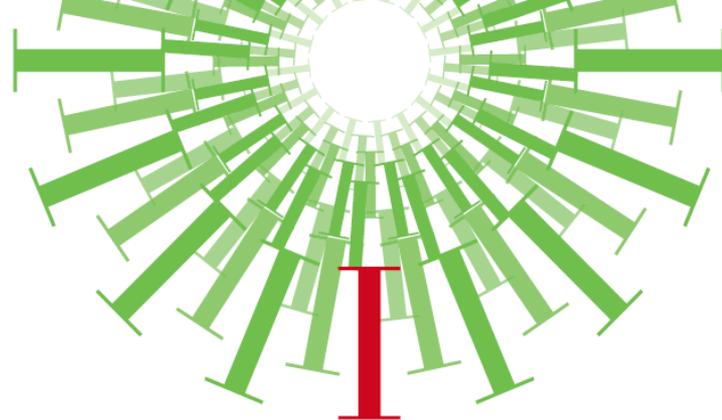


2ª GIORNATA NAZIONALE DELL'ENERGIA

L'ENERGIA E LA CITTÀ
Approcci intelligenti alle smart cities

con il patrocinio

 **MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO**
(richiesto)



Monitoraggio energetico nelle smart cities

Roma

30 Settembre 2016

Alfonso Capozzoli



**POLITECNICO
DI TORINO**
DENERG
Dipartimento Energia

I dati rappresentano il fondamento di una smart city per ottenere vitali informazioni da molteplici sorgenti utili a supportare uno sviluppo socialmente ed energeticamente sostenibile.

Il data analytics offre nel settore “energy” la possibilità di estrarre conoscenza utile a supportare il processo di “decision-making” in una smart city.

As Peter Drucker, a management thinker, said:

“if you can’t measure it, you can’t manage it”

Smart cities

Il settore

- **Energia**
- Trasporti
- Servizi
- Governance
- Economia
- Ambiente

L'obiettivo

- Miglioramento della qualità della vita
- Competitività
- Benessere
- Sviluppo sostenibile

Il settore degli edifici

I dati

- Real time
- Categorie Multidisciplinari
 - Profili di domanda energetica
 - Prezzo dell'energia
 - Produzione di energia
 - Dati dei social media
 - Dati climatici (Previsioni metereologiche)

Gli strumenti

- *Supporto decisionale per l'energy management a diverse scale e livelli*

Campi di indagine

Diagnostica avanzata per l'individuazione di opportunità di risparmio energetico

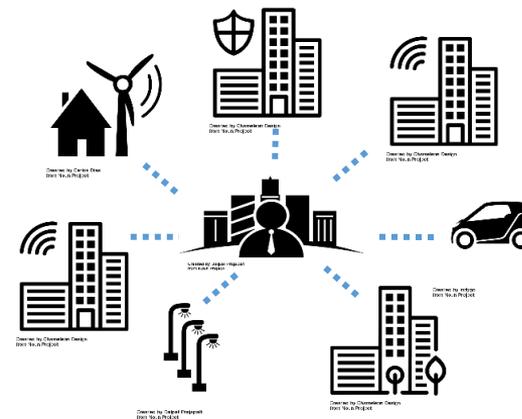
Stima e previsione della **domanda** energetica degli edifici

Modelli di ottimizzazione **predittivi** per gli impianti asserviti ad edifici

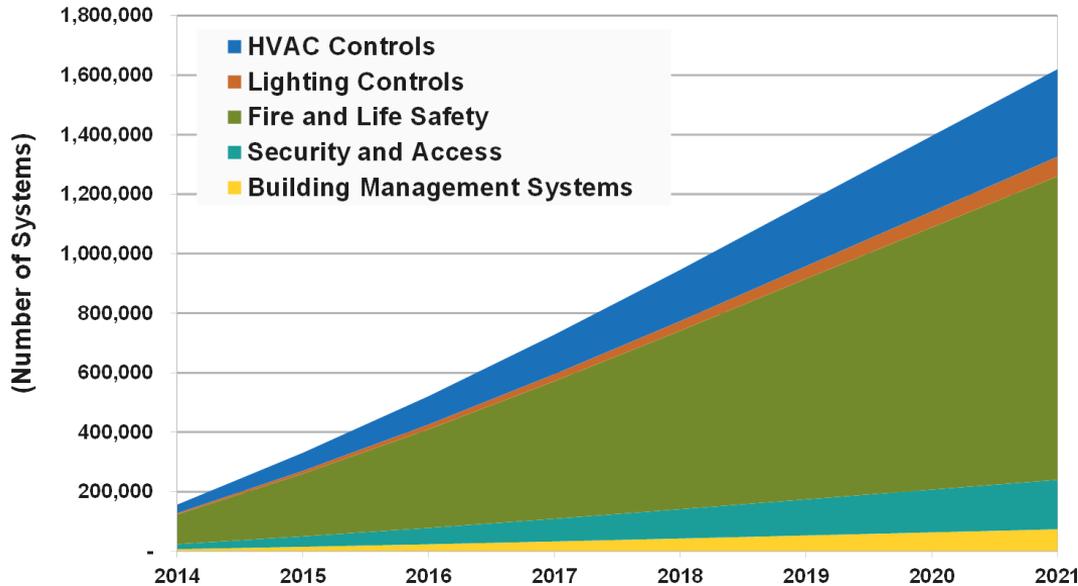
Analisi di **Benchmark** multidimensionali e non deterministiche

