



Tesi di Dottorato

**L'EDIFICIO ENERGETICAMENTE
SOSTENIBILE:
VERIFICHE ENERGETICHE, STRATEGIE PER
LA RACCOLTA DATI E TECNICHE
D'INTERVENTO PER EDIFICI ESISTENTI**

Dott. Ing. Lucia Cattani

Anno Accademico 2007-2008

Università degli Studi di Bergamo



Dottorato di ricerca in Tecnologie per l'Energia e l'Ambiente

XXI Ciclo

**L'EDIFICIO ENERGETICAMENTE
SOSTENIBILE:
VERIFICHE ENERGETICHE, STRATEGIE PER LA
RACCOLTA DATI E TECNICHE D'INTERVENTO
PER EDIFICI ESISTENTI**

Supervisore

Chiarissimo Professor Marco Marengo

Tesi di Dottorato di

Dott. Ing. Lucia Cattani

Anno Accademico 2007-2008

RINGRAZIAMENTI

Desidero, innanzitutto, ringraziare sentitamente i due professori che mi hanno seguita durante questi miei tre anni di lavoro: il Professor Marco Marengo, mio supervisore, e la carissima Professoressa Anna Magrini.

Ringrazio inoltre tutti i componenti della Facoltà d'Ingegneria di Bergamo, del Dipartimento di Idraulica di Pavia e della Presidenza della Facoltà d'Ingegneria di Pavia per la loro disponibilità e simpatia.

Un ringraziamento ed un bacio anche a tutti i miei amici delle due Università suddette, con i quali ho condiviso *le gioie e i dolori* (soprattutto le gioie!) di questi tre anni di Dottorato.

Infine un grazie particolare alla mia Famiglia: Mamma, Papà e Paolo. A loro dedico questa tesi.

INDICE

ABSTRACT.....	1
INTRODUZIONE GENERALE.....	4
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE PRIMA PARTE	12
1.1 Considerazioni iniziali.....	12
1.2 Il metodo	17
1.3 Analisi economica	19
1.4 Bibliografia	22
CAPITOLO 2 INA-CASA: TOFANE.....	23
2.1 Il piano di ricostruzione INA-Casa.....	23
2.2 Considerazioni sul comportamento energetico degli edifici INA-Casa	25
2.3 Il caso distudio: il complesso d via Tofane	26
2.4 Raccolta dati:l'involucro edilizio, materiali e dettagli	33
2.5 Raccolta dati: gli impianti	41
2.6 Il comportamento energetico del palazzo: analisi e considerazioni.....	42
2.7 Strategie di intervento energeticamente sostenibili	47
2.8 Interventi a carico dell'involucro: descrizione e risultati ottenuti	48

2.9	Considerazioni sui risultati dell'analisi economica	63
2.10	Interventi a carico dell'impianto: descrizione e risultati ottenuti	71
2.11	Osservazioni sulle analisi economiche	79
2.12	Bibliografia.....	79
CAPITOLO 3 I GEMELLI.....		81
3.1	Il condominio I Gemelli	82
3.2	Raccolta dati.....	86
3.3	Comportamento energetico: simulazioni.....	92
3.4	Interventi di ristrutturazione energeticamente sostenibili: descrizione e risultati ottenuti	94
3.5	Rischio di condensa interstiziale e superficiale.....	102
3.6	Valutazioni economiche	104
	Incentivi economici e considerazioni finali	109
3.7	Bibliografia.....	113
CAPITOLO 4 RESIDENZA GOLGI		115
4.1	La residenza Golgi	116
4.2	Raccolta dati.....	119
4.3	Comportamento energetico.....	130
4.4	Interventi di ristrutturazione energeticamente sostenibili: descrizione e risultati ottenuti	132
4.5	Valutazioni economiche	140
4.6	Incentivi economici e considerazioni finali	144
4.7	Bibliografia.....	145
CAPITOLO 5 INTRODUZIONE SECONDA PARTE		148
CAPITOLO 6 LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA		151
6.1	Certificazione degli elettrodomestici e degli immobili.....	151
6.2	La certificazione in Italia	152
6.3	La certificazione applicata: Regione Lombardia	153
6.4	Analisi della sensibilità della metodologia della Regione Lombardia.....	157
6.5	La certificazione come strumento di diagnosi ed informazione	178
6.6	Analisi economica della certificazione come strumento per incentivare costruzioni in classi alte.....	182
6.7	Considerazioni finali	197
6.8	Nomenclatura dei simboli utilizzati nel paragrafo 6.6.....	199

6.9	Bibliografia	200
CAPITOLO 7 CENSIMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI		202
7.1	Necessità di una raccolta di dati reali di consumo energetico.	202
7.2	Come effettuare il censimento energetico.	203
7.3	Lo strumento di raccolta dati: versione completa	204
7.4	Il metodo per utilizzare il sistema di raccolta dati nella versione completa	217
7.5	Lo strumento della raccolta dati: le versioni semplificate.....	219
7.6	Strategie per effettuare una raccolta dati con le schede semplificate.	221
7.7	Elaborazione dati	222
7.8	Alcuni progetti per effettuare un censimento energetico	225
7.9	Bibliografia	226
CAPITOLO 8 CONCLUSIONI		227

ABSTRACT

Energy saving represents the first and most efficient answer to the current problems of global increasing energy requirements and worldwide environment pollution. Energy saving, if well done, could slow down the eventual depletion of primary sources, thus giving researchers more time to study alternative energy sources, increase a better use of renewable energy, offering hi-efficiency systems that can be operated at low power, and reduce the global pollution.

Reducing power consumption is a problem of the utmost importance in Italy, because of the lack of energy resources in the country; pollution is still important as well, but, given the small dimensions of the country, it is quite limited in terms of global warming or worldwide primary sources depletion.

Italy has been importing coal and lignite since the Industrial Revolution, because of lack of primary resources. After World War II, during the following reconstruction period, energy requirements began to increase more and even more, thus increasing the country's dependency on foreign resources. Such dependency has never stopped increasing: nowadays, 90% of energy resources are imported from foreign countries.

In the current geopolitical situation, where emerging countries such as China or India are increasing their demand for energy resources, thus causing such primary resources costs to increase as well, it's of the utmost importance for our country to aim at an higher degree of independence in this field. Italy, because of its current disadvantageous situation, must become a model in this field. Reaching a complete energy independence is quite an unrealistic target, nevertheless reducing the country's dependency on foreign countries is more than feasible, both through R&D of alternative primary sources and through energy saving.

Energy saving techniques should be studied and applied to those fields that absorb a significant energy amount; currently, in Europe, residential buildings consume more than one third of the whole energy produced.

In Italy, as well as all over the world, the most important part of energy consumption (about 70% of which required for heating) in residential areas is caused by old buildings. This is partly due to old buildings obsolescence, and partly because of bad habit and lack of knowledge of citizens.

There are mainly two strategies to keep residential buildings sustainable: first, a direct action on existing buildings, defining efficient and economically viable interventions (or at least reasonable); second, promoting education in this field of citizens, final users of residential buildings and, as such, primary responsible of energy saving. This research approaches both those strategies, thus is subdivided into two parts.

The first part of this research is made of four chapters (1-4) and aims at the definition of techniques that can be used to reduce energy consumption. For this reason, three real buildings, representing the state-of-the-art in the residential building field during the 50's, have been studied, analysed and verified from both the energetic and economical point of view.

In the first chapter, along with the motivation for the choice to study reinforced concrete grid (pillars and beams) buildings, we introduce:

- the tool used for energetic analysis
- the original method used that allows for a coherent and consistent analysis
- an economic index, specifically developed for the scope, used to better evaluate the actual viability of interventions aimed at reducing energy consumption

In the second chapter we introduce the first building studied, characteristic of the second "INA CASA" period (1956-1963). We analyse the energetic behaviour of the building in the various climatic situations of 54 Italian provinces, where INA buildings are more present. A first series of interventions is defined and analysed, both from the energetic and from the economical point of view. Along with a classification of the best interventions we propose an original incentive system.

The third chapter studies the "I Gemelli" building, more advanced from the previous one (1962). Along with the analysis of the energetic behaviour in the most important climatic situations of the Italian country we present a study on possible condensate problems. A set of interventions is defined, analysed both from the energetic and economical point of view.

The fourth chapter studies the "Residenza Golgi", that represents a type of residential buildings for university students (between 1970 and 1980). Energetic and economical analysis allow for a better comprehension of the extent to which an increased building envelope insulation could achieve a better and effective performance.

The second part of the research is made of four chapters (5-8).

The fifth chapter introduces a couple of observations regarding some problems arisen in the first part of the research, and the need of a more in-depth study of the problem:

- difficulties related to getting technical data and informations about existing buildings require a better knowledge both of real energy consumptions and of technical building characteristics
- in order to correctly apply any intervention or incentive, citizens need to be educated about the energetic problem

The sixth chapter analyzes the energy certification of buildings in Regione Lombardia, showing how such a tool cannot be correctly used as a building database, as an education system nor as the only basis for an incentive system.

The seventh chapter describes an original method developed to collect data about important characteristics and energetic behaviour of existing residential buildings, designed both to create an existing building database and to form the basis of a citizens education system.

The eighth chapter contains the final conclusions.

The research introduced herein has been proposed and studied for the Italian country, because of the above mentioned problems. However, many considerations can be easily extended to other countries; interventions introduced in the first part of the research can be taken into consideration for all those buildings, even in foreign countries, that have similar characteristics. Moreover, the incentive systems proposed in the two parts of the research are based on energy saving translated into economic concepts, thus they can be valid in other countries. As an example, the idea to relate any incentive system to the "Carbon Tax" (paragraph 6.6.4 chapter 6) should be taken into consideration by every country in order for such a tax to be applied correctly and consistently.

INTRODUZIONE GENERALE

Il risparmio energetico rappresenta la prima e, ad oggi, la più efficace risposta alle attuali problematiche legate alla crescita del fabbisogno energetico ed all'inquinamento del pianeta. Una seria politica volta al progresso ed attenta all'ambiente, non può prescindere dall'analisi e dalla messa in atto di passi concreti che possano portare all'ottimizzazione dello sfruttamento delle risorse primarie.

Il risparmio, se ben attuato, può:

- procrastinare il collasso energetico, dando in tal modo più tempo ai ricercatori di trovare risorse alternative a quelle tradizionali in via di esaurimento;
- consentire un miglior sfruttamento delle fonti rinnovabili, offrendo sistemi ad alto rendimento che necessitano di basse potenze ed infine contribuire a diminuire l'entità delle emissioni di inquinanti in ambiente. Il contenimento dei consumi in Italia è un problema ancor più urgente rispetto alla media degli Stati europei, soprattutto per la mancanza nel Paese di fonti energetiche (Figura 1). Anche il problema legato alle emissioni ed al consumo di risorse è senz'altro importante, anche se l'incidenza, in valore assoluto, sul clima globale o sul depauperamento mondiale delle riserve di materia prima, data la piccola estensione del Paese, s'attesta su valori piuttosto bassi (Figura 2, Figura 3).

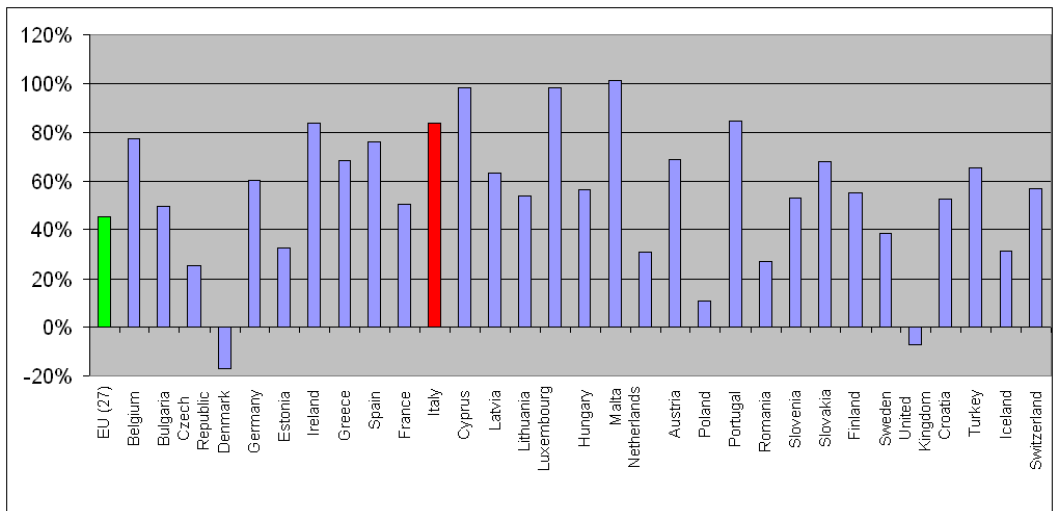


Figura 1. Percentuali d'importazioni d'energia per i paesi Europei (elaborazioni delle statistiche di Eurostat dal 1995 al 2006) [1]

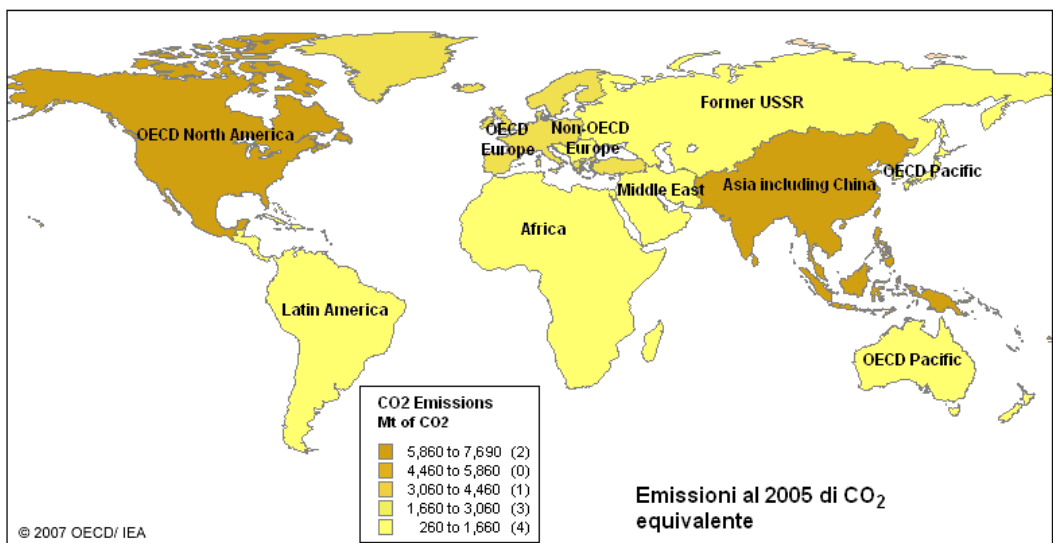


Figura 2. Mappa delle emissioni di CO₂ equivalente nel mondo [2]

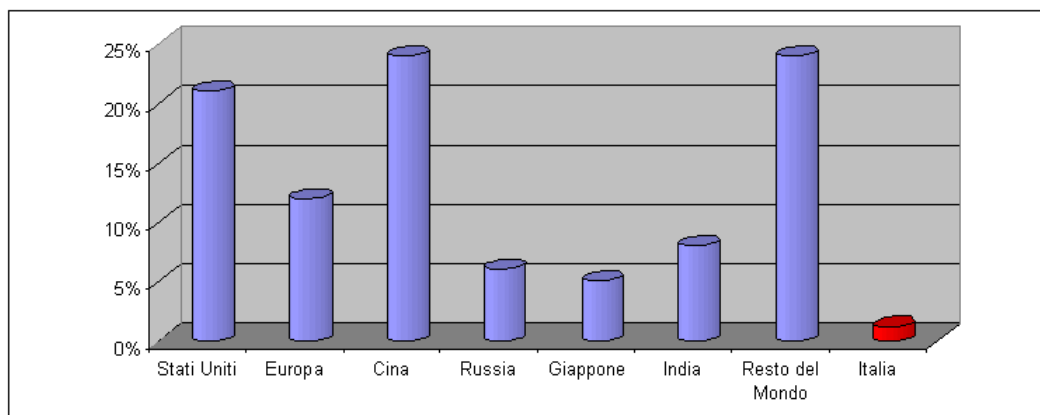


Figura 3. Emissioni di gas serra in percentuale al 2007

Già durante la rivoluzione industriale, la scarsità di materie prime indussero l'Italia ad importare carbone e lignite da altri Paesi. Dopo la Seconda Guerra Mondiale, durante la ricostruzione e nel successivo periodo di boom economico le richieste d'energia aumentarono sempre più portando il Paese ad una maggior dipendenza dall'estero. Tale dipendenza negli anni anziché diminuire è cresciuta: attualmente le importazioni sfiorano il 90% del fabbisogno totale Figura 4 .

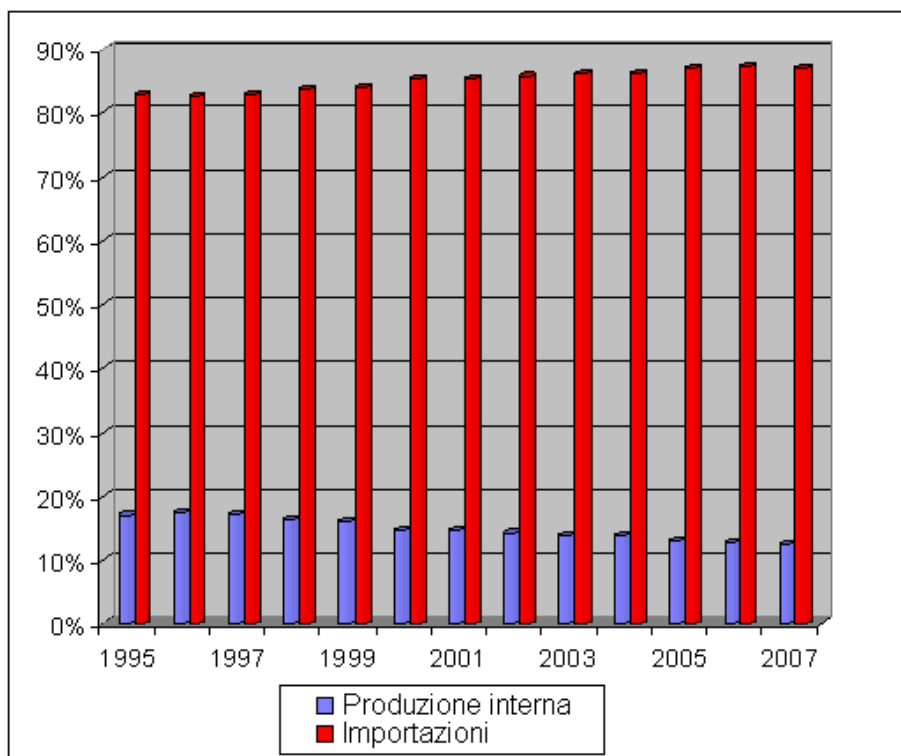


Figura 4. Importazioni di energia primaria in Italia negli anni (elaborazioni su dati statistici del Ministero dello Sviluppo Economico [3] e dell'Istat [6])

Nell'attuale scenario geopolitico, ove stati emergenti quali Cina ed India, aumentano sempre più le proprie richieste d'energia, attingendo alle riserve mondiali e contribuendo all'innalzamento del costo della stessa, appare sempre più urgente che il nostro Paese cerchi di raggiungere, in questo campo, una maggiore autonomia. L'Italia, data la propria condizione svantaggiosa, potrebbe e dovrebbe diventare modello per gli altri Stati su questo campo. Raggiungere l'indipendenza energetica è un obiettivo attualmente poco realistico, tuttavia una diminuzione significativa della dipendenza dall'estero è sicuramente attuabile sia attraverso la ricerca e lo sviluppo di fonti alternative, ma soprattutto tramite il risparmio. Attualmente è in studio un piano straordinario che vorrebbe fissare, quale obiettivo al 2020, una diminuzione di richiesta d'energia del 12% da attuare proprio tramite tecniche di risparmio. Tale traguardo dovrebbe venir raggiunto nel periodo in esame, diminuendo il fabbisogno di un punto percentuale all'anno [4].

Le tecniche di risparmio vanno studiate ed applicate a tutti quei comparti dell'attività umana che assorbono grandi quantità di energia. A livello nazionale ed europeo il dato dei consumi legati all'ambito degli edifici residenziali s'attesta su un terzo dell'intera richiesta (Figura 5).

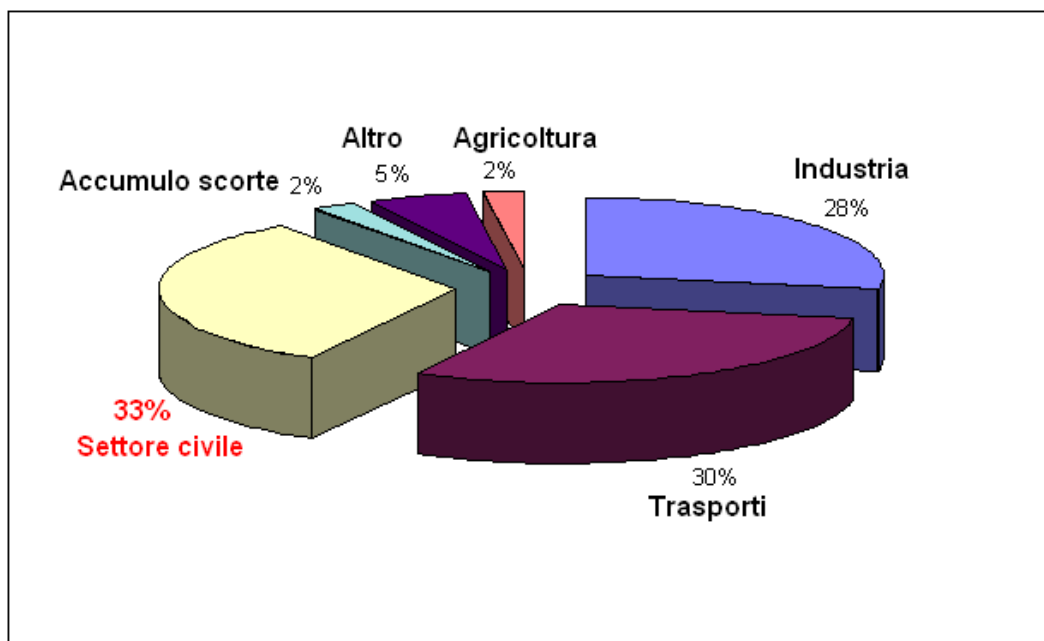


Figura 5. Fabbisogno energetico suddiviso per settore: dati relativi al 2005 tratti dalle statistiche ambientali Istat 2005-2006 [6]

In Italia, come nel resto del mondo, la maggior parte del consumo d'energia degli edifici, di cui il 70% è dovuto al riscaldamento, si può imputare al parco edilizio esistente. Ciò è dovuto sia allo stato di obsolescenza del costruito sia alle cattive abitudini ed alla scarsa informazione dei cittadini.

Le strategie per rendere il comparto edilizio sostenibile possono esser raggruppate in un due temi fondamentali: da un lato l'azione diretta sul patrimonio immobiliare, dall'altro la formazione di una coscienza critica nei cittadini, utilizzatori ultimi delle

abitazioni ed attori primari nel panorama del risparmio. Il lavoro di ricerca quivi descritto s'inserisce in questo contesto ed abbraccia entrambi i temi dipanandosi in due sezioni.

Nella prima vengono definite delle tecniche d'intervento, emerse da analisi e verifiche energetiche svolte su importanti casi reali, studiate in modo da incidere sui consumi di una fetta significativa del patrimonio edilizio italiano esistente. Accanto alla definizione di un metodo originale di lavoro vengono presentati tre casi di studio, paradigmatici di un modo di costruire sempre più diffuso sul territorio a partire dagli anni '60. Il denominatore comune degli esempi scelti per le analisi è la presenza di strutture portanti in cemento armato e chiusure leggere. Questo tipo di costruzioni, sorto e prepotentemente affermatosi sul territorio dal secondo dopoguerra in poi, è caratterizzato da bassa resistenza al passaggio del calore e da parametri di snellezza e porosità che portano le dispersioni a livelli incompatibili con le attuali esigenze di risparmio. Le verifiche del comportamento energetico accompagnano le analisi e le definizioni di alcuni criteri d'intervento, proposti per la semplicità di realizzazione ed in base ad un indice economico appositamente studiato per tenere in conto sia il risparmio energetico sia l'impegno di capitale. Da tali studi scaturiscono delle osservazioni di carattere economico su possibili strategie d'incentivazione delle ristrutturazioni energeticamente sostenibili.

Nella seconda parte del lavoro di ricerca vengono proposti sia uno studio critico dello strumento di verifica attualmente a disposizione (la certificazione), in cui vengono messe in evidenza alcune criticità, sia un metodo di raccolta dati sulle caratteristiche salienti e sul comportamento energetico degli edifici residenziali esistenti. Tale metodo ha anche uno scopo di formazione ed informazione che s'intreccia con le problematiche legate alle azioni di riqualificazione energetica. Infatti, per poter condurre studi sugli interventi di risparmio energetico, come quelli proposti nella prima parte, è strettamente necessario poter far affidamento su una maggior conoscenza sia dei consumi che delle caratteristiche principali, costruttive ed impiantistiche, del patrimonio edilizio esistente. Inoltre qualunque politica di risparmio deve partire dalla conoscenza, da parte dei cittadini, del comportamento energetico della propria casa e dalla consapevolezza degli stessi della propria influenza sui consumi.

La scelta di concentrarsi perlopiù sugli edifici esistenti nasce da diverse considerazioni. Innanzi tutto gli immobili realizzati prima degli anni '90 rappresentano più del 90% del parco edilizio presente sul territorio italiano: pertanto, per attuare politiche di risparmio energetico in edilizia, è gioco-forza, accanto alla definizione di standard costruttivi più esigenti per le nuove realizzazioni, riqualificare il costruito.

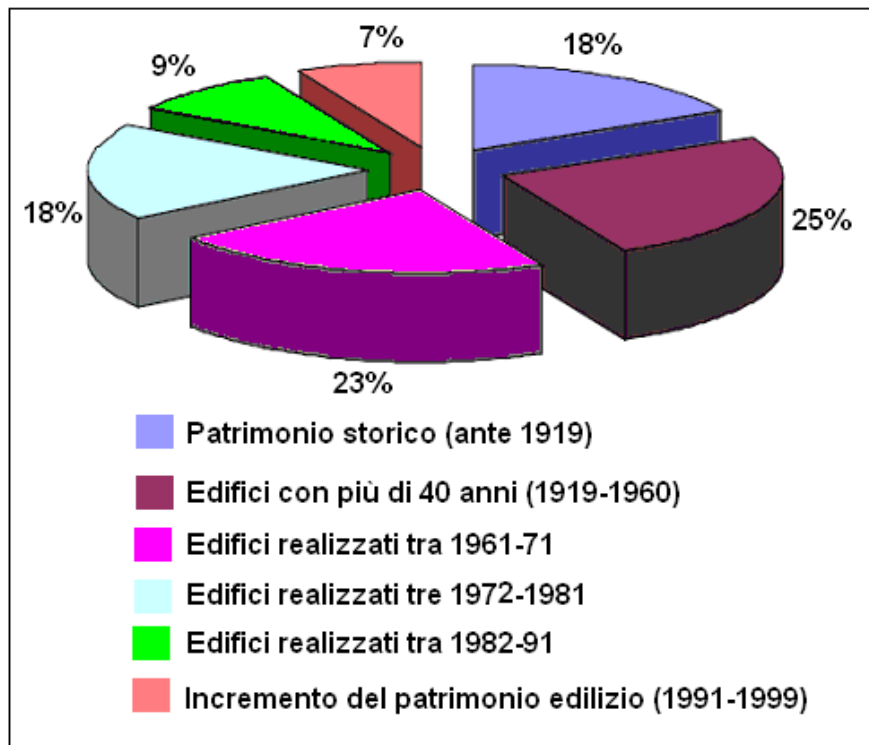


Figura 6. Edifici in Italia suddivisi per fascia d'età [5]

In secondo luogo la maggior parte degli edifici esistenti o è stata realizzata con tecniche poco o per nulla attente al consumo d'energia o versa in condizioni tali da richiedere urgenti interventi di ristrutturazione.

Lo studio della ricerca, qui presentato, è stato applicato al caso nazionale proprio per rispondere all'urgenza improcrastinabile del Paese di proposte concrete di risparmio energetico. Tuttavia diverse considerazioni possono essere estese a livello internazionale. Infatti gli interventi di ristrutturazione sostenibile, individuati nella prima parte del lavoro, possono essere considerati per tutti gli edifici, italiani e non, che presentino caratteristiche analoghe a quelli studiati. Inoltre le strategie d'incentivazione, proposte nella prima e nella seconda parte del lavoro, poiché basate su concetti legati al risparmio energetico tradotto in ritorno economico e non su dei limiti di varia natura che possono variare da legge a legge, potrebbero essere valide anche per altri Paesi. Anzi, la proposta di estendere il computo della Carbon Tax all'edilizia (paragrafo 6.6.4 capitolo 6) dovrebbe venir presa in considerazione proprio a livello internazionale onde poter essere applicata correttamente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Europea Commission, Eurostat, theme environment and energy, table "energy dependence"
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc310>
- [2] International Energy Agency,
<http://www.iea.org/Textbase/country/maps/world/co2.htm>
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico, direzione generale dell'energia e delle risorse minerarie "Bilancio energetico nazionale 2007".
- [4] http://www.sviluppoeconomico.gov.it/primopiano/dettaglio_primopiano.php?sezione=primopiano&tema_dir=tema2&id_primopiano=98
- [5] Istat 14° censimento della popolazione e delle abitazioni: <http://dawinci.istat.it>
- [6] Istat: Statistiche Ambientali, sezione Ambiente e Territorio annuario relativo al periodo 2005-2006 edito nel 2007
http://www.istat.it/dati/catalogo/20070817_00

PRIMA PARTE

CAPITOLO 1 INTRODUZIONE

PRIMA PARTE

La prima parte di questo lavoro di ricerca propone lo studio del comportamento energetico invernale e dei possibili criteri d'intervento per migliorare l'efficienza energetica di alcuni edifici, scelti in modo tale che siano rappresentativi di una parte significativa del parco edilizio italiano. Fino a pochi anni fa l'unico scopo degli interventi di ristrutturazione era quello di ripristinare l'agibilità degli immobili senza alcuna attenzione per il controllo delle dispersioni. Solo negli ultimi anni, data la situazione energetica mondiale, tale modo di agire sta venendo abbandonato con politiche che vorrebbero favorire scelte più efficienti. In questa prima parte, tramite un metodo di lavoro appositamente studiato ed affinato, sono stati individuati alcuni possibili interventi di ristrutturazione sia energeticamente efficienti, ma al contempo economicamente sostenibili studiando anche talune strategie d'incentivazione che possono favorire il risparmio senza incidere sul bilancio statale pubblico e privato.

1.1 CONSIDERAZIONI INIZIALI

Lo studio si è rivolto a costruzioni campione, di proporzioni ragguardevoli, ubicate in città di medie o grandi dimensioni. Sono state considerate residenze, sia perché rappresentano la maggior parte degli edifici esistenti, sia perché le informazioni sul comportamento energetico di questa parte di costruito sono in genere poco note e

frammentarie. La scelta dei casi di studio è stata fatta in seguito ad indagini su tipologie edilizie che fossero abbastanza diffuse e realizzate con criteri poco attenti alle dispersioni termiche dell'involucro. La scelta è ricaduta su palazzi medio - alti, realizzati tra il 1950 ed il 1980 (anni nei quali sono stati eretti più del 40% degli edifici esistenti), costituiti da un'ossatura portante in cemento armato e tamponamenti esterni leggeri. Analizzando i dati del quattordicesimo censimento ISTAT [1] si osserva che le costruzioni in cemento armato hanno sempre più preso piede, in Italia, dopo il secondo dopoguerra. In particolare nel grafico di Figura 1 si nota che tra la fine degli anni '60 e la fine degli anni '70 le realizzazioni con struttura portante armata abbiano superato, come numero di realizzazioni, quelle in muratura. Sempre da tale censimento si può arguire che, sul territorio italiano, gli edifici rispondenti a dette caratteristiche, realizzati tra il 1950 ed 1981, sono all'incirca un milione e mezzo.

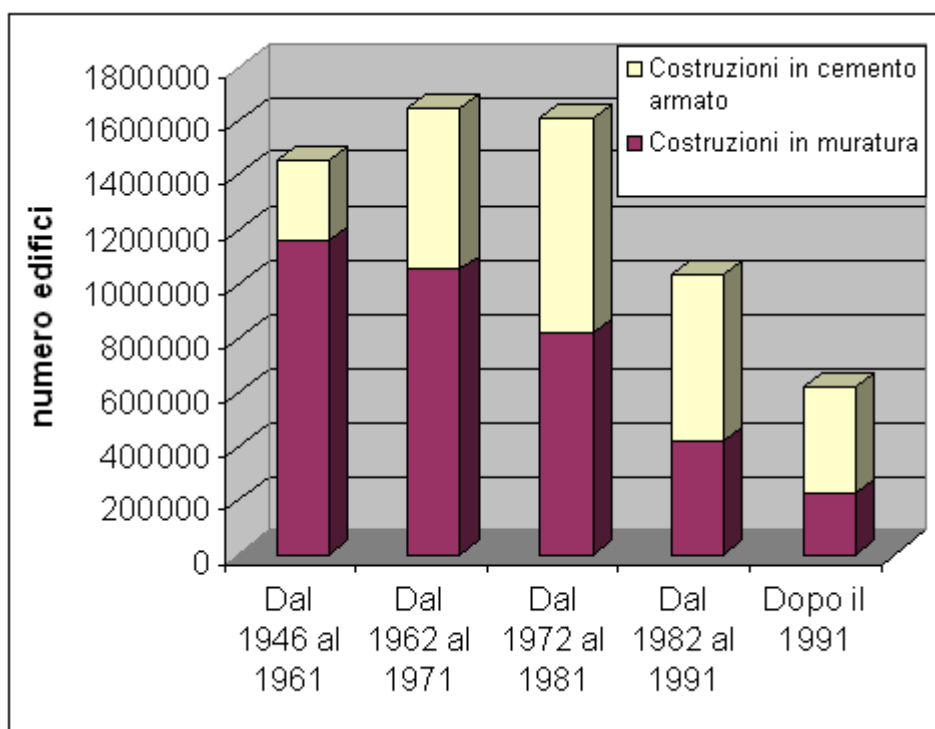


Figura 1. Edifici in muratura portante ed in cemento armato in Italia (elaborazioni di dati tratti dal 14° censimento Istat 2001)

Sempre grazie ai dati del censimento si può notare che la maggior diffusione di edifici alti (con più di 4 piani) e costruiti con ossatura portante in travi e pilastri armati, si trova proprio nei centri più popolosi soprattutto ubicati al Nord. A titolo d'esempio, in Figura 2, si riportano le percentuali di costruzioni con più di 4 piani per alcune delle maggiori città italiane.

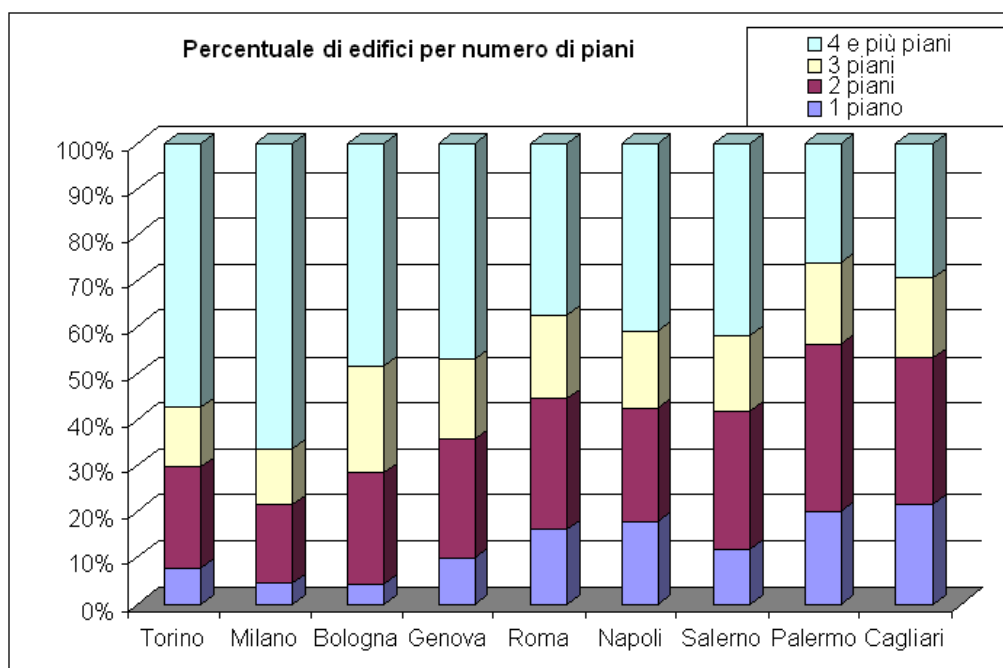


Figura 2. Diffusione dei palazzi alti in alcune delle maggiori città italiane (elaborazioni di dati tratti dal 14° censimento Istat 2001)

I casi di studio che verranno presentati nei prossimi capitoli sono tre:

- il primo, palazzo di via Tofane, rientra nell'ambito del Piano INA-Casa ed è un edificio caratteristico del *modus construendi* del secondo periodo del suddetto piano (1956-1963).
- il secondo, Condominio "I Gemelli", è un immobile rappresentativo di un'edilizia più ricercata rispetto al precedente, ma sempre caratterizzato da una struttura portante in cemento armato e tamponamenti leggeri (1962).
- Il terzo, "Residenza Golgi", è un complesso di residenze universitarie realizzate tra il 1970 ed il 1980 con stratigrafia dei tamponamenti riscontrabile in molte realizzazioni di quel periodo.

Di ciascun caso sono stati analizzati criticamente alcuni criteri d'intervento di miglioramento del comportamento energetico **invernale** (in considerazione del fatto che il 70% dei consumi del comparto edilizio sono imputabili al riscaldamento) che avessero come caratteristiche fondamentali la convenienza economica e la semplicità d'applicazione. Lo studio è stato condotto considerando prevalentemente l'aumento d'efficienza passiva e quindi il miglioramento delle prestazioni dell'involucro, ma alcune analisi sono state svolte anche a carico dell'impianto, valutando, però, sempre interventi di facile realizzazione e non eccessivamente invasivi. Dalle analisi sono scaturite delle osservazioni che hanno portato alla definizione di criteri d'incentivazione basati non su dei limiti di varia natura, fissati da leggi, ma sull'effettiva

capacità degli interventi di tradursi in un risparmio economico che ne giustifichi l'esecuzione.

Gli edifici considerati sono ubicati in zone climatiche¹ E e D, zone in cui ricade la maggior parte del territorio italiano (Figura 3 e Figura 4). Per i tre casi di studio le analisi su comportamento energetico invernale e sulla resa delle diverse soluzioni è stata svolta per alcune città italiane rappresentative delle zone climatiche maggiormente diffuse nel territorio nazionale (F, E, D, C). Inoltre, per quanto riguarda il palazzo di via Tofane, lo studio del comportamento energetico invernale è stato esteso alle 54 Province d'Italia ove si riscontra il maggior numero di costruzioni INA

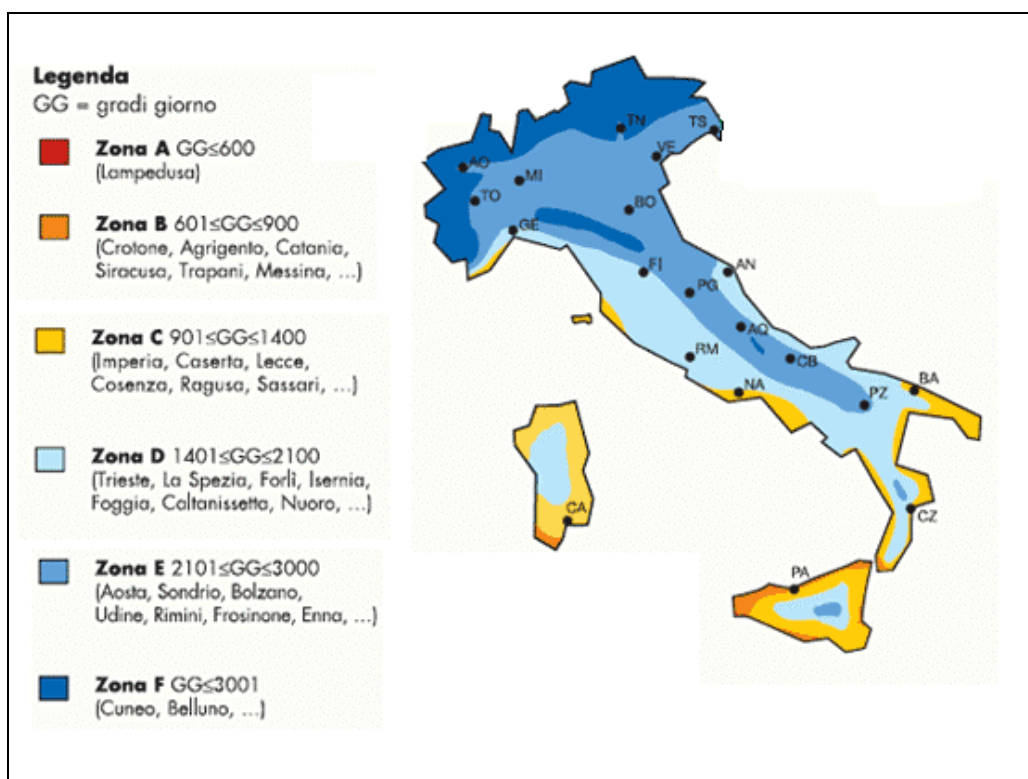


Figura 3. Zone climatiche d'Italia [2] con indicazione dei Gradi Giorno²

¹ Zone climatiche: parti in cui è suddiviso il territorio italiano in funzione dei gradi giorno indipendentemente dalla posizione geografica.

²Per "gradi giorno" di una località s'intende la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20 gradi centigradi, e la temperatura media esterna giornaliera.

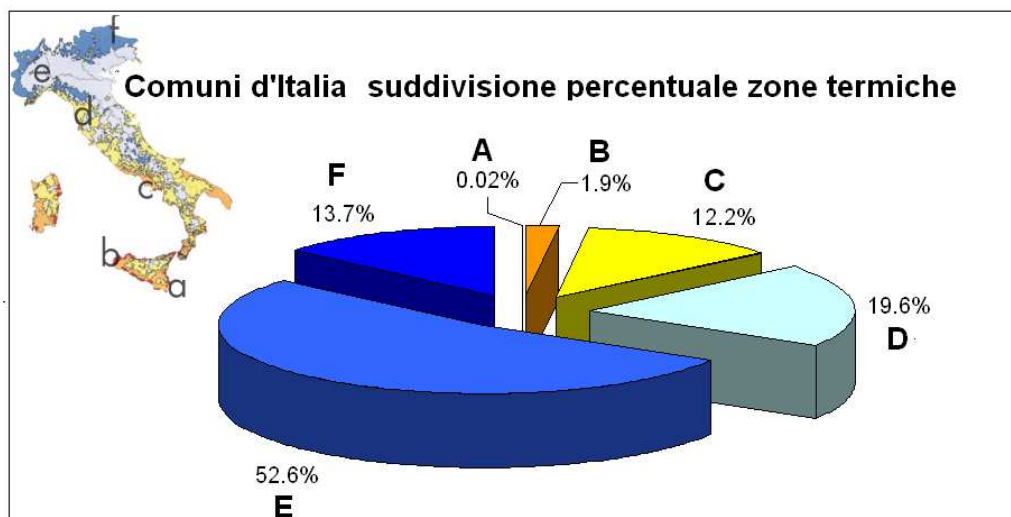


Figura 4. Percentuale di Comuni italiani per zona termica

Al fine di condurre le analisi energetiche dei vari casi è stata svolta una fase preliminare per la determinazione del software più adatto per lo svolgimento dello studio. Sulla base delle esperienze di programmazione nel settore [3] e grazie a diversi test condotti su più programmi di calcolo [4], [5] si è potuto scegliere lo strumento che s'adattava maggiormente alle esigenze del lavoro di ricerca. La scelta è ricaduta su un'applicazione, TerMus prodotto da ACCA software, che presenta due caratteristiche fondamentali: da un lato una notevole aderenza dei risultati di calcolo con i dati reali (confermata da test condotti durante il lavoro di ricerca), dall'altro un grado di dettaglio nei dati di input compatibile con le informazioni che possono essere raccolte sul campo. Il calcolo delle dispersioni termiche viene eseguito a regime utilizzando come condizioni esterne le medie mensili di temperatura, radiazione solare ed umidità suggerite dalle norme UNI di riferimento. La scelta del grado di dettaglio col quale descrivere l'edificio è lasciata all'utilizzatore. Il tipo di analisi oggetto della prima parte della ricerca ben si confaceva alle caratteristiche dello strumento. Infatti, al fine di determinare criteri economici e strutturali d'intervento per la sostenibilità energetica degli edifici esistenti, era più importante avere risultati annuali di consumo affidabili che non ottenere il comportamento orario dell'edificio tramite strumenti più complessi che però richiedevano una serie di informazioni relative all'immobile pressoché irriperibili.

Si sottolinea anche che, durante questo lavoro di ricerca, è stato sempre possibile comunicare direttamente con la software – house. Gli eventuali suggerimenti sono stati accolti con prontezza dalla casa produttrice che si è resa disponibile a proficui confronti permettendo di utilizzare al meglio lo strumento.

Le analisi, dunque, sono state condotte prevalentemente con TerMus, ma in alcuni casi è stato eseguito un confronto con altri programmi. Ad esempio per l'archetipo INA-Casa si è scelto di affiancare lo studio condotto tramite TerMus a simulazioni eseguite con due strumenti per il calcolo, Edilclima della Aermec e Design Builder, il primo volto specificatamente alla valutazione degli impianti, il secondo, che implementa il motore di calcolo EnergyPlus, adatto a svolgere analisi di tipo dinamico. Alcune analisi dell'edificio "Gemelli" sono state fatte, oltre che con TerMus, anche con

Visual Doe, (programma basato sul DOE sempre per analisi dinamiche) ed EPQR (software indicato per effettuare studi preliminari e di massima sulle priorità d'intervento).

1.2 IL METODO

Il metodo di lavoro, studiato ed applicato nell'ambito della prima parte della presente ricerca, ha lo scopo di permettere d'eseguire un'analisi omogenea e coerente dei casi di studio. La definizione di una prassi comune risulta essenziale per poter affrontare casi differenti ed ottenere risultati confrontabili. Il sistema è stato sviluppato in 5 diverse fasi, con l'intento di facilitare e razionalizzare lo svolgimento delle analisi:

1. raccolta di dati riguardanti l'edificio tra cui: ubicazione, composizione strutturale ed architettonica, stratigrafie, particolari costruttivi, impianti di riscaldamento, consumi effettivi e comportamenti dell'utenza.
2. Lettura critica dei dati raccolti con eventuale correzione ed integrazione delle informazioni necessarie.
3. Inserimento dell'edificio in un programma di calcolo, simulazione del comportamento energetico dell'immobile ed eventuale validazione del modello.
4. Scelta degli interventi possibili di riqualificazione energetica in base alla situazione dell'immobile studiato del costo degli stessi e della facilità della posa in opera.
5. Simulazioni del comportamento energetico dell'edificio in diverse configurazioni e determinazione degli interventi più convenienti considerando il rapporto costi benefici.

Di seguito vengono specificate le suddette fasi mettendo in evidenza i punti critici riscontrati durante la prima parte del lavoro di ricerca:

1.2.1 Prima fase

La prima fase, in genere, risulta piuttosto gravosa in quanto reperire documenti su edifici realizzati qualche decennio addietro è difficoltoso e le informazioni raccolte sono spesso frammentarie. Molte volte non è possibile rintracciare gli studi di progettazione (si parla di edifici di almeno 30 anni) e quindi, onde reperire le informazioni mancanti, si rendono necessari sopralluoghi e contatti con amministratori e/o residenti spesso in possesso di parti di documentazione riguardante l'immobile. A tal proposito si sottolinea che alcuni dati fondamentali, quali la composizione delle stratigrafie, sono difficilmente presenti negli incartamenti ufficiali. Tuttavia possono essere rintracciati presso i soggetti sopra citati, in quanto derivanti da rilievi eseguiti in occasione di interventi di manutenzione straordinaria. Il coinvolgimento dei singoli proprietari e degli amministratori, inoltre, si rende necessario per ottenere i dati sui consumi reali che costituiscono, come verrà in seguito spiegato, un elemento fondamentale per testare l'aderenza tra realtà fisica e risposta del software.

Nei casi analizzati i risultati di questa prima fase del lavoro si sono tradotti in: documentazione fotografica, raccolta di elaborati originali del progetto dell'edificio con piante prospetti e particolari costruttivi, stratigrafie e materiali impiegati per la realizzazione dell'involucro, informazioni sugli impianti presenti ed infine, laddove è stato possibile, dati sui consumi effettivi. Questi ultimi sono stati ricavati da consuntivi di spesa per l'approvvigionamento del gas ed energia elettrica, o da dati diretti di consumo di combustibile e di acquisiti tramite consultazione di documenti resi disponibili da amministratori o residenti.

1.2.2 Seconda fase

Nella seconda fase i documenti reperiti devono essere analizzati e confrontati tra di loro onde individuare e correggere eventuali discrepanze e desumere tutte le informazioni necessarie al fine del lavoro. Dalla precisione di questo passaggio dipende l'accuratezza del risultato finale. Per quanto riguarda la presente ricerca il confronto tra le tavole originali ed i rilievi svolti in sito ha permesso di correggere sia errori di interpretazione che effettivi scostamenti tra il progetto iniziale e la realizzazione finale dell'immobile.

1.2.3 Terza fase

Per quanto riguarda la terza fase è necessario sottolineare che l'inserimento dell'edificio nello strumento di calcolo rappresenta un passo critico della procedura. Uno dei problemi messi in evidenza in diversi lavori di ricerca è la rispondenza tra il comportamento reale dell'edificio ed i risultati forniti dai programmi di calcolo [5], [6]. La discrepanza tra i risultati simulati ed il comportamento reale dell'edificio può dipendere sostanzialmente da tre fattori: mancanza o inesattezza dei dati richiesti dal programma di calcolo, errori di utilizzo del software, errori del software stesso. Ad esempio l'utilizzo di strumenti particolarmente complessi quali Visual Doe che esige l'inserimento di una serie di dati il più delle volte irrimediabili e che, data la sua complessità, è caratterizzato dalla presenza di errori di programmazione, richiede una notevole esperienza ed una specifica attenzione. Accanto alla cura per individuare errori nel data base o nello svolgimento del programma stesso è anche necessario formulare ipotesi ragionevoli dettate dall'esperienza da inserire al posto delle informazioni mancanti. In questi casi si rende necessaria una fase di validazione dei risultati molto attenta sia al fine di sincerarsi che il modello inserito si comporti fisicamente in maniera analoga al caso reale, sia che i valori ottenuti non siano falsati da problemi del software. Strumenti più semplici e più solidi comportano una minore quantità di ipotesi di lavoro. Anch'essi necessitano di controlli finali per sincerarsi che il modello sia corretto e che le semplificazioni introdotte nei calcoli non siano eccessive al fine della correttezza del risultato, tuttavia la validazione risulta più semplice e veloce. Nei casi di studio presentati, come già detto, si è usato in prevalenza il software TerMus. Nonostante l'affidabilità dello strumento, laddove è stato possibile, si è provveduto comunque ad una fase di validazione sia dei dati che del programma confrontando i risultati delle simulazioni con i consumi reali. Nei casi in cui non è stato possibile reperire i consumi reali si è comunque provveduto ad effettuare simulazioni incrociate con diversi tipi di software, onde ottenere una conferma della bontà della simulazione in base alla congruenza dei calcoli eseguiti.

1.2.4 Quarta fase

Una volta noto il comportamento energetico della costruzione studiata è necessario attuare la quarta fase del metodo, vale a dire operare una prima scelta delle possibili azioni per ottenere un edificio energeticamente sostenibile. La scelta degli interventi da proporre deve essere una crasi tra l'efficienza della soluzione e la realizzabilità della stessa, sia in termini tecnici che economici. In questa fase, dunque, si rende necessaria una rielaborazione degli aspetti costruttivi ed architettonici degli edifici, accanto ad una ricerca di mercato su prestazioni e costi dei materiali, per una prima definizione dei possibili interventi di ristrutturazione. Nei casi in esame sono state scelte alcune soluzioni proprio in base alle caratteristiche peculiari dei diversi immobili ed alla semplicità di realizzazione delle stesse. Sono state privilegiate ditte diffuse sul territorio e di fama consolidata, in modo da poter ritenere affidabile il comportamento, comunque certificato, dei materiali. I costi sono stati reperiti direttamente presso ditte ed i rivenditori ed in genere sono stati raccolti dati anche sul prezzo dell'intervento comprensivo di mano d'opera.

1.2.5 Quinta fase

Una volta determinato un modello d'edificio fisicamente aderente alla realtà inserito in uno strumento attendibile, ed una volta circoscritto il campo degli interventi di ristrutturazione ad una serie di proposte, è possibile attuare la quinta ed ultima fase che consiste nel simulare le diverse soluzioni ipotizzate. Dal calcolo del risparmio energetico conseguibile ed effettuando analisi economiche basate sui tempi di ritorno e convenienza degli investimenti è possibile stilare una classifica dei migliori interventi auspicabili per ottenere edifici energeticamente più sostenibili. Nei casi in esame si sono utilizzati sia strumenti economici noti, ma pure un indice (che verrà illustrato nel prossimo paragrafo) appositamente studiato per tener conto di aspetti legati anche alla possibilità economica delle famiglie di affrontare gli interventi. Grazie a quest'ultima fase del lavoro è stato possibile sia identificare le soluzioni più convenienti per i casi in esame, ma anche pensare ad una forma d'incentivazione un po' diversa da quelle attualmente previste dalla legge nazionale.

1.3 ANALISI ECONOMICA

Gli interventi per rendere gli edifici esistenti più sostenibili dal punto di vista energetico devono essere studiati anche dal punto di vista della loro convenienza dal punto di vista economico. A tal fine per ogni soluzione proposta sono stati valutati i risultati di due strumenti economici piuttosto noti, vale a dire il Net Present Value ed i Pay Back Time.

Un investimento può esser definito come un progetto che, a fronte di un impegno certo di risorse oggi, crea opportunità di generazione di reddito nel futuro. Ne consegue che, per valutare la convenienza di un impiego di capitale, occorre saper confrontare le entrate e le uscite di cassa, da esso generate, che si manifestano in periodi temporali diversi.

L'operazione di attualizzazione di tutti i flussi di cassa relativi ad un determinato investimento può essere fatta tramite il Net Present Value (NPV) [7] la cui espressione matematica è data dall'equazione 1:

$$NPV = -C_0 + \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Ove:

NPV = Net Present Value: flusso di cassa attualizzato[€];

C_0 = flusso di cassa iniziale [€];

t = indice temporale [anni];

T = orizzonte temporale entro il quale s'intende verificare il progetto [anni];

C_t = flusso di cassa all'anno t [€];

r = tasso di attualizzazione (costo opportunità) [%];

Nei casi esaminati, come flusso di cassa è stato preso il risparmio di energia primaria per il riscaldamento, ottenibile con le diverse soluzioni ipotizzate, tradotto in denaro considerando il prezzo aggiornato del combustibile. Nel flusso di cassa è stata considerata anche l'eventuale differenza di spesa di manutenzione ordinaria per l'immobile nello stato attuale e nelle configurazioni con interventi di risparmio energetico. In genere tale differenza si è verificata solo nelle ipotesi riguardanti variazioni dell'impianto. L'indice NPV, in questa accezione, può essere visto come uno strumento che quantifica, in termini di denaro, il risparmio energetico; pertanto detto indice può dar conto della convenienza delle diverse soluzioni proprio in relazione alla capacità di queste di garantire un minor esborso negli anni, rispetto allo stato di fatto.

Il tempo di ritorno di un investimento o Pay-back Time (PBT) [7] è uno strumento che può essere usato in maniera complementare rispetto al NPV in quanto consente di determinare se un progetto offra benefici tali da consentire, o meno, il recupero del capitale impiegato nella propria realizzazione in un arco di tempo ragionevole. Il PBT, infatti, consente di determinare, se esiste, l'istante temporale in cui si prevede che i flussi di cassa attualizzati uguaglino l'esborso iniziale. Per le analisi condotte nel lavoro di ricerca si è deciso di considerare il numero di anni necessari affinché l'investimento iniziale venga ammortizzato dai flussi di cassa attualizzati. Sotto tali condizioni l'espressione matematica del PBT può esser scritta secondo l'equazione 2:

$$PBT = \min t : NPV \geq 0 \quad (2)$$

Ove:

PBT = Pay-back Time: tempo di ritorno dell'investimento[anni];

t = indice temporale [anni];

NPV = Net Present Value: flusso di cassa attualizzato[€];

Ovviamente l'orizzonte temporale entro il quale deve avvenire sia il rientro del capitale sia la valutazione del Net Present Value deve essere conforme al periodo di vita atteso dell'intervento considerato. Nella presente ricerca si è deciso di fissare un limite massimo di 25 anni per l'orizzonte temporale relativo agli interventi sulle pareti verticali e sui componenti vetrati e 15 anni per le soluzioni a carico dell'impianto.

Accanto alle valutazioni con i suddetti parametri si è elaborato un indice di convenienza e di sostenibilità economica basato non solamente sulla convenienza dell'investimento in termini assoluti di flussi di cassa e di tempi di ritorno, ma anche sulla resa percentuale dello stesso, rispetto all'esborso iniziale e, soprattutto, sulla sostenibilità della spesa iniziale. In particolare, per quanto riguarda quest'ultimo punto, si è fatto riferimento alle statistiche ISTAT per i redditi medi delle famiglie italiane e sulla capacità di risparmiare delle stesse, desunta da informazioni reperite sul sito del Governo [8]. L'indice elaborato non è altro che uno strumento di confronto che consente di considerare più fattori contemporaneamente mediante un processo di valutazione di diversi indicatori. Gli indicatori scelti per l'analisi sono:

- il valore del Net Present Value
- il valore del PBT
- la resa economica dell'investimento valutata in percentuale sull'esborso iniziale
- la sostenibilità della spesa valutata in percentuale sul reddito

Per tutti gli indicatori i voti sono dei valori, compresi tra 0 e 100, assegnati semplicemente in modo tale da ordinare in modo decrescente gli interventi a seconda che offrano più caratteristiche positive contemporaneamente. L'indice di ogni intervento viene determinato come una media dei voti, questi vengono attribuiti in funzione di quanto ogni indicatore s'avvicini al miglior risultato ottenuto tra tutte le soluzioni considerate. Sono stati fissati anche dei limiti che, per i primi tre indicatori, riguardano la convenienza economica dell'investimento, mentre per quanto concerne la percentuale sul reddito, valutano la sostenibilità o meno della spesa per le famiglie. Se il Net Present Value risulta negativo e quindi il PBT supera l'orizzonte temporale previsto, l'indice della soluzione viene posto a zero, classificando l'intervento come "antieconomico". Se la resa economica dello stesso, sull'orizzonte temporale, risulta inferiore al 15%³ il voto dell'indicatore vien posto pari a zero. Infine se la spesa iniziale supera dell'8% il reddito medio annuo delle famiglie l'intervento viene classificato come "insostenibile", indipendentemente dai valori raggiunti dagli altri indicatori. Il limite dell'8% è stato scelto in quanto la capacità media delle famiglie italiane di risparmiare è di circa il 10% del reddito annuo. Cautelativamente si è considerato un 20% in meno di tale massimale.

Nei prossimi capitoli verranno descritti i tre casi di studio analizzati con la metodologia testé esposta. I risultati delle analisi forniranno un quadro sugli interventi più auspicabili per i diversi tipi di immobili rappresentati dagli archetipi proposti.

³ La scelta di tale percentuale deriva da un'analisi della rendita di investimenti a lungo termine a rischio basso o nullo, quali fondi assicurativi. La resa percentuale, peraltro, è calcolata sulla base del NPV.

1.4 BIBLIOGRAFIA

- [1] Istat 14° censimento della popolazione e delle abitazioni: <http://dawinci.istat.it>.
- [2] 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".
- [3] L. Cattani a.a. 2000-2001: "Analisi delle prestazioni energetiche ed igrometriche della casa di legno per emergenza abitativa (CLEA)" Tesi di Laurea in Ingegneria Civile. Università degli Studi di Pavia, Ingegneria, Relatore Prof. Ing. Anna Magrini.
- [4] A. Magrini, G. Franco, L. Lanza, L. Cattani "Improving energy performance of Italian post war residential building stock", World Renewable Energy Congress IX (WREC IX), Firenze. 19-25 August, 2006.
- [5] A. Magrini, P. Zampiero, M. Sedino, " Strumenti di calcolo per la verifica delle prestazioni energetiche degli edifici" Seminario su "Prestazioni e certificazione energetica degli edifici italiani, Firenze, Febbraio 2006.
- [6] Galbusera, Giorgio, "Round Robin Test: Software per il calcolo energetico a confronto", neo-Eubios n.19, pp 35-42, Anit, Milano, marzo 2007
- [7] Brealey R., Myers S., Allen F., Sandri S., Capital budgeting, 3/ed, McGraw-Hill, 2006
- [8] La capacità di risparmiare degli Italiani <http://rassegna.governo.it/>

CAPITOLO 2 INA-CASA: TOFANE

In questo primo capitolo sono stati analizzati il comportamento energetico ed i possibili interventi di riqualificazione energetica di un esempio rappresentativo di un importante comparto del costruito italiano. Si tratta di un palazzo situato nel complesso abitativo di via Tofane di Genova che, per le caratteristiche architettoniche e costruttive, risulta particolarmente aderente ai canoni di edificazione del piano INA-Casa. Le osservazioni raccolte possono essere applicate a tutti quegli edifici, appartenenti al patrimonio INA-Casa e non, che vantano caratteristiche analoghe al caso considerato.

2.1 IL PIANO DI RICOSTRUZIONE INA-CASA

Dopo la Seconda Guerra Mondiale la situazione dell'Italia si presentava drammatica. Le vicende belliche avevano precipitato il Paese in una condizione economica di estrema povertà. L'esigenza di dare un lavoro alle decine di migliaia di disoccupati e parallelamente di fornire un'abitazione ad un gran numero di famiglie rappresentava un problema pressante e fortemente sentito dalla classe politica del tempo. La legge n.43 del 28 febbraio 1949 nacque proprio per assolvere ad entrambi gli scopi, infatti mise in atto un grande piano di occupazione e ricostruzione, Piano INA-Casa conosciuto anche come Piano Fanfani, che impegnò decine di migliaia di lavoratori nell'edificazione di un grandissimo numero di nuove abitazioni destinate proprio agli operai.

Il progetto si estese cronologicamente per quattordici anni (1949-1963) durante i quali furono realizzati nell'intera Penisola circa 355000 alloggi per un totale di 1990000 vani abitabili (Tabella 1) [1]. Il piano venne attivato in due grandi fasi: la prima si sviluppò nel primo settennio, cioè dal 1949 al 1956 e fu caratterizzata dalla preoccupazione di consegnare il più in fretta possibile un buon numero di alloggi, la seconda, dal 1956-1963, fu contraddistinta da una maggiore attenzione agli aspetti architettonici.

Regione	Appartamenti	Stanze
Piemonte	26454	139806
Valle d'Aosta	915	4949
Lombardia	58514	304476
Trentino Alto Adige	4669	25202
Veneto	24248	132154
Friuli-Venezia Giulia	7668	41388
Liguria	13161	70435
Emilia-Romagna	25133	132862
Toscana	22811	120325
Umbria	4237	22592
Marche	6324	33664
Lazio	27440	161041
Abruzzi e Molise	8555	45436
Campania	43869	241578
Puglia	27201	144186
Basilicata	3702	19884
Calabria	13589	73147
Sicilia	28007	160872
Sardegna	8264	45939
Centro-Nord	221594	1188894
Sud- Isole	133187	731042
Italia	354781	1919936

Tabella 1. Diffusione delle realizzazioni INA nelle regioni italiane

Il piano, come detto, si proponeva da un lato di fornire lavoro ad un numero elevato di disoccupati, dall'altro la riedificazione del Paese, ma le risorse a disposizione erano scarse: maestranze non qualificate, imprese costruttrici piccole e legate a tecniche tradizionali, materiali poveri. Per questo motivo vennero redatte e distribuite delle linee guida (raccolte in quattro Fascicoli "*Piano incremento occupazione operaia - case per lavoratori*" [2]) che avevano il compito di accompagnare l'intero processo di edificazione, dagli stadi iniziali della progettazione ai test finali, al fine di aiutare i tecnici coinvolti nel lavoro di ricostruzione a realizzare opere a basso costo che fossero adatte alle condizioni del luogo ove sorgevano. L'intento iniziale dei promotori del piano era quello di realizzare degli alloggi economici, sì, ma anche "sani e moderni", studiati per rispondere alle esigenze locali (clima, latitudine, altitudine, abitudini, tradizioni, scorci, ecc.) e di evitare la creazione di stereotipi pur mirando ad

una ricostruzione armonica e coordinata. A tal fine, infatti, vennero impiegati numerosi progettisti (circa un terzo dei 17000 allora attivi) non appartenenti al pubblico impiego. Probabilmente, però, le linee guida, ridussero la libertà dei tecnici e fu così che, tolti alcuni casi eclatanti di sperimentazione architettonica o di opere particolari di progettisti famosi, il patrimonio edilizio INA-Casa venne realizzato con soluzioni progettuali ricorrenti e ben riconoscibili (non influenzate, dunque, da considerazioni sul clima locale). La maggior parte degli edifici del Piano, infatti, presenta una pianta rettangolare accompagnata da una struttura in elevazione di forma semplice. La chiusura superiore è piatta con, in genere, uno strato di materiale isolante, mentre il basamento è costituito da un solaio su pilot. I muri esterni si compongono di due strati di mattoni con un'intercapedine d'aria e son rifiniti da intonaco. Gli edifici d'altezza non superiore ai tre piani sono caratterizzati da murature in laterizio portante, mentre le costruzioni più alte presentano un'ossatura in cemento armato costituito da travi e pilastri. Le strutture portanti nel primo settennio di attuazione del piano venivano celate dai tamponamenti esterni, viceversa, nel secondo settennio vennero messe in risalto. Le peculiarità progettuali si esplicano specialmente nella composizione delle facciate con particolare attenzione alla suddivisione degli spazi, alle aperture ed alle strutture portanti che assurgono (nel secondo settennio) al ruolo di motivo architettonico. Il modus costruendi INA-Casa si tradusse in un vero e proprio linguaggio architettonico, collegabile alle sperimentazioni edilizie europee del XIX secolo, in cui le moderne tecniche di costruzione si sposavano con l'utilizzo di materiali tradizionali. Tale linguaggio divenne un modello adottato nei piani di edificazione nelle principali città industriali negli anni '60. In quel periodo, infatti, sorsero grandi quartieri costruiti seguendo le stesse regole, gli stessi schemi architettonici ed utilizzando gli stessi materiali tipici del patrimonio INA-Casa.

2.2 CONSIDERAZIONI SUL COMPORTAMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI INA-CASA

Fino ad oggi il patrimonio INA-Casa è stato poco studiato dal punto di vista del comportamento energetico. Il primo argomento affrontato in questo lavoro di ricerca ha avuto proprio lo scopo di contribuire a colmare tale lacuna in quanto non più procrastinabile, sia per l'estensione del parco edilizio, ma anche per la sua diffusione sul territorio italiano e per la sua funzione di modello per molte altre costruzioni in seguito realizzate [3]. Una sostanziale considerazione da fare in tal senso è che gli edifici vennero realizzati, come detto, seguendo degli schemi comuni, seppur non identici, del tutto avulsi dal precipuo contesto climatico. La scelta tra muratura portante o telai in cemento armato con chiusure esterne leggere venne dettata solo da problemi di carattere strutturale e non da considerazioni sulla risposta dell'edificio alle forzanti climatiche dell'ambiente esterno. Tali aspetti influirono ed influiscono in maniera sostanziale sia sul comportamento energetico sia sui problemi di degrado che si riscontrano in queste costruzioni. In definitiva i quartieri INA-Casa mostrano oggi la loro inadeguatezza ai criteri di risparmio energetico dettati dall'attuale scarsità di risorse.

In questa ricerca si affronta lo studio del comportamento energetico del patrimonio INA-Casa con proposte dei possibili interventi di ristrutturazione analizzati sia dal punto di vista della resa energetica, ma anche del loro impatto economico, al fine di proporre delle strategie sostenibili.

Si sottolinea, inoltre, che il Piano INA-Casa, pur con i suoi difetti, rappresentò un'esperienza unica nella storia dell'edilizia italiana fornendo a migliaia di famiglie un'abitazione e creando, al contempo, un nuovo linguaggio architettonico. Le scelte tecniche ed architettoniche tipiche di quel parco edilizio divennero un modello per le costruzioni degli anni Sessanta in particolar modo per le Regioni del Nord. Pertanto lo studio del comportamento energetico e delle possibili azioni di riqualificazione energetica del patrimonio INA-Casa non riguarda soltanto i 350000 appartamenti del piano, bensì estende la propria validità a tutte quelle abitazioni che vennero edificate attingendo a quell'esperienza progettuale.

2.3 IL CASO DISTUDIO: IL COMPLESSO D VIA TOFANE

Come sottolineato in precedenza all'interno del patrimonio INA-Casa si possono ritrovare delle caratteristiche ricorrenti. Onde riuscire a condurre uno studio che fosse rappresentativo di una fetta consistente del parco edilizio INA-Casa ed anche delle successive edificazioni realizzate con tecniche analoghe, si è cercato, innanzitutto, un edificio tipo che fungesse da archetipo. A tal fine sono state considerate le caratteristiche costruttive dei 14 insediamenti di Genova (città particolarmente ricca di esempi di costruzioni riconducibili all'esperienza INA dove vennero costruiti 112 palazzi durante i 14 anni del Piano [4]).

	ubicazione	piani	appartamenti	stanze
1	Via d'Eramo	3	130	715
2	Via Vernazza	5	105	532
3	Via Bernabò Brea	5/6	371	1800
4	Via Agosti	6	85	410
5	Via Coronata	9	250	1250
6	Via Schiaffino	5	130	650
7	Via S. Bartolomeo del Fossato	5/9	194	1129
8	Via Mura degli angeli	7/9/12	148	796
9	Via Mogadiscio / Via Terpi	6	-	-
10	Via Coni Zugna	5/7	68	385
11	Viale Villa chiesa	3	35	134
12	Via Tofane	10/11	151	812
13	Località Forte Quezzi	6/9	850	4480
14	Via Branega / Via Stassano	4/14	10	1220

Tabella 2. Palazzi INA a Genova

Alla luce di dette analisi si è scelto di studiare un palazzo facente parte del complesso abitativo di Via Tofane in quanto è uno degli esempi più caratteristici di edilizia del piano INA-Casa. L'insediamento abitativo, orientato per lo più lungo la direttrice ovest

- est, sorge su una collina prospiciente la valle del torrente Polcevera. E' da notare che gran parte degli edifici che si trovano sui rilievi alle cui pendici scorrono i due maggiori torrenti di Genova (il Polcevera ed il Bisagno) son stati costruiti proprio sul modello INA-Casa. Il complesso abitativo di Via Tofane (Figura 1 e Figura 2) si estende su 26000 metri quadrati e consta di nove palazzi di differenti dimensioni per un totale di 151 appartamenti e 181 stanze abitabili, progettati da Giuseppe e Riccardo Ginatta (l'uno ingegnere e l'altro architetto) con altri famosi architetti milanesi e genovesi (V. Borachia, G. Forno, C. Fera). Detto quartiere appartiene al secondo periodo della produzione INA-Casa (1957-1964) ed è dotato di servizi di assistenza sanitaria e sociale, di una scuola e un asilo, di una chiesa e di vari negozi. Sono presenti anche aree verdi attrezzate a prato o alberate, camminamenti e percorsi attualmente adattati ad area parcheggio e un campo sportivo. Dopo la sua realizzazione, il complesso rimase di proprietà pubblica e venne amministrato dall'agenzia I.A.C.P.; attualmente, però, le residenze stanno venendo acquistate dagli inquilini

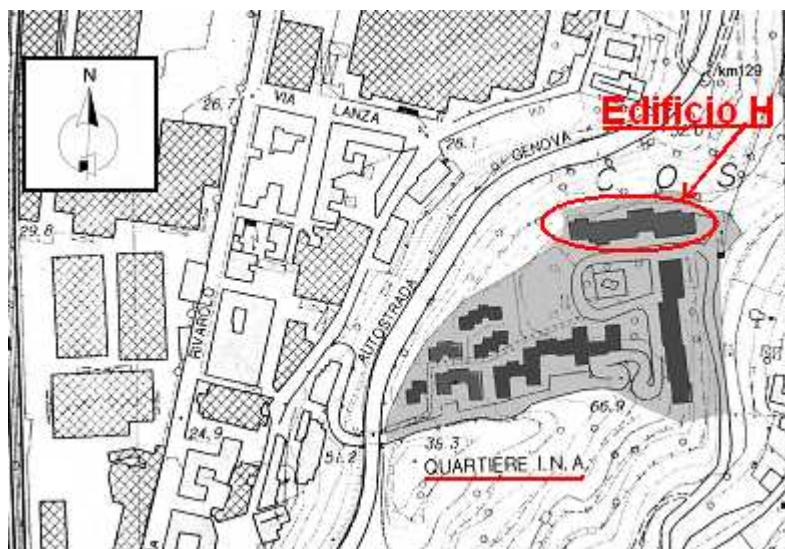


Figura 1. Il complesso di via Tofane



Figura 2. Immagine satellitare del complesso di via Tofane

Il palazzo scelto per lo studio è denominato con la lettera H (Figura 3, Figura 4, Figura 5 e Figura 6⁴) e si compone di 10 piani (incluso il basamento), per un'altezza totale di 39,5 metri. Su ogni piano si sviluppano almeno nove appartamenti per un totale di 97 alloggi e circa 5700 m² di superficie utile. Gli interni sono disposti in modo tale che il soggiorno ed una delle due camere da letto risultino rivolti a sud, mentre l'altra camera, la cucina ed il bagno siano esposti a nord (in pieno accordo con le prescrizioni INA-Casa). Gli appartamenti son serviti da due ascensori e da due corpi scala, situati sulla facciata nord; un ballatoio esterno permette l'accesso alle diverse abitazioni. La facciata sud contiene delle piccole logge, inserite nel volume dell'edificio. Il rapporto superfici disperdenti – volume riscaldato è pari a 0.35.

⁴ Le immagini con dicitura "da disegni originali" sono tratte da disegni provenienti dall'archivio Comunale di Genova - Ufficio Visura progetti



Figura 3. Edificio H

Il palazzo presenta la caratteristica pianta all'incirca rettangolare, il tetto piano e la struttura a telaio, con travi e pilastri in cemento armato gettati in opera, di sezione rettangolare e di dimensione costante (40x25 cm), posti a vista rispetto alle chiusure verticali formate da un doppio strato di mattoni con intercapedine d'aria. Le luci sono limitate (circa 4 m), gli sbalzi contenuti (circa 160 cm) e le aperture piccole. Lo schema strutturale, che segue perfettamente le prescrizioni pubblicate nei quattro fascicoli guida, si riflette su tutti i prospetti ed il passo dei pilastri è sempre uniforme.



Figura 4. Prospetto Sud dell'edificio H (dai disegni originali)



Figura 5. Prospetto Nord dell'edificio H (dai disegni originali)

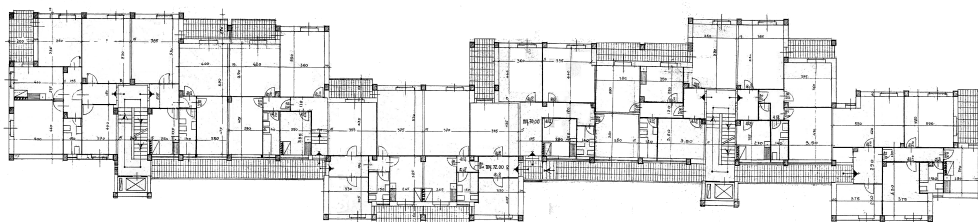


Figura 6. Pianta dell'edificio H (dal progetto originale)

Nel periodo in cui venne edificato il quartiere Tofane appaiono sul territorio italiano esempi importanti che seguono la stessa impostazione strutturale costruttiva ed architettonica, tra cui si ricordano i seguenti quartieri:

- Corso Sebastopoli (Torino edificato negli anni 1957-1960 si compone di 4750 stanze, progettato da C. Mollino);
- Harrar (Milano edificato negli anni 1951-1955 con 942 appartamenti, 4800 stanze, superficie totale 13,7 ettari, progettato da L. Figini, G. Pollini, G. Ponti, Figura 7);
- San Marco, Mestre (Venezia, edificato negli anni 1951-1961 di 2120 alloggi, 8730 stanze, superficie totale 52 ettari, edificato da by L. Piccinato, G. Samonà);

- Borgo Panigale (Bologna edificato negli anni 1951 composto da 584 appartamenti e 3771 stanze, superficie totale 13 ettari, progettato da G. Vaccaro e altri, Figura 8);
- Via della Barca (Bologna);
- Valco San Paolo (Roma realizzato nel periodo 1949-1952, si compone di 444 appartamenti per un totale di 2602 stanze, superficie complessiva 4,8 ettari, progettato da M. De Renzi, S. Muratori, Figura 9);
- Tuscolano I, Tuscolano III (Roma realizzato nel periodo 1950-1960 si compone di 3150 appartamenti per un totale di 17000 stanze, superficie complessiva 40 hectares, progettato da M. De Renzi, S. Muratori e altri, Figura 10);
- S. Agnese (Modena);
- Arenella (Napoli).

