

# POLITECNICO DI MILANO

Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Corso di Laurea in  
Ingegneria Meccanica



## La valutazione degli investimenti nei progetti di riqualificazione energetica dei fabbricati

Relatore: Prof. Antonio CALABRESE

Co-relatore: Ing. Daniele COLOMBO

Tesi di Laurea di:

Giuseppe BORRELLI Matr.801794

Anno Accademico 2013 - 2014

# Indice Generale

Sommario .....	5
Abstract .....	6
Executive summary.....	7
1. La riqualificazione energetica.....	13
1.1 Generalità .....	13
1.2 Norme.....	14
1.3 Incentivi – conto energia .....	20
1.4 Riqualificazione in Europa.....	36
1.5 Riqualificazione energetica a Milano .....	38
2. La certificazione energetica.....	41
2.1 Norme.....	41
2.2 Finlombarda.....	46
2.2.1 Cened .....	47
3. Il processo di riqualificazione.....	49
3.1 Scelta obiettivo .....	49
3.2 Fase di analisi del fabbricato .....	49
3.3 Contabilizzazione del calore.....	50
3.4 Raccolta e analisi dati .....	54
3.5 Fabbisogni termici .....	68
3.6 Risultati e analisi di coerenza.....	70
4. Il progetto applicativo .....	73
4.1 Obiettivo.....	73
4.2 Scelta dei fabbricati.....	73
4.3 Soluzioni impiantistiche adottate.....	74
4.3.1 La caldaia a condensazione .....	78
4.4 Operazioni di riqualificazione .....	82
5. I numeri della riqualificazione.....	102
5.1 Stima costi intervento.....	102
5.1.1 Scelta variabili significative .....	104
5.1.2 Funzione di regressione.....	106
5.2 Valutazione dell’investimento.....	114
6. Risultati raggiunti.....	115
6.1 A.P.E. Attestato Prestazione Energetica .....	115
7. Conclusioni e sviluppi futuri .....	124
Bibliografia.....	128

## Elenco delle figure

Figura 3. 1 Ripartizione spese riscaldamento.....	53
Figura 3. 2 EC700 inserimento dati climatici.....	56
Figura 3. 3 EC700 regime normativo .....	57
Figura 3. 4 EC700 strutture trasparenti.....	58
Figura 3. 5 EC700 dimensioni serramento.....	59
Figura 3. 6 EC700 dati modulo serramento .....	59
Figura 3. 7 EC700 tipo strutture trasparenti.....	60
Figura 3. 8 EC700 trasmittanze risultanti strutture trasparenti.....	60
Figura 3. 9 EC700 strutture opache dati generali .....	61
Figura 3. 10 EC700 strutture opache stratigrafia.....	61
Figura 3. 11 EC700 trasmittanze risultanti strutture opache.....	62
Figura 3. 12 EC700 ombreggiamenti.....	63
Figura 3. 13 EC700 inserimento subalterni-metodo delle zone .....	64
Figura 3. 14 EC700 impianto centralizzato-circuito-dati generali .....	65
Figura 3. 15 EC700 impianto centralizzato-circuito-sottosistemi .....	65
Figura 3. 16 EC700 impianto centralizzato-circuito-T media acqua.....	66
Figura 3. 17 EC700 impianto centralizzato-generatore-dati generali.....	67
Figura 3. 18 EC700 risultati-potenze disperse .....	69
Figura 3. 19 EC700 risultati-energia primaria.....	69
Figura 3. 20 EC700 risultati per zone .....	70
Figura 3. 21 Classi di efficienza energetica .....	71
Figura 4. 1 Schema ciclo pompa di calore .....	74
Figura 4. 2 Principio di funzionamento caldaia a condensazione .....	78
Figura 4. 3 Perdite di potenza termica caldaia tradizionale vs condensazione ..	79
Figura 4. 4 Testa termostatica Honeywell.....	83
Figura 4. 5 Impianto di distribuzione centralizzato ad anello chiuso .....	85
Figura 4. 6 Impianto di distribuzione centralizzato a colonne montanti.....	86
Figura 4. 7 Ripartitore di calore Honeywell.....	87
Figura 5. 1 Stratigrafia muri esterni.....	105
Figura 5. 2 Regressione - inserimento parametri significativi 1.....	106
Figura 5. 3 Regressione - inserimento parametri significativi 2.....	107
Figura 5. 4 Regressione - plot risposta vs predittori .....	107
Figura 5. 5 Regressione - ANOVA (analysis of variance) ed equazione di regressione .....	108
Figura 5. 6 Regressione - plot residui standard vs stime e predittori.....	109

Figura 5. 7	Regressione - test di normalità sui residui standard.....	109
Figura 5. 8	Regressione - plot risposta vs indicatori di criticità .....	110
Figura 5. 9	ANOVA (analysis of variance) ed equazione di regressione modello ridotto.....	111
Figura 5. 10	Plot residui standard vs stime e predittori, modello ridotto.....	112
Figura 5. 11	Test di normalità sui residui standard, modello ridotto.....	112
Figura 5. 12	Plot risposta vs indicatori di criticità, modello ridotto .....	113
Figura 6. 1	Generatore di calore pre riqualificazione .....	116
Figura 6. 2	Sottosistema di distribuzione pre riqualificazione .....	117
Figura 6. 3	Classe energetica risultante pre riqualificazione.....	118
Figura 6. 4	Generatore di calore post riqualificazione.....	119
Figura 6. 5	Figura 6. 2 Sottosistema di distribuzione post riqualificazione....	120
Figura 6. 6	Classe energetica risultante post riqualificazione .....	121
Figura 6. 7	Calcolo volumi fabbricato .....	122
Figura 6. 8	Dati tecnici di rendimento .....	122
Figura 6. 9	Comparazione economica dei consumi per combustibile impiegato .....	123
Figura 6. 10	Istogramma consumi per combustibile impiegato .....	123
Figura 7. 1	Volume d'affari atteso .....	125
Figura 7. 2	Potenziale di risparmio atteso .....	126
Figura 7. 3	Potenziale di risparmio atteso nel residenziale .....	126

## Sommario

“Il consumo mondiale di energia sarebbe il 56% più alto oggi di quanto sarebbe altrimenti stato senza le varie politiche di efficienza energetica che sono state implementate dal 1973”.

La riqualificazione energetica affonda le sue radici in un contesto socio economico in cui il prezzo dei combustibili nei paesi industrializzati aumenta di continuo.

Vi sono inoltre le non meno importanti questioni ambientali legate al largo consumo di combustibile per la maggior parte legati all’acclimatamento invernale o estivo che sia.

Da queste necessità nasce l’esigenza di trovare un modo di consumare meno, pur non rinunciando ai benefici che l’ingegneria e le invenzioni dell’ultimo secolo hanno introdotto nella nostra vita.

Bisogna quindi, a parità di risultato, operare una riduzione nei consumi, questo è ottenibile solo ed unicamente attraverso un miglioramento dell’efficienza energetica (rendimento) del sottosistema considerato.

Partendo da queste premesse, il presente elaborato di tesi si pone come obiettivo quello di operare la riqualificazione energetica su una serie di fabbricati nell’area di Milano, dimostrando attraverso degli studi il conseguimento delle migliorie, e di trovare una funzione di regressione atta a ricavare a priori i costi del processo di miglioramento dell’efficienza energetica del fabbricato.

**Parole chiave:** riqualificazione energetica, efficienza, regressione

## Abstract

“World energy consumption would have been nowadays 56% higher than what it actually is if energy saving politics hadn't been issued from 1973 on”.

Nowadays energetic requalification roots in an economic and social contest in which prize of fuel is becoming higher and higher day by day at least in first world countries such as the one we are living in.

The last but not the least manner is the environmental problem related to large fuel consumption in order to heat and cool buildings.

These problems lead to the need of finding a way to reduce wasted energy, while maintaining benefits awarded during last century.

This can only be obtained with an improvement of the energetic efficiency of the system we are considering.

Given that, the thesis has as main purpose the energetic requalifying of several buildings in the Milan area, providing data which show obtained results, and the working out of a regression function in order to figure out in advance what the cost of the requalification will be.

**Keywords:** energetic requalification, efficiency, regression

## Executive summary

Il progetto di tesi di seguito presentato, svolto presso la Colombo Alessandro & Figlio Srl, ha avuto come obiettivo la riqualificazione energetica di diversi fabbricati nell'area urbana di Milano. La riqualificazione ha riguardato prevalentemente la parte impiantistica e quindi la completa riprogettazione di quello che è l'impianto termico centralizzato dell'edificio e la regolazione a zone nelle singole unità immobiliari.

Andando ad eseguire le operazioni di riqualificazione su un campione "statistico" di edifici si è posto come obiettivo aggiuntivo l'individuazione di parametri significativi che inseriti in un'equazione fornissero una stima sufficientemente vicina alla realtà di quello che può essere il costo di riqualificazione di un edificio assegnato, evidenziando allo stesso tempo le conseguenti migliorie in termini energetici ed economici sull'edificio stesso.

È stato inizialmente eseguito uno studio atto a valutare quale sia la via migliore di riqualificare un edificio, tenuto conto che si è operato sul territorio di Milano e che si è operato con edifici esistenti, nello specifico è stata valutata la possibilità di effettuare la climatizzazione invernale tramite impianto geotermico.

Per la quasi totalità dei condomini si è optato di agire a livello impiantistico sulla sostituzione del vecchio generatore di calore a gasolio, che presenta problematiche di rifornimento infiammabilità esplosività e ridotto potere calorifico, con generatori di calore a condensazione funzionanti a metano che garantiscono un più elevato rendimento una maggiore quantità di calore prodotto a parità di combustibile bruciato oltre ad una modalità di rifornimento continua dalla rete.

È stata adottata la termoregolazione come soluzione impiantistica sui terminali di emissione, ciò comporta ovviamente delle modifiche da effettuare per legge anche in fase di produzione del calore. Nello specifico sui terminali di emissione delle singole unità abitative del fabbricato da riqualificare sono state installate valvole termostatiche che permettono la regolazione della quantità di calore scambiata dal terminale di emissione con l'ambiente circostante. Queste valvole contengono un liquido termosensibile che, al raggiungimento nel locale della temperatura desiderata, esercita una pressione su un pistoncino che va a chiudere la valvola interrompendo così il flusso di acqua calda nel radiatore; in questa maniera si può gestire (negli orari di funzionamento dell'impianto centralizzato) ognuno dei terminali di emissione dell'edificio in maniera autonoma decidendo periodo di funzionamento e temperatura desiderata in modo da evitare inutili sprechi di calore e quindi di combustibile e denaro.

Da questa modalità di regolazione discende la necessità di utilizzare in sede di generazione del calore delle "pompe inverter" che possano operare a velocità

variabile essendo la portata d'acqua calda fluente nei radiatori non più costante ma regolabile in funzione dei bisogni del singolo utente.

Per quanto concerne la distribuzione del vettore termico, si ha un sistema detto "a colonne montanti" correnti nell'intercapedine, una tipologia di sistema in cui ogni colonna va a servire uno specifico radiatore lungo tutti i piani del palazzo. Risulta quindi impossibile andare a capire attraverso una misurazione diretta quanto calore viene utilizzato da ogni radiatore di una singola unità immobiliare. Bisogna quindi ricorrere ad un metodo indiretto di contabilizzazione del calore per andare ad attribuire ad ogni appartamento il proprio consumo e quindi la propria quota parte del costo totale del combustibile consumato.

Questo viene ottenuto attraverso l'installazione di ripartitori di calore su ognuno dei terminali di emissione dell'edificio, attraverso 2 sensori uno posto a contatto del radiatore e uno a contatto con l'ambiente circostante il ripartitore di calore registra le differenze di temperatura positive durante l'arco di tempo di funzionamento dell'impianto centralizzato. Operando in questa maniera si ottiene una misura, indiretta, del calore fornito da ogni radiatore. Ovviamente i terminali di emissione variano in modello, dimensione e materiale, per ognuna delle unità immobiliari è stata eseguita una mappatura dei radiatori per andare a ricavarne un coefficiente empirico che tenga conto di suddette variabili.

Al termine della stagione di riscaldamento si è proceduto alla lettura dei ripartitori di calore attraverso centralina wireless, è stato implementato un file macro Excel capace di andare ad attribuire i consumi alle rispettive unità abitative tenendo conto dei coefficienti precedentemente ricavati.

Secondo la norma UNI 10200 per gli edifici con impianto di riscaldamento centralizzato adottanti termoregolazione la suddivisione delle spese di combustibile viene così fatta:

- Parte a consumo (letta attraverso ripartitori di calore) deve avere peso superiore al 50%
- Parte fissa (dovuta a spese di gestione manutenzione e conduzione impianto centralizzato) calcolata in base ai millesimi per la restante percentuale

Questi millesimi sono i millesimi di fabbisogno termico, ovvero sempre secondo norma UNI 10200 sono i millesimi calcolati in base alle dispersioni di ogni singola unità immobiliare al netto degli apporti gratuiti dovuti all'esposizione dell'edificio. Lo scopo della redazione di questa nuova tabella millesimale è di tener conto del fatto che le unità immobiliari a parità di superficie e di temperatura di benessere interno da raggiungere ( 20°C) necessitano di quantità di calore differenti in funzione di esposizione e vicinanza o meno con altri ambienti climatizzati (altri appartamenti).

I fabbisogni termici sono stati ricavati nella fase di progettazione del nuovo impianto , eseguita utilizzando il software EC700. Quest'ultimo richiede la modellizzazione dell'edificio e delle singole unità immobiliari; per ottenere ciò

è stato effettuato per ognuna delle unità un sopralluogo atto a verificare la conformità con quanto visto sulle mappe e a reperire i dati necessari al calcolo dei fabbisogni come: caratteristiche dimensionali unità immobiliare, ombreggiature ed esposizione unità, caratteristiche dimensionali dei serramenti, spessore e stratigrafia pareti, dati relativi ai sottosistemi di generazione distribuzione ed erogazione del calore ecc.

Sono stati rilevati inoltre eventuali sistemi di ventilazione forzata e accumulo termico, temperature di mandata e ritorno verso e dall'utenza del vettore termico.

Da queste progettazioni è stato inoltre ottenuto:

- Caratteristiche termiche (trasmittanze) degli elementi opachi e trasparenti facenti parte dell'involucro edilizio
- Verifica dei valori minimi di rendimento medio stagionale di progetto per i sottosistemi di generazione erogazione e distribuzione del vettore termico
- Indice prestazione energetica per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria

In allegato ad ogni progetto è stata fornita la relazione tecnica di calcolo ovvero la prestazione energetica del sistema edificio-impianto riqualificato dove vengono specificate le ipotesi e i dati sulla base dei quali vengono ottenuti i risultati sopracitati. I valori ottenuti sono funzione della località dove si opera la riqualificazione (gradi giorno) coefficiente di sicurezza adottato, coefficienti di esposizione solare.

Fatte queste assunzioni sono stati individuati oltre ai valori finali per il calcolo dei millesimi di fabbisogno termico, diversi dati significativi riguardanti quelli che sono i punti critici dell'edificio sui quali bisognerebbe andare ad apportare modifiche per migliorare ulteriormente la classe energetica dell'edificio.

Quello che si ottiene per ogni unità immobiliare è un valore millesimale basato sull'effettivo fabbisogno termico necessario a garantire i 20°C come da legge. Questo valore tiene conto dell'esposizione, dei serramenti, dello spessore e qualità dei vetri, della pavimentazione, della presenza o meno di controsoffitti, volumetria locali, spessore e stratigrafia dei singoli muri.

Lo scopo ricercato è quello di avere una tabella millesimale che sia quanto più possibile lo specchio della realtà, evitando quindi che ad unità abitative con fabbisogni termici invernali diversi sia assegnata la stessa quota di spese solo perché aventi stessa metratura, cosa che effettivamente succedeva con le vecchie tabelle millesimali.

Una volta eseguiti i sopralluoghi e le progettazioni si è passati alla fase operativa della riqualificazione. Per quanto riguarda la centrale termica e quindi il generatore di calore, nella quasi totalità dei casi si è optato per l'installazione in centrale di un innovativo generatore di calore a condensazione funzionante a gas metano. È stata inoltre redatta una relazione, con lo scopo di fornire una visione

più approfondita su quelle che sono le varie tipologie di generatori di calore, indicandone il migliore per il contesto in cui si è operato ovvero la città di Milano.

La caldaia a condensazione ha un principio di funzionamento di una tradizionale caldaia, con alcuni accorgimenti atti a migliorarne il rendimento riducendone le emissioni:

- Bruciatore modulante, che permette di produrre una quantità di calore variabile a seconda di quella che è la richiesta complessiva delle utenze e di quella che è la temperatura dell'ambiente esterno, le caldaie tradizionali sono ON/OFF;
- I gas combustibili che scaldano l'acqua, che andrà poi ad alimentare le utenze, non vanno direttamente alla canna fumaria ma preriscaldano l'acqua "di alimento" della caldaia, il che permette che siano scaricati in atmosfera ad una temperatura più bassa del normale sfruttando una maggiore quantità di calore a parità di combustibile bruciato da una caldaia tradizionale. La cessione di calore pre-scarico fa sì che i gas spesso condensino il che richiede una canna fumaria in acciaio inox e spiega il maggiore costo impiantistico rispetto a una caldaia tradizionale. I benefici di rendimento sono però notevoli, fino a 10% maggiori.

A questo punto è stato eseguito un sopralluogo in centrale termica con lo scopo di redigere il progetto idraulico ed elettrico (ho preso parte al solo progetto idraulico) in quanto la nuova configurazione prevede l'introduzione di uno scambiatore di calore che divida lato generazione da lato distribuzione – emissione (radiatori nelle unità abitative) va completamente rimosso tutto l'esistente. In fase di stesura del progetto è stato tenuto conto delle modifiche da apportare per riportare i locali di centrale termica nei parametri di legge:

- Installazione porte tagliafuoco REI;
- Anticamera al locale centrale termica provvista di porta REI;
- Bocca di lupo per la dispersione di eventuali fughe di metano (meno denso dell'aria) dell'ampiezza prevista da legge

Per garantire la sicurezza dell'impianto e del fabbricato in caso di eventi negativi è stato studiato il posizionamento di:

- Termostato sul lato mandata, che scatta e chiude la valvola al raggiungimento della pressione settata;
- Pressostati di massima e di minima sul lato mandata, per far sì che la pressione di esercizio rimanga in un range stabilito;
- Valvola intercetto combustibile, in caso di incendio taglia la fornitura del combustibile all'impianto;
- Valvole ritegno, in modo che il flusso del fluido termovettore sia unicamente unidirezionale, si evita così l'inversione del flusso che potrebbe danneggiare gli organi meccanici dell'impianto in caso di assenza di pressione.

Per avere prova della bontà dell'opera di riqualificazione energetica sono stati redatti gli APE (attestato prestazione energetica) pre e post intervento, in modo da comprovare l'effettivo miglioramento in termini di  $EP_H$  (indice prestazione invernale), indicando inoltre quali successive modifiche impiantistiche e civili poter attuare per compiere un ulteriore step in termini di efficienza energetica. Riqualificare energeticamente un fabbricato è sicuramente un'operazione intelligente in termini di sostenibilità ma va inserita in un contesto più ampio. Sono stati valutati per ogni riqualificazione effettuata i costi totali di installazione, comprendenti:

- Rimozione vecchio generatore di calore;
- Installazione nuovo generatore;
- Collegamenti idraulici ed elettrici;
- Installazione termoregolazione su terminali di emissione nelle unità abitative;
- Messa in opera dell'impianto;
- Opere murarie;
- Varie ed eventuali.

Valutando questi costi è stata effettuata una regressione utilizzando il software statistico MINITAB, che ha permesso di ricavare un'equazione indicante il costo di riqualificazione (in fase di progetto) in funzione dei diversi parametri e delle scelte del cliente in fase d'acquisto del capitolato.

Attraverso l'analisi dei dati sui consumi di combustibile raccolti per l'attribuzione delle spese su fabbricati precedentemente riqualificati, è possibile fare una stima della riduzione di consumi (quindi di risparmio economico) sui nuovi fabbricati riqualificati (sempre tenendo conti dei parametri precedentemente menzionati). Con questo modus operandi è stato possibile ottenere un valore accettabile per il PBT dell'impianto di circa 5-6 anni.

In conclusione durante questa esperienza lavorativa nell'ambito della riqualificazione energetica è stata seguita la progettazione e realizzazione della centrale termica, comprensiva di parte idraulica ed elettrica, per i diversi fabbricati trattati. Sono stati utilizzati tecniche di ripartizione del calore che implicano l'utilizzo di tecnologie all'avanguardia come caldaie a condensazione e pompe inverter (con caratteristiche scelte ad hoc per ciascun impianto).

Sono stati redatti gli APE per fornire un riscontro riguardo l'effettivo miglioramento dell'efficienza energetica degli immobili riqualificati.

È stata ricavata un'equazione di regressione che permette di ricavare, in funzione dei parametri più significativi, il costo d'investimento del fabbricato da riqualificare. Questo dato, congiuntamente alle stime sul risparmio di combustibile e di denaro di conseguenza, permette di calcolare il PBT dell'intervento di riqualificazione. Così facendo si può a priori conoscere la validità o meno (in termini economici) dell'intervento.

Un possibile sviluppo futuro in quest'ambito consisterà nella possibilità di applicare la geotermia alla riqualificazione energetica, a patto di abbattere i costi degli scavi e di trovare sorgenti ad adeguata temperatura nel sottosuolo senza dover trivellare a profondità eccessive dato che i costi d'impianto crescono esponenzialmente.

# Capitolo 1

## La riqualificazione energetica

Sotto il nome di risparmio energetico si annoverano varie tecniche atte a ridurre i consumi dell'energia necessaria allo svolgimento delle attività umane. Il risparmio può essere ottenuto sia modificando i processi energetici in modo da ridurre i consumi, sia trasformando l'energia in maniera più efficiente (efficientamento energetico).

### 1.1 Generalità

Per riqualificazione energetica dell'edificio (o retrofit energetico dell'edificio) si intendono tutte le operazioni, tecnologiche e gestionali, atte al conferimento di una nuova (prima inesistente) o superiore (prima inadeguata) qualità prestazionale alle costruzioni esistenti dal punto di vista dell'efficienza energetica, volte cioè alla razionalizzazione dei flussi energetici che intercorrono tra sistema edificio (involucro e impianti) ed ambiente esterno.

In generale, gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente sono finalizzati a:

- migliorare il comfort degli ambienti interni;
- contenere i consumi di energia;
- ridurre le emissioni di inquinanti e il relativo impatto sull'ambiente;
- utilizzare in modo razionale le risorse, attraverso lo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili in sostituzione dei combustibili fossili;
- ottimizzare la gestione dei servizi energetici;

Il concetto di riqualificazione energetica dell'esistente - correlato a quello di sostenibilità del costruito - è promosso a livello internazionale da politiche che individuano nella necessità di un sostanziale cambiamento nel modo di costruire, di gestire e di mantenere gli edifici esistenti, la chiave di volta, in ambito edilizio, per la salvaguardia dell'ambiente e per la tutela della salute e del benessere dell'uomo. Un'intensa attività di legislazione e di redazione di norme tecniche sul rendimento energetico del costruito definisce parametri di efficienza sempre più restrittivi e criteri di risparmio sempre più vincolanti, imponendo interventi di adeguamento del patrimonio esistente a standard prestazionali più elevati, ad esempio nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione di un green building. Parallelamente i governi di molti Stati europei

hanno introdotto incentivi economici per agevolare interventi di riqualificazione energetica che garantiscano tempi di ritorno degli investimenti compatibili con le possibilità di spesa dei proprietari degli immobili e il ciclo di vita delle tecnologie impiegate.

Le opportunità di miglioramento andrebbero valutate con una diagnosi energetica che evidenzii gli interventi principali, in grado di garantire un retrofit vantaggioso, interessando sia il sistema tecnologico sia la gestione energetica dell'edificio, questa deve riguardare fundamentalmente:

- il miglioramento delle prestazioni dell'involucro edilizio (incremento dell'isolamento termico, sostituzione dei serramenti, installazione di idonei sistemi di schermatura solare...);
- la sostituzione di componenti obsoleti degli impianti di climatizzazione invernale e di illuminazione con altri più efficienti dal punto di vista energetico e con minore impatto sull'ambiente in termini di emissioni prodotte;
- l'utilizzo dell'energia gratuita del sole per la produzione di energia elettrica (pannelli fotovoltaici) e termica (collettori solari);
- la corretta gestione della ventilazione naturale e del raffrescamento passivo al fine di limitare la diffusione di impianti di condizionamento estivo, responsabili dell'incremento dei consumi elettrici;
- la revisione della contrattualistica inerente ai servizi energetici (meccanismi di incentivi/disincentivi finanziari);
- l'introduzione di sistemi di contabilizzazione individuale dell'energia per la sensibilizzazione alla riduzione dei consumi.

## **1.2 Norme**

Dopo la crisi energetica nei primi anni '70 del secolo scorso, si introdusse la legge 373 del 1976 la quale tentò di fornire dei parametri per il controllo energetico degli edifici. Quegli anni furono ricchi di sperimentazioni e di progetti rispettosi degli studi fatti sulla bioclimatica nel tentativo di dare una risposta definitiva in termini di risparmio energetico.

Successivamente, essendo tornati i valori petroliferi a costi minimi per la produzione industriale e per il trasporto, oltre che per la produzione energetica, si è vanificato lo sforzo di far crescere un sistema produttivo basato su applicazioni e sistemi per il risparmio energetico sia termici che fotovoltaici.

La questione viene poi ripresa nel 1987 con il Rapporto Bruntland che, per primo, ha introdotto in maniera sistematica il principio dello "sviluppo sostenibile". Fu in questo contesto che sia i legislatori che le persone comuni si

accorsero che il clima e l'ambiente stavano per cambiare e che bisognava fare qualcosa.

Durante gli anni '90 si pongono le premesse al dispiegarsi di una legislazione, soprattutto nel settore edile, che comincia ad incidere energicamente sulla realizzazione e gestione degli edifici alla luce di stime di petrolio in esaurimento e con una incessante domanda dei paesi emergenti che aveva portato il prezzo del petrolio nel 2008 a valori di soglia a oltre i 140 euro a barile. Viene emanata così la L. 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*", innovativa in quanto prevedeva già la certificazione energetica, che portava i valori dei consumi energetici dai 200-250 kWh/m<sup>2</sup>anno ai 100-150 kWh/m<sup>2</sup>anno.

Gli ultimi D.Lgs. 192/2005 e 311/2006 e successive modifiche (il DPR 59/2009: "*Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del D.Lgs. 192/2005, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*") impongono limiti sempre più restrittivi, portando i valori di questi consumi per un edificio in classe C al di sotto dei 70 kWh/m<sup>2</sup>anno (11 kWh/m<sup>3</sup>anno).

I decreti elencati sono i dispositivi di legge nazionale che regolano l'applicazione della direttiva 2002/91/CE detta EPBD (Energy Performance of Building Directive), nata con l'obiettivo di promuovere un miglioramento del rendimento energetico degli edifici. Essa si pone anche obiettivi rivolti alla riduzione dell'impatto ambientale ed al contenimento dell'inquinamento negli specifici contesti territoriali (nazionali e regionali). La EPBD seppur all'interno della cornice legislativa internazionale stabilisce che l'obiettivo finale è quello di rendere chiara e trasparente la valutazione del rendimento energetico degli edifici, mediante indicatori prestazionali e parametri predittivi dell'efficienza energetica ed eventualmente, dell'impatto ambientale indotto dalla gestione dell'edificio, usando descrittori quali, ad esempio, le emissioni di gas serra connesse al funzionamento del sistema edilizio. Altra novità introdotta dalla EPBD è l'attenzione posta all'efficienza energetica dell'edilizia esistente, in particolare di edifici di metratura superiore ai 1.000 m<sup>2</sup> che subiscano degli interventi di "ristrutturazione importante" che investa la muratura periferica dell'edificio e/o gli impianti di riscaldamento, condizionamento, ventilazione, illuminazione e produzione di acqua calda di edifici preesistenti.

La prestazione energetica degli edifici è esplicitata dal Certificato energetico, che deve consentire ai cittadini una trasparente valutazione dell'efficienza del sistema edilizio, mediante il principio piuttosto semplice che una casa ben progettata porta a un risparmio di energia e, quindi, a un risparmio economico, permettendo confronti semplici e scelte consapevoli all'atto dell'acquisto, inoltre il certificato che viene redatto da tecnici, deve contenere

raccomandazioni circa i possibili interventi migliorativi, sull'involucro e sugli impianti, tali da risultare tecnicamente attuabili ed economicamente convenienti. La parte conclusiva della EPBD riguarda le misure prescrittive relative alle ispezioni ed alle revisioni da attuare sugli impianti termici, alimentati con combustibili non rinnovabili, e sugli impianti di climatizzazione, affidando tali controlli ad esperti tecnici indipendenti.

Contestualmente all'emanazione della EPBD, le istituzioni politiche dell'Unione Europea hanno incaricato il CEN – Comitato Europeo di Normalizzazione – di sviluppare un pacchetto di norme tecniche, da recepire poi nei diversi paesi membri, al fine di definire completamente le metodologie di calcolo, le procedure di verifica, i criteri di classificazione, per tutto quanto concerne i contenuti della Direttiva EPBD.

A livello nazionale, come già accennato sopra, sono in vigore le modifiche alla Legge 10/91 apportate dal D.Lgs 192/2005 entrato in vigore l'8 ottobre 2005, che a sua volta è stato modificato dal d.lgs. 311/2006 Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo 19/8/05 n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE. Il 4 Luglio 2008, è stato pubblicato in G.U. il testo del D.Lgs. 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, che introduce sostanziali novità in tema di efficienza degli usi finali dell'energia. Tale decreto, con l'intento di correggere e migliorare il quadro normativo esistente e anticipare alcuni aspetti dei futuri regolamenti, interviene mediante una serie di misure, tecniche, finanziarie e giuridiche, in diversi aspetti legati all'efficienza energetica nell'edilizia. Tra i molteplici provvedimenti introdotti, oltre a quelli volti alla semplificazione di alcune procedure per ottenere autorizzazioni edilizie, fruire di incentivi fiscali o anche ricevere bonus volumetrici, si evidenziano:

- il riconoscimento giuridico delle norme tecniche di riferimento per la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici, con l'individuazione delle recenti UNI TS 11300 quale riferimento nazionale;
- la prescrizione dei requisiti di terzietà ed indipendenza dei soggetti certificatori.

Il decreto, inoltre, attribuisce alle istituzioni pubbliche un ruolo chiave nella promozione dell'efficienza energetica, ed affida all'ENEA il ruolo di coordinamento delle campagne di informazione e monitoraggio in tema di efficienza energetica.

L'ultimo decreto attuativo del D.Lgs 192/05 che il legislatore ha emanato con il Decreto del presidente della repubblica del 2 aprile 2009, è il n. 59 pubblicato in G.U. il 10 Giugno 2009: *“Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia”*. Introduce un nuovo quadro di disposizioni obbligatorie entrate in vigore il 25

Giugno 2009, che sostituiscono le indicazioni “transitorie” dell’Allegato I del D.Lgs 311/06.

Il D.P.R 59/09 definisce i criteri generali, definendo le metodologie, i criteri e i requisiti minimi per le prestazioni energetiche di edifici e impianti relativamente alla:

- a) climatizzazione invernale (mantenendo l’assetto del D.Lgs 192/05);
- b) preparazione di acqua calda per usi sanitari (anche se non si chiarisce il ruolo dell’obbligo delle fonti rinnovabili);
- c) climatizzazione estiva (la principale novità rispetto al D.Lgs 192/05);
- d) illuminazione artificiale di edifici del terziario (anche se poi nel testo del decreto non se ne parla).

Per quanto riguarda gli ambiti di intervento per il contenimento dei consumi energetici, l’art.3 del D.Lgs 192/05 non è stato modificato, riferendosi nel comma 1 lettera a) sia alla progettazione e realizzazione di edifici (pubblici e privati) di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, che alle opere di ristrutturazione degli stessi e degli impianti esistenti. Nella lettera b) e c) si riferisce all’esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti ed alla certificazione energetica degli edifici.

Nell’art.3 del D.P.R. 59/09 si inserisce il “pacchetto di specifiche tecniche” UNI/TS 11300 relative alle prestazioni energetiche degli edifici indicate, indicando la metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici e degli impianti, imponendo di adottare le norme tecniche nazionali, definite nel contesto delle norme EN a supporto della direttiva 2002/91/CE, della serie UNI/TS 11300, ovvero:

- a) UNI/TS 11300-1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;
- b) UNI/TS 11300-2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- c) UNI/TS 11300-3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva (pubblicata nel Marzo 2009 ed attualmente in revisione);
- d) UNI TS 11300-4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria (in fase di elaborazione).

Nel comma 2 dello stesso articolo ai fini della certificazione degli edifici, le metodologie per il calcolo della prestazione energetica, vengono rimandate alle Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici D.M 26 giugno 2009 pubblicate nella GU del 10/7/2009.

Nell’art.4del D.P.R 59/09 sono contenute le prescrizioni relative all’efficienza energetica che riguardano le trasmittanze delle strutture opache e trasparenti, i rendimenti degli impianti termici, l’indice di prestazione energetica per la

climatizzazione invernale ed estiva, che rappresenta l'indicatore prestazionale chiave che, ad oggi, deve risultare minore di un appropriato valore limite.

Nel caso di edifici di nuova costruzione e nei casi di ristrutturazione di edifici esistenti, previsti nell'art.3 comma 2, lettera a) e b) D.Lgs 192/05, si procede in sede progettuale alla determinazione dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (Epi) (fabbisogno annuo di energia primaria richiesta per unità di superficie o di volume) espresso in kWh/m<sup>2</sup>a o kWh/m<sup>3</sup>a. Come già espresso L'Epi rappresenta un l'indicatore prestazionale che deve risultare minore di un appropriato valore limite calcolato in base ai gradi-giorno della località in oggetto ed al rapporto di forma S/V dell'edificio in esame. I valori limite dell'Epi sono contenuti nelle tabelle dell'allegato C punto 1 del D.Lgs 192/05 e s.m.i..

L'applicazione di questi dispositivi legislativi è vincolante per tutte le regioni che non abbiano ancora emanato una propria legge sulla base della direttiva europea citata. Attualmente le regioni che non hanno legiferato sono: Veneto, Abruzzo, Calabria, Lazio, Molise, Sardegna e Sicilia. Per le altre che hanno adempiuto è fatto obbligo di "riavvicinare" i provvedimenti emanati alle norme statali.

Le altre leggi che hanno regolamentato nel nostro paese sono le seguenti:

- Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n. 412. Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 gennaio 1991 n. 10.
- Regolamento (CEE) n. 1836/93 del Consiglio del 29 giugno 1993 sull'adesione volontaria delle imprese del settore industriale a un sistema comunitario di ecogestione e audit.
- Decreto del Presidente della Repubblica 21 dicembre 1999 n. 551. Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26/8/1993 n. 412 in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.
- Decreto legislativo 29 dicembre 2003 n. 387. Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
- Decreto del Ministero delle Attività Produttive 20 luglio 2004. Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164.
- Decreto del Ministero delle Attività Produttive 20 luglio 2004. Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell'art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79.

- Direttiva 2006/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio.

Per i sistemi fotovoltaici, nella prima versione del d.lgs. 192/ 2005, vi era solo l'obbligo di predisposizione; nella integrazione legislativa successiva si stabilisce che "è obbligatoria l'installazione di impianti FV " - si veda ali. I, comma 13 -, senza specificarne i requisiti e i valori. La finanziaria 2007 impone l'installazione, in aggiunta, di una potenza minima di 0,2 kWp per ogni unità abitativa.

