



Possibili strategie energetiche per una filiale bancaria

15 novembre 2014

Introduzione.

La sostenibilità ambientale è stato il motore di sviluppo di metodi e protocolli per la *misura* dell'utilizzo delle risorse per la costruzione, gestione e dismissione degli edifici. La legislazione comunitaria sull'efficienza energetica è stata elaborata con l'obiettivo specifico di migliorare l'efficienza nell'utilizzo e nella gestione delle risorse energetiche, introducendo obblighi giuridici con l'emanazione di specifiche direttive, la cui attuazione è conseguente al recepimento da parte degli Stati membri.

Una progettazione, attenta al contenimento degli sprechi delle risorse energetiche ed all'impatto ambientale, deve essere caratterizzata da una valutazione:

- dell'utilizzo delle risorse energetiche;
- dell'utilizzo delle risorse idriche;
- delle prestazioni di confort termoigrometrico, acustico e luminoso;
- della durabilità delle caratteristiche di progetto;
- della sicurezza antincendio.

In questo contesto il Comitato Termotecnico Nazionale ha strutturato un complesso di norme tecniche con precise definizioni delle caratteristiche tecniche dei materiali, degli impianti, dei metodi di calcolo e della determinazione dei fabbisogni energetici degli edifici.

Un approccio efficace alla progettazione sostenibile si basa su valutazioni tecniche e gestionali di vario tipo, di cui si possono considerare:

- la valutazione di progetto, che consente di effettuare una valutazione del rispetto delle normative vigenti in tema di requisiti per la prestazione energetica. Può essere sviluppata se sono disponibili tutti i dati progettuali e impiantistici dell'edificio;
- la valutazione standard, basata sulle caratteristiche intrinseche di edifici esistenti;
- la valutazione di esercizio, che consente di valutare il comportamento effettivo dell'edificio in relazione ai dati inerenti il consumo e derivati dalle bollette;
- la valutazione adattata all'utenza, che viene effettuata solo ad edificio terminato e già utilizzato in base alle esigenze dell'utenza;
- il confronto tra le prestazioni energetiche offerte da diverse soluzioni progettuali;
- la stima degli effetti di interventi di riqualificazione energetica su edifici esistenti.

Legislazione europea per la certificazione energetica

Per quanto concerne la certificazione energetica le principali direttive di riferimento sono:

- la Direttiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16/12/2002 sul rendimento energetico nell'edilizia: la direttiva esprime i fondamenti della progettazione sostenibile finalizzata alla realizzazione di prodotti eco-compatibili. Adotta come fondamento dell'analisi il *Life Cycle Assessment*, che integra gli aspetti ambientali nella concezione progettuale del prodotto;
- la Direttiva 2004/8/CE Promozione della cogenerazione basata su una domanda di calore utile nel mercato interno dell'energia;
- la Direttiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 05/04/2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici: ha come obiettivo l'efficienza degli usi finali di energia, promuovendo l'utilizzo di energie rinnovabili, limitando il consumo di energia primaria e soprattutto limitando i consumi con conseguente abbassamento dei costi;
- la Direttiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 05/04/2006 concernente sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili;
- la Direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia;
- il Regolamento UE n. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi;
- la Decisione della Commissione del 1 marzo 2013 che stabilisce gli orientamenti relativi al calcolo da parte degli Stati membri della quota di energia da fonti rinnovabili prodotta a partire da pompe di calore per le diverse tecnologie (a norma dell'articolo 5 della direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio 2013/114/UE).

Uno strumento fondamentale che emerge dalla normativa europea è la diagnosi energetica (*audit* energetico) che consiste in una valutazione sistematica, documentata e periodica dell'efficienza e dell'organizzazione del sistema di gestione del sistema energetico. Si realizza raccogliendo e analizzando tutti i dati provenienti dall'utilizzo energetico.

Così, gli aspetti ambientali significativi risultano:

1. selezione e impiego di materie prime;

2. fabbricazione;
3. condizionamento, trasporto e distribuzione;
4. installazione e manutenzione;
5. uso;
6. fine vita, nel senso di prodotto che consuma energia che è giunto al termine del suo primo uso fino allo smaltimento definitivo.

