
sintesi di tesi di laurea

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea: Ingegneria Edile Magistrale

EFFICIENZA ENERGETICA NEL SETTORE COMMERCIALE. UN CASO STUDIO, IL “CENTRO EMPOLI”

Autore: Luca Bartoli

Relatori: Dott.ssa Carla BALOCCO – Ing. Adriano MILAZZO – Ing. Luca SANI

PRESENTAZIONE

Questo lavoro costituisce sintesi di una Tesi di Laurea in Ingegneria Civile Triennale svolta presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Firenze che ha avuto come Relatori la sottoscritta, Dott.ssa Carla Balocco e l'Ing. Adriano Milazzo afferenti al Dipartimento di Energetica e Relatore esterno l'Ing. Luca Sani dello Studio Sani di Firenze, nell'Anno Accademico 2010/2011. Il settore di indagine è quello commerciale che rappresenta ad oggi uno dei settori in cui è possibile ottimizzare l'impiego delle risorse e definire interventi e/o soluzioni progettuali energeticamente sostenibili sul sistema integrato edificio-impianto. Proprio in questa ottica la simulazione dinamica del sistema risulta di fondamentale importanza: i risultati delle simulazioni in condizioni di regime transitorio, che hanno tenuto conto della termofisica dell'edificio e del sistema di regolazione degli impianti e del loro funzionamento (il sistema HVAC per la climatizzazione e ventilazione, i sistemi dei frigoriferi alimentari, i sistemi di illuminazione artificiale), hanno permesso la valutazione delle prestazioni energetiche degli involucri e i possibili interventi di miglioramento, nonché le possibilità di risparmio energetico ottenibili sui diversi tipi di impianto presenti. E' stato peraltro possibile valutare l'efficienza e la qualità da un punto di vista termodinamico della proposta per un intervento di recupero del calore di condensazione del sistema di refrigerazione a medie temperature. Questo lavoro di Tesi costituisce un esempio importante di analisi sistemica dell'edificio e del sistema impiantistico ad esso connesso, ma anche un approccio metodologico che può costituire un importante supporto sia alla progettazione ex-novo che ad interventi di retrofitting e/o refurbishment energetico di edifici esistenti, indirizzati all'uso razionale dell'energia e all'impiego efficiente da un punto di vista termodinamico delle risorse energetiche rinnovabili.

Dott.ssa Carla Balocco

RIASSUNTO

La politica energetica europea è necessariamente rivolta alla promozione del miglioramento della prestazione energetica degli edifici, come dimostra la Direttiva 2010/31/UE, la seconda EPBD, nella quale viene introdotta la definizione di nZEB. Di fatto invece il settore commerciale ha caratteristiche tecniche gestionali tali da renderlo particolarmente energivoro. Nella prima parte di questo lavoro sono proposti interventi di miglioramento dell'efficienza energetica per ciascuna tipologia di impianto presente nel centro commerciale oggetto di studio: illuminazione, refrigerazione e climatizzazione. Dopo aver illustrato le realizzazioni più significative di centri commerciali, evidenziando anche le possibilità di sfruttamento delle fonti di energia rinnovabile, viene analizzato il caso studio del “Centro Empoli”. Allo scopo è stata condotta una simulazione del sistema edificio-impianto in regime dinamico. I risultati ottenuti ed il confronto tra i consumi dei sistemi HVAC, frigo alimentare ed illuminazione simulati con i consumi reali del “Centro Empoli”, hanno permesso di evidenziare ed approfondire le possibilità di intervento per la razionalizzazione e gestione dei consumi energetici. In particolare è stata valutata, per il caso studio, una soluzione di recupero del calore di condensazione del sistema di refrigerazione a medie temperature. Viene quindi proposto un approccio metodologico di analisi e progettazione edilizio-impiantistica utile per definire sia nuovi interventi che di recupero energetico per i centri commerciali.

ABSTRACT

The European Energy policy is oriented to the Energy performances improvement as defined in the Directive 201031/UE, the second EPBD into which the “net Zero Energy Buildings” concept is introduced. The commercial sector has technical and organization characteristics that support its particular

high energy consumption aspects. In the first part of the present work, some interventions for the energy efficiency improvement for each plant collocated into a commercial centre that is the object of this study: lighting, refrigeration and conditioning system. The most important energy solutions in the case of new commercial building projects, but also of retrofiting and energy refurbishment solutions for the existent ones, are analyzed highlighting the possibilities of renewable energy uses and applications. With this approach the case study of the commercial centre “Centro Empoli” is investigated. A transient simulation of the building-plant system is carried out during all the year. Results obtained from transient simulations results about the energy consumption of the HVAC, refrigerators, artificial lighting systems, compared with those experimental and real collected, permitted the investigation on the possibility for energy saving design solutions. In particular, the solution about the condensing thermal power recovery from the refrigeration system at low-average temperatures was studied. A methodological approach for the analysis and new design solutions of the building-plant system, as useful tool for new and retrofiting or refurbishment interventions of the commercial centers, is provided.

