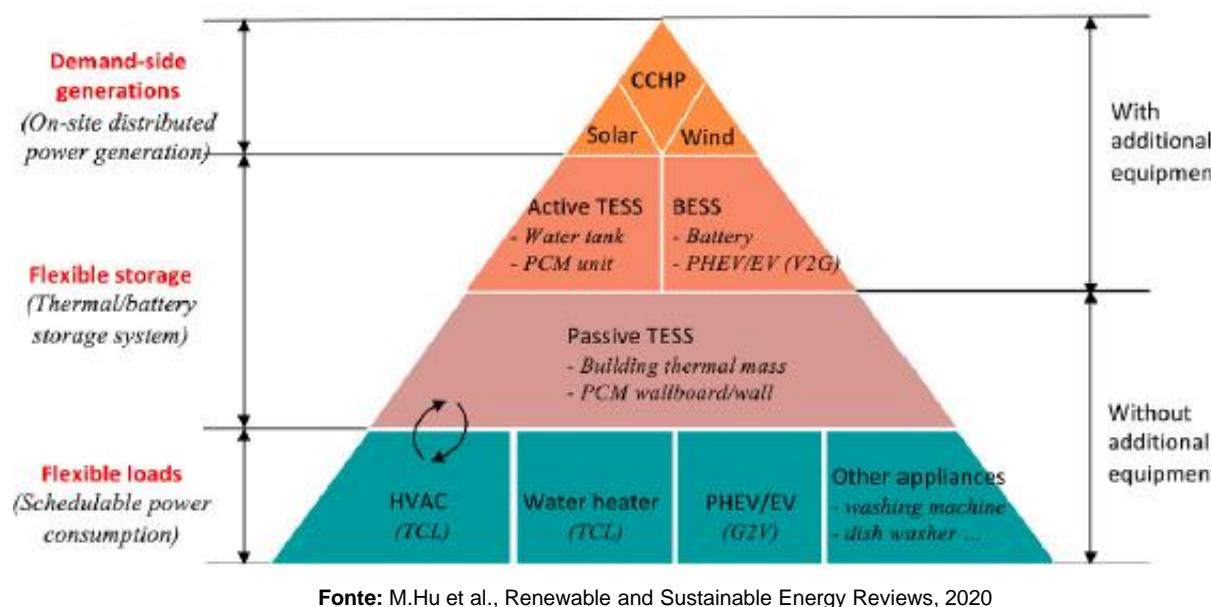
Analisi di 1 livello



Flessibilità energetica degli edifici

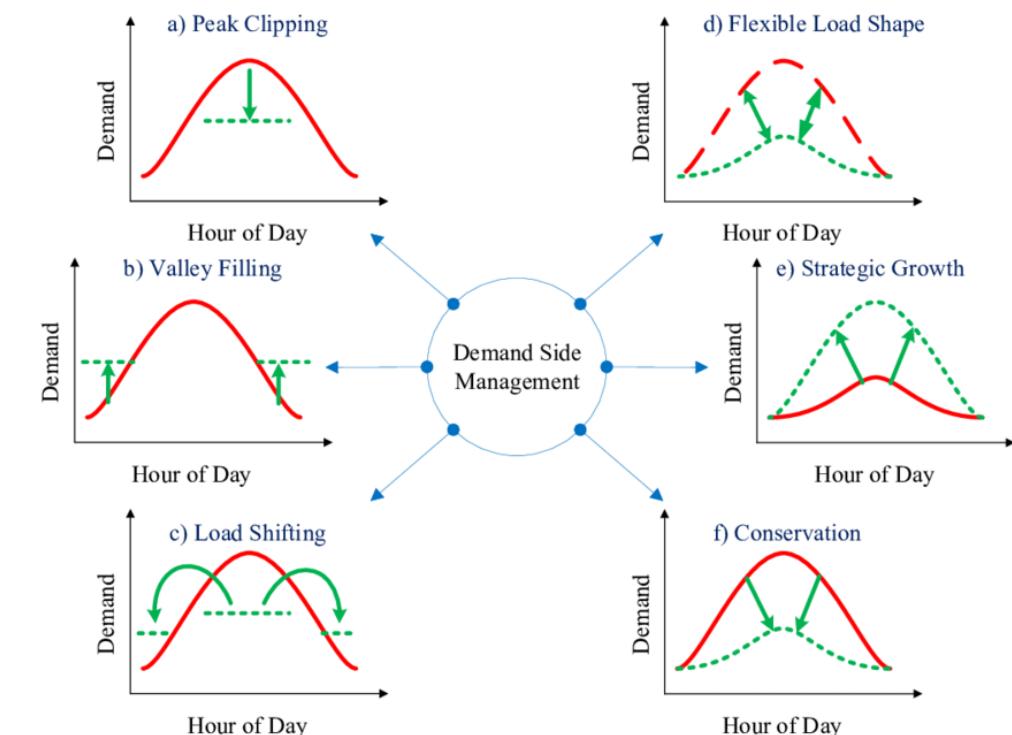
La penetrazione di fonti di energia rinnovabili pone delle sfide nella gestione dei sistemi energetici.

La capacità degli edifici di reagire ai segnali esterni e di regolare la propria produzione e il proprio consumo di energia, individualmente o attraverso l'aggregazione, in modo dinamico e dipendente dal tempo



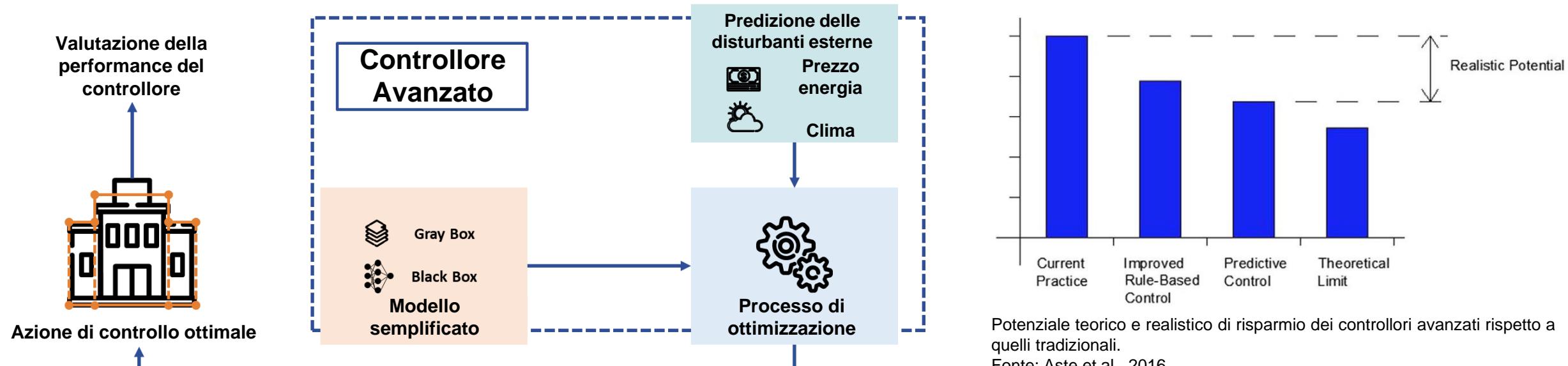
Le strategie di gestione della domanda sono fondamentali per un consumo energetico efficiente e per l'ottimizzazione della rete.

Questi approcci includono la risposta alla domanda per bilanciare l'offerta e la domanda spostando il consumo durante i momenti di picco e migliorando l'affidabilità della rete.



