



Green
Building
Council
Italia

In occasione di:



28 febbraio - 1 marzo 2024



Politecnico
di Torino
Department of Energy
"G.Ferraris"

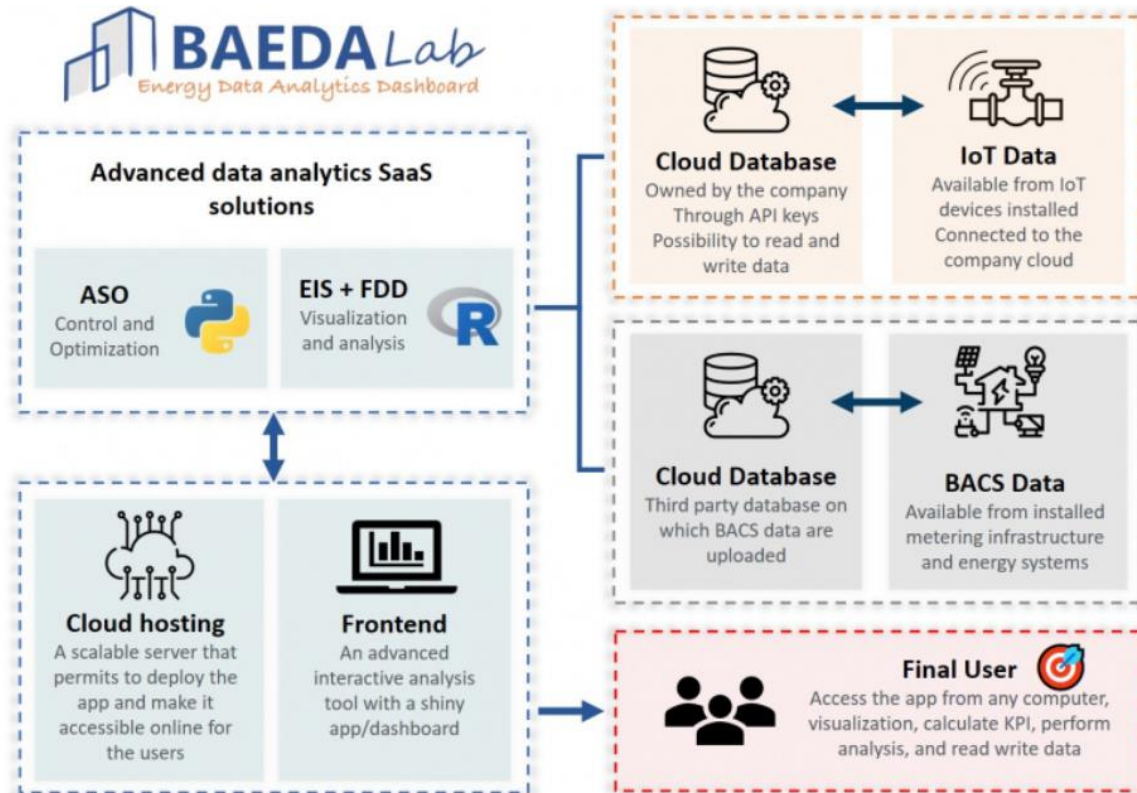
Alfonso Capozzoli

Lo scenario digitale per la transizione energetica degli edifici

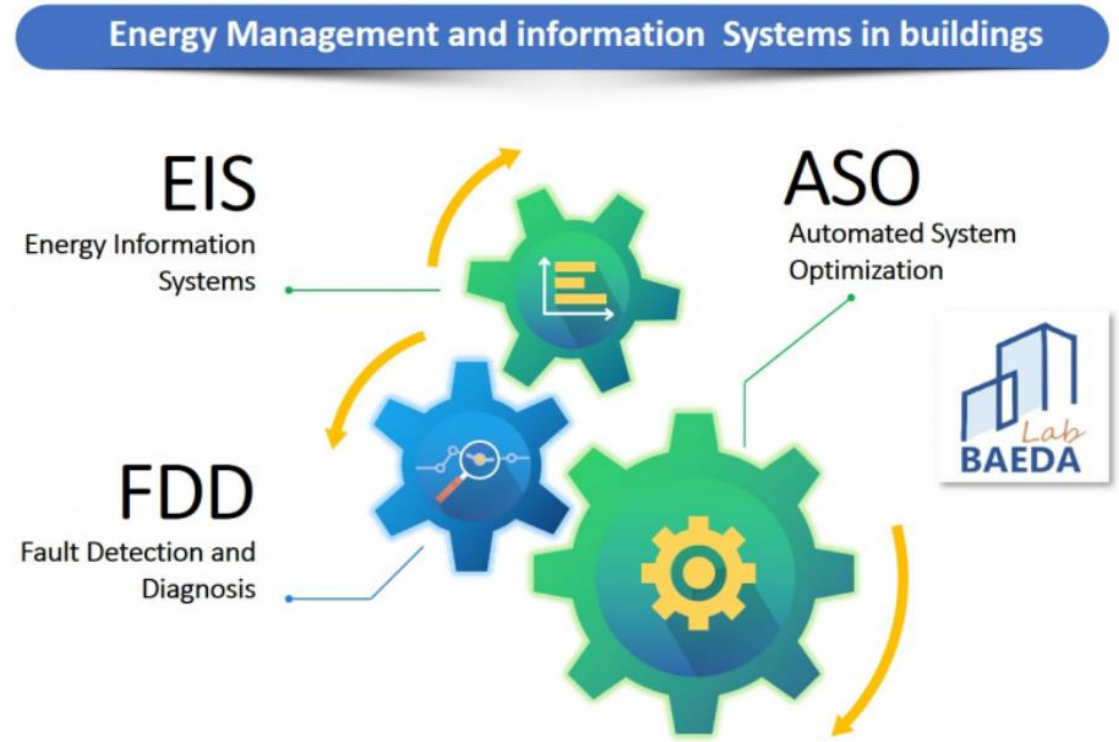
www.gbitalia.org

BAEDA LAB

BAEDA è un laboratorio di ricerca al Politecnico di Torino che ha l'obiettivo di contribuire a colmare il divario tra il dominio energetico e la scienza dei dati, supportando la transizione verso nuovi paradigmi di gestione intelligente dell'energia negli edifici e nelle reti energetiche.



<http://www.baeda.polito.it/>



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 prontezza all'intelligenza degli edifici (SRI) per edifici di una determinata taglia di potenza (>290 kW a partire da Luglio 2027);
- Introduzione obbligatoria dei BACS che devono essere interoperabili e in grado di monitorare, registrare, analizzare la domanda di energia di un edificio e fornire servizi energetici informativi per migliorare l'efficienza energetica
- L'installazione di dispositivi di misura e controllo per il monitoraggio e la regolazione/gestione della qualità ambientale interna
- Metodologia di calcolo che tenga conto della gestione delle fonti rinnovabili in loco, delle infrastrutture di ricarica bidirezionale per i veicoli elettrici, della gestione della domanda e accumulo, del contributo dei BACS per ottimizzare le prestazioni

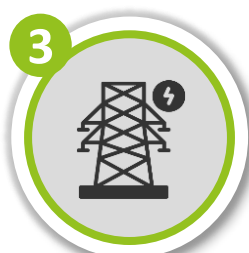
Smart Readiness Indicator - SRI



Prontezza ad ottimizzare l'efficienza energetica e le prestazioni generali dell'edificio in fase operativa