POLITICA EUROPEA- LEGISLAZIONE – CONSUMI CENTRI COMMERCIALI

Tra gli obiettivi della strategia “Europa 2020” proposta dalla Commissione Europea vi è quello di contenere e ridurre la domanda di energia, nonché agire in maniera mirata sul consumo e sull'approvvigionamento per riuscire a ridurre del 20% il consumo annuo di energia primaria entro il 2020 (rispetto alle proiezioni sul consumo energetico per il 2020). In questa ottica è stata pubblicata la Direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia, la seconda Energy Performance of Buildings Directive. All'interno viene introdotta anche la definizione, le modalità e le tempistiche di realizzazione dei NZEB. Il Net Zero Energy Building viene definito come edificio ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, ed entro il 30 Dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno esserlo. Il settore commerciale ha però caratteristiche tecniche gestionali tali da renderlo particolarmente energivoro, secondo i dati forniti da TERNA, questo settore rappresenta più del 7% del consumo nazionale di energia elettrica del 2010 [13]. Per poter migliorare la prestazione energetica è utile per prima cosa delineare le principali fonti di consumo che risultano essere l'impianto di refrigerazione per la conservazione e la esposizione degli alimenti, il 40÷55 % del totale, gli impianti di climatizzazione e gli impianti per l'illuminazione, rispettivamente il 10÷25 % ed il 20÷35 % del totale [2, 6, 8, 11, 12]. Per ciascuna di queste categorie è stato ef-

fettuato un quadro su alcune delle possibili soluzioni che permettano di raggiungere elevati standard di efficienza energetica e, di conseguenza, di ridurre i consumi.

IMPIANTI PER LA REFRIGERAZIONE DEGLI ALIMENTI

Nei supermercati in generale sono presenti due livelli di temperatura: media temperatura (TN), che può variare da 1°C ai 14 °C necessaria per conservare cibo fresco, ed un livello di bassa temperatura (BT), dai -12°C ai -18°C necessaria per gli alimenti surgelati. [3] L'utilizzo di cicli indiretti con particolari integrazioni tra le due centrali frigorifere (BT e TN) può portare ad importanti miglioramenti di prestazioni, se confrontati ad i più tradizionali cicli diretti. Tra questi possiamo indicare il Subcooling, che consiste nel pre-raffreddare il liquido del circuito primario delle BT con il fluido delle TN, oppure il cosiddetto sistema a cascata. Figure 1, 2 e 3 [3].

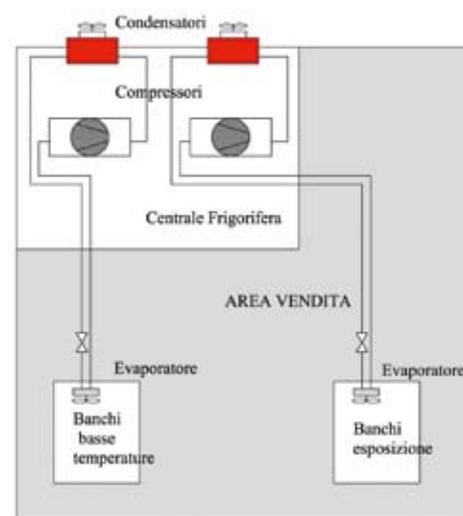


Fig.1 Schema sistema diretto

IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE

Gli interventi in questo ambito volti alla riduzione dei consumi di energia e all'impiego razionale di essa, sono realizzabili su più livelli. A livello di progettazione impiantistica, come la progettazione di un impianto a pompa di calore ad anello d'acqua che può risultare efficiente per un'utenza come quella oggetto del presente studio, oppure la progettazione di impianti di climatizzazione integrati con quelli di refrigerazione. Quest'ultima tipologia di progettazione non è ancora molto diffusa nonostante possa garantire molteplici soluzioni caratterizzate anche da elevati rendimenti. A titolo di esempio si riporta un proposta di L. Cecchinato et al [4].

