



La gestione **integrata** degli impianti nel **retail**

L'utilizzo di sistemi di controllo e supervisione, come l'iBEMS e il CC tool, sono indispensabili per una corretta gestione dell'edificio al fine di ridurre i consumi energetici. Due casi di studio

S. Mangili, D. Antonucci*

A SEGUITO DEGLI ACCORDI raggiunti con il COP 21 di Parigi, l'Unione Europea ha sviluppato delle strategie energetiche [1] raggruppate in cinque aree principali, tra cui quella relativa all'efficienza energetica negli edifici. Questi ultimi, infatti, per il 75% sono considerati inefficienti e consumano circa il 40% dell'energia primaria[2]. La sfida iniziale, che prevedeva un aumento del 20% dell'efficienza energetica entro il 2020 [3], è stata rilanciata portando l'aumento al 27%, obiettivo da raggiungere entro il 2030.

Per risparmiare energia negli edifici è possibile identificare due tipi di interventi:

- *passivi*, che riguardano l'involucro, quali l'isolamento termico delle pareti e la sostituzione di elementi finestrati con componenti meno disperdenti;
- *attivi*, che sono inerenti all'ottimizzazione nella gestione degli impianti, cioè alla building automation.

Una categoria di edifici a consumo intensivo di energia è quella della grande distribuzione e retail, che costituisce il più grande mercato d'Europa, con circa l'11% del PIL della UE. Dal punto di vista energetico, questo settore consuma il 34% di energia elettrica (Karampour et al., 2016). In particolare, i maggiori consumi sono relativi alle attività finali di vendita (ENEA, 2014), quali:

- illuminazione di negozi e magazzini;
- climatizzazione degli ambienti;
- conservazione dei prodotti e mantenimento della catena del freddo.

I sistemi di monitoraggio energetico degli edifici, noti come BEMS – Building Energy Management Systems, permettono di risparmiare energia e aumentare la produttività degli occupanti (Savage, 2009),

in particolare se combinati con interventi di efficienza energetica.

Le principali strategie identificate per ottenere risparmi implementando un sistema di monitoraggio e controllo sono:

- la regolazione dei set point ambientali;
- la definizione delle ore di occupazione degli ambienti e di un calendario di attivazione;
- la definizione dei periodi di vacanze;
- la definizione di zone, per evitare sprechi in ambienti non occupati.

Un impianto BEMS flessibile può controllare aspetti molto diversi in uno stesso edificio, quali produzione e distribuzione di energia termica, illuminazione artificiale, sicurezza e controllo degli ingressi; inoltre, se associato a uno strumento di post-elaborazione dei dati con visualizzazione

di specifici KPIs – Key Performance Indicators, permette di verificare che il comportamento reale dell'edificio rispetti il consumo energetico definito in fase progettuale, garantendo adeguati livelli di comfort termico e visivo.

Sistemi di gestione degli impianti tecnologici

Monitoraggio e controllo

Il D.M. 26/06/2015 (MISE, 2015) ha reso obbligatoria la realizzazione degli impianti secondo la norma UNI EN 15232 (UNI, 2017), che permette di valutare concretamente l'effetto

		Definition of classes							
		Residential				Non Residential			
		D	C	B	A	D	C	B	A
AUTOMATIC CONTROL									
1	HEATING CONTROL								
1.1	Emission control								
	The control system is installed at the emitter or room level, for case 1 one system can control several rooms								
0	No automatic control								
1	Central automatic control								
2	Individual room control								
3	Individual room control with communication								
4	Individual room control with communication and presence control								
1.2	Emission control for TABS								
0	No automatic control								
1	Central automatic control								
2	Advanced central automatic control								
3	Advanced central automatic control with intermittent operation and/or room temperature feedback control								
1.3	Control of distribution network hot water temperature (supply or return)								

Figura 1 – Esempio di lista di funzionalità. Da (UNI, 2017)

LE CLASSI DI EFFICIENZA DEI SISTEMI DI AUTOMAZIONE E CONTROLLO

Le classi definite dalla norma UNI EN 15232 (UNI, 2017) sono:

- **A: high energy performance**, in riferimento all'alto livello di precisione e completezza delle funzioni di controllo automatico per garantire prestazioni energetiche elevate. Queste funzioni consentono di gestire impianti HVAC e sistemi di illuminazione elevati;
- **B: advanced**, relativo alle funzioni di automazione e controllo avanzato grazie ad alcune funzioni specifiche di gestione degli impianti. Permette una gestione centralizzata e coordinata dei singoli impianti;
- **C: standard**, riferito al sistema con funzioni di automazione e controllo di base;
- **D: non energy efficient**, riferito al sistema tradizionale senza componenti di automazione e controllo.