Fonte: Qurat-ul-Ain et al. (2019)

Un nuovo paradigma per il controllo avanzato dei sistemi energetici



Multi-objettivo

Ottimizzare contemporaneamente **più obiettivi** (ad es. consumo energetico, costi operativi e comfort termico, picchi di domanda).



Flessibile

Essere **flessibili** rispetto alle condizioni in evoluzione delle variabili forzanti, del comportamento degli occupanti e dei requisiti della rete.

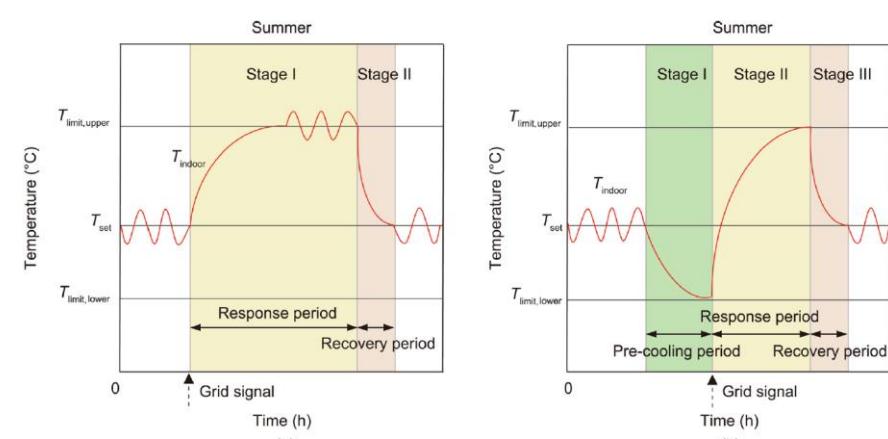
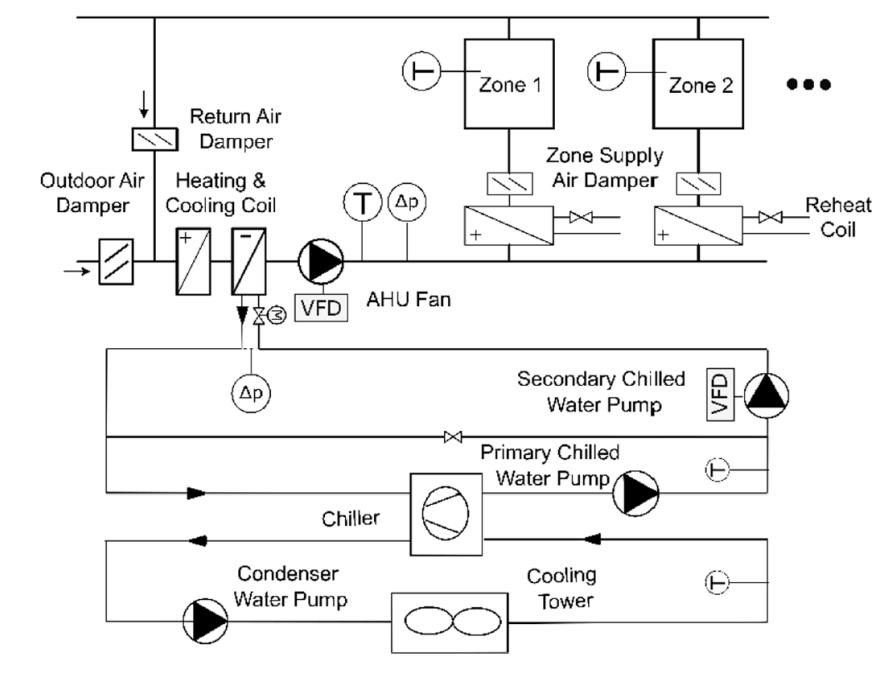
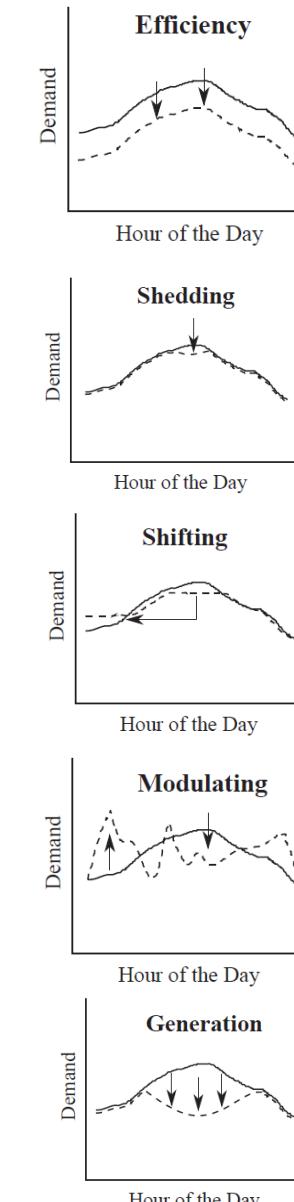


Predittivo

Sfruttare i **modelli di previsione** per prevedere l'evoluzione delle disturbanti e della dinamica del sistema, consentendo l'identificazione della politica di controllo ottimale.

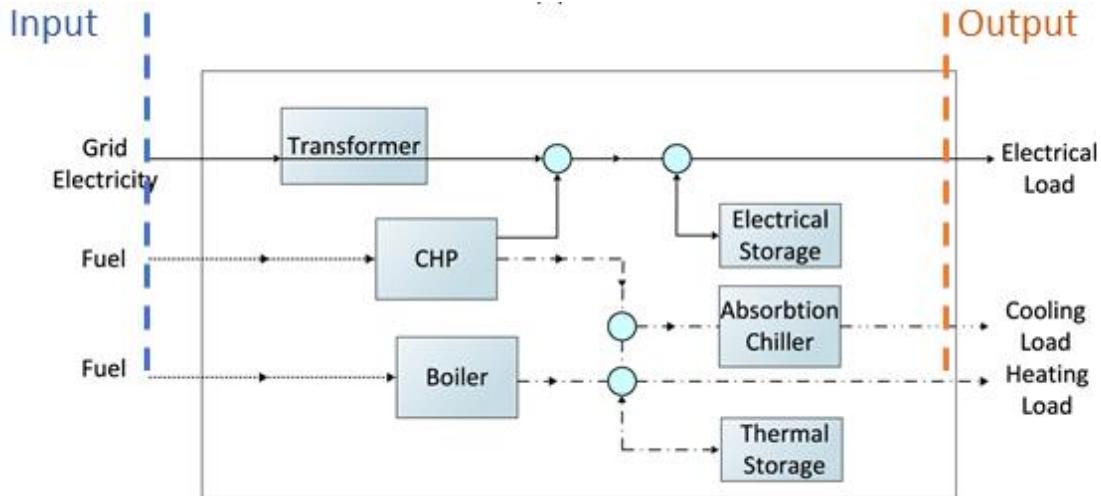
Variabili di controllo

- Strategia 1 – Modifica del setpoint di temperatura di zona
- Strategia 2 – Regolazione della velocità di attuatori a giri variabili
- Strategia 3 – Modulazione della potenza impegnata dai sistemi di generazione
- Strategia 4 – Setpoint di temperatura del fluido in uscita da pompa di calore/chiller
- Strategia 5 – Regolazione del setpoint di pressione
- Strategia 6 – Regolazione del setpoint di pressione
- Strategia 7 – Controllo della Potenza di carica *dell'accumulo* elettrico
- Strategia 8 – Regolazione della temperatura di mandata *dell'aria*
- Strategia 9 – Gestione della domanda di potenza
- Strategia 10 – Regolazione della carica di storage termico
- Strategia 11 – Posizione delle valvole/serrande in unità di trattamento *d'aria*
- Strategia 12 – Controllo di proprietà ottiche e termiche