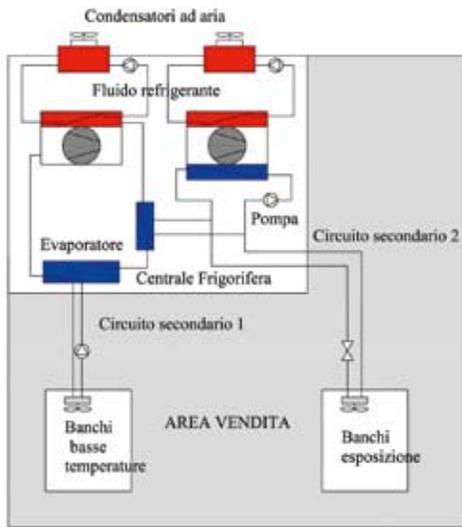


Fig.2 Schema ciclo indiretto con subcooling

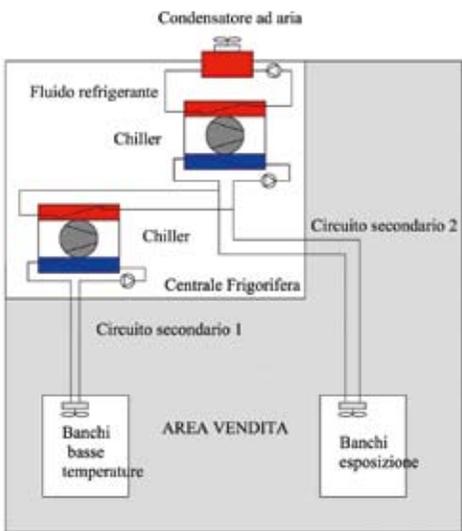


Fig.3 Schema ciclo a cascata

Interventi oggi ormai abbastanza comuni sono il recupero del calore di condensazione, per riscaldare il centro stesso o per la produzione di acqua calda sanitaria, e l'utilizzo di condensatori evaporativi. Sono necessari anche interventi presso gli stessi banchi frigo. La loro chiusura porta ad una riduzione di domanda ai compressori dell'87% [9], ed alla seguente eliminazione delle 'isole fredde'. In più è accertato che da un punto di vista energetico ed economico è preferibile, laddove possibile soprattutto da un punto di vista della rete e dei cablaggi, utilizzare un'illuminazione a LED che non solo consente importanti riduzioni dei consumi elettrici ma anche dei costi di gestione e manutenzione contribuendo ad un minor carico di calore sensibile rilasciato. WAL-MART ha stimato un risparmio di oltre 90.000 kWh all'anno per un supermercato medio [10].

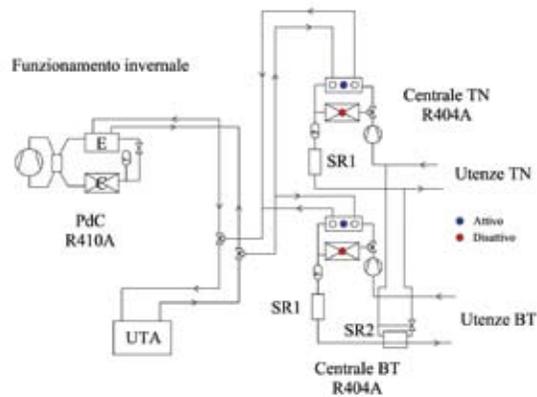


Fig.4 Schema funzionamento invernale della proposta [4]

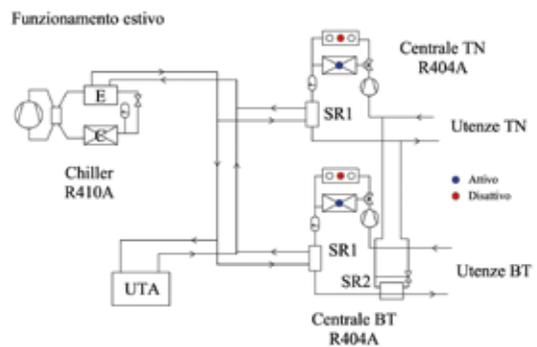


Fig.5 Schema funzionamento estivo della proposta [4]

Si hanno interventi anche a livello delle macchine componenti vere e proprie, tradizionalmente unità trattamento aria (U.T.A.) o roof-top o pompe di calore, dove si ha l'utilizzo di recuperatori di calore e free cooling. Queste tecniche sono ormai molto diffuse, ma è comunque sempre necessaria una loro contestualizzazione per dimostrarne l'effettiva efficienza. Infine, ancora purtroppo spesso sottovalutata

è la possibilità che offre in termini di risparmio energetico ed uso efficiente dell'energia, la 'regolazione'. La regolazione non deve essere considerata, in maniera limitativa, solo per mantenere condizioni di benessere all'interno di ambienti condizionati ma rappresenta un aspetto essenziale per una corretta progettazione impiantistica integrata con quella dell'edificio. Le logiche di regolazione se non ben valutate possono rendere vani gli interventi di miglioramento delle prestazioni termofisiche ed energetiche dell'edificio, nonché di ottimizzazione dei cicli termodinamici e del miglioramento dell'efficienza dei componenti impiantistici, previsti per il raggiungimento di bassi livelli di consumi energetici.