Demand side management e Demand response

Supporto decisionale per l'energy management



- I «Big Data» ormai da anni stanno influenzando le organizzazioni di tutti gli ambiti e dimensioni
- Il competitivo mercato odierno offre enormi opportunità e vantaggi
- E' possibile definire i dati di monitoraggio connessi alla prestazione energetica degli edifici sempre più «Big».



Source: Navigant Research

BAS Installations by Controls Segment,
New Construction, North America: 2014-2021

I sistemi di automazione (BAS) installati negli edifici forniscono, in tempo reale, una miriade di informazioni riguardo la reale prestazione energetica in condizioni di esercizio.

Un aspetto critico in ambito Smart buildings e Smart cities è riuscire a sfruttare l'enorme potenziale dei dati misurati estraendone una conoscenza atta al raggiungimento di un efficientamento della prestazione energetica.

1

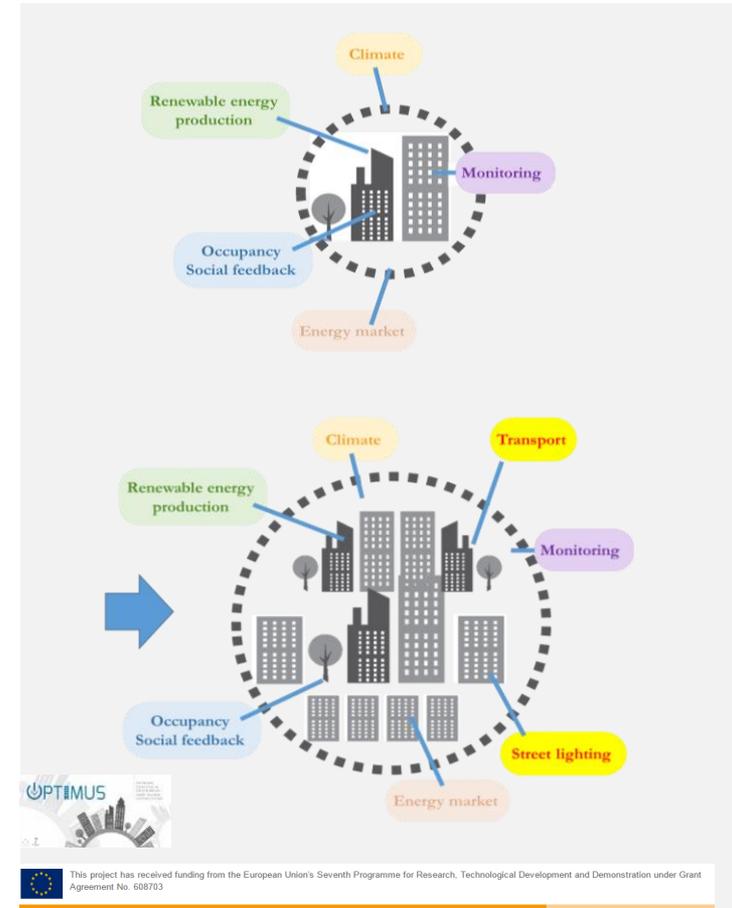
Come i dati di monitoraggio energetico possono essere processati, gestiti ed elaborati in modo da estrarre la giusta ed utile conoscenza?

2

E' possibile estrarre informazioni dai dati collezionati utili a migliorare le prestazioni energetiche in esercizio degli edifici?

3

Quali sono le prospettive future del data analytics nell'ambito "smart buildings in smart cities"?



