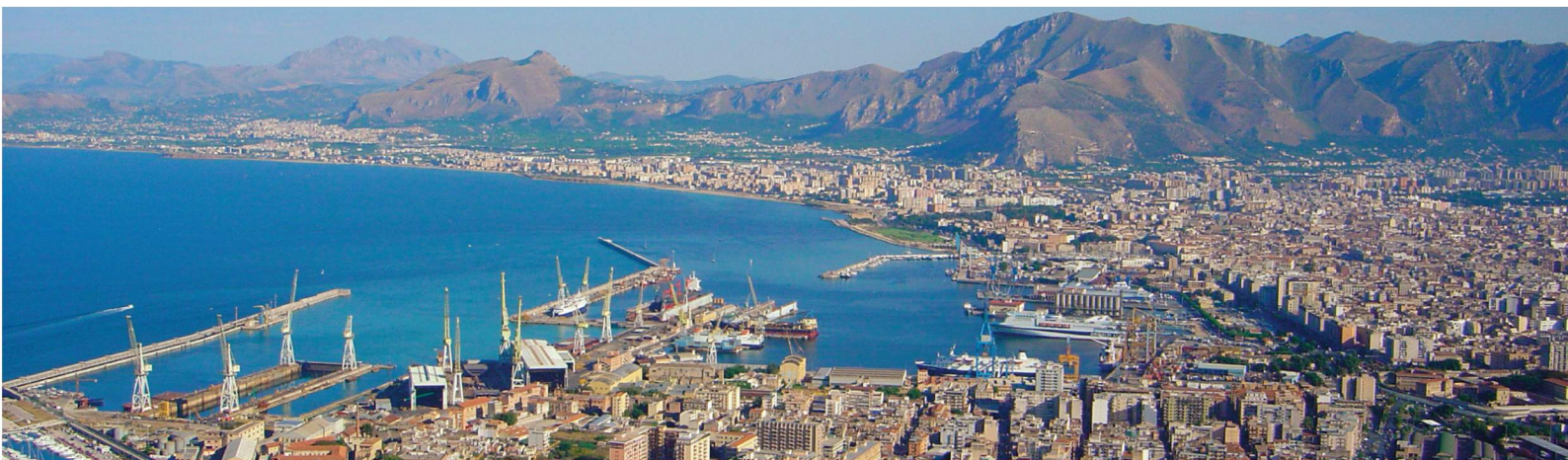


Dottorato di Ricerca in Architettura
Indirizzo *Recupero dei Contesti Antichi e Processi Innovativi nell'Architettura* XXV Ciclo
Referente Prof. Giuseppe De Giovanni

IL RETROFIT ENERGETICO L'EDILIZIA RESIDENZIALE POST-BELLICA DI PALERMO



ELSA SANFILIPPO

AREA 08 - SSD ICAR/10 - Architettura Tecnica

TUTOR: Prof. Simona Colajanni (Università degli Studi di Palermo)

CO-TUTOR: Prof. Antonio De Vecchi (Università degli Studi di Palermo)

Nota sul Copyright.

Qualsiasi riproduzione totale o parziale di questa tesi è consentita, a condizione che la fonte di citazione sia divulgata.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Recupero dei Contesti Antichi e Processi Innovativi nell'Architettura

Dipartimento di Architettura

AREA 08 - SSD ICAR 10 - Architettura Tecnica

IL RETROFIT ENERGETICO L'EDILIZIA RESIDENZIALE POST-BELLICA DI PALERMO

IL DOTTORE
ELSA SANFILIPPO

IL REFERENTE
PROF. GIUSEPPE DE GIOVANNI

IL TUTOR
PROF. SIMONA COLAJANNI

IL CO TUTOR
PROF. ANTONIO DE VECCHI

Università degli Studi di Palermo
Dipartimento di Architettura
Dottorato in Architettura
Coordinatore Prof. Emanuele Palazzotto
Indirizzo *Recupero dei Contesti Antichi e Processi Innovativi nell'Architettura* - XXV Ciclo
Referente Prof. Giuseppe De Giovanni

Area 08 - Settore Scientifico Disciplinare di appartenenza:
ICAR/10 - Architettura Tecnica

TUTOR

Prof. Simona Colajanni (Università degli Studi di Palermo)

CO-TUTOR

Prof. Antonio De Vecchi (Università degli Studi di Palermo)

ELSA SANFILIPPO

IL RETROFIT ENERGETICO L'EDILIZIA RESIDENZIALE POST-BELLICA DI PALERMO

ABSTRACT

Il retrofit energetico. L'edilizia residenziale post-bellica di Palermo

Il patrimonio edilizio italiano è composto principalmente da costruzioni realizzate nel secondo dopoguerra, quando la speculazione economica e l'urbanizzazione hanno prodotto edifici con caratteristiche di scarsa qualità architettonica ed energetica. Agire sul rendimento energetico degli edifici esistenti, adattandoli alle caratteristiche richieste dalla normativa, a parità di condizioni di comfort, rappresenta una strategia importante per la riduzione dei consumi energetici e per la tutela dell'ambiente. Attraverso l'applicazione di tecnologie e metodologie innovative e la scelta di investimenti adeguati, il retrofit energetico può rappresentare oggi la principale opportunità di crescita in campo economico ed ambientale, e un'opportunità di innovazione nel settore delle costruzioni.

La ricerca si propone di valutare le prestazioni energetiche degli edifici esistenti, attraverso una metodologia di retrofit energetico, capace di individuare, caso per caso, le soluzioni più adeguate e i relativi interventi, in riferimento anche al loro rapporto costi-benefici. In questo modo, è possibile scegliere le strategie per il miglioramento dell'efficienza energetica, valutare le opportunità di risparmio energetico e il periodo di recupero per ammortizzare l'investimento. Il campo di indagine riguarda in particolare la notevole quantità di edifici residenziali che hanno occupato il territorio della "*Piana dei Colli*" di Palermo, a seguito del cosiddetto "*Sacco Edilizio*" degli anni '60.

SUMMARY

The energy retrofit. The Post war residential buildings of Palermo

The Italian building stock is mainly composed of constructions from the second post-war period, when economic speculation and urbanization have produced characteristics of poor architectural and energetic quality. By acting on the energy performance of existing buildings, adapting these characteristics to those required by regulations, on equal terms of comfort, represent an important strategy to the reduction of energy consumption and to the environmental protection. Through the application of innovative technologies and methodologies and the choice of appropriate investments, the energy retrofit can be now the main growth opportunity in the economic and environmental field, and an innovation opportunity in the building's. The research is aimed at evaluating the energy performance of existing buildings, through an energy improvement methodology, which may identify, case by case, cost-effective solutions and interventions, according to the cost-benefit analysis. In this way, it is possible to choose strategies for the energy efficiency improvement, assessing the energy savings opportunities and the payback period to amortize the investment. The field of inquiry specifically concerns the substantial amount of residential buildings that have occupied the territory of "Piana dei Colli" in Palermo, as result of the "Sacco Edilizio" of the '60s.

INDICE

IL RETROFIT ENERGETICO

L'EDILIZIA RESIDENZIALE POST-BELLICA DI PALERMO

| | |
|---|----|
| INTRODUZIONE | I |
| | |
| PARTE PRIMA | |
| INNOVAZIONE E SOSTENIBILITÀ NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA | 1 |
| | |
| CAPITOLO 1 | |
| La situazione energetica nazionale ed europea: prospettive di sviluppo | 3 |
| 1.1 Lo scenario energetico in Italia | 4 |
| 1.2 Gli sviluppi europei e il modello delle <i>Smart Cities</i> | 15 |
| 1.3 Il retrofit energetico come soluzione di sviluppo economico e tecnologico | 20 |
| Note, Riferimenti Bibliografici e Sitografia | 23 |
| | |
| CAPITOLO 2 | |
| Quadro normativo e strategie energetiche | 25 |
| 2.1 La normativa europea sui consumi energetici in edilizia | 26 |
| 2.2 Il panorama legislativo italiano sul risparmio energetico | 43 |
| 2.3 Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico | 50 |
| 2.4 I requisiti di prestazione energetica degli edifici | 54 |
| 2.5 Lo scenario energetico regionale | 67 |
| 2.6 Protocolli e sistemi di certificazione <i>green</i> | 76 |
| Note, Riferimenti Bibliografici, Sitografia e Normativa di Riferimento | 83 |

CAPITOLO 3

| | |
|--|-----|
| Lo stato dell'arte | 91 |
| 3.1 <i>Best practices</i> per il retrofit | 92 |
| 3.2 Interventi realizzati in Europa | 92 |
| 3.3 Interventi realizzati in Italia: strategie di retrofit a confronto | 109 |
| Note, Riferimenti Bibliografici e Sitografia | 122 |

PARTE SECONDA

| | |
|---|-----|
| IL CASO DI STUDIO: CAMPO DI AZIONE E ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO | 123 |
|---|-----|

CAPITOLO 4

| | |
|--|-----|
| Ambito territoriale di indagine: il patrimonio edilizio residenziale di Palermo | 125 |
| 4.1 Palermo e l'urbanizzazione della Piana dei Colli: contesto storico ed ambientale | 126 |
| 4.1.1 Cenni storico-urbanistici sulla città di Palermo | 126 |
| 4.1.2 La scelta del contesto urbano di Palermo | 129 |
| 4.1.3 L'urbanizzazione del secondo dopoguerra | 131 |
| 4.1.4 Gli strumenti urbanistici degli anni '60 | 135 |
| 4.2 Analisi delle tipologie più diffuse di edifici di tipo residenziale | 139 |
| 4.2.1 La scelta dell'area urbana oggetto di studio | 139 |
| 4.3 Individuazione del caso di studio esemplificativo | 141 |
| Note, Riferimenti Bibliografici e Sitografia | 147 |

CAPITOLO 5

| | |
|---|-----|
| L'<i>audit</i> energetico di una unità residenziale | 149 |
| 5.1 L' <i>audit</i> energetico e la normativa di riferimento | 150 |
| 5.2 Definizioni preliminari. Fattori determinanti nel calcolo dei consumi energetici | 153 |
| 5.3 Raccolta dati e ispezioni <i>in situ</i> | 173 |
| 5.3.1 Caratteristiche climatiche | 173 |
| 5.3.2 Inquadramento urbanistico | 177 |
| 5.3.3 Rilievo tecnico-dimensionale dell'appartamento oggetto di studio | 179 |
| 5.3.4 Impianto di illuminazione | 191 |
| 5.4 Costruzione del modello di analisi e delle zone termiche in <i>Ecotect Analysis</i> | 192 |
| 5.5 Valutazione dei fabbisogni energetici | 195 |
| 5.5.1 Analisi solare | 195 |
| 5.5.2 Analisi termica | 197 |
| Note, Riferimenti Bibliografici e Sitografia | 211 |

| | |
|--|------------|
| PARTE TERZA | |
| SIMULAZIONE E CONFRONTO TRA DIVERSE STRATEGIE DI RETROFIT ENERGETICO | 215 |
| | |
| CAPITOLO 6 | |
| Applicazione degli interventi di retrofit energetico al caso di studio | 217 |
| 6.1 Definizione delle strategie di intervento | 218 |
| 6.1.1 Interventi sull'involucro edilizio per aumentare la coibenza termica | 222 |
| 6.1.1.1 L'involucro edilizio | 222 |
| 6.1.1.2 Chiusure verticali opache | 225 |
| 6.1.1.3 Chiusure verticali trasparenti | 239 |
| 6.1.1.4 Sistemi di schermatura solare | 245 |
| 6.1.2 Inserimento di sistemi di illuminazione più efficienti | 247 |
| 6.2 Previsione del risparmio energetico associato a diversi scenari di intervento | 250 |
| Note, Riferimenti Bibliografici e Sitografia | 256 |
| | |
| CAPITOLO 7 | |
| Analisi del rapporto costi-benefici | 259 |
| 7.1 Calcolo del costo energetico annuale | 260 |
| 7.2. Stima dei costi associati a ciascun intervento e dei risparmi conseguibili | 263 |
| 7.3 Stima del costo totale di ogni scenario | 272 |
| 7.4 Valutazione economica degli interventi mediante i principali indicatori finanziari | 280 |
| Note, Riferimenti Bibliografici e Sitografia | 287 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA RAGIONATA | 289 |
| | |
| PARTE QUARTA | |
| CONCLUSIONI E APPENDICE | 293 |
| | |
| CONCLUSIONI | 295 |
| | |
| APPENDICE I_Presentazione del lavoro svolto all'estero | 301 |
| (LONDRA, Ottobre 2013 – Gennaio 2014) | |
| | |
| APPENDICE II_Glossario | 313 |

INTRODUZIONE _ *INTRODUCTION*

INTRODUZIONE _ INTRODUCTION

Il risparmio energetico ed il ricorso alle fonti rinnovabili di energia sono ormai impegni di primaria importanza per gli Stati di tutto il mondo, rappresentando una sfida globale e una grande responsabilità nei confronti dell'ambiente. Affrontare tale sfida vuol dire mettere in gioco diversi attori dell'economia nazionale, implementando strategie atte a sensibilizzare i cittadini verso un'ottica di consumo sostenibile della risorsa energia, trasversale ad ogni attività. In particolare, il settore edilizio rappresenta oggi la più grande fonte di dispendio energetico, seguita dal terziario e dal settore dei trasporti. I criteri di *Architettura Sostenibile* e il concetto di *Edifici ad Energia quasi Zero*, introdotto dalle recenti Direttive europee in materia di nuove costruzioni, guidano ormai il mercato edilizio europeo ed internazionale, imponendo parametri e requisiti prestazionali necessari per il raggiungimento di prestabiliti obiettivi di efficienza energetica.

In particolare, in Italia, il patrimonio edilizio esistente è stato realizzato per il 70% prima di qualsiasi norma sull'efficienza energetica degli edifici, ossia prima del 1976, ed è pertanto privo di qualsiasi accorgimento volto a contenere il dispendio di energia, sia di tipo attivo che passivo, determinando elevati costi per il raggiungimento del comfort

The energy savings and the use of renewable sources of energy are today important global commitments to States around the world, representing a global challenge and a great responsibility towards the environment. Addressing this challenge means to put into play many actors of the national economy, implementing strategies to raise awareness towards a perspective of sustainable consumption of energy resources, across each activity. In particular, the construction sector is now the largest source of energy consumption, followed by the service sector and the transport sector. The Sustainable Architecture and the concept of Nearly Zero Energy Buildings, introduced by the recent European Directives on new buildings, is now driving the European and international housing market, requiring parameters and performance necessary to achieve energy efficiency targets.

In particular, in Italy, the existing building stock has been realized for the 70% without any attention on energy efficiency in construction, and before the law of the 1976, so it is therefore devoid of any measure aimed at containing the of energy consumption, both active and passive system, determining high costs for

termoigrometrico ottimale.

Intervenire sul costruito eliminando tali obsolescenze e adeguandolo agli attuali standard energetici e normativi, può dunque costituire un enorme potenziale di risparmio energetico. Giova anche ricordare che la riduzione dei consumi energetici è ancora più importante se si tiene conto che l'Italia si contraddistingue in Europa per l'elevata dipendenza energetica (l'85% del fabbisogno è importato).

Infine, risulta opportuno approfondire la ricerca al caso degli edifici destinati alle residenze, una destinazione d'uso particolarmente diffusa e pressoché omogenea in tutto il territorio italiano, oltre ad essere una categoria particolarmente energivora, a causa dei consumi energetici dovuti al fabbisogno giornaliero di climatizzazione sia invernale che estiva.

Questa è anche la destinazione d'uso prevalentemente realizzata durante il *boom* edilizio e il cosiddetto "Sacco di Palermo", come risposta ad una domanda di alloggi sempre più elevata a causa dell'aumento della popolazione, e perché rappresentativa di un settore in crescita e conveniente.

La ricerca, a partire dallo studio delle caratteristiche che connotano il patrimonio edilizio italiano, propone un'analisi degli edifici appartenenti al secondo dopoguerra, quando speculazione edilizia e urbanesimo producevano per lo più caratteristiche di scarsa qualità architettonica ed energetica.

Il campo di indagine riguarda, nello specifico, la consistente mole di edifici residenziali che hanno occupato, in pochissimo tempo, il territorio palermitano della *Piana dei Colli* in seguito al "Sacco edilizio" degli anni Sessanta.

achieving the optimum thermal comfort.

By act to the built removing such obsolescence and adapting it to current energy standards and regulations, may also be a huge potential for energy savings. It should also be noted that the reduction of energy consumption is even more important if we consider that Italy stands out in Europe for its high energy dependence (85% of the energy requirement is imported).

Finally, it seems appropriate to address the research to the field of buildings for residential use, a diffused typology and almost uniform in the whole Italian territory, and responsible for the majority of energy consumption due to the abiding needs of air conditioning, both on winter and summer period.

It is also the type of building mainly built during the housing "boom" and due to the condition created by the "Sacco di Palermo", in response to a demand for housing increasingly higher due to increased population, and because it is representative of a growing and affordable market.

The research, starting from the study of the Italian buildings characteristics, offers an analysis of the buildings belonging to the Second World War, when speculation and urbanism produced mostly characteristics of poor architectural quality and energy.

The field of investigation concerns, in particular, the significant amount of residential buildings that have occupied, in very little time, the area of Palermo called Piana dei Colli as result of the Sacco Edilizio of the Sixties.

Il panorama edilizio palermitano degli anni '60 - '70 ben si presta allo studio di tale tipologia edilizia, offrendo spunti e riflessioni progettuali intrinseche e rappresentative del "degrado" funzionale in cui la maggior parte di tali costruzioni versa.

Inoltre, la scelta della destinazione d'uso residenziale, come oggetto dello studio, permette di indagare il vantaggio economico, e non solo energetico, che un privato può ottenere da un investimento di retrofit energetico, anche in una singola unità abitativa. Oggi, infatti, la maggior parte degli interventi di cui si ha notizia anche in termini di valutazione post-intervento, riguarda grossi edifici, principalmente destinati ad uffici, dove l'interesse a riqualificare energeticamente gli immobili deriva spesso dalla convenienza di grosse società, talvolta avvantaggiate dall'aumento di valore che il loro immobile commerciale ne ricava, rendendolo più competitivo sul mercato.

Nel caso in esame, invece, l'intervento proposto potrebbe essere iniziativa esclusiva del privato, sia nel caso di proprietà che di locazione dell'unità edilizia, e nell'interesse di entrambe le parti.

Il contributo della ricerca sta anche nel tentativo di proporre a detti soggetti del mercato edilizio diverse strategie di retrofit energetico, delineando loro, sin dalla fase progettuale, le prospettive di ritorno economico, attraverso la valutazione del rapporto costi-benefici di ciascun intervento.

In questo modo sarà possibile incentivare il privato all'intraprendere azioni di miglioramento delle prestazioni energetiche del proprio immobile, in funzione del proprio *budget* per affrontare l'investimento, e delle prospettive di lungo termine prefigurate

The building framework of the 60s - 70s in Palermo, is well suited to carry out the study on this building typology, offering suggestions and consideration representative of the "decay" that affects most of these buildings.

Moreover, the choice of residential constructions, as an object of study, allows to investigate the economic benefit, and not only the energetic ones, that a private owner can get from an investment of energy retrofit, even in a single dwelling. Today, in fact, most of the popular interventions in terms of post-intervention assessment, concerns large buildings, mainly for offices, where the interest to an energetically redevelopment often comes from the convenience of big companies, sometimes benefited from the increase in value that their commercial property can get after the retrofit, making it more appealing in the market.

In the examined case, instead, the proposed intervention could represent an exclusive initiative of the private, both on the case of own property that of lease agreements, in the interest of both parties.

The contribution of the research is also the effort addressed to propose to these market players different energy retrofit strategies, by outlining them, since the early stage, the prospects of the economic return, through the evaluation of the cost-benefits of each strategy.

In this way it will be possible to encourage the private in taking action to improve the energy performance of the property, according to their economic budget to carry on the investment, and on the base of the prospects of long-term period pre-

dalla riduzione dei consumi energetici.

STRUTTURA DELLA TESI

La tesi si compone di quattro parti e due appendici.

La prima parte, intitolata "*Innovazione e sostenibilità negli interventi di riqualificazione energetica*" riguarda un *excursus* sul concetto di sostenibilità ambientale, urbana ed edilizia, che caratterizza lo scenario nazionale ed internazionale, sia da un punto di vista normativo che tecnologico.

La seconda, "*Il caso di studio: campo di azione e analisi energetica dello stato di fatto*", individua il caso di studio oggetto delle analisi e le sue caratteristiche architettoniche, tipologiche e climatiche necessarie per la valutazione delle prestazioni energetiche dello stato di fatto. L'edificio viene sottoposto ad un *audit* energetico, ovvero una diagnosi dettagliata dell'immobile, in modo da definire le principali cause di obsolescenza energetica e poter, in una fase successiva, predisporre alcuni interventi di retrofit energetico.

Nella terza, dal titolo "*Simulazione e confronto tra diverse strategie di retrofit energetico*", si ipotizzano diversi scenari di retrofit energetico, valutati mediante un'analisi del rapporto costi-benefici e un apposito foglio di calcolo in grado di associare ai risultati ottenuti i relativi indici economico-finanziari del VAN (Valore Attuale Netto), del TIR (Tasso interno di Rendimento) e del *Payback Period*. Attraverso la simulazione termica ed energetica dei diversi interventi proposti e di alcune combinazioni degli stessi, è stato possibile confrontare i risultati finali con quelli pre-intervento, in termini di fabbisogno energetico annuo, costo della

figured by reducing energy consumption.

STRUCTURE OF THE THESIS

The thesis consists of four parts and two Annexes.

The first, entitled "Innovation and sustainability in the energy retrofit actions" concerns an excursus on the concept of sustainability, environmental, urban and building, which characterizes the national and international scenario, both from a regulatory point of view that technology.

The second, "The case study: field of action and energetic analysis of the current conditions", identifies the context of the analyzed case study, its architectural typological and climate features, necessary to evaluate the energy performance of the current conditions. The building is subjected to an energy audit, which is a detailed diagnosis of the property, in order to define the main causes of the energy consumptions to prepare, in a second step, different energy performance improvement measurements.

In the third, entitled "Simulation and comparison between different energy retrofit strategies", are assumed different scenarios of energy retrofit, evaluated by a cost-benefit analysis, through a dedicated spreadsheet that allows to associate the obtained results to the relevant financial parameters of NPV (net present value), IRR (Internal rate of return) and Payback Period. Through simulation and thermal energy of the different interventions proposed and some combinations of the same, it is possible to compare the final results with the condition before retrofit action, in terms of annual energy re-

bolletta, costo dell'investimento iniziale di retrofit energetico, creando i presupposti per la scelta della tipologia di intervento più indicata.

La quarta parte contiene le conclusioni e le due Appendici.

L'Appendice I è dedicata alla presentazione sintetica del lavoro svolto durante il periodo di ricerca a Londra sui temi dell'architettura sostenibile, del retrofit energetico, della normativa di riferimento, compresa l'implementazione di un foglio di calcolo per la valutazione delle prestazioni energetiche di edifici residenziali inglesi, con riferimento alla normativa BS EN ISO 13790.

Infine, una seconda Appendice comprende un Glossario contenente definizioni dei principali vocaboli ed acronimi presenti nella tesi, elaborato in modo da mettere a punto una terminologia di riferimento in considerazione del recente sviluppo di questo settore di ricerca, attingendo talvolta anche alle indicazioni fornite dalla normativa vigente in materia di efficienza energetica.

OBIETTIVO DELLA RICERCA

L'obiettivo della ricerca è quello di indagare sulla convenienza delle diverse strategie di retrofit energetico, applicate ad un caso studio esemplificativo nell'ambito dell'edilizia palermitana, particolarmente bisognosa di interventi di adeguamento energetico.

Offrire un panorama globale di riqualificazione energetica, permette di delineare le criticità e le potenzialità di un patrimonio edilizio obsoleto, sia dal punto di vista funzionale che energetico, e dimostrare che è possibile intervenire anche in breve tempo e con diverse prospettive di spesa per rimediare a tali obsolescenze e ridurre i consumi

requirements, cost of the bill, cost to implement the initial investment, creating the conditions for the choice of the most suitable scenario of retrofit.

Part IV contains the Conclusions and the two Appendices.

A The Annex I is dedicated to a summary of the work carried out during the research period in London, on the issues of sustainable architecture, the energy retrofit, the relative regulations, including the implementation of a tool for the evaluation of the energy performance of UK residential buildings, with reference to BS EN ISO 13790.

Finally, the second Annex includes a Glossary containing definitions of the main key word and acronyms included in the Thesis, drawn up as to develop a reference terminology in view of the recent development of this area of research, sometimes in reference to the instructions provided by the current legislation on energy efficiency field.

OBJECTIVE OF THE RESEARCH

The objective of the research is the investigation on the cost-effectiveness of different strategies of energy retrofit applied to an example case study in the buildings field of Palermo, particularly in need of an energy performance adaptation.

By providing a comprehensive view of upgrading the energy efficiency, it is possible to outline the problems and the potential of a housing stock is older, both functionally and energetically, showing that it is possible to intervene at short notice and with different types of expenditure to remedy such obsolescence and reduce

energetici.

Spesso, i casi studio analizzati riguardano residenze situate in climi freddi, come quelli del Nord Italia o del Nord Europa. Poco si è fatto nei climi Mediterranei come quello siciliano, dove i fabbisogni di raffrescamento estivo arrivano a superare quelli invernali per il riscaldamento. Accade, anche, che le analisi sugli interventi di retrofit e sulla loro vantaggiosità siano portate avanti senza un piano economico che permetta di ricevere informazioni oggettive sui benefici ottenibili, generando una scelta più semplice e fondata.

L'obiettivo generale, intende, infine, dimostrare il grande carico di potenzialità che un intervento di retrofit può rappresentare, soprattutto se si applica in grande scala estendendolo a tutta la città, cominciando dagli edifici più bisognosi di una riqualificazione "green".

METODOLOGIA

L'obiettivo della tesi è stato portato avanti mediante l'individuazione di un contesto rappresentativo a cui applicare le simulazioni di retrofit energetico, in modo da poter adattare lo stesso approccio a diversi contesti, semplicemente adattandolo, di volta in volta, alle condizioni che lo caratterizzano.

Circoscrivere il campo di indagine al caso di unità immobiliari, per lo più appartenenti a privati, evidenzia la varietà dei casi e l'impossibilità di stabilire a priori regole o strategie standard che possano essere applicate con omogeneità.

La ricerca è stata condotta mediante verifiche dello stato di fatto avviate sia in sito che attraverso la simulazione effettuata con appositi software di calcolo.

energy consumption.

Often, the case studies are related to residences or buildings located in cold climates, such as those in northern Italy or northern Europe.

Just a few things were made instead in Mediterranean climates such as Sicily, where the needs for the summer cooling system affect much more than the winter heating. It also happens that the analysis of the retrofit and their favorability is carried out without a business plan that allows to get objective information about the benefits obtainable.

The overall objective, finally, is also to demonstrate the important potential that an action of retrofit may represent, especially if it is possible to apply it in a large scale extending it to the whole city, starting from the buildings most in need of a "green" redevelopment.

METHODOLOGY.

The objective of the thesis was carried out by identifying a representative context in which to apply the simulation of the energy retrofit actions, in order to repeat the same approach to different contexts, by adapting it, from time to time, to the related conditions.

To limit the field of investigation to the case of individual dwelling, mostly belonging to private, highlights the variety of cases and the impossibility of establishing a priori rules or standard strategies that can be applied uniformly.

The research was conducted through analysis of the current status carried out on site and through simulation performed with special calculation software.

Sono state messe a punto verifiche e indagini sul posto per l'implementazione del rilievo dimensionale, ricerche storico-archivistiche, studi sullo stato dell'arte (divenuto molto più corposo a partire dal secondo anno della ricerca) e simulazioni microclimatiche mediante software che permettono di prevedere il comportamento energetico dell'edificio, pre e post-intervento.

Caso per caso, sono stati valutati gli interventi di retrofit più adatti, e il rispettivo guadagno in termini energetici ed economici. La classificazione e la scelta di tre scenari da confrontare ha previsto poi di valutare alcune combinazioni di intervento, scelte a seconda della loro fattibilità e del loro impatto, più o meno profondo, sulla prestazione dell'immobile.

Per la valutazione della convenienza finale di ciascuno scenario, è stato, infine, messo a punto un foglio di calcolo che associa ad ogni intervento di retrofit la percentuale di risparmio energetico conseguibile, i costi dell'investimento, il fabbisogno di energia annuo associato ad esso, e i valori del VAN, del TIR e del Payback Period.

La ricerca si rivolge agli studiosi e a chi si occupa della progettazione sostenibile degli edifici, e in particolare a quanti volessero implementare azioni di retrofit energetico dell'edilizia residenziale, anche in vista degli incentivi fiscali nazionali.

Uno dei risultati attesi è la creazione di un "metodo generale" che possa mostrare, sin dalla fase progettuale, il grado di convenienza di un intervento di retrofit, sia dal punto di vista energetico e di riduzioni delle emissioni di CO₂, sia dal punto di vista economico e di ritorno dell'investimento

There were conducted analysis and inspections for the implementation of the dimensional evaluation of the building, as well historical - archival research, state of the art studies (much more substantial in the second year of research) and microclimatic simulations using software to predict the energy behavior, pre-and post-intervention.

Case by case, were evaluated the most suitable retrofits interventions, and the corresponding energy and economic gain. The classification and the choice to compare three scenarios provided to evaluate some combinations of intervention, depending on their feasibility and their more or less level of impact on the energy performance of the property.

For the final evaluation of each scenario convenience, was finally developed a spreadsheet that allows to associate, to each retrofit action, the percentage of energy savings achievable, the investment costs, the new annual energy requirements, and the values of NPV, IRR and Payback Period.

The research is addressed to researchers and those involved in the sustainable design and in particular to those who want to implement actions for energy retrofits in residential building, also in view of national fiscal incentives.

One of the expected results is the creation of a "general method" that can show, since the phase of the project, the level of convenience of a retrofit, both from the point of view of energy and CO₂ emissions reductions, that the point of view of investment payback.

PARTE PRIMA

INNOVAZIONE E SOSTENIBILITÀ NEGLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

INNOVATION AND SUSTAINABILITY IN THE ENERGY RETROFIT ACTIONS



Bologna. Il *Campus Bonomia*, residenza universitaria a basso consumo energetico, realizzata nel 2012 attraverso l'ampliamento e la riqualificazione di un immobile esistente su progetto di *Impresa Melegari* e *Coop Costruzioni* per la *Fondazione Falcicola*.

CAPITOLO 1

La situazione energetica nazionale ed europea: prospettive di sviluppo

The national and European energy framework: development perspectives

ABSTRACT - An energy retrofit is an intervention that allows the energy maintenance and the preservation of buildings and the continued operation and maintenance of energy efficiency technologies. It also includes the improvement of the energy performance of existing buildings, to make them more sustainable and "green" certifiable. The energy retrofit of buildings is an important strategy to ensure energy savings and to align the building stock to the national and European energy requirements. Today the main goal of each Member States it is in fact to achieve a low carbon energy system into their own economic and buildings fields, with more effort in the designing of "Near Zero Energy Buildings" and to the reduction of CO2 emissions.

In Italy, the Government was late in the adapting of its regulations to the European Directives, then the cities are still trying to improve their internal system to align it to the international standards. About the energy retrofit interventions, it is important to implement energy conservation measurements to reduce energy consumption and the costs of heating, cooling, and lighting systems, but also to help to get an overall economic gain for the whole nation. To act on the existing buildings, through appropriate interventions, represents, in fact, a necessary strategy to obtain the aforesaid results. This chapter discusses about the sustainability field in the architectural context, through the analysis of the most usefull parameters to understand the Italian situation and the current energy framework that lies in our State.

1.1 Lo scenario energetico in Italia

Il retrofit energetico, o riqualificazione energetica, è l'insieme di operazioni atte a migliorare e adeguare le prestazioni delle costruzioni esistenti, con l'obiettivo di razionalizzare i flussi energetici che intercorrono tra sistema edificio (involucro e impianti) ed ambiente esterno.

Gli interventi di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio sono finalizzati a migliorare il comfort degli ambienti interni, contenere i consumi di energia, ridurre le emissioni inquinanti e il relativo impatto sull'ambiente, utilizzare in modo razionale le risorse, attraverso lo sfruttamento di fonti energetiche rinnovabili in sostituzione dei combustibili fossili ed ottimizzare la gestione dei servizi energetici.

Il retrofit energetico degli edifici esistenti è oggi uno dei principali strumenti per il conseguimento degli obiettivi internazionali di riduzione dei consumi energetici e di tutela dell'ambiente. È, infatti, ormai universalmente dimostrato come gli edifici siano responsabili della maggior parte delle emissioni di CO₂ e dei consumi di energia provenienti da fonti non rinnovabili rispetto ai principali settori economici, come riportato nel diagramma di Figura 1.1.

In particolare, il miglioramento delle prestazioni energetiche e l'adeguamento ai requisiti richiesti dalle normative vigenti, rappresentano il primo passo per ridurre i consumi di energia del comparto edilizio, considerata la grande quantità di costruito rispetto al nuovo.

Attraverso l'applicazione di tecnologie e metodologie innovative e la scelta di opportuni investimenti, il retrofit può rappresentare dunque una interessante opportunità di crescita in campo economico ed edilizio.

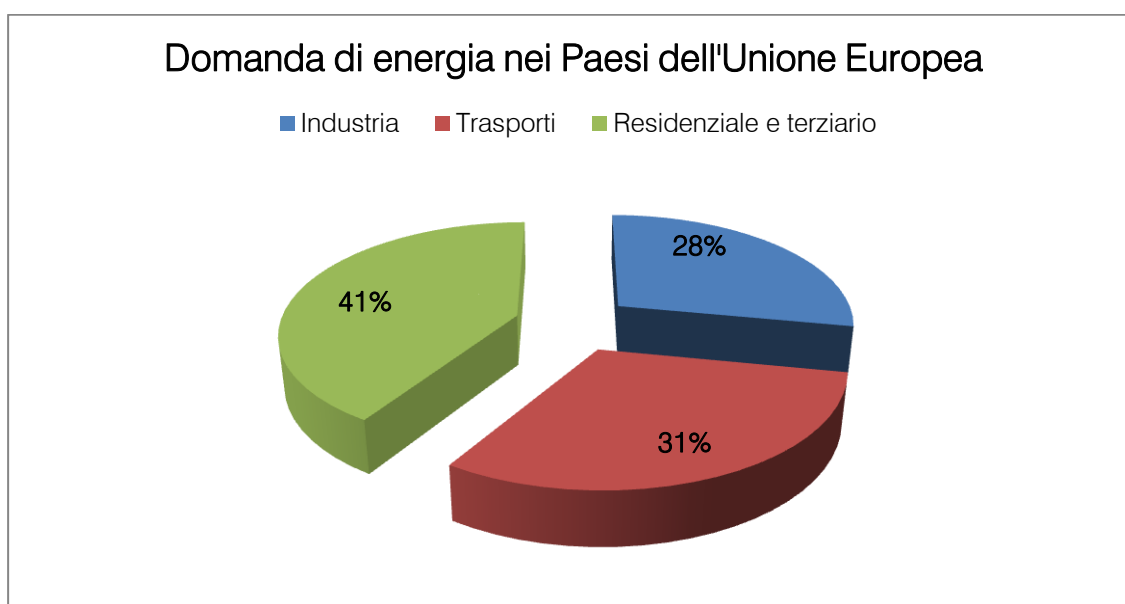


Fig. 1.1 - Il diagramma mostra la ripartizione dei consumi energetici europei tra i principali settori: la percentuale maggiore (41%) è quella riguardante i consumi del settore residenziale e terziario, seguita dai trasporti e, infine dal comparto industriale con il 28% dei consumi energetici globali.

Un'intensa attività di legislazione e di redazione di norme tecniche sul rendimento energetico del costruito (cfr Capitolo 2), definisce parametri di efficienza sempre più restrittivi e criteri di risparmio sempre più vincolanti, imponendo interventi di adeguamento a standard prestazionali più elevati, ad esempio nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione di un "green building"¹.

Parallelamente, i Governi di molti Stati europei hanno introdotto incentivi economici per agevolare interventi di riqualificazione energetica che garantiscano tempi di ritorno degli investimenti compatibili con le possibilità di spesa dei proprietari e il ciclo di vita delle tecnologie impiegate.

Migliorare l'efficienza energetica degli edifici e fare in modo che siano autosufficienti dal punto di vista delle risorse significa anche fornire un importante contributo al contenimento dei cambiamenti climatici e al rispetto dell'ambiente. Si tratta dunque di una sfida non solo energetica ed edilizia, ma anche sociale e politica: le azioni di retrofit possono tradursi in miliardi di euro risparmiati per i consumatori e i bilanci pubblici, con la possibilità di creare nuovi posti di lavoro qualificati, migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e, non ultimo, migliorare la competitività delle imprese in tutto il mondo.

Esistono molteplici opportunità per promuovere l'innovazione, migliorare il *comfort* a casa e ridurre le bollette energetiche, utilizzando una combinazione di tecnologia, *best practices*, approcci multidisciplinari e forme innovative di collaborazione tra proprietari, enti locali, fornitori di tecnologia, professionisti dell'edilizia ed istituzioni finanziarie.

L'Italia è al primo posto in Europa nella classifica delle emissioni medie di CO₂ provenienti da edifici. Un primato che conferma la necessità di agire attraverso interventi in grado di portare ad una crescita del Pil stimata fra il 2% e il 4%, e ad un conseguente aumento dell'occupazione in 460 mila posti di lavoro stimati al 2020 (Dall'Ò 2014). Interventi che non possono prescindere da un miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio immobiliare: si registra come il fabbisogno energetico medio degli edifici del nostro Paese sia di 180 kWh/m² l'anno, contro un fabbisogno medio di 160 kWh/m² l'anno della Spagna e di 150 kWh/m² della Francia².

Secondo l'ultimo rapporto Legambiente sulla *performance* climatica di alcuni Paesi del pianeta, relativo all'anno 2014, l'Italia sta registrando piccoli progressi: si classifica al 17° posto, grazie alla riduzione delle emissioni dovuta in particolare alla recessione economica. La performance di ciascun paese è misurata attraverso il *Climate Change Performance Index* (CCPI): si basa per il 60% sulle sue emissioni (di cui una parte dedicata al livello annuale e un'altra al *trend* nel corso degli anni), per il 20% sullo sviluppo delle rinnovabili (10%) e dell'efficienza energetica (10%) e per il restante 20% sulla sua politica climatica nazionale (10%) e internazionale (10%). Anche quest'anno, le prime tre posizioni della classifica non sono state attribuite, poiché nessuno dei Paesi ha raggiunto la minima prestazione richiesta per contrastare in maniera efficace i mutamenti climatici in corso e contribuire a mantenere le emissioni globali sotto ad una prestabilita

soglia critica. Tuttavia, per la prima volta, nel 2014, due Paesi, Danimarca e Svezia classificati rispettivamente al 4° e 5° posto, hanno raggiunto una *performance* soddisfacente, che se confermata nei prossimi anni potrà loro consentire di aggiudicarsi il podio. In cima, con l'eccezione del Marocco, occupano la classifica i Paesi europei. Vi sono, oltre a Danimarca e Svezia, Regno Unito, Portogallo, Cipro e Irlanda. La Germania continua a rimanere nelle retrovie, confermando il 22° posto dello scorso anno, dopo un lungo periodo di *leadership*. Caduta principalmente attribuita al rilancio del carbone che ha fatto aumentare le emissioni e compromettere il raggiungimento dell'ambizioso obiettivo di ridurle, entro il 2020, del 40% rispetto al 1990, con una riduzione attuale che arriva a stento al 32%.

Riguardo, invece, la politica nazionale sul clima, l'Italia retrocede in fondo alla classifica occupando il 58° posto. Situazione confermata dal recente rapporto dell'Agencia Europea per l'Ambiente (AEA) sull'attuazione del pacchetto clima-energia 2020: l'AEA afferma che l'Italia, senza nuove misure aggiuntive, non è in grado di rispettare l'obiettivo di riduzione delle emissioni nei settori non-ETS (come trasporti, residenziale, servizi, agricoltura) del 13% rispetto al 2005 (Figura 1.2). Per rispettare questo obiettivo, nel 2020 le emissioni italiane devono attestarsi a 287.9 milioni di tonnellate (MtCO₂-eq), rispetto alla produzione attuale, che si aggira a una quantità di 299.4 MtCO₂-eq. Con le misure aggiuntive annunciate nel 2012 e non ancora attuate, l'Italia sarebbe invece in grado non solo di colmare il *gap* registrato, ma di garantire una considerevole riduzione raggiungendo 269.9 MtCO₂-eq (Legambiente 2014).

Member State greenhouse gas emission limits in 2020 compared to 2005 levels

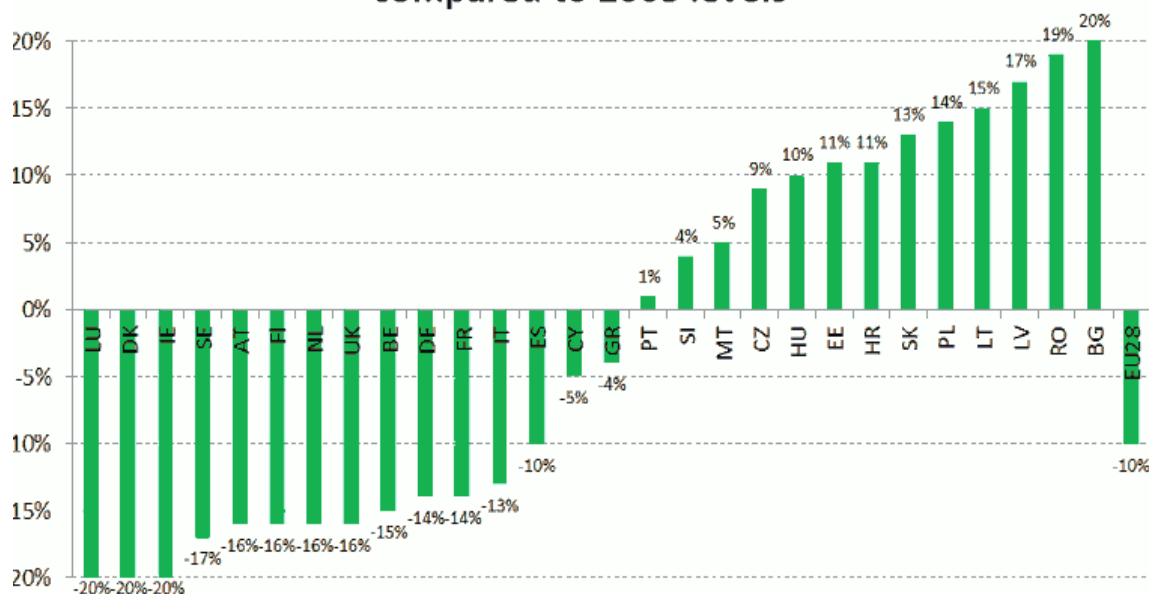


Fig. 1.2 - Le barre rappresentano l'obiettivo di riduzione delle emissioni di CO₂ per i Paesi europei: l'Italia (IT) ha come obiettivo di diminuire le proprie emissioni CO₂ annue del 13% rispetto alle emissioni prodotte nel 2005. Se la barra è in positivo, vuol dire che il Paese può anche aumentarle. © Ecodyger 2014.