Un sistema integrato è potenzialmente caratterizzato da:

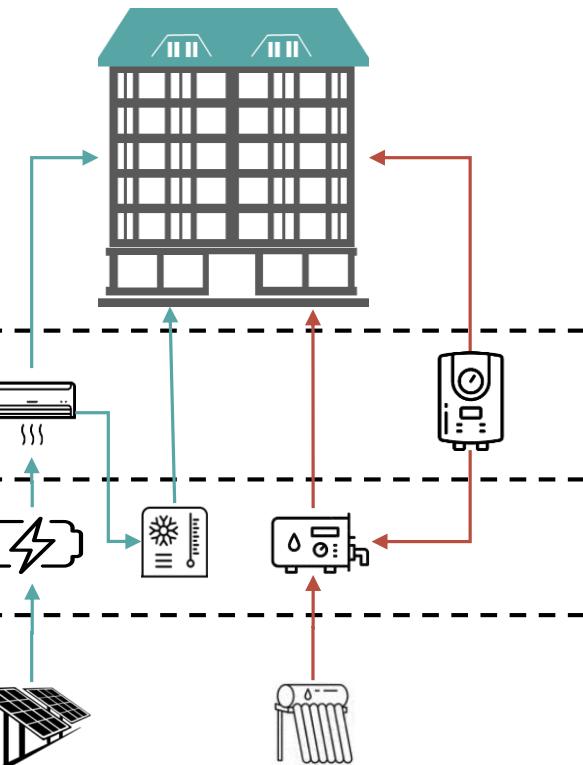
- **Presenza di sistemi plurivalenti e multienergetici**
- Presenza di diverse tecnologie di accumulo.
- Molteplici obiettivi di controllo contrastanti.