La classe C è considerata dal regolamento come la classe di riferimento contenente le funzioni standard tecnologiche di partenza e di base. Il D.M. 26/06/2015 (MISE, 2015) stabilisce che il livello minimo di automazione per gli edifici a uso non residenziale di nuova costruzione, o sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello e cioè quelle che incidono su almeno il 50% dell'involucro e prevedono la ristrutturazione dell'impianto termico, corrisponda alla classe B.

dell'automazione e della gestione tecnica sui consumi energetici degli immobili. La norma definisce quattro classi di efficienza, da A a D, in funzione della prestazione energetica ottenuta dai sistemi di automazione, gestione e controllo degli impianti, fornendo metodi di valutazione del risparmio energetico con l'impiego di sistemi di controllo e regolazione negli edifici [4].

Come mostrato in Figura 1, per calcolare il livello di automazione di un edificio, la norma UNI EN 15252 prevede una lista di funzionalità per ciascuna soluzione tecnologica installata in un edificio, con differenti livelli di efficienza descritti da apposite funzioni di automazione e controllo che hanno un impatto sulla prestazione energetica degli edifici. Successivamente, per ciascuna categoria di edificio, residenziale e non, vengono individuati i requisiti

minimi prestazionali da soddisfare per rientrare in una determinata classe di efficienza. Un sistema di automazione e controllo appartiene a una determinata classe se tutte le funzioni che implementa sono in quella classe specifica.

Sulla base della UNI EN 15232 il calcolo dell'impatto delle funzioni di controllo e automazione del consumo energetico dell'edificio deve seguire uno dei seguenti metodi:

- il metodo statistico, detto metodo dei fattori BACS: è una procedura rapida di calcolo basata su una tabella, che consente una stima approssimativa dell'impatto delle funzioni di BACS – Building Automation and Control Systems e quelle di TBM – Technical Building Management in base alla classe di efficienza implementata. Questo metodo è appropriato per la pianificazione iniziale di un edificio, poiché non richiede informazioni specifiche sulle funzioni di automazione e controllo, ma solo la classe di riferimento BACS;
- il metodo dettagliato: viene utilizzato solo quando sono note le funzioni di automazione dell'intero sistema, il controllo e la gestione utilizzati per l'edificio e il sistema energetico.

Con il metodo dettagliato, gli impatti delle funzioni BACS e TBM sugli indicatori di prestazioni energetiche degli edifici sono calcolati accuratamente utilizzando le norme di settore. Il metodo dettagliato fornisce risultati puntuali e precisi, a costo di uno sforzo di calcolo significativo.

Le soluzioni iBEMS nel progetto CommONEnergy

Il progetto CommONEnergy GA n° 608678 [5], che è stato finanziato dalla Unione Europea nell'ambito del programma di ricerca FP7, è terminato nel 2017 e ha riguardato le metodologie per trasformare centri commerciali in edifici energeticamente efficienti e con soluzioni intelligenti per migliorare le condizioni interne per gli occupanti e i servizi per i clienti. Il progetto ha studiato l'impatto di 25 diverse tecnologie per l'efficienza energetica su alcuni centri commerciali siti in Italia, Spagna e Norvegia, sia con simulazioni su 8 tipologie di edifici di riferimento che tramite l'installazione di sistemi di automazione in 3 demo site. Gli obiettivi erano la riduzione della domanda energetica degli edifici fino al 75% e un ritorno sull'investimento di massimo 7 anni.

Una delle soluzioni proposte è il sistema iBEMS – Intelligent Building Energy Management System, che permette l'integrazione delle soluzioni sviluppate nel progetto con quelle esistenti e che include la gestione dei carichi di potenza, del sistema di illuminazione e dell'impianto di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione, così come quella dei sistemi di refrigerazione installati nel centro commerciale o negli ambienti di servizio attigui, quali parcheggi, locali termici e locali con impianti di produzione di energia.