Tutto ciò ha evidenti conseguenze economiche, sia a livello locale che nazionale. Per tale ragione, il mercato del retrofit energetico rappresenta un'efficace soluzione verso una *green economy* nazionale che possa schierare l'Italia alla pari degli altri Paesi europei, cominciando da una politica climatica ed energetica funzionale agli obiettivi comunitari e di ripresa economica: il retrofit, da solo, può generare un volume di affari annuo di 7,4 miliardi di euro, ottenendo risparmi energetici di circa 92 TWh, che corrispondono a quasi un terzo del consumo elettrico annuo italiano (Chiesa 2014).

A fare da traino è il settore residenziale che, principale responsabile dei consumi, può garantire un volume d'affari stimato di 4,3 miliardi, di cui 38 milioni dovuti ai soli interventi atti a ridurre il consumo elettrico e tutto il resto derivante dalla riduzione del fabbisogno di energia per riscaldamento e raffrescamento delle abitazioni.

In particolare, in Italia, il patrimonio edilizio è composto da 13,7 milioni di edifici (12,1 milioni adibiti ad uso residenziale e 1,6 ad altre destinazioni d'uso), di cui il 70%, risale ad un periodo antecedente l'introduzione di qualsiasi norma sull'efficienza energetica in edilizia, ed è pertanto responsabile di un di fabbisogno energetico superiore a quello della norma, e pari a circa il 36% dei consumi energetici nazionali totali.

Secondo una recente indagine immobiliare³, il 36,6% (pari a circa 11,6 milioni di unità immobiliari) ha più di 40 anni di vita, con picchi del 42% in alcune grandi città: un immobile che supera i 30 anni di età consuma mediamente in un anno dai 150 ai 200 kWh/m², un fabbisogno enorme se confrontato con i consumi di un'abitazione in classe B, standard minimo per le nuove costruzioni, di circa 30 e i 40 kWh/m² l'anno.

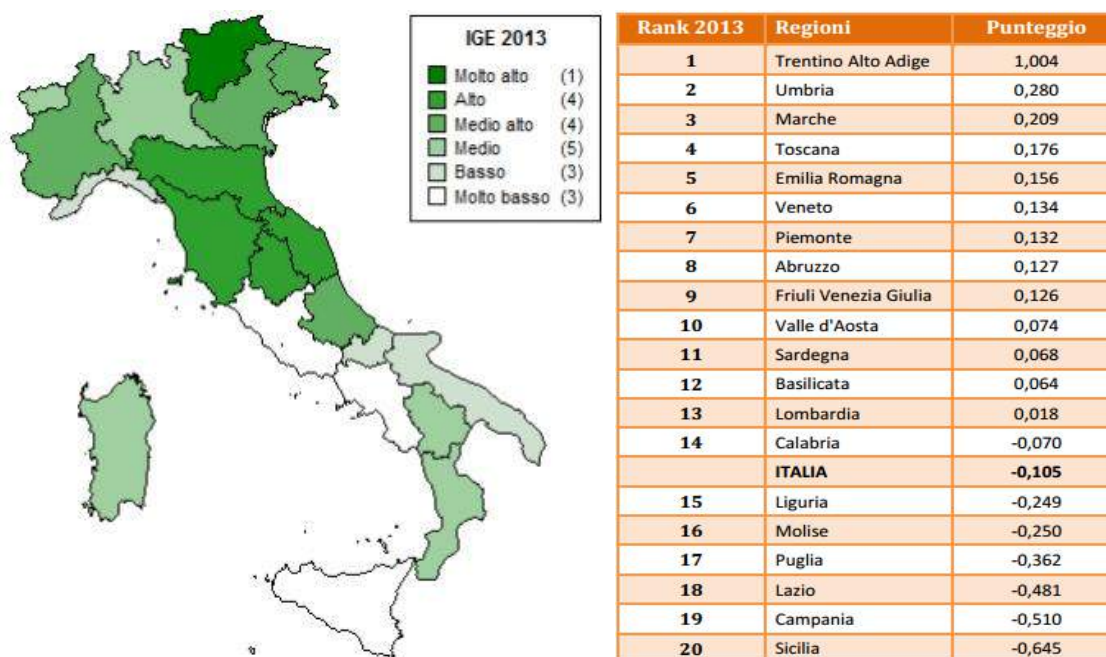
Se si considera, poi, che le prime norme sull'efficienza energetica degli edifici sono entrate in vigore soltanto nel 1977, si comprende come possa rappresentare più della metà (circa 18,5 milioni) la quantità di immobili, su tutto il territorio nazionale, costruita senza alcun vincolo di legge in materia di energia consumata e sistemi tecnologici appropriati. È dunque facile rendersi conto dell'elevato numero di abitazioni che richiedono interventi di manutenzione. Limitare la costruzione di nuove abitazioni, e puntare invece alla manutenzione di quelle già esistenti e obsolete, rende possibile ridurre il consumo del suolo, il fabbisogno energetico globale e la necessità di infrastrutture per la mobilità (Giordano 2014).

Se si specifica la situazione italiana a livello regionale, la Basilicata è la regione con un numero maggiore di abitazioni costruite prima del 1970, che rappresentano da sole il 39,3% del totale. A seguire la Sicilia, che si colloca tra le regioni con il patrimonio immobiliare più datato, con una percentuale di abitazioni con oltre 40 anni di età, pari al 38,3%. Seguono Marche (38,2%) e Calabria (38,2%), per terminare la lista con due regioni, Friuli Venezia Giulia e Trentino Alto Adige, che invece registrano una percentuale molto più bassa di immobili "anziani" e una buona presenza di edifici nuovi o recentemente ristrutturati, e quindi vicini agli standard edilizi ed energetici prescritti dalle ultime normative sull'efficienza energetica. Guardando alle città d'Italia, Palermo è la seconda, dopo Potenza, nella classifica di quelle con gli edifici più "vetusti", con una

percentuale del 41,3% di immobili edificati in un periodo precedente il 1970, e quindi con i tratti distintivi di un patrimonio edilizio assai diffuso ma poco attento al controllo microclimatico dei locali interni.

A Roma il livello è piuttosto elevato e arriva al 38,3% di edifici "vetusti"; più basso quello di Milano dove sul totale delle abitazioni, solo il 33,5% risale a prima del 1970.

Nel Gennaio 2014 è stata pubblicata da Fondazione Impresa⁴ la classifica per l'anno 2013 dell'*Indice di Green Economy* (IGE) delle regioni italiane, frutto dell'incrocio di 21 indicatori di *performance* riguardanti i settori regionali interessati dalla *green economy*: energia, imprese e prodotti, agricoltura, turismo, edilizia, mobilità e rifiuti. Fondazione Impresa ritiene, infatti, che questi siano i settori nei quali un nuovo modello di sviluppo possa trovare un significativo spazio di crescita. Le variabili che compongono gli indicatori sono state selezionate sulla base dei principali aspetti che declinano la *green economy*, prendendo in considerazione gli indicatori che forniscono informazioni accurate, attendibili e confrontabili rispetto alle venti regioni italiane. Sulla base dei punteggi assegnati per ciascun indicatore viene definito un *Indice di Green Economy* per ogni regione italiana, delineando la classifica di Figura 1. 4. I dati alla base dello studio sono stati tratti da fonti ufficiali (Istat, Terna, Sinab, Enea, etc.) e dalle informazioni statistiche disponibili e aggiornate al mese di Novembre 2013. La regione in testa alla classifica, già dalla scorsa edizione, è il Trentino Alto Adige con un punteggio di 1,004, a fronte del punteggio di -0,645 assegnato alla Sicilia, ultima in graduatoria. La seconda classificata è l'Umbria, con un punteggio nettamente inferiore alla prima, pari a 0,28, seguita dalle Marche con 0,209 punti.



Figg. 1.3 e 1.4 - Mappatura e classifica delle città italiane per *Indice di Green Economy* (IGE) 2013, definito da "molto alto" a "molto basso". ©Fondazione Impresa.

Eseguendo un'analisi dettagliata della classifica, si possono rilevare le caratteristiche virtuose e le criticità principali delle diverse zone d'Italia. In generale, è riscontrabile un comportamento migliore in termini di *Green Economy* nelle regioni del Nord rispetto a quelle del Centro-Sud. Per quanto riguarda il settore energetico, le regioni con indici maggiori sono quelle del Nord, seppure con qualche eccezione. Si segnala in particolare il valore di 1.047 kWh di energia risparmiata per abitante totalizzato dal Trentino e di 1.581 kWh rilevato in Puglia. Nel settore imprese e prodotti le regioni italiane si comportano allo stesso modo, realizzando punteggi simili da Nord a Sud. In ambito agricolo e coltivazioni biologiche si distinguono invece le regioni del Sud Italia: Calabria, Basilicata e Sicilia sono le prime nell'indice dell'imprenditorialità biologica. Nel settore mobilità prevale il Nord per la presenza di piste ciclabili, ma anche come naturale conseguenza della diversa conformazione territoriale. In cima alla classifica vi sono Lombardia, Trentino Alto Adige, e Veneto, rispettivamente con 65,3, 63,5 e 60,6 km di piste ciclabili per 100 km² di superficie dei capoluoghi di provincia, contro una media nazionale di appena 16,6 km.

In ambito smaltimento rifiuti le regioni del Sud presentano un comportamento molto lontano dallo standard delle regioni settentrionali: se in Lombardia, Veneto e Trentino, viene smaltito in discarica un massimo del 10% dei rifiuti solidi urbani, in Sicilia e Calabria si toccano percentuali vicine al 90-100% dei rifiuti totali.

Secondo l'indagine di Legambiente sui "Comuni Ricicloni 2014", sono solo 1.328 i Comuni con una percentuale di raccolta differenziata maggiore del 65% (Figura 1.5).

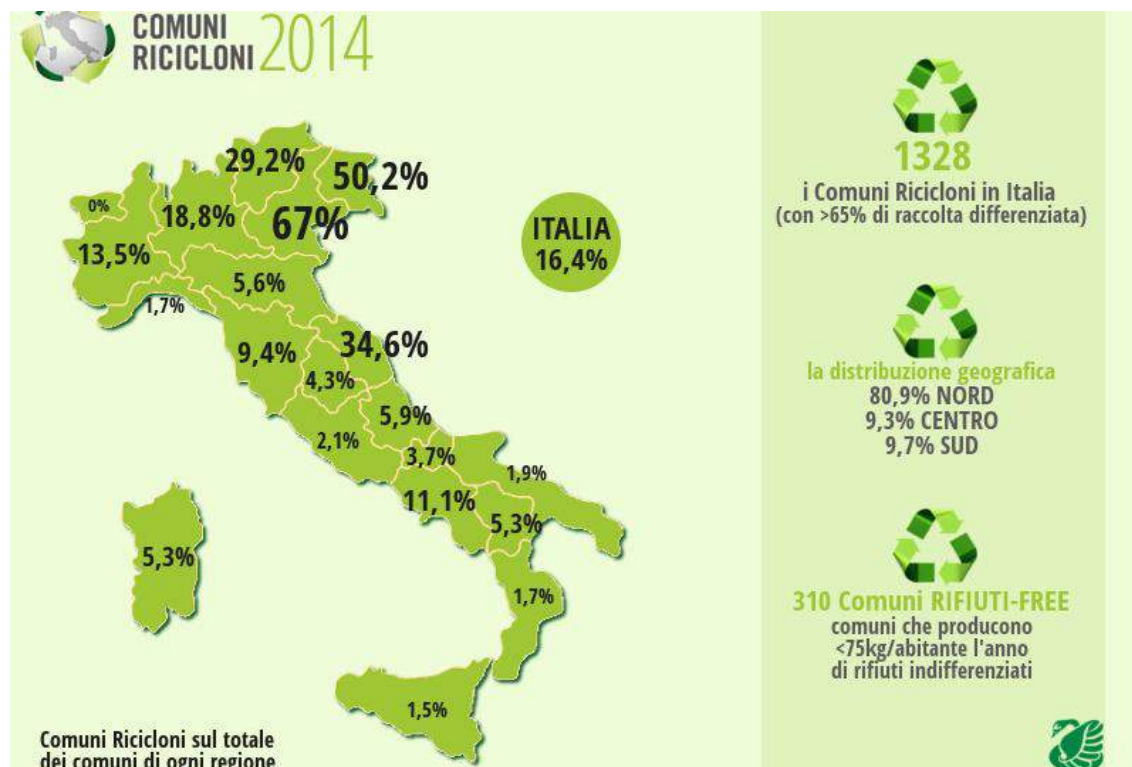


Fig.1.5 - Percentuale italiana di riciclo per distribuzione geografica, 2014 ©Legambiente.

L'iniziativa di Legambiente, patrocinata dal Ministero per l'Ambiente, premia dal 1994 le comunità locali, amministratori e cittadini, che hanno ottenuto i migliori risultati nella gestione dei rifiuti: raccolte differenziate avviate a riciclaggio, ma anche acquisti di beni, opere e servizi, che abbiano valorizzato i materiali recuperati da raccolta differenziata.

Ritornando alla classifica regionale condotta da Fondazione Impresa, nel caso della raccolta differenziata, le regioni del Nord occupano le prime sei posizioni e il Nord Est si posiziona ai primi tre posti: al primo posto il Veneto con il 62,6% di rifiuti urbani differenziati, al secondo il Trentino Alto Adige con il 62,3% e al terzo il Friuli Venezia Giulia con il 57,5%.

Nel complesso le regioni settentrionali hanno ottenuto buoni piazzamenti, anche in riferimento ai comportamenti dei proprietari delle unità immobiliari: in particolare l'indicatore sulle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici è dominato dalle regioni settentrionali che ricoprono le prime otto posizioni. Il Trentino Alto Adige, in vetta alla graduatoria, conta 10,1 documentazioni inviate ogni 1.000 abitanti, a seguire il Friuli Venezia Giulia e il Piemonte, fino ad arrivare alla Sicilia, che si attesta ad una sola documentazione ogni 1.000 abitanti. Le regioni del Nord mostrano generalmente dati positivi anche negli altri indicatori, ad eccezione fatta per l'agricoltura biologica - settore in cui la Lombardia è quasi sempre agli ultimi posti - per il numero di alloggi agro-turistici e per la densità dei mezzi pubblici, dove occupano gli ultimi 5 posti.

| RANK | Indicatore | ENERGIA ED EFFICIENZA ENERGETICA | | |
|------|-----------------------|---|---|--|
| | | Energia elettrica da rinnovabili (in % su produzione totale) | Carbon Intensity (g CO ₂ /€ valore aggiunto reale) | Risparmio energetico certificato con i certificati bianchi (KWh/ab) |
| 1 | Trentino Alto Adige | 91,2 | 286,2 | 1.047,2 |
| 2 | Umbria | 55,5 | 570,3 | 1.046,9 |
| 3 | Marche | 38,4 | 296,7 | 562,5 |
| 4 | Toscana | 43,8 | 435,7 | 1.173,0 |
| 5 | Emilia Romagna | 19,1 | 406,1 | 780,9 |
| 6 | Veneto | 39,6 | 348,7 | 595,8 |
| 7 | Piemonte | 35,1 | 340,3 | 802,1 |
| 8 | Abruzzo | 47,0 | 362,9 | 650,1 |
| 9 | Friuli Venezia Giulia | 22,9 | 515,8 | 652,7 |
| 10 | Valle d'Aosta | 99,9 | 579,4 | 374,4 |
| 11 | Sardegna | 21,2 | 704,5 | 806,0 |
| 12 | Basilicata | 69,7 | 416,0 | 430,2 |
| 13 | Lombardia | 33,4 | 326,6 | 779,3 |
| 14 | Calabria | 34,6 | 383,1 | 558,8 |
| 15 | Liguria | 4,5 | 571,3 | 466,8 |
| 16 | Molise | 43,7 | 652,1 | 340,4 |
| 17 | Puglia | 20,7 | 1.197,2 | 1.581,4 |
| 18 | Lazio | 12,9 | 295,0 | 335,9 |
| 19 | Campania | 35,6 | 247,9 | 409,6 |
| 20 | Sicilia | 19,7 | 489,6 | 294,2 |
| | ITALIA | 30,8 | 408,7 | 703,5 |

Tab. 1.1 - Classifica dei Capoluoghi di Provincia italiani secondo l'indicatore di valutazione "Energia ed efficienza energetica" 2013. © Fondazione Impresa.

Le regioni centrali (Lazio escluso) ottengono ottimi risultati negli indicatori sui punti vendita *bio* (Marche prima, Umbria seconda e Toscana terza) e alloggi agro-turistici (Marche e Umbria ai primi due posti e Toscana quarta), e buone posizioni anche nell'agricoltura biologica dove primeggiano comunque le regioni meridionali. Regioni, quest'ultime, che mostrano in media frutti positivi anche per produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, scavalcando in qualche caso le regioni del Centro-Nord.

Nel settore energia, le regioni che esprimono le migliori *performance* sono quelle del Centro-Nord (Tabella 1.1). Valle d'Aosta, Trentino Alto Adige e Basilicata sono le regioni che presentano la maggiore percentuale di energia elettrica da fonti rinnovabili (rispettivamente 99,9%, 91,2% e 69,7% sulla produzione totale). In questo indicatore anche l'Umbria raggiunge livelli molto buoni, collocandosi in quarta posizione con il 55,5%. Relativamente alla *Carbon Intensity* che misura il grado di emissioni responsabili del cambiamento climatico, la Campania risulta prima in classifica con il valore più basso, seguita da Trentino Alto Adige, Lazio, Marche, Lombardia, Piemonte e Veneto. La Puglia, si colloca invece all'ultimo posto della classifica a causa della presenza nella regione di impianti energetici ad elevate emissioni climalteranti. Rispetto al risparmio energetico certificato con i *Titoli di Efficienza Energetica* (TEE) ai primi tre posti si ritrovano Puglia, Toscana e Trentino Alto Adige, rispettivamente con 1.581, 1.173 e 1.047 kWh per abitante risparmiati tra i mesi di Giugno 2011 e Maggio 2012. Il Trentino ha più che triplicato questo valore rispetto al rapporto 2012, mentre la Puglia lo ha più che raddoppiato.

| RANK | Indicatore | EDILIZIA | | MOBILITA' | | | |
|------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| | | Detrazioni fiscali 55% per la riqualificazione energetica edifici (n° documentazioni inviate ogni 1.000 abitanti) | Potenza installata solare-fotovoltaica in Conto Energia su edifici (Kw ogni 1.000 abitanti) | Emissioni climalteranti da trasporti (t CO2 pro capite) | Trasporto pubblico (n di autobus ogni 1.000 abitanti) | Utilizzo mezzi di trasporto pubblico (% occupati, studenti e scolari, utenti di mezzi pubblici) | Dotazione di parcheggi di corrispondenza (Stalli di sosta nei parcheggi di corrispondenza dei comuni capoluogo per 1.000 autovetture) |
| 1 | Trentino Alto Adige | 10,1 | 348,3 | 2,9 | 2,3 | 22,6 | 33,8 |
| 2 | Umbria | 3,5 | 283,2 | 2,6 | 2,1 | 15,0 | 20,3 |
| 3 | Marche | 5,4 | 274,2 | 2,5 | 1,8 | 14,5 | 16,3 |
| 4 | Toscana | 4,5 | 107,7 | 2,3 | 1,5 | 16,1 | 21,6 |
| 5 | Emilia Romagna | 8,0 | 215,8 | 3,0 | 1,5 | 11,9 | 30,2 |
| 6 | Veneto | 7,3 | 227,2 | 2,2 | 1,4 | 14,2 | 50,8 |
| 7 | Piemonte | 8,8 | 200,9 | 2,0 | 1,4 | 20,6 | 23,7 |
| 8 | Abruzzo | 3,0 | 207,5 | 2,3 | 2,5 | 19,6 | 32,5 |
| 9 | Friuli Venezia Giulia | 9,3 | 260,6 | 2,0 | 1,4 | 17,1 | 11,9 |
| 10 | Valle d'Aosta | 8,4 | 125,2 | 5,6 | 2,7 | 14,8 | 11,8 |
| 11 | Sardegna | 2,6 | 272,6 | 2,4 | 2,0 | 14,6 | 16,6 |
| 12 | Basilicata | 2,9 | 157,6 | 1,6 | 3,1 | 22,0 | 4,8 |
| 13 | Lombardia | 6,4 | 161,7 | 2,2 | 1,2 | 22,9 | 23,0 |
| 14 | Calabria | 1,1 | 143,2 | 1,6 | 2,5 | 23,0 | 16,1 |
| 15 | Liguria | 7,6 | 45,5 | 1,8 | 1,6 | 24,9 | 21,7 |
| 16 | Molise | 2,6 | 162,4 | 1,9 | 3,2 | 19,5 | 9,7 |
| 17 | Puglia | 2,0 | 132,9 | 1,7 | 1,7 | 19,8 | 8,2 |
| 18 | Lazio | 2,7 | 74,2 | 2,7 | 2,2 | 25,6 | 7,4 |
| 19 | Campania | 1,0 | 69,0 | 1,5 | 1,8 | 24,6 | 8,7 |
| 20 | Sicilia | 1,1 | 106,3 | 1,8 | 1,5 | 12,4 | 6,3 |
| | ITALIA | 4,7 | 157,1 | 2,2 | 1,7 | 19,3 | 17,9 |

Tab. 1.2 - Classifica dei capoluoghi di Provincia italiani secondo gli indicatori di valutazione "Edilizia" e "Mobilità", 2013. © Fondazione Impresa.

La Sicilia, in materia di ricorso a fonti energetiche rinnovabili, ha una percentuale del 19% sul totale della produzione di energia elettrica. Percentuale che, pur non essendo ai vertici, risulta maggiore rispetto alle quantità della Liguria, del Lazio e dell'Emilia Romagna (Tabella 1.1).

Per quanto riguarda la potenza solare-fotovoltaica installata in Conto Energia su edifici, al primo posto si colloca ancora il Trentino Alto Adige con 348,3 kW di potenza installata ogni 1.000 abitanti. Si ritrova poi l'Umbria e le Marche al secondo e terzo posto (283,2 e 274,2 kW/1.000 abitanti), seguite dalla Sardegna (272,6 kW/1.000 abitanti). La Sicilia ha una buona posizione, con un totale di potenza installata per ogni 1.000 abitanti pari a 106,3 kW. Tale valore, tutto sommato, si discosta non di molto dalla media italiana di circa 150 kW/1.000 abitanti, sebbene la Sicilia, con il suo elevato grado di irradiazione solare media, potrebbe sfruttare una potenza solare-fotovoltaica ben più grande rispetto alle altre regioni italiane (Tabella 1.2).

In quest'ottica, il mercato della riqualificazione potrebbe essere molto più dinamico se la promozione della qualità dell'edificio e del risparmio energetico ricevessero significativi impulsi: il mercato della riqualificazione energetica e delle energie rinnovabili potenzialmente può condurre ad un indotto economico non trascurabile ed un aumento del gettito fiscale dello Stato, nonché l'aumento dell'indipendenza energetica dell'Italia dagli altri Paesi.

Dai dati dell'ultimo Rapporto Congiunturale CRESME⁵ si stima un calo di investimenti nel settore edilizio del 12% nel triennio 2007-2010, dato da convertire per una ripresa del settore che può significare una ripresa sociale ed economica. È necessario intervenire con misure atte alla ripresa degli interventi di riqualificazione del patrimonio esistente, misure che devono interessare il piano economico con incentivi e finanziamenti e il piano normativo per "guidare" i futuri interventi nell'ambito di una politica a sostegno della collettività e dei luoghi.

Intervenire sulle prestazioni termiche dell'involucro degli edifici esistenti potrebbe significare il 30% - 50% in meno di energia necessaria per la fruibilità e l'uso dell'edilizia. Si potrebbe in tal modo fare a meno di 3,3 milioni di barili di petrolio al giorno che significano, in termini economici, 300-350 milioni di euro giornalieri.

Oltre alle strategie di carattere globale e nazionale, indispensabili per un esatto coordinamento dei piani energetici auspicabili in Italia, è necessario incentivare le iniziative dal basso e, soprattutto, dai singoli comuni. Da indagini effettuati nel comparto edilizio ed urbano dei principali comuni italiani, emergono dati che testimoniano gravi *deficit* prestazionali e legislativi nello scenario energetico locale. Iniziare dai piccoli esempi correggendo gli errori attuali e programmando obiettivi di medio-lungo periodo può rappresentare un'efficace azione per allinearsi agli esempi europei e, al contempo, rendere competitive e aggiornate le città italiane. Anche all'interno della stessa struttura italiana, occorre agire per eliminare le obsolescenze funzionali e burocratiche del sistema: non esiste un piano di azione omogeneo e su vasta scala, e si registrano,

sempre più spesso, dati discordanti da una regione all'altra, in assenza di un criterio universalmente valido ed applicabile da città in città. Realtà, questa, testimoniata dai sondaggi statistici e dagli studi di settore.

Dal Rapporto Legambiente del 2013, che classifica i Comuni italiani in funzione del loro grado di vivibilità ambientale (inquinamento atmosferico, tasso di motorizzazione, gestione dei rifiuti, trasporto pubblico, ecc.), le prime cinque città in classifica sono Verbania, Belluno, Bolzano, Trento e Pordenone, come riportato in Tabella 1.3.

| Pos. | Città | | Pos. | Città | | Pos. | Città | |
|------|------------|--------|-----------------------|---------------|---------------|------|-----------------|---------|
| 1 | Verbania | 85,61% | 36 | Aosta | 54,42% | 70 | Arezzo | 46,64% |
| 2 | Belluno | 74,49% | 37 | Bergamo | 54,07% | 71 | Grosseto | 45,88% |
| 3 | Bolzano | 70,65% | 38 | Modena | 54,00% | 72 | Prato | 45,51% |
| 4 | Trento | 69,44% | 39 | Avellino | 53,96% | 73 | Trapani | 45,10% |
| 5 | Pordenone | 68,04% | 40 | Bologna | 53,92% | 74 | Bari | 45,04% |
| 6 | L'Aquila | 66,19% | 41 | Terni | 53,90% | 75 | Lecce | 44,82% |
| 7 | Perugia | 65,21% | 42 | Piacenza | 53,73% | 76 | Imperia | 44,21% |
| 8 | Oristano | 65,10% | 43 | Pisa | 53,34% | 77 | Taranto | 43,64% |
| 9 | La Spezia | 63,68% | 44 | Reggio Emilia | 53,02% | 78 | Como | 43,55% |
| 10 | Venezia | 63,54% | 45 | Treviso | 53,01% | 79 | Potenza | 42,31% |
| 11 | Pesaro | 62,72% | 46 | Brindisi | 52,92% | 80 | Brescia | 41,97% |
| 12 | Ancona | 62,43% | 47 | Lodi | 52,58% | 81 | Foggia | 41,60% |
| 13 | Macerata | 62,30% | 48 | Ravenna | 52,44% | 82 | Roma | 40,76% |
| 14 | Parma | 61,30% | 49 | Genova | 52,05% | 83 | Massa | 40,04% |
| 15 | Gorizia | 59,84% | 50 | Salerno | 51,98% | 84 | Viterbo | 39,47% |
| 16 | Forlì | 59,58% | 51 | Matera | 51,84% | 85 | Monza | 39,16% |
| 17 | Mantova | 58,94% | 52 | Vercelli | 51,77% | 86 | Torino | 38,83% |
| 18 | Udine | 58,86% | 53 | Vicenza | 51,74% | 87 | Napoli | 38,07% |
| 19 | Novara | 58,79% | 54 | Padova | 51,49% | 88 | Caltanissetta | 37,58% |
| 20 | Savona | 58,27% | 55 | Verona | 51,27% | 89 | Latina | 37,32% |
| 21 | Chieti | 58,18% | 56 | Ascoli Piceno | 51,25% | 90 | Cosenza* | 35,67%* |
| 22 | Cuneo | 58,08% | 57 | Siena | 50,67% | 91 | Enna | 35,66% |
| 23 | Asti | 57,61% | 58 | Pavia | 50,65% | 92 | Frosinone | 33,83% |
| 24 | Nuoro | 56,99% | 59 | Benevento | 50,63% | 93 | Caserta* | 33,69%* |
| 25 | Sassari | 56,97% | 60 | Firenze | 50,33% | 94 | Siracusa | 30,66% |
| 26 | Biella | 56,19% | 61 | Cagliari | 50,13% | 95 | Catania | 30,62% |
| 27 | Sondrio | 56,16% | 62 | Milano | 50,05% | 96 | Palermo | 27,11% |
| 28 | Rieti | 55,94% | 63 | Ferrara | 49,90% | 97 | Vibo Valentia | 26,05% |
| 29 | Lecco | 55,87% | 64 | Trieste | 49,65% | 98 | Pescara | 25,85% |
| 30 | | | MEDIA ITALIANA | | | 99 | Reggio Calabria | 24,66% |
| | Cremona | 55,51% | | | 49,31% | | | |
| 31 | Rimini | 55,47% | 65 | Lucca | 49,09% | 100 | Catanzaro | 24,19% |
| 32 | Livorno | 55,43% | 66 | Varese | 48,12% | 101 | Messina | 22,21% |
| 33 | Rovigo | 55,33% | 67 | Alessandria | 47,96% | 102 | Crotone | 21,35% |
| 34 | Teramo | 55,20% | 68 | Pistoia | 47,07% | 103 | Isernia | 14,19% |
| 35 | Campobasso | 54,47% | 69 | Ragusa | 46,98% | 104 | Agrigento* | 12,76%* |

Tab. 1.3 - Classifica dei Capoluoghi italiani più "efficienti" dal primo, Verbania, fino all'ultimo, Agrigento, rispettivamente con percentuali di efficienza pari a 85,61% e 12,76%. ©Legambiente Ecosistema Urbano 2013.

In realtà sono state riscontrate anche nelle suddette città alcune gravi carenze in materia di rispetto ambientale e di uso razionale delle risorse: Trento ha valori eccessivi di biossido di azoto, Verbania e Belluno perdono un terzo dell'acqua immessa in rete, Pordenone depura poco più della metà dei suoi scarichi fognari. Non è difficile, allora, immaginare qual è la situazione in fondo alla classifica, dove si collocano Agrigento, Isernia, Crotone, Messina e Catanzaro, e, alla 96° posizione su 104, la città di Palermo.

Nel 2013 sono stati diciotto gli indicatori selezionati per confrontare tra loro i 104 Capoluoghi di Provincia italiani:

- tre indici sulla qualità dell'aria (concentrazioni di polveri sottili, biossido di azoto e ozono),
- tre sulla gestione delle acque (consumi, dispersione della rete e depurazione);
- due sui rifiuti (produzione e raccolta differenziata);
- due sul trasporto pubblico (offerta ma anche uso che ne fa la popolazione);
- cinque sulla mobilità (tasso di motorizzazione auto e moto, *modale share*, indice di ciclabilità e isole pedonali);
- uno sull'incidentalità stradale;
- due sull'energia (consumi e diffusione rinnovabili).

Nel complesso, l'inquinamento atmosferico resta ancora a livelli di emergenza. In particolare, aumentano le situazioni critiche nei comuni più grandi. Per il biossido di azoto (NO₂), Trieste, Milano, Torino e Roma fanno registrare valori oltre i 50 g/mc. Le politiche urbane sulla mobilità, uno tra i principali fattori di pressione sulla qualità dell'aria, non sembrano ancora portare i risultati sperati.

L'Italia, per questa ragione, rimane tra i Paesi con un maggiore indice di "impronta ecologica", o "*ecological footprint*" (Figura 1.6).

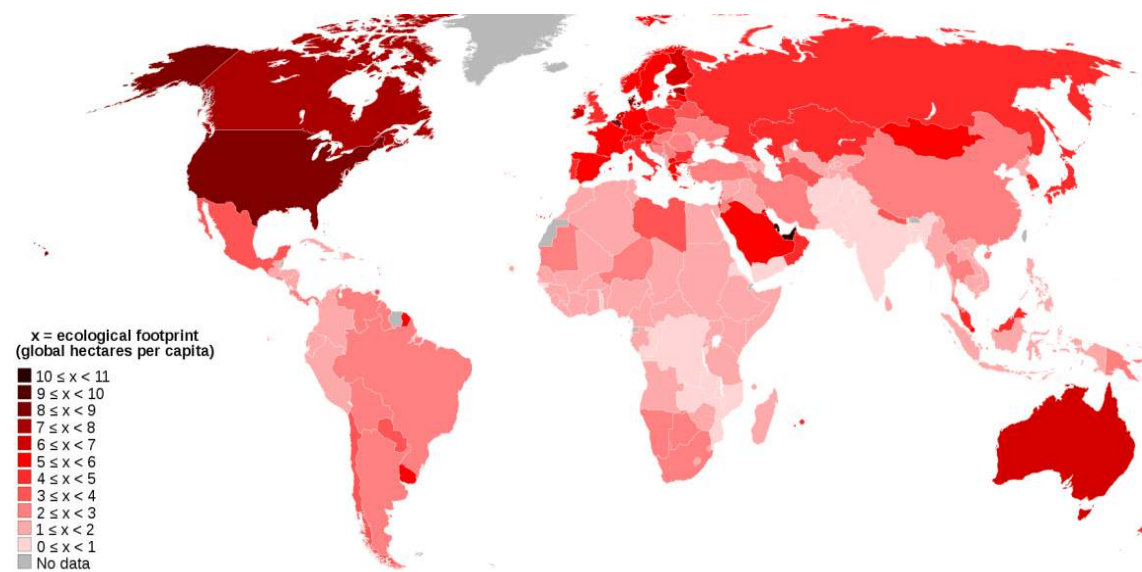


Fig. 1.6 - Impronta ecologica degli stati del mondo nel 2007. Il colore più scuro corrisponde alla più alta concentrazione di gas *climalteranti* (9-10). © Global Footprint Network.

I dati sugli spostamenti in auto e moto, supportati da un tasso di motorizzazione ancora in leggero aumento, mostrano come la diffusione sistematica della mobilità nuova (ad esempio mobilità sostenibile e *car sharing* integrati con trasporto pubblico efficiente) sia ancora una realtà lontana e diffusa in contesti isolati. Solo a Bolzano le politiche di mobilità sono riuscite a limitare gli spostamenti motorizzati privati al di sotto di un terzo degli spostamenti complessivi, diversamente da altre 26 città in cui gli spostamenti in auto e moto superano i due terzi del totale. Sul fronte del trasporto pubblico, le città che restituiscono i dati più pessimistici sono Bari, Napoli, Catania, Palermo, Taranto e Messina, che non raggiungono la soglia dei 100 passeggeri per abitante.

Continua a risentire della congiuntura economica negativa la produzione di rifiuti. Nel 2013 la produzione pro capite è scesa ad una media di 541 kg/abitante (il 3,4% in meno rispetto all'anno precedente), mentre la raccolta differenziata arriva al 40,8% (aumento del 3,9% rispetto al 2012). Al di là del valore medio in crescita, lo sviluppo della raccolta differenziata mostra ancora gruppi fortemente polarizzati. A fronte di un terzo dei comuni che non raggiunge nemmeno quell'obiettivo del 35% previsto per il 2006, ve ne sono altrettanti che superano abbondantemente il 50%. Otto di questi hanno praticamente raggiunto o superato l'obiettivo di legge del 65%, ponendo le basi di un'economia circolare basata sul riciclo e sul riutilizzo delle risorse, uno dei pilastri fondamentali dell'agenda Europea per il 2020.

Il dato sulla dispersione dell'acqua conferma un panorama molto variegato: si passa dall'8% di Foggia al 77% di Cosenza. Ancora oggi in 52 città più del 30% dell'acqua immessa nella rete viene dispersa; in 19 città le perdite sono addirittura superiori al 50%.

In coda alla graduatoria ci sono Crotone (posizione n. 102), Isernia (posizione n. 103) e, per ultima, Agrigento (posizione n. 104).

A Crotone sono appena 3 i viaggi l'anno effettuati dagli abitanti sugli autobus, 0,02 i metri quadrati di superficie pedonale a disposizione di ogni residente, il 16,6% i rifiuti raccolti in modo differenziato. Isernia dichiara l'8% di rifiuti raccolti in maniera differenziata, 71 auto ogni 100 abitanti, zero metri equivalenti di strada destinata ai ciclisti, zero potenza installata da solare termico e fotovoltaico su edifici comunali. Agrigento, assieme a Cosenza e Caserta, ha inviato informazioni inferiori al 50% del totale dei punti assegnabili (Legambiente 2013).

1.2 Gli sviluppi europei e il modello delle *Smart Cities*

I dati delle città italiane, se paragonati a quelli europei e mondiali, risultano ancora più allarmanti: nel resto d'Europa si pensa al futuro per comprendere le mosse da intraprendere oggi.

La città olandese di Groningen ha deciso che nel 2025 avrà azzerato le emissioni di gas serra coprendo il fabbisogno energetico con le fonti rinnovabili e piantumando nuovi alberi. New York punta ad arrivare al 2050 con una quota di gas climalteranti inferiore dell'80% rispetto ai livelli del 2005. Amburgo ha avviato un progetto per diventare *car free*

in 20 anni ed Helsinki vuole raggiungere lo stesso risultato in 15 anni. Londra, in meno di dieci, aspira a completare una rete di percorsi pedonali tale da consentire di percorrere a piedi qualsiasi parte della città, senza soluzione di continuità, ovvero senza dover cedere il passo alle auto.

È difficile prevedere se queste città raggiungeranno i *target* fissati, però è evidente che stanno lavorando per riuscirci.

È facile, invece, prevedere che in assenza di obiettivi chiari e ambiziosi le città italiane non possono raggiungere alcun risultato, *"schiacciate come sono da logiche parziali e settoriali, spesso contraddittorie, figlie di un'errata programmazione delle priorità. Si procede per interventi puntuali, ma raramente qualcuno prova a unire tra loro i puntini proponendo un filo conduttore che offra l'immagine di quello che sarà la città domani. Quello che serve è una sintesi che superi questa frammentazione e mostri una capacità politica di pensare e di immaginare un modo nuovo di usare il territorio e consumare l'energia, un altro tipo di mobilità a basso tasso di motorizzazione e con alti livelli di efficienza e soddisfazione, spazi pubblici più sicuri, più silenziosi, più salutarì, più efficienti e meno alienanti, dove si creino le condizioni per favorire le relazioni sociali, il senso del vicinato, del quartiere, della comunità. Per imboccare questa strada serve un impegno del Paese, un piano nazionale che assegni alle città un posto di primo piano nell'agenda politica, una capacità reale di semplificare e delegiferare, migliorando i controlli"*. Così il Presidente nazionale Legambiente, Vittorio Cogliati Dezza ha introdotto il 21° Rapporto di "Ecosistema Urbano"⁶ invitando a riflettere sulla necessità di un sistema interno più attivo ed adeguato agli obiettivi e alle politiche europee e mondiali.



Fig. 1.7 – Modello di *Smart City* per la città di Madrid, Spagna. © IBM Smarter Cities Project.

Il rispetto per l'ambiente e per il contenimento dei consumi andrebbe inserito in appositi programmi nazionali, e laddove necessario, adattato a livello regionale, per poter essere applicato in modo diffuso ed efficiente.

L'Italia, come altri Stati europei, ha dimostrato un grande ritardo nel recepimento delle Direttive europee, con scostamenti non poco evidenti rispetto ai termini e agli obiettivi disposti dalle normative comunitarie. Si tratta spesso di difficoltà burocratiche ed amministrative che, a livello locale, determinano gravi conseguenze sia in termini di qualità della vita, che in termini di economia nazionale e progresso tecnologico.

D'altra parte, l'Italia si trova a confrontarsi con un sistema molto aggiornato e in continuo progresso: il panorama politico per l'efficienza energetica in Europa è tra i più rigorosi al mondo, vero e proprio laboratorio di tecnologie e strategie esportabili ovunque.

Un modello che si sta sviluppando a livello globale, con particolare riferimento all'ambito urbano e alla riqualificazione degli edifici esistenti, è quello delle *Smart Cities*.

La *Smart City*, o "città intelligente" prevede un insieme di strategie di pianificazione urbanistica tese all'innovazione dei servizi pubblici così da mettere in relazione le infrastrutture materiali delle città «con il capitale umano, intellettuale e sociale di chi le abita» (Treccani 2014) grazie all'impiego diffuso delle nuove tecnologie della comunicazione, della mobilità, dell'ambiente e dell'efficienza energetica, al fine di migliorare la qualità della vita e soddisfare le esigenze di cittadini, imprese e istituzioni.

Si parla dunque di città "del futuro", efficienti dal punto di vista dei servizi offerti e delle tecnologie usate, ma allo stesso tempo capaci di coesistere con l'ambiente che le circonda e rispettarlo, attingendo soprattutto alle risorse rinnovabili e richiedendo bassissimi consumi energetici.

Per raggiungere tale obiettivo sarà necessario trasformare l'attuale concetto di città, risolvendo le principali cause di inefficienza. Un importante contributo in quest'ottica sarà offerto dalla presenza di edifici a consumo energetico quasi zero, sia nuovi che sottoposti a riqualificazione. Si tratta di un modo diverso di pensare il tessuto urbano, improntato anche ad un razionale uso delle risorse e al coinvolgimento di tutti i cittadini, grazie ad un nuovo rapporto che essi dovranno instaurare con il proprio territorio.

Un esempio europeo di *Smart City* è quello pensato per la città di Madrid. Città tra le più popolate d'Europa, produce un milione di tonnellate di rifiuti domestici e circa 15 milioni di metri cubi di acqua ogni anno per abitante. La città conta circa 3 milioni di cittadini e 1,7 milioni di veicoli, a sottolineare l'elevato livello di traffico che la contraddistingue. Grazie al progetto implementato da IBM *Smarter Cities* e NSA, sarà possibile aumentare l'efficienza energetica di tutti i suoi sistemi e servizi urbani mediante la realizzazione di una *Smart City* progettata ad *hoc*.