In alcuni di questi casi, ad esempio nel progetto di Alberto Libera e Giuseppe Vaccaro a Roma (Tuscolano), l'ossatura portante è molto ben evidenziata e distinguibile dalla tamponatura esterna leggera.

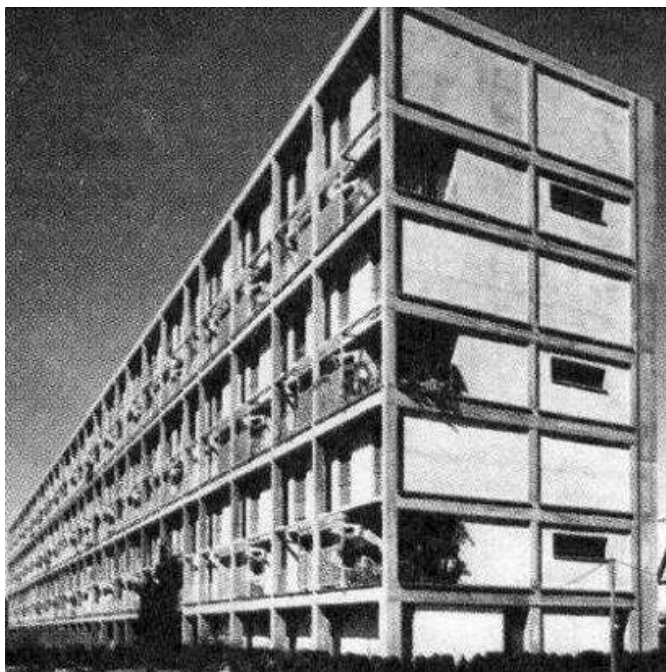


Figura 7. Quartiere di Harrar, Milano

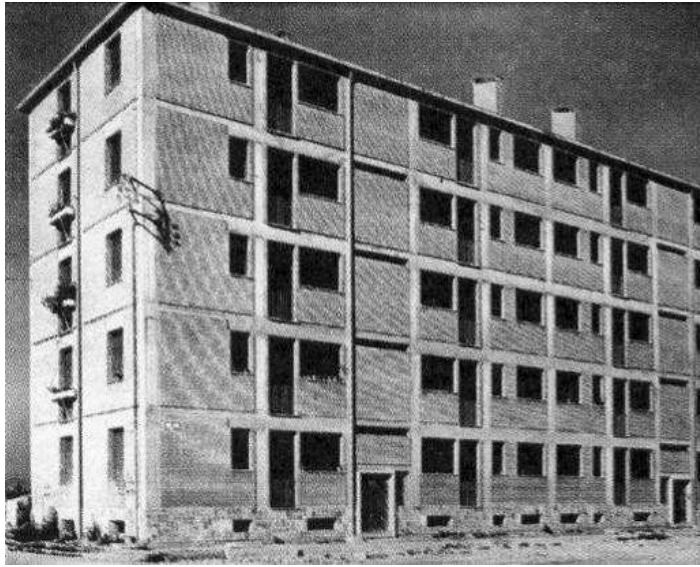


Figura 8. Quartiere di Borgo Panigale (Bologna)



Figura 9. Quartiere di Valco San Paolo, Roma



Figura 10. Quartiere Tuscolano II, Roma

2.4 RACCOLTA DATI: L'INVOLUCRO EDILIZIO, MATERIALI E DETTAGLI

I dati relativi all'involucro edilizio sono stati reperiti direttamente dai progetti originali e dalle prescrizioni INA. Inoltre sono stati eseguiti dei sopralluoghi per verificare la corrispondenza dei dati raccolti con l'edificio reale.

2.4.1 Muri esterni

I muri esterni, come in tutti gli edifici INA-Casa d'altezza maggiore di tre piani, sono costituiti da mattoni forati all'interno (spessore 8 cm) mattoni semipieni (spessore 12 cm posti) all'esterno e camera d'aria (spessore totale pareti 40 cm). Le pareti, inserite nella griglia strutturale in posizione arretrata rispetto al telaio in cemento armato, sono finite con un intonaco composto con rinzafo di cemento, tre strati di malta di cemento, terminato con strato di arenino fratazzato e tinteggiato a fresco. Nella scheda di Figura 13 si riportano le caratteristiche salienti dei tamponamenti esterni, mentre la Figura 11 e la Figura 12 mettono in luce la posizione arretrata degli stessi rispetto alla struttura portante

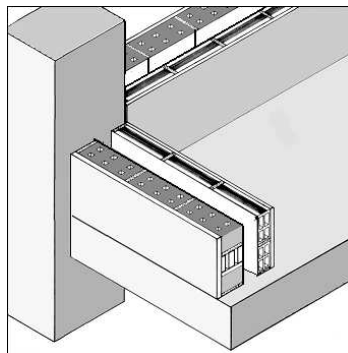


Figura 11. Muratura ed elementi portanti: particolare dello spigolo

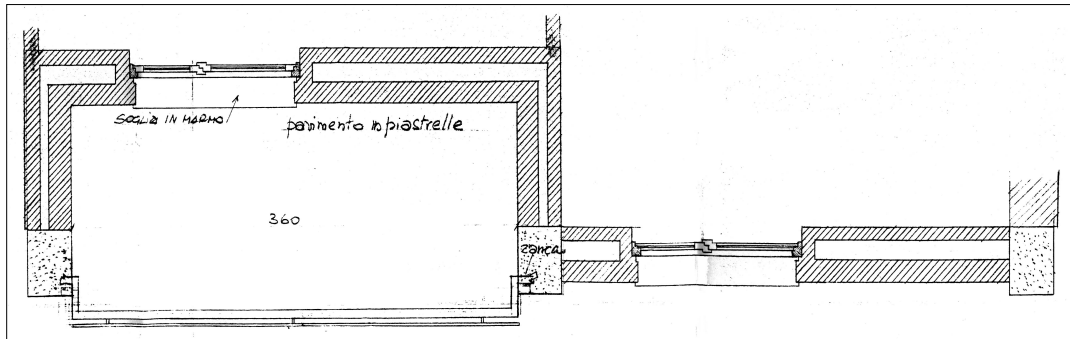


Figura 12. Tamponamenti esterni, elementi portanti e finestre (dai disegni originali).

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²KW]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	0.021
3	Mattoni: pieni/forati/leggeri/alta resistenza meccanica - umidità 0,5%- mv. 600.	80	0.247	3.088	48.00	36.000	0.324
4	Strato d' aria verticale - spessore oltre 10 cm.	165	1.280	7.758	0.21	193.000	0.129
5	Mattoni: pieni/forati/leggeri/alta resistenza meccanica - umidità 0,5%- mv. 1400.	120	0.500	4.167	168.00	25.710	0.240
6	Malta di calce o di calce e cemento.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	0.022
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 0.906 m²K/W		TRASMITTANZA = 1.103 W/m²K		TRASMITTANZA LIMITE = <nessuna>			
SPESSORE = 400 mm		MASSA SUPERFICIALE = 216 kg/m²					

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Trasmittanza Limite = Valore limite da normativa; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05.

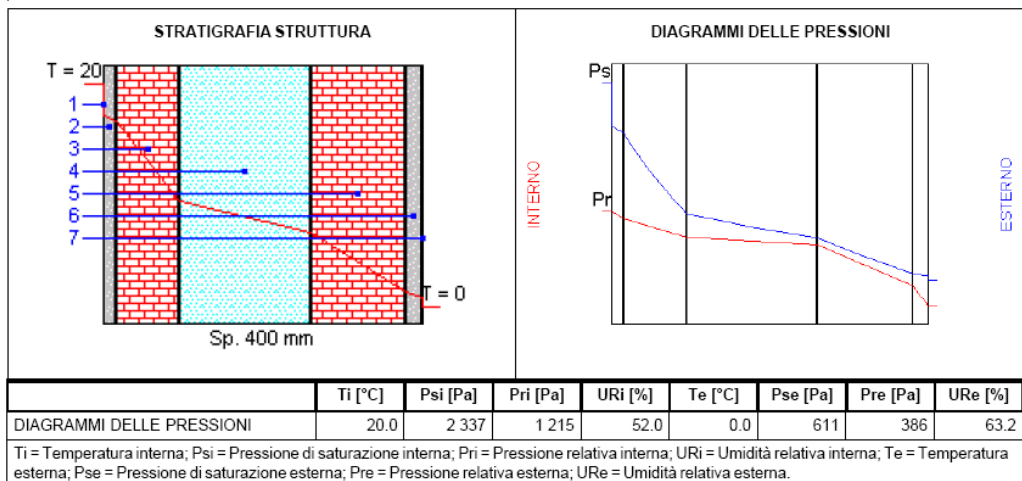


Figura 13. Caratteristiche termoigrometriche dei tamponamenti esterni

2.4.2 Chiusura superiore

La copertura è piana e presenta uno strato isolante di 10 cm di vermiculite (secondo le norme allora vigente del regolamento di igiene). Inoltre presenta un'impermeabilizzazione ottenuta mediante 3 strati di cartonfeltro bitumato con interposizione di malta di calce.

La struttura è a solaio in cemento armato, piana, non calpestabile (accessibile solo per la manutenzione), e caratterizzata da una doppia pendenza verso i prospetti corti (due falde) dove sono alloggiati gli elementi per lo smaltimento delle acque meteoriche.

La pendenza è ottenuta aumentando l'altezza nel punto di colmo mediante l'impiego di uno strato di perlinitite impastata con cemento (massetto delle pendenze).

L'elemento cornicione, posto a protezione delle pareti verticali sottostanti, è realizzato mediante cartelle inclinate in calcestruzzo armato (altezza di circa 70 cm, spessore 8 cm) che chiude la copertura, con copertina in lamiera di zinco. Le cartelle sono state realizzate con casseri a tavole verticali. Il cemento armato è lasciato faccia a vista. Nella Figura 14 è riportata la scheda delle principali caratteristiche termoigrometriche, mentre nella Figura 15 è possibile osservare un particolare della stratigrafia tratto dai disegni originali.

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		25.000			0.040
2	Cartone catramato.	5	0.500	100.000	8.00	0.010	0.010
3	Malta di calce o di calce e cemento.	10	0.900	90.000	18.00	8.500	0.011
4	Cartone catramato.	5	0.500	100.000	8.00	0.010	0.010
5	Malta di calce o di calce e cemento.	10	0.900	90.000	18.00	8.500	0.011
6	Cartone catramato.	5	0.500	100.000	8.00	0.010	0.010
7	Malta di calce o di calce e cemento.	10	0.900	90.000	18.00	8.500	0.011
8	Vermiculite espansa in granuli - mv.80.	100	0.077	0.768	8.00	62.500	1.302
9	CLS di aggregati naturali - a struttura chiusa - pareti protette - mv.2400.	140	1.909	13.636	336.00	1.300	0.073
10	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	0.014
11	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0.100
RESISTENZA = 1.593 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.628 W/m²K			
SPESSORE = 295 mm				MASSA SUPERFICIALE = 422 kg/m²			

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..

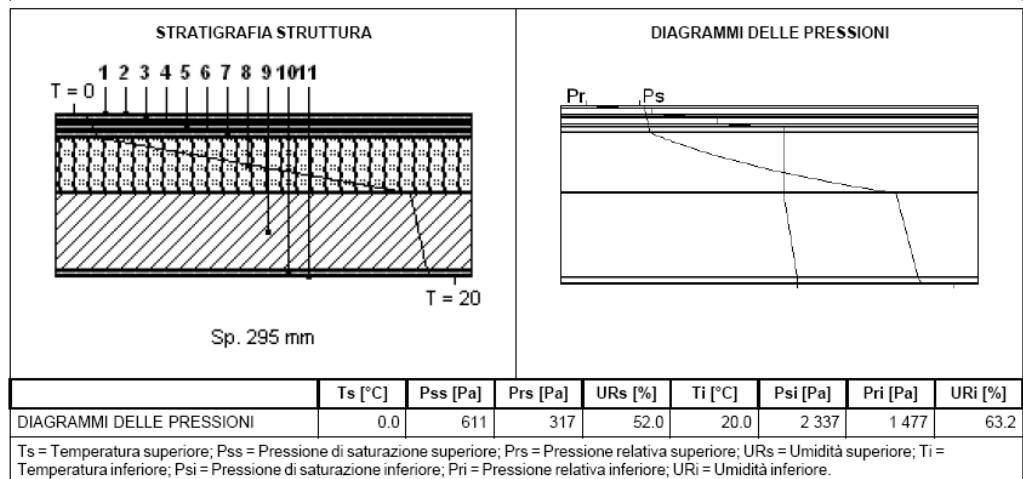


Figura 14. Scheda delle caratteristiche termoigrometriche della chiusura superiore

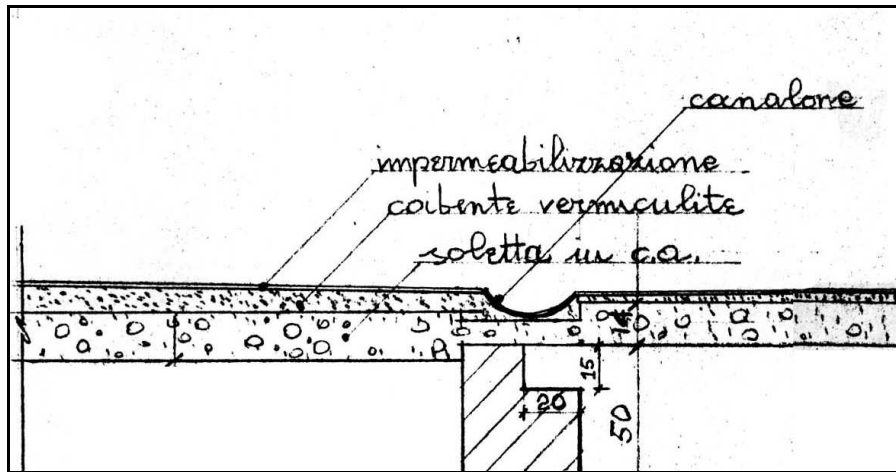


Figura 15. Particolare della chiusura superiore: stratigrafia (tratto dai disegni originali)

2.4.3 Componenti Vetrati

Il condominio è caratterizzato da notevoli aperture. Tutte le finestre si compongono di un unico strato di vetro chiaro fissato tramite stucco (in Figura 17 è riportata la scheda con le caratteristiche termiche). Gli elementi trasparenti di grandi dimensioni (la maggioranza) hanno un sistema di apertura a uno o due battenti ed alcune (tipologia B) presentano un parapetto a telaio fisso posto nella parte bassa che incornicia una lastra di vetro retinato (Figura 16). Le finestre di minori dimensioni, situate perlopiù sul lato Nord, hanno un sistema d'apertura vasistas in alto.

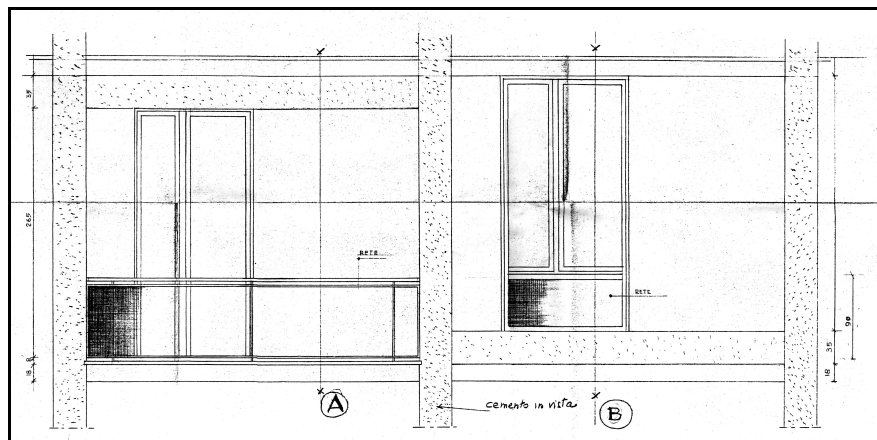


Figura 16. Le due tipologie di finestre del lato Sud (disegni originali)


SERRAMENTO SINGOLO								
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	g [-]
INFISSO	3.685	0.440	13.440	5.751	2.080	0.000	5.359	0.82
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; g = Coefficiente di trasmissione solare del vetro.								
 <p style="text-align: center;">INFISSO</p>								
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO						0.8932		
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA						0.130 m ² K/W		
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA						0.040 m ² K/W		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA						7.700 W/m ² K		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA						25.000 W/m ² K		
RESISTENZA TERMICA TOTALE						0.187 m ² K/W		
TRASMITTANZA TOTALE						5.359 W/m ² K		
TRASMITTANZA LIMITE DA NORMATIVA						<nessuna>		
TRASMITTANZA VETRO TOTALE						5.751 W/m ² K		
TRASMITTANZA VETRO LIMITE DA NORMATIVA						<nessuna>		

Figura 17. Scheda dei componenti finestrati

Tutti i vetri sono incorniciati da telai in legno di pino scelto stagionato (Figura 18 e Figura 19) o di larice di larghezza costante su tutto il perimetro e pari a 4 cm. Le finestre sono dotate di persiane alla genovese con apertura a due battenti, le stecche sono sempre in legno di pino scelto stagionato.



Figura 18. Particolare del prospetto Sud, finestre e persiane (disegni originali)

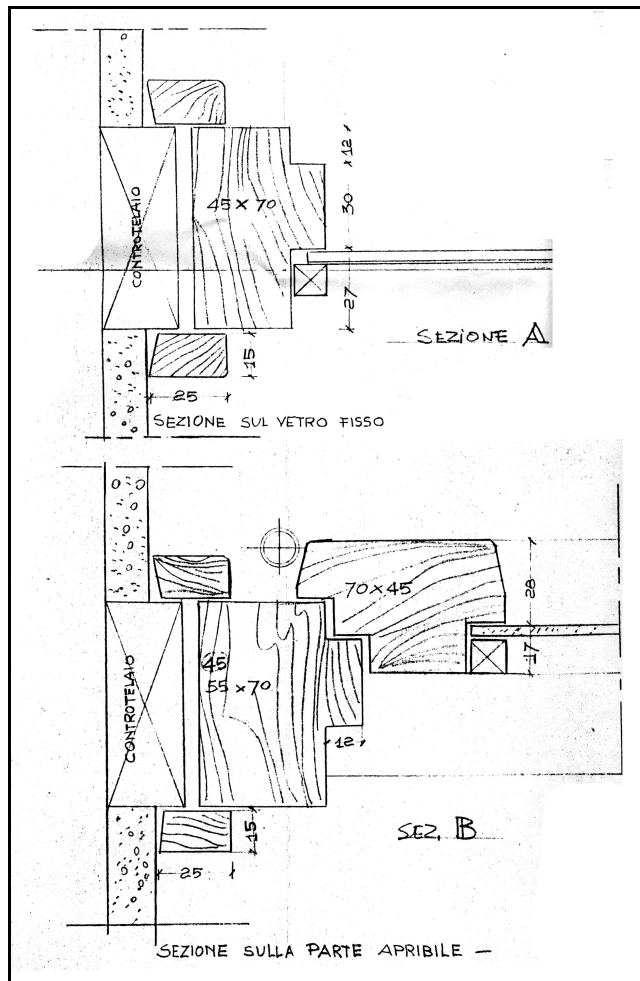


Figura 19. Particolare del serramento (dai disegni originali)

2.4.4 Porte

I Portoni esterni sono in legno di rovere con fasciamento interno di abete dello spessore complessivo di 6 cm circa.

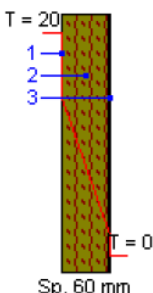
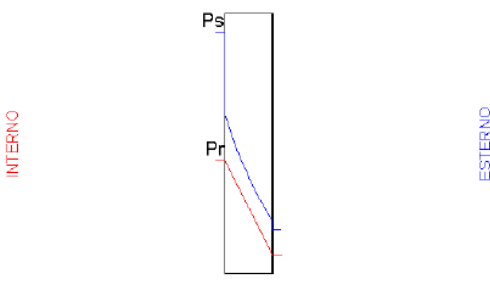
N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130	
2	Quercia (flusso perpendicolare alle fibre).	60	0.216	3.600	51.00	4.500	0.278	
3	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040	
RESISTENZA = 0.448 m²K/W		TRASMITTANZA = 2.234 W/m²K			TRASMITTANZA LIMITE = <nessuna>			
SPESSORE = 60 mm		MASSA SUPERFICIALE = 51 kg/m²						
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Trasmissione Limite = Valore limite da normativa; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05.								
STRATIGRAFIA STRUTTURA 				DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI 				
	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]	Te [°C]	Pse [Pa]	Pre [Pa]	URe [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 215	52.0	0.0	611	386	63.2
Ti = Temperatura interna; Psi = Pressione di saturazione interna; Pri = Pressione relativa interna; URi = Umidità relativa interna; Te = Temperatura esterna; Pse = Pressione di saturazione esterna; Pre = Pressione relativa esterna; URe = Umidità relativa esterna.								

Figura 20. Scheda delle porte

2.4.5 Chiusura orizzontale inferiore

L'edificio prevede un piano terra porticato atto ad evitare i fenomeni dovuti all'umidità di risalita. Per lo stesso motivo al piano terra sono alloggiati solo locali cantinati e di servizio (locale caldaia), mentre gli alloggi sono sempre sopraelevati rispetto al terreno.

Il solaio è di tipo misto composto con pignatte in laterizio e cemento armato, gettato in opera con nervature e soletta superiore a norma di regolamento. Nel progetto originario era previsto un sistema di isolamento attraverso la realizzazione di un pavimento galleggiante, che però, per limitare i prezzi, in fase di realizzazione, non venne impiegato.

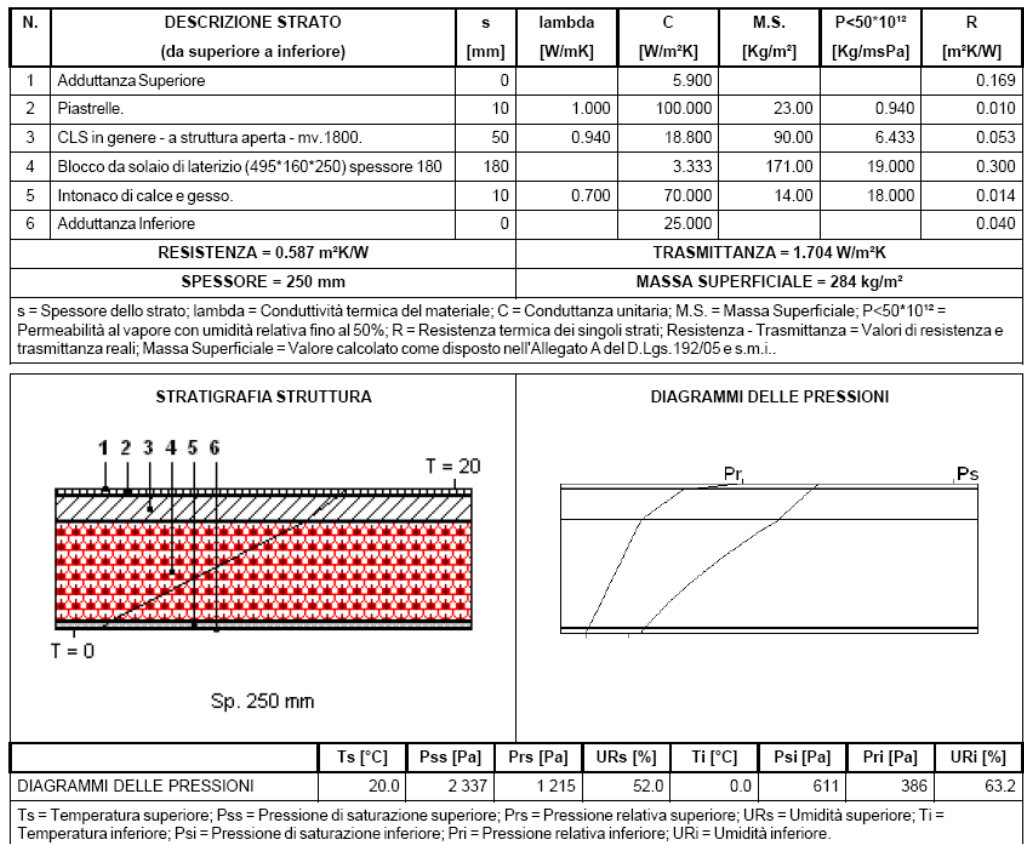


Figura 21. Solaio di chiusura inferiore

2.5 RACCOLTA DATI: GLI IMPIANTI

L'edificio è servito da un impianto centralizzato costituito da una caldaia a gas metano di potenza nominale pari a 320 kW di età superiore ai 12 anni, alloggiata in un locale ove la temperatura è mediamente pari a 14°C.

In ogni stanza di ciascuna abitazione è installato un calorifero in ghisa addossato alla parete esterna (non isolate). I corpi scaldanti, in totale 441, vengono alimentati da un sistema di tubi a colonne montanti che si sviluppano all'interno del volume scaldato. L'anello orizzontale di collegamento tra le colonne montanti la centrale termica è alloggiato nel locale caldaia. La regolazione della temperatura dell'acqua di mandata, mantenuta a 70°C, avviene tramite un'unica centrali na climatica con sonda esterna. Nella Tabella 3 vengono riportati i rendimenti dei principali elementi dell'impianto.

Osservando la tabella è possibile individuare nel generatore e nel sistema di regolazione le maggiori criticità dell'impianto.

Generatore	rendimento	
	pieno carico	carico parziale
	88%	87%
	perdite	
	mantello	camino (b.spenti)
	3.74%	1.60%
Distribuzione	rendimento	
	96%	
Regolazione	rendimento	
	74%	
Emissione	rendimento	
	90%	

Tabella 3. Rendimenti dell'impianto

2.6 IL COMPORTAMENTO ENERGETICO DEL PALAZZO: ANALISI E CONSIDERAZIONI

I dati raccolti relativi all'involucro edilizio ed agli impianti in esso installati hanno permesso di studiare il comportamento energetico dell'edificio. Tale studio è stato sviluppato tramite l'utilizzo di tre software commerciali di simulazione: TerMus, Master Clima MC500 (Aermec), Design Builder. I primi due programmi effettuano i calcoli delle dispersioni energetiche in regime stazionario mentre l'ultimo permette effettuare valutazioni in regime variabile. Del software TerMus si è già discusso nel capitolo d'introduzione. Le simulazioni effettuate con Master Clima hanno permesso di eseguire un'analisi dettagliata della parte impiantistica. Design Builder ha consentito di effettuare un controllo della risposta del modello di edificio importato nei diversi programmi. L'utilizzo congiunto dei tre software ha permesso di effettuare valutazioni diversificate e di validare i risultati in mancanza dei dati di consumo reali. Come si può notare dalla Tabella 4 i risultati trovati con i tre diversi software sono confrontabili, per quanto i metodi di calcolo differiscano tra loro. Questo fatto ha permesso di considerare il modello d'edificio importato sufficientemente corretto.

Dispersioni Involucro		
Master Clima	TerMus	Design Builder
[MJ]		
3047982	3090348	2942598.78
-1%		-5%

Tabella 4. Confronto dei risultati ottenuti con diversi software

L'intero palazzo è stato dapprima studiato nel contesto climatico d'appartenenza (Genova), dipoi è stato virtualmente spostato in 54 Province italiane caratterizzate da un'alta presenza di edifici INA-Casa. (Figura 22). Le province considerate rientrano tra le zone climatiche maggiormente diffuse nella Penisola italiana (dalla B alla F, Figura 23).

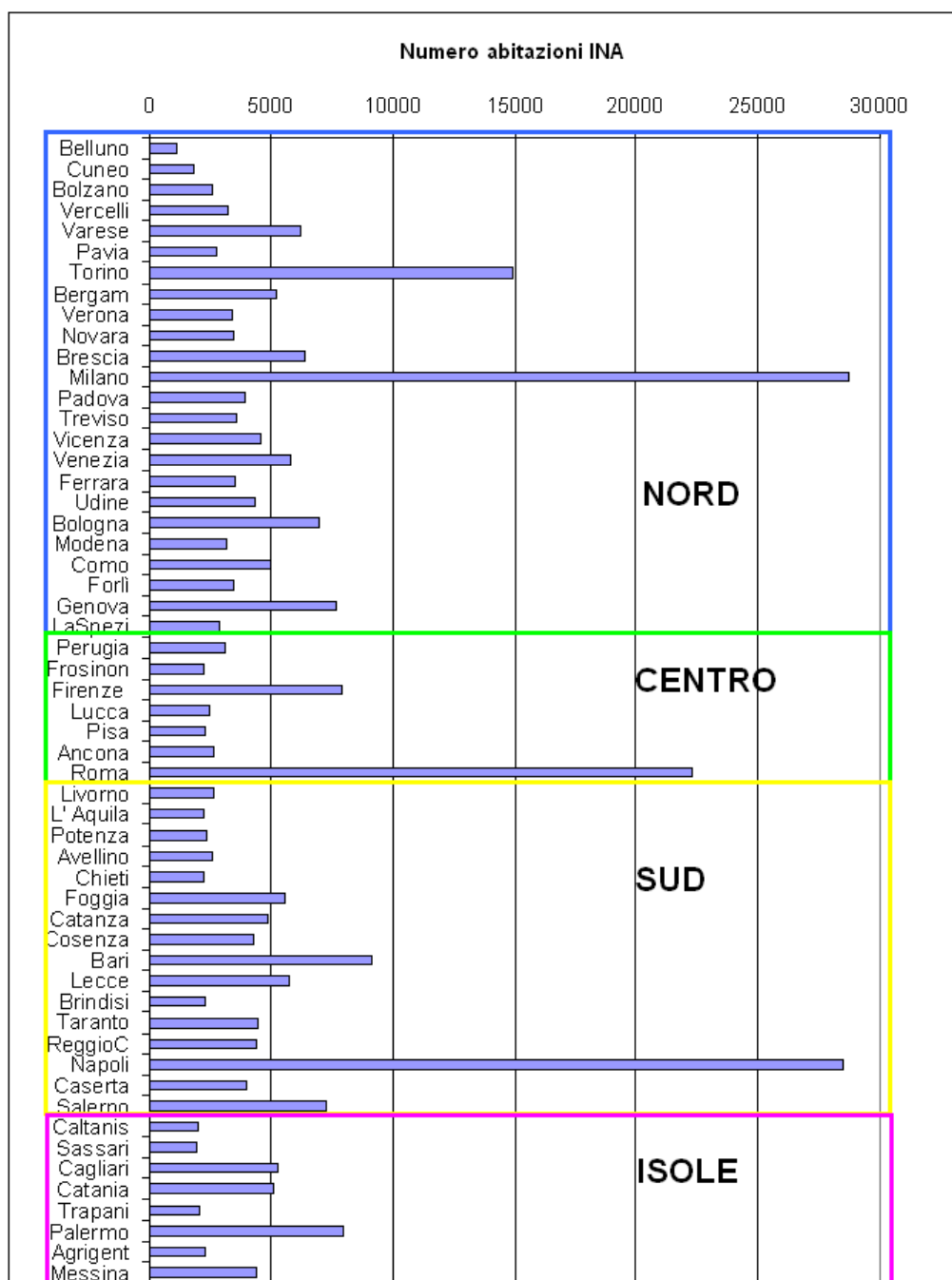


Figura 22. Province con maggior diffusione delle abitazioni INA (elaborazioni da INA-casa in cifre [1])

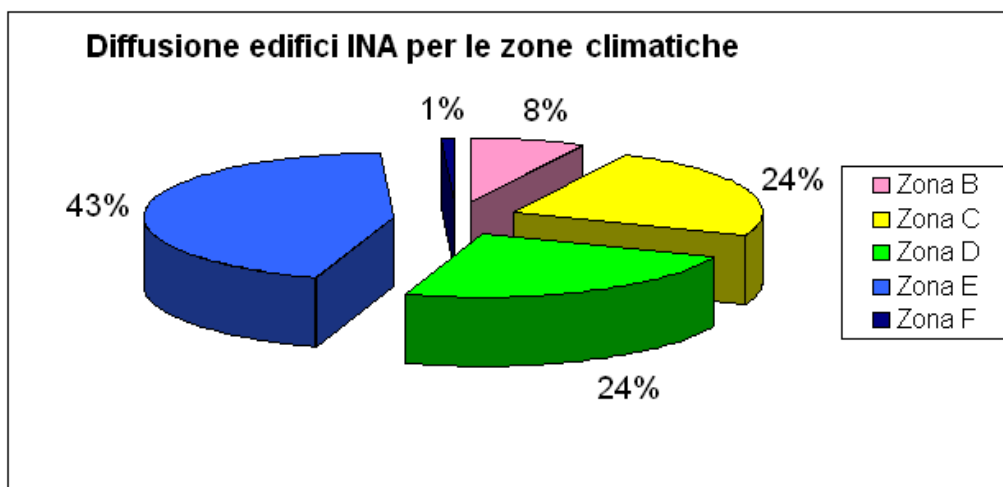


Figura 23. Dislocazione degli edifici INA in funzione delle zone climatiche (elaborazioni da INA-casa in cifre [1]).

Simulando il comportamento energetico del palazzo nella città in cui effettivamente trova ubicazione risulta che esso necessita di circa 135 kWh/m² all'anno (2783550 MJ per 5700m² di superficie utile) d'energia primaria per garantire una temperatura interna di 20°C durante le ore diurne della stagione invernale. Il rapporto d'efficienza edificio-impianto è del 60% circa. Le maggiori dispersioni a carico dell'involucro si riscontrano nel lato Nord dell'edificio ed in particolare all'ultimo piano. Osservando la Figura 24 e la Figura 25 si può notare la differenza tra le dispersioni di tre appartamenti giacenti sulla stessa proiezione verticale all'ultimo ed al quinto piano.

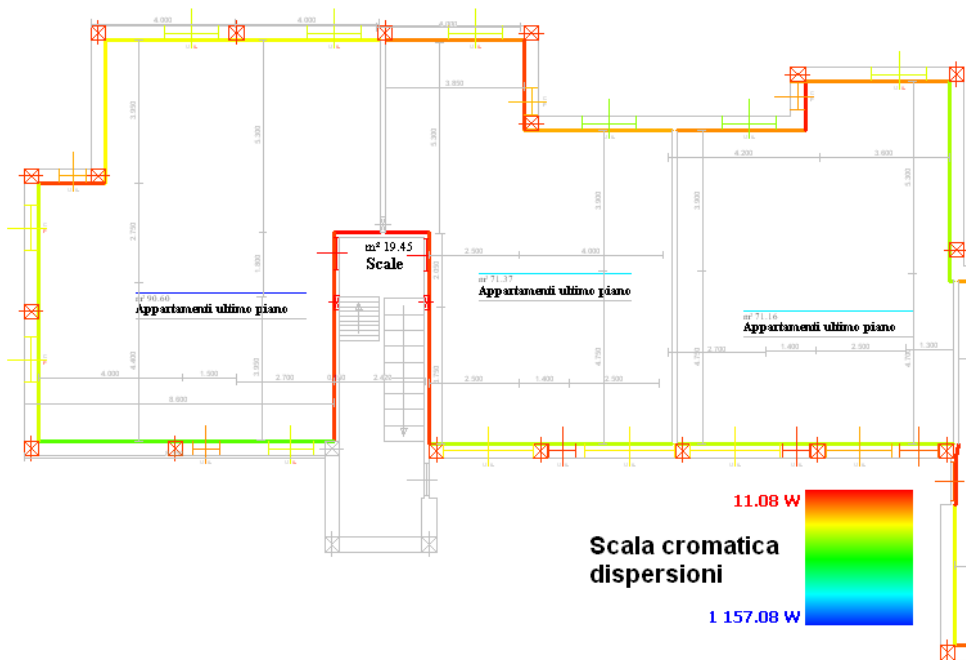


Figura 24. Dispersioni di una porzione dell'ultimo piano

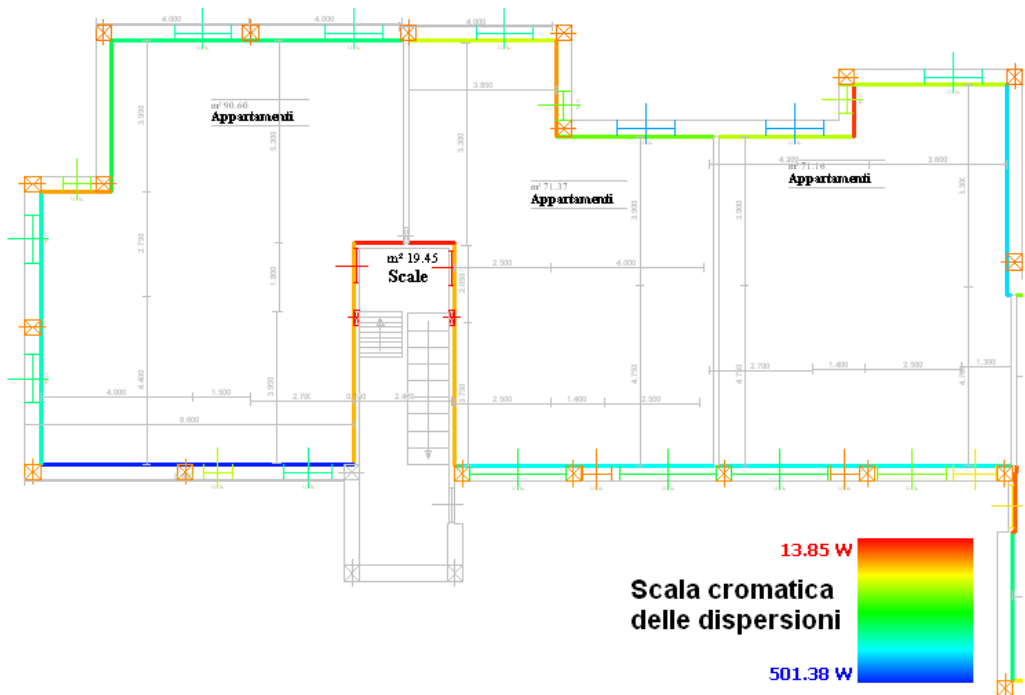


Figura 25. Dispersioni di una porzione del quinto piano

Collocando il palazzo nelle 54 province italiane caratterizzate da una maggior presenza di edifici INA si sono potute studiare le dispersioni della tipologia edilizia per i differenti climi. Osservando il grafico di Figura 26 si può notare che l'edificio disperde mediamente all'anno 220 kWh/m² in zona E, mentre tale consumo scende a circa 70 kWh/m² in zona B.

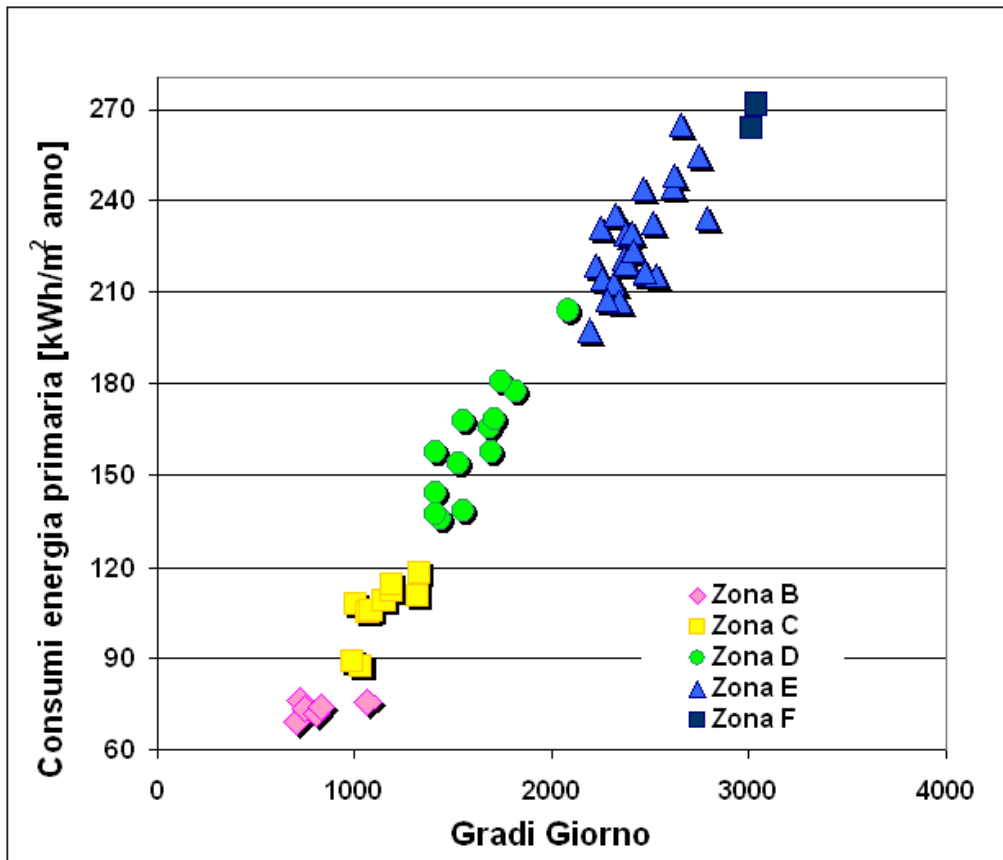


Figura 26. Relazione tra consumi annuali d'energia primaria e Gradi Giorno.

Entrando maggiormente nel dettaglio si è studiato l'andamento delle dispersioni dell'edificio in relazione alla posizione geografica di quelle 54 Province caratterizzate da una maggior presenza di costruzioni INA Figura 27 .

Dalle simulazioni è risultato che per le province situate a Nord, nel 70% dei casi, l'edificio necessita di oltre 210 kWh/m² all'anno d'energia primaria per il riscaldamento, mentre per le zone del centro (90% dei casi) il consumo s'attesta tra i 130-190 kWh/m² annui. Considerando invece le Isole (80% dei casi) il fabbisogno dell'edificio è inferiore a 100 kWh/m² annui, mentre per il Sud, per il 75% del campione, la richiesta d'energia annua è inferiore a 130 kWh/m². In Figura 28 viene anche riportata la ripartizione degli edifici INA considerati per le analisi suddette, in funzione della posizione geografica.

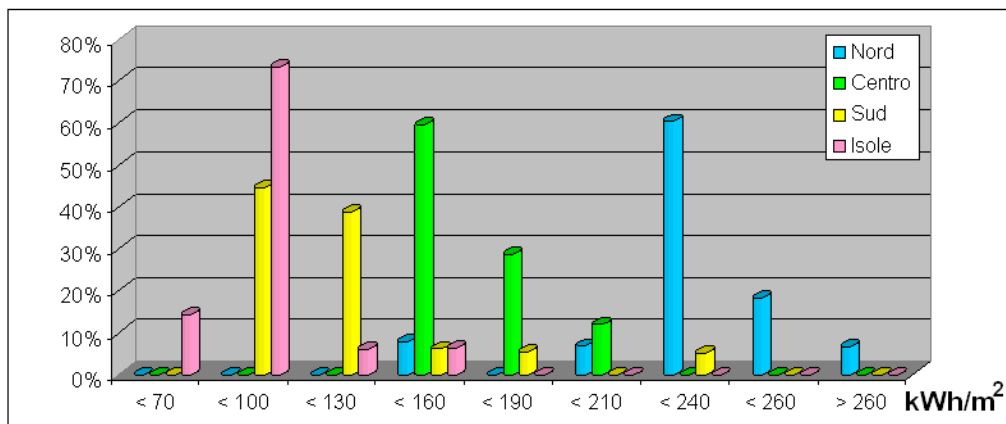


Figura 27. Dispersioni di energia annuali nei palazzi INA-Casa

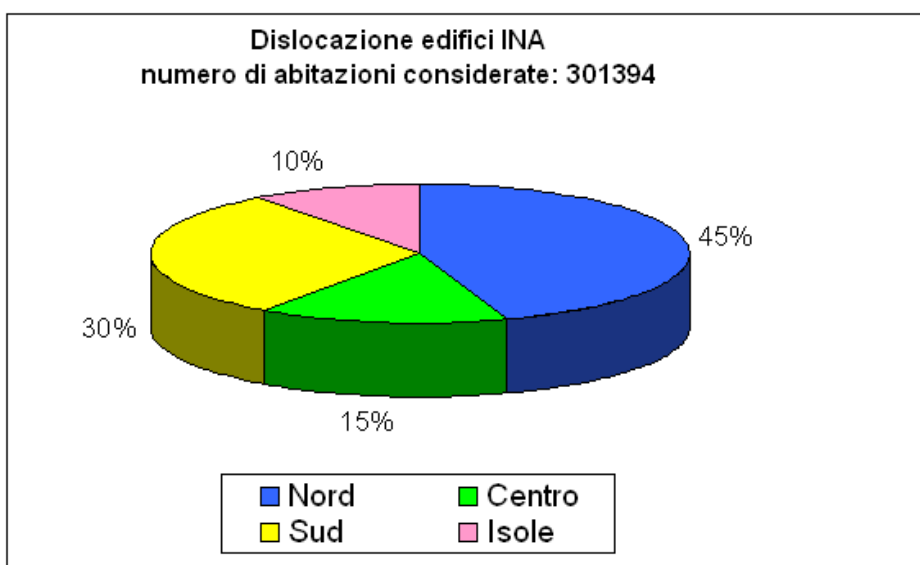


Figura 28. Ripartizione percentuale degli edifici INA nella Penisola italiana (elaborazioni da INA-casa in cifre[1])

2.7 STRATEGIE DI INTERVENTO ENERGETICAMENTE SOSTENIBILI

Per rendere l'immobile energeticamente più sostenibile sono state studiate ed analizzate alcune soluzioni sia riguardanti l'involucro edilizio, che l'impianto termico. Per quanto riguarda gli interventi sull'involucro è necessario premettere che la morfologia delle facciate ed il loro valore architettonico, di cui si è già discusso nei paragrafi introduttivi, non hanno permesso di prendere in considerazione sistemi di isolamento a cappotto. Dall'analisi del comportamento energetico dell'edificio e dalla configurazione dello stesso si è deciso di proporre le seguenti soluzioni:

a carico dell'involucro:

- apposizione di pannelli isolanti interni caratterizzati da materiali di diverso tipo spessore;
- riempimento dell'intercapedine con materiali sfusi isolanti;
- sostituzione dei componenti vetrati.

A carico dell'impianto:

- installazione di valvole termostatiche e sistema di contabilizzazione;
- sostituzione del generatore;

Nei prossimi paragrafi gli interventi verranno descritti brevemente, inoltre verranno presentati i risultati ottenibili con le diverse soluzioni.

2.8 INTERVENTI A CARICO DELL'INVOLUCRO: DESCRIZIONE E RISULTATI OTTENUTI

L'involucro edilizio dell'edificio in questione è caratterizzato sia da una notevole presenza di finestre che dalla presenza di un'intercapedine d'aria di notevoli dimensioni (quasi 17 centimetri) contenuta tra i due strati di mattoni della parete esterna. Da questa osservazione si è scelto di operare sia sull'involucro opaco che sui componenti trasparenti. Nel seguito del paragrafo verranno presentate dieci diverse soluzioni scelte in base alle buone caratteristiche d'isolamento ed all'affidabilità dei dati (sono state contattate direttamente alcune delle ditte⁵ più rinomate del settore) ed alla semplicità e velocità d'esecuzione (mediamente un giorno lavorativo per appartamento). Per quanto riguarda le soluzioni a carico dell'involucro opaco verrà descritto a grandi linee il procedimento di posa, mentre per tutti gli interventi verranno forniti i dati relativi alla trasmittanza ed il costo al metro quadrato (o al metro cubo nel caso dei riempimenti dell'intercapedine). I prezzi sono relativi sia alla semplice fornitura dei materiali che all'intero intervento comprensivo di messa in opera e sono stati determinati da informazioni reperite presso le ditte stesse.

2.8.1 Isolamento all'interno delle pareti.

Di seguito si riporta la descrizione di alcuni interventi, applicati al caso di studio, realizzabili sul lato interno delle pareti perimetrali. I sistemi che sono stati presi in considerazione, per l'isolamento interno delle pareti, sono composti da un rivestimento in cartongesso (lastra di gesso rivestita) che protegge uno strato di materiale isolante. In nessun caso sono state previste inserzioni di fogli impermeabili al vapore. Di seguito si fornisce una breve descrizione delle diverse soluzioni studiate e le modalità di posa delle stesse.

Controparete costituita da un pannello in lana di vetro (da 2 o da 4 cm di spessore) incollato su una lastra di gesso rivestita. La posa di questo tipo di isolamento deve avvenire nel seguente modo:

⁵ Euro-infissi, Isover, Knauff.

- Raschiamento della parete esistente fino a renderla idonea all'ancoraggio dei pannelli isolanti.
- Posa delle zeppe per sostenere il pannello in fase d'incollaggio.
- Taglio delle contropareti fino ad ottenere le sagome desiderate.
- Incollatura del pannello sulla parete esistente tramite blocchetti di malta di gesso ritardata.
- Pressione della controparete per ottenere perfetta adesione al muro di sostegno
- Regolazione dell'appiombamento dei pannelli
- Sigillatura dei giunti tra pannelli.

Controparete costituita da un pannello in polistirene estruso (da 2 o 4 cm di spessore) incollato su una lastra di gesso rivestita. La posa di questo tipo di isolamento deve avvenire nel seguente modo:

- Raschiamento della parete esistente fino a renderla idonea all'ancoraggio dei pannelli isolanti.
- Rinzafo direttamente sul pannello da posare
- Taglio delle controparti fino per ottenere le sagome desiderate.
- Applicazione di tamponi di collante sul muro da isolare
- Incollatura del pannello sulla parete esistente tramite pressione della controparete fino a perfetta adesione
- Controllo della planarità e dell'allineamento dei pannelli

I tipi di rivestimento interno studiati sono in tutto quattro e la loro posa è stata prevista sul lato interno di tutte le pareti perimetrali, per un totale di 5832 metri quadrati di materiale. Nella Tabella 5⁶ vengono riportate le principali caratteristiche termiche ed i costi sia del solo materiale che dell'intervento (comprensivo di pannelli e posa) al metro quadrato.

strato	spessore [cm]	densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	conduttività [W/mK]	costo [€/m ²]	
Rivestimento					solo materiali	con mano d'opera
Carton gesso	1.25	800	1000	0.21		
Materiale isolante						
Lana di vetro	20	100	800	0.032	17.51	28.51
Lana di vetro	40	100	800	0.032	24.24	35.24
Polistirene estruso	20	33	1340	0.034	18.70	29.70
Polistirene estruso	40	33	1340	0.034	21.45	32.45

Tabella 5. Caratteristiche dei pannelli per controparete.

⁶ prezzi riferiti all'anno 2007-2008

L'apposizione di pannelli sul lato interno delle pareti perimetrali comporta una diminuzione del volume interno contenuta e quantificabile in 1%, nel caso di posa di materiale isolante di 2 cm di spessore, in 2% nel caso di applicazione di uno strato isolante di 4 cm.

2.8.2 Isolamento dell'intercapedine delle pareti

Una delle caratteristiche salienti di questo tipo di edifici è la presenza di un'intercapedine d'aria di notevole spessore che separa i due strati di mattoni nei muri esterni. I quasi 17 cm di spazio permettono di pensare ad interventi di riempimento con materiali sfusi. Di seguito vengono descritte brevemente due soluzioni: la prima prevede l'insufflazione di un materiale a base di fibra di cellulosa, l'altro di perlite.

La fibra di cellulosa, considerata per il presente caso, è ricavata dalla carta di giornale opportunamente selezionata, sminuzzata trattata con sostanze antiparassitarie, ignifughe e floccolata grazie alla miscelazione di un 15% di sali di boro. I fiocchi ottenuti vengono utilizzati per riempire le intercapedini. L'operazione deve avvenire nel seguente modo [6]:

- preparare la parete con esecuzione di una serie di fori, nella parte alta della facciata, con diametro di 6 cm equidistanti ed intervallati di 1.5 m posti il più vicino possibile al soffitto. Chiudere con nastro adesivo silicone o schiume eventuali prese, bocchette, aperture presenti nei muri.
- Sigillare, temporaneamente, quasi tutti i fori praticati nella parete avendo cura di lasciarne aperti solamente due, il più possibile distanti tra loro. Applicare di un filtro a maniche su uno dei due buchi lasciato aperto.
- Insufflare il materiale tramite apposito macchinario applicando il bocchettone ad uno dei due fori lasciato libero.
- Ripetere l'operazione fino a totale riempimento della parete.
- Infine ripristinare le pareti tramite otturazione dei fori con materiali idonei a ristabilire l'integrità del sistema.

Il secondo materiale considerato per il riempimento dell'intercapedine è la perlite: una roccia vulcanica effusiva che viene sottoposta ad un processo d'espansione per riscaldamento. Il materiale, una volta espanso, si presenta sotto forma di granuli caratterizzati da un'alta presenza di piccole celle aperte e chiuse. Il riempimento con perlite si effettua in maniera analoga a quanto esposto per la fibra di cellulosa.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche termiche dei prodotti considerati ed il relativo prezzo al metro cubo del solo materiale e del materiale più il costo della posa in opera (Tabella 6)⁷.

⁷ Prezzi riferiti al 2007-2008

materiale	densità [kg/m ³]	conduttività [W/mK]	costo [€/m ³]	
			solo materiale	con mano d'opera
Cellulosa	100	0.058	100.00	180.00
Perlite	100	0.066	90.00	150.00

Tabella 6. Caratteristiche dei materiali per riempimento

2.8.3 Sostituzione degli infissi

La sostituzione degli infissi è una delle soluzioni di riqualificazione maggiormente costose. Una prima valutazione dell'applicabilità di tale tipo d'intervento va effettuata considerando la significatività dell'influenza di tali componenti sui disperdimenti totali dell'involucro. Nel caso in esame le finestre (1300 m²) rappresentano il 30% dell'intero involucro esterno e sono caratterizzate da trasmittanze notevoli (lastra di vetro singola). Dalle indagini sul comportamento energetico è risultato che i componenti trasparenti sono responsabili del 50% circa dei disperdimenti dell'intero involucro. Bisogna anche sottolineare, però, che, data l'orientazione dell'edificio, quasi due terzi delle finestre risulta esposta a Sud, pertanto la presenza di vetri singoli favorisce il guadagno solare. Alla luce di questa osservazione si è deciso di considerare sia la sostituzione di tutte le finestre, ma anche solo di quelle poste sulla facciata Nord (circa 467 m²). I componenti finestrati scelti per gli interventi sono di due tipologie. Entrambe sono caratterizzate dall'esser composte da due strati di vetro da 4 e 5 millimetri, intervallati da un'intercapedine di 16 millimetri ed incorniciati da un telaio in legno. In un caso, però, il vetro non risulta trattato e l'intercapedine è riempita di aria, nel secondo i due strati trasparenti sono basso-emissivi ed il gas che li separa è Argon. Nella Tabella 7⁸ son riportate le principali caratteristiche dei nuovi infissi oltre alle indicazioni dei prezzi.

tipo infisso ⁹	spessore lastre [mm]	spessore intercapedine [mm]	gas -	Trasmittanza del sistema [W/m ² K]	costo [€/m ²]	
					solo materiale	con mano d'opera
Doppio vetro non trattato	4-5	16	Aria	2.4	85	110
Doppio vetro basso emissivo	4-5	16	Argon	1.58	125	150

Tabella 7. Caratteristiche dei componenti vetrati

⁸ Prezzi riferiti al 2007-2008

⁹ Per semplicità nel prosieguo della trattazione le due soluzioni proposte verranno identificate dalla trasmittanza del componente, pertanto si chiameranno rispettivamente: Infisso U 2.4 ed infisso U 1.58

2.8.4 Risultati ottenuti con gli interventi proposti

I diversi interventi descritti nei sottoparagrafi precedenti sono stati applicati al palazzo di via Tofane dapprima nella sua posizione geografica originale. In Tabella 8 vengono riportati i valori di trasmittanza raggiunti, nonché il risparmio d'energia ottenibile in percentuale. In Figura 29 è riportato, invece, l'andamento dei consumi di energia primaria annuali in termini di kWh al metro quadrato di superficie utile. Come si può notare dall'analisi del grafico e della tabella, la sostituzione dei vetri solo sul lato Nord (circa un terzo dell'intero ammontare dei componenti trasparenti) comporta un risparmio energetico di quasi il 50% di quello conseguibile con la sostituzione di tutte le finestre. Nel prossimo paragrafo si discuterà di come tale intervento può risultare più vantaggioso, in alcuni casi, rispetto a quello che interessa l'intero ammontare dei componenti vetrati dell'immobile. Un'altra osservazione che può essere interessante è che ogni soluzione proposta porta almeno al dimezzamento delle trasmittanze degli elementi originali.

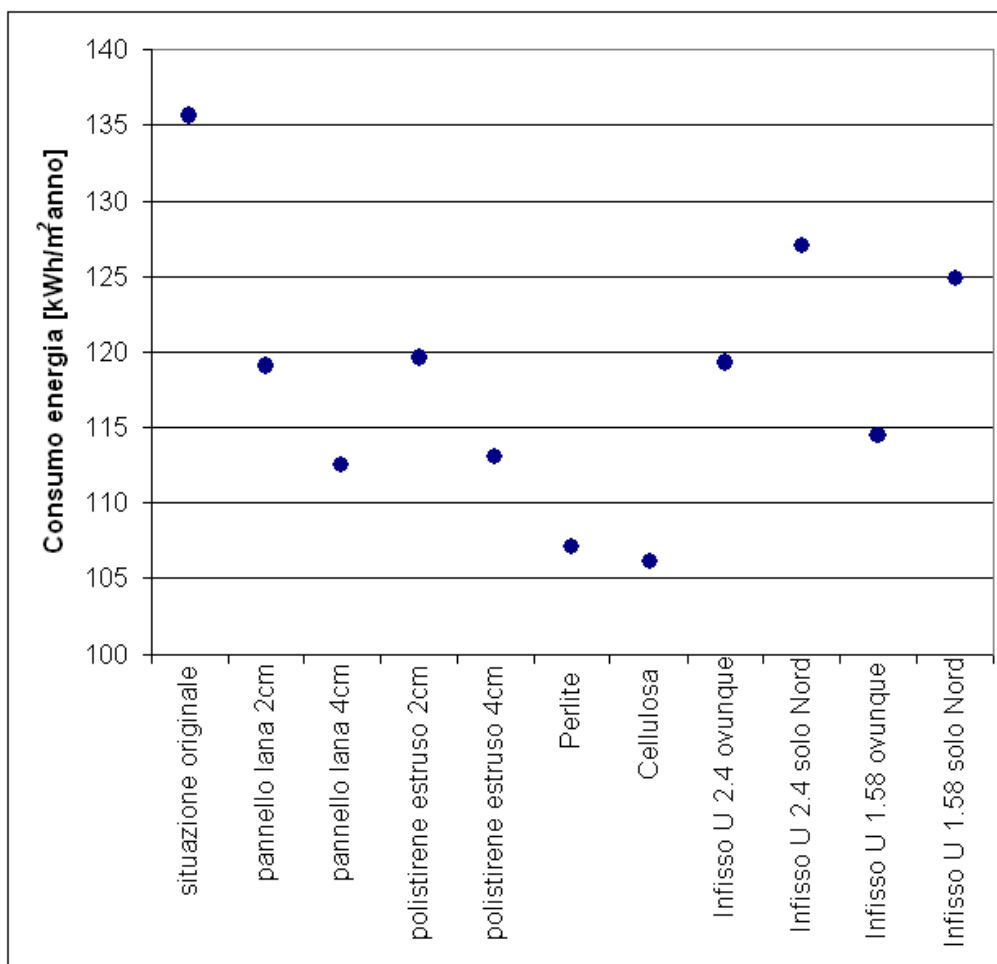


Figura 29. Andamento dei consumi d'energia in funzione delle varie soluzioni

Intervento	Trasmittanza [W/m ² K]	Risparmio %
muro esistente	1.112	
pannello lana 2cm	0.64	12.2%
pannello lana 4cm	0.46	17.0%
polistirene estruso 2cm	0.66	11.8%
polistirene estruso 4cm	0.47	16.6%
Perlite	0.306	21.0%
Cellulosa	0.277	21.8%
Infisso esistente	5.74	
Infisso U 2.4 ovunque	2.4	12.1%
Infisso U 2.4 solo Nord	2.4	6.4%
Infisso U 1.58 ovunque	1.58	15.6%
Infisso U 1.58 solo Nord	1.58	8.0%

Tabella 8. Trasmittanze e risparmio energetico conseguibile tramite gli interventi analizzati

Gli interventi che prevedono una controparete interna non raggiungono, per tutte le zone climatiche, i limiti sulla trasmittanza, per gli elementi verticali, attualmente imposti dalle leggi vigenti in Italia¹⁰, tuttavia, sono stati considerati ugualmente in quanto comportano, a fronte di un risparmio percentuale apprezzabile, sia spese che ingombri contenuti. Anche la posa in opera risulta pratica e veloce e non necessita di cantiere. Si fa peraltro notare che le caratteristiche di modularità di tali soluzioni fan sì che questi possano venir eseguiti anche su porzioni molto contenute dell'involucro e possano non rientrare nella qualifica di ristrutturazione né di manutenzione straordinaria dell'immobile e quindi non esser soggetti ai limiti di trasmittanza.

Analizzando la Tabella 8 si nota che gli interventi a carico di tutti i componenti vetrati comportano una riduzione della trasmittanza considerevole (dal 58 al 72% circa). Il conseguente aumento di resistenza termica dà origine ad un risparmio d'energia meno marcato rispetto ad interventi operati sulla superficie opaca atti ad ottenere la stessa diminuzione percentuale di trasmittanza. Questa diversità di risultato è dovuta al fatto che il passaggio da un vetro singolo ad un sistema vetro-camera comporta un minore guadagno solare, pertanto nel bilancio finale il risparmio conseguibile sarà minore di quanto ci si aspetterebbe se la quota di energia catturata tramite i componenti vetrati rimanesse invariata.

¹⁰ Il decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia (corretto dal decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311 ed integrata dal decreto ministeriale 11 Marzo 2008), fissa dei limiti, in funzione della zona climatica, di trasmittanza che debbono essere rispettati nel caso di ristrutturazioni o manutenzioni straordinarie a carico dell'intero involucro edilizio o di parti di esso. Di seguito si riporta una tabella con tali limiti per gli interventi considerati nel capitolo.

zona climatica	Limiti di Trasmittanza [W/m ² K] fino al 2010					
	A	B	C	D	E	F
componenti verticali	0.72	0.54	0.46	0.4	0.37	0.36
componenti vetrati	5	3.6	3	2.8	2.4	2.2

Limiti di trasmittanza validi fino al 2010 dei componenti soggetti ad interventi.

Sempre dall'osservazione della Tabella 8 si può notare che le due soluzioni che consentono di ottenere il risparmio maggiore sono quelle di riempimento dell'intercapedine. Dal confronto tra la Figura 30 e la Figura 24, nonché tra la Figura 31 e la Figura 25, si può notare, anche graficamente, come l'intervento tramite insufflazione di fibra di cellulosa consenta di ottenere delle pareti molto meno disperdenti rispetto alla situazione originale.

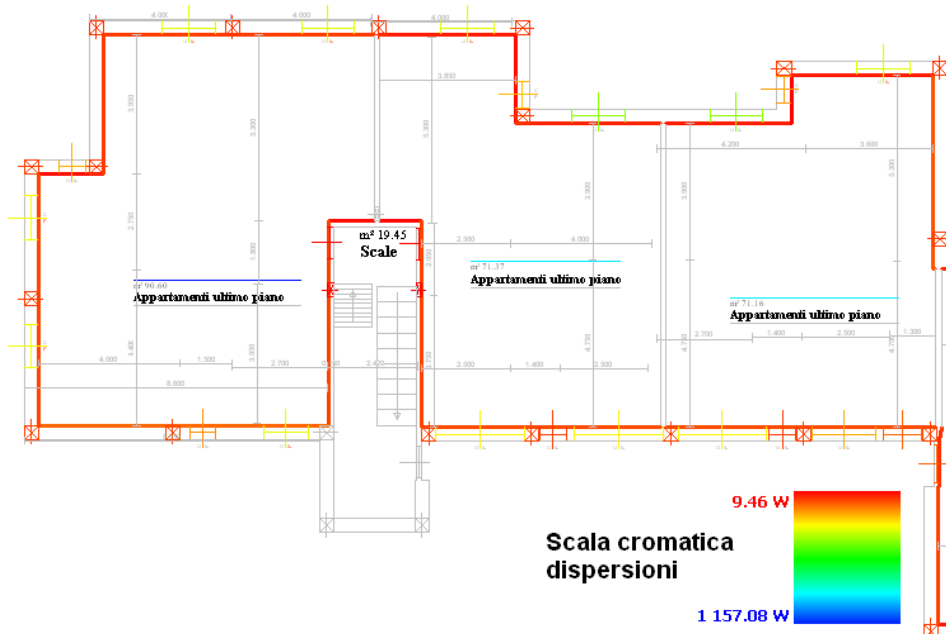


Figura 30. Dispersioni di una porzione dell'ultimo piano con intervento di riempimento dell'intercapedine

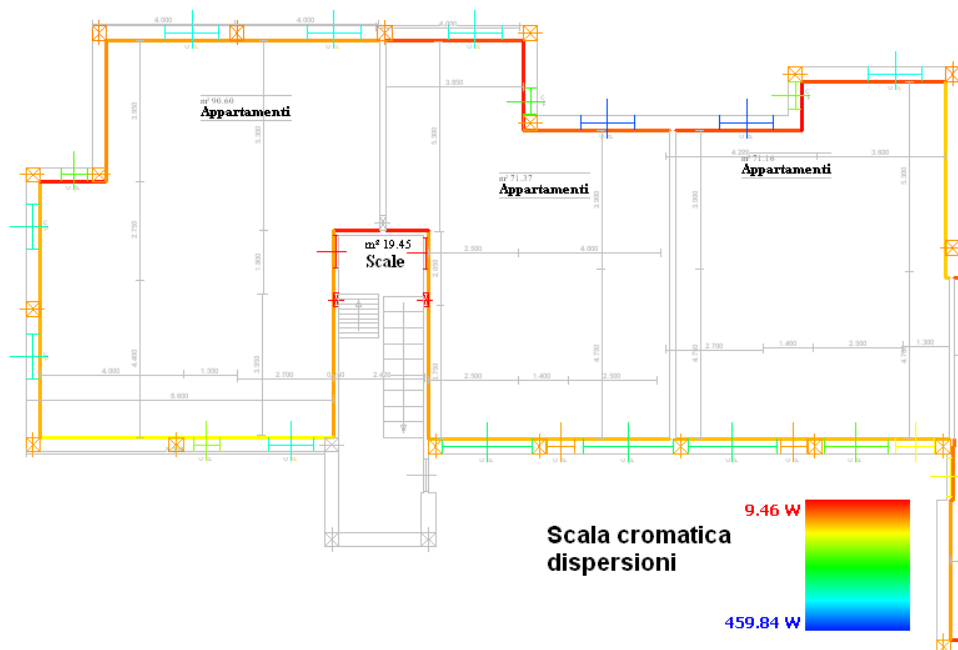


Figura 31. Dispersioni di una porzione del quinto piano con intervento di riempimento dell'intercapedine

In seguito alle analisi sulle dispersioni energetiche del palazzo in funzione degli interventi proposti e del clima di Genova si è deciso di considerare anche il comportamento dell'immobile in alcune città scelte secondo due criteri: il primo che fossero rappresentative delle zone climatiche più diffuse in Italia¹¹, secondo che ospitassero sul proprio territorio un alto numero di edifici INA (Figura 22 e Figura 23). La scelta è dunque ricaduta sulle seguenti città:

- a. Cuneo per la zona F
- b. Milano per la zona E
- c. Roma per la zona D
- d. Napoli per la zona C

In Figura 32 si può vedere l'andamento dei consumi in funzione degli interventi proposti nelle città campione, mentre in Tabella 9 vengono riportati i risultati del risparmio conseguibile espresso in percentuale.

¹¹ Vedere grafico in figura 4 capitolo 1 Introduzione Prima Parte

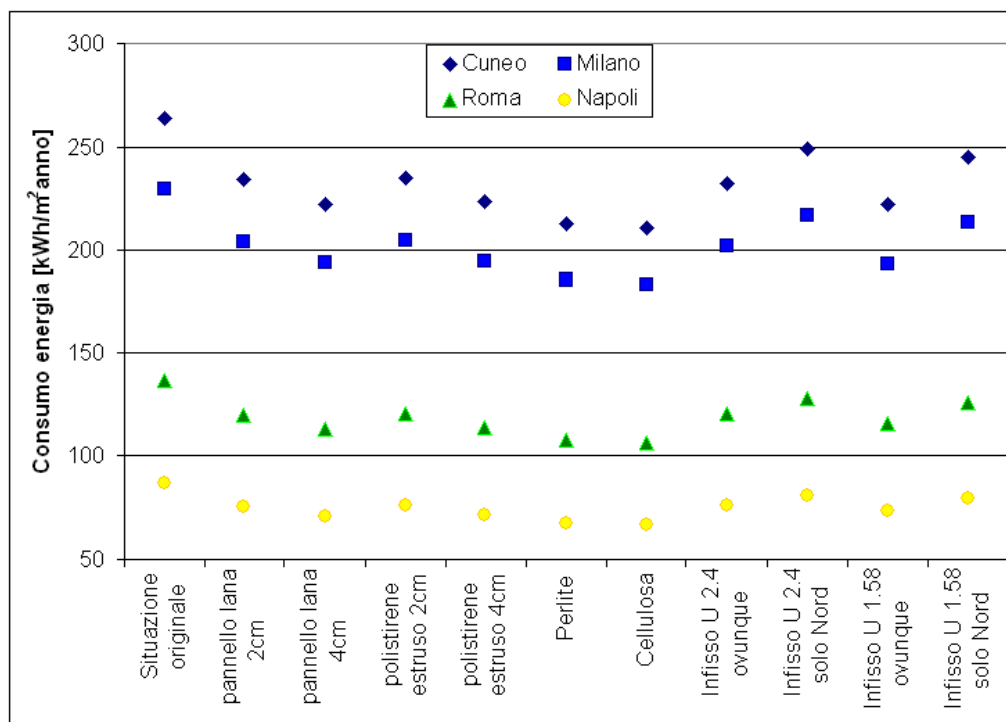


Figura 32. Consumi d'energia invernali per le diverse soluzioni nelle città campione

Intervento	Trasmittanza	Risparmio energia per città				Risparmio medio
		Cuneo	Milano	Roma	Napoli	
		Zona Climatica				
		F	E	D	C	
pannello lana 2cm	0.64	11.4%	11.2%	12.4%	13.2%	12.0%
pannello lana 4cm	0.46	15.8%	15.6%	17.3%	18.5%	16.8%
polistirene estruso 2cm	0.66	11.0%	10.8%	12.0%	12.7%	11.6%
polistirene estruso 4cm	0.47	15.4%	15.2%	16.9%	18.0%	16.4%
Perlite	0.31	19.5%	19.2%	21.4%	22.8%	20.7%
Cellulosa	0.28	20.2%	19.9%	22.2%	23.7%	21.5%
Infisso U 2.4 ovunque	2.40	12.1%	12.1%	12.1%	12.2%	12.1%
Infisso U 2.4 solo Nord	2.40	5.6%	5.6%	6.4%	7.1%	6.2%
Infisso U 1.58 ovunque	1.58	15.9%	15.9%	15.6%	15.5%	15.7%
Infisso U 1.58 solo Nord	1.58	7.1%	7.1%	8.0%	8.8%	7.8%

Tabella 9. Prospetto delle percentuali di risparmio energetico conseguibile per i diversi interventi

Considerando anche le città campione si riscontra un andamento medio dei risparmi percentuali di energia analogo a quanto visto per Genova. Si riconferma che gli interventi con un maggior risparmio energetico sono quelli che comportano il

riempimento dell'intercapedine. Per dare un'idea del risparmio ottenibile qualora si operasse su vasta scala, è stato effettuato un calcolo ipotizzando di attuare le soluzioni testé menzionate per la maggior parte degli edifici INA-casa presenti in Italia. Analizzando la diffusione sul territorio italiano degli edifici del Piano di occupazione si evince che più del 90% delle costruzioni sorgono nelle zone climatiche E, D e C (Figura 33 e Figura 34)

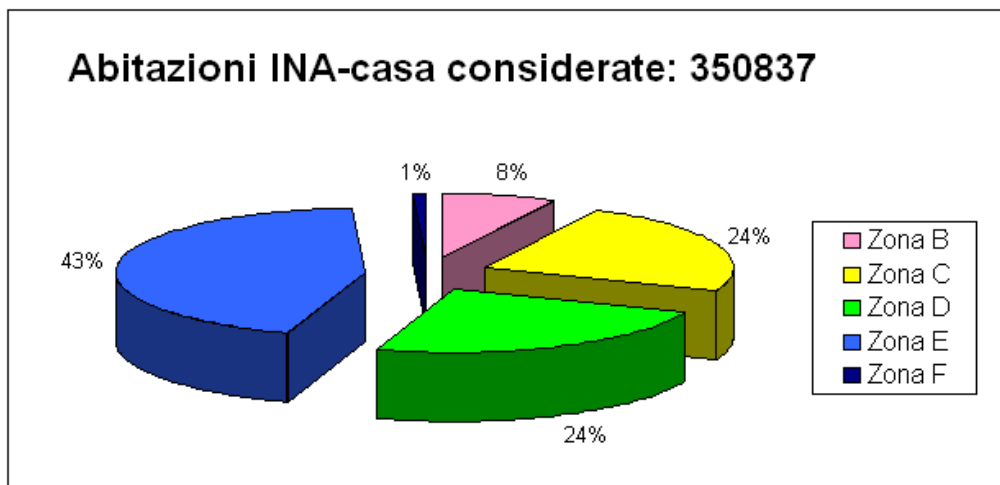


Figura 33. Diffusione delle abitazioni INA-casa per zona climatica(elaborazioni da INA-casa in cifre[1])

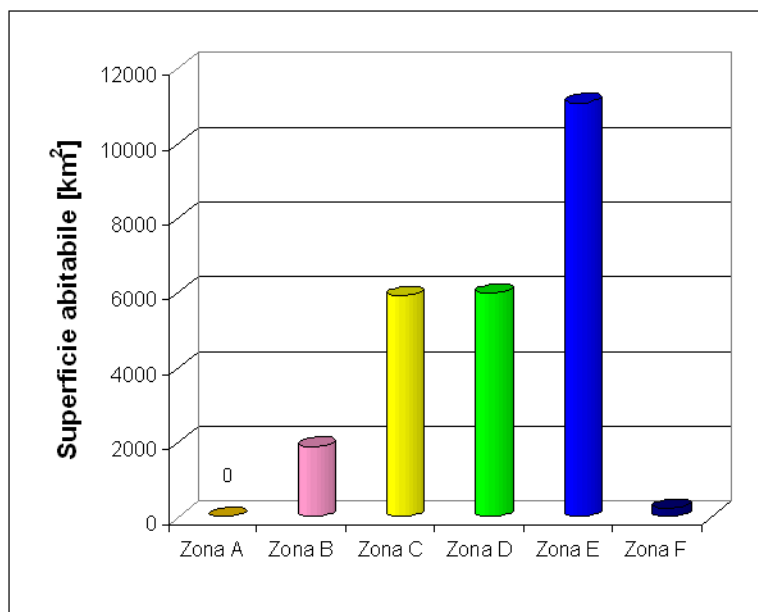


Figura 34. (elaborazioni da INA-casa in cifre[1])

Considerando quindi di intervenire sugli edifici del patrimonio Ina che si trovano in dette zone è stato calcolato il risparmio d'energia primaria conseguibile ed i risultati sono riassunti in Tabella 10.

	consumo medio kWh/m ² anno	Perlite		Cellulosa	
		%	GWh/anno	%	GWh/anno
Zona C	104	19.2%	119	19.9%	123
Zona D	161	21.4%	206	22.2%	214
Zona E	227	22.8%	574	23.7%	596
		totale	899	totale	933

Tabella 10. Risparmio conseguibile con riempimento dell'intercapedine

2.8.5 Valutazioni economiche degli interventi sull'involucro

Nel capitolo introduttivo si è già detto che gli interventi di ristrutturazione energetica possono essere considerati effettivamente sostenibili se, accanto a garantire un risparmio energetico, possono effettivamente venire affrontati dal punto di vista economico. Di seguito verranno eseguite delle valutazioni economiche sulle diverse soluzioni che mirano alla definizione di una scala di convenienza delle stesse proprio funzione della sostenibilità della spesa da affrontare e del risparmio energetico, tradotto in soldi risparmiati, conseguibile. Le valutazioni economiche sono state svolte calcolando l'importo dell'intera realizzazione, comprensivo di esecuzione dei lavori. I costi, come detto, sono stati determinati tramite indagini svolte direttamente presso le ditte fornitrici. I prezzi riportati possono risultare molto più contenuti rispetto a quelli che si trovano sui normali listini (vendita al dettaglio) in quanto le ditte son solite operare forti sconti (tra il 30 ed il 50%) per forniture di entità paragonabile a quella in esame.

