



# MODALITÀ DI CLIMATIZZAZIONE INNOVATIVE: IL COMFORT PER GLI UTENTI E LE RICHIESTE DELLA RETE

Proff. Mario Motta e Federico Pedranzini –  
Politecnico di Milano

Partner di progetto:



Finanziato da:



In collaborazione con:



## Indice

- Obiettivi
- Impianto dimostrativo: il sito
- Impianto dimostrativo: gli interventi
- La logica del controllo
- Funzioni accessorie
- Contestualizzazione Edificio 25
- Conclusioni

**Sviluppo e test di una nuova metodologia di gestione degli impianti di climatizzazione invernale/estiva con seguenti requisiti:**

- Ottenere una definita classe di comfort con il minimo consumo di energia primaria → sfruttando funzionalità offerte da un impianto con generazione multipla.
- Gestire la potenza elettrica assorbita (da contrattazione con il gestore di rete) → definizione livelli di comfort compatibili con il vincolo imposto (consumi di energia elettrica).
- A fronte di situazioni di richiesta di riduzione dei consumi non prevista, gestire i carichi correlati al sistema HVAC definendo una serie di priorità prestazionali e tutelando le prestazioni definite critiche.

Area MILANO (Citta Studi):

Politecnico Milano (Campus Leonardo),

Edificio 25:

- Edificio esistente;
- Generatori potenza termica:
  - 2 Caldaie a gas anno 1994 (244+244kW termici)
  - 1 Chiller condensato ad aria (480kW frigoriferi)
- Sistema aria (primaria) di rinnovo a portata costante (38000 m<sup>3</sup>/h);
- Sistema di controllo delle temperature tramite ventilconvettori;



- Edificio esistente → nessun intervento sull'involucro;

## **Modifiche al sistema HVAC**

- Caldaie + Chiller → 2 PdC reversibili (aria/acqua + acqua/acqua)
- Sistema ad aria (primaria) a portata costante → Sistema ad aria a portata variabile (max 38000 m<sup>3</sup>/h)
- ventilconvettori → nessun intervento

## **Ulteriori interventi HVAC:**

- Utilizzo vasca accumulo (prevenzione incendi) per accumulo termico ad utilizzo estivo (23m<sup>3</sup>);
- Free-cooling con acqua di falda;
- Mantenimento caldaie per backup.

**Il consumo di un sistema HVAC dipende da due aspetti:**

1. dalla situazione di carico
  - esterna: meteo – carichi esterni e di ventilazione;
  - interna: occupazione delle aule – carichi interni.
  
2. dalle prestazioni desiderate (livelli di comfort ambiente).
  - Comfort termico: temperatura e umidità interna;
  - Qualità dell'aria: concentrazione degli inquinanti di origine interna.



**ottenimento della prestazione** → mantenimento dei corretti valori di portata (aria di rinnovo e acqua di alimentazione dei terminali) e delle corrette temperature di generazione della potenza termica.



## **controllo tradizionale ( impianti a portata costante).**

si basa su regolazione di campo e su una serie di set-point da mantenere:

Le portate e le temperature di generazione sono quelle capaci di garantire la prestazione di progetto (la più onerosa) nella situazione di progetto (la più gravosa).

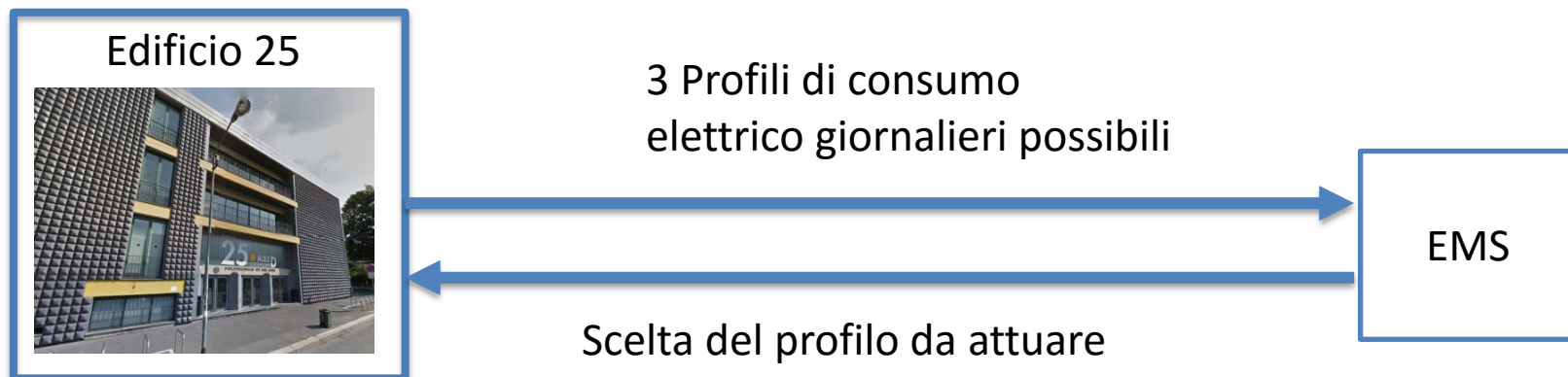
I valori di portata e di temperatura così definiti non sarebbero necessari in condizioni meno onerose, pertanto un sistema evoluto deve essere funzionalmente in grado di modulare:

