



AI PER IL CONTROLLO DEL CONSUMO ENERGETICO DEGLI OSPEDALI TOSCANI

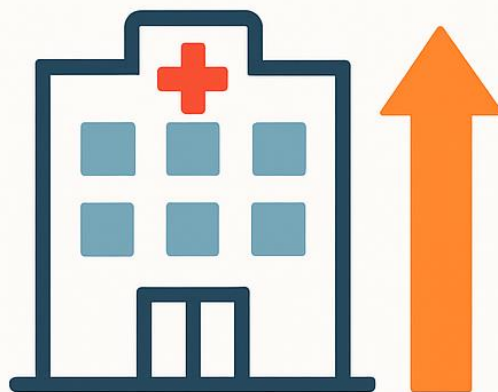
Esperienze di ricerca in corso all'**Università di Pisa** su presidi ospedalieri dell'**Azienda USL Nord-Ovest**

(Prof. Umberto Desideri ¹, Prof. Giacomo Salvadori ^{1*})

1) Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni, Università di Pisa

*) Relatore

RILEVANZA DEI CONSUMI ENERGETICI DEI PRESIDI OSPEDALIERI



- Gli ospedali presentano consumi energetici molto elevati: in media **400–600 kWh/m²·anno** di energia primaria, con valori **molto superiori a quelli del settore residenziale** (circa 10 volte superiori se consideriamo l'edilizia ad elevate prestazioni energetiche).
- Si può stimare che il comparto sanitario pesi per **circa il 5% dei consumi di energia finale nazionali**.
- Ai consumi energetici è associata un'impronta ambientale: si può stimare che il comparto sanitario sia responsabile di circa il **5% delle emissioni**, pari a **~20 Mt CO₂eq/anno** (Emissioni totali Italia 2023: ~400 Mt CO₂eq).

Principali fonti

- ISPRA – *Inventario nazionale delle emissioni 2024*
- ENEA/RSE – *Rapporti su efficienza energetica e consumi ospedalieri*

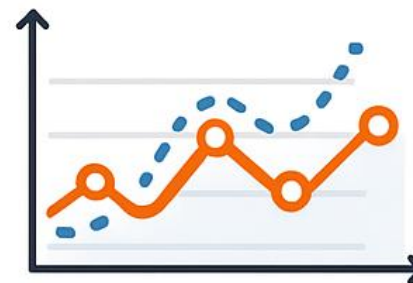
MODELLI PREDITTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI

Ottimizzazione



- La previsione affidabile permette di **gestire la richiesta di energia in modo efficiente** (anche smart), riducendo costi e sprechi.

Diagnosi immediata



- Il confronto tra consumi attesi e reali aiuta ad **individuare rapidamente (anche real-time) anomalie**, guasti o usi impropri degli impianti.

Affidabilità



- Anche grazie all'uso dei modelli predittivi è possibile **garantire un funzionamento più continuo e sicuro** degli impianti critici, migliorando la qualità dei servizi.

MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI

Contatori generali



- Molto frequentemente, anche in strutture complesse come i presidi ospedalieri, i **monitoraggi dei consumi energetici non sono automatizzati**, e condotti tramite lettura dei contatori generali dei vettori energetici.
- Raramente si rileva la presenza di **contabilizzatori di energia termica e di energia elettrica** che siano dedicati a specifiche linee di distribuzione o specifici gruppi di utenze e che consentano dei monitoraggi smart e capillari dei relativi consumi.

Misuratori su specifiche linee o gruppi di utenze



PERCHE' PROPRIO **A.I.** NELLO SVILUPPO DI MODELLI PREDITTIVI



ACCURATI

Sono in grado di elaborare con precisione grandi quantità di dati.



AGGIORNABILI

Possono essere continuamente aggiornati in base a nuovi dati disponibili.