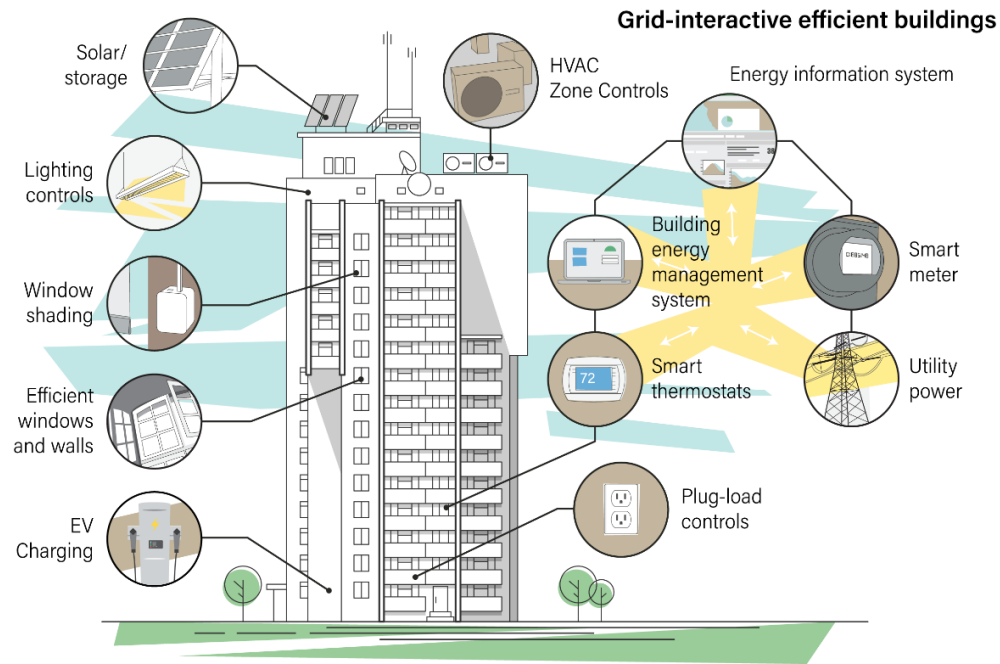
Prontezza a rispondere e adattare il funzionamento alle esigenze degli occupanti



Prontezza ad adattarsi alle esigenze della rete energetica (flessibilità della domanda)

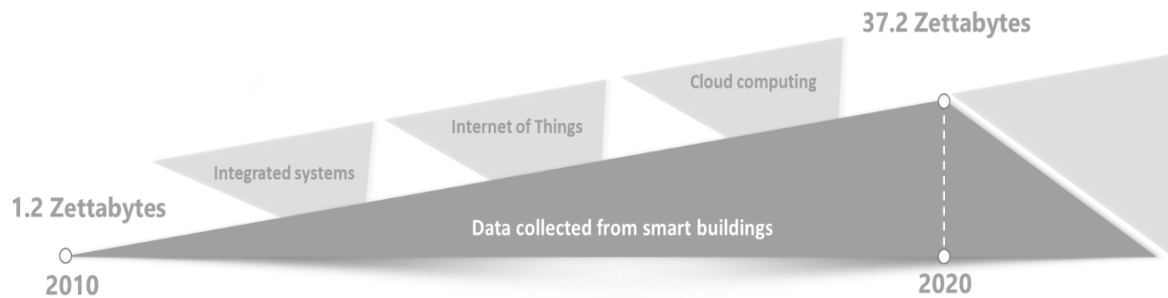


La rivoluzione IoT e la digitalizzazione in campo energetico



Il comparto IoT nel mercato dell'energia è stato **valutato 168,57 miliardi di dollari nel 2020** e si prevede che **raggiungerà 298,26 miliardi di dollari entro il 2026**, con una crescita del 10% nel periodo di previsione (2021-2026).

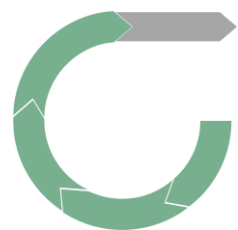
Internet of Things (IoT) in Energy Market - Growth Rate by Region (2021 - 2026)



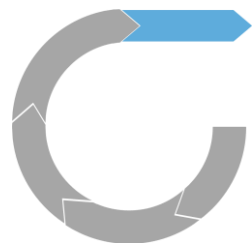
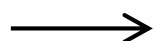
Periodo di riferimento:	2018 - 2026
Anno di riferimento:	2021
Mercato a più rapida crescita:	Asiatico
Mercato maggiore:	Nord America
CAGR:	10 %

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

Jan L. A. van de Snepscheut

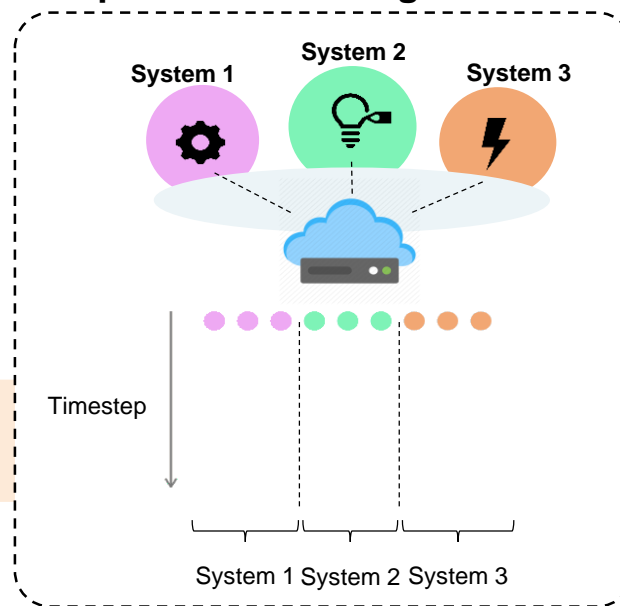


Progetto



In esercizio

Acquisizione ed integrazione dati



L'implementazione dei sistemi di gestione energetica per individuare:

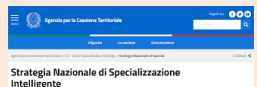
- Scarsa manutenzione
- Malfunzionamento componenti
- Comportamento ed interazione degli occupanti
- Impostazioni di controllo errate o sub-ottimali
- Interazione con la rete energetica e sfruttamento fonti energetiche rinnovabili