Obiettivi



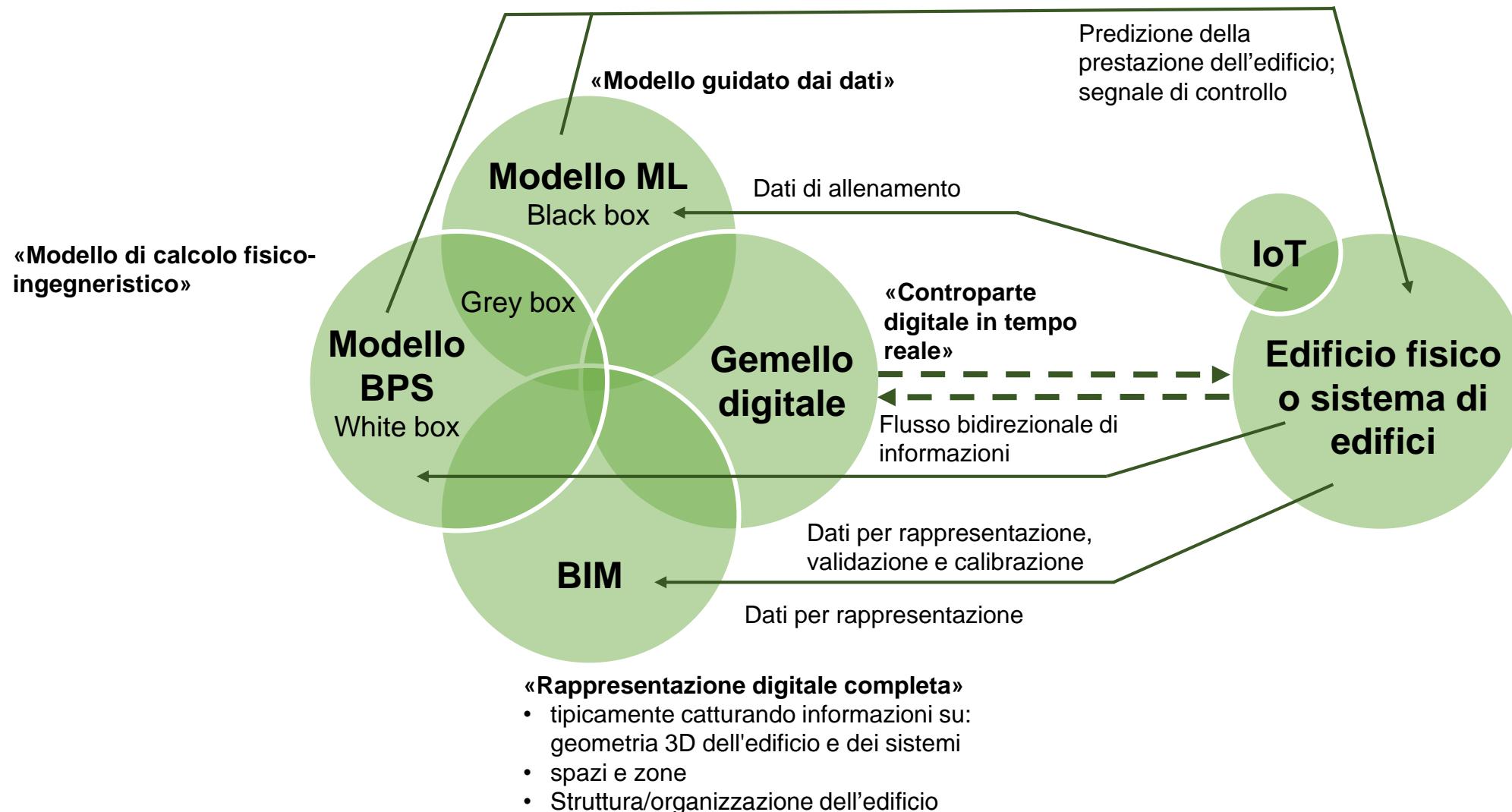
Edificio



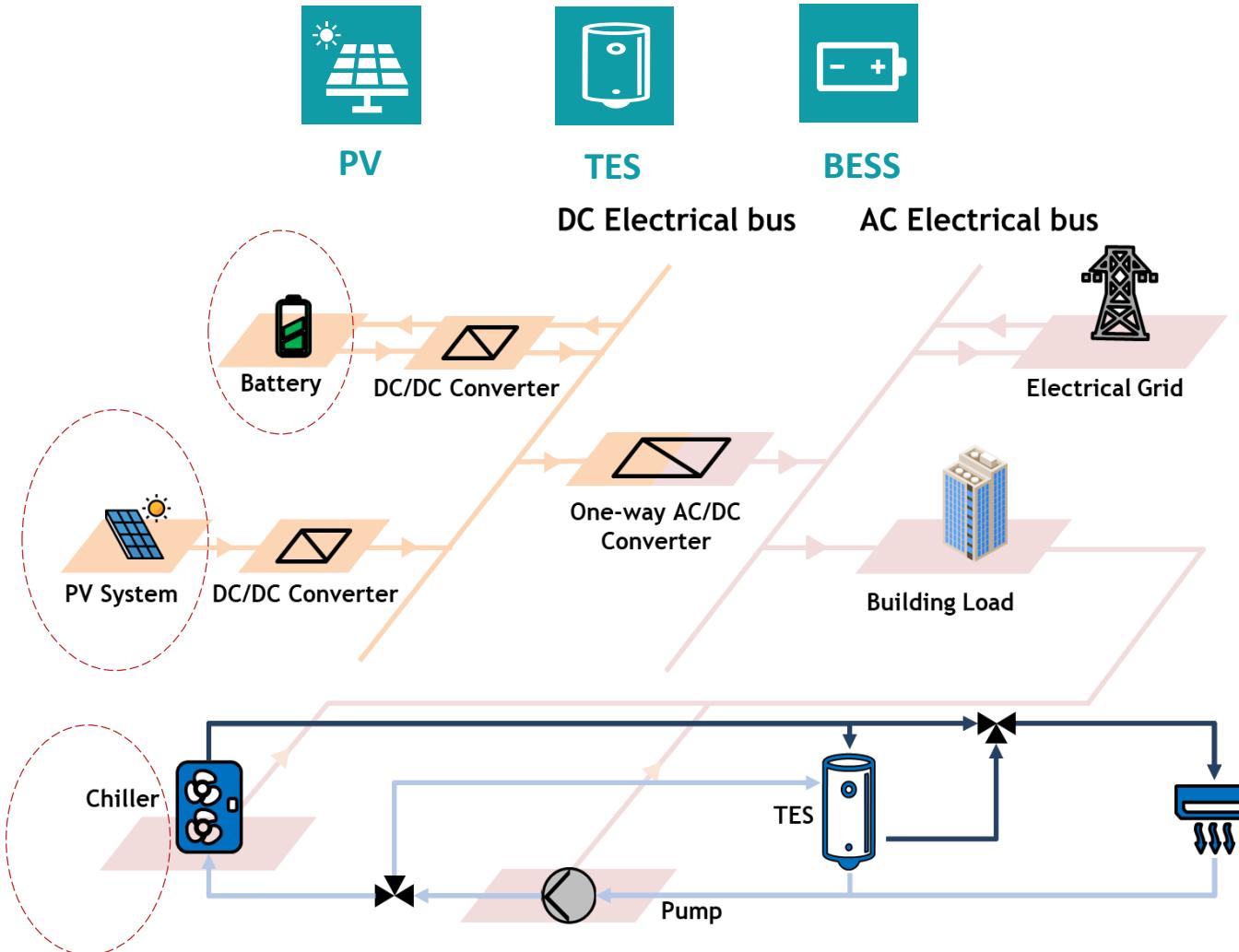
Generazione

Accumulo

Rinnovabili

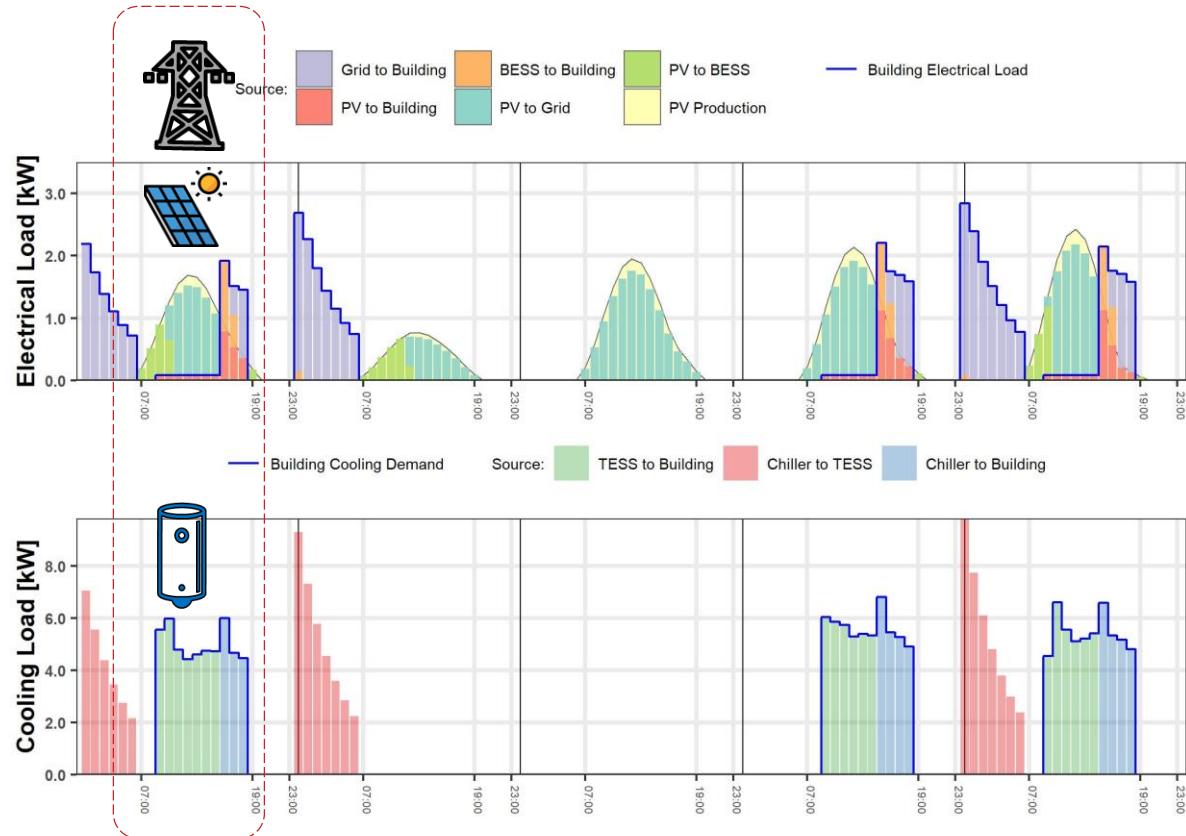


Fonte: Pieter de Wilde, *Building performance simulation in the brave new world of artificial intelligence and digital twins: A systematic review*, *Energy and Buildings*, Volume 292, (2023)