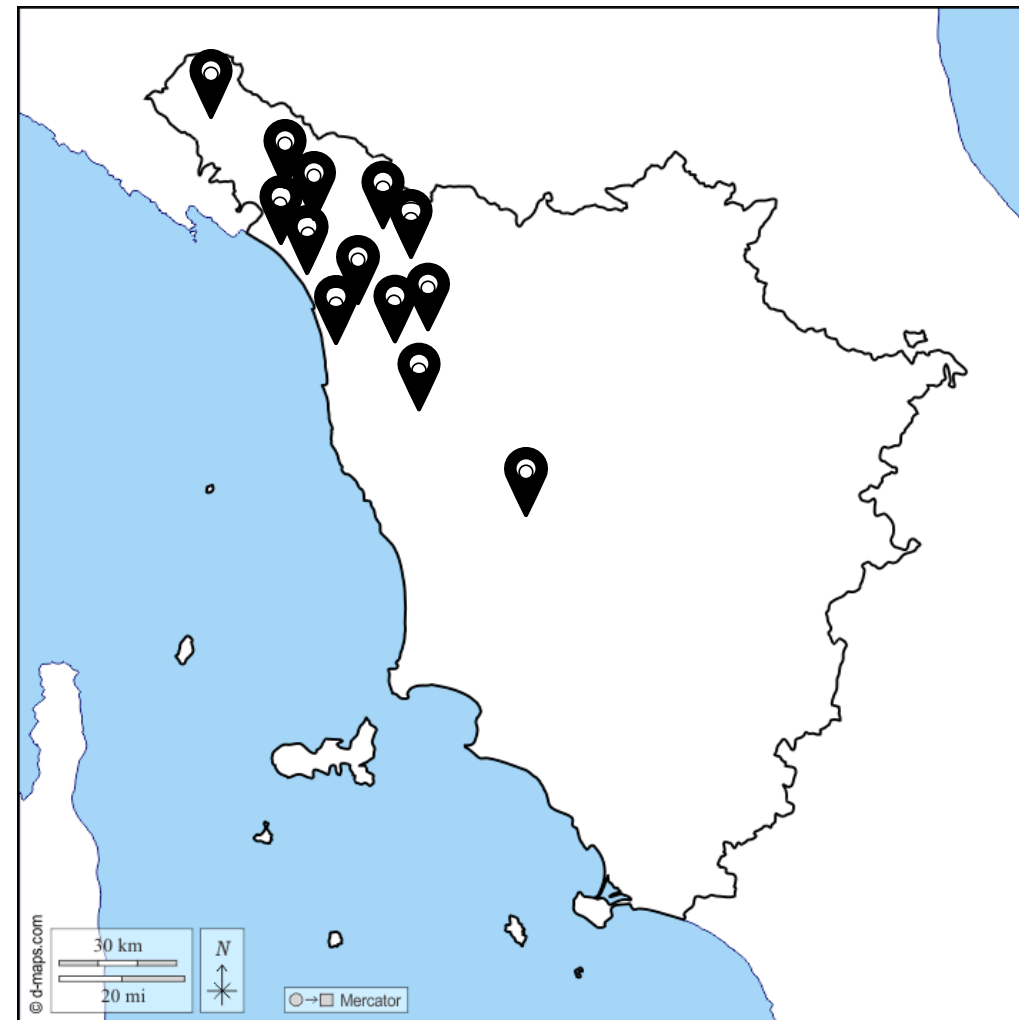
SCALABILI

Si adattano a differenti scale e contesti, da una singola porzione ad un intero complesso di edifici.



IL CASO DI STUDIO DEI **13 PRESIDI** **OSPEDALIERI** DI USL TOSCANA NORD-OVEST ANALIZZATI DALL'UNIVERSITA' DI PISA

Pontremoli
Fivizzano
Carrara
Massa
Ex Civico di Carrara
Castelnuovo di Garfagnana
Barga
Capannori
Lucca
Viareggio
Camaione
Volterra
Pontedera