I primi parametri economici che sono stati considerati sono il Net Present Value (valore attualizzato netto) ed il Pay Back Time (tempi di ritorno dell'investimento)¹². L'orizzonte temporale scelto per le valutazioni è di 25 anni, tale periodo è compatibile con la durata media degli interventi previsti. Il costo del metano di partenza è stato fissato pari a 0.43 €/m³, mentre il tasso d'attualizzazione e l'incremento del costo del metano son stati posti rispettivamente pari al 4 ed al 7%¹³.

Come già detto nel capitolo introduttivo, il Net Present Value viene applicato considerando quale flusso di cassa positivo il risparmio energetico, conseguibile grazie alle diverse soluzioni, tradotto in moneta. I flussi di cassa negativi, invece, sono rappresentati dall'esborso iniziale e da eventuali costi (eccedenti quelli di manutenzione ordinaria) per mantenere efficienti nel tempo le opere di riqualificazione. Le soluzioni a carico dell'involucro considerate sono caratterizzate da interventi di manutenzione paragonabili a quelli necessari per garantire l'integrità dell'involucro originale, pertanto i flussi di cassa negativi da esse generati sono rappresentati solo dalla spesa iniziale. Alla luce di questa osservazione si può vedere

¹² Per la definizione dei due indici, vedere capitolo 1 Introduzione Prima Parte, Paragrafo numero 1.3

¹³ Il costo del metano ed il tasso d'attualizzazione sono riferiti al 2007. Per quanto riguarda il tasso d'attualizzazione si è fatto riferimento al rendimento dei titoli di Stato [7]. L'incremento del prezzo del combustibile è stato dedotto dalla media degli aumenti percentuali del costo del metano nell'area europea degli ultimi 10 anni [8]. Il costo del metano, infine, è tratto dai valori riportati nelle bollette.

il Net Present Value come un modo per tradurre in moneta l'efficacia del risparmio energetico in rapporto alla spesa necessaria per ottenerlo. Di seguito (Figura 35) si riporta l'andamento di detto indice considerando il comportamento dell'edificio in funzione dei dieci interventi proposti e del clima della città ove sorge.

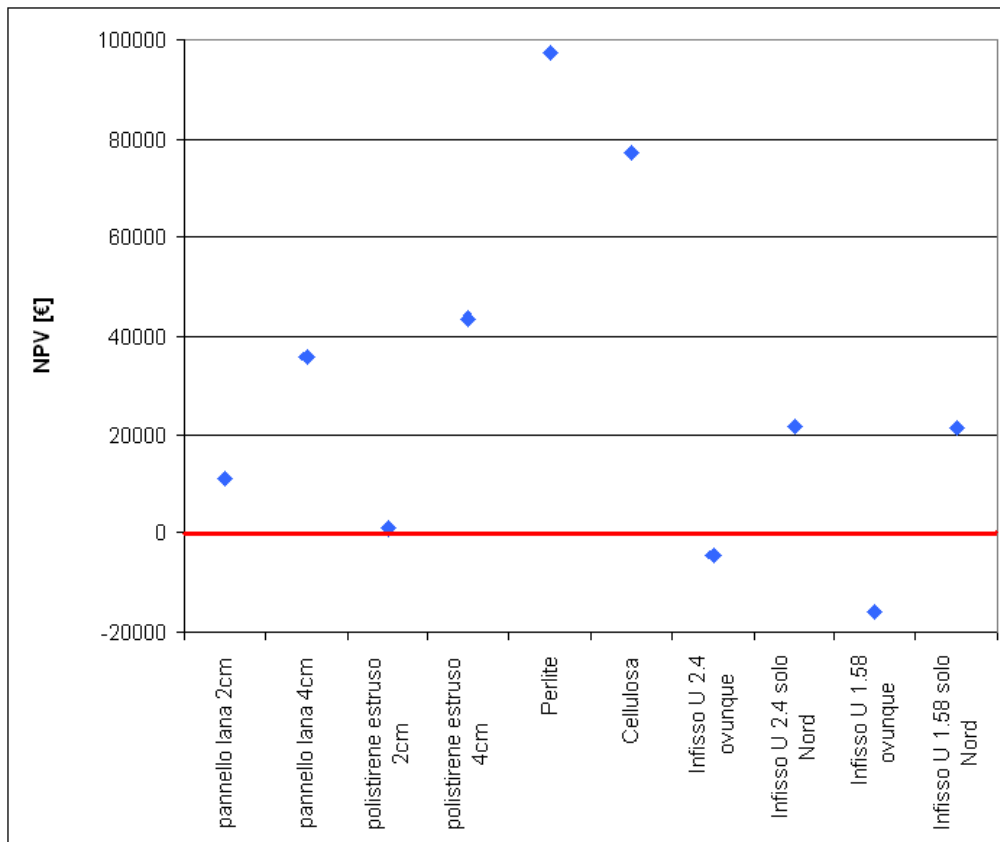


Figura 35. Andamento dell'indice NPV per i diversi interventi, senza sovvenzioni

In Tabella 11 si riportano sia il risparmio, in termini di kWh annui, sia l'andamento dell'indice PBT che dà conto del numero di anni necessari per rientrare della spesa sostenuta per ciascun intervento.

	Intervento	Risparmio [kWh/anno]	PBT
1	pannello lana 2cm	94471	24
2	pannello lana 4cm	131631	22
3	polistirene estruso 2cm	91350	25
4	polistirene estruso 4cm	128397	21
5	Perlite	162686	17
6	Cellulosa	168629	20
7	Infisso U 2.4 ovunque	93371	26
8	Infisso U 2.4 solo Nord	47212	20
9	Infisso U 1.58 ovunque	127283	27
10	Infisso U 1.58 solo Nord	61626	21

Tabella 11. Risparmio d'energia e tempi di ritorno per gli investimenti senza sovvenzioni

Dall'analisi dell'indice NPV si evince che i due interventi che danno un ritorno economico maggiore sono quelli che prevedono l'insufflazione di materiali nell'intercapedine, seguiti dalle soluzioni che comportano il rivestimento interno delle pareti con pannelli di 4 cm di strato isolante. Le opere di ristrutturazione a carico delle finestre che appaiono convenienti (sempre nel caso non si considerino, come già detto, sovvenzioni di sorta) sono quelle che prevedono la sostituzione dei soli componenti trasparenti posti a Nord.

Le valutazioni economiche son state poi ampliate considerando, accanto all'andamento dell'indice NPV, anche il tempo necessario per rientrare dalla spesa (PBT) nonché l'impatto della stessa sul reddito medio¹⁴ [9] ed il rendimento percentuale, valutato sull'esborso iniziale, di ogni intervento considerato (Tabella 12). Per considerare contemporaneamente tutti i suddetti fattori si è utilizzato l'indice globale definito nel capitolo iniziale.

Intervento	NPV [€]	PBT [anni]	investimento [€]	per famiglia		resa % 25 anni	indice globale
				incidenza reddito	esborso globale [€]		
1	11056	24	129216	6.7%	1332	14.6%	50
2	35723	22	159726	8.2%	1647	38.1%	insostenibile
3	1038	25	134600	6.9%	1388	1.3%	33
4	43583	21	147063	7.6%	1516	50.4%	63
5	97217	17	144342	7.4%	1488	114.6%	88
6	77185	20	173210	8.9%	1786	75.8%	insostenibile
7	-4361	26	143000	7.4%	1474	-5.2%	0
8	21753	20	51374	2.6%	530	72.1%	83
9	-15867	27	195000	10.1%	2010	-13.8%	insostenibile
10	21447	21	70056	3.6%	722	52.1%	70

¹⁴ Per il reddito si è fatto riferimento all'ultimo rapporto Istat del 2007 e si è scelto di considerare 20000 €/anno netti per famiglia che rappresentano l'introito medio di una famiglia di ceto medio-basso. Tale scelta è stata fatta per tener conto che il palazzo studiato rientra nelle realizzazioni di edilizia popolare.

Tabella 12. Interventi ed indicatori economici

In Tabella 13 sono riportati gli interventi ordinati a seconda dell'appetibilità in maniera decrescente. Tale appetibilità è stata valutata sia con l'indice globale (colonna di sinistra ove in carattere blu vengono indicati gli interventi insostenibili ed in rosso quelli antieconomici) sia con il solo indice NPV (colonna di destra, ove con carattere rosso vengono indicati gli interventi antieconomici).

Indice globale	NPV
Perlite	Perlite
Infisso U 2.4 solo Nord	Cellulosa
Infisso U 1.58 solo Nord	polistirene estruso 4cm
polistirene estruso 4cm	pannello lana 4cm
pannello lana 2cm	Infisso U 1.58 solo Nord
polistirene estruso 2cm	Infisso U 2.4 solo Nord
Infisso U 2.4 ovunque	pannello lana 2cm
pannello lana 4cm	polistirene estruso 2cm
Cellulosa	Infisso U 2.4 ovunque
Infisso U 1.58 ovunque	Infisso U 1.58 ovunque

Tabella 13. Ordine di appetibilità degli interventi secondo l'indice globale e secondo l'indice NPV.

In questo caso i due indici danno una classifica piuttosto differente in quanto alcuni interventi, seppur caratterizzati da un bilancio tra esborso iniziale e risparmio dovuto alla minor spesa energetica positivo, comportano una spesa iniziale insostenibile da parte delle famiglie. Pertanto per l'indice globale solo le prime sei soluzioni della colonna di sinistra della tabella risultano convenienti ed affrontabili come spesa, a differenza di quanto emergerebbe dalla sola analisi del Net Present Value.

Le analisi economiche sono state condotte anche per le città campione ed i risultati del NPV dei tempi di ritorno e dell'indice globale sono riportati rispettivamente in Figura 36, Tabella 14 Tabella 15

Analizzando il grafico relativo al Net Present Value per le diverse città campione si nota che l'andamento dei valori rispecchia, all'incirca, quello riscontrato per la città di Genova, ad eccezione delle zone climatiche F ed E ove tale andamento s'inverte per quanto riguarda gli interventi a carico delle superfici vetrate. Infatti per Cuneo e Milano, analizzando solo l'indice NPV, risulterebbe più conveniente sostituire di tutti gli infissi anziché limitarsi ad intervenire solo su quelli posti a Nord. Considerando, però, l'andamento dei tempi di ritorno si nota che questi comunque si mantengono sempre più brevi per la soluzione che coinvolge solo le finestre poste a Nord. Questo fatto controbilancia, ai fini della valutazione dell'indice globale, l'aumento del Net Present Value ed infatti detto indice fornisce, per le varie città campione, valutazioni analoghe a quanto visto per Genova. Si fa infine notare che per quanto riguarda la città rappresentativa della zona C gli unici interventi convenienti e sostenibili risulterebbero l'insufflazione di perlite e la sostituzione degli infissi posti a Nord (con sistemi vetrati di trasmittanza complessiva pari a $2.4 \text{ W/m}^2\text{K}$).

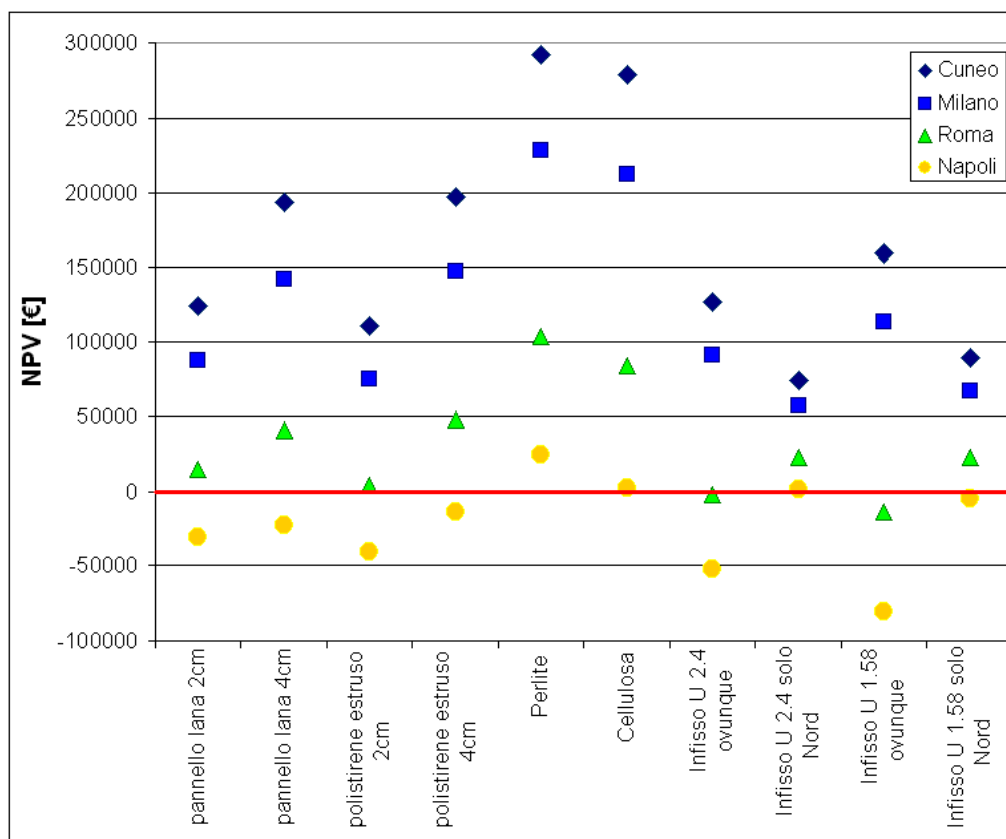


Figura 36. Andamento dell'indice NPV per le diverse soluzioni per le città campione

Intervento	PBT per città			
	Cuneo	Milano	Roma	Napoli
pannello lana 2cm	15	17	24	>30
pannello lana 4cm	14	16	22	28
polistirene estruso 2cm	16	18	25	>30
polistirene estruso 4cm	13	15	21	27
Perlite	11	12	17	23
Cellulosa	12	14	19	25
Infisso U 2.4 ovunque	16	18	26	>30
Infisso U 2.4 solo Nord	13	15	19	25
Infisso U 1.58 ovunque	16	18	27	>30
Infisso U 1.58 solo Nord	14	15	21	27

Tabella 14. Andamento del Pay Back Time per le città campione

Intervento	Indice Globale			
	Cuneo	Milano	Roma	Napoli
pannello lana 2cm	50	50	50	0
pannello lana 4cm	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.
polistirene estruso 2cm	38	35	40	0
polistirene estruso 4cm	68	68	63	0
Perlite	88	88	88	88
Cellulosa	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.
Infisso U 2.4 ovunque	43	43	0	0
Infisso U 2.4 solo Nord	68	68	80	90
Infisso U 1.58 ovunque	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.
Infisso U 1.58 solo Nord	58	63	73	0

Tabella 15. Indice Globale valutato per i diversi interventi e per le città campione

2.9 CONSIDERAZIONI SUI RISULTATI DELL'ANALISI ECONOMICA

Osservando la Tabella 12 ci si avvede che molte delle opere di ristrutturazione energetica hanno un'incidenza sul reddito medio decisamente elevata, vicina o superiore al limite massimo ammissibile considerato (8% del reddito)¹⁵. Attualmente in Italia sono previsti sistemi d'incentivazione (a fondo perduto) delle singole opere di ristrutturazione che abbiano carattere di miglioramento del comportamento energetico [10]. Per quanto riguarda gli elementi verticali ed i componenti vetrati dell' involucro edilizio, per poter attingere agli incentivi, è necessario che i singoli componenti ristrutturati abbiano delle prestazioni energetiche, misurate in termini di trasmittanza, congruenti a dei valori limite. Tali valori variano in funzione della zona climatica e dell'anno di realizzazione delle opere di riqualificazione energetica [11]. Gli incentivi sono tradotti in una restituzione delle spese, sottoforma di un rimborso sulle imposte, pari al 55% dell'esborso sostenuto. La cifra viene erogata in un intervallo di tempo, compreso tra i 3 ed i 10 anni, scelto dal singolo fruitore. Nei grafici di Figura 37 e di Figura 38 vengono messi in evidenza i limiti da non superare per ottenere gli incentivi suddetti¹⁶ evidenziati, per ogni Zona Climatica, tramite un segmento colorato orizzontale. Negli stessi grafici sono indicati anche i valori di trasmittanza ottenibili grazie ai diversi interventi.

¹⁵ Capitolo 1 Introduzione Prima Parte, paragrafo 1.3

¹⁶ Limiti vigenti fino al 1° Gennaio 2010 [11]

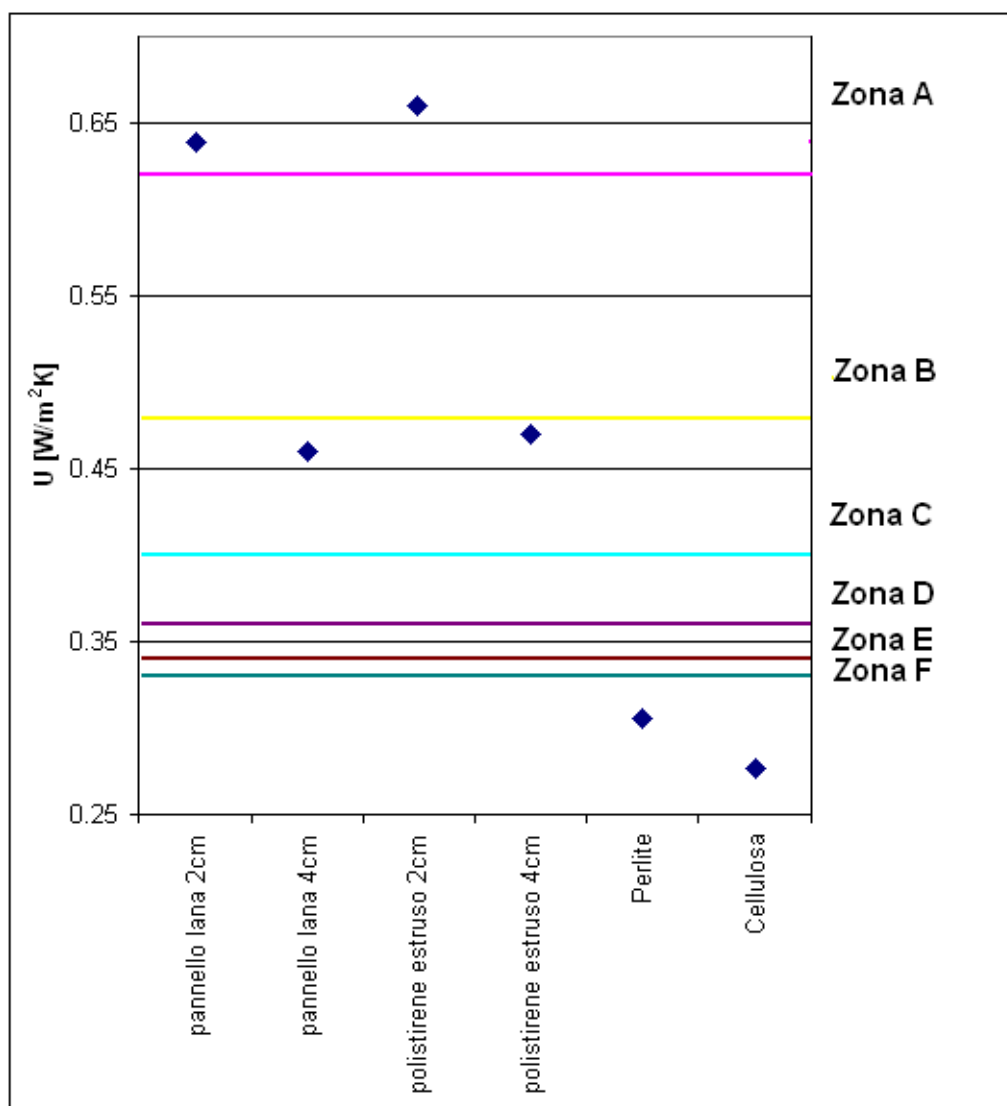


Figura 37. Confronto tra le trasmittanze della parete ed i limiti di legge per ogni Zona climatica

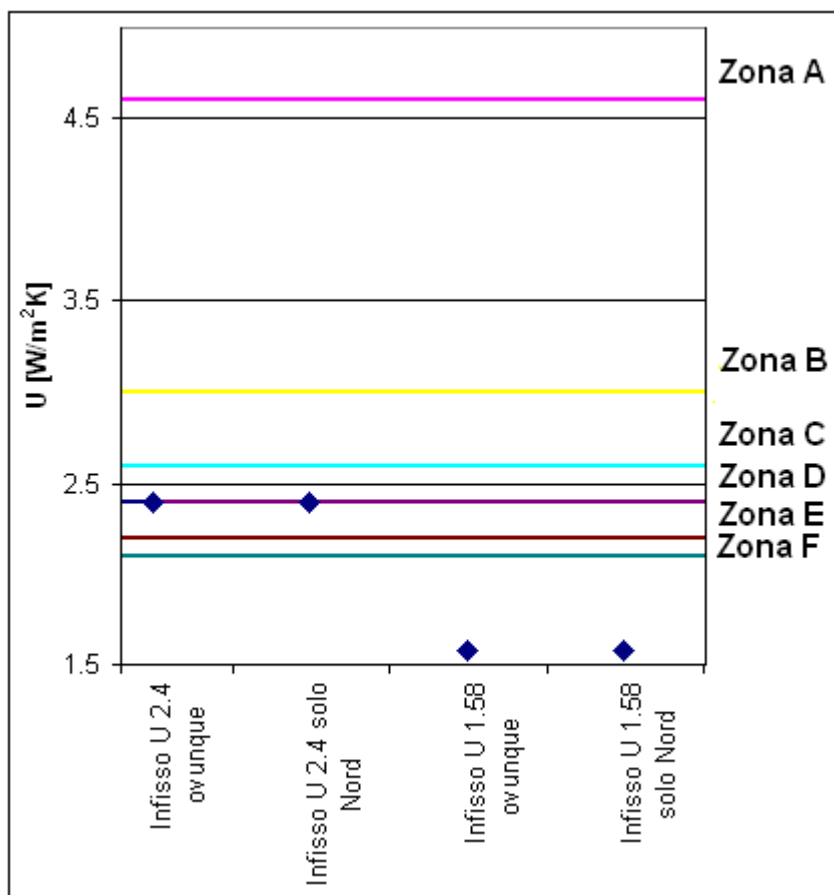


Figura 38. Confronto tra le trasmittanze degli infissi e i limiti di legge di ogni Zona climatica

Dall'analisi delle due figure soprastanti si evince che gli interventi di riempimento dell'intercapedine, nonché le soluzioni a carico dei componenti vetrati che comportano la sostituzione degli infissi con sistemi che garantiscono una trasmittanza di 1.58 W/m^2K possono rientrare nel piano d'incentivazione per ogni zona climatica. Per le altre soluzioni le detrazioni variano in funzione della zona climatica. Sia l'indice NPV che l'indice globale sono stati calcolati nuovamente tenendo conto di detta possibilità. I risultati son riportai nel grafico di Figura 39 ed in Tabella 16 per quanto riguarda la città di Genova.

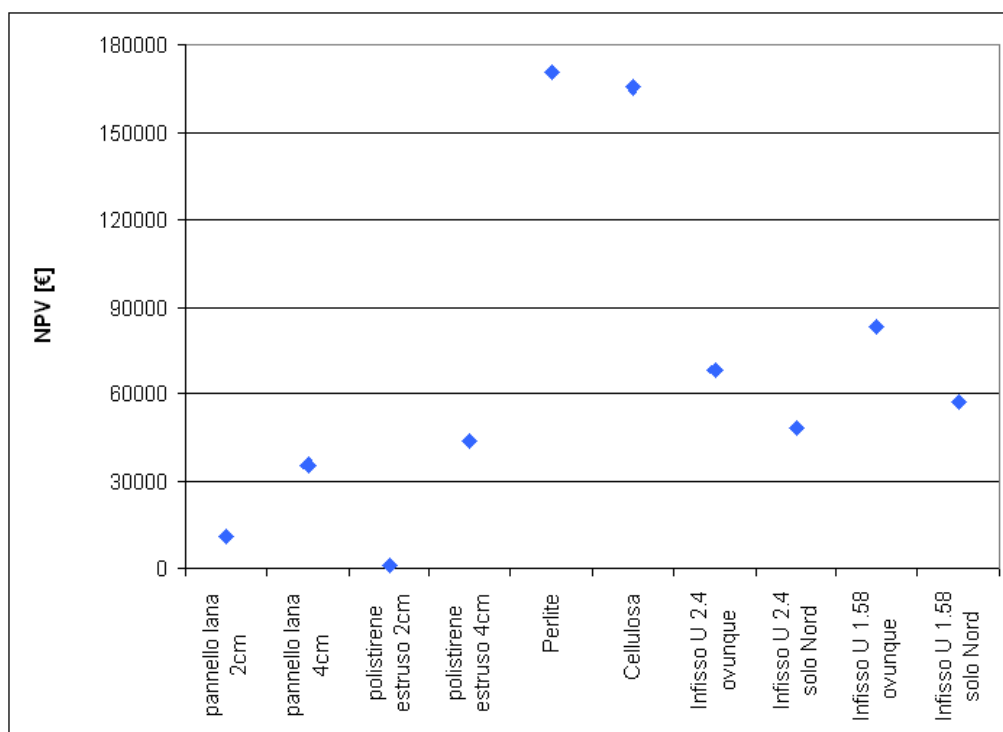


Figura 39. Andamento dell'indice NPV con incentivi al 55%.

Intervento	percentuale su reddito	indice globale
pannello lana 2cm	6.7%	25
pannello lana 4cm	8.2%	insostenibile
polistirene estruso 2cm	6.9%	13
polistirene estruso 4cm	7.6%	35
Perlite	3.3%	93
Cellulosa	4.0%	83
Infisso U 2.4 ovunque	3.3%	68
Infisso U 2.4 solo Nord	1.2%	80
Infisso U 1.58 ovunque	4.5%	58
Infisso U 1.58 solo Nord	1.6%	73

Tabella 16. Indice globale calcolato tenendo conto degli incentivi

Classificando gli interventi secondo i due indici si ottiene la Tabella 17 che mette in evidenza come la detrazione al 55% porti tutti gli interventi di sostituzione degli infissi ad avere indice NPV positivo ed ad essere accessibili da parte delle famiglie, ma non serve per rendere sostenibile economicamente la spesa legata all'apposizione del pannello di lana da 4cm.

Indice globale	NPV
Perlite	Perlite
Cellulosa	Cellulosa
Infisso U 2.4 solo Nord	Infisso U 1.58 ovunque
Infisso U 1.58 solo Nord	Infisso U 2.4 ovunque
Infisso U 2.4 ovunque	Infisso U 1.58 solo Nord
Infisso U 1.58 ovunque	Infisso U 2.4 solo Nord
polistirene estruso 4cm	polistirene estruso 4cm
pannello lana 2cm	pannello lana 4cm
polistirene estruso 2cm	pannello lana 2cm
pannello lana 4cm	polistirene estruso 2cm

Tabella 17. Ordine di appetibilità degli interventi secondo i due indici nel caso di sovvenzione al 55%

In Figura 40 viene riportato l'andamento dell'indice NPV con la detrazione al 55% per le città campione, mentre in Tabella 18 si possono osservare i tempi di ritorno calcolati per le soluzioni con o senza incentivo. Infine in Tabella 19 è indicata la valutazione con l'indice globale.

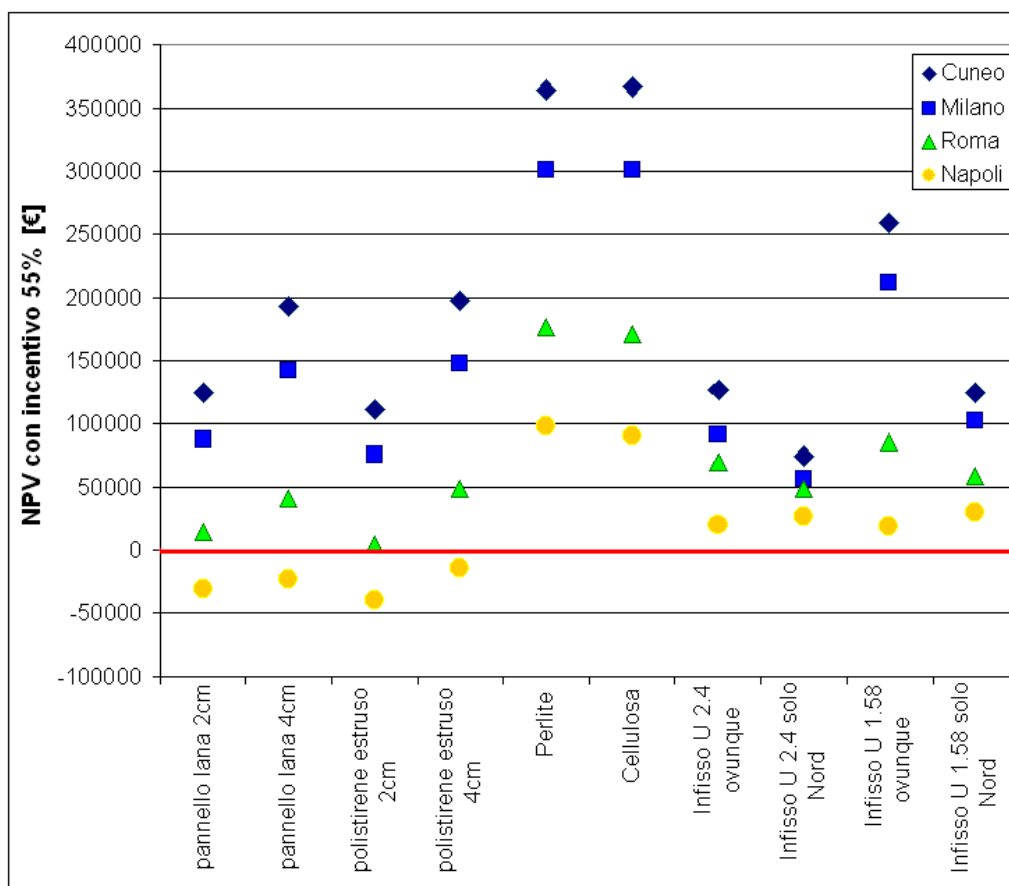


Figura 40. Andamento dell'indice NPV con la detrazione sulle spese al 55% per le diverse città campione.

Intervento	PBT per città									
	Cuneo		Milano		Genova		Roma		Napoli	
	NO	SI'	NO	SI'	NO	SI'	NO	SI'	NO	SI'
pannello lana 2cm	15	15	17	=	24	=	24	=	>30	=
pannello lana 4cm	14	14	16	=	22	=	22	=	28	=
polistirene estruso 2cm	16	16	18	=	25	=	25	=	>30	=
polistirene estruso 4cm	13	13	15	=	21	=	21	=	27	=
Perlite	11	6	12	7	17	10	17	10	23	13
Cellulosa	12	7	14	8	20	11	19	11	25	15
Infisso U 2.4 ovunque	16	16	18	=	26	15	26	15	>30	21
Infisso U 2.4 solo Nord	13	13	15	=	20	11	19	11	25	15
Infisso U 1.58 ovunque	16	9	18	10	27	16	27	16	>30	22
Infisso U 1.58 solo Nord	14	8	15	9	21	12	21	12	27	16

Tabella 18. Confronto del PBT per le varie città in caso venga, o meno, applicata la detrazione del 55%

Intervento	Indice Globale			
	Cuneo	Milano	Roma	Napoli
pannello lana 2cm	35	35	25	0
pannello lana 4cm	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.
polistirene estruso 2cm	23	23	15	0
polistirene estruso 4cm	50	50	35	0
Perlite	93	95	93	93
Cellulosa	88	85	83	80
Infisso U 2.4 ovunque	30	28	68	65
Infisso U 2.4 solo Nord	55	55	80	88
Infisso U 1.58 ovunque	70	70	58	50
Infisso U 1.58 solo Nord	75	78	73	78

Tabella 19. Valutazione degli interventi secondo l'indice globale nel caso venga applicato la detrazione al 55%

Analizzando l'andamento del Net Present Value per le città campione, nonché le valutazioni dell'indice globale ci si avvede che per tutte le zone climatiche la sostituzione di tutti gli infissi diviene non solo affrontabile, ma anche conveniente dal punto di vista economico, anche se i risparmi d'energia non sempre consentirebbero neppure di ripagare l'intervento. Inoltre si può notare che una delle soluzioni più vantaggiose dal punto di vista dei risparmi energetici e più semplici da realizzare, cioè l'apposizione di una controparete in lana di vetro di 4 cm, rimane non attuabile a causa dell'alta incidenza della spesa iniziale sul reddito.

A questo punto è necessario effettuare due osservazioni: gli incentivi attualmente previsti per le singole opere di miglioramento dell'efficienza energetica dell'involucro, da un lato, essendo a fondo perduto, falsano la valutazione economica (l'indice NPV perde la sua valenza di misura della resa energetica dell'opera) dall'altro, essendo previsti solo in funzione dei limiti di trasmittanza, a volte possono avvantaggiare soluzioni energeticamente meno efficienti. Alcune soluzioni, infatti, non raggiungono i limiti di trasmittanza richiesti per poter usufruire degli incentivi, ma sono ugualmente caratterizzate da buoni risparmi energetici (si vedano, ad esempio, i due interventi d'isolamento interno con pannelli da 4 cm rispettivamente in lana di roccia o polistirene estruso che comportano risparmi d'energia attorno al 17% annuo, risparmi maggiori di quelli derivanti dagli interventi di sostituzione dei vetri). Queste opere sarebbero convenienti dal punto di vista economico (indice NPV positivo), ma risultano difficilmente affrontabili dalle famiglie o addirittura proibitive a causa dell'incidenza dell'esborso iniziale sul proprio reddito. Bisogna anche sottolineare che l'attuale sistema di sovvenzione, essendo a fondo perduto, rappresenta un onere economico considerevole per la comunità. Parte di questo esborso può considerarsi un investimento dei cittadini al fine d'ottenere minor impatto ambientale ed una maggiore efficienza economica del comparto edilizio che si ripercuoterà senz'altro, in maniera positiva, sull'economia del Paese. Parte di questo danaro però, può andare perduto, anche perché le sovvenzioni possono supportare, come dimostrato, soluzioni poco efficienti.

Alla luce delle suddette osservazioni si è pensato ad un'altra forma d'incentivazione volta ad aiutare le famiglie ma a costo pressoché nullo per il bilancio dello Stato. Si vorrebbe proporre, dunque, un finanziamento alternativo sottoforma di anticipo e non

di aiuto economico a fondo perduto, per la realizzazione di opere di miglioramento dell'efficienza energetica. Tale anticipo potrebbe coprire una percentuale della spesa iniziale e venire restituito, imponendo degli interessi sul capitale pari al solo costo del denaro, grazie al risparmio ottenibile col minor consumo di energia. I tempi per la restituzione della cifra, data in prestito, potrebbero variare in funzione della percentuale anticipata dallo Stato e del risparmio conseguibile grazie all'intervento. Alla fine, comunque, il capitale dovrebbe venire restituito, indipendentemente dal fatto che il risparmio energetico sia stato conseguito o meno. Starà al richiedente operare le corrette valutazioni per ottenere, alla fine, un bilancio positivo. Tale provvedimento avrebbe più di un vantaggio: innanzi tutto favorirebbe le ristrutturazioni energeticamente sostenibili, grazie alla riduzione della spesa iniziale, inoltre non comporterebbe nessun extra-costi per lo Stato, infine contribuirebbe alla dissuasione delle frodi. A tal proposito si osserva che, essendoci l'obbligo di restituire il prestito indipendentemente dai valori di isolamento conseguiti, verrebbero attuate solamente le soluzioni che producono un vantaggio reale. Con tale tipo di sovvenzione i controlli (che sono comunque difficilmente attuabili) non sarebbero più necessari. Questo comporterebbe un ulteriore notevole risparmio per la comunità. Si sottolinea anche che un tale tipo di incentivo non aumenta in maniera fittizia la resa economica dell'investimento (gli indici NPV e PBT restano uguali in quanto la cifra finale da ammortizzare rimane invariata) pertanto non falsa l'ordine d'appetibilità degli interventi e dunque non spinge alla realizzazione di opere anti-economiche come, viceversa, può accadere nel caso vengano erogate le sovvenzioni a fondo perduto ad oggi previste.

Si è provato ad applicare la forma d'incentivo testé descritta al caso dell'edificio posto nella città di Genova. L'ipotesi di prestito del 50%, da restituire in 25 anni, è stata applicata alle sole opere che abbiano il Net Present Value positivo nell'orizzonte temporale previsto. Di vari parametri economici considerati (NPV, PBT, incidenza sul reddito, resa percentuale dell'investimento) solo l'incidenza percentuale sul reddito muta ed in particolare si dimezza. L'indice globale è stato calcolato nuovamente (Tabella 20)

Intervento	percentuale su reddito	indice globale
pannello lana 2cm	3.3%	50
pannello lana 4cm	4.1%	53
polistirene estruso 2cm	3.5%	33
polistirene estruso 4cm	3.8%	65
Perlite	3.7%	90
Cellulosa	4.5%	75
Infisso U 2.4 ovunque	7.4%	0
Infisso U 2.4 solo Nord	1.3%	83
Infisso U 1.58 ovunque	10.1%	insostenibile
Infisso U 1.58 solo Nord	1.8%	70

Tabella 20. Indice globale calcolato tenendo conto degli incentivi

In Tabella 21 si riporta il confronto tra le classifiche ottenute ordinando gli interventi secondo l'appetibilità espressa dall'indice globale stesso e dal Net Present Value (in carattere rosso gli interventi antieconomici, in blu quelli insostenibili).

Indice globale	NPV
Perlite	Perlite
Infisso U 2.4 solo Nord	Cellulosa
Cellulosa	polistirene estruso 4cm
Infisso U 1.58 solo Nord	pannello lana 4cm
polistirene estruso 4cm	Infisso U 1.58 solo Nord
pannello lana 4cm	Infisso U 2.4 solo Nord
pannello lana 2cm	pannello lana 2cm
polistirene estruso 2cm	polistirene estruso 2cm
Infisso U 2.4 ovunque	Infisso U 1.58 ovunque
Infisso U 1.58 ovunque	Infisso U 2.4 ovunque

Tabella 21. Ordine di appetibilità degli interventi secondo i due indici nel caso di prestito del 50%

Ora entrambi gli indici danno come maggiormente appetibili le soluzioni di riempimento dell'intercapedine, mentre non realizzabili le sostituzioni di tutti i componenti vetrati. Questo dimostra come il metodo d'incentivazione proposto permetta alle famiglie di realizzare effettivamente gli interventi economicamente ed energeticamente più vantaggiosi e non ritocchi artificiosamente il bilancio finale dell'investimento .

2.10 INTERVENTI A CARICO DELL'IMPIANTO: DESCRIZIONE E RISULTATI OTTENUTI

La raccolta dati ha evidenziato alcune criticità a carico dell'impianto alle quali si potrebbe porre rimedio tramite interventi non eccessivamente invasivi. In particolare si è pensato di migliorare il sistema di regolazione delle temperature, installando delle valvole termostatiche ed un sistema di contabilizzazione del calore, nonché di migliorare la generazione di calore sostituendo l'attuale caldaia, male isolata ed ormai obsoleta. Sarebbe stato possibile intervenire anche in altro modo sul sistema [12], ad esempio sostituendo gli attuali corpi scaldanti con sistemi a bassa temperatura accoppiandoli, o meno, all'installazione di pannelli solari termici, purché si fosse stati disposti ad ammettere dei lavori più invasivi che comprendessero scassi nei muri o sollevamento delle pavimentazioni. Determinare i costi di soluzioni di questo tipo non è agevole in quanto, accanto ai pezzi dell'opera vera e propria, bisognerebbe quantificare anche il disagio arrecato che, in certi casi, si traduce in inabitabilità degli appartamenti per alcuni giorni. Di seguito verranno brevemente descritti gli interventi, i costi¹⁷ degli stessi e verrà presentata un'analisi economica per poter definire quelli maggiormente convenienti.

¹⁷ Prezzi riferiti agli anni 2007-2008

2.10.1 Installazione di valvole termostatiche e sistema per la contabilizzazione del calore.

Gli impianti centralizzati che servono edifici di ragguardevoli dimensioni, spesso, presentano dei problemi legati alla cattiva ripartizione del calore che si traducono in un basso rendimento del sistema di regolazione. La funzione di regolazione è in genere assolta (come nel caso in esame) da un'unica centralina, programmata con orari d'accensione e spegnimento, che tara la temperatura di mandata del fluido in funzione delle condizioni esterne rilevate da un'unica sonda esterna. Tale sistema di regolazione, intervenendo esclusivamente sulla temperatura di mandata, non è in grado di sopperire alle diverse richieste di energia che si possono verificare nei vari appartamenti. Accade, molte volte, che, per poter garantire i 20°C all'ultima abitazione servita dal sistema di adduzione del fluido termovettore, i primi appartamenti interessati dalla circolazione dello stesso abbiano delle temperature interne eccessivamente alte. Lo stesso problema si può verificare per alloggi con migliore o peggiore esposizione o che presentino una maggiore o minore percentuale di involucro rivolta verso altre unità riscaldate. L'eccesso di calore viene solitamente smaltito con l'apertura delle finestre, anziché con la regolazione dei corpi scaldanti. Tale malfunzionamento della ripartizione si traduce in una maggiore richiesta di energia al generatore, infatti il fluido viene riscaldato a temperature maggiori di quelle che sarebbero necessarie per mantenere lo stabile a 20°C uniformemente. Nel grafico di Figura 41 si mette in evidenza come la differenza di un solo grado nell'abitazione si ripercuota sui consumi d'energia primaria.

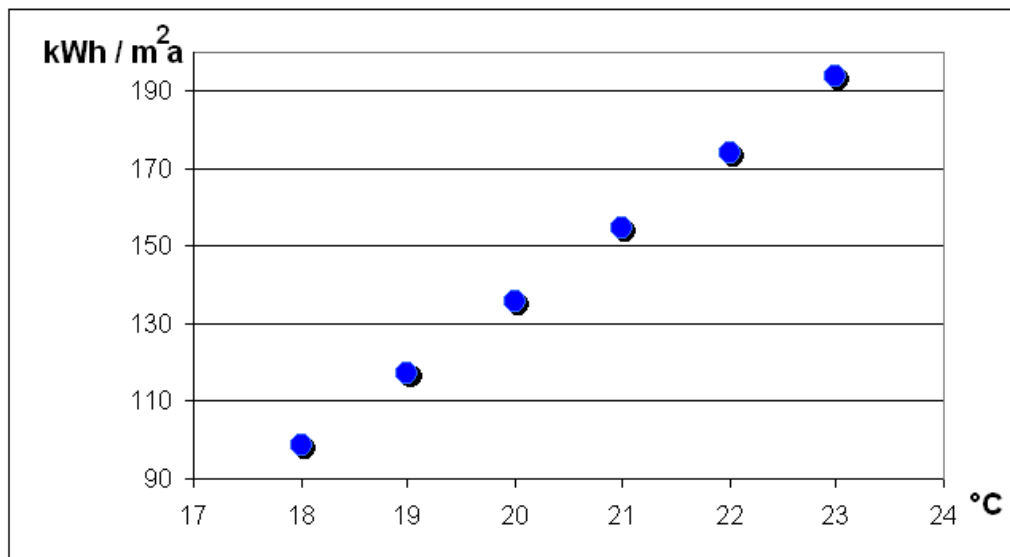


Figura 41. Andamento dei consumi annuali in relazione alla temperatura mantenuta in ambiente

Per ottenere un miglior rendimento di regolazione e soprattutto per evitare sprechi di energia dovuti al cattivo bilanciamento del sistema di riscaldamento si è pensato ad un intervento che preveda l'installazione di valvole termostatiche e di un sistema di contabilizzazione del calore.

Le valvole termostatiche sono dei dispositivi, sensibili alla variazione di temperatura, la cui funzione è quella di calibrare la portata di fluido termovettore che alimenta i corpi scaldanti. I dispositivi sono muniti di un sensore della temperatura ambiente, man mano quest'ultima s'avvicina al livello voluto, la valvola ostruisce il passaggio, dirottando, quindi, il flusso verso gli altri termosifoni. In tal modo si ottiene una regolazione di ogni singolo ambiente. Il sistema di contabilizzazione non sarebbe necessario ai fini del miglioramento della regolazione dell'impianto, ma di fatto la sua assenza rende la soluzione inefficace in quanto l'esperienza ha dimostrato che quasi nessun utente è disposto a regolare correttamente i propri corpi scaldanti temendo di venir defraudato dagli altri condomini meno attenti. Infatti, nel caso non vi sia un sistema di contabilizzazione, la spesa energetica verrà ripartita in modo tradizionale, secondo i millesimi, e non in funzione dell'aver limitato o meno gli eccessi di calore nel proprio appartamento.

I sistemi per quantificare il consumo di calore possono essere diretti o indiretti. I primi possono essere installati solo in caso che il fluido venga distribuito per ogni piano in maniera orizzontale (unica colonna verticale di distribuzione con tubi di mandata e di ritorno collegati, ad ogni piano, ad un circuito ad anello tramite una valvola), i secondi vengono applicati ad ogni corpo scaldante e possono venir applicati anche in caso di distribuzione verticale (plurime colonne verticali di distribuzione con tubi di mandata e ritorno che servono corpi scaldanti appartenenti a piani diversi). La contabilizzazione diretta avviene tramite un contatore volumetrico di portata accoppiato a due sonde termiche (una posta sulla condotta di mandata, l'altra su quella di ritorno) che consentono di calcolare con sufficiente precisione il flusso di calore ceduto all'ambiente in base alla portata di fluido termovettore che transita ed alla differenza di temperatura tra ingresso ed uscita del circuito. La contabilizzazione indiretta è meno precisa, ma permette comunque di effettuare un conteggio, seppur approssimato, del consumo d'energia termica. Su ogni corpo scaldante viene installato un ripartitore di calore, opportunamente tarato sulla tipologia e dimensioni del corpo scaldante [13], che, in base alla differenza di temperatura tra la superficie dell'elemento e dell'aria del luogo circostante, rilevata tramite sonde, è in grado di calcolare il quantitativo di calore ceduto all'ambiente.

La prima soluzione prevista per il palazzo di via Tofane comporta l'installazione su ogni corpo scaldante una valvola con testina termostatica manuale e di un sistema di contabilizzazione indiretta tramite ripartitore di calore. L'intervento necessita di:

- risanamento e verifica dell'impianto di riscaldamento con eliminazione dei fanghi residui ed incrostazioni;
- apposizione delle valvole termostatiche;
- installazione di un apparecchio elettronico per la ripartizione del calore;
- sistema di rilevazione tradizionale a lettura diretta dei dati di consumo;
- installazione di una coppia di pompe, in centrale termica, a portata variabile;

Nella Tabella 22 vengono riassunti gli importi dell'intervento comprensivi di mano d'opera.

dispositivo	per corpo scaldante	per il palazzo
	[€]	[€]
Risanamento impianto		16200
valvole termostatiche		
ripartitore	82.5	36382.5
sistema di rilevazione tradizionale		
coppia di pompe		8019
totale		60601.5

Tabella 22. Impianto a lettura tradizionale

L'intervento comporta anche una lettura periodica dei dati immagazzinati dal ripartitore ed un servizio di calcolo delle spese individuali. In totale le spese di manutenzione sono quantificabili in 2293 € annui.

La seconda soluzione studiata per il palazzo è simile alla precedente, solo che si è provato a considerare un sistema di rilevamento elettronico ad onde radio. Questa variante comporta un investimento iniziale superiore Tabella 23, dovuto al maggior costo dell'apparecchiatura, ma minori spese di lettura e manutenzione, quantificabili in 1764 € annui.

dispositivo	per corpo scaldante	per il palazzo
	[€]	[€]
Risanamento impianto		16200
valvole termostatiche		
ripartitore elettronico	123	54243
sistema di rilevazione radio		
coppia di pompe		8019
totale		78462

Tabella 23. Impianto radio

2.10.2 Sostituzione del generatore

La caldaia esistente è caratterizzata da rendimenti piuttosto bassi. L'età del generatore è superiore ai 12 anni pertanto l'intervento di sostituzione è stato preso in considerazione. Si è deciso di optare per caldaie a condensazione, da accoppiare in un secondo momento all'intervento di installazione di valvole termostatiche, caratterizzate da alti rendimenti anche per temperature di mandata attorno ai 70°C.

Il primo intervento proposto prevede la sostituzione del vecchio generatore con un'unica caldaia a condensazione di potenza nominale di 333 kW corredata di centralina per funzionamento in compensazione climatica Tabella 24.

Generatore	rendimento a 35°C	
caldaia unica potenza massima 333 kW	pieno carico	carico parziale
	102.00%	107%
potenza minima 85.5 kW	rendimento a 60°C	
	pieno carico	carico parziale
	96.8%	96%
	rendimento a 70°C	
	pieno carico	carico parziale
	94.8%	93%
	perdite	
	mantello	camino bruciatori spenti
	2%	0.10%

Tabella 24. Caratteristiche caldaia

La soluzione prevede:

- adeguamento dell'impianto: verifica della compatibilità del camino con eventuale realizzazione di opere accessorie per lo smaltimento dei condensati;
- bonifica dell'impianto esistente
- installazione della caldaia;
- installazione del sistema di pompaggio.

I costi per la prima soluzione son riassunti in Tabella 25.

dispositivo o azione	per il palazzo [€]
Risanamento impianto	16200
Caldaia a condensazione	33000
Adeguamento canna fumaria	10000
impianto di pompaggio	10000
totale	69200

Tabella 25. Costo sostituzione con unica caldaia a condensazione

La differenza di spese di manutenzione rispetto all'impianto esistente è quantificabile in 1000 € all'anno.

La seconda soluzione prevede l'installazione, anziché di un'unica caldaia di potenza atta a sopperire ai picchi di richiesta, ad un gruppo modulare, costituito da due generatori, di potenza complessiva pari a 320 kW. Il vantaggio dei gruppi modulari è che sono in grado di adeguarsi meglio alle variazioni di potenza richiesta nell'arco

della giornata, inoltre possono garantire buoni rendimenti anche a basso carico (Tabella 26).

Generatore	rendimento a 35°C	
gruppo modulare potenza max 320 KW	pieno carico	carico parziale
	102.8%	107.80%
potenza minima 26.20 kW	rendimento a 60°C	
	pieno carico	carico parziale
	97.4%	97%
	rendimento a 70°C	
	pieno carico	carico parziale
	95.4%	95%
	perdite	
	mantello	camino bruciatori spenti
	2%	0.10%

Tabella 26. Gruppo modulare

Il costo della seconda soluzione è riassunto in Tabella 27

dispositivo o azione	per il palazzo [€]
Risanamento impianto	16200
Gruppo modulante	27000
Adeguamento canna fumaria	10000
impianto di pompaggio	13000
totale	66200

Tabella 27. Costo installazione del gruppo modulare

Anche in questo caso differenza di spese di manutenzione rispetto all'impianto esistente è quantificabile in 1000 € all'anno.

2.10.3 Risultati ottenuti con gli interventi proposti

L'installazione di valvole termostatiche consente di poter avere un miglioramento notevole del sistema di regolazione dell'impianto, mentre la sostituzione della caldaia influisce grandemente sul rendimento di generazione, anche nell'ipotesi di mantenere la temperatura di mandata pari a 70°C. I risultati, in termini di risparmio energetico percentuale, sono riportati in Tabella 28.

Intervento	Risparmio energia
1 valvole	15.1%
2 valvole radio	15.1%
3 caldaia condensazione	14.0%
4 coppia caldaie	15.0%
5 coppia caldaie e valvole	31.2%
6 coppia caldaie e valvole radio	31.2%

Tabella 28. Risparmio energetico conseguibile con interventi sull'impianto

La soluzione che prevede l'installazione sia di un nuovo generatore, sia di valvole termostatiche, comporta un miglioramento notevole delle prestazioni dell'impianto e determina un risparmio d'energia attorno al 31%. Questo è dovuto anche al fatto che, in tale configurazione, è possibile abbassare la temperatura di mandata a 60°C pur garantendo i 20°C negli ambienti scaldati. Confrontando la Tabella 28 con la Tabella 8 si può notare che le altre soluzioni a carico dell'impianto garantiscono risparmi d'energia confrontabili con gli interventi sull'involucro.

2.10.4 Valutazioni economiche degli interventi sull'involucro

Il calcolo dell'indice NPV e del PBT nonché dell'indice globale è stato fatto considerando un orizzonte temporale di 15 anni, pari alla vita media degli impianti considerati. Per quanto riguarda le spese di gestione si è considerato un aumento percentuale negli anni pari all'inflazione¹⁸. Gli altri parametri per il calcolo economico sono stati presi uguali a quelli considerati per le valutazioni delle soluzioni a carico dell'involucro. In Figura 42 si riporta l'andamento dell'indice NPV che evidenzia come l'apposizione delle sole valvole termostatiche con sistema di contabilizzazione, nell'orizzonte temporale considerato, non si giustifichi economicamente.

¹⁸ Inflazione pari al 3% secondo le rilevazioni ISTAT per l'anno 2007.

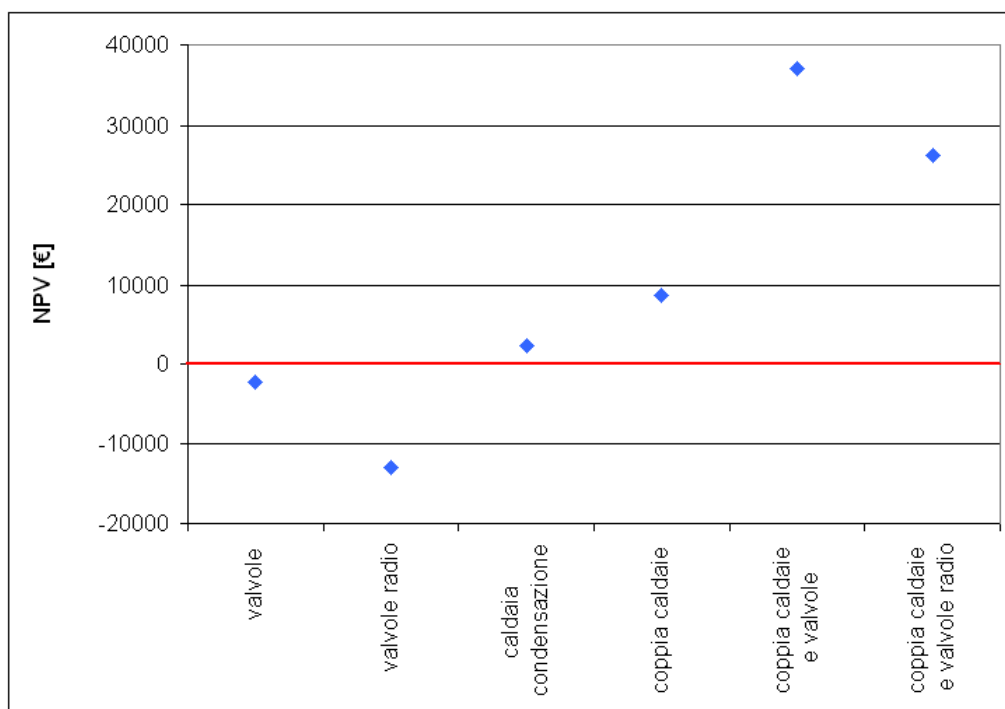


Figura 42. Andamento indice NPV per soluzioni sull'impianto

In Tabella 29 si riportano, accanto ai valori dei due indici già menzionati, anche i risultati degli altri elementi di valutazione, già ricapitolati nel paragrafo 2.8.5 ed il conseguente valore dell'indice globale.

Intervento	NPV [€]	PBT [anni]	investimento [€]	per famiglia		resa % 25 anni	indice globale
				incidenza reddito	esborso globale [€]		
1	-2274	16	60602	3.1%	625	-6.4%	0
2	-12999	18	78464	4.0%	809	-28.2%	0
3	2224	15	69200	3.6%	713	5.5%	53
4	8747	14	66200	3.4%	682	22.5%	70
5	36941	12	102583	5.3%	1058	61.3%	83
6	26216	13	120445	6.2%	1242	37.0%	66

Tabella 29. Interventi ed indicatori economici

Applicando le valutazioni dell'indice globale e quindi considerando gli altri elementi di valutazione, si ottiene una classificazione dell'appetibilità degli interventi quasi identica a quella risultante dalla lettura del Net Present Value (Tabella 30 in rosso vengono indicati gli interventi antieconomici). L'unica differenza riguarda l'intervento che prevede l'installazione della coppia di caldaie con il sistema di contabilizzazione radio. In questo caso i due indici danno valutazioni diverse: per l'indice globale, a causa del notevole esborso iniziale, risulta meno preferibile alla sola coppia di generatori,

mentre per l'indice NPV la valutazione è opposta, grazie al maggior ritorno economico finale.

Indice globale	NPV
coppia caldaie e valvole	coppia caldaie e valvole
coppia caldaie	coppia caldaie e valvole radio
coppia caldaie e valvole radio	coppia caldaie
caldaia condensazione	caldaia condensazione
valvole	valvole
valvole radio	valvole radio

Tabella 30. Valutazione secondo l'indice globale e secondo il Net Present Value

2.11 OSSERVAZIONI SULLE ANALISI ECONOMICHE

Gli interventi, a carico degli impianti che consentono di ottenere maggior risparmio energetico, vale a dire la sostituzione del generatore congiuntamente all'installazione di valvole e sistema di contabilizzazione, sono anche quelli che richiedono un maggior esborso iniziale e che, quindi, comportano un'incidenza sul reddito più marcata. Tali soluzioni, però, potrebbero usufruire degli incentivi di detrazione del 55% sulle imposte perciò sarebbero più facilmente affrontabili. Si fa osservare, tuttavia, che anche in questo caso l'applicazione degli incentivi a fondo perduto andrebbe a migliorare, in maniera artificiosa, il rendimento economico finale (NPV), già alto, degli interventi in questione. Tale maggior resa economica è solo per il privato, ma si traduce in un aggravio delle spese a livello di comunità (lo Stato). Anche in questa situazione sarebbe preferibile la forma d'incentivazione, discussa nei precedenti paragrafi, sottoforma di prestito di parte dell'esborso iniziale da restituire interamente, comprensivo d'interessi legali. Gli interventi continuerebbero ad essere economicamente vantaggiosi, ma l'incidenza sul reddito potrebbe venir portata a livelli tali da essere affrontabile anche per famiglie meno abbienti senza aggravii sul bilancio finale della comunità.

2.12 BIBLIOGRAFIA

- [1] L. Beretta Anguissola (a cura di), I 14 anni del piano INA-Casa, Staderini Editore, Roma, 1963.
- [2] Piano incremento occupazione operaia Case per lavoratori
 - (1949) Suggestimenti, norme e schemi per la elaborazione e presentazione dei progetti. Bandi di concorso, fascicolo N°1. Damas so, Roma 1949.
 - (1950) Suggestimenti, esempi e norme per la progettazione urbanistica. Progetti tipo, fascicolo N°2. Tip. M.Danesi, Roma.
 - (1956). Guida per l'esame dei progetti delle costruzioni INA-Casa da realizzare nel secondo settennio, fascicolo N°3, T.I.BA., Roma.

(1957) Norme per le costruzioni del secondo settennio estratte da delibere del Comitato di attuazione del Piano e del Consiglio direttivo della gestione INA-Casa, fascicolo N°4, TI.BA., Roma.

- [3] G. Franco, A. Magrini, L. Cattani, "Energy saving in the restoration of Italian residential buildings: working methodologies applied to building stocks edified in the middle of XXth century.". Climamed 2007 energy, climate and indoor comfort in mediterranean countries. Genova, Italy, September 5th - 7th 2007
- [4] S. Lanzu, "I quartieri INA –CASA. La cultura edilizia, il patrimonio, i problemi di recupero. Il caso dei quartieri genovesi", Tesi di dottorato di ricerca in "Recupero edilizio e Ambientale", XVII ciclo, Genova 2005, tutors prof. arch. S.F. Musso, prof. arch. G. Franco.
- [5] G. Franco, A. Magrini, S. Lanzu, L. Cattani, "Improving energy performance of Italian post war residential building stock", IX World Renewable Energy Congress – Florence, Italy, 19-25 August, 2006
- [6] <http://www.isolantenaturale.it/insufflaggio.html>
- [7] Banca d'Italia, Prezzi e tassi di rendimento BOT annuali, anno 2007, documento 12-11-2007
http://www.bancaditalia.it/banca_mercati/operazioni/titoli/tassi/bot_ann
- [8] <http://www.autorita.energia.it/dati/gp32.htm>
- [9] http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/rapporto_istat_2008/
- [10] Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze 7 aprile 2008 recante "Disposizioni in materia di detrazione per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, nr. 296".
- [11] Decreto Ministeriale 11 Marzo 2008 - Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296. (pubblicato su Gazzetta Ufficiale n. 66 del 18-3-2008)
- [12] F. Scicolone, "Strategie di riduzione del consumo energetico negli edifici residenziali degli anni '60-'70: diagnosi e certificazione energetica", tesi di laurea specialistica in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, Università degli Studi di Pavia, a.a. 2006-2007, Relatore: Prof. Ing. A. Magrini, Correlatore: Dott. Ing. L. Cattani.
- [13] UNI EN 834:1997 "Ripartitori dei costi di riscaldamento per la determinazione del consumo dei radiatori. Apparecchiature ad alimentazione elettrica".

CAPITOLO 3 I GEMELLI

L'edilizia del dopoguerra, come detto nel capitolo introduttivo, è caratterizzata sia dal maggior impiego di materiali moderni, quali cemento armato, laterizi forati, pannelli prefabbricati, sia dalla poca o nulla attenzione alle dispersioni energetiche. La diffusione del cemento armato ha permesso sia di ridurre le sezioni ed il peso dei muri, sia di aumentare l'altezza delle costruzioni e creare geometrie sempre più distanti dalle forme compatte degli edifici in muratura portante. I due fenomeni uniti al mancato utilizzo di materiali isolanti hanno portato all'edificazione di stabili di proporzioni ragguardevoli e dalle dispersioni di calore marcate. Il caso di studio analizzato in questo capitolo è datato 1962 ed è un esempio tipico di palazzo alto e proprio realizzato con la struttura portante in cemento armato e tamponamenti leggeri. A Genova, città ove sorge l'edificio, gli immobili in cemento armato e con più di 4 piani rappresentano il 30% dell'intero parco edilizio del capoluogo¹⁹. La geometria del palazzo è particolare e risulta piuttosto movimentata. Su questa struttura, differente dalle esperienze edilizie INA-casa, sono state condotte analisi non solamente energetiche (queste comprendenti sia diagnosi, riqualificazione ed aspetti economici) [1], ma anche sui rischi di condensa interstiziale e superficiale [2]. Dallo studio energetico ed economico emergono delle osservazioni interessanti anche ai fini di politiche di incentivazione per le ristrutturazioni sostenibili.

¹⁹ Elaborazione di dati del 14° rapporto ISTAT 2001

3.1 IL CONDOMINIO I GEMELLI

Nel precedente capitolo si è discusso dell'importante esperienza del piano di ricostruzione INA che si protrasse fino al 1963. Il caso ivi presentato si discosta dagli esempi di edifici sorti sulla scorta dell'esperienza e dei dettami del piano anzidetto sia per gli aspetti architettonici, che non riguardano tanto la movimentazione della facciata quanto lo sviluppo spaziale dell'immobile, sia per gli aspetti strutturali, non solo uno schema travi - pilastri, ma anche presenza di setti portanti in cemento armato. L'edificio si compone di tre blocchi collegati: un basamento di 3 piani adibiti a negozi ed uffici sul quale poggiano una prima torretta di 5 piani ed una torre principale di 14 (Figura 1); il secondo ed il terzo blocco sono entrambi esclusivamente residenziali.



Figura 1. Prospetto del condominio I Gemelli (disegno progetto originale)

La pianta dell'edificio (Figura 2, Figura 3) presenta una parte rettangolare, torre secondaria, ed una parte a forma di U, torre principale. Lo scostamento del progetto dallo schema rettangolare sottolinea ulteriormente la non appartenenza del

condominio alle realizzazioni del piano di ricostruzione anzidetto. Si ricorda che la geometria semplice sia in pianta che nello svolgimento tridimensionale rappresenta infatti una delle raccomandazioni, contenute nei manuali INA, particolarmente seguite nelle realizzazioni del piano ed in quelle ad esso ispirate.

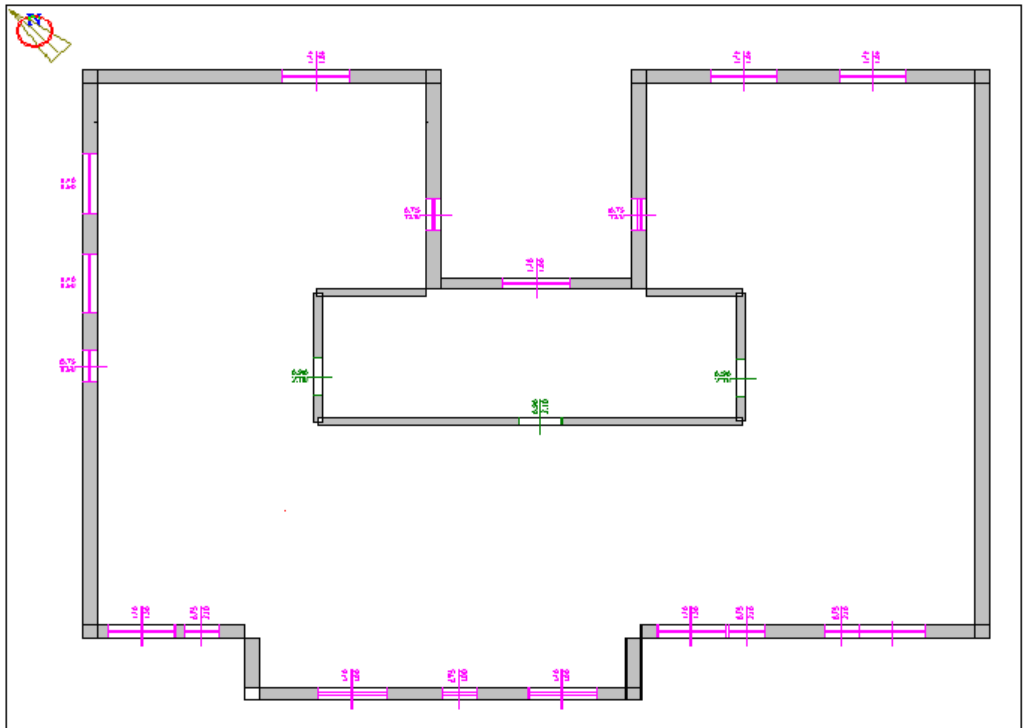


Figura 2. Pianta della torre principale

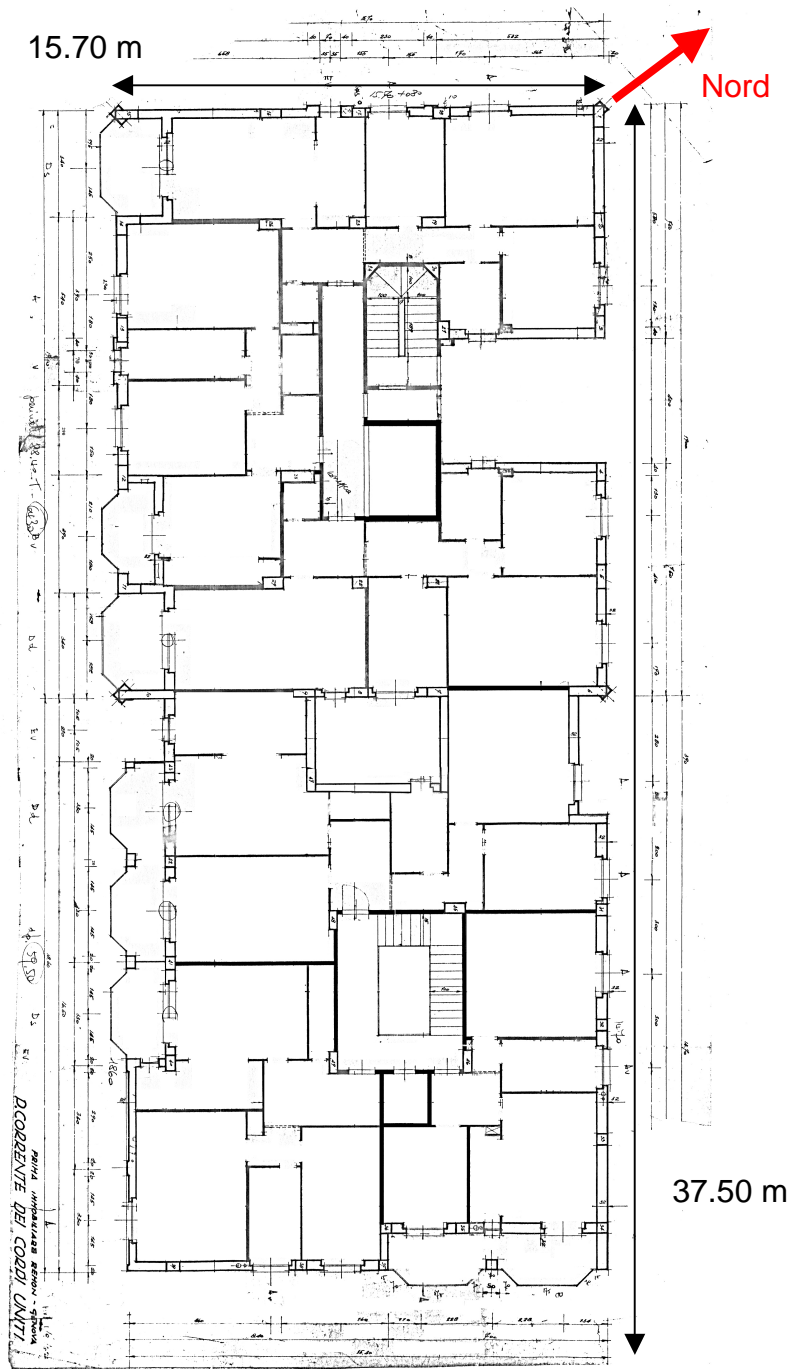


Figura 3. Pianta del IV piano (disegno progetto originale)

I tamponamenti esterni sono composti da pareti doppie con intercapedine d'aria non isolata che potrebbero richiamare i muri perimetrali del complesso Tofane, ma sia lo spessore dell'intercapedine che le caratteristiche dei laterizi differiscono da quelli comunemente impiegati negli edifici INA. La copertura dello stabile è piatta, isolata ed agibile, la presenza di un parapetto sottolinea la duplice funzione del tetto di chiusura e terrazzo. Osservando l'edificio è possibile constatare che i lati sud-est e sud-ovest sono caratterizzati da grandi aperture (porte-finestre) e balconi, mentre i lati nord-est e nord-ovest si presentano meno finestrati e completamente privi di terrazzini. Le dimensioni degli appartamenti, di altezza interna pari a 3 m, variano a seconda della loro ubicazione. Si distinguono due pezzature principali: 90 m² per le due abitazioni maggiori nella torre principale, 60 m² circa per tutti gli altri alloggi. La superficie utile globale delle abitazioni si attesta sui 3830 m² mentre il rapporto tra la superficie disperdente ed il volume riscaldato risulta pari a 0.4.

L'impianto di riscaldamento è centralizzato ed è alimentato da due generatori a metano di potenza complessiva nominale pari a 200 kW regolati da un termostato. Colonne montanti alimentano i corpi scaldanti costituiti da termosifoni in ghisa. Ad oggi non sono state praticate ristrutturazioni sostanziali a carico dell'involucro e dai sopralluoghi effettuati si è constatato che l'edificio abbisogna di interventi urgenti a carico delle facciate a causa dello stato di degrado ormai raggiunto.

Il condominio sorge vicino al centro di Genova (zona climatica D), in un contesto architettonico, fortemente edificato, caratterizzato per lo più da edifici in linea (molti da annoverare tra l'edilizia popolare dei primi del '900) dai quali si discosta in modo evidente. La tipologia architettonica del fabbricato, infatti, è decisamente più complessa e ricercata rispetto al contesto che risulta ad un primo impatto visivo semplice e poco elaborato; dalla fotografia riportata in Figura 4 si può notare, accanto al prospetto sud del palazzo studiato, l'edificio "gemello" che sorge a fianco in posizione "specchiata".



Figura 4. Fotografia del lato sud dell'edificio e del suo gemello.

3.2 RACCOLTA DATI

Nel caso in esame le stratigrafie sono state ricavate da indagini svolte in sito che hanno permesso di appurare la stratigrafia sia delle pareti che dei solai di chiusura ed interpiano. Grazie ad indagini svolte presso i condomini si è potuto constatare che le temperature mantenute all'interno degli appartamenti s'aggirano sui 20°C. I dati così raccolti sono stati inseriti, assieme a quelli desunti dai documenti progettuali originali, nel software TerMus per poter simulare il comportamento termico dell'edificio nel periodo di riscaldamento. I risultati in tal modo ottenuti sono stati confrontati con i dati di consumo reale reperiti sui consuntivi annuali delle spese condominiali. Onde saggiare l'attendibilità delle ipotesi sulle caratteristiche termiche dei materiali sono state eseguite più simulazioni variando la temperatura interna degli alloggi. In Tabella 1 sono riportati i risultati di calcolo e lo scostamento dai dati di consumo reale per le abitazioni situate nella torre principale. Si può notare che in ogni configurazione di temperatura interna la variazione tra energia primaria calcolata e reale arriva ad un 10% massimo. In particolare si sottolinea che imponendo una temperatura interna pari

a quella dichiarata dai condomini lo scostamento tra i due valori scende all'1%. Ciò ha permesso di poter considerare il modello di edificio inserito nel software ed in particolare le caratteristiche termiche dei materiali, desunte dalle indagini in sito e dalle indicazioni tratte dalle norme UNI, attendibili.

Energia primaria	MJ	scostamento
Consumo reale	760000	
simulazioni TerMus		
21°C	837758	10%
20.5°C	800869	5%
20°C	764059	1%
19.5°C	727350	-4%
21 °C	690767	-9%

Tabella 1. Confronto tra dati di consumo reali e calcolati

3.2.1 Pareti perimetrali.

Le pareti perimetrali sono per lo più composte da tamponamenti con doppio strato di laterizio, eccettuato per alcune superfici portanti in cemento armato, caratterizzate da due strati di mattoni forati con un'intercapedine d'aria di 8 cm. I muri sono rifiniti all'interno ed all'esterno con dell'intonaco ed un'ulteriore mano di tale materiale, in funzione di rinzafo, è stesa sullo strato di mattoni da 12 cm. Le pareti portanti, invece, sono realizzate in cemento armato rivestito sui lati interno ed esterno da intonaco. Nelle Figura 5 e Figura 6 si riportano le caratteristiche fisiche, necessarie ai fini dello studio dei disperdimenti, delle due tipologie di parete descritte.