Il risparmio energetico risulta uno degli strumenti più efficaci per aumentare la sicurezza dell'approvvigionamento e ridurre il consumo di risorse energetiche. Può pertanto essere necessario e giustificato stabilire particolari specifiche quantitative per la progettazione ecocompatibile di alcuni prodotti o aspetti ambientali ad essi relativi al fine di garantire che il loro impatto ambientale sia ridotto al minimo. La EN15232 fa riferimento e completa tutta una serie di norme che in modo specifico, per ogni singola tipologia di impianto, definiscono un metodo di calcolo analitico per determinare il risparmio energetico.

Tabella 1. - Classi di efficienza energetica dei sistemi di automazione.

CLASSE A High Energy Performance	Come Classe B, ma con livelli di precisione e completezza del controllo automatico tali da garantire elevate prestazioni energetiche all'impianto
CLASSE B Advanced	Impianti con automazione realizzata con sistemi bus e funzioni di coordinamento centralizzato
CLASSE C Standard	Impianti con automazione realizzata con sistemi tradizionali o bus con funzioni di base
CLASSE D Non energy efficient	Impianti senza automazione, energeticamente non efficienti

Tali norme appartengono alle serie EN15000 e EN12000 e contemplano i seguenti tipi di impianti:

- ✓ Riscaldamento;
- ✓ Raffrescamento;
- ✓ Ventilazione e condizionamento;
- ✓ Produzione di acqua calda sanitaria;
- ✓ Illuminazione;
- ✓ Controllo schermature solari (tapparelle e luce ambiente);
- ✓ Centralizzazione e controllo integrato delle diverse applicazioni;
- ✓ Diagnostica;
- ✓ Rilevamento consumi e miglioramento dei parametri di automazione.

La normativa contempla funzioni di automazione per il risparmio energetico le quali possono essere sviluppate per il controllo riscaldamento, raffrescamento, della ventilazione, delle

schermature solari e dell'illuminazione. In particolare, per ottenere un risparmio energetico su tutte le voci precedentemente elencate, si possono prevedere le seguenti operazioni:

- ✓ Una gestione multi-zona del clima, per cui gli ambienti dell'edificio possono essere mantenuti a diversa temperatura a seconda delle funzioni e dell'utilizzo;
- ✓ Accensione luci automatica: accensione e spegnimento automatico della luce, in funzione della presenza di persone, per esempio in zone dove la permanenza non è continua come i bagni o le aree di deposito;
- ✓ Riscaldamento in *economy* in caso di assenza persone: automatizzazione dell'impianto di riscaldamento in relazione alla presenza o all'assenza delle persone;
- ✓ Ricambio d'aria automatico: automazione delle ventole di aerazione programmabile sia su fascia oraria sia in funzione dell'utilizzo di determinati ambienti;
- ✓ Gestione automatizzata di tapparelle e tende da sole su base temporizzata in relazione all'irraggiamento solare.

Metodi per il calcolo dell'efficienza energetica secondo la EN 15232

I metodi di calcolo del risparmio energetico sono fondamentalmente due:

1. Calcolo dettagliato: procedura analitica utilizzabile solo quando il sistema è completamente noto;
2. Calcolo basato su fattori di efficienza, detti "BAC factors", che ha il fine di determinare l'impatto annuale dell'applicazione dei sistemi di automazione BACS/HBES sull'ammontare di energia utilizzata dagli edifici. È un metodo statistico. I sistemi di Automazione (BACS/HBES) hanno la funzione di massimizzare l'efficienza energetica degli impianti dell'edificio in relazione alle condizioni ambientali esterne e ai differenti e variabili scenari di utilizzo e occupazione dei singoli ambienti dell'edificio stesso, fornendo nel contempo alti livelli di comfort, sicurezza e qualità. La tecnologia prevista dalla normativa fa riferimento alla tecnologia "bus" integrata alla "tecnologia KNX".

Legislazione nazionale

La progettazione degli edifici deve presentare l'obiettivo del massimo contenimento dei consumi di energia termica ed elettrica avvalendosi della regolazione delle caratteristiche energetiche degli impianti. Inoltre, in questo contesto, si inseriscono gli interventi che prevedono l'installazione di pannelli termici per l'acqua calda sanitaria.

