



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Riqualificazione Energetica UNIFI

Analisi consumi, Monitoraggio energetico e Valutazioni interventi

Autori: Marco Zini, Davide Bertini, Carlo Carcasci, Bruno Facchini

Contatti: marco.zini@unifi.it , davide.bertini@unifi.it , carlo.carcasci@unifi.it , bruno.facchini@unifi.it

Data: 14/02/2023

Introduzione

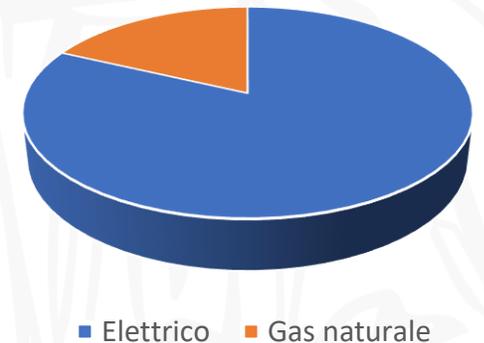
✓ UNIFI è una realtà complessa.....

- Consistenza significativa del patrimonio edilizio (> 500.000 mq)
 - Articolazioni su numerose sedi
 - Edifici con caratteristiche e classificazione energetica spesso non ottimali
- Diversificazione negli impieghi e nelle tipologie di consumo
 - Didattica e funzioni amministrative
 - Laboratori di ricerca

✓questo comporta consistenti consumi energetici

- Contenere i consumi energetici rappresenta un obiettivo primario
 - Molto importante un comportamento responsabile ad ogni livello
- Con le **attuali tariffe** i costi energetici comportano un costo annuo di oltre **20 M€**
 - Circa l'**80%** sono imputabili ai consumi di **energia elettrica**
 - Servizi generali, laboratori, condizionamento estivo
 - L'**energia termica** ha un'incidenza minoritaria
 - Riscaldamento invernale

Costi energetici



Introduzione

- ✓ E' stato costituito un *Gruppo di Lavoro (GdL) Energia* con la collaborazione di alcuni Dipartimenti

- ✓ Le attività del **GdL** sono volte a
 - Analizzare nel dettaglio i consumi energetici e le caratteristiche di edifici e impianti del sistema UNIFI
 - Indicare possibili azioni a breve e medio termine, per il risparmio energetico e il contenimento dei consumi

- ✓ Per fare ciò è stato necessario operare su più livelli
 - Analisi preliminare dei consumi e individuazione di edifici e sedi più energivore
 - Sopralluoghi presso le strutture individuate
 - Raccolta e analisi dei dati disponibili
 - Elaborazione dei dati di consumo e sviluppo di modelli energetici evoluti
 - Proposta e valutazione di possibili interventi

Analisi e valutazione dei consumi energetici

- ✓ Tecniche di analisi ed elaborazione dati dei consumi energetici
 - Obiettivi:
 - Analizzare sistematicamente *QUANDO* e *COME* l'energia viene utilizzata
 - Applicare metodologie di diagnosi evoluta che consentano un *monitoraggio virtuale*
 - Individuare trend storici e anomalie nei consumi
 - Proporre e quantificare eventuali interventi correttivi

Analisi consumi energia elettrica

✓ Edifici analizzati (al 31/12/22)