L'architettura iBEMS consiste in un sistema centralizzato che comunica con i seguenti sotto-sistemi:

- illuminazione naturale;
- illuminazione artificiale;
- sistemi oscuranti;
- impianto HVAC;
- refrigerazione alimentare;
- impianto solare termico;
- ricarica dei veicoli elettrici;
- batterie di accumulo;
- controllo della ventilazione naturale.

Il sistema iBEMS permette di raccogliere le informazioni e di renderle disponibili ai vari stakeholder tramite un'interfaccia intuitiva, consentendo una collaborazione effettiva tra tutte le figure fondamentali all'interno dell'organizzazione. Nel centro commerciale, i sistemi installati comunicano tra di loro e con il sistema iBEMS permettendo di interagire e ottimizzare il funzionamento. Ad esempio il sistema di refrigerazione alimentare è integrato con l'impianto HVAC, sia a livello di scambio dati che fisicamente tramite scambiatori di calore. Inoltre, il sistema di monitoraggio permette la creazione di documenti di reportistica che mostrino le operazioni effettuate, i consumi e i suggerimenti su possibili interventi di risparmio



PLANT MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEM IN COMMERCIAL CENTERS

Schneider Electric has developed an integrated system for the management of plants installed in commercial centers with the objectives of maximizing comfort and energy efficiency. The systems are monitored and controlled in real time and the data collected are analyzed to provide useful information for the management and maintenance of the technical plants through an intuitive user interface. Thanks to the use of standard and open protocols, information is made available to external applications and the system is open to future developments. The system optimizes also the interaction between different installations (for example, food refrigeration system and HVAC system) maximizes efficiency, ensuring optimal comfort level and for ensuring the continuity of the cold chain. Within the CommONEnergy project (GA n° 608678 - financed under the FP7 framework agreement) this solution has taken the name of iBEMS (Intelligent Building Energy Management System) and it is part of the systemic approach for the deep renovation of the COOP supermarket of Modena Canaletto and the other demo cases. iBEMS allows to integrate complex systems from the point of view of the architecture and control strategies, supporting the designers in the development and testing, as well as the facility managers in the performance verification in the operational phase, also in combination with the continuous commissioning platform developed by Eurac.

Keywords: **Building Automation System, Energy Efficiency, Retail**

IL PROGETTO COMMONENERGY – COOP MODENA

Le logiche di controllo implementate nel centro commerciale COOP di Modena, Via Canaletto, nell'ambito del progetto CommonEnergy, sono particolarmente avanzate e hanno permesso una riduzione dei consumi del 38%, come mostrato in Figura 2. Grazie all'installazione di un diffuso sistema di monitoraggio energetico è possibile controllare il rendimento degli impianti ed evidenziare anomalie di funzionamento dovute a errati settaggi o schedare interventi di manutenzione.

La Figura 3 riporta la schermata del sistema iBEMS che permette di visualizzare i valori e di interagire con il sistema di produzione di acqua calda sanitaria; grazie all'installazione di un misuratore di energia elettrica e termica è possibile calcolare il rendimento delle unità di produzione, come mostrato in Figura 4.



Centro Commerciale Modena Canaletto: le economie conseguite dagli interventi di efficientamento energetico

Energy Conservation Measure (ECM)	Risparmi termici [kWh/m ² anno]	Risparmi elettrici [kWh/m ² anno]	Riduzione emissione CO ₂ [kg/m ² anno]	Riduzione costo energetico [€/m ² anno]
Retrofit involucro	2,1	7,3	4,2	0,9
Illuminazione avanzata	0	106,2	54,1	12,7
Sostituzione cabine refrigeranti	10,3	110,5	58,7	13,5
Efficientamento HVAC	78,2	-15,5	11	-0,2
HVAC-R coupling	0	11,4	5,8	1,4
GRL nelle gallerie	0	10,6	5,4	1,3
iBEMS	0	12,7	6,5	1,5
Smart coatings	0	7	3,5	0,8

Figura 2 – Risultati di risparmio energetico conseguiti presso la Coop di Modena Canaletto