Le "proprietà" dei dati di monitoraggio

Problems & objective



Scala spaziale (distretto, edificio, porzione rappresentativa di un edificio, etc.)

Tipo di dato (stringa, numerico di scala, categorico etc.)



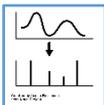
Proprietà (Università, agenzia meteorologica, Governo, etc.)

Timestamp



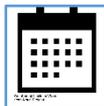
Data features

Frequenza di campionamento



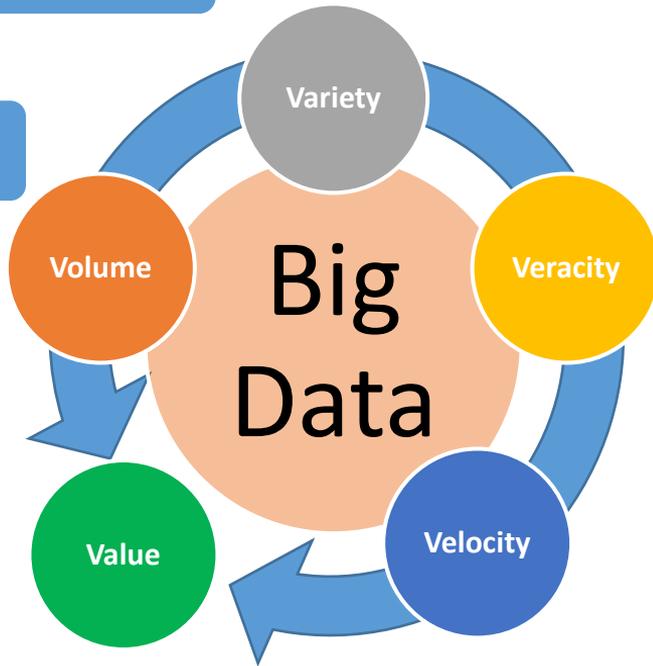
Accuratezza di misura

Lunghezza del periodo di monitoraggio



Disponibilità (Ente Pubblico, Ente privato, etc.)

Sorgente del dato (Sensori, web platform, Simulazione etc.)





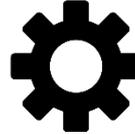
Dati climatici

- Temperatura bulbo umido
- Temperatura bulbo asciutto
- Pressione
- Acqua precipitata
- Umidità
- Radiazione solare
- Velocità del vento
- ...



Parametri fisici dell'edificio

- Superficie utile
- Volume climatizzato
- Trasmittanza
- Fattore di forma
- Rapporto opaco/trasparente
- Orientamento
- ...



Dati in esercizio

- Dati di esercizio del Sistema HVAC (temperature di immissione, portata d'aria esterna)
- Temperatura ambiente interno
- Consumo di energia termica
- Consumo di energia elettrica
- Prezzo dell'energia
- Energia rinnovabile



Dati legati all'utente

- Tasso di occupazione
- Numero di occupanti
- Attività svolte dagli utenti
- On/off delle apparecchiature
- Apertura/chiusura delle finestre
- Fattori sociali ed economici
- ...



Variabili temporali

- Stagione
- Mese
- Data
- Giorno della settimana
- Ora del giorno
- ...

L'estrazione di conoscenza attraverso il data analytics nel settore "energy & buildings"

Applications

Dettaglio dei dati a disposizione



Created by Alexander Cherkinsky from Noun Project

Individuazione delle anomalie energetiche e diagnostica avanzata



Created by DTE MEDIA from Noun Project

Comportamento dell'occupante negli edifici



Created by Aenne Briehmann from Noun Project

Previsione della domanda di energia



Created by KAPKIAM from Noun Project

Classificazione dei profili energetici



Created by Sime from Noun Project

Individuazione di benchmark energetici

Dimensione del campione di riferimento

Individuazione delle anomalie energetiche e diagnostica avanzata negli edifici

La diagnostica negli edifici è un processo finalizzato all'**individuazione di anomalie nella richiesta energetica (fault detection)** e alla relativa ricerca delle **cause ad esse associate (diagnosis)**.

1

Comparazione della prestazione energetica dell'edificio misurata con quella attesa/prevista relativa a un opportuno modello di previsione di riferimento.