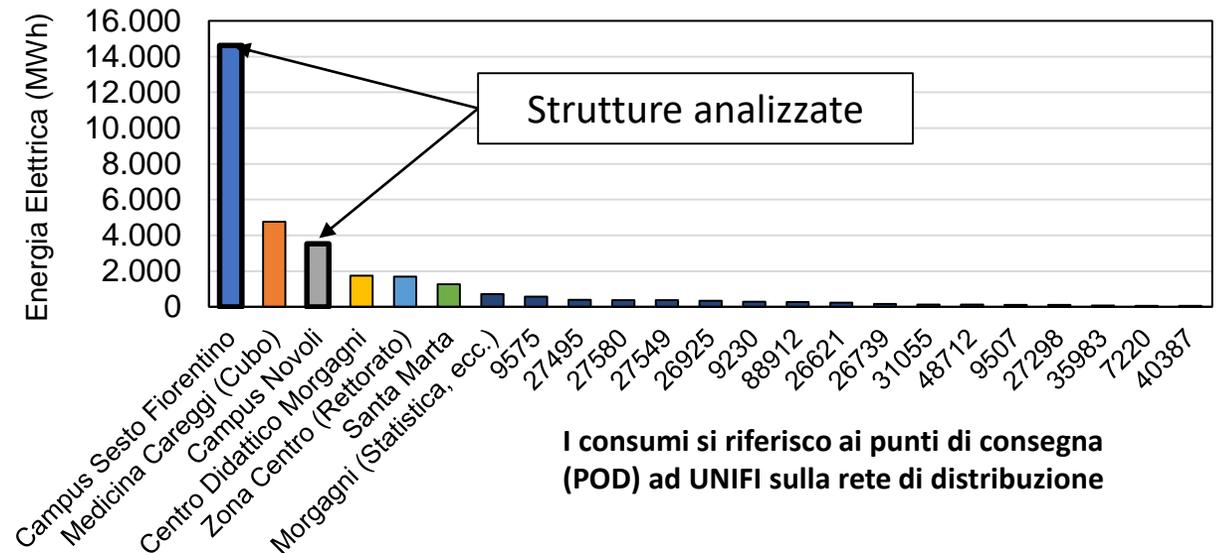
➤ Campus di Sesto Fiorentino:

- *Via Lastruccia, 5 - Sesto Fiorentino*
- (Plessi nel complesso) Edificio più energivoro
 - ☐ 46% dei consumi annui totali
- rappresentativo delle strutture che accolgono (molte) attività di laboratorio

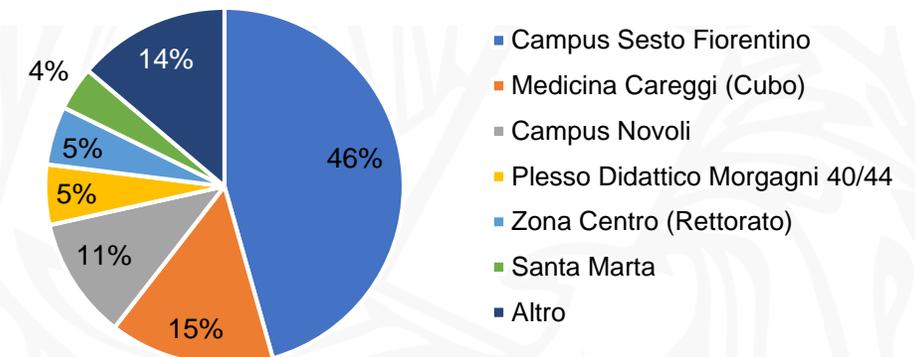
➤ Campus di Novoli:

- *Via Enrico Forlanini, 1 - Firenze*
- 3° in classifica consumi 2021
 - ☐ 11% dei consumi annui totali
- rappresentativo di strutture completamente didattiche e di ufficio

Consumi Energia Elettrica - 2021



I consumi si riferiscono ai punti di consegna (POD) ad UNIFI sulla rete di distribuzione

