

30° CONVEGNO  
BOLOGNA 2012

Oltre la certificazione energetica:  
progettazione e gestione del sistema  
edificio-impianto per ottimizzare  
il comfort ed i consumi energetici reali



Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

AiCARR  
Via Melchiorre Gioia 168  
20125 Milano MI  
Tel. 0267479270  
Fax 0267479262  
e-mail: [info@aicarr.org](mailto:info@aicarr.org)  
sito web: [www.aicarr.org](http://www.aicarr.org)  
ISBN 978-88-95620-12-1

Copyright AiCARR 2012. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del volume può essere riprodotta o diffusa senza il permesso scritto dell'Editore.

AiCARR declina ogni responsabilità diretta e indiretta per il contenuto degli articoli pubblicati nel presente volume.

*Copyright AiCARR 2012. All rights are reserved. No part of the present volume can be reproduced or diffused with any means without written authorization of the Editor.*

*AiCARR cannot be deemed directly or indirectly responsible for the contents of the articles published in the present volume.*

# INDICE

## *Relazioni ad invito*

**Sostenibilità e risparmio energetico, dal progetto alla gestione: il nuovo supermercato di Conselice** 1

*Sustainability and Energy saving from design to maintenance: new supermarket in Conselice*

Sergio Bottiglioni, Matteo Medola, Angelo Mingozzi - *Liberi Professionisti - Ricerca e Progetto - Galassi, Mingozzi e Associati, BO*

**Il progetto e la misura del comfort termico** 31

*Thermal comfort: design and assessment*

Francesca R., D'ambrosio Alfano - *Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università degli Studi di Salerno*

**Il ruolo del Sistema di Automazione: L'importante legame "dato-protocollo-processo" come risposta per ottimizzare il controllo dei parametri di benessere e la gestione dei sistemi multienergia** 59

*BMS purpose: The outstanding relationship "data-protocol-process" as the answer in optimizing environment monitoring, controls and management of multienergy system*

Antonio Catalano - *Membro attivo del BIG-EU e Associazione BACnet Italia*

# **Sostenibilità e risparmio energetico, dal progetto alla gestione: il nuovo supermercato di Conselice**

## **Sustainability and Energy saving from design to maintenance: new supermarket in Conselice**

SERGIO BOTTIGLIONI - MATTEO MEDOLA - ANGELO MINGOZZI

*Liberi Professionisti - Ricerca e Progetto – Galassi, Mingozzi e Associati, BO*

### **RIASSUNTO**

Il supermercato eco-compatibile di Coop Adriatica a Conselice, inaugurato a settembre 2011, rappresenta un esempio concreto di approccio integrale al tema della sostenibilità ed efficienza energetica: dalle scelte progettuali a scala insediativa, finalizzate a riqualificare un intorno più vasto dell'area d'intervento, a quelle tecnologiche e gestionali.

Il punto di partenza del progetto dell'edificio, realizzato da Ricerca e Progetto – Galassi, Mingozzi e Associati di Bologna, è un approccio innovativo che parte dalla ridefinizione dei parametri di benessere, tenuto conto delle diverse aree del supermercato e del relativo modello d'uso, secondo le logiche dei modelli adattativi di benessere.

Il sistema edificio-impianto risponde alle esigenze di benessere degli utenti e addetti attraverso soluzioni integrate basate su un controllo attivo, ibrido o totalmente passivo, che si attiva in base alle diverse condizioni climatiche. Un roof-top provvede al livello "base" di benessere termico e al ricambio aria forzato, mentre una pompa di calore geotermica a sonde verticali alimenta un impianto radiante ad acqua, misto a pavimento e a soffitto, con funzione di integrazione all'impianto a tutta aria in area vendita e zona lavorazioni, e riscaldamento nella riserva e spogliatoi. È presente un sistema di ventilazione naturale e ibrido costituito da un camino di ventilazione e pre-trattamento aria immessa tramite scambio geotermico. L'illuminazione artificiale è completamente integrata a quella naturale ed è presente un evoluto sistema BACS. Dall'apertura è in corso una specifica attività di "accompagnamento e verifica" per il controllo delle prestazioni attese e il monitoraggio dei consumi energetici.

### **SUMMARY**

In September 2011, Coop Adriatica opened the environmentally friendly supermarket in Conselice, which is an actual example of integrated design practices, applied to sustainability and energy efficiency issues: starting from settlement scale, to technological and operational choices.

The project, developed by “Ricerca e Progetto – Galassi, Mingozzi e Associati” in Bologna, started from an innovative approach to define targets for thermal comfort in different zones with different use patterns, according to adaptive model principles.

The building-plant system provides well-being conditions to customers and workers, through integrated solutions based on active, hybrid and passive controls, depending on varying climate conditions.

The base level of thermal comfort, as well as air changes, are supplied by a rooftop and forced-air system; that plant is locally integrated by a hydronic system, whose water is heated or cooled by a geothermal heat pump with vertical closed loop heat exchangers, in order to control climate of workspaces in sales area, food-processing areas, stock room and changing rooms. Furthermore, ventilation can be supplied by a natural and hybrid system including a chimney for stack ventilation and a geothermal air cooling loop. Artificial lighting is fully balanced with natural light. An advanced Building Automation and Control System (BACS) is deeply integrated with the building-plant system.

Since the day of opening, a specific set up activity is under execution to control energy consumptions, and check whether performances match expectations.

Parole chiave: benessere, risparmio energetico, gestione e supervisione impianti.

Key words: comfort, energy saving, building management system and maintenance.

## **1. INTRODUZIONE**

Il supermercato eco-compatibile di Coop Adriatica a Conselice, inaugurato a settembre 2011 (Figure 1 e 2) rappresenta un esempio concreto di approccio integrale al tema della sostenibilità ed efficienza energetica: dalle scelte progettuali a scala insediativa, finalizzate a riqualificare un intorno più vasto dell’area d’intervento, a quelle tecnologiche e gestionali.

L’intervento, con superficie calpestabile di poco superiore a 1000 m<sup>2</sup>, si configura come “edificio a energia quasi zero”, in classe energetica A calcolata rispetto ai parametri di Classificazione energetica della Regione Emilia Romagna<sup>1)</sup>.

L’articolo affronta il tema della “evoluzione della specie” dell’edificio ad uso supermercato, attraverso una visione integrale del processo decisionale che porta a ripensare le esigenze di benessere in relazione all’uso e alle modalità di gestione del punto vendita, alla luce degli obiettivi propri dell’edilizia sostenibile.

Si tratta quindi sia di progettare la migliore integrazione fra le caratteristiche passive di controllo bioclimatico e le tecnologie impiantistiche, sia di prevedere i sistemi di “building automation control system” che consentiranno la supervisione degli impianti e il monitoraggio dei consumi energetici nella successiva fase gestionale.

Gli obiettivi di risparmio energetico attesi dall’intervento sono stabiliti con chiarezza all’inizio, attraverso la definizione di benchmark di riferimento che diventano il punto di partenza per misurare e pesare attraverso analisi costo – beneficio in costo globale le scelte progettuali e le prestazioni realmente conseguite in esercizio.

Attraverso quest'esperienza concreta, condotta interamente dallo studio Ricerca e Progetto – Galassi, Mingozzi e Associati di Bologna, dalla fase progettuale a quella di “accompagnamento e verifica”, si vuole rilanciare l'importanza del ruolo del controllo del processo edilizio, dal progetto alla gestione, come condizione necessaria per la garanzia dei risultati. Il tema del risparmio energetico non può infatti ridursi alla mera applicazione di tecnologie efficienti, ma è necessario affrontare attraverso un approccio complesso le relazioni esistenti fra edificio e il clima locale, il modello d'uso, le prassi manutentive, ecc., per superare tutti gli snodi critici che intervengono nelle diverse fasi del processo edilizio e che rischiano di vanificare in esercizio le aspettative di progetto e del committente.

A fronte di un obiettivo iniziale di risparmio del 40% di energia primaria complessiva del supermercato rispetto al benchmark di riferimento (corrispondente al 50% di risparmio sugli usi per climatizzazione, ventilazione, illuminazione e produzione di acqua calda sanitaria), a fine luglio 2012 si sta raggiungendo un risparmio medio complessivo pari al 48% (confrontato con il benchmark dello stesso periodo).

Dato il successo ottenuto, confermato dai risultati in campo e dal gradimento di utenti e soci, che tra l'altro ha valso il premio “Cooperambiente 2011” e ha fatto sì che il caso di studio fosse inserito all'interno del Progetto europeo LoCaRe<sup>2</sup>), questo approccio integrale è diventato il riferimento per la costruzione di tutti i nuovi punti vendita della cooperativa.



*Figura 1 – Il supermercato eco-compatibile a Conselice: vista dall'ingresso in Via Cesare Battisti.*



*Figura 2 – Il supermercato eco-compatibile a Conselice: a destra vista lato piazza a nord con ingresso sala per i soci e l’opera “Time code” degli studenti vincitori del concorso “Cooperarte”, e a sinistra portico a uso pubblico a ovest a protezione dell’ingresso.*

## **2. EVOLUZIONE DEL SUPERMERCATO VERSO LA SOSTENIBILITÀ**

La realizzazione del nuovo supermercato a Conselice nasce nel percorso in continua evoluzione di Coop Adriatica, volto a integrare i temi della sostenibilità ambientale all’interno della propria attività. Coop Adriatica, nell’ambito della sua naturale vocazione sociale, da un’iniziale attenzione sul processo di produzione, distribuzione e consumo dei prodotti, si concentra ora anche sull’efficienza energetica dei propri edifici commerciali esistenti e di nuova costruzione.

Ricerca e Progetto - Galassi, Mingozzi e Associati è il riferimento tecnico-scientifico che affianca la cooperativa in questo percorso virtuoso. Riguardo alla riqualificazione dei punti vendita esistenti, lo Studio ha condotto per Coop Adriatica un’analisi preliminare della qualità residua degli edifici della cooperativa e individuato le potenzialità di risparmio ottenibili rispetto ad una serie di interventi standardizzati sul sistema edificio impianto<sup>3</sup>). Allo stesso tempo ha strutturato, per la cooperativa, un percorso sistematico di ricerca applicata sul tema “Ecosostenibilità e valore nel punto vendita in cooperativa”<sup>4</sup>), che ha l’obiettivo di definire un nuovo modello di punto vendita innovativo, con elevate qualità energetico-ambientali e ridotti costi di gestione. Il nuovo supermercato di Conselice rappresenta quindi il primo edificio sperimentale risultante da questo percorso.

## **3. UN’OCCASIONE DI RIQUALIFICAZIONE URBANA**

La costruzione del nuovo punto vendita è stata l’occasione per un intervento di riqualificazione urbana più ampio che ha consentito di consegnare alla cittadina di Conselice uno spazio pubblico di qualità.

Il nuovo supermercato sostituisce un punto vendita di Coop Adriatica esistente, situato in un’area centrale, sulla piazza principale di Conselice, con le caratteristiche

positive del “negoziato di vicinato”, ma dai forti impatti sulla città, dovuti alla carenza di parcheggi e alle attività di approvvigionamento delle merci e smaltimento dei rifiuti.