Regolamenti e direttive



EPBD



Esperienza di dominio in campo energetico

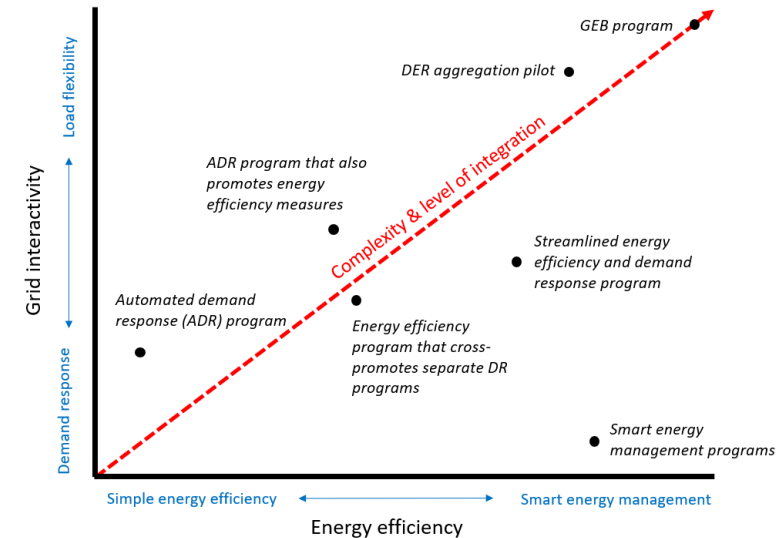
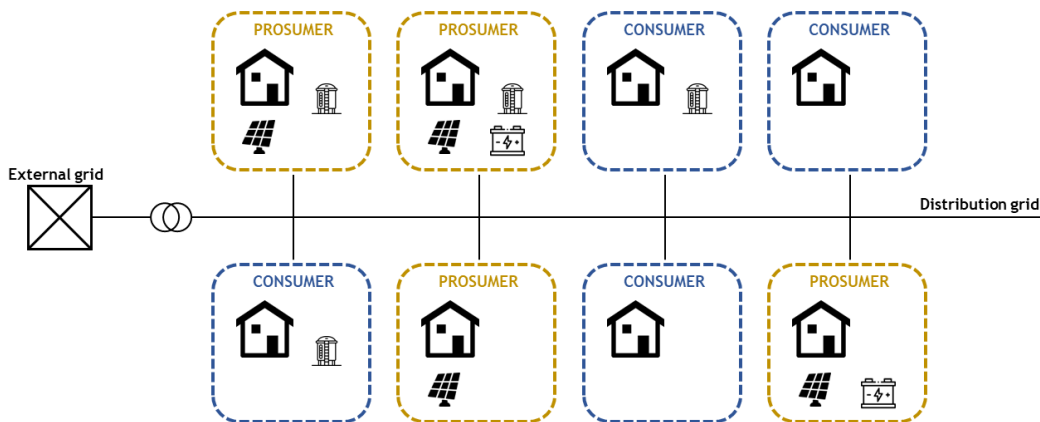
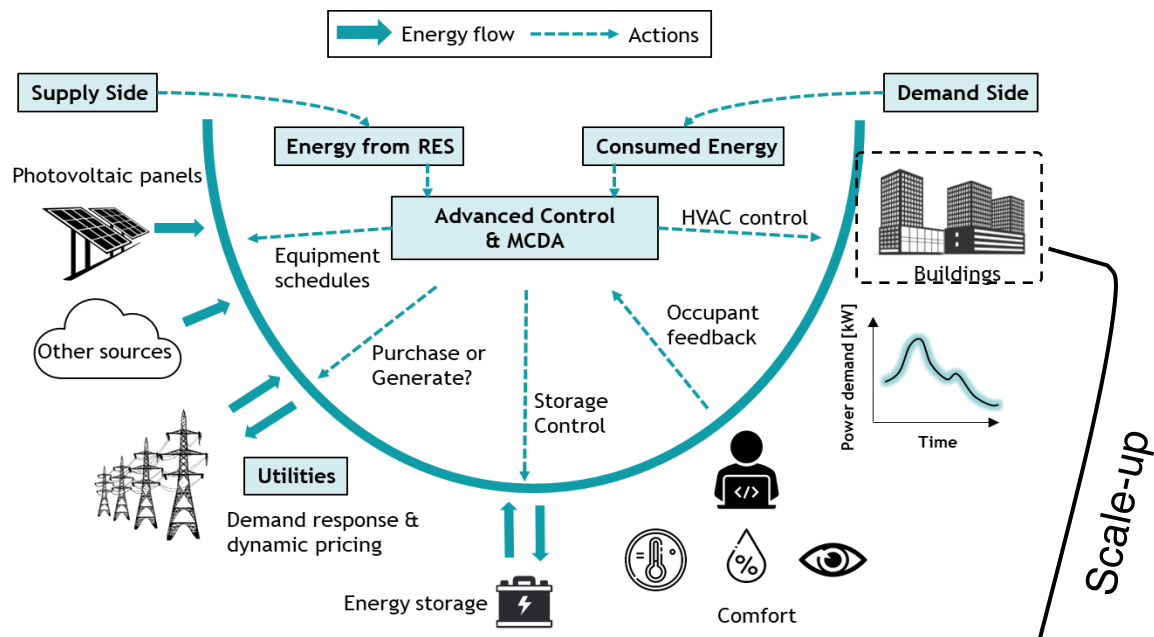
Esperienza di dominio in Data Analytics

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

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



Gestire la complessità per una transizione green



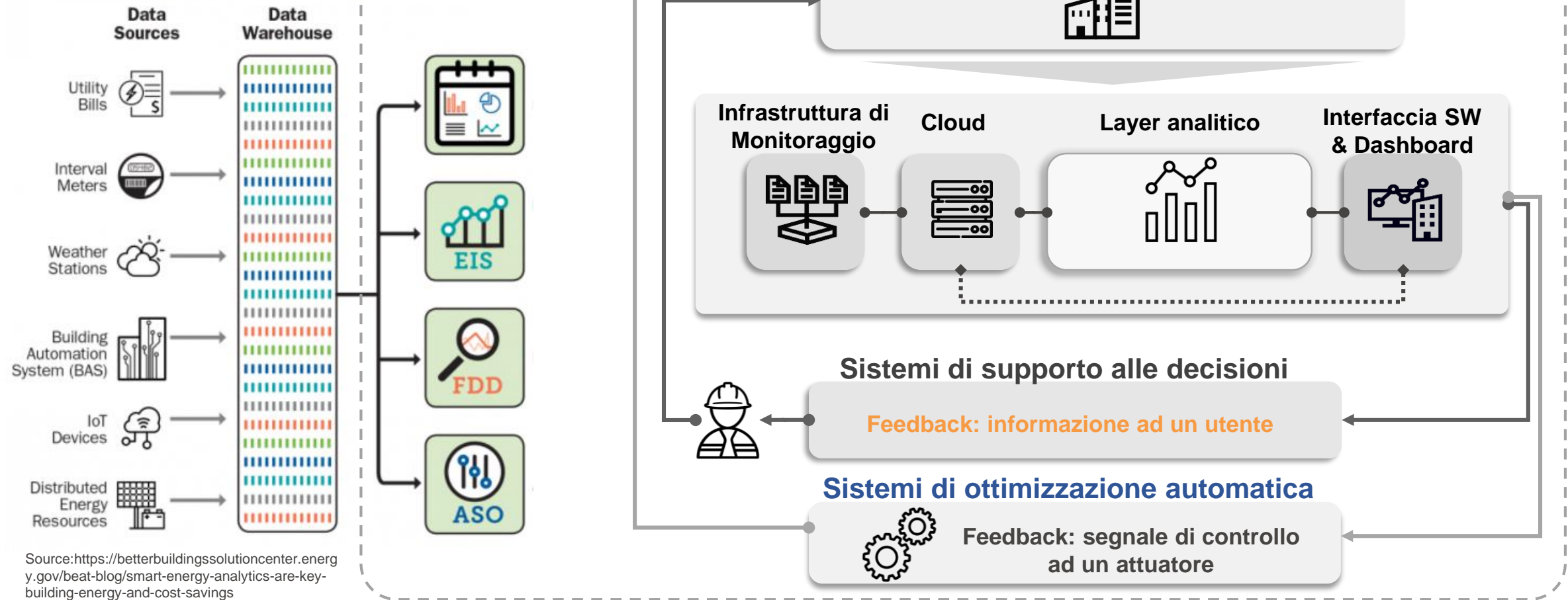
- **Digitalizzazione:** i dati vengono raccolti attraverso infrastrutture di monitoraggio (BACS e smart meter).
- **Decarbonizzazione:** penetrazione della produzione di FER abbinata a sistemi di accumulo, per bilanciare la produzione e il fabbisogno energetico.
- **Decentralizzazione:** paradigmi basati 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

ENERGY SAVINGS FOR ORGANIZATIONS WITH EMIS:
3% EIS **9%** FDD
\$95 million PROJECTED ANNUAL SAVINGS for all organizations
\$3 million ANNUAL SAVINGS for the median portfolio (15 million sq ft)

FIRST-YEAR INSTALLATION AND SOFTWARE COSTS:
\$0.02/sq ft EIS **\$0.08/sq ft** FDD

INVESTMENT PAYBACK:
2 years



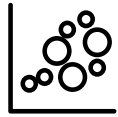
Source: <https://betterbuildingsolutioncenter.energy.gov/beat-blog/smart-energy-analytics-are-key-building-energy-and-cost-savings>