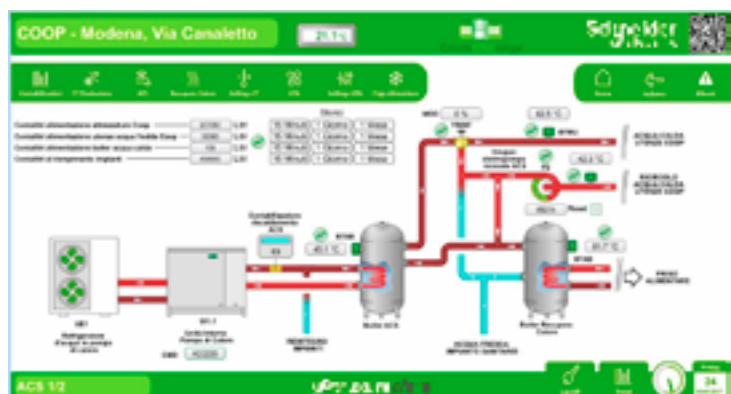


Figura 3 – Schermata iBEMS relativa alla produzione di acqua calda sanitaria

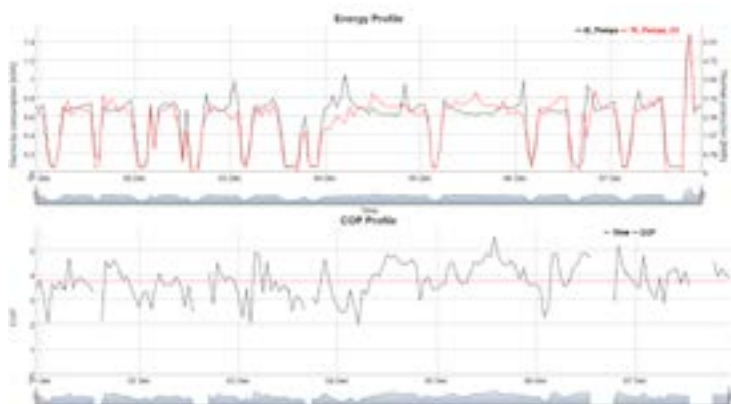


Figura 4 – Consumo elettrico, produzione di energia termica e COP della pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria durante il periodo 1.12.2017 – 8.12.2017. Da [6]

Di particolare interesse è stata l'integrazione del sistema di refrigerazione alimentare con il sistema HVAC tramite l'installazione di scambiatori di calore e di un controllo in real time degli impianti e delle condizioni di funzionamento. Nella schermata "Recupero Calore" dell'iBEMS, in Figura 5, sono indicati tutti gli stati, i comandi delle utenze e le letture dei sensori gestiti dal sistema BMS relativamente al recupero del calore, con la possibilità di forzare i comandi delle utenze indipendentemente dalla logica di funzionamento automatica.

In Figura 6 è riportato il confronto tra la quantità di energia prodotta dalla pompa di calore e quella recuperata dall'impianto frigorifero alimentare relativamente al periodo 21.02.18 - 21.03.18. Il 15,7% dell'energia utilizzata è recuperata dall'impianto frigorifero, come mostrato in Figura 7, e a febbraio l'impianto di riscaldamento ha maggiormente sfruttato il recupero di energia, richiedendo meno energia termica alla pompa di calore durante le ore pomeridiane, come mostrato in Figura 8. Sono stati inoltre installati due scambiatori per il recupero del calore dall'impianto frigorifero alimentare: uno per la produzione di acqua calda sanitaria e l'altro per il sotto-raffreddamento dell'impianto frigorifero alimentare, il cui schema è in Figura 9; le Figure 10 e 11 riportano il confronto tra l'energia recuperata e quella utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria: nel periodo 21.02.18 - 21.03.18 il recupero di calore dall'impianto frigorifero alimentare è stato pari al 39%.

Sono stati infine elaborati degli algoritmi di controllo, successivamente integrati nell'iBEMS, che valutano, in funzione delle condizioni di funzionamento degli impianti e delle condizioni esterne e interne, la soluzione energeticamente più efficiente.