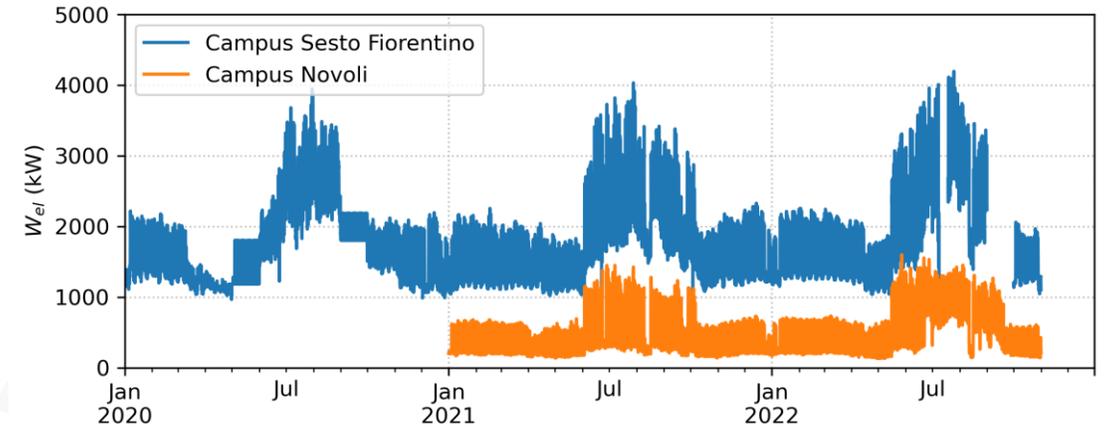


Applicazioni di metodi di analisi evoluti - monitoraggio virtuale -

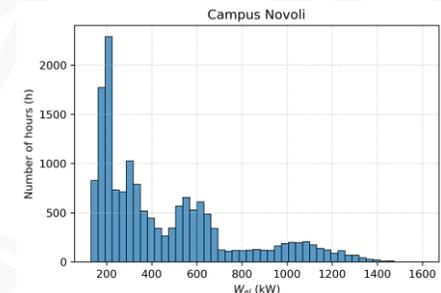
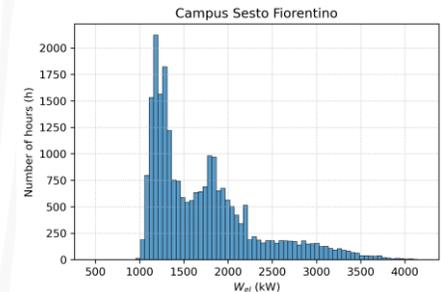
- ✓ Dati orari relativi a consumi di energia elettrica
 - Disponibili al download sul portale del fornitore di energia
 - Campus Sesto Fiorentino: 01/01/2020 - 31/10/2022
 - ☐ 23874 h (91% su 3 anni)
 - Campus Novoli: 01/01/2021 - 31/10/2022
 - ☐ 16054 h (92% su 2 anni)

- ✓ Dati climatici orari precedentemente in possesso
 - Stazione climatica LaMMA (Peretola)

Feature	U.d.M.	Descrizione
T_{db}	K	Temperatura ambiente esterno
RH	%	Umidità relativa
p_{amb}	bar	Pressione aria ambiente
SR_{gl}, SR_{diff}	W/m^2	Radiazione solare globale e diffusa



	Sesto Fiorentino	Novoli
hours	23'871	16'054
mean	1'721.2	460.3
std	592.2	304.1
min	449.7	130.8
25%	1'251.9	210.0
50%	1'568.4	342.6
75%	1'987.4	610.8
max	4'195.8	1'599.6



Campus Sesto Fiorentino - analisi statistica dati di consumo

Curve di carico (giorni feriali)

✓ Forte stagionalità della richiesta di energia elettrica

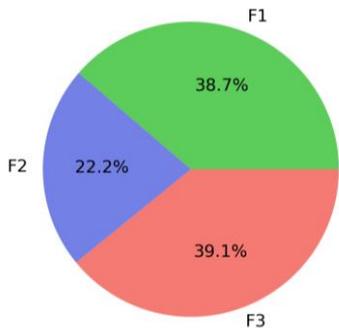
- Con temperatura aria esterna > 20 °C
 - Incremento consumi lineare con la temperatura
 - Elevato impatto dei sistemi di climatizzazione