La nuova generazione di sistemi di gestione dell'energia basati su IA

Energy Information System

ALTO livello
Open Loop



Energy
profiling



Predizione del
carico



Identificazione e
diagnosi di anomalie



Visualizzazioni
avanzate



Gestione
dell'occupante

Automated System Optimisation

BASSO livello
Closed Loop



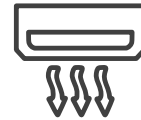
Controllo RES



Demand
Response



Controllo componenti
di involucro adattativo

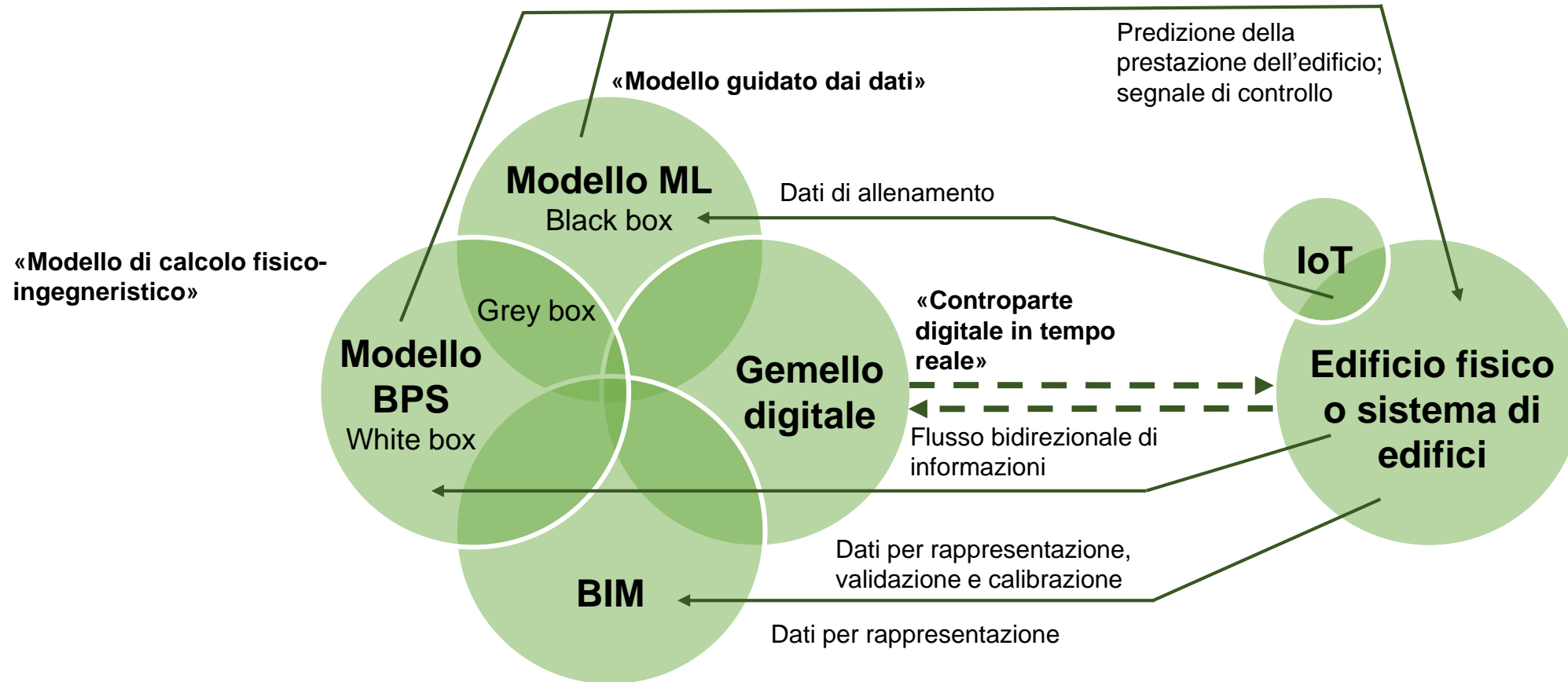


Controllo
sistemi HVAC

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

IA per affrontare la complessità e le opportunità della digitalizzazione



«Modello di calcolo fisico-ingegneristico»

«Rappresentazione digitale completa»

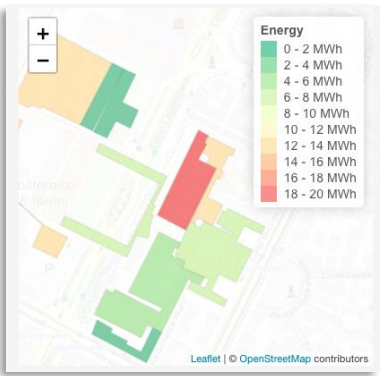
- tipicamente catturando informazioni su: geometria 3D dell'edificio e dei sistemi
- spazi e zone
- Struttura/organizzazione dell'edificio

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).

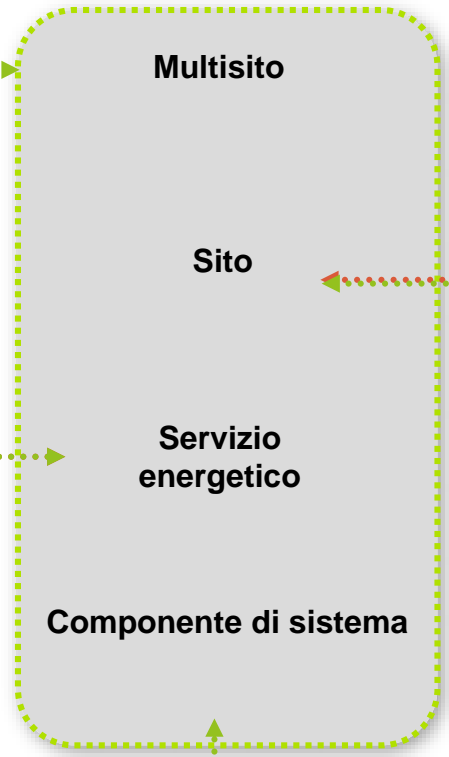


Sistemi di supporto alle decisioni a diverse scale



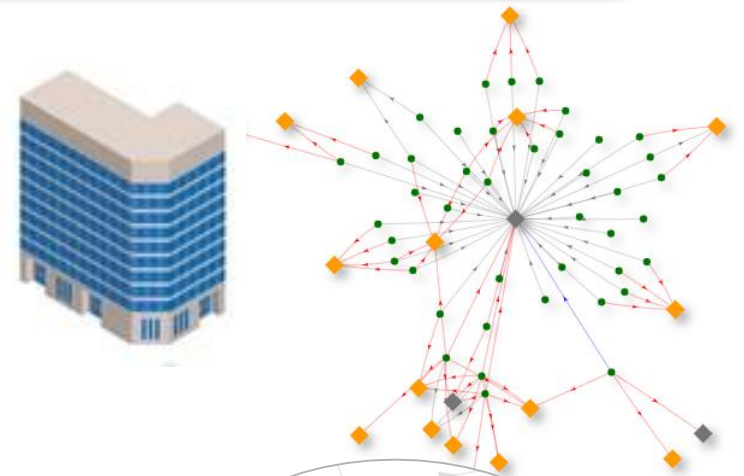
Confronto delle prestazioni energetiche tra siti diversi con uso finale uguale o simile (benchmarking esterno)

KPI prestazionali per identificare siti con maggiore priorità di intervento



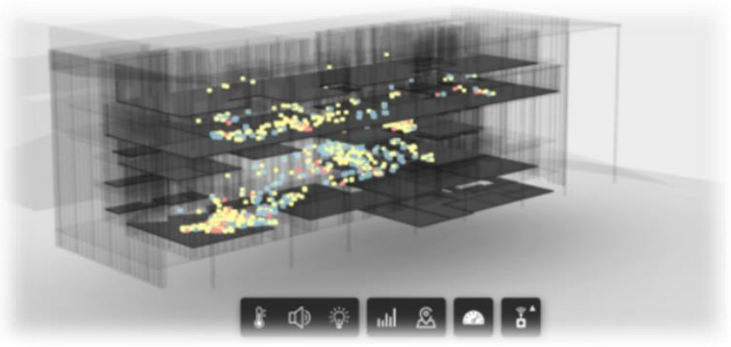
Eseguire una valutazione della coerenza dell'infrastruttura di monitoraggio, individuando connessioni incoerenti o ridondanti tra i meter.