Per il solare termico, nella prima versione del d.lgs. 192/2005, c'era unicamente l'obbligo di predisposizione per futura integrazione (si veda anche la Norma UNI 64/100-1-2); successivamente è stato introdotto l'obbligo di produrre energia termica per l'ACS almeno per il 50%.

Il Regolamento definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici. In particolare rende applicative le nuove Norme UNI/TS 11300-1-2 che indicano le procedure di calcolo del fabbisogno di energia termica/primaria e dei rendimenti per la climatizzazione degli edifici.

Le leggi finanziarie del 2007 e del 2008 sono intervenute negli aspetti energetici per disciplinare le detrazioni di imposta del 55% e come vincolo delle modalità certificative per il rilascio del permesso di costruire. È stato sancito inoltre che nei regolamenti edilizi sia definita una norma che preveda l'installazione di impianti fotovoltaici almeno di 1kW per ciascuna unità abitativa; successivamente, la legge del 14/2009 ha prorogato di un anno tale obbligo a livello nazionale.

Per l'Attestato di certificazione energetica e Attestato di qualificazione energetica in relazione a quanto prescritto dall'art. 6, comma del d.lgs. 192/2005 dal 1° luglio 2009 è d'obbligo dotare di attestato di certificazione energetica le singole unità immobiliari (vendute o affittate), anche sotto i 1000 mq. In ogni caso, e solamente fino all'entrata in vigore delle Linee Guida Nazionali, l'attestato di certificazione energetica è sostituito dall'attestato di qualificazione energetica, documento prodotto alla fine della fase di costruzione dell'edificio, redatto dal direttore dei lavori e presentato al comune di competenza insieme alla dichiarazione di fine lavori. Per le regioni che hanno legiferato valgono le disposizioni regionali in riferimento all'attestato e anche sull'obbligo di allegarlo alle compravendite immobiliari.

Con il decreto legge n. 112/2008 (convertito dalla legge n. 133/ 2008), recante "Disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria", si è abrogato con l'art. 35, a livello nazionale, l'obbligo di allegare il certificato energetico all'atto della compravendita immobiliare; per questo l'Italia è sottoposta a procedura di infrazione da parte della Comunità europea.

Più che altro, non tanto per l'obbligo (non previsto dalla direttiva europea) ma quanto per non aver definito cosa succede al certificato energetico nel caso di passaggio di proprietà.

Risulta evidente la complessità della produzione legislativa in Italia in materia di politica energetica a fronte di una legislazione nazionale in via di completamento e alla luce delle innumerevoli leggi regionali ispirate ai vari metodi e modelli.

### **1.3 Incentivi – conto energia**

Conto energia (feed-in premium) è il nome comune assunto dal programma europeo di incentivazione in conto esercizio della produzione di elettricità da fonte solare mediante impianti fotovoltaici permanentemente connessi alla rete elettrica (grid connected). L'incentivo consiste in un contributo finanziario per kWh di energia prodotta per un certo periodo di tempo (fino a 20 anni), variabile a seconda della dimensione o tipologia di impianto e fino ad un tetto massimo di MWp di potenza complessiva generata da tutti gli impianti o ad un tetto massimo di somma incentivabile.

Come tale l'incentivo sulla produzione ha il fine di stimolare l'installazione di impianti fotovoltaici con l'effetto e il vantaggio di garantire, assieme alla parallela copertura (parziale o totale) dei propri consumi elettrici e alla vendita di eventuali surplus energetici prodotti da parte dell'impianto stesso, un minor tempo di recupero dei costi d'impianto o capitale iniziale di investimento (payback period) e successivo maggiore guadagno.

In Italia dal 2005 al 2013 si contano 5 diversi programmi di incentivazione in Conto Energia, ciascuno in superamento, adeguamento o ridefinizione del precedente. Il 5° conto energia è terminato il 6 luglio 2013 senza l'emanazione di un nuovo piano di incentivi sull'energia prodotta, sostituito però da sgravi fiscali sul costo d'impianto.

Il conto energia arriva in Italia attraverso la Direttiva comunitaria per le fonti rinnovabili (Direttiva 2001/77/CE), che viene recepita con l'approvazione da parte del Parlamento italiano del Decreto legislativo 387 del 2003. L'avvio del conto energia passa per altre due tappe, in particolare l'approvazione del D.M. 28 luglio 2005 (che fissa i tempi e i termini di attuazione) e la Delibera 188 del 14 settembre 2005 (che stabilisce i modi di erogazione degli incentivi) prodotta dalla Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas.

Dal 19 settembre 2005 è possibile presentare la domanda al Gestore del sistema elettrico (GRTN) per accedere al conto energia.

La copertura finanziaria necessaria all'erogazione di questi importi è garantita da un prelievo tariffario obbligatorio (cod. A3) a sostegno delle fonti rinnovabili di

energia, presente dal 1991 in tutte le bollette dell'energia elettrica di tutti gli operatori elettrici italiani. Con la componente A3 sono finanziati anche gli impianti CIP6, tra cui sono presenti non solo quelli alimentati da fonti rinnovabili ma anche quelli alimentati da fonti "assimilate" (cogenerazione, fumi di scarico, scarti di lavorazione e/o di processi industriali, fonti fossili prodotte da giacimenti minori isolati, inceneritori, ecc.); ciò ha di fatto impedito e ritardato lo sviluppo del fotovoltaico poiché la componente A3, per i motivi appena citati, è risultata abbastanza onerosa nel finanziamento di queste ultime (in Italia privilegiate rispetto al fotovoltaico). Da gennaio 2007 non possono più essere finanziati nuovi impianti a fonti "assimilate", ma solo quelli già autorizzati.

Il primo conto energia (2005-2007)

A differenza del passato, in cui l'incentivazione all'utilizzo delle fonti rinnovabili avveniva mediante assegnazioni di somme a fondo perduto, grazie alle quali il privato poteva limitare il capitale iniziale investito, il meccanismo del conto energia è invece assimilabile ad un finanziamento in conto esercizio, in quanto non prevede alcuna facilitazione particolare da parte dello Stato per la messa in opera, servizio o esercizio dell'impianto.

Il principio che regge il meccanismo del conto energia consiste cioè nell'incentivazione della produzione elettrica e non dell'investimento necessario per ottenerla: il privato proprietario dell'impianto fotovoltaico percepisce somme in modo continuativo, con cadenza tipicamente mensile, per i primi 20 anni di vita dell'impianto. Condizione necessaria all'ottenimento delle tariffe incentivanti è che l'impianto sia connesso alla rete elettrica (grid connected) e la dimensione nominale di questo sia superiore a 1 kWp. Non sono incentivati dal conto energia gli impianti fotovoltaici destinati ad utenze isolate e non raggiunte dalla rete elettrica (impianti stand alone) .

Tra i componenti dell'impianto, i moduli fotovoltaici devono obbligatoriamente rispettare la normativa IEC 61215 (che contempla i soli moduli cristallini, sono quindi esclusi quelli in silicio amorfo o a film sottile) e possibilmente, per la sicurezza elettrica e di chi acquista, essere certificati per l'utilizzo come componente in Classe II (componente con doppio isolamento) definito dalle norme. Il sistema di conversione, deve essere conforme alla norma italiana CEI 11-20 e, per quanto concerne alcuni aspetti tecnici, alle specifiche tecniche del gestore locale della rete,<sup>[1]</sup> in quanto un gruppo di conversione realizzato per il mercato italiano (con marchio CE) non può essere atto all'utilizzo in altri paesi dell'Unione Europea (ad esempio Francia, Germania, Paesi Bassi) e viceversa. In tutta Europa quindi ogni paese ha una sua normativa in questo tema.

Il tetto massimo annuo di produzione elettrica complessiva finanziabile (somma di energia prodotta su tutti gli impianti sul territorio italiano), definito con decreto ministeriale del febbraio 2006, è stato fissato a 85 MWp, divisi in 60 MWp di impianti inferiori a 50 kWp e 25 MWp di impianti superiori.<sup>[non chiaro]</sup>

Raggiunti questi tetti la categoria viene dichiarata negativa dal GSE, che procederà a rigettare le eventuali ulteriori domande pervenute, obbligando gli intestatari al rinvio delle stesse nell'anno successivo.

Dal lato economico i soggetti pubblici interessati da questa campagna sono GSE Spa e il gestore di rete che prende in carico l'energia. Con l'entrata in vigore del Decreto pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 38 del 15 febbraio 2006, si è istituita una distinzione tra impianti casalinghi (intestati a persone fisiche) e mini-centrali (intestate a soggetti con personalità giuridica).

Ecco in sintesi le differenze:

### **Persone fisiche**

I privati possono essere intestatari di impianti da 1 a 20 kWp, installati su suolo o tetto di proprietà, esclusivamente nel caso di concomitanza del punto di consegna con il punto di prelievo, ovvero solo nel caso di applicazione di scambio sul posto a livello fisico.

Il beneficiario percepirà 0,445 €/kWh da parte del GSE limitatamente a quanto reso disponibile alle proprie utenze, ovvero soltanto la parte di produzione autoconsumata viene incentivata. Il meccanismo di scambio sul posto consente di operare un saldo annuo tra l'energia elettrica immessa in rete dall'impianto medesimo e l'energia elettrica prelevata dalla rete: sulla base di tale saldo avviene il calcolo e l'erogazione dell'incentivo totale. L'energia elettrica immessa in rete e non consumata nell'anno di riferimento costituisce invece un credito, in termini di energia, che può essere utilizzato nel corso dei tre anni successivi a quello in cui matura. Al termine dei tre anni, l'eventuale credito residuo viene annullato.

Potrà usufruire dell'incentivo su tutta l'energia prodotta se rinuncia al servizio di scambio sul posto. L'eventuale eccesso di produzione non autoconsumato (in questo caso però l'eccesso è quello istantaneo e non quello calcolato a fine anno) può essere rivenduto ad un gestore (Enel o società analoga), alle tariffe fissate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas (AEEG), riportate più avanti. In tal caso però è necessario possedere partita IVA. Dal 1° luglio 2010 anche i privati possono vendere su richiesta l'eccedenza di produzione.

La durata dell'incentivo è pari a 20 anni. La tariffa iniziale, per chi viene ammesso agli incentivi a partire dal 2007, viene determinata a partire dal valore dell'anno precedente con una riduzione del 5% annuo, corretta dall'adeguamento ISTAT. Determinata la tariffa iniziale, essa è mantenuta fissa per i 20 anni di incentivazione.

A questo meccanismo si aggiungono le possibilità offerte dallo scambio sul posto, cioè la possibilità di autoconsumare senza alcuna spesa la propria produzione energetica, portandola in decurtazione dalle proprie bollette della corrente elettrica. In questo modo oltre all'incentivazione si guadagna non il prezzo di mercato all'ingrosso ma il prezzo al dettaglio, sensibilmente superiore.

Anche qui l'eventuale surplus di produzione rispetto ai consumi viene portato a credito, costituendo una specie di bonus energetico consumabile entro 36 mesi e dal 1° luglio 2010 anche vendibile (facendone richiesta una volta all'anno).

È previsto un incremento della tariffa del 10% nel caso di integrazione architettonica, ma in questo caso viene perso l'adeguamento ISTAT fino al 2012. La liquidazione delle spettanze avviene su base mensile, eventualmente rimandata al mese successivo qualora il credito risultante fosse inferiore a 250,00 euro.

### **Persone giuridiche**

I soggetti titolari di partita IVA possono beneficiare di un'incentivazione sull'intera produzione fotovoltaica, e non solo sulla parte autoconsumata.

Questi soggetti possono ottenere queste tariffe:

- 0,445 €/kWh per gli impianti da 1 a 20 kWp che optano per lo scambio sul posto;
- 0,46 €/kWh per gli impianti da 1 a 50 kWp che optano per l'intera cessione in rete;
- 0,49 €/kWh da sottoporre a ribasso d'asta per gli impianti da 50 kWp a 1 MWp (1000 kWp).

Nel caso di cessione in rete, l'eventuale eccesso di produzione non viene portato a credito, ma istantaneamente rivenduto ad un gestore (Enel o società analoga), alle tariffe fissate dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas (AEEG) di:

- 0,095 €/kWh per impianti dalla produzione annua inferiore a 500 MWh;
- 0,08 €/kWh per impianti dalla produzione annua compresa tra 500 MWh e 1 GWh (1000 MWh);
- 0,07 €/kWh per impianti dalla produzione annua maggiore di 1 GWh.

Questa operazione di vendita avviene in regime IVA.

Anche in questo caso, la durata dell'incentivo è pari a 20 anni. La tariffa iniziale, per chi viene ammesso agli incentivi a partire dal 2007, viene determinata a partire dal valore dell'anno precedente con una riduzione del 5% annuo corretta dall'adeguamento ISTAT. Determinata la tariffa iniziale, essa è mantenuta fissa per i 20 anni di incentivazione.

Si noti che per gli impianti superiori a 50 kWp, il Decreto ha sostituito l'obbligo di presentare fideiussione di 1500 €/kWp al momento della domanda con l'obbligo di presentare un'autocertificazione di impegno a costituirne una di 1000 €/kWp solo in caso di ottenimento della tariffa incentivante.

Se il soggetto responsabile dell'impianto è un'Amministrazione dello Stato, una Regione, una Provincia autonoma oppure un Ente locale è esentato dal suindicato obbligo di prestare cauzione.

Un'ulteriore facoltà concessa alle persone giuridiche è la possibilità di impiego di moduli secondo la norma CEI EN 61646 (82-12) "Moduli fotovoltaici (FV) a film sottile per usi terrestri."

Con il conto energia il tempo di ammortamento di un impianto fotovoltaico è di circa 11 anni (per il Nord Italia), per cui dal 12° anno in poi l'impianto diventa in qualche modo redditizio. Nelle valutazioni economiche è inoltre necessario considerare anche la vita utile dei pannelli (tipicamente 20 anni), e soprattutto il rendimento, che non è costante per tutta la vita del pannello, ma cala gradualmente con il passare del tempo.

### **Iter burocratico**

Al GSE vanno inviate le richieste di accesso alle tariffe incentivanti, complete di tutti gli allegati del caso (tra cui un progetto preliminare), come richiesto dalla normativa, nei mesi di marzo, giugno, settembre e dicembre. Il GSE si fa carico di analizzarle entro il primo mese del trimestre successivo e assegnare in ordine cronologico le tariffe incentivanti.

Nel caso di impianti di dimensioni maggiori di 50 kWp, l'ordine cronologico viene sostituito dall'ordine dettato dal ribasso d'asta proposto dal beneficiario degli incentivi (ovvero dal futuro proprietario dell'impianto), previa apertura pubblica delle buste sigillate contenenti i ribassi d'asta proposti.

Entro 60 giorni dal termine del trimestre, il GSE analizza tutte le domande pervenute e comunica gli esiti agli interessati mediante raccomandata entro i successivi 30 giorni. In genere al termine dei primi 60 giorni viene pubblicata una graduatoria anonima sul sito del GSE che anticipa agli interessati l'esito della domanda. In graduatoria vengono indicati soltanto nominale impianto e comune di ubicazione, presumibilmente per evitare ai beneficiari contatti commerciali indesiderati, come già lamentato ai tempi dei bandi regionali della campagna 10.000 tetti fotovoltaici.

Dalla data di ricevimento della comunicazione positiva, il beneficiario ha 6 mesi di tempo per dare inizio formalmente ai lavori e 12 mesi di tempo per concluderli. Queste tempistiche vengono raddoppiate nel caso di impianti dal nominale maggiore di 50 kWp. In questa fase non è prevista alcuna sanzione per la rinuncia alla realizzazione dell'impianto anche in caso di risposta positiva, previa comunicazione ufficiale al GRTN.

Il decreto ha eliminato la necessità di presentare il progetto definitivo al GSE e al gestore della sua rete (Enel o società analoga) entro 60 giorni dalla risposta, rimandando di fatto questa pratica al cosiddetto as built finale, nel caso di piccoli impianti in cui è sufficiente una Denuncia di inizio attività, per la quale un progetto definitivo non è indispensabile.

Il gestore di rete ha 30 giorni di tempo dal ricevimento del progetto preliminare per comunicare il punto di consegna, ovvero in che punto la rete verrà predisposta a prendere in carico quanto prodotto dall'impianto. Tutte le spese per il raggiungimento del punto di consegna designato dal gestore sono a carico del beneficiario.

Alla chiusura del cantiere viene rilasciato un regolare certificato di collaudo impianto, che va inviato al gestore di rete per ottenere la connessione. Il gestore della rete ha 30 giorni di tempo dal ricevimento del certificato di collaudo per allacciare fisicamente l'impianto e autorizzare l'entrata in esercizio dell'impianto. Entro 6 mesi di tempo dalla data del collaudo l'impianto deve entrare in esercizio regolare, con opportuna comunicazione sia alla società che gestisce la rete (Enel o analoga) che al GSE, che assegnerà al beneficiario il relativo codice POD.

### **Vantaggi e svantaggi**

Il meccanismo del conto energia è stato atteso da anni da parte degli operatori del settore, soprattutto quando le sue qualità si sono messe in luce in Germania nel mese di maggio del 2004, dove si è generato un vero e proprio volano economico, occupazionale e culturale. Se si considera che tra gli stati europei l'Italia è uno dei più assolati, soprattutto nelle regioni meridionali, risulta quantomeno curioso che il settore fotovoltaico fosse in assoluto tra i meno sviluppati al mondo, stando ai dati del 2004.

Un impianto fotovoltaico in Italia ha mediamente un fattore di capacità circa pari al 13,1%. Questo valore sale fino al 17,1% spostandosi progressivamente verso sud, contro il 6,85% dell'area tedesca, ai vertici mondiali in quanto a produzione elettrica da fonte fotovoltaica.

La favorevole situazione solare-climatica italiana permette al beneficiario medio di rientrare interamente dei costi sostenuti entro in 10 anni (con un minimo al sud di circa 8 anni), e di realizzare approssimativamente un altrettanto guadagno in un uguale periodo successivo.

Di contro, a differenza dei finanziamenti a fondo perduto precedentemente impiegati per incentivare il settore, non vi è alcuno strumento di agevolazione per l'esborso iniziale necessario all'installazione dell'impianto fotovoltaico. Addirittura l'agevolazione IRPEF dedicata alle ristrutturazioni edilizie è stata resa parzialmente incompatibile con le tariffe incentivanti, decurtandole di  $\frac{1}{3}$  per tutti i vent'anni previsti.

Per gli impianti non superiori a 20 kW, con il decreto di febbraio 2006, è possibile scegliere fra 2 opzioni:

- la prima prevede di sottoscrivere con il distributore locale un contratto di scambio sul posto; in tal caso è incentivata la produzione per i propri consumi e ciò implica che è vantaggioso dimensionare l'impianto sul proprio fabbisogno; eventuale eccedenza di produzione non viene pagata ma messa in un conto e consumabile sino a tre anni più tardi;
- l'altra opzione prevede che l'incentivo venga erogato per tutta la produzione immessa in rete o autoconsumata in parte o in toto, in loco e nel momento che viene prodotta; quest'ultima possibilità, pur allineando la tariffa a quella degli impianti superiori, è preclusa ai privati, a causa

della necessità che il titolare dell'impianto abbia personalità giuridica, nel senso che possieda una partita IVA; dal 1° luglio 2010 anche ai privati è stata concessa questa facoltà.

### **La situazione prima del secondo conto energia**

Di fatto reso operativo il 19 settembre 2005, il conto energia ha avuto un successo inaspettato, esaurendo in soli 9 giorni lavorativi il monte impianti finanziabile secondo il Ministero fino al 2012, di 100 MWp. Con il decreto di febbraio 2006, la capacità incentivabile è stata incrementata da 100 a 500 MW sino al 2015.

Secondo quanto dichiarato dal GSE stesso mediante comunicato stampa, i dati relativi alle domande presentate dal 19 settembre 2005 al 31 dicembre 2005 sono stati:

- 11915 richieste pervenute per un totale di 345,5 MWp;
- 9121 richieste approvate per un totale di 266 MWp.

Questo successo al di là di ogni previsione, secondo alcuni avrebbe rappresentato la prova dalle esigenze del mercato da troppo tempo disattese nelle precedenti legislature. Secondo altri avrebbe invece rappresentato la prova della mancanza di cognizione di causa da parte del Parlamento, che avrebbe risposto alle richieste del mercato ponendo un contingentamento di settore immotivato e deleterio (inesistente nella già citata realtà tedesca). Secondo altri ancora, il prematuro raggiungimento del contingentamento sarebbe da attribuirsi ad una non meglio chiarita operazione di "inquinamento di mercato" da parte di grandi compagnie energetiche estranee al settore fotovoltaico, le uniche che secondo costoro sarebbero dotate di sufficienti agganci politici per ottenere le informazioni necessarie a produrre migliaia di domande in così poco tempo; domande le cui specifiche erano coperte da assoluta segretezza fino ad 9 giorni prima della scadenza. Alla data odierna, tuttavia, nessun soggetto si è prodotto in dichiarazioni ufficiali circa la fondatezza o meno di questi sospetti. Nessun soggetto privato ha infatti accesso alle informazioni relative alle identità dei beneficiari degli incentivi, senza le quali queste ed altre voci non possono essere considerate attendibili.

Va inoltre notato che il fatto che non esista alcuna penale per la mancata realizzazione dell'impianto rende le sedute di approvazione delle tariffe artificiosamente affollate di pratiche senza alcun futuro.

Nel mese di dicembre 2005 il Ministero delle Attività Produttive ha deliberato l'innalzamento del tetto massimo a 500 MWp (pur se divisi in step successivi), riaprendo di fatto istantaneamente le sorti del conto energia in Italia, che ora sono contingentate annualmente a 85 MWp.

Nel mese di giugno 2006 il neo-ministro dell'Ambiente Scania ha rilasciato un'intervista nella quale dichiarava apertamente che il primo dei suoi interventi sarebbe stato la revisione delle regolamentazioni per lo sviluppo del settore

fotovoltaico italiano, in concerto con il Ministero dello Sviluppo Economico, che nell'attuale legislatura ha sostituito il Ministero delle Attività Produttive. Tutti gli operatori di settore sono concordi nell'interpretare queste affermazioni nella volontà di correggere i tre punti più critici del conto energia: il tetto annuo, le tariffe progressive all'aumentare della dimensione impianto e la mancanza di penale sulla mancata realizzazione impianto. In particolare, l'intervento in assoluto più atteso è la risoluzione definitiva del problematico tetto annuo, non tanto con l'eliminazione del contingentamento, quanto con l'eliminazione dell'intero iter burocratico delle domande di ammissione. Sono infatti moltissimi gli impianti autorizzati dal GSE ma impossibili da realizzare per motivi normativi o addirittura tecnici.

I vizi presenti ma non rilevati includono casi di:

- Indirizzi inesistenti;
- Fondi sotto palese vincolo ambientale;
- Impianti multipli sullo stesso fondo;
- Impianti N volte più grandi della dimensione del fondo su cui dovranno poggiare;
- Mancanza di proprietà e/o possesso sul fondo da parte dell'intestatario;
- Soggetti giuridici inesistenti (ovvero Partite IVA errate);
- Incongruenza tra tipologia di beneficiario e tipologia impianto (privati intestatari di impianti > 20 kWp).

La numerosità di queste casistiche sembrerebbe confermare che in sede di approvazione dei progetti, i periti nominati da GSE per lo scrutinamento non si occupino di effettuare alcuna verifica, dando indiretto adito a chi intravede nell'intricato iter burocratico dei fini diversi dal mero contingentamento.

Nel mese di agosto 2006, tardando ogni iniziativa da parte del legislatore, il GSE ha ufficialmente comunicato l'esaurimento del contingentamento 2006 durante la sola scadenza di marzo, dove come previsto la risposta del mercato è risultata in rapporto di 4:1 rispetto ai tetti disponibili. Le domande di ammissione al conto energia nel frattempo inviate dai privati durante il mese di giugno sono state messe agli atti come "non analizzate". Va notato che il GSE, nonostante avesse ufficialmente l'incarico di comunicare tempestivamente l'esaurimento dei tetti, e nonostante avesse nel frattempo ceduto la gestione della rete nazionale a Terna SpA per meglio concentrare le forze sul fotovoltaico, abbia tardato di oltre 4 mesi questa comunicazione, vanificando il lavoro di 3 mesi dell'intero settore con relativo indotto. Va evidenziato comunque che per ovviare per tempo a questo disservizio, il GSE si era prodotto in dichiarazioni negative in tal senso, seppur via call center e news sul relativo sito internet, anziché comunicati stampa ufficiali. Le scadenze di settembre e dicembre 2006 non hanno avuto luogo.

### **Il secondo conto energia (2007-2010)**

Grazie al D.M. del 19 febbraio 2007 il Ministero dello Sviluppo Economico ha fissato i nuovi criteri per incentivare la produzione di energia elettrica da impianti solari fotovoltaici. Il provvedimento consente di eliminare parte delle lungaggini burocratiche che avevano appesantito il precedente conto energia. In particolare non è più necessario attendere l'accoglimento da parte del GSE (ex GRTN) delle tariffe incentivate, poiché una volta richiesto l'allaccio al Gestore di rete locale, si potrà procedere direttamente alla realizzazione dell'impianto, e dopo averlo collegato alla rete elettrica ottenere il riconoscimento per 20 anni della tariffa incentivante in base al tipo di impianto realizzato.

Vengono ovviamente incentivate tariffe su impianti che favoriscono l'accorpamento architettonico all'edificio per piccole produzioni. In questo modo si è certi di poter superare in breve tempo il gap di produzione elettrica in questo settore rispetto alle altre nazioni europee. Un'importante novità introdotta, confermata dopo alcune controverse interpretazioni dalla circolare N. 66/E del 06/12/2007, riguarda il fatto che contrariamente a quanto previsto per la vecchia normativa, ora la tariffa incentivante è applicata su tutta l'energia prodotta e non solamente a quella prodotta e consumata in loco. La potenza massima incentivabile con il secondo conto energia è di 1200 MW. Raggiunto tale limite, è previsto un ulteriore periodo di 14 mesi (24 mesi per gli impianti intestati a soggetti pubblici) in cui sarà comunque possibile beneficiare delle tariffe incentivanti.

### **Novità 2010**

La Legge n. 99/2010: Conversione in legge del d.l. 67/2010 recante disposizioni urgenti per la salvaguardia della stabilità finanziaria dell'area euro. Ordine di esecuzione dell'accordo Intercreditor Agreement, pubblicata sulla G.U. della Repubblica italiana n. 150 del 30/06/2010, ha modificato il comma 2 della legge 387/2003 che vietava la vendita di energia per gli impianti in regime di SSP (scambio sul posto), e quindi ha determinato di fatto la possibilità di liquidazione dell'eventuale credito risultante dal conteggio SSP, mediante richiesta da farsi annualmente, nel mese di marzo dell'anno successivo, al GSE.

### **Regime fiscale**

Il regime fiscale relativo all'incentivazione. Con riferimento al trattamento fiscale della tariffa incentivante, l'Agenzia delle Entrate ha emanato in data 19/7/2007 la Circolare n.46/E concernente la "Disciplina fiscale degli incentivi per gli impianti fotovoltaici".

- IVA relativa all'acquisto o realizzazione dell'impianto fotovoltaico: per l'acquisto o realizzazione dell'impianto si applica l'aliquota agevolata del 10%, ai sensi del n. 127-quinquies, Tab. A, parte III, del D.P.R. n. 633/72,

trattandosi di impianti di produzione e reti di distribuzione calore-energia e di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica ed eolica.

- Detraibilità delle spese sostenute per l'acquisto o costruzione dell'impianto: l'articolo 19 del D.P.R. n. 633/72 consente la detrazione in funzione dell'utilizzo dell'impianto nell'esercizio di impresa, arte o professione, indipendentemente dal fatto che il soggetto benefici della tariffa incentivante.

Per quanto concerne il trattamento fiscale della tariffa incentivante occorre premettere che l'Amministrazione finanziaria ha chiarito che la stessa non è mai soggetta ad IVA, anche nel caso in cui il soggetto realizzi l'impianto fotovoltaico nell'esercizio di attività di impresa, arte o professione, in quanto la tariffa incentivante si configura come un contributo a fondo perduto, percepito dal soggetto responsabile in assenza di alcuna controprestazione resa al soggetto erogatore.

In pratica nel bilancio d'esercizio il contributo non figurerà come reddito imponibile, ma andrà in diminuzione del valore del cespite ammortizzabile (l'impianto fotovoltaico).

### **Norme di riferimento**

- Lo scambio sul posto (o SSP), inizialmente previsto per gli impianti di potenza non superiore a 20 kW, è stato esteso agli impianti di potenza fino a 200 kW con la legge finanziaria 2008 (legge n. 244 del 24 dicembre 2007).

Con successivi provvedimenti attuativi, per tali impianti (tra 20 e 50 kW) l'accesso al SSP è stato previsto a partire dal 1° gennaio 2009 (Circolare Entrate n. 46/E/2007 aggiornata dall'Agenzia con risoluzione n. 13/E del 20 gennaio 2009).

La ratio del SSP si concretizza nella ri-attribuzione del bene energia auto-prodotto, ma la sua regolamentazione è così cambiata dal 1° gennaio 2009:

- fino al 31 dicembre 2008: il SSP consentiva all'utente di immagazzinare l'energia prodotta e non consumata e di prelevarla dalla rete in caso di necessità. La tariffa incentivante spettava soltanto in relazione all'energia prodotta e consumata in loco, mentre l'energia prodotta in eccesso rispetto ai consumi era devoluta alla rete, creando così un credito energia.

L'utilizzatore poteva poi prelevarne la medesima quantità in caso di consumi superiori alla produzione. Il credito di energia era utilizzabile entro i tre anni successivi all'anno in cui si formava l'eccedenza di energia prodotta e non consumata.

Nessun costo era sostenuto dall'utente che fruiva del prelievo dell'energia in regime di SSP nei limiti di quella autoprodotta, comprese le eccedenze come calcolate e formatesi in premessa.

- dal 1° gennaio 2009: l'utente che fruisce del SSP conferisce tutta l'energia auto-prodotta nella rete gestita dal GSE, senza fatturazione al momento della sua devoluzione in rete;

il GSE vende sul mercato l'energia ricevuta (in questo caso il GSE funge da intermediario esclusivo verso la Borsa Elettrica - il mercato dell'energia); l'utente acquista l'energia presso l'impresa fornitrice (Enel Servizio Elettrico SPA o gli altri operatori sul mercato libero), pagando il relativo corrispettivo, maggiorato delle accise e imposte aggiuntive; il GSE riconosce al produttore un contributo in conto scambio per rimborsarlo del costo di acquisto di energia che non avrebbe dovuto sostenere, nei limiti di quella auto-prodotta, ma non le accise e imposte pagate.

Ulteriori chiarimenti sono stati forniti con i seguenti documenti dell'Agenzia Entrate:

- risoluzione n. 269/E del 27/9/2007: aliquota IVA sulla cessione di kit per impianti termici solari;
- circolare n. 66/E del 6/12/2007: precisazione sulla disciplina fiscale degli incentivi per impianti fotovoltaici;
- risoluzione n. 22/E del 28/1/2008: disciplina fiscale degli incentivi per gli impianti fotovoltaici;
- risoluzione n. 61/E del 22/2/2008: tariffa incentivante – trattamento ai fini IVA e della ritenuta d'acconto;
- risoluzione n. 474/E del 5/12/2008: contratti d'opera per impianti fotovoltaici - IVA agevolata;
- risoluzione n. 20/E del 27/1/2009: agevolazioni fiscali; credito d'imposta; Visco – Sud, benefici e cumulabilità;
- risoluzione n. 112/E del 28/4/2009: società agricola – Trasparenza fiscale ex art. 116 Tuir.

### **Il terzo conto energia (2010-2011)**

Con il D.M. 6 agosto 2010 viene cambiata la classificazione degli impianti fotovoltaici e vengono definiti limiti di potenza incentivabile in relazione al tipo di impianto. Il terzo conto energia tiene in considerazione la significativa riduzione del costo dei componenti fotovoltaici, prevedendo una progressiva diminuzione della tariffa incentivante. L'obiettivo nazionale è quello di installare complessivamente 8000 MW di potenza nominale (di picco) fotovoltaica entro il 2020.

Gli incentivi partono dalla data di entrata in esercizio dell'impianto, sempre per un periodo di 20 anni. L'impianto può venire realizzato in più sezioni e in tempi diversi, purché a tutto l'impianto corrisponda un solo soggetto e l'ultima sezione venga collegata alla rete entro due anni dalla data di entrata in esercizio della prima sezione.

Il terzo conto energia si applica per gli impianti di potenza superiore a 1 kW che entrano in esercizio dal 1° gennaio 2011. Per gli impianti a concentrazione che entrano in esercizio dal 6 agosto 2010 fino al 31 dicembre 2010, si applicano le tariffe incentivanti del terzo conto energia ma vengono mantenute le procedure d'accesso del secondo conto energia. Per velocizzare i tempi, la documentazione necessaria va inviata unicamente per via telematica al sito del GSE.

### **Tipologie di impianti e potenza massima incentivabile**

Le 3 tipologie di installazione del vecchio conto energia (integrato, parzialmente integrato, non integrato) vengono ridotte a 2 e riclassificate come "su edificio" e "altri impianti". Vengono inoltre aggiunte altre 3 categorie: impianti integrati architettonicamente con caratteristiche innovative, impianti a concentrazione e impianti con innovazione tecnologica. I limiti di potenza incentivabile vengono definiti come segue:

- 3000 MW per impianti fotovoltaici su edificio e altri impianti
- 300 MW per impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative
- 200 MW per impianti fotovoltaici a concentrazione
- Per gli impianti fotovoltaici con innovazione tecnologica, le modalità di incentivazione e il tetto massimo avrebbe dovuto essere definito con un successivo decreto (mai arrivato perché il terzo conto energia verrà reso presto obsoleto dal quarto conto energia).

In caso di esaurimento della massima potenza incentivabile, sono previsti per ciascuna tipologia 14 mesi (24 mesi per i soggetti pubblici), a partire dal raggiungimento del limite, nei quali gli impianti potranno ugualmente usufruire dell'incentivo.

### **Impianti fotovoltaici su edificio**

Rientrano in questa categoria tutti gli impianti fotovoltaici costruiti su un edificio, indipendentemente dall'uso (residenziale, uffici, industriale, pubblico). Non rientrano nella tipologia di impianti su edifici quelli installati su pergole, serre, barriere acustiche, tettoie, pensiline e le strutture temporanee anche se realizzate su terrazzi di edifici o addossate alle pareti verticali degli stessi.

### **Impianti fotovoltaici integrati architettonicamente con caratteristiche innovative**

Sono quegli impianti i cui moduli sono sviluppati specificatamente per sostituire elementi architettonici.

### **Impianti fotovoltaici a concentrazione**

In questi impianti, la radiazione solare viene concentrata tramite sistemi ottici (parabole e/o lenti) su piccole celle fotovoltaiche. Questi sistemi consentono di avere un rendimento maggiore a parità di superficie occupata.

### **Impianti fotovoltaici con innovazione tecnologica**

Vengono utilizzati moduli e componenti caratterizzati da significative innovazioni tecnologiche.

### **Le tariffe**

Le tariffe incentivanti del terzo conto energia vengono definite secondo le varie tipologie di impianto e 6 diversi intervalli di potenza nominale (1-3 kW, 3-20 kW, 20-200 kW, 200 kW-1 MW, 1-5 MW, oltre i 5 MW). Gli impianti realizzati su pergole, serre, barriere acustiche, tettoie e pensiline riceveranno una tariffa pari alla media aritmetica della tariffa degli impianti su edificio e quella degli altri impianti fotovoltaici.