Nel contesto di un piano energetico nazionale, il legislatore ha operato una suddivisione dell'area geografica italiana in sottoaree geografiche climatiche (A, B, C, D, E, F, Tabella 1.2.2), classificandole con periodi precisi di esercizio degli impianti (Tabella 1.2.3). La metodologia per la suddivisione in zone climatiche è definita, invece, dal Dpr 26 agosto 1993 n.412. Secondo il DPR 412, il territorio nazionale è suddiviso in sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno, indipendentemente dalla loro ubicazione geografica. Per definire le zone climatiche la normativa introduce una unità di misura fittizia, il "grado-giorno". Per gradi-giorno di una località si intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura degli ambienti interni (convenzionalmente fissata a 20°C) e la temperatura media esterna giornaliera. In pratica, si tratta di definire, zona per zona, quanti sono i "gradi necessari ogni giorno" per riscaldare una casa.

Tabella 2. – Zone climatiche

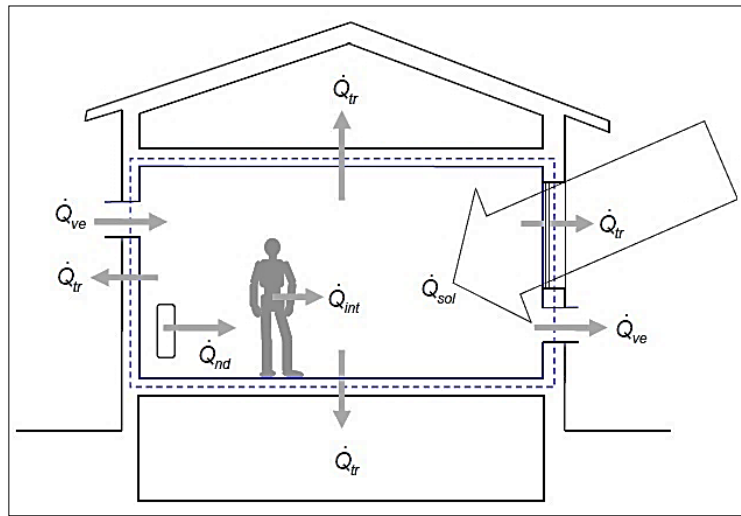
Zona A*:	comuni che presentano un numero di gradi-giorno non superiore a 600 (Lampedusa)
Zona B:	comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900 (Agrigento, Catania, Crotone, Messina, Palermo, Reggio Calabria, Sicuracusa)
Zona C:	comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1400 (Bari, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caserta, Catanzaro, Imperia, Lecce, Napoli)
Zona D:	comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 1400 e non superiore a 2100 (Ancona, Avellino, Caltanissetta, Firenze, Genova, Grosseto, Lucca, Massa Carrara, Pisa, Prato, Roma, Teramo)
Zona E:	comuni che presentano un numero gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000 (Alessadria, Aosta, Biella, Bologna, Bolzano, Brescia, Campobasso, Como, Cremona, Enna, Ferrara, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Novara, Padova, Torino)
Zona F:	comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000 (Belluno, Cuneo)

La legge propone un bilancio di potenze termiche per la valutazione del *carico invernale*, come mostrato in Figura 1. Si considerano gli apporti e le dispersioni di calore: la loro somma algebrica rappresenta il bilancio energetico. Per rendere “attivo” il bilancio energetico (cioè l'interno dell'edificio risulta più caldo dell'esterno) è necessario consumare energia primaria per ottenere una determinata temperatura prefissata.

Tabella 3. Numero di ore consentito di funzione dell'impianto relativo alle fasce climatiche.

Fascia climatica	Periodo di accensione	Numero di ore consentito
Zona A	1 dicembre - 15 marzo	6 ore giornaliere
Zona B	1 dicembre - 31 marzo	8 ore giornaliere
Zona C	15 novembre - 15 marzo	10 ore giornaliere
Zona D	1 novembre - 15 aprile	12 ore giornaliere
Zona E	15 ottobre - 15 aprile	14 ore giornaliere
Zona F	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

Figura 1 – Scambio termico dell'edificio



I principali termini del bilancio energetico. La linea continua indica schematicamente i confini del sistema aperto da considerare ai fini delle dispersioni da ventilazione, il cui volume di controllo contiene il volume dell'aria interna. La linea blu tratteggiata indica i confini fisici della zona termica, comprendente anche le masse che concorrono alla sua capacità termica efficace.