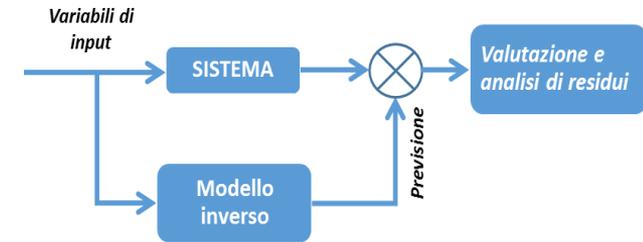
2

Monitoraggio delle principali grandezze ambientali ed energetiche e applicazione di opportune tecniche e metodologie (data mining, machine learning), al fine di verificare in continuo malfunzionamenti, anomalie e in generale prestazioni ritenute "anomale".

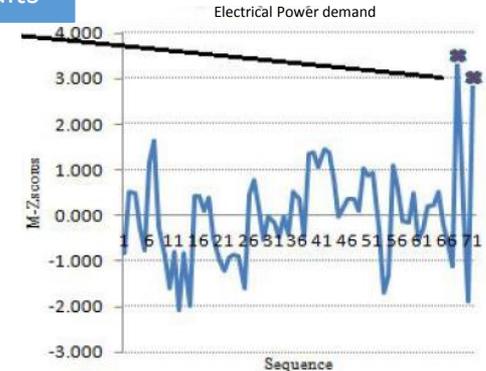
3

Definizione delle possibili cause associate alle anomalie individuate attraverso processi di classificazione, inferenza logica, alberi decisionali o tecniche basate su logica fuzzy.

Applications



Faults



Khan I., Capozzoli A., Corgnati S. P., Cerquitelli T. (2013), Fault Detection Analysis of Building Energy Consumption Using Data Mining Techniques, Energy Procedia, vol. 42, pp. 557 – 566

Comportamento dell'occupante negli edifici

Il **comportamento dell'occupante** è oggi una delle variabili più aleatorie e significative influenzanti il consumo energetico.

Riuscirne a **gestire e caratterizzare** gli effetti può implicare ampi margini di risparmio e una più accurata stima della prestazione energetica.

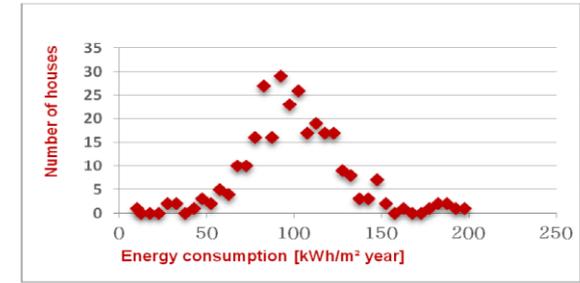
1

Algoritmi di classificazione, di clustering o regole di associazione utili ad individuare e comprendere *schemi occupazionali o di comportamento caratteristici* in modo da ottimizzare dal punto di vista gestionale la prestazione energetica dell'edificio e migliorarne l'accuratezza in fase di modellazione.

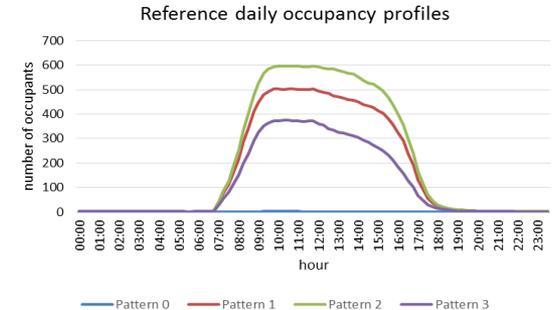
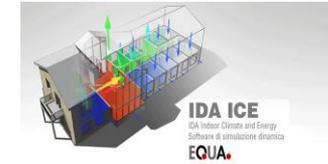
2

I processi di machine learning rendono possibile l'estrazione di informazioni, ad esempio, relative *all'apertura e chiusura finestre, all'impostazione della temperatura interna o all'utilizzo di specifici dispositivi elettrici* in funzione di condizioni al contorno di tipo fisico, sociologiche, psicologiche, e sociali.

Applications



Source: Frequency distribution of heat consumption in 290 investigated "identical" houses in Denmark, Henningsen, 1999



Previsione a breve termine della domanda di energia

L'analisi inversa consente di operare diagnosi energetiche su edifici esistenti attraverso una stima/previsione del consumo di energia atteso per un edificio.