Sono anche previsti alcuni "premi" aggiuntivi sulle tariffe incentivanti:

- Una maggiorazione della tariffa incentivante per gli edifici sui quali vengono effettuati interventi che consentono una riduzione di almeno il 10% degli indici di prestazione energetica sia estiva (raffrescamento) che invernale (climatizzazione), per una maggiorazione massima del 30%, che verrà concessa nel caso in cui si realizza una riduzione del 50% degli indici energetici.
- Un incremento del 5% per gli impianti ubicati in zone industriali, commerciali, cave o discariche esaurite, area di pertinenza di discariche o di siti contaminati.
- Un incremento del 5% per gli impianti realizzati dai comuni con popolazione inferiore ai 5000 abitanti, in cui il comune stesso è il soggetto responsabile.
- Un incremento del 10% per impianti installati in sostituzione di coperture in eternit o comunque contenenti amianto.

Per gli impianti che entrano in esercizio negli anni successivi al 2011, è prevista una decurtazione del 2% annua della tariffa incentivante. La tariffa incentivante, come per il secondo conto energia, è applicata su tutta l'energia prodotta.

### **Scambio sul posto o vendita**

Lo scambio sul posto o la vendita dell'energia prodotta in eccesso (non autoconsumata) rappresentano benefici aggiuntivi alla tariffa incentivante.

Gli impianti di potenza inferiore a 200 kW possono beneficiare dello scambio sul posto, che continua anche dopo lo scadere dei 20 anni della tariffa incentivante. Si continuerà a pagare la bolletta del proprio gestore dell'energia elettrica, mentre il GSE compensa economicamente la quantità di energia "scambiata" con la rete (l'ammontare minimo tra l'energia immessa e quella prelevata dalla rete nel periodo di riferimento). Il compenso si configura come rimborso di una parte degli oneri sostenuti per il prelievo di energia dalla rete elettrica, in particolare l'onere servizi e il valore minimo tra l'onere energia e il

valore di mercato dell'energia scambiata. Nel rimborso non sono incluse le imposte pagate per l'energia prelevata dalla rete.

Se l'energia immessa in rete dovesse superare quella prelevata, l'utente può scegliere tra due opzioni:

- Tenere l'energia in eccesso per compensare quella prelevata negli anni successivi (senza alcun limite).
- Vendere l'energia in eccesso, nel qual caso verrà pagata dal GSE la sola energia (senza l'onere servizi) al valore di mercato corrente.

In alternativa, e obbligatoriamente per gli impianti superiori ai 200 kW, l'energia immessa in rete può essere venduta indirettamente tramite il GSE oppure direttamente in borsa o ad un grossista.

### **Il quarto conto energia (2011-2012)**

Incentivi per impianti fotovoltaici installati su edifici nel quarto conto energia

Incentivi per impianti fotovoltaici non installati su edifici nel quarto conto energia

Il D.M 5 maggio 2011 stabilisce le regole per l'accesso agli incentivi per l'installazione di impianti fotovoltaici nel periodo dal 1° giugno 2011 fino al 2016, data entro la quale si presume venga raggiunta la Grid parity. L'ulteriore riduzione delle tariffe incentivanti rispetto al terzo conto energia è stata prevista sia per allinearsi alle direttive della Comunità europea, sia per adeguare gli incentivi al progredire della tecnologia e dei relativi risparmi per l'installazione di nuovi impianti fotovoltaici. L'obiettivo indicativo di potenza fotovoltaica totale installata a livello nazionale entro il 2016 è di 23 GW, corrispondente ad un costo indicativo cumulato annuo degli incentivi stimabile tra 6 e 7 miliardi di euro.

Vengono introdotte alcune novità, di cui le più significative sono:

- Distinzione tra piccoli e grandi impianti. I piccoli impianti sono quelli realizzati su edificio di potenza non superiore ad 1 MW, oppure altri impianti fotovoltaici di potenza non superiore a 200 kW e in regime di scambio sul posto, nonché impianti fotovoltaici di qualsiasi potenza realizzati su edifici e aree delle amministrazioni pubbliche. Vengono distinti anche gli impianti fotovoltaici integrati con caratteristiche innovative e gli impianti a concentrazione. Tutti gli altri impianti rientrano tra quelli "grandi".
- Limiti per l'accesso alle tariffe. Per i piccoli impianti che entrano in esercizio dal 1° giugno 2011 al 31 dicembre 2012, non è previsto alcun limite di potenza massima incentivabile, mentre per i grossi impianti il limite è di 300 M€(1,2 GW) per il 2011, 150 M€(770 MW) per il primo semestre 2012 e altri 150 M€(720 MW) per il secondo semestre 2012. Per i piccoli impianti, nel periodo 2013-2016, il superamento dei limiti di massimo costo/potenza incentivabile non determina l'esclusione

all'accesso alla tariffa incentivante, ma determina una riduzione della tariffa sulla base del periodo successivo. L'obiettivo indicativo per il periodo 2013-2016 è di 1,361 G€ ovvero 9,77 GW di potenza incentivabile. Gli impianti integrati innovativi e quelli a concentrazione, sempre per il periodo 2013-2016, hanno dei limiti di potenza massima incentivabile separati (320 MW in totale per ognuna delle 2 categorie), sempre tenendo in considerazione che il superamento dei limiti non esclude dall'incentivo ma si avrà la tariffa del periodo successivo.

- Il premio relativo alla sostituzione di coperture in eternit o contenenti amianto viene cambiato con un incremento fisso di 0,05 €
- Viene aggiunto un premio del 10% se almeno il 60% dei componenti (esclusa la manodopera) è prodotto all'interno dell'Unione europea.
- Il prezzo della tariffa incentivante, fissato dall'entrata in esercizio dell'impianto fotovoltaico, verrà progressivamente ridotto, con cadenza mensile per il 2011 e semestrale per il 2012. Gli impianti che entreranno in funzione a partire dal 2013, avranno accesso a 2 diverse tariffe in sostituzione dello scambio sul posto:
  - Tariffa autoconsumo, per l'energia prodotta e autoconsumata.
  - Tariffa omnicomprensiva, per l'energia prodotta e immessa in rete. Questa seconda tariffa è maggiore rispetto a quella per l'autoconsumo, poiché tiene in considerazione una sorta di vendita dell'energia al GSE. Nella pratica, non ci sarà più distinzione tra la quantità di energia scambiata con la rete e quella immessa in eccesso, ma verrà riconosciuta una tariffa "omnicomprensiva".
- Dal collaudo dell'impianto, il gestore della rete ha tempo 30 giorni per l'allacciamento dell'impianto. Nel caso che un eventuale ritardo comporti la perdita del diritto ad una tariffa incentivante, il gestore è tenuto a fornire l'indennizzo previsto dalla delibera ARG/elt 181/10 e successiva integrazione ARG/elt 225/10.
- Gli impianti realizzati su aree agricole potranno accedere al quarto conto energia solo se la potenza nominale non è superiore a 1 MW e, nel caso di più impianti appartenenti ad un unico soggetto, questi dovranno essere distanti almeno 2 km. Inoltre la superficie occupata dall'impianto fotovoltaico non dovrà essere superiore al 10% della superficie totale coltivabile. Questa disposizione non si applica ad aree agricole incolte da più di 5 anni. Essendo esauriti gli obiettivi posti dal quarto conto energia, è stato approvato con D.M. 5 luglio 2012, pubblicato sulla gazzetta ufficiale n°159 del 12 luglio 2012, il quinto conto energia che è attivo a decorrere dai 45 giorni dalla data di pubblicazione, ovvero il 27 agosto 2012.

### **Il quinto conto energia (2012-2013)**

Con il Decreto Ministeriale del 5 luglio 2012 emanato dal Ministro dello Sviluppo Economico ha preso avvio il 5° Conto Energia con le condizioni di incentivazione qui espresse DM 5-07-2012 Incentivi per energia da fonte fotovoltaica - Quinto Conto Energia. Il termine del 5° Conto Energia è avvenuto il 6 luglio 2013, 30 giorni dopo il raggiungimento della quota massima di energia incentivabile.

### **Termine degli incentivi e nuove prospettive**

Il 6 luglio 2013 è terminato il 5° Conto energia senza l'emanazione di un nuovo piano di incentivi sull'energia prodotta, sostituito però dalla possibilità di detrazione fino al 50% delle spese di impianto come spese per ristrutturazioni edilizie e mantenendo la possibilità di vendere l'energia autoprodotta in eccesso oltre alla copertura parziale o totale dei propri consumi elettrici, fattori che secondo alcune analisi rendono l'investimento ancora conveniente in termine di tempi di ritorno dell'investimento e successivo guadagno.

Critiche varie sono state mosse al meccanismo degli incentivi in sé, il cui costo ricade sempre sul contribuente, anche se alcune analisi ne smentiscono il peso eccessivo.

## 1.4 Riqualficazione in Europa

La valutazione del risparmio energetico viene solitamente da una diagnosi energetica che evidenzia i consumi dell'organizzazione e individua le possibilità di conseguire interventi di aumento di efficienza energetica. Le diagnosi dovrebbero essere eseguite secondo la norma UNI CEI/TR 11428:2011.

Nel riscaldamento degli edifici per risparmiare energia si fa uso di valvole termostatiche, di cronotermostati e si sostituiscono le caldaie tradizionali con caldaie a condensazione, si sostituiscono gli infissi obsoleti e si migliora l'isolamento termico delle pareti.

Un risparmio energetico si può avere anche nella produzione di energia elettrica utilizzando sistemi di cogenerazione atti ad aumentare i rendimenti dei processi, ossia tecnologie atte ad ottenere energia elettrica e calore; oppure si utilizzano in "cascata" gli stessi flussi energetici a crescenti entropie per utenze differenziate o, infine, si realizzano forme di recupero energetico a circuito chiuso.

Altrimenti si sfrutta l'energia prodotta nel moto degli esseri umani o delle automobili, come è fatto in Olanda, ad esempio con pavimenti sensibili alla pressione, posti nelle scale dei metrò più frequentati, per produrre energia elettrica.

Utilizzare energia elettrica per produrre calore rappresenta uno spreco, perché si trasforma energia di prima specie in calore, che è energia di seconda specie. In base ai primi due principi della termodinamica, mentre l'energia meccanica-elettrica può interamente essere convertita in calore, il calore può essere convertito in energia di prima specie solo in parte.

Lo spreco deriva dal fatto che molte forme di energia (termoelettrica e geotermoelettrica, nucleare, solare) sono trasformate in calore usato per produrre energia elettrica che viene utilizzata per il riscaldamento: ad ogni passaggio c'è aumento di entropia e perdita di rendimento termodinamico.

Talora il riscaldamento elettrico conviene dal punto di vista dell'economia individuale. In Francia, ad esempio, è diffuso perché l'energia elettrica prodotta col nucleare costa meno del riscaldamento col metano.

Provvedimenti utili a evitare lo spreco di energia per produrre calore:

- usare stufette elettriche, condizionatori e pompe di calore con scambiatore di calore ad acqua, che mantiene un coefficiente di prestazione molto alto. Lo scambiatore ad aria, nei momenti di minore carico, ha un coefficient of performance pari a 5;
- negli impianti di condizionamento dell'aria, utilizzare gruppi di assorbimento che funzionano ad acqua calda, ottenibile altrimenti con pannelli solari o teleriscaldamento, al posto dei compressori elettrici;
- lanciare la produzione di lavatrici domestiche con doppio ingresso sia di acqua calda sia di acqua fredda; quelle attuali hanno un unico ingresso,

utilizzato per l'acqua fredda, che viene all'occorrenza scaldata elettricamente all'interno dell'elettrodomestico.

- le reti di sensori wireless possono essere utilizzate per monitorare in modo efficiente l'uso dell'energia.

### **Le Energy Service Companies**

In tema di risparmio energetico un riferimento obbligato è alle Società di servizi energetici (nell'acronimo inglese ESCO - ossia Energy Service Companies), realtà imprenditoriali (per la massima parte costituite sotto forma di società di capitali) che si occupano dell'attuazione di misure di efficienza energetica (ossia interventi tesi al raggiungimento di una riduzione dei consumi negli usi finali dell'energia da parte degli utenti).

Premesso il compito principale delle ESCO (realizzazione di misure di aumento dell'efficienza energetica) è da notare che il valore aggiunto di tali società è quello di fornire un punto di riferimento unico per la realizzazione di interventi che richiedono una grande varietà di competenze, direttamente dipendenti (al di là della fase di auditing che pare, in verità, la più tipizzata) dall'oggetto degli interventi di riqualificazione energetica.

Le ESCO avranno inoltre la responsabilità diretta di garantire i terzi finanziatori circa la capacità dell'intervento di generare il ritorno degli investimenti effettuati nel periodo previsto (pay back period). Tale finanziamento prende il nome di Finanziamento tramite terzi (FTT o anche, nell'acronimo inglese, Third Part Financing - TPF) ed è stato inserito nell'ordinamento italiano per la prima volta con il d.lgs. n. 115/2008, il quale lo definisce come energetica, che fornisce i capitali per tale misura e addebita al beneficiario un canone pari a una parte del risparmio energetico conseguito avvalendosi della misura stessa. Il terzo può essere una ESCO" (d.lgs. n. 115/2008, art. 2, comma 1, lettera m). Le ESCO possono essere certificate secondo la norma UNI CEI 11352.

Accanto a tale formula di reperimento della provvista finanziaria si riconoscono diverse tipologie contrattuali deputate a regolare i rapporti tra le parti di un intervento di efficienza energetica. Tra queste la più adatta risulta essere quella dell'Energy Performance Contract (EPC). Sebbene le tipologie contrattuali adatte a regolare gli interventi realizzati in tale settore siano molteplici, dal punto di vista pratico la struttura basilare di un'operazione di efficientamento condotta attraverso una ESCO dovrebbe avere generalmente le seguenti caratteristiche:

- l'utente dell'intervento affida l'audit energetico, la progettazione e la realizzazione degli interventi alla ESCO, dovendo interloquire in tal modo con un unico soggetto e si impegna a pagare alla ESCO una somma pari alla spesa storica (di norma dell'ultimo triennio) meno una quota da stabilirsi in sede di contrattazione;

- la ESCO, individuati gli interventi necessari, costruisce un business plan per la proiezione delle caratteristiche economico-finanziarie dell'intervento al fine di individuare i partner necessari a finanziare l'intervento progettato, sgravando in tal modo l'utente da qualsiasi spesa, a meno l'utente stesso non voglia partecipare pro quota al finanziamento;
- La ESCO riceve i fondi e realizza gli interventi di efficientamento energetico dai quali deriva un risparmio nei consumi finali;
- La ESCO gestisce gli interventi realizzati per il periodo concordato;
- Mediante tale risparmio la ESCO, ricevendo dall'utente una somma pari alla spesa storica (decurtata di quanto stabilito tra le parti), che risulta superiore alla spesa reale dovuta agli interventi, incamera la differenza quale corrispettivo per la propria attività (dal quale tuttavia bisognerà decurtare le somme di rimborso di eventuali capitali ricevuti dalla ESCO) e per il periodo contrattuale previsto (periodo che varia a seconda degli interventi).

Da quanto detto risulta evidente che quello realizzato dalle ESCO è un esempio tipico di Demand Side Management, in quanto la ESCO ha tutto l'interesse di effettuare interventi che garantiscono il massimo risparmio possibile (maggiori sono i risparmi, maggiori sono le economie trattenute dalla ESCO); lo stesso vale per l'individuazione di eventuali inefficienze nel corso della gestione. Non bisogna dimenticare, infatti, che essendo la ESCO obbligata nei confronti dei creditori ed essendo garantito altresì all'utente dell'intervento l'ammontare di retribuzione da corrispondere alla ESCO, questa si troverà esposta qualora l'intervento non generi economie sufficienti a trarre un profitto per se stessa una volta ripagati i creditori (sebbene sia un caso di scuola, in tal senso, la ESCO qualora la spesa energetica post-intervento dovesse risultare maggiore sarebbe tenuta sia a pagare la differenza tra la bolletta che gli corrisponde il cliente e la spesa effettiva, sia a pagare quanto stabilito nel piano di rientro con i finanziatori).

## **1.5 Riqualificazione energetica a Milano**

Il D.Lgs. 192/2005, con cui l'Italia ha recepito la direttiva europea n. 2002/91/CE, aveva stabilito una serie di misure dirette a ridurre il consumo di energia degli edifici presenti sul territorio italiano, introducendo la Certificazione energetica degli edifici.

Successivamente due disposti legislativi hanno innovato il regime giuridico relativo alla riqualificazione energetica degli edifici:

1. il decreto legislativo n. 311/2006 (Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 192/2005) modifica la disciplina della

certificazione energetica e la metodologia di calcolo per il rendimento energetico degli edifici;

1. il D.M. 19 febbraio 2007 (Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente) prevede detrazioni d'imposta per spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, considerando la detrazione del 55% per le spese documentate sostenute entro il 31 dicembre 2007 relative ad interventi di riqualificazione energetica degli edifici ed individua le tipologie di spese ammesse e la procedura da seguire per fruire dei benefici.

### **Certificazione energetica**

La novità di maggior rilievo è costituita dal fatto che il decreto legislativo n. 311/2006 estende l'ambito di applicazione della certificazione energetica a tutti gli edifici, ossia nuovi ed esistenti.

Per redigere l'Attestato di certificazione/qualificazione energetica di un edificio/unità immobiliare, è necessario avviare la diagnosi energetica o Energy audit, cioè la procedura sistematica volta ad acquisire adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico dell'edificio/unità immobiliare. La Diagnosi Energetica è lo strumento che consente di individuare le inefficienze e le criticità e di intervenire con le soluzioni a minor costo e maggior efficacia in termini di riduzione dei consumi energetici, individuando e quantificando le opportunità di risparmio energetico anche sotto il profilo dei costi/benefici.

La Diagnosi Energetica integra i dati raccolti mediante sopralluoghi con strumenti di calcolo (elaborazione di un modello matematico dell'edificio) mediante i quali individuare e analizzare gli interventi di riqualificazione energetica dell'edificio/unità immobiliare.

Al termine della diagnosi energetica viene rilasciato l'attestato di certificazione/qualificazione energetica.

### **Le detrazioni d'imposta per lavori sugli edifici per il risparmio energetico**

Le detrazioni sono previste dai commi 344, 345, 346 e 347 della Finanziaria 2007 (D.M. 19 febbraio 2007).

Il testo della finanziaria 2008 (D.M. 7 aprile 2008) mantiene l'impostazione prevista dalla Finanziaria 2007 arricchendo il panorama degli interventi incentivati: ammessi interventi su coperture e pavimenti e installazione di caldaie anche non a condensazione e prorogando fino al 2010 le detrazioni fiscali del 55%.

La legge n. 2 del 28 gennaio 2009, prevede per le spese effettuate dal 1° gennaio 2009 l'invio all'Agenzia delle Entrate un'apposita comunicazione preventiva per la detrazione d'imposta. Diversamente dai precedenti anni la detrazione

d'imposta va ripartita in 5 rate annuali uguali di importo totale pari al massimo tra: 55% delle spese e un valore dipendente dal tipo di intervento (100.000, 60.000, 30.000 euro).

Gli interventi ammessi alla detrazione sono quattro:

1. sostituzione di impianti di climatizzazione invernale (caldaie);
2. installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda;
3. interventi sull'involucro dell'edificio (isolamento pareti, soffitti, tetti, sostituzione finestre ecc.);
4. interventi di riqualificazione energetica globale dell'edificio con riduzione del 20% del fabbisogno annuo di energia dell'edificio.

Il decreto "Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici" fissa i limiti per la trasmittanza termica nonché i criteri per includere la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale mediante biomasse.

## Capitolo 2

### La certificazione energetica

Viene ora sinteticamente illustrato il quadro normativo riguardante la riqualificazione energetica sul territorio lombardo.

Viene inoltre presentato l'ente Finlombarda del quale fa parte il Cened ovvero la sezione di Finlombarda dedicata alla certificazione energetica degli edifici su tutto il territorio lombardo.

#### 2.1 Norme

In Italia, la direttiva 2002/91/CE è stata recepita mediante il decreto legislativo n. 192 del 19 agosto 2005, entrato in vigore l'8 ottobre 2005, che ha introdotto le casistiche e le scadenze temporali per le quali vige l'obbligo di certificazione energetica. In una fase iniziale, nell'attesa della pubblicazione delle linee guida nazionali ed in mancanza di ulteriori strumenti regionali o provinciali in materia (in accordo con la clausola di cedevolezza di cui all'art. 17 dello stesso decreto), l'attestato di certificazione energetica era sostituito dall'attestato di qualificazione energetica introdotto dal successivo d.lgs. 26 dicembre 2006 n. 311, integrazione e parziale modifica dello stesso d.lgs. 192/2005.

L'art. 6 del d.lgs. 192/2005, infatti, prescrive che a partire dall'8 ottobre 2006 (un anno dopo l'entrata in vigore del decreto), <<gli edifici di nuova costruzione e quelli esistenti per i quali è prevista una ristrutturazione integrale degli elementi edilizi dell'involucro o una demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria di edifici esistenti con superficie utile superiore ai 1.000 m<sup>2</sup> sono dotati, al termine della costruzione medesima ed a cura del costruttore, di un attestato di certificazione energetica, redatto secondo i criteri e le metodologie da emanarsi con uno o più decreti del Presidente della Repubblica entro 120 giorni dall'entrata in vigore del d.lgs.192.

L'obbligo di certificazione energetica si applica inoltre anche nei seguenti casi e con la seguente gradualità temporale e con onere a carico del venditore o, in caso di locazione, del locatore:

- a decorrere dal 1° luglio 2007, agli edifici di superficie utile superiore a 1.000 m<sup>2</sup>, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile;
- a decorrere dal 1° luglio 2008, agli edifici di superficie utile fino a 1.000 m<sup>2</sup>, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile con l'esclusione delle singole unità immobiliari;

- a decorrere dal 1° luglio 2009 alle singole unita immobiliari, nel caso di trasferimento a titolo oneroso.>>

Per quanto riguarda la certificazione degli appartamenti di un condominio, il decreto richiama quanto previsto nella direttiva europea e nello specifico prevede che possa fondarsi:

- su una certificazione comune dell'intero edificio, per i condomini dotati di un impianto termico comune;

- sulla valutazione di un appartamento rappresentativo del condominio stesso e della tipologia stessa (In Lombardia tale operazione non e possibile poiché e richiesto al certificatore energetico la verifica mediante uno o più sopralluoghi dello stato di fatto dell'immobile oggetto di certificazione (secondo quanto previsto nel paragrafo E.2 dell'allegato al decreto del direttore generale n. 5796 dell'11/06/2009).

Qualora l'accesso all'unita immobiliare non fosse possibile, in assenza di elementi oggettivi evidentemente diversi rispetto a quelli rilevati e percepibili dall'esterno o dagli spazi comuni all'edificio, supportato dalla documentazione progettuale in suo possesso, potrà supporre che le caratteristiche al contorno dell'unita immobile siano identiche a quelle di subalterni analoghi rilevati. In caso, invece, di evidenti disomogeneità nelle caratteristiche al contorno dei subalterni rilevati il certificatore, all'atto di ipotizzare i componenti che caratterizzano il sistema edificio-impianti al quale non ha potuto accedere, e tenuto ad assumere le prestazioni di qualità inferiore rilevate nel corso dei sopralluoghi alle altre unita immobiliari a cui ha avuto accesso).

Inoltre, il d.lgs. 192/2005, così come modificato dal successivo d.lgs. 311/2006, prevede che a decorrere dal 1° gennaio 2007, l'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare interessata sia necessario:

- per accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi natura, sia come sgravi fiscali sia come contributi a carico di fondi pubblici o della generalità degli utenti, finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'unita immobiliare, dell'edificio o degli impianti; sono in ogni caso fatti salvi i diritti acquisiti ed il legittimo affidamento in relazione ad iniziative già formalmente avviate a realizzazione o notificate all'amministrazione competente, per le quali non sono necessari il preventivo assenso o concessione da parte della medesima;

- nel caso di stipula o rinnovo di contratti relativi alla gestione degli impianti termici o di climatizzazione degli edifici pubblici, o nei quali figura come committente un soggetto pubblico, entro i primi sei mesi di vigenza contrattuale, con predisposizione ed esposizione al pubblico della targa energetica.

L'attestato ha una validità di dieci anni. Nel d.lgs. 192/2005 era previsto che nei casi di trasferimento a titolo oneroso o di locazione venisse allegato all'atto di compravendita (dal 1° luglio 2009) o di locazione (dal 1° luglio 2010), pena la nullità del contratto stesso; tale obbligo e stato successivamente soppresso con il d.l. 112/2008, convertito con modificazioni dalla l.133/2008 (in Lombardia

esiste l'obbligo di allegazione, ma la mancata allegazione non comporta la nullità dell'atto.

In caso di affitto non deve essere allegato all'atto, ma consegnato. Dopo l'entrata in vigore della legge di conversione 133/2008, infatti, la pubblicazione del decreto del direttore generale "Reti e servizi di pubblica utilità e sviluppo sostenibile" n. 7148 del 13/07/2009 "Precisazioni in merito all'applicazione delle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia, approvate con d.g.r. n. 8745 del 22 dicembre 2008" ha ribadito l'obbligo di cui al punto 10.6 della d.g.r. 8745/2008).

E' stato necessario attendere piu di 3 anni prima di veder pubblicati due dei tre provvedimenti attuativi previsti dal d.lgs. 192/2005:

- il d.P.R. di attuazione dell'art. 4 comma 1, lettere a) e b) del d.lgs. 192/2005, che definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo ed i requisiti minimi per la prestazione energetica di edifici e impianti termici per la climatizzazione invernale e per la preparazione dell'acqua calda sanitaria;
- il decreto interministeriale (Sviluppo-Ambiente-Infrastrutture) di attuazione dell'art. 6, comma 9 e dell'art. 5, comma 1, volto a fornire le procedure applicative della certificazione energetica degli edifici e contenente, in allegato, le linee guida nazionali.

Il primo provvedimento d'attuazione (il d.P.R. 2 aprile 2009 n. 59), pubblicato il 10 giugno 2009, indica che le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici sono quelle descritte nella UNI/TS 11300-1:2008 (per la determinazione del fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale ed estiva) e nella UNI/TS 11300-2:2008 (per il calcolo del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria). Il provvedimento, essenzialmente, conferma i criteri generali ed i requisiti di prestazione energetica presenti nell'allegato C del d.lgs. 192/2005 (resi applicativi dall'allegato I dello stesso) e introduce alcune ulteriori disposizioni, quali:

- la determinazione della prestazione energetica dell'involucro per il raffrescamento estivo (Epe), calcolata secondo UNI/TS 11300-1:2008;
- per i serramenti opachi valgono i limiti di trasmittanza previsti per i serramenti trasparenti;
- negli edifici con piu di 4 unita abitative si impone la termoregolazione in caso di ristrutturazione o di installazione dell'impianto termico e viene vietata la decentralizzazione dell'impianto termico esistente (divieto valido anche nel caso di impianti con potenze termiche maggiori o uguali ai 100 kW);
- le biomasse per l'alimentazione dei generatori di calore sono considerate fonti rinnovabili;
- si prescrivono trattamenti dell'acqua di alimentazione degli impianti termici, in funzione della potenza termica nominale del generatore e della durezza dell'acqua stessa;

- nel caso di edifici pubblici o ad uso pubblico i requisiti minimi sono più restrittivi.

Il secondo provvedimento (il decreto interministeriale 26 giugno 2009) pubblicato il 10 luglio 2009 riporta:

- le linee guida nazionali per la certificazione energetica (art. 6, comma 9 del d.lgs. 192/2005);
- gli strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra Stato e Regioni (art. 5, comma 1 del d.lgs. 192/2005).

Coerentemente con il principio di cedevolezza di cui all'art. 17 del d.lgs. 192/2005 e s.m.i., le linee guida contenute nel decreto 26/06/2009 si applicano nelle Regioni e nelle Province autonome che non hanno adottato propri strumenti di certificazione energetica. Al contempo, però, tali disposizioni prevedono che i sistemi di certificazione energetica esistenti si allineino a quanto previsto a livello nazionale, assicurando la coerenza con gli elementi essenziali del sistema nazionale (riportati all'art. 4 del decreto) e in particolare:

- i dati informativi contenuti nell'attestato di certificazione energetica, tali da consentire ai cittadini di valutare la prestazione energetica dell'edificio, i suggerimenti e le raccomandazioni in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della prestazione stessa;
- le norme tecniche di riferimento, conformi a quelle sviluppate in ambito europeo e nazionale;
- le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici, compresi i metodi semplificati finalizzati a minimizzare gli oneri a carico dei cittadini;
- i requisiti professionali e i criteri per assicurare la qualificazione e l'indipendenza dei soggetti certificatori;
- la validità temporale massima di dieci anni dell'attestato;
- l'obbligo di allegare, in originale o in copia, i libretti di impianto o di centrale all'attestato;
- le prescrizioni in merito all'aggiornamento dell'attestato in relazione ad ogni intervento che migliori la prestazione energetica dell'edificio o ad ogni operazione di controllo che accerti un degrado di entità significativa della prestazione medesima.

Nonostante questa spinta verso l'armonizzazione delle procedure regionali, emerge chiaramente la volontà da parte del legislatore di non perdere il bagaglio delle esperienze acquisite, confermata dall'istituzione di un tavolo di confronto e di coordinamento per l'individuazione delle modalità di trasferimento delle informazioni al consumatore, lo scambio di esperienze tra i programmi regionali, lo sviluppo di iniziative coordinate e di marchi volontari di qualità energetico - ambientale.

Ad oggi manca ancora un d.P.R. attuativo della lettera c), comma 1 art. 4 del d.lgs. 192/2005, che indichi i requisiti professionali e i criteri di accreditamento degli esperti o degli organismi cui affidare la certificazione energetica degli

edifici e l'ispezione degli impianti di climatizzazione. In attesa che tale d.P.R. venga emanato, vale quanto previsto nel d.lgs. 30 maggio 2008, n. 115 "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" che ha introdotto importanti indicazioni riguardo la figura del certificatore energetico.

### **Riquadro I: Il principio di cedevolezza e il ruolo chiave delle Regioni**

Prima della pubblicazione delle linee guida nazionali sulla certificazione energetica, alcune regioni hanno definito una propria normativa in materia, legittimate da quanto riportato nell'art. 30 del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112 "Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59" secondo cui:

«1. Sono delegate alle regioni le funzioni amministrative in tema di energia, ivi comprese quelle relative alle fonti rinnovabili, all'elettricità, all'energia nucleare, al petrolio ed al gas, che non siano riservate allo Stato ai sensi dell'articolo 29 o che non siano attribuite agli enti locali ai sensi dell'articolo 31.

2. Sono attribuiti alle regioni i compiti previsti dagli articoli 12, 14 e 30 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, ad esclusione di quelli concernenti iniziative per le quali risultino già formalmente impegnati i fondi. Per quanto attiene alle funzioni di cui al medesimo articolo 30 della legge n. 10 del 1991 trasferite alle regioni, resta ferma la funzione d'indirizzo ai sensi dell'articolo 8 della legge 15 marzo 1997, n. 59.

3. Il coordinamento e la verifica in ambito nazionale delle iniziative relative ai progetti dimostrativi di cui all'articolo 12 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, è affidato alla Conferenza unificata. Le decisioni assunte in tale sede sono vincolanti ai fini dell'ammissibilità delle iniziative al finanziamento da parte delle singole regioni. Per le regioni a statuto speciale e le province autonome di Trento e di Bolzano il conferimento delle funzioni e dei compiti, nonché dei connessi beni e risorse, avviene nel rispetto degli statuti e attraverso apposite norme di attuazione.

4. Per fare fronte alle esigenze di spesa relative alle attività di cui al comma 1 del presente articolo e per le finalità della legge 9 gennaio 1991, n. 10, le regioni a statuto ordinario destinano, con le loro leggi di bilancio, almeno la quota dell'1 per cento delle disponibilità conseguite annualmente ai sensi dell'articolo 3, comma 12, della legge 28 dicembre 1995 n. 549.

5. Le regioni svolgono funzioni di coordinamento dei compiti attribuiti agli enti locali per l'attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n. 412, nonché compiti di assistenza agli stessi per le attività di informazione al pubblico e di formazione degli operatori pubblici e privati nel campo della progettazione, installazione, esercizio e controllo degli impianti

termici. Le regioni riferiscono annualmente alla Conferenza unificata sullo stato di attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nei rispettivi territori.»

Oltre a ciò, la stessa clausola di cedevolezza dell'art. 17 del d.lgs. 192/2005 esplicita che «fatto salvo quanto previsto dall'articolo 16, comma 3, della legge 4 febbraio 2005, n. 11, per le norme afferenti a materie di competenza esclusiva delle regioni e province autonome, le norme del presente decreto e dei decreti ministeriali applicativi nelle materie di legislazione concorrente si applicano per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto al recepimento della direttiva 2002/91/CE fino alla data di entrata in vigore della normativa di attuazione adottata da ciascuna regione e provincia autonoma.

Nel dettare la normativa di attuazione le regioni e le province autonome sono tenute al rispetto dei vincoli derivanti dall'ordinamento comunitario e dei principi fondamentali desumibili dal presente decreto e dalla stessa direttiva 2002/91/CE.»

Quindi, laddove una regione non abbia legiferato in materia, si applicherà la normativa nazionale, viceversa, si dovranno applicare le disposizioni regionali quando queste siano presenti (sempreché non siano in contrasto con la normativa nazionale e comunitaria).

## **2.2 Finlombarda**

Finlombarda è una società per azioni Finanziaria per lo sviluppo della Lombardia, nata nel 1971, è società pubblica interamente partecipata da Regione Lombardia. In qualità di società in house, ha il compito istituzionale di concorrere all'attuazione dei programmi regionali di sviluppo economico, sociale e del territorio. Dal 1998, Finlombarda è società finanziaria iscritta nell'elenco speciale previsto dall'art. 107 del Testo Unico Bancario e sottoposto ai controlli della Banca d'Italia.

Finlombarda progetta, realizza e gestisce per conto di Regione Lombardia prodotti e servizi finanziari innovativi, a valere su fondi propri, regionali e dell'UE, a supporto delle imprese lombarde, supportandone la competitività, la crescita, l'innovazione, la collaborazione e l'espansione sui mercati esteri. Favorisce l'efficientamento dei sistemi di pagamento tra pubblico e privato e le buone prassi di semplificazione del sistema pubblico locale. Promuove la diffusione di tecnologie e sistemi innovativi per il risparmio e l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili sul territorio.

Con Delibera di Giunta Regionale n. VIII/5018 del 20 giugno 2007 e s.m.i., e in seguito alla fusione di Cestec SpA in Finlombarda SpA autorizzata ai sensi dell'art. 10 della l.r. 12/2012, Finlombarda SpA è Organismo di accreditamento

in materia di certificazione energetica degli edifici e gestisce, per conto di Regione Lombardia, l'attività denominata "CENED".

### **2.2.1 Cened**

Cened è il ramo di Finlombarda che si occupa della certificazione energetica degli edifici e della riqualificazione in Lombardia.

L'Europa e l'Italia di conseguenza, si trovano ad affrontare importanti sfide relative alla dipendenza dalle importazioni di energia, alla scarsità di risorse, alla necessità di limitare i cambiamenti climatici e di superare la crisi economica.

Il Rapporto "Energy Efficiency Retrofits for Commercial and Public Buildings" di Navigant Research indica che il mercato mondiale per la riqualificazione energetica degli edifici pubblici e commerciali crescerà da 68,2 miliardi di dollari nel 2014 a 127,5 miliardi di dollari entro il 2023 con percentuali annue di incremento globale del 7,2%.