La normativa impone la verifica della tenuta dell'isolamento delle pareti e del tetto al fine di ridurre le dispersioni di calore. Sempre la L.10/91 impone di redigere una relazione tecnica, a cura di un professionista, da depositare nel Comune dove ha sede l'edificio, cui sono soggette tutte le costruzioni civili; per quelle di nuova costruzione la relazione va redatta e consegnata prima dell'avvio dei lavori di costruzione. La stessa norma introduce negli edifici ad uso pubblico il *Contratto di Servizio Energia*, con l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento. I vantaggi della stipula del Contratto di Servizio Energia possono essere riassunti in due punti distinti:

1. il miglioramento del comfort mediante l'installazione di opportuni sistemi di termoregolazione, che migliorano anche la qualità energetica della struttura;
2. la riduzione degli sprechi mediante l'installazione di contabilizzatori del calore, che incentivano al risparmio energetico.

Inoltre il soggetto terzo ha tutto l'interesse a mantenere l'impianto nella massima efficienza per vedersi garantito il proprio guadagno.

In generale, il Servizio Energia deve prevedere l'assunzione di responsabilità da parte di un soggetto terzo (ESCO) per quanto riguarda l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici del committente, includendo in particolare:

- l'acquisto e la gestione dei combustibili;
- le manutenzioni ordinarie e straordinarie;
- la misurazione e contabilizzazione del calore con apparecchi certificati e di affidabilità garantita;
- il controllo dell'impianto nel rispetto delle norme in materia di sicurezza;
- di contenimento dei consumi energetici e di salvaguardia ambientale;
- la gestione di tutti gli aspetti amministrativi e normativi legati alla fornitura del servizio.

Le caratteristiche fondamentali di un Contratto di Servizio Energia e di un Contratto di Servizio Energia Plus possono prevedere:

1. una diagnosi energetica iniziale al fine di stabilire il fabbisogno di energia primaria per la struttura in esame (kWh/m^2 o kWh/m^3);
2. l'indicazione degli interventi proposti per la riduzione dei consumi energetici, il miglioramento degli impianti e delle strutture edilizie, l'utilizzo di fonti rinnovabili;
3. l'assunzione della mansione di terzo responsabile da parte del fornitore dell'Attestato di Certificazione Energetica;
4. l'indicazione che tutte le opere eseguite, i beni e i materiali impiegati, resteranno di proprietà del committente al termine della durata contrattuale (dieci anni).

In aggiunta a tali caratteristiche, un Contratto di Servizio Energia "Plus" deve prevedere:

1. una riduzione dell'indice di energia primaria, dichiarata sull'attestato di certificazione energetica per la climatizzazione invernale;
2. l'aggiornamento della certificazione energetica.

Linee guida per la certificazione

Le linee Guida Nazionali, secondo il D.M. 26/06/2009, forniscono informazioni sulla qualità energetica degli immobili, contribuendo alla sua applicazione omogenea, sviluppando una procedura che comprenda:

1. l'indicazione di un sistema di classificazione degli edifici;
2. metodologie di calcolo della prestazione energetica;

3. elementi essenziali di cui tenere conto, come norme tecniche di riferimento, requisiti professionali dei soggetti preposti alla certificazione energetica, la validità temporale massima dell'attestato, dati informativi (valori di riferimento o classi prestazionali, ecc...).

Il loro campo di applicazione sono gli edifici residenziali, ospedalieri, edifici adibiti a uffici, edifici adibiti ad attività ricreative o di culto, ad attività commerciali e ad attività sportive, ad attività scolastiche e industriali.

L'Attestato di Qualificazione Energetica (AQE) è un documento che sintetizza le caratteristiche energetiche dell'edificio, permette di valorizzare gli edifici ad alto rendimento energetico aumentandone il valore immobiliare e può essere redatto da un tecnico abilitato anche coinvolto nei lavori dell'edificio in questione (ad esempio progettista o direttore dei lavori). L'Attestato di Prestazione Energetica (APE) viene redatto da un certificatore energetico. Per la redazione dell'APE, viene effettuata una diagnosi energetica dell'immobile, analizzando:

1. le caratteristiche termo-igrometriche;
2. i consumi (previsti);
3. la produzione di acqua calda sanitaria;
4. il raffrescamento ed il riscaldamento degli ambienti;
5. il tipo di impianto scelto
6. eventuali sistemi di produzione di energia rinnovabile.