Il progetto (Figura 1.7), dovrebbe migliorare la qualità e l'efficienza dei servizi della città e fornire ai cittadini nuovi strumenti per interagire e comunicare con gli uffici comunali. L'accordo, stimato in 14.700.000 euro, si avvale di *Big Data* e analisi al fine di trasformare il modello di gestione attualmente in uso, in un nuovo sistema gestito e adattato allo

specifico livello di servizio, con l'obiettivo di migliorare la gestione dei servizi pubblici, la manutenzione stradale, l'illuminazione, i sistemi di irrigazione e gli spazi verdi, ma anche la gestione dei rifiuti.

Anche la città di Amsterdam si presta ad essere rivoluzionata secondo il modello di *Smart City*, attraverso il progetto *Amsterdam Smart City* (AMS) che aspira a trasformare Amsterdam nella prima città europea ad emissioni zero.

Il programma *Amsterdam Smart City* è un buon esempio di iniziativa organizzata e finanziata da un mix di iniziative. I finanziamenti provengono da *partner* sia pubblici che privati, e la Pubblica Amministrazione collabora nella *governance* e nell'esercizio e nella gestione. Assieme ad Alliander, e KPN, la città si è impegnata in prima linea per supportare il programma *Amsterdam Smart City Program*, non solo in termini economici, ma anche come collaborazione ed orientamento ai risultati.

Ogni quattro anni il comune di Amsterdam elabora un nuovo programma di politica ambientale per stare al passo con i tempi. Nell'ultimo documento sono stati definiti gli obiettivi per rendere Amsterdam una città sostenibile e "pulita".

Per monitorare costantemente il livello di inquinamento presente nell'atmosfera, sono stati impiegati 30 "ufficiali di polizia ambientale", e per mantenerlo entro certi limiti e incentivare la mobilità "sostenibile", sono state predisposte 10.000 biciclette e 100 barche per i cittadini.

La città diventa uno spazio nuovo, oggetto di scelte sostenibili e in pieno rispetto dell'ambiente e del cittadino, attraverso strategie mirate e spesso guidate dal Governo mediante piani strategici e precisi obiettivi energetici.

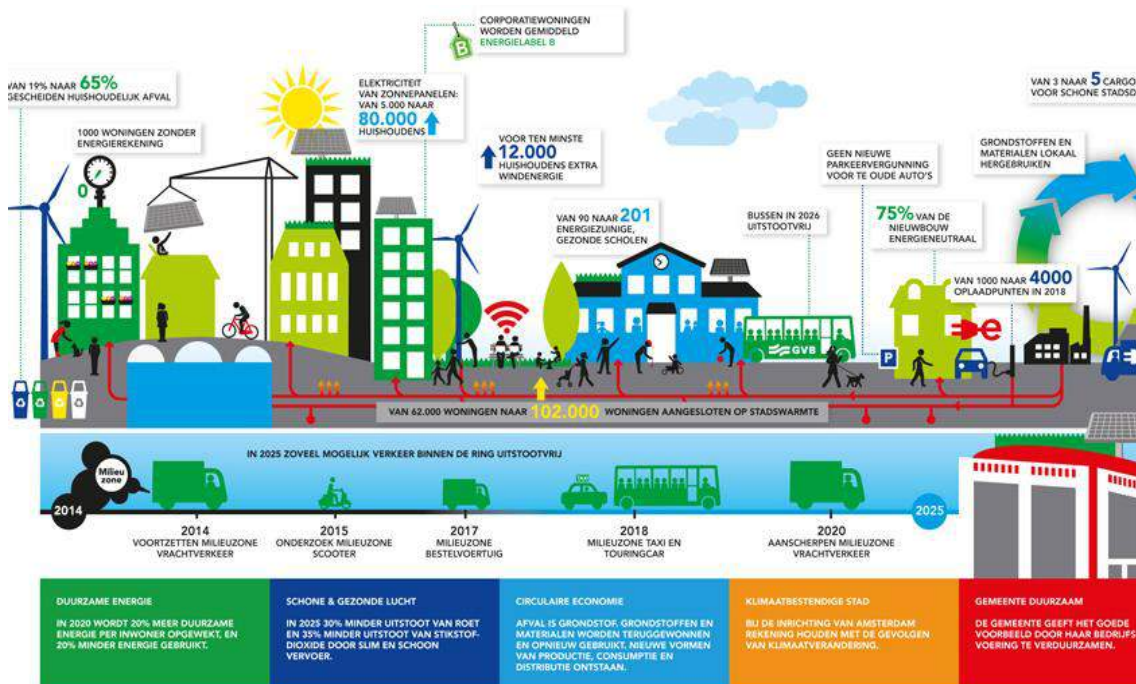


Fig. 1.8 – Agenda elaborata dall'Amsterdam City Council per delineare nuovi piani per la sostenibilità della città di Amsterdam © Amsterdamsmartcity.

Il progetto prevede l'implementazione di diversi servizi ad elevata efficienza, divisi nelle seguenti categorie: *Smart Mobility*, *Smart Living*, *Smart Society*, *Smart Areas*, *Smart Economy*, *Big & Open Data*, *Infrastructure* e *Living Labs*. Particolare importanza è stata conferita alla mobilità sostenibile, mediante la creazione di nodi di interscambio modale, *bike sharing*, parcheggi e piste ciclabili, alla gestione dei rifiuti con apposite "Guide al riciclaggio", all'uso di fonti nuove e rinnovabili di energia, come ad esempio la realizzazione di un impianto di teleriscaldamento urbano, alla riduzione dei consumi energetici degli edifici, sia pubblici che privati, ed infine, all'utilizzo integrato delle tecnologie *smart grid* e di veicoli elettrici, su strada e lungo i canali.

In ambito italiano, e nello specifico della città di Palermo, nel mese di Novembre 2014 è stato inaugurato il progetto *SmART City Italia*, con l'obiettivo di raccogliere i progetti e le idee più rilevanti sul concetto di *Smart City*, applicabile anche ad altre città italiane.



Figg. 1.9 e 1.10 – Foto aeree del centro storico della città di Palermo con il simbolo del progetto *SmART City Italia* © Comune di Palermo.

Il progetto è focalizzato sulla riscoperta dei valori artistici e delle eccellenze proprie della città, la musica, le arti figurative, il teatro e diversi laboratori, individuando centinaia di esempi con l'obiettivo di metterli in rete, attraverso sistemi intelligenti per la gestione e lo sviluppo del sistema urbano. Il progetto è stato sostenuto da istituzioni, università, mondo della cultura, incubatori di *start up*, rappresentanti di imprese: organismi in grado di portare valore e stimolare i cittadini con un progetto condiviso e fortemente integrato, a beneficio della collettività. In particolare, le iniziative di *SmART City Italia* si protrarranno in Sicilia nel 2015 per dare continuità informativa e sviluppo di reti di conoscenza, in dialogo con altre città sul territorio nazionale, con l'auspicio di una trasformazione progressiva della città in un sistema integrato ed efficiente di trasporti, servizi, tecnologia.

1.3 Il retrofit energetico come soluzione di sviluppo economico e tecnologico

In questo scenario, gli edifici rappresentano un punto chiave negli sforzi per migliorare l'efficienza energetica globale, e il retrofit di quelli esistenti il presupposto principale per il conseguimento degli obiettivi cardine della politica europea (Goldstein 2012).

Oggi le aziende e gli enti di ricerca, a diverso titolo, dedicano molto alla sperimentazione di tecnologie innovative e sempre più performanti in materia di sostenibilità ed efficienza energetica, contribuendo al progresso globale e alla diffusione nel mercato di prodotti sempre più competitivi.

Fra le tecnologie che di recente hanno registrato un notevole sviluppo con diffusione immediata nel mercato, un esempio è rappresentato dal sistema di illuminazione a LED. Grazie ad una caduta dei prezzi e ad un miglioramento in termini prestazionali, la tecnologia a LED sta a poco a poco sostituendo tutti i sistemi tradizionali d'illuminazione interna, sia in ambiente domestico che lavorativo, con un'alternativa più efficiente sotto tutti gli aspetti: resa luminosa, efficienza energetica, risparmio economico e durata di vita utile.

Anche i sistemi di *building automation* stanno riportando un notevole successo, grazie ad un aumento della disponibilità dei dati e una capacità di analisi sempre più rigorosa ed affidabile.

Tutto ciò, insieme agli sforzi a livello legislativo, si traduce in un mercato di prodotti e servizi che è sempre più promettente e che, secondo una stima statistica, passerà da un valore di 56 miliardi di dollari nel 2014 a 109 miliardi di dollari nel 2023 (Navigant Research 2014).

Tra gli interventi possibili per l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici, gioca un ruolo fondamentale la messa a punto di sistemi che permettono all'edificio di sfruttare in modo favorevole e "passivo" le caratteristiche climatiche e geografiche del sito, in modo tale da assicurare le temperature convenzionalmente stabilite come condizioni di comfort, e mantenerle il più possibile durante il corso del giorno. Ciò rende possibile ridurre l'esigenza dei sistemi di condizionamento attivo, che richiedono generalmente elevati impieghi di energia, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento.

In generale, le cattive prestazioni energetiche degli edifici sono prevalentemente condizionate da dispersioni dovute alla errata progettazione degli ambienti in relazione alla loro destinazione d'uso, alla ventilazione non controllata, all'orientamento non ottimale, a soluzioni per l'involucro che presentano valori non appropriati del coefficiente di trasmittanza termica U e del tempo di sfasamento. Altri fattori che influiscono negativamente sugli aspetti energetici sono individuabili nella errata scelta, dimensionamento e posizione dei materiali isolanti, nonché nelle dispersioni per effetto di ponti termici e decadimenti prestazionali delle chiusure vetrate.

Isolare, ad esempio, l'involucro edilizio garantendo adeguati livelli di trasmittanza termica, permette di raggiungere un grado di comfort termo-igrometrico e di mantenerlo invariato nonostante le escursioni termiche sia estive che invernali, anche senza l'uso di impianti di condizionamento e dei cosiddetti "*sistemi attivi*". Ad ogni modo, anche gli impianti presenti per sopperire il controllo climatico non adeguatamente soddisfatto dai sistemi "*passivi*" devono rispondere a determinati requisiti di efficienza energetica, e dipendere, preferibilmente, da fonti di energia rinnovabili. In un intervento "leggero" di retrofit, l'efficienza energetica degli impianti occupa un ruolo rilevante, poiché riduce i consumi relativi al riscaldamento invernale ed al raffrescamento estivo senza alterare morfologicamente o volumetricamente l'edificio. Nonostante ciò, talvolta risulta più conveniente agire con interventi estesi alla costruzione, per assicurare una risposta ottimale dell'edificio alle condizioni climatiche esterne e ridurre la domanda energetica. Agire sulla riduzione delle dispersioni rappresenta la condizione preliminare per interventi volti al raggiungimento di livelli prestazionali più elevati, poiché l'apporto derivante dall'ottimizzazione impiantistica, dall'uso di sistemi solari attivi e passivi oltre che dal ricorso alla ventilazione naturale, è limitato dalla presenza di un involucro disperdente. Nei casi in cui è possibile, l'intero edificio può essere soggetto a interventi di riqualificazione più "profondi" (anche conosciuti come interventi di "*deep energy retrofit*"), con parziali demolizioni o integrazioni volumetriche (Gaspari 2012: 109).

Alcuni interventi che rientrano in soluzioni tecniche per il retrofit energetico possono riguardare la sostituzione degli infissi, l'isolamento dall'interno (controsoffittatura, placcaggio di pareti, ecc.), nuovi elementi tecnici da inserire nell'involucro per il controllo del fattore solare, ecc.

L'inserimento di volumi all'esterno dell'involucro, come logge, verande o volumi tecnici, consente di dotare le unità immobiliari di spazi aperti o protetti, di modificare l'immagine architettonica delle facciate, di integrare nell'involucro dell'edificio dispositivi atti a captare l'energia solare, come le serre bioclimatiche, utili in particolare nei climi freddi. La riorganizzazione degli spazi interni permette di migliorare l'orientamento in funzione della destinazione d'uso, contribuendo ad ottimizzare gli apporti di aria e luce naturale, modificando così il comportamento energetico globale.

Ognuno dei suddetti interventi può determinare diversi risultati di miglioramento energetico ed essere più o meno efficiente a seconda della tipologia costruttiva, dei

materiali originari e della destinazione d'uso dell'edificio soggetto al retrofit. Non è possibile, infatti, stabilire a priori una metodologia per l'applicazione degli interventi di retrofit, da applicare universalmente nel caso di riqualificazione energetica di un edificio, o di parte di esso. Occorre invece, caso per caso, valutare i parametri che entrano in gioco nella richiesta energetica finale e ipotizzare una o più soluzioni mirate di miglioramento delle prestazioni. Ciascuna soluzione sarà più o meno efficiente a seconda delle parti costruttive interessate e delle obsolescenze eliminate.

Tuttavia, una corretta valutazione dell'efficacia di un'azione di retrofit non può essere misurata, esclusivamente, in rapporto all'efficienza energetica ottenuta. Si può affermare che, nella riqualificazione edilizia, un basso consumo di energia può rappresentare un'opportunità non solo dal punto di vista energetico ed ambientale, ma anche dal punto di vista economico: anche investimenti contenuti possono dimezzare i consumi energetici, determinando un misurabile ritorno economico. È, pertanto, opportuno accompagnare ciascuna soluzione di retrofit con un'adeguata analisi costi-benefici.

Attraverso la valutazione della spesa economica da sostenere per implementare ciascuna soluzione e dei relativi risparmi annuali è possibile scegliere, di volta in volta, le soluzioni più appropriate alle proprie esigenze.

Prendere in considerazione tutti gli aspetti che influiscono sull'analisi costi-benefici vuol dire anche valutare eventuali svantaggi associati a ciascun intervento, in modo da bilanciare tutte le possibili conseguenze e stabilire la scelta più conveniente e redditizia nel corso degli anni. Per questa ragione è spesso necessario coinvolgere un altro parametro, legato all'aumento o alla perdita di valore immobiliare che un intervento di riqualificazione energetica può determinare.

Ad esempio, nel caso di un intervento che incide sulla superficie di un appartamento, occorre tenere conto dell'area interessata, che quindi sarà sottratta dal conteggio totale della superficie calpestabile dell'edificio, con conseguente perdita di valore immobiliare dello stesso.

| ABITAZIONI IN ITALIA | NUMERO DI UNITÀ | PERCENTUALE SUL TOTALE |
|-----------------------|-----------------|------------------------|
| Precedenti al 1970 | 11.600.000 | 36,6% |
| Tra il 1970 e il 1977 | 6.900.000 | 21,8% |
| Tra il 1978 e il 2000 | 8.700.000 | 27,4% |
| Successive al 2000 | 4.500.000 | 14,2% |

Tab. 1.4 - Età delle abitazioni in Italia secondo un censimento effettuato nel 2012 da "immobiliare.it", con riferimento alla perdita di valore immobiliare percentuale.

D'altro canto, invece, un vantaggio direttamente legato alla ristrutturazione energetica, risiede nell'aumento di valore immobiliare dovuto alla maggiore prestazione energetica dell'edificio: gli immobili non ristrutturati, che superano la soglia di età, hanno un prezzo mediamente inferiore del 25% rispetto a quello delle abitazioni realizzate dopo il 2000.

Secondo un recente studio⁷, le città capoluogo di regione in cui si registra la maggiore differenza di prezzo tra immobili non ristrutturati ed obsoleti ed immobili nuovi ed efficienti sono Trieste e Torino, dove tale scostamento arriva ad interessare anche percentuali del 30% (Tabella 1.4).

Anche il rendimento degli impianti svolge un ruolo determinante nella valutazione finale dell'edificio, da interpretare come un sistema attivo in cui si attuano *input* e *output* di risorse, e che deve pertanto integrarsi in maniera adeguata all'edificio, assicurando agli utenti soddisfacenti condizioni di benessere e di funzionalità.

Il retrofit non può prescindere da una diagnosi energetica (*audit* energetico) capace di evidenziare i principali sprechi e le cause dello stato di fatto, ed individuare gli interventi principali che, interessando sia il sistema tecnologico che la gestione energetica dell'edificio, possono prevedere:

- Il miglioramento delle prestazioni dell'involucro edilizio (incremento dell'isolamento termico, sostituzione dei serramenti, installazione di idonei sistemi di schermatura solare, ecc.);
- La corretta gestione della ventilazione naturale e del raffrescamento passivo, al fine di limitare l'uso degli impianti di condizionamento estivo, responsabili dell'incremento dei consumi elettrici;
- La sostituzione degli impianti obsoleti di climatizzazione invernale e di illuminazione, con altri impianti più efficienti dal punto di vista energetico, e con minore impatto ambientale;
- L'utilizzo dell'energia gratuita del sole per la produzione di energia elettrica (pannelli fotovoltaici) e termica (collettori solari);
- La revisione della contrattualistica inerente ai servizi energetici (ad esempio relativamente agli incentivi finanziari);
- L'introduzione di sistemi di contabilizzazione individuale dell'energia per la sensibilizzazione alla riduzione dei consumi.

Note

1) Per *green building* (letteralmente "costruzione verde", riconducibile in italiano a "bioedilizia", "bioarchitettura" o "architettura sostenibile") si indica, a livello internazionale, un edificio progettato, costruito e gestito in maniera sostenibile ed efficiente, nonché certificato come tale da un ente terzo indipendente.

2) Dati emersi dal convegno *Progettare e installare l'integrazione per l'efficienza*, del 20 Novembre 2014 presso il Politecnico di Milano Bovisa, e dal *Roadshow 2014-2015 di Mostra Convegno Expocomfort*, con l'obiettivo di offrire aggiornamenti tecnici e normativi, approfondendo le tecnologie impiantistiche che possono essere messe in campo per riuscire a ottimizzare le prestazioni energetiche degli edifici.

- 3) Indagine condotta dal portale internet www.immobiliare.it.
- 4) Fondazione Impresa è stata istituita per presidiare scientificamente aree di ricerca sulla piccola impresa italiana, spesso sottovalutate a favore degli studi sulla grande e media impresa. Oltre allo studio della piccola impresa e delle categorie economiche, Fondazione Impresa indaga su questioni trasversali quali: *Green Economy* (nelle sue varie declinazioni: energie rinnovabili, bioedilizia, agricoltura biologica, turismo sostenibile) e Nuove Professioni. Allo scopo di comprendere lo stato della *green economy* in Italia e di contribuire allo sviluppo di azioni di accompagnamento alla transizione verso un'economia sostenibile, Fondazione Impresa elabora uno specifico *Indice di Green Economy* (IGE) quale insieme di conoscenze comuni fruibili dagli attori economici e istituzionali di *green economy*.
- 5) "*Il mercato delle costruzioni 2015 Lo scenario di medio periodo 2014-2018*" - XXII rapporto congiunturale CRESME (Centro Ricerche Economiche Sociali di Mercato per l'Edilizia e il Territorio).
- 6) *Ecosistema Urbano* è il rapporto di Legambiente sulla vivibilità ambientale dei capoluoghi di provincia italiani, realizzato in collaborazione con Ambiente Italia e Il Sole 24 Ore e presentato il 27 Ottobre 2014 a Torino.
- 7) Secondo i calcoli dell'Ufficio Studi del portale web www.immobiliare.it.

Riferimenti bibliografici

- BARUTTI F., *La certificazione energetica dell'involucro edilizio: normativa e materiali per il risparmio energetico*. Sistemi Editoriali, Napoli 2010.
- CAROTTI A., *Riqualificazione energetica degli edifici. Linee guida per la progettazione integrata*. Utet Scienze Tecniche, Milano 2011.
- COE A, PAQUET, G., ROY, J., *E-governance and smart communities: a social learning challenge* in *Social Science Computer Review*, vol. 19, n. 1, 2001, pp. 80 - 93.
- DALL'Ò G., *Green building economy. Primo rapporto su edilizia, efficienza e rinnovabili in Italia*. Edizioni Ambiente, Milano 2011.
- GASPAROLI P., TALAMO C., *Manutenzione e recupero. Criteri, metodi e strategie per l'intervento sul costruito*. Alinea, Firenze 2006.
- MALIGHETTI L., *Recupero edilizio e sostenibilità*. Il Sole24ore, Milano 2004.
- RADOGNA D., *Trasformazioni dell'ambiente costruito. Riflessioni ed esperienze per un recupero sostenibile dell'esistente*. Edicom Edizioni, Roma 2013, pp. 15-32.
- RIZZI M. (a cura di), *Consigli di risparmio energetico per gli edifici esistenti*. Udine 2006.
- SASSI P., *Strategie per l'architettura sostenibile: i fondamenti di un nuovo approccio al progetto*. Edizioni Ambiente, Milano 2008.

Sitografia

- <http://www.fondazioneimpresa.it/>
<http://www.footprintnetwork.org/>
<http://www.gse.it/>
<http://www.legambiente.it/>

CAPITOLO 2

Quadro normativo e strategie energetiche

Legal framework and energy strategies

ABSTRACT - The first European Directive in the energy efficiency field was issued by the European Commission in the 2002 (Directive 2002/91/CE), known as the "EPBD" (Energy Performance of Building Directive). It aimed to achieve, in the Member States, high energy efficiency levels, through a shared methodology to the energy performance calculation of their buildings, introducing, for the first time, global goals of energy saving within the 2010. This chapter gives a brief overview of the regulations and the changes that affected the energy performance calculation procedures in the Member States. This overview begin from the end of 1990, until 2014, through several kind of European laws and directives.

One of the most important and current European actions, is the "Roadmap 2050", toward a more efficiently and low carbon energy system, within the 2050. The Roadmap 2050 project is an initiative of the European Climate Foundation (ECF) and has been developed by a consortium of experts funded by the ECF. The European Commission adopted this Communication, with the effort to reduce greenhouse gas emissions to 80-95% below 1990 levels by 2050. At the same time, the Member States are developing their own regulations, in order to improve the energy efficiency of their buildings, transports, and economic markets. In Italy, also if with a lateness, the issue of energy and energy saving is now dealing with more effort than before. Today, funding and financial incentives, provided by the Government, allow to privates and public actors the implementation of major energy retrofit actions in their buildings, to reduce energy consumptions and bills, according to the current legal requirements.

2.1 La normativa Europea sui consumi energetici in edilizia

Negli ultimi anni il paradigma della sostenibilità e dei consumi energetici ha influenzato in modo rilevante gli aspetti economici, sociali, ambientali e tecnologici del Pianeta. A livello comunitario, il panorama normativo europeo dell'ultimo ventennio ha dedicato molta attenzione alla definizione di strategie adeguate alla rivoluzione energetica in corso.

Strategie che hanno ridefinito l'assetto energetico dei Paesi Membri, oggi più che mai impegnati nell'adozione di piani governativi e provvedimenti atti a favorire l'implementazione delle Direttive europee all'interno dei propri regolamenti nazionali.

Le possibilità di riduzione dei consumi energetici attuali sono notevoli, in particolare nei settori ad elevato consumo di energia, definiti "*energivori*" nella letteratura in materia, rappresentati dal patrimonio edilizio, dalle industrie manifatturiere e dai trasporti.

Ripercorrendo un breve *excursus* storico è possibile identificare le principali iniziative europee e i relativi allineamenti nazionali, implementati per il comune obiettivo di conferire all'Europa un sistema a basso impatto ambientale, in riferimento a tutti i suoi settori strategici, fra cui quello edilizio, responsabile di oltre il 40% dei consumi energetici totali.

Le tematiche energetiche, oggi assai discusse e regolamentate, non facevano parte integrante del Trattato con cui nel 1957, a Roma, si istituiva la Comunità Europea. Le scelte energetiche sono state da sempre demandate ai Paesi membri, che disciplinavano, ognuno in modo indipendente dall'altro, le proprie leggi interne. Le specifiche esigenze correlate al fabbisogno energetico della Comunità si ritenevano adeguatamente soddisfatte dal Trattato istitutivo della Comunità del Carbone e dell'Acciaio (CECA) del 1951 e dal Trattato istitutivo della Comunità Europea dell'Energia Atomica (Euratom) del 1957.

Nonostante questo limite, tuttavia, non vi è dubbio che il settore dell'energia rientra tra quelli su cui il diritto europeo ha fatto maggiormente sentire la sua influenza. Non diversamente da quanto è accaduto nel campo delle telecomunicazioni, infatti, sono state le Direttive Comunitarie, a partire dalla metà degli anni '90, a scandire le tappe di un processo di liberalizzazione che ha favorito lo sviluppo di un mercato concorrenziale, opponendosi alla fase di monopolio che, fino ad allora, aveva contraddistinto il settore energetico nella maggior parte degli Stati membri. Da quel momento in poi, l'Unione Europea ha sviluppato una propria azione incisiva, volta a conseguire tre obiettivi principali: la *competitività*, con la creazione di un mercato unico concorrenziale, la *sostenibilità*, attraverso uno sviluppo capace di ridurre le emissioni di gas serra responsabili dei cambiamenti climatici, e la *sicurezza* degli approvvigionamenti, necessaria in un sistema ancora oggi caratterizzato da un'eccessiva dipendenza dalle importazioni di energia.

Tali obiettivi, prefissati nel 2007, sono stati perseguiti attraverso l'emanazione, nel corso del biennio 1996-1998, di due "Pacchetti" di misure riguardanti il mercato interno dell'energia e del gas naturale e la promozione dell'uso di energia da fonti rinnovabili (la Direttiva 96/92/CE sul mercato interno dell'elettricità, che ha previsto una limitata

liberalizzazione della distribuzione di energia ai grandi utenti, e la Direttiva 98/30/CE che ha poi avviato la liberalizzazione nel settore relativo al trasporto, distribuzione, fornitura e stoccaggio di gas naturale).

Nel 2003 è stato emanato un Pacchetto di norme comunitarie in materia di energia¹, che ha imposto agli Stati Membri l'obbligo, entro la fine del 2007, di consentire a tutti gli utenti, inclusi quelli residenziali, piena libertà di scelta del fornitore di energia. Altre misure hanno previsto, tra l'altro, l'imposizione agli operatori dell'obbligo di separare maggiormente le attività inerenti alla gestione della rete di trasporto rispetto alla generazione e alla distribuzione di energia, l'indipendenza dei regolatori nazionali rispetto agli operatori di settore, l'accesso alle reti di trasporto.

Nel 2009, infine, è stato approvato il terzo pacchetto in materia di energia² volto a completare la realizzazione di un mercato concorrenziale dell'energia, e il "*Pacchetto Clima-Energia*", che contiene una serie di misure volte a favorire lo sviluppo di fonti rinnovabili nell'ambito della lotta ai cambiamenti climatici³.

In particolare, il terzo pacchetto ha affidato alle autorità nazionali di regolazione il compito di garantire la corretta ed uniforme applicazione del diritto dell'Unione su tutto il territorio europeo. A tal fine, le nuove Direttive hanno individuato espressamente gli obiettivi generali che le autorità nazionali di regolazione sono chiamate a perseguire e ne hanno esteso le competenze, affidando alle stesse anche il potere di imporre sanzioni effettive alle imprese elettriche che non ottemperano agli obblighi ad esse imposti, sulla base del terzo Pacchetto.

Il Pacchetto Clima-Energia ha in particolare dato attuazione agli impegni assunti dal Consiglio europeo nel 2007, in materia di lotta ai cambiamenti climatici e promozione delle energie rinnovabili, imponendo due anni più tardi, attraverso la Direttiva 2009/28/CE, l'obbligo di portare la quota di energie rinnovabili ad un minimo del 20% del consumo energetico finale entro il 2020 (per i trasporti l'obiettivo è del 10% di fonti rinnovabili entro la stessa scadenza), incidendo dunque profondamente sul diritto degli Stati Membri di stabilire la propria politica energetica.

Da quanto sopra esposto, si evince come la mancanza di un esplicito riferimento all'energia nei Trattati originari della Comunità Europea non abbia, di fatto, impedito alle istituzioni comunitarie di introdurre misure e regolamenti tali da influenzare la sovranità degli Stati Membri in questo settore. D'altro canto, in vista degli ambiziosi obiettivi di lungo termine previsti dall'Unione in questo ambito, s'è resa necessaria una forma di collaborazione, e di erosione delle proprie sovranità nazionali, in materia di politiche energetiche. Nel 2009, con la riforma operata dal Trattato di Lisbona⁴, l'energia è stata inclusa nel catalogo delle materie in cui l'Unione ha competenza concorrente con quella degli Stati membri.

Ai giorni nostri, ridurre il consumo di energia e prevenire gli sprechi, rientra non solo come obiettivo, ma anche come esigenza prioritaria dell'Unione Europea, oggetto di ogni provvedimento e iniziativa comunitaria.

Favorendo il miglioramento dell'efficienza energetica, l'UE fornisce un contributo decisivo alla competitività, alla sicurezza degli approvvigionamenti e al rispetto degli impegni assunti nel quadro internazionale sui cambiamenti climatici, come conseguenza del *Protocollo di Kyoto*⁵.

Quest'ultimo, che fa seguito alla convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, è uno dei più importanti strumenti giuridici internazionali volti a combattere i cambiamenti climatici. Esso contiene gli impegni dei Paesi industrializzati a ridurre le emissioni di alcuni gas ad effetto serra, responsabili del riscaldamento del pianeta. Le emissioni totali dei Paesi sviluppati devono essere ridotte almeno del 5 % nel periodo 2008-2012 rispetto ai livelli del 1990.

Il Protocollo di Kyoto, è universalmente riconosciuto come il primo grande passo avanti effettuato dalle nazioni del mondo per la tutela dell'ambiente e la riduzione delle emissioni dannose. Entro la sua scadenza, fissata per il 2012, le "Conferenze delle Parti", (*Conference of Parties COP*) istituite dalla Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC*) si sono riunite per la definizione degli obiettivi del cosiddetto "post-Kyoto", validi dal 2012 in poi. Tra le più recenti si ricordano la *Conferenza di Copenhagen* (COP n. 15, Dicembre 2009) che si contraddistingue per non aver dato, tuttavia, alcun contributo positivo, lasciando le nazioni senza alcun accordo per il *post*; la *Conferenza di Cancun* (COP n. 16, Dicembre 2010); la *Conferenza di Durban* (COP n. 17, Dicembre 2011); la *Conferenza di Doha* (COP n.18, Dicembre 2012); la *Conferenza di Varsavia* (COP n. 19, Novembre 2013), fino ad arrivare al 2014, con la *Conferenza delle Parti di Lima* (COP 20).

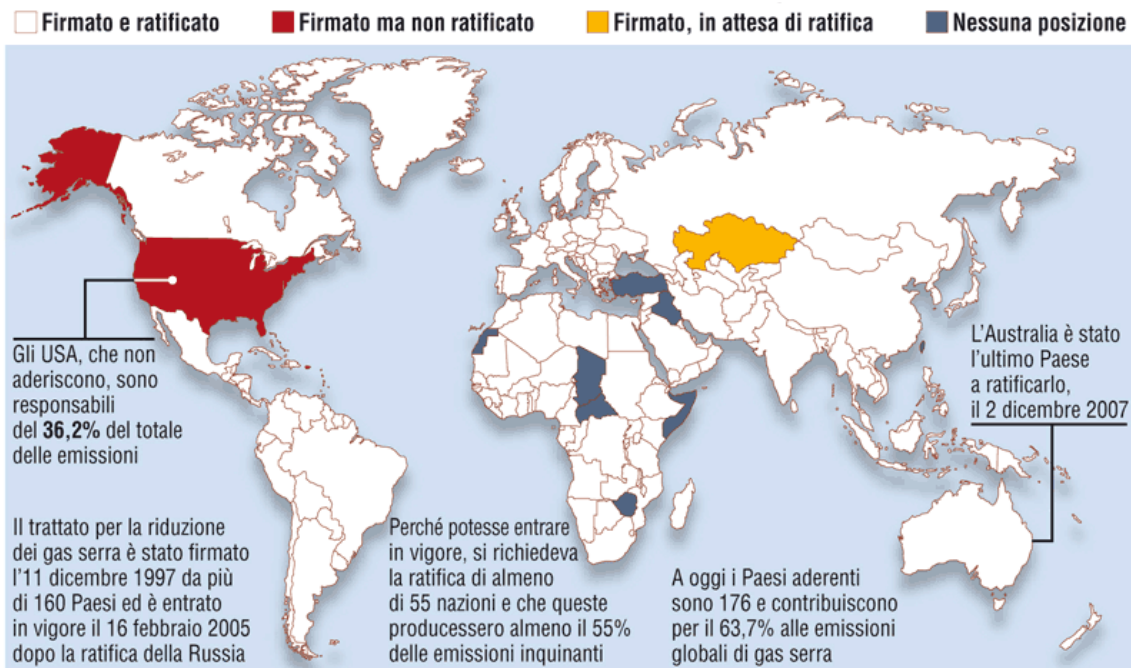


Fig. 2.1 - Livello di adesione globale al Protocollo di Kyoto dal 1997 al 2009. Censimento effettuato in occasione della Conferenza delle Parti di Copenhagen del 2009. © ansa.it.

In particolare, con la diciottesima Conferenza, svolta nella città di Doha nel 2012, è stato adottato un emendamento che ha sancito la continuazione del Protocollo di Kyoto con una nuova fase, iniziata il primo Gennaio 2013 e prevista fino alla fine del 2020.

In Qatar, 37 Paesi (tutti i membri dell'Unione europea, Australia, Bielorussia, Croazia, Islanda, Kazakhstan, Norvegia, Svizzera e Ucraina) hanno adottato impegni legalmente vincolanti di riduzione delle emissioni di gas serra con l'obiettivo collettivo di ridurre - rispetto al 1990 ed entro il 31 Dicembre 2020 - di almeno il 18% le emissioni *climalteranti*, responsabili dei cambiamenti climatici che interessano il pianeta da alcuni anni, alterando l'equilibrio energetico della Terra.

L'aumento della temperatura atmosferica media, ad esempio, è una delle principali preoccupazioni mondiali: modelli climatici prevedono entro il 2100 un aumento della temperatura media globale compreso tra 1,4 e 5,8 gradi Celsius, dati allarmanti che hanno spinto i Paesi ad adottare, di anno in anno, misure sempre più restrittive in modo da contrastare tale tendenza. (Figura 2.2).

In questa occasione, i Paesi industrializzati hanno inoltre confermato il loro impegno a continuare il sostegno finanziario ai Paesi in via di sviluppo, con l'obiettivo di raggiungere nel 2020 la cifra di cento miliardi di dollari all'anno, per attività di mitigazione e adattamento. I Paesi poveri, infatti, nonostante abbiano contribuito in minima parte alla crescente concentrazione di gas a effetto serra nell'atmosfera, sono i più vulnerabili all'impatto dei cambiamenti climatici e hanno le minori capacità di adattamento.

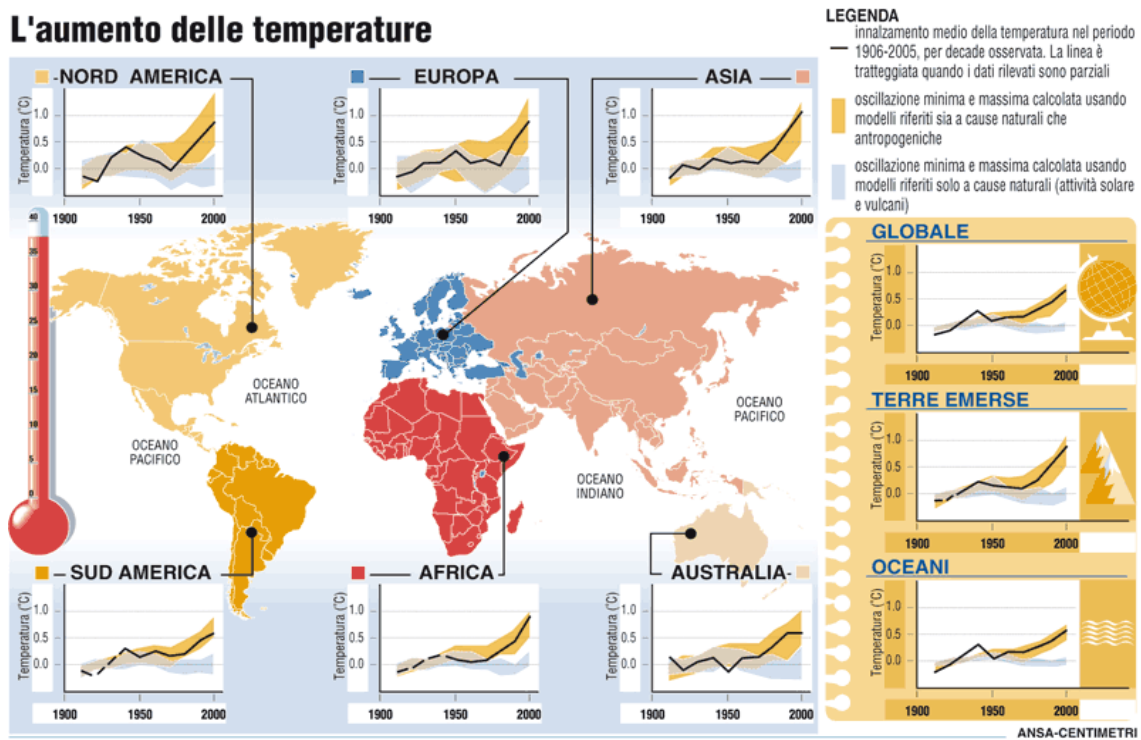


Fig. 2.2 - L'aumento globale delle temperature fino a livelli preoccupanti ha allarmato lo scenario politico internazionale, incoraggiando all'implementazione di nuove misure finalizzate al controllo climatico e delle emissioni di CO₂ © ansa.it.

In occasione della *Conferenza delle Parti* di Lima del 2014, tenutasi in concomitanza alla Conferenza sul clima delle Nazioni Unite di Dicembre (Figura 2.3), il Parlamento Europeo ha ribadito l'impegno assunto dall'UE e dai suoi Stati membri di aumentare gradualmente la mobilitazione dei finanziamenti per il clima, per dare il proprio contributo al conseguimento degli obiettivi globali da parte di tutti i Paesi che hanno sottoscritto l'impegno. *"L'obiettivo è un accordo globale equo e ambizioso, che responsabilizzi tutti gli Stati del mondo su una questione decisiva per il futuro del Pianeta, indicando un modello di sviluppo socialmente e ambientalmente sostenibile"*. Così ha commentato l'incontro appena svoltosi a Lima il Ministro dell'Ambiente italiano Gian Luca Galletti, presidente attualmente in carica del Consiglio Ambiente europeo.

Nel dettaglio, nei prossimi sei mesi, ciascun Paese dovrà proporre un piano nazionale dettagliato per limitare le emissioni di gas serra generate dalla combustione di carbone, gas e petrolio. I vari piani nazionali verranno pubblicati su un'apposita piattaforma web delle Nazioni Unite, e costituiranno le basi di un accordo finale previsto per il mese di Dicembre 2015 e da attuare entro il 2020. Tale accordo dovrà indicare la strada verso un'economia globale a basse emissioni, contenere impegni di mitigazione ambiziosi e vincolanti, prevedere delle regole precise ed essere dotato di meccanismi di verifica tali da dimostrare e garantire il progressivo raggiungimento degli impegni adottati.

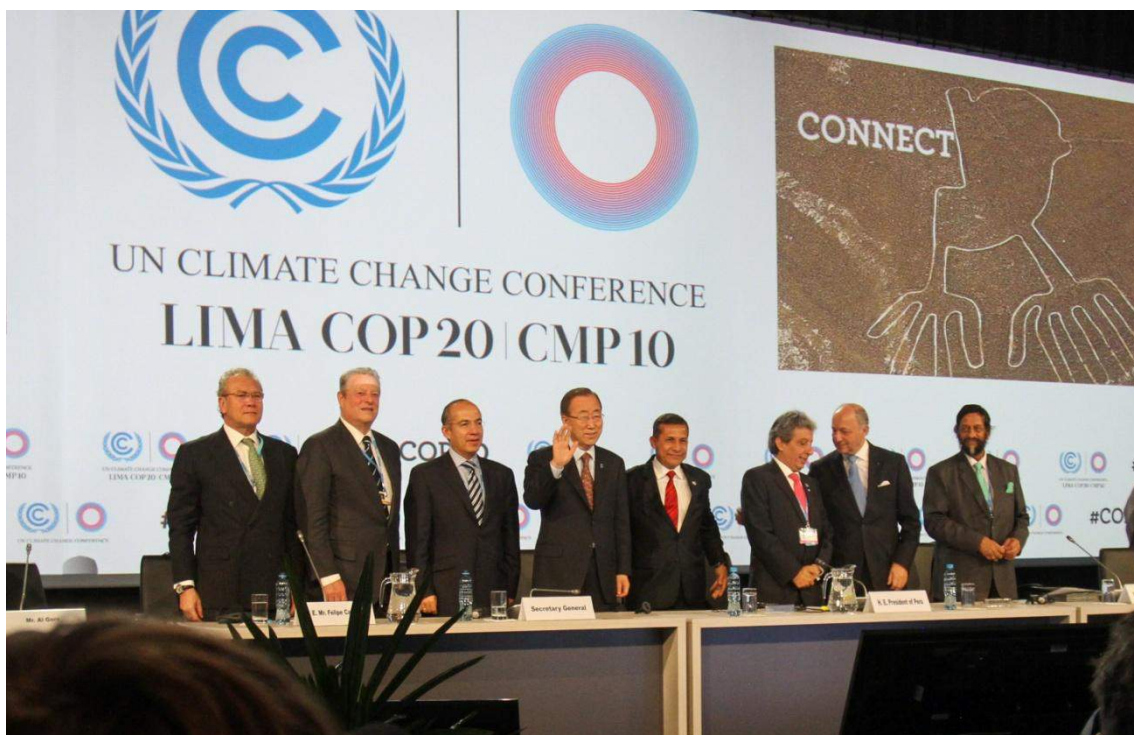


Fig. 2.3 - Alcuni dei partecipanti alla Conferenza *Lima Climate Action High-level Meeting* (COP n. 20) di Dicembre 2014: il Ministro degli Affari Esteri del Perù Gonzalo Gutierrez; l'ex vice presidente degli Stati Uniti Al Gore; l'ex Presidente del Messico Felipe Calderón; Il Segretario Generale dell'ONU Ban Ki-moon; il Presidente del Perù Ollanta Humala; il Presidente della COP20 Manuel Pulgar-Vidal; il Ministro degli Affari Esteri e dello Sviluppo Internazionale della Francia Laurent Fabius e il Presidente del Panel internazionale sul cambiamento climatico (IPCC) Rajendra Pachauri. © minambiente.it

A livello europeo, nel corso dell'ultimo ventennio, si sono intraprese diverse azioni preparatorie e di previsione, con la partecipazione di attori che hanno contribuito alla definizione di una strategia europea condivisa. I provvedimenti più importanti, possono essere sintetizzati nelle seguenti iniziative:

- 1) Direttiva 2002/91/CE "EPBD", recepimento del *Protocollo di Kyoto*;
- 2) Direttiva 2009/28/CE, sulle fonti rinnovabili di energia;
- 3) Direttiva 2010/31/UE "EPBD Recast";
- 4) Direttiva 2012/27/UE;
- 5) Strategia "EUROPA 2020";
- 6) *Energy Roadmap 2050*.