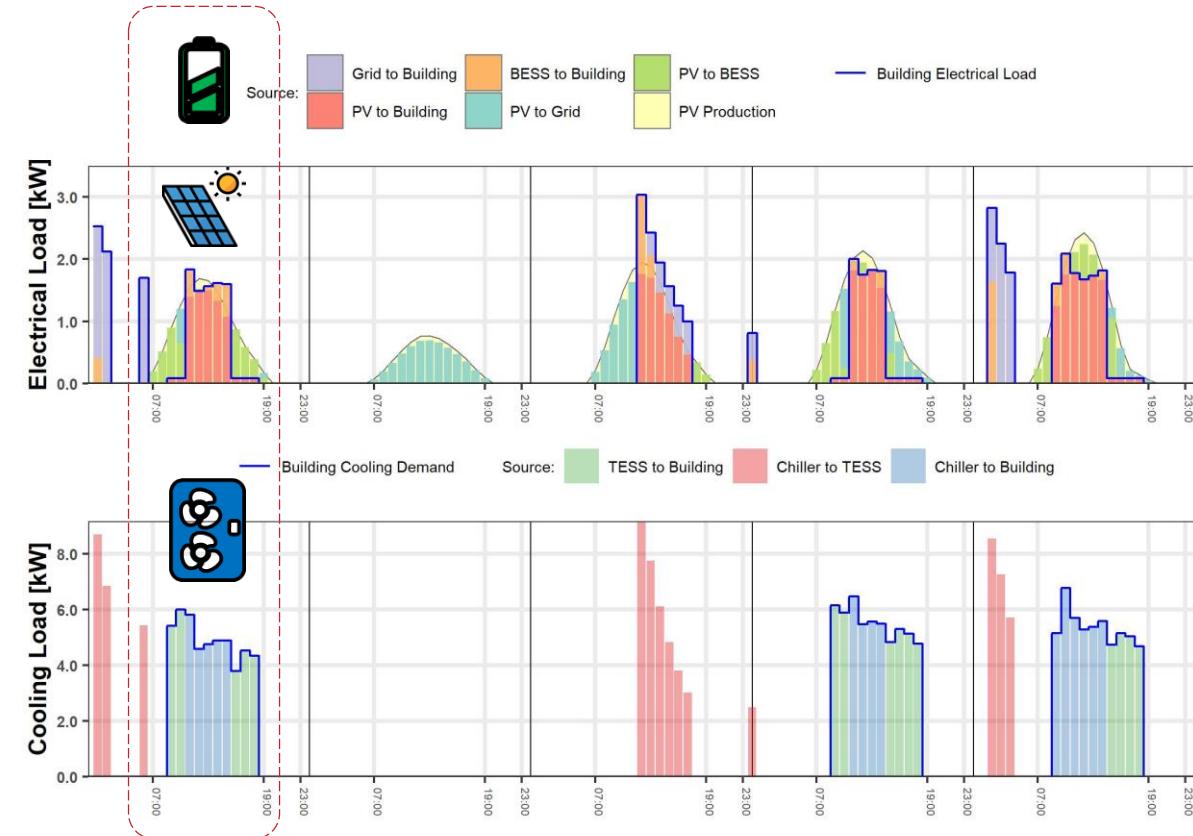


Fonte: Brandi, S., Gallo, A., & Capozzoli, A. (2022) Energy Reports, 8, 1550-1567.

Controllo Tradizionale



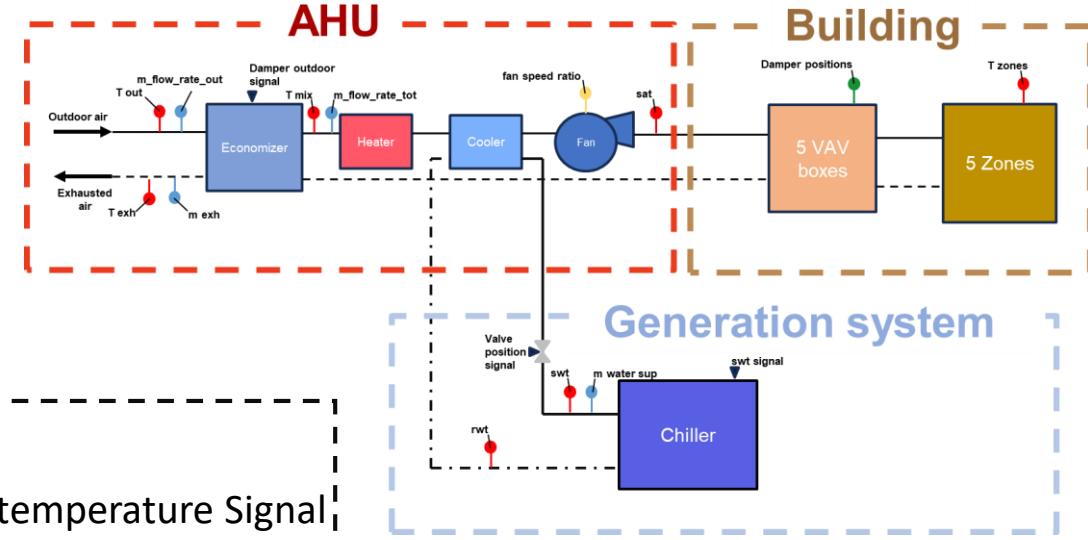
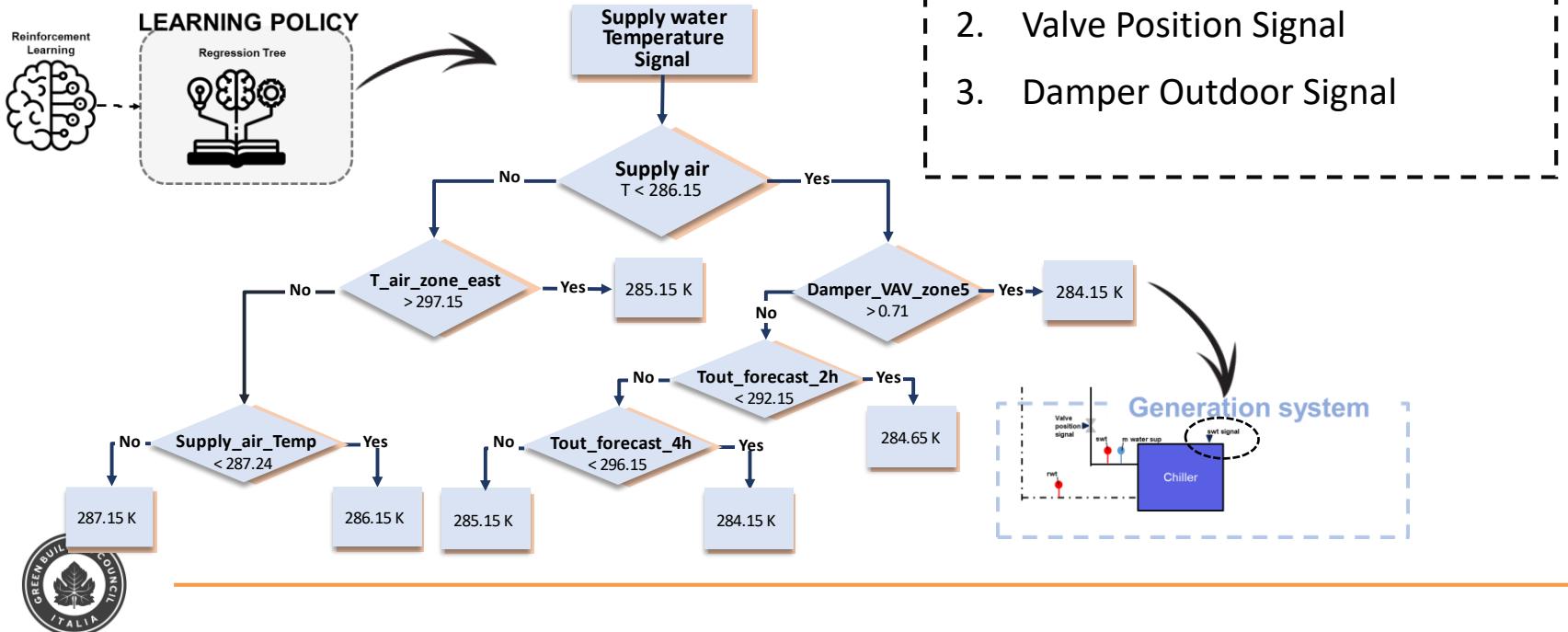
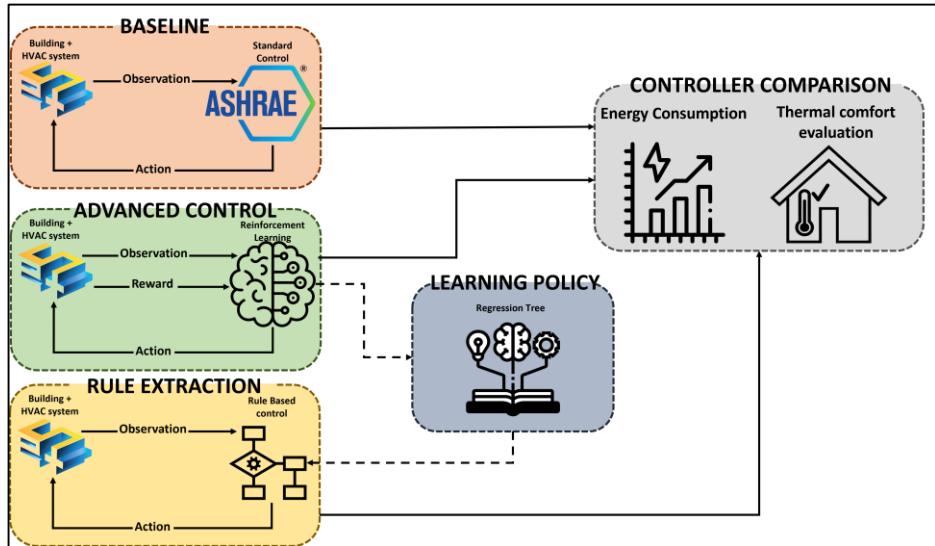
Controllo Predittivo