- Portate di distribuzione (aria e acqua) – passaggio al VAV
- Temperature di generazione (acqua) – definizione UTA a differenti set di produzione.



Il **controllo predittivo** implementato consente di considerare, ogni giorno per il giorno successivo, le effettive condizioni meteo e le prestazioni che si desiderano ottenere.

Classe di comfort (UNI EN 7730) (estate)	Temperatura operativa [°C]
A	24.5±1
B	24.5±1.5
C	24.5±2.5

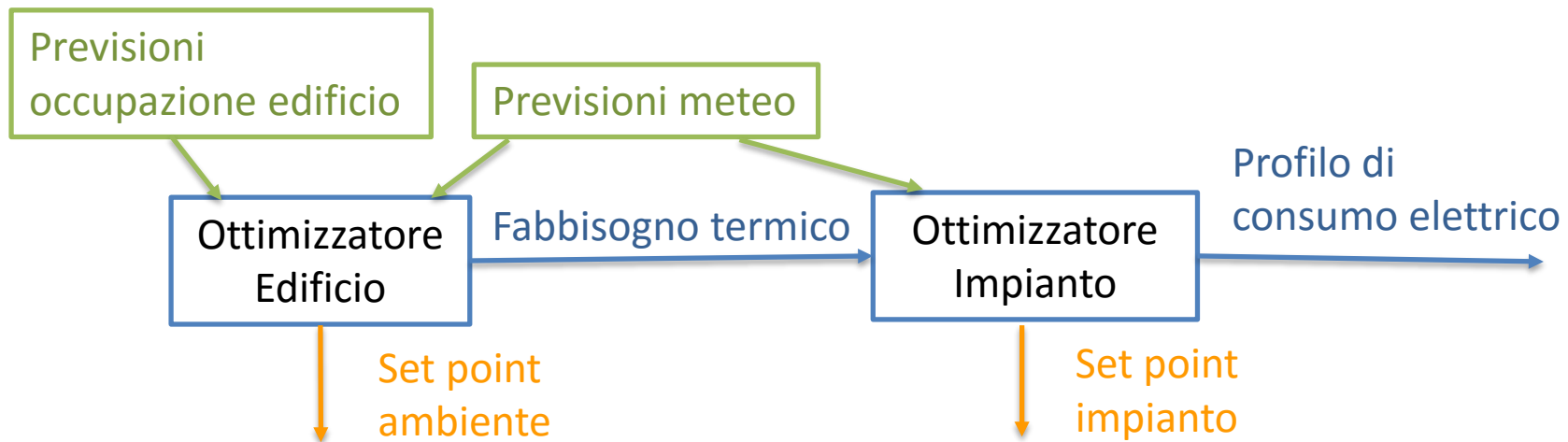