1) LA DIRETTIVA 2002/91/CE

Tra i principali provvedimenti europei, il primo che ha definito gli strumenti di controllo ambientale ed edilizio in tema di efficienza e prestazioni energetiche, è stato emanato nel 2002, attraverso la Direttiva 2002/91/CE, conosciuta anche con l'acronimo EPBD o *Energy Performance of Building Directive*, contenente azioni per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici.

Si impone agli Stati Membri la sua attuazione in seno alla legislazione nazionale, in modo da adottare una metodologia comune di calcolo dell'efficienza energetica, fissare i requisiti minimi di prestazione per gli edifici nuovi e ristrutturati (se di notevole metratura) e, al contempo, introdurre la loro certificazione energetica. La Direttiva fissa anche gli obiettivi di efficienza energetica da raggiungere entro il 2010, mediante l'applicazione di nuovi *standard* progettuali, al fine di diminuire del 22% i consumi energetici comunitari, ottenere un risparmio di energia primaria pari a 55 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio e, infine, ridurre le emissioni di biossido di carbonio di un valore pari a 100 milioni di tonnellate. Il quadro normativo prevede l'implementazione di un metodo standardizzato per il calcolo del rendimento energetico degli edifici sia di nuova costruzione che esistenti. La sostanziale novità introdotta dalla "EPBD" è l'attenzione indirizzata all'efficienza energetica dell'edilizia esistente che, laddove interessata da significative ristrutturazioni, diviene soggetta a vincoli prestazionali, per la prima volta. Nonostante ciò, il limite della normativa risiede nell'aver ristretto il campo di azione sugli edifici esistenti con superficie superiore a 1000 m², che corrispondono a meno di un terzo del patrimonio edilizio totale europeo.

Un requisito essenziale per l'adozione nazionale delle misure previste dalla Direttiva del 2002 è rappresentato da uno schema generale necessario per la definizione di una metodologia di calcolo della prestazione energetica globale degli edifici. A tal fine, la Commissione Europea ha affidato al CEN⁶ (Comitato Europeo di Normazione) la messa a punto di apposite metodologie condivise, sia per il calcolo delle prestazioni che per la certificazione energetica, e di linee guida generali per l'ispezione di caldaie, impianti di riscaldamento e di condizionamento dell'aria.

Come riportato nella UNI EN ISO 15603⁷, la valutazione energetica di un edificio può essere effettuata secondo diverse procedure. Si distinguono la valutazione d'esercizio (*operational rating*), basata sulla lettura dei consumi reali, e la valutazione di calcolo (*calculated rating*), la quale può ancora essere delineata in base alle condizioni al contorno. La metodologia più appropriata di valutazione energetica dipende dal tipo di applicazione. In ogni caso, secondo la normativa tecnica, il calcolo della prestazione energetica dell'edificio si struttura in tre livelli (Figura 2.4):

- calcolo dei fabbisogni termici netti di energia per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio (UNI EN ISO 13790⁸ e norme connesse);
- calcolo dell'energia erogata agli impianti di riscaldamento e raffrescamento, ventilazione, condizionamento, produzione di acqua calda sanitaria e illuminazione;
- calcolo degli indicatori di prestazione energetica globale, espressa in termini di energia primaria, emissioni di CO₂, ecc.

Nella sua complessa struttura, la normativa europea descrive diversi metodi di calcolo alternativi e definisce, per ciascun metodo, una serie di valori di *default*. Ai singoli Paesi si consente di scegliere il metodo ritenuto più adatto e di definire su base nazionale i valori di alcuni parametri, per meglio adattare l'applicazione del metodo alle condizioni climatiche e alle tipologie costruttive ed impiantistiche locali.

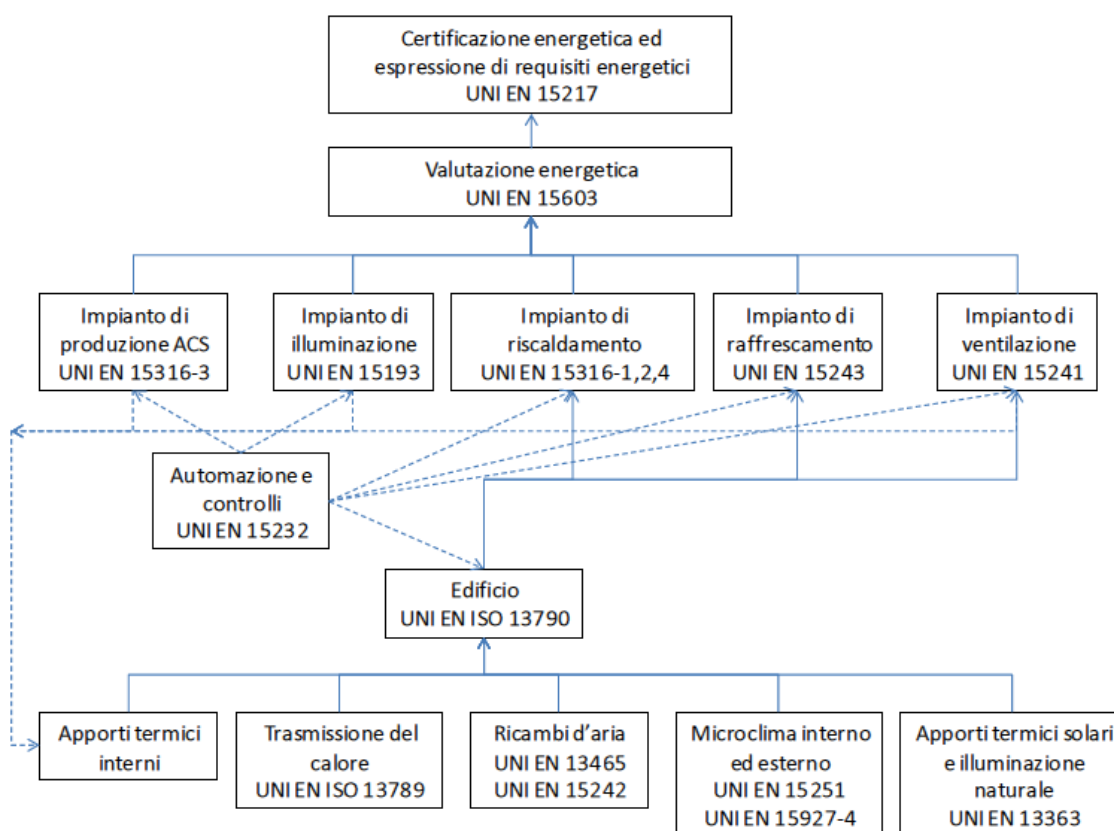


Fig. 2.4 - Schema sintetic della normativa tecnica europea relativa al calcolo della prestazione energetica degli edifici (UNI EN 15603).

2) LA DIRETTIVA 2009/28/CE

La Direttiva “Sulla promozione dell’uso dell’energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle Direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE”, riguarda i consumi finali di energia dell’Unione, con l’obiettivo principale di ricoprirne almeno il 20%, nel 2020, mediante il ricorso a fonti rinnovabili, riferendosi a tutte le forme di energia, non solo all’elettricità, e dunque anche ai consumi per il riscaldamento e il raffrescamento, sia nelle industrie che nel settore civile e dei trasporti (per quest’ultimo nello specifico si fissa come obiettivo l’utilizzo di biocombustibili per almeno il 10% dei consumi).

Un’attenzione particolare è stata riservata alla ripartizione dell’obiettivo comune fra i vari Stati. Per non gravare sui Paesi entrati da poco nell’Unione, l’espansione da realizzare è stata divisa in due parti, una uguale per ogni Paese, la seconda legata alla popolazione e al PIL. Secondo questa ripartizione, all’Italia è toccato un obiettivo di riduzione energetica pari al 17%, da ripartire a sua volta fra le regioni. Questa suddivisione, conosciuta con l’appellativo di “burden sharing”⁹, sarà un passaggio obbligato per il raggiungimento dell’obiettivo finale.

La Direttiva indica la necessità di rafforzare le risorse dedicate alla statistica dei consumi e al monitoraggio delle applicazioni e dei provvedimenti intrapresi da ciascuno Stato, che dovrà dotarsi di un apposito *Piano Nazionale di Azione* (PAN), soggetto a periodiche revisioni e confronti con i risultati raggiunti.

3) LA DIRETTIVA 2010/31/UE

Dopo quasi due anni, il 19 Maggio 2010, la Direttiva del 2009 è stata abrogata e sostituita dalla Direttiva 2010/31/UE, chiamata anche “EPBD Recast”¹⁰ e destinata al riassetto del precedente sistema normativo e alla promozione di misure più stringenti di riduzione dei consumi energetici, tra cui l’introduzione di una *metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici*, che ogni Stato Membro deve adottare (sia a livello nazionale che

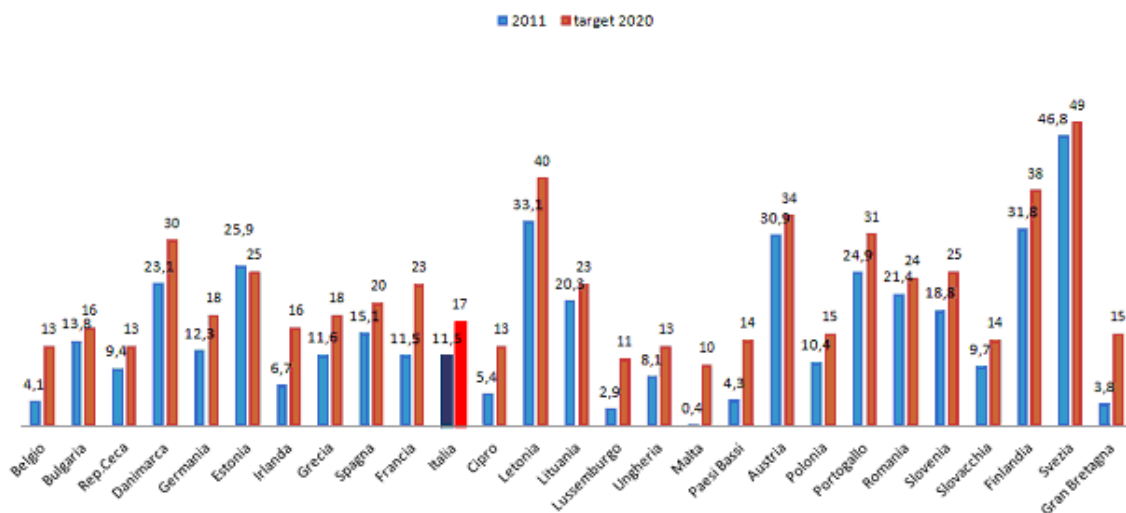


Fig. 2.5 - Percentuale del Consumo interno lordo coperto da fonti rinnovabili negli Stati membri nel 2011, e confronto con i target da raggiungere entro il 2020.

regionale) tenendo conto delle caratteristiche termiche dell'involucro, dell'impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari, degli impianti di illuminazione, delle condizioni climatiche interne. La norma tiene conto anche di altri vantaggi legati, ad esempio, alle condizioni locali di esposizione ed orientamento, ai possibili guadagni solari passivi, allo sfruttamento dell'illuminazione naturale, ai sistemi di cogenerazione dell'elettricità e, infine, agli impianti di teleriscaldamento o telerinfrescamento urbano e collettivo.

Gli Stati Membri dovranno fissare, in conformità alla citata metodologia di calcolo, i *requisiti minimi di prestazione energetica*, da sottoporre a revisione periodica anche alla luce degli ultimi sviluppi tecnologici, differenziando i parametri non solo a seconda della tipologia edilizia e della destinazione d'uso, ma anche della condizione del fabbricato, di nuova costruzione o esistente. Nello specifico, nel caso di ristrutturazioni importanti, gli interventi dovranno prevedere un miglioramento della prestazione energetica che soddisfi determinati requisiti minimi, salvo nel caso di edifici sottoposti a determinati vincoli (ad esempio gli edifici storici), o di edifici adibiti a luoghi di culto, fabbricati temporanei, edifici residenziali destinati ad essere utilizzati per un periodo limitato dell'anno, e fabbricati indipendenti, con una metratura utile totale inferiore a 50 m².

La norma stabilisce anche opportuni requisiti di prestazione energetica per i sistemi tecnici a servizio dell'edificio (impianti di riscaldamento, impianti di produzione di acqua calda per usi sanitari, impianti di condizionamento dell'aria e di ventilazione) nel caso di nuova installazione, sostituzione o adeguamento.

Gli elementi edilizi che fanno parte dell'involucro dell'edificio e che incidono sulla sua prestazione energetica globale devono anch'essi rispettare i requisiti minimi in materia di prestazione energetica, quando sono rinnovati o sostituiti, in modo da raggiungere livelli ottimali di trasmittanza termica¹¹ e rispettare alcune caratteristiche termiche e dinamiche sia in regime invernale che in regime estivo. In particolare, la Direttiva ha previsto la distinzione dei componenti più significativi: chiusure verticali opache, serramenti, chiusure orizzontali esterne (coperture o solai contro-terra) e interne all'edificio (solai), elementi responsabili della maggior parte dei consumi energetici a causa delle dispersioni termiche che avvengono attraverso l'involucro edilizio.

Se da un lato si ribadisce il ricorso a sistemi altamente efficienti sotto il profilo energetico, dall'altro si incentiva l'adozione di sistemi *smart* (o "intelligenti") per la misurazione del consumo energetico, come i sistemi di domotica e di monitoraggio degli edifici, efficaci per intercettare le principali fonti di spreco energetico, e agire di conseguenza con interventi mirati, assieme all'introduzione di sistemi sempre più sofisticati e performanti per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili di energia (Figura 2.6).

L'obiettivo finale presuppone che entro il 31 Dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano "*Nearly Zero Energy Building*" (da qui l'appellativo "NZEB" con cui spesso si usa indicare la Direttiva), un *target* introdotto dalla normativa per indicare "*edifici ad altissime prestazioni energetiche, con consumi quasi nulli, o molto bassi, che*

vengono soddisfatti con un significativo apporto di energia da fonti rinnovabili prodotta sul luogo o nelle vicinanze". Obiettivo, questo, da raggiungere in tempi ridotti soprattutto se si tratta di edifici pubblici.

Adeguati piani nazionali dovranno poi indicare il modo in cui lo Stato membro debba recepire le disposizioni comunitarie, insieme alla definizione di obiettivi intermedi e di misure finanziarie, o di altro tipo, adottate per promuovere il miglioramento della prestazione energetica degli edifici.

Un'importante novità contenuta nella Direttiva EPBD, consiste nella istituzione di un sistema di certificazione energetica degli edifici per ciascuno Stato Membro. Si tratta di un attestato di prestazione energetica, che comprende il fabbisogno di energia dell'edificio e i valori di riferimento, come i limiti minimi di prestazione energetica, al fine di consentire ai proprietari o locatari dell'edificio, o dell'unità immobiliare, di valutare e confrontare la qualità di più costruzioni anche sotto il profilo energetico.

La prestazione energetica è determinata sulla base della quantità di energia, reale o calcolata, consumata annualmente per soddisfare le esigenze legate ad un uso normale dell'edificio, e corrisponde al fabbisogno energetico di riscaldamento e raffrescamento necessario per mantenere la temperatura interna desiderata, assicurando adeguati livelli di *comfort* termo-igrometrico, sommato al fabbisogno di acqua calda sanitaria.



Fig. 2.6 - Foto del complesso residenziale eco-sostenibile "BedZED" (*Beddington Zero Energy Development*) ad Hackbridge, Londra (2002). Progettato per essere alimentato da sole forme rinnovabili di energia (fotovoltaico e mini eolico *in primis*), il progetto si allinea alle disposizioni e alla sfida europea di costruire edifici a "energia quasi zero". © BedZED

Gli Stati membri, inoltre, devono applicare una metodologia di calcolo della prestazione energetica degli edifici, da adottare a livello nazionale o regionale, che sia conforme al quadro generale comune, di cui all'Allegato I della Direttiva 2010/31/UE, in modo tale da seguire le linee guida implementate a livello europeo, e mantenere una certa coerenza con la pertinente legislazione dell'Unione e con i criteri prefissati per il calcolo del fabbisogno energetico. Quest'ultimo consiste in un'attenta analisi che tiene conto di tutti i fattori coinvolti negli scambi termo-igrometrici tra l'ambiente interno da analizzare e le condizioni microclimatiche al contorno. Nella sua valutazione, si tengono in considerazione: le caratteristiche termiche effettive dell'involucro e dei componenti tecnologici dell'edificio, gli impianti di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria (ACS), gli impianti di condizionamento dell'aria, la ventilazione naturale e meccanica, gli impianti di illuminazione, i dati di progettazione "passiva" - dovuti alla posizione e orientamento dell'edificio, al suo rapporto con il clima esterno, all'eventuale sfruttamento di guadagni solari passivi e agli accorgimenti per la protezione solare - le condizioni climatiche e i carichi interni dovuti ad apparecchiature e persone.

Ai fini del calcolo, gli edifici dovrebbero essere classificati adeguatamente, secondo le seguenti categorie: abitazioni mono-familiari di diverso tipo, condomini (nel caso di appartamenti), uffici, strutture scolastiche, ospedali, alberghi e ristoranti, impianti sportivi, esercizi commerciali per la vendita all'ingrosso o al dettaglio, e tutti gli altri fabbricati che richiedono l'uso di energia.

L'*attestato di prestazione energetica* può, altresì, comprendere informazioni supplementari, quali il consumo energetico degli edifici, dettagli sulla eventuale diagnosi energetica effettuata, indicazioni sulla percentuale di energia proveniente da fonti rinnovabili, nonché le raccomandazioni per un eventuale miglioramento delle *performance* energetiche, talvolta corredate di indicazioni relative alla stima del rapporto costi-benefici, al tempo di ritorno e al ciclo di vita economico dell'edificio in questione.

La prestazione energetica è espressa in *kWh/m² per anno*, e comprende anche un *indice di prestazione energetica* e un indicatore numerico del consumo di energia primaria, basato su fattori di energia primaria per vettore energetico, che, in caso di vendita o locazione, dovrà essere riportato su tutti i mezzi di comunicazione commerciale.

In caso di costruzione, vendita o locazione di un edificio o di un'unità immobiliare, l'*attestato* fa parte integrante del contratto e deve, dunque, essere mostrato al potenziale acquirente o nuovo locatario, e consegnato al momento della sottoscrizione dell'accordo.

Per gli edifici con una metratura utile totale di oltre 500 m² occupata da Enti Pubblici e per gli edifici con una superficie totale superiore a 500 m² abitualmente frequentati dal Pubblico, l'*attestato di prestazione energetica* va affisso in un luogo chiaramente visibile (il 9 Luglio 2015 la soglia limite sarà abbassata a 250 m²). La validità dell'*attestato di prestazione energetica* è di massimo dieci anni.

La Commissione europea stabilisce che la certificazione della prestazione energetica e il relativo *attestato*, insieme alla ispezione degli impianti di riscaldamento e

condizionamento d'aria, siano effettuate da esperti qualificati e accreditati, il cui elenco periodicamente aggiornato viene messo a disposizione dagli Stati.

4) LA DIRETTIVA 2012/27/UE

La Direttiva 2012/27/UE, che modifica le Direttive 2009/28/CE e 2010/31/UE e abroga le Direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE, contiene misure vincolanti da adottare per ridurre i consumi energetici fino ad ottenere un risparmio stimato in circa 50 miliardi di euro l'anno. Le principali misure riguardano:

- Il miglioramento dell'isolamento termico negli edifici pubblici dotati di impianti di riscaldamento e/o di raffreddamento, procedendo a rinnovare annualmente il 3% delle pavimentazioni se l'area calpestabile è al di sopra dei 500 m² (soglia limite che a partire da Luglio 2015 sarà ridotta a 250 m²);
- L'obbligo per le grandi imprese di sottoporre i propri immobili, ogni 4 anni, a cicli di *audit* energetico, da parte di esperti accreditati;
- La costituzione, da parte degli Stati membri, di opportuni strumenti di finanziamento, volti a favorire l'attuazione delle misure di efficienza energetica.

La Direttiva permette non solo di ridurre i costi, consentendo di spendere meno in energia per avere gli stessi servizi o prodotti, ma anche di mettere in moto investimenti su progetti verdi che stimolino l'innovazione tecnologica in campo energetico e la nuova occupazione, utilizzando anche i cofinanziamenti che l'Europa mette a disposizione su queste tematiche di attuale importanza.

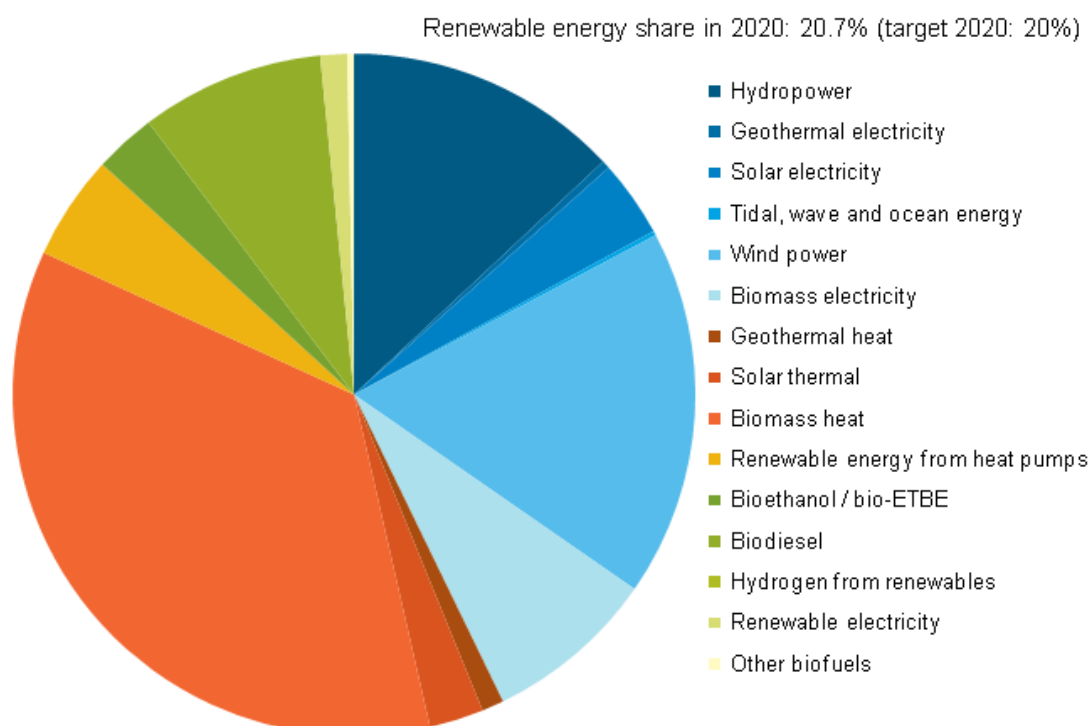


Fig. 2.7 - Rapporto tra le diverse fonti di energia rinnovabile sul totale dei consumi energetici (2011) © ecn.nl.

È stato riconosciuto a livello europeo, come l'efficienza energetica sia un settore capace, più di ogni altro, di condurre verso un sistema a basse emissioni di carbonio (*low carbon energy system*). È la stessa *Agenzia Internazionale per l'Energia* che da anni tenta di dimostrare come circa la metà della riduzione totale delle emissioni che sarà possibile ottenere in uno scenario di sostenibilità globale, avverrà proprio grazie ad interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti. La Direttiva del 2012 rappresenta quindi un passo fondamentale in questa direzione.

4) STRATEGIA "EUROPA 2020"

Per "Europa 2020" si intende la strategia decennale per la crescita e l'occupazione che l'Unione europea ha varato nei primi mesi del 2010.

Si tratta dell'insieme delle misure pensate dalla UE non soltanto per superare la crisi dalla quale le economie di molti Paesi adesso stanno gradualmente uscendo, ma anche per colmare le lacune del nostro modello di crescita e creare le condizioni per una crescita più *intelligente, sostenibile e solidale*.

Queste tre priorità, rafforzandosi a vicenda, intendono aiutare gli Stati membri a conseguire elevati livelli di produttività e coesione sociale.

L'Unione si è posta cinque ambiziosi obiettivi in materia di occupazione, innovazione, istruzione, integrazione sociale e clima/energia, da raggiungere entro il 2020, schematizzati in Figura 2.8. Ogni Stato membro ha adottato per ciascuno di questi settori i propri obiettivi nazionali, da raggiungere mediante interventi concreti e pianificati sia a livello europeo che nazionale, in modo da consolidare la strategia stessa.

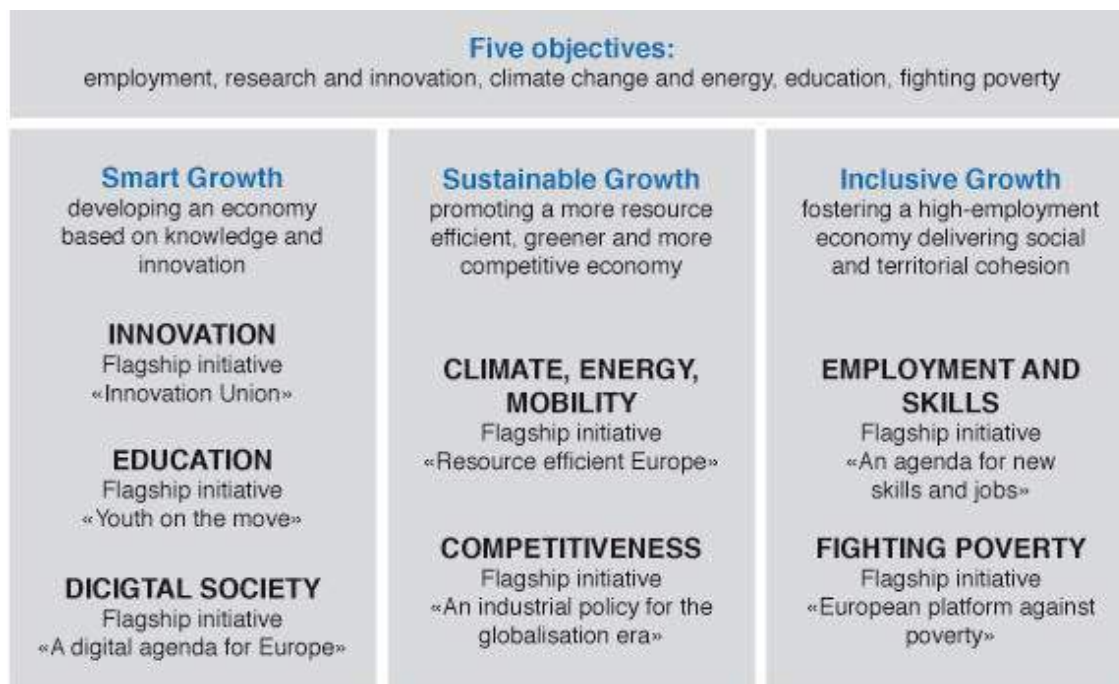


Fig. 2.8 - I cinque obiettivi che l'UE si pone per il conseguimento della *Strategia Europa 2020*, divisi secondo le tre grandi categoria di crescita: intelligente, sostenibile e solidale. ©Europa2020.

Dal “*Bilancio della strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva*”¹², condotto nel 2014, è emerso che l'Europa, nonostante la crisi economica che ha colpito numerosi Stati Membri negli ultimi anni, sta di recente registrando notevoli progressi, che preannunciano la possibilità di raggiungere gli obiettivi prefissati, entro la *deadline* condivisa del 2020. In particolare, in riferimento all'obiettivo di “*ridurre le emissioni di gas a effetto serra almeno del 20% rispetto ai livelli del 1990, portare al 20% la quota delle fonti di energia rinnovabile nel consumo finale di energia e migliorare del 20% l'efficienza energetica*”, i progressi sono già evidenti:

- L'Unione è riuscita a ridurre del 18% le emissioni di gas a effetto serra entro il 2012. I progressi sono in parte ascrivibili alle politiche in vigore in materia di clima e energia ma anche, in parte, al rallentamento dell'attività economica, che ha notevolmente ridotto le emissioni. Grazie ai miglioramenti strutturali, la ripresa in corso non dovrebbe ostacolare ulteriori progressi entro il 2020, che permetterebbero di abbassare le emissioni di gas serra del 24% rispetto ai livelli del 1990, superando così la soglia prevista dall'obiettivo (29%). Stando però alle proiezioni nazionali, in 13 Stati membri le politiche in atto non sarebbero sufficienti a conseguire i propri obiettivi entro il 2020;

- Dal 7,5% del 2000, la quota di energie rinnovabili aveva già raggiunto il 14,4% nel 2012. Si ritiene pertanto che l'obiettivo del 20% possa essere realizzato e addirittura superato entro il 2020 (è stata infatti stimata una percentuale di circa il 21% per quella data). Questo progresso fa dell'UE il *leader* mondiale degli investimenti in fonti energetiche rinnovabili: alla fine del 2012 è stato installato circa il 44% degli impianti mondiali per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (Figura 2.9);

- Tra il 1995 e il 2011 l'intensità energetica dell'economia dell'Unione è calata del 24%, con un miglioramento nel comparto industriale, intorno al 30%.

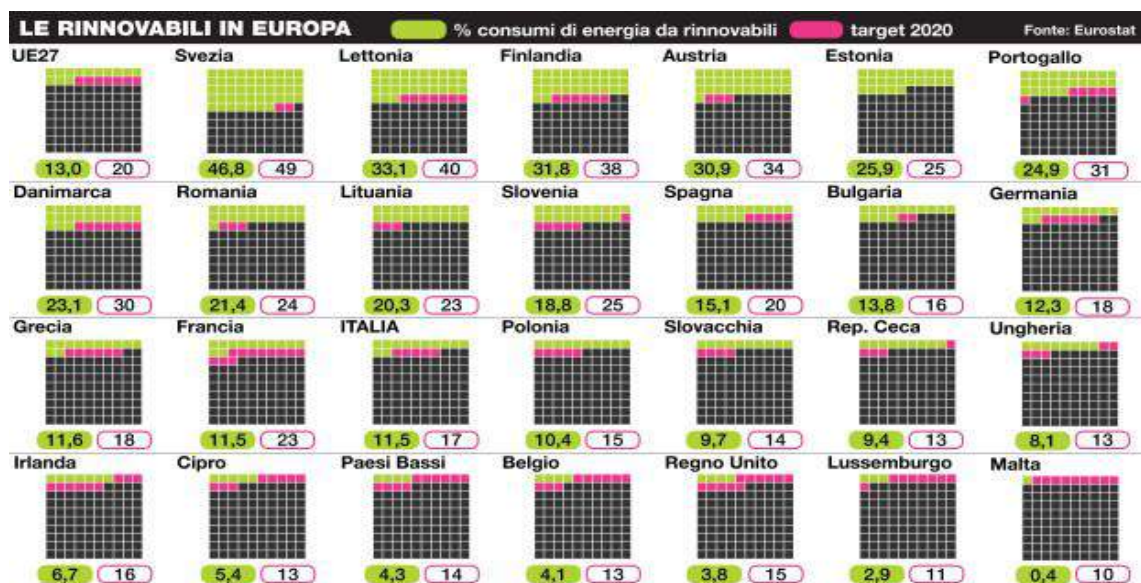


Fig. 2.9 - Nel 2012, sono ancora i Paesi del Nord Europa a registrare il salto maggiore nella fetta di energia da rinnovabili fra il 2004 e il 2012. Ad esempio, la Svezia è passata dal 38,3% al 46,8%, la Danimarca dal 14,9% al 23,1%, l'Austria dal 22,8% al 30,9% e la Germania dal 4,8% al 12,3%. © Eurostat.

5) LA ROADMAP 2050

"Sviluppare un settore energetico sicuro, competitivo e a basse emissioni di carbonio", questo è l'obiettivo con cui la Commissione europea ha adottato il 15 Dicembre del 2011 la *Energy Roadmap 2050*: una vera e propria "Tabella di marcia per l'energia del 2050", su iniziativa della *European Climate Foundation* (ECF) e sviluppata da un consorzio di esperti da essa appositamente costituito.

La *Energy Roadmap 2050*, partendo dall'analisi di svariati scenari, illustra le conseguenze di un sistema energetico a zero emissioni di carbonio (l'obiettivo è di abbattere fino al 95% le emissioni nocive nel 2050, rispetto al 1990, Figura 2.10) e il quadro strategico necessario per realizzarlo. Con questo strumento gli Stati membri dovrebbero essere in grado di fare le scelte appropriate per quanto riguarda il settore dell'energia e creare presupposti economici stabili per favorire gli investimenti privati.

Le decisioni in merito agli investimenti nelle infrastrutture necessarie fino al 2030, infatti, fanno parte della programmazione odierna e non di impegni da rimandare perché futuri; è necessario sostituire le azioni intraprese 20-30 anni fa e aggiornarle adattandole ai nuovi sistemi oggi in atto e agli obiettivi sempre più ambiziosi che l'UE ha deciso di imporre. Un'azione immediata può evitare di dover effettuare cambiamenti più costosi tra due decenni. I costi saranno ammortizzati grazie ai considerevoli investimenti previsti a livello europeo, all'occupazione locale che ne conseguirà e alla diminuzione della dipendenza dalle importazioni di energia. Tutti gli scenari della tabella di marcia 2050 raggiungono l'obiettivo della "decarbonizzazione" senza grosse differenze sul piano dei costi complessivi o della sicurezza degli approvvigionamenti. A differenza dei singoli programmi nazionali, un approccio a livello europeo consentirà di ridurre i costi e garantire le forniture.

Tutto ciò implica anche il completamento di un "mercato energetico unico dell'energia" a livello continentale, indispensabile per aumentare la concorrenza tra operatori elettrici e del gas, riducendo le bollette pagate da famiglie e imprese.

«Dobbiamo creare un equilibrio tra energia e ambiente», ha spiegato la relatrice del provvedimento, la greca Niki Tzavela. Campo libero, quindi, all'Agenda per "decarbonizzare" il vecchio continente, con obiettivi per le fonti rinnovabili, l'efficienza energetica e la CO₂, cercando di tracciare un quadro normativo "ambizioso e stabile".

È importante sottolineare l'interesse rivolto al mercato della riqualificazione, su cui si intende indirizzare gli sforzi principali, per ridurre il consumo energetico del parco immobiliare esistente dell'80% entro il 2050, rispetto ai livelli del 2010.

Per quanto riguarda le fonti rinnovabili, il testo propone una maggiore cooperazione tra gli Stati membri, per diminuire i costi delle energie alternative e assicurare che gli investimenti siano effettuati nei settori più produttivi ed efficienti, considerando le specificità di ogni Stato. Il traguardo consiste nel soddisfacimento, nel 2050, del 55% dei consumi finali di energia attraverso fonti rinnovabili, con una soglia intermedia del 30% circa nel 2030.

È interessante osservare come i temi dell'efficienza energetica siano oggi protagonisti anche della nuova programmazione dei fondi europei 2014-2020, in cui l'Europa vincola una quota significativa dei finanziamenti per incentivare la ricerca e l'imprenditorialità nel campo delle energie rinnovabili e della sperimentazione di modelli innovativi di risparmio energetico.

Basti pensare, ad esempio, ad *Horizon 2020*, il Programma Quadro europeo per la Ricerca e l'Innovazione (2014 - 2020): un sistema di finanziamento integrato destinato alle attività di ricerca della Commissione europea.

Il nuovo Programma sarà attivo dal 1° Gennaio 2014 fino al 31 Dicembre 2020, e supporterà l'UE nelle sfide globali, fornendo a ricercatori e innovatori gli strumenti necessari alla realizzazione dei propri progetti e delle proprie idee. Il *budget* stanziato per *Horizon 2020* (compreso il programma per la ricerca nucleare *Euratom*) è di quasi 80 miliardi di euro.

In particolare, 5.405,40 milioni, ovvero il 7,70% del budget destinato al terzo pillar "*Societal Challenges*", sono destinati al Programma trasversale "*Secure, Clean and Efficient Energy*", ovvero "Energia sicura, pulita ed efficiente", e destinato all'attuazione in Europa di un sistema energetico affidabile, sostenibile e competitivo, che sappia prevenire e rispondere alle attuali emergenze in tema di scarsità delle risorse, di incremento del fabbisogno di energia e di cambiamenti climatici, in linea con gli obiettivi della Strategia Europa 20-20-20.

Per l'Europa, e in particolare per i Paesi che non hanno ancora fatto grandi passi verso l'adeguamento dei propri sistemi a modelli economici, politici e produttivi più efficienti, si traduce in una opportunità imperdibile.

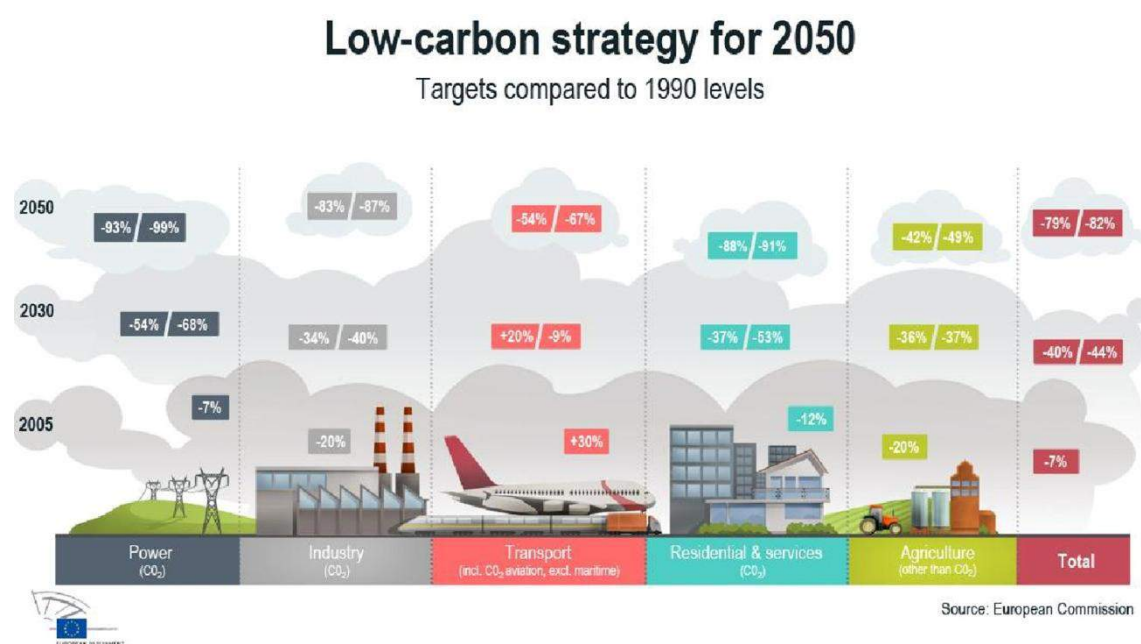


Fig. 2.10 - Strategia di risparmio energetico prefissato entro il 2050, rispetto ai livelli del 1990. (Commissione Europea, *Roadmap 2050*) © European Commission.

Nello scenario energetico appena sintetizzato, si inserisce il quadro normativo europeo di riferimento, in materia di efficienza energetica in edilizia, demandata a particolari norme tecniche e norme UNI EN ISO specifiche per ciascun settore o argomento disciplinato.

Lo Schema di Figura 2.11 presenta un riepilogo delle stesse, con indicazione delle materie trattate per ciascuna norma di riferimento, e dei relativi indici di prestazione energetica disciplinati.

Ad esempio, la norma UNI EN ISO 13790, indica la metodologia di calcolo dell'indice di prestazione energetica per il fabbisogno di riscaldamento dell'edificio, EP_i , necessaria ai fini della certificazione energetica dello stesso. Per quanto riguarda, invece, il fabbisogno energetico di raffrescamento in regime estivo, si richiede la sola valutazione del parametro $EP_{e,inv}$ relativo al fattore di attenuazione e di sfasamento dell'involucro.

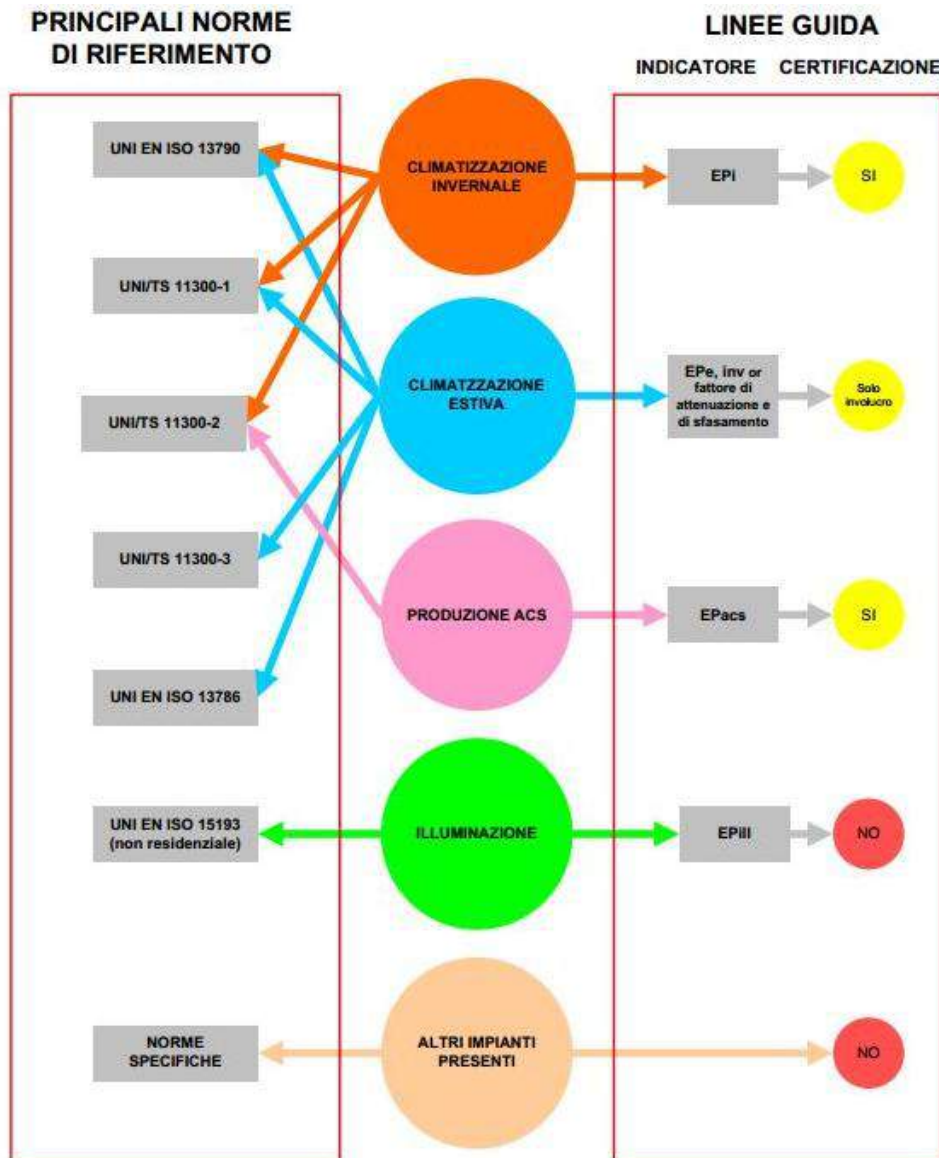


Fig. 2.11 - Linee guida per l'uso della normativa europea per l'efficienza energetica degli edifici. © Enea.