Il fenomeno della riqualificazione (e quindi della conseguente certificazione energetica) sta dilagando negli ultimi anni nel nostro paese, basti pensare ai seguenti numeri raccolti dall'Associazione Nazionale Costruttori di Impianti e dei Servizi di Efficienza Energetica e Facility Management ovvero Assisital.

Il mercato della riqualificazione in Italia nel 2013 ammonta a circa 175 miliardi di euro, di cui i 2/3 sono spesi per la categoria del riuso ovvero manutenzioni ordinarie e non piuttosto che revamping di impianti esistenti.

Dei 46 miliardi di euro investiti per la riqualificazione del residenziale in Italia, più del 50% viene fornito sotto forma di incentivi statali.

Quanto detto porta alle seguenti conclusioni:

- I nuovi scenari di mercato saranno maggiormente caratterizzati dall'adeguamento del patrimonio immobiliare esistente ai nuovi standard di efficienza energetica ed eco sostenibilità attraverso un maggiore ricorso all'innovazione tecnologica.
- Il risparmio energetico, la domotica e i nuovi modelli di architettura a tutela dell'ambiente funzioneranno da catalizzatori per l'evoluzione del settore delle costruzioni e dunque dell'impiantistica stessa.
- Il settore dell'impiantistica e quello dei servizi energetici saranno sempre più integrati e richiederanno nuove competenze professionali e modelli organizzativi aziendali in grado di rispondere adeguatamente ai nuovi scenari.
- La formazione e l'aggiornamento professionale, la promozione di scelte imprenditoriali orientate alla qualità, saranno fondamentali per fare emergere le eccellenze e permettere alle imprese più qualificate di distinguersi dalla concorrenza.

- Occorrerà “fare sistema” all’interno di una filiera affinché il cliente possa considerare l’efficientamento energetico come un valore e non come un costo.

Cened opera in questo scenario, dove si ha la necessità di raggiungere obiettivi di efficientamento ed esiste un enorme potenziale da sviluppare in termini di progettazione, tecnologie, impianti e service.

# Capitolo 3

## Il processo di riqualificazione

In questo capitolo viene illustrato quello che sarà l'obiettivo della riqualificazione trattata nella tesi e quelle che saranno le fasi del processo dalla raccolta dati alla loro analisi e contestualizzazione.

### 3.1 Scelta obiettivo

Per prima cosa va detto che il processo di riqualificazione è stato eseguito su un numero di fabbricati pari a 9, questo per poter avere alla fine delle operazioni un numero di dati sufficienti a creare un'equazione di regressione, la quale possa dare indicazioni riguardanti il costo della riqualificazione di un generico fabbricato una volta fornite alcune variabili in ingresso.

Così facendo il progetto ha la possibilità di fornire uno sguardo più ampio al tema della riqualificazione anche in termini di costo dell'investimento e non solo strettamente dal punto di vista energetico impiantistico.

Per tutti i fabbricati da riqualificare sono stati effettuati interventi di revamping sulla centrale termica che vanno dalla semplice sostituzione a favore di un nuovo modello altamente tecnologico e più efficiente, fino al cambiamento delle modalità di generazione del calore (telerriscaldamento e geotermia).

Inoltre ogni singola unità immobiliare è stata provvista di termoregolazione, ovvero la possibilità di gestire separatamente ogni zona dell'abitazione a proprio piacimento, in modo da accrescere la possibilità di effettuare del risparmio energetico e quindi il beneficio apportato dall'intervento di riqualificazione.

### 3.2 Fase di analisi del fabbricato

Nella fase di analisi viene svolto un primo sopralluogo nel locale caldaia atto a sincerarsi dello stato della centrale termica.

Bisogna capire se vi è la possibilità di salvare alcune parti del vecchio impianto da rimodernare come ad esempio tubazioni di mandata e ritorno al generatore di calore. Spesso si ha il passaggio da caldaie funzionanti a gasolio a quelle che usano come combustibile per la generazione del calore il gas metano, quest'ultimo è più leggero dell'aria ( $0,66 \text{ Kg/m}^3$  del metano contro  $1,225 \text{ Kg/m}^3$

per una città come Milano) quindi un'eventuale fuga di gas tenderebbe a salire verso l'alto e non a ristagnare nella centrale termica. Pertanto si deve predisporre il locale caldaia di aperture di ventilazione (in gergo bocche di lupo) di lunghezza pari ad almeno il 15% del perimetro, tali da garantire il rapido smaltimento di un'eventuale fuga di combustibile; va inoltre verificato che non vi siano travi a vista sul soffitto della centrale termica dato che andrebbero a costituire un impedimento alla libera fuoriuscita del metano formando delle sacche di gas pronte a detonare. Tutte queste informazioni, assieme ad altre eventuali richieste del cliente o specificità dei singoli casi vanno a costituire quella che è la lista delle opere murarie da eseguire in centrale termica.

Vengono inoltre fatte considerazioni di massima, basate perlopiù sull'analisi dei dati che vengono forniti da parte del cliente al momento dell'assegnazione del lavoro (volumetria edificio, attuale consumo di combustibile), viene ad esempio stimata la potenzialità del nuovo generatore di calore e organizzato un planning delle operazioni da svolgere in funzione delle scadenze pattuite al momento della firma del contratto con il cliente.

### **3.3 Contabilizzazione del calore**

La termoregolazione a livello delle singole unità abitative consiste nell'installazione di valvole termostatiche (descritte nello specifico nel prossimo capitolo), queste permettono una regolazione climatica per ambiente ovvero vanno ad agire sul singolo sottosistema di emissione (radiatore, fan coil ecc).

Va da sé che ogni unità abitativa potrà quindi gestire in maniera autonoma i propri terminali di emissione del calore a seconda delle esigenze più varie, pertanto ogni subalterno del condominio considerato consumerà una quota differente del combustibile. Nasce quindi la necessità di conoscere la quota parte di combustibile consumata da ogni condomino durante il periodo di riscaldamento, dal 15 ottobre al 15 aprile per Milano.

La risposta a questo problema è la contabilizzazione del calore.

La normativa UNI 10200 riguardante impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria, stabilisce i criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale ed acqua calda sanitaria; la norma stabilisce i principi per un'equa ripartizione delle spese per edifici provvisti di contabilizzazione dell'energia termica, distinguendo consumi volontari di energia nelle unità abitative da tutti gli altri consumi, al fine di incentivare la razionalizzazione dei consumi e la riduzione degli sprechi, salvaguardando comunque la qualità della vita.

La quasi totalità degli edifici facenti parte dell'area urbana di Milano hanno un impianto di distribuzione del vettore termico che permette la sola contabilizzazione indiretta del calore, questa viene effettuata tramite ripartitori

di calore conformi alla norma UNI EN 834 o alla UNI 9019. I ripartitori possono essere utilizzati solo con impianti termici centralizzati a distribuzione verticale o orizzontale, con terminali di emissione quali radiatori e termoconvettori, devono essere programmati in funzione delle caratteristiche e della potenza termica dei corpi scaldanti su cui vengono installati.

Secondo la UNI 10200 quindi, il consumo totale di energia termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio è così composto:

- $Q_{ui,cli,t}$  consumo totale di energia termica utile delle unità immobiliari per climatizzazione invernale;
- $Q_{uc,cli,t}$  consumo totale di energia termica utile dei locali ad uso collettivo per climatizzazione invernale
- $Q_{inv,cli}$  consumo involontario di energia termica utile per climatizzazione invernale

Mettere tabella prospetto 4 pag 13 UNI 10200

Ne consegue che la spesa totale per la climatizzazione invernale risulta composta dalle componenti illustrate in tabella:

Inserire tabella prospetto 5 pag 14 UNI 10200

Tali componenti devono essere così calcolate:

- $S_{cli} = S_{cm,cli} + S_{e,cli} + S_{cr,cli}$  [€] è la spesa totale per la climatizzazione;
- $S_{e,cli} = C_{ve} * Q_{ve,cli}$  dove  $C_{ve}$  è il costo del vettore energetico in €/m<sup>3</sup> e  $Q_{ve,cli}$  è la quantità di vettore consumata nella climatizzazione espressa in m<sup>3</sup>;
- $S_{cm,cli}$  è la spesa totale di conduzione e manutenzione ordinaria dell'impianto termico centralizzato;
- $S_{cr,cli}$  è la spesa totale per la gestione del servizio di contabilizzazione dell'energia termica;

Le componenti della spesa totale (dell'intero fabbricato) per la climatizzazione invernale sono a loro volta così divise:

- $S_{cli} = S_{cli,ui} + S_{cli,uc} + S_{cli,p}$  [€]
- $S_{cli,ui} = c_{cli} * Q_{ui,cli,t}$  [€] è la spesa totale per il consumo nelle unità immobiliari, dove  $c$  è il costo unitario dell'energia termica per la climatizzazione invernale [€/KWh] e  $Q$  è la quantità di energia termica consumata nelle unità immobiliari [KWh];
- $S_{cli,uc} = c_{cli} * Q_{uc,cli,t}$  [€] è la spesa totale per il consumo nei locali ad uso collettivo, dove  $c$  è il costo unitario dell'energia termica per la

climatizzazione invernale [€KWh] e  $Q$  è la quantità di energia termica consumata nei locali ad uso collettivo[KWh];

- $S_{cli,p} = S_{cm,cli} + S_{inv,cli} + S_{cr,cli}$  è la spesa totale relativa alla potenza termica installata per climatizzazione invernale, mentre i tre termini rappresentano la spesa di conduzione e manutenzione dell'impianto termico centralizzato, la spesa relativa ai consumi involontari ovvero le perdite durante la produzione e distribuzione dell'energia termica (calcolate sottraendo al consumo totale i consumi nelle unità immobiliari e nei locali ad uso collettivo), e la spesa per la gestione del servizio di contabilizzazione dell'energia termica;

questo è quanto la normativa prevede per il calcolo delle spese per l'edificio, ed è stato utilizzato come strumento di stima delle spese durante la fase d'offerta delle riqualificazioni energetiche operate durante il periodo nel quale si è svolta la presente tesi.

Come passare ora a quantificare le spese sulla singola unità immobiliare? Come suddividere le spese sui diversi condomini i quali possono variare la quantità di calore emesso da ogni radiatore in maniera del tutto arbitraria, pur essendo tutti approvvigionati dallo stesso impianto termico centralizzato?

“in particolare, in caso di impianti dotati di termoregolazione, la spesa totale per potenza termica installata per climatizzazione invernale  $S_{cli,p}$  deve essere ripartita in base ai millesimi di energia termica utile delle singole unità immobiliari  $m_{qh,cli}$ ”. Seguendo la UNI 10200 quindi, i costi per singola unità immobiliare per la climatizzazione invernale sono così composti:

- $S_{cli} = S_{cli,ui} + S_{cli,uc} + S_{cli,p}$  [€] dove le voci sono questa volta riferite alla singola unità

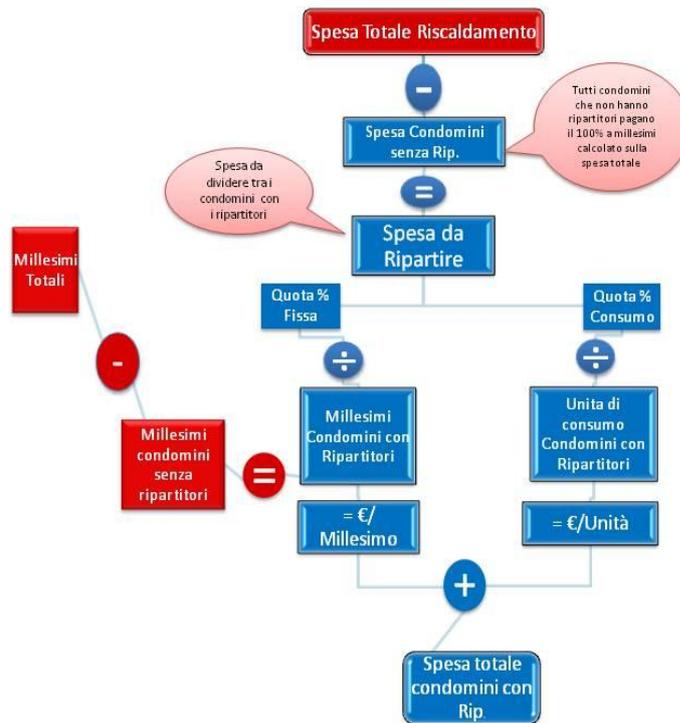
A loro volta:

- $S_{cli,ui} = c_{cli} * Q_{ui,cli,t}$  [€] dove le due voci sono rispettivamente il costo unitario dell'energia termica utile alla climatizzazione invernale e la quantità di energia termica consumata per la singola unità immobiliare;
- $S_{cli,uc} = S_{cli,uc} * (m_p/1000)$  [€] dove  $S_{cli,uc}$  è la spesa totale per riscaldamento invernale dei locali ad uso comune e va moltiplicata per i millesimi di proprietà di ogni appartamento  $m_p$ ;
- $S_{cli,p} = S_{cli,p} * (m_{qh,cli}/1000)$  come per i locali ad uso comune si ha la spesa totale per potenza termica installata che va moltiplicata per i millesimi di fabbisogno termico di ogni unità immobiliare

i millesimi di fabbisogno termico di energia utile sono da calcolarsi come segue:

- $m_{qh,cli} = (Q_{h,cli}/\sum Q_{h,cli}) * 1000$  dove  $Q_{h,cli}$  è il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale precedentemente citato.

La divisione delle spese è in sintesi così operata



**Figura 3. 1 Ripartizione spese riscaldamento**

Nella realtà abbiamo quindi l'esigenza di calcolare i millesimi di fabbisogno termico di energia utile, che andranno ad influire nella quota fissa della spesa da ripartire come illustrato nella figura soprastante.

### 3.4 Raccolta e analisi dati

Una volta ottenuti ed analizzati i dati preliminari dell'edificio necessari a fare le dovute stime del caso (volumetria, isolamento, precedenti consumi) si passa alla raccolta dati vera e propria.

Per cominciare viene fissato un sopralluogo in ogni unità immobiliare, i dati raccolti sono molteplici:

- metratura netta del singolo subalterno;
- metratura lorda del singolo subalterno (attraverso la misura dello spessore delle pareti);
- altezza dei locali;
- eventuale presenza di controsoffitti;
- materiale pavimenti;
- eventuali ponti termici;
- classificazione e misura superfici trasparenti;
- materiale e misura serramenti;
- misura di eventuale cassonetto in corrispondenza delle superfici trasparenti;
- misura dello spessore dell'eventuale sottofinestra in corrispondenza delle superfici trasparenti;
- classificazione e misura dei terminali di emissione;
- misura degli aggetti orizzontali e verticali;
- distanza da edifici in prossimità del fabbricato sotto processo di riqualificazione;
- orientazione geografica del singolo subalterno.

I ponti termici sono zone in cui si ha gradiente di temperatura in una direzione preferenziale, dovuto per lo più ad una variazione dei materiali in un isolamento o a variazioni di forma e/o spessore delle pareti.

I vetri delle superfici trasparenti classificato ovvero bisogna differenziare tra vetrate singole o doppie (e relativo spessore) con o senza taglio termico (gas presente nel doppio vetro che garantisce un isolamento ancora maggiore).

Anche per i serramenti vale quanto detto per i vetri, occorre conoscere materiale e misure (spessore, altezza e larghezza degli infissi).

Per sottofinestra si intende l'eventuale presenza di terminali di emissione sottostanti la superficie trasparente considerata, questi hanno un alloggiamento nel muro al di sotto della finestra e la riduzione di spessore della parete costituisce un ponte termico di cui bisogna tener conto ai fini di una corretta analisi energetica del subalterno.

Gli aggetti orizzontali sono tipicamente i balconi presenti, di cui va tenuto conto assieme all'esposizione dell'edificio, come vedremo in seguito più dettagliatamente, per il calcolo dell'indice di prestazione energetica per il

consumo di energia termica per il riscaldamento  $EP_h$ . Sotto la categoria oggetti verticali rientrano invece i palazzi adiacenti allo stabile oggetto di analisi.

La distanza dagli edifici limitrofi assieme all'esposizione del fabbricato da riqualificare giocano un ruolo importante per il calcolo nel calcolo dei fattori di ombra che vanno a modificare la quantità di calore necessaria alla climatizzazione invernale del subalterno.

Discorso a parte meritano i terminali di emissione. Su ognuno dei terminali è stato installato un ripartitore di calore il quale permette una misura indiretta della quantità di energia termica consumata dal singolo terminale, va da sé che i ripartitori di calore sono tutti uguali mentre esistono centinaia di terminali di emissione differenti per modelli e dimensioni. Pertanto i ripartitori hanno un coefficiente K, da moltiplicare per il valore letto in output, tale da compensare le diversità tra i vari radiatori.

Il coefficiente K viene così determinato:

- si prendono le misure e il materiale del radiatore e se ne è estrapola la potenza (KW), questo coefficiente prende il nome di  $K_q$ ;
- entrando nella tabella Hummel, fornita con i ripartitori di calore, si ricava il  $K_c$  funzione del modello del ripartitore, del radiatore (produttore, forma costruttiva, anno di costruzione, dimensioni, forma del profilo e passo) e delle modalità di montaggio del ripartitore sul radiatore stesso;(foto tabella)
- si entra nella tabella fornita da Honeywell con il  $K_c$  e si ricava il  $K_{ges}$ ; (foto tabella)
- il prodotto tra il  $K_{ges}$  e il  $K_c$  fornisce il coefficiente finale  $K_{prog}$  per il quale va moltiplicato il valore letto sul ripartitore (Heat Calor Account HCA). (foto tabella)

$\Delta T = 50^\circ C$						
classifica z.	marca	tipo	material e	altezza	n°colonn e	potenzax elem W
A6	Biasi	LBT	ghisa	680	4	108
A6	Biasi	LBT	ghisa	880	4	135
A6	Biasi	LBT	ghisa	880	6	192
A6	Biasi	LBT	ghisa	680	6	135
A6	Argo	colonna C60	ghisa	880	3	109
A6	Argo	colonna C60	ghisa	880	4	143
A6	Argo	colonna C60	ghisa	880	5	178
A6	Argo	colonna C60	ghisa	680	3	87

A questo punto si rende necessaria un'elaborazione dei dati raccolti per andare a stabilire:

- classe energetica pre-riqualificazione dell'edificio;
- diagnosi energetica;
- fabbisogni termici.

La diagnosi energetica consiste nell'individuazione dei punti critici su cui insistere per massimizzare intervento di riqualificazione, mentre i fabbisogni termici delle singole unità immobiliari sono necessari per redigere la tabella millesimale composta dai millesimi di fabbisogno termico di energia utile per il riscaldamento, e per avere un dato contestualizzato sulla potenzialità del nuovo generatore di calore da installare.

Il software di calcolo utilizzato per questo progetto di tesi è quello in uso nella maggioranza degli studi di progettazione impiantistica nel milanese, EC700 prodotto da Edilclima.

Il programma si compone di diverse maschere, nello specifico:

The screenshot shows the 'Dati climatici' tab of the EC700 software. It is organized into three main sections:

- Dati geografici:**
  - Comune: MILANO
  - Provincia: Milano
  - Gradi giorno: 2404 gg
  - Altitudine s.l.m.: 122 m
  - Latitudine Nord: 45° 27'
  - Longitudine Est: 9° 11'
  - Distanza dal mare: > 40 km
  - Regione di vento: A
  - Direz. preval. vento: SO
  - Velocità vento media: 1,10 m/s
  - Velocità vento max: 2,20 m/s
- Dati invernali:**
  - Località di riferimento per: MILANO
  - Irraggiamento: PAVIA
  - Ventosità: MILANO
  - Temperatura esterna:
    - Della località: -5,0 °C
    - Variazione: 0,0 °C
    - Adottata: -5,0 °C
  - Periodo convenzionale riscaldamento:
    - Zona climatica: E
    - Durata: 183 giorni
    - Dal giorno: 15 ottobre
    - Al giorno: 15 aprile
  - Irradianza solare massima sul piano orizzontale: 277,6 W/m²
- Dati estivi:**
  - Località riferimento estiva: MILANO LINATE
  - Temperatura bulbo secco: 32,0 °C
  - Temperatura bulbo umido: 23,1 °C
  - Umidità relativa: 48,0 %
  - Umidità assoluta: 14,7 g/kg
  - Escursione termica giornaliera: 12,0 °C

Figura 3. 2 EC700 inserimento dati climatici

The screenshot shows a software interface with four tabs: 'Dati progetto', 'Dati climatici', 'Regime normativo', and 'Dati default'. The 'Regime normativo' tab is active.

**Verifiche di legge e relazione tecnica**

secondo: DGR 22.12.08 n. 8/8745  Lombardia

Abilita verifiche secondo DLgs 03.03.2011, n. 28

Data titolo edilizio: dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013

**Attestati energetici**

secondo: DM 26.06.09

Edificio privo di impianti 

**Opzioni di calcolo**

Ponti termici	Resistenze liminari	Serre e locali non climatizzati	Capacità termica
<input checked="" type="radio"/> Calcolo analitico	<input checked="" type="radio"/> Appendice A UNI EN ISO 6946 	<input checked="" type="radio"/> Calcolo semplificato 	<input type="radio"/> Calcolo analitico
<input type="radio"/> Calcolo percentuale 	<input type="radio"/> Prospetto 1 - UNI EN ISO 6946 	<input type="radio"/> Calcolo analitico 	<input checked="" type="radio"/> Calcolo semplificato 

**Figura 3. 3 EC700 regime normativo**

vengono qui immessi i dati relativi alla zona dove il fabbricato è sito, in questa maniera si conoscono automaticamente il periodo di funzionamento del riscaldamento invernale e il numero dei gradi giorno. I gradi giorno sono la somma delle differenze di temperatura positive tra l'ambiente da mantenere alla data temperatura (nelle unità abitative per legge vanno mantenuti non oltre 20°C) e la temperatura esterna durante il periodo di funzionamento dell'impianto termico. Va da se quindi che i gradi giorno sono caratteristici della regione geografica in cui si sta operando la riqualificazione energetica, servono a darci un'idea di quella che deve essere la potenza termica erogata durante il periodo della climatizzazione; questo significa che il metodo di assegnazione delle classi energetiche per i fabbricati dipende essenzialmente, come è ovvio che sia, dal confronto tra la potenza teorica da erogare con il metodo dei gradi giorno e quello che è l'effettivo fabbisogno energetico calcolato dopo i minuziosi sopralluoghi per lo stabile oggetto di analisi. Questo ci serve a contestualizzare il dato di fabbisogno ottenuto dopo i calcoli, perché uno stesso edificio in classe energetica G a Milano potrebbe facilmente appartenere a classi energetiche superiori se stessimo operando al sud Italia.

Componenti finestrati: W2 - legno singolo 60 x 155

Codice W 2 Descrizione legno singolo 60 x 155 Tipo T da locale climatiz

**Dati generali** | Dimensioni serramento | Dati modulo | Vetri | Risultati

**Dati serramento**

Tipologia Singolo

Classe di permeabilità Senza classificazione

Resistenza termica chiusure 0,22 m<sup>2</sup>K/W

Fehut 0,5

**Dati noti**

Trasmissione solo vetro nota Ug 4,812 W/m<sup>2</sup>K

Trasmissione solo vetro e trasmissione serramento note Uw 4,164 W/m<sup>2</sup>K

Appendice B UNI TS 11300-1

**Potenza & Energia**

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna -5,0 °C

Emissività e 0,837

Fattore di trasmittanza solare ggl,n 0,850

Fattore tendaggi (energia invernale) fc inv 1,00

Fattore tendaggi (energia estiva) fc est 1,00

Inclinazione sull'orizzonte Σ 90 deg

**Altri dati**

Struttura esistente

Contributo Invernale/Estivo I+E

Figura 3. 4 EC700 strutture trasparenti

Componenti finestrati: W2 - legno singolo 60 x 155

Codice W 2 Descrizione legno singolo 60 x 155 Tipo T da locale climatizzato verso esterno

Dati generali Dimensioni serramento Dati modulo Vetri Risultati

**Dimensioni serramento**

Larghezza L 60.0 cm Altezza H 155.0 cm

dimensioni telaio semplificate

**Telaio**

Spessore traverso sup. A 6.0 cm Spessore traverso inf. B 6.0 cm

Spessore montante sx C 6.0 cm Spessore montante dx D 6.0 cm

Numero divisori orizz. NO 0 Numero divisori vert. NV 0

Spessore divisori orizz. E 0.0 cm Spessore divisori vert. F 0.0 cm

Ktelaio Uf 2.34 W/m<sup>2</sup>K Fattore di forma Ff 0.74

Sopraluce

Altezza Hoop 0.0 cm Spessore telaio G 0.0 cm

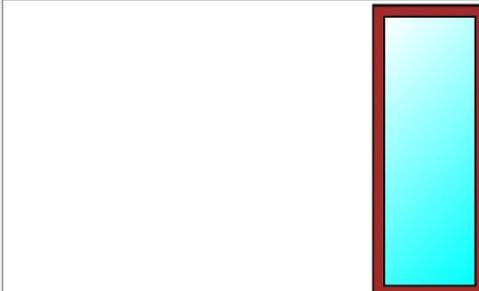


Figura 3. 5 EC700 dimensioni serramento

Componenti finestrati: W2 - legno singolo 60 x 155

Codice W 2 Descrizione legno singolo 60 x 155 Tipo T da locale climatizzato verso esterno

Dati generali Dimensioni serramento Dati modulo Vetri Risultati

Cassonetto

Struttura -

Altezza Hcass 0.0 cm

Profondità Pcass 0.0 cm Area frontale 0.00 m<sup>2</sup>

**Dimensioni serramento**

Larghezza L 60.0 cm

Altezza H 155.0 cm Area 0.93 m<sup>2</sup>

Ponte termico

Lunghezza perimetrale 4.3 m

Trasmissione lineica  $\psi$  0.000 W/mK

Struttura -

Sottofinestra

Struttura MM4 - sottofinestra

Altezza Hsott 100.0 cm Area 0.60 m<sup>2</sup>

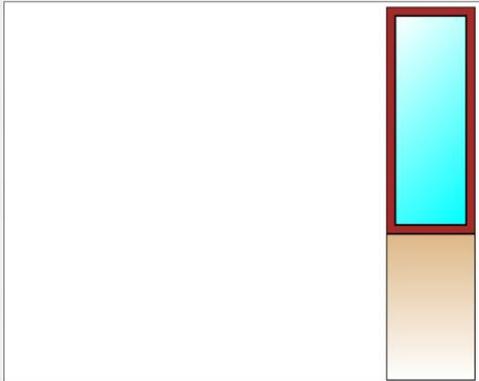


Figura 3. 6 EC700 dati modulo serramento

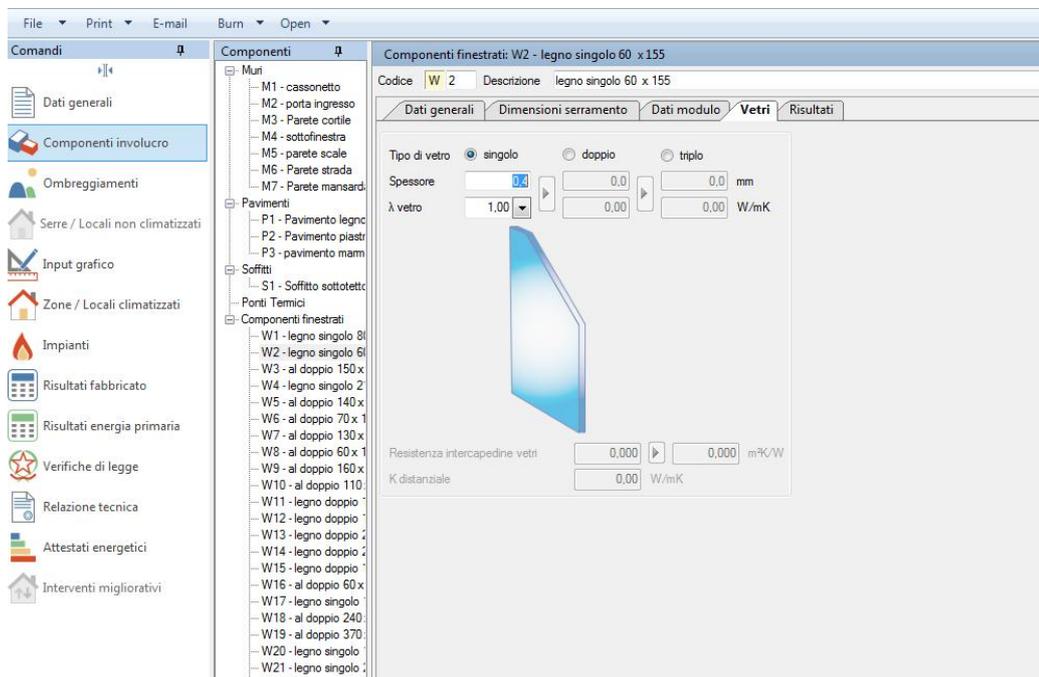


Figura 3. 7 EC700 tipo strutture trasparenti

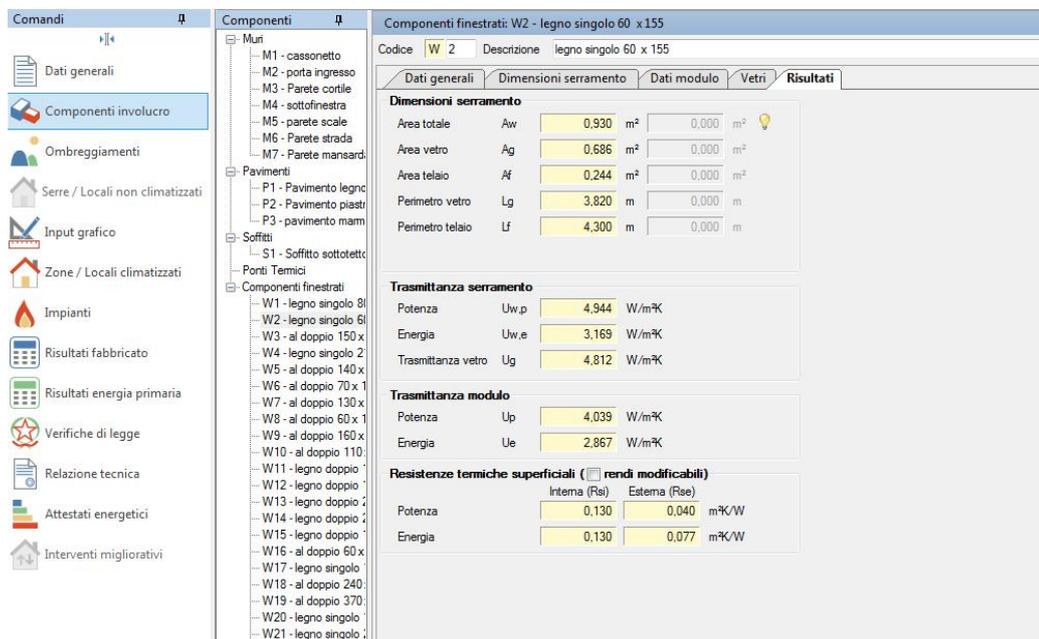


Figura 3. 8 EC700 trasmittanze risultanti strutture trasparenti

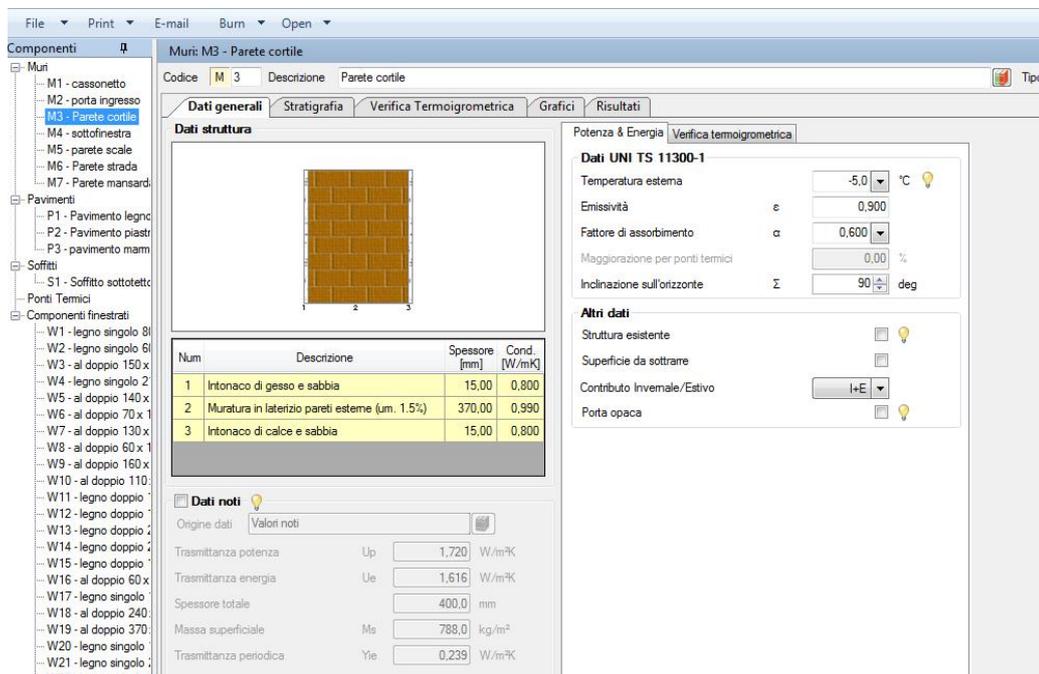


Figura 3. 9 EC700 strutture opache dati generali

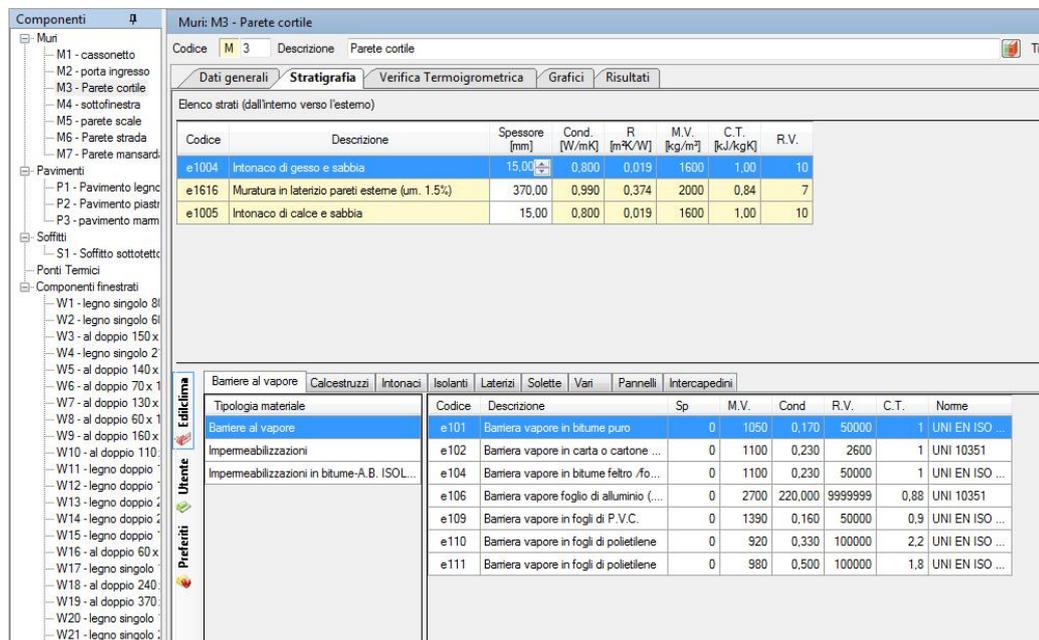
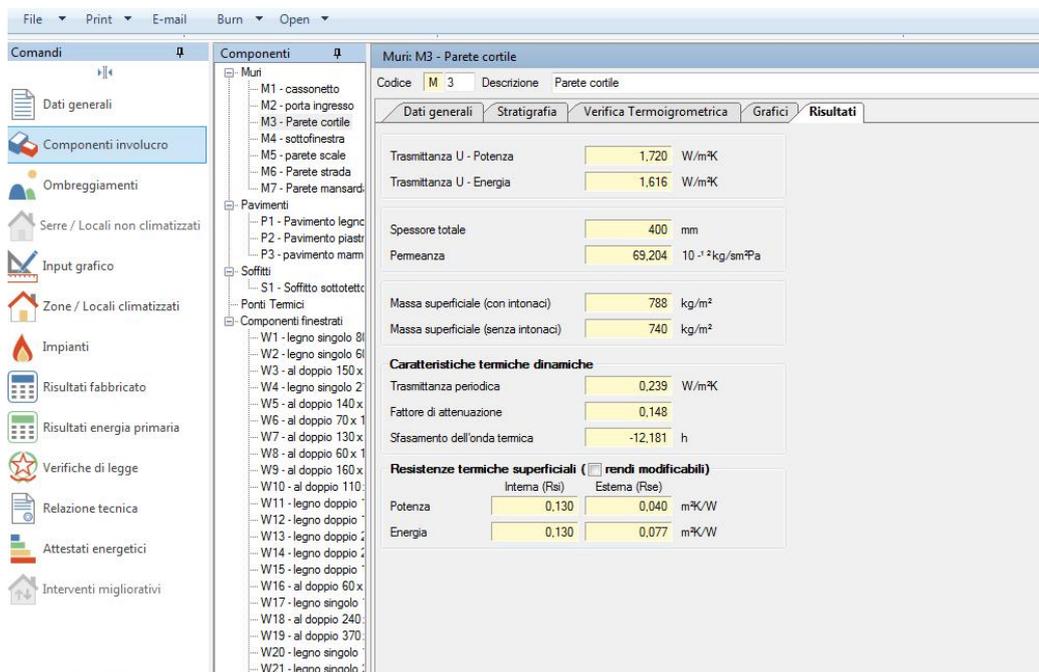


Figura 3. 10 EC700 strutture opache stratigrafia



**Figura 3. 11EC700 trasmissioni risultanti strutture opache**

In questa maschera vengono inserite le strutture che compongono ogni subalterno:

- strutture opache;
- strutture trasparenti;
- ponti termici;
- soffitti;
- pavimenti.