IMPIANTI DI ILLUMINAZIONE

Nel settore commerciale l'illuminazione dell'ambiente svolge un ruolo fondamentale, sulla percezione del consumatore, ma anche sulla presentazione dei prodotti e sulle strategie di vendita. Si possono ottenere riduzioni dei consumi dovuti a questi impianti sfruttando l'illuminazione naturale e progettando sistemi di illuminazione artificiale energeticamente efficienti. Ovviamente una corretta progettazione comprende sistemi di dimmerizzazione della luce artificiale in funzione del livello di illuminazione naturale presente, rilevato da apposite fotocellule, e sistemi di accensione e spegnimento regolati da sensori di occupazione nelle zone non aperte al pubblico. In questo settore la domotica risulterebbe strategica. Particolare attenzione deve anche essere posta allo sviluppo della tecnologia LED che in generale è caratterizzata, rispetto a sistemi tradizionali, dai seguenti vantaggi [7]:

- Risparmio energetico
- Funzionalità immediata, robustezza strutturale
- Durata ed affidabilità
- Manutenzione ridotta
- Luce di elevata qualità
- Maggiore attenzione all'aspetto ambientale

Ad oggi il costo di questa tecnologia può risultare ancora elevato per progettare un sistema di illuminazione di base ma se ne fa già un uso intensivo per: insegne luminose parcheggi ed aree esterne, per l'illuminazione degli alimentari freschi e nei banchi frigo.

CASO STUDIO

Il lotto dove è stato edificato il centro commerciale si colloca in un'area di circa 55600 m², situata a sud-est di Empoli. Il supermercato oggetto di studio si affaccia sulla galleria commerciale, ed è a sua volta diviso in diverse zone: area vendita, riserva, uffici e lavorazioni, caratterizzate ciascuna da specifici impianti. L'area di vendita si estende per circa 4500 m².



Fig.6 Particolare galleria Centro Empoli



Fig.7 Particolare area vendita Centro Empoli

MODELLO

Il programma utilizzato per la definizione del modello è DesignBuilder che è l'interfaccia grafica di Energy Plus, un software per la simulazione termica in regime dinamico del sistema edificio-impianto. Il programma permette di modellare il sistema edificio-impianto in regime periodico stabilizzato utilizzando le funzioni di trasferimento dell'ASHRAE [1]. L'involucro è stato modellato in maniera estremamente fedele grazie alle stratigrafie fornite da INRES e, per quanto riguarda la copertura, grazie ad i risultati di uno studio condotto in ambito di una Convenzione tra MABO Prefabbricati S.P.A. ed il Dipartimento di Energetica "S. Stecco", D.E. (Responsabile Scientifico Prof. C. Balocco) del 2007.