Secondo le linee guida per la certificazione energetica (DM 26/06/2009) si introducono le seguenti grandezze

- ✓ EP_{gl} = indice di prestazione energetica globale;
- ✓ EP_i = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
- ✓ EP_{acs} = indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria;
- ✓ EP_e = indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;
- ✓ EP_{ill} = indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale

tali che

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill} \quad (1)$$

anche se ad oggi si utilizza solamente la seguente relazione ridotta:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} \quad (2)$$

Legislazione regionale in Piemonte

La Regione Piemonte, con l'approvazione della Legge 28 maggio 2007, n. 13 (Disposizioni in materia di rendimento energetico nell'edilizia), ha individuato gli indirizzi, le prescrizioni e gli strumenti volti a migliorare le prestazioni energetiche degli *edifici esistenti e di nuova costruzione* tenendo anche conto delle condizioni climatiche locali, al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili, dando la preferenza alle tecnologie a minore impatto ambientale.

Le categorie di opere edilizie oggetto di tale precetto sono

- a) manutenzione straordinaria di edifici;
- b) ampliamenti o sopraelevazioni di edifici esistenti;
- c) nuove installazioni di impianti termici in edifici esistenti;
- d) ristrutturazione di impianti termici;
- e) sostituzione dei vecchi generatore di calore.

Si introduce, poi, il calcolo convenzionale delle volumetrie edilizie: Lo spessore delle murature esterne, tamponature o muri portanti, superiore ai 30 cm nelle nuove costruzioni, il maggior spessore dei solai e tutti i maggiori volumi e superfici necessari all'esclusivo miglioramento dei livelli di isolamento termico ed acustico o di inerzia termica non sono considerati nei computi per la determinazione dei volumi, delle superfici, e nei rapporti di copertura, per la sola parte eccedente i 30 cm e fino ad un massimo di ulteriori 25 cm per gli elementi verticali e di copertura e di 15 cm per quelli orizzontali intermedi.

Vengono anche fornite disposizioni in materia di impianti solari: Per gli edifici di nuova costruzione si opta per l'integrazione di un impianto solare termico dimensionato in modo tale da soddisfare almeno il 60 per cento del fabbisogno annuale di energia primaria richiesto per la produzione di acqua calda sanitaria dell'edificio.

Tabella 2. – Riassunto normativo

Direttiva Europea	CONTENUTO
2010/31/CE	Riprende e sostituisce la direttiva 2002/91/CE. Entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione devono essere edifici a energia "quasi" zero.
2009/28/CE	Sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.
2006/32/CE	Concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici.
2002/91/CE (EPBD)	Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.
93/76/EEC (SAFE)	Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 13 settembre 1993 intesa a limitare le emissioni di biossido di carbonio migliorando l'efficienza energetica (SAVE).

Direttiva Nazionale	CONTENUTO
DECRETO LEGISLATIVO 3 marzo 2011, n. 28	Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili.
DECRETO LEGISLATIVO 29 marzo 2010, n. 56	Concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici.
DECRETO 26 gennaio 2010	Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici.
DECRETO 26 giugno 2009	Decreto 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.
Dpr 59 2 aprile 2009	Regolamento che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici.
Decreto Legislativo 30 n.115/2008	Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.
D.lgs. 311/06 Testo	29 Dicembre 2006 - Decreto legislativo n. 311 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia".
Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - 27 luglio 2005	Norma concernente il regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10, recante: Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".
Legge 10/91	"Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia".