2.2 Il panorama legislativo italiano sul risparmio energetico

Dall'*Energy Efficiency Market Report*¹³ dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE), svoltosi a Roma nel mese di Ottobre 2014, è emersa ancora una volta l'importanza strategica dell'efficienza energetica degli edifici, il cui valore a livello mondiale è stato stimato in circa 310 miliardi di dollari.

Investire in efficienza energetica, ha sottolineato Philippe Benoit, Capo della Divisione Efficienza Energetica e Ambiente dell'AIE, permette una generale riduzione della domanda globale di energia, di cui si avvantaggiano i Paesi con una forte dipendenza energetica, e determina, inoltre, un consolidamento dei nuovi settori basati sull'innovazione tecnologica.

Il Rapporto analizza la situazione del mercato dell'efficienza energetica nei diversi Paesi. Nel capitolo relativo all'Italia, curato dall'ENEA¹⁴, emerge che a seguito delle politiche riservate alle detrazioni fiscali, nel periodo 2007-2013 le famiglie italiane hanno realizzato 1,8 milioni di interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche delle loro abitazioni, per un importo totale pari a 22 miliardi di euro. Tale *trend* conferma il successo delle detrazioni fiscali del Governo italiano come meccanismo per la diffusione dell'efficienza energetica presso i cittadini, per ridurre i costi della bolletta ed aumentare il *comfort* microclimatico domestico o lavorativo.

Da alcuni anni, infatti, il Governo ha messo in campo misure significative per la promozione e la diffusione di interventi di miglioramento energetico, rendendo sempre più necessario e conveniente approfondire le strategie di retrofit energetico, dimostrando anche come il recupero dell'esistente sia molto più vantaggioso della demolizione con successiva ricostruzione, sia in termini economici, materici ed energetici, che di impatto sull'ambiente.

Le norme in materia di risparmio energetico degli edifici esistenti individuano e definiscono criteri progettuali, soluzioni tecniche, sistemi e prodotti rispettosi dell'ambiente e della salute degli individui, per promuovere un processo edilizio a basso impatto ambientale e quindi più *sostenibile*.

In Italia, i testi di legge nazionale prevedono la clausola di cedevolezza che attribuisce alle Regioni e alle Province autonome il potere di emanare propri provvedimenti di recepimento delle Direttive Europee, purché siano conformi ai principi fondamentali sia delle Direttive Europee che dell'impianto legislativo nazionale.

Il primo intervento legislativo volto ad ottimizzare i consumi energetici del territorio è rappresentato dalla Legge n. 373 del 1976¹⁵ ma soprattutto dalle importanti novità introdotte dalla Legge n. 10 del 1991¹⁶ "*Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*" che, nata con il preciso intento di regolamentare l'intero settore termo-tecnico e razionalizzare il più possibile i consumi di energia, ha rappresentato, e per certi versi ancora rappresenta, il caposaldo della legislazione in materia, grazie soprattutto ai suoi contenuti innovativi e di forte attualità.

Tra questi, una novità è rappresentata dalla divisione del territorio italiano in aree geografiche specifiche, ognuna con determinati periodi di esercizio e dati climatici, temperature medie mensili, velocità dei venti e coefficienti di esposizione propri. La sua attuazione è stata regolamentata da due successivi decreti, il DPR 412 del 1993 e il DPR 551 del 1999.

L'obiettivo era quello di limitare le dispersioni termiche (esclusivamente in regime invernale) attraverso l'involucro dell'edificio, considerando anche i carichi termici dovuti alla ventilazione, mediante l'introduzione di un coefficiente globale di dispersione volumico, il cui valore non doveva superare una soglia limite in relazione alla zona climatica di appartenenza e al rapporto S/V (superficie disperdente dell'involucro su volume riscaldato). Tale legge aveva dunque la finalità di limitare la potenza del generatore installato, senza però fare alcun riferimento alla tipologia e alle prestazioni dell'impianto di riscaldamento.

La Legge 9 Gennaio 1991, n. 10, con i relativi decreti di accompagnamento, si prefissava la finalità di limitare i consumi di energia primaria del sistema edificio-impianto. A tal fine fu introdotto il "FEN", ovvero "*Fabbisogno Energetico Normalizzato*", che rappresentava l'energia primaria necessaria al riscaldamento invernale per unità di volume e di Grado Giorno, espresso in $\text{kJ}/(\text{m}^3\text{GG})$.

Il FEN calcolato per il sistema edificio-impianto, doveva essere inferiore ad un valore limite. Nel calcolo del FEN, oltre a tenere conto dei flussi uscenti per dispersione e ventilazione, si consideravano anche i flussi entranti, apporti gratuiti, dovuti al contributo di radiazione solare e del calore endogeno prodotto dalla presenza di persone, macchinari e luci.

La valutazione del fabbisogno (o consumo) di energia primaria, a partire dal fabbisogno termico, era effettuata attraverso il *rendimento globale medio stagionale dell'impianto*, che a sua volta doveva risultare non inferiore a un valore limite dipendente dalla potenza nominale del generatore.

Sotto questi e molti altri aspetti, la Legge n. 10/91 anticipava già alcuni temi che saranno poi oggetto della Direttiva Europea del 2002, che, ad esempio, ha introdotto una metodologia di calcolo che considera, oltre alla coibentazione, una serie di fattori che svolgono un ruolo di crescente importanza: il tipo di impianto di riscaldamento e condizionamento, l'impiego di fonti rinnovabili di energia, le caratteristiche architettoniche, lo sfruttamento della luce naturale per l'illuminazione degli edifici, e così via, in modo da attuare i provvedimenti più adeguati per ogni situazione.

Tuttavia, restava come limite della Direttiva e della legge nazionale suddetta, l'assenza di provvedimenti da intraprendere, per ridurre il fabbisogno di energia per la climatizzazione estiva, che, in particolare, nei Paesi del sud Europa e nelle regioni dell'Italia meridionale, rappresenta una delle principali cause di consumo energetico.

Anche in ambito nazionale, dal 1997 (anno in cui fu ratificato il *Protocollo di Kyoto*, con il quale le Nazioni partecipanti si impegnarono a ridurre le emissioni di biossido di

carbonio per una maggiore salvaguardia dell'ambiente) fino ad oggi, enormi progressi sono stati fatti relativamente alle normative e alle linee guida sul risparmio energetico in edilizia.

Se a livello europeo il Protocollo di Kyoto è stato recepito attraverso il Decreto Comunitario 2002/91/CE, in Italia, invece, il suo recepimento è avvenuto nel 2005 con l'emanazione del D. Lgs. 192 del 19 Agosto 2005: "*Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*", successivamente corretto dal D. Lgs. 311 del 29 Dicembre 2006¹⁷.

Il Decreto Attuativo dei precedenti due D. Lgs, n. 192 e 311, è stato pubblicato il 2 Aprile 2009 attraverso il DPR 59¹⁸, seguito dopo tre mesi dalle relative *Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*.¹⁹

In assenza di una concreta attuazione, nel 2008 venne pubblicato il D. Lgs. n. 115²⁰, che aveva fra gli obiettivi quello di sopperire all'assenza dei Decreti attuativi al D. Lgs. 192, prescrivendo l'obbligo di riferirsi alla Specifica tecnica UNI/TS 11300 "*Prestazioni energetiche degli edifici*", per il calcolo del fabbisogno energetico degli edifici, mandando in deroga le Norme UNI precedentemente emanate.

NORME QUADRO DI RIFERIMENTO NAZIONALE: LA NORMA UNI/TS 11300

La Norma UNI TS 11300 è nata nel 2008 con l'obiettivo di definire una metodologia di calcolo univoca per la determinazione delle prestazioni energetiche degli edifici. Essa è suddivisa in quattro parti:

- 1) UNI TS 11300-Parte 1 (pubblicata a Maggio 2008 e da pochissimo aggiornata con la versione 2014), *Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*;
- 2) UNI TS 11300-Parte 2 (pubblicata a Maggio 2008 e di recente aggiornata con la versione 2014), *Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*;
- 3) UNI TS 11300-Parte 3 (ultimo aggiornamento risalente al 2010), *Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva*;
- 4) UNI TS 11300-Parte 4 (aggiornata al 2012), *Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*.

Con la pubblicazione delle nuove normative tecniche UNI TS 11300 – Parte 1 e Parte 2, avvenuta lo scorso 2 Ottobre 2014, è stato modificato l'assetto delle norme, rispetto a quello originario del 2008 e ai successivi aggiornamenti.

Le modifiche sono in particolare riferite alla Parte 1, riguardando i calcoli per il rispetto della Legge 10 del 1991 e s.m.i. (DLgs 192/05, D. Lgs. 311/07 e DPR 59/09) e per la certificazione degli edifici di nuova costruzione ed esistenti, in tutte le regioni che rimandano alle metodologie di calcolo generale prevista dalle norme UNI/TS 11300, non avendo specifiche indicazioni regionali in vigore.

Alcune delle novità sostanziali inserite in occasione di tale aggiornamento, sono di seguito sintetizzate, suddivise per ciascuna Parte:

PARTE1:

- In riferimento ai ponti termici, la nuova revisione della UNI TS 11300 - Parte 1 elimina la possibilità di valutarli secondo il metodo della *maggiorazione percentuale semplificata*, prescritta dalla normativa precedente, rendendo necessario procedere con il calcolo analitico. Viene introdotta una nuova metodologia di calcolo analitico, attraverso la definizione di appositi coefficienti lineici;
- Maggiore attenzione è conferita al valore di conducibilità termica λ dei materiali, che deve essere opportunamente corretto per tener conto delle condizioni in cui si opera, in accordo con la norma UNI EN ISO 10456, e delle condizioni di temperatura e umidità di progetto;
- La nuova norma elimina il ricorso alle precedenti Appendici relative alla determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti opachi e all'abaco delle strutture murarie utilizzate in Italia in edifici esistenti, attraverso la contestuale pubblicazione della UNI/TR 11552 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici";
- Una nuova definizione della stagione di raffrescamento (e di riscaldamento nel caso di valutazione adattata all'utenza) e una maggiore precisione nel calcolo dei fabbisogni di energia per le frazioni di mese comprese nelle stagioni di riscaldamento e raffrescamento, sostituiscono le misure previste fino al 2014;
- Viene introdotto il calcolo del fabbisogno di energia termica *latente* (umidificazione e deumidificazione);
- È previsto l'approfondimento della tematica relativa agli apporti solari. Vengono introdotti gli apporti di energia termica dovuti alla radiazione solare entranti nella zona climatizzata da un'eventuale serra adiacente, calcolati secondo la norma UNI EN ISO 13790:2008. L'elemento di separazione fra l'ambiente climatizzato e la serra sarà quindi interessato dal contributo diretto attraverso le partizioni trasparenti (apporti solari trasparenti). Il contributo diretto attraverso le partizioni opache e il contributo di energia termica indiretta sono invece considerati nella determinazione degli apporti solari sui componenti opachi.
- Nel calcolo dei dati climatici, per orientamenti intermedi a quelli indicati nella norma UNI 10349, si procede secondo la UNI/TR 11328-1, e non più per interpolazione lineare;
- L'introduzione del concetto di *trasmittanza termica equivalente* ($U_{c,eq}$) del componente opaco per la determinazione dell'area di captazione solare effettiva (A_{sol}), tiene conto della presenza di intercapedini d'aria ventilate tramite opportuni coefficienti e formule, prima trascurate;
- Un numero maggiore di dati è richiesto per la definizione delle prestazioni finali. Ad esempio, all'interno dei dati climatici, è necessario conoscere le medie mensili dell'*umidità massica media giornaliera* (x_e) dell'aria umida entrante, espressa in g/kg, per il calcolo degli scambi di vapore.

PARTE 2:

- La prima novità relativa alla norma UNI TS 11300, Parte 2, è riscontrabile direttamente nel titolo: *“Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l’illuminazione in edifici non residenziali”*. In aggiunta a quanto già previsto nell’edizione del 2008, la nuova versione fornisce (oltre ai dati e metodi per il calcolo dei fabbisogni di energia termica utile per il servizio di produzione di acqua calda sanitaria e il calcolo dei fabbisogni di energia fornita e di energia primaria per i servizi di climatizzazione invernale e acqua calda sanitaria) anche il metodo di calcolo (Appendice C) per la determinazione del *fabbisogno di energia primaria per il servizio di ventilazione* e le indicazioni e i dati nazionali (Appendice D) per la determinazione dei *fabbisogni di energia primaria per il servizio di illuminazione*, per edifici non residenziali, in accordo con la UNI EN 15193.

Si completa, in questo modo, il panorama dei servizi energetici degli edifici, coperti dalla serie UNI TS 11300 (riscaldamento invernale, acqua calda sanitaria, raffrescamento estivo, ventilazione e illuminazione) e valutati mediante l’implementazione del bilancio termico dell’edificio, schematizzato in Figura 2.12. Per ciascuno di questi servizi, è dunque possibile (grazie anche al supporto delle altre specifiche tecniche della serie UNI TS 11300) determinare il fabbisogno di energia termica utile, di energia fornita e di energia primaria per i vettori energetici considerati. A tale scopo, in apertura della norma UNI TS 11300-2 viene riportata una tabella per orientarsi in merito alla classificazione dei servizi energetici, ai parametri di prestazione energetica e ai riferimenti per il calcolo. È importante sottolineare come la norma fornisca dati e metodi per il calcolo dei rendimenti e delle perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con combustibili fossili liquidi o gassosi. Per vettori energetici diversi da quelli fossili, si deve fare riferimento alla UNI TS 11300-4;

- Elimina il metodo del *calcolo semplificato* (e i relativi esempi) per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento (su base stagionale) e del fabbisogno di energia primaria per acqua calda sanitaria (su base annua) previsto in precedenza;

- Elimina il prospetto relativo ai fabbisogni standard di energia per altri usi, prima utilizzato per poter depurare i consumi rilevati da quelli non attinenti al riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria;

Infine, per quanto riguarda le Appendici, oltre alle Appendici A e B (rispettivamente, *“Calcolo delle perdite di distribuzione”* e *“Determinazione delle perdite di generazione”*), già presenti nella precedente versione della norma, si sono aggiunte tre nuove Appendici:

- L’Appendice C: *“Fabbisogni di energia per la ventilazione meccanica e per la climatizzazione invernale in presenza di impianti aeraulici”*;

- L’Appendice D: *“Fabbisogni di energia per l’illuminazione”*;

- L’Appendice E: *“Calcolo della prestazione energetica di edifici non dotati di impianto di climatizzazione”*.

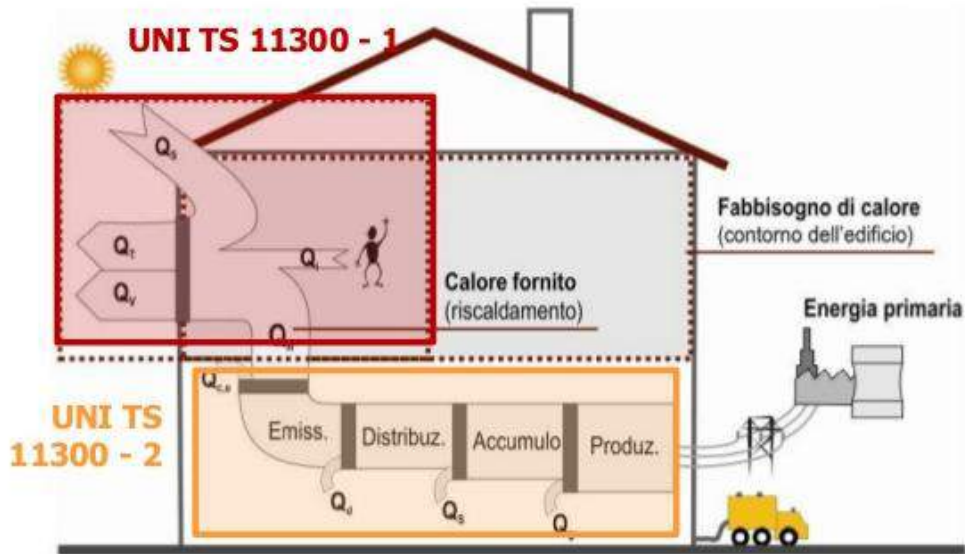


Fig. 2.12 -Schema di bilancio energetico previsto dall'applicazione della norma UNI TS 11300 - Parte 1 e Parte 2, aggiornata al 2014. ©Subazzoli.

IL DECRETO LEGGE N. 63/2013 E LA CONVERSIONE NELLA LEGGE N. 90/2013

Alcune criticità o debolezze presenti nel quadro normativo italiano sono imputabili ai ritardi e alle difficoltà di recepimento delle Direttive europee. Per esempio, l'Italia ha registrato un notevole ritardo nel recepimento della Direttiva 2010/31/UE sulla riqualificazione energetica del patrimonio edilizio, anche dopo la procedura di infrazione avviata nel 2006 dalla Commissione europea nei confronti dell'Italia, a causa di un recepimento non completo e conforme della Direttiva 2002/91/CE.

La Legge n. 90 del 3 Agosto 2013 (conversione e modifica del D.L. n. 63 del 2013), reca, finalmente, disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva del 2010, vista anche la necessità e l'urgenza di emanare disposizioni volte a favorire la riqualificazione e l'efficienza energetica del patrimonio immobiliare italiano, in conformità al diritto dell'Unione Europea²¹.

Il Decreto - così come la relativa Legge di conversione - sostituisce l'attestato di *certificazione energetica*, fino ad ora inteso come "*documento attestante la prestazione energetica ed eventualmente alcuni parametri energetici caratteristici dell'edificio*" (disciplinato dal D.P.R. 2 Aprile 2009 n. 59, recepimento della Direttiva Comunitaria 2002/91/CE), con un "*attestato di prestazione energetica*" definito come "*il documento, redatto e rilasciato da esperti qualificati e indipendenti che attesta la prestazione energetica di un edificio attraverso l'utilizzo di specifici descrittori e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica*", in conformità a quanto prescritto dalla Direttiva Comunitaria 2010/31/UE.

Il Decreto apporta modifiche sostanziali agli articoli del precedente D. Lgs. 192/2005, soprattutto in materia di attestazione delle prestazione energetica degli edifici (sia nuovi, che in corso di costruzione, che già esistenti) e delle relative condizioni, modalità di

emissione, diffusione e validità, facendo tuttavia salvi gli attestati di certificazione energetica, rilasciati prima del 6 Giugno 2013, in conformità alla precedente normativa ed in corso di validità.

Da segnalare che il D.L. 63/2013 ha anche previsto l'emanazione di decreti di adeguamento delle metodologie di calcolo, ma senza comunque abrogare e/o modificare le Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica, (approvate con il D.M. 26 Giugno 2009), che continuano a trovare piena applicazione.

Infine, l'art. 13 *bis* (inserito in sede di conversione del suddetto Decreto) ha modificato la "clausola di cedevolezza"²² di cui all'art. 17 del D. Lgs. 192/2005, stabilendo che le disposizioni in quest'ultimo contenute si applicano solo alle Regioni e alle Province autonome che non abbiano ancora provveduto ad emanare proprie disposizioni normative volte al recepimento della Direttiva Comunitaria di riferimento, e ciò fino alla data di entrata in vigore della normativa di attuazione adottata da ciascuna regione e provincia autonoma (Figura 2.13).



Fig. 2.13 - Rapporto 2013 sullo Stato di Attuazione della Certificazione Energetica degli Edifici. La "clausola di cedevolezza" contenuta nel D. Lgs. 192/05 ha consentito alle Regioni di recepire la certificazione energetica degli edifici in modo autonomo. Tutto questo, ha comportato poca uniformità delle procedure a livello regionale, anche all'indomani della pubblicazione delle Linee Guida Nazionali. Sebbene la certificazione sia di fatto obbligatoria su tutto il territorio nazionale, a livello locale si possono configurare le seguenti situazioni: recepimento, con legge regionale, della Direttiva 2002/91/CE; emanazione di Regolamento regionale per l'attuazione delle Linee Guida Nazionali (LGN); assenza di recepimento della Direttiva 2002/91/CE e di regolamenti regionali o delle province autonome. © CTI.

2.3. Le agevolazioni fiscali per il risparmio energetico

Il Decreto Legge n. 63/2013, conosciuto anche come *Ecobonus 2013*, ha prorogato al 31 Dicembre 2013 la detrazione fiscale per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici. Inoltre, lo stesso incentivo, (ulteriormente prorogato fino al 2015) è stato innalzato dal 55% al 65% delle spese sostenute nel periodo che va dal 6 Giugno 2013 (data di entrata in vigore del Decreto) al 31 Dicembre 2013.

In seguito all'approvazione della Legge di Stabilità 2014, il cosiddetto *ecobonus* resta al 65% fino al 31 Dicembre 2014, e passerà al 50% per il 2015, ritornando nel 2016 al 36%. Detrazioni fiscali (50% fino a fine 2014), sono anche previste per le ristrutturazioni edilizie "semplici" (cioè che non prevedono interventi di miglioramento energetico degli edifici), che, tra i molti interventi agevolati, comprendono anche l'installazione di impianti fotovoltaici.

È, inoltre, prevista una maggiore durata dell'agevolazione, per gli interventi relativi alle parti comuni degli edifici condominiali e per quelli che riguardano tutte le unità immobiliari di cui si compone il singolo condominio.²³

L'agevolazione fiscale, consiste in detrazioni dall'Irpef²⁴ o dall'Ires²⁵, ed è concessa nel caso di interventi volti ad aumentare il livello di efficienza energetica degli edifici esistenti. In particolare, le detrazioni sono riconosciute se le spese sono sostenute per:

- la riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento;
- il miglioramento delle prestazioni termiche dell'edificio;
- l'installazione di pannelli solari per il riscaldamento dell'ACS;
- la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale.

Ogni categoria di intervento prevede una soglia massima di detraibilità fiscale, che non può, in nessun caso, superare un valore totale pari a 100.000 euro, in un periodo massimo di 10 anni, come riportato in Tabella 2.1.

| DETRAZIONE MASSIMA PER TIPOLOGIA DI INTERVENTO | |
|--|--------------------|
| INTERVENTO | DETRAZIONE MASSIMA |
| 1. RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICI ESISTENTI | 100.000 euro |
| 2. INVOLUCRO EDIFICI (PER ESEMPIO, PARETI, FINESTRE - COMPRESI GLI INFISSI - SU EDIFICI ESISTENTI) | 60.000 euro |
| 3. INSTALLAZIONE DI PANNELLI SOLARI | 60.000 euro |
| 4. SOSTITUZIONE DEGLI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE | 30.000 euro |

Tab. 2.1 - Valori di detrazione massima consentita dalla legge per gli interventi di riqualificazione energetica. Dati del 2013, Agenzia delle Entrate.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA (GLOBALE) DI EDIFICI ESISTENTI

Il valore massimo della detrazione fiscale è di 100.000 euro. Rientrano in questa tipologia di intervento i lavori che permettono il raggiungimento di un indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale non superiore ai valori definiti dal Decreto del Ministro dello Sviluppo economico dell'11 Marzo 2008 - Allegato A²⁶, e comunque inferiori a quelli di partenza (cfr Capitolo 5).

I parametri di riferimento sono quelli applicabili alla data di inizio dei lavori. Non è stato stabilito quali opere o impianti occorre realizzare per raggiungere le prestazioni energetiche richieste. L'intervento, infatti, è definito in funzione del risultato che lo stesso deve conseguire in termini di riduzione del fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione del fabbricato.

Pertanto, la categoria degli "interventi di riqualificazione energetica" ammessi al beneficio fiscale, include qualsiasi intervento, o insieme sistematico di interventi, che incida sulla prestazione energetica globale dell'edificio, realizzando la maggior efficienza energetica richiesta dalla norma, e cioè il più basso fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale, calcolato facendo riferimento al fabbisogno energetico dell'intero edificio e non a quello delle singole porzioni immobiliari che lo compongono, e la verifica dei parametri significativi in regime estivo (secondo l'art. 4, comma 18 del Decreto n. 59/2009).

Gli indici che misurano il risparmio energetico sono elaborati in funzione della categoria in cui l'edificio è classificato (residenziale o "altri edifici"), della zona climatica in cui è situato e del rapporto di forma che lo stesso presenta (rapporto "S/V").

INTERVENTI SULL'INVOLUCRO EDILIZIO

Una delle strategie più efficaci per ridurre la domanda di climatizzazione invernale ed estiva degli edifici, e quindi i consumi energetici correlati, riguarda le azioni di miglioramento delle prestazioni dell'involucro. Quest'ultimo, infatti, influenza la maggior parte dei fattori determinanti nel bilancio energetico di un ambiente confinato, fungendo da superficie di separazione tra l'interno e l'ambiente esterno, con le relative condizioni al contorno.

Per gli interventi che agiscono sull'involucro edilizio, il valore massimo della detrazione fiscale è di 60.000 euro. Si tratta degli interventi su edifici esistenti, parti di edifici esistenti o unità immobiliari esistenti, riguardanti strutture opache orizzontali (coperture, pavimenti), verticali (pareti generalmente esterne), finestre comprensive di infissi, delimitanti il volume riscaldato, verso l'esterno o verso vani non riscaldati, che rispettano i requisiti di trasmittanza termica "U" definiti dal DM dell'11 Marzo 2008 e successivamente modificati dal DM del 6 Gennaio 2010.

In questo gruppo di lavori, rientra anche la sostituzione dei portoni d'ingresso, a condizione che si tratti di serramenti che delimitano l'involucro riscaldato dell'edificio verso l'esterno o verso locali non riscaldati, e risultino rispettati gli indici di trasmittanza

termica richiesti. Gli infissi sono comprensivi anche delle strutture accessorie che hanno effetto sulla dispersione di calore (per esempio, scuri o persiane, ecc.).

INSTALLAZIONE DI PANNELLI SOLARI PER LA PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA

Per tali interventi il valore massimo della detrazione fiscale è di 60.000 euro. I fabbisogni soddisfatti con l'impianto di produzione di acqua calda possono riguardare non soltanto la sfera domestica o le esigenze produttive ma, più in generale, l'ambito commerciale, ricreativo o socio assistenziale. In pratica, possono accedere alla detrazione tutte le strutture che svolgono attività e servizi in cui è richiesta la produzione di acqua calda per usi igienico-sanitari.

Per l'asseverazione dell'intervento concernente l'installazione dei pannelli solari è richiesto un termine minimo di garanzia (fissato in cinque anni per i pannelli e i bollitori e in due anni per gli accessori e i componenti tecnici) e la certificazione di conformità dei pannelli alle norme UNI EN 12975 o UNI EN 12976.

Sulla base delle indicazioni tecniche fornite dall'Enea, se si installa un sistema termodinamico finalizzato alla produzione combinata di energia elettrica e di energia termica, possono essere oggetto di detrazione solo le spese sostenute per la parte riferibile alla produzione di energia termica. In questi casi, la quota di spesa detraibile può essere determinata in misura percentuale sulla base del rapporto tra l'energia termica prodotta e quella complessivamente sviluppata dall'impianto (risoluzione dell'Agenzia delle Entrate del 7 Febbraio 2011, n. 12/E).

SOSTITUZIONE DI IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Per tali interventi il valore massimo della detrazione fiscale è di 30.000 euro. Per lavori di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale si intende la sostituzione, integrale o parziale, di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti dotati di caldaie a condensazione e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione.

Per fruire dell'agevolazione è necessario, quindi, sostituire l'impianto preesistente e installare uno o più nuovi. Non è agevolabile, invece, l'installazione di sistemi di climatizzazione invernale in edifici che ne erano sprovvisti.

Dal 1° Gennaio 2012, inoltre, la detrazione è stata estesa alle spese per interventi di sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria. Risulta importante rilevare come, per quest'ultima tipologia di intervento, il D.L. n. 63/2013 aveva inizialmente escluso la proroga della detrazione fino al 31 Dicembre 2013, reintrodotta invece dalla sua Legge di conversione.

Occorre anche prestare attenzione all'eventualità in cui solo alcuni appartamenti di uno stesso edificio abbiano un impianto di riscaldamento. In tali circostanze, la detrazione non può essere riconosciuta sull'intera spesa sostenuta per l'installazione di un nuovo impianto centralizzato di climatizzazione invernale, riferibile anche al riscaldamento delle unità prive di un preesistente impianto termico, ma deve essere limitata alla parte di spesa imputabile alle unità nelle quali tale impianto era presente. Per

individuare la quota di spesa detraibile, va utilizzato un criterio di ripartizione proporzionale basato sulle quote millesimali riferite a ciascun appartamento.

È esclusa dall'agevolazione la trasformazione dell'impianto di climatizzazione invernale da centralizzato a individuale o autonomo. Condizione indispensabile per fruire della detrazione è, come si evince dalla tipologia degli stessi interventi descritti, che gli interventi siano eseguiti su unità immobiliari e su edifici (o su parti di edifici) esistenti, di qualunque categoria catastale, anche se rurali, compresi quelli strumentali (per l'attività d'impresa o professionale). Non sono agevolabili, quindi, le spese effettuate in corso di costruzione dell'immobile. L'esclusione degli edifici di nuova costruzione, peraltro, risulta coerente con la normativa di settore adottata a livello comunitario in base alla quale tutti i nuovi edifici sono già assoggettati a prescrizioni minime della prestazione energetica, stabilite in funzione delle locali condizioni climatiche e della tipologia.

In caso di ristrutturazione senza demolizione dell'esistente, e successivo ampliamento, la detrazione spetta solo per le spese riferibili alla parte esistente. In quest'ultimo caso, comunque, l'agevolazione non può riguardare gli interventi di riqualificazione energetica globale dell'edificio, considerato che per tali interventi occorre individuare il fabbisogno di energia primaria annua riferita all'intero edificio, comprensivo, pertanto, anche dell'ampliamento. Sono agevolabili, invece, gli interventi per i quali la detrazione è subordinata alle caratteristiche tecniche dei singoli elementi costruttivi (pareti, infissi, ecc.) o dei singoli impianti (pannelli solari, caldaie, ecc.).

La prova dell'esistenza dell'edificio può essere fornita dalla sua iscrizione in catasto o dalla richiesta di accatastamento, oppure dal pagamento dell'imposta comunale, se dovuta. Inoltre, per beneficiare dell'agevolazione fiscale, è necessario presentare un documento, la *asseverazione*, che consente di dimostrare che l'intervento realizzato è conforme ai requisiti tecnici richiesti.

Se vengono eseguiti più interventi sullo stesso edificio, l'asseverazione può avere carattere unitario e fornire in modo complessivo i dati e le informazioni richieste. Tale documento deve essere redatto da un tecnico abilitato, insieme all'attestato di certificazione (o qualificazione) energetica, che comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, dimostrando i miglioramenti effettuati rispetto allo stato di fatto, ed il risparmio energetico conseguibile in seguito ad essi.

Tale certificazione è prodotta dopo l'esecuzione degli interventi, utilizzando procedure e metodologie approvate dalle Regioni e dalle Province autonome di Trento e Bolzano, ovvero le procedure e le metodologie indicate dall'articolo 6 del D. Lgs. 19 Agosto 2005, n. 192, o ancora le procedure stabilite dai Comuni con proprio regolamento antecedente l'8 Ottobre 2005. In assenza delle citate procedure, dopo l'esecuzione dei lavori può essere prodotto l'attestato di "qualificazione energetica" in sostituzione di quello di "certificazione energetica". Gli indici di prestazione energetica, oggetto della documentazione indicata, possono essere calcolati, nei casi previsti, con la metodologia semplificata riportata dall'allegato B (o allegato G) dei predetti decreti.

2.4 I requisiti di prestazione energetica degli edifici

Per prestazione energetica complessiva di un edificio si intende la quantità annua di energia primaria effettivamente consumata, o che si ritiene essere necessaria, per soddisfare i bisogni connessi all'uso standard dell'edificio: la climatizzazione invernale ed estiva, la produzione di acqua calda sanitaria (nota anche con l'acronimo ACS), la ventilazione e l'illuminazione. Tale prestazione è descritta attraverso l'*indice di prestazione energetica totale*, EP_{tot} , dato dalla seguente equazione:

$$EP_{tot} = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill}$$

in cui:

EP_i = *indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale*;

EP_e = *indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva*;

EP_{acs} = *indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria*;

EP_{ill} = *indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale*.

L'indice di prestazione energetica si esprime in kWh/(m²anno) per gli edifici destinati ad uso residenziale e kWh/(m³anno) per gli edifici destinati al terziario.

Esso assume un valore man mano più basso, al crescere dell'efficienza energetica dell'edificio, essendo una grandezza che esprime il consumo annuo specifico di energia primaria, in riferimento all'unità di superficie utile del locale considerato.

A seconda del rapporto S/V (superficie disperdente dell'involucro su volume lordo riscaldato) e della zona climatica di appartenenza, la legge stabilisce valori limite dell'indice prestazione energetica, da rispettare sia in caso di progettazione di nuovi edifici che nel caso di ristrutturazione di quelli esistenti.

Per quanto riguarda la valutazione dei consumi dovuti alla climatizzazione invernale, occorre calcolare, per ciascun mese del periodo di riscaldamento, il *fabbisogno di energia termica*, ossia l'energia termica da somministrare agli ambienti interni per mantenere la temperatura entro certi livelli di *comfort* (convenzionalmente la temperatura interna di *comfort* da mantenere è fissata a 20°C).

Una volta effettuata la somma relativa al fabbisogno di energia per ciascun mese di riferimento, corrispondente al *fabbisogno termico stagionale* Q_H , la relazione che lega tale parametro ai consumi di *energia primaria* è:

$$Q_{pH} = Q_H / \eta_{gH}$$

in cui η_{gH} è il *rendimento globale medio stagionale* dell'impianto.

Ai fini di ridurre i consumi energetici, si può dunque intervenire sia sulla costruzione, attraverso interventi atti a contenere il fabbisogno di energia, sia sugli impianti, modificando il rendimento globale medio stagionale ed aumentando l'efficienza e le prestazioni del sistema.

Per calcolare il fabbisogno di energia termica Q_H , è necessario effettuare un bilancio termico dell'edificio, per ciascun mese del periodo di riscaldamento. Tale bilancio dipende dai flussi termici in ingresso e in uscita dal sistema.

In uscita vi è il calore $Q_{H,tr}$ disperso attraverso l'involucro (sia opaco che finestrato) e il calore $Q_{H,ve}$ necessario a riscaldare l'aria di rinnovo degli ambienti (calore di ventilazione).

In ingresso, invece, si considera il calore Q_{int} dovuto ai cosiddetti *carichi* o *apporti interni*, prodotto dalla presenza di persone, macchinari e luci, e quello dovuto agli apporti solari, Q_{sol} . Per quanto riguarda le condizioni invernali, dunque, si verifica che:

$$Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - \eta(Q_{int} + Q_{sol}) > 0$$

Dove η rappresenta un fattore di riduzione, detto *fattore di utilizzazione degli apporti termici*, che dipende dalle caratteristiche dell'edificio e tiene conto della non contemporaneità degli apporti gratuiti.

La quantità di calore necessaria per bilanciare i termici energetici presenti nella precedente relazione, rappresenta il *fabbisogno termico stagionale* Q_H :

$$Q_H = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - \eta(Q_{int} + Q_{sol})$$

In inverno, dunque, il fabbisogno termico sarà tanto più piccolo quanto più saranno ridotte le dispersioni verso l'esterno, e quanto maggiori saranno gli apporti gratuiti (carichi interni e guadagni solari).

Un importante strategia per ridurre il fabbisogno termico è rappresentata dalla riduzione delle dispersioni attraverso l'involucro edilizio, principale responsabile della trasmissione dei flussi di calore tra ambiente interno ed esterno. La dispersione attraverso l'involucro avviene per mezzo dei componenti opachi, dei serramenti e dei ponti termici.

Nei primi due casi, l'energia termica che, nell'unità di tempo, attraversa i componenti è data dalla relazione:

$$Q = U \times A (T_i - T_e)$$

in cui:

- U è la trasmittanza del componente, espressa in $W/(m^2K)$;
- A è l'area della parete, espressa in m^2 ;
- T_i e T_e sono, rispettivamente, la temperatura interna all'edificio ed esterna.

Dalla precedente equazione si evince che, dati una determinata superficie disperdente A e un intervallo fissato di temperature ΔT , la potenza termica trasmessa attraverso il componente dipende dalla trasmittanza termica U . Ai fini della riduzione del fabbisogno termico invernale e conseguentemente dei consumi è necessario, pertanto, che i valori di trasmittanza siano il più possibile contenuti.

La trasmittanza dei componenti opachi e trasparenti è sottoposta a limiti stabiliti dalla legge, introdotti dal D. Lgs. 192/2005 (Tabelle 2.2 - 2.6).

Tali vincoli sono espressi in funzione della zona climatica e del tipo di componente interessato, e costituiscono, oltre ad un vincolo di legge, un utile riferimento per una corretta progettazione.

LE ZONE CLIMATICHE E I REQUISITI MINIMI PRESCRITTI DAL D. LGS. 192/2005

Il 1° Gennaio 2006, è entrato in vigore il Decreto Legislativo n°192 del 19 Agosto 2005 "Attuazione delle Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico in edilizia", il quale ha fissato nuovi limiti di isolamento termico per l'edificio e per i componenti edilizi.

Nel seguito si illustrano le principali novità introdotte dal Decreto, in particolare i requisiti energetici dell'involucro.

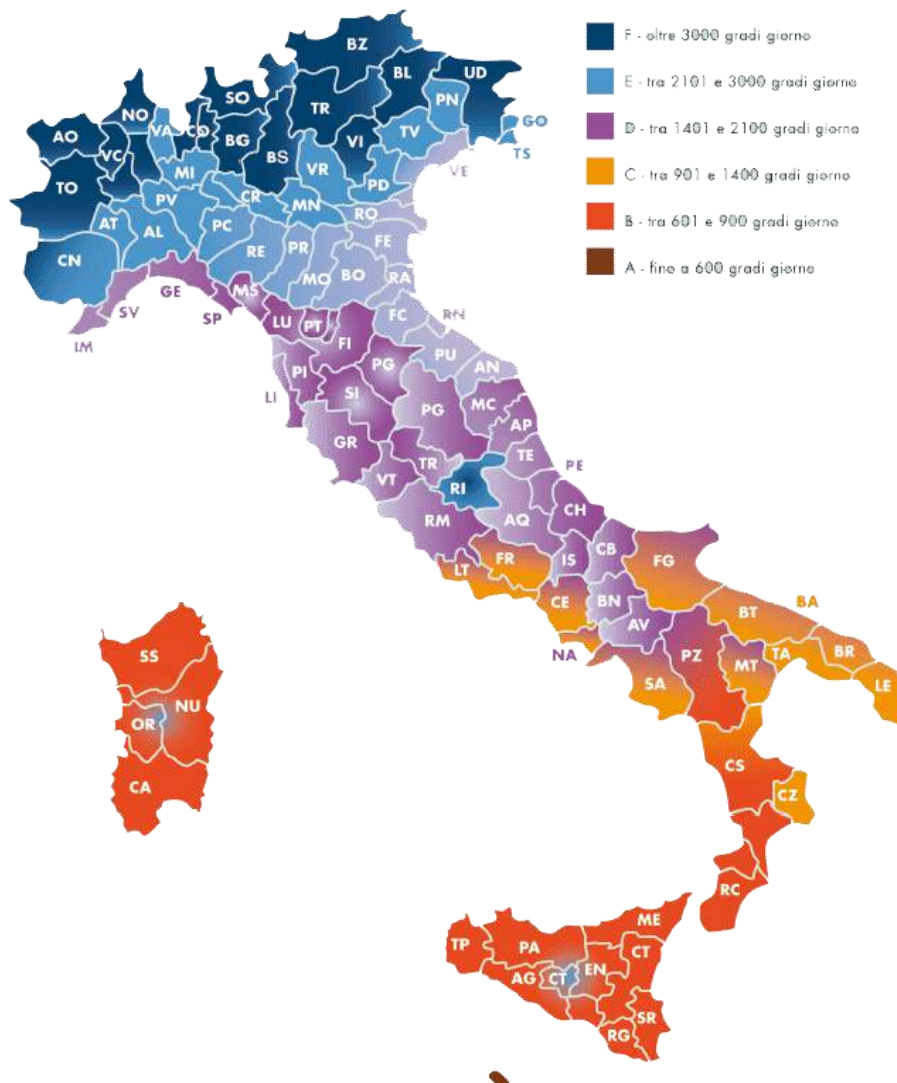


Fig. 2.14 - Suddivisione del suolo italiano in zone climatiche secondo il D. Lgs. 192/2005, in funzione del parametro chiamato "gradi giorno" (GG).

Il D. Lgs. 192/2005, classifica i comuni italiani in 6 zone climatiche (Figura 2.14), a seconda del parametro *Gradi Giorno* (GG)²⁷, calcolabile mediante la seguente formula:

$$GG = \sum_{e=1}^n (T_0 - T_e)$$

in cui:

- T_0 = temperatura ambiente convenzionale (20°C)
- T_e = temperatura media esterna giornaliera
- n = numero di giorni del periodo convenzionale di riscaldamento.