Il programma offre una vastissima selezione dal database, oppure la possibilità di creare i propri componenti procedendo per strati, bisogna avere in questo caso documenti per del subalterno che attestino l'effettiva stratigrafia dei muri piuttosto che la presenza o meno del taglio termico su una finestratura a doppio vetro. Per pareti muri e soffitti viene data la possibilità di variare materiali, spessori dell'intonaco e dell'isolamento; per le componenti finestrate devono essere inseriti misure e materiali degli infissi oltre che la presenza di vetri singoli o doppi con o senza taglio termico. Molto importante risulterà, ai fini delle dispersioni, la presenza o meno di isolamento nelle pareti e lo spessore delle stesse.

Comandi

- Dati generali
- Componenti involucro
- Ombreggiamenti
- Serre / Locali non climatizzati
- Input grafico
- Zone / Locali climatizzati
- Impianti
- Risultati fabbricato
- Risultati energia primaria
- Verifiche di legge
- Relazione tecnica
- Attestati energetici
- Interventi migliorativi

Ombreggiamenti

- balcone cortile
- balcone strada

Ombreggiamenti: balcone cortile

Codice 1 Descrizione balcone cortile

Ostacoli esterni  Aggetti verticali  Aggetti orizzontali

Ostacoli esterni / Aggetti verticali / **Aggetti orizzontali**

Angoli dell'ostruzione [°]  Caratteristiche dimensionali [m]

Mese	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Ottz.
GENNAIO	78	82	87	87	88	87	87	82	100
FEBBRAIO	78	80	81	82	82	82	81	80	100
MARZO	78	79	81	79	77	79	81	79	100
APRILE	78	78	78	73	68	73	78	78	100
MAGGIO	80	78	76	70	64	70	76	78	100
GIUGNO	80	77	75	69	63	69	75	77	100
LUGLIO	80	78	75	68	61	68	75	78	100
AGOSTO	79	77	76	70	65	70	76	77	100
SETTEMBRE	78	79	81	77	73	77	81	79	100
OTTOBRE	78	81	83	82	81	82	83	81	100
NOVEMBRE	78	82	86	86	87	86	86	82	100
DICEMBRE	78	83	89	89	89	89	89	83	100

**Figura 3. 12 EC700 ombreggiamenti**

In questa schermata viene richiesto l'inserimento di fattori d'ombra ovvero aggetti orizzontali e verticali, a noi interessano soprattutto le ombre create dalla presenza dei balconi che sono classificati come aggetti orizzontali. Per questi viene richiesto l'inserimento dell'altezza dallo zero del balcone (lo zero viene preso in corrispondenza del pavimento dell'abitazione), e le misure in pianta del balcone stesso.

Zone e locali		Riepilogo zone						
Edificio		Nr.	Cat. DPR 412	Descrizione	Sup. netta [m <sup>2</sup> ]	Vol. lordo [m <sup>3</sup> ]	Sup. lorda [m <sup>2</sup> ]	S / V [m <sup>-1</sup> ]
Avv. Chiarello-Strada	1 - Chiarello PT Acce	1	E.1 (1)	Avv. Chiarello-Strada	67,55	291,55	198,30	0,68
Balestra Mazzega p3 int2	1 - Balestra Mazzega	2	E.1 (1)	Balestra Mazzega p3 int2	78,04	251,49	72,41	0,29
Caniatti Oriana p3 int 1	1 - Caniatti Oriana p3	3	E.1 (1)	Caniatti Oriana p3 int1	63,67	203,73	47,27	0,23
Perla-Benincori p5 int 1	1 - Perla-Benincori p5	4	E.1 (1)	Perla-Benincori p5 int 1	87,70	273,41	117,48	0,43
Perla-Benincori p5	1 - Perla-Benincori_mansarda	5	E.1 (1)	Perla-Benincori_mansarda	63,40	203,29	172,64	0,85
Perla-Benincori_mansarda	1 - Perla-Benincori_m	6	E.1 (1)	Gallotti P2 int 2	77,28	249,17	70,28	0,28
Gallotti P2 int 2	1 - Gallotti P2 int 2	7	E.1 (1)	Fassanella - Azzolini	60,47	191,80	54,86	0,29
Fassanella - Azzolini	1 - Fassanella - Azzol	8	E.1 (1)	Gelmetti P1 int 1-2	141,69	453,90	145,36	0,32
Gelmetti P1 int 1-2	1 - Gelmetti	9	E.1 (1)	Gallotti P2 int 1	63,67	203,73	57,44	0,28
Gallotti P2 int 1	1 - Gallotti P2 int1 Lo	10	E.1 (1)	Russo P 4 int 2	72,98	230,40	72,41	0,31
Russo P 4 int 2	1 - Russo P 4 int 2	11	E.1 (1)	La Spada Pt	22,50	82,56	61,98	0,75
La Spada Pt	1 - La Spada Pt							

**Figura 3. 13 EC700 inserimento subalterni-metodo delle zone**

Viene ora chiesto l'inserimento di tutti i subalterni che compongono lo stabile e che sono serviti dal medesimo impianto di produzione del calore. Nello specifico bisogna inserire:

- metratura netta del subalterno;
- metratura lorda del subalterno;
- pareti soffitti finestre e pavimenti precedentemente definiti, con misure annesse.

Sistema impiantistico

Impianti

Centralizzato

Impianto Centralizzato - Riscaldamento

Circuiti

Accumulo e distribuzione primaria

Altri carichi

Generazione

1 di 1

Circuito Riscaldamento Centralizzato

Fluido termovettore

Acqua

Dati generali

Sottosistemi

Temperatura media acqua

**Modalità di funzionamento dell'impianto**

Funzionamento continuato

Funzionamento intermittente (con spegnimento)

Funzionamento con attenuazione

Giorni a settimana di funzionamento con spegnimento  g

Ore giornaliere di spegnimento  h

Temperatura interna minima regolata  °C

**Fattore correttivo dell'energia utile**

Fattore correttivo

Valori mensili

**Fattore correttivo per contabilizzazione**

Fattore correttivo

Locali serviti dal circuito

Zona	Locale	Descrizione
1	1	Chiarello PT Accesso strada
10	1	Russo P 4 int 2
11	1	La Spada Pt
2	1	Balestra Mazzeza p3 int2
3	1	Caniatti Onana p3 int1
4	1	Perla-Benincori p5 int 1
5	1	Perla-Benincori_mansarda
6	1	Gallotti P2 int 2
7	1	Fassanella - Azzolini
8	1	Gelmetti
9	1	Gallotti P2 int 1 Lorenzi

Figura 3. 14 EC700 impianto centralizzato-circuito-dati generali

Impianto Centralizzato - Riscaldamento

Circuiti

Accumulo e distribuzione primaria

Altri carichi

Generazione

1 di 1

Circuito Riscaldamento Centralizzato

Fluido termovettore

Acqua

Dati generali

Sottosistemi

Temperatura media acqua

**Emissione**

Altezza media locali  m

Tipo di terminale di erogazione Radiatori su parete esterna isolata e riflettente

Temperatura di mandata di progetto  °C

Rendimento di emissione  $\eta_e$   %

Potenza nominale corpi scaldanti  W  W

Fabbisogni elettrici  W  Unità con il ventilatore sempre in funzione

**Regolazione**

Tipo Manuale (solo termostato di caldaia)

Caratteristiche On off

Rendimento di regolazione  $\eta_{rg}$   %  $-(60 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$

**Distribuzione utenza**

Metodo semplificato

Tipo di impianto Centralizzato con montanti non isolati coereni nell'intercapedine dei muri esterni

Posizione impianto Impianto a piano intermedio

Posizione tubazioni Tubazioni coereni nel cantinato in vista

Isolamento tubazioni Medio

Nr. piani

Fattore di correzione

Rendimento di distribuzione  $\eta_{du}$   %

Metodo analitico

Rete di distribuzione (nessuno)

Coefficiente di recupero

**Fabbisogni elettrici**

Potenza elettrica assorbita  W

sempre in funzione

velocità variabile

Figura 3. 15 EC700 impianto centralizzato-circuito-sottosistemi

Sistema impiantistico

Impianti  
Centralizzato

Impianto Centralizzato - Riscaldamento

Circuiti | Accumulo e distribuzione primaria | Altri carichi | Generazione

di 1 Circuito Riscaldamento Centralizzato | Fluido termovettore Acqua

Dati generali | Sottosistemi | **Temperatura media acqua**

Tipo di circuito: A temperatura fissa

Terminali di erogazione Radiatori

Maggiorazione potenza corpi scaldanti  10.0 %  
 $\Delta t$  nominale lato aria  0.0 50.0 °C  
 Esponente n del corpo scaldante  0.00 1.30  
 $\Delta t$  di progetto lato acqua  0.0 20.0 °C  
 Portata nominale  0.00 kg/h  
 Criterio di calcolo  
 Temperatura di mandata fissa  80.0 °C  70.0 °C  
 Temperatura di mandata variabile  
 Sovratemperatura di mandata  10.0 °C  
 Carico medio massimo  70.0 %  
 Presenza valvola miscelatrice   
 Sovratemperatura minima valvola miscelatrice  5.0 °C

Figura 3. 16 EC700 impianto centralizzato-circuito-T media acqua

Centrale termica **Generatori**

Caldaia tradizionale

Tipo di generatore: Caldaia tradizionale Metodo di calcolo: Analitico

Dati principali | Dati per generatori modulanti | Circuito in centrale

**Caratteristiche**

Marca/serie/modello (\*) Morini PREX 250 (\*) = Dati da archivio

Potenza nominale al focolare (\*)  $\Phi_{cn}$  319,80 224,58 kW

Perdite camino bruciatore acceso (\*) Caldaia a gas con bruciatore ad aria soffziata  $P'_{ch,on}$  10,00 %

Perdite camino bruciatore spento (\*) Bruciatore soffiato, combustibile liquido/gassoso, premiscelazione totale  $P'_{ch,off}$  0,20 %

Perdite al mantello (\*) Generatore ben isolato e mantenuto  $P'_{gn,env}$  1,25 %

Materiale del generatore Generatore in acciaio  Circolazione permanente di acqua in caldaia

Rendimento utile - 100% (\*)  $\eta_{gn,Pn}$  95,0 %

Rendimento utile - 30% (\*)  $\eta_{gn,Pint}$  0,0 %

Temperatura media dell'acqua 70,0 °C (in condizioni di prova)

**Installazione**

Ambiente Centrale termica Temperatura 0,00 °C

Fattore di riduzione delle perdite  $k_{gn,env}$  0,70 Valori mensili

**Vettore energetico**

Tipo (\*) Metano

Potere calorifico inferiore  $H_i$  9,940 kWh/Nm<sup>3</sup>

Fattore di emissione CO<sub>2</sub> 0,1998 kgCO<sub>2</sub>/kWh

**Fattori di conversione in energia primaria**

$f_{p,ren}$  (non rinnovabile) 1,000

$f_{p,ren}$  (rinnovabile) 0,000

$f_p$  1,000

**Fabbisogni elettrici**

Tipo di bruciatore Ad aria soffziata

Potenza elettrica bruciatore (\*)  $W_{br}$  717 717 W Fattore di recupero  $K_{br}$  0,80

Potenza elettrica pompe circolazione  $W_{af}$  740 740 W Fattore di recupero  $K_{af}$  0,80

Pompa di circolazione sempre in funzione

Figura 3. 17 EC700 impianto centralizzato-generatore-dati generali

Definiti tutti i subalterni si passa a definire l'impianto per la produzione del calore, si inseriscono:

- modalità di generazione del calore (caldaia tradizionale, a condensazione, teleriscaldamento, geotermico)
- eventuale produzione combinata (pannelli solari, fotovoltaico);
- tipologia impianto di distribuzione (ad anello chiuso, colonne montanti correnti nell'intercapedine);
- eventuale produzione acqua calda sanitaria ACS;
- combustibile utilizzato
- potenza nominale al focolare del generatore di calore (KW);
- potenza elettrica degli ausiliari (pompe inverter a portata variabile);
- dimensioni dell'eventuale accumulo per ACS;
- sistema di emissione (radiatori, termoconvettori);
- sistema di regolazione (nessuno, ambiente, zona).

Una volta completato tutto l'inserimento dati il programma di calcolo possiede un quadro completo e dettagliato della situazione e può procedere all'elaborazione dei dati per il calcolo dei fabbisogni in modo da redigere la nuova tabella millesimale per una più equa suddivisione della spesa per la climatizzazione invernale e per la scelta della potenzialità del generatore da installare, oltre a valutare eventuali interventi straordinari da proporre al cliente con scopo ultimo un ulteriore miglioramento dell'opera di riqualificazione energetica.

### **3.5 Fabbisogni termici**

Una volta inseriti con la massima accuratezza tutti i dati illustrati nel precedente paragrafo, il calcolatore fornisce una serie di risultati quali:

- caratteristiche termiche dei componenti finestrati;
- caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti opachi (soffitti, pavimenti e pareti);
- fabbisogno di potenza termica invernale (in funzione delle variabili inserite in precedenza);
- dispersione per trasmissione dei componenti (che permette l'individuazione degli elementi maggiormente disperdenti) per ogni locale di ognuno dei subalterni del fabbricato riqualificato;
- potenze di progetto dei locali (dettaglio del fabbisogno di potenza dei locali tenendo conto di dispersioni per trasmissione ventilazione e intermittenza);
- fabbisogno di energia utile invernale secondo UNI EN ISO 13790 e UNI TS 11300-1 (comprende irradiazione solare giornaliera media mensile, temperature esterne medie e numero di giorni nella stagione considerata);
- coefficienti di dispersione termica per il periodo di climatizzazione invernale per l'i-esimo subalterno ( $H_t$ : coefficiente di scambio termico per trasmissione da locale climatizzato verso esterno,  $H_u$ : coefficiente di scambio termico per trasmissione da locale climatizzato verso locali non climatizzati,  $H_{ve}$ : coefficiente di scambio termico per ventilazione), gli stessi risultati possono essere visualizzati per l'intera stagione o mese per mese e classificati in base all'unità immobiliare o in base al componente (parete, finestra porta pavimento ecc);
- energia utile stagione invernale con dettaglio di perdite e apporti gratuiti divisa per mese e per subalterno.

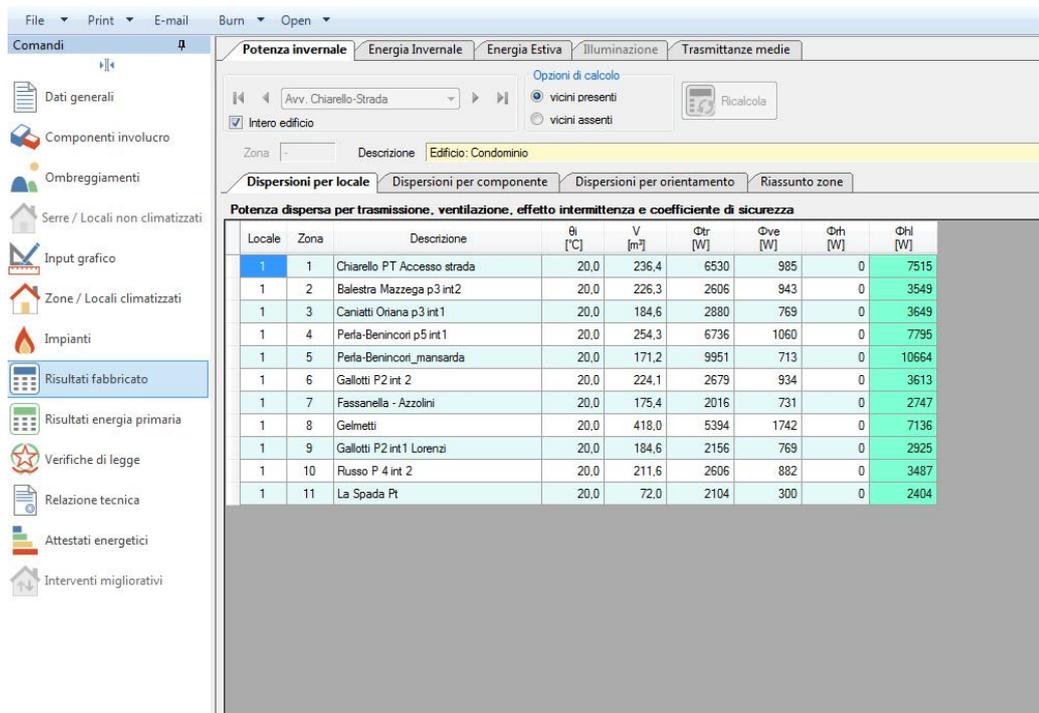


Figura 3. 18 EC700 risultati-potenze disperse

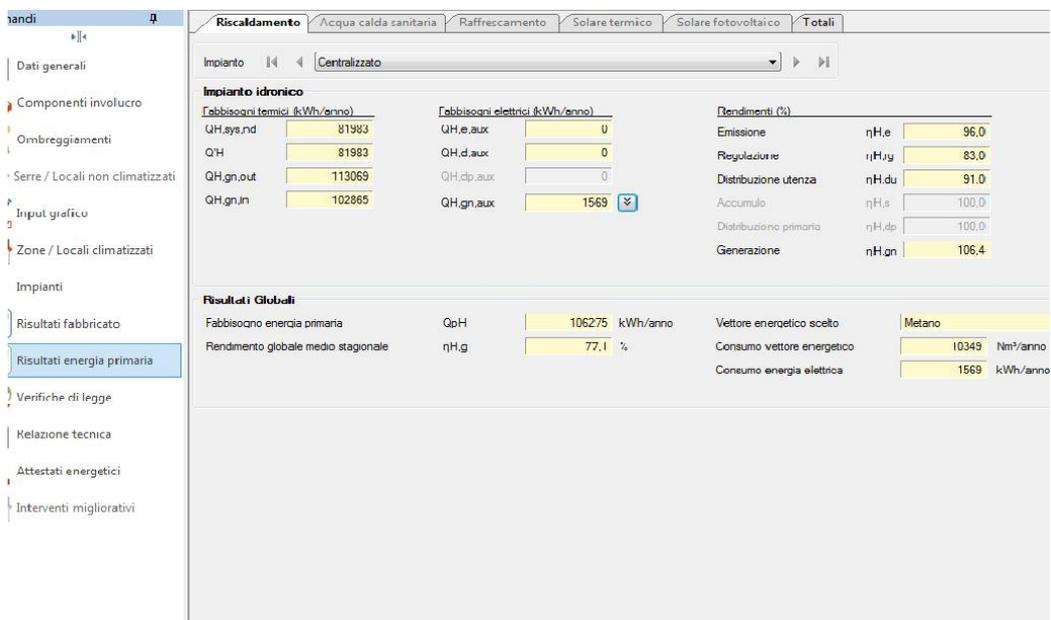
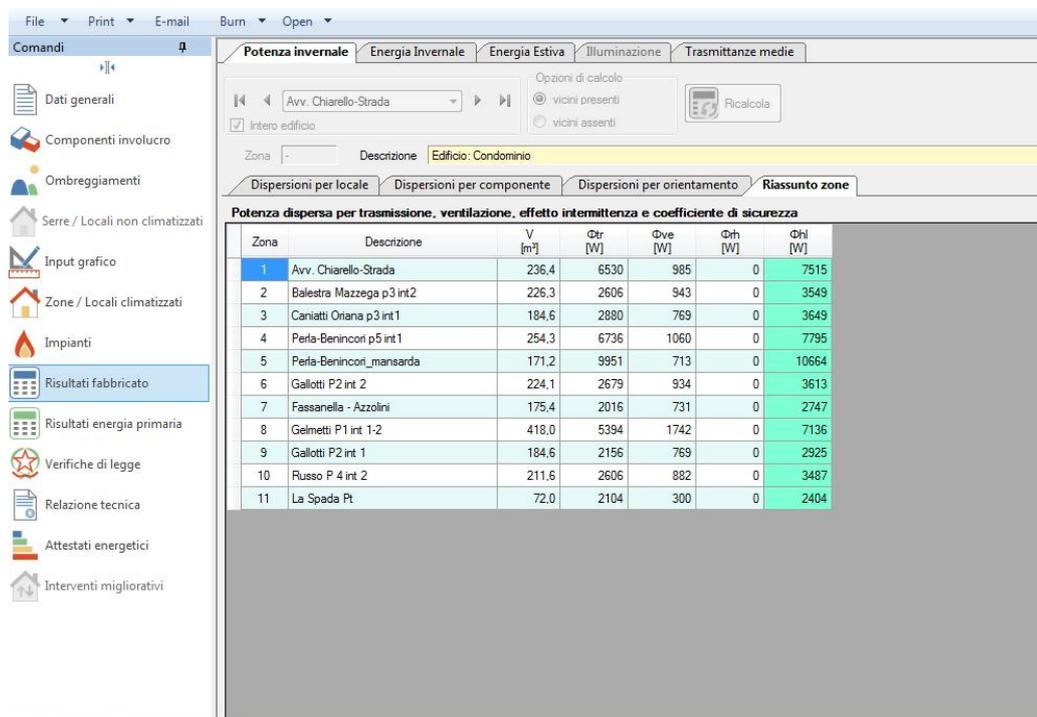


Figura 3. 19 EC700 risultati-energia primaria



**Figura 3. 20 EC700 risultati per zone**

Giunti a questo punto, nota per ogni subalterno l'energia utile alla climatizzazione invernale nel periodo 15 Ottobre – 15 Aprile, ovvero le dispersioni totali al netto degli apporti di calore gratuiti, conosciamo i fabbisogni di energia termica per il riscaldamento. Da qui viene conseguentemente stilata la nuova tabella millesimale eseguendo una semplice proporzione tra un totale di mille millesimi (1000/1000) e la quota parte del fabbisogno termico del singolo subalterno riferito al totale del fabbricato oggetto di intervento, andando quindi a ricavare i millesimi di ogni condomino.

### 3.6 Risultati e analisi di coerenza

Ricavati i fabbisogni delle singole unità immobiliare conosco di conseguenza quelli dell'intero stabile, è possibile quindi avere un'idea chiara sulla potenzialità del generatore di calore da installare nel locale centrale termica. Si sostituiscono i dati del nuovo generatore di calore nell'apposita maschera dell'EC700 alla voce "impianti".

Una volta eseguiti i lavori di riqualificazione, ovvero installazione della termoregolazione nelle unità immobiliari e revamping e/o sostituzione dell'impianto di produzione del calore, si procede a redigere l'A.P.E. attestato di

prestazione energetica.

L'attestato ci viene restituito in output da un altro programma detto CENED, dall'omonima sezione di Finlombarda che si occupa della certificazione energetica degli edifici sul territorio lombardo, questo programma richiede come variabili in ingresso gli stessi dati (talvolta meno dettagliati) già inseriti per ricavare i fabbisogni di energia termica utile tramite EC700; per scopo puramente scientifico in questa tesi è stato redatto A.P.E. anche prima dell'operazione di riqualificazione dello stabile in modo da poter apprezzare meglio quelle che sono state le migliori conseguitate anche a fronte dei costi sostenuti. Questo attestato ci fornisce dati chiari ed inconfutabili sulla bontà del fabbricato in termini di fabbisogno energetico, oltre ad essere sinonimo di risparmio economico quindi, un edificio di una classe energetica superiore è indice di una maggiore sostenibilità ambientale, che è lo scopo ultimo della normativa comunitaria europea da cui tutto il discorso sulla riqualificazione degli immobili discende.



**Figura 3. 21 Classi di efficienza energetica**

Non ci si può però accontentare una volta misurato tramite A.P.E. il mero miglioramento energetico. Bisogna effettuare un'analisi di coerenza, capire cioè se i risultati ottenuti sul nostro campione di edifici riqualificati sono in linea con quelli ottenuti nel resto degli interventi di riqualificazione energetica in condizioni analoghe ovvero sul territorio di Milano, sulla stessa tipologia di fabbricati (impianto di generazione distribuzione ed emissione, involucro

edilizio ecc).

Avendo inoltre a disposizione dati certi sul risparmio teoricamente ottenibile (come verrà illustrato nel capitolo 5) una volta riqualificato il fabbricato, si effettua un'ulteriore analisi della bontà dell'intervento eseguito, si valuta cioè quello che viene chiamato "effetto rebound". Con questo termine si intende ingegneristicamente parlando, il rendimento reale del lavoro eseguito, ed è espresso come il rapporto tra il beneficio ottenibile ed il beneficio effettivamente ottenuto. Questo succede perché spesso l'innovazione tecnologica porta ad effetti come incremento dell'accessibilità economica e quindi indirettamente ad un aumento dei consumi stessi che limitano il beneficio ottenibile se lo status quo rimanesse invariato.

Ci sono tre possibili scenari per quanto riguarda la dimensione dell'effetto rebound:

- il risparmio di risorse è maggiore di quanto preventivato, rebound negativo, questo si verifica nel caso in cui il legislatore incentivi l'utilizzo di tecnologie più efficienti a patto che i prodotti subiscano un incremento del prezzo di vendita sul mercato;
- l'effettivo risparmio è minore di quello previsto, il rebound è compreso tra 0% e 100%, noto anche come "take-back" ed è la situazione più comune per tutti gli studi fatti sui singoli mercati;
- il risparmio ottenuto è negativo, effetto rebound maggiore del 100%, situazione anche nota come paradosso di Jevons o back-fire, grazie all'efficienza energetica si ha un maggior consumo di energia.

Tutti questi aspetti sono da non sottovalutare per raggiungere a pieno l'obiettivo dell'incremento dell'efficienza energetica. Si parte dal valutare il semplice consumo energetico attraverso l'analisi dei fabbisogni termici, delle spese per il combustibile e dell'attestato di prestazione energetica. Si passa a valutare il costo dell'investimento utilizzando una funzione di regressione che usa un modello ottenuto tramite utilizzo dei dati di decine di fabbricati. Si arriva infine ad un livello ancora superiore, valutando l'effettivo impatto della riqualificazione energetica ovvero si capisce se la riduzione di combustibile consumato e quindi di emissione si è effettivamente verificata, non solo sul singolo fabbricato ma in tutto il campo d'interesse di cui lo stabile trattato fa parte, l'area urbana di Milano.

# Capitolo 4

## Il progetto applicativo

Viene ora illustrato ciò che è stato svolto durante la fase applicativa ovvero dalla scelta dei fabbricati da riqualificare al sopralluogo e alle operazioni di riqualificazioni vere e proprie riguardanti centrale termica e termoregolazione nelle singole unità immobiliari.

### 4.1 Obiettivo

L'obiettivo pratico della riqualificazione per i fabbricati in seguito elencati, consiste nel revamping della centrale termica e nell'installazione della termoregolazione nelle singole unità abitative.

Questo comporta ovviamente la stesura di progetti per le opere murarie, quadri allacciamenti idrici ed elettrici, oltre che al progetto impiantistico per l'installazione e messa in servizio del nuovo generatore di calore (allacciamenti rete elettrica e carico impianto).

Al fine di avere un reale riscontro sull'opera di riqualificazione effettuata, è stato redatto un attestato di prestazione energetica A.P.E. che servisse per avere una fotografia delle condizioni energetiche in cui il fabbricato versava prima dell'intervento, e un secondo A.P.E. al termine delle opere di riqualificazione per attestare l'effettiva riuscita del lavoro (va inoltre detto che parte del compenso economico, come da contratto, è legato al raggiungimento di una certa performance energetica).

### 4.2 Scelta dei fabbricati

Tutti gli edifici riqualificati durante il periodo di tesi sono situati all'interno dell'area urbana di Milano, e più precisamente:

- Via Compagnoni 32;
- Via Compagnoni 34;
- Via Edolo 46;
- Via Ressi 5;
- Via Ressi 17;
- Via Ressi 19;

- Via Mameli 33;
- Via Belisario 9;
- Via Montenero 26;
- Via Strambio 22.

Si tratta di fabbricati con data di costruzione antecedente gli anni '60, parliamo quindi di edifici della classe energetica più bassa, con involucro esterno formato da soli mattoni e privo di qualsivoglia isolamento, con sistemi di produzione distribuzione ed emissione del calore spesso obsoleti, impianto di distribuzione verticale con montanti correnti nell'intercapedine.

### 4.3 Soluzioni impiantistiche adottate

Si è scelto di installare un innovativo sistema di generazione di calore come la caldaia a condensazione funzionante a gas metano. Questo a scapito dell'altra grande alternativa impiantistica che garantisce grandi benefici in ambito riqualificazione energetica, la geotermia.

La scelta di installare un nuovo generatore di calore tradizionale seppur innovativo nel suo genere a scapito di un sistema geotermico è in seguito illustrato.

Innanzitutto viene brevemente illustrato quella che è l'idea cardine su cui si fonda la geotermia, ovvero il principio di funzionamento delle pompe di calore che troviamo nei nostri condizionatori. Lo schema semplificato di una pompa di calore è il seguente:

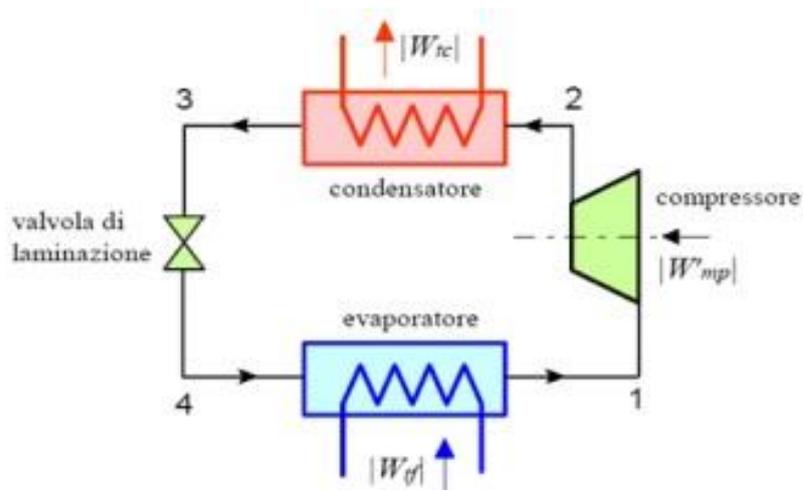


Figura 4. 1 Schema ciclo pompa di calore

Il principio fisico alle spalle è alquanto semplice: un liquido viene fatto scorrere in un tubo che scambia calore con una sorgente calda con  $T_{hot} > T_{liq}$  fino a portare il liquido ad evaporazione; il liquido divenuto gas viene poi compresso e cede calore con una sorgente fredda a temperatura minore  $T_{gas} > T_{cold}$  fino a far condensare il gas. L'effetto utile che sfrutta la pompa di calore è la potenza termica ceduta dal condensatore, a disegno  $W_{tc}$ . Va da se che essendo  $W_{tc}$  direttamente proporzionale alla differenza di entalpia ai capi del condensatore, più alta sarà la differenza di temperatura in quei punti più alto sarà la potenza termica che riuscirò a cedere. L'idea geniale delle pompe di calore sta nel fluido di lavoro utilizzato, solitamente R134A, che ha una temperatura di evaporazione di  $-26,3$  °C; così facendo posso utilizzare una sorgente a temperatura ambiente per fare evaporare il fluido alzando di molto il suo contenuto entalpico che ne determinerà in seguito la potenza termica scambiata. A questo punto il fluido refrigerante è in grado di cedere molto calore una volta nel condensatore, anche sotto  $\Delta T$  modesti proprio per via del fatto che si trova in transizione di fase. Da qui discende il principio di funzionamento del geotermico: vengono fatti degli scavi e si interrano delle tubazioni percorse da fluido refrigerante ad una profondità tale da trovare, acqua in temperatura o assorbire l'energia termica presente nel sottosuolo ( lato evaporatore dello schema pompa di calore), il fluido evapora e viene in seguito compresso (compressore assorbe energia elettrica dalla rete) e cede poi calore evaporando ad un altro gruppo di tubazione che altro non sono che il circuito di distribuzione del fabbricato da riscaldare. Operando in questa maniera si riuscirebbe a fornire l'energia termica necessaria all'acqua di alimento dei terminali di emissione dell'immobile sfruttando l'energia termica presente nel sottosuolo, con il solo consumo di energia elettrica, che viene considerata dalla legge un tipo di energia più pulita del metano dando quindi anche la possibilità di ulteriori sgravi fiscali in bolletta. Come sempre però, questa analisi è da eseguirsi da una prospettiva più ampia, il discorso geotermico va cioè contestualizzato in relazione all'area in cui operiamo e al tipo di edifici che dobbiamo andare a riqualificare. Tutti gli edifici su cui è stata operata la riqualificazione, è importante precisarlo, risalgono agli anni '50, pertanto hanno impianti di distribuzione obsoleti con montanti correnti nell'intercapedine dei muri, pareti esterne molto spesso e formate da solo mattoni e intonaco senza alcun tipo di cappotto. A tal proposito viene qui di seguito riportato un estratto dello studio da me eseguito per un cliente relativo alla scelta tra geotermia e generatore a condensazione, per il condominio di Via Belisario 9. "L'eventuale impianto geotermico permette di sfruttare l'energia contenuta nella falda acquifera sotterranea (circa 100 m) per produrre calore utile al fabbisogno di energia termica per il riscaldamento invernale dello stabile sopraccitato, mediante la posa di un numero X di sonde nel terreno, all'utilizzo di una pompa di calore di opportuna grandezza da allacciarsi alla rete elettrica e

all'installazione di uno o più serbatoi di accumulo termico. L'acqua nella falda acquifera sotterranea di Milano varia in base a zona e profondità alla quale viene estratta e più genericamente dalle caratteristiche del terreno sul quale l'edificio posa.