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²KW]
1	Adduttanza interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	0.029
3	Mattoni: pieni/forati/leggeri/alta resistenza meccanica - umidità 1,5%- mv.600.	80	0.364	4.550	48.00	36.000	0.220
4	Intercapedine d'aria	80	0.300	3.750	0.10	193.000	0.267
5	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	54.00	8.500	0.033
6	Laterizio forato tratto dalla legge 10 (numero 11)	120	0.784	6.533	120.00	36.000	0.153
7	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	54.00	8.500	0.033
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 0.905 m²K/W			TRASMITTANZA = 1.105 W/m²K				
SPESSORE = 360 mm			MASSA SUPERFICIALE = 222 kg/m²				
<small>s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..</small>							

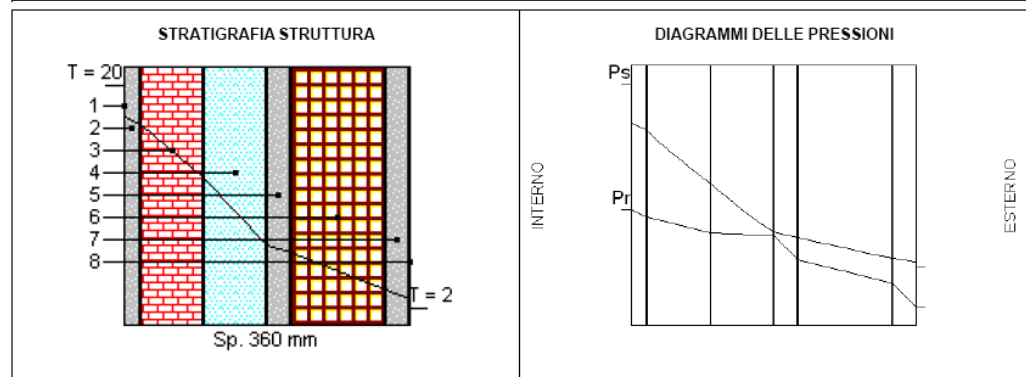


Figura 5. Muro perimetrale condominio Gemelli

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	0.029
3	Cemento armato	120	2.158	17.983	300.00	1.300	0.056
4	Malta di calce o di calce e cemento.	30	0.900	30.000	54.00	8.500	0.033
5	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 0.287 m²K/W		TRASMITTANZA = 3.480 W/m²K		TRASMITTANZA LIMITE = <nessuna>			
SPESSORE = 170 mm		MASSA SUPERFICIALE = 300 kg/m²					

s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Trasmittanza Limite = Valore limite da normativa; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05.

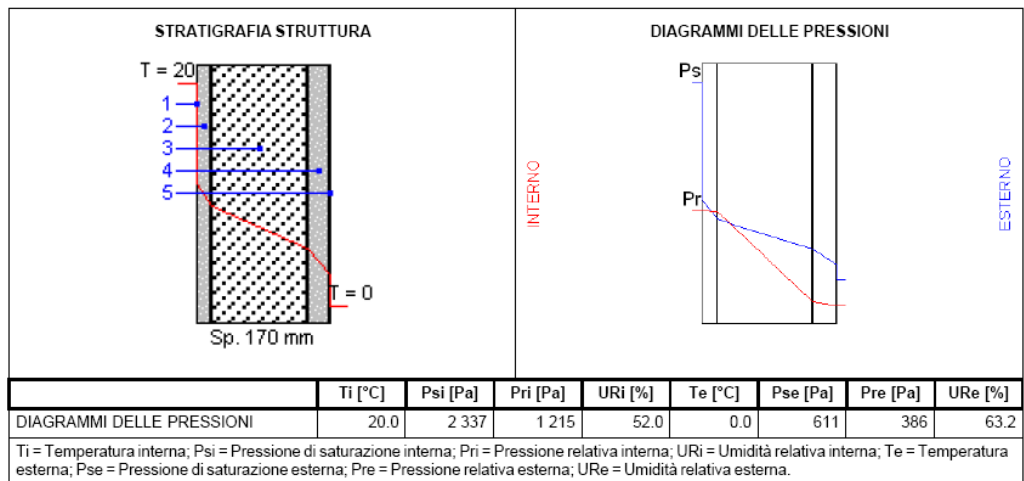


Figura 6. Muro portante in cemento armato

3.2.2 Solaio di chiusura

Il tetto dell'edificio è piatto ed adibito a terrazzo praticabile, infatti la rifinitura superiore è composta da piastrelle. Analizzando la stratigrafia, riportata nella scheda di Figura 7, si nota la presenza di uno strato di materiale isolante oltre a quella di materiale impermeabile.

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		25.000			0.040
2	Piastrelle.	35	1.000	28.571	80.50	0.940	0.035
3	Bitume.	20	0.170	8.500	24.00	0.000	0.118
4	Fibre di vetro - pannelli semirigidi - appl. interne - mv.20.	40	0.043	1.073	0.80	150.000	0.932
5	Blocco da solaio di laterizio (470*240*250) spessore 300	300		2.439	315.00	18.000	0.410
6	Intonaco di calce e gesso.	15	0.700	46.667	21.00	18.000	0.021
7	Adduttanza Inferiore	0		10.000			0.100
RESISTENZA = 1.656 m²K/W				TRASMITTANZA = 0.604 W/m²K			
SPESSORE = 410 mm				MASSA SUPERFICIALE = 420 kg/m²			
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..							

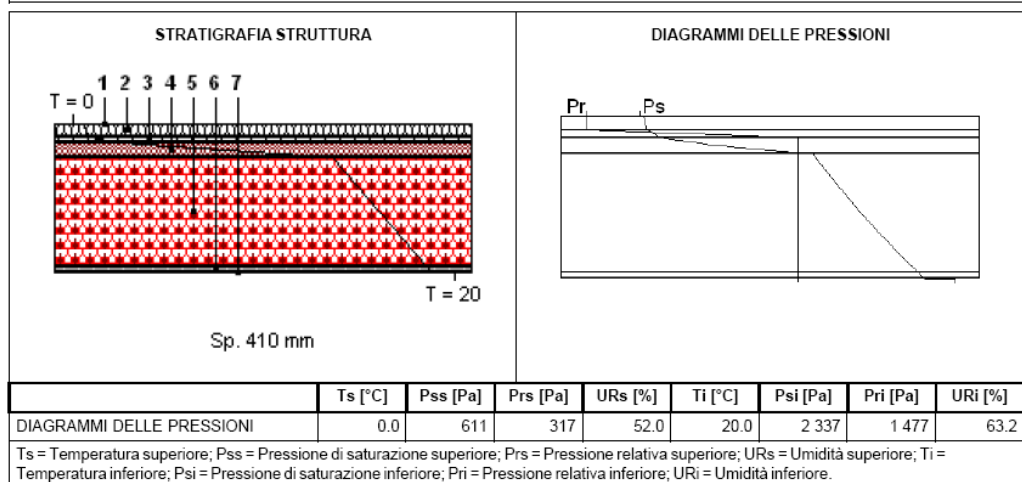


Figura 7. Chiusura superiore

3.2.3 Solaio interpiano

Il solaio che divide il complesso residenziale dal piano adibito ad uffici è caratterizzato da una soletta in laterocemento da 20 cm sormontata da uno strato di cemento alleggerito per l'alloggiamento degli impianti. In Figura 8 sono riportate le principali caratteristiche termoigrometriche.

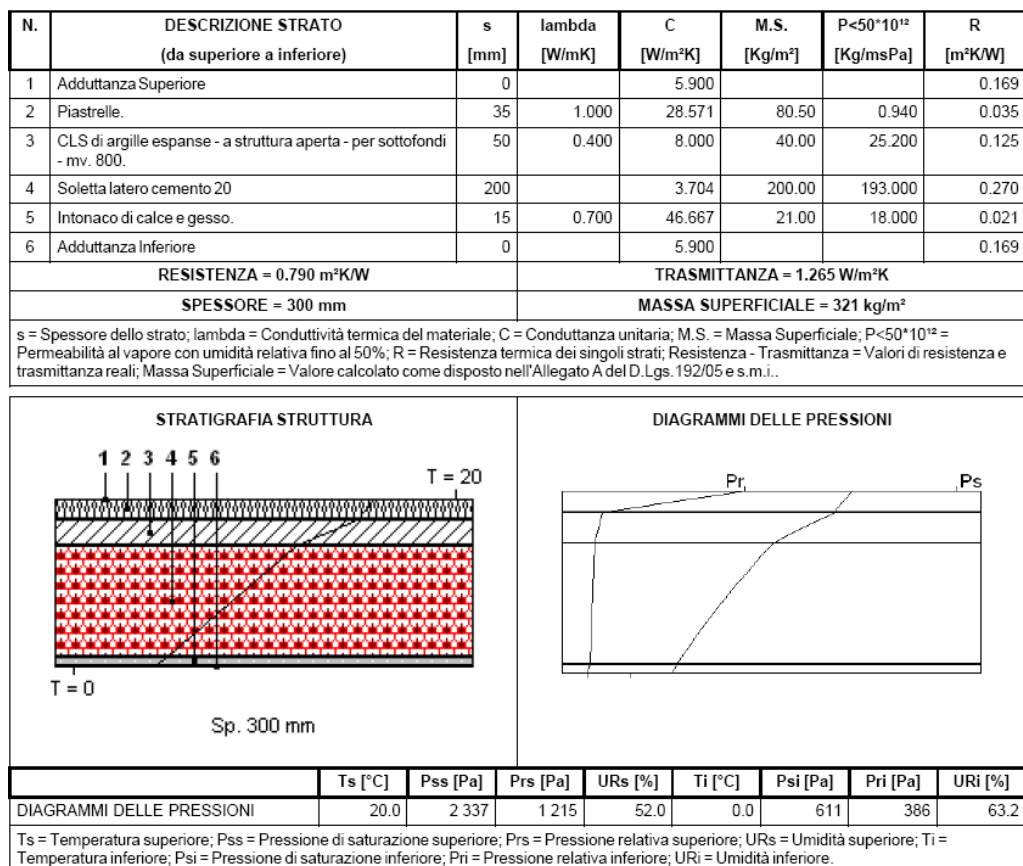


Figura 8. Stratigrafia solaio interpiano

3.2.4 Componenti vetrati.

Il maggior numero di aperture si trova sui lati sud sud-ovest dell'edificio ove si possono notare delle porte finestre in corrispondenza dei balconcini. Le finestre sono tutte composte da doppio vetro e serramenti di legno per un'estensione di superficie trasparente pari a 658 m²; le trasmittanze medie dei componenti vetrati sono pari a 2.98 W/m²K.

3.2.5 Impianti

L'edificio è servito da un impianto centralizzato costituito da due caldaie a gas metano di potenza complessiva nominale pari a 200 kW, alloggiata in una zona dell'edificio ove la temperatura è mediamente pari a 20°C. I corpi scaldanti sono dei termosifoni in ghisa, alimentati da un sistema di tubi a colonne montanti che si sviluppano all'interno del volume scaldato. La potenza elettrica assorbita dalle pompe di mandata s'attesta sugli 800 W. La regolazione della temperatura dell'acqua di mandata, mantenuta a 70°C, avviene tramite un'unica centralina climatica con sonda esterna. Le perdite a camino a bruciatori accesi s'attestano sull' 8%, mentre quelle a bruciatori spenti sono dell'ordine del 1.5%.

3.3 COMPORTAMENTO ENERGETICO: SIMULAZIONI.

Le simulazioni sono state condotte principalmente con il software TerMus, ma alcuni calcoli e confronti sono stati eseguiti anche con Visual Doe e con EPIQR [1]. Come già accennato i risultati sono stati confrontati con i dati di consumo reale. Il comportamento energetico del palazzo è stato studiato imponendo le reali condizioni d'utilizzo:

- temperatura interna: 20°C,
- ore di riscaldamento giornaliere: 16

Le analisi energetiche sono state svolte sui 14 piani dell'edificio adibiti a residenza, data la diversa destinazione d'uso dei primi 3 nonché la notevole differenza di questi nella composizione dell'involucro esterno (presenza preponderante di elementi trasparenti in facciata). Dapprima il comportamento energetico dell'edificio è stato valutato nella città ove esso realmente sorge. Il consumo per il riscaldamento invernale annuale è risultato essere compreso tra i 90 e i 140 kWh/m² circa, a differenza della posizione e dell'esposizione dell'appartamento considerato, per un consumo globale di 44729 m³ di metano. Gli appartamenti più disperdenti sono quelli di maggiori dimensioni situati nella torre principale (Figura 9)

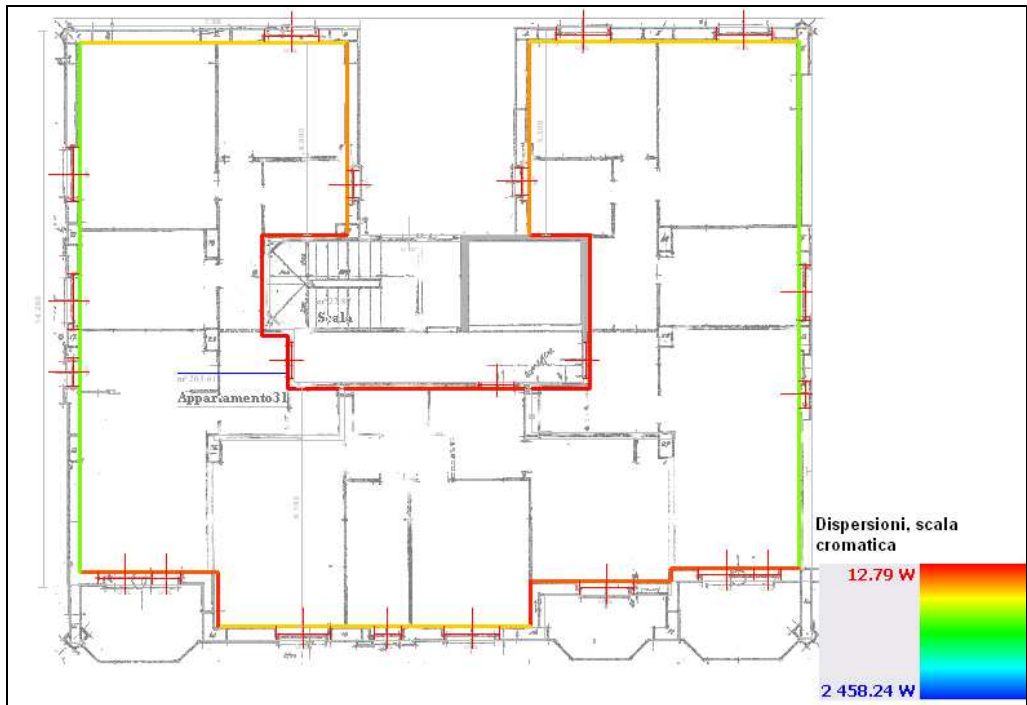


Figura 9. Dispersioni del 14° piano (torre principal e)

Mentre le abitazioni caratterizzate da consumi più contenuti sono quelle situate nei piani intermedi (Figura 10).

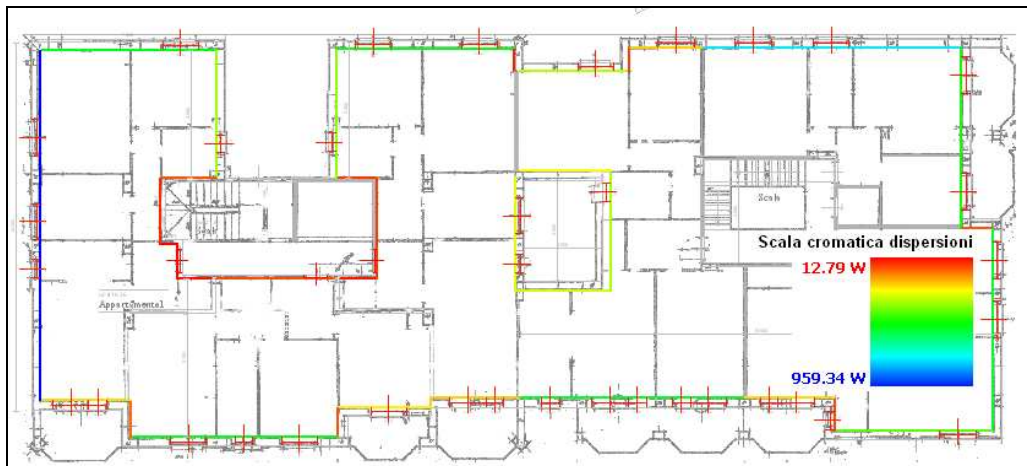


Figura 10. Dispersioni del 3° piano dell'edificio

L'edificio è stato poi spostato virtualmente in alcune città italiane rappresentative delle zone climatiche e più diffuse nella Penisola (vedere grafico della Figura 4 Capitolo 1) e caratterizzate da massiccia presenza di edifici alti²⁰, onde valutare il diverso

²⁰ Vedere grafico di figura 2 del primo capitolo. Tra le città considerate nell'analisi è stata inserita Cuneo. Tale città anche se non presenta una percentuale altissima di edifici con 4 o più piani fuori terra (15% del

comportamento energetico di questa tipologia costruttiva (Tabella 2 Figura 11). Anche le dispersioni ivi riportate sono state calcolate nelle condizioni d'utilizzo reale del condominio.

	zona climatica	consumi [MJ/anno]
Cuneo	F	2680943
Milano	E	2336153
Genova	D	1544945
Roma	D	1564247
Napoli	C	1086154

Tabella 2. Consumo annuo d'energia primaria le diverse città campione per la stagione invernale

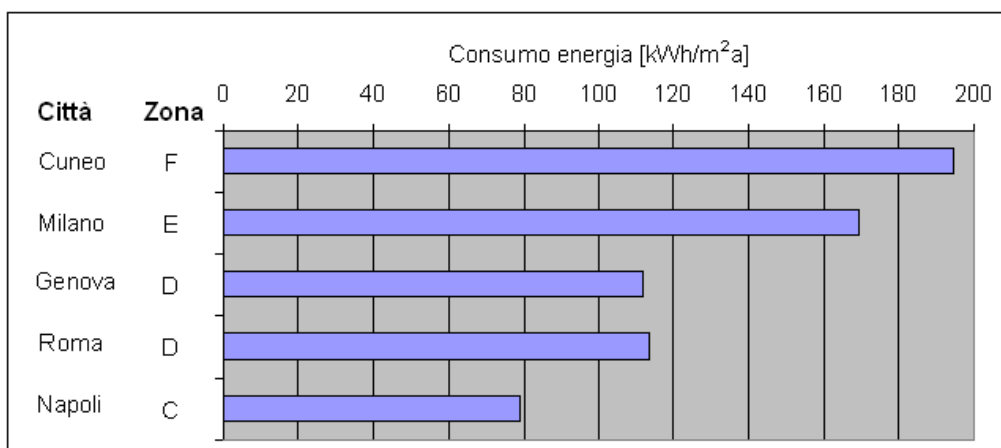


Figura 11. Consumo energia primaria per diverse ubicazioni dell'edificio

3.4 INTERVENTI DI RISTRUTTURAZIONE ENERGETICAMENTE SOSTENIBILI: DESCRIZIONE E RISULTATI OTTENUTI

L'immobile analizzato si presenta sia snello (torre principale) che poroso. Entrambe le caratteristiche unitamente al fatto che i valori di trasmittanza delle pareti perimetrali sono elevati, inducono a prendere in considerazione interventi a carico degli elementi verticali esterni. L'intercapedine d'aria dei muri non si presta al riempimento con materiali sfusi dato lo spessore esiguo e quindi l'alta probabilità di trovare ostruzioni che coinvolgano l'intera larghezza della fessura. Le finestre sono già tutte costituite da doppi vetri, inoltre le maggiori aperture sono orientate in modo da massimizzare il guadagno solare. La chiusura superiore non influisce granché nell'economia globale dei disperdimenti, inoltre è caratterizzata da un valore di trasmittanza già molto contenuto se confrontato con quello delle pareti esterne. Alla luce di tali osservazioni sono stati considerati solo interventi di rivestimento dei muri perimetrali (contropareti e

totale) è stata ugualmente considerata in quanto è una delle poche Province italiane classificata in zona climatica F.

cappotti). Nel prosieguo del presente paragrafo verranno presentate dieci diverse soluzioni, alcune realizzabili all'interno delle pareti, altre sull'esterno, scelte in base alle buone caratteristiche d'isolamento ed all'affidabilità dei dati (sono state contattate direttamente alcune delle ditte²¹ più rinomate del settore). Di ogni pacchetto costruttivo verranno forniti alcuni dettagli di posa, le caratteristiche termiche principali ed il costo al metro quadrato sia del materiale che del materiale più la mano d'opera necessaria per la posa corretta eseguita da operai specializzati.

3.4.1 Isolamento all'interno delle pareti.

I sistemi che sono stati presi in considerazione, per l'isolamento interno delle pareti, sono composti da un rivestimento in cartongesso (lastra di gesso rivestita) che protegge uno strato di materiale isolante. In nessun caso sono state previste inserzioni di fogli impermeabili al vapore. Si premette che tale tipo di soluzione, anche se con spessori diversi, è stato già applicato nel caso di studio oggetto del precedente capitolo. Per una questione di maggior comprensibilità si è ritenuto opportuno ripetere le descrizioni ed i dati relativi ai suddetti interventi in entrambi i capitoli.

Controparete costituita da un pannello in lana di vetro (da 4 o da 6 cm di spessore) incollato su una lastra di gesso rivestita. La posa di questo tipo di isolamento deve avvenire nel seguente modo:

- Raschiamento della parete esistente fino a renderla idonea all'ancoraggio dei pannelli isolanti.
- Posa delle zeppe per sostenere il pannello in fase d'incollaggio.
- Taglio delle contropareti fino ad ottenere le sagome desiderate.
- Incollatura del pannello sulla parete esistente tramite blocchetti di malta di gesso ritardata.
- Pressione della controparete per ottenere perfetta adesione al muro di sostegno
- Regolazione dell'appiombamento dei pannelli
- Sigillatura dei giunti tra pannelli.

Controparete costituita da un pannello in polistirene estruso (da 4 o 6 cm di spessore) incollato su una lastra di gesso rivestita. La posa di questo tipo di isolamento deve avvenire nel seguente modo:

- Raschiamento della parete esistente fino a renderla idonea all'ancoraggio dei pannelli isolanti.
- Rinzafo direttamente sul pannello da posare
- Taglio delle controparti fino per ottenere le sagome desiderate.
- Applicazione di tamponi di collante sul muro da isolare
- Incollatura del pannello sulla parete esistente tramite pressione della controparete fino a perfetta adesione

²¹ Kanuff, Isover, Roefix.

- Controllo della planarità e dell'allineamento dei pannelli

Controparete costituita da un pannello in polistirene espanso sinterizzato (da 4 o 6 cm di spessore) incollato su una lastra di gesso rivestita. La posa di questo tipo di isolamento deve avvenire secondo le modalità previste per la controparte precedente.

Gli interventi studiati sono in tutto sei, due per ogni tipologia di materiale isolante. Nella Tabella 3²² sono riportate le principali caratteristiche termiche dei componenti impiegati e due tipologie di costo: una relativa al puro acquisto dei materiali, l'altra comprensiva della mano d'opera qualificata necessaria per la posa corretta dei sistemi isolanti (entrambe riferite al m² di parete rivestita).

strato	s²³ [cm]	μ -	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	costo [€/m ²]	
rivestimento						solo pannello	con mano d'opera
Carton gesso	1.25	8.39	800	1000	0.21		
isolante							
Lana di vetro	4	1.28	100	800	0.032	24.24	35.24
Lana di vetro	6	1.28	100	800	0.032	30.98	41.98
Polistirene espanso	2	45.4	15	1220	0.043	16.50	28.60
Polistirene espanso	4	45.4	15	1220	0.043	17.60	29.70
Polistirene estruso	4	185.5	33	1340	0.034	18.70	32.45
Polistirene estruso	6	185.5	33	1340	0.034	21.45	35.20

Tabella 3. Caratteristiche dei pannelli isolanti

La posa della controparte (Figura 12) è stata prevista sui muri perimetrali che danno sull'esterno, ad eccezione delle zone in cui la fitta presenza di porte finestre non permetterebbe una semplice esecuzione del lavoro, per un totale di circa 2387 m² di materiale.

²²Caratteristiche dei materiali reperiti direttamente presso le ditte contattate. I prezzi sono riferiti al 2007-2008

²³nomenclatura della tabella:

s = spessore del materiale

μ = coefficiente di resistenza al passaggio del vapore

ρ = densità

c = calore specifico

λ = conduttività

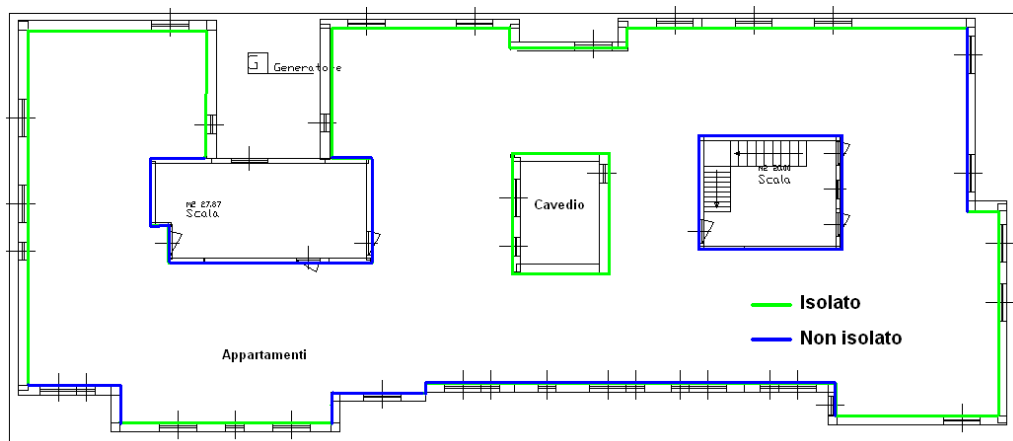


Figura 12. Posa dei pannelli interni

I sistemi isolanti realizzati tramite apposizione di una controparete determinano una diminuzione di volume. Nel caso esaminato, però, date le modalità di posa che prevedono la raschiatura di buona parte dello strato d'intonaco interno, gli ingombri sono decisamente contenuti e possono essere quantificati in circa 1.1% di riduzione della superficie utile, per quanto riguarda le soluzioni che impiegano uno strato d'isolante pari a 4 cm, ed in circa 1.6% di riduzione per le soluzioni più spesse (6 cm di strato isolante).

3.4.2 Isolamento all'esterno delle pareti

Per gli interventi sull'esterno delle pareti si è scelto di considerare delle fodere in materiale isolante protette da uno strato di copertura resistente agli urti ed alle intemperie. Di seguito vengono brevemente descritti i pacchetti analizzati.

Sistema di rivestimento esterno a cappotto con materiale isolante di spessore pari a 8 o 10 cm: intervento costituito da un pannello in polistirene, costituito prevalentemente da schiuma dura a cellule chiuse prodotta attraverso trattamento termico di un granulato espandibile di polistirene, incollato al muro portante. Rifinitura con strato di rasatura, rete di armatura e rivestimento murale in 2 strati.

Modalità di posa :

- Preparazione del sottofondo raschiamento della superficie fino a renderla idonea all'ancoraggio dei pannelli.
- Incollaggio dei pannelli sul sottofondo tramite apposito collante con apposizione di tasselli per garantire la corretta adesione del sistema al paramento murario nel tempo.
- Rasatura del pannello isolante ed apposizione di una rete d'armatura in fibra di vetro.
- Strato di finitura con applicazione sopra all'intonaco rasante ed alla rete di un sottofondo e di un ulteriore strato di rivestimento in pasta od in polvere.

Sistema di rivestimento esterno a cappotto con sistema in graffite per la riflessione degli infrarossi (IR) spessore materiale isolante pari a 8 o 10 cm: intervento costituito da un pannello in polistirene, trasformato attraverso un trattamento termico di un granulato espandibile con aggiunta di riflettori di infrarossi, incollato al muro portante. Strato di rasatura e posa di rete di armatura. Rivestimento murale a 2 strati. Le modalità di posa sono analoghe a quelle della soluzione precedentemente esposta.

Gli interventi studiati sono in tutto quattro, due per ogni tipologia di materiale isolante. In Tabella 4²⁴ vengono riportate le principali caratteristiche termiche ed i costi, al metro quadrato, sia del solo materiale sia dell' intervento di isolamento comprensivo di materiale e di mano d'opera specializzata.

strato rivestimento collante+rasatura isolante	s^{25}	μ	ρ	c	λ	costo	
	[cm]	-	[kg/m ³]	[J/kgK]	[W/mK]	solo pannello	con mano d'opera
	1	8.39	800	1000	0.21		
Polistirene espanso	8	40	15	1220	0.04	24.20	36.30
Polistirene espanso	10	40	15	1220	0.04	26.40	38.50
Polistirene + graffite	8	45	15	800	0.034	26.40	44.00
Polistirene + graffite	10	45	15	800	0.034	29.70	47.30

Tabella 4. Caratteristiche del sistema a cappotto

L'apposizione del cappotto esterno è stata prevista sul muro esterno (Figura 13), ad eccezione delle pareti interessate dai balconi e dalle porte-finestre. L' impiego di materiale per la realizzazione di questo intervento è quantificabile in circa 2931 m².

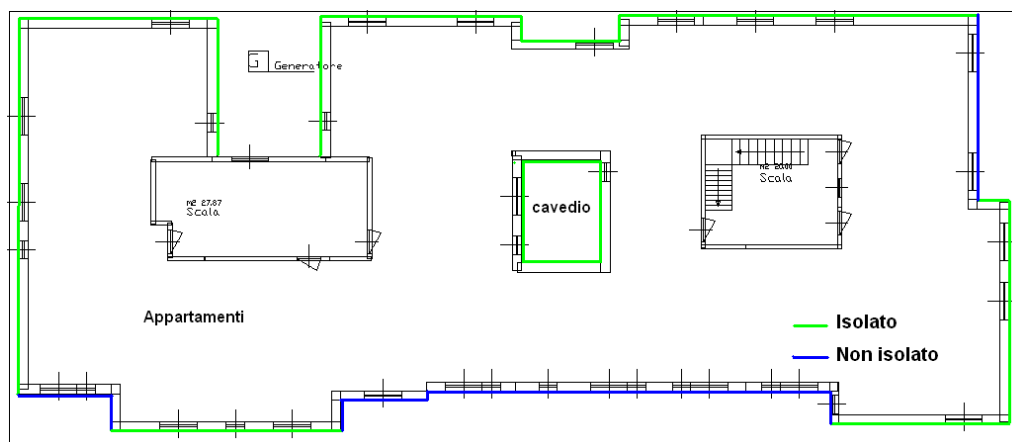


Figura 13. Posizione del cappotto sulle pareti esterne

²⁴ Caratteristiche dei materiali reperite direttamente presso le ditte contattate,. I prezzi sono riferiti al 2007-2008

²⁵ nomenclatura della tabella:

s = spessore del materiale

μ = coefficiente di resistenza al passaggio del vapore

ρ = densità

c = calore specifico

λ = conduttività

La posa dei pacchetti analizzati prevede la raschiatura dell'intonaco esistente, pertanto gli ingombri del sistema a cappotto sono pari ad un aumento degli spessori dei muri esterni di 6 cm, per la soluzione con pannello di isolante di 8 cm di spessore, e 8 cm per l'apposizione del pannello da 10 cm.

3.4.3 Risultato comportamento energetico

Per ogni intervento proposto è stato eseguito il calcolo delle dispersioni energetiche invernali dell'edificio. In Tabella 5 sono riportati sia il risparmio d'energia in percentuale annuali, sia i valori di trasmittanza che si possono raggiungere con la corretta posa dei diversi pacchetti nelle città campione scelte in precedenza.

Intervento	Trasmittanza [W/m ² K]	Risparmio energia per città					medio
		Cuneo	Milano	Genova	Roma	Napoli	
		Zona Climatica					
		F	E	D	D	C	
pannello lana 4cm	0.46	19%	19%	18%	18%	17%	18%
pannello lana 6cm	0.36	22%	22%	21%	21%	20%	21%
polistirene espanso 4cm	0.55	17%	16%	16%	16%	15%	16%
polistirene espanso 6cm	0.44	20%	20%	19%	19%	18%	19%
polistirene estruso 4cm	0.48	19%	18%	17%	18%	17%	18%
polistirene estruso 6cm	0.37	22%	22%	20%	21%	19%	21%
cappotto 8 cm	0.34	23%	22%	21%	21%	20%	22%
cappotto 8 cm IR	0.31	24%	23%	22%	22%	21%	23%
cappotto 10 cm	0.29	24%	24%	22%	23%	22%	23%
cappotto 10 cm IR	0.26	25%	25%	23%	24%	23%	24%

Tabella 5. Prospetto delle percentuali di risparmio energetico conseguibile per i diversi interventi

Dalla tabella soprastante si evince che tutti gli interventi che prevedono la posa di un cappotto esterno consentono di raggiungere risparmi in genere superiori al 20%. La controparete in lana di spessore maggiore permette di avere prestazioni confrontabili con quelle raggiunte dal cappotto di 8 cm. Tutte le soluzioni considerate consentono di ottenere un risparmio d'energia primaria maggiore del 15%.

A titolo d'esempio in Figura 14 è riportata l'immagine della distribuzione delle dispersioni di calore, calcolata nella città ove realmente sorge l'edificio, sulle superfici esterne relativa al terzo piano del palazzo, nell'ipotesi che venga apposto il cappotto da 8 cm con graffite. Come si può notare dal confronto con la situazione non isolata (Figura 10) le perdite d'energia sono notevolmente diminuite in particolare sui lati nord-est e nord-ovest.



Figura 14. Dispersioni del 3° piano dell'edificio dopo apposizione del cappotto da 8 cm con protezione IR

La diminuzione delle perdite d'energia termica è ancora più evidente se si confrontano le Figura 15 e Figura 9 riguardanti l'ultimo piano della torre principale dell'edificio.

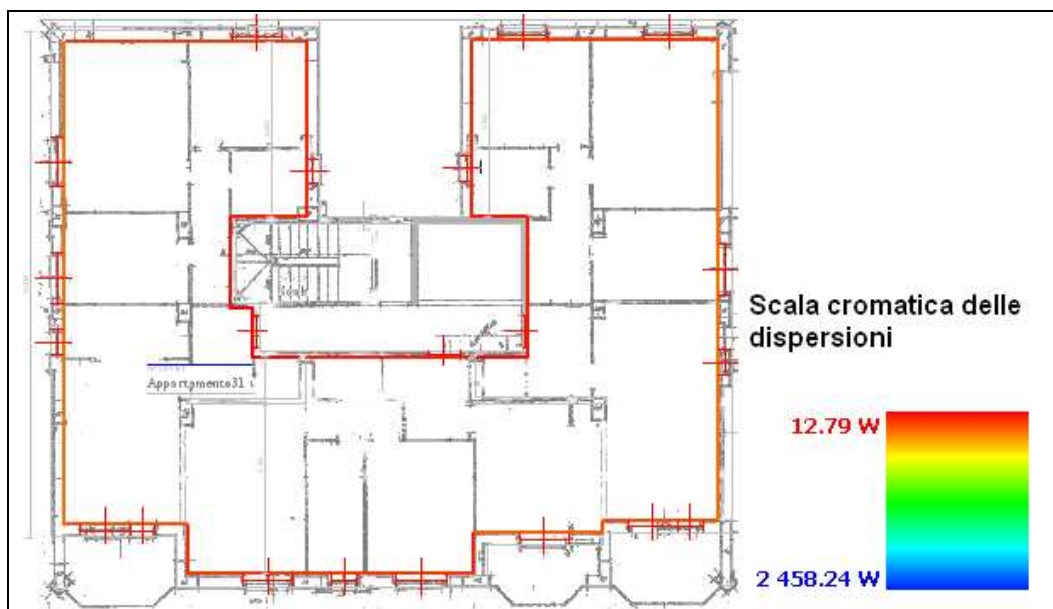


Figura 15. Dispersioni del 14° piano dell'edificio dopo apposizione del cappotto da 8 cm con protezione IR

Infine si fa notare che in questo caso, come per alcune soluzioni presentate nel precedente capitolo, non tutti gli interventi proposti rispettano i limiti di trasmittanza, che vanno applicati a ristrutturazioni o manutenzioni straordinarie a carico delle strutture verticali, per ogni zona climatica (Figura 16). In particolare si evidenzia, però, che le strategie qui presentate che prevedono l'apposizione di un sistema a cappotto rientrano sempre in tali limiti. Viceversa gli interventi relativi alla realizzazione di una

controparete con materiale isolante di spessore di 4 cm sarebbero applicabili, se rientranti nella definizione di ristrutturazione o manutenzione straordinaria delle pareti, solo fino alla zona climatica B, tranne nel caso del pannello di lana di vetro, che potrebbe venire considerato anche per la zona C.

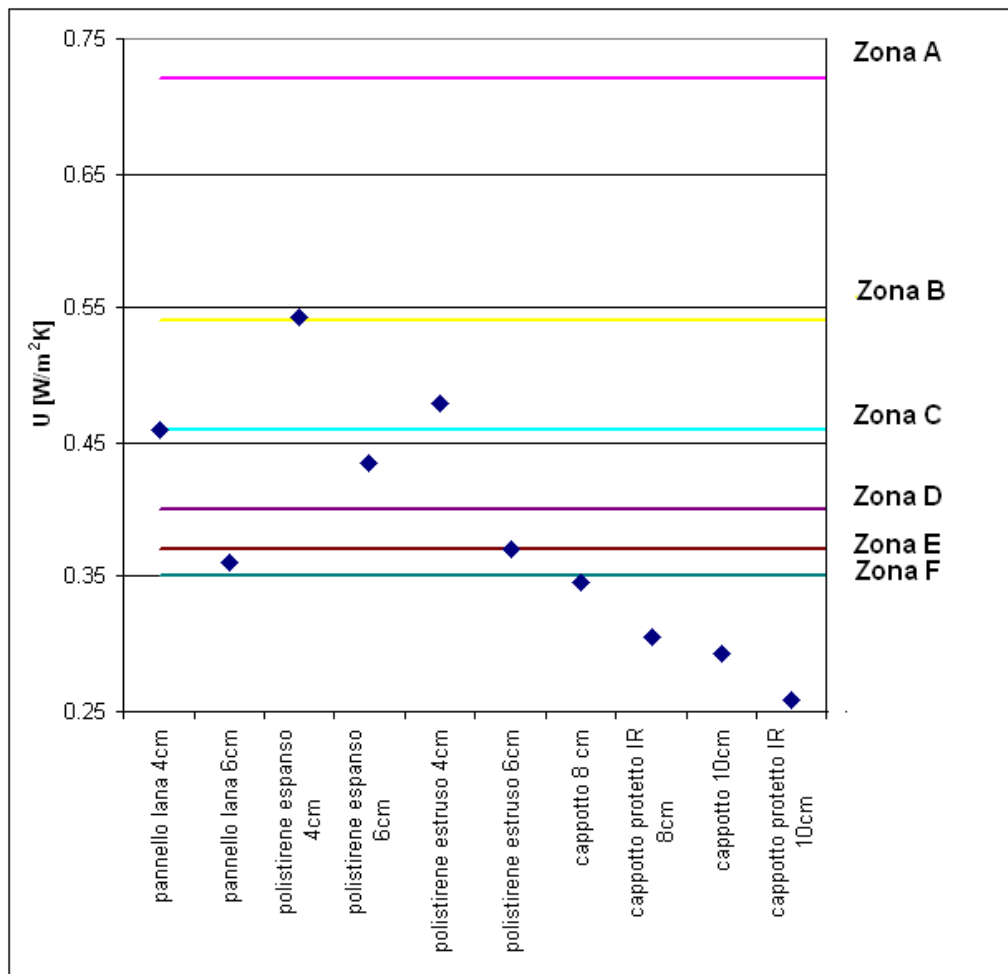


Figura 16. Trasmittanze raggiunte e limiti di legge per la realizzazione di interventi straordinari

Anche in questo caso, però, vale l'osservazione presentata nel precedente capitolo, vale a dire che le soluzioni con controparete interna sono state considerate ugualmente, ai fini del presente studio, in quanto generano risparmi energetici non trascurabili, pur comportando spese contenute ed una posa in opera semplice e veloce. Inoltre, come precedentemente sottolineato, la natura di tali interventi fa sì che possano non essere considerati né ristrutturazione né manutenzione straordinaria dell'immobile, nel caso che vengano realizzati autonomamente dai singoli. Pertanto tali soluzioni potrebbero non rientrare nelle tipologie d'intervento soggette ai limiti di trasmittanza.

3.5 RISCHIO DI CONDENZA INTERSTIZIALE E SUPERFICIALE

Le strutture di un edificio possono andare in contro ad alcuni problemi legati o all'eccessivo grado d'umidità sulle superfici interne o a fenomeni di condensa interstiziale. In particolar modo si sottolinea che l'aumento di isolamento e l'apposizione di materiali con bassa permeabilità al vapore possono aumentare i rischi che si formi, all'interno delle pareti, del condensato. Le soluzioni proposte sono state, quindi, analizzate tramite quanto prescritto dalla norma UNI EN ISO 13788 [3], norma che sancisce metodi e limiti riguardanti i problemi termoigrometrici delle strutture edilizie.

Le verifiche sulla possibilità di condensa sono state condotte, oltre che per il luogo ove è effettivamente ubicato il condominio, anche per le città campione anzidette in modo da comprendere quali potessero essere le condizioni più critiche. In Tabella 6 vengono riportati i risultati di tali analisi. Le situazioni in cui non si verificano fenomeni di condensa interstiziale sono evidenziate in verde chiaro. In giallo, invece, sono i casi in cui vi è del condensato, ma la quantità risulta ammissibile secondo i limiti delle attuali norme, mentre in rosso sono indicate le circostanze in cui detti limiti vengono superati.

Zone climatiche	Città				
	Cuneo F	Milano E	Genova D	Roma D	Napoli C
Intervento	Assenza condensa				
Muro esistente	ammissibile	ammissibile	Sì	Sì	Sì
pannello lana 4cm	No	No	Sì	Sì	Sì
pannello lana 6cm	No	No	ammissibile	ammissibile	Sì
polistirene espanso 4cm	ammissibile	ammissibile	Sì	Sì	Sì
polistirene espanso 6cm	ammissibile	ammissibile	Sì	Sì	Sì
polistirene estruso 4cm	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
polistirene estruso 6cm	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
cappotto 8 cm	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
cappotto 8 cm IR	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
cappotto 10 cm IR	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì
cappotto 10 cm	Sì	Sì	Sì	Sì	Sì

Tabella 6. Assenza o meno di fenomeni di condensa interstiziale per le diverse soluzioni proposte.

Gli unici due interventi che, per le zone climatiche E ed F, darebbero quantitativi di condensato eccedenti i limiti sono le contropareti con lana di vetro quale materiale isolante. Per tali soluzioni, comunque, è sempre prevista già dalle ditte fornitrici la possibilità di inserire uno strato ad alta resistenza al passaggio del vapore che risolve i problemi di condensa interstiziale. A tal proposito nelle Figura 17 e Figura 18 viene riportato il confronto tra l'andamento della Pressione di Saturazione e della Pressione Parziale di Vapore, calcolati col metodo di Glaser, all'interno del muro perimetrale, nel caso venga applicata una controparete in lana di vetro, con o senza una barriera al vapore. Il grafico si riferisce al calcolo eseguito per la temperatura di riferimento esterna della città di Cuneo, pari a -10°C , che rappresenta la situazione più critica dal punto di vista dei problemi di condensa.

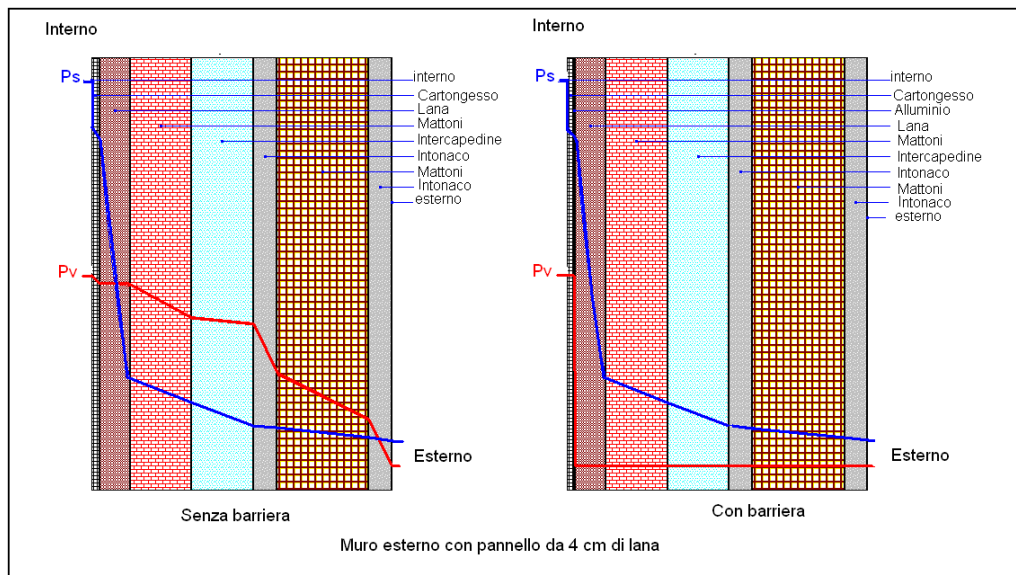


Figura 17. Grafici di Glaser per soluzione per apposizione di controparete con 4 cm di lana (senza barriera al vapore, grafico di sinistra, con barriera, grafico di destra)

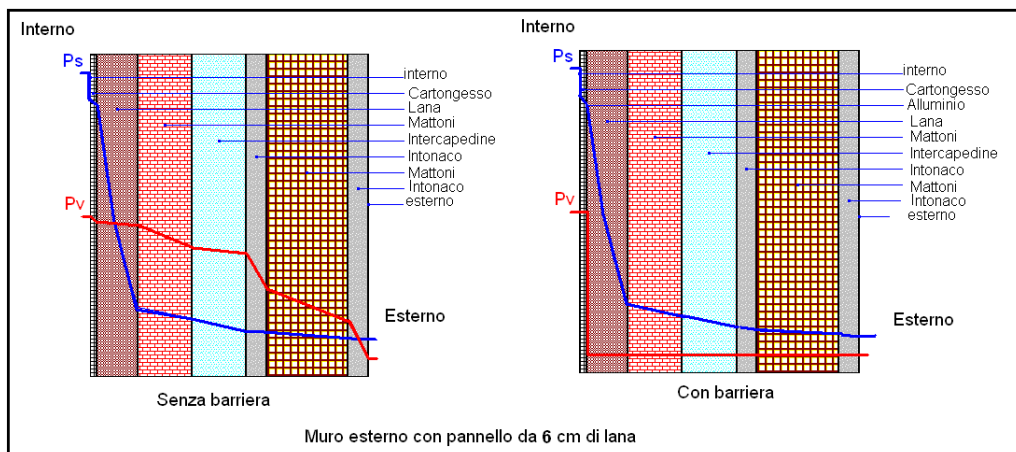


Figura 18. Grafici di Glaser per soluzione per apposizione di controparete con 6 cm di lana (senza barriera al vapore, grafico di sinistra, con barriera, grafico di destra)

Accanto alle considerazioni sulle possibilità di condensa interstiziale si è proceduto anche a verificare l'assenza di problemi causati da eccessivi livelli di umidità sulle superfici. Sempre in accordo con la norma UNI EN ISO 13788 sono stati determinati i fattori di temperatura calcolati in base a tre classi di produzione di umidità²⁶ e la relativa trasmittanza massima ammissibile (U_{max}). Come si può notare dal confronto tra la Tabella 7 ed il grafico di Figura 19 solo la struttura originale potrebbe presentare problemi in caso che la produzione di vapore sia media e alta, viceversa ogni

²⁶ classe II: produzione bassa, classe III: produzione media, classe IV: produzione alta

intervento d'isolamento garantirebbe l'assenza di fenomeni di eccessiva umidità superficiale per ogni classe di produzione di vapore.

classe produzione vapore	fattore di parete $f_{Rsi,max}$	U_{max} [W/m ² K]
II	0.449	2.2
III	0.642	1.43
IV	0.814	0.75

Tabella 7. Fattore di parete massimo e corrispondente trasmittanza massima ammissibile.

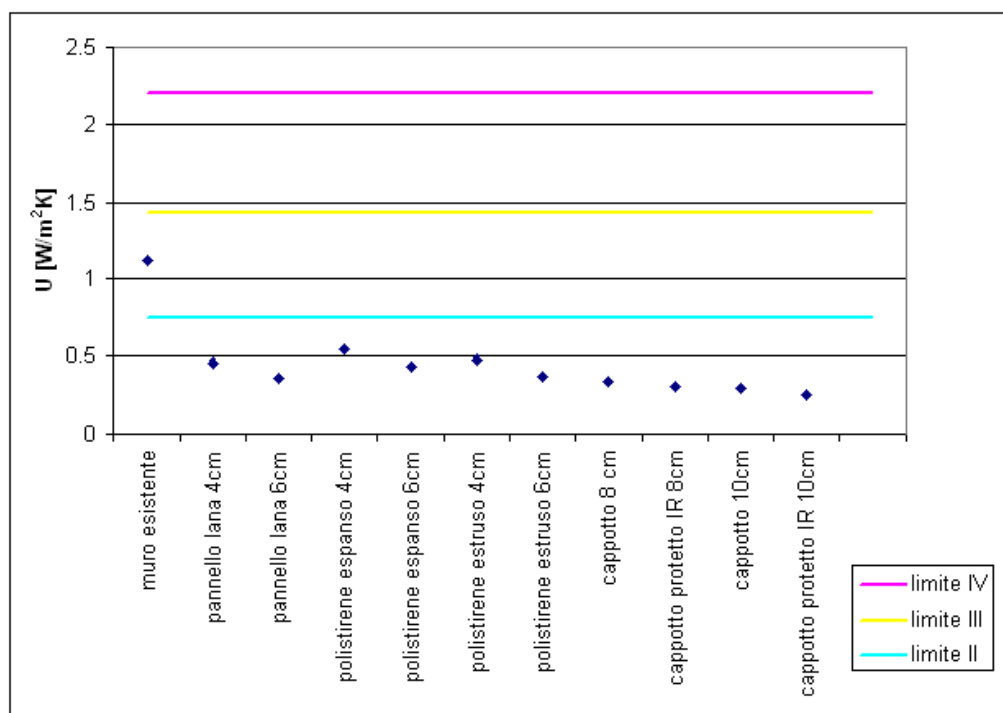


Figura 19. Confronto tra le trasmittanze raggiunte in ogni configurazione del muro e limiti legati alle classi di produzione di vapore

3.6 VALUTAZIONI ECONOMICHE

Oltre alla resa energetica degli interventi proposti è necessario considerare anche l'impatto economico degli stessi onde poter stimare l'effettiva convenienza delle diverse soluzioni. Le valutazioni economiche sono state svolte calcolando l'importo dell'intera realizzazione, comprensivo di esecuzione dei lavori. I prezzi, come detto, sono stati determinati tramite indagini svolte direttamente presso le ditte fornitrici e risultano scontati dal 30 al 50% (per quanto riguarda i materiali) rispetto a quelli

riscontrabili in caso di acquisti al dettaglio a causa dell'entità dell'ordine. Per quanto riguarda i sistemi a cappotto non si è incluso il costo del cantiere e dei ponteggi in quanto la posa di tali soluzioni deve avvenire in concomitanza di interventi di rifacimento delle facciate ormai necessari e non molto a lungo procrastinabili dato lo stato di degrado attuale dell'edificio.

I primi parametri economici che sono stati considerati sono il Net Present Value (valore attualizzato netto) ed il Pay Back Time (tempi di ritorno dell'investimento)²⁷. Le valutazioni sono state condotte considerando la spesa complessiva dei singoli interventi e traducendo in flussi di cassa il risparmio d'energia ed essi legato. L'orizzonte temporale scelto per le valutazioni è di 25 anni, tale periodo è compatibile con la durata media degli interventi previsti. Il costo del metano di partenza è stato fissato pari a 0.43 €/m³, mentre il tasso d'attualizzazione del capitale e l'incremento del costo del metano son stati posti rispettivamente pari al 4 ed al 7%²⁸.

Innanzitutto è stato considerato il clima di Genova, città ove sorge realmente l'immobile, perciò le prime valutazioni economiche sono state condotte considerando il comportamento energetico dell'edificio in tale città.

Con le condizioni anzidette i tempi di ritorno dell'investimento risultano quelli in Tabella 8, mentre l'andamento dell'indice NPV è riportato in Figura 20.

Intervento	Spesa intervento [€]	PBT [anni]	Risparmio [kWh/anno]
pannello lana 4cm	84146	20	76726
pannello lana 6cm	100219	21	88945
polistirene espanso 4cm	68284	19	66553
polistirene espanso 6cm	70910	18	79445
polistirene estruso 4cm	77476	20	74721
polistirene estruso 6cm	84041	19	87114
cappotto 8 cm	106419	21	90976
cappotto 8 cm IR	112868	22	95086
cappotto 10 cm	128992	24	96907
cappotto 10 cm IR	138667	24	100624

Tabella 8. Risparmio d'energia annuale e tempi di ritorno dell'investimento per l'edificio ubicato a Genova

²⁷ Per la definizione dei due indici, vedere capitolo 1 Introduzione Prima Parte, Paragrafo numero 1.3

²⁸ Il costo del metano ed il tasso d'attualizzazione del capitale sono riferiti al 2007. Per quanto riguarda il tasso d'attualizzazione si è fatto riferimento al rendimento dei titoli di Stato. L'incremento del prezzo del combustibile è stato dedotto dalla media degli aumenti percentuali del costo del metano nell'area europea degli ultimi 10 anni. Il costo del metano è stato estratto dalle bollette.

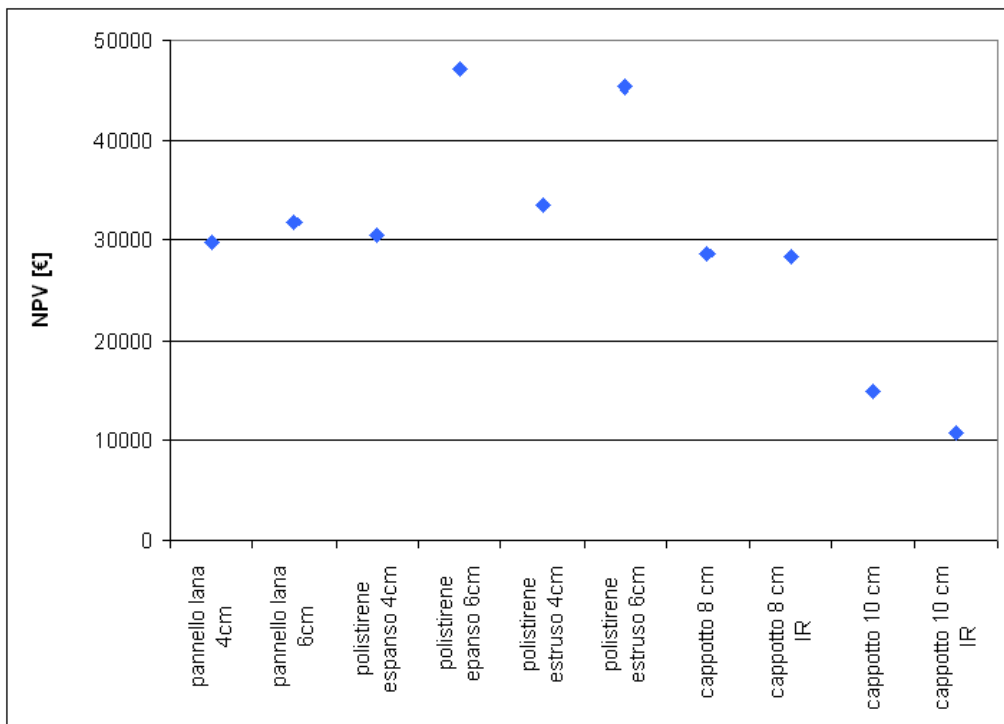


Figura 20. Andamento dell'indice NPV per i diversi interventi (ubicazione edificio: Genova)

Analizzando il grafico di Figura 20 si nota che nessun intervento proposto risulta anti-economico nell'orizzonte temporale considerato. Alla luce del Net Present Value le soluzioni più convenienti sono quelle relative alla realizzazione di contropareti in polistirene, estruso od espanso, da 6cm. Interventi che prevedano sistema a cappotto di 8 cm, con o senza aggiunta di graffite, hanno un ritorno economico paragonabile alla realizzazione di contropareti interne con lana o con polistirene espanso da 4 cm. I cappotti di spessore pari a 10 cm sono le soluzioni meno convenienti.

La sola analisi dell'indice NPV, come visto nel precedente capitolo, può non essere sufficiente per poter determinare i migliori interventi per una ristrutturazione energeticamente sostenibile. Infatti, accanto alla convenienza dell'investimento, è necessario considerare sia in quanto tempo l'esborso iniziale viene ripagato dal maggior risparmio energetico, ma anche l'incidenza della spesa iniziale sul reddito medio²⁹ e la percentuale di guadagno che si realizza nell'orizzonte temporale fissato (Tabella 9). Per tali motivi si presenta anche qui un'analisi svolta con l'indice presentato nel capitolo introduttivo della prima parte del presente lavoro che prende in considerazione tutti gli aspetti suddetti.

²⁹ Nel caso in esame si è scelto un reddito pari a 25200 €/anno. Tale scelta non corrisponde alla media del reddito italiano (27600 €/anno), in quanto non rispecchia la situazione di molte famiglie. Infatti, in base all'ultimo rapporto Istat 2007[6], il 50% delle famiglie ha un reddito inferiore ai 22800 €/anno. Pertanto si è preferito, cautelativamente, fare una media tra i due valori sopra citati ed adottare la cifra anzidetta per i calcoli d'incidenza della spesa.

Intervento	NPV [€]	PBT anni	investimento [€]	per famiglia		Resa in 25 anni		indice
				Incidenza su reddito %	esborso globale [€]	%	[€]	
				1	29777	20	84146	
2	31848	21	100219	7.0%	1758	31.8%	559	55
3	30536	19	68284	4.8%	1198	44.7%	536	83
4	47052	18	70910	4.9%	1244	66.4%	825	98
5	33472	20	77476	5.4%	1359	43.2%	587	75
6	45308	19	84041	5.9%	1474	53.9%	795	85
7	28664	21	106419	7.4%	1867	26.9%	503	43
8	28317	22	112868	7.9%	1980	25.1%	497	30
9	14898	24	128992	9.0%	2263	11.5%	261	insostenibile
10	10743	24	138667	9.7%	2433	7.7%	188	insostenibile

Tabella 9. Interventi ed indicatori economici (ubicazione edificio: Genova)

Come si può osservare nella Tabella 10, ci si avvede che, considerando più fattori (NPV, minore incidenza dell'esborso iniziale sul reddito familiare medio, tempo di ritorno contenuto e maggiore resa percentuale dell'impiego di denaro), l'ordine dell'appetibilità degli interventi risulta un po' diverso rispetto a quello che deriverebbe dalla valutazione del solo indice NPV. I due indici concordano sui due interventi più convenienti, mentre risultano invertite le valutazioni riguardanti le soluzioni dalla terza alla sesta inclusa. Si fa notare, inoltre, che l'indice globale, sancisce l'insostenibilità della realizzazione di cappotti da 10 cm con o senza riflettori infrarossi, in quanto richiede un esborso iniziale eccessivo.

Indice globale	NPV
polistirene espanso 6cm	polistirene espanso 6cm
polistirene estruso 6cm	polistirene estruso 6cm
polistirene espanso 4cm	polistirene estruso 4cm
polistirene estruso 4cm	pannello lana 6cm
pannello lana 4cm	polistirene espanso 4cm
pannello lana 6cm	pannello lana 4cm
cappotto 8 cm	cappotto 8 cm
cappotto 8 cm IR	cappotto 8 cm IR
cappotto 10 cm	cappotto 10 cm
cappotto 10 cm IR	cappotto 10 cm IR

Tabella 10. Interventi in ordine decrescente di convenienza (ubicazione edificio: Genova)

Il comportamento delle varie soluzioni è stato studiato anche nelle altre città campione ed in Figura 21 è riportato l'andamento dell'indice NPV.

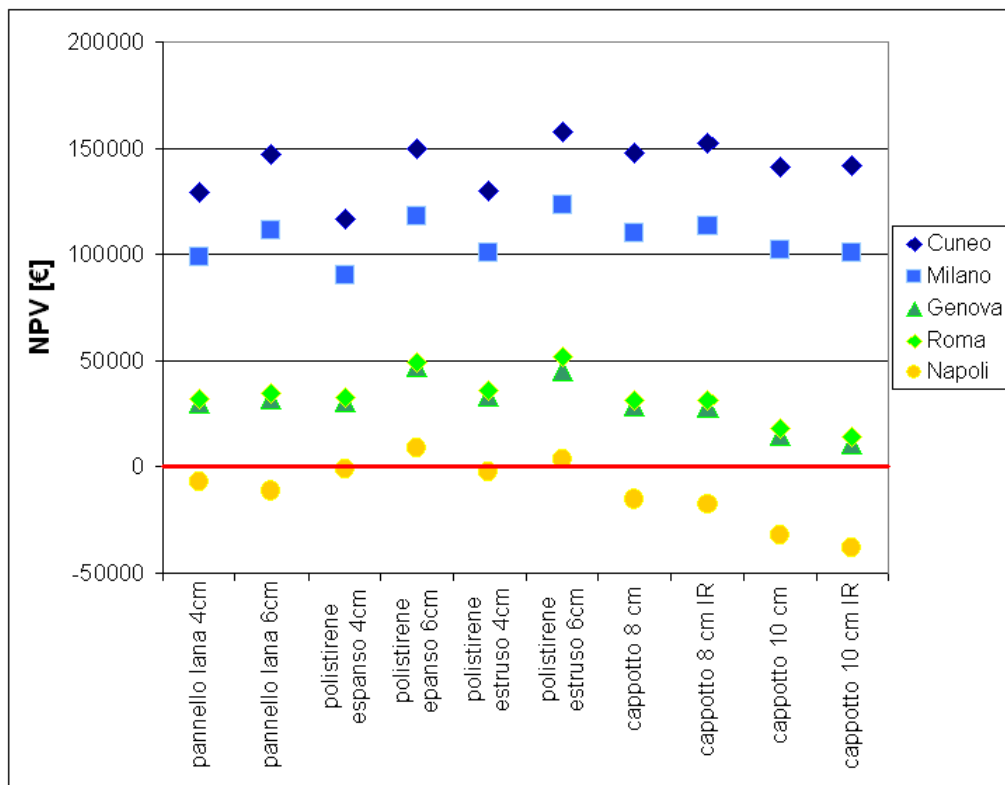


Figura 21. Andamento dell'indice NPV per le diverse soluzioni applicate nelle città campione

Analizzando il grafico soprastante si può notare che nella città appartenente alla zona F le soluzioni che prevedono la realizzazione di un sistema a cappotto, di 10 cm ed ancor più quelle con 8 cm, diventano più vantaggiose dell'apposizione delle contropareti interne più sottili. In particolare si nota che il rivestimento esterno da 8 cm con protezione IR s'attesta al secondo posto in ordine di convenienza. Anche per la zona E i sistemi a cappotto da 8 cm hanno ritorni economici maggiori rispetto alle contropareti da 4 cm. Per quanto riguarda la città in zona C è necessario notare che solo due soluzioni, le contropareti interne, presentano, nell'orizzonte considerato, un indice NPV positivo.

In Tabella 11 vengono, invece, riportate le valutazioni ottenute tramite l'indice globale. In rosso sono stati evidenziati gli interventi meno convenienti o insostenibili (Ins.), mentre in verde ed in giallo sono stati posti in evidenza quelli più auspicabili. Le analisi svolte tramite l'indice globale danno risultati ancora una volta differenti rispetto a quelli rilevati tramite il solo indice NPV. Innanzi tutto la realizzazione di un sistema a cappotto da 10 cm di spessore risulta comunque non affrontabile dalle famiglie. Le soluzioni decretate migliori sono quelle che massimizzano non soltanto i guadagni finali, ma anche gli altri vantaggi precedentemente citati. Invariabilmente l'indice assegna alla realizzazione di una controparete interna in polistirene di 6 cm la palma di miglior intervento.

Intervento	Indice Globale				
	Cuneo	Milano	Genova	Roma	Napoli
pannello lana 4cm	55	53	60	58	0
pannello lana 6cm	60	55	55	55	0
polistirene espanso 4cm	58	70	83	80	0
polistirene espanso 6cm	73	95	98	95	98
polistirene estruso 4cm	55	63	75	78	0
polistirene estruso 6cm	70	88	85	88	85
cappotto 8 cm	58	48	43	43	0
cappotto 8 cm IR	58	48	30	35	0
cappotto 10 cm	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.
cappotto 10 cm IR	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.	Ins.

Tabella 11. Indice Globale per i diversi interventi applicati nelle città campione.

Alla luce di quanto detto è necessario valutare la possibilità d'intervenire con sistemi d'incentivo che possano rendere affrontabili dalle famiglie le spese relative a quegli interventi che comportano dei risparmi energetici tali da determinare un ritorno economico positivo nell'orizzonte economico considerato. Nel prossimo paragrafo si discuterà proprio delle possibili strategie di incentivazione.

INCENTIVI ECONOMICI E CONSIDERAZIONI FINALI

Le analisi svolte nel presente paragrafo hanno messo in luce come alcuni interventi a di riqualificazione energetica attuati a carico delle pareti perimetrali possano portare ad un considerevole risparmio di energia primaria (da un minimo di un 16% per le contropareti interne di 4 cm in polistirene ad un 25% per un cappotto esterno di 10 cm). Dette analisi hanno messo in luce anche come alcuni degli interventi analizzati, pur garantendo un buon risparmio d'energia, non possano essere sostenuti dalle famiglie in quanto comportano spese iniziali troppo onerose. A tal proposito, come già detto nel precedente capitolo, lo Stato italiano dal 2006 ha promulgato delle leggi che consentono una detrazione fiscale delle spese sostenute, fino al 55% dell'importo lordo, per interventi sugli immobili che apportino delle migliorie delle prestazioni energetiche che rispettino determinati parametri. In particolare, per quanto riguarda gli elementi verticali, facendo sempre riferimento al decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 11 Marzo 2008 che attua comma 24, lettera a della legge Finanziaria 2008 i valori di trasmittanza che non devono essere superati dalle strutture verticali, una volta realizzati gli interventi, per ottenere la detrazione sono quelli riportati in Tabella 12 [8] [9].

zona climatica	Limiti di Trasmittanza fino al 2010 [W/m ² K]					
	A	B	C	D	E	F
componenti verticali	0.62	0.48	0.4	0.36	0.34	0.33

Tabella 12. Limiti di trasmittanza per ottenere la detrazione al 55%

Nella Figura 22 è riportato un grafico in cui vengono messi in evidenza i limiti di trasmittanza³⁰ per ogni zona climatica del territorio italiano ed i valori raggiunti dalle varie configurazioni del muro perimetrale del condominio. Si può notare che il solo cappotto da 8 cm con protezione RI potrebbe rientrare nei criteri di deroga.

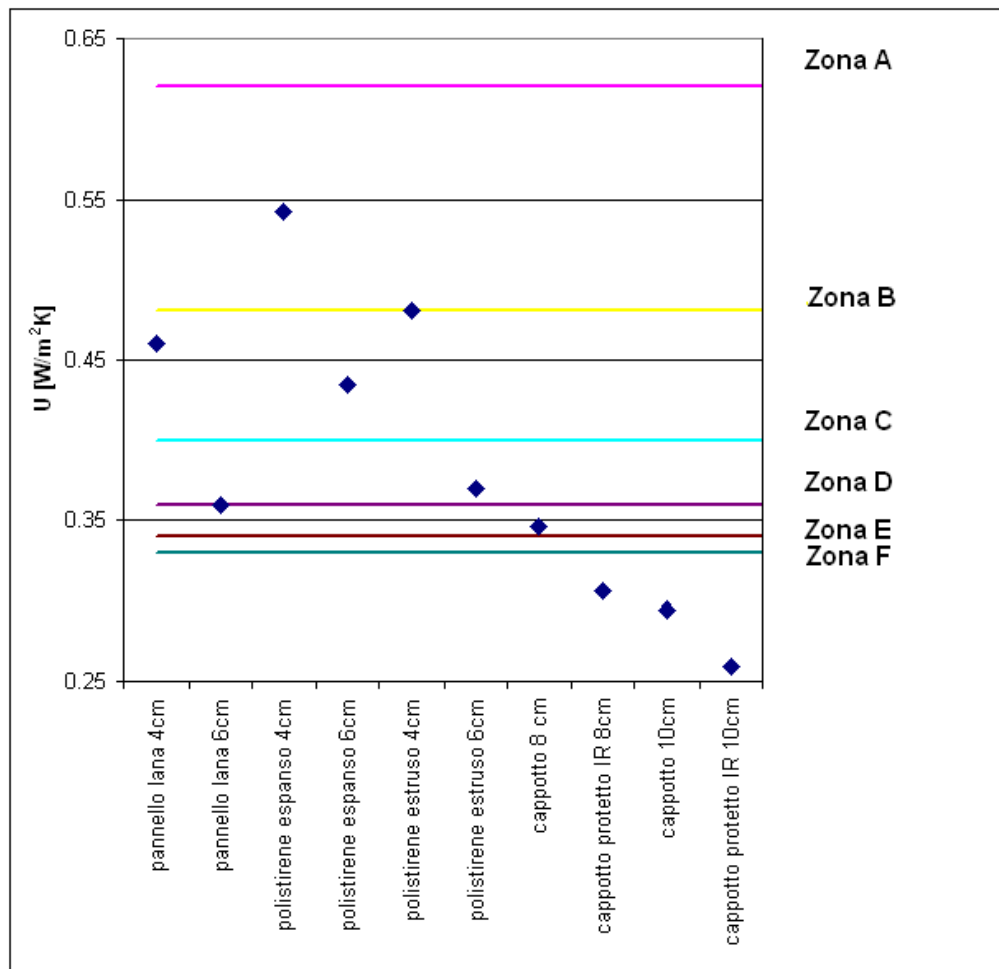


Figura 22. Trasmittanze raggiunte grazie agli interventi e limiti per avere la sovvenzione del 55%

Dall'analisi del grafico soprastante si può appurare che solamente le soluzioni atte a realizzare cappotti le contropareti con pannelli in lana da 6 cm potrebbero attingere agli incentivi statali, benché ogni intervento aumenti considerevolmente l'isolamento della parete in esame. In particolare si fa notare che soluzioni più vantaggiose, quali il rivestimento con polistirene (sia estruso che espanso) non possono usufruire della detrazione anzidetta.

³⁰ Limiti delle trasmittanze per le strutture opache verticali validi fino al 1° Gennaio 2010 ex lege finanziaria 2008 [8], [9]

Conteggiando la detrazione del 55% sulla spesa per le realizzazioni testé citate è stato calcolato nuovamente l'indice NPV (Figura 23) e l'indice globale.

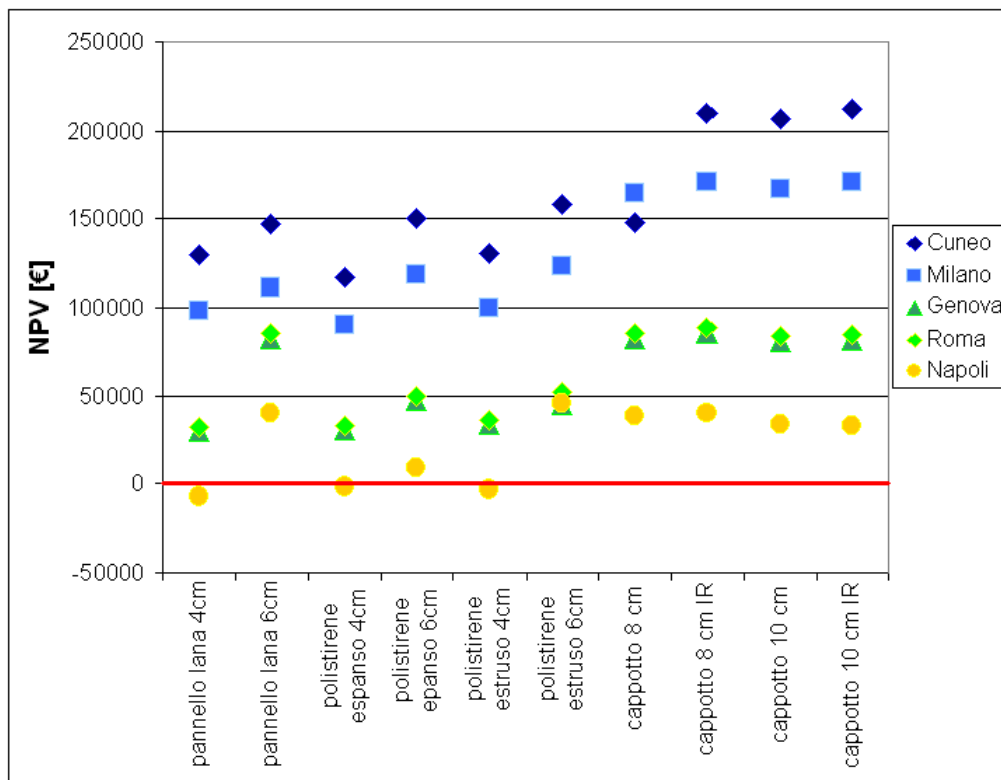


Figura 23. NPV per i diversi interventi nelle città campione ricalcolato applicando la detrazione.

Dal confronto tra Figura 23 e Figura 21 ci si può avvedere come la detrazione del 55% della spesa sposti in maniera fittizia il Net Present Value verso valori positivi per alcuni interventi quali i cappotti da 8 cm o 10 cm di spessore. Tali soluzioni nella valutazione precedente apparivano, in genere, quelle col minor ritorno economico ora risultano tra le più vantaggiose. Inoltre si fa notare che, per quanto riguarda la città rappresentativa della zona climatica C, il finanziamento fa passare molti interventi da anti-economici a convenienti.

Il problema, già evidenziato nel precedente capitolo, è che in ogni caso l'aumento del Net Present Value tramite detrazione fiscale non rispecchia il reale risparmio d'energia che l'intervento permetterebbe. Il guadagno che ottiene il singolo quindi non è tanto frutto di un risparmio reale, quanto di un aggravio della spesa della comunità. Un'altro problema di questo tipo d'incentivo è legato ai limiti di trasmittanza. Operando un confronto tra il ritorno economico degli interventi con e senza incentivo si può notare come il sistema così com'è rischia di penalizzare le realizzazioni più efficienti dal punto di vista del rapporto tra la spesa sostenuta ed il risparmio energetico conseguito.

Anche per le soluzioni analizzate nel presente capitolo si potrebbe, allora, proporre il finanziamento sottoforma di anticipo introdotto nel precedente capitolo. Nel caso in

esame si è provato a valutare le conseguenze di un finanziamento al 50% sul capitale da restituire in 25 anni. Dai calcoli risulta che ogni anno circa metà del risparmio realizzato potrebbe venir restituito per estinguere il finanziamento, l'altra metà rimarrebbe alle famiglie. Tale provvedimento, al contrario del finanziamento del 55% a fondo perduto concesso dall'attuale finanziaria, non va a falsare la resa economica dell'investimento, perciò rende possibili interventi che potevano risultare proibitivi a causa del forte impatto della spesa iniziale, ma non rende appetibili soluzioni che non danno, nell'orizzonte temporale considerato, un bilancio positivo tra esborso iniziale e risparmio globale conseguito. Il risultato è che l'incidenza sul reddito scende su valori accettabili (sotto 5%) anche per le realizzazioni di sistemi a cappotto, laddove tali soluzioni siano economicamente valide (NPV positivo). In Tabella 13 vengono riportati i valori dell'indice globale, considerando la variazione dell'incidenza della spesa sul reddito una volta applicato il finanziamento. In celeste sono evidenziati gli interventi che passano dall'essere non sostenibili ad affrontabili. Si fa notare infine che questo tipo d'incentivo non grava in alcun modo sull'erario proprio perché verrà applicato solo alle soluzioni che alla fine dell'orizzonte temporale possono garantire che il prestito iniziale venga restituito.

	Finanziamento al 50%				
	Cuneo	Milano	Genova	Roma	Napoli
	Indice				
pannello lana 4cm	55	53	60	53	0
pannello lana 6cm	60	55	55	28	0
polistirene espanso 4cm	58	70	83	75	0
polistirene espanso 6cm	73	95	98	88	100
polistirene estruso 4cm	55	63	75	70	0
polistirene estruso 6cm	70	88	85	80	90
cappotto 8 cm	58	48	43	40	0
cappotto 8 cm IR	58	48	30	33	0
cappotto 10 cm	45	28	20	20	Ins.
cappotto 10 cm IR	43	20	13	10	Ins.

Tabella 13. Andamento dell'indice globale per le diverse soluzioni applicando un finanziamento al 50% della spesa.

Un'ultima osservazione riguarda i sistemi a cappotto, che con entrambe le forme d'incentivazione diventano una delle soluzioni più convenienti. Questa osservazione riguarda la reale possibilità di realizzare tali interventi in armonia con le disposizioni dei regolamenti edilizi comunali. Si fa notare infatti che, per quanto riguarda le nuove realizzazioni, ma ancor più per le costruzioni esistenti, la distanza tra palazzi, è quella minima ammissibile dai regolamenti in special modo nei centri delle grandi città; inoltre i volumi edificabili sono già sfruttati al massimo. Il nuovo decreto legislativo del 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" [7] sancisce la possibilità di derogare ai regolamenti edilizi sia per le distanze minime sia per i limiti di cubatura, in ragione di 20 cm eccedenti lo spessore originale degli elementi verticali, se gli interventi di contenimento delle dispersioni rispettano i limiti vigenti diminuiti del 10%. Nella Figura 24 viene riportato il confronto tra i limiti (validi

fino al 1° gennaio 2010 diminuiti del 10%) ed i valori raggiunti dalle trasmittanze per le diverse realizzazioni a cappotto.