Per realizzare edifici energeticamente efficienti, è indispensabile che le strutture che ne delimitano il volume siano correttamente isolate: il Decreto introduce in Italia, per la prima volta, il concetto di “valore limite di trasmittanza termica” dei componenti edilizi, utilizzato per valutare la rispondenza ai limiti prestazionali degli interventi di ristrutturazione e di nuova progettazione.

Tali requisiti minimi di trasmittanza, contenuti nell'Allegato C del D. Lgs. del 2005, sono classificati in funzione del tipo di componente a cui si riferiscono.

Le seguenti Tabelle riportano rispettivamente i valori limite di trasmittanza delle strutture verticali opache (Tabella 2.2), delle strutture opache orizzontali, suddivise in solai di copertura (Tabella 2.3) o di pavimento (Tabella 2.4), delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi (Tabella 2.5) e, infine, dei soli vetri (Tabella 2.6).

| Valori limite della trasmittanza termica U [W/m ² K] delle strutture opache verticali | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| ZONA CLIMATICA | DALL'1 GENNAIO 2006 | DALL'1 GENNAIO 2008 | DALL'1 GENNAIO 2010 |
| A | 0,85 | 0,72 | 0,62 |
| B | 0,64 | 0,54 | 0,48 |
| C | 0,57 | 0,46 | 0,40 |
| D | 0,50 | 0,40 | 0,36 |
| E | 0,46 | 0,37 | 0,34 |
| F | 0,44 | 0,35 | 0,33 |

Tab. 2.2 - La tabella riporta i valori limite di trasmittanza per le strutture opache verticali (Allegato C del D. Lgs 192/2005).

| Valori limite della trasmittanza termica U [W/m ² K] delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| ZONA CLIMATICA | DALL'1 GENNAIO 2006 | DALL'1 GENNAIO 2008 | DALL'1 GENNAIO 2010 |
| A | 0,80 | 0,42 | 0,38 |
| B | 0,60 | 0,42 | 0,38 |
| C | 0,55 | 0,42 | 0,38 |
| D | 0,46 | 0,35 | 0,32 |
| E | 0,43 | 0,32 | 0,30 |
| F | 0,41 | 0,31 | 0,29 |

Tabella 2.3 - La tabella riporta i valori limite di trasmittanza per le strutture opache orizzontali di copertura (Tabella 3.1 dell'allegato C, D.lgs. 192/2005).

| Valori limite della trasmittanza termica U [W/m ² K] delle strutture orizzontali opache orizzontali di pavimento | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| ZONA CLIMATICA | DALL'1 GENNAIO 2006 | DALL'1 GENNAIO 2008 | DALL'1 GENNAIO 2010 |
| A | 0,80 | 0,74 | 0,65 |
| B | 0,60 | 0,55 | 0,49 |
| C | 0,55 | 0,49 | 0,42 |
| D | 0,46 | 0,41 | 0,36 |
| E | 0,43 | 0,38 | 0,33 |
| F | 0,41 | 0,36 | 0,32 |

Tab. 2.4 - La tabella riporta i valori limite di trasmittanza per le strutture opache orizzontali di pavimento (Tabella 3.2 dell'allegato C, D.lgs. 192/2005).

| Valori limite della trasmittanza termica U [W/m^2K] delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| ZONA CLIMATICA | DALL'1 GENNAIO 2006 | DALL'1 GENNAIO 2008 | DALL'1 GENNAIO 2010 |
| A | 5,5 | 5,0 | 4,6 |
| B | 4,0 | 3,6 | 3,0 |
| C | 3,3 | 3,0 | 2,6 |
| D | 3,1 | 2,8 | 2,4 |
| E | 2,8 | 2,4 | 2,2 |
| F | 2,4 | 2,2 | 2,0 |

Tab. 2.5 - La tabella riporta i valori limite di trasmittanza termica per le chiusure trasparenti, comprensive degli infissi (Tabella 4a dell'allegato C, D.lgs. 192/2005).

| Valori limite della trasmittanza termica U [W/m^2K] centrale dei vetri | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| ZONA CLIMATICA | DALL'1 GENNAIO 2006 | DALL'1 GENNAIO 2008 | DALL'1 GENNAIO 2010 |
| A | 5,0 | 4,5 | 3,7 |
| B | 4,0 | 3,4 | 2,7 |
| C | 3,0 | 2,3 | 2,1 |
| D | 2,6 | 2,1 | 1,9 |
| E | 2,4 | 1,9 | 1,7 |
| F | 2,3 | 1,7 | 1,3 |

Tab. 2.6 - La tabella riporta i valori limite di trasmittanza centrale termica U dei vetri (Tabella 4b dell'allegato C, D.lgs. 192/2005).

La legge distingue tra chiusure opache verticali e orizzontali (pavimenti verso locali non riscaldati o esterno e coperture) e chiusure trasparenti. Queste ultime prevedono la assegnazione del limite non solo alla trasmittanza delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi, ma anche alla trasmittanza del componente vetrato. Si nota come dal 1° Gennaio 2010, il limite meno restrittivo della trasmittanza di un infisso (telaio e componente vetrato), è pari a $3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ed è valido soltanto per la zona A. Tale valore, tuttavia, risulta minore rispetto a quello degli infissi ancora spesso presenti negli edifici esistenti, e che presentano valori di trasmittanza termica di circa $5-6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Si può osservare come il legislatore abbia previsto e imposto una graduale restrittività nel disciplinare il valore limite di trasmittanza, che, a partire dal 1° Gennaio 2006, decresce progressivamente, in modo tale da consentire un graduale adempimento della normativa, e da permettere, a partire dal 2010, di poter applicare un valore limite nettamente inferiore ai limiti imposti in partenza (validi dal 2006).

Il D. Lgs. 192/2005, introduce anche l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale (espresso in kWh/m^2 anno), in funzione della zona climatica e del rapporto di forma dell'edificio S/V , dove "S", *superficie disperdente* - espressa in m^2 - è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento) il *volume riscaldato* "V", che - espresso in m^3 - rappresenta il volume lordo delle parti di edificio riscaldate e definito dalle superfici che lo delimitano.

Il valore limite di prestazione energetica viene differenziato, inoltre, a seconda della destinazione d'uso degli edifici sottoposti alla valutazione delle prestazioni energetiche, suddivisa nelle *categorie d'uso* stabilite all'art. 3 del D.P.R. 26/08/1993, n. 412.

Per quanto riguarda gli edifici residenziali, che rientrano nella cosiddetta categoria "E1", i valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, sono riportati nella seguente Tabella 2.7, e sono validi dall'1 Gennaio 2010.

| Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale [kWh/m ² anno] | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|---|
| RAPPORTO DI FORMA DELL'EDIFICIO S/V | ZONA CLIMATICA DI RIFERIMENTO E NUMERO DI GRADI GIORNO | | | | | | | | | | |
| | A | | B | | C | | D | | E | | F |
| | FINO A 600 GG | FINO A 601 GG | FINO A 900 GG | FINO A 901 GG | FINO A 1400 GG | FINO A 1401 GG | FINO A 2100 GG | FINO A 2101 GG | FINO A 3000 GG | OLTRE 3000 GG | |
| ≤ 0,2 | 8,5 | 8,5 | 12,8 | 12,8 | 21,3 | 21,3 | 34 | 34 | 46,8 | 46,8 | |
| ≥ 0,9 | 36 | 36 | 48 | 48 | 68 | 68 | 88 | 88 | 116 | 116 | |

Tab. 2.7 - La tabella riporta i valori limite di prestazione energetica per la climatizzazione invernale di edifici destinati a residenza, categoria E1, applicabili a partire da Gennaio 2010, ed espressi in kWh/m^2 anno.

Per quanto riguarda il condizionamento estivo, è necessario fare riferimento al parametro che indica la prestazione dell'involucro, espresso attraverso il fabbisogno termico $EP_{e,inv}$.

In alternativa, possono essere presi in considerazione altri indicatori prestazionali, tra cui il *fattore di attenuazione* " f_a ", che esprime il rapporto tra il modulo della *trasmissione termica dinamica* " Y_{ie} " e lo *sfasamento* " S ", ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno e il massimo della temperatura dell'ambiente esterno. Così come la trasmissione dinamica " Y_{ie} ", i precedenti parametri termici sono valutati secondo la norma UNI EN ISO 13786 (Tabelle 2.8 e 2.9).

Relativamente al regime estivo, è inoltre obbligatorio inserire appositi sistemi schermanti esterni, per ridurre la percentuale di irraggiamento solare che penetra attraverso i componenti vetrati esposti alla radiazione solare, salvo la possibilità di ricorrere a vetri con opportune caratteristiche e prestazioni, fra cui un fattore solare minore di 0,5.

Per le superfici opache sono poste condizioni sulla *massa superficiale* (M_s) e sulla *trasmissione periodica* (Y_{ie})²⁸. Il Decreto n. 59/2009, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, prescrive al progettista (art. 4, comma 18) almeno una delle seguenti verifiche, (per tutte le pareti verticali opache, ad esclusione di quelle esposte a Nord o poco esposte alla radiazione solare):

- che il valore della massa superficiale M_s , sia superiore a 230 kg/mq;
- che il valore del modulo della trasmissione termica periodica (Y_{ie}), sia inferiore a 0,12 W/m²K;
- che il valore del modulo della trasmissione termica periodica delle pareti opache, orizzontali ed inclinate, sia inferiore a 0,20 W/m²K;

In particolare, questa verifica deve essere obbligatoriamente effettuata nelle zone climatiche A, B, C, D e nelle località con irradianza I_m sul piano orizzontale nel mese di maggiore insolazione superiore a 250 W/m².

Tali verifiche sono state successivamente ribadite nel D.M. 26 Giugno 2009, "*Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*". Tale Decreto, dedica un apposito paragrafo (Paragrafo n. 6), alla "Valutazione qualitativa delle caratteristiche dell'involucro edilizio volte a contenere il fabbisogno per la climatizzazione estiva".

A tal proposito la normativa di riferimento nazionale, enunciata dallo stesso Decreto, distingue due diversi metodi per il calcolo delle prestazioni energetiche in regime estivo:

1) Metodo basato sulla determinazione dell'*indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento*.

Viene introdotto l'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento ($EP_{e,inv}$), espresso in kWh/m²anno, pari al rapporto tra il fabbisogno di energia termica per il raffrescamento dell'edificio (energia richiesta dall'involucro edilizio per mantenere negli ambienti interni le condizioni di *comfort*, senza tenere conto dei rendimenti

dell'impianto che fornisce il servizio, pertanto non si tratta di energia primaria) e la superficie calpestabile del volume climatizzato.

Per la relativa metodologia di calcolo si rimanda alle norme UNI TS 11300.

2) Metodo basato sulla determinazione di parametri *qualitativi*.

In alternativa al calcolo dell'indice di prestazione termica dell'edificio per il raffrescamento ($EP_{e,inv}$), la normativa introduce la possibilità di procedere alla determinazione di indicatori quali: lo *sfasamento* (S), espresso in ore, ed il *fattore di attenuazione* (f_a), coefficiente adimensionale.

Il riferimento nazionale per il calcolo dei predetti indicatori è la norma tecnica UNI EN ISO 13786, che definisce:

- “*fattore di attenuazione*” o “*fattore di decremento*”, il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica Y_{ie} e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie U ;
- “*sfasamento*”, il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

L'involucro può essere, dunque, classificato in cinque diverse classi di "qualità prestazionale", valide per tutte le destinazioni d'uso, e verificabili con uno dei due metodi sopra descritti, in funzione all'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo oppure dei parametri qualitativi quali sfasamento e fattore di attenuazione, rispettivamente riportati in Tabella 2.8 e 2.9:

| $EP_{e,inv}$ (kWh/ m²anno) | Prestazioni | Qualità prestazionale |
|---|--------------------|----------------------------------|
| $EP_{e,inv} \leq 10$ | ottime | I |
| $10 < EP_{e,inv} \leq 20$ | buone | II |
| $20 < EP_{e,inv} \leq 30$ | sufficienti | III |
| $30 < EP_{e,inv} \leq 40$ | mediocri | IV |
| $EP_{e,inv} > 40$ | cattive | V |

| Sfasamento (ore) | Attenuazione | Qualità prestazionale |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| $S > 12$ | $Fa < 0,15$ | I |
| $12 \geq S > 10$ | $0,15 \leq fa < 0,30$ | II |
| $10 \geq S > 8$ | $0,30 \leq fa < 0,40$ | III |
| $8 \geq S > 6$ | $0,40 \leq fa < 0,60$ | IV |
| $6 \geq S$ | $0,60 \leq fa$ | V |

Tabb. 2.8 e 2.9 - Qualità prestazionali termiche dell'involucro edilizio per indice di prestazione energetica per il raffrescamento $EP_{e,inv}$, e per verifica dei parametri qualitativi dell'involucro: sfasamento e fattore di attenuazione (Decreto 59/2009).

Nei casi in cui le coppie di parametri caratterizzanti l'edificio non rientrano coerentemente negli intervalli fissati in tabella, per la classificazione prevale il valore dello sfasamento.

Tra i parametri che influiscono sulle prestazioni termiche di raffrescamento, la trasmittanza termica periodica Y_{ie} non rappresenta una grandezza reale, ma dovrebbe essere d'aiuto per poter meglio valutare come un componente risponde a sollecitazioni periodiche (sinusoidali) di temperatura.

Talvolta, essa viene denominata "trasmittanza termica estiva", per distinguerla dalla trasmittanza termica U stazionaria, che è più indicativa nel regime invernale, sottolineando il suo utilizzo come parametro rappresentativo del comportamento di un elemento di involucro nel periodo estivo. Inoltre è il parametro che permette al progettista di capire, di volta in volta, se agire sull'isolamento o sulla massa dell'involucro per migliorarne le prestazioni energetiche.

La trasmittanza termica periodica, espressa in $W/(m^2K)$, è data da:

$$Y_{ie} = f_d * U$$

dove il fattore di decremento f_d è riferito ad una sollecitazione armonica con periodo di 24 ore.

Dall'attuale quadro legislativo e normativo si evince come, ai fini del miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto, giocano un ruolo di fondamentale importanza le caratteristiche termo-fisiche dell'involucro, sia opaco che trasparente. Questo aspetto ha una forte ricaduta sulle scelte progettuali, sia negli interventi di riqualificazione dell'esistente che nella progettazione di nuove costruzioni.

DECRETO SULLE FONTI RINNOVABILI DI ENERGIA

Una importante novità introdotta dalla normativa negli ultimi anni, che ha anche sancito un ulteriore allineamento dell'Italia alle disposizioni europee, riguarda il cosiddetto "Decreto Rinnovabili". Emanato il 3 Marzo 2011, il Decreto Ministeriale "*Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle Direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE*", definisce strumenti, meccanismi, incentivi e quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi fissati per il 2020, in materia di energia proveniente da fonti rinnovabili.

In particolare, il Decreto prevedeva:

- Dal 31 Maggio 2012 una copertura del 50% del fabbisogno di energia termica per la produzione di acqua calda sanitaria.
- Per il riscaldamento ed il raffrescamento, la copertura con fonti rinnovabili di una quantità di energia calcolata sul fabbisogno complessivo dell'immobile, per una percentuale compresa tra il 20% e il 50%, e in quantità crescente fino al 2017. Oltre alle

rinnovabili termiche, il Decreto stabilisce vincoli importanti anche per la parte elettrica dei fabbisogni degli edifici.

L'obbligo riguarda l'installazione di impianti da fonti rinnovabili proporzionalmente alla grandezza dell'edificio. Per tutti gli edifici pubblici questi requisiti vengono incrementati del 10%.

A seguire, diversi provvedimenti hanno sempre più diffuso ed incentivato il mercato nazionale delle cosiddette FER, Fonti Energetiche Rinnovabili, fino ad arrivare ad oggi.

Numerose iniziative sono state registrate nel 2012, ad esempio con l'emanazione di due provvedimenti fondamentali per il territorio nazionale: il Decreto sulle rinnovabili elettriche e su quelle termiche, e il Decreto sul *Quinto Conto Energia*.

I due decreti, giunti in ritardo di quasi un anno rispetto alla tabella di marcia sull'incentivazione delle energie rinnovabili che l'Italia aveva concordato in sede europea, puntano sullo sviluppo di un settore divenuto ormai strategico, che potrebbe dare un considerevole contributo, dato l'elevato *background* tecnologico, all'uscita dalla crisi economica oltre che alla tutela del patrimonio ambientale del nostro Paese.

Viene predisposto un nuovo sistema di incentivi sulle fonti energetiche rinnovabili, che vede tagli ma anche estensioni, alla luce di una razionalizzazione resasi sempre più indispensabile data la scarsità di risorse. Il monitoraggio del ricorso alle FER da parte della nazione italiana, fino al 2012, è schematizzato in Figura 2.15.

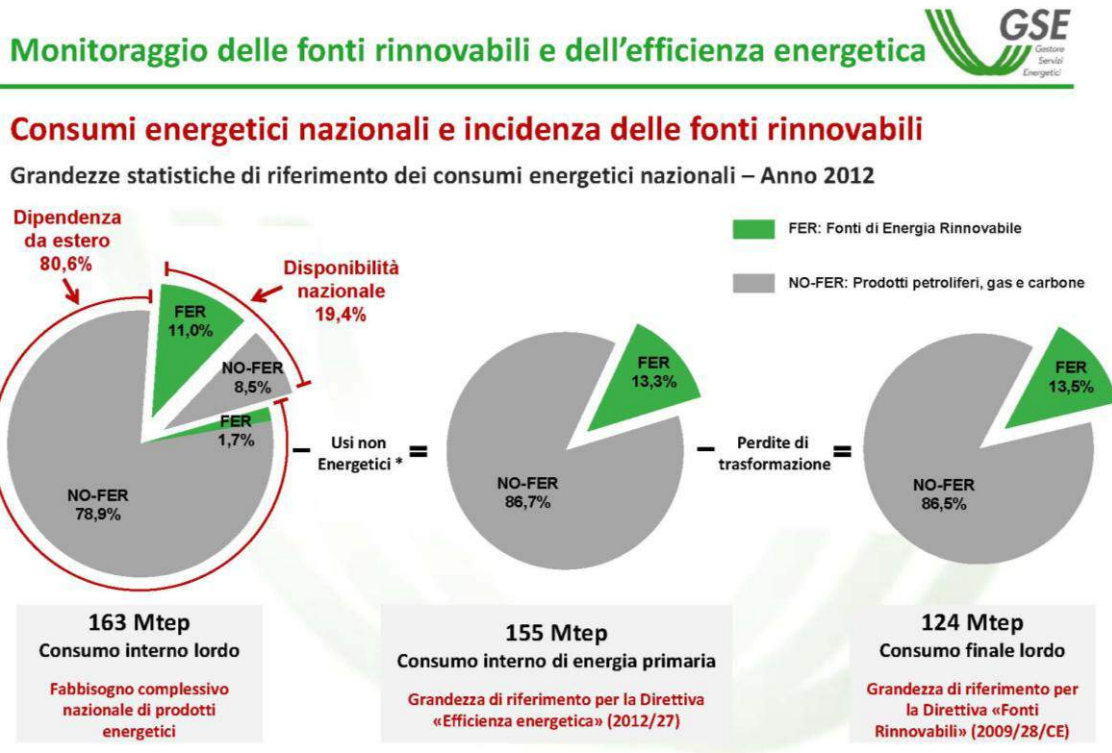


Fig. 2.15 - Monitoraggio delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica del 2012: incidenza nazionale delle fonti rinnovabili di energia (FER) rispetto ai prodotti petroliferi, gas e carbone (NO-FER). © GSE.

Le novità più importanti di questo periodo, riguardano, inoltre, lo strumento della certificazione energetica, che ha finalmente messo l'Italia nelle condizioni di valutare, più o meno uniformemente, le prestazioni degli edifici costruiti.

LA CERTIFICAZIONE DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI

L'attestato *di prestazione* energetica, denominazione recentemente introdotta a sostituzione della locuzione "attestato di *certificazione* energetica" (art. 18, comma 3 del D. Lgs. n. 63/2013), deve essere redatto in conformità alle prescrizioni contenute nella Direttiva Comunitaria 2010/31/UE (sostituendo quelle contenute nella precedente Direttiva 2002/91/CE e suo recepimento nazionale, valide per gli attestati di certificazione energetica redatti fino al 5 Giugno 2013, ossia prima dell'entrata in vigore del D.L. 63/2013).

Si specifica, inoltre, che nelle more dell'aggiornamento tecnico, le norme transitorie relative alle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, fanno riferimento al D.P.R. 59/2009 e alle specifiche norme tecniche UNI e CTI 11300.

La recente normativa sull'efficienza energetica intende, nella sua strutturazione, stabilire i criteri, le condizioni e le modalità per:

- a) migliorare le prestazioni energetiche degli edifici;
- b) favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici;
- c) determinare i criteri generali per la certificazione della prestazione energetica degli edifici e per il trasferimento delle relative informazioni in sede di compravendita e locazione;
- d) effettuare le ispezioni periodiche degli impianti per la climatizzazione invernale ed estiva, al fine di ridurre il consumo energetico e le emissioni di biossido di carbonio;
- e) sostenere la diversificazione energetica;
- f) promuovere la competitività dell'industria nazionale attraverso lo sviluppo tecnologico;
- g) coniugare le opportunità offerte dagli obiettivi di efficienza energetica con lo sviluppo di materiali, tecniche di costruzione, apparecchiature e tecnologie sostenibili nel settore edilizio;
- h) conseguire gli obiettivi nazionali in materia energetica ed ambientale;
- i) razionalizzare le procedure nazionali e territoriali per l'attuazione delle normative energetiche al fine di ridurre i costi complessivi, per la pubblica amministrazione e per i cittadini e le imprese;
- l) applicare la normativa in modo omogeneo e integrato, su tutto il territorio nazionale;
- m) assicurare l'attuazione e la vigilanza sulle norme in materia di prestazione energetica degli edifici, anche attraverso la raccolta e l'elaborazione di informazioni e dati;
- n) promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali.

Ruolo di primaria importanza per il conseguimento degli scopi prefissati, è stato riconosciuto proprio alla disciplina della *certificazione energetica*, non solo come

strumento di controllo, in fase di realizzazione degli edifici, del rispetto alle prescrizioni volte a migliorarne le prestazioni energetiche, ma soprattutto come strumento di “informazione” del proprietario o dell'acquirente o del conduttore. Il legislatore ha ritenuto, infatti, che una preventiva ed esauriente conoscenza della prestazione energetica dell'edificio, corredata dalle eventuali raccomandazioni per il miglioramento delle *performance* energetiche, costituiscono un incentivo a migliorare le attuali prestazioni per rendere l'immobile più “appetibile” sul mercato e per, al contempo, contenerne i consumi energetici, sia per i proprietari attuali che per i potenziali acquirenti.

La legge, al riguardo, prevede due diverse tipologie di attestato al fine della “certificazione energetica”:

- l'attestato di *qualificazione* energetica (presente già in sede di emanazione del D. Lgs. n. 311/2006, e confermato, in toto, anche dal D.L. 63/2013). Detto attestato è chiamato a svolgere il ruolo di strumento di controllo “*ex post*” del rispetto, in fase di costruzione o di ristrutturazione degli edifici, delle prescrizioni di legge.

- l'attestato di *prestazione* energetica, (noto anche con l'acronimo “APE”), sostituendo il precedente attestato di certificazione energetica, si configura come uno strumento di “informazione” per il proprietario, l'acquirente (anche a titolo gratuito) e/o il locatario, circa la prestazione energetica ed il grado di efficienza energetica degli edifici o unità abitative.

Oltre a fornire all'utente raccomandazioni per il miglioramento dell'efficienza energetica, con le proposte degli interventi più significativi ed economicamente più convenienti, l'attestato di *prestazione* energetica deve contenere tutti i dati che consentono la valutazione e il confronto tra edifici diversi, in modo da poter scegliere l'immobile da acquistare o da locare, in funzione anche della prestazione energetica.

Per agevolare il confronto tra le prestazioni di più immobili, l'attestato di *prestazione* energetica deve prevedere una *classificazione* degli edifici o unità immobiliari, sulla base della quale attribuire una determinata *classe energetica*.

La *certificazione* energetica esprime la classe di appartenenza dell'immobile stabilita in relazione al fabbisogno energetico annuale, valore aggiunto dell'immobile. La qualità funzionale ed energetica risulta evidente se tale valore si aggira, o è inferiore, ai 50 kWh/m² per anno. A seconda del consumo energetico la norma divide gli edifici in otto classi energetiche: da A+, con il quale si definiscono gli edifici o le unità immobiliari ad alte prestazioni energetiche (come ad esempio il caso delle “Case Passive”, con un consumo energetico inferiore a 15 kWh/m² per anno), fino alla classe G, a cui appartengono le categorie ad alto consumo energetico, e quindi bassa efficienza.

L'attestato di *prestazione* energetica si differenzia dall'attestato di *qualificazione energetica* proprio per la necessità, prevista solo per il primo, di attribuire la classe di efficienza energetica.

I due attestati si distinguono anche per quanto riguarda le caratteristiche del proprio redattore: mentre l'attestato di *qualificazione* energetica può essere predisposto ed asseverato da un professionista abilitato alla progettazione o alla realizzazione

dell'edificio, non necessariamente estraneo alla proprietà, l'attestato di *prestazione* energetica dovrà, invece, essere rilasciato da "esperti qualificati e indipendenti" o da "organismi" dei quali dovranno comunque essere garantiti "la qualificazione e l'indipendenza".

L'attestato di *qualificazione* energetica offre, inoltre, uno strumento di semplificazione per il rilascio dell'attestato di *prestazione* energetica relativo all'edificio o alla unità immobiliare oggetto di certificazione, evidenziando eventuali interventi su edifici ed impianti eseguiti successivamente, e ne riduce anche l'onere a carico del richiedente.

Nel corso degli ultimi anni, l'Italia è arrivata quasi sempre in ritardo nel recepimento delle Direttive Europee, spesso evidenziando lacune di fondamentale importanza.

Dopo i due richiami europei, il primo avvenuto nel 2010 e il secondo nel 2011, è arrivato, il 26 Aprile 2013, il deferimento alla Corte di Giustizia europea, in merito al mancato rispetto della Direttiva 2002/91.

Finalmente, con lo schema di DPR approvato dal Consiglio dei Ministri il 15 Febbraio 2013, è stato colmato - almeno in parte - il ritardo normativo, trovando una soluzione alla procedura di infrazione aperta dall'Unione Europea sul recepimento della Direttiva 2002/91, in merito all'accREDITAMENTO dei certificatori energetici e sui controlli degli impianti di climatizzazione invernale ed estiva.

Tuttavia, sono ancora da recepire alcune regole per quanto riguarda i controlli e le sanzioni per gli attestati di certificazione energetica, e le regole relative ai livelli ottimali di prestazione, sia per edifici nuovi che per quelli esistenti.

2.5 Lo scenario energetico regionale

Per analizzare quanto emerge dal quadro regionale, si può inquadrare lo scenario territoriale italiano, analizzandolo sotto diversi aspetti, ognuno dei quali è correlato al tema del rendimento e dell'efficienza energetica degli edifici. Da questa analisi emergono quelle realtà che da anni si sono impegnate, ad esempio, nella costituzione di sistemi efficienti per il retrofit energetico, tra cui le Province Autonome di Trento e Bolzano, la Lombardia, il Piemonte, l'Emilia-Romagna, la Liguria e la Valle d'Aosta. In questi ambiti territoriali, sono in vigore ormai da tempo norme che impongono un limite massimo alla trasmittanza termica delle pareti esterne e che sono sorte ancor prima del D. Lgs. 192/2005, per mezzo del quale sono state poi estese a tutto il territorio nazionale. Tali provvedimenti, insieme all'attenzione rivolta alle caratteristiche termiche dei componenti edilizi, ha determinato parametri e criteri restrittivi che guidano, tutt'ora la progettazione.

Secondo il *Rapporto Congiunto "FILLEA CGIL - Legambiente"*, è stabilita una percentuale minima di schermatura delle superfici vetrate (il 50% in Emilia-Romagna ed il 70% in Liguria, Lombardia e Piemonte) per ridurre gli effetti della radiazione solare eccessiva. Sempre in Emilia-Romagna i requisiti minimi obbligatori richiesti includono anche le prestazioni per la climatizzazione invernale ed il rendimento medio stagionale dell'impianto termico.

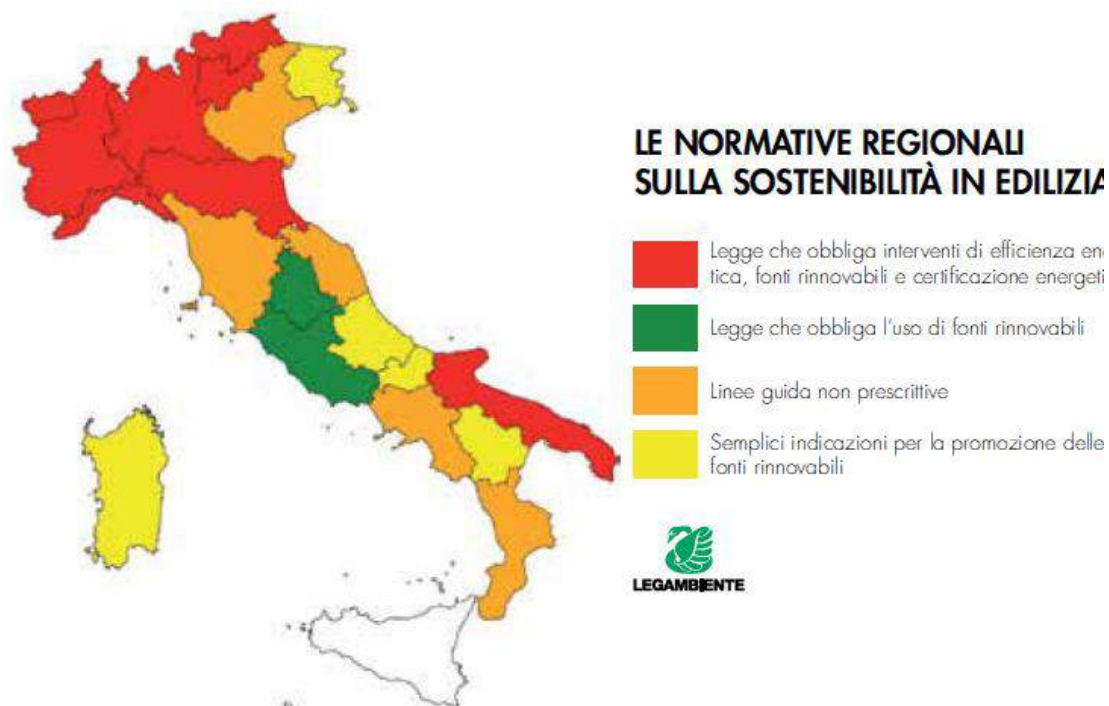


Fig. 2.16 - Mappatura delle regioni che hanno adottato strumenti legislativi in materia di efficienza energetica ed energie rinnovabili, al 2013. La Sicilia risulta esclusa da tale mappatura, essendo sprovvista di normative dedicate in materia ©Legambiente 2013.

Per quanto riguarda i limiti di trasmittanza delle pareti esterne, i requisiti più restrittivi sono da individuare in Alto Adige e Trentino: in Provincia di Bolzano il valore massimo ammesso è di $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ mentre in Provincia di Trento è di $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ (come in Piemonte e Valle d'Aosta). In Emilia-Romagna ed in Lombardia, per i nuovi edifici e per le grandi ristrutturazioni, sono imposti limiti di trasmittanza delle pareti esterne pari a $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$. La Provincia di Bolzano è andata ancora avanti su questo tema, grazie alla Delibera 939 del 25/06/2012 in attuazione della Direttiva 31/2010. Tra i principali contenuti del provvedimento vi è l'aumento di quota delle energie rinnovabili per gli impianti di riscaldamento, di raffrescamento e di produzione di acqua calda sanitaria: il fabbisogno totale di energia primaria dovrà essere coperto per almeno il 40% con energie rinnovabili dal 2014, percentuale che, dal 1° Gennaio 2017, dovrà aumentare almeno fino al 50%.

Nel caso di sostituzione degli impianti, il fabbisogno totale di energia primaria dovrà essere coperto per almeno il 25% da energie rinnovabili e, dal 1° Gennaio 2017, questa percentuale dovrà essere pari ad almeno il 30%.

La stessa Legge, fornisce la metodologia di calcolo del rendimento energetico dell'involucro edilizio e della prestazione energetica degli edifici, con i relativi algoritmi di calcolo, utili per illustrare i criteri e la procedura di certificazione energetica degli edifici.

Infine, a partire dal 1° Gennaio 2015, gli edifici di nuova costruzione dovranno raggiungere un rendimento energetico pari o superiore alla Classe *CasaClima A*. Su questi aspetti, le altre Regioni non hanno ancora legiferato e risultano pertanto in forte

ritardo: in Puglia, Campania, Lazio, Toscana e Veneto, regioni importanti per il settore edilizio e per numero di abitanti, sono presenti solamente Linee Guida sull'edilizia sostenibile, che promuovono ed incentivano il risparmio energetico senza imporre limiti.

In tutte le altre regioni non esistono Leggi che indichino livelli di riferimento o prescrizioni minime vincolanti, ma soltanto una promozione generica sull'isolamento termico e sui temi del risparmio energetico.

È importante segnalare come per la certificazione energetica siano attualmente in vigore sistemi molto diversi da regione a regione, con sensibili differenze per quanto riguarda l'accreditamento dei certificatori, i controlli e le sanzioni da applicare.

A Bolzano, in particolare, si hanno sviluppi a se stanti rispetto al resto d'Italia. Il regolamento adottato nel 2004, primo in Italia, ha introdotto la certificazione energetica obbligatoria e definito i valori massimi di fabbisogno di calore annuale per il riscaldamento delle nuove costruzioni, determinando le categorie degli edifici a cui si applicano tali valori e una volta definito lo spessore della coibentazione, che non viene calcolato come cubatura urbanistica.

Ai fini dell'ottenimento della dichiarazione di abitabilità, le classi di edifici ammesse dal regolamento dell'Agenzia CasaClima sono le seguenti:

- classe B, quando l'indice termico è inferiore ai 50 kWh/m² l'anno;
- classe A, quando l'indice termico è inferiore ai 30 kWh/m² l'anno;
- classe *Gold* (o "*Casa Passiva*") quando l'indice termico è inferiore ai 15 kWh/mq l'anno.

La Provincia di Trento rappresenta un altro esempio estremamente positivo perché impone, per gli edifici di nuova costruzione, la dotazione dell'Attestato di Certificazione Energetica rilasciata da un tecnico qualificato che, oltre alla frequentazione di un corso specifico, deve aver superato un apposito esame finale. Dal 1° Novembre 2009, inoltre, il requisito minimo di prestazione energetica, obbligatorio per i nuovi edifici, è la classe B, il più restrittivo d'Italia insieme a quello di Bolzano.

Altri significativi esempi e casi applicativi sono rappresentati dalla Liguria, dalla Lombardia e dal Piemonte, regioni che prevedono controlli e sanzioni sia in fase di edificazione che di realizzazione degli edifici. Si tratta di un aspetto fondamentale che molto spesso non viene affrontato. Le ammende riguardano il caso in cui i costruttori degli immobili non consegnino la certificazione energetica al proprietario e quando il certificatore rilascia un attestato non veritiero o dichiara un falso impedimento all'installazione dei pannelli solari. È interessante notare come con la L.R. n. 13 del 2007 del Piemonte, vengano sanzionati anche i proprietari degli immobili in cui non sono stati installati impianti solari termici integrati nella struttura edilizia, con una multa tra i 5.000 ed i 15.000 Euro. Lo stesso discorso vale per gli impianti di solare fotovoltaico, per i quali la multa varia tra i 2.000 ed i 10.000 euro. In Lombardia, invece, la sanzione economica, in caso di mancanza dell'allegato energetico nelle compravendite e nei nuovi edifici, varia tra i 2.500 ed i 10.000 euro. In Emilia-Romagna, i controlli vengono effettuati su un

campione rappresentativo (circa il 5% del totale) degli edifici presenti, ancora troppo poco per consentire una corretta verifica di ciò che è stato realizzato.

In Toscana si è persa una grande opportunità: sono previste, in caso di mancanza dell'attestato di certificazione energetica, soltanto sanzioni non pecuniarie e quindi i fabbricati in questione verranno inseriti nella classe energetica più bassa. L'introduzione (ormai abrogata) dell'autocertificazione energetica, aveva finito per causare l'allargamento dell'infrazione dell'UE nei confronti del nostro Paese, in quanto possibile rischio di sfalsare la condizione reale degli edifici non certificati.

In Friuli Venezia-Giulia un Decreto del Presidente della Regione del 25/8/2010, prescrive che sia regolamentato l'accreditamento dei certificatori energetici. La scelta innovativa è stata quella di agevolare la certificazione a chi è abilitato anche in altre Regioni, riconoscendo ad esempio i corsi *CasaClima* e *Sacert*, in modo da poter velocizzare e semplificare la certificazione a chi ha seguito un corso specifico.

In tutte quelle regioni - ancora molte - che non hanno legiferato sulla certificazione energetica degli edifici, vige la normativa nazionale entrata in vigore per i vecchi edifici nel 2008, e dal 1 Gennaio 2012, obbligatoria anche nei casi di nuova edificazione.

Il punto cruciale del sistema di certificazione energetica riguarda le verifiche necessarie a testimoniare il rispetto delle norme vigenti. Vanno ancora una volta sottolineati i casi delle due Province Autonome: sia per Trento che per Bolzano i controlli della certificazione riguardano tutti gli edifici e vengono effettuati nelle fasi di progettazione, cantiere e realizzazione degli stessi. Anche in Lombardia la Legge prevede che i controlli vengano effettuati sulla totalità degli edifici in possesso della certificazione energetica, ma soltanto nella fase finale del processo di costruzione. Negli altri casi, la normativa risulta meno chiara ed efficace, basti ricordare che in larga parte delle Regioni non è neanche chiarito chi debba effettuare le verifiche, su quante certificazioni e in quali fasi del processo di costruzione. Infine, anche laddove si è agito legislativamente risulta spesso inadeguato il metodo adottato, come nel caso dell'Emilia-Romagna che prevede la verifica del solo 5% degli edifici, della in Toscana con il 4%, e nel caso del Piemonte, Valle d'Aosta e Puglia, dove il controllo viene effettuato "a campione".

Anche per quanto riguarda l'utilizzo delle fonti rinnovabili la situazione in Italia è senza dubbio variegata (cfr Capitolo 1). Alcune Regioni hanno introdotto obblighi per spingere la diffusione del solare termico prima dell'introduzione del Decreto n. 28/2011, spesso chiedendo una produzione minima del 50% di acqua calda sanitaria da fonti rinnovabili per le nuove costruzioni e nei casi in cui viene rinnovato l'impianto termico. Tale requisito è in vigore in Lombardia, nella Provincia di Trento e in Liguria. La Regione Piemonte è l'unica ad aver portato l'obbligo per le nuove costruzioni, e nei casi di nuova installazione degli impianti termici, al livello minimo del 60%. Per la Provincia di Bolzano, la situazione è ancora una volta differente dalle altre regioni italiane: l'obbligo di installazione di fonti rinnovabili in vigore prevede il 100% di produzione elettrica e di acqua calda sanitaria nel caso in cui si voglia ottenere la certificazione *CasaClima Plus*.



Figura 2.17 - Mappatura dei Comuni e delle Regioni italiane che hanno introdotto nei propri regolamenti e Statuti l'obbligo dell'uso di fonti di energia rinnovabili, oltre a quelli stabiliti dalla Legge Nazionale con il D. Lgs. 28 del 2011 (Legambiente - Fillea Cgil 2013).

Il caso dell'Emilia-Romagna è sicuramente uno dei più interessanti: la regione non decide solamente di ribadire quanto previsto dal Decreto 28/2011, ma si è cercato di andare oltre, anticipando ed aumentando i requisiti previsti. È diventato infatti obbligatorio, per i nuovi edifici e nei casi di ristrutturazione, soddisfare, oltre al 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria con energie rinnovabili termiche, anche il 35% dei consumi di energia termica (requisito che a partire dal 1° Gennaio 2015 salirà al 50%). Per quanto concerne la parte elettrica dei fabbisogni, in Emilia-Romagna si è stabilito l'obbligo di installare 1 kW per unità abitativa in aggiunta alla potenza installata, basata sulla grandezza della superficie dell'edificio come previsto dal Decreto 28/2011.

Anche la Regione Valle d'Aosta ha recentemente legiferato sulle energie rinnovabili in edilizia, recependo con il D.G.R. 488/2013 gli obblighi previsti a livello nazionale. La Toscana, pur avendo fissato con la L.R. del 2005 l'obbligo del solare termico, non ha ancora reso cogente tale vincolo. In Campania e in Puglia, invece, per entrare in vigore l'obbligo deve passare per un recepimento da parte dei Comuni nei singoli Regolamenti Edilizi Comunali. Per tutte le altre Regioni, tra cui la Sicilia, nessuna norma specifica questo tipo di richiesta.

Da questo scenario è possibile osservare una situazione molto frammentata, evidente in Figura 2.17, con la mappatura dei Comuni e delle Regioni italiane che hanno introdotto, nei propri regolamenti e Statuti, l'obbligo dell'uso di fonti di energia rinnovabili, oltre a quelli stabiliti dalla Legge Nazionale con il D. Lgs. 28 del 2011.