Una volta completato, questo tipo di impianto ha dei costi di manutenzione praticamente nulli in quanto non si ha presenza di una reazione di combustione di una canna fumaria da revisionare periodicamente, vi è inoltre un risparmio di circa il 40% rispetto alle caldaie a condensazione a metano in quanto viene consumata solo l'energia elettrica necessaria al funzionamento della pompa di calore. Inoltre la vita utile delle sonde posate nel terreno è di circa 80 anni, quella delle pompe di calore di 15 anni.

Il dimensionamento dell'impianto, e quindi della pompa di calore e del numero di sonde da posizionare nel sottosuolo, dipenderà dal fabbisogno energetico da soddisfare per il riscaldamento invernale dell'edificio e dalla temperatura alla quale sarà disponibile l'acqua della falda sotterranea.

Il grosso dei lavori consta quindi nelle opere di scavo, nell'analisi del terreno e nella posa delle sonde in polietilene. Per questo motivo il Geotermico è un'ipotesi da prendere in seria considerazione soprattutto nei casi di costruzione ex novo dello stabile. Lo stato dell'arte della tecnologia permette però di effettuare gli scavi anche con altezze a disposizione per le macchine molto ridotte come nei garage dello stabile a 3m circa). Anche per impianti esistenti si hanno quindi dei benefici nell'adozione del geotermico, con salti di classe energetica dalla E fino alla C.

Bisogna però considerare le condizioni al contorno con le quali è economicamente conveniente andare ad effettuare questo oneroso investimento. Considerando che la temperatura della falda acquifera di Milano è mediamente pari a 20°C, le condizioni necessarie all'installazione di un impianto geotermico adibito al riscaldamento invernale/climatizzazione estiva:

1. Adozione di pannelli radianti a parete, pavimento o soffitto come sistema di emissione nelle singole unità immobiliari facenti parte dell'edificio  
Dalla termodinamica sappiamo che  $Q=U*S*\Delta T$ , il che significa che la potenza termica scambiata è pari al prodotto del coefficiente di scambio termico ( $W/°C*m^2$ ) per la differenza di temperatura dei due mezzi tra cui avviene lo scambio di calore ( $°C$ ), per la superficie scambiante della sorgente ( $m^2$ ); si evince quindi che se aumento la superficie che di scambio termico posso fornire la stessa quantità di calore a fronte di una differenza di temperatura inferiore. I pannelli radianti sfruttano una maggiore superficie disperdente rispetto ai classici radiatori e hanno quindi il pregio di avere temperature di esercizio (dell'acqua di mandata) di circa 30°C, facili da fornire con la pompa di calore.  
Anche con terminali di emissione come i radiatori può essere usato il riscaldamento attraverso impianto geotermico, bisognerebbe però fornire

acqua ai radiatori ad una temperatura di 70°C il che comporterebbe l'adozione di una pompa di calore di potenzialità pressoché doppia perdendo quindi i benefici legati al risparmio energetico.

2. Rivestimento dell'edificio con un cappotto

Questo lavoro di riqualificazione diventa necessario per non andare a vanificare gli sforzi fatti fornendo energia a basso impatto ambientale. In caso contrario bisognerebbe come nel caso sopra citato andare a fornire un'energia termica più grande di quella effettivamente necessaria a sopperire al fabbisogno termico del palazzo, il che è ottenibile solo aumentando la potenza della pompa di calore ed eventualmente il numero delle sonde e quindi il costo degli scavi, sempre che la tipologia del terreno e lo spazio a disposizione lo permettano, cosa non realizzabile a Milano. Inoltre munire di cappotto un edificio della tipologia da noi adottati per la riqualificazione ha dei costi che rendono l'intervento impraticabile.

3. Riqualificazione energetica dello stabile e sostituzione dell'attuale sistema di generazione dell'energia termica

Come precedentemente detto i costi da sostenere per analisi del terreno, scavi e posa sonde sono importanti e variano di molto a seconda della disponibilità di spazio, della modalità di captazione del calore (da acqua o da terreno, verticale o orizzontale), dalla temperatura alla quale si trova la sorgente primaria di calore (acqua di falda), dal numero di sonde da installare e dalla potenzialità della pompa di calore adottata. Questi costi sono giustificati dal risparmio energetico e dal conseguente ottenimento di un'alta classe energetica. Per uno stabile esistente si valuta l'installazione di questo tipo di impianto quando vi è la necessità di eseguire una riqualificazione energetica dello stabile stesso, in particolare quando si va a sostituire la ormai obsoleta caldaia a gasolio. A questo punto si hanno 2 scelte: l'installazione di una caldaia a condensazione o il riscaldamento attraverso impianto geotermico. Il rientro sull'extra costo dovuto all'installazione del geotermico anziché la caldaia a condensazione avviene tra i 4 e i 6 anni.

Nel condominio in oggetto non è presente cappotto esterno ma solo ed esclusivamente pareti che con stratigrafia composta da intonaco per uno spessore di 115mm e mattoni pieni per uno spessore di 450mm; inoltre l'impianto di emissione è composto da radiatori e non da pannelli radianti, rimuovere i radiatori per installare dei pannelli sotto il pavimento ha del fantascientifico in termini di tempistiche, di costi e di disagio creato agli abitanti dei singoli subalterni.

In conclusione, da quanto finora esposto e per le condizioni urbanistico-climatico in cui il fabbricato è sito, risulta più che evidente che l'adozione di un impianto geotermico risulterebbe non efficiente dal punto di vista energetico

(vedi punti 1 e 2) oltre ad allungare i tempi di rientro sull'investimento senza avere un reale benefit in termini di risparmio energetico (vedi punto 3).

### 4.3.1 La caldaia a condensazione

La scelta impiantistica per quanto riguarda la generazione del calore ricade quindi sulla caldaia a condensazione, a seguire si fornisce lo schema di funzionamento e vengono illustrati i principi termodinamici che vi sono alla base.

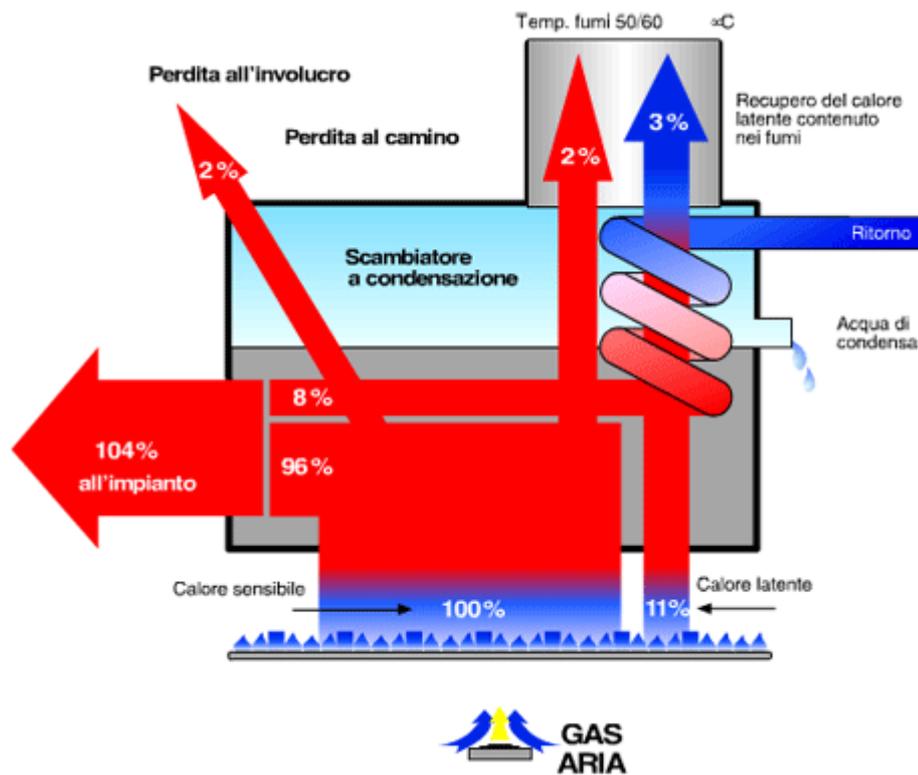


Figura 4. 2 Principio di funzionamento caldaia a condensazione

A disegno si vede come la sezione di caldaia in cui avviene la combustione non ha nulla di diverso da una normale caldaia, viene immessa una certa portata d'aria  $\alpha$ , e una certa portata di metano  $m_{comb}$ , il bruciatore provvede a far

avvenire la combustione che andrà a scaldare l'acqua di alimento della caldaia producendo quindi il calore necessario a scaldare le unità abitative.

Il calore ceduto dal gas combusto durante il raffreddamento e la successiva condensazione viene utilizzato per preriscaldare l'acqua di alimento della caldaia. In una caldaia tradizionale il vapore acqueo generato dal processo di combustione viene disperso in atmosfera attraverso il camino, la quantità di calore in esso contenuta rappresenta l'11% dell'energia liberata dalla combustione. La caldaia a condensazione, invece, può recuperare gran parte del calore latente dei fumi espulsi con il camino. . Tra il corpo caldaia e il camino viene però interposto uno scambiatore a condensazione, il quale sfrutta tutto il calore residuo presente nei gas combusti, la particolare tecnologia della condensazione consente infatti di raffreddare i fumi fino a farli tornare allo stato di liquido saturo (o in taluni casi a vapore umido), andando poi ad utilizzare il calore recuperato per preriscaldare l'acqua di alimento della caldaia. In questo modo la temperatura dei fumi di uscita (che si abbassa fino a 30 °C) è prossima alla temperatura di mandata dell'acqua (con scambiatori particolarmente performanti anche meno), inferiore ai 140~160 °C dei generatori ad alto rendimento e ai 200~250 °C dei generatori tradizionali. Per poter lavorare con temperature dei fumi così basse è però necessario dotare le caldaie a condensazione di scambiatori di calore e camini realizzati con metalli resistenti all'acidità contenuta nelle condense.

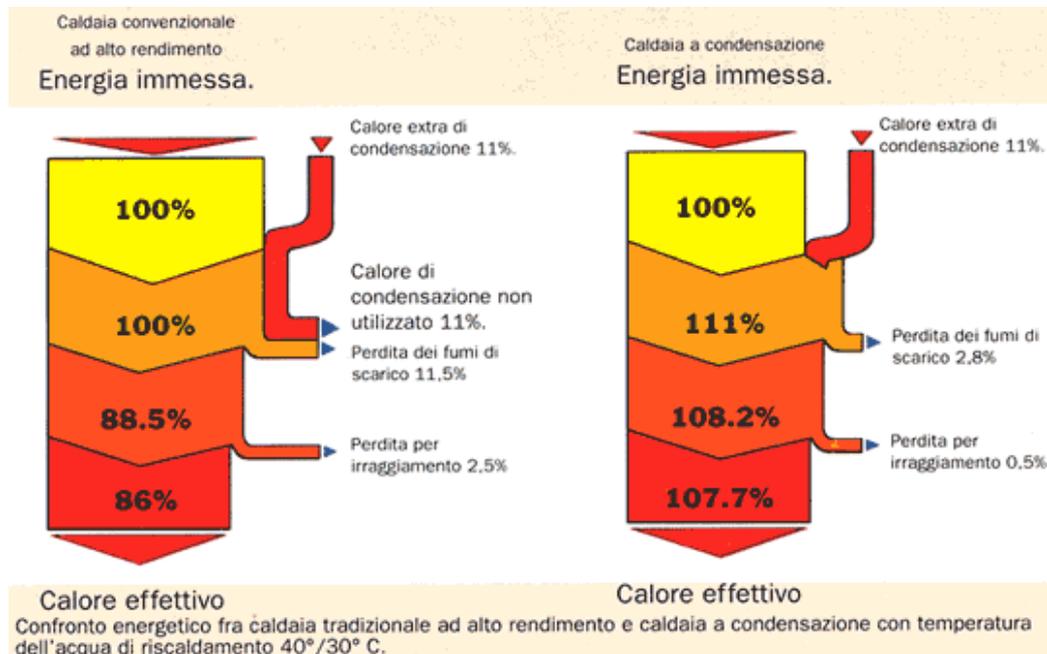


Figura 4. 3 Perdite di potenza termica caldaia tradizionale vs condensazione

Per produrre la quantità di calore necessaria a scaldare l'edificio avrà bisogno di portare l'acqua ad una certa temperatura ovvero dovrà essere ceduto all'acqua una quantità di calore pari a  $Q = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T_{H_2O}$ , questa quantità di calore  $Q$  deve essere fornita all'acqua dall'energia sprigionata dal combustibile quindi  $Q = m_{comb} \cdot H_{inf}$ , dove  $H_{inf}$  è il potere calorifico inferiore del metano pari a circa 50 MJ/Kg. Con la condensazione del gas combusto riusciamo a preriscaldare l'acqua di alimento della caldaia, il che fa sì che il  $\Delta T_{H_2O}$  diminuisca, facendo di conseguenza diminuire la quantità di calore da produrre bruciando il metano, che tradotto comporta un risparmio di combustibile e quindi di denaro. Dato che la quantità di combustibile da immettere in camera di combustione non è costante, il bruciatore della caldaia è di tipo modulante e permette quindi di variare di volta in volta la quantità di calore prodotto dalla combustione del metano

Inoltre le caldaie a condensazione adottate per riqualificare gli stabili trattati in questo elaborato di tesi, presentano un bruciatore di tipo premiscelato che ha il vantaggio di mantenere costante il valore di anidride carbonica presente nei fumi al variare della potenza del bruciatore e di avere ridotte emissioni di monossido di carbonio e di  $NO_x$ . Con tale assetto è costante la temperatura di condensazione del vapore acqueo nei fumi, circa 54 °C. Se la caldaia a condensazione non avesse il bruciatore premiscelato, al diminuire della potenza (modulazione di fiamma) si presenterebbe il rischio di avere la diminuzione del punto di condensazione del vapor d'acqua rendendo di fatto impossibile la condensazione dei fumi e di conseguenza il recupero del calore latente.

I fumi scaricati a bassa temperatura non permettono inoltre il tiraggio naturale del camino e vanno espulsi grazie al ventilatore inserito a monte del bruciatore; abbiamo quindi una linea fumi in pressione che deve essere a tenuta.

Gli scambiatori di calore devono essere resistenti alle condense acide (pH 4-5) che si formano raffreddando i fumi. I metalli principalmente usati sono acciaio Inox e lega alluminio-silicio, con eventualmente magnesio. Al giorno d'oggi entrambe le tipologie di scambiatori hanno raggiunto performance molto elevate ed i motivi di preferenza sono legati ad abitudine, manutenzione, costo, durata. L'acciaio inox utilizzato è del tipo AISI 304L o AISI 316L in quanto il metallo deve avere sia elevato scambio termico sia elevata resistenza alla corrosione in ambienti acidi. I vantaggi dell'utilizzo dell'acciaio inossidabile sono legati alla facile lavorazione, al prezzo vantaggioso e al ridotto peso specifico, di contro abbiamo che l'acciaio deve essere saldato con procedimenti che ne mantengano inalterate le caratteristiche.

D'altro canto la lega di alluminio silicio è una fusione e si ottengono degli elementi che assieme compongono il corpo caldaia. Tale lega è discretamente resistente alla corrosione acida e viene quindi intaccata in minima parte nella vita di una caldaia. Vantaggi: massimi rendimenti, elevatissima resistenza agli

shock termici e dilatazioni, a sfavore del suo utilizzo si ha che è una lega costosa e patisce ambienti basici.

Il rendimento di caldaia è funzione decrescente della temperatura dell'acqua di alimento che verrà scaldate attraverso la condensazione dei fumi: più è bassa, più il rendimento è alto, poiché a basse temperature dell'acqua, aumenta la condensazione dei fumi; è funzione decrescente anche della temperatura dell'acqua di ritorno.

Viste le temperature dei fumi le caldaie a condensazione possono utilizzare canne fumarie in polipropilene saturo (PPS), la miglior soluzione per evitare la corrosione dovuta alla condensa. Possono essere utilizzate anche tubazioni in acciaio inox idonee all'umido (designazione = WET), oppure tubazioni in alluminio speciale. Esse necessitano anche di un tubo per lo scarico dell'acqua di condensa che si forma durante il funzionamento e che convoglia detta condensa in una vaschetta, detta pozzetto di raccolta della condensa. La norma UNI 11071 ("Criteri di progettazione, d'installazione, di messa in servizio e di manutenzione degli impianti domestici e similari che utilizzano gas combustibili, asserviti ad apparecchi a condensazione ed affini di portata termica nominale non maggiore di 35 kW"), prevede la presenza di due impianti di smaltimento:

- uno per eliminare la condensa proveniente dalla caldaia,
- uno per eliminare la condensa proveniente dal sistema di scarico dei fumi.

Nella norma è scritto che le caldaie con potenza al focolare inferiore a 35 kW (domestiche) possono scaricare in fogna senza dover neutralizzare l'acidità dei fumi.

In merito alle caratteristiche della condensa scaricata nei sistemi di raccolta, ci si deve riferire sempre alla norma UNI 11071, che regola appunto anche le caratteristiche degli scarichi per caldaie con potenza inferiore a 35 kW di modo che essi rientrino entro i limiti di legge indicati nei Dlgs 155/1999 e Dlgs 258/2000 per lo scarico in acque superficiali.

Nella UNI 11071 si distinguono i due seguenti casi:

- Installazione di una caldaia in un locale per uso abitativo: per utilizzi civili non si rendono necessari particolari accorgimenti essendo i condensati abbondantemente neutralizzati dai prodotti dei lavaggio e degli altri scarichi domestici (tali scarichi infatti possiedono una notevole basicità ed inoltre hanno la capacità di formare nelle condutture dei depositi con proprietà tampone rispetto agli acidi).
- Per le caldaie di Portata termica nominale superiore ai 35 kW è necessario far riferimento alle indicazioni previste dalla norma tecnica UNI11528:2014. Tale norma prevede che per gli impianti di portata termica nominale maggiore di 200 kW è sempre necessario il trattamento di neutralizzazione; per gli impianti di portata termica nominale maggiore di 35 kW e non maggiore di 200 kW viene invece fatta una

distinzione in relazione alla destinazione d'uso dell'impianto: nell'ambito residenziale va fatto riferimento al numero di appartamenti serviti, mentre in quello non residenziale al numero di utilizzatori.

In termini di vantaggi rispetto all'installazione di una caldaia tradizionale si ha che:

- Si raggiungono risparmi nell'ordine del 15-20% sulla fornitura di acqua calda a 30-35°C (pannelli radianti a pavimento)
- Accoppiata a vecchi impianti preesistenti funzionanti a radiatori con acqua calda a 70-80 °C, il risparmio energetico raggiunge circa il 10%.
- Le prestazioni migliori sono quelle a carico parziale, ovvero il riscaldamento di un edificio, dove con radiatori tradizionali consentono risparmi del 25~30%,.
- Quando si sostituisce una caldaia tradizionale con una a condensazione è possibile sceglierne una di potenza nominale minore. Se si completa il sistema con l'integrazione di pannelli solari termici è possibile ottenere risparmi maggiori di combustibile.
- Si deve sempre considerare che una caldaia a condensazione ha un rendimento minimo del 97-98% ed uno massimo del 106-108% (tale rendimento può superare 100, con un massimo di circa 111, essendo convenzionalmente definito in riferimento al Potere Calorifico Inferiore) mentre una caldaia tradizionale ha un rendimento massimo del 93-94%. Nella modulazione ai carichi parziali la forbice tra i due rendimenti si dilata fino al 20% poiché il rendimento delle caldaie a condensazione aumenta mentre il rendimento delle caldaie tradizionali diminuisce sensibilmente causa la non perfetta miscela aria-gas data l'assenza di una combustione premiscelata.
- Le caldaie a condensazione con bruciatore premiscelato consentono una modulazione maggiore rispetto alle caldaie tradizionali

Tali informazioni sono naturalmente indicative in quanto il risparmio ottenibile è dipendente dalla tipologia e bontà della caldaia precedentemente installata, nonché dell'impianto di distribuzione ed emissione del calore.

#### **4.4 Operazioni di riqualificazione**

Viene ora illustrato nel dettaglio quelle che sono state le operazioni di riqualificazione per il locale centrale termica e per le singole unità abitative. Preso atto che tutti i nostri edifici risalgono agli anni '50 e possiedono quindi comuni caratteristiche come assenza dell'isolamento per le pareti esterne, impianto di distribuzione verticale con colonne montanti correnti nell'intercapedine dei muri, generazione di calore per mezzo di caldaia

tradizionale a gasolio e impianto di emissione del calore costituito da radiatori a parete, si è deciso di procedere per brevità all'analisi della riqualificazione di un solo fabbricato (Via Belisario 9), essendo il modello seguito identico per tutte le operazioni di riqualificazione presenti in questo elaborato.

La riqualificazione prevede come primo passo l'installazione della termoregolazione in ognuno dei subalterni componenti lo stabile oggetto dei lavori. Con il termine termoregolazione si intende la possibilità per ogni unità abitativa di poter variare, negli orari di funzionamento dell'impianto termico centralizzato, la quantità di calore ceduta dai singoli corpi scaldanti, andando quindi ad effettuare una regolazione climatica sulla singola zona (intesa come area servita dal singolo radiatore).

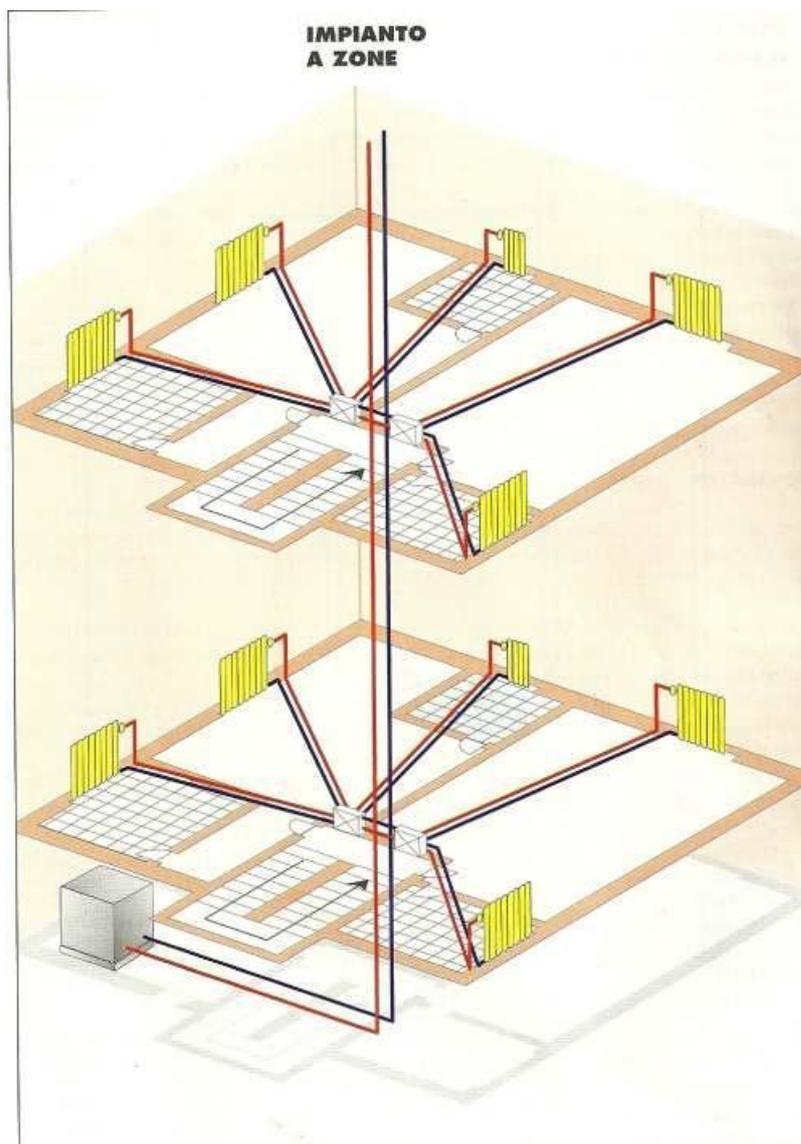
Sul terminale di emissione la termoregolazione è resa possibile dall'installazione di una valvola termostatica come quella illustrata in figura



**Figura 4. 4**Testa termostatica Honeywell

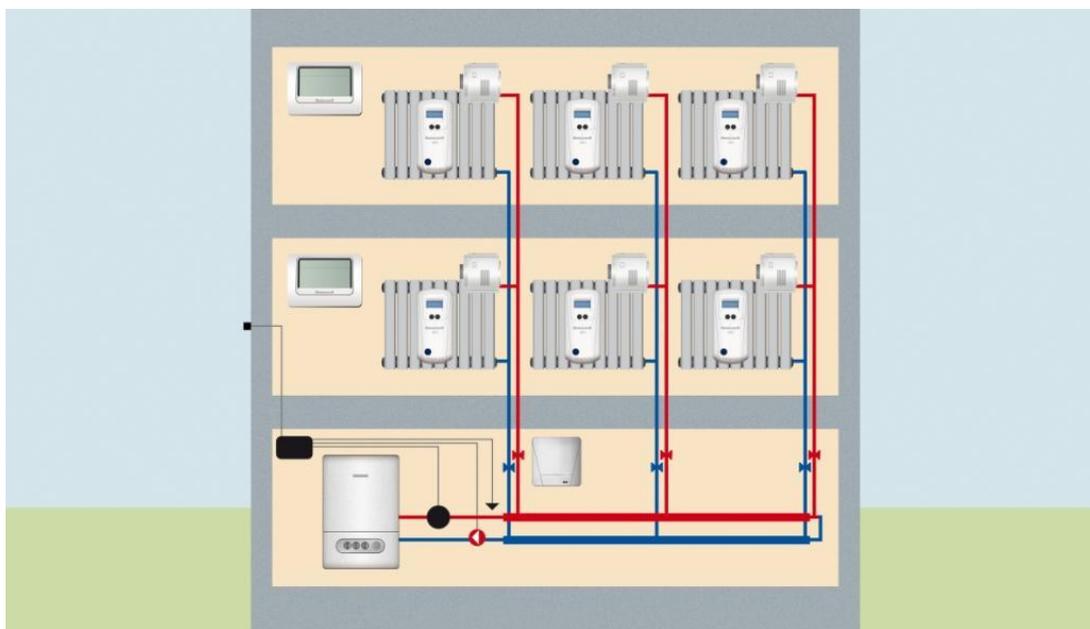
Funziona meccanicamente come una normale valvola, all'interno è dotata di un setto mobile che va a variare la sezione di passaggio dell'acqua in mandata del radiatore fino a poterla chiudere del tutto. La novità sta nel fatto che queste hanno al loro interno un liquido termosensibile che al variare della temperatura può espandersi o contrarsi andando ad agire sul setto aprendolo o chiudendolo,

aumentando la portata d'acqua calda fluente nel radiatore e di conseguenza la quantità di calore immesso nell'ambiente ( $Q=m_{H_2O} \cdot c_p \cdot \Delta T$ ) a pari differenza di temperatura tra mandata e ritorno del radiatore variando la portata di fluido termovettore si riesce a variare la quantità di calore ceduto. Quello che avviene, sostanzialmente, è la gestione autonoma della temperatura di ogni zona dell'immobile durante gli orari di funzionamento della centrale termica. Dato che il consumo è a discrezione dell'utente vi è la necessità di quantificarlo. A questo scopo bisogna distinguere tra impianto di distribuzione centralizzato a colonne montanti e quello ad anello chiuso. Quest'ultimo è di seguito illustrato



**Figura 4. 5 Impianto di distribuzione centralizzato ad anello chiuso**

Ad ogni piano e per ogni subalterno è presente una scatola di derivazione o satellite che intercetta la distribuzione principale e va a fornire l'acqua calda necessaria alle singole unità abitative. In questa maniera è possibile conoscere il consumo di ogni subalterno installando un semplice conta calorie sulla mandata di ognuna delle scatole di derivazione, essendo questa una misura diretta dell'energia consumata si parla di contabilizzazione diretta del calore. Per un impianto centralizzato con distribuzione a colonne montanti invece abbiamo:



**Figura 4. 6 Impianto di distribuzione centralizzato a colonne montanti**

Come si può vedere in figura, non vi è alcun anello chiuso che fornisce acqua calda per al singolo subalterno, bensì colonne montanti che si “staccano” dalla mandata principale e vanno a servire lo stesso radiatore su tutti i piani dello stabile, è facilmente comprensibile che una contabilizzazione come quella precedentemente illustrata sia inutile allo scopo di capire il consumo energetico della singola unità. Si opera quindi un tipo di contabilizzazione indiretto che è reso possibile dall’installazione dei ripartitori di calore su ognuno dei radiatori a parete presenti nel subalterno i-esimo.

Per i nostri impianti sono stati utilizzati ripartitori di calore Honeywell



**Figura 4. 7 Ripartitore di calore Honeywell**

Questo tipo di ripartitore è dotato di 2 sensori uno sul fronte che misura la temperatura lato ambiente e uno sul retro che misura la temperatura del radiatore. Attraverso il software al loro interno il singolo ripartitore è in grado di fornire una misura indiretta del calore consumato dal radiatore sul quale è installato, tenendo conto della geometria e del materiale del radiatore stesso attraverso il coefficiente  $k$  illustrato nel capitolo 3.

Nel caso di contabilizzazione indiretta quindi, è stato tenuto conto di:

- Rilievo di tutti i corpi scaldanti installati nelle utenze e determinazione della loro potenza termica;
- Dettaglio d'installazione dei dispositivi di contabilizzazione (posizione sul radiatore, tipo di sensore, tipo lettura);
- Tipo di termoregolazione negli ambienti secondo quanto previsto dalla legislazione vigente;
- Il dimensionamento della pompa di circolazione atta a garantire le portate di progetto in relazione al tipo di valvola di regolazione adottata;
- La formulazione del prospetto di divisione delle spese (illustrato nel precedente capitolo).

Inoltre, in considerazione delle disposizioni regolamentari vigenti che, per edifici con generatore di calore a combustione superiore a 35 KW prescrivono l'adozione di generatore di calore a condensazione e valvole termostatiche, nella progettazione per l'i-esimo fabbricato riqualificato è stato tenuto curato l'ottenimento dei migliori rendimenti, in particolari quelli di generazione e regolazione.

Ai fini della determinazione dei rendimenti di generazione e regolazione, in un impianto con generatore a condensazione e valvole termostatiche, si è proceduto attraverso:

- Il calcolo della temperatura di mandata del generatore di calore tale da stabilire la temperatura di ritorno di progetto;
- Il calcolo dell'ampiezza della banda proporzionale di regolazione, utilizzando valvole termostatiche.

Ricordando che (vedi capitolo 4.3.1) tanto più bassa è la temperatura di ritorno del fluido termovettore in caldaia, tanto maggiore sarà il rendimento stagionale medio di produzione del generatore, il procedimento utilizzato per il calcolo della temperatura di mandata mensile è il seguente

$$T_a = T_m + \frac{(T_a - T_r)}{2} = 2T_m - T_r \quad \text{dove :}$$

- $T_a$  è la temperatura di mandata da determinare ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $T_m$  è la temperatura media del fluido termovettore ( $^{\circ}\text{C}$ );
- $T_r$  è la temperatura di ritorno al generatore di calore impostata dal progettista ( $^{\circ}\text{C}$ );

per impianti in funzione di continuo, la condizione necessaria per permettere ai corpi scaldanti di erogare l'energia per la climatizzazione invernale e per utilizzare al meglio la combinazione generatori a condensazione-valvole termostatiche, è che la temperatura media del fluido termovettore sia:

$$T_m = T_{\text{amb}} + (\Phi_m / \Phi_n)^{1/n} + \Delta T_n \quad \text{dove:}$$

- $\Phi_m = Q_p / t_p$  ;
- $T_{\text{amb}}$  è la temperatura ambiente pari a  $20^{\circ}\text{C}$ ;
- $\Phi_n$  è la potenza termica nominale dei corpi scaldanti installati (W);
- $\Phi_m$  è la potenza media mensile erogata dal generatore di calore (W);
- $Q_p$  è il calore prodotto mensilmente dal generatore di calore ed introdotto nella rete di distribuzione (J);
- $t_p$  è la durata del periodo di erogazione su base mensile pari a 50400 s (14 h/gg) moltiplicati per il numero dei giorni del mese (s);
- $\Delta T_n$  è la differenza di temperatura nominale fra colpo scaldante e ambiente ( $50^{\circ}\text{C}$ );
- L'esponente n vale 1,30 per corpi scaldanti a convezione naturale.

Fatto ciò, sono stati inseriti nel software di calcolo EC700 tutti i dati relativi alle strutture disperdenti trasparente e opache, alle ombre, ai ponti termici e via discorrendo come illustrato ampiamente nel capitolo 3.