✓ Rilevante consumo basale

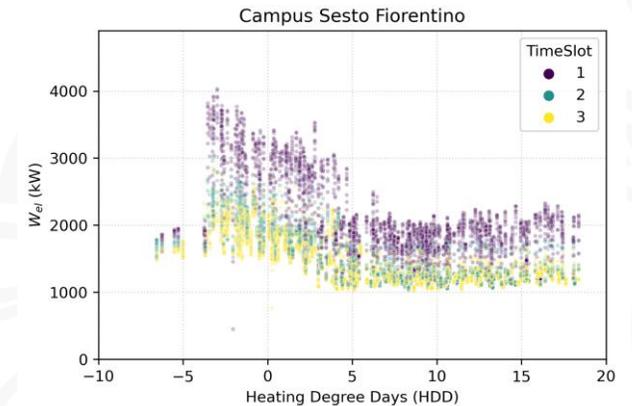
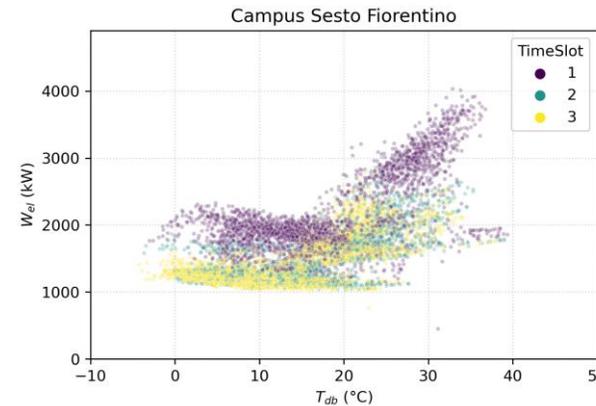
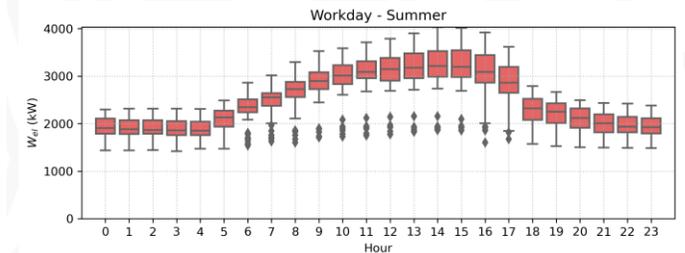
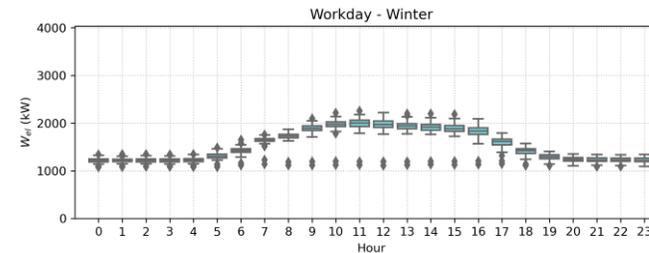
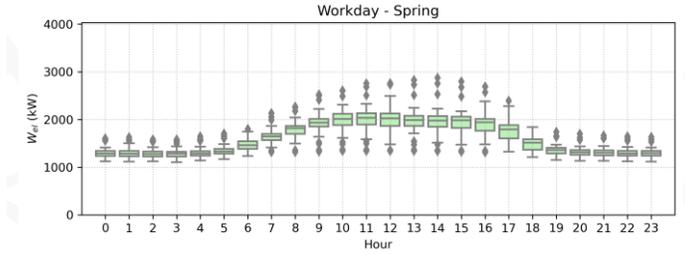
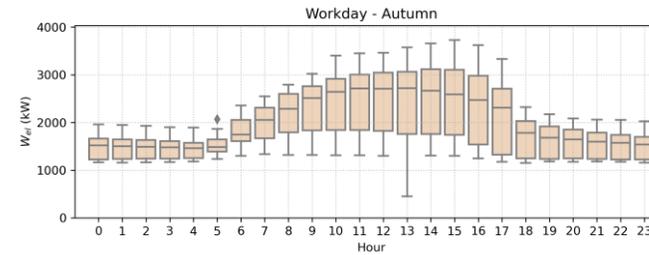
- Durante la notte ed i fine settimana
- Apparecchiature di laboratorio necessitano alimentazione continua