Il nuovo edificio, che avrebbe potuto essere collocato su un'area libera, periferica, a sud della città, fuori dal perimetro urbano e facilmente accessibile, è stato invece collocato in un'area artigianale, degradata e parzialmente dismessa, situata a ridosso della ferrovia ma nei pressi del centro storico (Figura 3).

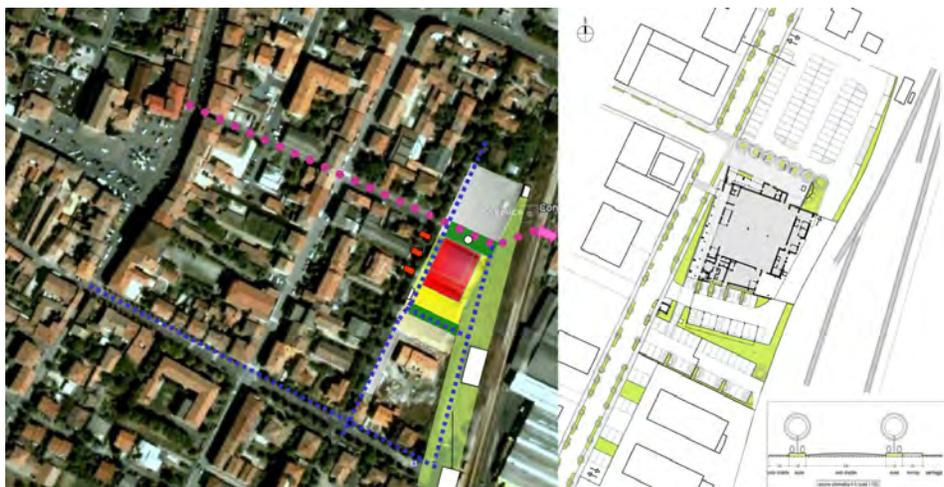
Dopo una prima fase di analisi del sito, il progetto si è dato i seguenti obiettivi principali alla scala urbana:

- ricucire l'area con il centro storico, attraverso l'integrazione e riorganizzazione del sistema dei percorsi, separando quelli ciclo-pedonali da quelli carrabili ed integrandoli con quelli delle aree confinanti.
- migliorare la funzionalità della stazione ferroviaria attraverso il potenziamento del sistema dei parcheggi e l'integrazione con il sistema dei percorsi ciclo-pedonali;
- riqualificare il “piazzale pubblico polifunzionale” a nord del comparto e il relativo monumento dedicato “alla stampa clandestina e libertà di stampa”, creando un luogo di sosta attrezzato;
- ridurre gli impatti acustici del nuovo punto vendita sui sub-comparti confinanti già attuati a destinazione residenziale.

Gli obiettivi prefissati sono stati raggiunti attraverso scelte progettuali integrate. In particolare, contraddicendo l'assetto funzionale e distributivo tipico dei supermercati, che affacciano generalmente sulle aree di parcheggio, si è collocato l'edificio sul confine con l'area pubblica a nord, affacciando sulla strada (via Roma) il suo fronte principale e l'ingresso, protetti da un portico, e realizzando nuovi parcheggi a sud dell'edificio.

In questo modo, si è connotato il punto vendita come “negoziato di vicinato”, facilitando l'accesso all'edificio a piedi e in bicicletta, si è limitato l'impatto dei parcheggi e si sono allontanate le fonti di rumore (impianti del supermercato) dagli edifici residenziali a sud del lotto (Mingozzi et al., 2011).

L'edificio è stato concepito in primo luogo per disegnare e dare un'identità allo spazio esterno, creando luoghi per la socializzazione e la condivisione. La viabilità pedonale di via C. Battisti, completamente riqualificata con la realizzazione di marciapiedi separati dalla zona carrabile da aiuole alberate, confluisce sotto il portico a uso pubblico dell'edificio, che accoglie le rastrelliere per le biciclette, una lunga seduta in muratura, l'accesso e l'uscita del punto vendita. Il portico conduce a una nuova piazzetta pubblica a nord dell'edificio, situata lungo l'asse che la collega al centro del paese, sulla quale si affaccia una sala a disposizione dei soci Coop, e che accoglie in una rinnovata configurazione il monumento “Dalla Stampa Clandestina alla Libertà di Stampa”. Sulla parete nord dell'edificio sono state realizzate inoltre due pitture murali, con un concorso rivolto a giovani studenti d'arte.



*Figura 3 – Schema preliminare dell’assetto urbanistico (a sinistra) e planimetria generale del progetto realizzato.*

#### **4. LA DEFINIZIONE DEL “PUNTO VENDITA DI RIFERIMENTO”**

Al fine di avere un riferimento univoco e oggettivo, per pesare e misurare le strategie di risparmio energetico adottate nel progetto del sistema edificio-impianto del supermercato di Conselice, si è sviluppato un percorso di analisi volto ad individuare un “punto vendita di riferimento” che rappresenti il benchmark dei consumi energetici attuali, sulla base del format, legato alla superficie dell’area di vendita.

Stabilire il benchmark di riferimento rappresenta il primo punto, essenziale anche per controllare in esercizio i benefici ottenuti. Questo passaggio indispensabile si scontra con la difficoltà di reperire un archivio storico organizzato dei consumi e la necessità di uniformare i dati sulla base dell’età dei punti vendita, della loro collocazione geografica e degli standard energetici in continua evoluzione<sup>5)</sup>.

Il punto vendita di riferimento alla base dei ragionamenti inerenti il supermercato di Conselice è rappresentato da un “supermercato teorico identico dal punto di vista della metratura e rapporto superficie - volume, collocato nella stessa località e costruito con standard energetici a norma 2008”, epoca in cui il supermercato è stato progettato. Gli standard energetici sono quindi riferiti alle prestazioni minime per riscaldamento, alla produzione di acqua calda sanitaria e alle efficienze medie dell’impianto di climatizzazione estiva.

Lo studio ha definito gli obiettivi di seguito riportati, dichiarati ufficialmente in sede di conferenza stampa prima dell’apertura del punto vendita (Figure 4 e 5).

Al fine di controllare il benchmark, lo stesso è stato confrontato con i consumi reali del punto vendita di Lavezzola, di analoghe dimensioni, costruito nel 2004 e distante meno di 15 km da quello in oggetto. I consumi reali di tale punto vendita sono superiori al benchmark circa del 7%, che rappresenta per la maggior parte il risparmio ottenibile

sulla quota riscaldamento nell'evoluzione normativa dal 2004 al 2008 (Regione Emilia Romagna, 2008).

La definizione degli obiettivi di risparmio energetico rappresenta il mezzo per stabilire i tempi di ritorno attesi degli investimenti e il criterio per misurare oggettivamente le ipotesi in fase di progetto e i risultati in fase di verifica in esercizio. Nel caso in esame gli interventi di ecosostenibilità sono stati valutati su un tempo di ritorno medio di 10 anni, in linea con la vocazione sociale e ambientale della cooperativa. Questa scelta, perfettamente coerente con l'approccio progettuale in costo globale, che valuta i costi e benefici sociali legati alle esternalità prodotte dall'intervento<sup>6)</sup>, rappresenta un tempo di ritorno abbastanza elevato rispetto a logiche economiche tradizionali di investimento. Nel caso in esame, 10 anni consentono di rendere compatibili anche soluzioni ecosostenibili che non hanno immediate ricadute in termini di risparmio economico. È evidente infatti che gli interventi che hanno ricadute dirette in termini di risparmio energetico rappresentano l'unico motore economico che può consentire di sostenere anche i costi di interventi che non si ripagherebbero, come ad esempio l'uso di tecnologie e materiali con ciclo di vita favorevoli<sup>7)</sup>, i cui impatti in fase di produzione, trasporto, uso e dismissione non possono essere trascurati in un intervento sostenibile.

		Supermercato di riferimento (stesso format di Conselice)	Punto vendita Conselice (previsioni progettuali)
Consumi totali	kWh/a	600'000	360'000 (-40%)
Consumi dell'edificio <i>(escluso refrigerazione alimentare, forni, lavastoviglie, etc.)</i>	kWh/a	292'000	145'000 (-50%)
Emissioni CO2	KgCO <sub>2</sub> /a	304'000	185'000 (-40%)
Classe energetica <i>(secondo il criterio della Regione Emilia-Romagna che, ad oggi, considera la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria)</i>		<b>C</b> certificazione Emilia Romagna (25 kWh/m <sup>3</sup> a)	<b>A</b> certificazione Emilia Romagna (5 kWh/m <sup>3</sup> a)
Produzione energia elettrica da impianto fotovoltaico			33.000 kWh/a <i>(edificio predisposto per produrre fino a 50.000 kWh/a)</i>

Figura 4 – Confronto tra le prestazioni del supermercato di riferimento (benchmark) e le prestazioni attese dal punto vendita di Conselice, determinate in fase progettuale.

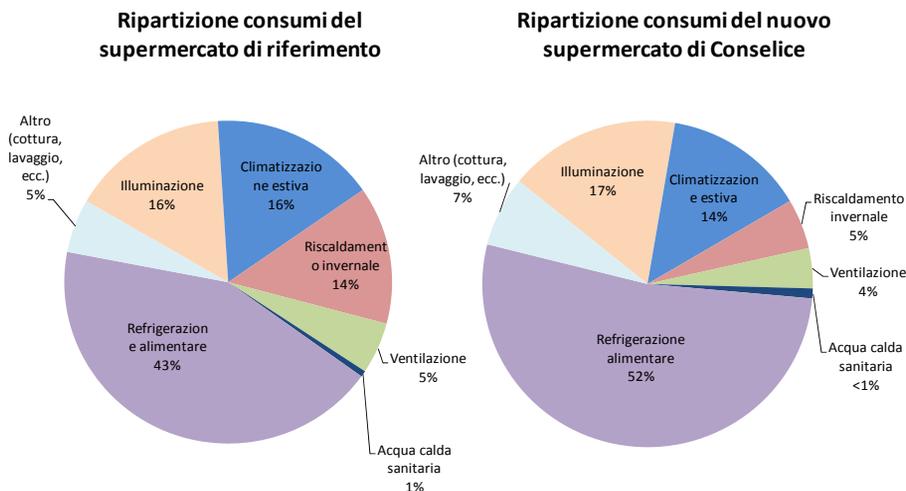


Figura 5 – Ripartizione dei consumi energetici: confronto tra il supermercato di riferimento (benchmark) e il punto vendita di Conselice, determinate in fase progettuale.

## 5. DAL BENESSERE ADATTATIVO ALLE SCELTE PROGETTUALI

Secondo l’approccio esigenziale-prestazionale, la base di partenza per la definizione delle strategie di risparmio energetico è stata una ridefinizione delle esigenze di benessere all’interno del punto vendita, distinguendo le varie unità ambientali e di conseguenza le attività che in esse si svolgono.