Norme Regionali	CONTENUTO
Piemonte	Legge 13/07: "Disposizioni in materia di certificazione energetica"

Criteri per il calcolo delle prestazioni

Con il termine di prestazione energetica si intende il rendimento dell'edificio e delle sue singole parti: il calcolo della prestazione è dato dalle norme UNI/TS 11300 che recepiscono il D.Lgs. 192/2005. Si introducono alcuni indicatori:

- ✓ l'indice di prestazione energetica, i cui valori limite per la climatizzazione invernale sono fissati in base alla zona climatica;

Tabella 3. - Temperature di set point per climatizzazione invernale ed estiva

Climatizzazione invernale	20°C	28°C	18°C
Climatizzazione estiva	26°C	28°C	24°C
	Per tutti gli edifici	Piscine e saune	Palestre ed edifici industriali

- ✓ la superficie utile;
- ✓ il fattore di forma, rapporto S/V , che permette di calcolare la superficie disperdente che deve risultare la minore possibile;
- ✓ i gradi giorno, che tengono conto della durata del periodo di riscaldamento;
- ✓ le temperature di regolazione sono le seguenti.

La procedura di calcolo consente di valutare analiticamente il fabbisogno di energia di un edificio relativo a tutti gli impianti e ad un suo uso standard, compresi la climatizzazione estiva ed invernale, l'illuminazione, la produzione di acqua calda sanitaria, ecc..

Si definiscono i confini delle zone riscaldate e non riscaldate (se ve ne sono), le cosiddette zone termiche e le condizioni interne di calcolo (dipendenti dai dati climatici della zona) e per ogni mese si calcola il fabbisogno di energia per il riscaldamento (in inverno) e il raffrescamento (in estate). E' possibile che la zonizzazione relativa al riscaldamento sia differente da quella relativa al raffrescamento. I dati di ingresso riguardano:

- caratteristiche tipologiche dell'edificio
 - volume lordo dell'ambiente climatizzato (V_l);
 - volume interno (o netto) dell'ambiente climatizzato (V);
 - superficie utile (o netta calpestabile) dell'ambiente climatizzato (A_{pav});
 - superfici dei componenti dell'involucro e della struttura edilizia (A);
 - tipologie e dimensioni dei ponti termici (l);

- orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio;
- caratteristiche geometriche di tutti elementi esterni (altri edifici, aggetti, ecc.) che ombreggiano;
- i componenti trasparenti dell'involucro edilizio
 - caratteristiche termiche e costruttive;
 - trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro edilizio (U): per le finestre dotate di chiusure oscuranti, occorre conoscere i valori della trasmittanza termica nelle due configurazioni: con chiusura oscurante aperta e con chiusura oscurante chiusa;
 - trasmittanze di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio (g_{gl});
 - fattori di assorbimento solare delle facce esterne dei componenti opachi dell'involucro edilizio ($a_{sol,c}$);
 - emissività delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio (ε);
 - fattori di riduzione della trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio in presenza di schermature mobili (F_{sh});
 - fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti dell'involucro edilizio ($1 - F_F$);
 - coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici (ψ);
- caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio
 - valori medi mensili delle temperature esterne (t_e) [$^{\circ}\text{C}$];
 - irradianza solare totale media mensile sul piano orizzontale ($I_{sol,h}$) [W/m^2],
 - irradianza solare totale media mensile per ciascun orientamento (I_{sol}) [W/m^2]
- modalità di occupazione e utilizzo dell'edificio
 - temperatura interna di regolazione per il riscaldamento ($t_{int,set,H}$);
 - temperatura interna di regolazione per il raffrescamento ($t_{int,set,C}$);
 - numero di ricambi d'aria (n);
 - tipo di ventilazione (aerazione, ventilazione naturale, ventilazione artificiale);
 - tipo di regolazione della portata di ventilazione (costante, variabile);
 - durata del periodo di raffrescamento (N_C);
 - durata del periodo di riscaldamento (N_H);
 - regime di funzionamento dell'impianto di climatizzazione;
 - modalità di gestione delle chiusure oscuranti;

- modalità di gestione delle schermature mobili;
- apporti di calore interni (Q_{int}).

Il fabbisogno ideale di energia è un bilancio tra dispersioni e apporti termici, ovvero

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (3)$$

dove l'energia scambiata globale può essere per:

- o trasmissione, $Q_{H,tr}$, attraverso l'involucro (opaco e trasparente).

I componenti opachi (chiusure e partizioni) possono partecipare al bilancio termico dell'ambiente, sia lasciandosi attraversare dal calore (trasmissione termica), sia immagazzinando e rilasciando calore (accumulo termico dovuto alla capacità termica dell'involucro);

- o ventilazione, $Q_{H,ve}$.