Utilizza l'energia nel TES durante il giorno per soddisfare la domanda dell'edificio. Il surplus da PV viene venduto in rete.

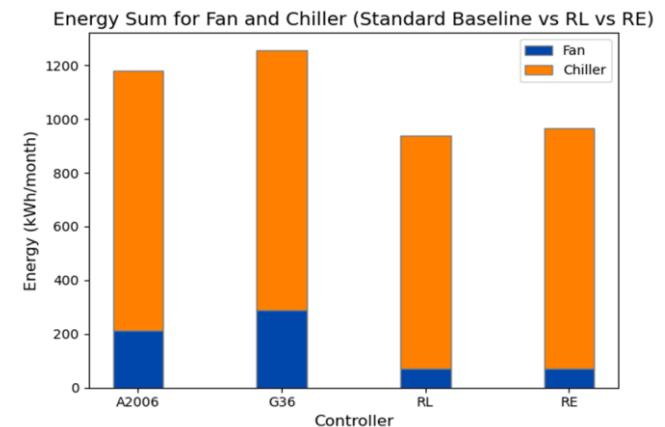
Utilizza il chiller (quando il prezzo è alto) per massimizzare autoconsumo e sfrutta BESS quando PV non è sufficiente.

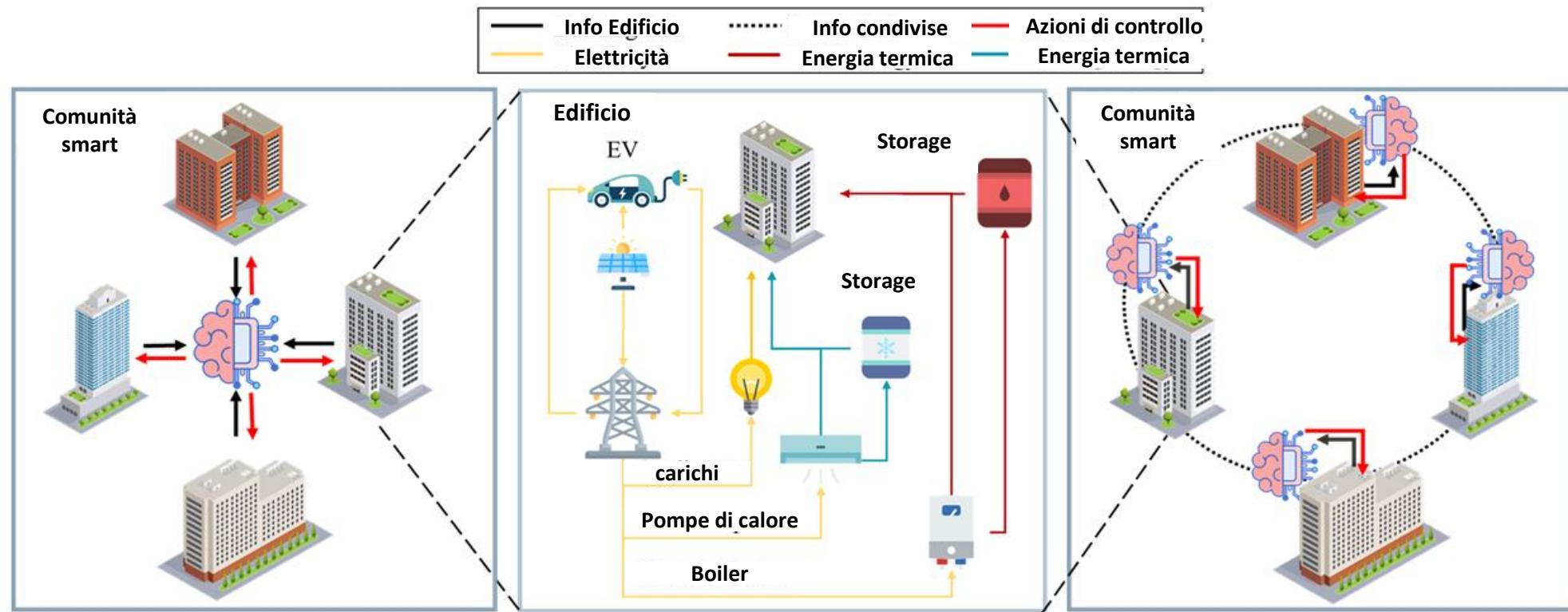
Estrazione di regole da policy di controllo avanzato



Action:

1. Supply Water temperature Signal
2. Valve Position Signal
3. Damper Outdoor Signal





- Lo schema **centralizzato** viene principalmente utilizzato per ottenere il coordinamento fornendo al controllore una conoscenza completa di quello che avviene all'interno del sistema
- Lo schema **decentralizzato** viene utilizzato per affidare la soluzione di problema complesso a vari agenti. La conoscenza incompleta del comportamento dei vari agenti può portare a soluzioni non ottimali

Lo Smart Readiness Indicator (SRI)

- L'SRI misura la capacità di un edificio di utilizzare tecnologie per la Comunicazione e l'Informazione (ICTs) al fine di **adattare la fase operativa** degli edifici **alle esigenze degli occupanti e alla rete**, migliorandone l'efficienza energetica.
- È un indicatore per la valutazione della **predisposizione all'intelligenza** degli edifici a livello Europeo.
- Si basa sui **tre punti fondamentali** espressi nell'EPBD:
 1. Capacità di adattare il funzionamento in risposta alle **esigenze dell'occupante**;
 2. Capacità di **mantenere l'efficienza energetica** e il funzionamento adattando il consumo energetico;
 3. **Flessibilità** della domanda complessiva di energia elettrica in relazione alla rete.
- Tra le finalità dell'SRI spicca il voler aumentare la **consapevolezza e l'adozione di Tecnologie Intelligenti** per il raggiungimento degli obiettivi del 2030 e 2050.