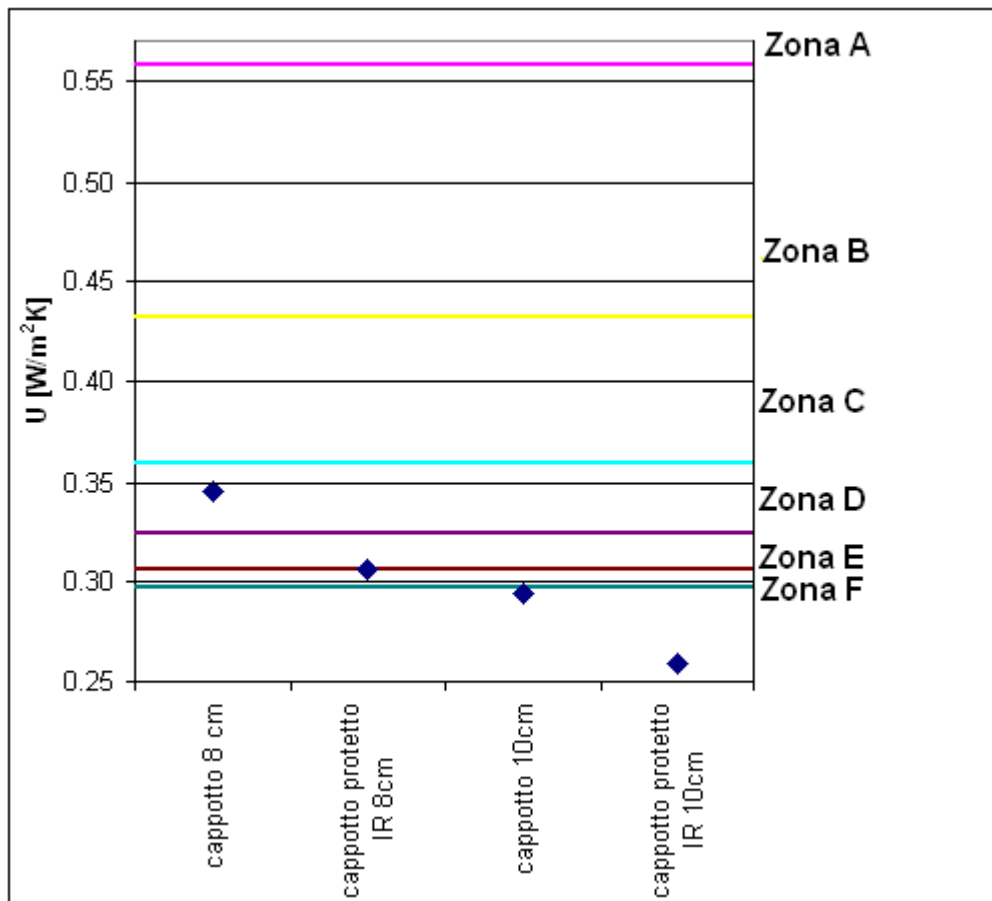


Figura 24. Trasmittanze e limiti per ottenere la deroga sulle distanze tra immobili e sulle volumetrie massime edificabili.

Come si può notare una delle soluzioni che sarebbe economicamente tra le più vantaggiose (senza bisogno di incentivi) nella zona climatica F, cioè il cappotto di 8 cm con protezione IR, difficilmente potrà venire realizzata in quanto il valore della trasmittanza è superiore al limite che garantisce la possibilità di usufruire delle deroghe.

3.7 BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Franco, A. Magrin, S. Lanzu, L.Cattani (2006). "Improving energy performance of Italian post war residential building stock". World Renewable Energy Congress IX (WREC IX). Firenze. 19-25 August, 2006 Italy.

- [2] F.R. Dambrosio Alfano, E. Iannello, A. Magrini, L. Cattani (2006). "Thermal comfort and energy performance of residential buildings". World Renewable Energy Congress IX (WREC IX). Firenze. 19-25 August 2006 Italy.
- [3] UNI EN ISO 13788: 2003 "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo"
- [4] Banca d'Italia, Prezzi e tassi di rendimento BOT annuali, anno 2007, documento 12-11-2007
http://www.bancaditalia.it/banca_mercati/operazioni/titoli/tassi/bot_ann
- [5] <http://www.autorita.energia.it/dati/gp32.htm> Variazione dei prezzi del gas nei principali paesi europei: area euro.
- [6] Istat, famiglia e società: "Rapporto annuale, la situazione del Paese nel 2007"
- [7] Decreto Legislativo 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" Articolo 11 commi 1 e 2.
- [8] Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze 7 aprile 2008 recante "Disposizioni in materia di detrazione per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, nr. 296".
- [9] Decreto Ministeriale 11 Marzo 2008 - Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296. (pubblicato su Gazzetta Ufficiale n. 66 del 18-3-2008)

CAPITOLO 4 RESIDENZA GOLGI

Lo studio svolto nei precedenti capitoli ha permesso di individuare una serie di strategie per intervenire, sia a livello strutturale che economico, per rendere energeticamente più efficienti edifici tipici di un modo di costruire diffuso tra gli anni '50 e '60. Nel presente capitolo l'analisi energetica ed economica è stata condotta su un esempio d'edilizia, sempre contraddistinto da struttura portante in travi e pilastri in cemento armato, ma relativo ad un'epoca differente. Il complesso residenziale analizzato presenta caratteristiche costruttive diffuse tra gli anni '70 ed '80 e si differenzia dai precedenti casi soprattutto per la presenza di materiale isolante nelle intercapedini delle chiusure verticali. E' da notare, inoltre, che gli immobili considerati sono adibiti a residenza universitaria e vengono gestiti da enti pubblici. La destinazione d'uso del complesso differisce da quella riscontrata nei precedenti casi, tuttavia tale difformità risulta ininfluente ai fini delle analisi del comportamento energetico invernale dell'edificio. Le indagini svolte in questa parte del lavoro permettono di meglio comprendere quando le strategie di miglioramento possano essere realmente efficaci e convenienti in caso di costruzioni più recenti e quindi caratterizzate da livelli di isolamento più elevati.

4.1 LA RESIDENZA GOLGI

Il complesso edilizio Golgi, ubicato a Pavia in Via Aselli, è una residenza universitaria composta da sei palazzi aventi caratteristiche costruttive ed architettoniche simili tra loro. Il complesso venne realizzato tra gli anni '70 ed '80.

Ogni palazzo è composto da 6 piani, il primo adibito a sale comuni, gli altri ospitanti mini alloggi di 18 m² circa ciascuno, per un totale di 1410 m² di superficie utile media per edificio e 334 unità abitative per l'intero complesso. Tutti i palazzi sono caratterizzati da una geometria semplice sia in pianta che in elevazione (base rettangolare e sviluppo a parallelepipedo, Figura 1 e Figura 2) e da una bassa porosità, infatti non vi è presenza di logge o balconi (Figura 3). L'unica movimentazione dello sviluppo tridimensionale si può notare nel basamento ove è stato ricavato un piccolo porticato che mette in evidenza la natura della struttura portante a pilastri e travi in cemento armato (Figura 4). Il rapporto tra superficie disperdente e volume riscaldato varia leggermente da palazzo a palazzo, ma mediamente s'attesta sullo 0.38. Gli edifici hanno anche l'orientazione comune e si sviluppano lungo la direttrice Nord-Ovest, Sud-Est.

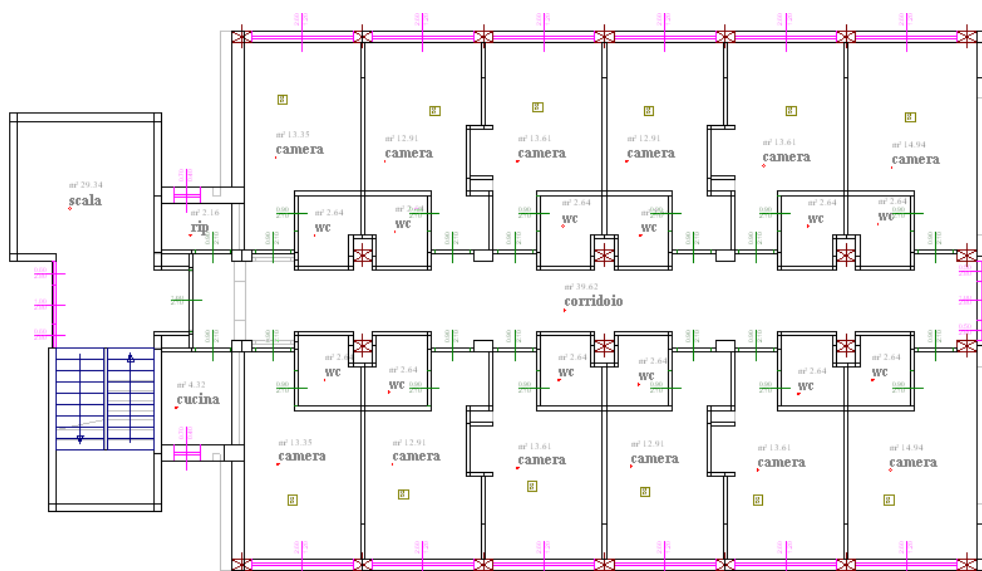


Figura 1. Pianta di un piano tipo



Figura 2. Particolare dello sviluppo tridimensionale dei palazzi della residenza Golgi



Figura 3. Palazzi della residenza Golgi.



Figura 4. Particolare del porticato: in evidenza i pilastri portanti in cemento armato.

I tamponamenti opachi verticali sono tutti composti da un doppio strato di mattoni forati intervallati da uno strato d'isolante. Inoltre sul lato esterno delle pareti che delimitano i piani dal secondo al sesto vi è la presenza di un pannello prefabbricato di protezione. I lati maggiori, vale a dire quelli orientati verso Nord-Est e Sud-Ovest, sono caratterizzati da una massiccia presenza di componenti finestrati, uno per ogni mini alloggio; invece, per quanto riguarda i due lati minori, le aperture sono molto ridotte e servono unicamente per dar luce al corridoio ed al vano scale. La copertura superiore è piatta e calpestabile ed era stata concepita per fungere da alloggiamento impianti. Su di essa, infatti, vi si trova, in apposito locale, la caldaia e delle opere accessorie predisposte per l'installazione dell'impianto di condizionamento (fino ad oggi mai realizzato).

Ogni palazzo è servito da un proprio impianto di riscaldamento e produzione d'acqua calda sanitaria che risulta piuttosto sovradimensionato in quanto ogni caldaia ha una potenza nominale di 290 kW. Il controllo della temperatura avviene tramite un'unica centralina munita di un sensore climatico. Il periodo di riscaldamento è pari a 12 ore al giorno e durante tale intervallo di tempo la temperatura interna viene mantenuta a 20°C.

I palazzi sono raggruppati, sia a livello geometrico che amministrativo (la proprietà degli stessi è dell'Ente per il Diritto allo Studio Universitario), in due complessi: Golgi 1 e Golgi 2, ciascuno comprendente tre fabbricati (Figura 5). La residenza sorge nelle vicinanze dei poli scientifici universitari e del Policlinico San Matteo in un'area mediamente popolata e caratterizzata da edifici di proporzioni analoghe a quelle dei palazzi analizzati.



Figura 5. Ubicazione dei due complessi Residenziali

4.2 RACCOLTA DATI

Grazie ad indagini svolte in sito ed alla documentazione reperita presso l'ente che gestisce la residenza è stato possibile ricavare le caratteristiche dei componenti vetrati e le stratigrafie delle pareti esterne e dei tetti (per le chiusure inferiori non è stato possibile risalire all'esatta composizione). Si è potuta anche determinare la temperatura che viene mantenuta all'interno dello stabile, vale a dire 20°C per dodici ore al giorno attenuata a 16°C per il tempo restante. I dati di tutti gli edifici componenti il complesso sono stati inseriti nel software TerMus. I risultati delle simulazioni relative alle dispersioni termiche invernali di tre palazzi (complesso Golgi 1) sono stati confrontati con i consumi, reperiti presso l'ente gestore, dei corrispondenti edifici reali: lo scostamento è risultato di poco superiore al 3% (Tabella 1).

Consumi per il riscaldamento del Complesso Golgi 1		
reali	calcolati	scostamento
MJ/anno	MJ/anno	%
2474358	2557260	-3.35%

Tabella 1. Scostamento tra consumi reali e calcolati

Si ricorda che gli altri tre edifici della residenza universitaria presentano caratteristiche costruttive ed architettoniche del tutto analoghe a quelli del complesso Golgi 1 e si sottolinea che i modelli inseriti nel software rispettano tali similitudini. Ciò premesso si può affermare che il test condotto può servire da convalida per tutti e sei gli stabili

analizzati. La buona aderenza tra i risultati di calcolo ed i consumi dà garanzia della corrispondenza di comportamento tra il modello virtuale ed il complesso edilizio reale, confermando la veridicità dei dati inseriti e l'attendibilità di eventuali ipotesi di lavoro (quali, ad esempio, la stratigrafia del solaio inferiore).

4.2.1 Pareti perimetrali.

Il piano terra di tutti e sei gli edifici è caratterizzato da chiusure verticali costituite da due strati di mattoni rispettivamente forati e semipieni da 12 cm intervallati da un'intercapedine di 5 cm riempita con lastre di polistirolo. Il rivestimento esterno è costituito da uno strato di malta di cemento dello spessore di 2 cm, mentre quello interno è realizzato in intonaco di calce e gesso. In Figura 6 e in Figura 7 vengono riportati rispettivamente la scheda delle principali caratteristiche termofisiche ed una fotografia della tipologia di parete testé menzionata.

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	0.029
3	Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	120		3.226	86.00	20.570	0.310
4	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 10	50	0.056	1.122	0.50	7.500	0.891
5	Mattone semipieno di laterizio (250*120*120) spessore 120	120		4.167	140.00	20.570	0.240
6	Malta di calce o di calce e cemento.	20	0.900	45.000	36.00	8.500	0.022
7	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 1.662 m²K/W			TRASMITTANZA = 0.602 W/m²K				
SPESSORE = 330 mm			MASSA SUPERFICIALE = 227 kg/m²				
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..							

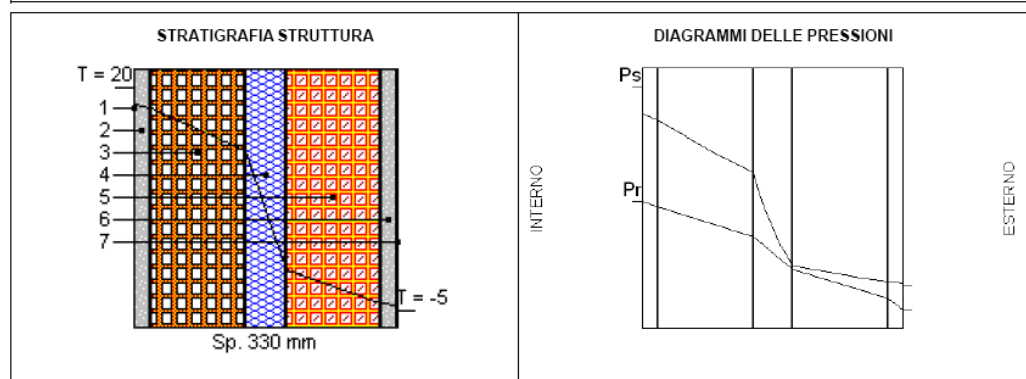


Figura 6. Scheda della parete esterna del piano terra



Figura 7. Particolare della chiusura verticale del piano terra.

Le chiusure verticali dei piani superiori differiscono dai muri esterni presenti al piano terra per un rivestimento esterno protettivo di circa 12 cm, costituito da pannelli preconfezionati in calcestruzzo alleggerito con rifinitura in materiale lapideo grossolano a vista (Figura 8 e Figura 9).



Figura 8. Particolare dei pannelli esterni

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	0.029
3	Mattone forato di laterizio (250*120*250) spessore 120	120		3.226	86.00	20.570	0.310
4	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 15	50	0.047	0.946	0.75	6.250	1.057
5	Mattone semipieno di laterizio (250*120*120) spessore 120	120		4.167	140.00	20.570	0.240
6	Blocco pieno di CLS alleggerito (495*117*195) spessore 117	117		2.632	106.00	25.200	0.380
7	Malta di calce o di calce e cemento.	0	0.900		0.00	8.500	0.000
8	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 2.186 m²K/W			TRASMITTANZA = 0.458 W/m²K				
SPESSORE = 427 mm			MASSA SUPERFICIALE = 333 kg/m²				
<small>s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..</small>							

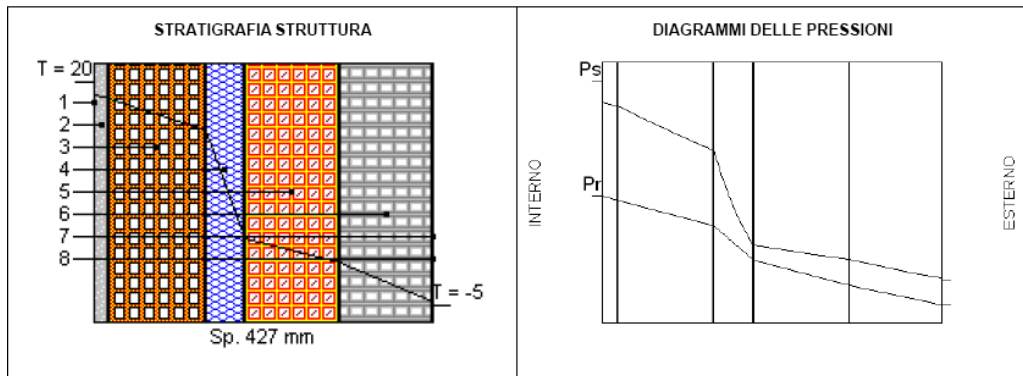


Figura 9. Scheda della parete di chiusura dei piani superiori

La chiusura verticale del vano scala è costituita da calcestruzzo armato gettato in opera non protetto esternamente, ma rivestito internamente da uno strato di intonaco di calce e gesso (Figura 10 e Figura 11).

N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno all'esterno)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	$P < 50 \cdot 10^{12}$ [Kg/msPa]	R [m²KW]
1	Adduttanza Interna	0		7.700			0.130
2	Intonaco di calce e gesso.	10	0.700	70.000	14.00	18.000	0.014
3	CLS di aggregati naturali - a struttura chiusa - pareti protette - mv.2400.	300	1.909	6.363	720.00	1.300	0.157
4	Malta di calce o di calce e cemento.	0	0.900		0.00	8.500	0.000
5	Adduttanza Esterna	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 0.341 m²KW				TRASMITTANZA = 2.930 W/m²K			
SPESSORE = 310 mm				MASSA SUPERFICIALE = 720 kg/m²			
<p>s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; $P < 50 \cdot 10^{12}$ = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmissione = Valori di resistenza e trasmissione reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs. 192/05 e s.m.i..</p>							

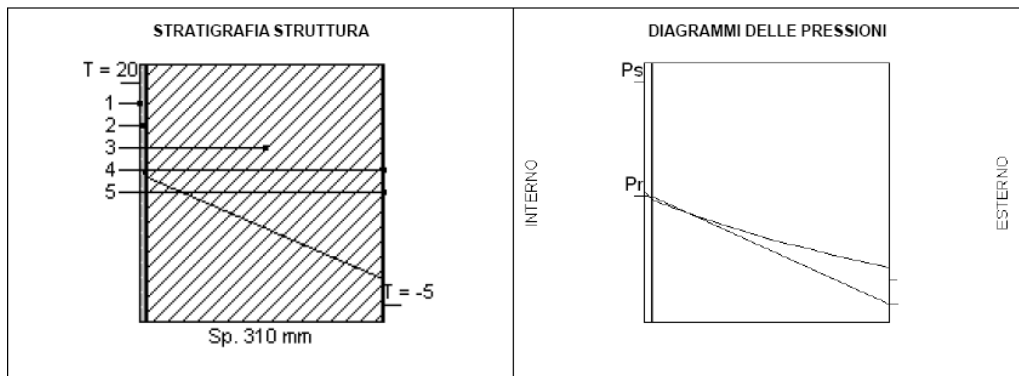


Figura 10. Scheda della parete di tamponamento del vano scale

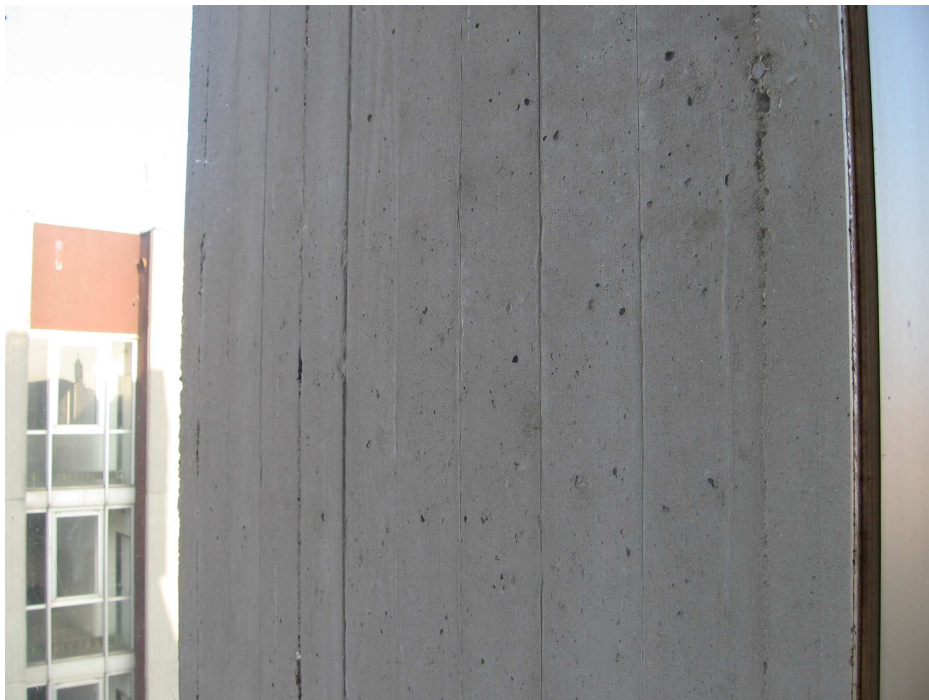


Figura 11. Sezione del muro del vano scale.

4.2.2 Solaio di chiusura superiore

I solai superiori dei sei edifici sono piatti e calpestabili, isolati da 7 cm di polistirene e rivestiti da una guaina catramata di protezione. Le caratteristiche termofisiche sono riportate nella scheda di Figura 12.

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m ² K]	M.S. [Kg/m ²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m ² K/W]
1	Adduttanza Superiore	0		10.000			0.100
2	Piastrelle.	10	1.000	100.000	23.00	0.940	0.010
3	Malta di cemento.	30	1.400	46.667	60.00	8.500	0.021
4	Polistirene espanso sinterizzato, in lastre ricavate da blocchi - mv. 30	70	0.042	0.597	2.10	3.150	1.675
5	Malta di cemento.	40	1.400	35.000	80.00	8.500	0.029
6	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	171.00	19.000	0.300
7	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	0.029
8	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0.040
RESISTENZA = 2.203 m ² K/W				TRASMITTANZA = 0.454 W/m ² K			
SPESSORE = 350 mm				MASSA SUPERFICIALE = 336 kg/m ²			
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i..							

STRATIGRAFIA STRUTTURALE		DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI						
	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	URs [%]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URi [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	-5.0	401	209	52.0	20.0	2 337	904	38.7
Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; URs = Umidità superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore; URi = Umidità inferiore.								

Figura 12. Scheda del solaio di chiusura superiore

4.2.3 Solaio interpiano

I solai interpiano sono costituiti da un blocco in laterizio da 28 cm ricoperto da un massetto di 6 cm e rifinito con piastrelle. Sul lato inferiore è presente un pannello di materiale isolante (Figura 13).

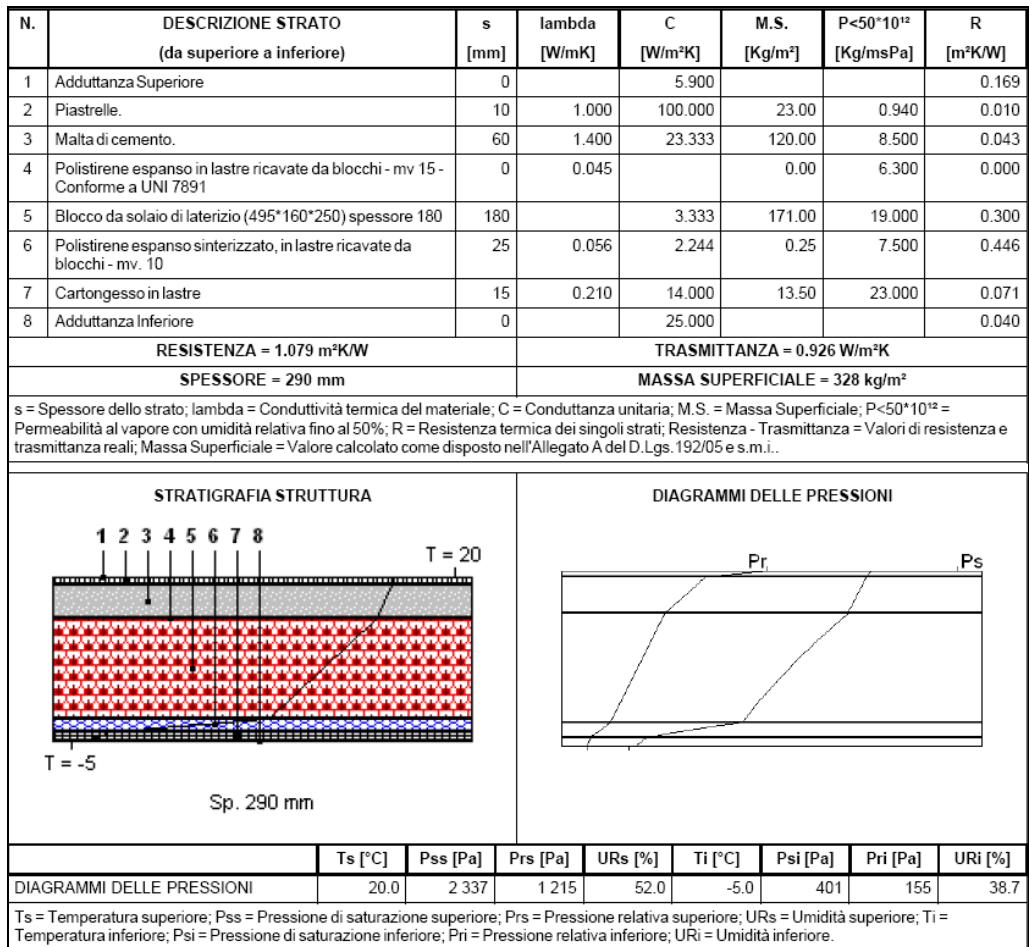


Figura 13. Stratigrafia del solaio interpiano

4.2.4 Solaio di chiusura inferiore

Il solaio inferiore è direttamente appoggiato sul terreno, infatti non vi è presenza di un piano cantine o interrato. In questo caso non si è potuto risalire all'esatta stratigrafia, ma si è potuta ipotizzare una composizione sulla base sia delle caratteristiche delle chiusure superiori sia di informazioni su stabili costruiti nella stessa epoca che presentano analogie con i palazzi oggetto dello studio. La buona corrispondenza tra i consumi calcolati e quelli reali ha portato a considerare le ipotesi fatte attendibili.

N.	DESCRIZIONE STRATO (da superiore a inferiore)	s [mm]	lambda [W/mK]	C [W/m²K]	M.S. [Kg/m²]	P<50*10 ¹² [Kg/msPa]	R [m²K/W]	
1	Adduttanza Superiore	0		5.900			0.169	
2	Piastrelle.	10	1.000	100.000	23.00	0.940	0.010	
3	Malta di cemento.	40	1.400	35.000	80.00	8.500	0.029	
4	Blocco da solaio di laterizio (495*160*250) spessore 180	180		3.333	171.00	19.000	0.300	
5	Polistirene espanso in lastre stampate - mv.20	70	0.040	0.566	1.40	4.170	1.768	
6	Intonaco di calce e gesso.	20	0.700	35.000	28.00	18.000	0.029	
7	Adduttanza Inferiore	0		25.000			0.040	
RESISTENZA = 2.344 m²K/W			TRASMITTANZA = 0.427 W/m²K					
SPESSORE = 320 mm			MASSA SUPERFICIALE = 275 kg/m²					
s = Spessore dello strato; lambda = Conduttività termica del materiale; C = Conduttanza unitaria; M.S. = Massa Superficiale; P<50*10 ¹² = Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D. Lgs. 192/05 e s.m.i..								
STRATIGRAFIA STRUTTURALE 				DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI 				
	Ts [°C]	Pss [Pa]	Prs [Pa]	URs [%]	Ti [°C]	Psi [Pa]	Pri [Pa]	URI [%]
DIAGRAMMI DELLE PRESSIONI	20.0	2 337	1 215	52.0	-5.0	401	155	38.7
Ts = Temperatura superiore; Pss = Pressione di saturazione superiore; Prs = Pressione relativa superiore; URs = Umidità superiore; Ti = Temperatura inferiore; Psi = Pressione di saturazione inferiore; Pri = Pressione relativa inferiore; URI = Umidità inferiore.								

Figura 14. Scheda del solaio inferiore

4.2.5 Componenti vetrati

Quasi tutti i componenti vetrati presenti negli edifici sono composti da vetri singoli e serramenti in alluminio senza taglio termico, fatto salvo per le chiusure trasparenti presenti al piano terreno che presentano doppi vetri, ma stesso materiale per i serramenti. L'oscuramento dei punti luce è garantito, nei mini alloggi, da tapparelle realizzate in materiale plastico alloggiato in appositi cassonetti in legno non isolati. La superficie vetrata di ogni palazzo ammonta a 310 m² circa ed è in prevalenza distribuita sui lati più lunghi, in corrispondenza degli appartamenti. Nella Figura 15 e nella Figura 16 si possono osservare particolari relativi al telaio ed alla geometria delle aperture mentre nella Figura 17 e nella Figura 18 sono riportate le schede tecniche delle due principali tipologie di componenti vetrati presenti nella residenza in esame.



Figura 15. Particolare del telaio in alluminio e del sistema di apertura scorrevole



Figura 16. Geometria delle finestre dei mini alloggi


SERRAMENTO SINGOLO									
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	g [-]	
INFISSO	2.361	0.759	8.700	5.751	5.905	0.000	5.789	0.82	
<p>Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; g = Coefficiente di trasmissione solare del vetro.</p>									
<p>INFISSO</p> 									
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO							0.7567		
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							0.130 m ² K/W		
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							0.040 m ² K/W		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							7.700 W/m ² K		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							25.000 W/m ² K		
RESISTENZA TERMICA TOTALE							0.173 m ² K/W		
TRASMITTANZA TOTALE							5.789 W/m ² K		
TRASMITTANZA VETRO TOTALE							5.751 W/m ² K		

Figura 17. Scheda delle finestre con singolo vetro presenti negli alloggi

SERRAMENTO SINGOLO									
DESCRIZIONE	Ag [m ²]	Af [m ²]	Lg [m]	Ug [W/m ² K]	Uf [W/m ² K]	kl [W/mK]	Uw [W/m ² K]	g	
INFISSO	1.979	0.375	6.020	3.248	4.002	0.060	3.522	0.70	
Ag = Area vetro; Af = Area telaio; Lg = Lunghezza perimetro superficie vetrata; Ug = Trasmittanza termica superficie vetrata; Uf = Trasmittanza termica telaio; kl = Trasmittanza lineica distanziatore (nulla se singolo vetro); Uw = Trasmittanza termica totale serramento; g = Coefficiente di trasmissione solare del vetro.									
COEFFICIENTE RIDUZIONE AREA TELAIO							0.8406		
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							0.130 m ² K/W		
RESISTENZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							0.040 m ² K/W		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE INTERNA							7.700 W/m ² K		
CONDUTTANZA UNITARIA SUPERFICIALE ESTERNA							25.000 W/m ² K		
RESISTENZA TERMICA TOTALE							0.284 m ² K/W		
TRASMITTANZA TOTALE							3.522 W/m ² K		
TRASMITTANZA VETRO TOTALE							3.248 W/m ² K		

Figura 18. Scheda relativa alla finestra composta da vetri doppi, della tipologia presente al piano terra

4.2.6 Impianti

Ogni edificio è servito da un impianto centralizzato costituito da una caldaia a gas metano di potenza complessiva nominale pari a 290 kW, alloggiata in locale scaldato posto sul tetto di ogni palazzo. Il sistema di generazione assolve al compito di riscaldare sia l'ambiente abitato sia l'acqua sanitaria, che viene di poi raccolta in un serbatoio isolato. La potenza elettrica assorbita dalle pompe di mandata s'attesta sui 740 W. Ogni alloggio è dotato di un corpo scaldante. La regolazione della temperatura dell'acqua, mantenuta a 60°C, avviene tramite un'ica centralina climatica con sonda esterna. Il rendimento del generatore s'attesta sul 90% con perdite a bruciatori spenti ed a mantello rispettivamente dell'ordine dell'1 e del 2%. La caldaia, per quanto ancora in buone condizioni, risulta sovradimensionata.

4.3 COMPORTAMENTO ENERGETICO

Il comportamento energetico invernale dei sei palazzi è stato studiato grazie al software TerMus per il clima della città ove la residenza sorge effettivamente. L'analisi energetica ha messo in evidenza come mediamente gli edifici abbiano un consumo annuale di 137 kWh/m² per il riscaldamento e come il comportamento di ogni palazzo sia poco difforme da quello degli altri (variazione massima dei consumi, in termini di kWh/m² anno, inferiore al 7%, Tabella 2). Pertanto nel prosieguo della trattazione verranno presentati i risultati delle simulazioni condotte per l'edificio 2 che risulta avere caratteristiche di consumo (in termini di kWh/m² anno) più vicine alla media.

	Fabbisogno annuo riscaldamento		superficie utile
	MJ	kWh/m ²	m ²
Edificio 1	690217	134.9	1421.16
Edificio 2	691179	138.4	1387.36
Edificio 3	734261	140.6	1450.23
Edificio 4	662628	132.4	1390.25
Edificio 5	704994	141.5	1384.32
Edificio 6	692372	135.1	1423.55
Media	695942	137.2	1409.5

Tabella 2. Fabbisogno d'energia per il riscaldamento dei sei edifici

Dai dati ottenuti con le simulazioni è stato possibile scorporare l'influenza dei diversi componenti dell'involucro sulle dispersioni del palazzo. Dalla Tabella 3 si può notare come le finestre siano il punto più debole dell'involucro (il 63% del totale delle dispersioni è loro imputabile). Tale osservazione è confermata qualitativamente anche dalla Figura 19 che riporta, per un piano intermedio dell'edificio tipo, l'andamento delle dispersioni in scala cromatica.

	Superficie m ²	Trasmittanza U	incidenza %
strato			
cemento armato	68	2.93	8%
muri piani superiori	778	0.458	15%
muri piano terra	81	0.602	2%
pavimento	264	0.427	5%
solaio interpiano	53	0.926	2%
soffitto	317	0.454	6%
vetri singoli	207	5.78	49%
vetri doppi	94	3.58	14%

Tabella 3. Incidenza dei diversi componenti dell'involucro sulle dispersioni

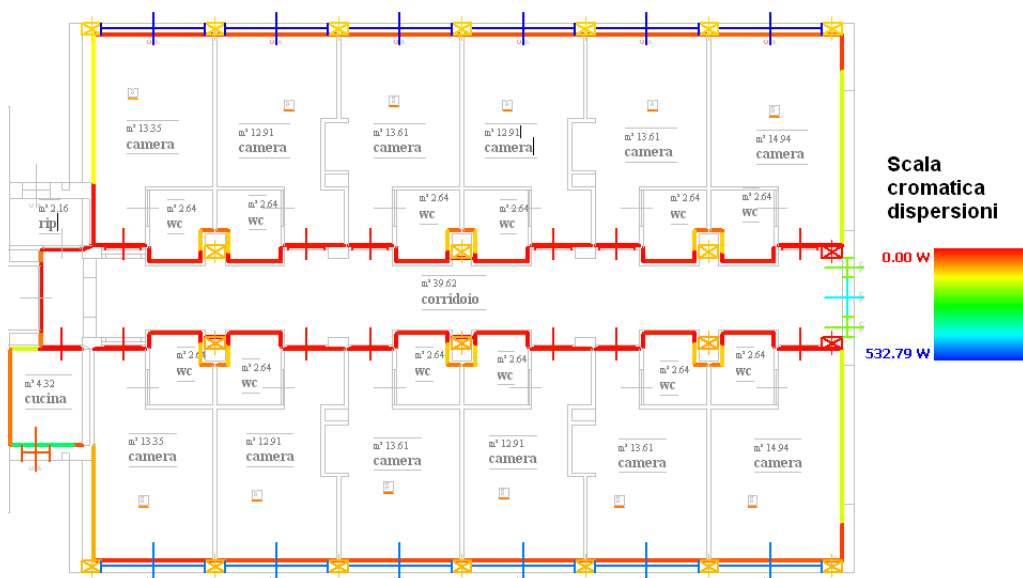


Figura 19. Edificio 2 piano intermedio: andamento delle dispersioni

I consumi sono stati calcolati anche per le città campione ed il risultato, sempre relativo al palazzo 2, è riportato nel grafico di Figura 20.

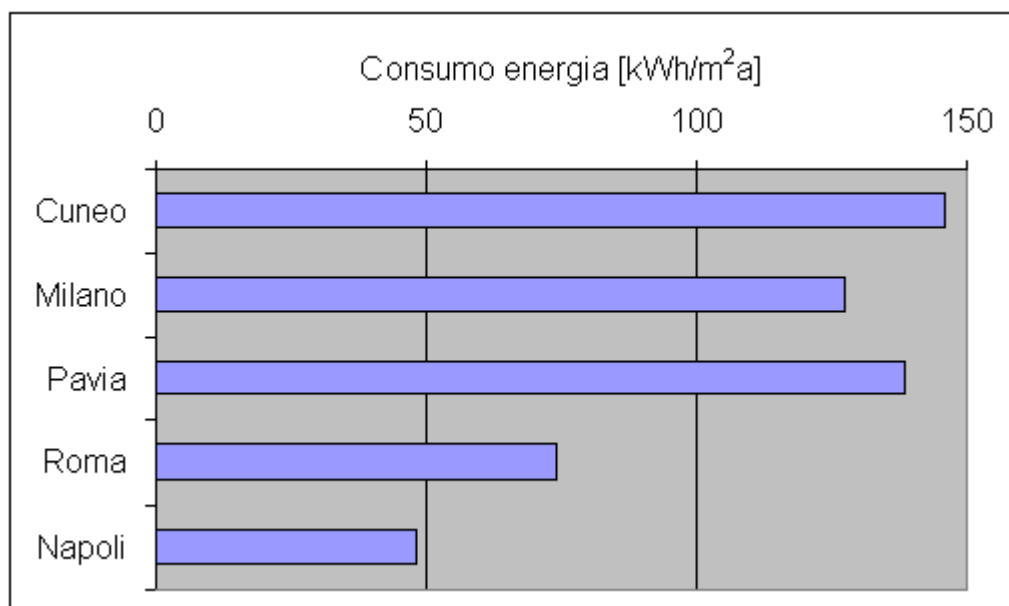


Figura 20. Consumo d'energia per il clima delle diverse città campione.

Si sottolinea come la residenza analizzata abbia dei consumi nettamente più contenuti (tra il 24% ed il 44%) rispetto ai casi presentati nei due precedenti capitoli. Questa importante differenza è determinata dalle migliori caratteristiche dell'involucro opaco.

4.4 INTERVENTI DI RISTRUTTURAZIONE ENERGETICAMENTE SOSTENIBILI: DESCRIZIONE E RISULTATI OTTENUTI

Il comportamento energetico dei palazzi ha messo in luce alcuni aspetti importanti tra cui: le alte dispersioni legate ai componenti vetrati (il 63% del totale), il relativo buon isolamento offerto dai componenti opachi ed il sovradimensionamento del generatore di calore. Alla luce dei risultati di calcolo si è deciso di considerare innanzi tutto la sostituzione degli infissi con sistemi più efficienti. In seconda analisi si è considerata la sostituzione del generatore di calore con impianti più appropriati per le dimensioni e le esigenze dei singoli palazzi. Infine si è provato anche a considerare un aumento di isolamento per le pareti esterne verticali, con soluzioni di rivestimento interno od esterno, di tipologia analoga a quelle proposte nel precedente capitolo. Nel prosieguo del paragrafo verranno descritti brevemente gli interventi, i costi dei materiali e delle installazioni, nonché i risultati ottenuti.

4.4.1 Sostituzione degli infissi

I primi interventi ipotizzati riguardano la sostituzione delle finestre, in armonia con l'entità dell'incidenza sulla dispersione totale dell'edificio di tali, con elementi maggiormente isolati, sia per quanto riguarda i vetri, sia per quanto concerne il telaio. Il rimedio è stato studiato in due configurazioni:

- sostituzione delle sole finestre dei mini alloggi (caratterizzate da vetro singolo) per un totale di 187 m².
- sostituzione delle finestre dei mini alloggi e quelle del piano terra (questi ultimi già vetri doppi) per un totale di 94 m².

I componenti finestrati scelti per gli interventi sono di tre tipologie. Le prime due sono caratterizzate dall'esser composte da due strati di vetro rispettivamente da 4 e 5 millimetri, intervallati da un'intercapedine di 16 millimetri ed incorniciati da un telaio in legno. In un caso, però, il vetro non risulta trattato e l'intercapedine è riempita di aria, nel secondo i due strati trasparenti sono basso-emissivi ed il gas che li separa è Argon. La terza tipologia di infisso è composta da tre lastre di vetro di 4 mm di spessore intervallate da due intercapedini riempite di gas Argon ed il telaio è sempre in legno. Nella Tabella 4 vengono riportate le principali caratteristiche dei componenti descritti ed i relativi costi³¹.

³¹ Si ricorda che i prezzi sono inferiori rispetto a quelli riscontrabili per vendite a dettaglio, in quanto soggetti a sconti (dal 30% al 50%) dovuti all'entità dell'ordine.

tipo infisso ³²	spessore lastre	spessore intercapedine	gas	Trasmittanza del sistema	costo [€/m ²]	
	[mm]	[mm]	-	[W/m ² K]	solo materiale	con mano d'opera
Doppio vetro non trattato	4-5	16	Aria	2.4	85	110
Doppio vetro basso emissivo	4-5	16	Argon	1.58	125	150
Triplo vetro basso emissivo	4-4-4	12-12	Argon	1.08	285	300

Tabella 4. Caratteristiche dei vetri e costo della sostituzione al metro quadrato.

4.4.2 Sostituzione del generatore

Le caldaie che servono ciascun palazzo sono risultate, dalle analisi energetiche condotte, essere piuttosto sovradimensionate. Il rendimento del generatore di calore è senz'altro accettabile e non si giustificerebbe la sostituzione del pezzo se l'eccessiva potenza non comportasse delle perdite d'energia notevoli. Le soluzioni proposte riguardano due tipologie di caldaia: una a condensazione, l'altra a temperatura scorrevole.

La prima soluzione consiste nella sostituzione dell'attuale generatore con una caldaia a condensazione avente le caratteristiche riportate in Tabella 5

Generatore	rendimento a 35°C	
caldaia condensaz. potenza max 120 kW	pieno carico	carico parziale
	102.8%	107.80%
potenza minima 30 kW	rendimento a 60°C	
	pieno carico	carico parziale
	97.4%	97%
	rendimento a 70°C	
	pieno carico	carico parziale
	95.4%	95%
	perdite	
	mantello	camino bruciatori spenti
	2%	0.10%

Tabella 5. Caratteristiche della caldaia a condensazione

³² Per semplicità nel prosieguo della trattazione le soluzioni proposte verranno identificate dalla trasmittanza del componente, pertanto si chiameranno rispettivamente: Infisso 2.4 infisso 1.58 infisso 1.

Per attuare la prima soluzione è necessario operare nel seguente modo:

- adeguamento dell'impianto: verifica della compatibilità del camino ed eventuale realizzazione di opere accessorie per lo smaltimento dei condensati: essendo la caldaia alloggiata sul tetto in un apposito locale tale operazione risulta poco onerosa;
- bonifica dell'impianto esistente
- installazione della caldaia;
- sostituzione del sistema di pompaggio.

I costi totali della prima soluzione sono riportati in Tabella 6

dispositivo o azione	per il palazzo [€]
Risanamento impianto	5400
Caldaia a condensazione	14400
Adeguamento canna fumaria	1000
impianto di pompaggio	3000
totale	23800

Tabella 6. Costi per la sostituzione del generatore attuale con una caldaia a condensazione

La gestione di un tale tipo d'impianto comporterà spese di manutenzione più ingenti rispetto a quelle relative all'attuale caldaia. La differenza dei costi di gestione è quantificabile in 500 euro annui in più per ogni nuovo generatore installato.

La seconda soluzione consiste sempre nella sostituzione dell'attuale generatore ma con una caldaia a temperatura scorrevole. Questo tipo di dispositivo è caratterizzato dal fatto di poter adeguare la produzione di calore all'esatta richiesta. I rendimenti sono inferiori rispetto alla caldaia a condensazione, ma superiori a quelli normalmente conseguibili con dispositivi di generazione tradizionali (Tabella 7). Altri vantaggi relativi a tale tipo di installazione sono: la buona compatibilità col sistema già esistente che si traduce in minori opere per l'adeguamento ed il costo decisamente inferiore della caldaia stessa rispetto a quella a condensazione.

Generatore	rendimento a 60°C	
caldaia temperatura scorrevole	pieno carico	carico parziale
potenza max 120 KW	91.3%	92.5%
	perdite	
potenza minima 30 kW	mantello	camino buciatori spenti
	1%	1%

Tabella 7. Caratteristiche della caldaia a temperatura scorrevole

Le operazioni per l'installazione della caldaia a temperatura scorrevole si riducono a:

- bonifica dell'impianto esistente
- installazione della caldaia;

I costi della seconda soluzione sono riassunti nella Tabella 8.

dispositivo o azione	per il palazzo [€]
Risanamento impianto	5400
Caldaia a temperatura scorrevole	6000
totale	11400

Tabella 8. Costi per l'attuazione della sostituzione del generatore con una caldaia a temperatura scorrevole

4.4.3 Isolamento interno ed esterno delle pareti verticali

Le dispersioni dovute ai componenti opachi, come già visto, s'attestano sul 37% del totale. Considerando le pareti verticali tale quota s'abbassa al 25%, pertanto si deduce che interventi a carico di tali elementi, anche molto consistenti, difficilmente potrebbero portare a risparmi energetici significativi. Si è provato ugualmente a esaminare soluzioni atte a ridurre la trasmittanza (anche del 70%) delle pareti esterne onde verificarne l'effettiva influenza sulle dispersioni totali.

La scelta è ricaduta su sistemi di rivestimento esterno di tipo cappotto, come quelli descritti nel secondo capitolo solo di maggior spessore, e su soluzioni di isolamento tramite controparete interna e pannelli di materiale isolante, come quelli spiegati nel terzo capitolo. Di seguito si riportano solo le tipologie scelte con i relativi costi, senza ripetere i particolari di posa in quanto già esposti precedentemente.

Per l'isolamento tramite controparete si è deciso di apporre il sistema isolante sulle chiusure verticali dei mini alloggi e della sala al piano terra: in questa configurazione l'intervento richiede 697 m² di pannelli. Si sono ipotizzate tre tipologie di controparete le cui caratteristiche fisiche ed i costi sono riportati in Tabella 9.

strato	spessore [cm]	densità [kg/m ³]	capacità termica [J/kgK]	conduttività [W/mK]	costo [€/m ²]	
					solo pannello	con mano d'opera
rivestimento						
Carton gesso	1.25	800	1000	0.21		
materiale isolante						
Lana di vetro	6	100	800	0.032	30.98	41.98
Polistirolo espanso	6	15	1220	0.043	17.60	29.70
Polistirene estruso	6	33	1340	0.034	21.45	35.20

Tabella 9. Interventi di isolamento sul lato interno delle pareti

Per quanto riguarda il rivestimento a cappotto si è deciso di agire sull'esterno delle stesse pareti descritte nell'intervento precedente. La superficie coinvolta per questa

seconda soluzione è di 859 m². Si sono considerati quattro rivestimenti che si differenziano tra loro Il tipo per lo spessore di materiale isolante coinvolto (Tabella 10).

strato rivestimento	spessore [cm]	densità [kg/m ³]	capacità termica [J/kgK]	conduttività [W/mK]	costo [€/m ²]	
					solo pannello	con mano d'opera
collante+rasatura materiale isolante	1	800	1000	0.21		
Polistirene + graffite	8	15	800	0.034	24.20	36.30
Polistirene + graffite	10	15	800	0.034	26.40	38.50
Polistirene + graffite	12	15	800	0.034	33.00	50.60
Polistirene + graffite	14	15	800	0.034	36.30	53.90

Tabella 10. Interventi d'isolamento sul lato esterno delle pareti

4.4.4 Risultati ottenuti con gli interventi proposti

I diversi interventi descritti nei sottoparagrafi precedenti sono stati applicati al palazzo 2 della residenza Golgi innanzitutto nella sua posizione geografica originale (città di Pavia). In Tabella 11 vengono riportati, per ogni soluzione, la percentuale d'energia risparmiata e, nel caso di intervento sull'involucro, i valori di trasmittanza raggiunti.

Intervento	Risparmio Trasmittanza	
	%	[W/m ² K]
finestre esistenti camere	---	5.79
finestra 2.4 solo camere	14.2%	2.4
finestra 1.58 solo camere	18.0%	1.58
finestra 1 solo camere	20.3%	1.08
finestre esistenti piano terra	---	3.52
finestra 2.4 camere e piano terra	17.8%	2.4
finestra 1.58 camere e piano terra	23.9%	1.58
finestra 1 camere e piano terra	27.6%	1.08
caldaia condensazione	13.1%	---
caldaia temperatura scorrevole	8.5%	---
muro esistente	---	0.6
pannello lana 6cm	3.5%	0.28
polistirene espanso 6cm	2.9%	0.33
polistirene estruso 6cm	3.4%	0.29
cappotto 8 cm IR	3.5%	0.25
cappotto 10 cm IR	4.0%	0.22
cappotto 12 cm IR	4.4%	0.19
cappotto 14 cm IR	4.7%	0.17

Tabella 11. Risparmio conseguibile con i diversi interventi.

Ad una prima analisi dei risultati conseguiti si nota immediatamente che gli interventi a carico delle pareti perimetrali, pur abbattendo le trasmittanze dal 50 al 75% e rientrando tutte nei limiti di legge [2] [3] per ottenere gli incentivi di cui già detto nei precedenti capitoli (Figura 21), consentono dei risparmi percentuali inferiori al 5%.

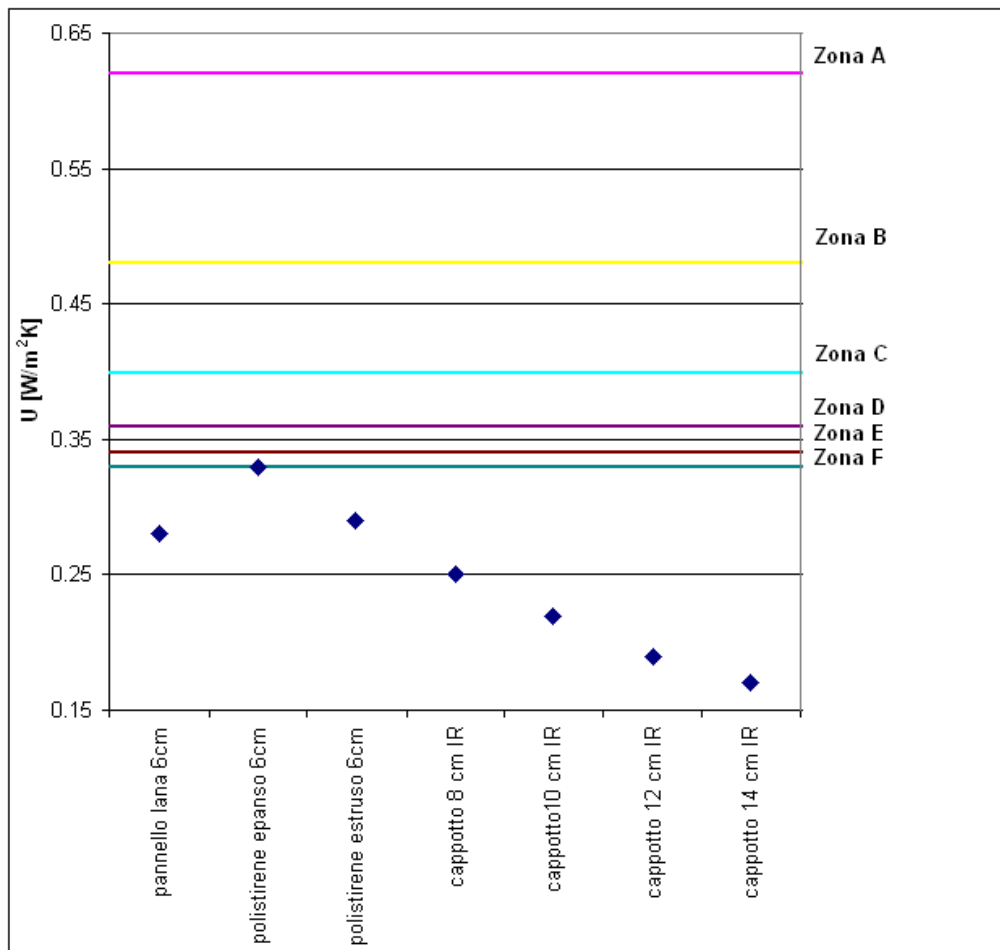


Figura 21. Trasmittanze delle pareti verticali esterne in funzione delle soluzioni proposte e limiti di legge per ottenere l'incentivo statale.

Considerando che i consumi di partenza sono già piuttosto contenuti s'intuisce già come tali interventi appaiano poco efficaci. Al contrario le soluzioni riguardanti i componenti trasparenti e l'impianto permettono di arrivare a risparmi anche superiori al 20%, pur non sempre rientrando, per ogni zona climatica, nei limiti di legge per ottenere gli incentivi attualmente previsti (Figura 22 [2] [3])

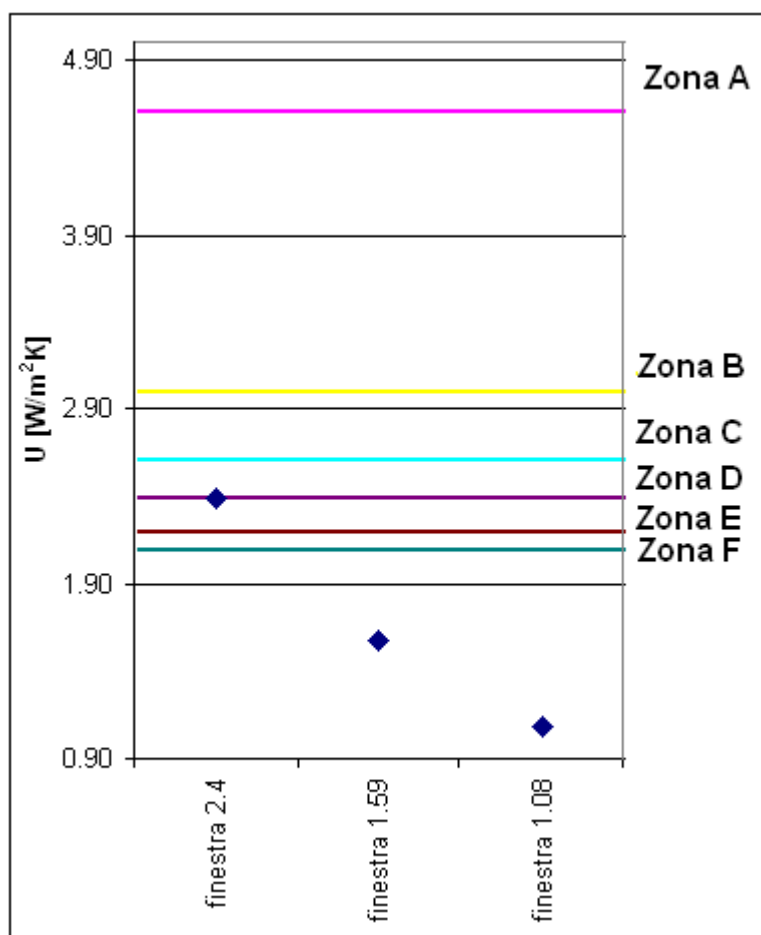


Figura 22. Trasmittanze dei componenti finestrati e limiti di legge per ottenere gli incentivi.

Le precedenti osservazioni sui possibili abbattimenti del fabbisogno energetico, legati ai diversi interventi, risultano ancora più evidenti se si analizza l'andamento dei consumi espressi in kWh/m² anno (Figura 23³³).

Visti i bassi risparmi conseguibili con gli interventi sulle pareti esterne, nelle simulazioni riguardanti le altre città campione sono stati considerati solo quelli a carico dei componenti finestrati e del generatore di calore. In Figura 24 vengono riportati i risultati in termini di consumi espressi in kWh/m²anno per tali città.

³³ Si ribadisce che gli interventi a carico dei componenti finestrati sono stati ipotizzati in due configurazioni: nella prima le sostituzioni riguardano solo le finestre dei soli alloggi (nelle figure sono stati indicati come "finestra valore della trasmittanza solo camere") nella seconda riguardano sia gli elementi trasparenti suddetti che quelli presenti al piano terra (nelle figure sono indicati come "finestre valore della trasmittanza")

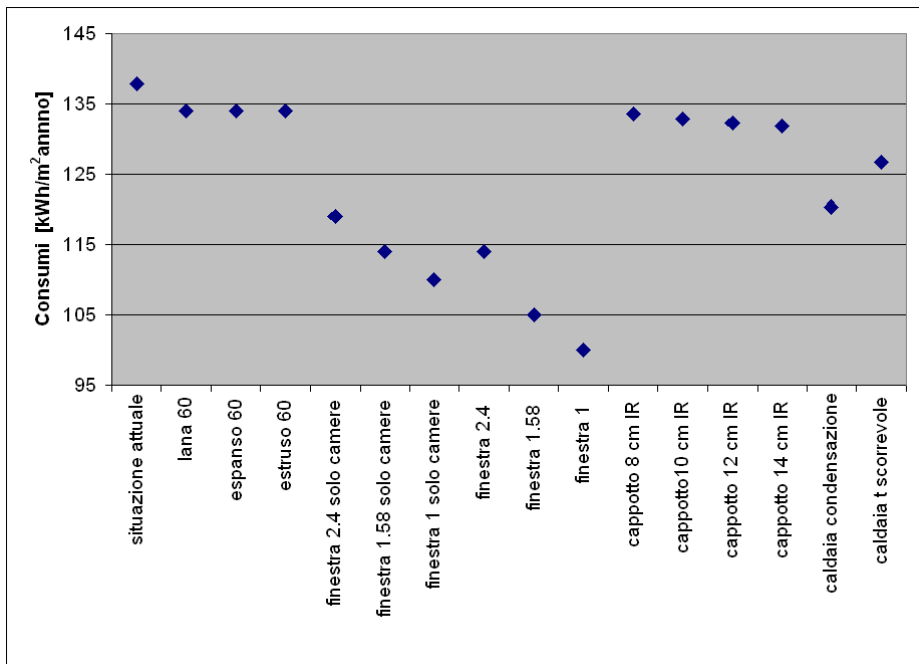


Figura 23. Andamento dei consumi in funzione degli interventi

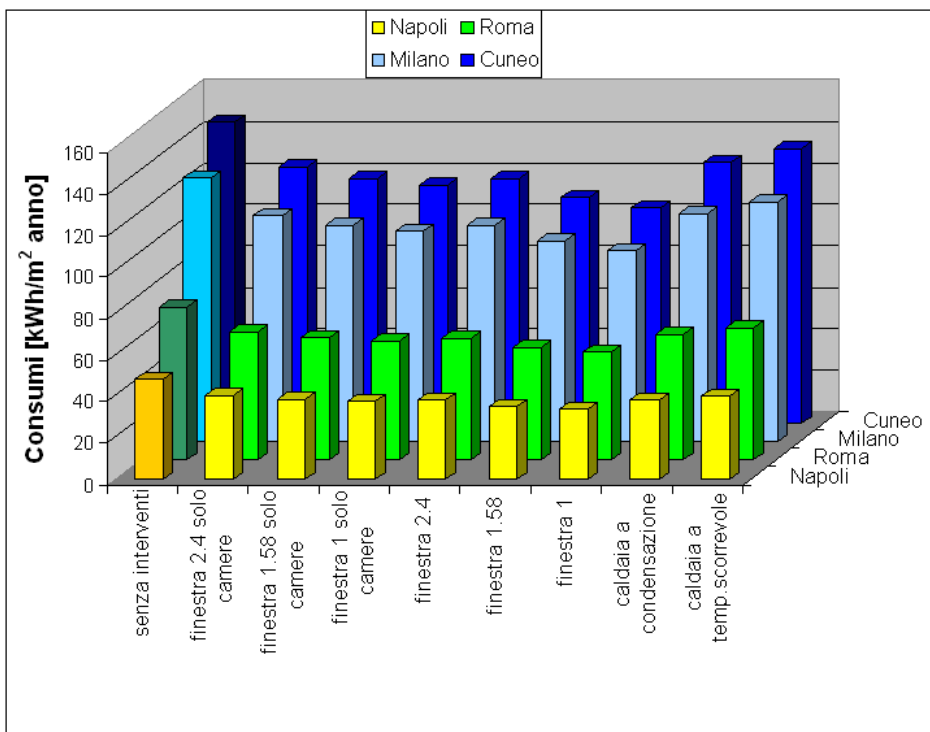


Figura 24. Consumi nelle città campione in seguito agli interventi

4.5 VALUTAZIONI ECONOMICHE

Come per i precedenti casi di studio la classificazione della convenienza degli interventi è stata fatta in funzione di una valutazione economica. Anche questa volta è stato calcolato l'importo dell'intera realizzazione, comprensivo di esecuzione dei lavori. In questa valutazione, essendo il complesso gestito da un ente statale, i parametri economici che sono stati considerati sono il Net Present Value (valore attualizzato netto) ed il Pay Back Time (tempi di ritorno dell'investimento)³⁴. Come nei casi precedenti i calcoli sono stati eseguiti considerando la spesa complessiva dei singoli interventi e traducendo in flussi di cassa il risparmio d'energia ed essi legato. L'orizzonte temporale scelto per le valutazioni è di 25 anni per le soluzioni a carico dell'involucro e di 15 per quelle riguardanti il sistema di riscaldamento; tali periodi sono compatibili con la durata media degli interventi proposti. Il costo del metano di partenza è stato fissato pari a 0.43 €/m³, mentre il tasso d'attualizzazione del capitale e l'incremento del costo del combustibile son stati posti rispettivamente pari al 4 ed al 7%³⁵. Un primo calcolo della convenienza delle soluzioni proposte (anche quelle meno efficienti, cioè a carico delle pareti) è stato eseguito per il clima della città di Pavia (Figura 25 e Tabella 12).

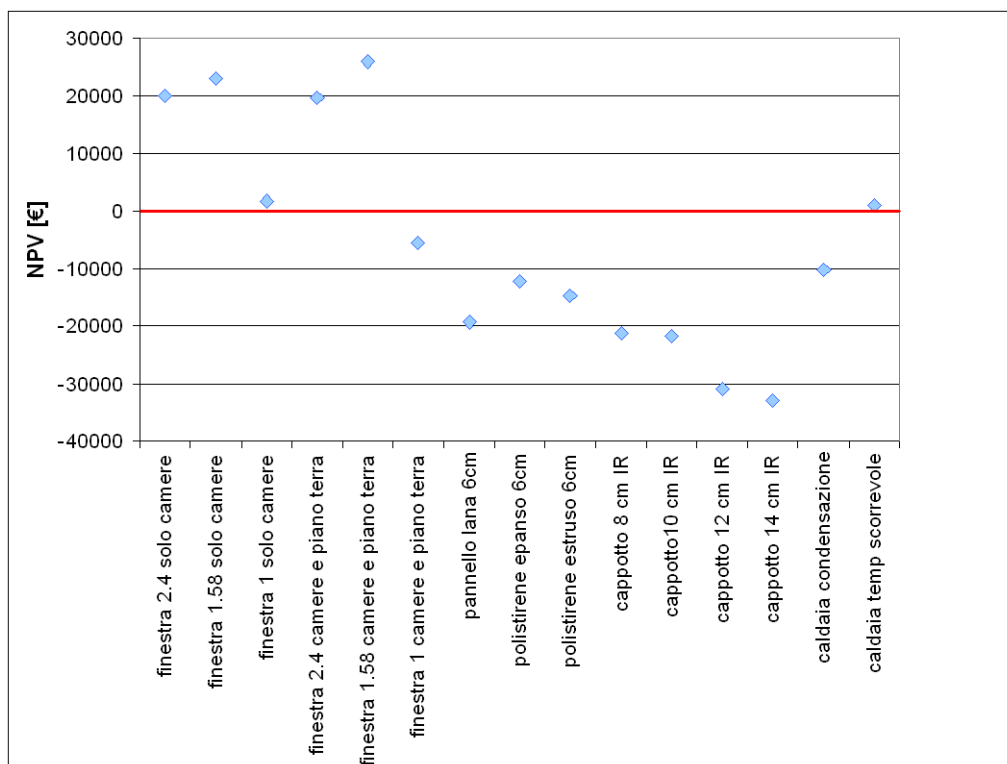


Figura 25. NPV di tutti gli interventi per il clima pavese.

³⁴ Per la definizione dei due indici, vedere capitolo 1 Introduzione Prima Parte, Paragrafo numero 1.3

³⁵ Il costo del metano ed il tasso d'attualizzazione del capitale sono riferiti al 2007. Per quanto riguarda il tasso d'attualizzazione si è fatto riferimento al rendimento dei titoli di Stato [4]. L'incremento del prezzo del combustibile è stato dedotto dalla media degli aumenti percentuali del costo del metano nell'area europea degli ultimi 10 anni [5]. Il costo del metano, infine, è tratto dai valori riportati nelle bollette.

città di Pavia interventi	PBT anni
finestra 2.4 solo camere	15
finestra 1.58 solo camere	16
finestra 1 solo camere	25
finestra 2.4 camere e piano terra	18
finestra 1.58 camere e piano terra	18
finestra 1 camere e piano terra	27
pannello lana 6cm	>30
polistirene espanso 6cm	>30
polistirene estruso 6cm	>30
cappotto 8 cm IR	>30
cappotto 10 cm IR	>30
cappotto 12 cm IR	>30
cappotto 14 cm IR	>30
caldaia condensazione	22
caldaia temp scorrevole	14

Tabella 12. Valutazione del PBT per i diversi interventi

Osservando la tabella ed il grafico precedenti si nota immediatamente che tutti gli interventi a carico delle pareti perimetrali risultano non essere convenienti non solo sull'orizzonte temporale scelto, di 25 anni, ma anche considerando periodi d'ammortamento più estesi. In effetti le basse prestazioni, in termini di percentuale di energia risparmiabile, descritte nel precedente paragrafo facevano già presagire tale risultato. Invece la sostituzione dei vetri, sia nelle camere che al piano terra, appare una soluzione conveniente, con tempi di ritorno assai contenuti, tranne per quanto riguarda l'apposizione di vetri tripli. Infine la sostituzione del generatore è economicamente giustificabile solo qualora si scelga la caldaia a temperatura scorrevole. I migliori rendimenti della caldaia a condensazione ed il maggior risparmio energetico ad essi legato non sono sufficienti a controbilanciare, nell'orizzonte dei 15 anni considerato, il costo del macchinario e le spese iniziali per l'adeguamento del sistema.

Per quanto detto sopra, per le altre città campione si è preferito analizzare solo l'opportunità economica delle soluzioni a carico delle finestre e del generatore di calore. I risultati di questi ulteriori studi sono riportati, per quanto riguarda l'indice NPV, nella Figura 26 e nella Figura 27, mentre, per quanto riguarda il PBT, nella Tabella 13.

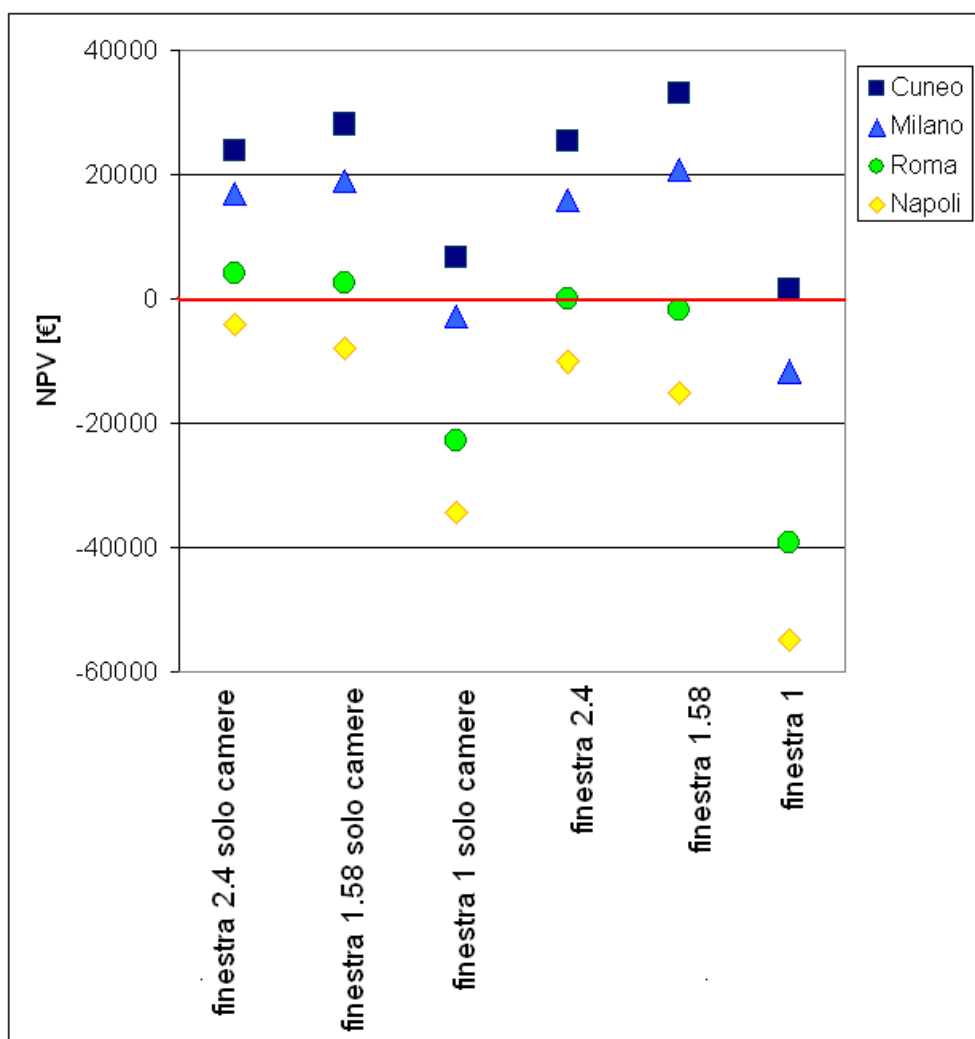


Figura 26. Andamento dell'indice NPV per gli interventi sui componenti finestrati per le città campione

PBT senza incentivi	Cuneo	Milano	Roma	Napoli
finestra 2.4 solo camere	14	16	22	30
finestra 1.58 solo camere	15	17	24	>30
finestra 1 solo camere	24	26	>30	>30
finestra 2.4	16	19	25	>30
finestra 1.58	17	19	26	>30
finestra 1	25	28	>30	>30
caldaia a condensazione	21	23	29	>30
caldaia a temp scorrevole	14	15	17	19

Tabella 13. Valore del PBT (espresso in anni) per tutte le soluzioni simulate nelle città campione.

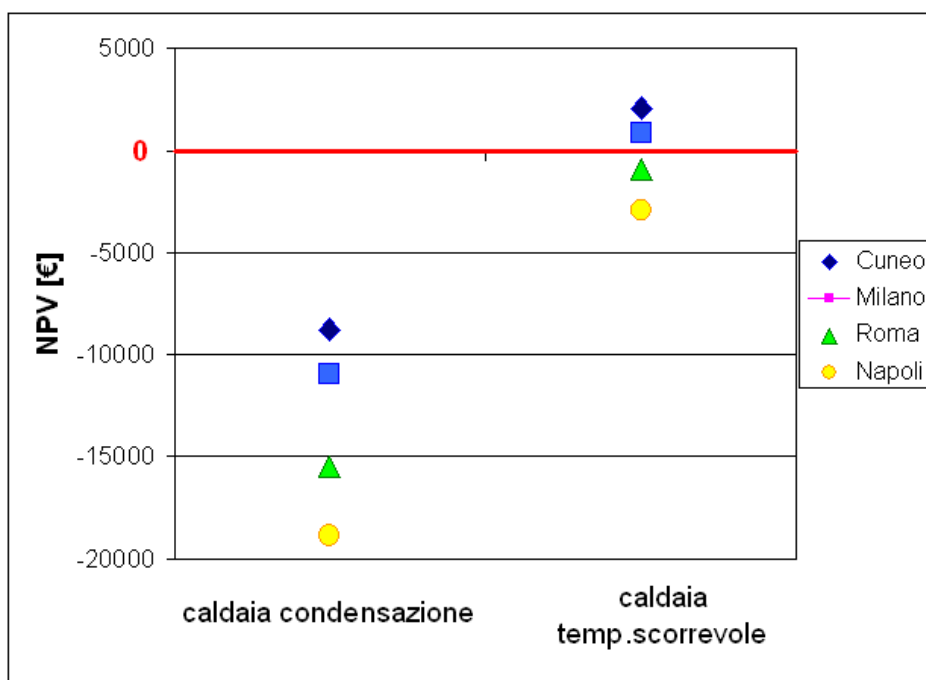


Figura 27. NPV, per le città campione, relativo alla sostituzione della caldaia.

Analizzando i grafici e la tabella precedenti si può notare che la sostituzione dei vetri singoli con sistemi vetro camera non trattati o basso-emissivi risulta conveniente per le zone termiche dalla F alla C. Per quanto riguarda, invece, l'intervento a carico dei componenti vetrati situati sia negli alloggi che al piano terreno, si può notare che questo risulta economicamente accettabile solo per le zone F ed E. Anche la sostituzione del generatore di calore con una caldaia a temperatura scorrevole appare giustificata unicamente per le due zone termiche testé menzionate, mentre l'installazione di una caldaia a condensazione risulta sempre antieconomica. Di seguito, in Tabella 14, si riporta la classifica della convenienza determinata in base all'indice NPV.

Intervento	città			
	Cuneo	Milano	Roma	Napoli
zona climatica	F	E	C	D
Intervento	ordine di convenienza			
finestra 2.4 solo camere	4	3	1	anti
finestra 1.58 solo camere	2	2	2	anti
finestra 1 solo camere	5	anti	anti	anti
finestra 2.4	3	4	3	anti
finestra 1.58	1	1	anti	anti
finestra 1	7	anti	anti	anti
caldaia a condensazione	anti	anti	anti	anti
caldaia a temp scorrevole	6	5	anti	anti

Tabella 14. Ordine di convenienza dei diversi interventi ("anti" significa anti-economico sull'orizzonte temporale considerato)

4.6 INCENTIVI ECONOMICI E CONSIDERAZIONI FINALI

Anche in questo caso si sono voluti considerare gli effetti sulle valutazioni o dell'attuale sistema d'incentivazione, che, come già detto, permette una detrazione fiscale delle spese sostenute fino al 55% dell'importo lordo.

Sono stati considerati solo gli interventi a carico dei vetri, sia perché le trasmittanze degli elementi rientrano quasi sempre nei limiti per l'applicabilità di detti incentivi (come già fatto notare nel sotto paragrafo 4.4.4), sia perché i risparmi energetici conseguibili sono rilevanti. Il calcolo degli indici NPV e PBT è stato nuovamente effettuato, relativamente agli investimenti legati a dette soluzioni, tenendo conto dell'incentivo attualmente previsto (Figura 28 Tabella 15).