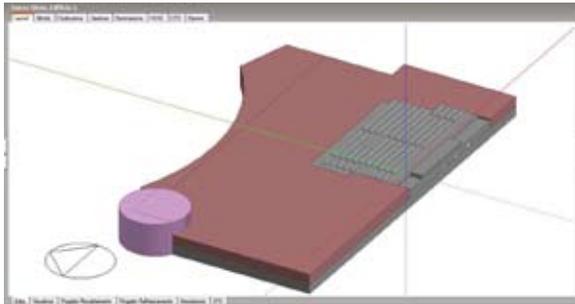


Fig. 8 Modello Centro Empoli

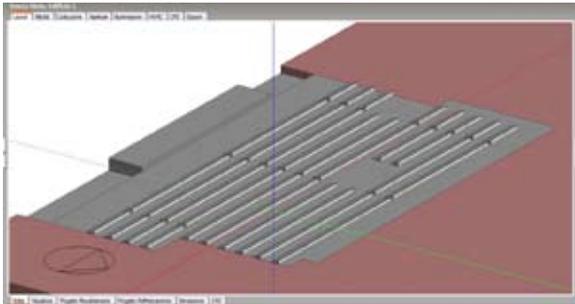


Fig.9 Particolare copertura a shed

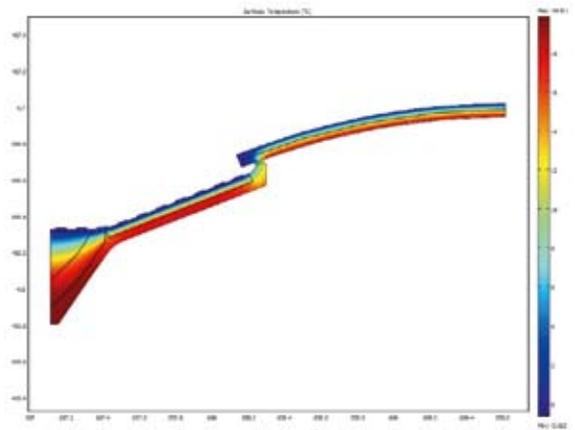


Fig.10 Uscita modellazione CFD

Il supermercato è stato suddiviso in tre zone termiche fondamentali: Area Vendita, Lavorazioni ed Uffici. Per ciascuna delle quali sono stati definiti i carichi interni, i valori assegnati sono basati su informazioni fornite da INRES e su valutazioni condotte in base al confronto tra la letteratura e i risultati di indagini sperimentali forniti da INRES.

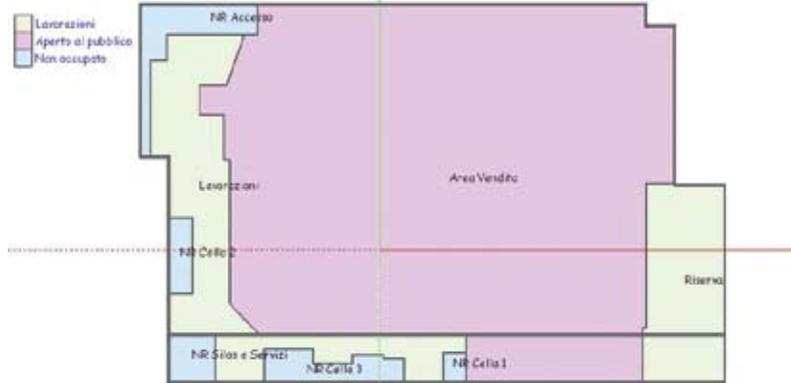


Fig.11 Suddivisione in zone termiche del Primo Piano

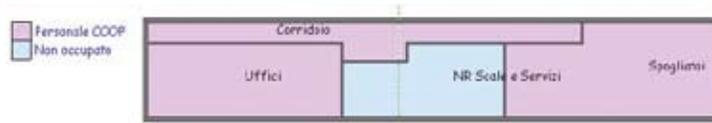


Fig.12 Suddivisione in zone termiche zona Uffici

Per quanto riguarda la modellazione degli impianti, il programma Design Builder segue una gerarchia Edificio > Blocco > Zona. Questa impostazione di lavoro molto rigida ha obbligato la definizione di impianti diversi da quelli realmente esistenti ma nonostante questo il risultato ottenuto rispecchia fedelmente il reale funzionamento.

Zona	Impianto reale	Impianto Design Builder
Area Vendita	- n°1 UTA a portata variabile dotata di recuperatore di calore e di serrande per free-cooling - n°1 UTA a portata variabile dotata di serrande per free-cooling	- Sistema VAV dotato di recuperatore di calore e che permette free-cooling (definito a Livello Edificio)
Lavorazioni	- n°1 UTA a tutta aria che immette necessaria aria di rinnovo alla zona - Unità Fan Coil a due tubi per la climatizzazione della zona	- Unità a Fan coil a due tubi ciascuna delle quali con propria ripresa di aria esterna (definito a Livello Zona)
Uffici	- Aria primaria fornita da una delle UTA che servono anche l'area vendita - Unità Fan Coil a due tubi per la climatizzazione della zona	- Unità a Fan coil a due tubi ciascuna delle quali con propria ripresa di aria esterna (definito a Livello Zona)

Tab.1 Confronto impianti reali con impianti inseriti in Design Builder

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

La simulazione oltre che fornire informazioni interessanti sul comportamento edificio-impianto permette anche di confrontare i risultati ottenuti con i dati dei consumi forniti dallo studio INRES. Per il confronto e la validazione della simulazione è necessario destagionalizzare i consumi reali, utilizzando i Gradi Giorno, in quanto le sollecitazioni esterne applicate dal programma si riferiscono ad un anno tipo, il 2002. Di conseguenza l'unico raffronto possibile e plausibile è stato realizzato tra i consumi invernali di gas metano.