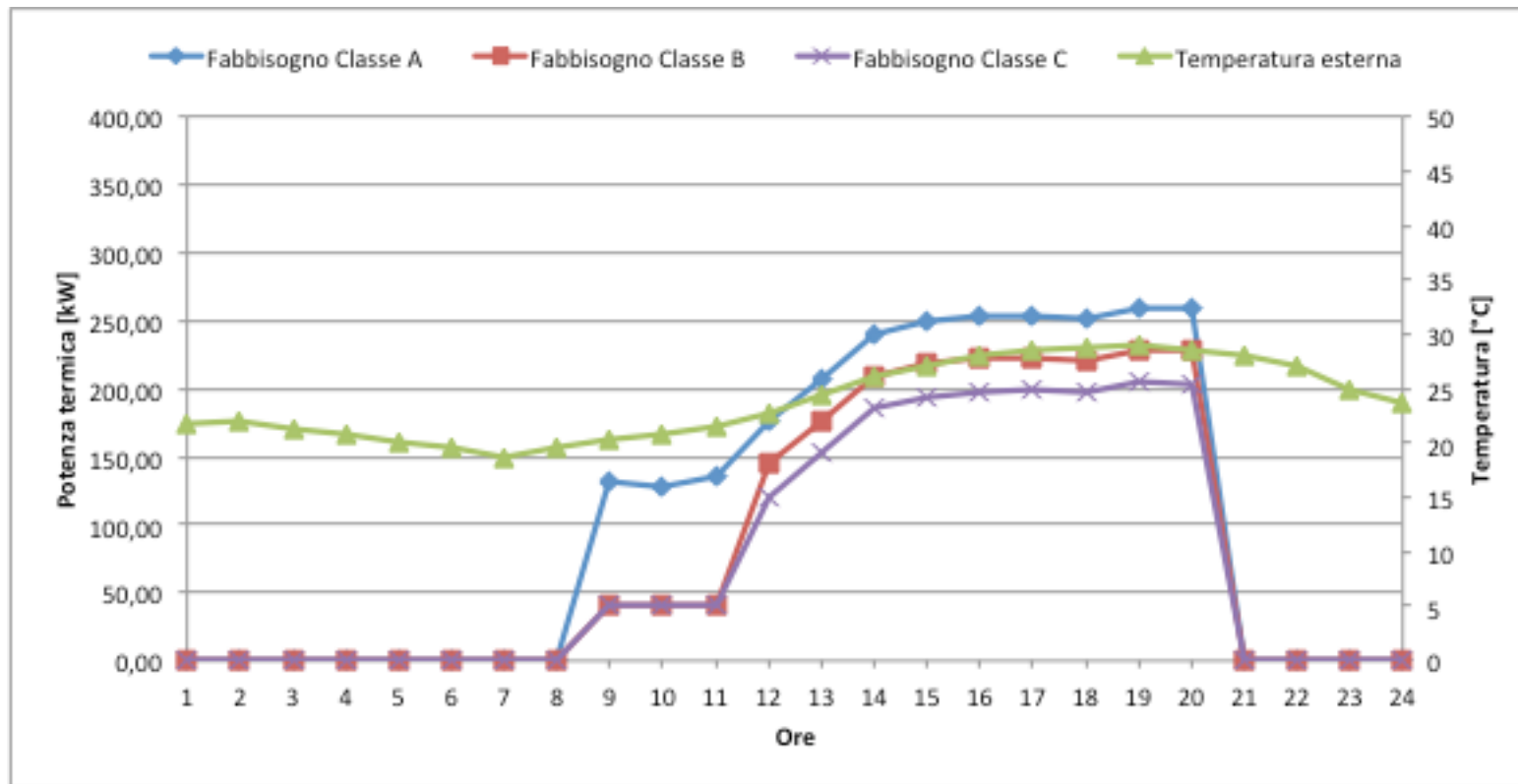
**Generazione profilo** (procedura ripetuta per 3 volte):

1. Definizione del livello di comfort
2. **Ottimizzatore Edificio**: previsione del fabbisogno giornaliero per mantenere il livello di comfort prescelto tramite logiche di controllo avanzate
3. **Ottimizzatore Impianto**: gestione ottimale delle macchine per garantire la richiesta termica dell'edificio --> profilo di consumo elettrico