KPI energetici a livello di intero edificio



Valutare in modo coerente il consumo di energia riferito ad uno specifico servizio energetico (considerando anche lo spazio/area funzionale servita).

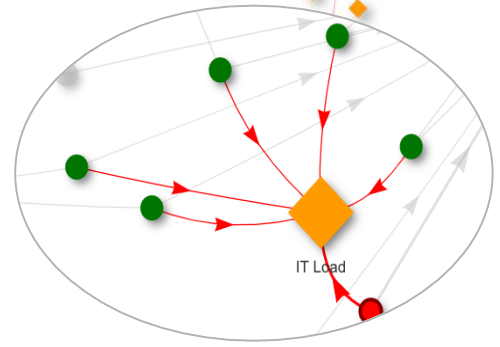
KPI per lo specifico servizio energetico e possibilmente incentrati anche sugli occupanti



Possibilità di eseguire un'analisi dell'utilizzo dell'energia a livello di sistema e dei suoi componenti, al fine di identificare guasti e le anomalie di funzionamento.

KPIs prestazionali per l'identificazione e diagnosi di anomalie

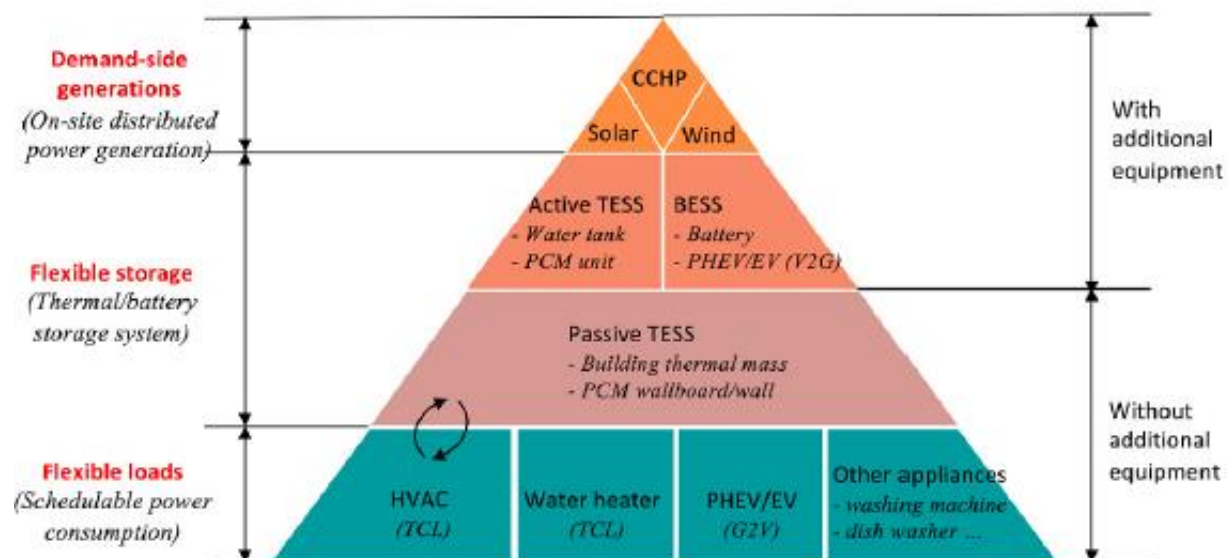
Icons representing system components: a fan, a pump, and a control panel.



Flexibilità energetica degli edifici

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

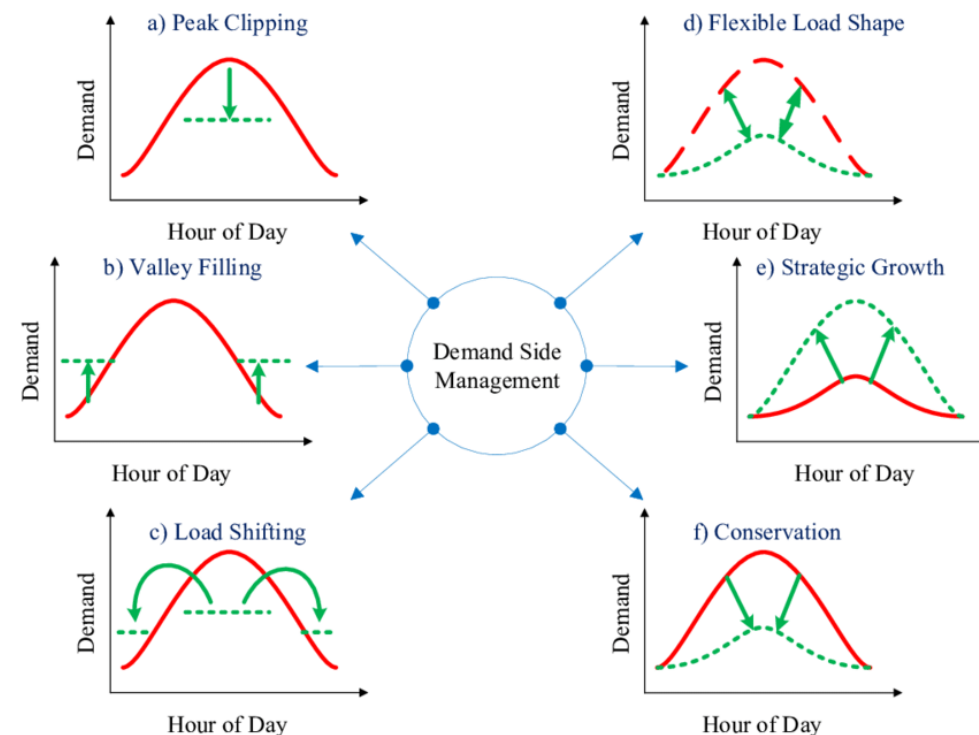
La capacità degli edifici di reagire ai segnali esterni e di regolare la propria produzione e il proprio consumo di energia, individualmente o attraverso l'aggregazione, in modo dinamico e dipendente dal tempo