Da un punto di vista del benessere termico il supermercato tradizionale concepisce l’area di vendita come un grande contenitore dove, attraverso un impianto a tutt’aria, si cerca di realizzare un clima che rappresenti una mediazione fra le diverse esigenze delle persone presenti: utenti e addetti. Quello che in realtà comunemente succede, è che i lavoratori alle casse, che per esigenze di format espositivo sono sempre collocati in prossimità di una grande vetrata sull’esterno, sperimentano un’insoddisfazione rispetto alla temperatura operativa e all’asimmetria delle temperature radianti legate al minore isolamento termico della vetrata rispetto alle chiusure opache. Di conseguenza, in questo tipo di supermercato, per fornire adeguate condizioni di benessere anche a tali soggetti, è necessario forzare il set point di lavoro degli impianti per compensare la bassa temperatura radiante con una temperatura dell’aria più elevata. D’inverno quindi ad altezza uomo avremo facilmente temperature dell’aria sensibilmente superiori al riferimento di 20 °C, mentre nel punto più alto dell’area vendita si avrà un incremento di 2-3 °C a causa dell’effetto di stratificazione.

Di converso, d’estate sarà necessario ridurre le temperature dell’aria per compensare l’effetto radiante della vetrata che fra l’altro non sempre risulta adeguatamente protetta dalla radiazione solare diretta incidente. In questo contesto di approccio ordinario al progetto, il clima interno che si viene a creare, volto a soddisfare i lavoratori alle casse,

risulta inadeguato rispetto alle aspettative di benessere delle persone che entrano a fare la spesa, che permangono all'interno del punto vendita un tempo limitato e soprattutto hanno delle aspettative climatiche legate alla relazione con il clima esterno dal quale provengono, assolutamente meno restrittive. D'inverno, inoltre, le persone entrano nel punto vendita con un vestiario pesante e svolgono un'attività (che è quella di fare la spesa) certamente più pesante rispetto a quella dei lavoratori alle casse. D'estate gli utenti provengono dall'esterno dove le temperature sono particolarmente elevate, si pensi ad esempio al microclima che tipicamente si crea nei parcheggi.

Queste considerazioni hanno portato a riconsiderare la logica del controllo edificio-impianto che deve rispondere alle esigenze di benessere degli utenti e addetti attraverso soluzioni integrate basate su un controllo attivo, ibrido o totalmente passivo, che si attiva in base alle diverse condizioni climatiche adatte alle tipicità del clima Mediterraneo e alle sue condizioni estive e invernali.

Il progetto è teso ad armonizzare diversi temi inerenti il benessere: parallelamente all'approccio adattativo, che tiene conto dell'influenza delle variazioni climatiche esterne nel breve e lungo periodo sulle aspettative di benessere delle persone, viene data la possibilità ai lavoratori di adattare l'edificio che abitano a condizioni ambientali mutevoli, per aumentarne la percezione soggettiva di gradimento. È stata inoltre riconosciuta la necessità di effettuare una suddivisione delle unità ambientali, al fine di definire diverse "categorie di prestazione ambientale attesa". In tale senso i lavoratori sono motivati e responsabilizzati sull'uso di tende esterne mobili per il controllo della radiazione solare, l'uso di tende interne mobili per il controllo abbagliamento, la possibilità di aprire superfici ventilanti contrapposte anche attraverso comandi motorizzati, ecc..

Sulla base del modello d'uso, il punto di partenza è concepire un edificio ottimizzato in relazione al controllo bioclimatico dove l'impatto sole-aria è controllato in base all'orientamento determinato alla scala insediativa.

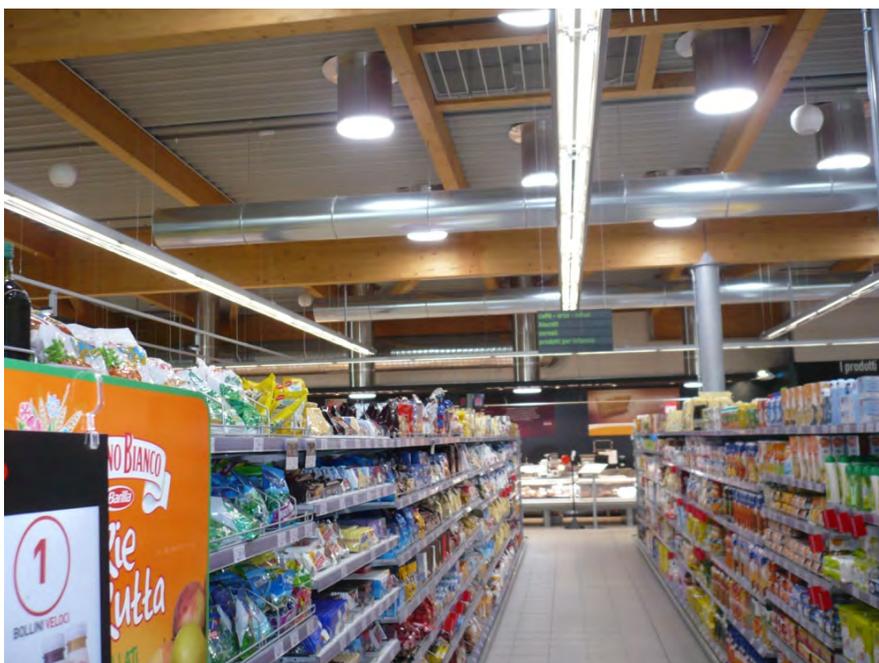
L'edificio di Conselice, tende a "chiudersi" verso nord, in direzione del parcheggio, per contenere le dispersioni termiche invernali e rafforzare il concetto di "quinta" e separazione, che definisce lo spazio della nuova piazzetta pubblica. Sulla parete nord si appoggia il volume della sala per i soci, che entra nella piazza, enfatizzando il suo ruolo pubblico.

L'affaccio principale a ovest, con l'ingresso e l'uscita dall'area di vendita verso la strada, ha determinato l'organizzazione del lay-out interno dell'area di vendita e la posizione delle diverse unità funzionali. Le grandi vetrate esposte a ovest, in prossimità delle casse, che da una parte permettono la fondamentale relazione visiva fra esterno ed interno, dall'altra devono però confrontarsi con le esigenze di controllo dell'impatto sole-aria in periodo estivo. A questo il progetto risponde con un sistema di schermature fisse e mobili, costituite rispettivamente dall'ampio portico e dal filare di noccioli a foglia caduca, e dalle tende mobili esterne. Le zone dedicate alle lavorazioni sono posizionate a est, in prossimità dell'area di carico-scarico, verso la ferrovia, in una zona non visibile dalla strada e lontana dalle residenze. Questa distribuzione delle zone funzionali offre il vantaggio bioclimatico di consentire elevati livelli di illuminamento naturale la mattina, proprio nel momento in cui si svolgono le attività di preparazione dei prodotti per la vendita; la radiazione solare diretta è controllata da tende veneziane mobili esterne, che possono anche servire per ridurre l'abbagliamento.

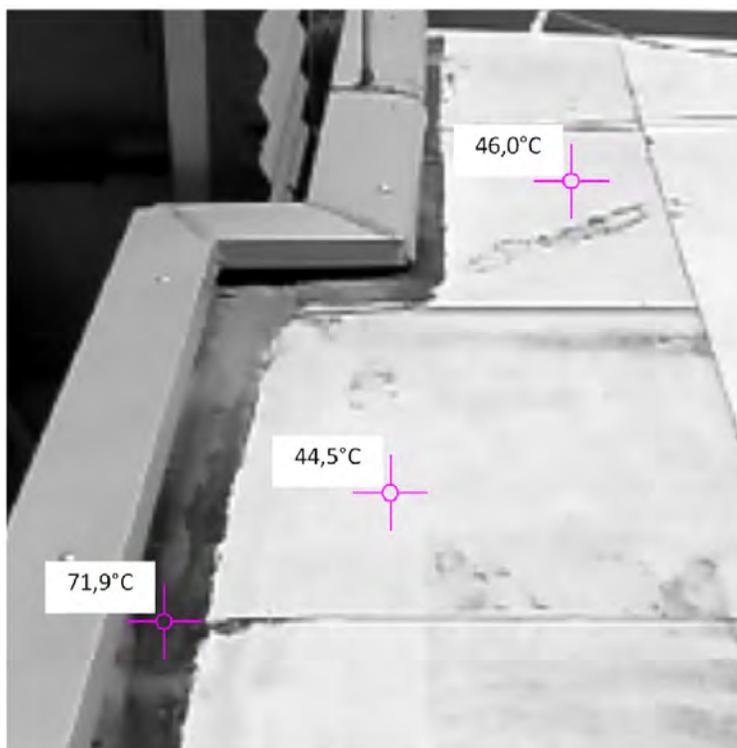
Sul lato sud sono situati la riserva e gli spazi di servizio per il personale, quali spogliatoi, servizi igienici e sala attesa turno, che hanno un uso più saltuario e fungono da cuscinetto rispetto all'area vendita; questi sono schermati grazie all'aggetto del tetto. Sul lato sud si affaccia il pergolato fotovoltaico da 30 kW<sub>p</sub>, che funge da chiusura dell'area e da schermatura per i parcheggi sottostanti. I locali tecnici sono stati collocati tutti al primo piano, accessibili grazie a una scala esterna.

La copertura elimina i tradizionali lucernari per lasciare posto a “camini di luce” che consentono un'illuminazione naturale diffusa nell'area vendita e controllano meglio il carico termico dovuto alla radiazione solare estiva; in quest'ottica gli evacuatori di fumo sono mantenuti opachi. Attraverso l'illuminazione zenitale puntuale è possibile controllare i livelli di illuminamento sul piano verticale degli scaffali e sviluppare strategie per la modulazione del flusso luminoso delle lampade fluorescenti lineari, garantendo sempre la corretta illuminazione dei prodotti (Figura 6).

Le parti opache della copertura sono rivestite con guaine certificate “cool-roof”: esse hanno la caratteristica di riflettere la radiazione solare incidente e di ri-emettere ad alta efficienza la minima quota assorbita, con evidente beneficio nella riduzione del carico termico estivo. Anche le zone protette e schermate in copertura dove sono alloggiati il roof-top e i condensatori a servizio della centrale per la refrigerazione alimentare traggono beneficio dalle guaine che consentono la riduzione delle temperature estive in prossimità delle macchine migliorandone l'efficienza (Figura 7).



*Figura 6 – Area vendita e camini di luce che trasportano luce naturale diffusa in zona scaffali e banchi serviti.*



*Figura 7 – Misure di temperatura superficiale della copertura “cool-roof” in cui si evidenzia la differenza di temperatura tra la parte trattata con guaina “cool roof” (a circa 45°C), e la striscia bituminosa di bordo non trattata (a oltre 70°C). La misura è fatta il 14 luglio 2011, ore 12 (temperatura esterna 34,8 °C).*

Per le strutture portanti, le chiusure e le partizioni orizzontali e verticali dell'edificio, sono stati utilizzati materiali e tecnologie tradizionali a basso costo. La struttura portante è puntiforme con pilastri in acciaio e travi in legno lamellare, che sostengono pannelli sandwich in lamiera grecata coibentata con lana di roccia per la copertura principale a falda unica. Le chiusure esterne e le partizioni interne verticali sono in blocchi di cls alleggerito con argilla espansa, ad esclusione di quelle dei locali tecnici, che sono realizzate con pannelli sandwich in lamiera ondulata coibentati con lana di roccia ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Le chiusure verticali esterne in muratura sono coibentate con un “cappotto” esterno ( $U = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Nella scelta di quanto isolamento applicare all'involucro edilizio, è stata determinante la volontà di raggiungere la classe energetica A, che come noto ha un grande impatto comunicativo; poiché essa deriva dal fabbisogno teorico di energia primaria per ventilazione e riscaldamento invernale e per produzione di acqua calda sanitaria, nella realtà del supermercato essa rappresenta una minima parte dei consumi reali complessivi. Inoltre, in relazione alla standardizzazione delle modalità di calcolo dei fabbisogni

termici per tale destinazione d'uso, si ritiene il metodo di calcolo scarsamente rappresentativo, in quanto si riferisce ad un modello d'uso molto lontano da quello reale.