**Attuazione del profilo** scelto dall'EMS, tramite set point ambiente e impianto

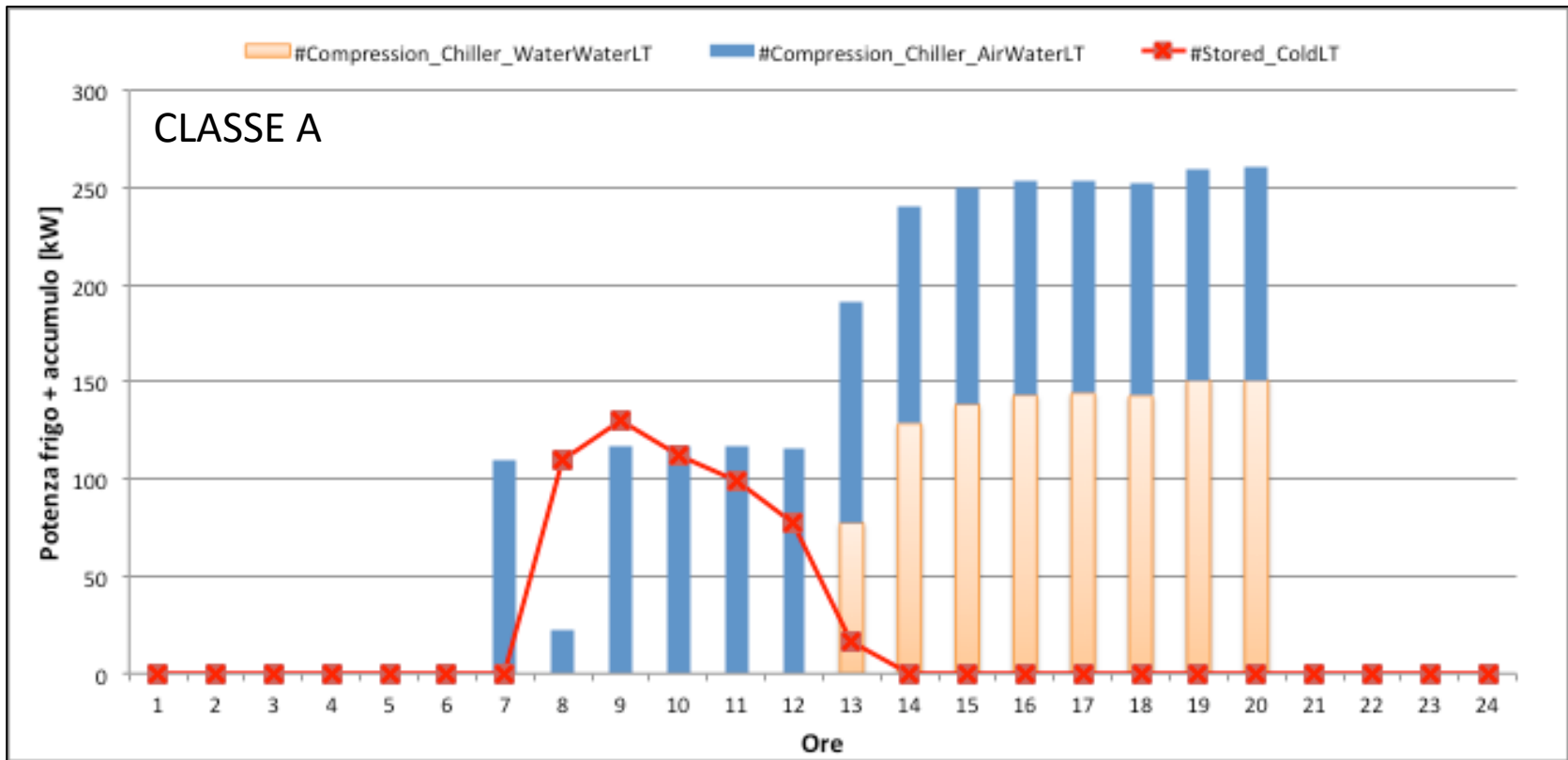


## FASE 1: Simulazione dinamica dell'edificio



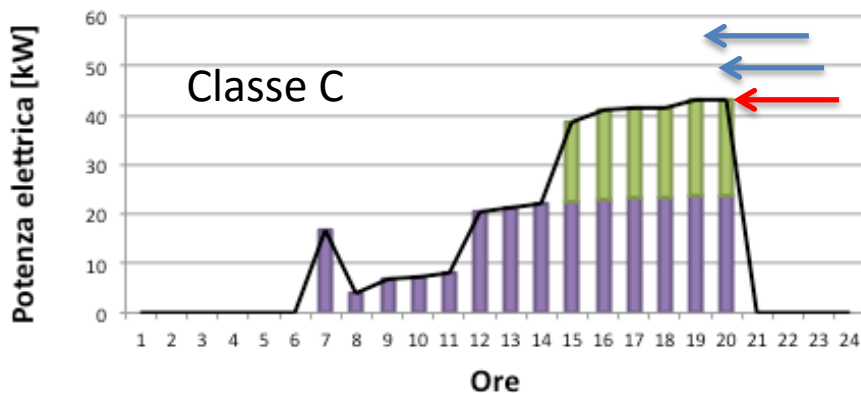
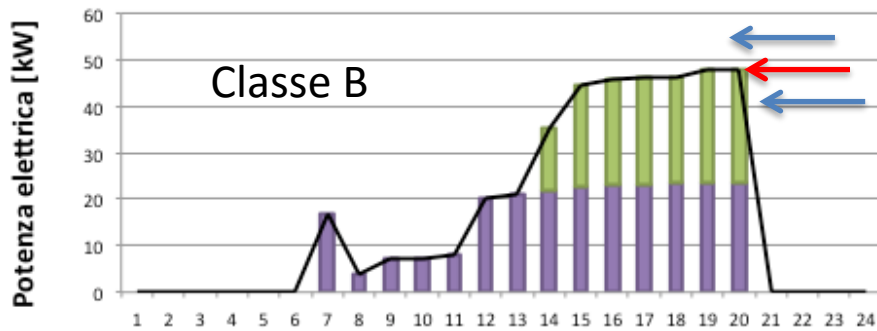
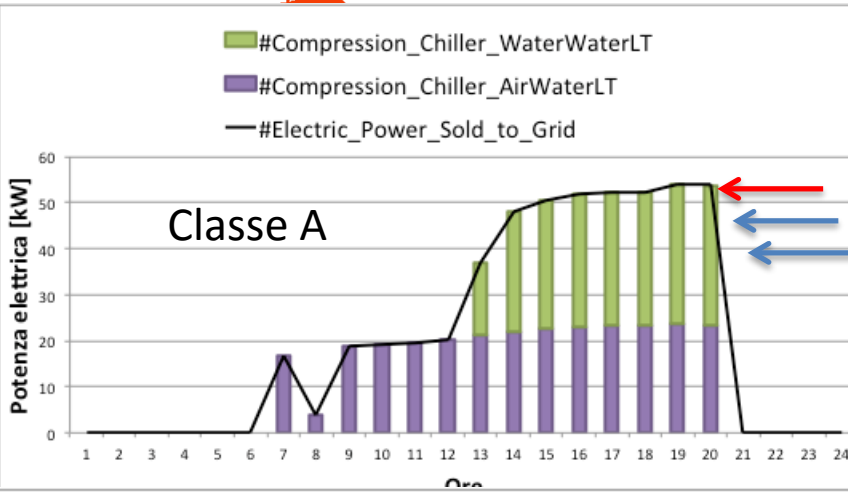
*fabbisogno stimato in Classe A,B,C - dati 28 giugno 2016 occupazione 100%*

**FASE 2 : ottimizzazione dei generatori (Dcogen)**  
 (dati 28 giugno 2016 occupazione 100%)



*Ottimizzazione generatori e accumulo dati 28 giugno 2016 occupazione 100%*

# logica del controllo



## FASE TRE :

Valutazione dei consumi per ogni fascia di Comfort

I tre profili vengono inviati al sistema Energy Manager System (EMS) che, valutando in base alle condizioni della rete, ad una eventuale negoziazione o semplicemente richieste di riduzione di carico, decide su quale livello di comfort far funzionare l'impianto il giorno successivo.

*Previsione consumi elettrici (curve A,B,C)  
dati 28 giugno 2016 occupazione 100%*

## **FASE QUATTRO:**

I tre profili vengono inviati al sistema Energy Manager System (EMS) che, valutando in base alle condizioni della rete, ad una eventuale negoziazione o semplicemente richieste di riduzione di carico, decide su quale livello di comfort far funzionare l'impianto il giorno successivo.

## **FASE CINQUE:**

In base al livello di comfort definito, SI TRASMETTE AL CAMPO:

- a) Profilo set point di Temperatura ed Umidità da inviare ai regolatori di campo ad ogni ora del giorno successivo, al fine di mantenere i profili di consumo previsti e garantiti.
  