Questa opportunità gioca un ruolo significativo nella valutazione della prestazione di un edificio, nella sua ottimizzazione a livello gestionale, nella definizione di eventuali strategie di “**Demand Side Management**” (DSM) e “**Demand Response**”

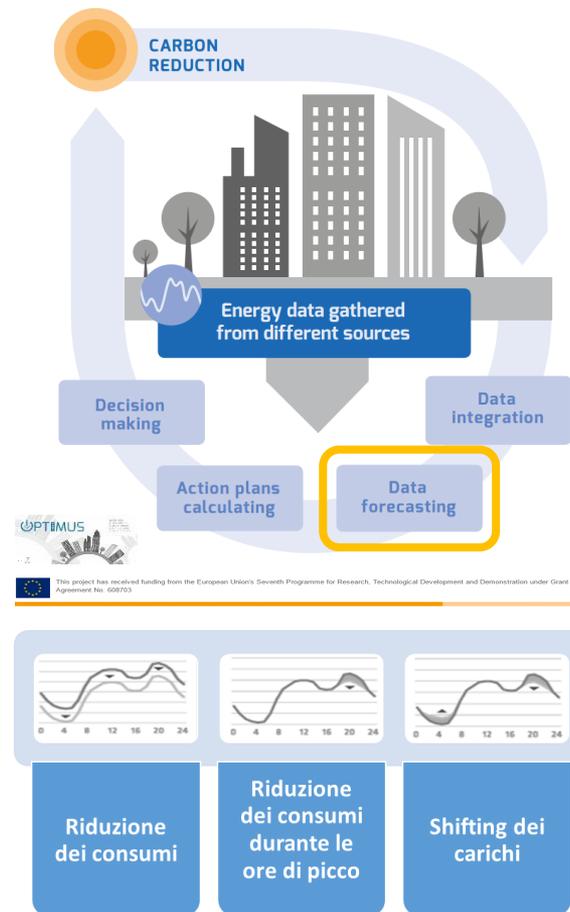
1

Opportunità di effettuare previsioni a breve termine desta maggiore interesse in quanto strettamente collegata alla possibilità di impostare strategie di efficienza in fase di esercizio su base giornaliera (strategie di gestione della domanda o dell'offerta, ottimizzazione della produzione energetica, etc.)

2

La previsione energetica di picco o del profilo di carico giornaliero attraverso modelli inversi, offre importanti opportunità di ottimizzazione gestionale della richiesta energetica al fine di ridurre sensibilmente il costo dei sistemi in esercizio.

Applications



Classificazione dei profili energetici

L'analisi di profili temporali di consumo energetico degli edifici ha come scopo quello di individuare **profili di carico tipologici, rappresentativi** per destinazione d'uso, per stagione di riferimento, periodo di occupazione e per vettore energetico, di un edificio o gruppo di edifici.

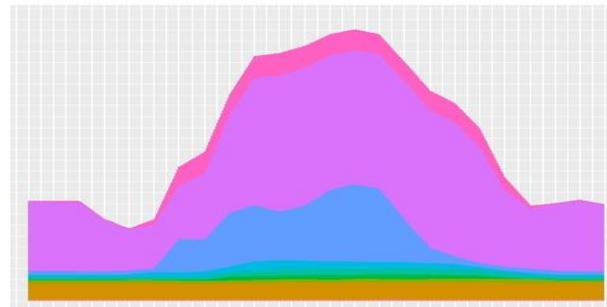
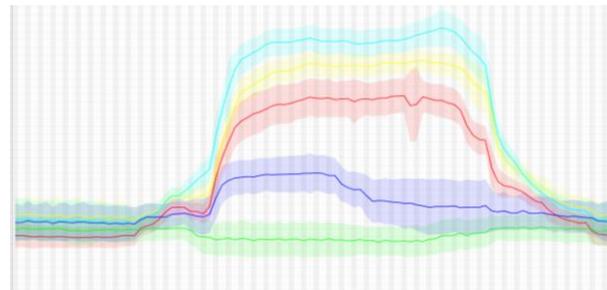
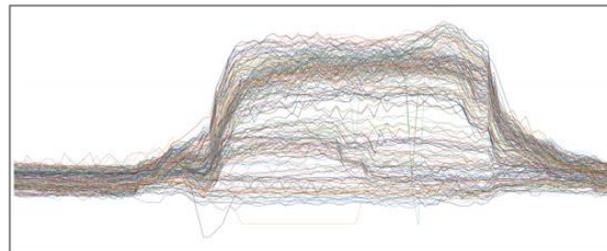
1

Individuazione di profili di carico tipici degli utenti consente di individuare *in modo automatico regole di classificazione per nuovi utenti da parte delle compagnie di distribuzione.*

2

L'individuazione di profili di carico tipologici porta con sé la complementarità della *individuazione di profili anomali.* In questo tipo di applicazione l'individuazione di anomalie è da intendersi a livello di "trend" energetico.