Simulazioni energetiche in regime dinamico, effettuate tenendo conto di un modello d'uso più realistico (ad esempio considerando l'impianto funzionante solo durante gli orari di apertura) dimostravano infatti la necessità di un minore fabbisogno energetico invernale; considerando anche il fabbisogno estivo, era evidente come gli scambi per trasmissione attraverso l'involucro fossero secondari rispetto agli altri termini del bilancio energetico, come ad esempio i guadagni solari.

## **6. IMPIANTO “MULTIENERGIE” E REGOLAZIONE SECONDO LOGICHE ADATTATIVE**

Per la climatizzazione attiva e ventilazione all'interno dell'area di vendita, le diverse esigenze climatiche evidenziate conducono alla necessità di un doppio impianto. Un impianto a tutt'aria per ventilazione e climatizzazione è utilizzato per l'area di vendita, mentre un impianto con terminali radianti ad acqua è utilizzato per generare un “accento climatico” nelle zone con presenza di lavoratori. La logica del doppio impianto, che evidentemente aumenta i costi di installazione, si giustifica solo in analisi in costo globale, valutando quindi i benefici ottenibili nella gestione in termini di riduzione sensibile dei consumi, migliorando al contempo le prestazioni ambientali. Secondo questa logica, l'impianto prevede un condizionatore autonomo (roof-top) da 61 kW condensato ad aria con recupero termodinamico dell'energia dall'aria espulsa, per la ventilazione, climatizzazione e deumidificazione dell'area di vendita, e un impianto ad acqua con terminali radianti (a soffitto o a pavimento a seconda delle unità ambientali) alimentato da pompa di calore geotermica da 15 kW con 4 sonde verticali. La regolazione del roof-top avviene tramite controllo della temperatura interna media nell'area di vendita mantenendo valori intorno ai 18°C d'inverno, e una temperatura scorrevole d'estate sulla base della temperatura esterna. D'estate infatti, secondo una logica di benessere adattativo, si consente una relativa variabilità del set-point di temperatura interno riconoscendo che le aspettative di benessere degli utenti del supermercato sono strettamente legate all'evolversi della situazione climatica e alla relazione immediata con il clima esterno da cui provengono<sup>8)</sup>.

Il set point è stato impostato con la seguente regola, valida per edifici ventilati naturalmente (Brager e de Dear, 2000):

$$T_{operativa} = 18,9 + 0,255 T_{esterna} \quad (1)$$

È evidente che la sola temperatura dell'aria è un descrittore insufficiente a rappresentare le condizioni di benessere termico, e risulta quantomeno più appropriato (limitandosi alla temperatura) il controllo della temperatura operativa, che meglio apprezza gli importanti effetti di scambio termico radiativo.

Al roof-top è demandato anche il controllo del punto di rugiada dell'aria in relazione al rischio condensazione sulle superfici fredde (sportelli banci refrigerati e pannelli radianti)<sup>9)</sup>. Un'importante conseguenza della scelta energeticamente virtuosa effettuata di chiudere tutti i banci refrigerati a libero servizio (BT e TN) con sportelli

vetrati, è infatti l'assoluta necessità di controllare l'umidità relativa in funzione del punto di rugiada. Nei supermercati tradizionali a banchi aperti la deumidificazione attiva estiva non è mai una necessità in quanto la stessa è effettuata impropriamente attraverso gli stessi banchi in cui avviene condensazione e formazione di brina sull'evaporatore a bordo banco, con conseguente necessità di ripetuti cicli di sbrinamento. Il controllo dell'umidità, che notoriamente è energeticamente dispendioso anche in relazione al post riscaldamento, è ottimizzato nel roof-top attraverso post riscaldamento eseguito con il gas caldo utilizzando il calore di condensazione che andrebbe smaltito.

L'attenzione posta nei confronti del rischio di condensazione superficiale sui banchi refrigerati e sui pannelli radianti, fa sì che, mediante la deumidificazione attiva del roof-top, nell'area di vendita sia mantenuta per la maggior parte del tempo (salvo rare situazioni di elevatissimo affollamento) una temperatura di rugiada dell'aria inferiore a 16°C; questo in genere comporta un blando effetto di raffrescamento da parte dell'aria immessa, il quale, unitamente all'eccellente prestazione dell'edificio in relazione alla protezione dall'impatto sole-aria, è del tutto sufficiente a garantire ideali condizioni di benessere alle persone, pur mantenendo temperature dell'aria non particolarmente basse.

Il roof-top è progettato per garantire i ricambi d'aria necessari in relazione alle massime condizioni di affollamento previste dalla normativa vigente, anche se normalmente lavora con minima aria esterna che può incrementare sulla base di un controllo della CO<sub>2</sub> ambiente (si veda descrizione al par. 7.1). È evidente infatti che la possibilità di ridurre aria esterna quando questa non è utile al ricambio dell'aria, può evitare un inutile dispendio energetico.

In zona di vendita, sopra le casse sono presenti dei pannelli radianti a soffitto a bassa inerzia che funzionano in riscaldamento e raffrescamento con la funzione di "accento climatico" per migliorare la sensazione di benessere termico in tale zona (Figura 8). La scelta di posizionarli a soffitto è motivata sia dalla scarsa superficie attiva disponibile a terra (a causa delle canalizzazioni per la posta pneumatica e alimentazione elettrica casse dal basso), sia uno sfavorevole "fattore di vista". Non c'è dubbio poi che la soluzione a soffitto funzioni meglio in raffrescamento sommando all'effetto radiativo anche un minimo effetto convettivo dovuto all'aria calda che si raffredda lambendo il pannello. Da un punto di vista tecnologico e di inserimento architettonico i pannelli leggeri risultano facilmente integrabili, e la bassa inerzia termica consente tempi di risposta veloci con la possibilità di adattarsi rapidamente alle condizioni varie e mutevoli del supermercato e garantire un migliore controllo del rischio condensazione estiva. I pannelli scelti hanno una superficie microforata che contribuisce a migliorare localmente le caratteristiche di assorbimento acustico e di controllo del tempo di riverberazione.



*Figura 8 – Pannelli radianti a soffitto sulla zona casse, funzionanti in riscaldamento e raffrescamento.*

Gli stessi pannelli radianti a soffitto sono posizionati anche nella zona lavorazioni, mentre sotto il banco servito gastronomia e pane sono presenti pannelli a pavimento, che funzionano in solo riscaldamento, realizzati con una tecnologia “a secco”, e quindi a bassa inerzia termica. In tale zona, la presenza dei banchi aperti non rendeva possibile inserire pannelli a soffitto. In questa situazione l’esigenza di “accento” in raffrescamento non è necessaria grazie ai banchi aperti verso gli addetti, mentre risulta utile integrare il riscaldamento invernale.

Nella riserva e negli spogliatoi del personale è stato inserito un impianto radiante a pavimento realizzato con tecnologia “a umido”, funzionante in solo riscaldamento. La presenza di uno strato di massetto sopra le serpentine radianti, che nella riserva è particolarmente consistente per via delle esigenze di resistenza meccanica che lo stesso deve avere, consente di ottenere un’elevata inerzia termica che si sposa perfettamente con l’uso saltuario e intermittente nella giornata di tali spazi e di conseguenza la necessità di generare un clima stabile, dovendo conciliarsi con la difficoltà di prevedere le variazioni di affollamento e la frequente apertura della porta della riserva per carico merci. Tradizionalmente la riserva verrebbe riscaldata con aerotermi che non riescono a garantire un clima invernale soddisfacente a causa della frequente apertura delle porte e di conseguenza la necessità di riscaldare continuamente tutto il volume d’aria. Il pavimento caldo, risente molto meno di questo effetto e attraverso gli scambi radiativi consente di mantenere un clima invernale molto confortevole.

In riferimento al controllo climatico con tecnologie passive e ibride nelle stagioni intermedie, è presente un sistema di ventilazione naturale con pre-trattamento geoter-

mico dell'aria, composto da una lunga tubazione interrata che raffresca l'aria captata all'esterno prima di diffonderla all'interno degli ambienti deumidificandola parzialmente.

Il sistema è integrato da un camino di ventilazione naturale per il ricambio d'aria nel negozio, posto nella copertura contro la parete nord dell'area di vendita. Il funzionamento passivo, attivo o ibrido è gestito automaticamente dal sistema di controllo.

La produzione di acqua calda sanitaria avviene tutta con il recupero parziale del calore di condensazione dell'impianto di refrigerazione alimentare che, nei periodi invernali non eccessivamente rigidi, fornisce energia anche all'accumulo termico dell'impianto ad acqua.

La ridefinizione dei parametri di benessere come punto di partenza del progetto ha interessato anche il benessere visivo. I livelli di illuminamento corretti sono strettamente connessi alle esigenze sia di compito visivo, sia commerciali, in relazione alla migliore esposizione dei prodotti. La riduzione dei livelli di illuminamento artificiale è possibile controllando i seguenti aspetti: le relazioni che intercorrono fra i climi luminosi delle aree diverse all'interno del campo visivo, l'accento sui prodotti e le implicazioni legate alla "legge della risposta calante" che evidenzia quanto sia trascurabile il miglioramento della performance visiva all'aumento dei livelli di illuminamento, oltre un certo limite.

Ai fini del risparmio energetico, ma soprattutto in relazione alle ricadute positive in termini di benessere psicologico e gradimento dell'ambiente, il progetto massimizza l'uso della luce naturale con i citati sistemi zenitali di captazione e trasporto della luce naturale, che consentono un illuminamento diffuso nella zona scaffali e conseguentemente la possibilità di modulare i flussi luminosi delle lampade fluorescenti lineari, controllando l'uniformità dei livelli di illuminamento verticale sugli scaffali.

L'illuminazione dei banchi avviene con lampade a LED. Nella riserva e zona lavorazioni l'accensione delle lampade fluorescenti è con controllo a gradini in base alla disponibilità di luce naturale, mentre nei bagni e spogliatoi con sensori di presenza.