- b) Profilo orario di attivazione delle macchine (scenari)  
I profili orari di consenso ai differenti sistemi di generazione della potenza termica, includendo scarica dell'accumulo (se preventivamente caricato) e l'adozione del free cooling (ad aria e/o ad acqua)

main agg.3

APRI OPC COSTER

APRI SWC701

Consumi E.E

Consumi TERMICI

Trend

Stati campo

(1) INIEZIONE CALDATE SU

OK START POMPE DA PDC ACQUA

ABILITAZIONE PDC ACQUA DA C

ANOMALIA/ALLARME PDC ACQUA

ABILITAZIONE PDC AZIA DA COSTER

ANOMALIA/ALLARME PDC AZIA

UTA1

UTA2

SET MANUALE

0

SET AUTOMATICO

1

ALARM

TEST

U% ESTERNA

51 %

TEMP. ESTERNA

33 °C

26 °C TEMP. MEDIA PIANO INTERRATO

27 °C TEMP. MEDIA PIANO RIALZATO

28 °C TEMP. MEDIA PIANO PRIMO

28 °C TEMP. MEDIA PIANO SECONDO

27 °C TEMP. MEDIA AULE

4 COP/EER PDC ACQUA

0 COP/EER PDC AZIA

124,0 kW E. IMPIEGATA PER CLIMATIZZARE E AZIA PRIMARIA

453,5 kW P. PRODOTTA/ASPORTATA

0 n. fan coil in automatico

19 n. fan coil in manuale

OTTIMIZZATORE on

OTTIMIZZATORE off

SET INVERNO (0)

INVERNO + ESTATE FAN COIL (9)

STOP (3)

STOP + SOLO AZIA PRIMARIA (6)

STOP + SOLO AZIA PRIMARIA+FC (7)

SET FREE COOLING-DA POZZO (2)

EST

SET ESTATE (1)

ALG

SET

(F1) Clima Piano Interrato

(F2) Clima Piano Rialzato

(F3) Clima Piano Primo

(F4) Clima Piano Secondo

(F5) Accumulo

(F6) Pompa di calore ACQUA

(F7) Pompe

(F8) UTA - 2

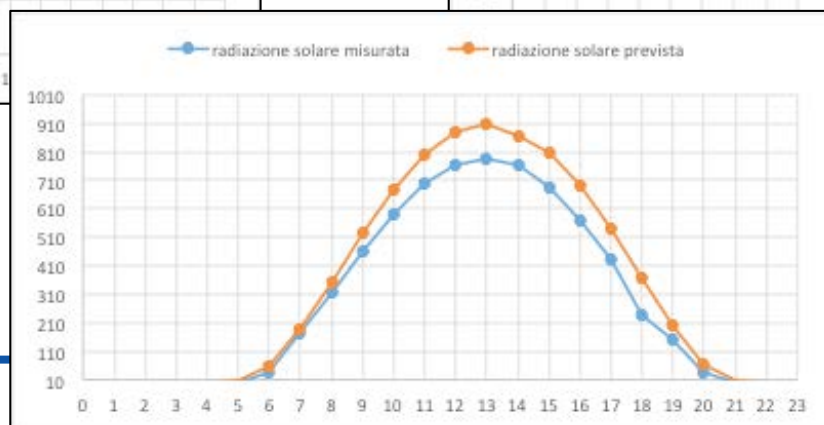
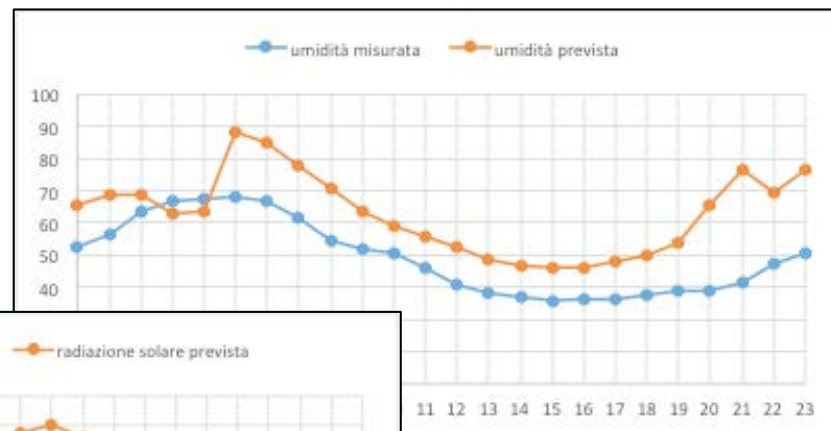
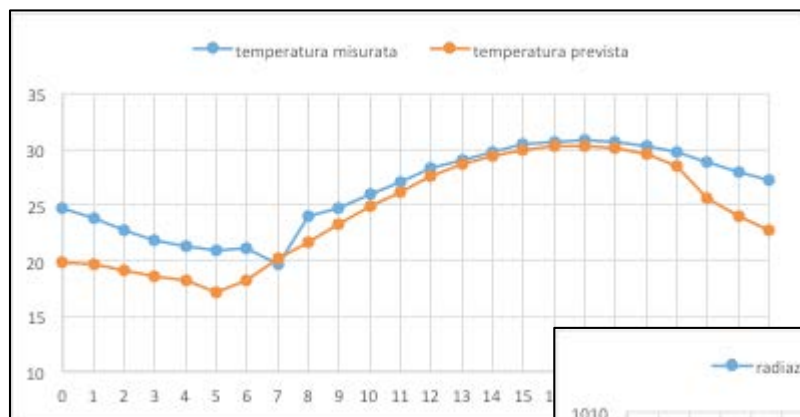
(F9) UTA - 1