Applications



Individuazione di benchmark energetici

Individuazione di edifici di riferimento (archetipi) o **valori di riferimento della prestazione energetica**, rispetto ai quali valutare la divergenza del consumo di energia dell'edificio o degli edifici in analisi.

La ricerca di un modello di riferimento ha come fase prodromica l'individuazione degli attributi che potrebbero generare disomogeneità in un gruppo di edifici e rispetto alle quali è necessario operare una normalizzazione.

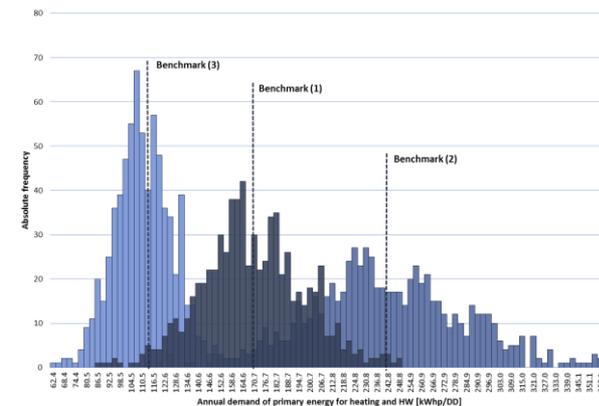
1

Questo processo fornisce linee guida utili per i pianificatori energetici al fine di caratterizzare un parco edilizio (scuole, ospedali, uffici, residenze, etc.) e individuare al suo interno edifici che richiedono interventi di riqualificazione energetica prioritari.

2

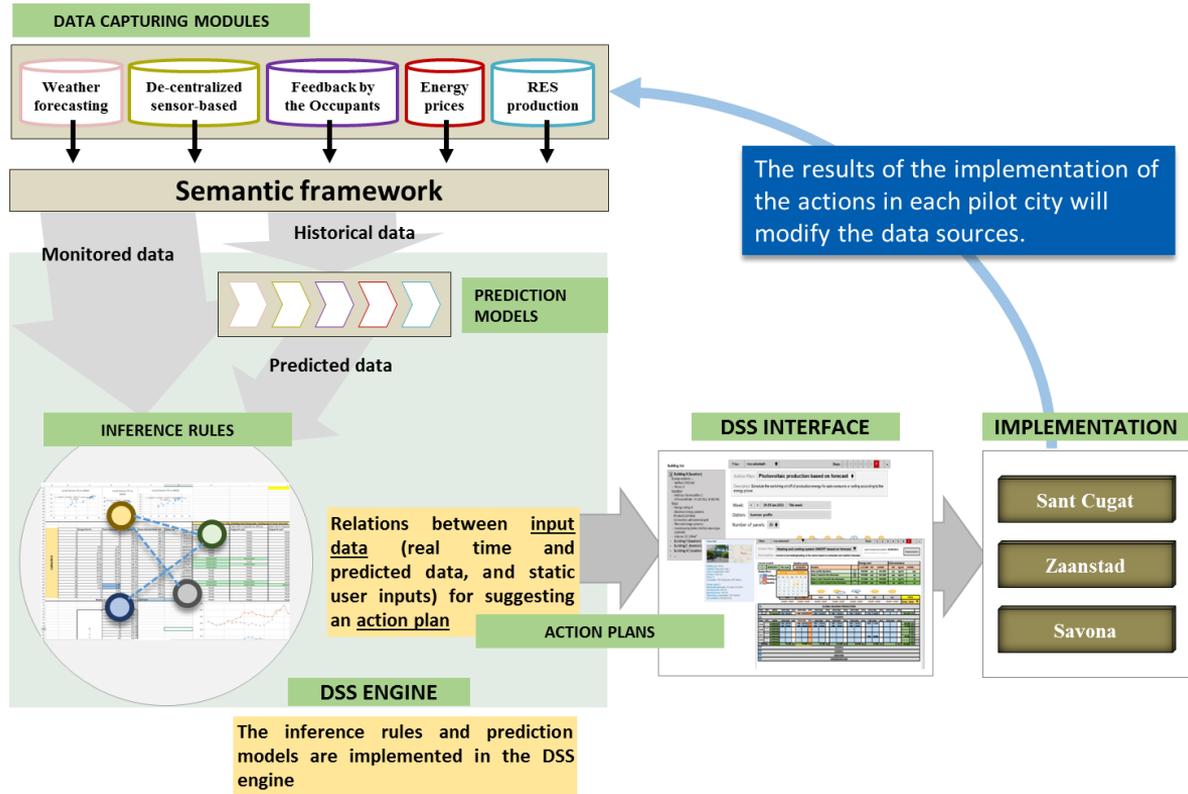
Utilizzo di modelli di benchmark considerando contemporaneamente più di una variabile influenzante sono in grado di fornire, rispetto ad una certa combinazione delle variabili di input, un valore di output atteso/di riferimento rispetto al quale confrontare il valore di consumo misurato.