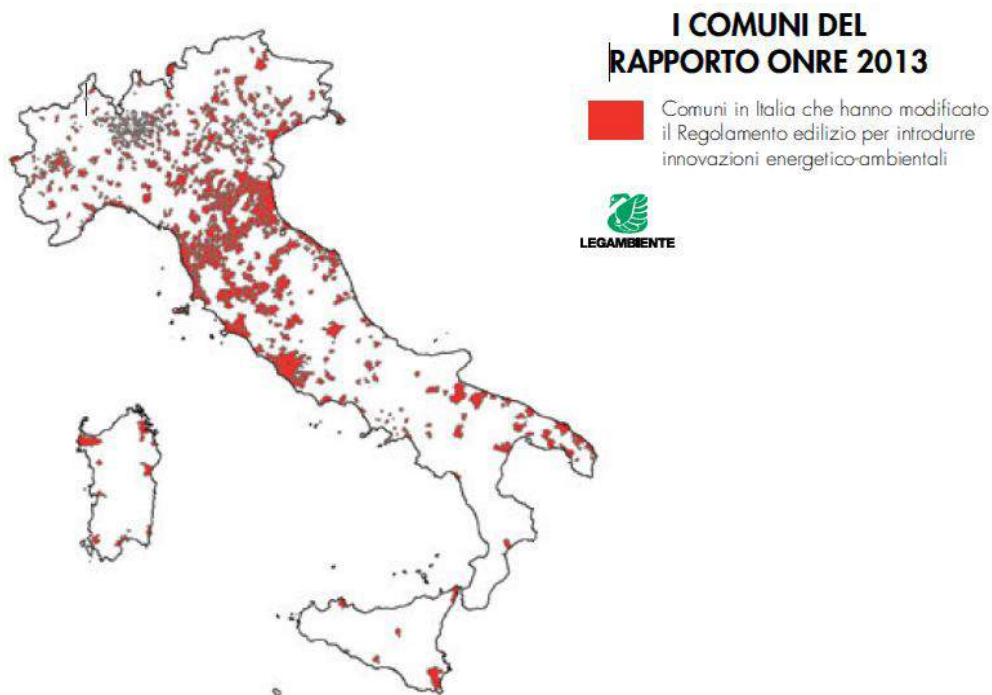


Fig. 2.18 - Mappatura dei Comuni italiani che hanno modificato il Regolamento edilizio per introdurre innovazioni energetico - ambientali. Sono pochissimi gli esempi siciliani, concentrati in particolare nella parte sud-orientale dell'isola (2013). ©Legambiente - Fillea Cgil.

In intere aree del Paese purtroppo non esistono Leggi Regionali dove sono previsti obblighi sui rendimenti energetici degli edifici, sull'uso delle rinnovabili e sulla certificazione energetica.

Nel Mezzogiorno, emerge come sia stata solo la Puglia a portare avanti una certa azione legislativa in materia di efficienza energetica e di fonti rinnovabili di energia, anche se ancora non del tutto vigente (dati del 2013).

In questo contesto, i Comuni hanno ruoli e responsabilità importanti. Lo strumento per sviluppare l'innovazione energetica e la sostenibilità in edilizia a livello comunale è senza dubbio il Regolamento Edilizio.

Come emerge dal Rapporto ON-RE 2013 di Legambiente e Cresme (Figura 2.18), sono 1.003 i Comuni in Italia che si sono attivati per inserire nei propri Regolamenti Edilizi principi e norme di sostenibilità²⁹. L'80% di questi l'ha fatto negli ultimi 5 anni e, in molti casi, i Comuni che già avevano intrapreso azioni in materia, sono intervenuti nuovamente per renderle ancor più efficienti, considerando alcuni parametri chiave come l'isolamento termico, l'uso di energie rinnovabili, il risparmio idrico ed il recupero delle acque meteoriche, il tipo di materiali utilizzati, l'isolamento acustico e il corretto orientamento degli edifici ma, anche, la ventilazione meccanica e il recupero delle acque grigie.

Tra questi emergono situazioni molto positive di Comuni che riescono, ad esempio, ad unire più competenze redigendo assieme un documento comune, o dove i Regolamenti Edilizi risultano completi e molto più coraggiosi nell'imporre standard di efficienza rispetto alle Leggi Regionali.

LA REGIONE SICILIA

In Sicilia, la prima Legge Regionale di riferimento in materia di consumi energetici ed efficienza è stata emanata pochi anni fa, con il DECRETO 3 Marzo 2011 recante *“Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione siciliana”*.

All'art. 1, il Decreto stabilisce che, fino all'emanazione di una specifica normativa regionale, nel territorio della Regione siciliana si applicano le disposizioni dettate dal Decreto Legislativo 19 Agosto 2005, n. 192 e successive modifiche ed integrazioni. L'attestato di certificazione energetica dovrà essere redatto secondo le disposizioni stabilite dal suddetto Decreto, nonché in conformità alle disposizioni contenute nelle *“Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”*, emanate con decreto del Ministero dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Giugno 2009.

Lo stesso, vale per le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e gli elementi essenziali del sistema di certificazione energetica.

Analizzando la successiva legislazione regionale sull'energia, si può prendere come punto di partenza l'emanazione del D.P. R. n. 48/2012. Tale provvedimento introduce modifiche sostanziali al sistema autorizzativo per gli impianti FER nella Regione Siciliana, introducendo nuovi strumenti.

Il 12 Giugno 2013, il Decreto n. 215 *“Strumenti ed azioni di monitoraggio degli obiettivi regionali di uso delle fonti rinnovabili di energia, definiti nel decreto 15 Marzo 2012 c.d. Burden Sharing”*, introduce importanti strumenti per il controllo e la verifica dell'installazione di impianti da FER sul territorio regionale, ai fini di monitorare con cadenza annuale il livello di installazione di queste tecnologie ed il livello raggiunto nell'obiettivo di *Burden Sharing* attribuito alla Regione.

Uno strumento importante è rappresentato dal Registro degli Impianti da Fonte Rinnovabile che obbliga il soggetto titolare dell'impianto a comunicare la messa in esercizio di impianti alimentati da FER, di qualsiasi potenza, installati sul territorio regionale.

Con Delibera della Giunta Regionale di Governo n. 319 del 26 Settembre 2013 *“Procedimenti autorizzativi per la costruzione di impianti alimentati da fonti rinnovabili eoliche – Iniziative”*, il Governo regionale ritiene che, al fine di tutelare il paesaggio ed il territorio, l'avvio delle conferenze dei servizi ed il rilascio delle autorizzazioni per gli impianti eolici debba essere posticipato all'approvazione del regolamento indicante le aree non idonee, previsto dal D.P.R. n. 48/2012.

Con circolare del 19 Novembre 2013, vengono, infine, varate disposizioni in materia di impianti termici, anche alla luce di quanto disposto dal D.P.R. 16 Aprile 2013, n. 74.

Le seguenti Tabelle 2.10 - 2.12, riportano l'elencazione, per sfera d'intervento, dei principali provvedimenti che la Regione Siciliana ha emanato dal 2009 ad oggi in materia di efficienza energetica e di fonti di energia rinnovabili.

| GOVERNANCE DELL'ENERGIA |
|--|
| Giunta Regionale –Deliberazione 3 febbraio 2009, n. 1 – Piano Energetico Ambientale Regionale Siciliano (P.E.A.R.S.) |
| L.r. 12 maggio 2010, n. 11 – Disposizioni programmatiche e correttive per l'anno 2010 |
| D.P.Reg. Sic. 18 luglio 2012, n. 48 – Norme di attuazione dell'art. 105, comma 5, della legge regionale 12 maggio 2010, n. 11 |
| D.A. 12 giugno 2013, n. 215 dell'Assessore Regionale all'Energia ed ai Servizi di Pubblica Utilità Strumenti ed azioni di monitoraggio degli obiettivi regionali di uso delle fonti rinnovabili di energia, definiti nel decreto ministeriale 15 marzo 2012 c.d. Burden Sharing |
| D.A. 11 settembre 2013, n. 314 dell'Assessore Regionale all'Energia ed ai Servizi di Pubblica Utilità – Istituzione tavolo sul Burden Sharing |
| Circolare 19 novembre 2013 dell'Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità – Disposizioni in materia di impianti termici |
| RISPARMIO ENERGETICO |
| Giunta Regionale – Deliberazione 3 febbraio 2009, n. 1 – Piano Energetico Ambientale Regionale Siciliano |
| L.r. 12 maggio 2010, n. 11 – Disposizioni programmatiche correttive per l'anno 2010 |
| D.D.G. 3 marzo 2011 del Dirigente Generale del Dipartimento Energia – Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione Siciliana |
| D.D.G. 1 marzo 2012 del Dirigente Generale del Dipartimento Energia - Disposizioni in materia di impianti termici degli edifici nel territorio della Regione Siciliana |
| PRODUZIONE DI ENERGIA |
| Giunta Regionale – Deliberazione n. 1 del 3 febbraio 2009. Piano Energetico Ambientale Regionale |
| L.r. 12 maggio 2010, n. 11. Disposizioni programmatiche e correttive per l'anno 2010 |
| Circolare n. 73 del 15 giugno 2012 dell'Assessore Regionale all'Energia ed ai Servizi di Pubblica Utilità – Incentivazione della produzione di energia elettrica da fotovoltaico e indicazione per la realizzazione di impianti fotovoltaici da installare sulle aree di proprietà comunali costituite dalle discariche esaurite |
| D.P.Reg.Sic. 18 luglio 2012, n. 48 – Norme di attuazione dell'art. 105, comma 5, della legge regionale 12 maggio 2010, n. 11 |
| D.A. 17 maggio 2013, n. 161 dell'Assessore Regionale all'Energia ed ai Servizi di Pubblica Utilità – Mantenimento dell'interesse al rilascio dell'autorizzazione unica ex art. 12 del D.lgs 387/2003 |
| D.D.G 12 agosto 2013, n. 294 del Dirigente Generale del Dipartimento Energia – Calendario della convocazione delle conferenze dei servizi |
| Giunta Regionale – Deliberazione 26 settembre 2013, n. 319 – Procedimenti autorizzativi per la costruzione di impianti alimentati da fonti rinnovabili eoliche - Iniziative |
| D.A. 3 ottobre 2013, n. 412 dell'Assessore Regionale all'Energia ed ai Servizi di Pubblica Utilità – Disposizioni per l'aggiornamento dei calendari delle conferenze dei servizi – tecnologia eolica e tecnologia fotovoltaica di cui al decreto 12 agosto 2013 |

Tabb. 2.10, 2.11 e 2.12. - Provvedimenti in materia di *Governance dell'energia*, *Risparmio Energetico* e *Produzione di energia*, che la Regione Sicilia ha varato dal 2009 fino al 2013. © Regione Sicilia, Rapporto sull'Energia 2013³⁰.

IL PATTO DEI SINDACI

Con decreto del Dirigente Generale del Dipartimento regionale dell'Energia, n. 413 del 04/10/2013, è stato approvato il Programma di ripartizione di risorse ai Comuni della Sicilia, al fine di "promuovere la sostenibilità energetico - ambientale nei Comuni siciliani attraverso il *Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors – PAC Nuove Iniziative Regionali)*".

Il Patto dei Sindaci è l'iniziativa della Commissione Europea promossa nel corso della seconda edizione della Settimana europea dell'energia sostenibile (EUSEW 2008).

L'obiettivo è di coinvolgere attivamente le città europee in un percorso proiettato verso la sostenibilità energetica ed ambientale, per mobilitare e responsabilizzare le autorità locali nello sforzo congiunto di contribuire al perseguimento degli obiettivi comunitari 20-20-20. Le città utilizzano circa l'80% dell'energia consumata in Europa, generando alti livelli di emissioni di CO₂. In particolare, le più alte emissioni si registrano nel settore edilizio residenziale, seguono trasporti ed industria. Le città devono svolgere un ruolo attivo nella lotta ai cambiamenti climatici, in particolar modo attraverso il censimento energetico del loro patrimonio edilizio esistente.

In base al Piano d'Azione europeo sull'efficienza energetica, è stato istituito il "Patto dei Sindaci" al fine di impegnare le città per:

- raggiungere e superare gli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂ al 2020 (principalmente attraverso programmi di EE e FER³¹);
- adottare un *Piano d'Azione (SEAP)* per il raggiungimento di tali obiettivi;
- fornire un *report* biennale sui consumi energetici della città;
- organizzare eventi dedicati alla sensibilizzazione dei cittadini.

La Regione Sicilia ha intrapreso tale via non solo come allineamento agli obiettivi comunitari e alla strategia europea 2020, ma anche per contribuire al raggiungimento degli obiettivi regionali di riduzione dei consumi di energia primaria di cui al D.M. 15 Marzo 2012 (decreto *Burden Sharing*), ma anche per il rilancio dell'economia locale attraverso lo stimolo alla nascita e allo sviluppo di una nuova imprenditoria "verde" e il contributo alla creazione di nuove opportunità di lavoro qualificato e duraturo.

Acquista, dunque, un ruolo da protagonista nello scenario sia regionale che cittadino la sfida del retrofit energetico, presupposto indispensabile per perseguire gli obiettivi del Patto.

Al fine di promuovere e sostenere presso i Comuni l'adesione al Patto dei Sindaci, la Regione Siciliana destina la somma di 7.641.453,00 euro per il finanziamento della realizzazione dei PAES di tutti i Comuni della Sicilia. Il contributo previsto è modulato in relazione a quattro fasce dimensionali riferite al numero totale di abitanti del singolo Comune, partecipante in forma singola ovvero associata (dati Istat al 1° Gennaio 2012). Il contributo è costituito da una parte fissa, crescente per fascia demografica di appartenenza, e da una parte variabile, proporzionale al numero di abitanti residenti.

Saranno decisive le azioni che le Amministrazioni Comunali locali intraprenderanno nei prossimi mesi per poter definire l'efficacia delle azioni condotte dalla Regione Sicilia.

2.6 Protocolli e sistemi di certificazione *green*



Fig. 2.19 - Mappatura dei principali protocolli di certificazione *green* mondiali. © Ongreening Ltd.

Per assicurare il raggiungimento delle prestazioni di sostenibilità dichiarate per un edificio o per un singolo prodotto, è stata indetta una particolare forma di certificazione *green* degli edifici. Si tratta di un sistema che valuta le prestazioni termiche, energetiche e di rispetto ambientale dei fabbricati, e ne assegna un punteggio in funzione a determinati prerequisiti o *standard*, che cambiano di volta in volta a seconda della tipologia di certificazione stessa. Tali strumenti, chiamati anche "sistemi di valutazione ambientale" o "sostenibile" degli edifici, costituiscono oggi un punto di riferimento essenziale per il riconoscimento dei risultati raggiunti in tema di sostenibilità ed efficienza, per qualsiasi tipologia di edifici, sia nuovi che esistenti. Risulta dunque opportuno confrontare i sistemi progettuali odierni con i protocolli e i requisiti richiesti, per sostenere un mercato sempre più efficiente ed innovativo, in campo edilizio ed energetico. I protocolli per la valutazione ambientale degli edifici sono diffusi in quasi tutto il mondo, ognuno con specifiche caratteristiche, adeguate anche al contesto climatico e socio-culturale di riferimento.

Diventa essenziale conoscere i sistemi di certificazione esistenti nel mondo e soprattutto in Italia. Se nel nostro Paese la bioedilizia è una pratica per lo più recente, che risale ai primi anni del 2000, nel resto del mondo il problema di dare una oggettivazione ai concetti di sostenibilità che andavano maturando nel mercato ha iniziato a diffondersi già dieci anni prima. In Gran Bretagna nel 1990 nasceva il metodo *Breeam*, *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*, che ha rappresentato un punto di riferimento per l'elaborazione degli strumenti successivi. Oggi esistono numerosi metodi di valutazione. Si tratta per lo più di sistemi a punteggio (i cosiddetti *rating*

system), che attribuiscono un valore a ciascuno dei crediti relativi a determinate caratteristiche, tra cui figurano la gestione dell'acqua, l'uso di risorse ed energie rinnovabili, la prevenzione dell'inquinamento e il controllo della qualità dell'aria interna delle abitazioni. Sono sei i marchi più conosciuti, nati in sei Paesi diversi. In Gran Bretagna ha debuttato nel 1990 il metodo *Breeam*, creato per la certificazione degli immobili del terziario e poi adattato ad altre tipologie di costruzioni. *Breeam* prevede una scala di valori in ordine crescente di efficienza energetica, che va da *unclassified* ad *out standing*. La valutazione è raffigurata con dei girasoli: maggiore è il numero dei fiori, maggiore è il punteggio ricevuto dall'edificio.

Negli Stati Uniti si è affermato nel 1993 il sistema "*Leed*", *Leadership In Energy And Environmental Design*, per iniziativa dell'USGBC, *US Green Building Council*. Il sistema è oggi utilizzato in 110 Stati di tutto il mondo. La certificazione si articola su quattro livelli: base, argento, oro e platino.

In Giappone il sistema più diffuso è il "*Casbee*", *Comprehensive Assessment System For Building Environmental Efficiency*, che prende in considerazione le problematiche specifiche dell'edilizia nel Paese e in Asia. Si compone di quattro strumenti di valutazione, ciascuno dei quali corrisponde ad un diverso momento del ciclo di vita di un edificio: pre-design, nuove costruzioni, edifici esistenti e ristrutturazioni.

In Germania la certificazione degli edifici è obbligatoria dal 2001. Tra gli schemi di certificazione vale la pena menzionare il "*Frankfurter Energie Pass*", pubblicato dalla giunta comunale di Francoforte sul Meno nel 1992, che fornisce i parametri per determinare il consumo energetico delle abitazioni.

In Austria può beneficiare degli incentivi pubblici solo chi rispetta i limiti fissati per il consumo energetico degli edifici contenuti nel "*Nez*" (*NetzheizEnergiekennZahl*), che rappresenta il limite massimo di consumo annuo di energia per unità di superficie. A stabilirlo è il *Land* dell'Alta Austria nel suo programma *EnergieAusweis*.

In Svizzera il tetto massimo di fabbisogno termico degli edifici viene deciso dal marchio "*Minergie*", *Minimal Energy*. Il sistema valuta tre elementi: consumo energetico, installazione e uso di impianti di ventilazione meccanica e costi di investimento. Si applica sia alle nuove costruzioni che alle ristrutturazioni e viene conferito dalla *Federazione Svizzera dei Cantoni* e dalle imprese.

In Danimarca vige, infine, il sistema "*Energimärke*", basato su una normativa di riferimento che esiste dal 1997.

PANORAMICA SUI MARCHI GREEN ESISTENTI IN ITALIA

La certificazione Ambientale in Italia non è obbligatoria. Rappresenta un atto volontario e culturale.

In Italia ci sono molti *Enti Certificatori Ambientali* riconosciuti che promuovono diversi Protocolli e programmi di valutazione, come il *Protocollo Itaca*, *CasaClima*, *Anab*, *Inbar*, *Leed*, ecc.

IL PROTOCOLLO ITACA (PROTOCOLLO ITALIANO DELL'ISTITUTO PER L'INNOVAZIONE E TRASPARENZA DEGLI APPALTI E LA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE.)

Nato nel 1996 sotto la spinta dell'attività e la ricerca di liberi professionisti organizzati a livello nazionale in associazioni che ha adottato le indicazioni e i principi SBMethod del SBC (*Sustainable Building Challenge*). Il sistema di valutazione è calato e contestualizzato alle realtà regionali e fa riferimento ad un quadro Legislativo e Normativo ben preciso.

I criteri di valutazione sono organizzati in semplici schede, 28 per il Protocollo semplificato e 70 per il Protocollo completo. Le aree tematiche sono le stesse del metodo SBC³².

Il Ministero dello Sviluppo Economico ha individuato nel Protocollo ITACA il possibile riferimento nell'ambito delle Linee Guida nazionali per la certificazione ambientale. Nel contesto pubblico, il Protocollo ITACA è utilizzato per promuovere il tema della sostenibilità attraverso strumenti ed incentivi finanziari, modifiche ai regolamenti edilizi e ai programmi di pianificazione del territorio.

PROTOCOLLO AMBIENTALE DELL'AGENZIA CASA CLIMA E CASACLIMA R

L'Agenzia *CasaClima* di Bolzano è una struttura pubblica (a direzione e coordinamento della Provincia Autonoma di Bolzano) che si occupa della certificazione energetica degli edifici. Fino ad oggi, hanno ottenuto il certificato *CasaClima* più di 5.000 edifici, e sono in fase di certificazione circa 900 progetti, distribuiti su tutto il territorio nazionale.

L'Agenzia offre, inoltre, programmi di formazione per tutti gli operatori coinvolti nella costruzione e promuove iniziative per sensibilizzare e responsabilizzare la cittadinanza sui temi del risparmio energetico, della sostenibilità e dei mutamenti climatici. L'Agenzia collabora con alcuni *partner* del settore, aziende ed istituzioni, sia in Italia che all'estero.

Certificare la qualità degli interventi per ridare valore all'esistente: questi gli obiettivi del nuovo protocollo *CasaClima R* per edifici e unità abitative da riqualificare. Un protocollo che nasce dalla consapevolezza dello spreco di energia in atto a livello nazionale a causa di un parco edilizio in gran parte obsoleto, essendo generalmente costruito prima del 1976 e quindi senza accorgimenti per l'efficienza energetica. Un patrimonio su cui solo in minima parte si è intervenuti con una riqualificazione dell'involucro e/o degli impianti. La sfida dei prossimi anni risiede, quindi, nel tentativo di offrire risposte concrete ed applicabili a tutti coloro che vogliono intervenire nel recupero energetico degli edifici.

L'esperienza accumulata in più di 10 anni nel campo della certificazione degli edifici ha permesso all'Agenzia CasaClima di confrontarsi in maniera critica con il risanamento dell'esistente per arrivare alla definizione di un protocollo di certificazione specifico per questo tipo di interventi. Alle problematiche preminentemente tecniche che non sempre consentono di intervenire con soluzioni analoghe a quelle utilizzate nelle nuove costruzioni, nei risanamenti si aggiungono, spesso, la presenza di vincoli di tipo urbanistico, paesaggistico, storico-architettonico o di altra natura che limitano le possibilità di intervento. Inoltre, anche in assenza di vincoli di tutela specifici, molti

committenti e progettisti non vogliono compromettere l'aspetto originario dell'edificio e perdere quelle particolarità ritenute interessanti e/o di valore.

Per la riqualificazione degli edifici esistenti, l'Agenzia CasaClima ha messo a disposizione uno strumento di certificazione apposito, il *CasaClima R*.

Il protocollo *CasaClima R* non si pone come obiettivo il raggiungimento di una classe di prestazione energetica minima, ma la possibilità di sfruttare il più possibile il potenziale di miglioramento energetico di ogni singolo edificio, evitando, allo stesso tempo, di compromettere altre qualità.

La certificazione *CasaClima R*, utilizzata sia per interi edifici sia per singole unità abitative, presuppone la verifica di criteri di qualità in grado di aumentare l'efficienza energetica e conseguentemente ridurre i consumi, garantire salubrità e miglior comfort agli abitanti, risolvere eventuali problematiche in atto o che si potrebbero verificare come conseguenza dell'intervento stesso. Il soddisfacimento dei requisiti richiesti dalla certificazione *CasaClima R* è soggetto alla verifica dell'Agenzia CasaClima, sia in fase di progetto che durante la realizzazione. Il processo di *audit*, condotto in cantiere da parte di Auditori autorizzati CasaClima, è una fase fondamentale per poter garantire all'utente finale lo *standard* qualitativo progettato.

ANAB (ASSOCIAZIONE NAZIONALE ARCHITETTI BIOECOLOGICI).

Tale tipologia di certificazione si basa su un approccio abbastanza semplice ed intuitivo, che prende le mosse dalle considerazioni del *Rapporto Bruntland (World Commission on Environment and Development, 1987)*. Per l'ANAB costruire sostenibile significa coniugare ambiente, società ed economia.

Uno dei metodi di valutazione dell'ANAB più conosciuti, il sistema "SB100" si fonda, pertanto, su tre aspetti cardine della sostenibilità: la dimensione *ecologica*, intesa come l'attenzione al rapporto tra organismo edilizio e ambiente in termini di uso corretto delle risorse, di bilancio dell'energia durante l'intero ciclo di vita dell'edificio e di controllo delle emissioni; la dimensione *sociale*, ovvero "l'attenzione per il cittadino inteso come essere vivente in rapporto ai luoghi per abitare e per gli aspetti fisici di questa relazione (salubrità, comfort) ma anche l'attenzione alla crescita civile della comunità che usa l'architettura e agli elementi legati agli aspetti percettivi e culturali dell'architettura e a quelli relazionali"; e la dimensione *economica*, che include "l'attenzione al costo della sostenibilità in termini di praticabilità delle scelte e crescita delle opportunità ma anche alla necessità di garantire una efficace informazione agli utenti e di dare un valore misurabile alla gestione degli edifici".

Il sistema di valutazione funziona in modo orizzontale, indicando il graduale avanzamento attraverso l'individuazione degli obiettivi, la definizione delle azioni e la verifica delle prestazioni, fino al controllo dei risultati. Sono dieci gli obiettivi da raggiungere: *Energia – Acqua – Materiali – Rifiuti – Salute – Comfort – Contesto – Informazione – Costi – Gestione*. Attraverso una lista cosiddetta "Positiva" sono così

indicate le 100 azioni da intraprendere per il raggiungimento dei suddetti obiettivi.

Il sistema SB10 è rivolto al patrimonio edilizio esistente ed applica gli stessi criteri di valutazione del sistema SB100 in maniera più semplificata, l'aspetto comunicativo diventa fondamentale e il numero di azioni per conseguire gli obiettivi viene ridotto.

INBAR CERTIFICAZIONE ENERGETICO - AMBIENTALE (ISTITUTO NAZIONALE DI BIOARCHITETTURA)
Il marchio INBAR certifica un processo edilizio residenziale ecosostenibile quando sono raggiunte le prestazioni "energetico ambientali" degli edifici, idonee e sufficienti a caratterizzare l'architettura sostenibile. La procedura per la certificazione è rivolta sia agli interventi di nuova realizzazione sia ad interventi di recupero del patrimonio edilizio residenziale, o a questi assimilabili. L'approccio del sistema offerto da INBAR e la logica di indirizzo del processo edilizio è in coerenza con quelli dei principali strumenti di valutazione dei progetti per interventi ecosostenibili.

La certificazione energetico-ambientale dell'INBAR è sostanzialmente uno strumento culturale e tecnico di controllo del progetto in tutte le sue fasi con l'obiettivo di ottenere l'ottimizzazione energetica e del comfort ambientale e la riduzione del consumo delle risorse a disposizione. Non viene assegnata alcuna classe di eco-compatibilità o dei punteggi, ma il raggiungimento di un livello minimo di prestazione energetica e ambientale. Non è applicabile su edifici già in costruzione e non residenziali.

Il sistema prevede la valutazione del processo edilizio in base a 5 classi di obiettivi di sostenibilità, detto "elenco dei requisiti": assetto ambientale esterno e inserimento nel luogo; gestione razionale delle risorse; minimizzazione dell'impatto ambientale da emissione e rifiuti; ottimizzazione degli standard qualitativi interni; qualità dello spazio e gestione del sistema impiantistico.

I controlli per la corretta procedura vengono eseguiti sia da Certificatori INBAR sia in modalità di autocertificazione del gruppo di Progettisti e di Direzione Lavori. Alla fine del processo, se risultano soddisfatti tutti i passaggi previsti e raggiunti i livelli minimi prestazionali, viene rilasciato il Marchio.

LEED ITALIA (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)

È una certificazione internazionale utilizzata finora in oltre 140 Paesi nel mondo, che definisce nuovi criteri di progettazione degli edifici, per ciascuna destinazione d'uso. La certificazione è stata sviluppata dalla U.S. Green Building Council (USGBC) nel 2000 ed è presente anche in Italia grazie al GBC Italia, un organo non governativo indipendente, che ne ha creato una versione locale.

La certificazione LEED garantisce ai committenti e agli utenti finali dell'edificio una progettazione rivolta al raggiungimento di alte prestazioni in aree chiave della salute umana ed ambientale come: sviluppo sostenibile del sito, risparmio dell'acqua, efficienza energetica, scelta dei materiali e qualità ambientale all'interno dell'involucro, tenendo conto dell'intero ciclo di vita dell'edificio.

Con quasi 150 mila metri quadri certificati ogni giorno in tutto il mondo, il sistema LEED controlla il modo in cui si progetta, si costruisce e si gestiscono gli immobili, dalle singole case ad interi quartieri. I parametri misurati dalla certificazione LEED sono divisi nelle seguenti categorie: *Siti sostenibili; Efficienza delle acque; Energia e atmosfera; Materiali e risorse; Qualità ambientale all'interno; Luoghi e connessioni; Consapevolezza ed educazione; Innovazione nella progettazione.*

Ciascuna categoria influisce sul conferimento dei punti LEED, in misura variabile, secondo i criteri stabiliti dalla commissione giudicante. La somma dei punti determina il livello di certificazione raggiunto dall'edificio in esame. Su 110 punti totali disponibili, almeno 40 devono essere ottenuti per il livello base.

In funzione del punteggio ottenuto i livelli di certificazione si articolano su 4 livelli: *Base* (da 40 a 49 punti), *Silver* (da 50 a 59 punti), *Gold* (da 60 a 79 punti), *Platinum* (da 80 in poi). Sono disponibili altri 10 punti *bonus* in risposta a specifiche problematiche regionali, individuate dalla stessa GBC.

ECOLABEL

L'*Ecolabel* è il marchio europeo di certificazione ambientale per i prodotti e i servizi, nato nel 1992 con l'adozione del Regolamento europeo n. 880/92, e aggiornato con il Regolamento n. 1980 del 17 Luglio 2000. È uno strumento ad adesione volontaria, concesso a quei prodotti e servizi che rispettano criteri ecologici e prestazionali stabiliti a livello europeo. L'ottenimento del marchio costituisce, pertanto, un attestato di eccellenza che viene rilasciato solo a quei prodotti/servizi che hanno un ridotto impatto ambientale. I criteri sono periodicamente sottoposti a revisione e resi più restrittivi, in modo da favorire il miglioramento continuo della qualità ambientale dei prodotti e servizi.

I criteri ambientali dell'*Ecolabel* si applicano a tutti i beni di consumo (eccetto alimenti, bevande, e medicinali) e ad alcune categorie di servizi. I criteri sono definiti a livello europeo per gruppi di prodotto/servizio, usando l'approccio "dalla culla alla tomba" (LCA - valutazione del ciclo di vita) che rileva l'impatto dei prodotti sull'ambiente durante tutte le fasi del ciclo di vita, iniziando dall'estrazione delle materie prime, dove vengono considerati aspetti volti a qualificare e selezionare i fornitori, passando attraverso i processi di lavorazione, dove influiscono gli impatti dell'azienda produttrice, alla distribuzione (incluso l'imballaggio) e all'utilizzo, fino ad arrivare alla fase di smaltimento del prodotto a fine vita.

Gli aspetti che sono analizzati, in particolare, sono il consumo di energia, l'inquinamento delle acque e dell'aria, la produzione di rifiuti, il risparmio di risorse naturali, la sicurezza ambientale e la protezione dei suoli. Tra gli elementi che hanno un maggior impatto negativo sull'ambiente vengono individuati i più rilevanti, e per ciascuno di essi sono stabiliti precisi limiti che non possono essere superati. È escluso l'uso di sostanze che possono essere dannose per la salute umana. I criteri così definiti sono sottoposti ad una ampia consultazione in seno al Comitato dell'UE (CUEME) che è

composto dagli Organismi competenti degli Stati membri, da rappresentanti delle ONG ambientaliste, da associazioni dei consumatori e dell'industria, da sindacati nonché da rappresentanti delle PMI e del mondo del commercio. Infine, i criteri devono essere sottoposti per l'approvazione alla Commissione della Comunità Europea. Un prodotto/servizio per ottenere il marchio di qualità ecologica deve rispettare i requisiti previsti dai criteri adottati a livello europeo per quel gruppo di prodotti.

L'EcoLabel costituisce un vantaggio competitivo legato all'aumento di visibilità sul mercato e all'allargamento del *target* di clienti. Il marchio, infatti, dà la possibilità di avvalersi di un elemento distintivo, sinonimo di qualità ambientale e prestazionale, che può evidenziare il prodotto/servizio su tutto il mercato europeo e attrarre il consumatore attento alla salvaguardia ambientale. Tra tutti i Paesi Europei, L'Italia mostra un *trend* positivo e una forte crescita delle etichette ambientali soprattutto in quelle di primo tipo, come, appunto, l'EcoLabel (Figure 2.20 e 2.21).

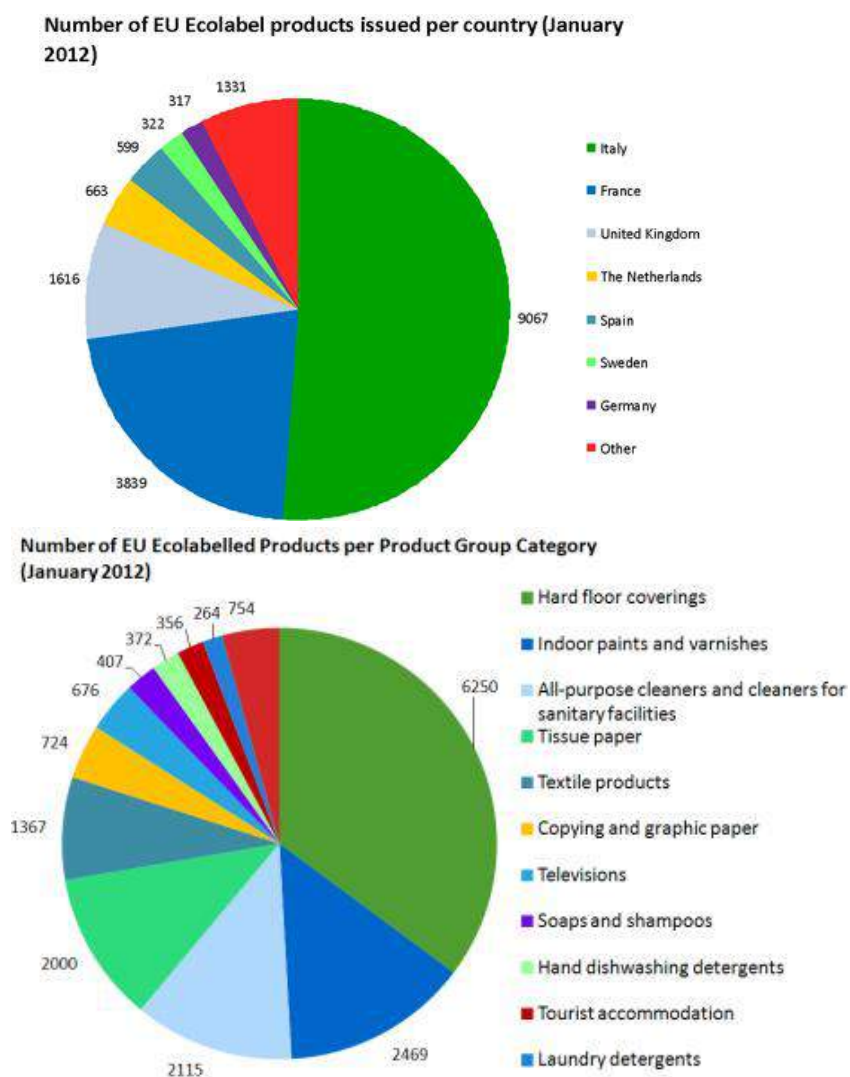


Fig. 2.20 e 2.21 - Distribuzione del numero di etichette Ecolabel fra gli Stati europei e per ciascuna categoria di prodotto (2012). ©ec.europa.eu

Note

- 1) Il secondo *Pacchetto Clima-Energia* della Comunità europea, comprende la Direttiva 2003/54/CE (Direttiva elettricità) e la Direttiva 2003/55/CE (Direttiva gas), oltre al regolamento CE 1228/2003, relativo alle condizioni di accesso alla rete per gli scambi transfrontalieri di energia elettrica.
- 2) Il terzo Pacchetto comprende due Direttive (la Direttiva 2009/72/CE sul mercato interno dell'energia elettrica e la 2009/73/CE, sul mercato interno del gas), e tre regolamenti (il regolamento n. 713/2009, che istituisce un'Agenzia per la cooperazione fra i regolatori nazionali dell'energia, e i regolamenti n. 714/2009 e n. 715/2009 in materia di accesso alla infrastrutture di trasmissione e trasporto dell'energia elettrica e del gas.
- 3) Tale Pacchetto contiene le seguenti norme comunitarie: Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili; Direttiva 2009/29/CE sul sistema comunitario per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra; decisione n. 406/2009/CE, concernente gli sforzi degli Stati Membri per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020; Direttiva 2009/31/CE, sullo stoccaggio geologico di biossido di carbonio.
- 4) Il *Trattato di Lisbona*, entrato in vigore il 1° Dicembre 2009, modifica il trattato sull'Unione europea e il trattato che istituisce la Comunità europea, senza tuttavia sostituirli. Dota l'Unione del quadro giuridico e degli strumenti necessari per far fronte alle sfide del futuro e rispondere alle aspettative dei cittadini.
- 5) Il Protocollo di Kyoto è un accordo internazionale sancito per contrastare il riscaldamento climatico europeo: il trattato, di natura volontaria, è stato sottoscritto l'11 Dicembre 1997 durante la Conferenza delle parti di Kyoto (COP3), ma è entrato in vigore solo il 16 Febbraio 2005. Il Protocollo di Kyoto impegna i Paesi sottoscrittori (*le Parti*) ad una riduzione quantitativa delle proprie emissioni di gas ad effetto serra (i *gas climalteranti*, che riscaldano il clima terrestre) rispetto ai propri livelli di emissione del 1990, in percentuale diversa da Stato a Stato: per fare questo le Parti sono tenute a realizzare un sistema nazionale di monitoraggio delle emissioni ed assorbimenti di gas ad effetto serra, attraverso un "Inventario Nazionale delle emissioni e degli assorbimenti dei gas a effetto serra", da aggiornare annualmente, insieme alla definizione delle misure per la riduzione delle emissioni stesse. Nell'ambito del Protocollo di Kyoto, l'Italia ha sottoscritto un obiettivo di riduzione emissiva del -6,5%, identificato sulla base delle indicazioni di Enti di ricerca nazionali. Questo valore corrisponde ad una riduzione assoluta di 33,9 MtCO₂eq, in riferimento ad un livello emissivo italiano di 521 MtCO₂eq al 1990 e ad un obiettivo di emissione al 2012 pari a 487,1 MtCO₂eq.
- 6) Il CEN (Comitato Europeo di Normazione), è sorto nel 1961 come ente normativo con lo scopo di armonizzare e produrre norme tecniche (EN) in Europa, in collaborazione con enti normativi nazionali e sovranazionali quali per esempio l'"ISO" (International Organization for Standardization).
- 7) UNI EN ISO 15603:2008. "*Prestazione energetica degli edifici - Consumo energetico globale e definizione dei metodi di valutazione energetica*" è entrata in vigore il 10 Luglio 2008.
- 8) UNI EN ISO 13790:2005. "*Prestazione termica degli edifici*".
- 9) Con la locuzione "*Burden Sharing*" si intende la ripartizione regionale della quota minima di incremento dell'energia prodotta con fonti rinnovabili, in vista degli obiettivi europei prefissati per il 2020.
- 10) La Direttiva 2010/31/UE, contenente modifiche e integrazioni alla precedente direttiva EPBD del 2002, modifica viene indicata come "EPDB Recast", dall'inglese "recast", "rielaborare".

- 11) La trasmittanza termica (simbolo "U") è una grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale o un corpo per unità di superficie e unità di differenza di temperatura. Il parametro viene usato nell'indicazione della prestazione energetica di un componente edilizio per definirne la capacità di scambiare energia. È l'inverso della resistenza termica di un e nel Sistema Internazionale si misura in W/m²K
- 12) Redatto a Bruxelles, il 5 Marzo 2014, dalla Commissione Europea, tale Bilancio rappresenta un *report* sugli obiettivi di lungo termine fino a quel momento raggiunti dalla Comunità Europea e dai singoli Stati Membri.
- 13) L'*Energy Efficiency Market Report* del 2014 è il secondo report redatto dall'AIE (Agenzia Internazionale dell'Energia), per valutare i progressi e lo stato del mercato dell'efficienza energetica.
- 14) L'ENEA è l'Ente Nazionale per le Energie Alternative, e svolge attività di ricerca e di innovazione tecnologica in materia di energia.
- 15) La Legge n. 373 del 1976 è una Legge ordinaria del Parlamento, recante "*Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*".
- 16) La Legge n. 10 del 1991, "*Norme per l'attuazione del nuovo Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*", nasce con l'intento di razionalizzare l'uso dell'energia per il riscaldamento.
- 17) D. Lgs 311/2006 "*Disposizioni correttive ed integrative al D.Lgs 192 del 19 Agosto 2005*".
- 18) D.P.R. 2 Aprile 2009 n. 59, "*Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b) del Decreto Legislativo 19 Agosto 2005, n. 192*".
- 19) Le "*Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*" sono contenute all'interno del D.M. 26/06/2009.
- 20) D.lgs. 115 del 30 Maggio 2008, "*Attuazione della Direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della Direttiva 93/76/CEE*" (GU n.154 del 3-7-2008)
- 21) La Legge n. 90 del 3 agosto 2013, "*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n°63*, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale", pubblicata in G.U. n°181 del 3/08/2013 ed in vigore dal 4/08/2013, conferma la proroga di queste detrazioni per tutti gli interventi già incentivati (reintegrando quindi anche quelli dal decreto-legge n°63 esclusi dalla proroga, ossia la sostituzione di impianti di riscaldamento con pompe di calore ad alta efficienza ed impianti geotermici a bassa entalpia e la sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore per la produzione di a.c.s.), al 31 Dicembre 2013 e nel caso di interventi su parti comuni degli edifici condominiali o che interessino tutte le unità immobiliari di cui si compone il condominio, al 30 giugno 2014. Conferma anche l'innalzamento dell'entità della detrazione, nella misura del 65% per spese sostenute dal 6/6/2013, data di entrata in vigore del decreto-legge 4 giugno 2013, n°63.
- 22) La "clausola di cedevolezza", prevede che, qualora le Regioni provvedano con proprie norme attuative al recepimento della Direttiva europea, anche successivamente al termine in essa previsto, l'atto normativo statale cessa di avere efficacia a decorrere dalla data di entrata in vigore della normativa attuativa regionale.