BENEFICI ATTESI

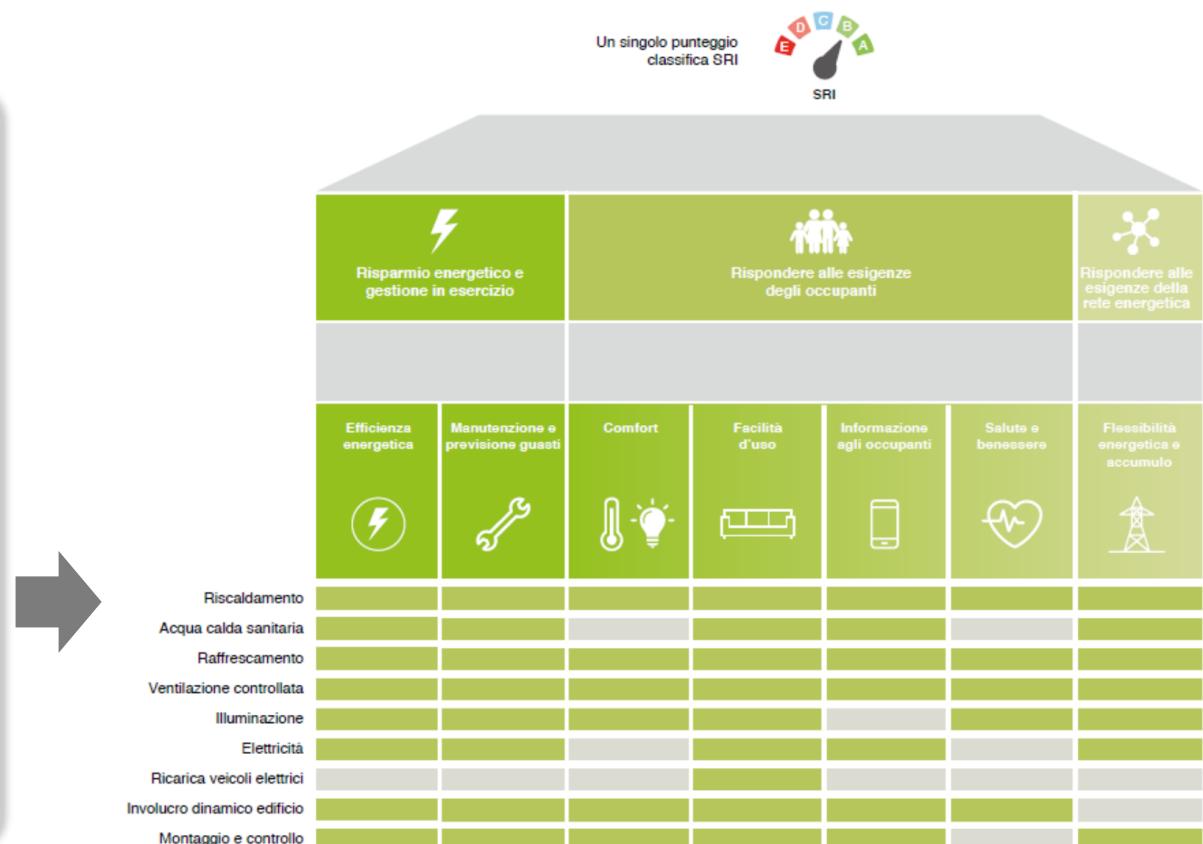
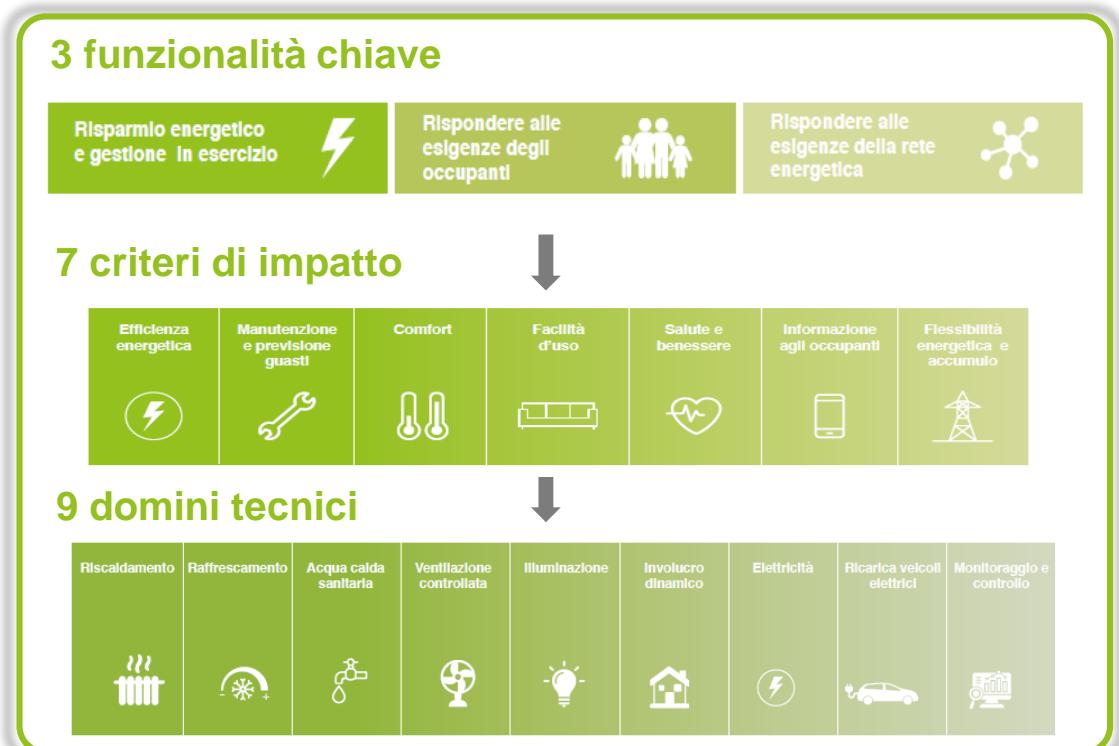
-  Uso dell'energia ottimizzato in funzione della produzione in loco di energia rinnovabile
-  Ottimizzazione nella gestione dell'accumulo dell'energia prodotta in loco da fonti rinnovabili
-  Rilevamento e diagnosi automatica dei guasti e manutenzione predittiva
-  Miglioramento della qualità dell'ambiente interno grazie a processi di controllo ottimizzati



<https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-03/SRI-Factsheet-20220313.pdf>

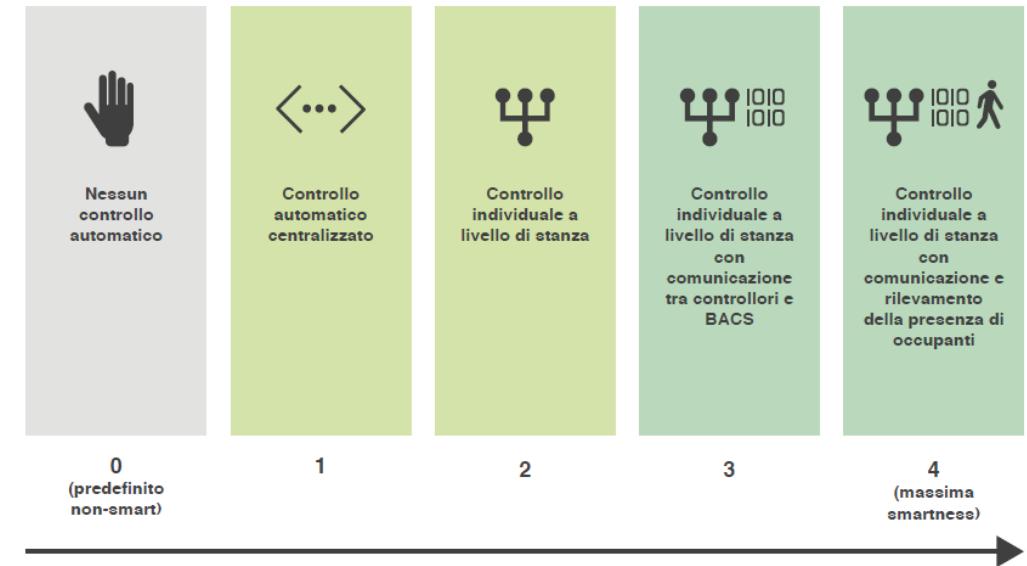
Come si struttura l'SRI?