✓ Consumi distribuiti tra le fasce orarie

- principalmente F1 ed F3



Time	0 - 7	7 - 8	8 - 19	19 - 23	23 - 24
Workdays	F3	F2	F1	F2	F3
Saturday	F3	F2	F2	F2	F3
Sunday	F3	F3	F3	F3	F3



Campus Novoli - analisi statistica dati di consumo

Curve di carico (giorni feriali)

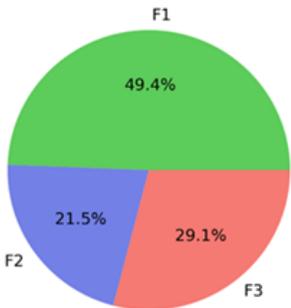
✓ Forte stagionalità della richiesta di energia elettrica

- Con temperatura aria esterna > 20 °C
 - Incremento consumi legato alla temperatura
 - Elevato impatto dei sistemi di climatizzazione

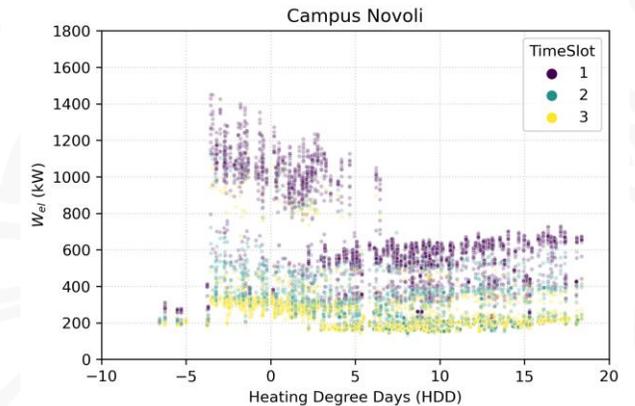
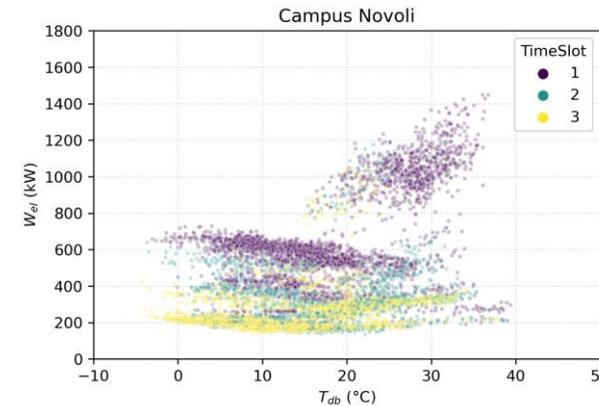
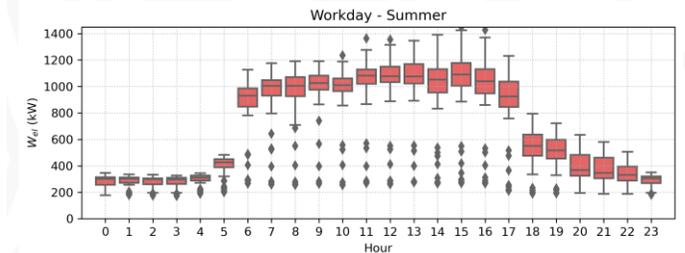
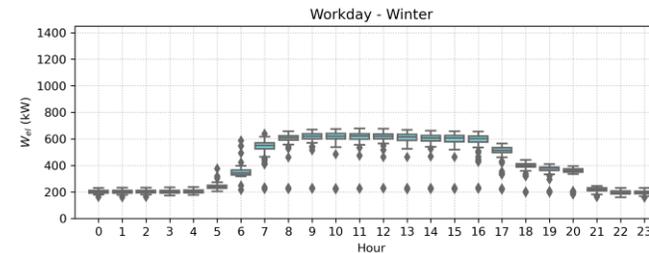
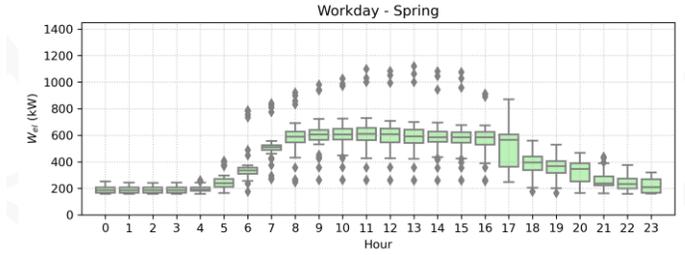
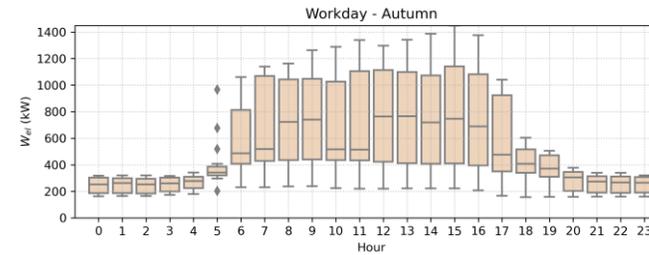
✓ Prevalente consumo in fascia F1