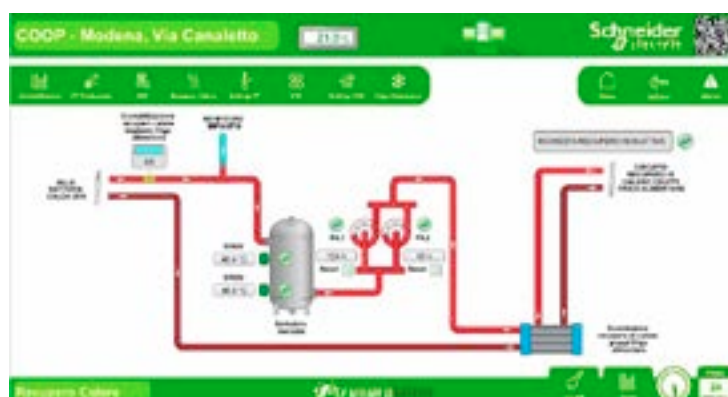


Figura 5 – Schermata iBEMS del recupero di calore per l'UTA

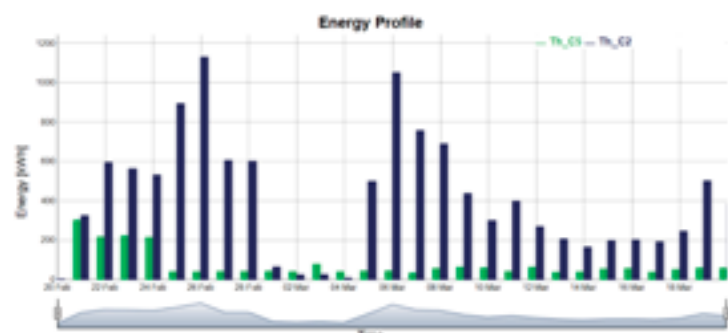


Figura 6 – Produzione di energia termica dalla pompa di calore, in blu, e recupero di calore dall'impianto frigorifero alimentare, in verde, per il riscaldamento dell'edificio durante il periodo 20.02.2018 – 19.03.2018. Da [6]

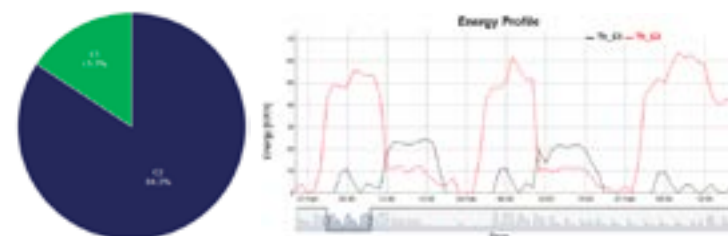


Figura 7 – Percentuale di energia recuperata, in verde, e prodotta, in blu, per il riscaldamento dell'edificio durante il periodo 20.02.18 – 19.03.18. Da [6]

Figura 8 – Profilo giornaliero dell'energia recuperata, in verde, e prodotta, in rosso, nei giorni 23, 24, 25.02.18. Da [6]

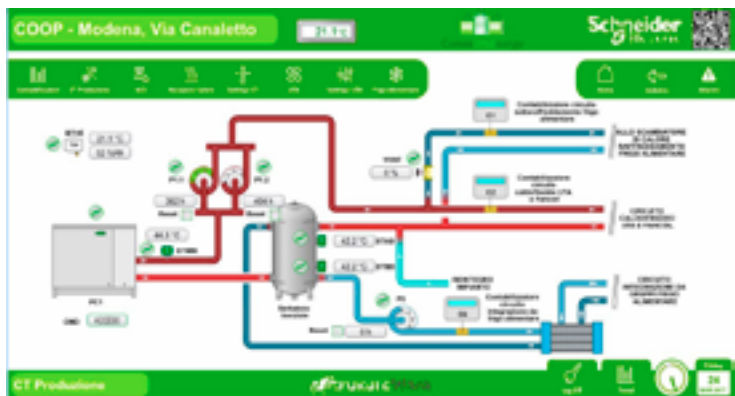


Figura 9 – Schermata iBEMS della centrale termica



Figura 10 – Produzione di energia termica dalla pompa di calore, in blu, e recupero di calore dall'impianto frigorifero alimentare, in verde, per la climatizzazione dell'edificio durante il periodo 20.02.2018 – 19.03.2018. Da [6]



Figura 11 – Percentuale di energia recuperata, in verde, e prodotta, in blu, per la produzione di acqua calda sanitaria durante il periodo 20.02.2018-19.03.2018. Da [6]

energetico, ma anche lo storico dei malfunzionamenti e degli interventi di manutenzione necessari.