Applications

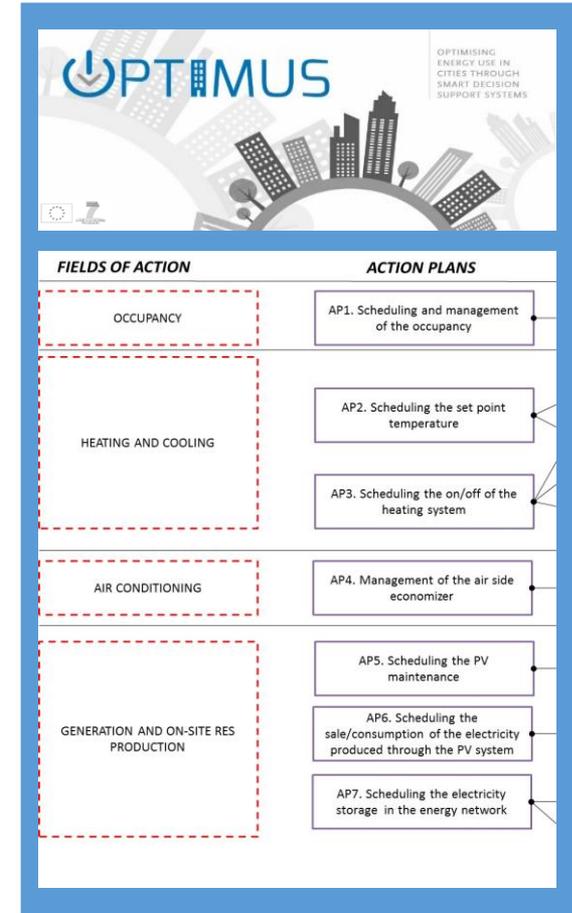


Capozzoli A, Piscitelli M S, Neri F, Grassi D, Serale G. A novel methodology for energy performance benchmarking of buildings by means of Linear Mixed Effect Model: The case of space and DHW heating of out-patient Healthcare Centres. Appl Energy 2016;171:592-607.