- Durante i giorni di lavoro in orario 8-19
- Consumi guidati da attività didattica ed uso ufficio
- Comunque significativi i carichi nelle fasce 2-3
 - Aperture prolungate
 - Sistemi di illuminazione

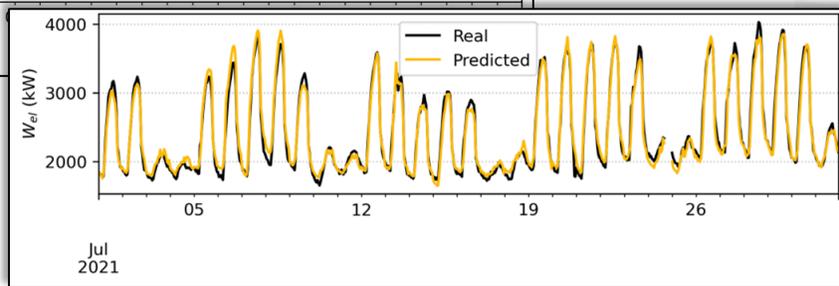
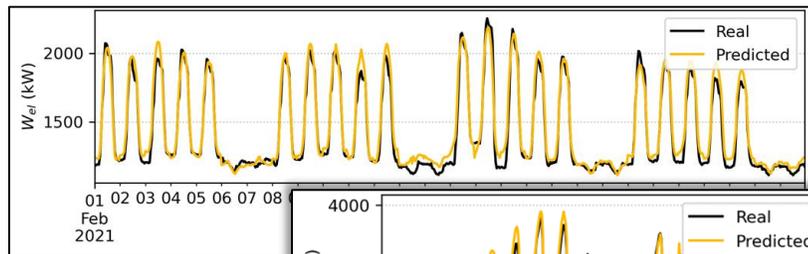
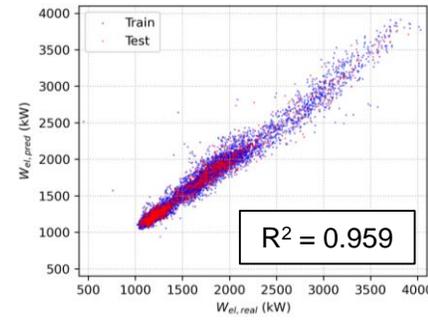
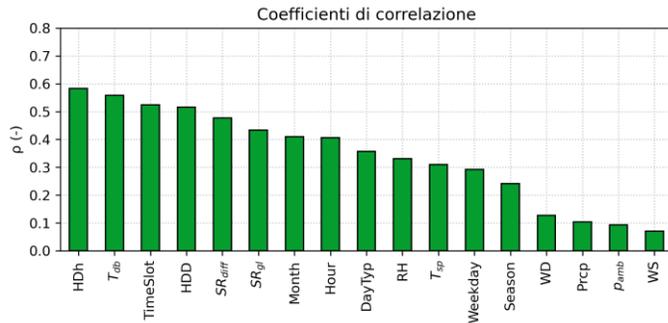
✓ Consumi distribuiti tra le fasce orarie