Continuous Commissioning – CC tool

Nel progetto Commonenergy, in parallelo all'iBEMS è stata sviluppata una piattaforma di monitoraggio in continuo, Continuous Commissioning – CC tool [6], che ha lo scopo di visualizzare le prestazioni dell'edificio sia dal punto di vista energetico che da quello del comfort, utilizzando specifici indicatori.

Il CCx-tool si basa su un framework interattivo di applicazioni web, che post-processa i dati raccolti dal piano di monitoraggio, pulendoli da eventuali anomalie quali errori di comunicazione o di acquisizione dei sensori e mostrando grafici utili a identificare eventuali malfunzionamenti o il corretto uso dell'edificio.

La piattaforma di CCx può essere un valido supporto per gestire saggiamente l'edificio e migliorarne le prestazioni. La definizione di specifici KPI e la loro visualizzazione [7] permette di confrontare diversi edifici o lo stesso edificio in periodi diversi, sottolineando l'importanza di combinare insieme parametri di qualità

dell'ambiente interno e indicatori di energia. Una sezione dedicata viene fornita anche per la previsione dei consumi e della temperatura dell'aria interna attraverso l'utilizzo di specifici algoritmi.

Il lavoro di ricerca relativo allo sviluppo dei KPI e degli algoritmi predittivi, della visualizzazione dei dati dell'interazione con l'utente ha permesso di sviluppare uno strumento flessibile anche dal punto di vista informatico.

Tutti i grafici qui presentati sono stati sviluppati tramite la piattaforma di CCx.

Conclusioni

La continua richiesta di riduzione dei consumi energetici degli edifici e il crescente utilizzo di sistemi ICT e tecnologie IOT sottolinea che l'utilizzo di

sistemi di controllo e supervisione quali l'iBEMS e il CC tool sono indispensabili per una corretta gestione dell'edificio.

I due casi di studio illustrati dimostrano che nei centri commerciali è possibile ridurre la richiesta di energia termica del 16% e aumentare la qualità dell'ambiente interno, la IEQ. Per ottenere questo obiettivo è necessario il monitoraggio continuo delle reali prestazioni dell'edificio dal punto di vista energetico e della IEQ utilizzando sistemi di supervisione e controllo come l'iBEMS. ■

* *Stefano Mangili*, Schneider Electric SPA, Stezzano BG
Daniele Antonucci, EURAC research – Istituto per le energie rinnovabili, Bolzano

BIBLIOGRAFIA

- Cordova C.E., Asare-Bediako B., Vanalme G.M., Kling W.L. 2011. Overview and comparison of leading communication standard technologies for smart home area networks enabling energy management systems. Proceedings of 46th International Universities Power Engineering Conference, Germany.
- ENEA. 2014. Elementi per soggetti della grande distribuzione organizzata – GDO – su come elaborare la documentazione necessaria al rispetto degli obblighi previsti nell'articolo 8 del decreto legislativo 102_2014 in tema di diagnosi energetica. ENEA. (in Italian).
- Kailas A., Cecchi V., Mukherjee A. 2012. A survey of communications and networking technologies for energy management in buildings and home automation. Journal of Computer Networks and Communications, 2012, Article ID 932181.
- Karampour M., Sawalha S., Arias J. 2016. Eco-friendly supermarkets – an overview. Report 2. SuperSmart Project (Horizon 2020).
- MiSE. 2015. Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici. D.M. 26/06/2015. Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.162 del 15.07.2015, S.O. n. 39.
- Savage D. 2009. Energy Savings from Building Energy Management Systems. North Andover: Schneider Electric.
- UNI. 2017. Prestazione energetica degli edifici – Parte 1: Impatto dell'automazione, del controllo e della gestione tecnica degli edifici – Moduli M10-4,5,6,7,8,9,10. Norma UNI EN 15232-1. Milano: Ente Italiano di Normazione.