## DATI CLIMATICI DELLA LOCALITÀ

### Caratteristiche geografiche

Località	<i>MILANO</i>
Provincia	<i>Milano</i>
Altitudine s.l.m.	<i>122 m</i>
Latitudine nord <i>45° 27'</i>	Longitudine est <i>9° 11'</i>
Gradi giorno	<i>2404</i>
Zona climatica	<i>E</i>

### Località di riferimento

per la temperatura	<i>MILANO</i>
per l'irradiazione	I località: <i>MILANO</i>
II località:	<i>PAVIA</i>
per il vento	<i>MILANO</i>

### Caratteristiche del vento

Regione di vento:	<i>A</i>
Direzione prevalente	<i>Sud-Ovest</i>
Distanza dal mare	<i>&gt; 40 km</i>
Velocità media del vento	<i>1,1 m/s</i>
Velocità massima del vento	<i>2,2 m/s</i>

### Dati invernali

Temperatura esterna di progetto	<i>-5,0 °C</i>
Stagione di riscaldamento convenzionale	<i>dal 15 ottobre al 15 aprile</i>

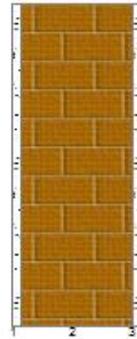
### Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto	<i>32,0°C</i>
Temperatura esterna bulbo umido	<i>23,1°C</i>
Umidità relativa	<i>48,0 %</i>
Escursione termica giornaliera	<i>12°C</i>

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI  
secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

**Descrizione della struttura: sottofinestra 30**

Trasmittanza termica	<b>2,400</b>	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	<b>200</b>	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	<b>-5,0</b>	°C
Permeanza	<b>134,2</b>	10 <sup>-7</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	<b>28</b>	
Massa superficiale (senza intonaci)	<b>388</b>	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	<b>1,160</b>	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	<b>0,483</b>	-
Sfasamento onda termica	<b>-6,2</b>	h



N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M. V.	C. T.	R. V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
2	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	170,00	0,990	0,172	2000	0,84	7
3	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
-	Resistenza	-	-	0,0	-	-	-

	superfici ale esterna			77			
--	--------------------------	--	--	----	--	--	--

### Legenda simboli

s	Spessore	mm
Con d.	Conduktività termica, comprensiva di eventuale maggiorazione	W/mK
R	Resistenza termica	m <sup>2</sup> K/W
M. V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V .	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

### Descrizione della struttura: *porta ingresso*

Trasmittanza termica	1,478	W/m <sup>2</sup> K
Spessore	50	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	0,0	°C
Permeanza	6,221	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	23	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	23	kg/m <sup>2</sup>
Trasmittanza periodica	1,339	W/m <sup>2</sup> K
Fattore attenuazione	0,906	-
Sfasamento onda termica	-2,4	h



Stratigrafia:

N	Descrizione strato	s	Cond	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	50,00	0,120	0,417	450	2,70	643
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

**Descrizione della struttura:** *porta ingresso*

La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.  
 La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.  
 La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

**Condizioni al contorno**

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0** °C

Umidità relativa interna costante, pari a **65** %

**Verifica criticità di condensa superficiale**

Verifica condensa superficiale ( $f_{RSI,max} < f_{RSI}$ ) **Negativa**

Mese critico **gennaio**

Fattore di temperatura del mese critico  $f_{RSI,m}$  **0,774**

Fattore di temperatura del componente  $f_{RSI}$  **0,727**

Umidità relativa superficiale accettabile **80** %

**Verifica del rischio di condensa interstiziale**

Non si verifica Formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI TS 11300-1 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

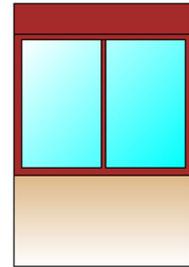
Descrizione della finestra: *stanza*

### Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento		<i>Singolo</i>	
Classe di permeabilità		<i>Senza classificazione</i>	
Trasmittanza termica	$U_w$	<i>2,689</i>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<i>2,761</i>	W/m <sup>2</sup> K

### Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<i>0,837</i>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\text{ inv}}$	<i>1,00</i>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\text{ est}}$	<i>1,00</i>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<i>0,850</i>	-



### Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<i>0,12</i>	m <sup>2</sup> K/W
Ore giornaliere di chiusura		<i>12,0</i>	h

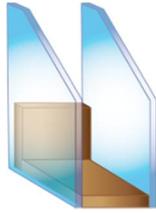
### Dimensioni del serramento

Larghezza		<i>175,0</i>	cm
Altezza		<i>140,0</i>	cm

### Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<i>3,20</i>	W/m <sup>2</sup> K
Area totale	$A_w$	<i>2,450</i>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<i>1,981</i>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<i>0,469</i>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<i>0,81</i>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<i>8,200</i>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<i>6,300</i>	m

### Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	$\lambda$	R	Kd	
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	
Primo vetro	0,4	1,00	0,000	-	
Intercapedine	-	-	0,154	0,08	
Secondo vetro	0,4	1,00	0,000	-	
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,077	-	

#### Legenda simboli

s	Spessore mm
$\lambda$	Conduttività termica W/mK
R	Resistenza termica m <sup>2</sup> K/W
Kd	K distanziale W/mK

#### Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U 2,657 W/m<sup>2</sup>K

#### Cassonetto

Struttura opaca associata	M3	cassonetto
Trasmittanza termica	U	2,186 W/m <sup>2</sup> K
Altezza	H <sub>cass</sub>	30,0 cm
Profondità	P <sub>cass</sub>	15,0 cm
Area frontale		0,52 m <sup>2</sup>

#### Muro sottofinestra

Struttura opaca associata	M1	sottofinestra 30
Trasmittanza termica	U	2,400 W/m <sup>2</sup> K
Altezza	H <sub>sott</sub>	90,0 cm
Area		1,58 m <sup>2</sup>

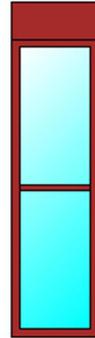
## Descrizione della finestra: cucina

### Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento		<i>Singolo</i>	
Classe di permeabilità		<i>Senza classificazione</i>	
Trasmittanza termica	$U_w$	<b>2,751</b>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza solo vetro	$U_g$	<b>2,761</b>	W/m <sup>2</sup> K

### Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	$\epsilon$	<b>0,837</b>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<b>1,00</b>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<b>1,00</b>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<b>0,850</b>	-



### Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<b>0,12</b>	m <sup>2</sup> K/W
Ore giornaliere di chiusura		<b>12,0</b>	h

### Dimensioni del serramento

Larghezza		<b>70,0</b>	cm
Altezza		<b>240,0</b>	cm

## Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	$U_f$	<b>3,20</b>	W/m <sup>2</sup> K
Area totale	$A_w$	<b>1,680</b>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<b>1,243</b>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<b>0,437</b>	m <sup>2</sup>
Fattore di forma	$F_f$	<b>0,74</b>	-
Perimetro vetro	$L_g$	<b>6,680</b>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<b>6,200</b>	m

### Stratigrafia del pacchetto vetrato



Vengono di seguito riportati i risultati ottenuti per il fabbricato oggetto della riqualificazione

### RIASSUNTO DISPERSIONI DELLE ZONE

Dati geometrici delle zone termiche:

Zona	Descrizione	V [m <sup>3</sup> ]	V <sub>netto</sub> [m <sup>3</sup> ]	S <sub>u</sub> [m <sup>2</sup> ]	S <sub>lorda</sub> [m <sup>2</sup> ]	S [m <sup>2</sup> ]	S/V [-]
1	sub2	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
2	sub3	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
3	sub4	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
5	sub5	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
6	sub6	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
7	sub8	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
8	sub9	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
9	sub7	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
10	sub10	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
11	sub11	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
12	sub12	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
13	sub13	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
14	sub14	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
15	sub15	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
16	sub16	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
17	sub 17	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
18	sub 18	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
19	sub 19	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
20	sub 20	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
21	sub 21	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
22	sub 22	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
23	sub 23	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
24	sub 24	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
25	sub 25	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
26	sub 26	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
27	sub 27	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
28	sub 28	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
29	sub 29	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
30	sub 30	126,32	95,00	32,76	43,56	37,12	0,29
31	sub 31	146,04	126,15	43,50	50,36	39,73	0,27
32	sub 32	200,97	165,65	57,12	69,30	50,46	0,25
33	sub 33	182,70	157,24	54,22	63,00	44,66	0,24
34	sub 34	656,04	544,04	187,60	226,22	359,57	0,55
35	sub 38	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
36	sub 39	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
37	sub 40	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24

38	sub 41	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
39	sub 42	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
40	sub 43	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
41	sub 44	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
42	sub 45	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
43	sub 46	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
44	sub 47	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
45	sub 48	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
46	sub 49	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
47	sub 50	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
48	sub 51	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
49	sub 52	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
50	sub 53	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
51	sub 54	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
52	sub 55	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
53	sub 56	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
54	sub 57	369,90	319,73	110,25	127,55	106,12	0,29
55	sub 58	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
56	sub 59	173,07	150,39	51,86	59,68	31,30	0,18
57	sub 60	369,90	319,73	110,25	127,55	104,40	0,28
58	sub 61	257,46	221,68	76,44	88,78	60,90	0,24
59	sub 62	385,70	359,60	124,00	133,00	236,52	0,61
60	sub 63	385,70	321,20	110,76	133,00	205,88	0,53
61	sub37	284,20	255,32	88,04	98,70	188,38	0,66
62	sub38	241,57	215,76	74,40	83,30	148,14	0,61
63	sub35 custode	129,34	111,19	38,34	44,60	79,81	0,62
64	ufficio1 scala A	270,05	237,10	81,76	93,12	158,03	0,59
65	ufficio2 scala A	404,93	369,66	127,47	139,63	224,33	0,55
66	ufficio3 scala A	185,77	148,07	51,06	64,06	116,89	0,63

#### Fabbisogno di potenza delle zone termiche

Zona	Descrizione	$\Phi_{tr}$ [W]	$\Phi_{ve}$ [W]	$\Phi_{rh}$ [W]	$\Phi_{hl}$ [W]	$\Phi_{hl sic}$ [W]
1	sub2	1962	396	0	2358	2358
2	sub3	2424	526	0	2950	2950
3	sub4	3000	690	0	3690	3690
5	sub5	2422	655	0	3077	3077
6	sub6	1962	396	0	2358	2358
7	sub8	3000	690	0	3690	3690
8	sub9	2422	655	0	3077	3077
9	sub7	2424	526	0	2950	2950
10	sub10	1962	396	0	2358	2358
11	sub11	2424	526	0	2950	2950
12	sub12	3000	690	0	3690	3690

13	sub13	2422	655	0	3077	3077
14	sub14	1962	396	0	2358	2358
15	sub15	2424	526	0	2950	2950
16	sub16	3000	690	0	3690	3690
17	sub 17	2422	655	0	3077	3077
18	sub 18	1962	396	0	2358	2358
19	sub 19	2424	526	0	2950	2950
20	sub 20	3000	690	0	3690	3690
21	sub 21	2422	655	0	3077	3077
22	sub 22	1962	396	0	2358	2358
23	sub 23	2424	526	0	2950	2950
24	sub 24	3000	690	0	3690	3690
25	sub 25	2422	655	0	3077	3077
26	sub 26	1962	396	0	2358	2358
27	sub 27	2424	526	0	2950	2950
28	sub 28	3000	690	0	3690	3690
29	sub 29	2422	655	0	3077	3077
30	sub 30	1962	396	0	2358	2358
31	sub 31	2424	526	0	2950	2950
32	sub 32	3000	690	0	3690	3690
33	sub 33	2422	655	0	3077	3077
34	sub 34	15829	2267	0	18096	18096
35	sub 38	1869	627	0	2496	2496
36	sub 39	5274	1332	0	6606	6606
37	sub 40	3761	924	0	4685	4685
38	sub 41	1869	627	0	2496	2496
39	sub 42	5274	1332	0	6606	6606
40	sub 43	3761	924	0	4685	4685
41	sub 44	1869	627	0	2496	2496
42	sub 45	5274	1332	0	6606	6606
43	sub 46	3761	924	0	4685	4685
44	sub 47	1869	627	0	2496	2496
45	sub 48	5274	1332	0	6606	6606
46	sub 49	3761	924	0	4685	4685
47	sub 50	1869	627	0	2496	2496
48	sub 51	5274	1332	0	6606	6606
49	sub 52	3761	924	0	4685	4685
50	sub 53	1869	627	0	2496	2496
51	sub 54	5274	1332	0	6606	6606
52	sub 55	3761	924	0	4685	4685
53	sub 56	1869	627	0	2496	2496
54	sub 57	5347	1332	0	6679	6679
55	sub 58	3761	924	0	4685	4685
56	sub 59	1869	627	0	2496	2496

57	sub 60	5274	1332	0	6606	6606
58	sub 61	3761	924	0	4685	4685
59	sub 62	9607	1498	0	11105	11105
60	sub 63	8682	1338	0	10020	10020
61	sub37	6888	1064	0	7952	7952
62	sub38	5320	899	0	6219	6219
63	sub35 custode	2885	463	0	3349	3349
64	ufficio1 scala A	5457	1099	0	6556	6556
65	ufficio2 scala A	9692	1713	0	11405	11405
66	ufficio3 scala A	4979	686	0	5666	5666

### Legenda simboli

V	Volume lordo
$V_{\text{netto}}$	Volume netto
$S_u$	Superficie in pianta netta
$S_{\text{lorda}}$	Superficie in pianta lorda
S	Superficie esterna lorda (senza strutture di tipo N)
S/V	Fattore di forma
$\Phi_{\text{tr}}$	Potenza dispersa per trasmissione
$\Phi_{\text{ve}}$	Potenza dispersa per ventilazione
$\Phi_{\text{rh}}$	Potenza dispersa per intermittenza
$\Phi_{\text{hl}}$	Potenza totale dispersa
$\Phi_{\text{hl sic}}$	Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

A fronte dei risultati ottenuti si è deciso di installare un generatore di calore

- VIESMANN modello VITODENS 200-W-420
- funzionante a gas metano
- con vaso di espansione chiuso
- potenza al focolare di 394 KW

a servizio di un impianto con totale contenuto d'acqua di 469l come da dichiarazione INAIL allegata.

Nella centrale termica l'impianto è stato previsto di dispositivi di controllo, sicurezza e protezione quali

- manometro graduato con fondoscala 6 bar con flangia per il controllo
- termometro graduato fino a 120°C con pozzetto per il controllo
- valvola di intercettazione combustibile a fronte di una temperatura massima di progetto di 98°C
- interruttore termico automatico di regolazione

- dispositivo protezione livello pressione minima tarato a 0,5 bar
- pressostato di blocco

# Capitolo 5

## I numeri della riqualificazione

### 5.1 Stima costi intervento

Fino ad oggi i preventivi per le riqualificazioni sono stati eseguiti basandosi su esperienze pregresse. In questo modo veniva scelta la potenzialità del nuovo generatore di calore da installare ed ancora in questa maniera venivano calcolati i prezzi da applicare al cliente e i vantaggi in termini di risparmio sul combustibile da acquistare e di conseguenza i tempi di rientro sull'investimento di riqualificazione. Va da sé infatti che riqualificando un edificio si ha come obiettivo quello di ridurre al minimo possibile i consumi dello stesso, avendo come risultato primo la diminuzione del calore da fornire per il riscaldamento invernale e transitivamente un risparmio sulla spesa di combustibile da acquistare.

In questo elaborato è stato dato un taglio più ingegneristico alla valutazione dei costi di intervento. Operando infatti su un campione di palazzi appartenenti alla stessa fascia climatica (stessi gradi giorno) e aventi stessa struttura in termini di coibentazione e stato di usura degli impianti, è stato possibile creare una funzione di regressione che dati alcuni specifici parametri in ingresso ci restituisca in uscita il costo della riqualificazione da effettuare per garantire all'edificio gli stessi miglioramenti apportati sugli altri fabbricati, quelli usati appunto per ricavare l'equazione di regressione.

L'analisi della regressione è una tecnica usata per analizzare una serie di dati che consistono in una [variabile dipendente](#) e una o più [variabili indipendenti](#). La variabile dipendente nella equazione di regressione è modellata come una funzione delle variabili indipendenti più un [termine d'errore](#). Quest'ultimo è una [variabile casuale](#) e rappresenta una variazione non controllabile e imprevedibile nella variabile dipendente. I parametri sono stimati in modo da descrivere al meglio i dati che si utilizzeranno per l'analisi.

Il Data modeling può essere usato senza alcuna conoscenza dei processi sottostanti che hanno generato i dati; in questo caso il modello è un modello empirico. Inoltre, nella modellizzazione, non è richiesta la conoscenza della [distribuzione di probabilità](#) degli errori. L'Analisi della regressione richiede ipotesi riguardanti la [distribuzione di probabilità](#) degli errori. Test statistici vengono effettuati sulla base di tali ipotesi. Nell'analisi della regressione il

termine "modello" comprende sia la funzione usata per modellare i dati che le assunzioni concernenti la distribuzione di probabilità.

L'analisi della regressione viene nel nostro caso usata per effettuare previsioni. Questo uso della regressione dipende fortemente dal fatto che le assunzioni di partenza siano verificate. L'uso dell'analisi della regressione è stato criticato in diversi casi in cui le ipotesi di partenza non possono essere verificate. Un fattore che contribuisce all'uso improprio della regressione è che richiede più competenze per criticare un modello che per adattarlo.

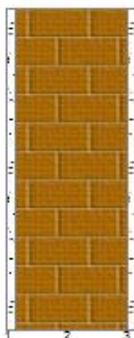
I presupposti atti a garantire l'efficacia di un'analisi di questo tipo sono:

- Il campione deve essere rappresentativo della popolazione per la quale si vuole effettuare la previsione.
- La variabile dipendente è soggetta ad errore. Tale errore si assume sia una variabile casuale, con media zero. L'errore sistematico può essere presente ma il suo trattamento esula dallo scopo dell'analisi della regressione.
- Le variabili indipendenti non hanno errore.
- Le variabili predittive devono essere linearmente indipendenti, ossia non deve essere possibile esprimere un qualunque predittore come combinazione lineare degli altri. Vedi multicollinearità.
- Gli errori sono incorrelati, ossia, la matrice di varianza e covarianza degli errori è diagonale e ogni elemento non-nullo è la varianza dell'errore.
- La varianza dell'errore è costante (omoschedasticità). In caso contrario, si deve utilizzare il metodo dei minimi quadrati pesati, o altri metodi.
- Gli errori seguono una distribuzione normale. Altrimenti, dovrebbe essere usato il modello lineare generalizzato.

### 5.1.1 Scelta variabili significative

Basandoci sull'elenco dei prerequisiti da rispettare affinché la regressione abbia un esito positivo ed attendibile, sono stati scelti 9 fabbricati facenti parte dell'area di Milano, con impianto di produzione di calore centralizzato, nello specifico una caldaia tradizionale funzionante a gasolio. Tutti gli edifici hanno facciata composta da mattoni pieni ma sono sprovvisto di qualsiasi tipo di isolamento

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M. V.	C. T.	R. V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
2	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	470,00	0,990	0,172	2000	0,84	7
3	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,800	0,019	1600	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,077	-	-	-



**Figura 5. 1 Stratigrafia muri esterni**

Anche l'impianto di emissione, composto da radiatori a parete, è lo stesso per tutti e 9 i fabbricati sui quali è stato eseguito l'intervento di riqualificazione.

A questo punto sono state scelte le variabili significative per andare ad estrapolare l'equazione di regressione.

Si è optato per la seguente lista di variabili:

- Potenza generatore installato
- Rendimento medio globale stagionale (funzione di tipo generatore installato, sistema di regolazione, di distribuzione ed emissione)
- Volumetria edificio
- Presenza o meno di "cappotto"
- Potenza termica installata
- Numero e tipologia di terminali di emissione nell'edificio
- Costo totale delle operazioni di revamping

Per tipo di generatore si intende il combustibile utilizzato per produrre il calore e la tecnologia da questo utilizzata, caldaia a condensazione piuttosto che teleriscaldamento o più caldaie tradizionali installate in parallelo con o senza priorità. La potenza del generatore installato, che è strettamente legato al fabbisogno energetico annuo per il riscaldamento dell'edificio, è un dato ricavabile dell'analisi preliminare svolta on site e implementata con Edilclima EC700. La volumetria dell'edificio è anch'essa un dato cruciale che va ad influenzare il fabbisogno energetico annuo di calore per il riscaldamento  $EP_H$  e quindi la scelta del generatore di calore da installare.

La presenza di "cappotto" cioè di uno o più strati di materiale isolante all'interno delle pareti esterne, viene convertita in numeri fornendo stratigrafia e spessore dei singoli strati componenti le pareti esterne dell'immobile oggetto di analisi.

Numero di terminali di emissione per avere una stima di massima sul numero di coppie valvola termostatica – detentore e ripartitori di calore che è necessario siano acquistate.

Il costo totale delle operazioni di revamping costituisce la mia incognita all'uscita che vorrò trovare una volta formulata l'equazione di regressione ed inseriti i parametri di un i-esimo fabbricato; in tale cifra sono compresi i costi di:

- Progettazione
- Opere impiantistiche
- Demolizione e bonifica
- Rete adduzione gas
- Impianto elettrico
- Camino – canna fumaria
- Impianto di addolcimento
- Opere accessorie

### 5.1.2 Funzione di regressione

Per il calcolo dell'equazione di regressione è stato utilizzato il software statistico MINITAB, lo stesso utilizzato tutt'ora al Politecnico di Milano.

Viene di seguito presentata la tabella Excel contenente i dati ai fini del calcolo dei coefficienti dell'equazione di regressione.

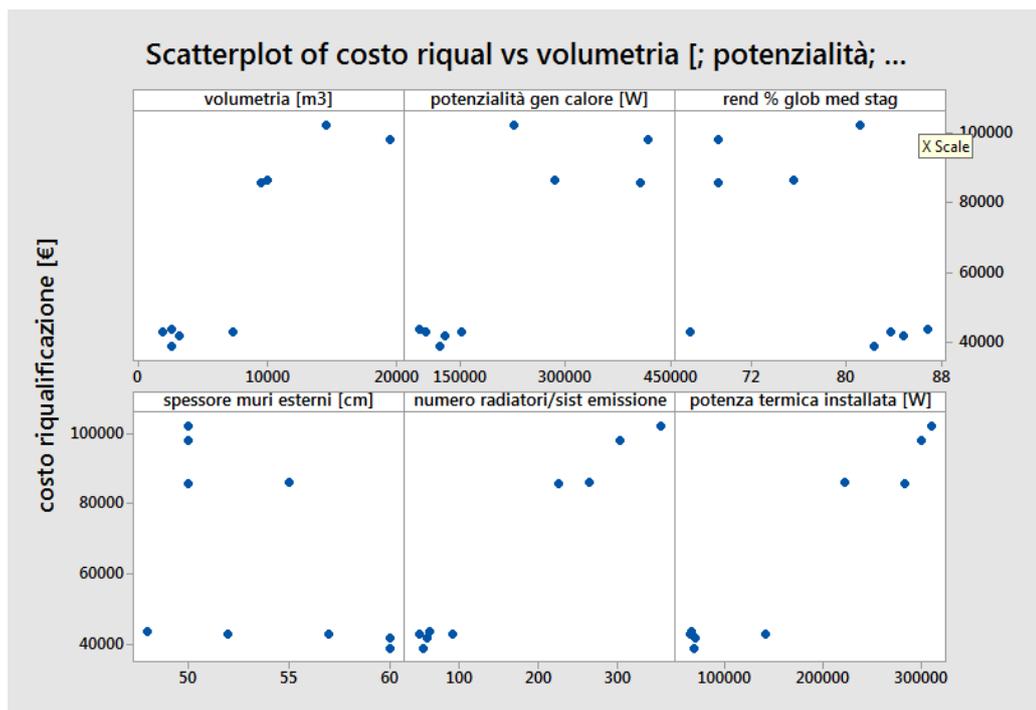
	fabbricato	costo riqualificazione [€]	volumetria [m3]	potenzialità gen calore [W]
1	via Compagnoni 32	42855	1943,9	98760
2	via Compagnoni 34	43070	7354,1	150000
3	via Edolo 46	85841	9524,3	407000
4	via Ressi 5	86370	10037,0	283840
5	via Ressi 17/19	98055	19512,5	417700
6	via Mameli 33	43600	2635,0	89890
7	via Belisario 9	102405	14595,0	225000
8	via Strambio 22	38900	2572,2	120000
9	via Montenero 26	41900	3174,1	127710

**Figura 5. 2 Regressione - inserimento parametri significativi 1**

rend % glob med stag	spessore muri esterni [cm]	numero radiatori/sist emissione	potenza termica installata [W]
83,80	57	49	63920
66,80	52	90	140536
69,20	50	225	283050
75,50	55	264	221786
69,20	50	302	300246
86,90	48	61	65460
81,15	50	354	310246
82,40	60	53	67890
84,80	60	58	68932

**Figura 5. 3 Regressione - inserimento parametri significativi 2**

Si tratta di una regressione multipla, essendo coinvolti più previsori (spessore muri, potenza termica installata ecc), per cominciare si graficano i dati, in modo da ottenere l'andamento della variabile da prevedere (costo della riqualificazione) in funzione dell' i-esimo previsore.



**Figura 5. 4 Regressione - plot risposta vs predittori**

Non sembrano esserci andamenti particolarmente significativi della variabile da prevedere in funzioni dei previsori.

È stato inizialmente utilizzato un modello additivo cioè contenente tutti i predittori della variabile di risposta. Il risultato ottenuto indica che non tutti i predittori sono significativi, ovvero non abbiamo bisogno di tutte le categorie di dati inserite per avere una stima corretta del costo della riqualificazione. Risulta invece significativa la regressione, otteniamo cioè una stima del costo di riqualificazione veritiera, con P-value del 95% (un intervallo di probabilità elevato). Viene inoltre ricavata l'equazione di regressione

Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Regression	5	5927272302	1185454460	35,86	0,007	
volumetria [m3]	1	17204183	17204183	0,52	0,523	
potenzialità gen calore [W]	1	31360123	31360123	0,95	0,402	
rend % glob med stag	1	266596465	266596465	8,06	0,066	
spessore muri esterni [cm]	1	2505960	2505960	0,08	0,771	
potenza termica installata [W]	1	438098049	438098049	13,25	0,036	
Error	3	99178630	33059543			
Total	8	6026450932				

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
5749,74	98,35%	95,61%	5,77%

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-78857	43473	-1,81	0,167	
volumetria [m3]	0,634	0,878	0,72	0,523	7,03
potenzialità gen calore [W]	0,0367	0,0377	0,97	0,402	5,70
rend % glob med stag	1091	384	2,84	0,066	2,12
spessore muri esterni [cm]	153	557	0,28	0,801	1,58
potenza termica installata [W]	0,2233	0,0613	3,64	0,036	10,90

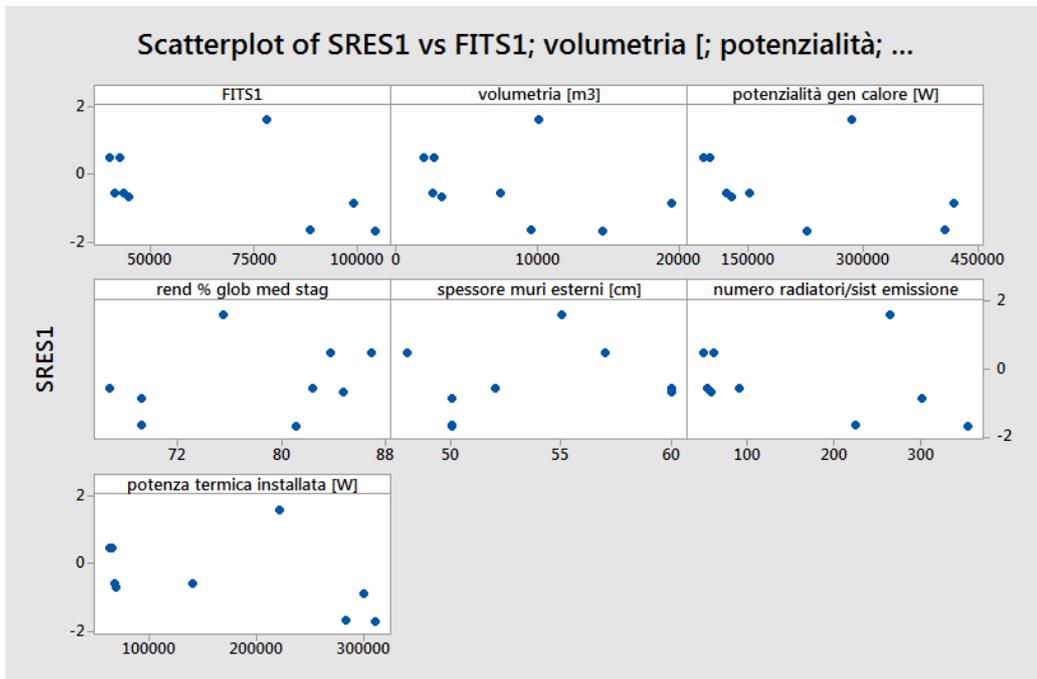
Regression Equation

costo riqualificazione [€] = -78857 + 0,634 volumetria [m3]  
+ 0,0367 potenzialità gen calore [W] + 1091 rend % glob med stag  
+ 153 spessore muri esterni [cm]  
+ 0,2233 potenza termica installata [W]

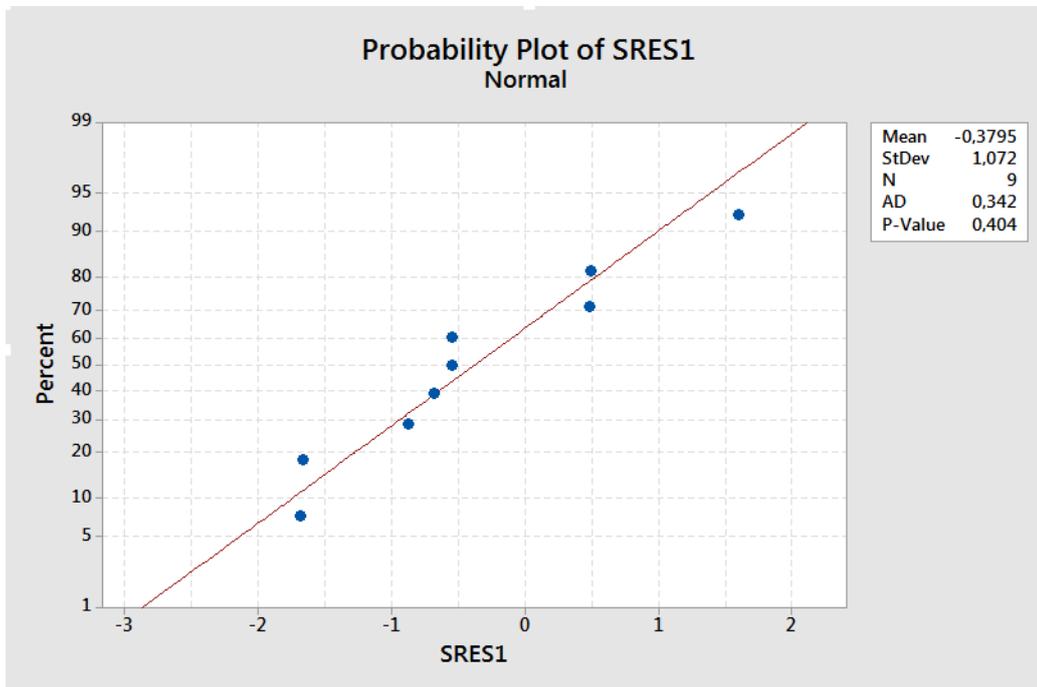
**Figura 5. 5** Regressione - ANOVA (analysis of variance) ed equazione di regressione

Per avere la certezza di aver eseguito la regressione correttamente si eseguono verifiche grafiche sui residui standardizzati sulla varianza:

- Residui standard vs fits (stime dei valori)
- Residui standard vs i-esimo predittore della regressione
- Test di normalità sui residui standard
- Verifica di eventuali valori alti nei residui standard



**Figura 5. 6** Regressione - plot residui standard vs stime e predittori



**Figura 5. 7** Regressione - test di normalità sui residui standard

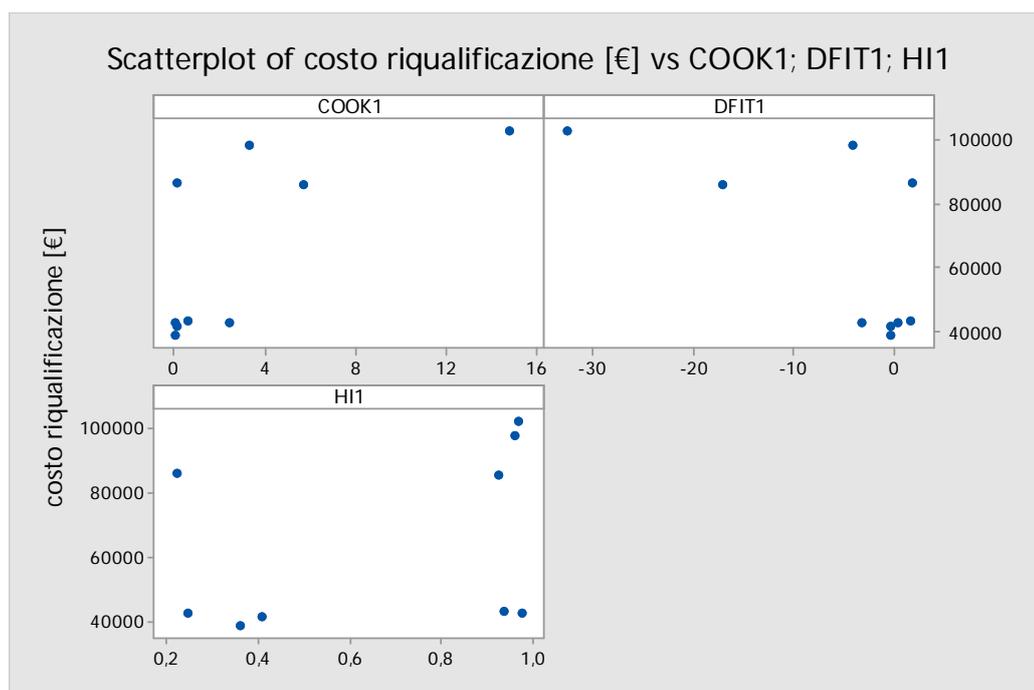
Non sembrano esserci dati anomali o sospetti nell'analisi dei residui standard, ma il test di normalità non è superato. Probabilmente questo è dovuto alla presenza di troppi predittori nel modello, e come visti molti di questi non risultano essere significativi.

Vengono inoltre analizzati degli indicatori di criticità nelle condizioni sperimentali, se le condizioni sotto le quali viene svolto l'esperimento fossero cattive allora anche il modello e quindi il risultato finale della regressione ne verrebbe influenzato.

Per la regressione questi indicatori di criticità sono:

- Coefficiente di Cook  $D_i$  (se l'osservazione  $i$ -esima influenza poco il modello allora  $D_i$  tenderà a zero)
- Punti di leva della matrice  $H$  (osservazioni critiche se  $h_{ij} > 2p/n$  con  $p$  rango della matrice e  $n$  numero di osservazioni)
- Coefficiente  $D_{fits}$ , equivalenti di Cook

La loro analisi viene effettuata graficamente, plottando la risposta vs i 3 indicatori di criticità.



**Figura 5. 8** Regressione - plot risposta vs indicatori di criticità

Anche qui non sembrano esserci dati anomali che richiedano un'analisi più approfondita.

Viene ora eseguita un'analisi con modello contenente i soli predittori significativi ricavati nella precedente analisi, ovvero il rendimento percentuale medio stagionale (in realtà funzione di tipo generatore installato, sistema di regolazione, di distribuzione ed emissione) e potenza termica installata nell'edificio ( la sommatoria delle potenze erogate dai radiatori). Il rendimento percentuale medio stagionale non è un dato di facile lettura, può venire però facilmente ricavato nelle progettazioni svolte per ognuno dei fabbricati riqualificati e allegate a piè di questo elaborato di tesi; rappresenta pertanto un indice molto utile portando con sé informazioni relative ai tre sottosistemi dell'impianto di climatizzazione invernale.

La regressione effettuata porta ha prodotto i seguenti risultati

### Regression Analysis: costo riqualific versus potenza termica ; rend % glob med

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	5872043582	2936021791	114,09	0,000
rend % glob med stag	1	230935780	230935780	8,97	0,024
potenza termica installata [W]	1	4668543595	4668543595	181,41	0,000
Error	6	154407350	25734558		
Total	8	6026450932			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
5072,92	97,44%	96,58%	92,00%

#### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-52016	25495	-2,04	0,087	
rend % glob med stag	890	297	3,00	0,024	1,63
potenza termica installata [W]	0,2815	0,0209	13,47	0,000	1,63

#### Regression Equation

$$\text{costo riqualificazione [€]} = -52016 + 890 \text{ rend \% glob med stag} + 0,2815 \text{ potenza termica installata [W]}$$

**Figura 5. 9 ANOVA (analysis of variance) ed equazione di regressione modello ridotto**

Viene evidenziato in figura come sia la regressione che i due predittori utilizzati nel modello siano risultati significativi, e viene fornita l'equazione di regressione.

A questo punto si procede, come per il precedente modello, all'analisi dei residui standardizzati e degli indicatori di criticità.