## **7. FASE DI ACCOMPAGNAMENTO POST COLLAUDO**

Nel caso del supermercato di Conselice la natura integrata del gruppo di progettazione, insieme al lavoro condotto con il committente nelle sue diverse figure (ufficio tecnico, ufficio commerciale, ufficio manutenzione, ufficio "Energy", ufficio relazioni con i soci, ufficio comunicazione, ecc...) ha consentito di realizzare al proprio interno lo scambio delle informazioni e la condivisione degli obiettivi che hanno consentito di produrre un progetto coordinato e coerente con le aspettative del committente, in cui le soluzioni sono fra loro tipologicamente e funzionalmente integrate. Questo "rinnovamento" del processo decisionale, coltivato e costruito con momenti di incontro programmati e la costante divulgazione degli avanzamenti progettuali, è stato essenziale per migliorare l'efficienza energetica e di conseguenza garantire i risparmi, accrescere i livelli di servizio e di qualità ambientale.

La continuità di questo approccio con lo scopo di assicurare, nelle diverse fasi, il perseguimento degli obiettivi che l'intervento si è dato, ha richiesto la definizione di una specifica attività di "verifica e accompagnamento" a partire dall'apertura del supermer-

cato finalizzata al controllo delle prestazioni in opera, alla messa a punto e la verifica delle prestazioni dei sistemi.

Il controllo delle prestazioni in esercizio e la “messa a punto continua” del funzionamento dell’impianto rappresentano una fase essenziale per garantire il raggiungimento degli obiettivi di risparmio energetico, che non è sostituita dai collaudi funzionali. Diventa inoltre importante mediare le esigenze dei diversi attori coinvolti (utenti del centro, lavoratori, manutentori, committente), spesso fra loro antitetiche, al fine di definire una sorta di optimum, che punta al risparmio energetico attraverso un controllo ambientale corretto.

Attraverso il controllo remoto dei parametri di funzionamento dell’impianto, delle prestazioni dei sistemi, dei descrittori della qualità ambientale interna e dei risparmi energetici dall’apertura del punto vendita si effettua la supervisione dell’impianto e delle prestazioni ambientali conseguite<sup>10</sup>.

I risultati di risparmio energetico conseguiti sono riportati nelle Figure 9 e 10.

L’attività di supervisione e controllo, tuttora in corso, sta portando alla messa a punto dei sistemi e all’individuazione di disfunzioni. È abbastanza evidente come molte volte gli impianti, pur funzionando e garantendo la prestazione, non operano nelle condizioni ottimali, spesso consumando inutilmente energia. È proprio in questi ambiti che l’attività di ongoing commissioning, associata a quella puntuale di “testing, adjusting and balancing”, può portare a notevoli risparmi.

A titolo di esempio, nei paragrafi seguenti si riportano alcune analisi e risultanze emerse dall’attività di supervisione condotta attraverso il sistema BACS.

## **7.1 Controllo della qualità dell’aria**

Il sistema di controllo della qualità dell’aria utilizza un sensore di concentrazione di CO<sub>2</sub> posto ad altezza 2 m in una delle corsie in area di vendita (che da questo punto di vista è la zona più critica, per via della non remota possibilità che si verifichi un aumento incontrollato delle persone); in relazione ai materiali e alle merci presenti nell’edificio, è stata giudicata di minore rilevanza l’immissione di inquinanti non emessi dalle persone.

Dopo alcuni mesi di monitoraggio dei valori di concentrazione di CO<sub>2</sub>, la configurazione iniziale del sistema di ventilazione, in particolare la portata d’aria esterna immessa dall’impianto (calcolata sulla base teorica della UNI 10339, senza tenere conto dei ricambi incontrollati dovuti all’apertura delle porte), è stata giudicata sovrabbondante rispetto alle reali necessità del punto vendita, salvo situazioni eccezionali che si verificano sporadicamente; in fase d’uso è stata infatti riconosciuta la rilevanza, nel contribuire ai ricambi d’aria necessari a mantenere la qualità, di fenomeni secondari difficilmente quantificabili in fase progettuale, legati alla fisiologica frequente apertura delle porte, sia dal lato clientela, sia dal lato lavorazioni.

In seguito a tali osservazioni è stato ritenuto opportuno ridurre la portata d’aria esterna fornita dal sistema a tutta aria, agendo sulle serrande del roof-top: con graduali aggiustamenti al ribasso, si è arrivati ad individuare la configurazione ottimale; per la maggior parte del tempo il roof-top immette quindi una portata d’aria esterna costante, che, assieme ai ricambi naturali incontrollati, assicura il corretto ricambio all’area di vendita.

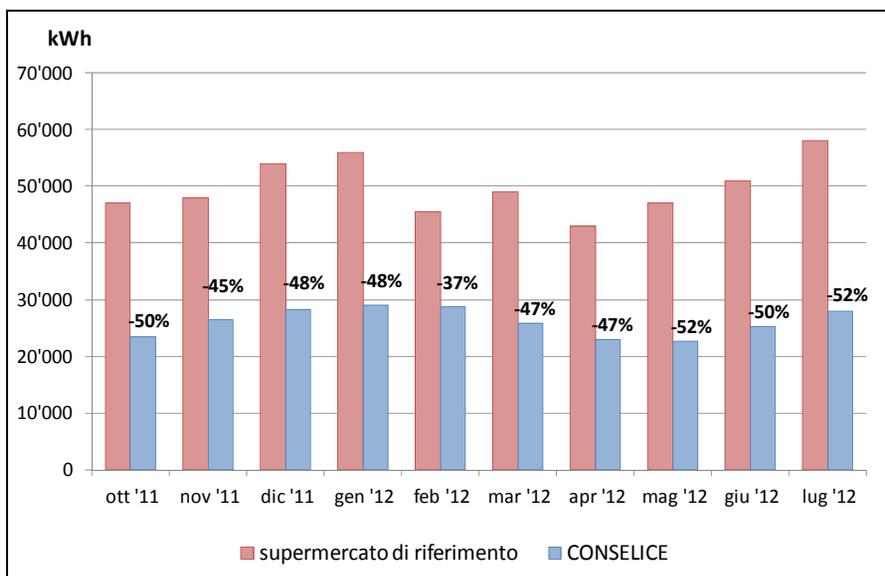


Figura 9 – Risultati mensili di risparmio energetico complessivi (compreso refrigerazione alimentare) finora raggiunti nel punto vendita dall'apertura (la quota di produzione fotovoltaica è esclusa).

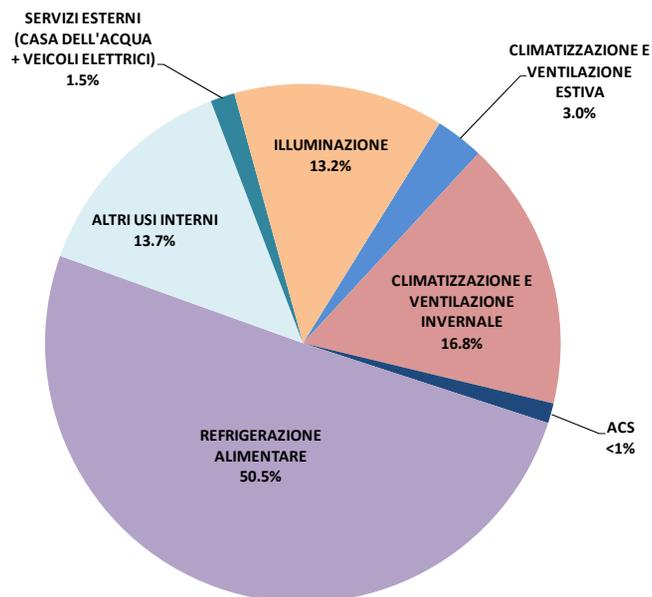


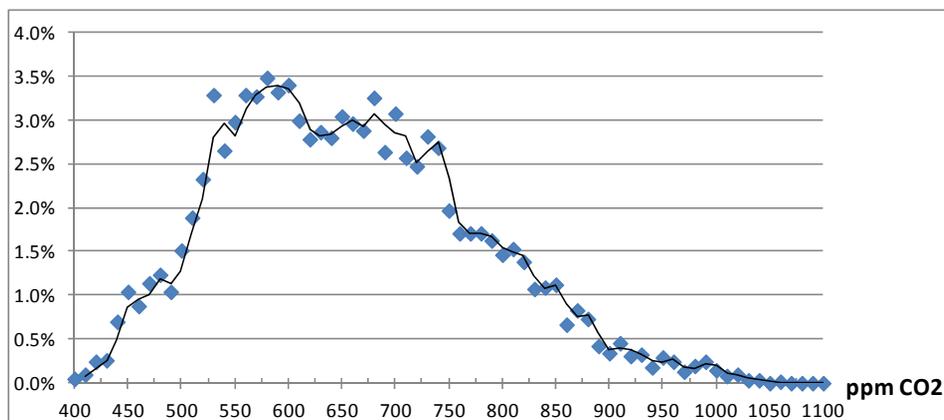
Figura 10 – Ripartizione dei consumi energetici totali da ottobre 2011 a luglio 2012.

Casi particolari, cioè situazioni critiche di affollamento in cui la concentrazione di diossido di carbonio supera un valore di soglia fissato a 1000 ppm, sono gestiti automaticamente dal sistema di ventilazione, mediante l'immediato incremento della percentuale di aria esterna immessa, fino a quando le condizioni non tornano al di sotto di un valore di sicurezza.

Il risultato di questa strategia è tale per cui l'obiettivo di mantenimento di una qualità ottimale dell'aria è stato armonizzato con l'obiettivo di risparmiare energia eliminando la necessità di trattare aria esterna in quantità eccessiva rispetto alle reali esigenze.

Nel periodo di monitoraggio relativo ai mesi di febbraio – giugno 2012, durante gli orari di apertura del supermercato, si osserva che per il 90% del tempo la concentrazione di CO<sub>2</sub> si attesta sotto 814 ppm, e che il picco massimo è stato pari a 1054 ppm (Figura 11).

Secondo lo standard ASHRAE 62:2001 il limite superiore di accettabilità della qualità dell'aria indoor è pari alla concentrazione esterna aumentata di 700 ppm, che corrisponde a condizioni di ventilazione ritenute disagiabili per il 20% degli occupanti. Poiché la concentrazione del monossido di carbonio in ambiente esterno si può assumere circa pari a 380 ppm, il limite superiore così calcolato diventa pari a 1080 ppm indoor.



*Figura 11 – Frequenza percentuale delle classi di concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'area di vendita, durante gli orari di apertura, nei mesi da febbraio a giugno 2012.*

## **7.2 Recupero calore dalla refrigerazione alimentare**

Il recupero parziale del calore di condensazione dal sistema di refrigerazione alimentare è utilizzato in primo luogo per soddisfare l'intero fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria, e secondariamente, quando le condizioni sono energeticamente favorevoli, per alimentare il sistema di riscaldamento invernale.

Attraverso uno scambiatore di calore e un circolatore, all'interno di un preparatore da 600 litri viene mantenuta acqua sanitaria a una temperatura massima di 45°C, poi erogata a 38°C.

Quando il fabbisogno di energia per acqua calda sanitaria è completamente soddisfatto, un secondo circolatore invia il calore di condensazione all'interno dell'accumulo inerziale del riscaldamento radiante.