Consumi gas metano [MWh]		
	2010*	DB
Gennaio	42.94	56.18
Febbraio	61.87	37.56
Marzo	29.26	14.94
Aprile	25.41	3.05
Ottobre	0.27	3.35
Novembre	13.97	14.80
Dicembre	29.82	47.05
TOTALE	203.53	176.92

Tab.2 Confronto tra i consumi di gas metano reali destagionalizzati e risultanti da simulazione

Il Δ GG tra il 2010 e l'anno del D.P.R. è di appena 12 GG ed i consumi ottenuti mediante la simulazione si avvicinano molto a quelli reali: si ottiene una differenza che si attesta sul 13.1%. Sono presenti dei valori mensili molto discordi, palese il mese di aprile, ma tali discordanze possono in parte essere attribuite al fatto che le rilevazioni dei consumi reali non vengono effettuate automaticamente con software o sistemi di acquisizione dedicati, ma sono letture manuali effettuate a cadenza mensile dal mantentore. Il riepilogo annuale, illustrato in tabella 4 e figura 13 fornisce un quadro generale dei consumi risultanti della simulazione ed evidenzia come questi rispecchino i valori di letteratura precedentemente introdotti [2, 6, 8, 11, 12].

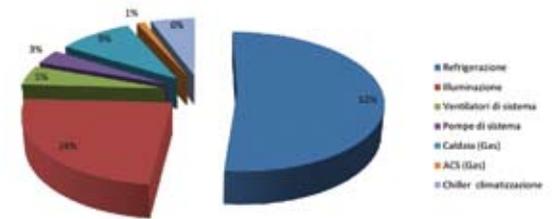


Fig.13 Suddivisione in % dei consumi totali annuali

Per poter valutare la risposta alle sollecitazioni climatiche esterne degli impianti che servono l'Area Vendita vengono illustrati l'andamento orario degli apporti interni a tale zona, in un giorno invernale e in uno estivo. Tutto ciò che rappresenta il fabbisogno per il raffreddamento convenzionalmente viene identificato con valori negativi.

Analisi dei consumi totali dell'intero edificio [MWh]												
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
BT + TN	66.1	60.1	72.8	69.6	88.6	99.6	102.3	103.0	87.5	79.3	67.8	66.1
Illuminazione	37.5	34.6	39.0	36.1	38.8	37.4	37.4	38.8	37.4	37.5	37.5	37.5
Ventilatori	6.4	6.3	6.5	6.4	8.0	8.6	8.1	8.8	7.0	6.4	6.4	6.4
Pompe	4.6	4.5	4.1	5.0	6.3	6.7	6.7	6.8	6.4	2.8	4.1	4.7
Caldaia (gas)	56.2	37.6	14.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	14.8	47.0
ACS (gas)	3.8	2.7	2.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.9	3.8
Climatizz.	0.0	0.0	0.0	0.0	13.4	19.3	23.9	20.8	15.4	0.0	0.0	0.0

Tab.3 Riepilogo annuale consumi edificio

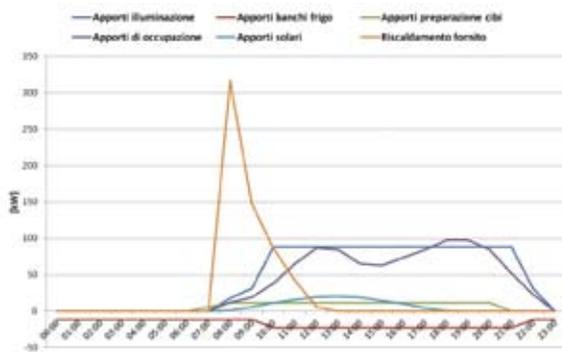


Fig.14 Andamento orario giorno invernale apporti interni all'area vendita in kW

L'Area Vendita necessita di un importante riscaldamento nelle prime ore del giorno per poter raggiungere il set point di temperatura prefissato, a causa del raffreddamento notturno. Poi, grazie agli importanti apporti interni di occupazione ed illuminazione, da metà giornata non è più necessario alcun riscaldamento. Si può notare la chiusura dei banchi frigo durante la notte e gli scarsi apporti solari, ma comunque presenti nonostante le finestre degli shed siano rivolte a nord. Design Builder non permette di fissare la potenza di riscaldamento realmente disponibile e quindi il valore indicato nella figura rappresenta la potenza necessaria. Nella realtà non si fornirà il sistema di una caldaia capace di raggiungere tale potenza, ma si installerà un sistema di potenza minore e si agirà sulla regolazione. Per quanto riguarda il giorno estivo si può notare in figura 15 che i chillers hanno un leggero picco all'accensione e che poi il loro lavoro aumenta durante il giorno soprattutto a causa degli importanti apporti di illuminazione e di occupazione.