ANTE

25-28 NOVEMBRE 2025
AREZZO FIERE E CONGRESSI

20
Years
2006-2025

CENTRALI TERMICHE

GRUPPI DI POMPAGGIO E DISTRIBUZIONE

Ex. Osp. Lucca
Campo di Marte
Centrale termica

POST
OPPO A96

UNITÀ TRATTAMENTO ARIA

Osp. di Castelnuovo di
Garfagnana
UTA 5

#ForumRisk20

ANTE
HUAWEI P9
LEICA DUAL CAMERA

POST

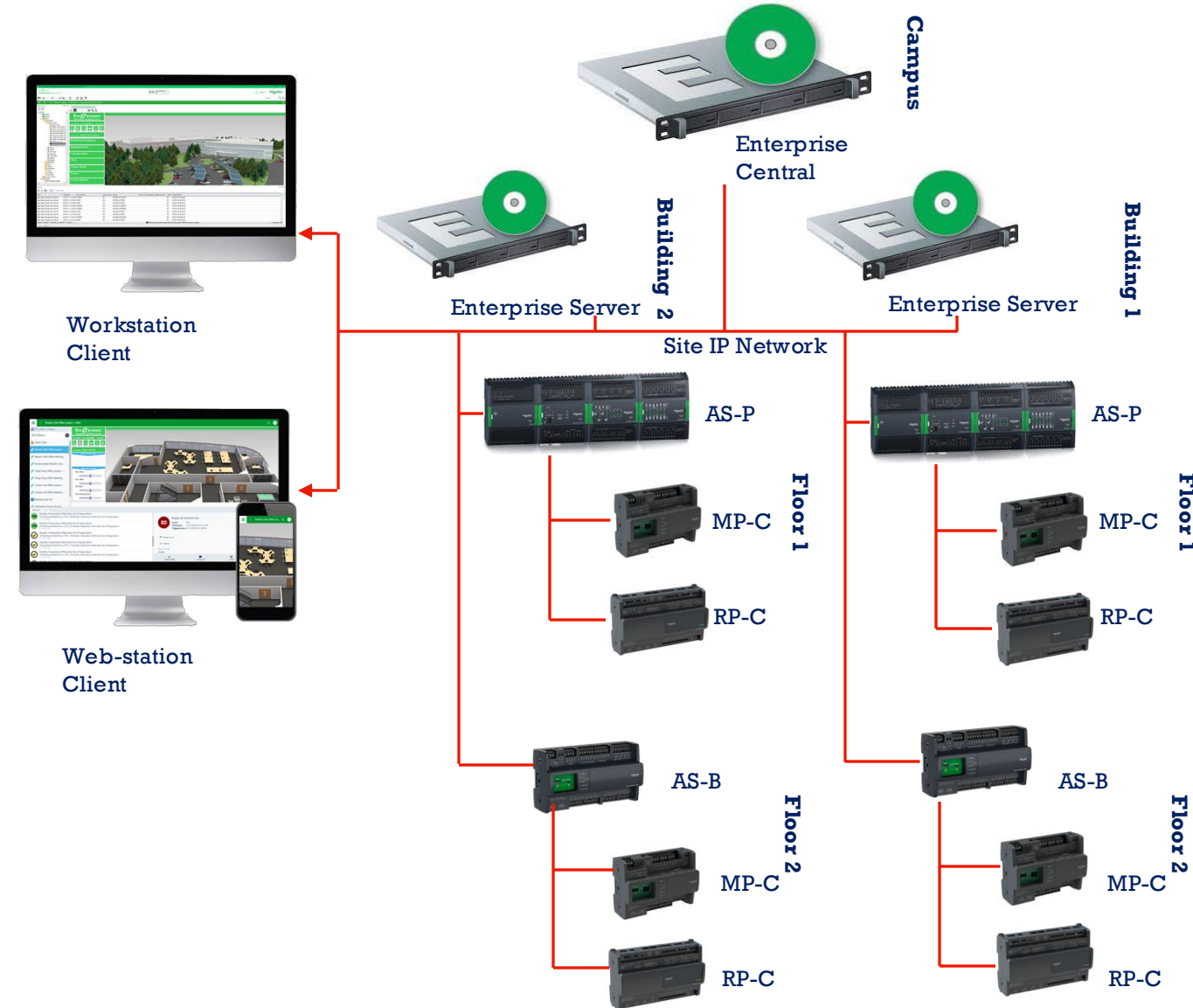
ANTE
HUAWEI P9
LEICA DUAL CAMERA

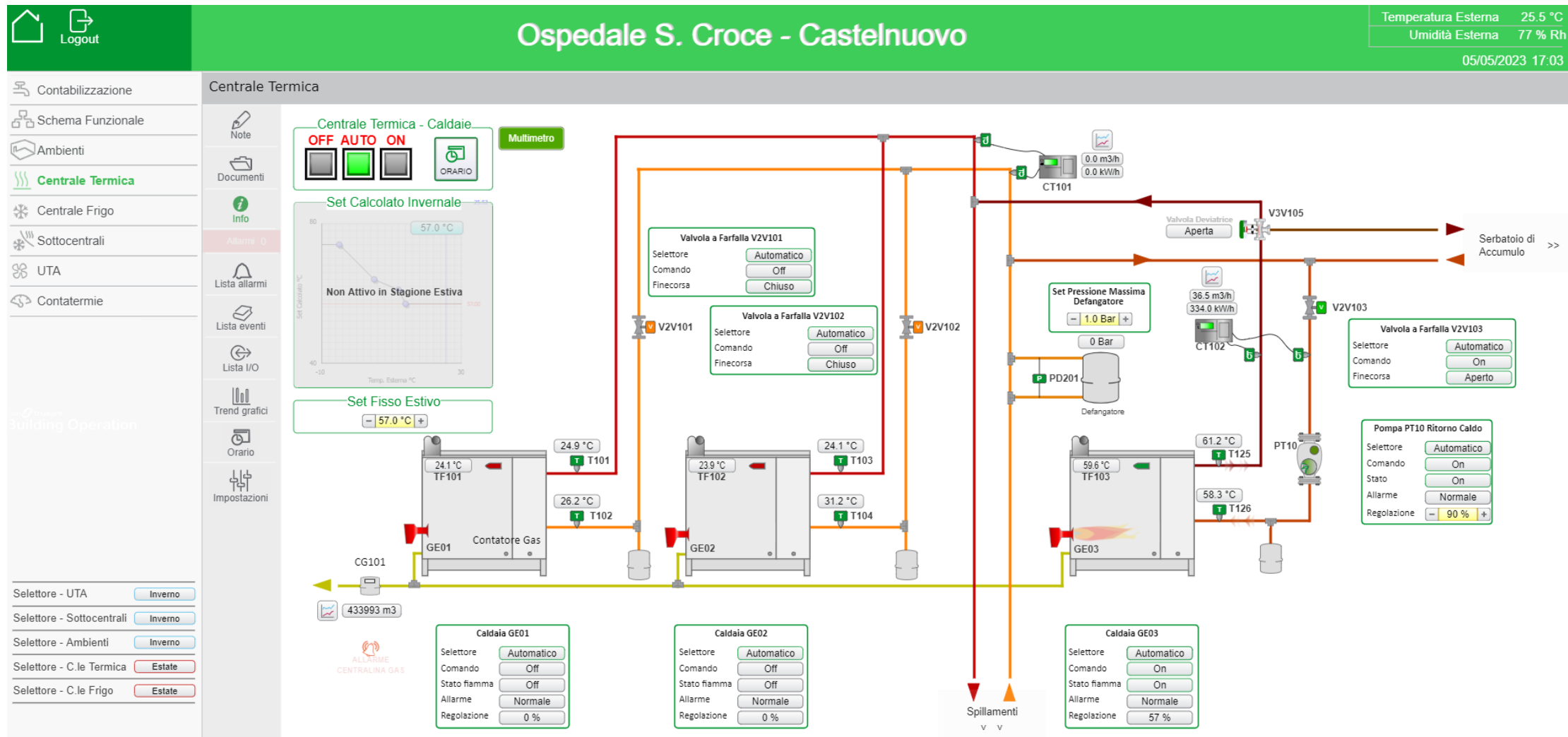
POST

Ospedale di Volterra
Gruppo pompe

Schema di **EcoStruxure**:

- Enterprise Central:** Server centrale che raccoglie dati da tutti gli *Enterprise Servers*. Nel presente caso localizzato presso l'ospedale unico Versilia di Camaiore.
- Enterprise Server:** Dispositivi locali negli edifici, che coordinano i controller e inviano dati all' *Enterprise Central*. Nel nostro caso pari a nove dispositivi per tredici strutture.
- Moduli per il controllo ambientale:**
Quadri di telegestione:
 - AS-P (Automation Server Premium)** : Controller avanzato che gestisce operazioni complesse e coordina dispositivi locali. Può operare autonomamente o in rete, ideale per impianti più sofisticati.
 - AS-B (Automation Server Basic)** : Controller per operazioni locali più semplici, che gestisce impianti specifici e comunica con l'AS-P e i server.Controllers:
 - MP-C (Multi-Purpose Controller)** : Controller per gestire apparecchiature multiple, principalmente HVAC, ottimizzando l'efficienza energetica.
 - RP-C (Room Purpose Controller)** : Controller dedicato a singoli ambienti, regolando comfort locale tramite sensori e attuatori.
- Site IP Network:** Rete di comunicazione tra tutti i dispositivi per assicurare gestione integrata.
- Workstation Client & Web-station Client:** Interfacce grafiche per il controllo e monitoraggio del sistema, accessibili da computer e dispositivi mobili.