WEBGRAFIA

- [1] https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en
- [2] <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>
- [3] https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en
- [4] <https://www.schneider-electric.it/documents/solutions/energy-efficiency/leggi-e-regolamenti/Guida-EN15232-2014.pdf>
- [5] <http://www.commonenergyproject.eu>
- [6] http://www.commonenergyproject.eu/uploads/deliverable/file/26/WP5_D5.5_20170125_P01_Supervision_software_for_continuous_commissioning.pdf
- [7] http://www.commonenergyproject.eu/uploads/deliverable/file/25/WP5_D5.4_20170125_P01_KPI_and_post-processing_procedures.pdf

IL PROGETTO COMMONENERGY – VALLADOLID

Il "Mercado del Val", nella città di Valladolid, è uno dei casi di studio del progetto CommONEnergy. A partire dal 2013, il mercato è stato dotato di una facciata intelligente multifunzionale e modulare con oscuranti a lamella regolabili per gestire al meglio l'apporto di luce naturale. Finestre apribili regolano l'espulsione dell'aria calda durante la stagione estiva ed è stato installato un sistema di illuminazione artificiale a LED. Il sistema centralizzato iBEMS di gestione e monitoraggio dell'energia mette in comunicazione le diverse tecnologie e, attraverso logiche che ottimizzano il comfort degli occupanti riducendo i consumi energetici, controlla e prende decisioni sulla gestione degli impianti. Il design e le logiche dei sistemi del mercato sono state definite a seguito di simulazioni che hanno permesso di valutare diversi scenari.

Le logiche principali riguardano:

- il sistema di oscuranti: usato solo in estate, in modo che durante il resto dell'anno si massimizza la quantità di apporti solari e di conseguenza diminuisce la quantità di energia termica richiesta al sistema di riscaldamento e di massimizzare la quantità di luce naturale;
- il sistema di schermatura: utilizzato nei mesi estivi quando l'irradiazione solare sul piano verticale è maggiore di 120 W/m². Se il valore della radiazione solare scende sotto i 100 W/m², le lamelle vengo posizionate orizzontalmente, permettendo di schermare parzialmente l'ingresso della radiazione solare, ma assicurando allo stesso tempo la visione verso l'esterno. Il controllo viene effettuato ogni 15 minuti, per evitare un continuo riposizionamento delle lamelle;
- le finestre: sono state divise in quattro gruppi, due a nord e due a sud, relative a

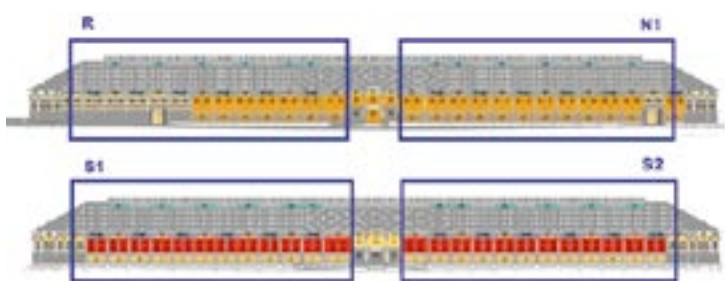


Figura 12 – Mercado del Val: gruppi di vetrate. R, N1: nord; S1, S2: sud

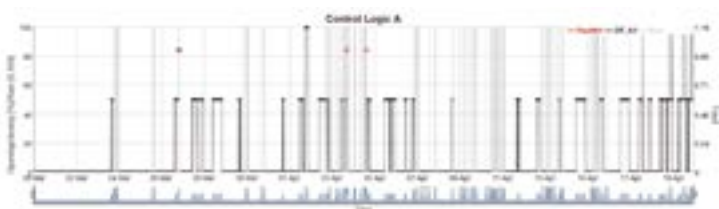


Figura 13 – Mercado del Val: logica di controllo A per i serramenti e i lucernai del lato Nord durante il periodo dal 20.3.2018 al 19.4.1018. Da [6]