La sua relazione analitica è:

$$Q_{H,t} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} = [H (\theta_{i,set} - \theta_e) + \sum_k (F_{r,k} \phi_{r,mn,k})] t \quad (4)$$

e tiene conto delle temperature, interna che è quella di set point e quella esterna, del tempo considerato t , del coefficiente di scambio termico H , del fattore forma $F_{r,k}$ e dell'extra flusso termico $\phi_{r,mn,k}$ dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste, che viene considerato come un incremento dello scambio termico per trasmissione invece che come una riduzione degli apporti termici solari:

$$\phi_{r,mn,k} = A_k h_{irr} \Delta\theta_{er} \quad (5)$$

dove A è la superficie di scambio, h_{irr} è il coefficiente di scambio termico per irraggiamento, e $\Delta\theta_{er}$ è convenzionalmente fissata a 11°C .

Il coefficiente di dispersione H è la somma dei due coefficienti di dispersione, per trasmissione, H_{tr} e per ventilazione H_{ve} . Il coefficiente di dispersione per trasmissione H_{tr} è dato dalla somma della trasmittanza termica U riferita alla superficie, alla trasmittanza termica dei ponti termici lineari riferita alla lunghezza degli stessi e della trasmittanza termica puntuale del ponte termico puntiforme:

$$H_{tr} = \sum U A + \sum \psi L + \sum \chi \quad (6)$$

dove:

- U è la trasmittanza termica areica;
- A è l'area frontale dell'elemento;
- Ψ è la trasmittanza termica lineica;
- L è la lunghezza ponte termico;
- X è la trasmittanza termica puntuale.

Lo scambio termico per trasmissione dovuto al ponte termico si calcola attraverso una maggiorazione per edifici esistenti sostanzialmente non isolati come da Tabella 4.

Si aggiungono inoltre il coefficiente di scambio termico per trasmissione verso i locali non riscaldati, indicato con

$$H_U = H_{IU} \cdot b_{tr,x} \quad (7)$$

dove:

- H_{IU} è il coefficiente di scambio termico tra locale climatizzato e non climatizzato,
- $b_{tr,x}$ è il fattore di correzione dello scambio termico.

Tabella 4. - Maggiorazioni effettuate per ogni tipo di intervento.

Descrizione della struttura	Maggiorazione
Parete con isolamento a cappotto senza aggetti	5
Parete con isolamento a cappotto con aggetti	15
Parete in mattoni pieni senza isolante	5
Parete a cassa vuota senza isolante	10
Parete a cassa vuota con isolante nell'intercapedine (ponte termico corretto)	10
Parete a cassa vuota con isolante nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	20
Pannello prefabbricato in cls con pannello isolante	30

Tabella 5. - Fattore di correzione dello scambio termico per i vari ambienti.

Ambiente confinante		$b_{tr,x}$
Piano interrato	con finestre	0.8
	senza finestre	0.5
Sottotetto	ventilato	1
	non isolato	0.9
	isolato	0.7

Le dispersioni inoltre possono verificarsi attraverso il terreno. Il *coefficiente di accoppiamento*

$$H_g = A U_0 + P \Delta\Psi \quad (8)$$

dove:

- P è il perimetro superfici di separazione tra interno ed esterno;
- $\Delta\Psi$ è il fattore di correzione (il valore è nullo se è assente l'isolamento);
- A è l'area dell'elemento a contatto con il terreno.

Dipendendo dalla tipologia del terreno, cambia il valore della trasmittanza termica attraverso il terreno. Il coefficiente di dispersione per ventilazione:

$$H_{ve} = \dot{G} \rho_a c_a \quad (9)$$

in cui \dot{G} è la portata, dato dal prodotto tra il volume riscaldato e il numero di ricambi orari di aria [h^{-1}].

Si definisce $U = 1/R$ la trasmittanza termica o coefficiente globale di scambio termico, per mezzo della relazione:

$$Q' = U A \Delta T \quad (10)$$

Tabella 6. Numero di ricambi orari di aria [h^{-1}]

Edifici residenziali	0.3	
Spazi non riscaldati	Nessuna finestra	0
	Giunti sigillati	0.5
	Piccole aperture	1
	Ventilazione permanente	10

dove R è la somma:

- o delle *resistenze superficiali* interna ed esterna,
- o degli inversi dei coefficienti di *scambio termico adduttivo* (o resistenze termiche) interno ed esterno
- o del rapporto d/λ , dove λ è la conduttività indicativa diriferimento. Quella effettivamente utilizzata per il calcolo è la λ utile ottenuta applicando una *maggiorazione m* alla conduttività indicativa.