Fonte: M.Hu et al., Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020

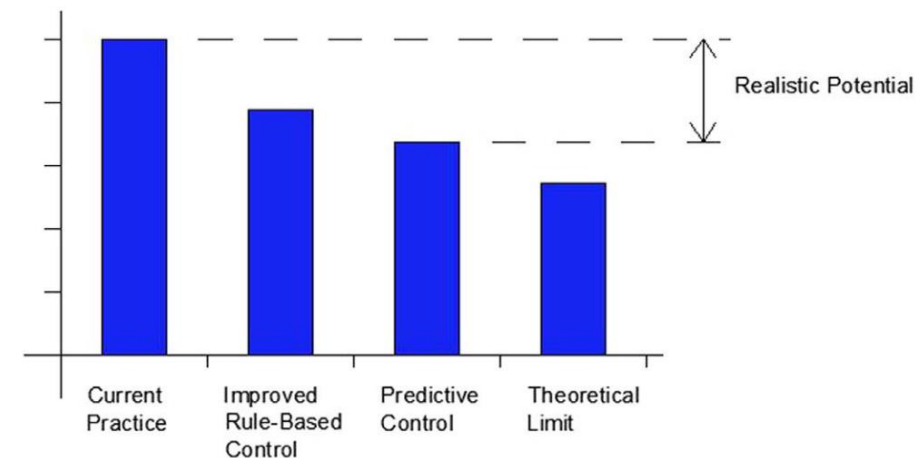
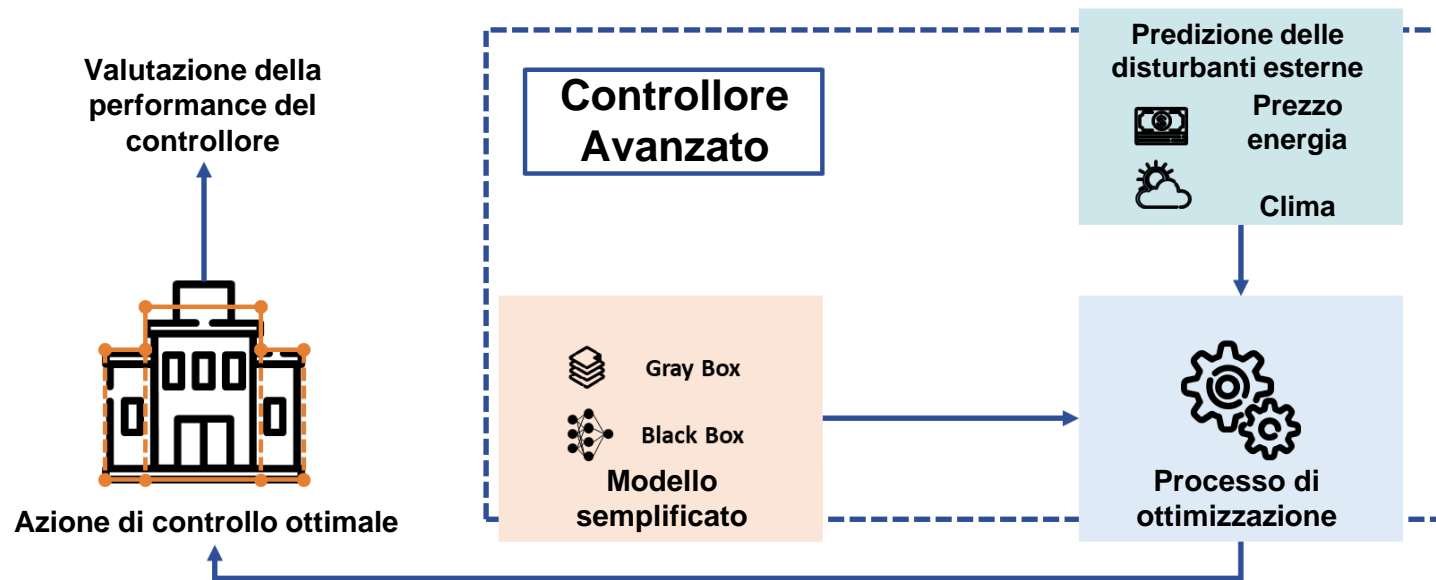
Le strategie di gestione della domanda sono fondamentali per un consumo energetico efficiente e per l'ottimizzazione della rete.

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



Potenziale teorico e realistico di risparmio dei controllori avanzati rispetto a quelli tradizionali.

Fonte: Aste et al., 2016



Multi-obiettivo

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.



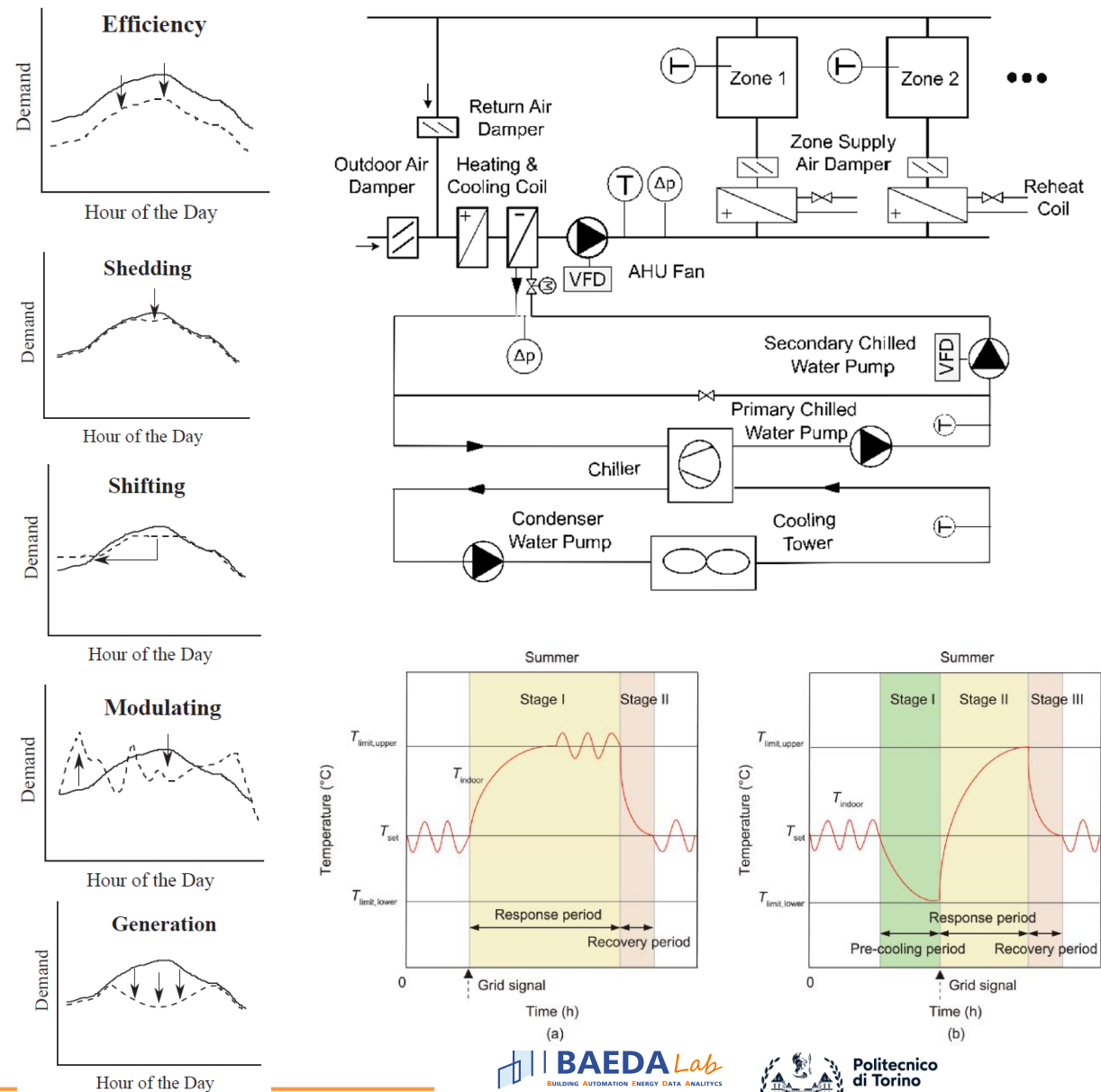
Predittivo

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

Contributo dei sistemi HVAC alla flessibilità energetica

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 temperature 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