A causa della chiusura di tutti i banchi refrigerati nell'area di vendita e della complessiva maggiore efficienza dell'impianto di refrigerazione alimentare, la potenza recuperabile allo scambiatore è tale per cui nella maggior parte del periodo di riscaldamento non vi sono le condizioni per attivare la seconda linea sopra descritta: essa entra in funzione principalmente nei mesi meno freddi (ottobre, marzo, aprile), e nei momenti di minor richiesta di acqua calda sanitaria.

Il dimensionamento del sistema di recupero calore di condensazione e la scelta delle temperature di accumulo sono il risultato congiunto sia della definizione degli obiettivi in fase progettuale, sia delle osservazioni e correzioni effettuate durante la fase di funzionamento; allo stato delle cose rappresentano la strategia più equilibrata in termini di risparmio energetico per il caso in esame. In particolare, si è raggiunto un bilanciamento tale per cui il fluido caldo immesso nell'accumulo inerziale diminuisce il tempo di attivazione della pompa di calore geotermica (Figura 12), e vengono scongiurate le situazioni in cui all'accumulo potrebbe essere sottratto calore, se la temperatura al suo interno è superiore a quella del fluido proveniente dal sistema di recupero.

### **7.3 Night-cooling**

Una delle più diffuse e incoraggiate strategie di risparmio energetico, il night-cooling estivo, si è finora dimostrato raramente compatibile con le caratteristiche climatiche dell'area geografica in cui si trova il supermercato, considerando anche gli aspetti specifici dell'edificio.

Il sistema di gestione, supervisione e controllo è predisposto per effettuare il night-cooling estivo, mediante l'accensione notturna del rooftop e l'immissione di aria esterna nel supermercato, qualora le condizioni siano favorevoli per raffrescarlo quasi gratuitamente (con il solo consumo dei ventilatori); tuttavia nell'estate del 2012 tali condizioni favorevoli non si sono mai verificate: infatti da un lato abbiamo a che fare con un clima esterno molto umido, in cui anche quando le temperature estive divengono più miti, l'entalpia dell'aria è sempre estremamente elevata, dall'altro lato l'edificio è ben protetto dal surriscaldamento, e al suo interno non si verificano mai condizioni di temperatura particolarmente elevate; inoltre i banchi refrigerati, seppur tutti chiusi, costituiscono un carico termico interno di segno negativo.

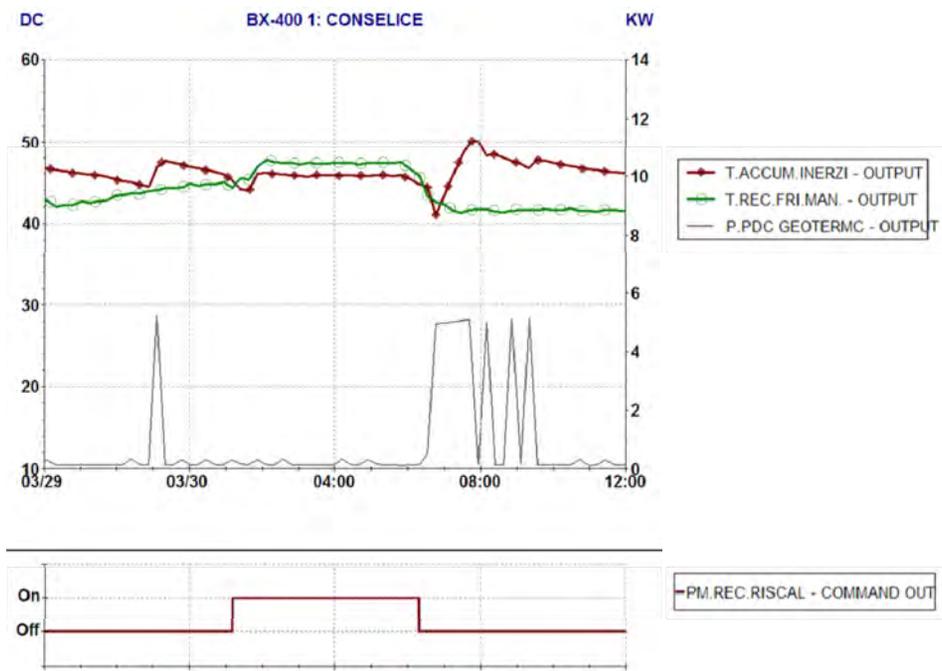


Figura 12 – Una situazione tipica in cui è evidente come il sistema di recupero del calore di condensazione viene utilizzato per mantenere in temperatura l'accumulo inerziale del riscaldamento, e si evita l'attivazione della pompa di calore geotermica: il sistema di recupero si disattiva alle 6:20, la pompa geotermica si attiva alle 6:40.

Durante la notte, in assenza di ricambi d'aria e di fonti di vapore acqueo, l'entalpia dell'aria interna si mantiene pressoché costante, su valori attorno a 40÷45 kJ/kg: anche quando sarebbe apparentemente possibile raffreddare l'interno dell'edificio immettendo direttamente l'aria esterna, a temperatura più bassa di quella interna, in realtà l'entalpia esterna ha valori più elevati di quella interna, ed è tale che il night-cooling farebbe aumentare i consumi energetici, costringendo il roof-top a deumidificare (Figura 13). Il monitoraggio dei parametri ambientali esterni e dell'edificio, così come l'osservazione delle prestazioni del roof-top, hanno permesso di definire con chiarezza questa situazione, difficile da determinare con precisione in fase progettuale per via dei numerosi fattori che vi concorrono.

#### 7.4 Integrazione luce naturale e artificiale: modulazione del flusso luminoso delle luci

I corpi illuminanti sugli scaffali dell'area di vendita, sugli ingressi e spazi di percorso sono configurati per modulare elettronicamente il proprio flusso luminoso in relazione ai livelli di illuminamento naturale rilevato internamente (affinché la misura non sia falsata dalle luci artificiali, l'illuminamento naturale è rilevato in un punto indisturbato più in alto rispetto ai corpi illuminanti, e naturalmente il valore è poi rapportato attra-

verso i risultati di misure in opera a quello corrispondente alle zone in cui si espletano i compiti visivi), che sono misurati mediante due sonde luxmetriche: una pre-regolazione è stata effettuata con specifiche misure in opera durante la fase di avvio del sistema, ma il successivo monitoraggio ha messo in evidenza che uno dei gruppi di luci soggetti a modulazione di flusso (a servizio dei banchi gastronomia servita) non offriva prestazioni in linea con le aspettative; subito dopo essere stato rilevato, il problema è stato indagato effettuando l'analisi a distanza dei dati raccolti dal sistema di monitoraggio e controllo: si è così rapidamente giunti a una soluzione, mediante l'aggiustamento dei parametri di risposta ai valori rilevati dalla sonda luxmetrica, il cui effetto è stato validato dai successivi dati raccolti.

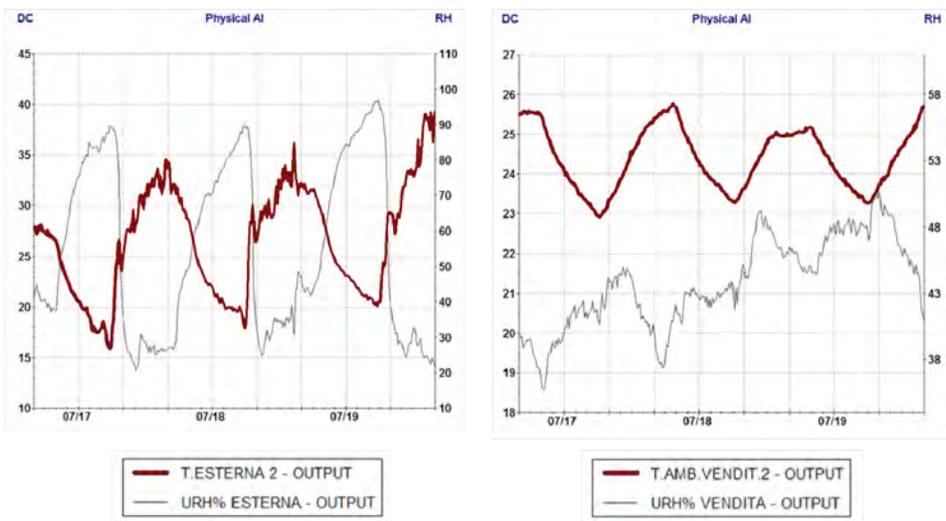


Figura 13 – Nei giorni 17, 18, 19 luglio 2012, la temperatura notturna esterna è scesa attorno a valori tra i 16°C e i 20°C, mentre all'interno dell'edificio ha toccato un minimo di 23°C; tuttavia il night-cooling sarebbe stato controproducente, poiché l'entalpia esterna si è sempre mantenuta maggiore o uguale a quella interna. Ad esempio alle 5:30 del 18 luglio  $h_{est} = 49,1 \text{ kJ/kg}$  e  $h_{int} = 43,3 \text{ kJ/kg}$ . Le scale con cui sono rappresentati i due grafici sono differenti, al fine di rendere più leggibili i parametri dell'aria interna.

## 7.5 Sistema di riscaldamento radiante

All'approssimarsi della fine della stagione di riscaldamento, l'osservazione delle temperature interne nella zona riserva e spogliatoi (in cui è presente un sistema radiante a pavimento), ha messo in evidenza come, rispetto alle cautelative previsioni iniziali, nei mesi più miti vi sia molto raramente necessità di climatizzare, poiché l'involucro edilizio e il modello d'uso dell'edificio hanno caratteristiche tali per cui, già a partire da marzo, la temperatura operativa è tale da non richiedere un ulteriore trattamento attivo. In seguito all'osservazione di questa situazione sui dati rilevati, e alla conferma diretta da parte degli addetti, si è deciso di limitare l'accensione del sistema radiante, abbassando il valore di temperatura dell'aria esterna al di sotto del quale esso entra in funzione.

## **7.6 Preaccensione roof-top**

L'analisi dell'andamento delle temperature dell'aria interna, e delle prestazioni reali offerte dal roof-top, ha permesso di stabilire con quanto anticipo forzare l'accensione della macchina durante i mesi invernali rispetto allo standard (o bypassare lo spegnimento programmato), per evitare che gli addetti e successivamente i clienti si trovassero ad entrare in un luogo non ancora a temperatura confortevole. L'anticipo nell'accensione ha subito temporanee variazioni anche in relazione all'instaurarsi di specifiche situazioni: ad esempio, durante il periodo più critico del 2012, in cui le temperature esterne notturne erano spesso molti punti sotto zero, la preaccensione del roof-top è stata fissata alle 3:00, in modo tale che alle 6:00 gli addetti trovassero l'aria interna già a 18°C (Figura 14). In alcune delle giornate più fredde dell'anno, occorse a febbraio, le medesime analisi hanno portato a decidere di non spegnere la macchina.

La corretta definizione dell'anticipo nell'accensione del sistema di riscaldamento ha permesso di far funzionare la macchina per il tempo strettamente necessario, evitando consumi energetici superflui.

## **7.7 Rifasamento elettrico**

Uno dei parametri tenuti sotto osservazione è lo sfasamento nella linea elettrica, causato dai carichi reattivi.