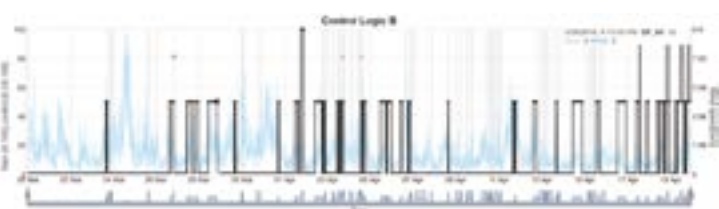


Figura 14 – Mercado del Val: logica di controllo B per i serramenti e i lucernai del lato Nord durante il periodo dal 20.3.2018 al 19.4.1018. Da [6]

quattro zone climatiche, come mostrato in Figura 12, e la loro apertura è comandata da una sensoristica che permette di monitorare temperatura dell'aria, velocità del vento e livello delle precipitazioni all'esterno, e temperatura ambiente, accensione e spegnimento dell'UTA e concentrazione di CO₂ per ciascuna zona all'interno.

In particolare, l'apertura delle finestre durante gli orari di apertura del mercato è funzione delle seguenti condizioni:

- all'esterno le aperture vetrate vengono chiuse:
 - in caso di pioggia, come mostrato in Figura 13 per le finestre posizionate nel settore N1 in riferimento al periodo 20.3.2018 - 19.4.1018 (logica A);
 - se la velocità del vento è maggiore di un valore di set point, per esempio 7 m/s, come mostrato in Figura 14, con uno zoom nel periodo con valori di velocità del vento maggiori, 24 - 25.3.2018, in Figura 15 (logica B);
 - se la temperatura esterna è minore di una temperatura di set point minima, per esempio 16 °C, come mostrato in Figura 16;
- all'interno, separatamente su ciascuna delle quattro zone del mercato:
 - le finestre vengono parzialmente aperte, 18°, e la portata d'aria immessa viene proporzionalmente ridotta se le condizioni esterne lo permettono e se il valore della concentrazione di CO₂ negli ambienti, in ppm, supera quello ammissibile ma non ci sono necessità di raffrescamento;
 - le finestre vengono completamente aperte, 35°, e la portata d'aria immessa viene proporzionalmente ridotta se le condizioni esterne lo permettono e ci sono necessità di raffrescamento.

Considerando i parametri interni, come la temperatura, l'iBEMS apre le finestre, attivando la logica di "free-cooling" durante il periodo estivo e durante le ore di apertura dell'edificio. In Figura 16 è riportato il caso registrato tra le ore 14 e le ore 18 del 9.8.2017. Per un valore di controllo pari a 0 le finestre risultano totalmente chiuse, per un valore pari a 50 l'apertura è del 17%, mentre per un valore di 100 l'apertura è del 34%. In tutti i casi la tipologia di apertura è a vasistas.

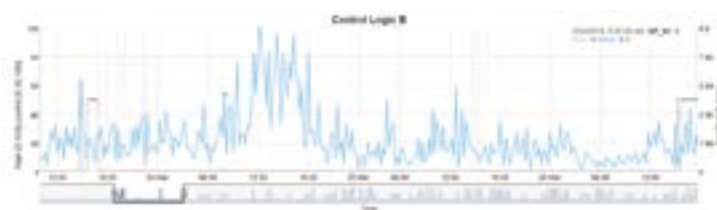


Figura 15 – Mercado del Val: logica di controllo B per i serramenti del Val lato Nord per i giorni 24 - 25.3. 2018. Da [6]

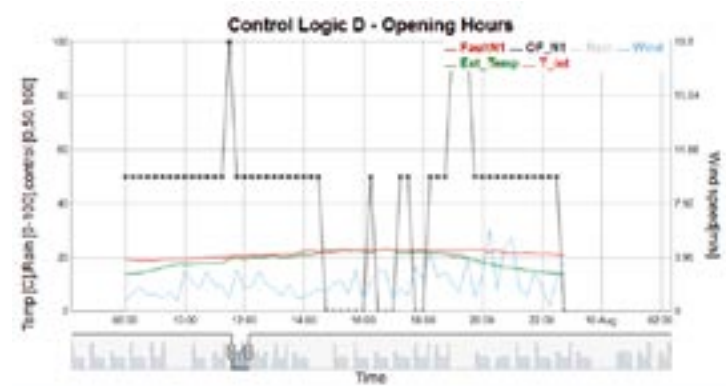


Figura 16 – logica di "free-cooling" per i serramenti del Mercado del Val lato Nord per il giorno 9 agosto 2017. Da [6]