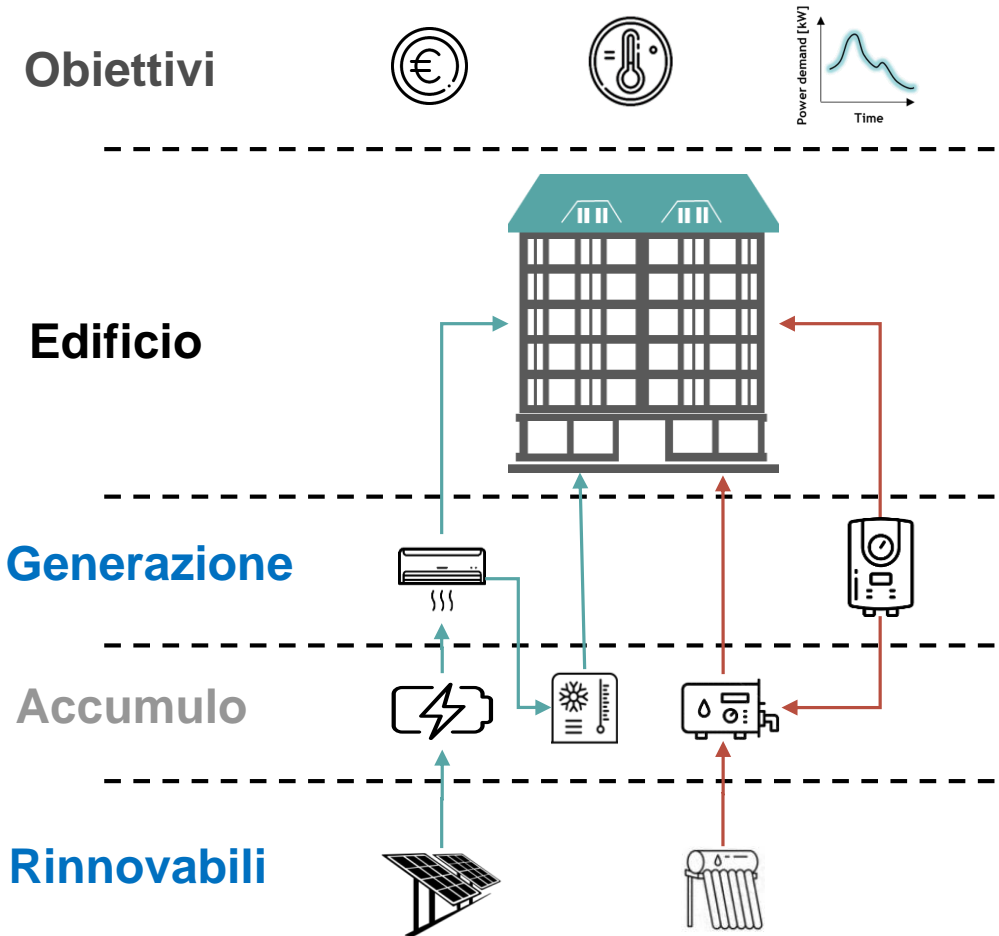
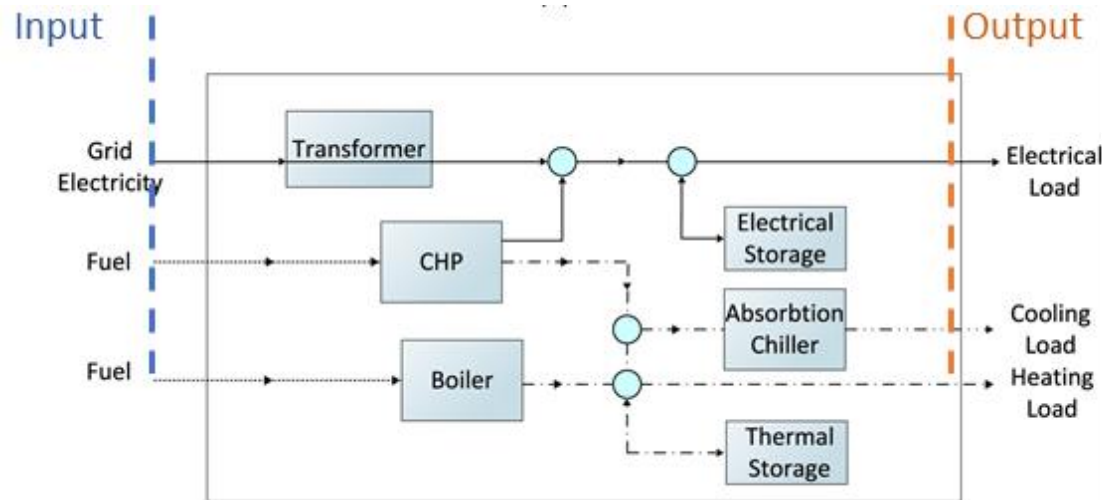


Fonte: Y. Fu et al., Applied Energy 307 (2022) 118133

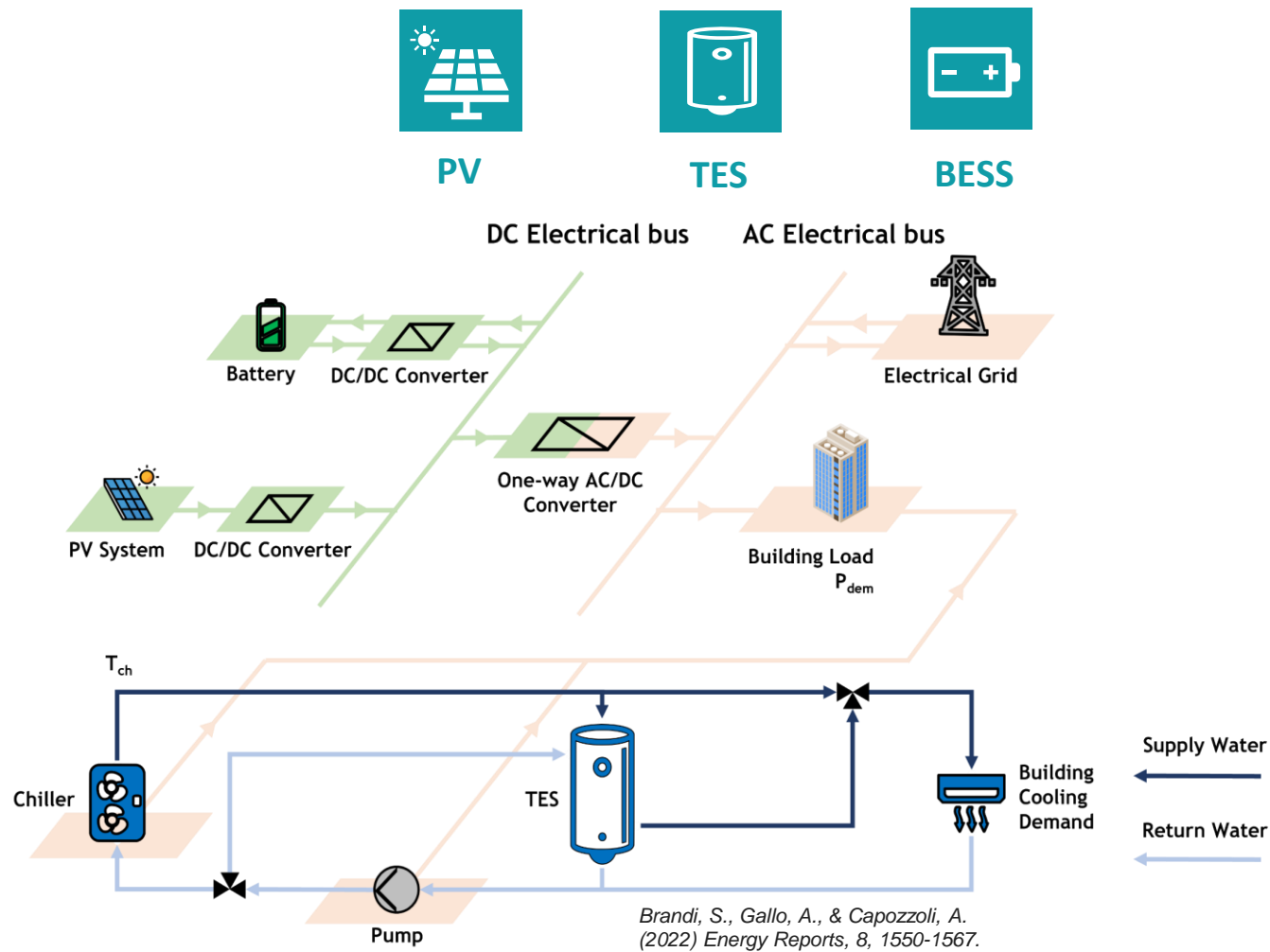
Quando conviene utilizzare una strategia di controllo avanzata?

Un sistema integrato è potenzialmente caratterizzato da:

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



Applicazione per sistemi energetici integrati



Obiettivo di controllo

Riduzione dei costi di energia elettrica legati al funzionamento del chiller e della pompa

Disturbanti esterne

Prezzi variabili dell'energia elettrica e condizioni meteorologiche

Il controllore può condurre ad una **riduzione dei costi operativi** (tra il 39,5% e l'84,3%) e migliorare lo sfruttamento dell'energia prodotta da PV rispetto a strategie tradizionali (**aumento medio degli indici di autosufficienza e autoconsumo del 40%**) anche quando il sistema implementa piccole capacità di accumulo.