Time	0 - 7	7 - 8	8 - 19	19 - 23	23 - 24
Workdays	F3	F2	F1	F2	F3
Saturday	F3	F2	F2	F2	F3
Sunday	F3	F3	F3	F3	F3



Campus Sesto Fiorentino: *Machine Learning* model training



✓ E' possibile effettuare valutazioni partendo dai dati pregressi - *monitoraggio virtuale*

✓ **Modello predittivo** energia elettrica

➤ Addestrato su anno **2021**

➤ Dati di input

▪ climatici

- Temperatura aria esterna
- Umidità relativa
- ...

▪ calendario

- Ora del giorno
- Mese dell'anno
- ...

➤ Previsioni possono essere usate per

▪ **individuazione anomalie nei consumi**

tramite metodi statistici (CUsum)

▪ Stima risparmio giorni di chiusura

Applicazione a valutazione di dati storici

Monitoraggio virtuale: esempio CUsUM

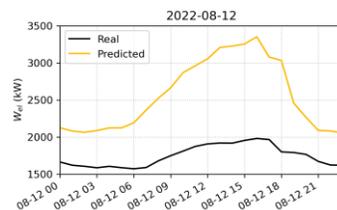
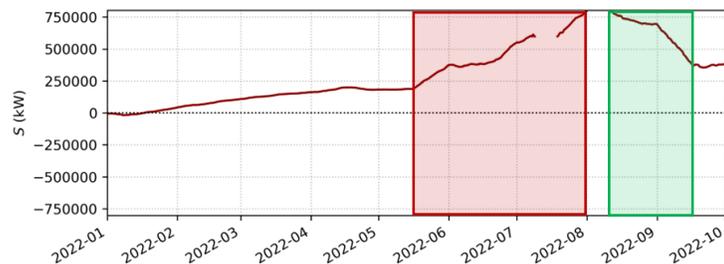
✓ Somma cumulata degli scostamenti tra consumo reale e predetto

- Curva crescente → Consumi superiori agli attesi → **Consumo eccessivo**
- Curva decrescente → Consumi inferiori agli attesi → **Risparmio energetico**



Campus Sesto Fiorentino

Indirizzo: Via Lastruccia 5
Potenza disponibile: 6'100 kW
Tensione fornitura: 15'000 V

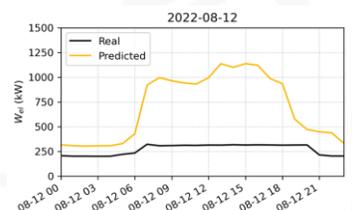
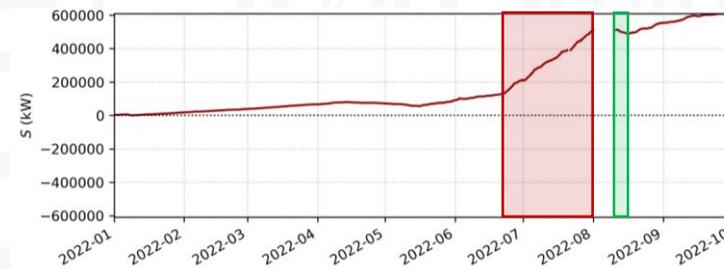


Risparmio ottenuto con giorno di chiusura: **10'600 €**



Campus di Novoli

Indirizzo: Via Forlanini 1
Potenza disponibile: 2'800 kW
Tensione fornitura: 15'000 V