L'analisi dell'andamento di  $\cos(\phi)$  in relazione agli assorbimenti elettrici dei principali utilizzatori ha permesso di mettere in evidenza come in generale lo sfasamento si attesti sempre su valori prossimi a 1, e che il roof-top è una delle cause più importanti di abbassamento del valore di  $\cos(\phi)$  (Figura 15): è stato quindi preso in esame l'effetto che ha tale situazione dal punto di vista economico, ossia quanto pesa nelle bollette elettriche, considerando anche l'opportunità di installare un apposito rifasatore; tale ipotesi è stata tuttavia scartata per via del fatto che nell'arco di una mensilità il  $\cos(\phi)$  si attesta mediamente su valori sempre molto alti, e le penali pagate sono nulle o irrilevanti.

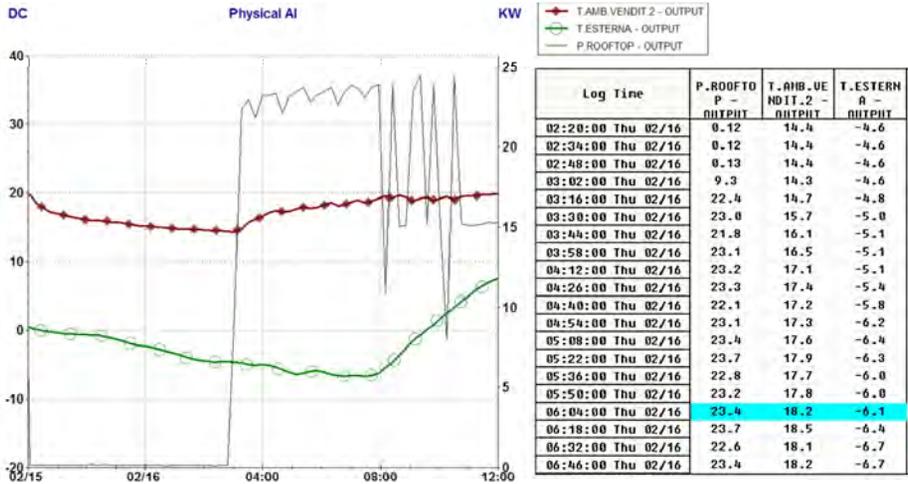


Figura 14 – Sono rappresentate la temperatura esterna, la temperatura dell'aria nel canale di mandata, e la temperatura dell'aria interna: si osserva come quest'ultima, ad impianto spento, cali piuttosto lentamente, nonostante all'esterno si parta da 0°C e si arrivi a -5°C.

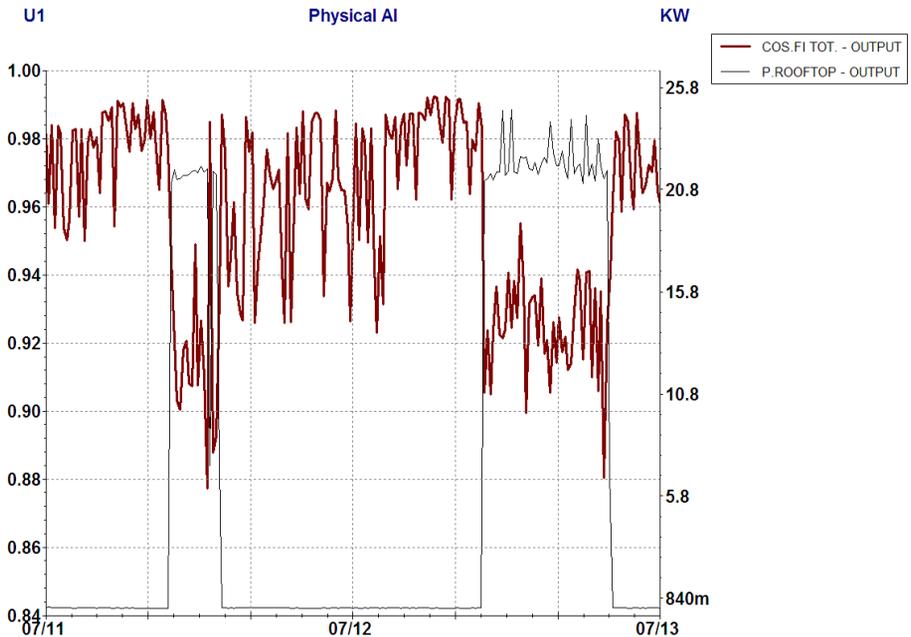


Figura 15 – Quando il roof-top è in funzione a piena potenza, il  $\cos(\phi)$ , che mediamente si attesterebbe sul valore di 0,95, scende fino a toccare minimi di 0,88.

## 7.8 Consumi di acqua

L'acqua piovana raccolta dalla copertura in un serbatoio di 9 m<sup>3</sup> è ri-utilizzata per usi compatibili, quali ad esempio gli scarichi dei wc ( a vasca vuota la linea è alimentata da acqua di acquedotto). I consumi di acqua, e le prestazioni del sistema di recupero acque meteoriche, sono tenute sotto controllo a distanza mediante appositi contabilizzatori collegati al sistema di supervisione.

L'osservazione di questi dati ha permesso di mettere in luce anomalie nei prelievi, ossia periodi in cui la portata d'acqua richiesta subiva variazioni non spiegabili, e in quantità non giustificabili (Figura 16). Indagini ulteriori hanno effettivamente messo in evidenza delle perdite, a cui si è potuto quindi porre efficacemente rimedio.

In totale, prima della soluzione del problema, nell'arco di pochi mesi sono stati persi più di 30 m<sup>3</sup> di acqua, sia recuperata sia potabile: normalmente, nel bilancio generale dei costi dell'edificio, questo spreco avrebbe potuto passare inosservato per via del basso costo dell'acqua, e continuare per un tempo indefinito; grazie al monitoraggio, con poco sforzo, è stato invece possibile individuare e risolvere velocemente il problema.

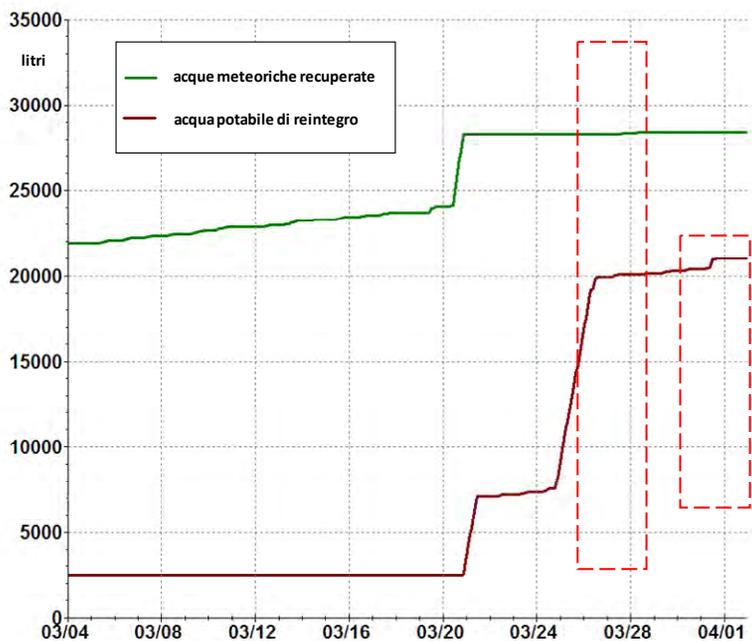


Figura 16 – Andamento cumulato dei consumi dell'acqua utilizzata per WC e usi esterni compatibili (compatto, lavaggio dei piazzali, esclusa irrigazione): evidenziazione delle anomalie nel mese di marzo 2012. In tutte le situazioni anomale la portata prelevata è costante, pari a circa 320 litri/ora, e significativamente diversa rispetto a quella che si verifica normalmente.

## CONCLUSIONI

L'esperienza condotta, inserita nel più ampio progetto di ricerca applicata volto ad incrementare le prestazioni energetico ambientali dei punti vendita esistenti e di nuova costruzione di Coop Adriatica, ha dimostrato, attraverso i risultati conseguiti di risparmio energetico complessivi, superiori alle aspettative e complessivamente dell'ordine del 48% rispetto al benchmark, l'efficacia dell'approccio. Positiva è stata anche la risposta dei lavoratori e dei soci della cooperativa che sono costantemente informati delle prestazioni conseguite dal punto vendita attraverso un "digital signage" informativo che in linguaggio non tecnico promuove il tema del risparmio energetico e di risorse. È anche riprodotto in tempo reale lo "stato di funzionamento del supermercato" attraverso lettura diretta dal BACS dei parametri (Figura 17). Il sistema, sviluppato dallo stesso gruppo di progettazione, definisce lo standard grafico e la piattaforma di "Content Management Video" per la gestione dei contenuti, che potrà essere ripreso nelle nuove aperture.

Se da un punto di vista economico i risparmi ottenuti rispetto al bilancio globale della cooperativa hanno singolarmente uno scarso impatto, è evidente che messi assieme potrebbero rappresentare un quantitativo non trascurabile. Dal punto di vista poi del singolo punto vendita, nel calcolo del margine operativo netto questi numeri hanno un'incidenza molto elevata intervenendo direttamente sui costi di esercizio

L'obiettivo di un "edificio a energia quasi zero", in linea con la "roadmap europea" per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, con azioni a medio e lungo termine, ripropone la centralità del progetto come momento di lettura e interpretazione delle complessità in gioco, legate alle diverse esigenze degli attori coinvolti e alla frammentazione del processo edilizio. La traduzione in precise scelte progettuali a partire dalla rilettura degli obiettivi di benessere deve ottimizzare in primo luogo il comportamento dell'edificio e in secondo luogo ottimizzare l'impianto rendendolo funzionalmente integrato al sistema.

L'uso di tecnologie efficienti è una condizione necessaria ma non sufficiente per ottenere i risultati attesi. L'esperienza insegna che in fase di esercizio, a causa di diverse problematiche, le prestazioni tendono a ridursi notevolmente e che sia assolutamente definire un programma di accompagnamento all'uso che preveda forti sinergie con gli addetti alla manutenzione. Tutti gli edifici hanno bisogno di una fase di messa a punto attenta e l'investimento del committente in tale senso si ritiene ampiamente giustificato dai benefici. Il risparmio energetico e la sostenibilità degli interventi non può quindi sottostare ad un approccio semplicistico e ordinario, ma richiede la messa in campo di competenze e di professionalità in grado di scardinare i meccanismi consolidati per innovare i processi e ripensare a tutto tondo le strategie. La buona notizia è che tutto ciò è fattibile e i risultati si ottengono.