Quali obiettivi si riescono a raggiungere utilizzando strategie di controllo avanzato?



Riduzione del consumo energetico

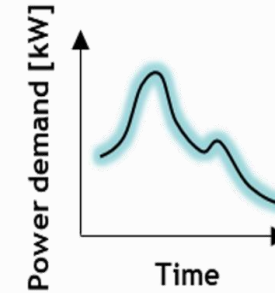


Miglioramento delle condizioni di comfort interne

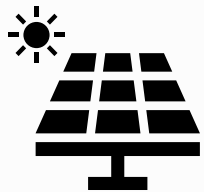


Riduzione del costo associato ai consumi energetici

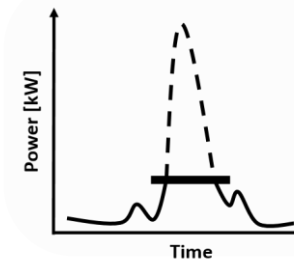
Controllo avanzato multi-obiettivo



Load Shaping Demand Response (DR)



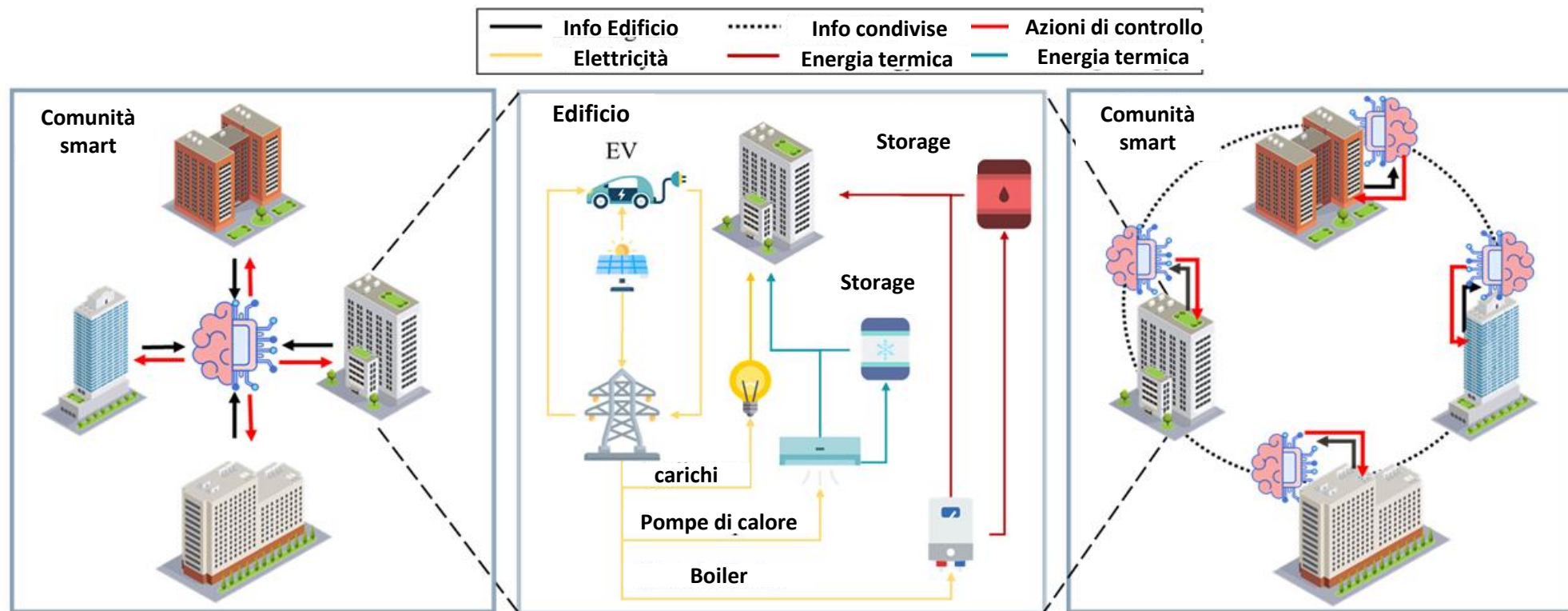
Massimizzazione auto-consumo e auto-sufficienza



Riduzione del picco di domanda di energia dalla grid

Source: Li, H. et al. (2023)

Il potenziale dei sistemi di controllo per distretti di edifici



➤ 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

SERVIZI – HEATING/COOLING

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>



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

SERVIZI – ELECTRICITY

Servizi	Livelli di funzionalità				
	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)	-



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



SERVIZI – MONITORING & CONTROL

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	-	-



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

Position paper



Green Building Council Italia

Gestione energetica e automazione negli edifici: opportunità e sfide poste dal processo di transizione energetica e digitale dell'ambiente costruito

Mese anno

Indice

Sommario

EXECUTIVE SUMMARY (ITA).....	7
EXECUTIVE SUMMARY (ENG).....	9
NOMENCLATURA.....	10
1. INTRODUZIONE.....	17
1.1. Il processo di digitalizzazione nel contesto attuale del settore degli edifici e le sfide per la transizione energetica.....	18
1.2. Quadro Regolatorio Europeo.....	19
1.3. Quadro Regolatorio Nazionale.....	20
Parte 1 STATO DELL'ARTE.....	22
2. La nuova Direttiva Europea sulla prestazione Energetica degli Edifici (EPBD) - Direttiva case green.....	22
2.1. Revisioni recenti e l'importanza della gestione e flessibilità energetica degli edifici.....	22
2.2. Direttiva europea sugli appalti e codice dei contratti (focus su digitalizzazione).....	24
2.3. Il ruolo dei "Building automation and control systems" (BACS) per l'efficienza energetica negli edifici.....	25
3. Lo Smart Readiness Indicator (SRI) e la valutazione della predisposizione degli edifici all'utilizzo di tecnologie intelligenti.....	29
3.1. Definizione del SRI e il suo impatto per l'implementazione di strategie di ottimizzazione energetica e flessibilità.....	29
3.2. La struttura dello Smart Readiness Indicator.....	30
3.3. Metodologia di calcolo dello Smart Readiness Indicator.....	34
3.4. I servizi dello Smart Readiness Indicator.....	36
Parte 2. INDIVIDUAZIONE DI CRITICITÀ.....	37
4. Criticità individuate.....	37
Parte 3. PROPOSTE DI AZIONI CHIAVE.....	39
5. Opportunità di miglioramento dell'SRI.....	39
5.1. Edifici storici - SRI adattato all'utenza.....	41
5.2. Valutazione dello SRI per edifici tipologici in relazione alla classe di efficienza energetica del BACS.....	41
5.2.1. Caso studio edificio residenziale (Classe B).....	42
5.2.2. Caso studio edificio non residenziale (Classe A).....	42
5.3. Opportunità di aumentare il controllo dell'SRI, la sua trasparenza nell'applicazione.....	43
5.4. Legame tra SRI e digital twin a servizio dell'implementazione del metodo A, B e C.....	44
Parte 4. EVOLUZIONE DEL CONTESTO E PROSPETTIVE FUTURE.....	47
6. L'opportunità offerta dall'analisi dei dati e dall'approccio predittivo per l'ottimizzazione della gestione energetica e valorizzazione delle tecnologie digitali.....	47
L'edificio come parte di una rete energetica e la gestione della domanda: la flessibilità energetica come nuovo requisito.....	49
Parte 5. CONCLUSIONI.....	53
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA.....	105
Ringraziamenti.....	106

Green Building Council Italia

5

Coming soon....



| Conclusioni

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





**Green
Building
Council
Italia**

In occasione di:



28 febbraio - 1 marzo 2024

**Grazie
per l'attenzione.**

www.gbcitalia.org