Risparmio ottenuto con giorno di chiusura: **5'600 €**

Proposte interventi – (breve termine)

- ✓ Analisi consistenza documentazione, tipologia e conformazione di edifici ed impianti (*in corso*)
 - Prime proposte:
 - Valutazione del peso dell'illuminazione sui consumi complessivi
 - Valutazione economica di interventi volti alla sostituzione dei corpi illuminanti
 - Valutazione economica di spegnimenti selettivi e controllo avanzato

Analisi servizio illuminazione – Campus Sesto

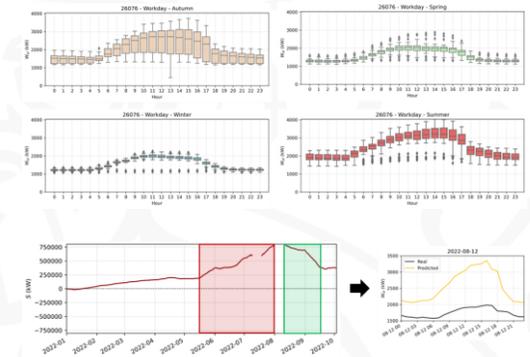
- ✓ L'utilizzo di *lampade fluorescenti* è prevalente al Campus di Sesto
 - incide fino al 20% dei consumi di tutto il plesso
- ✓ I soli Dipartimenti di Fisica e Chimica impegnano una potenza per l'illuminazione equivalente a quella necessaria per servire circa 100 abitazioni
- ✓ Interventi di **relamping** e di **gestione** ottimizzata dell'**accensione/spegnimento** degli apparecchi illuminanti:
 - Significativi vantaggi ambientali ed economici
 - Tempi di ritorno dell'investimento brevi



Conclusioni

✓ Monitoraggio energetico

- **Analizzati consumi** delle strutture: *Campus Sesto, Campus Novoli*
 - Caratterizzazione consumi tramite ricerca di *Energy Drivers*
 - Sviluppati modelli predittivi con algoritmi di **Machine Learning**
- Sviluppato **metodo di monitoraggio virtuale** del consumo energetico dei plessi analizzati
 - Capace di evidenziare anomalie nei consumi degli edifici
 - ❑ 2022 - Consumi anomali da giugno ad agosto, tornati nella norma a fine estate
 - Valutazione risparmi relativi a chiusure straordinarie



✓ Sostituzione corpi illuminanti e spegnimenti selettivi

- **Analisi preliminare** su strutture del Campus Sesto
 - Fisica, Chimica Inorganica, Chimica Organica
- Interventi previsti sembrano **promettenti** in termini di rapporto costi/benefici
- Ulteriori sviluppi
 - Analisi dovrà essere estesa a tutte le altre strutture del Campus Sesto e ad altri plessi dell'Ateneo
 - Realizzazione di campagne di misure dedicate, per comprendere meglio i reali consumi del servizio di illuminazione



✓ Sviluppo di sistemi di autoproduzione

- Valutazione in corso della fattibilità tecnico-economica di impianti FV dedicati all'autoproduzione al Campus di Sesto

✓ Introduzione progressiva di sistemi di rilevazione consumi energetici

- Maggiore comprensione del **come** viene consumata l'energia
- Applicazione del **monitoraggio energetico virtuale** in modo più **efficace, distribuito ed integrabile** con i sistemi di gestione impianti
- Possibilità di una individuazione mirata ed efficace degli interventi di efficientamento





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

Riqualificazione Energetica UNIFI

Analisi consumi, Monitoraggio energetico e Valutazioni interventi

Autori: Marco Zini, Davide Bertini, Carlo Carcasci, Bruno Facchini

Contatti: marco.zini@unifi.it , davide.bertini@unifi.it , carlo.carcasci@unifi.it , bruno.facchini@unifi.it

Data: 14/02/2023