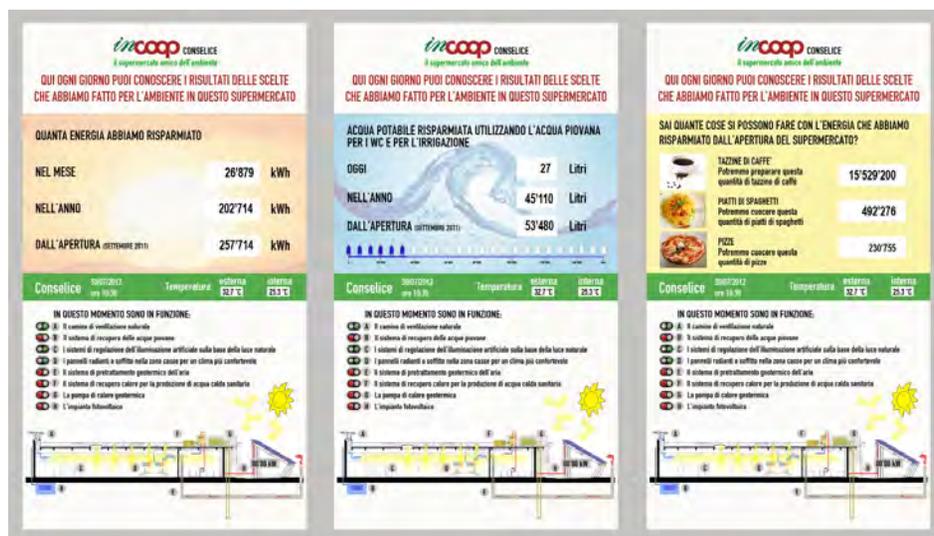


Figura 17 – Schermate esemplificative del “digital signage” informativo sulle prestazioni conseguite.

## NOTE

- 1) Ai sensi della Direttiva 2010/31/UE, un edificio a energia quasi zero è un “edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all’allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l’energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze”. Ulteriori specifiche non sono state ancora emanate a livello nazionale. Nel caso in esame ad oggi l’edificio risparmia complessivamente 48% rispetto al benchmark (compreso tutti gli usi diversi dalla sola climatizzazione ambienti). A fine anno il risparmio per la sola parte di climatizzazione, ventilazione, illuminazione e acqua calda sanitaria atteso è dell’ordine del 62% rispetto al benchmark. Della quota residua consumata circa il 30% è prodotta dall’impianto fotovoltaico. Tutta l’energia elettrica che alimenta il supermercato è proveniente da fonti rinnovabili con certificazione CO-FER.
- 2) Il progetto europeo “LoCaRe-Low Carbon Economy Regions” (<http://www.locareproject.eu>), coinvolge sei regioni di altrettanti paesi europei, con l’obiettivo di individuare e promuovere soluzioni a basso contenuto di carbonio a livello regionale e locale, contribuendo contemporaneamente alla crescita economica.
- 3) L’analisi dei punti vendita esistenti ha portato ad una classificazione sistematica degli edifici, per: dimensione, zona climatica ed età. In base ad informazioni preliminari fornite dal settore manutenzione di Coop Adriatica, è stata poi effettuata l’analisi della qualità residua, tarandola sui consumi energetici reali del punto vendita. Tale analisi ha permesso di stimare i potenziali risparmi energetici complessivi ottenibili applicando all’intero patrimonio edilizio una serie di interventi di riqualificazione

standardizzati, valutando caso per caso la convenienza in ottica di costo globale. Quest'attività ha portato ad individuare delle priorità di intervento e a definire un programma operativo di azioni che ad oggi ha già prodotto interventi sulla riqualificazione di centrali termiche e la riprogettazione e sostituzione dei sistemi di illuminazione artificiale, con corpi illuminanti ad alta efficienza a Led e fluorescenti.

- 4) La ricerca applicata "*Ecosostenibilità e valore nel punto vendita in cooperativa*" è stata affrontata con "modalità integrale", che considera fortemente interconnessi gli ambiti edili, impiantistici, gestionali, logistici e della comunicazione a partire dalla base di conoscenze e dalle prassi di Coop Adriatica.

Il lavoro si articola in sette fasi. Sono stati individuati criteri e strumenti per valutare, su basi condivise e scientificamente aggiornate, la qualità energetico-ambientale di un punto vendita (fasi 1 e 2). In seguito è stato analizzato in maniera critica un caso reale di "riferimento" rappresentativo della realtà più aggiornata di Coop Adriatica (fase 3) del quale si è misurato il livello di qualità in base ai criteri oggettivi, attraverso calcoli e monitoraggi. Il risultato di queste fasi ha consentito di misurare, rispetto a questo "benchmark", l'aumento di qualità raggiunto dal "punto di vendita eco-sostenibile" detto di "primo confronto" (dello stesso tipo e collocato nello stesso luogo di quello di riferimento) che è stato progettato fino al grado di definizione necessario a individuarne prestazioni e costi in termini di tempi di ritorno dell'investimento (fasi 4 e 5) con grado di approssimazione sufficiente per il raffronto con l'esistente. Sulla base dei risultati di questa prima parte di lavoro, si è proceduto alla progettazione e realizzazione di un "punto di vendita eco-sostenibile" reale, il supermercato a Conselice (fase 6). In seguito alla verifica e monitoraggio dei risultati concreti raggiunti sarà possibile conseguire l'ulteriore obiettivo del lavoro: rendere replicabile il risultato raggiunto, in riferimento ai diversi tipi di punti vendita e alle diverse realtà ambientali e climatiche nelle quali opera Coop Adriatica, anche esistenti, attraverso la definizione di linee guida (fase 7) ad uso del gruppo di progettazione e della struttura tecnica di Coop Adriatica per nuovi punti vendita.

- 5) Come noto, i dati di archivio di grandi aziende relativi alla voce "energia" sono spesso esclusivamente riferiti ai costi, che a loro volta risentono delle più svariate modalità e tempistiche di fatturazione e modalità contrattuali. Nel caso in esame, Coop Adriatica, ha riconosciuto da tempo l'importanza di strutturarsi attraverso un proprio ufficio "Energy" al fine di approfondire la conoscenza dei propri consumi e sviluppare strategie di risparmio. Tramite l'ufficio stato pertanto possibile accedere ai consumi energetici degli ultimi anni, in forma complessiva. Per il futuro la cooperativa sta implementando la conoscenza dei consumi per macro voci attraverso l'inserimento di misuratori dedicati sulle linee principali, abbinati al sistema di supervisione e controllo.
- 6) Nel valutare i costi sociali, e di conseguenza i benefici ottenibili per la collettività in seguito ad interventi di riqualificazione energetica sono state calcolate e monetizzate le "esternalità" secondo le metodologie messe a punto nell'ambito dei Progetti europei EXTERNE (<http://www.externe.info/>) e CASES (<http://www.feem-project.net/cases>).

- 7) L'edificio adotta diverse soluzioni integrate che permettono di ridurre l'impronta ecologica di oltre il 60%, rispetto ad un supermercato delle stesse dimensioni rispondente alle norme attuali in termini di prestazione energetica.

Per valutare la sostenibilità ambientale del punto vendita è stata effettuata l'analisi del Ciclo di vita e il calcolo dell'Impronta ecologica, condotte a partire dalla norma UNI EN ISO 14040 – 2006, utilizzando il software "Simapro" e la Banca dati "Euro-vent", nell'ambito di una collaborazione con ENEA

(cfr. Tesi di Laurea "Metodi e strumenti per la valutazione di sostenibilità ambientale ed energetica dei supermercati: analisi del Ciclo di vita e calcolo dell'Impronta ecologica. Applicazione a un caso di studio", di Cecilia Fontana, Corso di Laurea in Ingegneria Edile/Architettura, Alma Mater Studiorum, Università di Bologna, relatore Prof. Ing. Sergio Bottigliani, correlatori Ing. A. Mingozzi, Dott. Pier Luigi Porta (ENEA Bologna), A.A. 2010-11.

- 8) È curioso notare che il limite superiore della temperatura scorrevole per il controllo climatico dell'area di vendita risulta legato ad esigenze proprie della destinazione d'uso e in questo caso alla temperatura a cui inizia la fusione del cioccolato. Normalmente questa è superiore ai 30 °C, ma per i prodotti più commerciali avviene già intorno ai 28,5-29°C.
- 9) Il tema della riduzione dei consumi energetici per la refrigerazione alimentare deve rappresentare uno degli obiettivi del progetto. Tradizionalmente i progettisti dell'impianto meccanico non sono coinvolti in quello della refrigerazione, che è esecutivamente sviluppato dalla ditta che fornisce i banchi refrigerati in uno stadio molto avanzato del progetto. Secondo questa prassi consolidata si realizza l'assurdo di considerare l'impianto refrigerazione alimentare, responsabile orientativamente del 50% dei consumi del punto vendita, alla stregua di un elettrodomestico, perdendo l'occasione di sviluppare efficaci strategie di recupero di calore. Nel caso in esame pur mantenendo distinte le responsabilità progettuali si è valutata assieme fin dall'inizio la possibilità di un recupero parziale del calore di condensazione e quali strategie e tecnologie adottare per contenere i consumi dell'impianto frigo. La produzione del freddo avviene tramite impianto con centrale TN a R134A e BT a R744 (CO<sub>2</sub>) in ciclo subcritico in cascata. In questo punto vendita per la prima volta Coop Adriatica si convince della necessità di chiudere per questioni di risparmio energetico i banchi a libero servizio TN. Altre soluzioni per il risparmio sono: recupero del calore di condensazione per produrre acqua calda sanitaria e integrare il riscaldamento nei periodi non troppo rigidi, compressori con inverter, ventilatori EC sul condensatore, eliminazione dei banchi autonomi, illuminazione banchi a led, valvole di espansione elettroniche e ventilatori a basso consumo.
- 10) Al fine di consentire l'attività di supervisione e controllo il progetto prevede un sistema di "Building Automation Control System" (BACS), operabile in remoto, che consente di:
- ottimizzare i consumi energetici in relazione alle prestazioni obiettivo di benessere;
  - consentire la lettura dei parametri caratterizzanti il clima interno ed esterno e l'efficienza di funzionamento dei macchinari, al fine di valutare in esercizio la corrispondenza fra prestazioni attese e prestazioni rese;

- controllare la potenza elettrica prelevata dalla rete e il fattore di potenza;
- consentire un monitoraggio dei consumi energetici e delle risorse, per voci distinte;
- gestire le anomalie e generare allarmi;
- elaborare dati sintetici inerenti le prestazioni energetico-ambientali conseguite nel punto vendita ad uso del “digital signage” informativo.
- Attraverso il BACS, direttamente dal proprio Studio, Ricerca e Progetto controlla il funzionamento del supermercato ed interviene sui parametri di regolazione in relazione all’evoluzione climatica e risposta dell’edificio e programma gli interventi di manutenzione necessari in caso di anomalie. Il primo anno questa attività è necessaria per la messa a punto e taratura dei sistemi, mentre negli anni successivi l’obiettivo sarà il mantenimento delle continuità delle prestazioni.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Mingozzi A., Bottiglioni S., Bughi M. 2011. Il nuovo supermercato sostenibile a Conselice: un’occasione di riqualificazione urbana, Inarcos Ingegneri Architetti Costruttori, rivista dell’Associazione Ingegneri e Architetti della Provincia di Bologna, n. 723, 7-19.
- Regione Emilia Romagna. 2008. Delibera di Assemblea Legislativa 156/08 della Regione Emilia Romagna.
- Brager G. S., de Dear R. J. 2000. A standard for Natural Ventilation. ASHRAE journal, oct. 2000, pp. 21