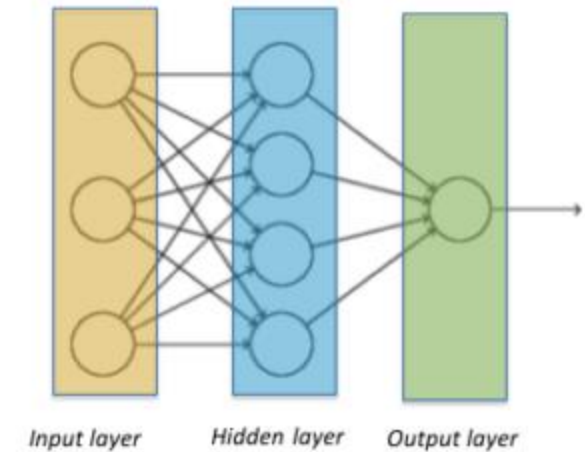
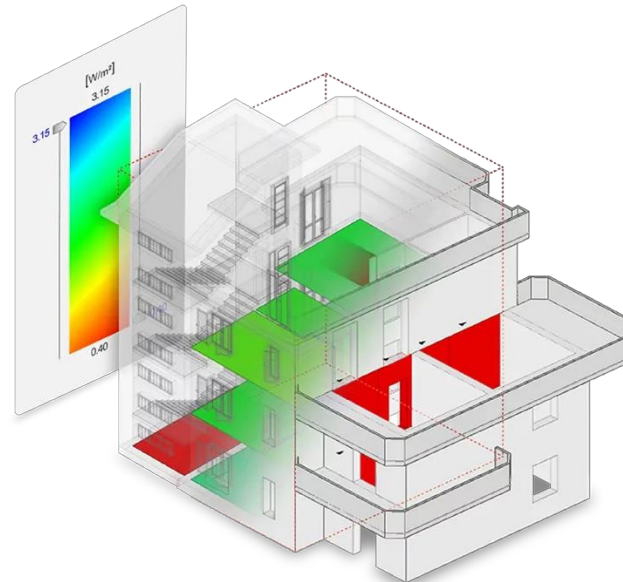


| | |
|---------------------------|---------|
| Selettore - UTA | Inverno |
| Selettore - Sottocentrali | Inverno |
| Selettore - Ambienti | Inverno |
| Selettore - C.le Termica | Estate |
| Selettore - C.le Frigo | Estate |