La simulazione permette di valutare anche altri aspetti, come per esempio bilanci termici o portate d'aria, e permette di farlo per tutte le zone in cui è suddiviso il modello, quindi anche le zone Lavorazioni ed Uffici.

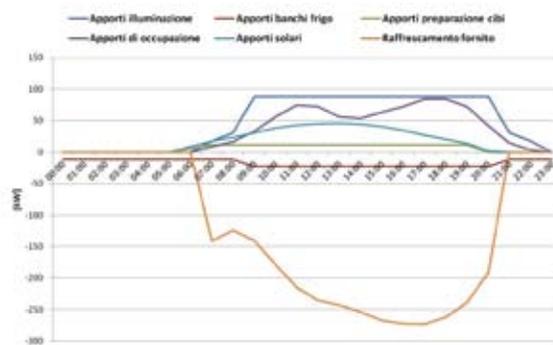


Fig.15 Andamento orario giorno estivo apporti interni all'area vendita in kW

VALUTAZIONE DELLA SOLUZIONE IMPIANTISTICA

Il calore di condensazione del sistema di refrigerazione a medie temperature può essere recuperato progettando il circuito dell'R404A in modo tale che condensi nella batteria installata nell'UTA, fornendo così direttamente il calore all'aria che verrà immessa nell'area vendita del supermercato. Quello che si propone è valutare se possa risultare energeticamente conveniente elevare la temperatura di condensazione del fluido frigorifero da 20°C a 35°C durante le prime ore di accensione dell'impianto di climatizzazione, così da poter recuperare più calore possibile. Ovvero si vuole confrontare il peggioramento delle condizioni di lavoro dei compressori ed il conseguente aumento di energia elettrica assorbita, con la variazione della quantità di calore recuperata. Lo studio viene limitato solo alle prime ore perché risulta esserci la maggior richiesta energetica al sistema di riscaldamento. Si definisce come rendimento globale del sistema (**EeR, Energy efficiency Ratio**) il rapporto tra la variazione di calore recuperato nelle due soluzioni proposte e la variazione di energia spesa dal sistema di refrigerazione a TN.

$$EeR = \frac{\Delta Q \text{ di calore recuperato} \text{ [kWh]}}{\Delta E \text{ spesa} \text{ [kWh]}}$$

		06:00	07:00	08:00	09:00	10:00
Δ kWh consumati dovuto a 20°C → 35°C	kWh	23.30	29.29	23.68	21.62	22.93
	kJ/kg	2.2	8.1	6.2	5.6	6.0
Δ recupero realizzato grazie a 20°C → 35°C	kWh	82.8	299.2	227.7	202.7	218.8
	EeR	3.5	9.9	9.6	9.4	9.5

Tab.4 Valutazione efficienza soluzione impiantistica proposta

Prima di trarre conclusioni si riportano velocemente le ipotesi effettuate durante la valutazione:

- Consumo orario costante di entrambi i sistemi di refrigerazione BT e TN
- Coefficiente di contemporaneità assunto 0.25 per le potenze di sbrinamento dei banchi frigo.
- Suddivisione dei consumi tra sistema BT e sistema TN in funzione delle potenze installate.
- Temperatura minima reale di condensazione del fluido frigorifero di 25°C.

Fatta questa premessa si può evincere che la soluzione impiantistica proposta risulta energeticamente vantaggiosa. È essenziale sottolineare come i risultati ottenuti siano direttamente connessi alle specifiche condizioni di funzionamento e che ovviamente non siano applicabili a casi con differenti condizioni climatiche e/o differenti impianti installati e relative richieste energetiche.

CONCLUSIONI

Gli elevati consumi energetici che caratterizzano questo settore hanno spinto, anche se solo negli ultimi anni, a porre una maggiore attenzione ad una progettazione ecosostenibile che permetta prima di tutto una riduzione dei consumi stessi. Per questo motivo nella prima parte del lavoro di tesi si è cercato di fornire uno stato dell'arte sulle possibilità di intervento. Peraltro sono stati presentati alcuni fra i casi studio più significativi di centri commerciali *energeticamente sostenibili*. Il confronto tra gli esempi proposti ed analizzati ha permesso di approfondire la tematica essenziale nell'ambito del risparmio energetico e della progettazione e/o riqualificazione di un centro commerciale, cioè le possibilità di sfruttamento delle fonti di energia rinnovabile. Lo studio del "Centro Empoli" ha permesso di evidenziare ed approfondire aspetti molto importanti finalizzati alla razionalizzazione e gestione dei consumi energetici, validi per qualunque centro commerciale. L'approccio metodologico fornito per la progettazione di strutture di questo tipo non riguarda esclusivamente 'nuove' costruzioni ma può essere allo stesso modo valido per il recupero edilizio ed impiantistico di sistemi edifici-impianti esistenti. Lo sviluppo del modello di simulazione transiente del sistema edificio-impianto attraverso l'impiego di un software commerciale di tipo open-source quale Design Builder, ha anche permesso di approfondire lo studio dell'involucro edilizio in relazione alle prestazioni termofisiche ed energetiche dell'intero edificio.