- La struttura di tipo gerarchico dell'SRI si divide in tre livelli principali: **funzionalità chiave**, **criteri di impatto** e **domini**
- Le **3 funzionalità chiave** sono rappresentate direttamente dai punti fondamentali dell'EPBD.
- Per ogni funzionalità chiave sono definiti i corrispondenti **criteri di impatto**, per un totale di **7**.
- Per ognuno dei criteri di impatto sono definiti **9 domini** tecnici.



Fonte: Final report on the technical support to the development of a smart readiness indicator for buildings

- Si valuta il **livello di funzionalità** di ogni **servizio** implementato nell'edificio e i relativi **punteggi pre-calcolati** per ogni criterio di impatto su cui quel servizio ha effetto.
- I **punteggi** ottenuti per tutti i **servizi associati a ogni dominio** vengono sommati per ottenere un **unico valore** per ogni criterio di impatto, formando una **matrice dei valori reali**
- La stessa procedura viene applicata andando a considerare il **livello di funzionalità più elevato** per ognuno dei servizi precedentemente considerati, ottenendo la **matrice dei punteggi massimi**.



Servizio A	Efficienza energetica	Manutenzione e previsione guasti	Comfort	Facilità d'uso	Salute e Benessere	Informazioni agli occupanti	Flessibilità energetica e accumulo
Livello 0	0	1				0	0
Livello 1	1	2				1	1
Livello 2	2	3	2	1	0	2	2
Livello 3	3	3				3	3

Figura 10 - Esempio di punteggio individuale assegnato ai diversi livelli di funzionalità in funzione dei diversi criteri di impatto. Adattato da [58].

Servizi

Livelli di funzionalità

Servizi	Livelli di funzionalità				
	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Thermal Energy Storage (TES) for building heating (excluding TABS)	<i>Continuous storage operation</i>	<i>Time-scheduled storage operation</i>	<i>Load prediction based storage operation</i>	<i>Heat storage capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)</i>	-
Report information regarding HEATING system performance	None	<i>Central or remote reporting of current performance KPIs (e.g. temperatures, submetering energy usage)</i>	<i>Central or remote reporting of current performance KPIs and historical data</i>	<i>Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking</i>	<i>Central or remote reporting of performance evaluation including forecasting and/or benchmarking; also including predictive management and fault detection</i>
Flexibility and grid interaction	<i>No automatic control</i>	<i>Scheduled operation of heating system</i>	<i>Self-learning optimal control of heating system</i>	<i>Heating system capable of flexible control through grid signals (e.g. DSM)</i>	<i>Optimized control of heating system based on local predictions and grid signals (e.g. through model predictive control)</i>

Livelli di funzionalità

Servizi	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Optimizing self-consumption of locally generated electricity	None	Scheduling electricity consumption (plug loads, white goods, etc.)	Automated management of local electricity consumption based on current renewable energy availability	Automated management of local electricity consumption based on current and predicted energy needs and renewable energy availability	-
Storage of (locally generated) electricity	None	On site storage of electricity (e.g. electric battery)	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller based on grid signals	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimising the use of locally generated electricity	On site storage of energy (e.g. electric battery or thermal storage) with controller optimising the use of locally generated electricity and possibility to feed back into the grid
Support of (micro)grid operation modes	None	Automated management of (building-level) electricity	Automated management of (building-level) electricity consumption and electricity supply to neighbouring buildings (microgrid) or grid	Automated management of (building-level) electricity consumption and supply, with potential to continue limited off-grid operation (island mode)	-

Servizi	Livelli di funzionalità				
	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
Run time management of HVAC systems	Manual setting	Runtime setting of heating and cooling plants following a predefined time schedule	Heating and cooling plant on/off control based on building loads	Heating and cooling plant on/off control based on predictive control or grid signals	-
Detecting faults of technical building systems and providing support to the diagnosis of these faults	No central indication of detected faults and alarms	With central indication of detected faults and alarms for at least 2 relevant TBS	With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS	With central indication of detected faults and alarms for all relevant TBS, including diagnosing functions	-
Central reporting of TBS performance and energy use	None	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of at least 2 domains in one interface	Central or remote reporting of realtime energy use per energy carrier, combining TBS of all main domains in one interface	-
Smart Grid Integration	None – building is operated independently from the grid load	DSM possible for (some) individual TBS, but not coordinated over various domains	Coordinated demand side management of multiple TBS	-	-



<https://www.cognitoforms.com/GBCItalia1/DownloadSmartBuildingLaDigitalizzazionePerIlNetZero>

Pre-processamento dei dati: la "spada di Damocle" che pende sugli analisti dei dati

Il volume dei dati non vale nulla se non è supportato da dati di alta qualità. E' necessario ripensare alla centralità della progettazione delle infrastrutture di monitoraggio

"Nelle mani sbagliate, tutti gli strumenti sono armi": analisi dei dati e problemi di privacy

I processi di analisi dei dati devono sempre tenere conto dei potenziali problemi di privacy, compromesso tra la quantità di conoscenza estratta e la protezione delle informazioni sensibili.

Avere competenze nell'analisi dei dati non è sufficiente

Urge la formazione di nuove figure professionali per affrontare le opportunità della digitalizzazione e transizione energetica

"By far, the greatest danger of Artificial Intelligence is that people conclude too early that they understand it"

(Eliezer Youdkowsky)

"Il tutto è maggiore della somma delle sue parti": l'integrazione degli strumenti EMIS è sempre possibile?

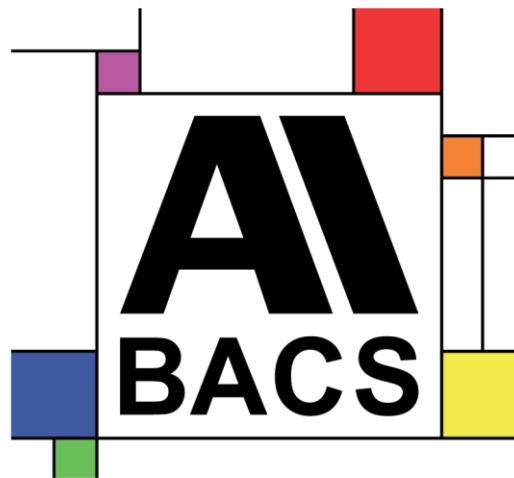
La prossima generazione di sistemi di gestione e automazione degli edifici dovrebbe essere concepita, per massimizzare l'insieme di funzionalità che oggi l'IA può offrire

"In theory, there is no difference between theory and practice....but, in practice, there is" (Jan L. A. van de Snepscheut)

La digitalizzazione ci offre grandi opportunità ma esistono ancora barriere culturali (..e non tecnologiche) da superare

SRI: un' opportunità per accelerare l'implementazione di gestione energetica predittiva

Per raggiungere alti valori di SRI, è necessario fornire servizi alla rete e aumentare la flessibilità energetica. I controllori avanzati sono una necessità e non più solo un'opportunità



ASSOCIAZIONE ITALIANA
BUILDING AUTOMATION
AND CONTROL SYSTEMS

GRAZIE!

alfonso.capozzoli@polito.it



linkedin.com/in/alfonso-capozzoli-7a27504b/