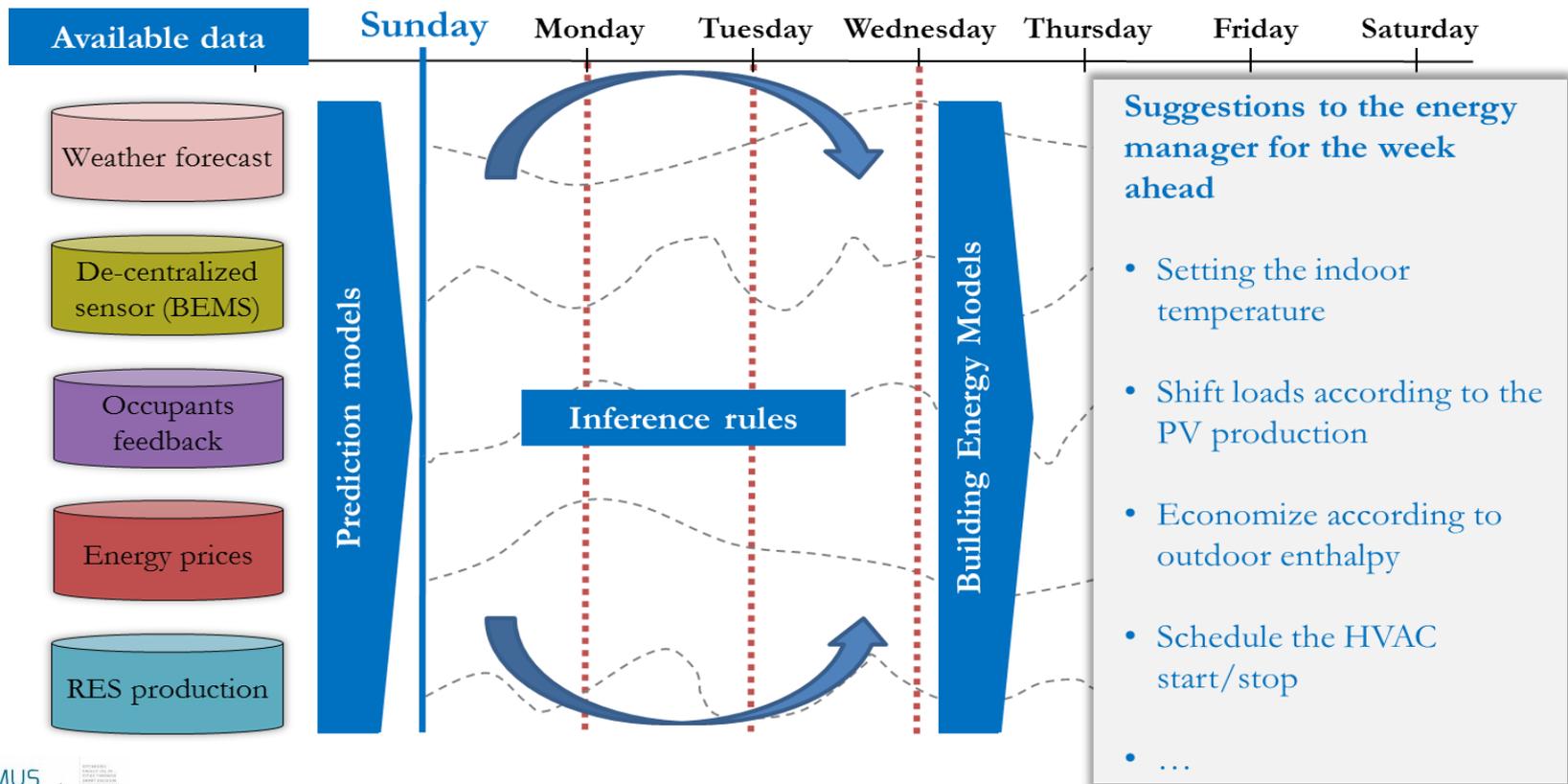
Smart buildings in smart cities



OPTIMUS project



This project has received funding from the European Union's Seventh Programme for Research, Technological Development and Demonstration under Grant Agreement No. 608703



This project has received funding from the European Union's Seventh Programme for Research, Technological Development and Demonstration under Grant Agreement No. 608703

- La dimensione e complessità dei database a disposizione non sono sempre direttamente legate alla qualità e quantità di conoscenza estraibile volta ad identificare il potenziale risparmio ottenibile da misure di efficientamento energetico.
- L'organizzazione ed il pre-processing dei dati sono operazioni complesse che richiedono tempi molto lunghi.
- Le analisi devono essere strutturate attraverso un processo metodologico che prevede la conoscenza sia della fisica del sistema oggetto di indagine sia di metodi analitici "intelligenti".
- Le informazioni relative ai meccanismi comportamentali dell'occupante e ai suoi effetti sulla richiesta energetica sono essenziali e possono essere estratte da dati acquisiti attraverso social media o questionari.
- Nel contesto smart city in cui i dati sono condivisi tra i diversi sistemi i problemi di sicurezza e privacy sono aspetti fondamentali da considerare con attenzione.
- Lo sviluppo di uno smart energy management system se non correttamente implementato sin dal principio può sfociare in un investimento ad alto costo con rischio di ripercussioni negative.

Grazie per l'attenzione

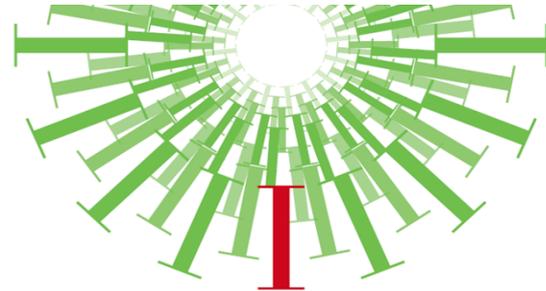
alfonso.capozzoli@polito.it

2ª GIORNATA NAZIONALE DELL'ENERGIA

L'ENERGIA E LA CITTÀ
Approcci intelligenti alle smart cities

con il patrocinio

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
(richiesto)



Monitoraggio energetico nelle smart cities

Si ringrazia l'ing. Marco Savino Piscitelli per il contributo
alla realizzazione di questa presentazione