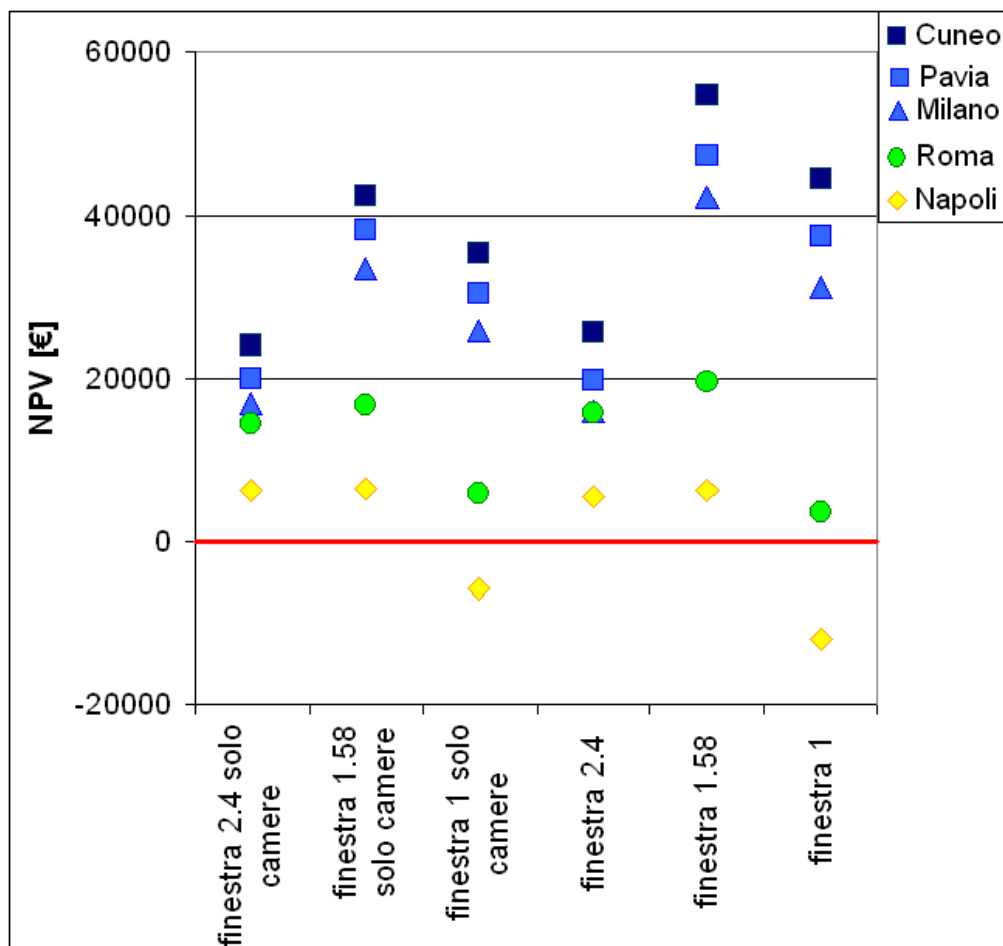


Figura 28. Andamento dell'indice NPV nel caso vengano applicate le attuali forma d'incentivazione.

Intervento	PBT									
	Cuneo		Pavia		Milano		Roma		Napoli	
	Incentivo									
	NO	SI'	NO	SI'	NO	SI'	NO	SI'	NO	SI'
finestra 2.4 solo camere	14	-	15	-	16	-	22	13	30	18
finestra 1.58 solo camere	15	8	16	9	17	10	24	14	>30	19
finestra 1 solo camere	24	14	25	15	26	16	>30	22	>30	30
finestra 2.4	16	-	18	-	19	-	25	15	>30	20
finestra 1.58	17	9	18	10	19	11	26	15	>30	21
finestra 1	25	15	27	16	28	17	>30	24	>30	>30

Tabella 15. Confronto tra i valori del PBT con e senza incentivo

Le osservazioni che possono essere tratte dai risultati, riportati nella figura e nella tabella soprastanti, rafforzano le critiche mosse in occasione delle analisi economiche effettuate nei due precedenti capitoli. Confrontando, infatti, gli andamenti dell'indice NPV della Figura 28 della Figura 26 e della Figura 25 si nota, ancora una volta, come il sistema attuale d'incentivazione porti all'aumento fittizio della convenienza di alcuni interventi a discapito di soluzioni effettivamente più redditizie. Quasi tutti gli interventi di sostituzione dei componenti vetrati diventano convenienti per tutte le zone termiche. Si fa notare, a titolo d'esempio ciò che accade, per la zona termica F, nel caso di apposizione di vetri tripli (in figura denominate finestre 1) o di vetri doppi non trattati (in figura indicati come finestre 2.4) sia negli alloggi che al piano terra. In assenza d'incentivazione la seconda ipotesi origina risparmi energetici più che sufficienti per giustificare la spesa e quindi l'intervento risulta uno dei più convenienti. Tale soluzione, però, non può avvalersi degli sgravi fiscali attualmente previsti. Viceversa l'apposizione di vetri tripli non comporta un risparmio energetico tale da giustificare l'investimento. Tuttavia, dati i valori di trasmittanza raggiunti, può avvalersi degli sgravi fiscali al 55%. In tal caso l'investimento passa dal non riuscire neppure a venire ammortizzato, all'essere uno dei più vantaggiosi e sicuramente ad essere più conveniente della soluzione precedentemente menzionata. Ovviamente il disavanzo tra la resa economica reale, legata al vero rapporto costi benefici, e quella generata dal sistema d'incentivazione risulterà a carico della comunità. Si fa notare, inoltre, come nelle zone climatiche C e D quasi tutti gli interventi, in origine decisamente anti-economici, diventino redditizi grazie agli aiuti statali. Anche il caso analizzato, dunque, sprona alla variazione degli attuali mezzi d'incentivazione ed alla loro sostituzione con sistemi, come quello proposto nei precedenti capitoli, più attenti al reale rapporto costi benefici degli interventi di ristrutturazione energetica.

4.7 BIBLIOGRAFIA

- [1] I. Montagnana, "Interventi per la riqualificazione energetica degli edifici: applicazione al caso di residenze universitarie", tesi di laurea specialistica in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio, Università degli Studi di Pavia, a.a. 2007-2008, Relatore: Prof. Ing. A. Magrini.
- [2] Decreto del Ministero dell'Economia e delle Finanze 7 aprile 2008 recante "Disposizioni in materia di detrazione per le spese di riqualificazione

energetica del patrimonio edilizio esistente, ai sensi dell'articolo 1, comma 349, della legge 27 dicembre 2006, nr. 296".

- [3] Decreto Ministeriale 11 Marzo 2008 - Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296. (pubblicato su Gazzetta Ufficiale n. 66 del 18-3-2008)
- [4] Banca d'Italia, Prezzi e tassi di rendimento BOT annuali, anno 2007, documento 12-11-2007
http://www.bancaditalia.it/banca_mercati/operazioni/titoli/tassi/bot_ann
- [5] <http://www.autorita.energia.it/dati/gp32.htm> Variazione dei prezzi del gas nei principali paesi europei: area euro.

SECONDA PARTE

CAPITOLO 5 INTRODUZIONE

SECONDA PARTE

Nella precedente sezione sono state analizzate alcune tipologie d'intervento che possono essere proficuamente applicate ad un certo tipo di costruzioni. Lo studio è stato condotto considerando degli esempi di edilizia comune tra gli anni '50 ed '80. Dalla ricerca effettuata sono emersi anche dei criteri di giudizio che possono venir utilizzati in generale quando si debbano affrontare degli interventi di ristrutturazione energetica. Nello studio si è notato come il variare di alcuni parametri possa far variare anche la convenienza degli interventi e come sia vantaggioso condurre le analisi preliminari sulla base dei consumi reali. Proprio dalle analisi condotte per individuare alcuni archetipi di modi di costruire scaturisce la consapevolezza di una realtà edilizia italiana variegata. Sempre grazie allo studio della prima sezione si è potuta sperimentare la difficoltà di reperire i dati reali delle stratigrafie, dei consumi e delle caratteristiche principali degli impianti. Per poter attuare delle politiche attente al risparmio energetico è imprescindibile, allora, una maggiore conoscenza del parco edilizio del territorio sia dal punto di vista del reale utilizzo d'energia che della composizione dell'involucro e degli impianti.

In questa seconda parte del lavoro ci si è posti proprio lo scopo di approfondire il tema della situazione energetica del parco edilizio esistente e della possibilità di coinvolgere sempre di più i cittadini nelle tematiche ad essa legate. Una maggior conoscenza del comportamento energetico della variegata realtà del costruito permette di poter

ampliare ed estendere quelle analisi sulle strategie d'intervento strutturale ed economico, viste nella precedente parte. Inoltre il coinvolgimento dei cittadini nel processo d'apprendimento dei reali consumi e delle caratteristiche energeticamente salienti delle abitazioni contribuisce in maniera sostanziale alla riuscita di politiche di risparmio. La formazione degli abitanti è condicio sine qua non per ottenere azioni concrete sia di ristrutturazione energeticamente sostenibile, sia di lancio di un mercato edilizio di maggior qualità ed improntato all'efficienza. Il risparmio è un bene che si ripercuote immediatamente sull'economia delle famiglie, pertanto è necessario che da esse venga perseguito. Un compito fondamentale delle istituzioni e di chi è in possesso di conoscenze nel settore, è quello di portare al maggior numero di persone possibile le informazioni necessarie per consentire a ciascuno di migliorare l'efficienza della propria abitazione e quindi l'efficienza globale dell'impiego delle risorse primarie. Regole, incentivi, limiti, se non spiegati o non pubblicizzati a sufficienza rischiano di venire malamente subiti e quindi o aggirati e sfruttati in maniera truffaldina, o, nel miglior dei casi, esser applicati poco efficacemente.

A livello internazionale e nazionale tali esigenze ultimamente sono sentite. La necessità di riqualificare il costruito, di avere nuovi edifici sempre meno disperdenti e la contemporanea formazione di una coscienza dei singoli individui alle problematiche dell'efficienza energetica è riconosciuta un passo fondamentale nello scenario globale d un progresso sostenibile. La Comunità Europea con la direttiva 2002/91/CE avente come oggetto il rendimento energetico degli edifici, propone per i propri Stati membri un primo strumento di verifica, la certificazione energetica, che dovrebbe dare proprio ai comuni cittadini un mezzo per poter valutare le costruzioni sulla base del rendimento energetico di queste (art.7 comma 2). Il certificato, in analogia con quanto già avviene da molti anni per gli elettrodomestici, consente il paragone tra i diversi immobili tramite un indice di fabbisogno d'energia determinato sulla base di un calcolo standardizzato. La certificazione viene applicata non soltanto ai nuovi edifici, ma anche a quelli esistenti. Lo strumento dovrebbe spingere il mercato in un circolo virtuoso che premi le abitazioni maggiormente efficienti. Tra gli intenti espressi nella direttiva vi sono anche chiari riferimenti alla formazione ed informazione dei cittadini che, attraverso campagne apposite, dovrebbero non solo venire a conoscenza dello strumento, ma soprattutto dei sistemi per migliorare l'efficienza degli immobili (art.12). In Italia la direttiva sta venendo recepita a livello di Regioni solo ultimamente e la tendenza pare quella di estendere alla certificazione il compito sia di fungere da base per una raccolta dati sui consumi delle diverse abitazioni, sia da strumento per l'informazione dei cittadini. Sebbene la Direttiva 2006/32/CE ammetta la possibilità di utilizzare la certificazione come sistema per la diagnosi, si fa notare che, per gli edifici esistenti, dove i dati a disposizione dei certificatori sono spesso lacunosi, i risultati del calcolo in genere non rispecchiano quelli che potrebbero scaturire da una reale diagnosi. Il motivo della discrepanza è il frutto della crasi tra il postulato base della certificazione, calcolo del consumo legato ad un utilizzo standardizzato dell'abitazione, e la scarsa aderenza delle informazioni recuperate con la realtà fisica dell'edificio. La recente norma UNI/TS 11300 [1], [2] fa distinzione tra valutazioni standard del comportamento degli edifici e calcolo dei consumi derivanti da condizioni d'esercizio, ciò a sottolineare che la differenza tra i due casi è consistente.

Nel prossimo capitolo verrà analizzato lo strumento di certificazione energetica nel caso d'applicazione più diffuso in Italia, vale a dire in Regione Lombardia. In tale parte verranno descritte delle analisi condotte sullo strumento che mettono in evidenza alcune criticità sia sulla possibilità di estendere il significato della certificazione a

sistema per la raccolta dati dei consumi o per l'informazione specifica dei comuni cittadini. In tale contesto si evidenzierà anche come la sola certificazione pare non essere sufficiente per promuovere il mercato delle abitazioni efficienti, seppur rappresenti comunque un importante passo avanti. Nel capitolo successivo, invece, verrà descritto un metodo appositamente studiato proprio per eseguire delle campagne di censimento del comportamento energetico degli immobili. Il metodo, peraltro, persegue il doppio scopo sia di raccogliere le importanti informazioni relative ai consumi reali ed alle caratteristiche più importanti degli edifici, ma anche, tramite il coinvolgimento dei cittadini, alla formazione degli stessi sull'importante tema dell'efficienza energetica in edilizia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNI/TS 11300-1:2008: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- [2] UNI/TS 11300-2:2008: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

CAPITOLO 6 LA CERTIFICAZIONE ENERGETICA

In questo capitolo ci si è occupati di analizzare l'efficacia della certificazione energetica in Italia relativamente alla sua capacità di essere strumento atto a spingere il mercato degli immobili verso classi d'eccellenza, a fotografare l'attuale situazione del parco edilizio e contribuire a formare una coscienza civica sul risparmio energetico, ed al contempo essere uno strumento di facile applicazione. Lo studio è stato svolto sull'unica Regione, la Lombardia, che ha reso obbligatoria ed attiva da più di un anno la certificazione sul proprio territorio e che può vantare la redazione di decine di migliaia di attestati già nel primo anno d'applicazione.

6.1 CERTIFICAZIONE DEGLI ELETTRODOMESTICI E DEGLI IMMOBILI

Da oltre quindici anni l'efficienza energetica è un parametro che influenza pesantemente il mercato degli elettrodomestici. Con la direttiva 92/75/CE è stato introdotto uno strumento, l'etichetta energetica, che mette in grado l'acquirente di valutare con semplicità la bontà di un apparecchio rispetto ad un altro. Tale strumento riporta diverse informazioni di facile comprensione: alcune di carattere energetico altre necessarie per identificare il pezzo acquistato ed altre ancora su aspetti più generali di sostenibilità ambientale. Tra le informazioni energetiche riportate sull'etichetta si trovano sempre: l'indicazione dell'efficienza (classe energetica), il calcolo del

consumo d'energia annuale, (entrambi valutati su un utilizzo standard dell'apparecchio) e la potenza impegnata. L'etichetta energetica, ed in particolare proprio la classe energetica, ha influenzato largamente l'andamento delle vendite degli elettrodomestici, innescando un circolo virtuoso che ha portato da un lato ad uno sviluppo, da parte dei produttori, di tecnologie sempre più efficienti, dall'altro ad una maggiore consapevolezza, da parte degli acquirenti, sui risparmi di energia ottenibili ed una conseguente propensione all'acquisto degli elettrodomestici in classi d'eccellenza. Il frutto della sinergia tra domanda consapevole ed esigente e libero mercato ha portato all'ideazione e commercializzazione di tecnologie sempre più efficienti a discapito di quelle più arretrate. Tale circolo virtuoso ha fatto sì che sparissero dal mercato gli elettrodomestici meno efficienti in favore di quelli con rendimento migliore. Si ricorda, a titolo d'esempio, che nel 2002 l'associazione CECED, la quale raggruppa i maggiori costruttori di elettrodomestici, stipulò un accordo volontario per l'efficienza energetica. Tale accordo prevedeva, tra l'altro, che dal 2004 le ditte associate non producessero più frigoriferi in classe C e lavatrici e lavastoviglie rispettivamente in classe D ed E [1]. In Italia la legge 24 dicembre 2007 n. 244 "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato" sancisce che dal 2010 sarà vietata la commercializzazione di elettrodomestici appartenenti alle classi energetiche inferiori alla A.

La certificazione energetica degli edifici nasce proprio dall'idea di proporre uno strumento socio economico che indirizzi il mercato dell'edilizia sulla falsa riga di quello degli elettrodomestici, nella speranza di poter ricalcare gli stessi successi sia in termini d'incremento d'efficienza sia di responsabilizzazione e consapevolezza della popolazione sul tema del consumo – risparmio energetico. In quest'ottica l'abitazione, considerata un'unione tra involucro edilizio ed impianti di climatizzazione, viene proposta come un sistema, che assorbe risorse primarie per garantire il benessere termico interno, caratterizzato da un certo grado d'efficienza. A livello europeo è la direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico nell'edilizia che impone ai paesi membri l'adozione di detto strumento per le nuove costruzioni e le ristrutturazioni importanti. La certificazione energetica, sempre secondo la direttiva 2002/91/CE, deve essere redatta da appositi esperti indipendenti (art.10) sulla base di una metodologia di calcolo decisa a livello o del singolo stato o della singola regione (art.3). Il documento prodotto dal processo è l'attestato di certificazione energetica, nel quale devono essere riportati: il rendimento dell'edificio, dei valori di riferimento (per favorire la comprensione dei dati di consumo ed il raffronto con altri immobili) inoltre raccomandazioni per conseguire maggiori efficienze (art .7). In molti stati della Comunità Europea ed in particolar modo in Italia, proprio per sfruttare il cammino d'informazione già compiuto, l'attestato di certificazione degli edifici presenta un'etichetta energetica con una veste grafica analoga a quella degli elettrodomestici.

6.2 LA CERTIFICAZIONE IN ITALIA

In Italia la certificazione energetica vide i propri natali con la LEGGE 9 gennaio 1991, n. 10 "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." (Suppl. Ordinario n. 6) che, all'articolo 30, comma 1 riporta "Entro 90 giorni dalla data d'entrata in vigore della presente legge con decreto del Presidente della Repubblica ...sono emanate norme per la certificazione energetica degli edifici. Tale

decreto individua tra l'altro i soggetti abilitati alla certificazione.” Inoltre il comma 2 riporta: "Nei casi di compravendita o locazione il certificato di collaudo e la certificazione energetica devono essere portati a conoscenza dell'acquirente o del locatario dell'intero immobile o della singola unità immobiliare". Se si considera l'anno promulgazione della direttiva europea 2002/91/CE che sancisce l'obbligo d'adozione da parte degli stati di detto strumento si può notare come l'Italia fosse all'avanguardia, almeno sul piano ideale, rispetto alla Comunità Europea, nell'ambito del risparmio e, più in generale, della salvaguardia dell'ambiente. La mancata emanazione in tempi accettabili dei decreti attuativi decretò il fallimento perlomeno parziale dell'impianto legislativo e quindi anche della certificazione energetica che, di fatto, rimase sempre uno strumento in potenza e mai in atto.

Con il decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia corretta dal decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311 il discorso della certificazione venne riproposto in aderenza con quanto prescritto dalla direttiva. Ancora una volta, tuttavia, la traduzione degli intenti in strumento applicativo venne demandata ad appositi decreti, da emanarsi entro un anno dall'entrata in vigore della legge 192. Solo ultimamente, vale a dire a luglio 2008 con la pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale del decreto legislativo 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" a livello nazionale son state emanate indicazioni operative riguardanti la certificazione che chiedono a quelle Regioni che non l'abbiano ancora fatto, di sviluppare strumenti in aderenza alle UNI - TS 11300 [2] [3].

La Lombardia, un anno prima dell'uscita della legge precedentemente citata, precisamente nel Luglio 2007, decise di dare attuazione alla direttiva comunitaria 2002/91/CE avvalendosi della riforma del Titolo Quinto della Costituzione [4] e di sopperire al vuoto normativo riguardante la certificazione con leggi regionali. La Lombardia fu la prima Regione a rendere, sul proprio territorio, concretamente obbligatorio lo strumento. Molte altre Regioni hanno legiferato in tal senso, ma i regolamenti attuativi stanno venendo emanati solamente in questi ultimi mesi. La Lombardia, in un anno d'applicazione della legge, vanta già la presenza di decine di migliaia di attestati [5] e si pone, per quantità di immobili certificati come capostipite ed esempio dell'esperienza della certificazione in Italia. L'importata esperienza del Territorio anzidetto sicuramente influenzerà le scelte di altre Regioni italiane.

6.3 LA CERTIFICAZIONE APPLICATA: REGIONE LOMBARDIA

Il Decreto 5018/2007 della Regione Lombardia e le sue successive modifiche ed integrazioni impongono l'obbligo di certificare non solamente tutte le nuove abitazioni realizzate dal settembre 2007 ma anche tutti gli edifici oggetto di compravendita o di locazione, indipendentemente dall'anno di costruzione di questi. Il decreto regionale si accompagna ad una metodologia di calcolo sviluppata sulla base delle norme UNI, su alcune indicazioni del Comitato Termotecnico Italiano (CTI) e su alcune semplificazioni adottate a livello locale. Tale metodologia, contenuta nel Decreto 15833 (modifica dell'allegato "E"), è implementata nel software CENED, sviluppato in collaborazione con l'Istituto per le Tecnologie della Costruzione del CNR (ITC - S.Giuliano Milanese) [6]. Le classi energetiche nelle quali possono rientrare gli edifici sono 8, ciascuna identificata da un intervallo di valori di un indice denominato E_{PH} .

Tale indice, misurato in kWh d'energia consumata annualmente per metro quadrato di superficie utile, attualmente dà conto di un calcolo semplificato dei consumi di energia primaria necessaria per il solo riscaldamento dello stabile, utilizzato in maniera standard. In generale, tutte le metodologie di certificazione energetica, compresa quella della Lombardia, considerano un utilizzo standard delle abitazioni, vale a dire che non danno conto delle reali abitudini degli occupanti, bensì sanciscono alcune condizioni al contorno fisse per tutti gli edifici. Ad esempio, la norma UNI – TS 11300 parte prima, come pure il metodo di calcolo lombardo, ai fini della certificazione considera che la temperatura degli ambienti interni venga mantenuta costantemente a 20°C, inoltre non consente di scorporare dal volume scaldato quello relativo a locali raggiunti dall'impianto, anche se di fatto questo non vengono riscaldati. La legge lombarda, inoltre, impone di effettuare le valutazioni delle dispersioni utilizzando un numero di ricambi d'aria interna fisso, indipendentemente dalle reali condizioni di ventilazione.

La veste grafica dell'etichetta energetica che accompagna il certificato richiama da vicino quella degli elettrodomestici come pure la nomenclatura delle classi d'efficienza (Figura 1)

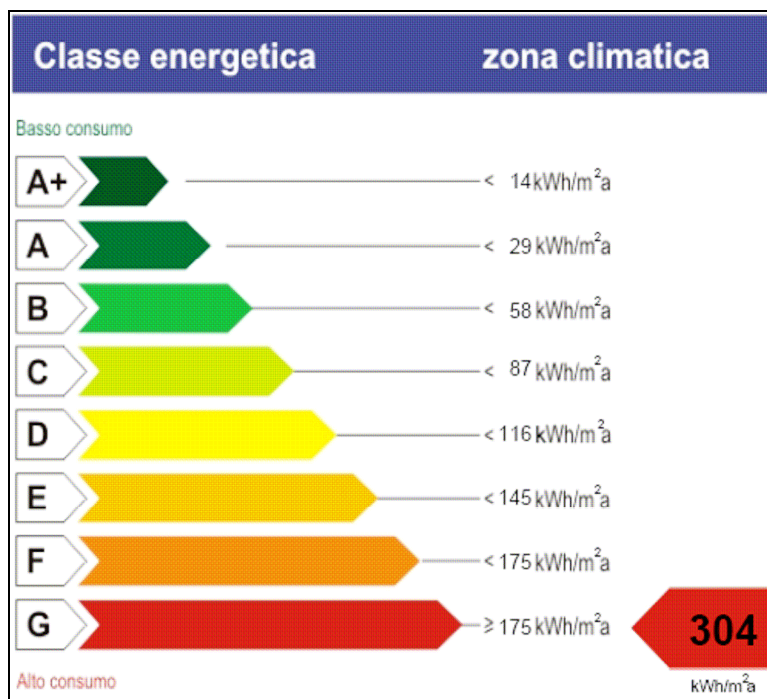


Figura 1. Etichetta energetica edifici

Attualmente la Regione Lombardia ha adottato il software CENED quale unico³⁶ strumento sia per eseguire i calcoli necessari per determinare la classe energetica

³⁶ L'obbligatorietà dell'utilizzo del software non è sancita per legge. Tuttavia l'unico strumento ad oggi riconosciuto ufficialmente conforme alla metodologia di calcolo è l'applicazione sopraccitata.

degli edifici, sia per ottenere il documento di certificazione. L'ente preposto alla raccolta dei certificati accetta come validi esclusivamente i files .cnd restituiti da detto software.


L'applicazione si presenta sotto una veste grafica piuttosto semplice, composta da maschere che richiedono l'inserimento di dati alfanumerici. L' inserimento dei dati attualmente è manuale in quanto, per ora, il CENED non è in grado d'importare informazioni direttamente da altri software. Il programma permette di compilare le maschere solo seguendo una certa sequenza e richiede, quali dati necessari, le caratteristiche geometriche dell'abitazione, le trasmittanze dei componenti opachi e finestrati, i rendimenti dei componenti dell'impianto e le eventuali peculiarità di sistemi alternativi per la produzione d'energia. Non vi sono molti controlli sulla congruenza o sulla ragionevolezza dei dati inseriti, specialmente per quelli geometrici, pertanto sta all'esperienza del singolo certificatore la corretta compilazione delle diverse maschere. Il programma alla fine del percorso di inserimento dati restituisce diversi files tra cui il documento di attestato di certificazione e, nel caso di certificazione di un intero edificio, la targa energetica.


Nell'attestato di certificazione oltre alla classe d'efficienza dell'immobile vengono riportate informazioni volte ad identificare univocamente l'immobile, facendo riferimento anche a dati catastali, nonché alcune indicazioni di massima sulle caratteristiche termiche medie del solo involucro (Figura 2 riquadro rosso).

Nel documento, inoltre, non viene riportato solo il valore di E_{PH} ma anche quello di altri indicatori (Figura 2 riquadro blu) di seguito brevemente riassunti:


- E_H : energia primaria dispersa dall'involucro edilizio, nella stagione invernale, nell'ipotesi che all'interno dell'abitazione vengano mantenuti 20°C costantemente.
- E_C : energia necessaria per mantenere l'abitazione a 26°C costanti durante il periodo estivo
- E_{PW} : energia necessaria per la fornitura d'acqua calda sanitaria
- E_{Pi} : fabbisogno di energia primaria dell'abitazione sia per il riscaldamento invernale dell'immobile sia per la fornitura d'acqua calda sanitaria
- E_{FER} : contributo delle fonti rinnovabili, sempre in termini d'energia

L'attestato include anche indicazioni sulla quantità di anidride carbonica equivalente emessa dall'abitazione ed i suggerimenti del certificatore sugli interventi ritenuti più idonei ed urgenti per migliorare l'efficienza dell'immobile (Figura 2 riquadro verde).





Unione Europea



Regione Lombardia

Comune di

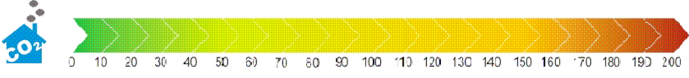
ATTESTATO DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Prot. Validità fino al

Specifiche dell'immobile	Dati generali
Comune:	Zona climatica:
Indirizzo:	Gradi Giorno:
Foglio - particella - sub.:	
Nome intestatario:	Volume lordo riscaldato: m³
Oggetto dell'intervento:	Superficie utile riscaldata: m²
Destinazione d'uso:	Trasmittanza media involucro: W/m²K
Anno di costruzione:	Trasmittanza media copertura: W/m²K
Progettista:	Trasmittanza media basamento: W/m²K
Direttore Lavori:	Trasmittanza media serramenti: W/m²K
Costruttore:	Tipologia impianto riscaldamento:
Soggetto certificatore (n.):	Vettore energetico:

Principali indicatori di prestazione energetica	Classe energetica	zona climatica
Fabbisogno specifico di energia primaria (climatizzazione invernale) - EP _n	A+	<
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione invernale) - E _n	A	<
Fabbisogno energetico specifico dell'involucro (climatizzazione estiva) - E _c	B	<
Fabbisogno specifico di energia primaria (acqua calda sanitaria) - EP _w	C	<
Fabbisogno energetico specifico totale per usi termici (riscaldamento e acqua calda) - EP _t	D	<
Contributo energetico specifico da fonti rinnovabili - E _{FER}	E	<
	F	<
	G	>

Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - CO₂ eq




kg/m a

Possibili interventi migliorativi del sistema edificio-impianto

Sistema	Intervento	Priorità dell'intervento		
		bassa	media	alta
Edificio	Coibentazione delle strutture opache verticali			
	Coibentazione delle strutture piane o inclinate di copertura			
	Coibentazione delle strutture orizzontali di interpiano			
	Miglioramento delle prestazioni dei componenti trasparenti			
Impianto	Sostituzione del generatore di calore			
	Adeguamento del sistema di distribuzione			
	Adeguamento del sistema di regolazione			
	Installazione impianto solare termico			

Note

DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ: Il Soggetto certificatore dichiara, sotto la propria personale responsabilità, di aver redatto il presente attestato in conformità alle disposizioni contenute nella deliberazione di Giunta regionale, n. VIII/5018 del 26 giugno 2007 e s.m.i.



certificazione energetica degli edifici

Punti Energia Scarl
 Tel. 02 4548 7126 - Fax 02 3658 6040
 e-mail: info@cened.it
 web: www.cened.it

Figura 2. Attestato di certificazione energetica secondo le indicazioni della Regione Lombardia

Il processo di certificazione prevede, come visto, oltre all'attribuzione di una classe d'appartenenza dell'edificio, la definizione di possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche sia dell'involucro sia degli impianti (in aderenza a quanto prescritto dall'art.7 comma 2 della direttiva 2002/91/CE). In tal senso il certificato vorrebbe avere un significato più ampio di un sistema per ottenere un attestato formale di consumi standardizzati, per divenire uno strumento indispensabile per migliorare l'efficienza energetica del sistema edificio-impianti. Nella stessa direzione vorrebbe andare anche la valutazione dei consumi (la Regione vorrebbe istituire un catasto energetico che raccolga tutti gli attestati e funga da banca dati di consumi) e dell'impatto ambientale applicato agli edifici esistenti. In altre parole la certificazione vorrebbe essere strumento non solo volto ad incentivare il mercato delle costruzioni efficienti, ma anche destinato al monitoraggio del reale funzionamento degli immobili e dell'incidenza di questi in termini di emissioni in ambiente.

Alcuni di questi scopi esulano dal significato primigenio della certificazione sconfinando in campi diversi quali: diagnosi energetiche, censimenti dei consumi effettivi nelle abitazioni, campagne informative su interventi possibili per il risparmio. Il rischio è che si possa essere portati a pensare che la sola certificazione sia la risposta a tutte le problematiche inerenti il risparmio e la crescita dell'efficienza energetica degli edifici.

Nel prosieguo del presente capitolo verranno presentate, attraverso delle analisi svolte su dei casi di studio emblematici, alcune criticità della certificazione energetica che possono far sorgere qualche dubbio sulla versatilità della stessa e sulla sua possibilità d'essere unico strumento per la promozione di politiche di risparmio energetico. A tal fine verrà, in primo luogo, presentato uno studio, condotto su un edificio esistente, sulla sensibilità della metodologia alle variazioni dei dati in ingresso [7]. Di poi verranno riportati i risultati di un'analisi dello scostamento tra consumi reali e consumi certificati condotta su 118 abitazioni [8] ed infine una valutazione economica sulla validità della certificazione come strumento per incentivare la costruzione di abitazioni in classi d'eccellenza [9]. Gli studi sono stati condotti sulla metodologia della Lombardia sia perché, come detto, fino ad oggi è l'unico strumento attuativo presente e concretamente utilizzato a livello regionale, sia perché molto aderente a quanto imposto dalla legge nazionale di recente uscita (decreto 115 2008 art.18 comma 6) e pertanto non dissimile dalle procedure che verranno adottate dalle altre Regioni.

6.4 ANALISI DELLA SENSIBILITÀ DELLA METODOLOGIA DELLA REGIONE LOMBARDIA

Come detto nel paragrafo precedente la Regione Lombardia ammette quale unico strumento per l'applicazione della metodologia e per la compilazione del documento di certificazione il software CENED. Analizzare il comportamento del programma significa, quindi, analizzare come vengono eseguite le certificazioni. In questo paragrafo viene presentato uno studio condotto su un edificio esistente atto a valutare la sensibilità del risultato finale alle variazioni dei dati in ingresso.

Tale studio si rende necessario in quanto da un'analisi³⁷ condotta sulla base della redazione di circa 400 attestati di certificazione energetica da parte di soggetti diversi, è stata osservata una grande incidenza di errori nella fase di inserimento dei dati. La verifica ed il controllo di questi risulta difficile in quanto a tutt'oggi non è disponibile, nel software CENED, un output nel quale compaia un prospetto generale dei dati inseriti per il calcolo. Inoltre le informazioni richieste dal software non sono sempre facilmente reperibili in particolar modo allorquando si debbano analizzare edifici esistenti. In molti di questi casi, infatti, il progetto originale non è disponibile oppure è poco aderente allo stato di fatto. Sopperire con la mancanza di informazioni con rilievi in sito non è spesso una soluzione proponibile dati i costi incompatibili con il mercato delle certificazioni. In tali casi si rendono necessarie delle ipotesi di lavoro da parte dei certificatori le quali, ovviamente, avranno un certo intervallo di confidenza rispetto al dato reale. E' quindi emersa l'utilità di una valutazione dell'incidenza delle assunzioni soggettive e degli errori di inserimento dei dati sul risultato finale della certificazione, al fine di comprendere quale grado di accuratezza occorra associare alle diverse serie di informazioni per ottenere un risultato almeno verosimile.

6.4.1 Il caso di studio

L'edificio oggetto d'indagine è un appartamento termo - autonomo di 143 m² utili (pianta in Figura 3), costruito nel 1982, situato nel comune di Lodi nell'attico di una palazzina di 4 piani (Figura 4). L'abitazione fa parte di un complesso residenziale piuttosto esteso, composto da dieci torri aventi, a due a due, un lato e parte della copertura in comune (Figura 5).

³⁷ Tra Settembre 2007 e Giugno 2008 sono stati organizzati da parte dell'Università di Bergamo e Pavia plurimi corsi che han portato alla qualifica di quasi un migliaio di soggetti certificatori. Le prove finali, in aderenza a quanto prescritto dalla Regione Lombardia, hanno incluso la certificazione completa di un edificio esistente da parte di ciascun candidato. Gli elaborati raccolti in tali occasioni e le esperienze accumulate, sia in ambito di docenza e ricerca che di consulenza, hanno permesso di comprendere le maggiori difficoltà in ambito dell'attività di certificazione.

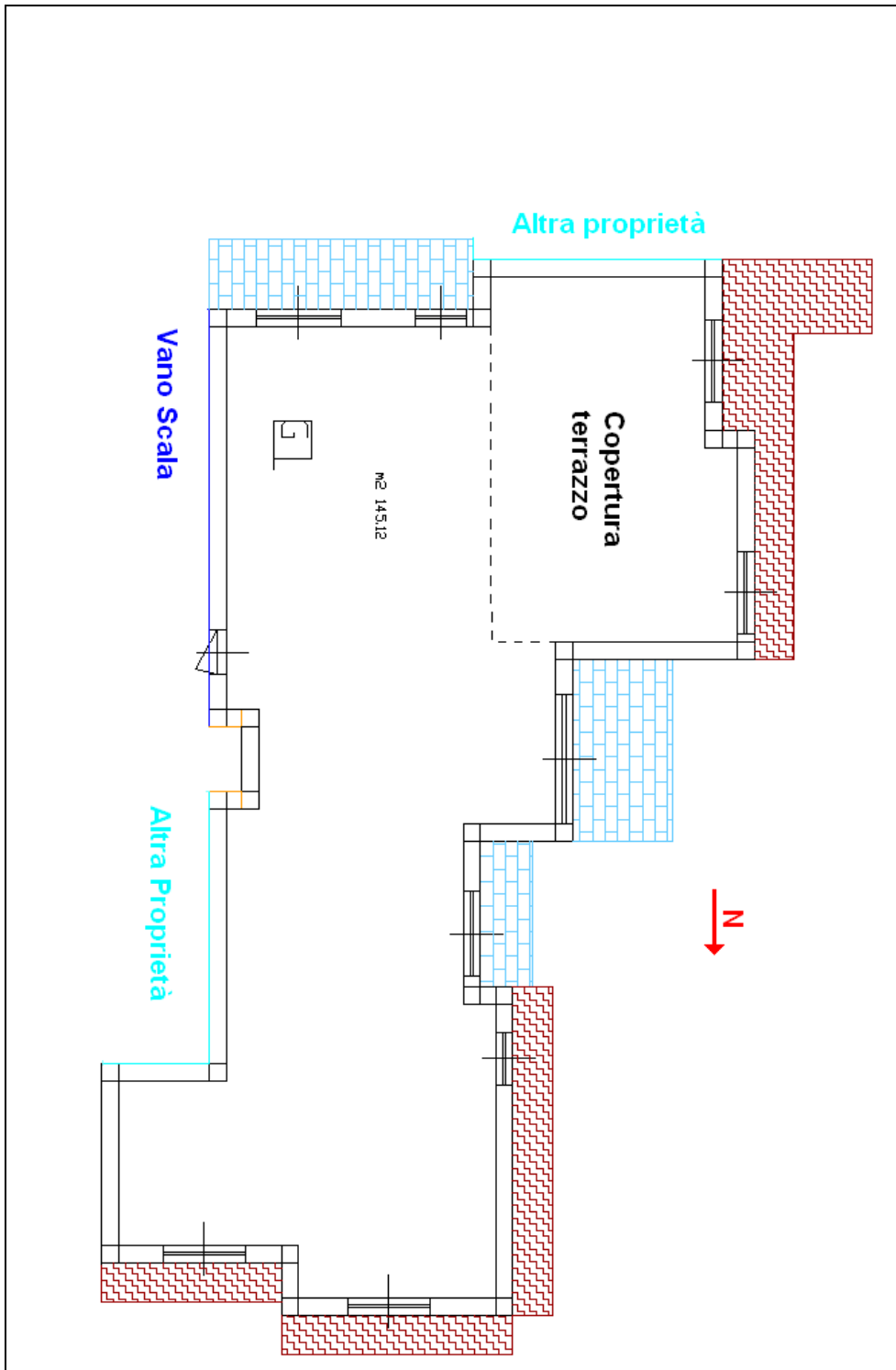


Figura 3. Pianta dell'appartamento



Figura 4. Fotografia di parte del condominio “La Bassiana”, l’appartamento situato all’ultimo piano è quello considerato.



Figura 5. fotografia aerea dell’intero complesso residenziale

Tutte le palazzine sono caratterizzate da un telaio portante costituito da travi e pilastri in cemento armato. Il progetto originale è andato perduto, tuttavia grazie ad alcune indagini si è potuto risalire alla stratigrafia dei tamponamenti esterni e dei solai. I muri perimetrali si compongono di due strati di mattoni forati di spessore pari a 8 cm intervallati tra loro da un'intercapedine di 18 cm parzialmente riempita da lastre di polistirene (8 cm di spessore). Il lato interno della parete perimetrale è rivestito di uno strato di intonaco di gesso, mentre all'esterno il tamponamento è rifinito con piastrelle. Il solaio interpiano è stato realizzato con una struttura in blocchi di laterizio di 18 cm con massetto in sabbia e cemento. Gli impianti trovano alloggio all'interno del massetto stesso (Figura 6).



Figura 6. Particolare: tubo annegato nel massetto del pavimento

La pavimentazione è costituita per lo più da parquet in legno d'acero. La chiusura superiore dell'appartamento è, in gran parte, costituita da un solaio di caratteristiche simili a quello interpiano che separa l'abitazione da un sottotetto non abitabile chiuso al passaggio dell'aria. Solo 40 m² di soffitto sono direttamente a contatto con un terrazzo di altra proprietà e caratterizzato da una stratigrafia che differisce da quella del solaio interpiano per la presenza di uno strato di impermeabilizzazione e per la pavimentazione in piastrelle. L'appartamento confina, in parte, con altre due abitazioni e con il vano scale; i tramezzi che separano l'unità immobiliare in esame con detto vano e dagli altri appartamenti hanno la stessa struttura dei tamponamenti esterni.

I componenti finestrati sono costituiti da doppi vetri con intercapedine d'aria (4,6,4) incorniciati da un telaio di legno (Figura 7).



Figura 7. Componente finestrato dell'appartamento.

In Tabella 1 sono riportati spessori e caratteristiche termiche principali dei materiali componenti l'involucro.

Muri esterni			
Strato	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Resistenza [m ² K / W]
Intonaco gesso	0.01	0.35	
mattone forato	0.08		0.2
strato d'aria	0.1		0.182
polistirene	0.8	0.047	
mattone forato	0.08		0.2
piastrelle	0.01	1	
Trasmittanza [W/m ² K]			0.403
Solai			
Strato	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Resistenza [m ² K / W]
Finitura	0.01	0.35	
sabbia e cemento	0.05	0.94	
blocco laterizio	0.18		0.3
Intonaco gesso	0.02	0.35	
Trasmittanza [W/m ² K]			1.62

Finestre			
Strato	Spessore [m]	Conduttività [W/mK]	Resistenza [m ² K / W]
Vetro	0.004	1	
strato d'aria	0.006		0.167
Vetro	0.004	1	
telaio legno			
Trasmittanza [W/m ² K]			2.968

Tabella 1. Caratteristiche dell'involucro edilizio

L'impianto di riscaldamento, autonomo, originariamente era alimentato da una caldaia a metano di 26 kW di potenza nominale. Nell'autunno del 2007 il vecchio generatore è stato sostituito con una caldaia a condensazione, sempre a metano, in grado di garantire rendimenti del 98% con temperature di mandata dell'ordine dei 70°C, sia a condensazione. Per poter avere il confronto con i dati di consumo reali (determinati tramite bollette antecedenti l'autunno 2007) si è utilizzato, nelle simulazioni, il vecchio generatore. Il resto del sistema è rimasto invariato (a parte alcune riparazioni rese necessarie dal logorio dei tubi accentuato dall'alloggiamento degli stessi nel massetto). La distribuzione è costituita da un doppio circuito a servizio di termosifoni in ghisa. Il sistema di regolazione è costituito da un unico termostato programmabile.

In Tabella 2 sono riportate le principali caratteristiche del generatore considerato nelle simulazioni.

Generatore			
Potenza nominale	26 [kW]	Potenza elettrica	130 [W]
descrizione	bruciatore on	bruciatore off	carico
perdite mantello	1.8%		100%
perdite camino	6%	1.2%	
rendimento	90%		30%
temperatura media acqua			70°C

Tabella 2. Caratteristiche del generatore a metano

Per quanto riguarda l'orientazione, l'abitazione ha il lato maggiore esposto ad Ovest, mentre quasi tutto il lato Est confina in parte con il corpo scala ed in parte con altra proprietà.

Il quartiere di Lodi ove sorge il complesso residenziale "la Bassiana" è caratterizzato dalla presenza di notevoli spazi adibiti a verde pubblico, pertanto l'ombreggiatura di

ogni palazzina è imputabile unicamente all'eventuale presenza di altre palazzine, del condominio stesso, ad essa adiacenti.

Da un'indagine svolta sul territorio di Lodi, si rileva la presenza di altri complessi condominiali di caratteristiche costruttive simili (Figura 8 e Figura 9). Da tale osservazione e da altre indagini svolte si può desumere che il complesso non rappresenta un unicum, bensì un modello di edilizia piuttosto ricorrente per gli edifici eretti nel lodigiano nel primo quinquennio degli anni '80.



Figura 8. Condominio di Viale Italia (Lodi)



Figura 9. Complesso di Via T.Zalli (Lodi)

6.4.2 Verifica dei dati caratterizzanti l'edificio

Il primo passo dell'analisi è stato quello di verificare l'attendibilità delle informazioni raccolte sui materiali componenti l'involucro dell'edificio, in special modo di quelle riguardanti le caratteristiche termoigrometriche. A tal scopo si è deciso di simulare il comportamento termoigrometrico dell'edificio tramite programma di calcolo TerMus (v.13, Acca software) e di confrontare i risultati così ottenuti con i dati disponibili sul consumo reale di metano per il riscaldamento. Dall'osservazione diretta dello stato dei muri perimetrali e del solaio superiore si è potuta verificare, inoltre, l'eventuale presenza di fenomeni di condensa. Come detto in precedenza, i dati di consumo reali reperiti sono antecedenti all'autunno 2007, pertanto le simulazioni sono state condotte inserendo le informazioni tecniche relative al vecchio generatore, acquisite tramite il libretto dell'impianto e dai rapporti delle "prove fumi".

Alcuni dettagli per la modellazione dell'edificio sono stati assunti in dipendenza delle abitudini dei proprietari dell'appartamento. Grazie alle indagini svolte si è potuto appurare che la temperatura media, mantenuta all'interno dell'abitazione durante le ore di riscaldamento, si attesta attorno a 19°C. Il tasso di ventilazione è sicuramente maggiore di 0.5 Vol/h, data l'abitudine di mantenere, quasi costantemente, alcune finestre dell'appartamento aperte. Si sono condotte alcune simulazioni (risultati in Tabella 3) con tre diversi tassi di ricambio d'aria, e con due temperature differenti. In tutte le simulazioni lo scostamento tra i consumi calcolati e simulati di energia necessaria per il riscaldamento rimane sempre al di sotto del 13%, mentre tale differenza scende al di sotto del 6% se s'impone quale temperatura di calcolo quella reale mantenuta negli ambienti. Ciò sottolinea l'attendibilità delle caratteristiche termiche dell'involucro e dei dati inerenti il sistema di riscaldamento desunti dalle indagini.

6.4.2.1 Consumo reale 90823.7 [MJ]						
Ventilazione [Vol/h]						
	0.33	0.4	0.5	0.6	0.7	
Scostamento tra valori simulati e consumi reali [MJ]				19°C		
			-5093.7	-2272.7	531.3	
			-5.6%	-2.5%	0.6%	
	20°C					
	252.3	2366.3	5376.3	8369.3	11349.3	
	0.3%	2.6%	5.9%	9.2%	12.5%	

Tabella 3. differenza tra consumi reali e simulati. In rosso la simulazione in condizioni reali

Si precisa che in base alle informazioni raccolte sulle abitudini dei proprietari dell'appartamento e visti i risultati del calcolo, la condizione più simile al reale comportamento termico dell'abitazione è quella legata ad una temperatura interna di 19°C e ad un tasso di ventilazione pari a 0.7 Vol/h (Tabella 3 riquadro rosso)

6.4.3 Analisi sensibilità software CENED: involucro esterno e geometria dell'immobile

Una volta comprovata l'attendibilità delle caratteristiche dell'appartamento si è proceduto alla definizione della classe energetica dello stesso tramite utilizzo del software CENED. L'attestato di certificazione sancisce l'appartenenza dell'abitazione alla classe "G" con un indice E_{PH} di circa 301 kWh/m²anno (Figura 10).

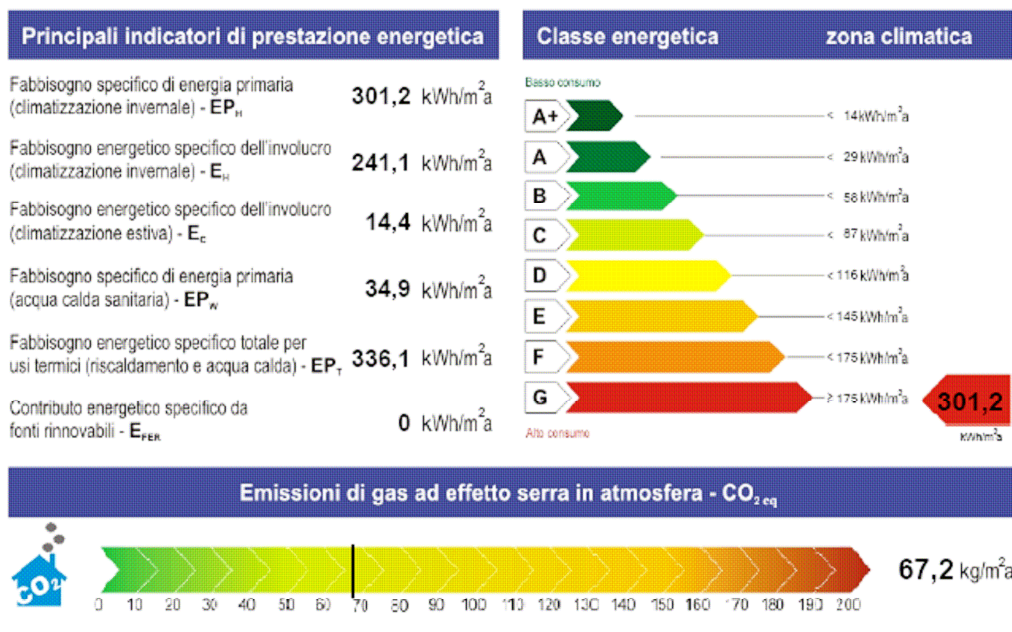


Figura 10. Certificazione energetica dell'appartamento: indicatori

Una volta determinato lo stato d'efficienza dell'appartamento si è proceduto a svolgere una serie di analisi ove sono state considerate variazioni del valore di alcuni dati.

Lo studio ha riguardato in modo specifico le caratteristiche di involucro, dal momento che le maggiori incognite sui dati da inserire si riscontrano proprio in questo campo. Inoltre sono state valutate anche le caratteristiche di impianto per evidenziare alcune criticità della metodologia. I risultati sono valutati o in termini di variazione assoluta e percentuale dell'indice E_{PH} e dell'energia dispersa per trasmissione, oppure in termini di rendimento edificio impianto, ma non in termini di classe energetica raggiunta dall'edificio. Questa scelta è risultata, nel caso specifico, la più significativa dati i valori elevati di consumi d'energia primaria attribuiti da CENED all'edificio in esame (il passaggio dalla classe "G" alla "F" s'otterrebbe solo col dimezzamento del fabbisogno d'energia primaria). Applicando le valutazioni di seguito riportate a situazioni differenti, come ad esempio ad edifici caratterizzati da indici E_{PH} che si collocano al limite tra due classi, si può verificare che la variazione di alcuni parametri potrebbe portare ad un cambio di classe.

Come già accennato in precedenza, la determinazione della trasmittanza dei componenti opachi costituisce, nel caso di edifici esistenti, una fase piuttosto delicata, in quanto spesso non è possibile disporre a priori di tale informazione. Esistono diversi modi per misurare la trasmittanza in opera, ma la possibilità di effettuare analisi di questo tipo può comportare tempi e costi tali da non essere compatibili con il processo di certificazione ed i costi corrispondenti. Spesso le informazioni sui materiali componenti i tamponamenti esterni sono frammentarie o, addirittura, assenti. In mancanza di tali dati si può incorrere in errori di valutazione che possono pesare in modo differente sul risultato finale. Alla luce di tali osservazioni in primo luogo si è proceduto ad effettuare una serie di simulazioni variando le trasmittanze dell'involucro opaco dell'edificio in esame, sia per quanto riguarda i solai, sia per i muri esterni.

Per ogni solaio che delimita l'edificio in esame è stata considerata una variazione percentuale della sua trasmittanza. La ripercussione sul cambiamento delle dispersioni per trasmissione e sul valore dell'indice E_{PH} è rappresentata in Figura 11

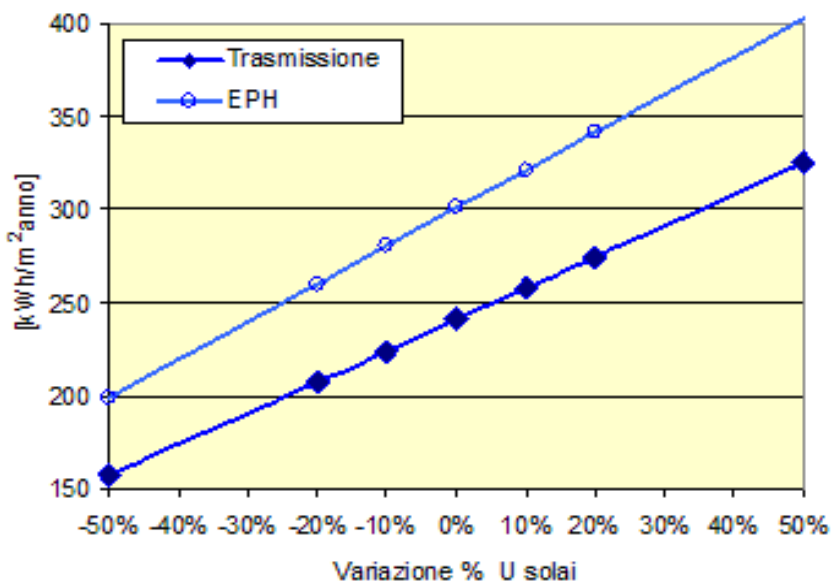


Figura 11. Analisi dell'influenza della trasmittanza dei solai sulla determinazione dell' E_{PH}

Dall'osservazione della Tabella 4 si nota che un 10% di variazione della trasmittanza dei solai comporta un errore sul risultato finale che si aggira attorno al 7%.

Variazione Trasmittanza solai			Variazione	
Pavimento [W/m²K]	Soffitto [W/m²K]	%	Trasmissione %	E_{PH} %
0.81	0.935	-50%	-34.9%	-34.0%
1.296	1.496	-20%	-13.9%	-13.7%
1.458	1.683	-10%	-6.9%	-6.8%
1.62	1.87	0%	0.0%	0.0%
1.782	2.057	10%	7.0%	6.8%
1.944	2.244	20%	14.0%	13.5%
2.43	2.805	50%	34.9%	33.8%

Tabella 4. Influenza della trasmittanza dei solai sulla determinazione dell' E_{PH}

Il risultato è ovviamente applicabile nel caso specifico in cui il rapporto S/V è pari a 1.02 e l'incidenza dei solai sulla totale superficie disperdente è pari al 61% e dove il rapporto tra le trasmittanze delle superfici laterali e dei solai è pari a 0.26.

Molto più contenuta appare l'influenza delle variazioni delle proprietà termiche delle pareti perimetrali. Infatti dal grafico di Figura 12 e dalla Tabella 5 si nota, infatti, che uno scostamento del 10% nella valutazione della trasmittanza si ripercuote, sull'indice E_{PH} , solo per l'1%. Ciò è dovuto al fatto che, nel caso studiato, la dispersione di flusso termico attraverso i solai è circa quadrupla rispetto a quella dovuta ai tamponamenti opachi verticali.

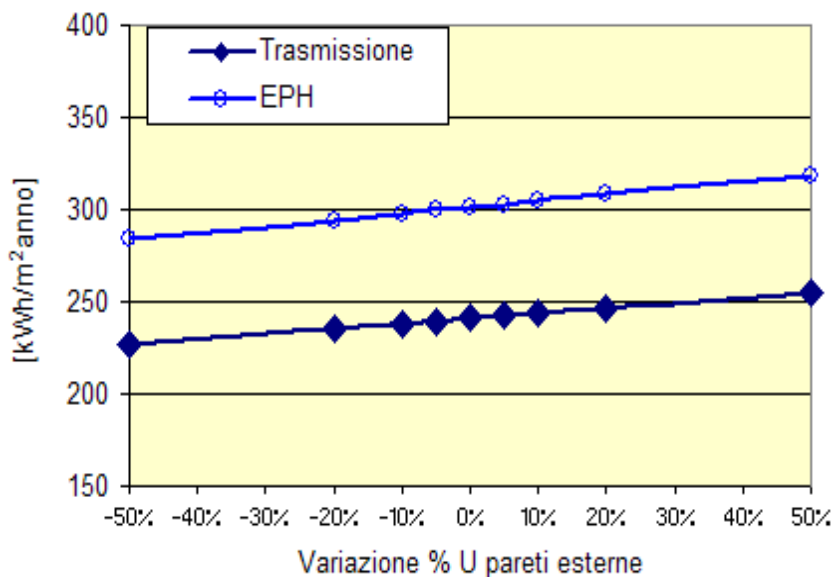


Figura 12. Analisi dell'influenza della trasmittanza delle pareti sulla determinazione dell' E_{PH}

Variazione Trasmittanza pareti verticali			Variazione	
Pareti perimetrali [W/m²K]	Pareti sotto finestra [W/m²K]	%	Trasmmissione %	E_{PH} %
0.20	0.39	-50%	-5.8%	-5.6%
0.32	0.624	-20%	-2.4%	-2.3%
0.36	0.702	-10%	-1.2%	-1.1%
0.38	0.741	-5%	-0.6%	-0.6%
0.40	0.78	0%	0.0%	0.0%
0.42	0.819	5%	0.5%	0.5%
0.44	0.858	10%	1.2%	1.1%
0.48	0.936	20%	2.4%	2.3%
0.60	1.17	50%	6.0%	5.8%

Tabella 5. Influenza della trasmittanza delle pareti sulla determinazione dell' E_{PH}

Un altro tipo d'analisi ha riguardato riguarda l'influenza della corretta valutazione della superficie calpestabile sul risultato finale. L'allegato "E" (Decreto 15833: Procedura di calcolo - Decreto di modifica della procedura di calcolo di cui all'Allegato E DGR VIII/5018) specifica che la valutazione dell'indice E_{PH} di un'abitazione deve esser fatta

dividendo l'energia annuale necessaria per il riscaldamento invernale per la superficie utile, dove per superficie utile si intende quella calpestabile, al netto dei tramezzi interni. Una delle incertezze che si riscontra nella compilazione della certificazione riguarda proprio l'entità di tale superficie, non essendo sempre facilmente determinabili gli ingombri dei tramezzi. Dal grafico in Figura 13 si nota come l'andamento dell'indice E_{PH} non sia lineare, con la variazione del detto parametro. Tuttavia per scostamenti del parametro entro il 10% si può considerare che l'indice vari in maniera lineare.

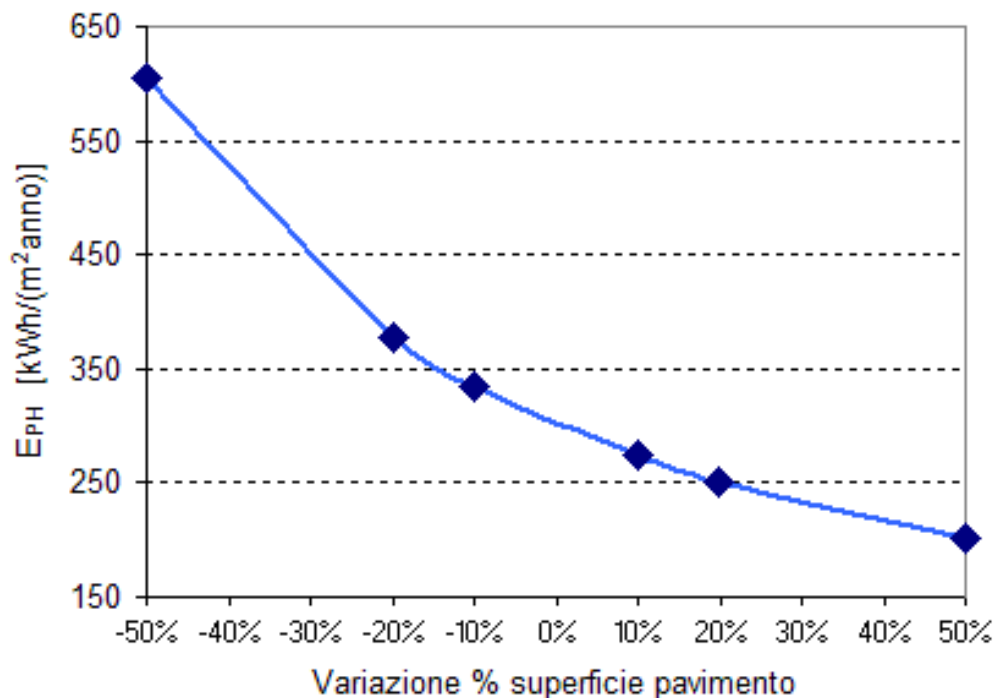


Figura 13. Indice E_{PH} in funzione della variazione della superficie utile

Un altro aspetto legato alla geometria riguarda la determinazione dell'entità della superficie lorda disperdente. L'area delle pareti perimetrali deve essere considerata a partire dall'intradosso del solaio inferiore fino all'estradosso di quello superiore. Molte volte la certificazione energetica di un edificio viene fatta sulla base di rilievi, oppure avvalendosi di disegni su supporto cartaceo, non completi né accurati. In particolar modo può essere difficoltoso determinare l'entità dello spessore dei solai.

Dallo studio effettuato, considerando un errore di stima delle superfici opache del 10%, si riscontra una variazione dell'energia scambiata per trasmissione (Q_t) attraverso l'involucro pari a circa l'8.1%, principalmente dovuta all'influenza dei componenti caratterizzati da maggior trasmittanza. Questa variazione si ripercuote sul valore finale dell'indice E_{PH} causando uno scostamento del 7.9%.

La variazione delle superfici delimitanti l'abitazione si ripercuote non soltanto sull'indice E_{PH} , ma anche sul rapporto S/V come evidenziato in Tabella 6.

Variazione superfici		Rapporto S/V	E_{PH} [kWh/(m ² anno)]
-10%	solai	0.96	280.8
	muri	0.99	298.3
Configurazione originale		1.02	301.2
10%	muri	1.05	304.1
	solai	1.08	321.6

Tabella 6. Influenza della variazione delle superfici dell'involucro sul rapporto S/V e sull'indice E_{PH}

L'incertezza legata ai componenti finestrati può riguardare non tanto la geometria, piuttosto semplice da dedurre, bensì la tipologia di vetro montato nell'infisso e la relativa trasmittanza. In Figura 14 si riporta il risultato di alcune simulazioni che mettono in luce sia la relazione esistente tra la variazione di trasmissione di calore e la trasmittanza dei componenti finestrati, sia l'andamento dei guadagni in funzione della capacità del vetro di schermare o meno i raggi solari.

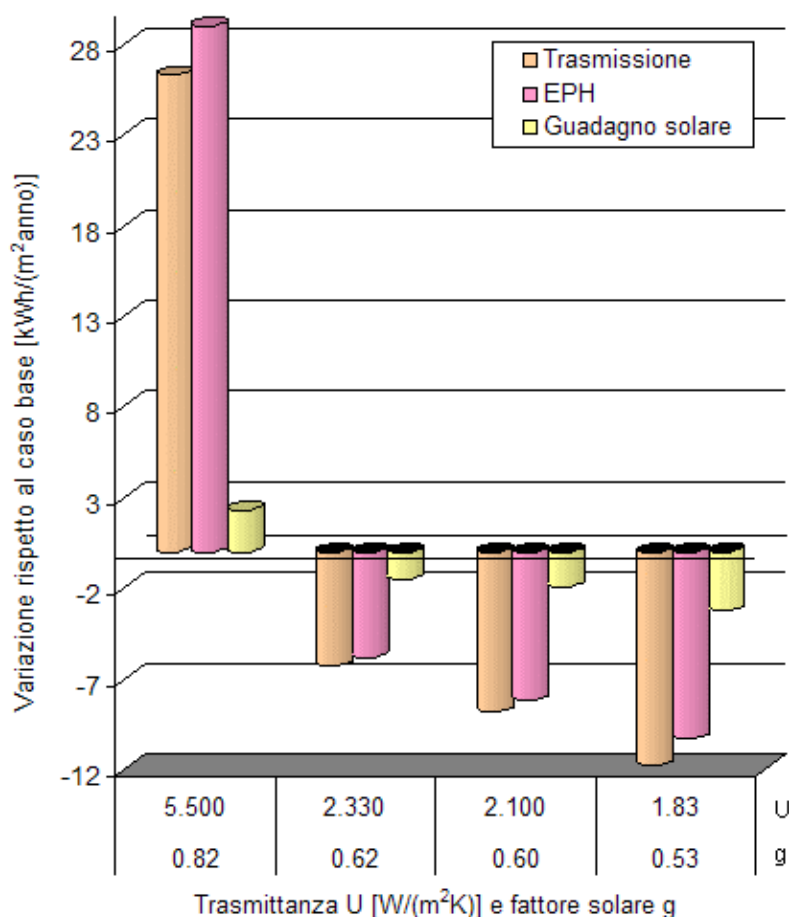


Figura 14. Influenza delle caratteristiche delle finestre sulle prestazioni energetiche

In Tabella 7 si riportano i valori, in percentuale, dell'aumento o della diminuzione delle dispersioni e dei guadagni energetici dovuti alla variazione della trasmittanza dei componenti finestrati e del fattore solare "g".

Considerando i risultati riportati in tabella si nota che un errore di sottostima della trasmittanza delle finestre del 50%, circa, comporta un incremento della trasmissione di energia inferiore al 5%. Viceversa una sovrastima all'incirca dell'80% genera un errore nel calcolo delle dispersioni attraverso l'involucro edilizio vicino all'11%.

Si nota, inoltre, che la percentuale di variazione di guadagno solare è pressoché uguale alla variazione percentuale della capacità del vetro di schermare i raggi del sole.

Variazione		Variazione %		
g	U	guadagno	trasmissione	E_{PH}
0.82	5.50	17.29%	10.92%	9.63%
0.7	2.96	0.00%	0.00%	0.00%
0.62	2.33	-11.28%	-2.62%	-1.93%
0.60	2.10	-14.29%	-3.65%	-2.72%
0.53	1.83	-24.06%	-4.90%	-3.42%

Tabella 7. Variazione % delle prestazioni termiche in dipendenza delle caratteristiche del vetro

6.4.4 Sensibilità del software CENED: configurazione dell'impianto

La metodologia della Regione Lombardia, in aderenza alle norme UNI TS 11300 (parte seconda) distingue il fabbisogno dovuto alle perdite dell'involucro da quello globale determinato in base alle perdite d'impianto. Queste ultimi vengono determinate in base ai rendimenti dei singoli componenti del sistema di riscaldamento. In questa sezione vengono presentati i risultati di analisi volte a determinare la risposta di CENED alla variazione delle caratteristiche dei singoli componenti. I risultati vengono presentati in termini di ripercussioni sul parametro rendimento edificio impianto (rapporto tra l'energia necessaria per la climatizzazione invernale ed energia primaria in ingresso al sistema di riscaldamento) in modo da poter generalizzare le osservazioni.

In prima istanza sono stati considerati i sistemi di: regolazione, distribuzione ed emissione. Dalle analisi si è osservato che la variazione di un punto percentuale nell'efficienza di ciascun componente si ripercuote all'incirca con una variazione di pari entità del rendimento edificio impianto (Figura 15, Figura 16 e Figura 17).

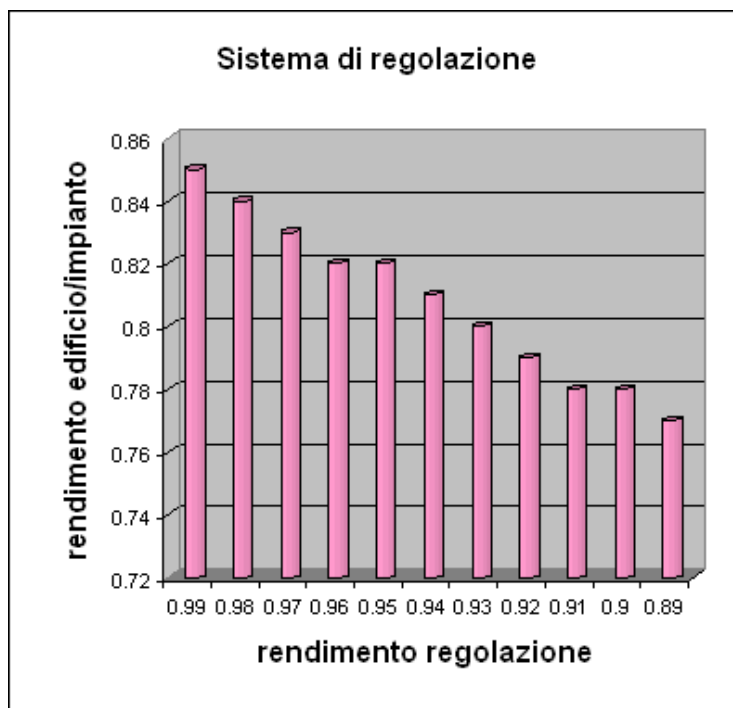


Figura 15. Influenza de sistema di regolazione

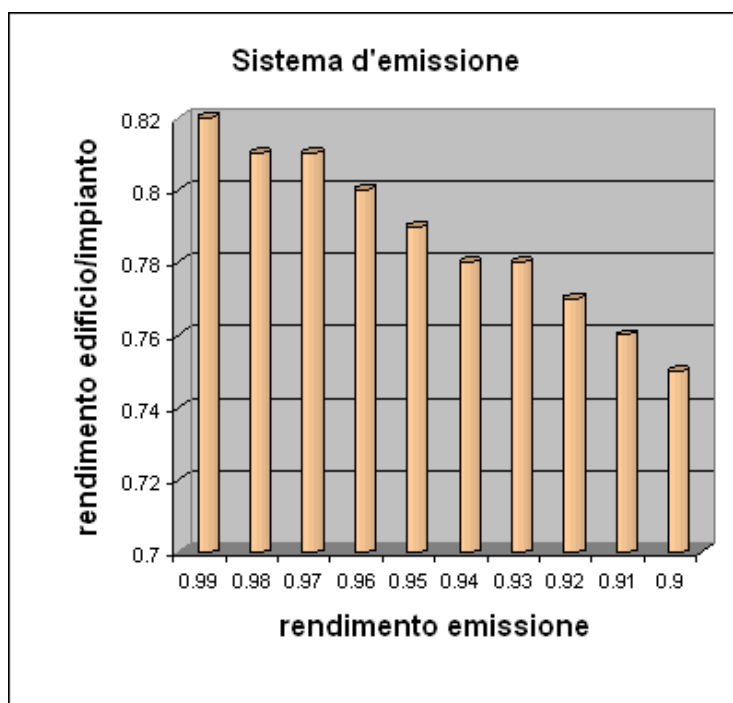


Figura 16. Influenza del sistema d'emissione

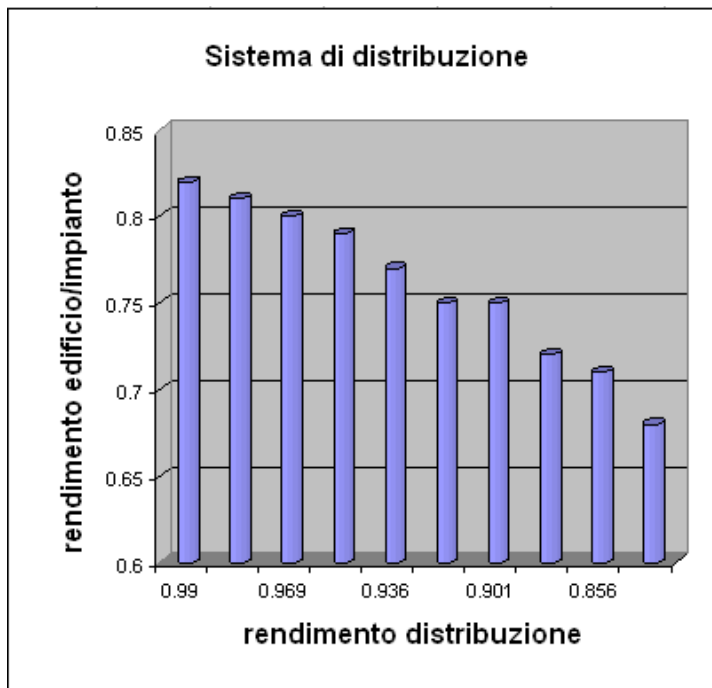


Figura 17. Influenza del sistema di distribuzione

La potenza della caldaia è un dato determinante per il calcolo delle dispersioni dell'impianto in quanto, secondo la metodologia, le perdite al mantello ed al camino (a bruciatore acceso e spento) dipendono proprio da essa. Nel grafico di Figura 18 vengono riportati i risultati legati ad incrementi e decrementi della sola potenza del generatore. Ciò che salta all'occhio è che variazioni anche importanti di questo parametro non incidono particolarmente sul rendimento edificio impianto. Questi risultati, però, sono ottenibili nel caso che la caldaia risulti installata all'interno dell'ambiente scaldato.

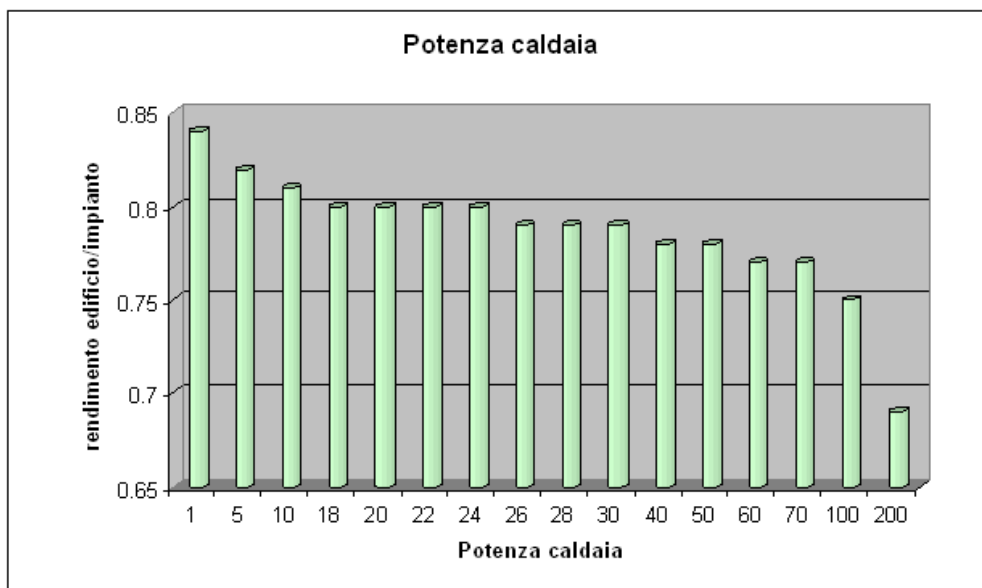


Figura 18. Effetti della variazione della potenza della caldaia

Nell'ipotesi, viceversa, che il generatore sia all'esterno la situazione muta notevolmente. In Figura 19 viene rappresentato il risultato di un'analisi condotta ipotizzando di imporre la stessa variazione di potenza ad un generatore posto prima all'interno dello spazio scaldato (quadrantini rosa) dipoi all'esterno (triangoli azzurri).

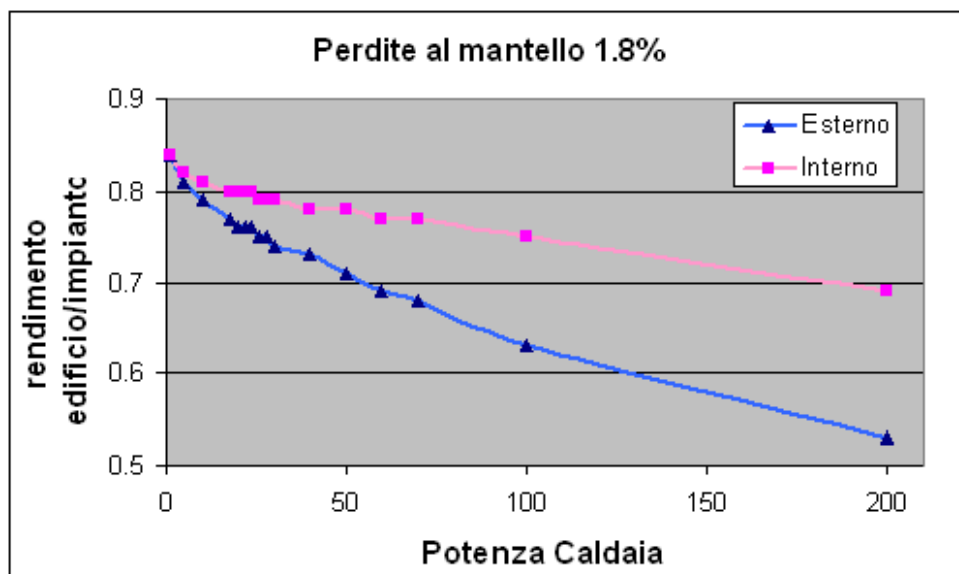


Figura 19. Effetti della posizione della caldaia al variare della potenza installata

La metodologia di calcolo in caso di certificazione di abitazioni facenti parte di complessi alimentati da sistemi centralizzati impone che la potenza del generatore venga suddivisa in base al volume totale scaldato ed imputata alla singola abitazione

in ragione della propria cubatura. Questo implica che, a fronte di generatori da 200 kW e più, si debbano considerare per il singolo alloggio potenze dell'ordine degli 8-9 kW. Osservando il grafico di Figura 19 ci si avvede subito che in tal caso il posizionamento della caldaia risulta pressoché ininfluente ai fini della certificazione. Lo stesso impianto, però, se preso in considerazione per redarre la certificazione dell'intero edificio centralizzato (e quindi inserendo il valore totale di potenza del generatore), darà risultati di rendimento ben diversi a seconda del posizionamento. Anche il caso di riscaldamento autonomo risente della posizione della caldaia (potenze installate dai 18 ai 30 kW).