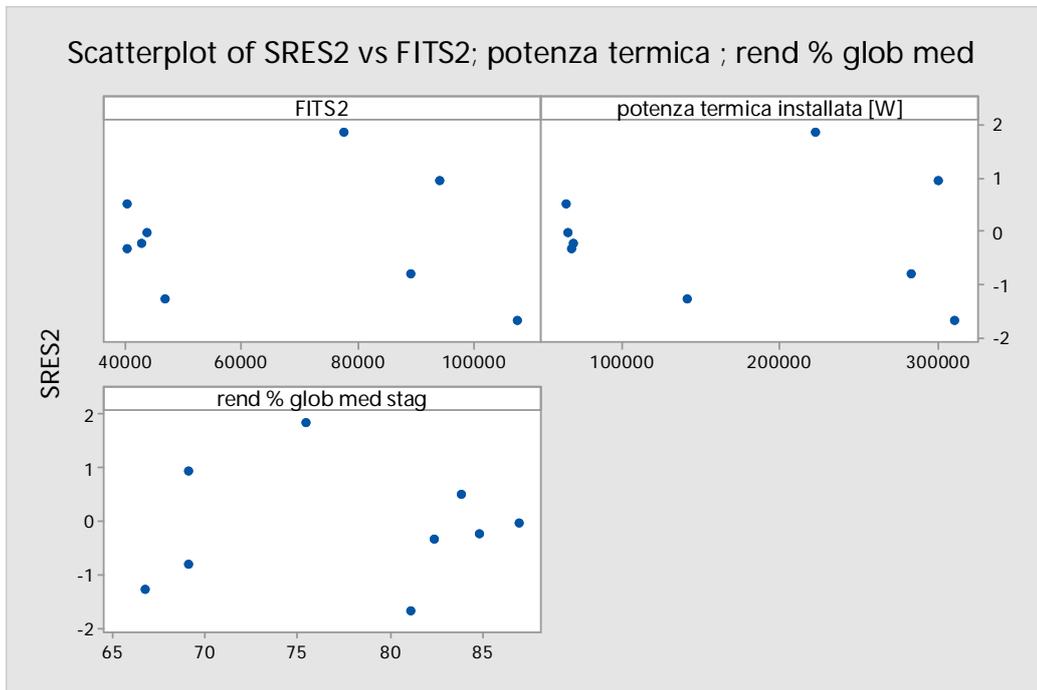


Figura 5. 10 Plot residui standard vs stime e predittori, modello ridotto

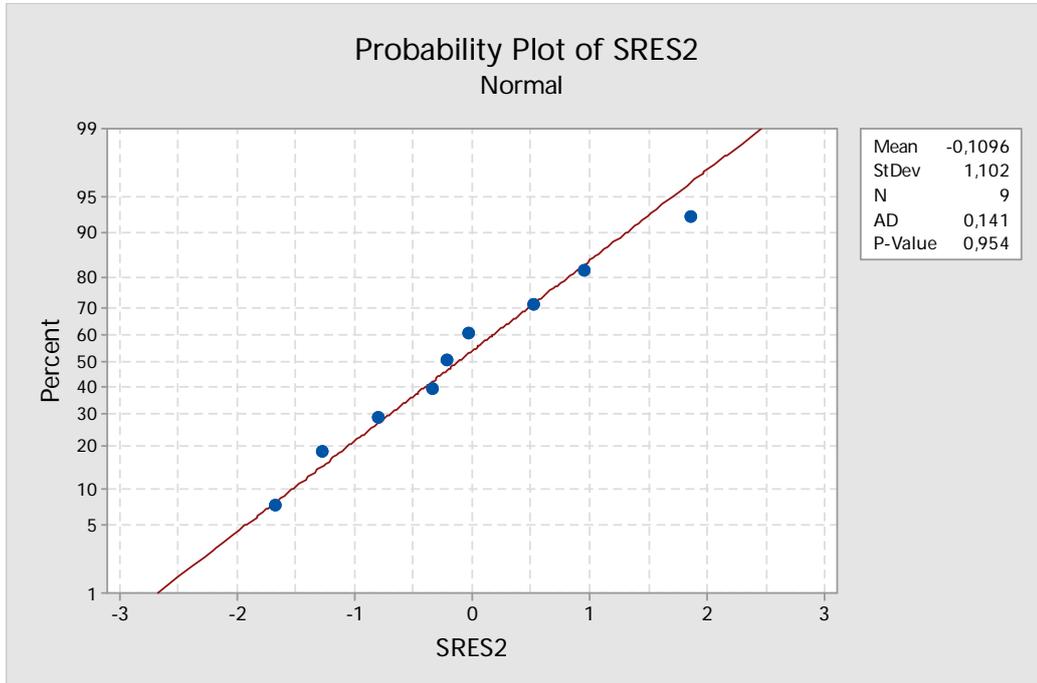
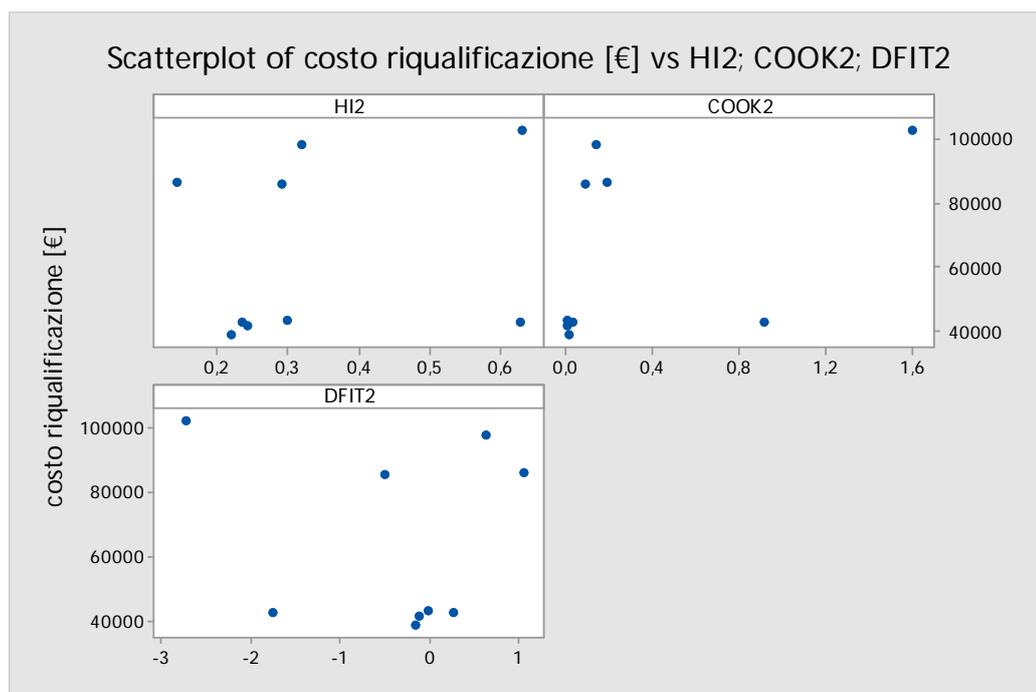


Figura 5. 11 Test di normalità sui residui standard, modello ridotto

Come ci si aspettava i risultati non potevano che migliorare, essendo stati utilizzati solo dati significativi all'analisi questa volta. Il test di normalità sui residui è passato da un p-value di 0,404 ad un p-value di 0,954. Anche per quanto riguarda gli indicatori di criticità non vi sono dati che possano mettere in allarme.



**Figura 5. 12 Plot risposta vs indicatori di criticità, modello ridotto**

Si può quindi dire conclusa con successo l'analisi di regressione con modello additivo in 2 predittori per la variabile di risposta costo della riqualificazione energetica.

L'equazione di regressione ricavata è la seguente

$$\text{costo riqualificazione [€]} = - 52016 + 890 \text{ rend \% glob med stag} + 0,2815 \text{ potenza termica installata [W]}$$

Da notare come i coefficienti dei due parametri siano di tre ordini di grandezza diversi, questo come conseguenza del fatto che il rendimento percentuale ha un ordine di grandezza di  $10^1$  mentre la potenza termica installata in W ha un ordine di grandezza che arriva fino a  $10^5$ , pertanto i due parametri hanno medesima influenza su quello che sarà il costo finale delle opere di riqualificazione.

## **5.2 Valutazione dell'investimento**

La regressione effettuata ha permesso di ottenere un'equazione funzione di 2 parametri quali la potenza termica installata nell'edificio da riqualificare e il rendimento percentuale medio stagionale.

La potenza di quanto ottenuto sta nel poter facilmente ricavare questi due parametri attraverso un sopralluogo in ognuna delle unità abitative del fabbricato. Per quanto riguarda la potenza termica installata vanno verificati materiali, misure e modello dei terminali di emissione; mentre il rendimento medio stagionale è uno degli output ottenibili attraverso la progettazione descritta nei capitoli 3 e 4 di questo elaborato.

Questo porta a poter eseguire una valutazione dell'investimento più veritiera e diventa un utile strumento in fase di vendita/acquisto di un progetto di riqualificazione. Con la conoscenza di 2 parametri si stima la spesa necessaria a riqualificare il fabbricato, attraverso la progettazione con EC 700 (cap3) si ricava inoltre la potenzialità ottimale in funzione del generatore di calore che si ha intenzione di installare, e con la tabella relativa al risparmio di combustibile (cap6) si risale a quanto combustibile e di conseguenza quanto denaro viene risparmiato per ogni stagione di riscaldamento.

A questo punto risulta facilmente deducibile in primis la fattibilità o meno dell'intervento, et in secundis il pay back time dell'intera riqualificazione.

# Capitolo 6

## Risultati raggiunti

Vengono ora mostrati, per uno dei condomini riqualificati i risultati ottenuti in termini di risparmio energetico, per dare un'idea della bontà energetica di quanto eseguito sono stati realizzati due diversi attestati di prestazione energetica che servissero come fotografia del fabbricato pre e post intervento di riqualificazione.

### 6.1 A.P.E. Attestato Prestazione Energetica

Si riporta per brevità il solo caso dello stabile di Via Belisario 9, ma come già precisato nel capitolo 4, su tutti gli edifici la riqualificazione energetica è stata eseguita con lo stesso modus operandi.

Per lo stabile in oggetto i lavori si sono limitati all'installazione della termoregolazione nelle singole unità abitative e alla sostituzione del vecchio generatore di calore tradizionale funzionante a gasolio con uno di nuovissima concezione come la caldaia a condensazione funzionante a gas metano.

Nei due A.P.E. redatti, prima e dopo l'intervento di riqualificazione, cambierà il sistema di generazione e quello di distribuzione, i terminali di emissione e le singole unità immobiliari rimangono le stesse. I dati inseriti per i subalterni sono gli stessi dati in ingresso al programma di calcolo dei fabbisogni termici EC700 descritti nel capitolo 4, pertanto non verranno nuovamente riportati.

La figura sottostante descrive la situazione dell'impianto di generazione del calore antecedente le opere di riqualificazione.

Potenze termiche e rendimenti	
Potenza termica nominale al focolare $\Phi_{cn}$	450 [kW]
Rendimento termico utile $\eta_{TU}$	89.20 [%]
Ausiliari elettrici	
Potenza totale elettrica dei bruciatori	1.2 [kW]
Potenza totale elettrica delle pompe	0.8 [kW]
Perdite di generazione	
Installazione del generatore	Generatore installato in centrale termica
Ubicazione del generatore	Centrale termica sotto il piano campagna
Tipo generazione per peso	Generatore di acciaio
Età del generatore	Superiore ai 12 anni
Tipo di generatore per perdite al camino a bruciatore acceso	
Caldaia a gasolio/biodiesel con bruciatore ad aria soffiata	
Tipo di generatore per perdite al camino a bruciatore spento	
Bruciatori ad aria soffiata senza chiusura dell'aria comburente all'arresto con camino di altezza maggiore di 10 m	
Temperatura media dell'acqua nel generatore ( $\theta_{gn,av}$ )	80 [°C]
Perdite nominali attraverso il mantello ( $P'_{gn,env}$ )	8.2 [%]
Perdite nominali al camino a bruciatore acceso ( $P'_{ch,on}$ )	12 [%]
Perdite nominali al camino a bruciatore spento ( $P'_{ch,off}$ )	2.8 [%]

**Figura 6. 1 Generatore di calore pre riqualificazione**

Il generatore di calore era una caldaia tradizionale in acciaio con età superiore ai 12 anni, ormai obsoleta, funzionante a gasolio. Si può facilmente individuare un elevato valore percentuale delle perdite al camino e sul mantello, oltre ad un'elevata potenza elettrica assorbita da bruciatore ed ausiliari. Tutto ciò porta ad un rendimento complessivo di 0,89 per la generazione di 450 KW di potenza termica al focolare.

Anche il sistema di distribuzione è stato sostituito in quanto l'isolamento presente non era conforme alle specifiche di legge attuali e avrebbe inoltre vanificato gran parte del risparmio energetico ottenuto dalla sostituzione dell'impianto di generazione, andando quindi a diminuire i risparmi ed allungare i tempi di rientro sull'investimento rendendolo non più conveniente, seppur obbligatorio per legge.

Modifica ramificazione

Sottosistema di emissione   Sottosistema di distribuzione   Sottosistema di accumulo

**Sottosistema di distribuzione**

Tipo di impianto: impianto centralizzato

Tipologia: impianto centralizzato

Grado di isolamento delle tubazioni nel cantinato: insufficiente. Prima del 1961      Rendimento: 92.61 [%]

Il sottosistema appartiene ad un impianto a temperatura variabile

**Ausiliari elettrici**

Tipo di funzionamento: Asservito alla produzione di calore

Elettropompa: Pompa a velocità costante      Potenza elettrica: 1.4 [kW]

**Figura 6. 2 Sottosistema di distribuzione pre riqualificazione**

Il fabbricato versa nelle peggiori condizioni energetiche come era facilmente intuibile dai seguenti aspetti:

- Generatore di calore obsoleto
- Impianto di distribuzione non adeguatamente coibentato
- Assenza termoregolazione per impianto di emissione e generazione
- Assenza cappotto su pareti esterne
- Serramenti risalenti per la maggior parte agli anni '50

Ne consegue un attestato di prestazione energetica che ci restituisce la classe G con 262,42 KWh/m<sup>2</sup>a (kilowattora al metro quadro per anno) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> pari a 69,14 Kg/m<sup>2</sup>

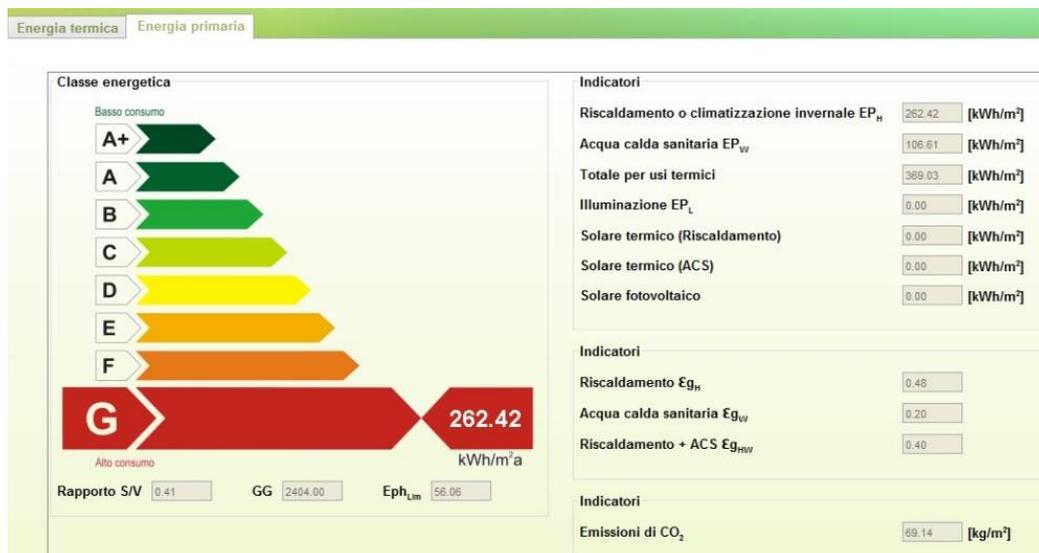


Figura 6. 3 Classe energetica risultante pre riqualificazione

Iniziate le operazioni di riqualificazione si procede alla sostituzione del generatore di calore in favore di uno con le seguenti caratteristiche

Caratteristiche del generatore	
<b>Potenze termiche e rendimenti</b>	
Potenza termica al focolare massima $\Phi_{cn,max}$	220 [kW]
Potenza termica al focolare minima $\Phi_{cn,min}$	49 [kW]
Rendimento termico utile alla potenza nominale $\Phi_{cn,max}$ ( $\eta_{ru}^{(2)}$ )	98.20 [%]
Temperatura di riferimento per il $\eta_{ru}^{(2)}$ ( $\Phi_{cn,max}$ )	30-40 [°C]
Rendimento termico utile alla potenza $\Phi_{cn,min}$	102.30 [%]
<b>Ausiliari elettrici</b>	
Potenza totale elettrica delle pompe interne alla potenza $\Phi_{cn,max}$	0 [kW]
Potenza totale elettrica dei bruciatori alla potenza $\Phi_{cn,max}$	0.75 [kW]
Potenza totale elettrica dei bruciatori alla potenza $\Phi_{cn,min}$	0.08 [kW]
<b>Perdite di generazione</b>	
Installazione del generatore	Generatore installato in centrale termica
Ubicazione del generatore	Centrale termica sotto il piano campagna
Tipo generazione per peso	Generatore di acciaio
Età del generatore	Nuova installazione
Tipo di generatore per perdite al camino a bruciatore acceso	Caldaia a gas con bruciatore ad aria soffiate
Tipo di generatore per perdite al camino a bruciatore spento	Bruciatori soffiate a combustibile liquido e gassoso a premiscelazione totale
Temperatura media dell'acqua nel generatore ( $\theta_{gn,av}$ )	65 [°C]
Temperatura media dell'acqua nel generatore nelle condizioni di test ( $\theta_{(2)gn,test}$ )	35 [°C]
Perdite nominali attraverso il mantello ( $P^{gn,env}$ )	0.1 [%]
Perdite nominali al camino a bruciatore acceso ( $P^{ch,on}$ )	0.3 [%]
Perdite nominali al camino a bruciatore spento ( $P^{ch,off}$ )	0.1 [%]
Perdite al camino a bruciatore acceso alla potenza $\Phi_{cn,min}$ ( $P^{ch,on,min}$ )	0.2 [%]

**Figura 6. 4 Generatore di calore post riqualificazione**

Si può notare che in questo caso, grazie all'utilizzo del metano e della caldaia a condensazione con bruciatore modulante e combustione premiscelata, è necessaria una potenza al focolare di soli 220 KW per fornire la quantità di calore necessaria a provvedere alla climatizzazione invernale del fabbricato in oggetto. Si nota come anche la temperatura media dell'acqua nella caldaia sia passata dagli 80°C della caldaia tradizionale ai 65°C per quella a condensazione, questo è indice del fatto che possiamo scaldare meno l'acqua e quindi fornire meno calore a fronte di un più efficiente sistema di produzione distribuzione ed emissione del vettore termico. Di conseguenza anche le perdite al mantello, al bruciatore e al camino si attestano sempre sotto allo 0,5%, con raggiungimento di rendimenti superiori al 100% considerando il calore derivante dalla condensazione dei gas combustibili (come se usassi PCS invece del PCI del combustibile in questione).

Anche il sistema di distribuzione è stato rivisto, sostituendo le tubazioni dove necessario e coibentando le altre che si trovavano in uno stato migliore.

The screenshot shows a software window titled "Modifica ramificazione" with a close button (X) in the top right corner. Below the title bar are three tabs: "Sottosistema di emissione", "Sottosistema di distribuzione" (which is selected), and "Sottosistema di accumulo".

The "Sottosistema di distribuzione" section contains the following fields:

- Tipo di impianto:
- Tipologia:
- Grado di isolamento delle tubazioni nel cantinato:  Rendimento:  [%]
- Il sottosistema appartiene ad un impianto a temperatura variabile

The "Ausiliari elettrici" section contains the following fields:

- Tipo di funzionamento:
- Elettropompa:  Potenza elettrica:  [kW]

**Figura 6. 5 Figura 6. 2 Sottosistema di distribuzione post riqualificazione**

Si vede come ora il grado di isolamento delle tubazioni sia a norma secondo la legge 10/91 in vigore dal 1993.

A differenza del precedente sottosistema, l'attuale appartiene ad un impianto a temperatura variabile, pertanto sono state introdotte pompe a velocità variabile in modo da poter variare la pressione dell'acqua in circolo nell'impianto; inoltre il miglior isolamento delle tubazioni unito all'innovativa generazione del calore attraverso caldaia a condensazione e alla termoregolazione adottata nelle unità immobiliari, ha permesso di ridurre di molto l'indice di prestazione energetica.

L'A.P.E. eseguito a fine lavori ci mostra in numeri il miglioramento conseguito:



**Figura 6. 6 Classe energetica risultante post riqualificazione**

L'indicatore EP<sub>H</sub> relativo al riscaldamento o climatizzazione invernale è passato da 263° 144 KWh/m²a comportando un abbassamento importante delle spese per la generazione del calore. Si è quindi ottenuto un incremento di 2 classi energetiche, pienamente coerente con le riqualificazioni operate con le medesime condizioni al contorno (luogo, età edificio, intervento eseguito).

Anche in termini economici il vantaggio è stato evidente.

Vengono ora mostrati i seguenti dati di confronto tra caldaia tradizionale a gasolio, a metano e a condensazione si ha che:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	Via Belisario 9							milano			
2	Calcolo Volumi										
3	H androne m.	3,5	H media piani m.			3,00	W/m³				20,00
4	Edificio 1	Lato 1	11,0	Lato 2	10,0	N. Piani	5,0	Vol. 1	m³	2035,0	
5	Edificio 2	Lato 1	13,0	Lato 2	95,0	Piani	9,0	Vol. 2	m³	37667,5	
6	Edificio 3	Lato 1	11,0	Lato 2	12,0	Piani	7,0	Vol. 3	m³	3234,0	
7	Edificio 4	Lato 1	13,0	Lato 2	25,0	Piani	9,0	Vol. 4	m³	9912,5	
8	Edificio 5	Lato 1	13,0	Lato 2	25,0	Piani	9,0	Vol. 5	m³	9912,5	
9	Edificio 6	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 6	m³	0,0	
10	Edificio 7	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 7	m³	0,0	
11	Edificio 8	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 8	m³	0,0	
12	Edificio 9	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 9	m³	0,0	
13	Edificio 10	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 10	m³	0,0	
14	Edificio 11	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 11	m³	0,0	
15	Edificio 12	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 12	m³	0,0	
16	Edificio 13	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 13	m³	0,0	
17	Edificio 14	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 14	m³	0,0	
18	Edificio 15	Lato 1		Lato 2		Piani		Vol. 15	m³	0,0	
19	V. Tot. m³	62.761,5		kW		1.255,23		kcal		1.080.753,0	

Figura 6. 7 Calcolo volumi fabbricato

Per riscaldare un volume calcolato pari a 62761 m<sup>3</sup> sono necessari 1255 KW, si calcolano circa 20 W/m<sup>3</sup> per stare in sicurezza.

A questo punto si considerano i rendimenti delle varie soluzioni possibili per la generazione di calore

Dati Tecnici di Rendimento						
RENDIMENTI					Ore Funz.	
Rendimenti	Metano	Gasolio	Olio	Condens	Inverno	Estate
Produzione	0,91	0,89	0,85	1,00	1.000	
Regolazione	0,94	0,94	0,94	0,94		
Distribuzione	0,94	0,94	0,94	0,94		
Emissione	0,94	0,94	0,94	0,94		
Globale	0,76	0,74	0,71	0,83		

Figura 6. 8 Dati tecnici di rendimento

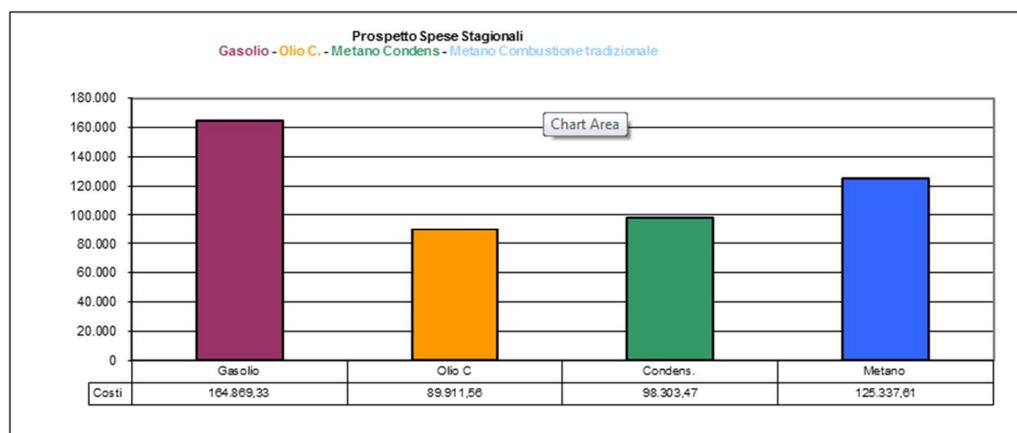
Si nota come, per l'impianto sul quale abbiamo operato, i rendimenti scendano di molto dato che si sta operando su edifici risalenti agli anni '50, ciò nonostante la miglior soluzione in termini di rendimento di generazione del calore rimane la caldaia a condensazione.

Questo ci porta ad avere differenti costi del combustibile da acquistare per fornire il calore necessario alla climatizzazione invernale, questi costi saranno, a parità di strutture e altri sottosistemi impiantistici, funzione di:

- Generatore di calore scelto e suo rendimento
- PCI del combustibile
- Eventuali rateizzazioni

Comparazione Economica dei consumi									
Potenzialità Kcal 1.079.498									
Combustibile	Consumo	Rend.	Inv.	Est.	PCI	Prezzo	Costo	Risparmio	
Gasolio	172.819	0,74	1.000	-	8.450	0,954	164.869,33	0,0	0,00
Olio C	170.287	0,71	1.000	-	8.979	0,528	89.911,56	45,5	74.957,76
Condens.	157.538	0,83	1.000	-	8.250	0,624	98.303,47	40,4	66.565,86
Metano	173.118	0,76	1.000	-	8.250	0,724	125.337,61	24,0	39.531,71

**Figura 6. 9** Comparazione economica dei consumi per combustibile impiegato



**Figura 6. 10** Istogramma consumi per combustibile impiegato

Ad ulteriore conferma di quanto prima teorizzato e poi dimostrato attraverso gli attestati di prestazione energetica prima e dopo l'intervento di riqualificazione, le caldaie a gasolio sono obsolete e per di più a rischio detonazione, il metano e ancora di più la caldaia a condensazione consente un grosso risparmio sia per la quantità di combustibile da acquistare che per il costo del combustibile stesso. In questo particolare caso sono stati raggiunti risparmi addirittura del 40%, il che costituisce un dato eccezionale, considerato che solitamente ci si attesta attorno al 30% nel passaggio da generazione a gasolio a quella con caldaia a condensazione.

# Capitolo 7

## Conclusioni e sviluppi futuri

Durante 7 mesi di lavori sono state eseguite riqualificazioni energetiche su un totale di 9 fabbricati. È stato scelto un numero relativamente alto di edifici da riqualificare, tutti avente stesso periodo di costruzione, appartenenti alla stessa città e versanti nelle medesime condizioni energetiche. Questo ai fini di creare un campione di edifici e di ottenere una funzione di regressione che attraverso l'inserimento di alcuni parametri caratteristici del fabbricato in esame restituisca una stima veritiera del costo dell'intervento di riqualificazione da operare sul fabbricato stesso.

Nello specifico la riqualificazione ha riguardato la centrale termica con la sostituzione dell'impianto di generazione di calore, su alcuni casi versanti in condizioni più critiche sono stati operati interventi di revamping sulla distribuzione, e in ultimo l'installazione della termoregolazione con contabilizzazione del calore indiretta per il sistema di emissione delle singole unità immobiliari.

Per analizzare al meglio i risultati ottenuti sono state eseguite A.P.E. prima e dopo l'intervento, ottenendo un miglioramento fino a 2 classi energetiche e circa il 40% risparmiato sulla spesa di combustibile nel caso esposto in questo elaborato di tesi. I risultati ottenuti sono in linea con le riqualificazioni operate su edifici dello stato periodo nella zona di Milano.

Un ulteriore sviluppo ai fini del risparmio energetico può essere quello della sostituzione per tutte le unità abitative dei serramenti a favore di vetri doppi o tripli con taglio termico, oltre ad un isolamento della facciata dell'edificio.

Entrambi gli interventi avrebbero come risultato un netto risparmio energetico a fronte di un'importante riduzione delle dispersioni di calore verso gli ambienti esterni, resta da capire in quali casi su un fabbricato di ormai 60 anni risulti economicamente profittevole l'investimento e quali siano i tempi di rientro sull'investimento stesso.

Se si considera l'effetto di risparmio energetico sull'intera vita utile della nuova tecnologia installata, gran parte degli investimenti di riqualificazione è oggi economicamente conveniente anche qualora si operasse in assenza di incentivi statali (comportando però un incremento del pay back time).

Occorre puntualizzare che gli sviluppi futuri, con un taglio più ampio, per questo mercato, sono parecchi. Basti guardare i dati forniti sul volume di affari stimati per la riqualificazione in tutta Italia, prestando attenzione a quale percentuale viene attribuita al residenziale.

## Il volume d'affari «atteso»

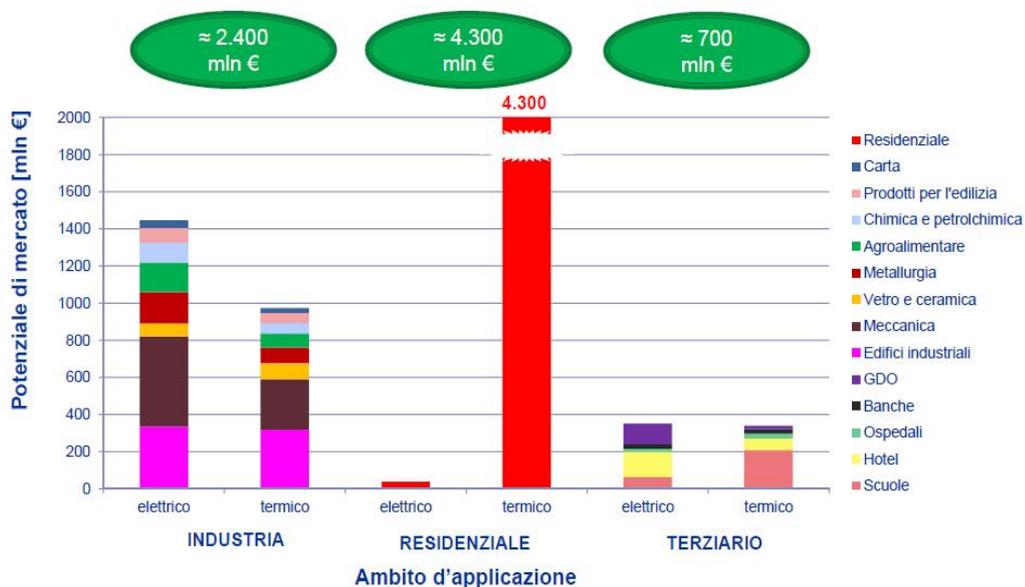


Figura 7. 1 Volume d'affari atteso

Un giro d'affari che supera i 4 miliardi di € sul territorio italiano.

In termini di pura efficienza energetica invece, ci si aspetta una riduzione nei consumi importante, ed anche in questo caso i margini di miglioramento più grandi sono a favore della riqualificazione in ambito residenziale.

Si stimano risparmi di 47 TWh, un numero importante se consideriamo che in Italia ad oggi si contano 32 milioni di unità abitative, dato in continuo aumento.

## Il potenziale di risparmio «atteso»

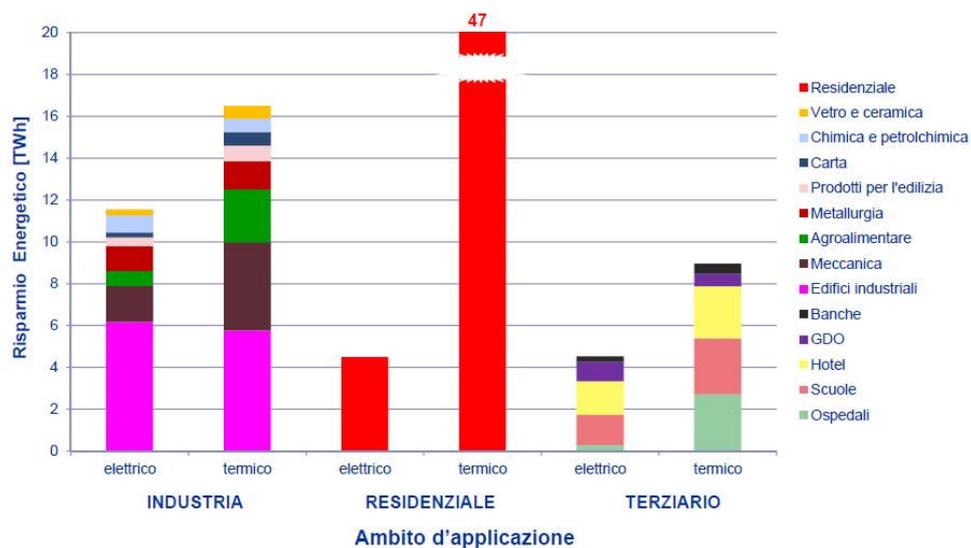


Figura 7. 2 Potenziale di risparmio atteso

## Il potenziale di risparmio «atteso»

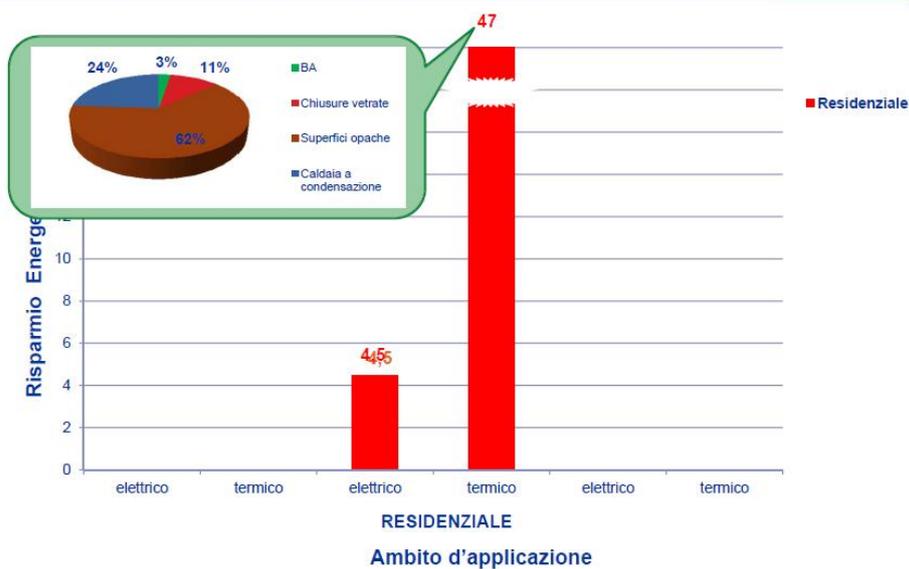


Figura 7. 3 Potenziale di risparmio atteso nel residenziale

Questo continuo sviluppo di una cultura di efficientamento energetico, può venir resa possibile solo a patto di sciogliere dei nodi alla base della questione. Occorre innanzitutto una maggiore diffusione del livello di consapevolezza delle opportunità offerte da soluzioni di efficienza energetica, unito ad una messa a punto degli strumenti di finanziamento applicabili ai progetti di efficienza.

## Bibliografia

- [1] L'evoluzione impiantistica e il ruolo dell'installatore – Mariangela Marrone – Comfort Technology – progettare e installare l'integrazione per l'efficienza
- [2] Efficienza energetica negli edifici: potenziale di mercato e prospettive di sviluppo – Vittorio Chiesa - Comfort Technology – progettare e installare l'integrazione per l'efficienza
- [3] UNI 10200 - Norma Italiana – Impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria – Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale ed acqua calda sanitaria
- [4] Le soluzioni normative a disposizione degli operatori del mercato per una gestione profittevole delle sfide energetiche – Paolo Gianoglio – Comfort Technology – progettare e installare l'integrazione per l'efficienza
- [5] Edifici a energia quasi zero – Il quadro normativo nazionale per l'efficienza energetica degli edifici – Rossano Basili – UTEE unità tecnica efficienza energetica