(F10) Caldaie

## Attività di verifica delle previsioni meteo e di occupazione:

Dai dati del campo si risale alla verifica che le condizioni siano coerenti con quelle previste, in caso contrario il sistema può:

- Dare priorità alla prestazione: impostando funzionamento a regime conservativo;
- Dare priorità ai vincoli di consumo: declassando le prestazioni.



## Attività di consuntivo:

Dai dati del campo si risale alla verifica della correttezza dei risultati del modello di simulazione dinamica consentendo un'opera off-line di affinamento dei parametri caratteristici del modello:

- trasmittanze;
- rese specifiche dei terminali;
- tasso di inquinamento legato alla presenza di persone;
- parametri prestazionali delle superfici vetrate;
- inerzia delle strutture;
- Rendimenti di trasmissione, regolazione e rendimento;
- EER (energy efficiency ratio) e COP (coefficient of Performance) reali.



## Funzionamento in situazione di emergenza

In caso di modifica o di ordine di riduzione del carico, il sistema è in grado di rispettare una priorità di distacco, andando a gestire la potenza a disposizione (eventualmente anche e solo in freecooling oppure in freecooling + scarica accumulo) secondo un criterio di priorità sulle prestazioni del sistema HVAC:

### Priorità

- Mantenimento di un valore di minima ventilazione garantito;
- Mantenimento di temperature minime invernali;
- Disattivazione del controllo dell'umidità relativa.

In caso di applicazione su edifici di nuova costruzione ulteriori vantaggi potrebbero essere conseguiti agendo su:

**edificio :**

- schermi solari;
- miglioramento generale del comportamento dell'involucro.

**Impianti:**

- migliore coibentazione delle reti, utilizzo di terminali a bassa temperatura (riferiti al caso invernale);
- Realizzazione di un sistema di recupero di calore dall'aria espulsa sulle UTA;
- Implementazione di un volume di accumulo maggiore e più isolato utilizzabile anche per il caso invernale;
- ...

## **controllo smart:**

- scelta del generatore più efficiente alle condizioni ambientali e di carico considerate;
- sfruttamento di un accumulo termico per lo spostamento dei carichi quando la generazione è economicamente conveniente;
- la scelta della temperatura ottimale per la generazione dell'energia termica/frigorifera.

## **riduzione dei consumi:**

- Trasformazione CAV – VAV riduzione fino al 50%;
- Controllo predittivo: 5-10%;

## **Ulteriori vantaggi:**

Contrattazione con il gestore.

Modulazione del carico tramite modulazione delle classi di comfort.

Prof. Maurizio Delfanti

Prof. Giampaolo Manzolini

Ing. Mauro Pozzi

Ing. Valeria Olivieri

Ing. Erica Zavaglio

Ing. Alessandro Sivieri

Ing. Silvia Garone

Ing. Matteo Zanchi

Ing. Luca Pauletti

Ing. Carlo Russo

Ing. Aldo Bischì