Nel grafico di Figura 20 si riporta il risultato di ulteriori simulazioni atte a sottolineare la discrepanza di rendimento dovuta all'ubicazione della caldaia. In questo studio vengono fatte aumentare solo le perdite al mantello e la posizione del generatore. All'aumento, peraltro contenuto, delle perdite percentuali al mantello si è notato che il rapporto d'efficienza edificio impianto, nel caso in cui la caldaia sia alloggiata all'interno, resta pressoché invariato, mentre se il generatore si trova all'esterno, diminuisce drasticamente.

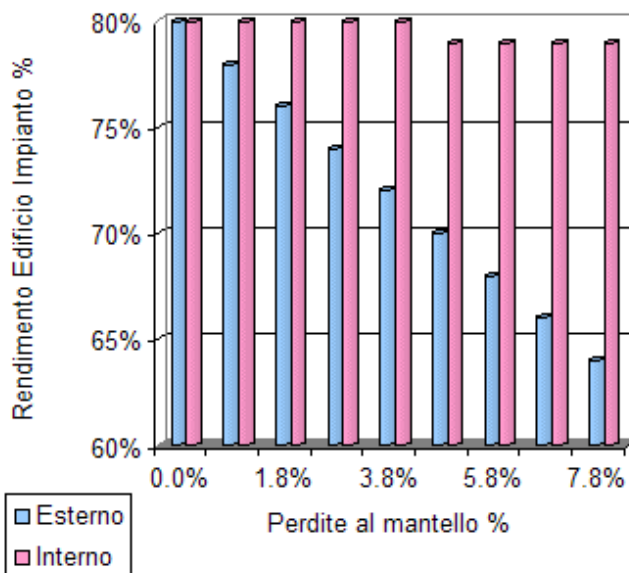


Figura 20. Influenza aumento perdite al mantello in relazione alla posizione del generatore

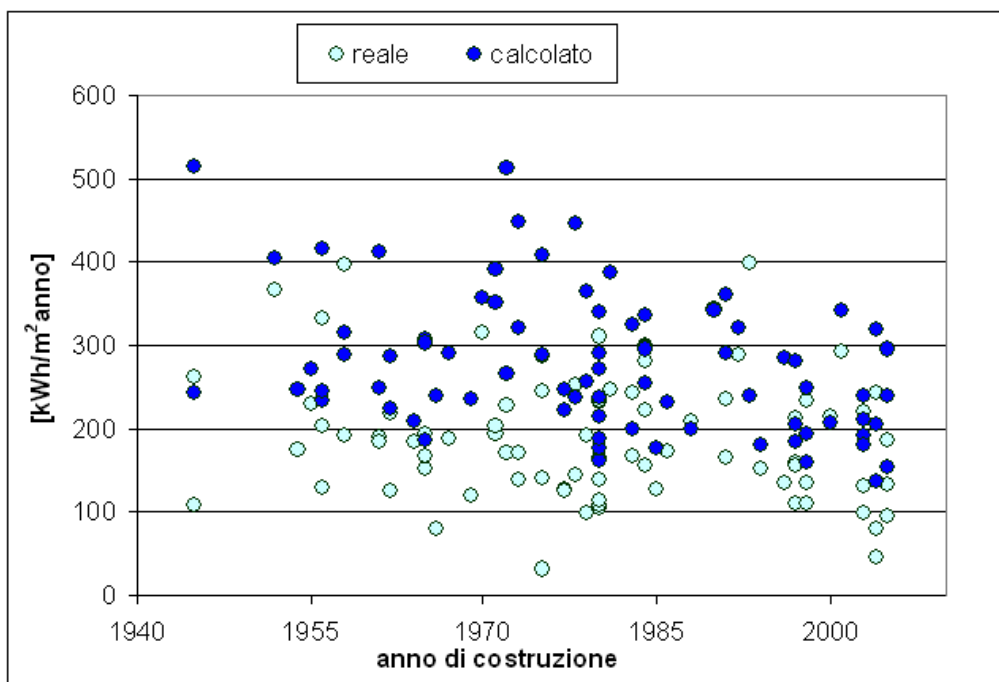
6.4.5 Osservazioni

Da questo primo studio sono emerse delle criticità riguardo alla corretta redazione della certificazione per un edificio esistente. Errori anche di piccola entità possono portare a determinare per un immobile una classe energetica superiore od inferiore a quella corretta. La mancanza di una raccolta dati estesa sulle possibili caratteristiche termiche di tipologie edilizie diffuse lascia sia i certificatori che gli organismi di controllo in balia di supposizioni ed ipotesi di lavoro non sempre supportate dalla necessaria esperienza.

6.5 LA CERTIFICAZIONE COME STRUMENTO DI DIAGNOSI ED INFORMAZIONE

La certificazione energetica degli edifici viene fatta, come già detto, considerando un utilizzo standard degli immobili ed eseguendo delle semplificazioni sia a livello di caratteristiche termofisiche dell'involucro, sia del funzionamento dell'impianto che dell'andamento delle temperature esterne. L'idea che sta alla base dello strumento è quella di dare un'indicazione del comportamento energetico degli edifici valida non tanto in senso assoluto, quanto in termini di confronto. In altre parole lo scopo della certificazione non è la diagnosi energetica, ove per diagnosi si intenda la fotografia dello stato reale dell'edificio con l'identificazione esatta delle eventuali carenze e la quantificazione dei consumi effettivi. Tuttavia si sta assistendo ad un progressivo interesse, da parte di enti pubblici e privati, all'utilizzo dei documenti derivanti dalla certificazione per costituire un catasto energetico degli immobili, con l'idea di raccogliere dati che, se non proprio coincidenti, siano molto vicini ai valori dei consumi reali. Al suddetto strumento, inoltre, si vorrebbe attribuire anche una valenza di informazione e formazione per la popolazione comune, dei problemi legati ai risparmi energetici nell'edilizia. Il generico acquirente, avendo il diritto di visionare il certificato, dovrebbe essere in grado di capire non solo la convenienza di un immobile rispetto ad un altro, ma anche le caratteristiche fondamentali che ne determinano l'efficienza o meno. Nel corso del primo anno d'applicazione della certificazione energetica, nella Regione Lombardia, è stata svolta un'indagine per poter verificare se, effettivamente, i fabbisogni calcolati con la metodologia di calcolo s'avvicinano o meno ai consumi reali. Lo studio è stato condotto su 118 abitazioni reali di diverse caratteristiche. Per questi è stata redatta la certificazione e parallelamente sono stati individuati i consumi reali sulla base della metodologia descritta nel prossimo capitolo. Nel grafico di Figura 21 sono stati riportati i dati, calcolati e rilevati, relativi a tutti gli edifici considerati. Si può osservare che, nell'insieme, i consumi, relativi al riscaldamento ed alla fornitura d'acqua calda sanitaria, ottenuti con la metodologia di calcolo risultano più elevati di quelli reali. Nella Figura 22, i dati sono stati raggruppati in funzione dell'anno di costruzione dell'immobile. Dall'analisi del grafico si può osservare che le discrepanze diminuiscono per gli edifici di più recente costruzione.

Nelle Figura 23, Figura 24 si sono considerati alcune abitazioni caratterizzate rispettivamente, dall'essere comprese in condomini o dall'essere delle villette mono – familiari. In entrambi i grafici si evidenzia come i consumi calcolati siano sempre superiori a quelli rilevati, tranne in un paio di casi, appartenenti alla categoria delle ville, in cui la tendenza è invertita.



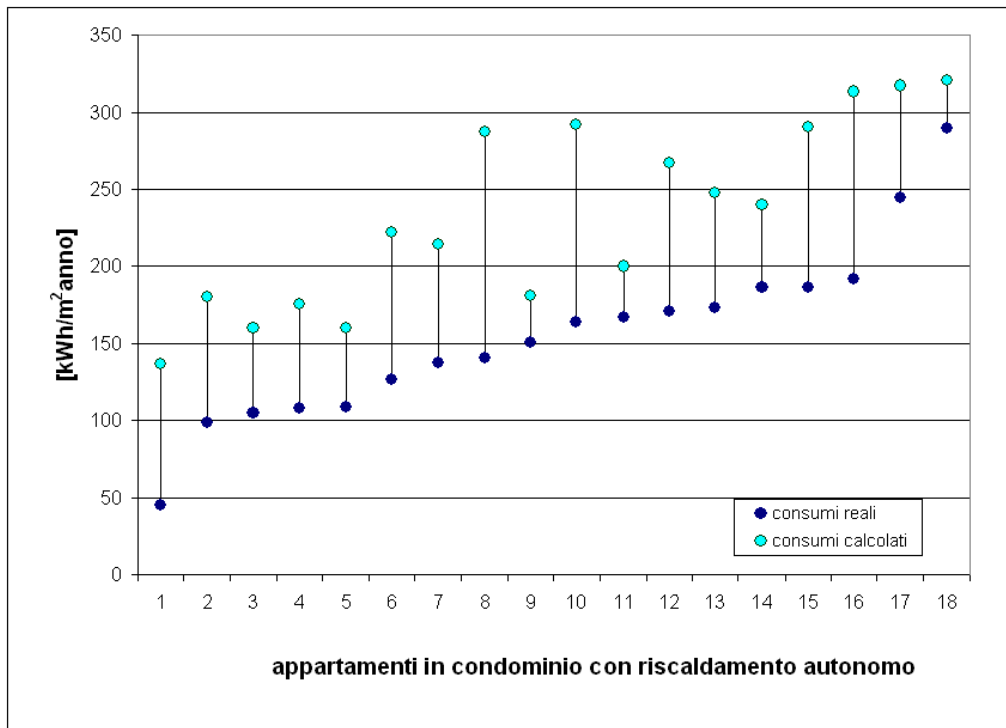


Figura 23. Analisi di appartamenti condominiali

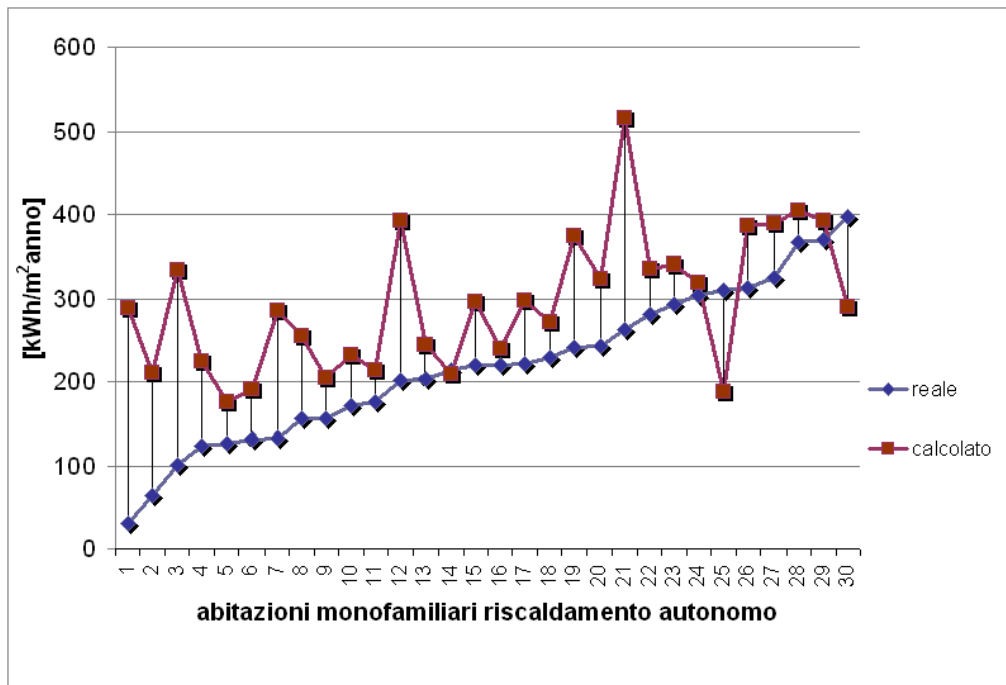


Figura 24. Analisi di abitazioni monofamiliari

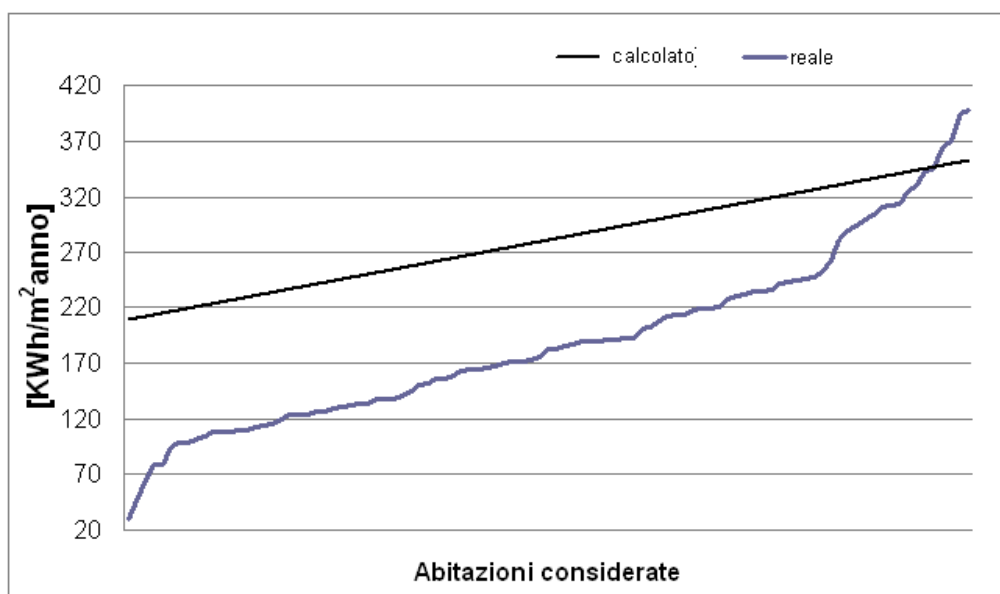


Figura 25. Tendenza degli scostamenti tra consumi reali e calcolati

Nel grafico soprastante (Figura 25) è stato riportato per ogni edificio il consumo calcolato ed il corrispettivo consumo quello reale. La media dello scostamento delle coppie di valori è del 36% circa. La differenza assume valori abbastanza diversi dalla media in relazione alla tipologia di edificio considerata.

6.5.1 Osservazioni

La discrepanza tra consumi calcolati e consumi reali evidenzia come lo strumento di certificazione sia difficilmente utilizzabile per effettuare la diagnosi energetica degli edifici. Tuttavia una raccolta dati sui consumi effettivi da legare ai diversi immobili potrebbe essere un valido strumento che potrebbe coadiuvare il processo d'incentivazione dell'efficienza energetica nell'edilizia.

Per quanto riguarda la valenza della certificazione come strumento di informazione e formazione dei cittadini si fa notare che la Lombardia (come pure negli ultimi mesi anche altre Regioni) impone l'obbligo, a coloro che vogliono effettuare la professione di certificatore, di seguire dei corsi e sostenere un esame. Il programma delle lezioni, deciso dalla Regione stessa, punta alla comprensione della fisica del problema ed anche delle dinamiche che portano alla redazione del documento di certificazione. Sulla base dell'esperienza raccolta proprio durante lo svolgimento di tali corsi ci si è accorti che, mentre il concetto delle classi è abbastanza intuitivo per tutti, il significato esatto degli altri termini, contenuti nel certificato, viene capito solo da chi abbia una specifica formazione nel campo e quindi deve essere ampiamente spiegato. Perciò, per il cittadino medio, lo strumento sarà senz'altro utile nell'ambito del confronto tra più immobili, ma è difficilmente fruibile per scopi di altro genere.

6.6 ANALISI ECONOMICA DELLA CERTIFICAZIONE COME STRUMENTO PER INCENTIVARE COSTRUZIONI IN CLASSI ALTE

La certificazione degli edifici, come già detto nel corso del presente capitolo, ha tra i propri scopi principali, l'incentivazione di edifici ad alto rendimento energetico. In effetti, dall'entrata in vigore del DGR 5018/2007, in Lombardia si può osservare un crescente interesse, sia degli imprenditori che dei possibili compratori, verso le classi d'eccellenza per le nuove costruzioni. A questo punto è necessario osservare che se da un lato le costruzioni più efficienti permettono al compratore finale un maggior risparmio in fase di gestione, dall'altro comportano degli extracosti in fase di costruzione. Tali esborsi maggiori si ripercuotono sul prezzo finale e quindi ancora sugli acquirenti. In questa parte di lavoro si è voluto quantificare il legame tra classe energetica desiderata e sforzi tecnici ed economici necessari per ottenerla nonché monetizzare il risparmio energetico conseguibile in modo da comprendere se le costruzioni più efficienti risultino anche economicamente vantaggiose. L'analisi è stata condotta in un contesto, climatico e costruttivo, tipico della Pianura Padana, studiando pacchetti d'interventi consoni alle tecniche della tradizione edilizia della Regione Lombardia.

Sull'edificio sono state dapprima esaminate diverse soluzioni sia strutturali che impiantistiche opportunamente calibrate, in base alla metodologia di calcolo della Regione Lombardia, in modo da ottenere sei configurazioni dello stesso immobile, ciascuna corrispondente ad una singola classe d'efficienza energetica prevista dalla legge regionale. Di ogni soluzione sono stati, di poi, calcolati: sia l'entità dell'investimento, legato alla realizzazione delle opere murarie ed impiantistiche ed all'eventuale riduzione di superficie utile commerciale, sia la relativa opportunità ed i tempi di ritorno economici, deducibili dal risparmio energetico conseguibile grazie all'incremento d'efficienza. Legando la classe d'efficienza energetica all'investimento necessario per ottenerla, nonché al tempo di ritorno ed all'opportunità economica d'impiego del capitale, si sono potute trarre alcune osservazioni sull'effettiva efficacia della certificazione come strumento per incentivare le costruzioni ad alto rendimento ed alcuni suggerimenti utili al mercato immobiliare. L'analisi dell'edificio è stata effettuata tramite la metodologia di calcolo per la certificazione e non sulla base dei metodi di progettazione energetica per due motivi. Il primo è legato allo scopo dell'indagine: il determinare quali siano le classi energetiche più convenienti coinvolgendo, innanzitutto, la determinazione di configurazioni dell'immobile che corrispondano a tali classi. Il secondo è legato al metodo: in questo caso, la certificazione viene utilizzata nella sua valenza originaria, cioè come sistema di confronto tra più proposte, imponendo condizioni al contorno uguali per tutte.

6.6.1 Il caso di studio

Si è deciso di analizzare una costruzione archetipo di un modus costruendi assai diffuso nei contesti urbani mediamente popolati della Lombardia, così da poter considerare i risultati delle analisi rappresentativi di una significativa percentuale di nuove realizzazioni. L'edificio in questione, appena terminato e sito nel Comune d'Almè (2418 gradi giorno e zona climatica E) in provincia di Bergamo, è una villetta bifamiliare di medie dimensioni di cui si è studiata l'unità immobiliare con la facciata libera volta a nord (Figura 26, Figura 27).

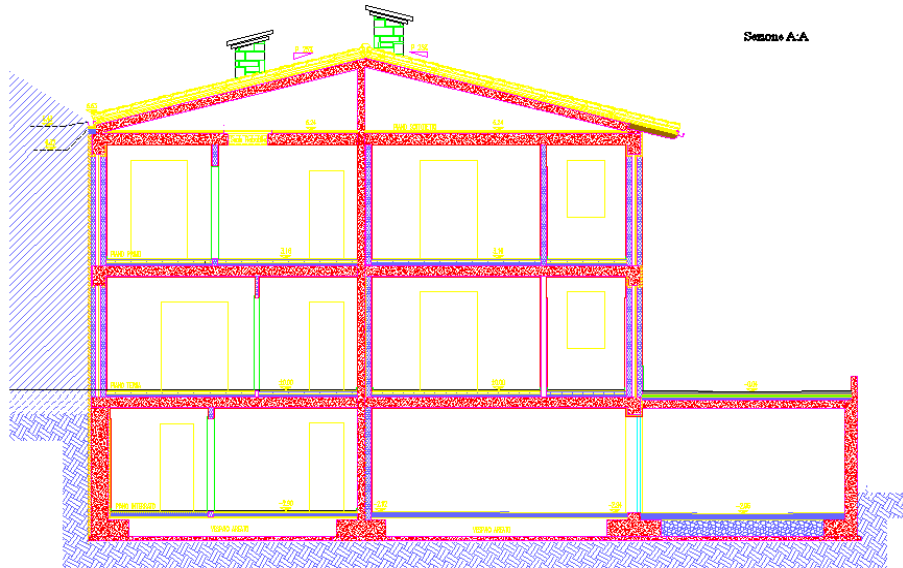


Figura 26. Sezione della Villetta Bifamiliare

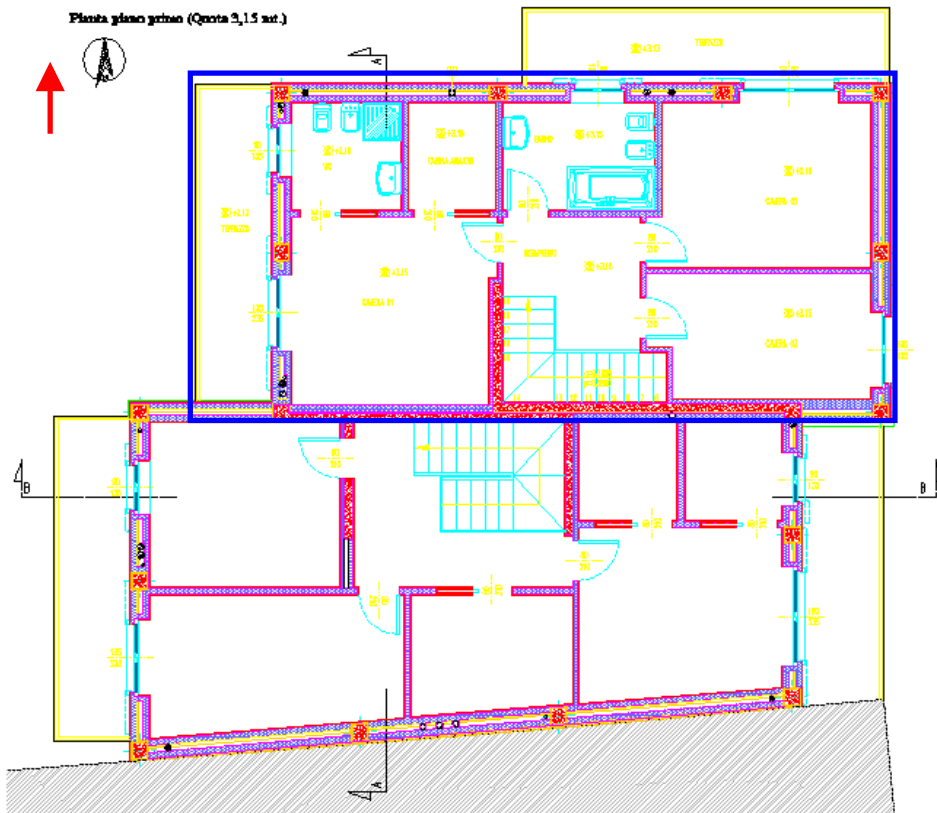


Figura 27. Pianta della Villetta Bifamiliare (freccia rossa: Nord)

Il fabbricato non ha un'orientazione ottimale in quanto il lato di maggiori dimensioni è esposto a nord, mentre il lato sud è adiacente ad un palazzo di pari altezza. L'immobile è caratterizzato da una struttura portante in cemento armato costituita da travi e pilastri. Secondo il progetto originale i tamponamenti perimetrali sono realizzati con due blocchi in laterizio di 12 cm, forati ed intonacati, separati tra loro da un'intercapedine d'aria di 2 cm, mentre i serramenti sono costituiti da un singolo vetro incorniciato da un telaio in legno.

L'abitazione si sviluppa su tre livelli: piano interrato (circa 120 m²), piano terra e piano primo (82 m² circa ciascuno).

Nel progetto originale è previsto un impianto di riscaldamento autonomo alimentato da un generatore a metano, di potenza nominale pari a 20 kW, controllato da un termostato manuale. Il sistema di emissione e distribuzione dell'energia termica è costituito da termosifoni in ghisa alloggiati sulle pareti interne alimentati da una rete di tubazioni non isolate, che si sviluppa principalmente in scassi praticati all'interno dei muri perimetrali.

6.6.2 Incremento d'efficienza dalla classe "F" alla classe "A": scelte progettuali

L'analisi energetica dell'edificio oggetto di studio, effettuata tramite il software CENED, ha decretato l'appartenenza dell'immobile esistente alla classe "F". Con l'ausilio del suddetto programma si sono potuti individuare cinque possibili pacchetti d'interventi che ingenerano un progressivo aumento d'efficienza dell'edificio, con contestuale passaggio di classe.

Nella progettazione degli interventi si sono operate due importanti scelte preventive: da un lato si è deciso di non coinvolgere la struttura portante e la geometria dell'immobile onde poter mantenere una configurazione base che favorisse il confronto dei risultati, dall'altro si è ritenuto opportuno considerare solo tecnologie tradizionali in modo da poter reperire dei dati, relativi ai costi di realizzazione, certi. La massima classe d'efficienza raggiungibile con le ipotesi di lavoro precedentemente descritte è la "A".

Nella Tabella 8 vengono riassunte le soluzioni individuate e la relativa classe energetica raggiunta. Si fa notare che in alcuni casi sono previste delle aggiunte di materiale, in altri delle rimozioni rispetto alla configurazione di partenza. Ad esempio, per raggiungere la classe "A" è necessario inserire 14 cm d'isolante nelle pareti esterne e rimuovere il sottofondo del pavimento per sostituirlo con uno strato di materiale alleggerito. I risultati restituiti dal CENED hanno consentito di determinare, accanto alla classe, i consumi energetici, per il riscaldamento invernale, legati alle diverse configurazioni dell'edificio (Figura 28).

	PARETE ESTERNA	PARETE LAVANDERIA-BOX	SERRAMENTI	SOLAI0 VESPAlO / PIANO INTERRATO	SOLAI0 PIANO INTERRATO / PIANO TERRA	SOLAI0 PIANO PRIMO / COPERTURA	IMPIANTO	CALDAIA
F	Camera d'aria 2 cm	/	Vetro Singolo	Sottofondo 10 cm	Sottofondo cm 9	/	Radiatori a parete	Caldaia tradizionale
E	+ Camera d'aria 2 cm (4cm)	/	Vetro Singolo	+ Isolante 3 cm	+ Isolante 3 cm	/	Radiatori a parete	Caldaia tradizionale
D	+ Isolante 2 cm	/	+ Vetro Singolo Selettivo	Isolante 3 cm	+ Isolante 3 cm	+ Isolante 3 cm	Radiatori a parete	Caldaia tradizionale
C	+ Isolante 4 cm (6cm)	/	Vetro Singolo Selettivo	- Sottofondo 10 cm + Sottofondo alleggerito 10 cm + Isolante 3 cm (6cm)	- Sottofondo 9 cm + Sottofondo alleggerito 9 cm + Isolante 3 cm (6cm)	+ Isolante 3 cm (6cm)	Radiatori a parete	- Caldaia tradizionale + Caldaia a condensazione
B	+ Isolante 4 cm (10cm)	+ Isolante 8 cm Forati 8 cm	+ Vetro doppio Selettivo	+ Isolante 4 cm (10cm)	Sottofondo alleggerito 9 cm + Isolante 3 cm (6cm)	+ Isolante 4 cm (10cm)	- Radiatori a parete + Pannelli radianti a pavimento	Caldaia a condensazione
A	+ Isolante 4 cm (14cm)	Isolante 8 cm Forati 8 cm	Vetro Triplo Selettivo	Isolante 4 cm (10cm)	+ Isolante 4 cm (10cm)	+ Isolante 4 cm (14cm)	Pannelli radianti a pavimento	Caldaia a condensazione
LEGENDA	"++" : aggiunte rispetto al pacchetto precedente			"-": rimozioni rispetto al pacchetto precedente		(...) valori complessivi		

Tabella 8. Pacchetti d'interventi

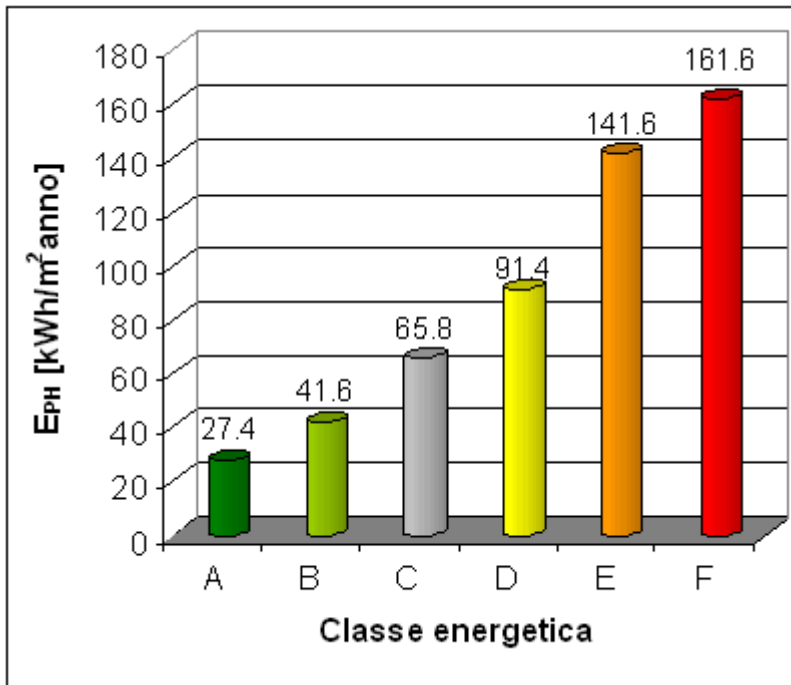


Figura 28. Consumi di energia primaria

Dall'analisi del grafico soprastante si può notare come la realizzazione dell'edificio secondo il progetto originale (classe "F") ingeneri dei consumi nell'abitazione quadrupli rispetto alla configurazione dello stesso in classe "B" e sestupli rispetto a quella di classe "A".

Una prima valutazione di massima dei risparmi conseguibili in virtù dei cambi di classe può essere ottenuta confrontando i consumi di energia primaria per il solo riscaldamento invernale delle varie configurazioni dell'edificio. Ipotizzando un costo di 0,045 € / kWh per l'energia primaria si può stimare che l'edificio portato in classe "D" consente un risparmio di circa 500 euro all'anno rispetto alla configurazione originale. Tale risparmio sale a 1100 euro annui se il confronto viene operato tra le Classi A ed F (Figura 29).

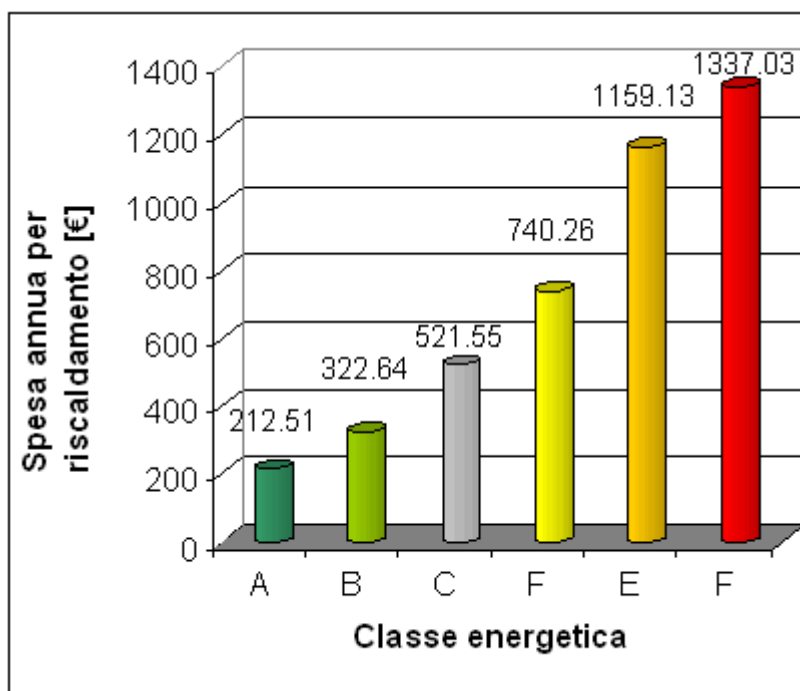


Figura 29. Spesa per il riscaldamento dell'immobile nelle diverse configurazioni

6.6.3 Analisi dell'incremento dei costi

Per poter determinare l'effettiva convenienza di investimenti volti a migliorare la classe energetica di un immobile è necessario considerare, accanto al risparmio di energia primaria conseguibile, anche gli extracosti da sostenere.

Il prezzo per metro quadrato commerciale di un edificio (P_V) può essere calcolato come una somma di fattori che rappresentano da un lato le spese sostenute dalla ditta costruttrice (costo per l'acquisto del terreno, C_{TE} , costi di costruzione, C_C , costi di gestione ed amministrazione C_{AG}) dall'altro il margine di guadagno che la stessa si vuole garantire (R_I); matematicamente il concetto può essere tradotto tramite l'equazione 1:

$$P_V = C_{TE} + C_{AG} + C_C + R_I \quad (1)$$

Non prendendo in considerazione il margine di guadagno d'impresa – data la sua soggettività e variabilità -, ed ipotizzando fissi i costi di gestione e amministrazione della ditta, si può senz'altro affermare che la realizzazione di edifici energeticamente efficienti si ripercuote sostanzialmente sui costi di costruzione. In base al computo metrico relativo a tutti gli interventi proposti ed al listino delle opere edili della Camera di Commercio di Bergamo 1/2007 si sono quantificati i costi di costruzione dell'edificio

nelle varie configurazioni corrispondenti alle sei classi d'efficienza (Tabella 9 e Figura 30).

Da un'analisi svolta sul territorio del Comune di Almè si è potuto stimare che il prezzo di vendita della villetta, realizzata secondo il progetto originale (classe "F"), può esser fissato a d un valore superiore attuale (fine 2007) pari a 2500 euro al metro quadrato di superficie commerciale. Analizzando sezioni e disegni si evince che la configurazione di base dell'edificio garantisce una superficie commerciale pari a 238,25 m², pertanto il suo prezzo globale di vendita (P_{GV}) risulta di 595625 €.

INCIDENZA COSTO DI COSTRUZIONE PER CONFIGURAZIONE	€/m ² lordo	€/m ² netto	€/m ² commerciale
classe F	840.16	973.03	1110.46
classe E	840.89	980.91	1115.48
classe D	854.61	1004.09	1137.79
classe C	865.42	1031.57	1160.69
classe B	890.98	1077.49	1203.77
classe A	922.74	1115.91	1246.88

Tabella 9. Costi di costruzione al metro quadrato

Prendendo in considerazione solo l'incidenza dei costi di costruzione sulla superficie commerciale, si ottiene un aumento dei prezzi di vendita complessivo pari a 136,23 euro al metro quadrato, equivalente al 5,17%.

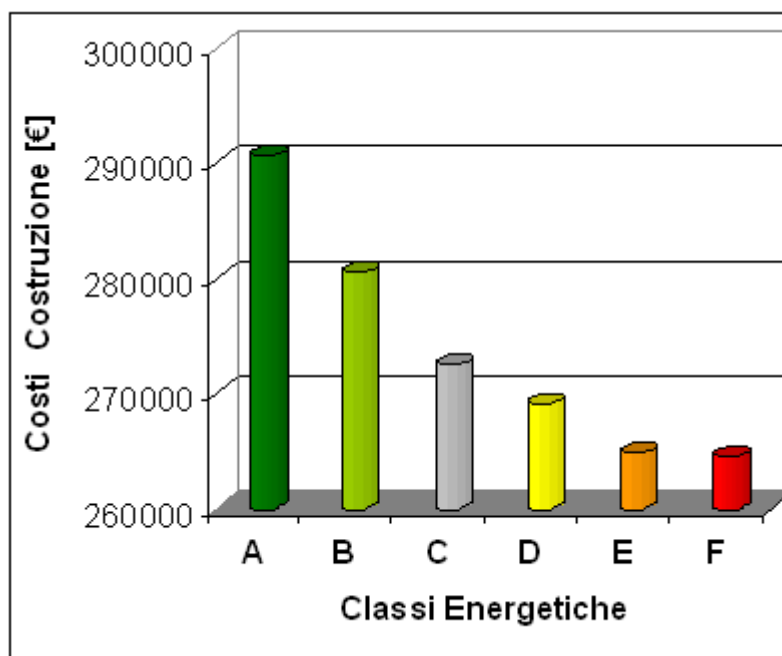


Figura 30. Costi di costruzione per le varie configurazioni

La maggior parte dei regolamenti edilizi comunali attualmente in vigore fissa, per ogni lotto di terreno, il volume lordo (comprensivo delle opere murarie) effettivamente edificabile. Per tale motivo si è deciso, nel corso di questo studio, di mantenere costante il volume lordo dell'immobile per tutte le configurazioni. Appare chiaro che qualsiasi aumento di spessore delle opere murarie, atto a garantire i requisiti di alta efficienza, si traduce in una diminuzione di volume utile ed anche di superficie commerciale³⁸..

In Figura 31 è riportato il risultato dei calcoli relativi alla determinazione della superficie commerciale per le configurazioni energetiche dell'immobile studiato.

³⁸ L'analisi è stata effettuata nei primi mesi del 2008 quando la legge 115 non era ancora stata emanata, Tuttavia, nonostante la recente possibilità, sancita da detta legge di scorporare dalla cubatura edificabile gli spessori dell'involucro edilizio eccedenti i 30 cm qualora ne venga migliorato considerevolmente l'isolamento, è ragionevole supporre che l'adeguamento dei regolamenti edilizi avverrà in tempi piuttosto dilatati.

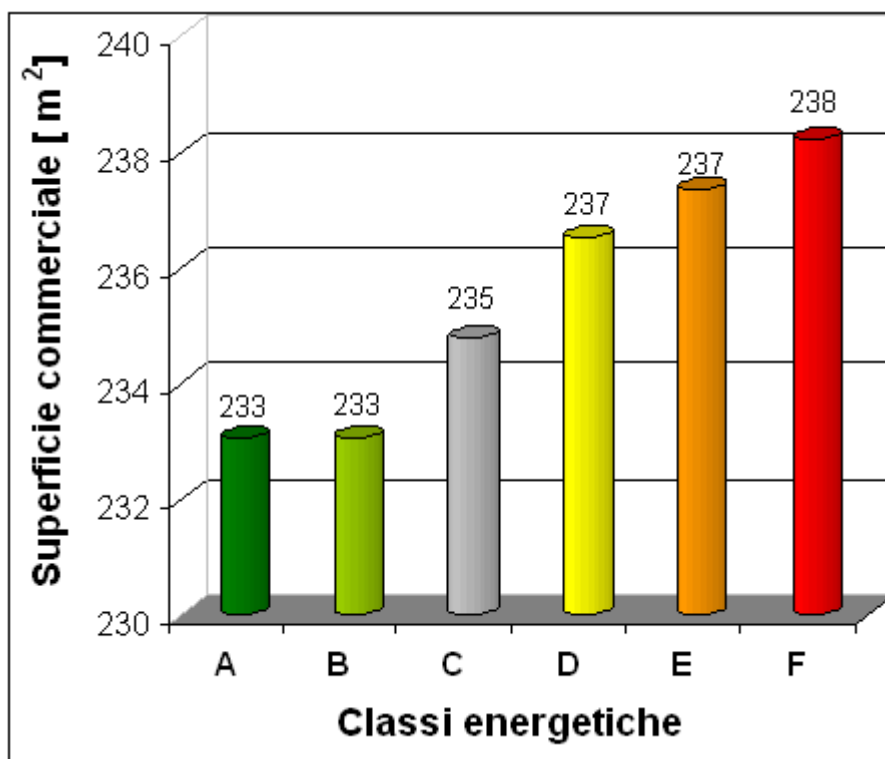


Figura 31. Variazione della superficie commerciale in relazione alle diverse configurazioni dell'immobile

Nella presente trattazione si è deciso di tener conto di detta diminuzione di superficie traducendola in extracosti da aggiungere a quelli di costruzione, per determinare il prezzo di vendita globale, nell'ipotesi realistica che si mantenga costante il margine di guadagno dell'impresa.

Noto il prezzo globale di vendita (P_{GV}) e noti i costi di costruzione al metro quadrato (C_{CF}) nonché la superficie commerciale (S_{CF}) legati all'edificazione dell'immobile secondo il progetto originale (classe "F") si può determinare, grazie all'equazione 2, la quota (Q_F) che dovrà, in base alle ipotesi fin'ora fatte, mantenersi costante anche nelle realizzazioni energeticamente più efficienti:

$$Q_F = P_{GV} - (C_{CF} \cdot S_{CF}) \quad (2)$$

Mantenendo costante la quota fissa e conoscendo sia il costo di costruzione al metro quadrato commerciale (C_{Ci}), sia l'entità della superficie commerciale (S_{Ci}) relativi alla realizzazione dell'edificio nelle diverse classi d'efficienza, si può determinare il prezzo finale dell'immobile (P_{CVi}) nelle varie configurazioni secondo l'equazione 3:

$$P_{GVi} = (C_{Ci} - S_{Ci}) + Q_F \quad (3)$$

In Figura 32 è possibile vedere l'andamento del prezzo finale di vendita per diverse classi energetiche dell'edificio.

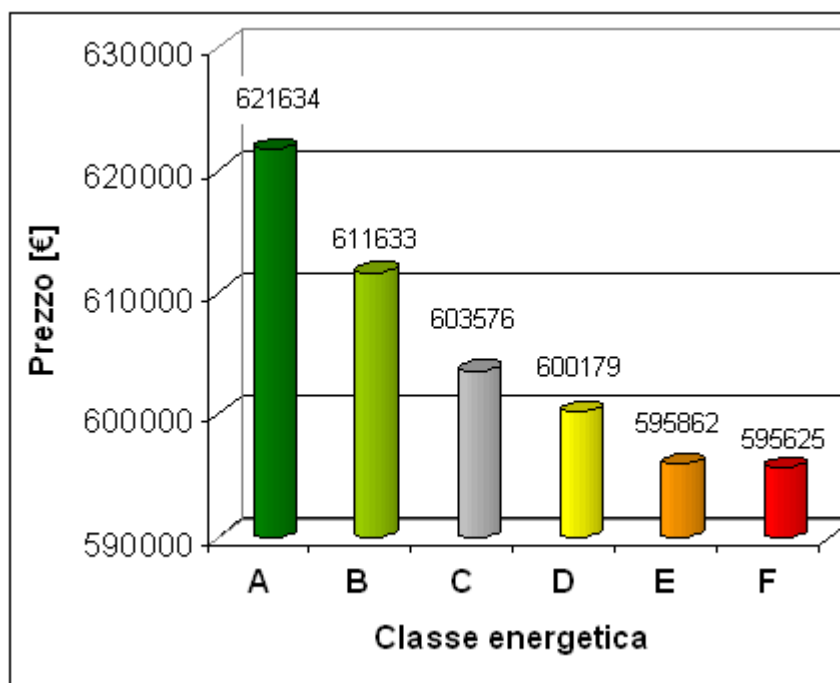


Figura 32. Variazione del prezzo dell'intero edificio.

L'aumento percentuale del prezzo di vendita varia tra lo 0.75% relativo alla costruzione in classe "D", ed il 4.35% della realizzazione dell'immobile in classe "A".

Per mettere in evidenza come il prezzo al metro quadrato (P_{Vi}) per le diverse configurazioni energetiche dell'immobile dipenda sia dall'andamento dei costi di costruzione, ma anche dalla diminuzione di superficie commerciale (Δ_{sup}), si è deciso di utilizzare l'equazione 4:

$$P_{Vi} = C_{Ci} + \frac{Q_F}{SCF - \Delta_{sup}} \quad (4)$$

Nel grafico di figura 8 si può vedere l'andamento dei prezzi al metro quadrato, considerando la base di 2500€ per il costruito originale.

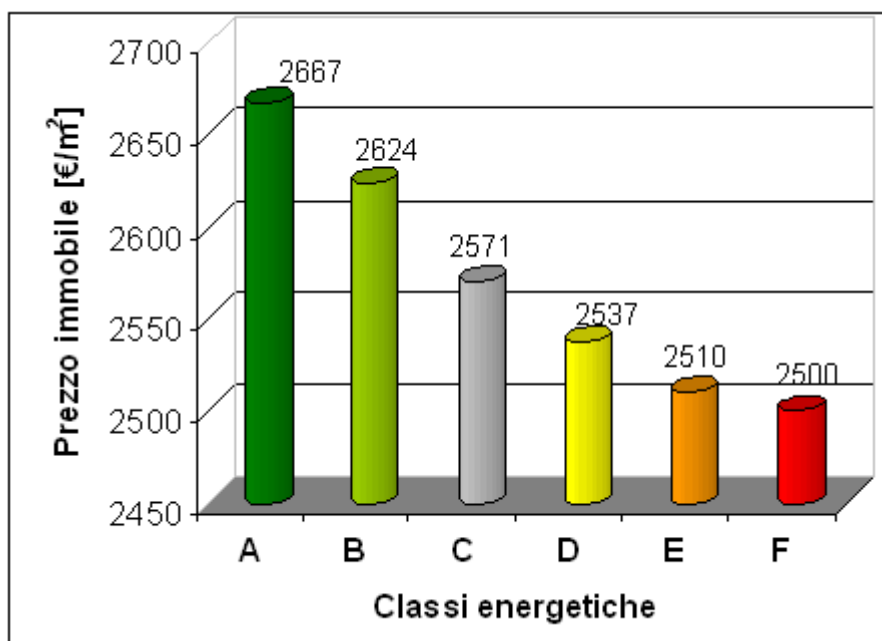


Figura 33. Prezzo al metro quadrato dell'immobile per le differenti configurazioni.

Come visto fin'ora, ciascun intervento migliorativo dell'immobile consente di raggiungere una precisa classe energetica, a fronte di un certo sforzo economico. Ora è necessario comprendere quale sia l'investimento che rappresenti il punto d'incontro tra costi e benefici. Per far ciò si è deciso di ricorrere ad un'analisi prettamente economica basata sulle spese di realizzazione dell'opera e sul risparmio di risorse primarie senza considerare né i benefici ambientali conseguibili, né le implicazioni sociali.

A margine, si consideri anche che in sede di trattativa commerciale sul valore dell'immobile, se l'edificio originale, già costruito in classe "F", fosse vicino spazialmente ad un immobile con caratteristiche di qualità ed architettura simili, ma energeticamente molto più efficiente, l'acquirente potrebbe chiedere una riduzione del prezzo di circa 150/200 €/m² a causa delle alte dispersioni energetiche. Non si è voluto in questa sede approfondire questo discorso commerciale, anche se di grande interesse, in quanto di carattere troppo variabile e legato a molti fattori non oggettivi.

Per operare un confronto sull'appetibilità e sulla convenienza di ciascun investimento occorre determinare da un lato se l'utilizzo di capitale sia vantaggioso rispetto ad un altro tipo d'impiego dello stesso, dall'altro se l'esborso possa venire ammortizzato in un tempo ragionevole. In questo lavoro si è deciso di utilizzare due strumenti economici, già ampiamente utilizzati nella prima parte di questo lavoro di ricerca, che traducono concretamente i due concetti sopra espressi: il Net Present Value (NPV) ed il Pay Back Time (PBT)³⁹ applicandoli agli investimenti necessari per la realizzazione dell'edificio di volta in volta supposto nelle varie classi energetiche.

³⁹ I due indici sono stati presentati e definiti nel capitolo d'introduzione della prima parte del presente lavoro di ricerca.

Per ogni configurazione dell'immobile si sono determinati sia l'esborso iniziale, dato dalla differenza tra il prezzo globale per la realizzazione dell'abitazione in classe "F" e quello per l'edificazione della stessa nelle classi superiori, sia i flussi di cassa annuali dovuti al risparmio di energia primaria per la climatizzazione ed all'eventuale incremento di costi di gestione e manutenzione. Il calcolo viene effettuato come differenza tra costi generati dall'edificio in classe "F" e quelli dovuti alla realizzazione dello stesso in configurazioni energeticamente più efficienti.

Al fine di condurre l'analisi dell'indice suddetto si sono operate le seguenti scelte:

- Orizzonte temporale dell'investimento pari a 15 anni;
- Tasso d'attualizzazione pari al 4% (rendimento dei Titoli di Stato [12]);
- Prezzo dell'energia elettrica attinta dalla rete nazionali: 0,15 €/kWh;
- Prezzo dell'energia termica ottenibile per combustione dal metano, calcolata sul potere calorifico inferiore del gas stabilito dalla Regione Lombardia [11], pari a 0,043 €/kWh;
- Incremento dei costi legati alla fornitura di metano ed elettricità pari al 7% annuo, in accordo con le attuali valutazioni economiche [13] e [14].

I primi interventi di ristrutturazione dell'immobile, quali il ripristino degli strati d'impermeabilizzazione della copertura o la sostituzione del generatore, possono esser previsti dopo un periodo di vita dell'edificio di circa 15 anni. Alla luce di queste considerazioni si è scelto un orizzonte temporale per il calcolo dell'indice NPV proprio pari a questo periodo in modo da non dover considerare ulteriori flussi di cassa che sicuramente interesseranno tutte le configurazioni dell'immobile, ma in maniera diversificata e non facilmente quantificabile.

In Figura 34 sono stati riportati i risultati relativi al calcolo dell'indice NPV

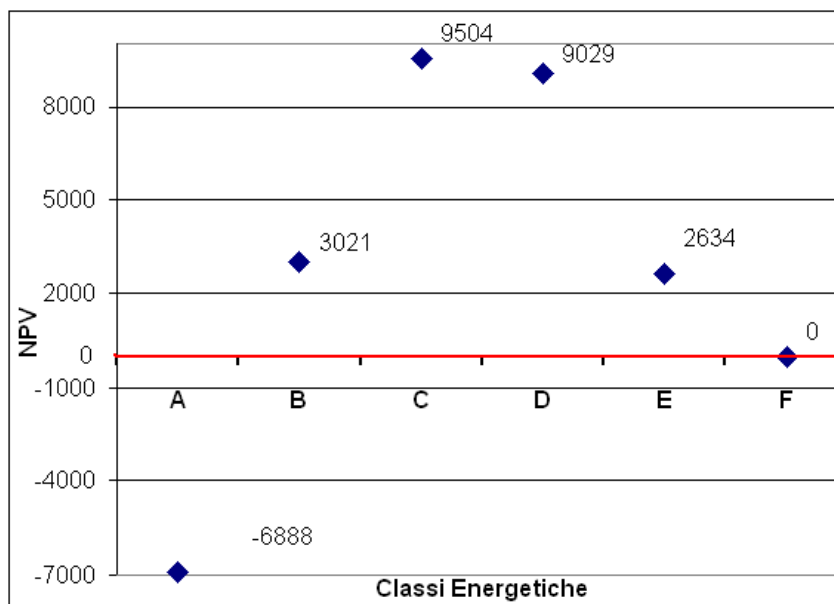


Figura 34. Andamento dell'indice NPV

Dall'analisi del grafico soprastante si possono trarre alcune osservazioni: innanzi tutto si può notare che gli investimenti legati alla realizzazione dell'edificio in classe "C" e "D" sono quelli più appetibili. Anche l'impiego di capitale volto a portare l'immobile in classe "B" od "E" ingenera un valore dell'indice NPV positivo, pertanto può essere accettato. Viceversa gli extracosti necessari per portare l'abitazione in classe "A" paiono non trovare giustificazione economica.

Accanto all'analisi dell'indice NPV che dà conto della maggiore o minore convenienza dell'investimento si è considerato anche il tempo di ritorno (PBT). L'orizzonte temporale massimo è stato fissato pari a quello considerato per il Net Present Value, cioè 15 anni. La Tabella 10, ove vengono riportati i risultati dell'indice PBT, sottolinea un fatto già appurato tramite l'analisi della convenienza dell'investimento, vale a dire che la classe di maggior efficienza energetica, nell'orizzonte temporale considerato, pare non trovare un riscontro economico. Il tempo di ritorno dell'investimento, infatti, è superiore ai 15 anni, pertanto non accettabile, secondo le ipotesi fin'ora fatte

Classi	PBT
A	>15
B	14
C	8
D	6
E	2
F	0

Tabella 10. Tempo di ritorno dell'investimento necessario per incrementare l'efficienza energetica dell'edificio

Su un orizzonte temporale di maggior durata anche la realizzazione dell'edificio in classe "A" potrebbe risultare economicamente accettabile. In particolare si è riscontrato che il tempo di ritorno dell'investimento è di circa 18 anni. Su questo orizzonte temporale, ipotizzando di non dover affrontare interventi di manutenzione straordinaria, anche l'indice NPV diviene positivo, decretando l'accettabilità dell'investimento.

6.6.4 Osservazioni

Dal confronto tra gli indici NPV e PBT si può affermare che l'investimento più conveniente e che offre tempi di ritorno ragionevoli è quello legato al pacchetto d'interventi che portano l'edificio in classe "C". Tale configurazione rappresenta già un buon risultato, soprattutto se rapportato allo stato d'efficienza energetica del parco edilizio esistente Italiano ed Europeo che trova la propria collocazione per lo più nelle classi "G" ed "F".

E' interessante notare che anche l'impegno economico necessario per raggiungere lo standard "B" risulta, alla lunga, conveniente in quanto comporta un tempo di ritorno

ancora accettabile, seppur vicino al limite fissato, ed un indice NPV positivo e superiore sia al progetto di base sia alla realizzazione in classe "E".

Dal presente studio la classe "A" risulta il peggior investimento possibile in quanto l'indice NPV è negativo ed il tempo di ritorno è superiore ai 15 anni (si attesterebbe sui 18).

Come già detto, in quest'analisi non si sono potuti considerare i benefici ambientali, conseguenti agli incrementi d'efficienza energetica, in quanto, attualmente, non sono traducibili in flussi di cassa né per il bilancio di un'impresa edile né per quello dell'acquirente. Infatti da un punto di vista prettamente economico, l'investimento necessario per raggiungere la classe "D" risulta quasi altrettanto conveniente di quello legato allo standard "C", col vantaggio, inoltre, di un minore esborso iniziale e tempi di ritorno inferiori. Appare chiaro, quindi, che l'attuale impianto economico legislativo non è in grado di tradurre in flussi di cassa l'impatto creato dal comparto edilizio sull'ambiente.

Un'osservazione riguarda proprio questo punto: una politica volta all'incentivazione del risparmio delle risorse naturali e del contenimento dell'inquinamento dovrebbe essere in grado di incoraggiare la realizzazione di opere a basso consumo energetico proprio tramite la quantificazione dei benefici ambientali da esse apportati.

Uno strumento per calcolare l'entità economica dell'impatto ambientale potrebbe essere la Carbon Tax attualmente in vigore negli stati della Comunità Europea. La direttiva 2003/87/CE fissa un'ammenda pari a 100 €/tonnellata di anidride carbonica equivalente emessa in eccesso rispetto ad una quota prefissata. Il presente lavoro propone di quantificare degli sgravi fiscali, traducibili in diminuzioni di imposte comunali o similari, proprio in base alla Carbon Tax, applicando le attuali tariffe alla produzione, da parte degli immobili, di anidride carbonica equivalente. Il software CENED è in grado di effettuare un calcolo (sempre standardizzato e quindi "convenzionale") delle emissioni di anidride carbonica equivalente generata dai diversi edifici. Nel presente lavoro si è deciso di considerare per ogni configurazione dell'immobile studiato, la conseguente emissione di detto gas serra. Fissando la quota di riferimento pari all'emissione generata dalla configurazione di progetto, si è quantificato un flusso di cassa legato al risparmio di Carbon Tax conseguente all'incremento d'efficienza energetica dell'immobile. La scelta della quota di riferimento è ricaduta sulle emissioni dell'abitazione realizzata secondo il progetto originale sia per poter confrontare i risultati con quanto esposto fin'ora, sia perché gli edifici in classe "F" sono, come già detto, la base del costruito per il territorio europeo.

In Tabella 11 è riportata l'entità dei flussi di cassa legati all'applicazione degli sgravi calcolati, per le diverse configurazioni dell'immobile, in base all'emissioni di anidride carbonica equivalente evitate ed alla quota di Carbon Tax risparmiata.

classi	CO ₂ [kg/m ² a]	Superficie netta [m ²]	ΔCO ₂ [t/a]	Flussi di cassa [€/a]
A	5.5	260.39	-6.98	697.85
B	8.3	260.39	-6.25	624.94
C	13.1	264.18	-5.07	507.23
D	18.3	268.02	-3.75	375.23
E	28.3	269.95	-1.08	107.98
F	32.3	271.9	0.00	0.00

Tabella 11. Emissioni di CO₂ e flussi di cassa legati al risparmio di Carbon Tax

Nel presente studio si è deciso di mantenere la Carbon Tax costante nei 15 anni di orizzonte temporale sui quali sono state svolte le analisi economiche. Tale scelta è scaturita dall'osservazione che sebbene l'ammenda sia inevitabilmente destinata a levitare negli anni, tuttavia non si possono fare stime quantitative sulla sua crescita.

Considerando questo nuovo elemento sono stati calcolati nuovamente gli indici NPV e PBT degli investimenti precedentemente analizzati. I risultati sono riportati in Figura 35 ed in Tabella 12.

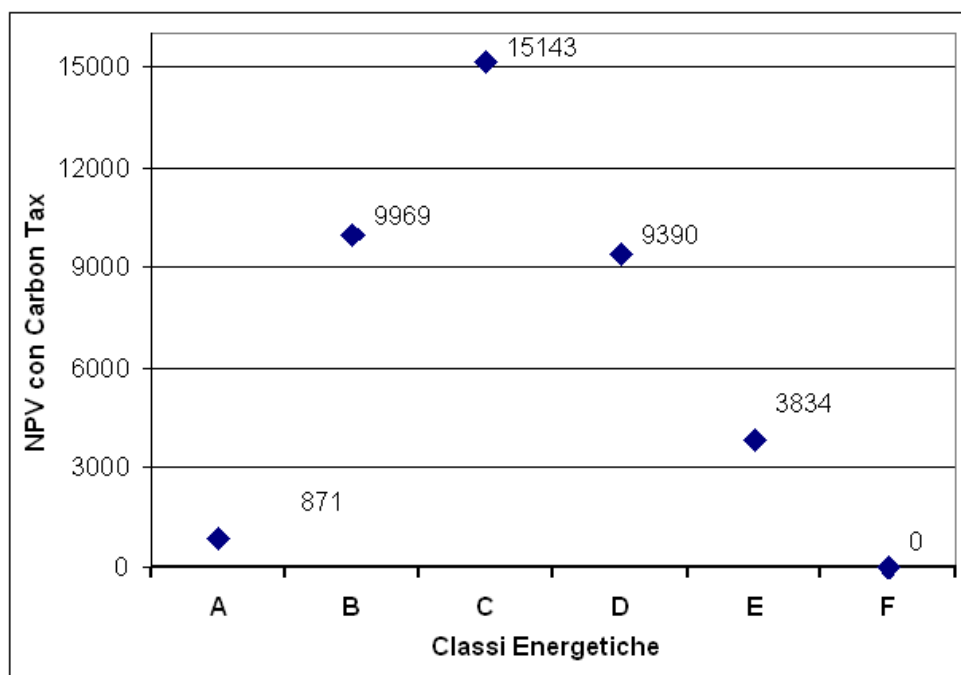


Figura 35. Andamento dell'indice NPV in caso di applicazione della Carbon Tax

classi	PBT
A	15
B	10
C	6
D	6
E	1
F	0

Tabella 12. Tempi di ritorno dell'investimento in caso d'applicazione della Carbon Tax

Gli incentivi legati alla Carbon Tax, potrebbero essere sia legati alle nuove realizzazioni sia alle ristrutturazioni. In questo senso è urgente una sensibilizzazione delle istituzioni locali per una considerazione approfondita dei certificati bianchi, quali strumento di appoggio finanziario per incentivare la costruzione di edifici ad alto risparmio energetico.

Infine si fa notare uno squilibrio sugli incentivi di natura fiscale tra gli interventi di ristrutturazione con la detrazione del 55% e la costruzione di edifici nuovi in classi alte di risparmio energetico. Si sottolinea che una riduzione dell'IVA sulla compravendita dell'immobile anche solo dell'1% per gli edifici di classe "A" potrebbe essere sufficiente a spostare ulteriormente il vantaggio economico globale dalla classe "B" alla classe "A", con una ulteriore e decisiva spinta verso il massimo risparmio energetico.

6.7 CONSIDERAZIONI FINALI

In questo capitolo sono state messe in evidenza alcune criticità della certificazione energetica. Le analisi sono state svolte sull'unico esempio fino ad oggi disponibile in Italia di strumento attuativo della certificazione stessa, vale a dire la metodologia della Regione Lombardia.

L'ultimo studio quivi presentato, effettuato su un edificio archetipo di un diffuso modus costruendi lombardo, mette in evidenza come attualmente risulta oggettivamente "ottimo" l'investimento volto all'acquisto di un edificio in classe "C", fissando un orizzonte temporale pari a 15 anni, mentre addirittura antieconomico quello necessario per raggiungere la classe "A". Risulta quindi che gli attuali strumenti legislativi nazionali non sono ancora in grado di tradurre in flussi di cassa sull'acquisto di abitazioni l'impatto ambientale, derivante da un minor consumo di risorsa primaria. In particolar modo la certificazione energetica sicuramente incentiva costruzioni caratterizzate da classi di rendimento migliori rispetto alla media degli edifici presenti in Italia ed in Europa, tuttavia non pare sufficiente per spingere il mercato verso le classi d'eccellenza (A e B). Nel lavoro è stato proposto uno strumento in grado quantificare l'impatto ambientale basato sulla filosofia della Carbon Tax e dunque sul risparmio di anidride carbonica equivalente. In questo nuovo scenario gli investimenti economici più convenienti sono risultati quelli legati alla realizzazione dell'immobile nelle classi d'efficienza energetica medio alte, inoltre la classe "A" risulterebbe più appetibile della "F". Il risparmio della Carbon Tax potrebbe esser tradotto in incentivi

elargiti tramite sgravi fiscali applicabili sia ai nuovi edifici sia alle ristrutturazioni. Tali incentivi possono essere di basso impatto per l'erario se accompagnati dall'utilizzo cumulato dei certificati bianchi. In definitiva il mercato immobiliare delle costruzioni efficienti abbisogna di altri strumenti che accompagnino la certificazione quali, ad decreto legge 115 del Luglio 2008 (scorporo dal volume edificabile degli spessori dei muri perimetrali eccedenti i 30 cm e dei solai eccedenti i 20 cm ,in caso si conseguano valori di trasmittanza inferiori del 10% ai limiti di legge)

Una seconda osservazione nasce dall'analisi svolta su 118 edifici, presentata nella seconda parte di questo capitolo, in base alla quale emergono dubbi sulla possibilità di utilizzare la certificazione come indicatore dei consumi reali degli immobili. In effetti la certificazione non nasce per la diagnosi energetica, bensì come strumento che favorisca la trasparenza nelle transazioni immobiliari (considerazione n.10 della direttiva 2002/91/CE) e si ponga come elemento per il confronto tra i diversi immobili presenti sul mercato.

Bisogna osservare, inoltre, che la certificazione può senz'altro essere uno degli sproni per il mercato delle costruzioni efficienti, ma non costituisce certo strumento di formazione ed informazione del cittadino medio sui problemi di risparmio energetico in edilizia. Infatti le informazioni contenute nell'attestato sono troppo succinte e poco comprensibili al profano. La certificazione permette sì il confronto tra immobili, grazie alle classi, ma non certo la comprensione del legame tra certi comportamenti e la spesa energetica per la casa da essi derivante e neppure la consapevolezza del contributo reale della propria abitazione al consumo di risorse primarie.

Nel prossimo capitolo verrà illustrato un metodo di raccolta dati studiato appositamente sia per censire l'effettivo consumo degli edifici sia per porsi come strumento di formazione e sensibilizzazione al problema del risparmio energetico.

Infine si vuole sottolineare che la metodologia di calcolo deve essere applicata in maniera corretta se si vuole che la certificazione funzioni realmente come strumento discriminatorio dell'efficienza degli immobili. A tal fine è necessario che i dati riguardanti gli edifici da certificare siano sufficientemente corretti. Come visto nel corso nella prima parte di questo capitolo alcuni errori nella valutazione delle caratteristiche degli immobili possono influire grandemente sul risultato finale. Reperire tutti i dati necessari alla compilazione della certificazione non è sempre facile, anzi nel caso dell'esistente (che rappresenta il 90% del patrimonio immobiliare) risulta, a volte, pressoché incompatibile con le risorse a disposizione. Ad esempio, nel caso analizzato, i documenti progettuali non erano rintracciabili, benché l'edificio non sia certo uno dei più antichi presenti sul territorio. Determinare le esatte stratigrafie dell'involucro, in assenza di documenti progettuali, può risultare alquanto oneroso e spesso impraticabile, dati i costi e l'invasività delle operazioni di carotaggio. Tali costi non sono né giustificabili, né sostenibili per l'attività di un certificatore. Parimenti misure in opera atte a determinare i valori di trasmittanza degli elementi sono difficilmente praticabili date le spese dell'operazione ed i tempi richiesti. Inoltre i risultati sono spesso poco attendibili (gli errori di misura possono arrivare al 160% se la parete indagata è doppia [15]). Il CENED mette a disposizione dei certificatori una serie contenuta di valori di massima di trasmittanze, molto approssimati, utilizzabili in caso di mancanza di dati. Tuttavia la sensibilità della metodologia alle variazioni di

trasmissione dell'involucro, appurata nel presente capitolo e dall'esperienza raccolta in un anno d'applicazione della legge regionale, sottolinea la necessità di attingere ad una raccolta molto più estesa di dati che aiuti sia i certificatori, sia gli organismi preposti al controllo dei certificati a svolgere i propri compiti correttamente. Sempre a tal fine si rende allora necessaria una banca dati il cui scopo possa anche essere quello di fungere da supporto sia per stime preliminari, sia per la verifica del comportamento termico dei tamponamenti esterni. Il sistema di raccolta, proposto nel prossimo capitolo, può essere utilizzato anche per recuperare informazioni di questo genere. Un primo lavoro di catalogazione ed ordinamento delle pareti verticali è stato già iniziato. Peraltro in tale studio sono stati raccolti anche dati riguardanti i valori del potere fonoisolante apparente delle murature misurati in opera. Tale studio verrà presto esteso ai solai in modo da poter fornire uno strumento il più possibile completo sulle caratteristiche termiche ed acustiche dei componenti opachi dell'involucro edilizio.

6.8 NOMENCLATURA DEI SIMBOLI UTILIZZATI NEL PARAGRAFO 6.6

C_{AG} = costi di gestione, amministrazione dell'impresa costruttrice [$\text{€}/\text{m}^2$];

C_C = costi di costruzione [$\text{€}/\text{m}^2$];

C_{CF} = Costi di costruzione al metro quadrato di superficie commerciale relativi alla realizzazione dell'edificio in classe "F" [$\text{€}/\text{m}^2$];

C_{Ci} = Costo di costruzione al metro quadrato commerciale relativo alle opere necessarie per realizzare l'edificio nella classe i-esima [$\text{€}/\text{m}^2$];

C_{TE} = costo d'acquisto del terreno [$\text{€}/\text{m}^2$];

E_{PH} = consumo di energia primaria riferito al solo riscaldamento di un edificio riferito alla superficie utile [kWh/m^2 anno]

i = indice della classe energetica raggiunta;

P_{GV} = prezzo globale di vendita dell'immobile realizzato secondo il progetto originale[€];

P_{GVi} = Prezzo globale di vendita dell'edificio realizzato nella classe i-esima [€]

P_V = Prezzo di vendita al metro quadro commerciale [$\text{€}/\text{m}^2$];

P_{Vi} = prezzo di vendita al metro quadrato commerciale dell'immobile costruito in classe i-esima[$\text{€}/\text{m}^2$];

Q_F = quota fissa: data dalla somma dei costi globali di gestione, amministrazione dell'impresa, acquisto del terreno (supposti indipendenti dalla classe energetica) e margine di guadagno dell'impresa [€]

R_I = margine di guadagno dell'impresa [$\text{€}/\text{m}^2$];

S_{CF} = Superficie Commerciale della villetta realizzata in classe "F" [m^2];

S_{Ci} = Superficie commerciale che si ottiene realizzando l'abitazione nella classe i-esima [m^2];

Δ_{sup} = differenza di superficie commerciale tra l'immobile realizzato in classe "F" e l'immobile realizzato in classe i-esima [m²]

6.9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Enea "L'etichetta energetica" Sviluppo sostenibile. Roma Dicembre 2003
<http://www.enea.it/com/web/pubblicazioni/Op24.pdf>
- [2] UNI/TS 11300-1:2008: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
- [3] UNI/TS 11300-2:2008: Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria
- [4] <http://www.senato.it/istituzione/29375/131276/131277/articolo.htm>
- [5] Cened Rassegna stampa "Sull'efficienza energetica la Lombardia tuona" 29/01/09 SEC SERRAMENTI+DESIGN - Gennaio 2009 pp 70-77
http://www.cened.it/c/document_library/get_file?p_l_id=10575&folderId=12483&name=DLFE-2009.pdf
- [6] <http://www.cened.it>
- [7] L. Cattani, A.Magrini, "Certificazione energetica degli edifici - valutazioni sull'applicazione della metodologia di calcolo della regione Lombardia", 63° Congresso ATI. Palermo. 23-26 Settembre 2008 Italia.
- [8] I. Sterpi, "Certificazione energetica degli edifici e consumi reali" tesi di primo livello di. Università degli Studi di Pavia, a.a. 2007-2008. Relatore: Prof. Ing. A.Magrini
- [9] L. Cattani., A. Locatelli, M. S. Bioschi, M. Marengo, "Analisi dei costi di costruzione e del tempo di ritorno d'investimento di un edificio progettato nelle varie classi energetiche". 63° Congresso ATI. Paler mo. 23-26 Settembre 2008. (Italia).
- [10] A. Magrini, G Franco, L Cattani, S. Lanzu, "Consumi energetici degli edifici residenziali del XX secolo e certificazione", 46° C ongresso internazionale AICARR. Milano. 12-13 Marzo 2008. (pp. 969-987) Italia.
- [11] Allegato E (procedura di calcolo) della DGR 5018/2007 e decreto dirigenziale n.15833 del 13 dicembre 2007 "Aggiornamento della procedura di calcolo per predisporre l'attestato di certificazione energetica degli edifici, previsto con DGR 5018/2007 e successive modifiche ed integrazioni"
- [12] Banca d'Italia,Prezzi e tassi di rendimento BOT annuali, anno 2007, documento 12-11-2007
http://www.bancaditalia.it/banca_mercati/operazioni/titoli/tassi/bot_ann
- [13] Autorità per l'energia elettrica e il gas,Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta, Capitolo 2, Struttura prezzi e qualità nel settore elettrico, Roma 2007, http://www.autorita.energia.it/relaz_ann/relaz_annuale.htm

- [14] Autorità per l'energia elettrica e il gas, Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta, Capitolo 3, Struttura prezzi e qualità nel settore gas, Roma 2007, http://www.autorita.energia.it/relaz_ann/relaz_annuale.htm
- [15] F. Arpino, M. Dell'Isola, L. Fuoco, G. Giovinco "La misura in opera della trasmittanza termica nella diagnosi energetica degli edifici", LXIII Congresso ATI, Palermo 23 - 26 Settembre 2008 ;Italia

CAPITOLO 7 CENSIMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI

Nel corso della presente ricerca è stata sviluppata una metodologia di raccolta dati che vuole assolvere in maniera efficace ad un duplice scopo: da un lato raccogliere informazioni reali sul comportamento energetico degli edifici residenziali e degli utenti, necessarie per creare una banca dati utile sia alle pubbliche amministrazioni, ma anche agli istituti di ricerca ed ai professionisti, dall'altro fare formazione ed informazione coinvolgendo il più alto numero di cittadini possibile.

7.1 NECESSITÀ DI UNA RACCOLTA DI DATI REALI DI CONSUMO ENERGETICO.

La realtà edilizia italiana è assai complessa: nella prima parte del presente lavoro di ricerca sono stati presentati alcuni casi emblematici di un certo modo di costruire tipico del periodo che va dagli anni '50 agli inizi degli anni '80. In particolare le analisi sono state svolte su edifici con struttura portante in cemento armato e tamponamenti esterni in laterizio. Lo studio di questi ha portato a definire alcune strategie di massima sia a livello d'interventi che d'incentivazione che possono migliorare le prestazioni energetiche di una buona fetta del costruito. Occorre, però, condurre uno studio più capillare delle tipologie edilizie e del loro comportamento energetico reale. Parallelamente è importante riuscire a comprendere anche le linee di comportamento dei singoli cittadini in quanto queste si ripercuotono notevolmente sui consumi finali

effettivi delle abitazioni. Tutte queste informazioni, ad oggi difficilmente disponibili, sono di importanza fondamentale sia per meglio definire le strategie d'intervento per le ristrutturazioni volte ad ottenere edifici sostenibili, sia per poter programmare con più oculatezza strumenti economici quali incentivi. Una banca dati che raccolga informazioni energetiche sulle abitazioni potrebbe, ad esempio, costituire un'ottima base proprio per l'attuazione di quelle strategie d'incentivazione, legate al possibile abbattimento di gas serra, proposte nel precedente capitolo. Tale raccolta di informazioni sarebbe anche strettamente necessaria per individuare scenari di ottimizzazione dello sfruttamento delle fonti energetiche tradizionali nonché per valutare le potenzialità di quelle alternative. Inoltre la possibilità di accedere ai dati reali di consumo, legati alle tipologie edilizie, offrirebbe un mezzo utile per la validazione di programmi di calcolo di diagnosi energetica. Per sopperire alla mancanza delle sopraccitate informazioni, attualmente, vi sono proposte per costruire un "catasto energetico", prima su base locale e poi nazionale, utilizzando i dati provenienti dalle certificazioni degli edifici.

A tal proposito è necessario fare alcune osservazioni: in primo luogo, come sottolineato nel precedente capitolo, la certificazione non costituisce strumento di diagnosi energetica in quanto, seppur in alcuni casi s'avvicini, non calcola il consumo reale di un'abitazione bensì un consumo standardizzato della stessa. Inoltre l'identificazione dello stato d'efficienza dell'immobile tramite un indice, la classe, appunto, comporta una perdita notevole di informazioni. Infine, alla luce delle recenti leggi Regionali, si nota la tendenza di ogni Regione a confezionare documenti di certificazione propri che differiscono da quelli previsti dalle altre: questo può rendere assai difficoltoso sia il confronto che una classificazione coerente del patrimonio edilizio nazionale. Per poter comprendere il livello dei consumi delle abitazioni italiane e legarlo alle tipologie edilizie è invece necessario condurre un'indagine uniforme sul territorio, mirata proprio ad ottenere questo tipo d'informazione. Infine si sottolinea che, se si vogliono intraprendere politiche di risparmio energetico, non si può prescindere dal coinvolgimento della popolazione. Solo la sinergia tra comportamenti corretti, attenzione ai consumi, ristrutturazioni oculate ed incentivi statali può produrre gli effetti benefici teorizzati dalle ricerche sin qui svolte. Pertanto urge condurre una campagna d'informazione capillare che raggiunga il maggior numero d'individui possibile e renda gli stessi consci della propria responsabilità e possibilità di attuare, o meno, il risparmio energetico.

7.2 COME EFFETTUARE IL CENSIMENTO ENERGETICO.

In questo capitolo si presenta un metodo, sviluppato e progressivamente affinato nell'arco degli anni 2007 e 2008 [1] [2], che si pone come obiettivo il duplice scopo evidenziato nel paragrafo precedente. Infatti il sistema proposto può sia fungere da base per una raccolta sintetica di dati inerenti allo stato energetico del patrimonio edilizio italiano, ma anche costituire uno strumento di formazione per rendere gli individui consapevoli del proprio ruolo sui consumi legati all'edilizia. L'idea di base è quella di proporre una sorta di questionario (nella versione più complessa su supporto informatico, in quelle semplificate su supporto cartaceo) che richieda un condensato di informazioni inerenti l'identificazione energetica della propria abitazione. I dati da inserire vanno dalle caratteristiche edilizie dell'edificio ai consumi effettivi di combustibile e di energia elettrica annuali.

Lo strumento per la raccolta dei dati energetici è stato studiato in modo tale da essere sia sufficientemente dettagliato, onde reperire un numero di informazioni adeguato per consentire delle analisi significative, ma anche per non essere eccessivamente complesso e difficile da utilizzare.