Restano aperte come ulteriori prospettive ed approfondimenti sul tema della regolazione dell'impianto e sulla distribuzione e funzionalità delle zone all'interno del supermercato in funzione ad

esempio del raggiungimento di ottimali condizioni termoigrometriche interne per i visitatori/consumatori. Infatti la regolazione dell'impianto in questo lavoro di tesi è stata affrontata ed analizzata solo in relazione alla situazione presente, ma potrebbe essere approfondita e modificata nell'ottica di un miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema impiantistico. Per il secondo tema invece può essere interessante creare zone specifiche e separate per i banchi frigo permettendo una gestione e controllo mirato alle condizioni termoigrometriche dell'aria attorno ai banchi, potendo così garantire maggiori livelli di confort per gli occupanti e contemporaneamente condizioni di funzionamento ottimali dal punto di vista energetico per i banchi stessi. Si è voluto porre attenzione sul tema, ritenuto fondamentale, della possibilità di integrare il sistema di refrigerazione con il sistema di climatizzazione, effettuando una valutazione per il caso studio specifico. Questi due sistemi sono ancora quasi sempre totalmente separati ed indipendenti, principalmente a causa del fatto che la loro progettazione e gestione è affidata a committenti diversi. Al contrario una corretta progettazione integrata tra questi sistemi renderebbe più ampie e realmente possibili soluzioni per l'uso più efficiente dell'energia in questi settori.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ASHRAE Handbook, Fundamentals, SI Edition, 2005.
- [2] ASHRAE Handbook, Refrigeration, SI Edition, 2006
- [3] Arias J., Energy usage in supermarkets—modeling and field measurements. Doctoral Thesis, Department of Energy Technology, Royal Institute of Technology, Sweden, 2005.
- [4] Cecchinato L., Corradi M., Minetto S., Energy performance of supermarket refrigeration and air conditioning integrated systems, Applied Thermal Engineering, 30, 2010, 1946–1958.
- [5] Columba M., Dispensa C., Ottimizzazione energetica e razionalizzazione della domanda elettrica dei supermercati e degli ipermercati: risultati di alcuni casi studio per il contenimento della domanda elettrica di un grosso ipermercato in Sicilia, Dipartimento di Ricerche Energetiche ed Ambientali, Università degli Studi di Palermo
- [6] Confindustria (Confederazione Generale dell'Industria Italiana) <http://www.confind.emr.it/>
- [7] ENEA, Risparmio energetico con l'illuminazione, Report n°5 de 'SVILUPPO SOSTENIBILE', 2008.
- [8] Energy Star (international standard for energy efficient consumer products) http://www.energystar.gov/index.cfm?c=grocery.sb_grocery
- [9] Faramarzi R., Coburn B. A., Sarhadian R., Performance and energy impact of installing glass doors on an open vertical deli/dairy display case, ASHRAE Transactions, Volume 108 PART 1, 2002, Pages 673-679.
- [10] Milian R., The Retail Green Agenda, International Council of Shopping Centers, New York, 2008.
- [11] Natural Resource Canada (Office of Energy Efficiency, Department of Natural Resources of Canada) <http://oee.nrcan.gc.ca/publications/commercial/m144-23-2003e4.cfm?attr=8>
- [12] Tassou S.A., Ge Y., Hadawey A., Marriott D., Energy consumption and conservation in food retailing, Applied Thermal Engineering, 31, 2011, 147-156.
- [13] TERNA http://www.terna.it/default/Home/SISTEMA_ELETTTRICO.aspx



Il Collegio degli Ingegneri della Toscana informa

**che è uscito il nuovo PREZZARIO
sia in forma cartacea che cartaceo più CD**

**per informazioni e prenotazioni:
tel. 055-211345 - fax 055-219187
e-mail: bollettino.ingegneri@collegioingegneri.toscana.it**