Tabella 7. Strutture opache verticali (U limite in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)

Zona climatica	Dal 1 Gennaio 2006	Dal 1 Gennaio 2008	Dal 1 Gennaio 2010
A	0.85	0.72	0.62
B	0.64	0.54	0.48
C	0.57	0.46	0.40
D	0.50	0.40	0.36
E	0.46	0.37	0.34
F	0.44	0.35	0.33

Tabella 8. Strutture opache orizzontali (U_w limite in $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)*

Zona climatica	Dal 1 Gennaio 2006	Dal 1 Gennaio 2008	Dal 1 Gennaio 2010
A	0.80	0.42	0.38
B	0.60	0.42	0.38
C	0.55	0.42	0.38
D	0.46	0.35	0.32
E	0.43	0.32	0.30
F	0.41	0.31	0.29

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione degli edifici industriali e artigianali, sono fissati i seguenti limiti di trasmittanza termica U_g :

Tabella 9. - Chiusure trasparenti comprensive di infisso (U_g limite in $W/m^2 K$)

Zona climatica	Dal 1 Gennaio 2006	Dal 1 Gennaio 2008	Dal 1 Gennaio 2010
A	5.5	5.0	4.6
B	4.0	3.6	3.0
C	3.3	3.0	2.6
D	3.1	2.8	2.4
E	2.8	2.5	2.2
F	2.4	2.2	2.0

É fissato inoltre a $0.8 W/m^2K$ il valore della trasmittanza di tutte le superfici di separazione tra ambienti non riscaldati e l'esterno di tutte le categorie di edifici ad eccezione degli edifici industriali e artigianali.

Tabella 10. - Quadro riassuntivo sulla classificazione del componente trasparente.

	Vetri colorati in massa (assorbenti), funzione di controllo solare e luminoso	
Convenzionale	Vetri riflettenti, funzione di controllo solare e luminoso	
	Vetri bassoemissivi, funzione di controllo termico	
Innovativo	Vetri cromogenici, funzione di controllo solare e luminoso	Elettrocromici
		Cristalli liquidi
		Termocromici
		Fotocromici
	Vetri selettivi, funzione di controllo solare e luminoso	A selettività spettrale
		A selettività angolare
	Isolanti trasparenti, funzione di controllo termico	Aerogel
Lastre capillari		

Proposte per lo specifico progetto.

Tenendo conto delle valutazioni ottenibili dal metodo generale esposto e della particolare situazione dell'ambiente considerato si possono solamente prevedere i seguenti interventi energetici:

- ✓ Accordo con il gestore dei volumi adiacenti per stipulare con un ESCO un Contratto di Servizio Energetico.
- ✓ Allacciamento a una rete di teleriscaldamento se presente in zona.
- ✓ Installazione di sensori di presenza per accensione/spengimento luce nei locali non abitualmente utilizzati:
 - bagni
 - locale deposito
 - locale retrostante ai bancomat
 - locale archivio
- ✓ Installazione di sensori di presenza per accensione/spengimento riscaldamento nei locali non abitualmente utilizzati:
 - locale deposito
 - locale retrostante ai bancomat
 - locale archivio
 - In questi locali si può installare un sistema di riscaldamento a piastre elettriche radianti che intervengono solo in presenza o a raggiungimento della temperatura con l'attivazione del riscaldamento tradizionale.
- ✓ Installazione di pannelli termici sul tetto per l'acqua calda sanitaria e il recuper di calore.
- ✓ Installazione di pannelli semioscuranti alle finestre (per la climatizzazione estiva).
- ✓ Riscaldamento radiante a soffitto e in tramezze appositamente inserite come elementi architettonici, ma con funzione di riscaldamento, a bassa temperatura con caldaia a recupero di calore e condensazione.
- ✓ Sistema di convezione di aria calda alla porta di ingresso come barriera termica.
- ✓ Illuminazione a LED.