La prima versione del sistema nacque per rivolgersi a studenti di facoltà tecniche quali ingegneria ed architettura ed esser proposto durante i corsi di Fisica Tecnica. In seguito alla prima esperienza, delle versioni più semplificate sono state approntate per poter essere compilate anche da individui con minori conoscenze nel settore. In particolare una versione ridotta del foglio di raccolta dati è stata proposta all'Università della terza età di Genova ed un sistema ancor più semplificato dello stesso è stato distribuito a tutti i cittadini del Comune di Zibido San Giacomo (MI). Lo strumento è stato proposto, nella versione primigenia, anche nell'ambito di alcuni corsi per l'abilitazione alla professione di certificatore energetico proprio allo scopo di render consci i partecipanti delle possibili discrepanze tra consumi reali e quelli calcolati tramite la certificazione. Un passaggio ulteriore che si potrebbe attuare è l'estensione della raccolta dati anche a maturandi di Istituti tecnici e di alcuni licei. Si sottolinea che il metodo di raccolta dati, richiedendo la valutazione dell'abitazione in cui si vive, porta ogni utilizzatore ad acquisire conoscenza sul comportamento energetico della stessa ed a prendere coscienza del proprio impatto sui consumi energetici. Alcune sezioni del foglio di raccolta, inoltre, possono aiutare a comprendere meglio le effettive possibilità d'intervento per ottenere abitazioni più efficienti. Parallelamente l'ente che propone questo censimento energetico, potrà recuperare importanti informazioni che, una volta scremate da eventuali errori, potranno contribuire effettivamente alla definizione dello stato energetico del parco edilizio nazionale con i benefici, precedentemente descritti, che tale operazione può produrre.

Nel corso di questo capitolo verrà descritto lo strumento per la raccolta dati ed il metodo per poterlo utilizzare nonché i primi risultati ottenuti dalla sua applicazione in diversi contesti.

7.3 LO STRUMENTO DI RACCOLTA DATI: VERSIONE COMPLETA

La versione completa dello strumento per la raccolta dati si sviluppa su quattro fogli di calcolo di cui il primo, dal titolo: "Dati per Censimento Energetico", è destinato alla raccolta vera e propria, mentre gli altri tre, rispettivamente "Archivio T e Pv esterne", "Classi per calcolo Pv interna" e "Archivio Rw", fungono da supporto alla compilazione. Il primo foglio elettronico è a sua volta composto da tre parti: la prima si presenta sottoforma di scheda con apposite celle preordinate da riempire con tutte le informazioni necessarie per il censimento (Figura 1), la seconda contiene delle maschere di calcolo e delle tabelle che aiutano l'utilizzatore a completare la prima parte (Figura 2), infine la terza offre la possibilità di affinare l'analisi della propria abitazione con osservazioni o chiarimenti sui dati inseriti (Figura 3).

Laboratorio di Fisica Tecnica
Dipartimento di Ingegneria Idraulica e Ambientale - Università di Pavia

ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DI UN EDIFICIO

Nome: _____

1. Immagini dell'edificio

2. Caratteristiche dell'edificio

Collocazione (Comune-provincia)	
Anno di costruzione	
Tipologia Abitativa (monofamiliare-bifamili-condominio)	
Numero di piani	
Altezza complessiva e del piano	
Volume lordo riscaldato abitazione - edificio	
Superfici opache esterne [m ²] A abitazione - edificio	
Superfici vetrate [m ²] B abitazione - edificio	
Incidenza B(A-B) abitazione - edificio	
Superficie netta per abitazione - per piano	
Numero occupanti abitazione - medio per piano	
Superficie utile tetto pianofalda	

5. Monitoraggio consumi (2005)

Consumi elettrici (kWh/anno)	
Consumi combustibile riscaldamento (m ³ /anno)	
Consumi combustibile ACS (m ³ /anno)	
Consumi elettrici parti comuni (kWh/anno)	
Consumo globale combustibile (m ³ /anno) se condominio	
Consumo globale combustibile ACS (m ³ /anno) se condominio	
Potere calorifico (MJ/m ³)	
Consumi elettrici unitari (kWh/m ² anno)	
Consumi termici unitari risc. (kWh/m ² anno)	
Consumi termici unitari ACS (kWh/m ² anno)	
(rif. Superficie in pianta appartamento)	
Consumo di acqua (m³/anno)	

3. Caratteristiche dell'impianto

Autonomo/Centralizzato (A o C)	
Contabilizzazione (SINO) se centralizzato	
Elementi scaldanti	
Circuito di distribuzione se centralizzato	
Tipo di regolazione	
Tipo caldaia - Anno di installazione	
Combustibile	
Potenza caldaia	
Rendimento caldaia (presunto)	
Periodo di riscaldamento	
Temperatura media nell'abitazione	

6. Classe Energetica dell'Edificio

4. Stratigrafia pareti e Trasmittanze

in rosa: calcolati nel prospetto sottostante

Pareti opache	U (W/m ² K)	0.50
Solai	U (W/m ² K)	6.62
Pavimenti	U (W/m ² K)	0.17
Componenti finestrati	U (W/m ² K)	

7. Valutazione impianto solare termico

Superficie utilizzabile tetto	
Superfici ulteriori utilizzabili	
Copertura fabbisogno ACS %	
Copertura fabbisogno Riscaldamento %	
Tipologia pannelli	
Superficie captante	
Rendimento del pannello	
Volume accumulato	
Radiazione solare	
Energia prodotta (kWh/anno)	
% copertura fabbisogno	

4bis. Verifica condensazione interstiziale

(mese di riferimento: gennaio) da calcolo prospetto sottostante

8. Possibilità di intervento per la riduzione dei consumi energetici

Miglioramento Superfici opache	
Miglioramento Componenti vetriati	
Inserimento solemature solari	
Intervento su Caldaia	
Intervento su Circuito idraulico	
Classe raggiunta PEh	
Classe raggiunta PEG	

9. Potere fonoisolante equivalente di facciata

Rw equivalente (dB)	
(da calcolo prospetto sottostante)	

Figura 1. Panoramica della prima parte del foglio di calcolo

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
78																						
79																						
80																						
81																						
82																						
83																						
84																						
85																						
86																						
87																						
88																						
89																						
90																						
91																						
92																						
93																						
94																						
95																						
96																						
97																						
98																						
99																						
100																						
101																						
102																						
103																						
104																						
105																						
106																						
107																						
108																						
109																						
110																						
111																						
112																						
113																						
114																						
115																						
116																						
117																						
118																						
119																						
120																						
121																						
122																						
123																						
124																						
125																						
126																						
127																						
128																						
129																						
130																						
131																						
132																						
133																						
134																						
135																						
136																						
137																						
138																						
139																						
140																						
141																						
142																						
143																						
144																						
145																						
146																						
147																						
148																						
149																						
150																						
151																						
152																						
153																						
154																						
155																						
156																						
157																						
158																						
159																						
160																						
161																						
162																						
163																						
164																						
165																						
166																						
167																						
168																						
169																						
170																						
171																						
172																						
173																						

Figura 2. Panoramica della seconda parte del foglio di calcolo.

	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
8		Osservazioni Da precisare: Si ritiene necessario l'uso di condizionatori? SI/NO Se non installato si intende installare un condizionatore? SI/NO si intende installare un sistema a pompa di calore (invernale/estivo)? SI/NO Se si utilizza un condizionatore numero unità esterne numero unità interne Si utilizza un impianto a pompa di calore? SI/NO							
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21		Descrivere eventuali cause e fonti di disagio estivo per radiazione solare (soffitto, pareti, vetrate, colore superfici, etc)							
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29		Altre osservazioni							
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									

Figura 3. Panoramica della parte relativa alla raccolta delle osservazioni

I dati da inserire nella scheda di raccolta sono divisi in blocchi in modo da agevolare il compito dell'utilizzatore. Alcune celle della scheda stessa si compilano automaticamente in funzione dei valori inseriti nelle tabelle e nelle maschere di calcolo.

Di seguito verranno descritti, in maniera sintetica, sia i diversi blocchi, che le altre due sezioni del primo foglio elettronico.

7.3.1 Immagini dell'edificio

Il primo blocco del foglio di raccolta mira a descrivere l'edificio, oggetto della valutazione energetica, dal punto di vista architettonico ed urbanistico. A tal fine viene richiesto l'inserimento di alcune immagini quali:

1. foto della facciata;
2. disegno di un prospetto;

3. disegno della pianta della propria abitazione o dell'intero piano del condominio, con indicazione del Nord, e delle dimensioni planimetriche (almeno le principali);
4. fotografia aerea della circoscrizione di appartenenza dell'edificio (con indicazione del Nord);
5. fotografia aerea del quartiere di appartenenza dell'edificio (con indicazione del Nord).

1. Immagini dell'Edificio		2. Caratteristiche dell'edificio	
		Collocazione (Comune-provincia)	
		Anno di costruzione	
		Tipologia Abitativa (monofamiliare-bifamiliare-condominio)	
		Numero di piani	
		Altezza complessiva e del piano	
		Volume lordo riscaldato abitazione - edificio	
		Superfici opache esterne [m ²] A abitazione - edificio	
		Superfici vetrate [m ²] B abitazione - edificio	
		Incidenza B/(A+B) abitazione - edificio	
		Superficie netta per abitazione - per piano	
Numero occupanti abitazione - medio per piano			
Superficie utile tetto piano/falda			
3. Caratteristiche dell'impianto			
Autonomo/Centralizzato (A o C)			
Contabilizzazione (SI/NO) se centralizzato			
Elementi scaldanti			
Circuito di distribuzione se centralizzato			
Tipo di regolazione			
Tipo caldaia - Anno di installazione			
Combustibile			
Potenza caldaia			
Rendimento caldaia (presunto)			
Periodo di riscaldamento			
Temperatura media nell'abitazione			
4. Stratigrafia pareti e Trasmittanze			
in rosa: calcolati nel prospetto sottostante			

Figura 4. Scheda di raccolta: particolare dei primi tre blocchi.

La richiesta di due foto aeree di inquadramento del territorio ove sorge l'immobile, una che comprenda un'area piuttosto estesa, l'altra circoscritta al quartiere d'appartenenza, è subordinata ad una migliore caratterizzazione del contesto urbanistico in cui è immerso l'edificio.

Da questa prima sezione si possono ricavare indicazioni utili, per esempio, per analizzare la possibilità di realizzare, o meno, sistemi di isolamento a cappotto e soluzioni di protezione dalla radiazione solare. Inoltre è anche possibile effettuare una verifica di massima dei dati legati alle dimensioni dell'edificio ed alle caratteristiche macroscopiche dell'involucro, raccolti nel secondo blocco.

7.3.2 Caratteristiche dell'edificio

Il secondo blocco (Figura 4 riquadro blu) richiede l'inserimento di dati necessari sia ad individuare univocamente l'insediamento abitativo, ma soprattutto a caratterizzare geometricamente l'edificio. Le informazioni da reperire sono le seguenti:

- o Collocazione (Comune / provincia)
- o Anno di costruzione
- o Tipologia Abitativa (mono-bi-familiare-condominio)

- Numero di piani
- Altezza del piano/ complessiva
- Volume lordo riscaldato abitazione / edificio
- Superfici opache esterne [m²] (A) abitazione / edificio
- Superfici vetrate [m²] (B) abitazione / edificio
- Incidenza finestre (B/(A+B)) abitazione / edificio
- Superficie netta per abitazione / per piano
- Numero occupanti abitazione / medio per piano
- Superficie utile tetto piano o falda

Questa prima serie di dati è facilmente rintracciabile e non necessita di particolari ricerche. Tuttavia può risultare assai utile per effettuare delle prime stime qualitative. Ad esempio l'anno di costruzione unitamente alla tipologia edilizia possono contribuire ad una prima stima della struttura portante e della tipologia di involucro esterno.

7.3.3 Caratteristiche dell'impianto

Il terzo blocco (Figura 4 riquadro verde) necessita di maggiore attenzione per la compilazione, in quanto richiede non solo alcune caratteristiche dell'impianto, ma anche una valutazione di massima delle proprie abitudini. I dati da inserire sono riassunti di seguito:

- Tipologia dell'impianto: Autonomo/Centralizzato (A o C)
- Presenza di contabilizzazione (SI/NO) se centralizzato
- Elementi scaldanti: tipologia
- Tipo di circuito di distribuzione (in caso di impianto centralizzato)
- Tipo di regolazione
- Tipo di caldaia e anno di installazione
- Combustibile
- Potere calorifico combustibile (MJ/m³)
- Potenza caldaia
- Rendimento della caldaia (da libretto o da prova fumi)
- Periodo di riscaldamento
- Temperatura media mantenuta nell'abitazione

Reperire informazioni sul tipo di regolazione o sul rendimento della caldaia può non essere del tutto agevole, specialmente nel caso di impianti centralizzati che servono condomini di dimensioni importanti. In tali situazioni, infatti, il più delle volte è necessario rivolgersi agli amministratori per ottenere i dati necessari. La compilazione di questo blocco è senz'altro più onerosa, rispetto al precedente, ma obbliga a considerare aspetti della propria casa (l'impianto e le sue caratteristiche) magari molte

volte ignorati e trascurati. Le ultime due voci dell'elenco sopra esposto sono particolarmente importanti perché i consumi effettivi sono strettamente legati sia alla temperatura media mantenuta nell'alloggio, ma ovviamente anche al periodo di accensione (molto variabile per gli impianti autonomi) del generatore. Si sottolinea che la variazione di un grado della temperatura nell'abitazione si può ripercuotere anche per il 10-15% sui consumi reali (capitolo 2 sottoparagrafo 2.10.1) .

7.3.4 Stratigrafia pareti e trasmittanze

Il quarto blocco (Figura 5 riquadro rosso) si riferisce alle caratteristiche termoigrometriche dell'involucro esterno e ne riporta i valori di trasmittanza (parete verticale/pavimento/soffitto e componenti finestrati). Le celle destinate ad accogliere tali dati si aggiornano automaticamente in seguito alla compilazione delle maschere di calcolo situate nella seconda sezione del foglio. Queste ultime, di cui si parlerà più avanti, sono predisposte per restituire in automatico i valori richiesti una volta che vengano inseriti: spessori, conduttività e permeabilità dei diversi strati di materiale dei vari componenti. Oltre a questo calcolo le maschere permettono anche di effettuare una verifica delle strutture, secondo il metodo di Glaser, sulla possibilità di fenomeni di condensa interstiziale per un mese tipo. Il grafico relativo alla verifica delle pareti perimetrali è riportato nel blocco 4 bis della scheda (Figura 5 riquadro azzurro).

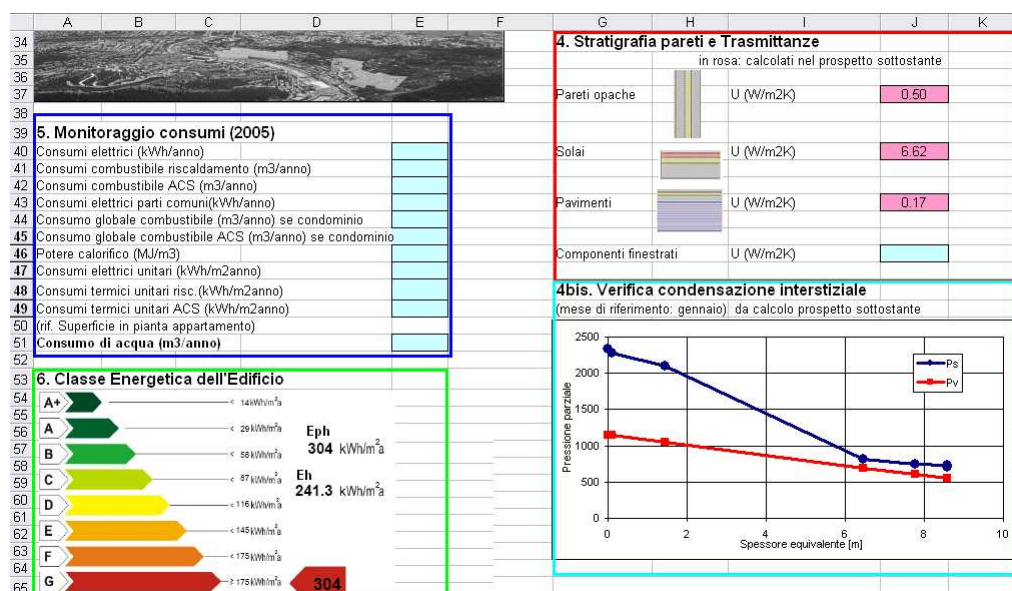


Figura 5. Scheda di raccolta: particolare dei blocchi 4, 4 bis, 5 e 6

Nel capitolo precedente si è già discusso della difficoltà di reperire dati sulle stratigrafie di edifici esistenti. I problemi sorgono soprattutto quando si debba affrontare, in poco tempo, la certificazione di un immobile di cui non si abbia la documentazione e di cui si sappia poco o nulla (ciò accade quasi sempre nella professione di certificatore). Tuttavia, se l'analisi riguarda la propria abitazione e se i tempi per realizzarla sono dilatati (non pochi giorni, ma settimane o mesi), le difficoltà diminuiscono notevolmente. Innanzi tutto è molto più facile reperire la

documentazione di progetto, qualora esista ancora. In secondo luogo, ancorché i progetti siano andati smarriti, accade spesso che siano stati eseguiti piccoli interventi a carico dell'involucro che permettono di risalire, con una certa facilità, alla stratigrafia. Si sottolinea, inoltre, che lo scopo del censimento non è tanto quello di raccogliere il valore preciso della trasmittanza dell'involucro, quanto di censire i consumi reali d'energia degli edifici e di legarli a diverse caratteristiche degli stessi.

7.3.5 Monitoraggio dei consumi

Il quinto blocco (Figura 5 riquadro blu) riguarda i consumi effettivi dell'abitazione e delle parti comuni dell'edificio, secondo l'elenco seguente:

- Consumi elettrici (kWh/anno)
- Consumi combustibile riscaldamento (m^3 /anno)
- Consumi combustibile ACS⁴⁰ (m^3 /anno)
- Consumi elettrici parti comuni(kWh/anno)
- Consumo globale combustibile (m^3 /anno) se condominio
- Consumo globale combustibile ACS (m^3 /anno) se condominio
- Consumo di acqua (m^3 /anno)

Dalle informazioni soprastanti si possono ricavare gli indicatori di riferimento, richiesti nelle ultime tre cellette del blocco, costituiti dai consumi in kWh/ m^2 all'anno:

- Consumi elettrici unitari (kWh/ m^2 anno)
- Consumi termici unitari risc.(kWh/ m^2 anno)
- Consumi termici unitari ACS (kWh/ m^2 anno)

Questa parte dovrebbe essere compilata con dati riferiti ad un media dei consumi, effettuata tramite lettura di bollette relative ad un periodo di almeno tre anni. Quando questo grado di dettaglio non fosse possibile si chiede, perlomeno, di inserire informazioni relative ad un anno.

Il quinto blocco è una parte sostanziale della raccolta dati in quanto permette, in combinazione con il primo ed il secondo, di correlare la tipologia edilizia ai consumi reali dei singoli insediamenti. Inoltre permette di prendere coscienza, da parte di coloro impegnati ad effettuare la compilazione della scheda, dei quantitativi d'energia annuali spesi per la propria abitazione. Nel corso delle esperienze d'applicazione dello strumento si è notato che molti utilizzatori si rendevano conto solo in tale occasione dei propri consumi.

7.3.6 Classe energetica dell'edificio

Il sesto blocco della scheda riguarda l'attribuzione all'edificio di una classe energetica (Figura 5 riquadro verde). Nel precedente capitolo si è già discusso dell'importanza dello strumento della certificazione energetica. Nel sistema di raccolta dati si è ritenuto

⁴⁰ ACS = acronimo usualmente utilizzato per indicare acqua calda sanitaria

opportuno riservare una sezione ai risultati di calcoli convenzionali del fabbisogno energetico, eseguiti sulla base di metodologie riconosciute a livello regionale e nazionale. L'attuale panorama legislativo nazionale è in continua evoluzione. In attesa che le diverse Regioni si dotino di strumenti attuativi per rendere la certificazione una realtà, agli utilizzatori del foglio di raccolta dati viene proposta la valutazione del proprio immobile con il software CENED [3], in caso che l'edificio sia in Lombardia, oppure con il DOCET [4] per insediamenti sul restante territorio nazionale. I dati raccolti nei blocchi precedenti possono essere impiegati anche per la compilazione delle finestre dei programmi di calcolo suddetti. Il dato derivante dalla certificazione del proprio edificio ha, più che altro, uno scopo di formazione. Infatti il cimentarsi in tale attività consente, all'utilizzatore del sistema di raccolta, sia di comprendere che esiste una differenza tra consumi calcolati e consumi reali, sia di capire quali sono le informazioni che stanno alla base del calcolo ed il significato dei dati che vengono riportati nel documento finale.

7.3.7 Blocco 7 e 8 : valutazioni per la riduzione dei consumi

I blocchi 7 e 8 della scheda rappresentano un approfondimento dell'indagine, utile nella quantificazione delle possibilità di riduzione dei consumi e della diversificazione delle fonti energetiche. Tali sezioni possono essere compilati solo a valle di una progettazione di massima di interventi di miglioramento della propria abitazione. Tale progetto fa parte della metodologia d'applicazione della raccolta dati, allorché questa venga utilizzata nella sua forma integrale e quindi proposta ad individui che seguano un corso di formazione sull'argomento (studenti di Fisica Tecnica, Termofisica dell'edificio, studenti di corsi per Certificatori energetici, ecc.).

Nel blocco "Valutazione impianto solare termico" viene richiesto di inserire i risultati di un progetto per l'installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria (Figura 6, cornice rossa). Nel blocco "Possibilità d'intervento per la riduzione dei consumi energetici" (Figura 6, cornice blu) vengono suggeriti alcuni interventi di miglioramento dell'efficienza energetica che andranno valutati tramite programmi calcolo termotecnici.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
63											
64	7. Valutazione impianto solare termico						8. Possibilità di intervento per la riduzione dei consumi energetici				
65	Superficie utilizzabile tetto						Miglioramento Superfici opache				
66	Superfici ulteriori utilizzabili						Miglioramento Componenti vetriati				
67	Copertura fabbisogno ACS %						Inserimento schermature solari				
68	Copertura fabbisogno Riscaldamento%						Intervento su Caldaia				
69	Tipologia pannelli						Intervento su Circuito idraulico				
70	Superficie captante						Classe raggiunta PEh				
71	Rendimento del pannello						Classe raggiunta PEG				
72	Volume accumulato										
73	Radiazione solare										
74	Energia prodotta (kWh/anno)						9. Potere fonoisolante equivalente di facciata				
75	% copertura fabbisogno						Rw equivalente (dB)				
76											

Figura 6. Scheda di raccolta: particolare dei blocchi 7, 8 e 9

7.3.8 Potere fonoisolante

L'ultimo blocco della scheda di raccolta dati è riservata al potere fonoisolante delle pareti (Figura 6, cornice verde). Tale informazione, pur non essendo direttamente legata ai consumi energetici dell'edificio, è sicuramente interessante per le possibili correlazioni, attualmente allo studio, tra isolamento termico ed acustico. Questa sezione è contenuta solo in una versione della scheda e la sua compilazione viene proposta solo ad individui che abbiano almeno un'infarinatura nel campo dell'acustica edilizia (ad esempio studenti di ingegneria edile-architettura). In genere, nella raccolta dati standard, questo blocco viene omissso.

7.3.9 Maschere di calcolo

La seconda parte del foglio "Dati per Censimento Energetico" (Figura 2) è dedicata al calcolo delle trasmittanze e della resistenza al passaggio di vapor d'acqua, alla verifica di Glaser per le strutture opache dell'edificio, nonché alla determinazione del potere fonoisolante equivalente R_w [6] [7] per le sole pareti esterne (relativa alla compilazione del blocco 9 di cui al paragrafo 7.3.8). A tal fine sono presenti tre maschere che, in funzione della stratigrafia inserita e delle caratteristiche di conduttività di ogni materiale, permettono di calcolare automaticamente la trasmittanza dei vari componenti e ne riporta il valore nel Blocco 4 precedentemente descritto (Figura 7).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
100																
101		Descrizione parete esterna							risultati da controllare							
102		Esempio: parete con intercapedine							inserimento dati e descrizione parete			Verifica di Glaser				
103																
104		Dall'interno verso l'esterno														
105	n	Strato	Spessore	Conducibilità	Perm. di	res.vap	somma	res.trm.	somma							
106			L	λ	*10 ⁻¹²	iv	progr	RT	progr	sd	somma	progr	Sd	U _i	P _s	
107			m	W/mK		(kg/m ² sPa)		m ² K/W						P _v	49.1	
108	1	Strato lim.	h	(W/m ² K)	8	1E-08	1E-08	0.13	0.13		0	20	2337.0	1148	dati interni	
109	2	cartongesso			0.21	18	555555555.6	6E+08	0.05	0.17	0.11	0.11	19.55	2272.6	1140.2	
110	3				0	1	0	6E+08	0.00	0.17	0.00	0.11	19.55	2272.6	1140.2	
111	4				0	1	0	6E+08	0.00	0.17	0.00	0.11	19.55	2272.6	1140.2	
112	5				0	1	0	6E+08	0.00	0.17	0.00	0.11	19.55	2272.6	1140.2	
113	6	mattoni			0.12	0.9	18	666666666.7	7E+09	1.82	1.33	1.44	18.29	2100.6	1047.0	
114	7	isolante			0.05	0.033	2	2500000000.0	3E+10	1.69	5.00	6.44	3.96	810.8	697.0	
115	8	mattoni			0.12	0.9	18	666666666.7	4E+10	1.95	1.33	7.78	2.70	741.6	604.0	
116	9	intonaco			0.02	0.9	5	400000000.0	4E+10	1.98	0.80	8.58	2.49	730.6	548.0	
117	10	Strato lim.	h	(W/m ² K)	23	1E-08	1E-08	4.3E+10	2.02		8.58	2.08	709.4	548.0	dati esterni	
118								4.3E+10	2.02		te	0.9	pve	548		
119			spessore totale [m]						U (W/m ² K)							
120			0.32			Rmax = 0.25			0.495015157	sd totale	8.6					

Figura 7. Maschera di calcolo per le pareti esterne

Come già anticipato, il foglio è in grado anche di fornire il valore di resistenza al vapore degli elementi opachi dell'involucro, dato non richiesto nell'analisi delle prestazioni energetiche, ma comunque necessario ai fini di uno studio completo del comportamento termoigrometrico di un edificio. La verifica igrometrica viene eseguita, in base al metodo di Glaser in appositi grafici ad essa dedicati (Figura 8). Questi ultimi si auto-aggiornano in funzione dei dati inseriti nelle maschere, relativi all'andamento delle pressioni parziali e di saturazione del vapore. I grafici relativi al comportamento dei solai, inferiore e superiore, sono posizionati a fianco delle maschere di calcolo, mentre quello legato al comportamento delle pareti esterne è contenuto direttamente nella scheda di raccolta dati ed ospitato nel blocco 4bis.

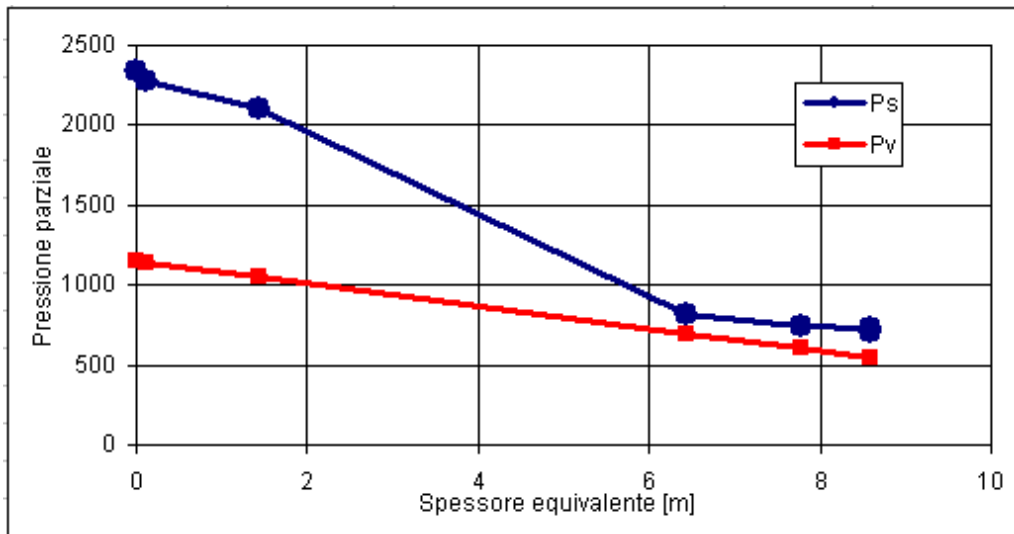


Figura 8. Grafico per la verifica di Glaser

I dati necessari per la verifica igrometrica sono reperibili nei due fogli: “archivio T e Pv esterne” e “Classi per il calcolo di Pv interna” (Figura 9 e Figura 10). Il primo riassume i valori medi mensili delle temperature e delle pressioni di vapore esterne che si verificano nelle diverse province italiane. Il secondo foglio riporta un grafico che permette di ricavare la differenza di pressione di vapore, tra ambiente interno ed esterno, in funzione della classe di produzione di vapore e della temperatura esterna [5].

Valori medi mensili della temperatura esterna [°C]															
N.rif.	Località	Alt.	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
2	AL	Alessandria	E 95	0,0	2,8	8,1	13,1	17,3	22,0	24,7	23,6	19,9	13,1	6,9	1,9
11	BO	Bergamo	E 249	3,1	4,9	8,9	13,3	17,0	21,3	23,7	23,2	19,9	14,2	8,6	4,5
16	SS	Brescia	E 149	1,5	4,2	9,3	13,5	17,7	22,0	24,4	23,7	19,9	14,0	7,8	3,5
24	CO	Corno	E 201	2,9	5,0	8,8	12,7	16,7	21,1	23,6	23,1	19,6	13,7	8,4	4,4
25	CR	Cremona	E 45	0,7	3,3	8,4	11,3	17,4	21,9	24,3	23,4	19,7	13,4	7,2	2,5
41	LC	Lecco	E 214	3,9	5,7	9,6	13,3	16	20,1	22,6	22,1	19,2	14	9,2	5,3
42	LD	Lodi	E 87	0,9	3,3	8,6	13,5	17,8	22,5	24,5	23,4	19,6	13,4	7,3	2,5
49	MI	Milano	E 122	1,7	4,2	9,2	14	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4	14	7,9	3,1
50	MN	Mantova	E 19	-1	3,3	8,4	13,3	17,4	22	24,3	23,6	20	14	8	2,9
51	MO	Modena	E 34	1,4	3,5	8,6	13,3	17,2	21,8	24,3	23,8	20,1	14	8,1	3,1
55	NO	Novara	E 159	0,9	3,3	8,4	13,1	17,4	21,8	24,3	23,2	19,2	12,9	7,1	2,4
59	PC	Piacenza	E 61	0,1	2,4	7,7	12,2	16,3	20,7	23,2	22,3	18,9	12,8	6,9	2
69	PV	Pavia	E 77	0,5	3,2	8,4	12,9	17,1	21,3	23,5	22,7	19,3	13,3	7,1	2,3
96	VB	Verbania	E 197	2,9	4,6	8,5	12,6	16,6	20,8	23,3	22,6	19,3	13,5	8,1	4,2
97	VC	Vercelli	E 130	0,2	2,9	7,7	12,5	17,2	21,7	23,8	22,8	18,7	12,7	6,5	1,8
Valori medi mensili della pressione parziale del vapore nell'aria esterna [Pa]															
N.rif.	Località	Alt.	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	
		m	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	Pa	
2	AL	Alessandria	E 95	509	594	792	1091	1402	1862	2023	1964	1737	1205	863	600
11	BO	Bergamo	E 249	671	633	781	910	1334	1587	1845	1812	1515	1162	928	673
16	SS	Brescia	E 149	661	695	783	1046	1467	1625	1910	2036	1622	1246	996	582
24	CO	Como	E 201	634	701	831	1060	1361	1789	1929	1928	1709	1245	945	713
25	CR	Cremona	E 45	540	618	809	1106	1408	1852	1989	1950	1718	1225	880	627
41	LC	Lecco	E 214	676	735	875	1106	1314	1666	1844	1855	1671	1285	988	754
42	LD	Lodi	E 87	548	618	820	1121	1435	1913	2006	1950	1709	1225	895	627
49	MI	Milano	E 122	590	645	943	1163	1326	1840	1736	2012	1921	1412	958	671
50	MN	Mantova	E 19	552	618	809	1106	1408	1862	1989	1964	1746	1265	923	645
51	MO	Modena	E 34	570	628	820	1106	1395	1841	1989	1979	1756	1265	928	654
55	NO	Novara	E 159	624	619	802	850	1176	1534	1825	1797	1560	1031	831	550
59	PC	Piacenza	E 61	595	635	718	969	1378	1409	2235	1922	1560	1299	964	584
69	PV	Pavia	E 77	531	613	809	1075	1388	1790	1921	1899	1681	1219	874	618
96	VB	Verbania	E 197	634	682	814	1053	1355	1738	1904	1891	1681	1232	878	704
97	VC	Vercelli	E 130	518	599	770	1045	1395	1831	1946	1906	1624	1179	842	595

Figura 9. Dati medi della temperatura e della Pressione di vapore

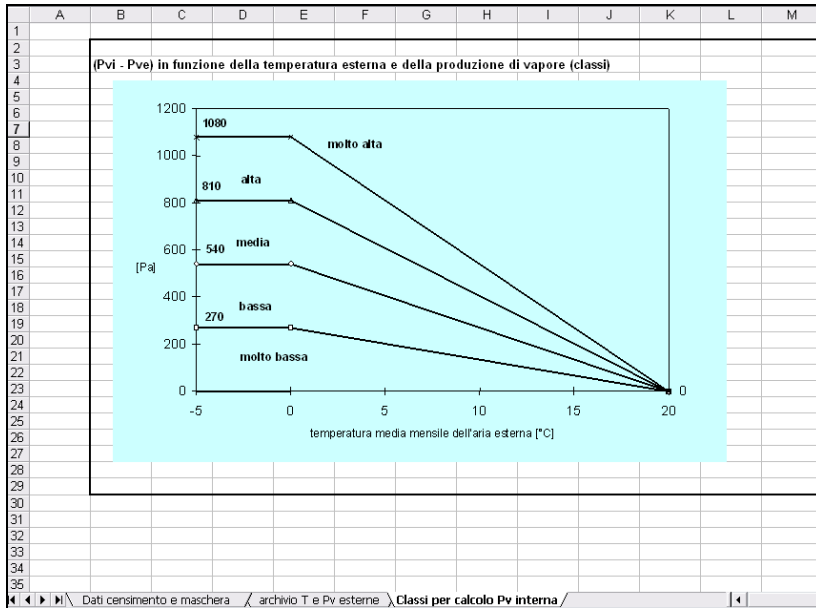


Figura 10. Grafico per il calcolo della differenza tra pressione di vapore interna ed esterna

Infine l'ultima maschera (Figura 11) permette anche di calcolare, tramite formule semiempiriche della normativa UNI, il potere fonoisolante equivalente di facciata, partendo dai valori di R_w della parte opaca delle pareti esterne e di quelli relativi ai componenti finestrati, reperibili nel foglio "Archivio R_w " (Figura 12).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
139											
140											
141	Acustica: calcolo di R_w equivalente della parete esterna										
142						contributo parete opaca	contributo componenti vetrate	R_w (dB)			
143											
144		Superficie parete opaca			190.55	1.52635E-06	1.19584E-06	55.7			
145		Superficie vetro			20						
146		Superficie totale			210.55						
147		R_w della parete opaca			57.73						
148		R_w del vetro			49						
149											

Figura 11. Calcolo del poter fonoisolante

A		B
1	Descrizione Parete	Rw (dB)
2	"Parete Placoplatre composta da 4 lastre di cartongesso (2+2) di 12,5 mm di spessore ed una intercapedine di 75 mm parzialmente riempita con lana minerale."	49.5
3	"Parete Knauff composta da 2 lastre di cartongesso di 12,5 mm di spessore ed una intercapedine d'aria di 75 mm; lastre fissate ai montanti con collante e nastro."	37.8
4	"Parete Knauff composta da 4 lastre (2+2) di cartongesso di 12,5 mm di spessore ed una intercapedine d'aria di 75 mm; lastre fissate ai montanti con collante e nastro."	47.3
5	"Parete Knauff composta da 4 lastre (2+2) di cartongesso di 12,5 mm di spessore ed una intercapedine d'aria di 75 mm, parz. riempita con 60 mm di lana di vetro (40 Kg/mc); sigillatura perimetrale in pasta acrilica Knauf."	56.0
6	"Parete Knauff composta da 4 lastre (2+2) di cartongesso di 12,5 e 15 mm di spessore ed una intercapedine d'aria di 100 mm, parz. riempita con 80 mm di lana di vetro (40 Kg/mc); sigillatura perimetrale in pasta acrilica Knauf."	59.0
7	"Parete Knauff composta da 6 lastre (2+2+2) di cartongesso di 12,5 mm di spess., 3 strati di lana di vetro da 100 mm; con una parte montata su una camera svincolata dalla prima (massa superf. della parete stimata)."	65.0
8	"Parete in mattoni forati da 8 cm (8 x 25 x 25), a fori orizzontali, foratura 60 %, intonacata con malta M3 con 1,5 di spessore su ambo i lati."	42.5
9	"Parete in mattoni forati da 8 cm (8 x 25 x 25), a fori orizzontali, foratura 60 %, intonacata con malta M3 con 1,5 di spessore su ambo i lati, con traccia per impianto elettrico (lunga 3 metri e profonda 5 cm)."	42.0
10	"Parete in blocchi semipieni in laterizio alleggerito in pasta (alveolato) di 25 cm di spessore (25 x 30 x 13), foratura = 45%, a fori verticali, intonacata con malta M3 di 1,5 cm di spessore su ambo i lati."	51.5

Classi per calcolo Pv interna Archivio Rw

Figura 12. Raccolta di valori sperimentali di potere fonoisolante di pareti

7.3.10 Ulteriori particolarità del primo foglio

Accanto alle porzioni strettamente destinate al calcolo, sempre nella seconda sezione del primo foglio di calcolo, si possono notare anche due tabelle: la prima dedicata alla determinazione analitica dei consumi elettrici (in cui si richiede il censimento di tutte le apparecchiature elettriche presenti nella propria abitazione), la seconda predisposta per aiutare nel calcolo dei consumi da bolletta elettrica/gas, da utilizzarsi riportando la lettura di ciascuna bolletta (Figura 13).

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
79																			
80																			
81	Consumi Elettrici																		
82	tipo	numero	ore di utilizzo al giorno	Potenza (W)		tipo di apparecchio	presenza Sì/No	ore di utilizzo al giorno	Potenza (W)										
83						Lavatrice													
84						Lavastoviglie													
85						Forno da vitro													
86						Aspirapolvere													
87						Microonde													
88						Plasma elettrica													
89						Forno elettrico													
90						Aircoapsapelli													
91						Condizionatore													
92						Scaldabagno													
93						Scaldabagno													
94						Scaldabagno													
95						Scaldabagno													
96						Scaldabagno													
97						Scaldabagno													

Conteggio bollette elettriche e consumi gas					
Elencare bollette (consmotipizza per la bolletta del 2009 e se possibile anche del 2004)					
anno	consumi elettrici kWh	consumi bollette gas (se disponibili) m3	spesa	spesa	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
se su due anni o se conteggio congiunti					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Figura 13. Tabelle per la determinazione analitica dei consumi

La tabella per la determinazione analitica dei consumi energetici deve essere compilata indicando analiticamente i tipi di elettrodomestici presenti in casa, la frequenza d'utilizzo e la potenza di ciascuno. Viene richiesto, altresì, di censire le lampadine della propria abitazione, indicandone, tra le altre cose, la tipologia e la media delle ore di utilizzo al giorno per ciascuna tipologia.

Queste ulteriori sezioni possono, da un lato, aiutare l'utilizzatore nella compilazione della scheda principale, dall'altro favorire una maggiore comprensione della

dipendenza tra comportamento termico ed igrometrico dell'edificio, consentendo anche la presa di coscienza di possibili situazioni problematiche effettive.

Infine la sezione dedicata alle osservazioni (Figura 3) è destinata a raccogliere dati utili ad un maggior approfondimento dell'analisi energetica. Alcune domande, relative alla sensazione termica, possono indirizzare l'utilizzatore e l'analizzatore finale all'identificazione dei maggiori problemi relativi all'isolamento ed alla schermatura estiva. Lo spazio lasciato ai commenti liberi può accogliere commenti relativi a particolarità dell'involucro e dell'impianto che non hanno trovato spazio nella scheda di raccolta. Tali ulteriori osservazioni possono risultare assai utili nella fase di analisi dei dati anche per effettuare verifiche.

7.4 IL METODO PER UTILIZZARE IL SISTEMA DI RACCOLTA DATI NELLA VERSIONE COMPLETA

Lo strumento per la raccolta dati, descritto nel paragrafo precedente, abbisogna di alcuni accorgimenti per venire utilizzato proficuamente. Innanzi tutto è necessario considerare che lo nella versione completa può venire proposto o a persone che abbiano delle conoscenze pregresse nell'ambito della termofisica dell'edificio, oppure ad individui che seguano corsi inerenti tale argomento. Pertanto la raccolta dati, in tale versione, potrà essere utilizzata, sottoforma di esercitazione, sia nell'ambito di corsi universitari, quali, ad esempio di Fisica Tecnica, ma anche per corsi di aggiornamento professionale di tecnici del settore e per corsi di abilitazione alla professione di certificatore energetico.

La corretta compilazione da parte degli utilizzatori della scheda di raccolta è subordinata ad un iter di preparazione che deve essere così strutturato:

- 1 ora di lezione introduttiva sulle finalità dell'esercitazione con diffusione dei risultati ottenuti da indagini precedenti;
- 2 ore di lezione sui primi tre blocchi dell'indagine con esempi di rilevamento di dati relativi alle caratteristiche geometriche degli edifici ed alle specifiche d'impianto, con il supporto di libretti o di prove fumi;
- 1 ora di esercitazioni per il calcolo dei consumi effettivi, con vari esempi di bollette e metodi per separare i dati;
- 1 ora di lezione per il completamento delle maschere di calcolo per la determinazione delle trasmittanze e per le verifiche igrometriche;
- 2 ore di lezione ed esercitazioni per poter effettuare la certificazione della propria abitazione;
- 2 ore di lezione per la progettazione di collettori solari;
- 2 ore di lezione per la progettazione di interventi per il risparmio energetico a carico dell'edificio.

L'iter di preparazione, avvenendo contestualmente ad un corso inerente problemi di termofisica dell'edificio, potrà identificarsi parzialmente con le lezioni del corso stesso, in special modo per quanto riguarda le progettazioni di sistemi per il contenimento dei consumi energetici e per l'impiego di collettori solari.

Un ulteriore aiuto al completamento della scheda è offerto da un manuale⁴¹, appositamente redatto, che descrive passo passo come compilare ogni singola cella.

- Numero di piani: includere il piano rialzato o piano terra.
- Altezza complessiva e del piano: inserire sia l'altezza complessiva dell'edificio sia , nella cella a fianco, quella del piano "tipo" inclusa la soletta (in genere 2.70 metri di altezza utile più 30 cm di soletta per un totale di 3 metri).
- Volume lordo riscaldato: calcolare semplicemente i metri quadrati di base della porzione di edificio che viene riscaldata e moltiplicare per l'altezza totale della stessa. Il Volume lordo deve venire espresso in m³.
- Superfici opache esterne [m²] "A". Calcolare le superfici dell'involucro esterno dell'edificio, al netto delle superfici vetrate. Questo dato è contrassegnato con la lettera A per facilitare il calcolo dell'Incidenza.
- Superfici vetrate [m²] "B". Calcolare le superfici dell'involucro esterno al netto di quelle opache. Anche in questo caso l'assegnazione della lettera B ha il fine di facilitare il calcolo del prossimo punto.
- Incidenza B/(A+B): calcolare questo valore dividendo la superficie netta delle finestre per la superficie esterna totale.
- Superficie netta per piano: superficie netta calpestabile per piano espressa in m².
- Numero medio occupanti per piano.
- Superficie utile tetto piano/falda: determinare i metri quadrati del tetto calcolando l'eventuale aumento della superficie dovuta alle falde inclinate. Si ricorda che se il tetto è inclinato di α gradi nota l'altezza h tra il piano di gronda e la chiusura al comò, si può ricavare il lato mancante f della falda tramite la relazione: $h = f \cos \alpha$. Nel disegno di figura 10 vengono riportate la sezione e la pianta (di dimensioni b x d) di un tetto inclinato.

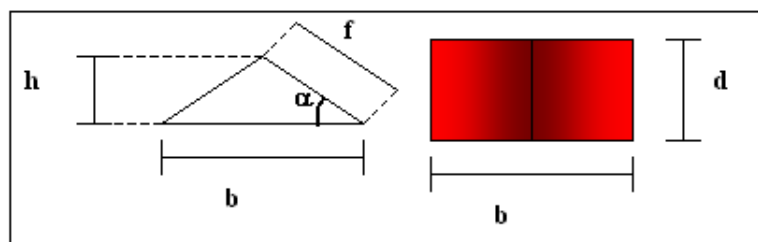


Figura 10. Esempio di tetto a falde

Figura 14. Un esempio delle spiegazioni contenute nel manuale per la compilazione della scheda.

I fogli di calcolo completi vengono poi raccolti dall'ente organizzatore del censimento che si occuperà, dopo una fase di controllo di eventuali errori macroscopici, delle successive analisi. Il fatto di utilizzare direttamente un supporto informatico, per la

⁴¹ "ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DI UN EDIFICIO Guida alla raccolta dei dati", disponibile presso l'Università degli Studi di Pavia, redatto da Prof. Ing. Anna Magrini, Prof. Arch. Paola Ricciardi e Dott. Ing. Lucia Cattani.

compilazione, facilita molto il processo di elaborazione delle informazioni. Nel seguito del capitolo si evidenzierà, però, come l'utilizzo di un foglio elettronico non sia proponibile quando il censimento venga effettuato in forme più semplificate adatte ad un'utenza meno avvezzata agli strumenti informatici.

Per far comprendere l'utilità della raccolta dati, è anche opportuno organizzare dei seminari finali in cui mostrare i primi risultati delle elaborazioni (Figura 15).



Figura 15. Fotografia scattata durante il Seminario del 10 Maggio 2007, organizzato presso l'università degli Studi di Pavia, ove sono stati presentati i primi risultati della raccolta dati.

Infine si sottolinea che lo strumento di raccolta dati può anche fungere da supporto per lo svolgimento di analisi energetiche di edifici a livello di ricerca. Attualmente, infatti, sta venendo impiegato per valutazioni dei consumi energetici/elettrici di abitazioni monofamiliari o di condomini costruiti tra gli anni 50 e 80 allo scopo di analizzare la possibilità di una classificazione in relazione alle caratteristiche costruttive e verificare le potenzialità di intervento ai fini di una riduzione dei consumi.

7.5 LO STRUMENTO DELLA RACCOLTA DATI: LE VERSIONI SEMPLIFICATE.

La valenza della raccolta dati di sistema per la formazione e l'informazione non rimane relegata ad un ambito piuttosto ristretto (universitario e professionale) se lo strumento viene applicato nelle sue versioni semplificate. Chiaramente il numero di informazioni e la complessità delle stesse diminuisce in funzione della minor preparazione degli

individui cui il censimento viene proposto. Anche il metodo per effettuare la raccolta varierà, sia per quanto riguarda le istruzioni per la compilazione, sia per quanto riguarda le strategie di diffusione sul territorio che di incentivazione. In questo paragrafo si presentano due versioni semplificate della raccolta dati, studiate in modo da rivolgersi ad individui aventi una preparazione non specifica nel settore. La prima versione è nata come supporto ad un corso divulgativo sui problemi energetici per Università della terza età, ma potrebbe venire proficuamente proposta anche a studenti delle ultime classi degli istituti tecnici. Lo strumento si compone di un solo foglio (Figura 16) che può essere presentato sia su supporto informatico che cartaceo.

1. Pianta dell'Edificio 		2. Caratteristiche dell'edificio Collocazione (Comune-provincia) <input type="text"/> Via e numero civico <input type="text"/> Anno di costruzione <input type="text"/> Tipologia Abitativa <input type="text"/> Numero di piani <input type="text"/> Altezza complessiva e del piano <input type="text"/> Volume lordo riscaldato <input type="text"/> Superfici opache esterne [m ²] A <input type="text"/> Superfici vetrate [m ²] B <input type="text"/> Incidenza B/(A+B) <input type="text"/> Superficie netta per piano <input type="text"/> Numero medio occupanti piano <input type="text"/> Superficie utile tetto piano/falda <input type="text"/>
4. Monitoraggio consumi (2005) Consumi elettrici (kWh/anno) <input type="text"/> Consumi combustibile riscaldamento (m ³ /anno) <input type="text"/> Consumi combustibile ACS (m ³ /anno) <input type="text"/> Consumi elettrici parti comuni(kWh/anno) <input type="text"/> Consumo globale combustibile (m ³ /anno) <input type="text"/> Consumo globale combustibile ACS (m ³ /anno) <input type="text"/> Potere calorifico (MJ/m ³) <input type="text"/>		3. Caratteristiche dell'impianto Autonomo/Centralizzato (A o C) <input type="text"/> Contabilizzazione(SI/VNO) <input type="text"/> Elementi scaldanti <input type="text"/> Circuito di distribuzione <input type="text"/> Tipo di regolazione <input type="text"/> Tipo caldaia e Anno di installazione <input type="text"/> Combustibile <input type="text"/> Potenza caldaia <input type="text"/> Rendimento caldaia (presunto) <input type="text"/> Periodo di riscaldamento <input type="text"/>
5. Composizione delle pareti		
Pareti opache	I strato	<input type="text"/>
	II strato	<input type="text"/>
	III strato	<input type="text"/>
	IV strato	<input type="text"/>
	V strato	<input type="text"/>
	VI strato	<input type="text"/>
Solai	I strato	<input type="text"/>
	II strato	<input type="text"/>
	III strato	<input type="text"/>
	IV strato	<input type="text"/>
	V strato	<input type="text"/>
	VI strato	<input type="text"/>
Pavimenti	I strato	<input type="text"/>
	II strato	<input type="text"/>
	III strato	<input type="text"/>
	IV strato	<input type="text"/>
	V strato	<input type="text"/>
	VI strato	<input type="text"/>
Finestre	numero vetri	<input type="text"/>
	intercapedine	<input type="text"/>
	tipo di infissi	<input type="text"/>

Figura 16. Prima versione semplificata della scheda di raccolta

Il primo blocco, quello dedicato alla documentazione fotografica, è notevolmente ridotto e richiede solo di inserire, o allegare, la pianta quotata dell'edificio. I blocchi 2 e 3 restano sostanzialmente invariati. Dell'involucro esterno, invece, si richiede solo una descrizione qualitativa della stratigrafia. Anche il blocco dedicato al monitoraggio dei consumi risulta un po' ridotto rispetto alla corrispondente sezione della scheda

completa, tuttavia le informazioni richieste sono quelle necessarie e sufficienti per caratterizzare, in linea di massima, i consumi dell'edificio. Le valutazioni su possibili interventi migliorativi vengono svolte in maniera qualitativa sotto forma di discussione dei singoli casi. Lo strumento, anche in questa forma ridotta, consente di raccogliere informazioni sui consumi reali e di legarli alle tipologie edilizie, inoltre premette di verificare, su un caso concreto e costantemente monitorabile, l'entità del fabbisogno energetico delle abitazioni.

Una seconda versione [8] del sistema di raccolta semplificato, un po' modificata, è stata elaborata per poter essere impiegata in una campagna di sensibilizzazione al risparmio energetico in un comune milanese. Le informazioni richieste sono ridotte e possono essere così riassunte: tipologia edilizia, anno di costruzione, superficie dell'abitazione, caratteristiche macroscopiche degli elementi finestrati, età della caldaia e tipologia, presenza del termostato, combustibile impiegato, consumi annuali (sempre da ricavare dalla lettura delle bollette), ed infine presenza, o meno, di isolamento in alcuni punti dell'involucro o presenza di altri sistemi per il contenimento delle dispersioni. Una scheda di questo tipo non consente di recuperare dati molto dettagliati, tuttavia, in tal caso, la valenza preponderante è quella di fungere da strumento di formazione e da stimolo per un maggior interesse, da parte della popolazione verso i problemi legati al dispendio d'energia. I dati raccolti, comunque, possono essere anch'essi utilizzati al fine d'affinare le attuali conoscenze sull'entità dei consumi nell'ambito del costruito.

7.6 STRATEGIE PER EFFETTUARE UNA RACCOLTA DATI CON LE SCHEDE SEMPLIFICATE.

L'impiego delle schede di raccolta dati, nelle forme semplificate sopradescritte, può essere proposto a bacini d'utenza più estesi, rispetto a quelli considerati per le versioni complete. La corretta compilazione è ancora una volta subordinata ad un iter di preparazione che risulta, però, più breve rispetto a quanto detto per la scheda completa. Per quanto riguarda la prima versione semplificata le lezioni necessarie possono essere così riassunte:

- 2 ore di lezione introduttiva sulle finalità dell'esercitazione con diffusione dei risultati ottenuti da indagini precedenti;
- 3 ore di lezione su rilevamento delle caratteristiche geometriche degli edifici delle specifiche d'impianto, con il supporto di libretti o di prove fumi, reperimento di informazioni relative alle stratigrafie delle componenti dell'involucro esterno, trasparenti ed opache.
- 1 ora di esercitazioni per il calcolo dei consumi effettivi, con vari esempi di bollette e metodi per separare i dati;

Per quanto concerne la versione distribuita presso il comune di Zibido, la parte di preparazione per la raccolta può consistere in un solo incontro, magari serale, tra i cittadini e gli organizzatori dell'iniziativa. Lo scopo della riunione dovrebbe essere, da un lato, quello di illustrare, in maniera semplice ed immediata, il problema del contenimento dei consumi energetici degli edifici, spiegando le dirette ripercussioni dello stesso sulla vita quotidiana, dall'altro esporre le finalità del progetto di raccolta dati e le modalità di compilazione della scheda (peraltro molto semplici). Un secondo

incontro seguirà il primo, allo scopo di effettuare fisicamente la raccolta delle schede e rispondere alle domande scaturite dal processo di compilazione e dai risultati ottenuti nel test di valutazione della propria abitazione. Le maggiori difficoltà, in questo tipo di applicazioni, si possono incontrare più che altro nel riuscire a coinvolgere una parte significativa della popolazione. Onde aumentare la disponibilità a partecipare alla raccolta dati dei cittadini, si possono attuare delle strategie d'incentivazione, in sinergia con sponsor del settore, che si possono tradurre, ad esempio, nella distribuzione di piccoli omaggi a coloro che riportino l'opuscolo compilato.

7.7 ELABORAZIONE DATI

Una volta raccolti i dati relativi al censimento energetico le analisi che possono essere condotte sono molteplici. Innanzi tutto bisogna sottolineare che le schede debbono subire un primo processo di controllo di possibili errori macroscopici. Solo in un secondo momento possono venire utilizzate per le analisi statistiche.

L'elaborazione dei dati può essere sviluppata in modo da raggruppare i campioni per categorie, per analizzare direttamente i consumi termici ed elettrici effettivi ed elaborarli in relazione: al clima esterno, alle tipologie edilizie considerate, al numero degli occupanti ed alle loro abitudini. Un aspetto interessante riguarda i consumi effettivi delle abitazioni, questi, in genere, risultano più elevati delle aspettative degli stessi compilatori delle schede. Il motivo della discrepanza tra l'aspettativa ed il risultato reale è da ricercare nella gestione dell'abitazione: l'occupazione, la temperatura interna media, il controllo della temperatura in ambienti non occupati influenzano molto il dato finale, ma in genere non sono ritenuti elementi rilevanti dagli inquilini. Nel sottoparagrafo di seguito riportato vengono presentati i primi risultati delle campagne di raccolta dati fin'ora svolte con indicazione di alcune possibili elaborazioni dei dati raccolti.

7.7.1 Primi risultati

Lo strumento di raccolta dati, nella forma completa, è stato applicato:

- nei corsi di Fisica Tecnica all'Università di Pavia durante gli anni accademici 2006-2007 e 2007-2008 (circa 200 schede raccolte);
- in alcuni corsi per abilitazione per la professione di certificatore svoltisi tra il 2007 ed il 2008 in Lombardia (circa 160 schede raccolte).

Il censimento nelle due forme semplificate è stato proposto rispettivamente all'università della terza età di Genova ed alle famiglie della frazione di Moirago del comune di Zibido San Giacomo (MI).

I risultati che sono stati ottenuti dalle prime applicazioni dello strumento di raccolta dati, innanzi tutto, sono di ordine formativo. Il censimento energetico della propria abitazione ed il confronto con i dati relativi ad altri edifici hanno permesso di far acquisire, da parte dei partecipanti, una coscienza del ruolo concreto di ciascuno nel problema dei consumi energetici. La discrepanza tra risultati attesi e quelli effettivi, derivanti dalla visione globale delle bollette, ha indotto i compilatori a porsi domande sulla correttezza della gestione del proprio impianto e delle proprie abitudini. Inoltre

l'analisi delle possibili scelte per il contenimento delle dispersioni ha chiarito quali siano, in linea di massima, gli interventi che possono apportare dei benefici concreti nei singoli casi.

Sulla base dei dati raccolti, si sono, inoltre, cominciate a svolgere alcune indagini per mettere in evidenza il comportamento degli edifici indagati in funzione di alcune caratteristiche. Di seguito si riportano alcuni esempi di elaborazioni.

Nelle Figura 17, Figura 18 è riportato l'andamento delle medie dei consumi in funzione dell'anno di costruzione degli immobili caratterizzati rispettivamente da impianto autonomo e centralizzato. Dall'analisi dei dati si è notato come gli impianti autonomi abbiano sempre più preso sul territorio italiano. Questa maggior presenza non si è sempre accompagnata a minori spese per il riscaldamento da parte dei proprietari.

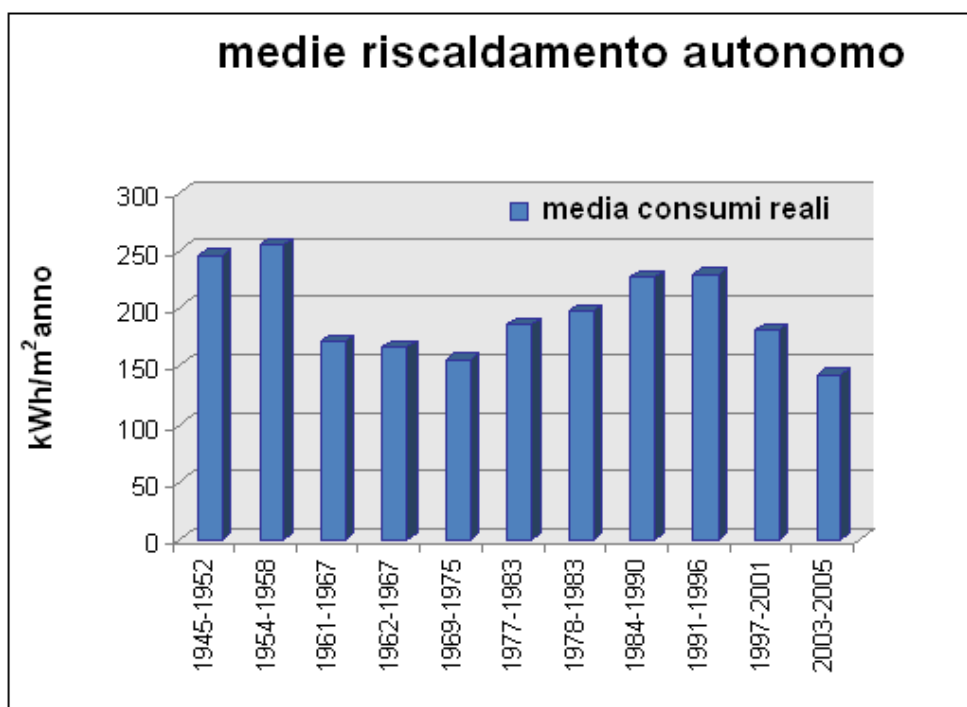


Figura 17. Consumi per edifici con impianto autonomo

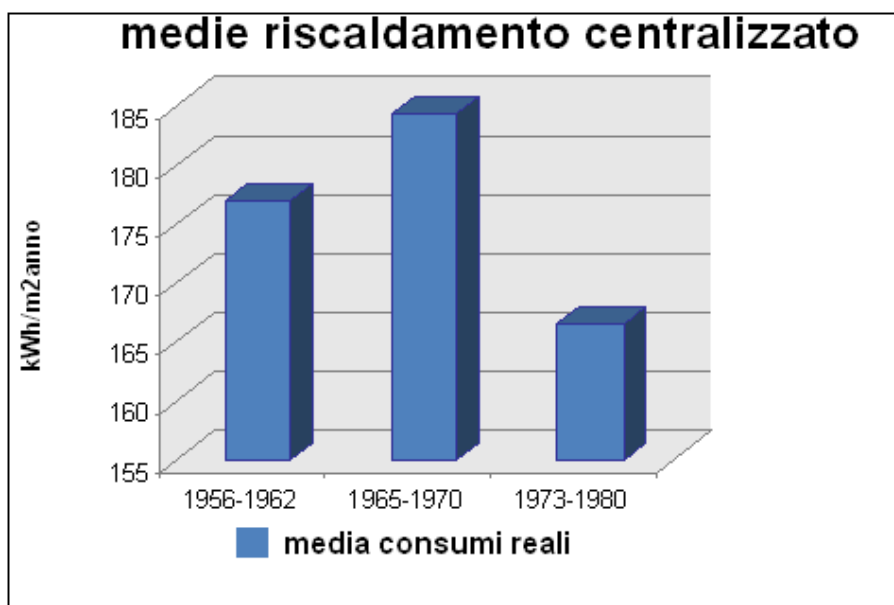


Figura 18. Consumi per edifici con impianto centralizzato

In Figura 19 è riportato, invece, il grafico derivante da elaborazioni riguardanti l'andamento dei consumi, suddivisi tra quelli per riscaldamento e produzione d'acqua calda sanitaria e quelli relativi all'energia elettrica, sempre legati all'anno di costruzione degli edifici.

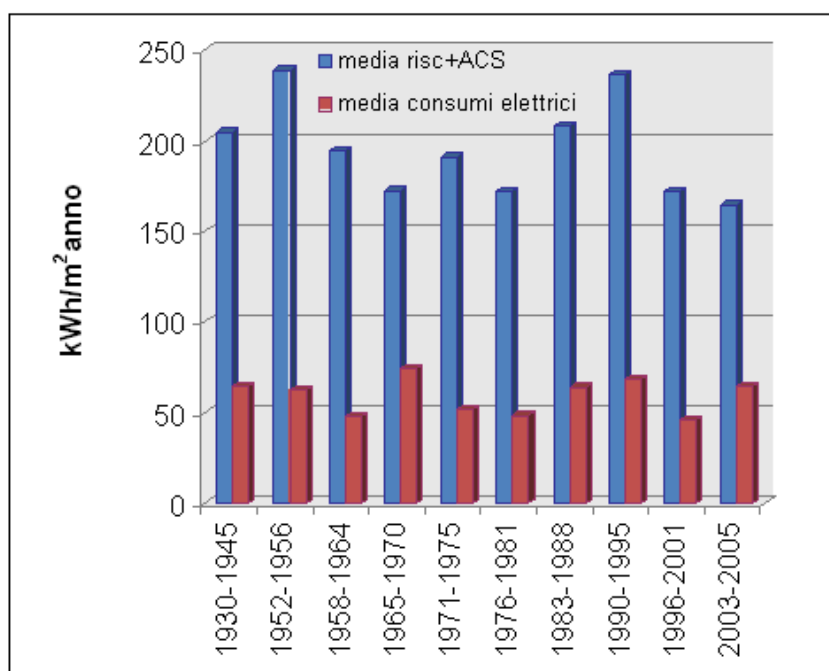


Figura 19. Andamento dei consumi elettrici e per riscaldamento per anno di costruzione

In Figura 20 è riportato il grafico dell'elaborazione dei dati che correla i consumi annui per il riscaldamento reali, in termini di kWh/anno, ed il volume lordo dell'abitazione [m³], per gli edifici riscaldati a metano. La linea continua inferiore rappresenta l'andamento di edifici che consumano 30 kWh/m³, mentre quella superiore si riferisce ai 50 kWh/m³. Dalle analisi risulta che più del 50% degli edifici censiti ha consumi uguali o superiori a questo secondo limite.

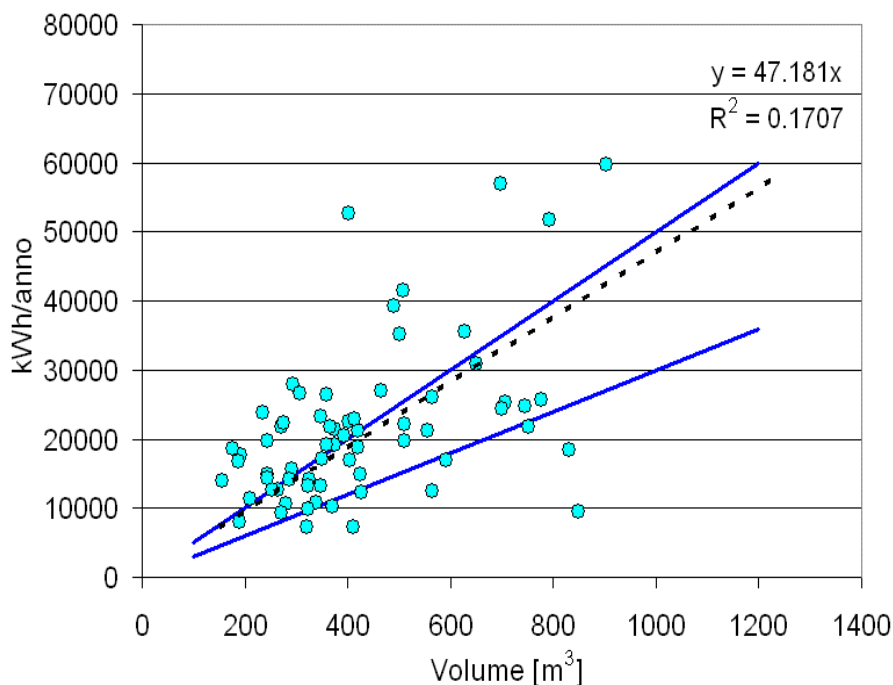


Figura 20. Andamento dei consumi in funzione del volume

7.8 ALCUNI PROGETTI PER EFFETTUARE UN CENSIMENTO ENERGETICO

Il censimento energetico, come visto, può essere proposto a vari livelli. A differenza della complessità e dell'accuratezza dei dati che si vogliono raccogliere si può scegliere lo strumento più congeniale al parco di utenza destinato all'utilizzo. Un progetto che sta venendo portato avanti a livello inter-universitario consiste nell'estendere la raccolta dati, già iniziata presso la facoltà d'Ingegneria a Pavia, a studenti dei corsi di Fisica Tecnica di Università quali Bergamo, Firenze, Udine, Palermo. Il fine sarebbe quello di coprire la Penisola a macchie di leopardo ed iniziare a costituire una prima banca dati. Un altro progetto di censimento, che sta venendo attualmente sviluppato, riguarda l'utilizzo della scheda di raccolta da parte dei partecipanti ad alcuni corsi per certificatori non solo della Regione Lombardia, ma anche di altre Regioni. I dati raccolti con le prime due strategie possono contribuire ad

una maggior conoscenza del comportamento degli immobili e dei cittadini italiani. L'operazione, inoltre, potrà servire come campo pratica e come approfondimento della tematica per i progettisti del domani. Per quanto riguarda l'applicazione della scheda nelle forme più semplificate, si sta studiando la possibilità d'estendere l'esperienza del Comune di Zibido ad altri piccoli comuni Lombardi. In tale caso l'operazione perderebbe un po' i connotati di censimento, vista la minore complessità di dati collezionabili, per assumere un carattere più formativo ed informativo dei cittadini. Le esperienze maturate nel campo hanno permesso di constatare come tale aspetto sia tutt'altro che secondario, ai fini di conseguire traguardi significativi nell'ambito del risparmio energetico, a in genere trascurato. Le informazioni a disposizione della comunità, infatti, sono spesso frammentarie od anche erranee. La compilazione di un modulo semplice, ma molto diretto, permette la comprensione di quei pochi concetti, fondamentali per creare una coscienza dell'utilizzo sostenibile dell'energia che si può tradurre in opere concrete ed efficaci.

7.9 BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Magrini, P. Ricciardi, L. Cattani, "Censimento dei consumi energetici del parco edilizio esistente: Proposta di modalità operative e primi risultati". LXII Congresso ATI. Salerno, Italia. 11-14 Settembre 2007. (vol. 1, pp. 257-262). ISBN/ISSN: 978-88-87998-77-1. NAPOLI: Cuzzolin Editore (ITALY).
- [2] L. Cattani., A. Magrini, "Primi risultati di un'indagine sui consumi degli edifici esistenti". Prestazioni Energetiche degli edifici e certificazione. Pavia. 10 Maggio 2007.
- [3] <http://www.cened.it>
- [4] <http://www.docet.itc.cnr.it>
- [5] UNI EN ISO 13788: 2003 "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo"
- [6] UNI EN 12354-1:2002 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- [7] UNI EN 12354-3:2002 Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- [8] S.Pierangelini, "Audit energetico degli edifici e certificazione", tesi di laurea in Ingegneria Ambientale e del Territorio, a.a. 2007-2008, Università degli Studi di Pavia. Relatore: Prof. Ing. Anna Magrini.

CAPITOLO 8 CONCLUSIONI

Il lavoro di ricerca, presentato nelle precedenti pagine, si inserisce nel contesto del risparmio energetico nell'edilizia e propone una serie di analisi e di concrete soluzioni per poter conseguire una maggiore sostenibilità energetica degli edifici esistenti. Un terzo delle risorse primarie, attualmente, viene utilizzato per soddisfare il fabbisogno del comparto edilizio ed in particolare il 70% di questo ammontare è impiegato per il riscaldamento delle abitazioni. Questo fatto unito alla considerazione che le nuove costruzioni rappresentano una percentuale esigua del patrimonio edilizio (10%) fa comprendere come sia necessario intervenire sull'esistente con una serie di azioni concrete atte a ridurre i consumi. I dati che mettono in evidenza come l'Italia sia, da un lato, pressoché priva di fonti energetiche tradizionali, dall'altro caratterizzata da un'alta presenza di immobili energeticamente poco efficienti, hanno indotto a volgere il lavoro di ricerca sul comparto edilizio nazionale. I problemi legati alle dispersioni degli immobili esistenti sono complessi ed imputabili sia ad un modo inadeguato di costruire sia al comportamento inappropriato degli utenti. Il presente lavoro è stato sviluppato con questa consapevolezza e suddiviso in due parti: la prima imperniata sulla proposta di soluzioni costruttive ed economiche la seconda su analisi sullo strumento di certificazione e su una proposta di un metodo di raccolta dati che serva da strumento di informazione e formazione.

In particolare nella prima parte del lavoro, tramite **un approccio appositamente studiato** sono state condotte **analisi energetiche complesse su edifici reali** paradigmatici di un modo di costruire diffuso in Italia nel periodo compreso tra gli anni '50 ed '80. Sono state **proposte e valutate delle possibilità d'intervento che permettono risparmi energetici anche superiori al 20%, in diverse città scelte come campione delle varie zone climatiche italiane**. Per ogni caso di studio sono state messe **in evidenza le soluzioni maggiormente convenienti** dal punto di vista del rapporto costi benefici. Le valutazioni sono state condotte sia tramite indici economici comunemente utilizzati (**PBT e NPV**), **ma anche considerando altri parametri ritenuti particolarmente significativi. A tal fine è stato creato un indice ad hoc** che permette di considerare contemporaneamente quattro diversi parametri economici: il Net Present Value, il Pay Back Time, l'incidenza della spesa sul reddito medio delle famiglie e la resa dell'investimento. Le analisi effettuate tramite tale indice consentono di calibrare le valutazioni della convenienza e dell'utilità dei diversi investimenti sul reddito familiare. I risultati delle analisi economiche hanno permesso anche di constatare come l'attuale sistema d'incentivazione fiscale possa essere non solo poco efficace, ma addirittura negativo in quanto permette la realizzazione di interventi la cui resa energetica non controbilancia il costo iniziale. **E' stato, quindi, ideato e proposto un meccanismo di finanziamento, alternativo a quello esistente, che conduce i cittadini ad attuare solo soluzioni effettivamente efficienti.** Tale finanziamento avrebbe anche il pregio di non comportare spese per l'erario e quindi per la comunità.

Le analisi alla base della prima parte del lavoro di ricerca hanno messo in luce sia la difficoltà di reperire i dati necessari per lo studio del comportamento energetico degli immobili, sia come risulti vantaggioso condurre test sulla base dei consumi reali. Inoltre le indagini preliminari, volte ad individuare degli archetipi d'edificio su cui effettuare gli studi, hanno permesso di constatare quanto la realtà edilizia italiana sia variegata. Una maggior conoscenza del comportamento energetico della complessa realtà del costruito permetterebbe di poter ampliare ed estendere le proposte d'intervento strutturale ed economico, definite nella precedente parte. Inoltre la maggior conoscenza delle problematiche di risparmio da parte dei cittadini è condicio sine qua non per ottenere azioni concrete sia di ristrutturazione energeticamente sostenibile, sia di lancio di un mercato edilizio efficiente. Tali osservazioni hanno portato alla definizione della seconda parte del lavoro. In essa, infatti, ci si è posti lo scopo di approfondire il tema della situazione energetica del parco edilizio esistente e della possibilità di coinvolgere sempre di più i cittadini nelle tematiche ad essa legate. Innanzi tutto è stata analizzata la certificazione energetica in quanto l'attuale orientamento nazionale ed europeo tende a demandare a detto strumento non solo il compito di incentivare il mercato delle costruzioni efficienti, ma anche la funzione di base per banche dati (su consumi e caratteristiche edilizie) per le vecchie e nuove costruzioni e di metodo di formazione dei cittadini. Per tale motivo, innanzi tutto, è stato messo in luce come **la certificazione energetica**, studiata nel suo caso di più ampia applicazione sul territorio nazionale (Lombardia), **presenti alcune criticità. Tramite sperimentazione su oltre un centinaio di casi reali** si è potuta constatare la **difficoltà d'applicazione della procedura ad edifici esistenti** soprattutto a causa della grande **incertezza sui dati** relativi alla descrizione dell'involucro. Dato che la certificazione, basandosi sui calcoli di consumo standardizzato, **non fornisce dati di consumo reali risulta, in effetti, limitato** utilizzare tale strumento come base per un catasto energetico. Inoltre, grazie ad esperienze didattiche, si è anche potuto capire come **difficilmente il puro certificato possa venir utilizzato come sistema di**

formazione ed informazione dei comuni cittadini sui problemi energetici legati alle abitazioni, al di là di ciò per cui nasce, vale a dire come ulteriore parametro di confronto tra i diversi immobili. Infine si sono valutate le potenzialità della certificazione di spronare il mercato immobiliare verso la frontiera dell'efficienza, evidenziando come lo strumento sia senz'altro utile, ma **non sufficiente, per innescare quel circolo virtuoso che porti le costruzioni efficienti ad essere le uniche convenienti**. Le criticità individuate hanno portato a ricercare **soluzioni** che si sono tradotte sia in **una proposta concreta per incentivare le abitazioni a basso consumo**, sia in **un metodo di raccolta dati studiato ad hoc** per il censimento energetico del costruito. Quest'ultimo, in particolare, scaturisce dalla consapevolezza della necessità di una maggiore conoscenza dello stato energetico del patrimonio edilizio e dall'urgenza del coinvolgimento della popolazione in una sinergia d'azioni ed intenti volti ad attuare reali politiche di risparmio energetico. **Il metodo di raccolta, quindi, è stato sviluppato sia per ottenere dati sugli edifici esistenti, ma anche per avere una valenza didattica**. La filosofia di rendere i cittadini protagonisti nelle politiche del risparmio energetico ha portato a progettare sia lo strumento che il sistema d'applicazione dello stesso in varie configurazioni, le quali permettono diversi gradi d'analisi ed approfondimento. In tal modo il metodo può essere rivolto efficacemente sia a professionisti che a generici utenti delle abitazioni. Dalle prime applicazioni si sono potute apprezzare le potenzialità del sistema di raccolta che, se opportunamente diffuso sul territorio nazionale, può essere: supporto per catasti energetici, banco di prova per testare software, base per l'attività di certificazione e definizione di scenari di utilizzo razionale delle risorse ed infine strumento concreto di formazione per i cittadini sui temi del risparmio energetico in edilizia. Il lavoro innesca una serie di prospettive che stanno venendo attualmente sviluppate, sul territorio nazionale, sia a livello accademico che a livello di mondo professionale e pubblica amministrazione. Applicazioni del metodo di raccolta dati stanno venendo proposte in diversi atenei, nonché in corsi per certificatori energetici. Nell'ambito della pubblica amministrazione stanno venendo valutate ulteriori esperienze formative della cittadinanza tramite la raccolta dati semplificata. Le proposte dei metodi d'incentivazione saranno oggetto di pubblicazioni divulgative. Infine alcuni risultati della prima parte del lavoro verranno presentati alla comunità scientifica internazionale .