DIFFERENTI APPROCCI ALLO SVILUPPO DI MODELLI PREDITTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI



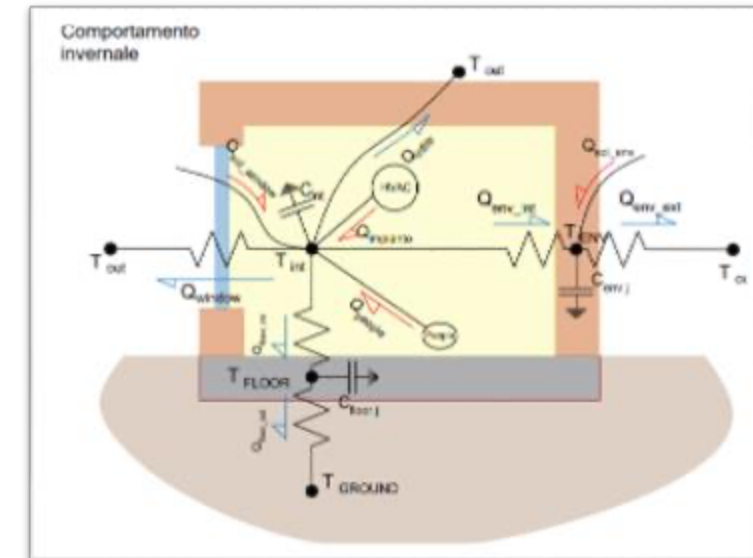
VS



DIFFERENTI APPROCCI ALLO SVILUPPO DI MODELLI PREDITTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI



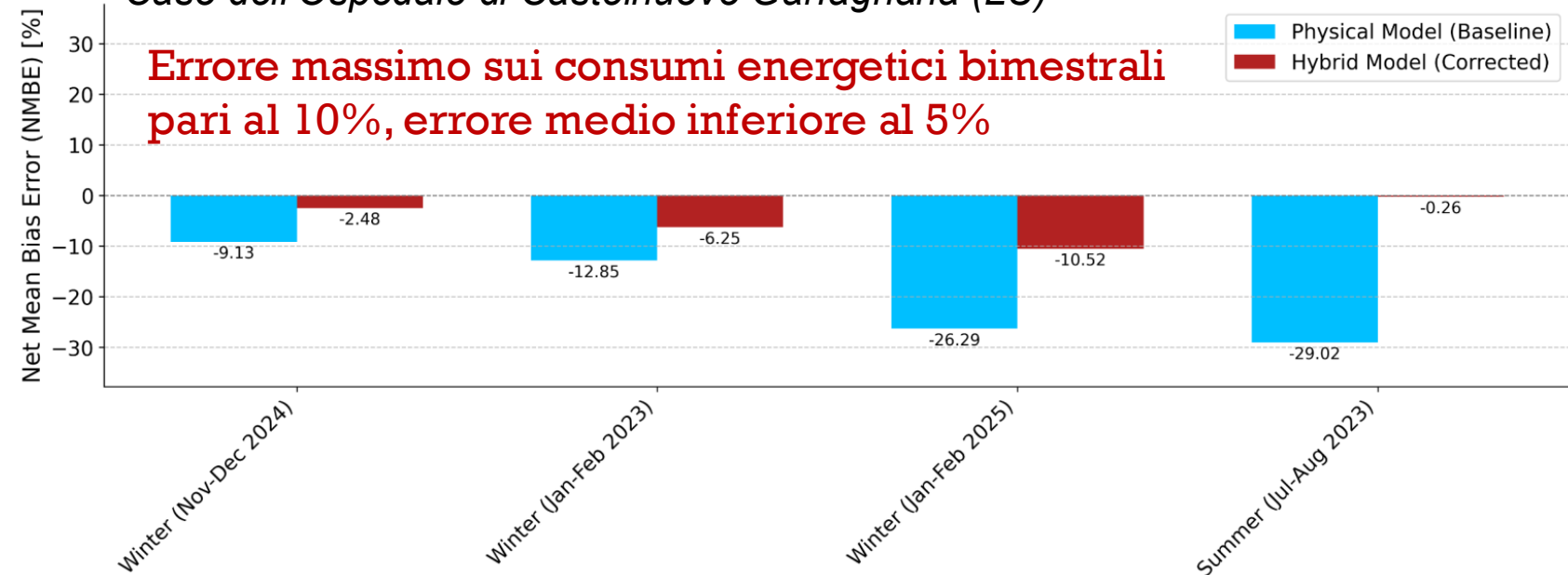
- Modellazione molto semplificata del comportamento energetico dell'edificio;
- Il comportamento fisico del sistema è garantito da bilanci energetici essenziali;
- L'impatto delle variabili di ingresso conosciute con maggiore incertezza vengono determinate attraverso tecniche di AI.



RISULTATI OTTENUTI CON I MODELLI GRAY-BOX EVOLUTI

- Con i modelli Gray-Box evoluti (integrati con sistemi di AI) possono essere realizzati **modelli predittivi molto accurati**, con **tempi di modellazione contenuti** (decisamente inferiori ai modelli White-Box) e **oneri computazionali limitati** (decisamente inferiori ai modelli Black-Box).

Esempio della capacità predittiva del modello Gray-Box evoluto (rosso) sviluppato dall'Università di Pisa, rispetto ad un modello tradizionale White-box (azzurro) – Caso dell'Ospedale di Castelnuovo Garfagnana (LU)



GRAZIE PER
L'ATTENZIONE

Giacomo Salvadori, PhD

Università di Pisa

Professore Associato di «Fisica Tecnica Ambientale»

Dip. di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Largo Lucio Lazzarino 1, 56122 PISA (I), tel.: +39 050 2217144

<giacomo.salvadori@unipi.it>

 **DESTEC**
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA
DELL'ENERGIA, DEI SISTEMI, DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI

 **UNIVERSITÀ
DI PISA**