- 23) L'agevolazione in questione sarà concessa nella misura del 65%, se la spesa è sostenuta nel periodo compreso tra il 6 Giugno 2013 e il 30 Giugno 2015, e del 50%, per le spese che saranno effettuate dal 1° Luglio 2015 al 30 Giugno 2016.
- 24) IRPEF: Imposta sul Reddito delle Persone Fisiche.
- 25) IRES: Imposta Sul Reddito delle Società.
- 26) Decreto del Ministro dello Sviluppo economico dell'11 Marzo 2008 - Allegato A, pp 18-20.
- 27) Gradi Giorno (GG): parametro convenzionale rappresentativo delle condizioni climatiche locali, utilizzato per stimare al meglio il fabbisogno energetico necessario per mantenere gli ambienti ad una temperatura prefissata..
- 28) Il fattore di attenuazione, lo sfasamento e la trasmittanza periodica (Yie), sono parametri definiti dal Decreto 59/2009, all'art. 2. In particolare, la trasmittanza periodica è il "*parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore*", determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti.
- 29) Rapporto dell'Osservatorio Congiunto FILLEA CGIL e LEGAMBIENTE, 2013.
- 30) Il Rapporto "*Energia 2013 - Monitoraggio sull'energia in Sicilia*", è stato condotto a cura dell'Osservatorio Regionale e Ufficio Statistico per l'Energia, nel mese di Dicembre 2013.
- 31) EE = Efficienza Energetica; FER = Fonti Energetiche Rinnovabili.
- 32) *Green Building Challenge*, poi evoluto in *Sustainable Building Challenge* (SBC), includendo tra le tematiche affrontate anche gli aspetti economici e sociali relativi all'edificio, è un *network* internazionale definito per sviluppare uno strumento di verifica della sostenibilità ambientale delle costruzioni. Il *network*, che vede la partecipazione di nazioni in rappresentanza dei diversi continenti, è coordinato dall'IISBE (*International Initiative for a Sustainable Built Environment*), un'organizzazione no-profit internazionale il cui obiettivo principale è di facilitare e promuovere l'adozione di politiche, metodi e strumenti per incrementare gli sforzi verso un ambiente costruito globalmente *sostenibile*. Il processo SBC ha portato alla definizione di *SBTool*, uno strumento messo a punto per valutare le prestazioni generali degli edifici, collocati anche in aree geografiche differenti, definendo degli specifici indicatori di sostenibilità ambientale (ESI).

Riferimenti bibliografici

- AA.VV., *L'efficienza energetica nei regolamenti edilizi*. Linee guida, Milano 2006.
- BARUTTI F., *La certificazione energetica dell'involucro edilizio: normativa e materiali per il risparmio energetico*, Sistemi Editoriali, Napoli 2010.
- AA.VV., *Energy Efficiency Market Report 2014 - Market Trends and Medium-Term Prospects*, 2014, pp. 200-214.
- FABBRI K., *Prestazione energetica degli edifici. I metodi di calcolo secondo le norme UNI TS 11300*. DEI Editore, 2010.
- FASANO G., *La certificazione energetica secondo le linee guida nazionali e il DPR 59/09*. Newton Centro Studi, 2010.
- FRANCO G., *Riqualificare l'edilizia contemporanea*, Franco Angeli, Milano 2003.
- KING, D., ET AL., *Copenhagen and Cancun, International climate change negotiations: Key lessons and next steps*, in Smith School of Enterprise and the Environment. University of Oxford, Oxford, Luglio 2011, p. 12.

LANTSCHNER N., *La mia Casaclima. Progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità*. Raetia, Settembre 2009.

LUMICISI A., *Il Patto dei Sindaci. Le città come protagoniste della Green Economy*, Edizioni Ambiente, Rimini 2013.

RADOGNA D., *Trasformazioni dell'ambiente costruito. Riflessioni ed esperienze per un recupero sostenibile dell'esistente*. Edicom Edizioni, Roma 2013, pp. 15-32.

RONCHI E., BARBABELLA A., CAMINITI N.M., FEDERICO T., (a cura di), *L'Italia ha centrato l'obiettivo del Protocollo di Kyoto*, in Dossier Kyoto 2013, Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, Roma 2013.

Sitografia

<http://www.ansa.it/web/notizie/postit/copenhagen/>

<http://www.cartesionline.it/professioneeoprogetto/>

<http://www.covenantofmayors.eu/>

<http://www.ec.europa.eu/environment/ecolabel/>

<http://www.edifici2020.it/>

<http://www.enea.it>

<http://www.fondazionevilupposostenibile.org>

<http://www.gbcitalia.org/>

<http://www.isprambiente.gov.it/>

<http://www.legambiente.it/contenuti/>

<http://www.ongreening.com/>

<http://www.pattodeisindaci.eu/>

<http://www.reteclima.it/calcolo-delle-emissioni-di-co2-carbon-footprint-impronta-di-carbonio/>

<http://www.SB100.info>

<http://www.sinanet.isprambiente.it/>

<http://www.sviluppoeconomico.gov.it/>

<http://www.urbanisticainformazioni.it/>

Normativa di riferimento

LEGISLAZIONE EUROPEA

- Direttiva 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione)

- Direttiva 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE

- Direttiva 2006/32/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 aprile 2006 concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio

- Direttiva 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.

LEGISLAZIONE NAZIONALE

Le principali Leggi emanate dal nostro Paese per allinearsi alle disposizioni comunitarie, in ordine cronologico di pubblicazione, sono:

- il D.Lgs. del 19 Agosto 2005, n. 192 "*Attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*", e il successivo D.Lgs. del 29 Dicembre 2006, n. 311, "*Disposizioni correttive ed integrative al Decreto legislativo 19/08/05 n°192, recante attuazione della Direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*".

Ulteriori modifiche ed integrazioni alla disciplina dettata dal D.Lgs. 192/2005 sono state effettuate in seguito con l'emanazione di leggi e decreti, tra cui:

- Decreto Legislativo 30 Maggio 2008, n. 115, che prevede, in particolare, la semplificazione e razionalizzazione delle procedure amministrative e regolamentari al fine di incentivare interventi di riqualificazione energetica e di ricorso ad energie alternative.

- Decreto Legge 25 Giugno 2008 n. 112, convertito nella Legge n. 133/2008

- D.P.R. 2 Aprile 2009 n. 59

- Piano Casa, decretato con Provvedimento del Presidente del Consiglio dei Ministri del 6 Marzo 2009, destinato all'edilizia residenziale, prevede bonus volumetrici e detrazioni fiscali in caso di moderati consumi energetici e di impiego di materiali eco-compatibili negli interventi di riqualificazione edilizia. La verifica degli effettivi livelli di sostenibilità degli interventi è demandata all'applicazione del Protocollo Itaca Sintetico Regionale. Analogamente il D.M. 19 Febbraio 2007, già modificato dal D.M. 26 Ottobre 2007 e coordinato con D.M. 7 Aprile 2008 e con D.M. 6 Agosto 2009, attuativo della Legge Finanziaria 2008, nota come "Decreto Edifici", prevede "Disposizioni in materia di detrazioni per le spese di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente", con una detrazione d'imposta pari fino al 55% delle spese sostenute per la realizzazione di interventi volti alla riduzione dei consumi energetici. Provvedimento, questo, che è stato successivamente esteso, a partire dall'approvazione della legge 13 Dicembre 2010, n. 220 "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato", nota come "Legge di Stabilità 2011".

- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico 26 Giugno 2009 con il quale sono state approvate le *Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica*

- Decreto Legislativo 3 Marzo 2011 n. 28 che, tra le novità, prevede l'inserimento del dato energetico anche negli annunci commerciali di vendita e locazione, il tutto finalizzato a garantire un miglior "trasferimento delle informazioni in sede di compravendita e locazione".

- Decreto Ministero dello Sviluppo Economico 22 Novembre 2012, con il quale sono state apportate modifiche alle *Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica*: amplia l'ambito dei manufatti esclusi dall'obbligo di certificazione energetica, e abroga la disposizione delle Linee Guida che, nel caso di edificio di superficie non superiore ai 1000 mq., disciplinava la "autodichiarazione di classe G", in sostituzione dell'attestazione di certificazione energetica.

Fino ad arrivare ai più recenti e attuali decreti, che hanno cambiato (e continuano a cambiare) l'assetto del mercato della riqualificazione, a cui dedicano molto spazio e attenzione. Si tratta dei seguenti strumenti legislativi:

- Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE".
- Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2009. Testo approvato dal Senato il 12 maggio 2010.
- Decreto Ministeriale 26 giugno 2009 "Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica"
- Decreto Del Presidente Della Repubblica 2 aprile 2009 , n. 59 "Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- 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".
D.Lgs 311 del 29/12/2006 "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192 "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- Legge 09/01/1991, 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".

NORME TECNICHE

FABBISOGNO ENERGETICO PRIMARIO

UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.

UNI 10339, Impianti aeraulici ai fini del benessere - Generalità classificazione e requisiti - Regole per la richiesta d'offerta.

UNI 10347, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante - Metodo di calcolo.

UNI 10348, Riscaldamento degli edifici - Rendimenti dei sistemi di riscaldamento - Metodo di calcolo.

UNI 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici.

UNI 10379-05, Riscaldamento degli edifici - Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato.

UNI EN 13465 Ventilazione degli edifici - Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali.

UNI EN 13779 Ventilazione negli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento.

UNI EN 13789, Prestazione termica degli edifici - Coefficiente di perdita di calore per trasmissione - Metodo di calcolo.

UNI EN 832, Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento - Edifici residenziali.

UNI EN ISO 13790, Prestazione termica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento.

UNI EN ISO 10077-1, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo semplificato.

UNI EN ISO 10077-2, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai.

UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo - Raccomandazione CTI Esecuzione della certificazione energetica - Dati relativi all'edificio. Raccomandazione CTI Raccomandazioni per l'utilizzo della norma UNI 10348 ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria e del rendimento degli impianti di riscaldamento.

PONTI TERMICI

UNI EN ISO 10211-1, Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Metodi generali di calcolo.

UNI EN ISO 10211-2, Ponti termici in edilizia - Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali - Ponti termici lineari.

UNI EN ISO 14683, Ponti termici nelle costruzioni edili - Trasmittanza termica lineare - Metodi semplificati e valori di progetto.

VERIFICHE CONDENSA

UNI EN ISO 13788, Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per l'edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensa interstiziale - Metodo di Calcolo.

UNI EN ISO 15927-1, Prestazione termoigrometrica degli edifici - Calcolo e presentazione dei dati climatici - Medie mensili dei singoli elementi meteorologici.

VALUTAZIONI PER IL PERIODO ESTIVO

UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo.

SCHERMATURE SOLARI ESTERNE

UNI EN 13561 Tende esterne requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE).

UNI EN 13659 Chiusure oscuranti requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE).

UNI EN14501 Benessere termico e visivo caratteristiche prestazioni e classificazione.

UNI EN 13363.01 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate; calcolo della trasmittanza totale e luminosa, metodo di calcolo semplificato.

UNI EN 13363.02 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate; calcolo della trasmittanza totale e luminosa, metodo di calcolo dettagliato.

D. LGS.192/2005

a) Valuta puntualmente e documenta l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate, esterni o interni, tali da ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare;

b) verifica, in tutte le zone climatiche ad esclusione della F, per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, $I_{m,s}$, sia maggiore o uguale a

290 W/m², che il valore della massa superficiale M_s delle pareti opache verticali, orizzontali o inclinate sia superiore a 230 kg/m²;

c) utilizza al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la ventilazione naturale dell'edificio; nel caso che il ricorso a tale ventilazione non sia efficace, può prevedere l'impiego di sistemi di ventilazione meccanica nel rispetto del comma 13, articolo 5, decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412. Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale delle pareti opache previsti alla lettera b), possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. In tal caso deve essere prodotta una adeguata documentazione e certificazione delle tecnologie e dei materiali i che ne attestino l'equivalenza con le predette disposizioni.

BANCHE DATI

UNI 10351, Materiali da costruzione - Conduttività termica e permeabilità al vapore.

UNI 10355, Murature e solai - Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.

UNI EN 410, Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate.

UNI EN 673, Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo.

UNI EN ISO 7345, Isolamento termico - Grandezze fisiche e definizioni.

LEGISLAZIONE REGIONALE IN SICILIA

- Decreto 3 Marzo 2011 "*Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione siciliana*", G.U.R.S. 25/03/2011, n. 13 - Parte I.

CAPITOLO 3

Lo stato dell'arte

State of the art

ABSTRACT - *When the research began, three years ago, the literature about the issue of energy retrofit was not still able to allow the establishment of case studies on which to base the innovative contribution of the research. Almost all the documents about this field came from foreign sources, often relating projects of the trans-European context. Only sporadic cases of energy retrofit had been made and published in Italy, and especially relating to the buildings of the North Italian area, and therefore subject to requirements and climate conditions totally different from the Sicilian ones, in which the thesis is focused: different climate conditions could affect the choices of an energy refurbishment strategy in a radical way. The growing interest in the topic, allowed to exceed this limit with a dissemination of knowledge in a very short time. Thanks to this fast changing scenario and to the growing awareness about the opportunity to work on existing buildings to achieve a good chunk of energy saving, now we can have enough material to be able to draw up a case studies database, including the more significant energy retrofit actions realized in Europe, and also the Italian ones. The examined best practices, also includes building construction typologies, climatic characteristics and intended use different from the considered one, to create a general approach showing the building renovation and the achieved results in several cases. This chapter provides an overview on the strategies used from time to time and on a comparison of the energy requirements between the pre-intervention state and the monitored one, after the actions to improve the efficiency. Some of the selected case studies have also been object of specific site inspections.*

3.1 *Best practices* per il retrofit

La ricerca è stata svolta durante tre anni significativi per il settore del retrofit energetico degli edifici esistenti, caratterizzati da un veloce e continuo progresso in termini di innovazione e di sensibilizzazione alla materia. Se tre anni fa la letteratura contava solo pochi esempi di riqualificazione edilizia con finalità energetiche, adesso si annoverano diversi casi di studio e sperimentazioni, ormai diventate consuetudini in buona parte d'Italia, e soprattutto nel resto d'Europa.

Ancora oggi, tuttavia, stenta ad affermarsi la pratica del retrofit energetico adattata a modelli di tipo mediterraneo, come quello siciliano, nonostante si stia affermando sempre più la consapevolezza della necessità di applicare le metodologie di retrofit al contesto climatico caldo, come effettuato, ad esempio, da alcuni programmi promossi dall'*Agenzia CasaClima*¹.

Nata e sviluppatasi per lo più in città e Paesi freddi, la tecnologia che rende gli edifici idonei agli standard normativi e che permette di conseguire risparmi significativi nelle bollette energetiche, non è completamente applicabile al contesto siciliano o, in genere, ai luoghi caldi caratterizzati da un clima mite e da un eccessivo ricorso all'uso degli impianti per il raffrescamento estivo, più che per il riscaldamento invernale. Come di recente proposto dall'*Agenzia CasaClima* di Bolzano, risulta opportuno importare un modello ormai riuscito e consolidato, quale quello del Nord Italia, in Sicilia, cercando di adattare la metodologia e gli obiettivi al contesto climatico e geografico della regione.

In realtà, alcuni casi isolati di *efficientamento* energetico degli edifici esistenti sono stati registrati anche al sud, ma rimangono singoli interventi non molto pubblicizzati e che non arrivano a costituire una prassi progettuale.

Per questo motivo, la ricerca contempla casi di retrofit che vogliono assurgere a *best practices*, sia in ambito europeo che nazionale, comprendendo anche alcune azioni che, pur trattando climi freddi o interventi diversi dagli scopi illustrati nel presente lavoro, risultano significativi in termini di metodologia, di strategie di intervento, e di risultati raggiunti.

3.2 Interventi realizzati in Europa

In Europa, già da più di un decennio, si sono sviluppate tecnologie innovative volte al miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici esistenti. In particolare, molta attenzione è stata rivolta al recupero degli edifici residenziali, costituenti una buona parte dello stock edilizio europeo, e di quelli commerciali, spesso oggetto di modelli di *Green Lease*² tra i grossi colossi immobiliari (proprietari) e aziende (affittuari).

L'economia e la società europea potranno essere sostenibili se basate su energie rinnovabili ed efficienza energetica: per il settore dell'edilizia abitativa ciò implica la diffusione su vasta scala di edifici a basso consumo energetico (edifici a energia quasi zero "nZEB"). Infatti, la normativa europea sul rendimento energetico degli edifici EPBD, rende gli nZEB uno standard entro il 2020. La tecnologia è già disponibile e collaudata,

ma l'adozione su larga scala del modello progettuale a energia quasi zero sarà comunque una grande sfida per tutti gli operatori del mercato edilizio. Attualmente è presente una scarsa conoscenza e dati poco affidabili sulle realtà commerciali legate a questi edifici, rendendo ancora più difficile intraprendere azioni politiche efficienti in materia. (Casalena 2014). Ogni Paese europeo, nel recepimento delle Direttive, ha adottato particolari normative e prescrizioni da adattare alle proprie esigenze interne, in particolare mirate ad incentivare il mercato della riqualificazione energetica con apposite misure, spesso finanziarie, volte a coinvolgere anche i privati e i singoli proprietari.

Numerosi progetti, alcuni in fase di sperimentazione, continuano a diffondersi in ambito europeo per la condivisione e l'applicazione di modelli di retrofit, frutto di una continua ricerca nel settore delle fonti rinnovabili di energia e di tecnologie all'avanguardia per la riduzione del fabbisogno energetico delle costruzioni. In particolare, i sistemi di valutazione *green* degli edifici, rappresentano un ulteriore incentivo allo sviluppo dell'attività di retrofit, in quanto dimostrano in modo pratico la convenienza economica, oltre che ambientale, che una scelta di immobili dai requisiti sostenibili, e a basso impatto ambientale, implica. Alcuni di questi esempi sono oggetto di pubblicazioni scientifiche o di *dossier*, spesso pubblicizzati dalle stesse aziende produttrici di componenti edilizi per l'architettura sostenibile, che vedono numerosi vantaggi nella sponsorizzazione di prototipi edilizi a bassi consumi energetici. Basti pensare alle apposite piattaforme che stanno sorgendo negli ultimi anni, dedicate alla sfera dell'architettura e dei prodotti "eco-sostenibili", veri e propri *network* di prodotti, edifici ed esperienze *green* provenienti da tutto il mondo³.

Dalle esperienze maturate e dai progetti governativi di ciascuna nazione, è possibile dimostrare lo stato dell'arte in materia di efficienza energetica, argomento cardine del dibattito mondiale ed europeo attuale, ricco di soluzioni e strategie possibili, e oggetto di continui sviluppi.

IL PROGETTO "ZEBRA 2020" - NEARLY ZERO-ENERGY BUILDING STRATEGY 2020

Uno dei progetti internazionali promossi dall'Unione Europea, lanciato verso la fine di Aprile 2014 a Vienna, ha l'obiettivo di monitorare lo sviluppo del mercato degli edifici a energia quasi zero in Europa, in modo da raccogliere dati concreti utili ai decisori politici nel valutare e calibrare decisioni virtuose ed efficienti in campo edilizio.

L'obiettivo principale di ZEBRA2020 è quello di creare un osservatorio sugli edifici a energia quasi zero: sulla base di studi di mercato e vari strumenti per la raccolta dati verrà realizzato un osservatorio sugli edifici a energia quasi zero *on-line*, di facile utilizzo e alla portata di tutti, per valutare e ottimizzare strategie.

I *partner* del progetto potranno sfruttare sistematicamente i dati disponibili e le conoscenze accademiche sul settore delle costruzioni in Europa.

Le informazioni raccolte saranno strutturate e analizzate per ricavarne consigli e strategie costruttive (ad esempio lo studio delle migliori pratiche costruttive di edifici a

energia quasi zero). Suggerimenti e raccomandazioni su come promuovere ed accelerare il mercato degli edifici a energia quasi zero verranno fornite durante incontri informativi e *workshop* su scala nazionale e internazionale, indirizzati sia ai decisori politici sia al mondo dell'industria edilizia.

Il progetto copre 17 Paesi europei (Austria, Belgio, Repubblica Ceca, Danimarca, Francia, Germania, Italia, Paesi Bassi, Norvegia, Polonia, Lituania, Lussemburgo, Romania, Slovacchia, Spagna, Svezia e Regno Unito) e circa il 90% del patrimonio edilizio europeo. Di conseguenza, contribuirà attivamente al raggiungimento dell'obiettivo ambizioso di avere il 100% di nuovi edifici a energia quasi zero a partire dal 2020, come anche ad un sostanziale aumento delle attività di riqualificazione di edifici esistenti con *target* energetico quasi zero.

Sono coinvolti anche otto *partner* provenienti dal mondo accademico, da quello della ricerca e società di consulenza privata. Il lavoro di gruppo porterà a colmare le lacune di conoscenza su diversi aspetti: ricerca di fonti di dati affidabili, tecniche di adattamento ai contesti nazionali e locali, e molto altro.

La durata prevista per il progetto è compresa tra Aprile 2014 e Settembre 2016.

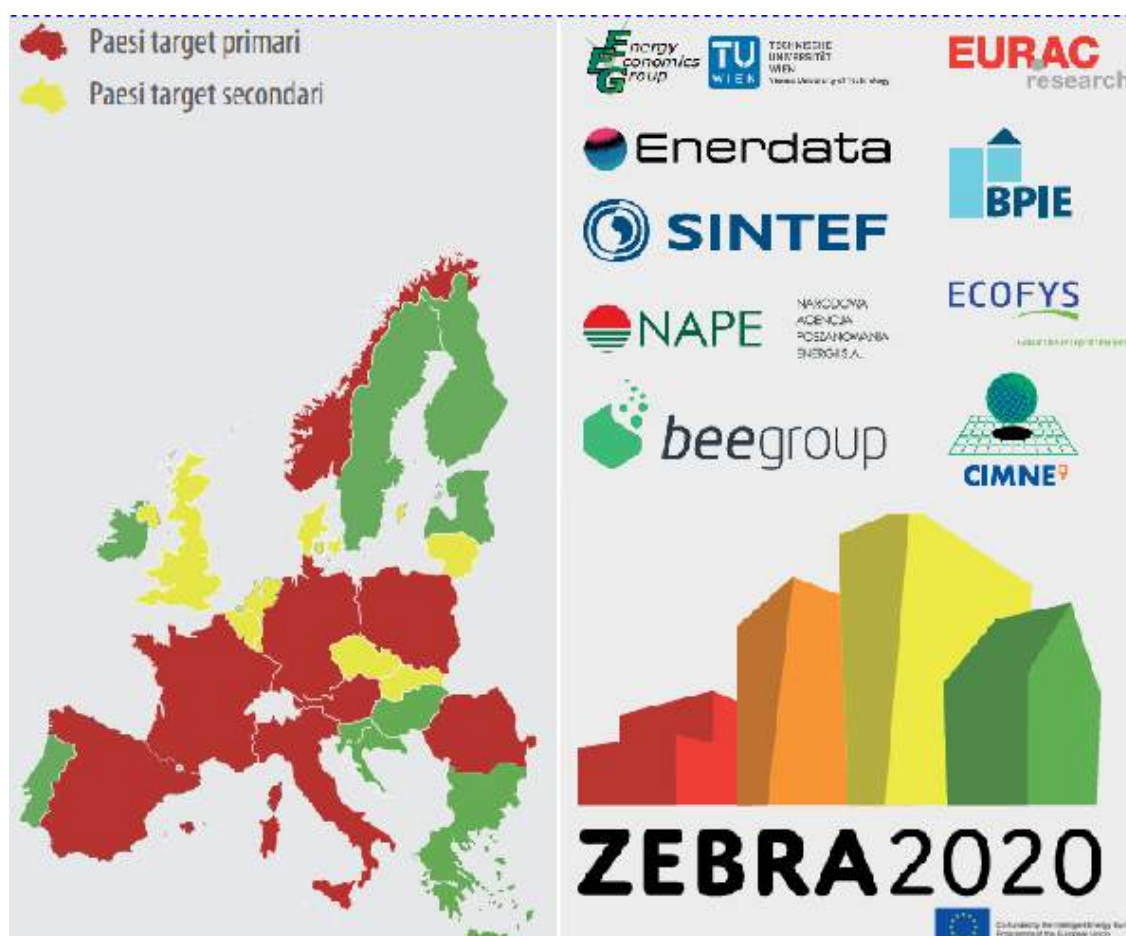


Fig. 3.1 - Progetto ZEBRA 2020. Promosso dall'Unione Europea nell'ambito della strategia Europa 2020 e dai Partner in figura © Zebra2020.

DANIMARCA

La Danimarca è inserita fra i paesi *leader* del settore energetico e dei progressi realizzati nell'ambito del settore edilizio in tema di efficienza energetica.

In Danimarca si trova la sede principale del Gruppo *Rockwool*⁴, il più grande produttore mondiale di lana di roccia, uno degli isolanti naturali ed eco-compatibili più usati in edilizia, che ha sperimentato nella propria sede un edificio altamente innovativo.

IL "BUILDING 2000" – CENTRO DI RICERCA ROCKWOOL - HEDEHUSENE

Il Centro di Ricerca della Società Rockwool ha sede a Hedehusene, in Danimarca e nel 2000 ha vinto il premio come *The world's most energy efficient office building* (Figura 3.2).

La superficie coperta totale è approssimativamente di 4.200 m² e contiene un ambiente aperto per uffici e le sale di collaudo.



Fig. 3.2 - Vista del complesso degli edifici per uffici del "Building 2000", Centro di ricerca del Gruppo Rockwool in Danimarca © Rockwool

In questo edificio è stato consumato circa un metro cubo di lana di roccia per ogni metro quadrato di costruzione, con l'obiettivo di trattenere calore, ridurre il riverbero e rendere la struttura d'acciaio sicura in caso d'incendio, ottenendo come risultato finale un consumo di energia del 70% rispetto a quello previsto dalla normativa edilizia danese, che, tra l'altro, è una tra le più rigorose al mondo riguardo ai temi dell'efficienza energetica.

Sulla base di queste premesse si potrebbe pensare che le conseguenze strutturali abbiano determinato una costruzione estremamente "chiusa", con poche finestre. In realtà, è avvenuto l'opposto: il nuovo centro di ricerca ha finestre insolitamente grandi e un corpo di fabbrica stretto, grazie allo sfruttamento degli apporti solari mediante ampie superfici vetrate che fanno da coronamento all'involucro edilizio (Figura 3.3).

La costruzione porta un cappotto in lana di roccia che crea un isolamento eccellente: basti pensare che la copertura è isolata con 50 cm di spessore, le facciate con 45 cm e

25 di strato sotto i pavimenti. Le finestre sono a bassa trasmittanza ($U = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$), i ponti termici sono stati minimizzati e l'involucro termico risulta essere chiuso ermeticamente con un tasso massimo di infiltrazione molto basso.

Il consumo elettrico è mantenuto al minimo, grazie alla gestione automatizzata delle luci e alla ventilazione naturale controllata, principalmente utile in fase di il raffrescamento; sulla copertura sono installati pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria. Il basso consumo energetico per il riscaldamento è il successo principale del progetto, capace anche di limitare l'impatto ambientale della costruzione. L'analisi del ciclo di vita dei diversi materiali impiegati e il processo di costruzione, hanno determinato la scelta dei materiali stessi e del sistema costruttivo.

La valutazione delle prestazioni energetiche è stata effettuata a metà costruzione con una registrazione dettagliata degli apporti energetici interni dovuti ad esempio ai personal computer, alle luci artificiali, alle persone presenti all'interno dell'edificio, in media circa 60: questi apporti energetici corrispondono a circa 37 kW nelle ore lavorative che corrispondono a 22 W/m^2 dell'edificio.

Il calcolo del consumo di energia iniziale è stato effettuato con il programma BV 98 (SBI, 1998) basato sul metodo descritto dalla norma EN 832. Il confronto tra i valori di calcolo dei consumi iniziali e quelli effettivamente monitorati evidenzia grandi differenze particolarmente nei mesi autunnali e primaverili, dove la radiazione solare diventa importante. I possibili motivi di tali scostamenti, possono attribuirsi principalmente a:

- 1) l'utilizzazione degli apporti interni e i guadagni solari;
- 2) alti valori di trasmittanza totale delle finestre.

I valori totali di trasmittanza delle finestre sono stati ricalcolati con un metodo che include gli effetti dei ponti termici in modo più corretto, questo conduce ad un aumento della trasmittanza dal valore U di progetto, pari a $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$, al valore effettivo di circa $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Carotti 2006).



Fig. 3.3 - Vista esterna degli edifici per uffici del "Building 2000", Centro di ricerca del Gruppo Rockwool in Danimarca © Rockwool

REGNO UNITO

Gli interventi di retrofit risultano una priorità per il Regno Unito già da alcuni anni, vista la presenza di un patrimonio edilizio residenziale che è tra i più datati d'Europa: lo *stock* britannico di edifici residenziali è costituito da circa 26 milioni di abitazioni, di cui circa il 75% costruite prima del 1985. Le abitazioni si attestano generalmente su classi energetiche F e G.

Il Governo ha dunque avviato programmi per il finanziamento degli interventi di retrofit (*The Green Deal*, *The Energy Company Obligation* -ECO, *The Feed in Tariff* - FiT, *The Renewable Heat Incentive* - RHI, ecc.), con l'obiettivo di promuovere interventi di *mass retrofitting* per ottenere un miglioramento dell'efficienza energetica del patrimonio edilizio tale da adeguarsi alle disposizioni imposte dal *Climate Change Act* del 2008.

Il risultato *target* fissato dal Governo prevede di condurre la maggior parte degli edifici almeno in classe B, livello fino ad ora raggiunto solo dall'1-2% dello *stock* immobiliare.

Per obiettivi di medio termine, in cui le riduzioni previste dai programmi governativi risultano essere troppo onerose (si pensi agli interventi di retrofit che dovrebbero essere attuati per raggiungere una riduzione dei consumi dell'80%), si prevede invece un adeguamento a livelli energetici più contenuti, sebbene migliori di quelli esistenti (per esempio la riduzione del "solo" 60% delle emissioni di CO₂).

Il Regno Unito dimostra di essere uno dei Paesi europei più aggiornato e competitivo dal punto della sostenibilità, in tutti i suoi aspetti, requisito testimoniato anche dalla rapida diffusione inglese del modello di contratto di tipo *Green Lease*, che ha caratterizzato di recente la costruzione e la riqualificazione energetica di numerosi edifici per uffici, e alla presenza di numerosi sistemi di certificazione *green*, entrambi strumenti ed incentivi sia per il privato che per il pubblico, verso una politica di efficienza energetica più attenta e mirata, volta al raggiungimento di ambiziosi obiettivi di risparmio energetico.

ONE EMBANKMENT PLACE - LONDRA

Uno dei più recenti e riusciti interventi di retrofit energetico realizzati a Londra, riguarda l'edificio per uffici *One Embankment Place*, nella zona di Charing Cross Station, costruito nel 1990 per ospitare la società PwC, per un'estensione totale di 3.176 m².

In seguito all'intervento di riqualificazione energetica, nel 2013 l'edificio ha ricevuto l'alto livello di certificazione BREEAM "*Outstanding*" anche grazie alla presenza di prodotti ed impianti certificati al 95%, testimonianza di una attenzione totale alla sostenibilità dell'intero edificio.

L'intervento di retrofit energetico ha previsto le seguenti misure:

- Sistema di trigenerazione (CCHP) con refrigeratori ad assorbimento;
- Biocombustibili provenienti dall'olio vegetale di scarto, raffinato e raccolto a livello locale;
- Pareti verdi e tetto giardino panoramico (Figura 3.4);
- Servizi igienici a basso flusso;

- Sistema di monitoraggio completo e domotica;
- Schermo interattivo visibile a tutti e collocato nella reception per la visualizzazione in tempo reale del consumo energetico dell'edificio;
- Approvvigionamento responsabile dei materiali: più del 95% dei materiali impiegati nella costruzione sono stati almeno sottoposti ad una certificazione ISO 14001;
- Inserimento del corpo scala al centro dell'edificio, in modo da incentivare il loro uso, scoraggiando il più possibile il ricorso agli ascensori.

La valutazione BREEAM ha assegnato all'edificio i seguenti punteggi:

| Gestione | Trasporti | Materiali | Energia | Rifiuti | Innovazione | Acqua | Land Use |
|----------|-----------|-----------|---------|---------|-------------|--------|----------|
| 100 % | 100% | 100% | 95% | 85,71 | 80% | 83,33% | 80% |

Tab. 3.1 - Valutazione dei principali risultati raggiunti mediante l'intervento di retrofit energetico, Londra 2013.

Oggi la costruzione emette il 40% in meno delle emissioni di anidride carbonica, percentuale che potrebbe diminuire entro il 2017, e il 60% del suo fabbisogno energetico è prodotto in loco. Come risultato, l'edificio con certificazione ambientale A e un punteggio BREEAM del 96.31%, vanta un notevole riconoscimento a livello internazionale.

È stato stimato un risparmio nella bolletta energetica di 250.000 £ all'anno, con un ritorno dell'investimento di retrofit in meno di quattro anni.



Fig. 3.4 - Vista della tetto giardino all'ultimo piano dell'One Embankment Place, Londra. © Hufton+Crow/PwC.



Fig. 3.5 - Vista di un piano tipo dell'edificio per uffici *One Embankment Place*, Londra. © TPbennet.



Fig. 3.6 - Gli uffici con la scala centrale che conduce ai nove livelli dell'edificio. ©TPbennet.

FRANCIA

In questo Paese sono previsti indirizzi di politica tecnica con misure di incentivazione e supporto allo sviluppo degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti, attraverso azioni per il loro adeguamento e aggiornamento tramite l'utilizzo di prodotti e tecnologie innovative.

Il Ministero francese per l'ecologia ha promosso azioni mirate a promuovere pratiche tese al risparmio energetico in base alla convergenza fra le politiche abitative, di rigenerazione urbana ed ecologiche.

L'introduzione di incentivi e agevolazioni è, come in tutta Europa, indirizzata a favorire la riduzione delle emissioni di CO₂ e a rendere più efficiente l'impiego dell'energia.

Le recenti norme per il settore abitativo obbligheranno i nuovi edifici ad avere bassi livelli di consumi già a partire dal 2015, per poi essere classificati dal 2020 come edifici passivi e successivamente a saldo positivo, cioè in grado di produrre energia anche per terzi.

Questo programma richiede delle strategie operative e un adeguato supporto di finanziamenti e di capacità pianificatoria e progettuale, trovando un interessante riscontro nelle politiche per il retrofit edilizio.

Un punto di partenza è individuato nel sostegno al mantenimento di un sufficiente comfort abitativo nell'ambito delle più generali politiche rivolte al contrasto della *fuel poverty*, necessario per la prevenzione dell'indebitamento delle famiglie per motivi energetici. A tal fine sono in atto programmi di informazione e di assistenza per il miglioramento delle prestazioni termico igrometriche degli edifici di quelle famiglie maggiormente vulnerabili.

L'azione dell'Agenzia Francese per l'Ambiente e la Gestione dell'Energia (ADEME) - che opera sotto l'autorità dei Ministeri dell'Ecologia e dello Sviluppo Sostenibile, del Ministero dell'Industria e di quello della Ricerca - ha l'obiettivo principale dell'efficienza energetica degli alloggi in cui vanno famiglie a basso reddito.

Gli indirizzi ministeriali per gli interventi di retrofit hanno in previsione l'introduzione della classe energetica di "Edifici a basso consumo" con consumo energetico medio di 50 kWh/m²anno e la previsione di incentivi finanziari per le opere edilizie e impiantistiche per migliorare gli standard di efficienza energetica dell'abitazione.

L'approccio alla riqualificazione sostenibile vede inoltre le azioni promosse dall'Agenzia Nazionale per il miglioramento degli edifici (ANAH) con l'offerta di sussidi per migliorare la qualità degli edifici. Infine, L'ANRU (Agenzia Nazionale per il Rinnovo Urbano), istituita nel 2004 con la finalità di sviluppare investimenti nel rinnovo urbano delle aree di edilizia residenziale pubblica degradate, prevede per la regione *Rhône-Alpes* un programma di sostituzione edilizia di 250.000 alloggi di edilizia residenziale pubblica e la riqualificazione di 400.000 alloggi esistenti, prevalentemente di edilizia post bellica e degli anni 60-70. L'azione prevista è stimata nel rinnovo di 20.000 alloggi all'anno in un contesto che presenta caratteristiche dell'ambiente e del costruito molto eterogenee.

La normativa energetica in Francia si basa sul Piano per il Clima 2004/2012 mentre lo strumento utilizzato per la valutazione e la certificazione energetica degli edifici è il Regolamento Termico RT, introdotto nel 1975 e aggiornato ogni 5 anni in relazione agli obiettivi fissati dal Governo.

Attualmente è vigente la RT2005 del 2005, mentre presenta un interessante rilievo la *Grenelle de l'environnement* 2009/2010, che regola gli interventi di retrofit sugli edifici del periodo di costruzione 1948-2009 attraverso la riduzione del 38% del consumo d'energia del patrimonio esistente per il 2020, con la previsione della riqualificazione di 800.000 alloggi sociali su scala nazionale. Per gli alloggi rinnovati viene introdotta una classe di consumo < 150 kWh/m²a, mentre è prevista la riduzione delle emissioni di CO₂ di un fattore 4 per il 2050. I processi di realizzazione si basano su approcci sperimentali e con partenariato pubblico-privato (Programma Re-start, 1996; Convenzione ADEME/ALE, 2003/2004; PREBAT *Programme de Recherche et d'Expérimentations sur l'Energie dans le Bâtiment*, 2009).

LA HALLE PAJOL, PARIGI

Nel 2013 è stato inaugurato nel cuore di Parigi, l'edificio *Halle Pajol*, dopo la ristrutturazione del precedente complesso industriale del XIX secolo, di proprietà della SNFC (*Société Nationale des Chemins de fer Français*).



Fig. 3.7 - Vista esterna del nuovo complesso *Halle Pajol*, Parigi 2013. © Paris.fr.

Nel 2007 il sindaco Bertrand Delanoë decise di bandire un concorso per riqualificare il vecchio deposito delle ferrovie francesi *Halle Pajol*, collocato vicino alla Gare de l'Est nel 18° *arrondissement*, per trasformarlo in un esempio per la città ed una vera e propria centrale solare. Il concorso venne vinto dall'architetto Jourda, che decise di dar vita ad un complesso multifunzionale con biblioteca, l'ostello più grande della città, uffici, negozi, parco, dalle altissime prestazioni adatto a trasformarsi in un modello di riferimento per l'intero settore. Adesso *Halle Pajol* rappresenta uno degli edifici più ecologici di Parigi, vera e propria centrale solare e fotovoltaica per la produzione di energia pulita.



Fig. 3.8 - Prospetto in legno dell'edificio Hall Pajol di Parigi. I pannelli fotovoltaici ricoprono buona parte della copertura. ©Jourda Architectes.

L'edificio presenta, infatti, una copertura interamente rivestita di pannelli fotovoltaici (Figura 3.7), per un'estensione totale di 3523 m² e un totale di 2000 pannelli fotovoltaici, in grado di produrre sino a 4000 kWh di energia elettrica all'anno. L'energia così prodotta andrà, in parte, ad alimentare l'edificio (396 MW all'anno); il restante (quella in eccesso) sarà, invece, venduta e messa in rete.

Il progetto di riqualificazione è stato rivolto in particolare alle caratteristiche energetiche della costruzione, e ha permesso, con un investimento di 1,6 milioni di euro, di trasformare il vecchio deposito, in un parco ecosostenibile studiato per la comunità, autosufficiente e compatibile con l'ambiente, anche mediante l'inserimento di estesi giardini e del caratteristico rivestimento in legno della facciata (Figura 3.8).

All'interno è, presente un parco da 8000 m² (di cui 2500 parte di un giardino interno), concepito dall'agenzia paesaggistica "*In Situ*" e in grado di ospitare diverse specie di fiori e di piante, di catturare l'acqua piovana e distribuirla in base alle necessità. Tutti i materiali di costruzione provengono dalla riqualificazione del vecchio deposito e l'intera area è accessibile a persone con mobilità ridotta. In parte dell'area, è stato allestito il più grande ostello della gioventù della capitale francese: 103 camere per un totale di 330 letti.



Fig. 3.9 - Parte dell'edificio durante i lavori di riqualificazione. ©Jourda Architectes.

Grazie ai 47 cm di spessore degli involucri in legno del nuovo edificio, gli interni sono perfettamente isolati termicamente, mantenendo sempre il comfort ideale in inverno e in estate, ed acusticamente, tanto da mantenere i locali interni della biblioteca completamente silenziosi, nonostante il passaggio limitrofo dei treni.

Anche la vegetazione contribuisce nel mantenimento del comfort interno all'interno del fabbricato, e nelle parti esterne, adibite a zone di svago o di passaggio.



Fig. 3.10 - Render del progetto architettonico in fase di realizzazione: il progetto del verde ©Jourda Architectes.

OLANDA

Anche l'Olanda vanta da anni una particolare attenzione e cura verso gli aspetti energetici delle costruzioni, e verso un sistema rispettoso dell'ambiente.

In particolare, per quanto riguarda gli edifici esistenti, uno studio di recente condotto presso l'Università olandese di Maastricht da un docente di *Finance e Real Estate*, Nils Kok (autore delle principali pubblicazioni sulle analisi costi-benefici degli interventi di riqualificazione), si può stimare un aumento del prezzo di vendita degli edifici sottoposti al retrofit energetico dell'11-13%, e del canone di affitto del 7%.

Nel dettaglio secondo questo studio il prezzo al metro quadro cresce del 25% circa, e aumenta inoltre la competitività del prodotto immobiliare sul mercato. I tempi di ritorno per interventi di questo tipo possono essere stimati dai 2 ai 12 anni.

Si tratta anche di una nazione molto attiva con diversi filoni di ricerca sul tema del retrofit portati avanti sia a livello accademico che di sperimentazioni di diversa natura che la coinvolgono. Alcune tendenze e tecnologie innovative per il contenimento dei consumi energetici in edilizia, sono state oggetto di progetti pilota e manifestazioni internazionali sul tema della sostenibilità.

Nel 2014, ad esempio, è arrivata finalista (dopo il progetto italiano Rhome) all'edizione parigina del *Solar Decathlon*⁵, vera e propria sfida e confronto tecnologico - scientifico sui temi dell'efficienza energetica.

Dall'edizione 2014 del *Solar Decathlon*, è emersa una maggiore attenzione verso la conservazione e il riutilizzo dei materiali, e verso la durata di vita utile dell'abitazione (almeno 50 anni), requisiti interpretati bene dal team di progetto olandese *Prêt-à-Loger*.

SOLAR DECATHLON 2014: PRÊT-À-LOGGER

Il progetto *Prêt-à-Loger* utilizza principalmente soluzioni passive come l'isolamento e l'aggiunta di una serra bioclimatica per raggiungere l'obiettivo di "energia quasi zero".

L'obiettivo della casa progettata ed esposta a Versailles è di utilizzare i sistemi attivi, solo per raggiungere i livelli desiderati di comfort nel caso in cui i sistemi di tipo "passivo" non risultino essere sufficienti (Figura 3.11).

Un importante ruolo nell'uso dei contributi passivi è rappresentato dall'energia solare e dai metodi che permettono di convogliarla e sfruttarla all'interno degli ambienti nel modo più efficiente possibile. L'obiettivo del progetto è anche quello, più a larga scala, di creare a livello urbano quartieri autosufficienti attraverso la produzione di energia decentrata in combinazione con una rete energetica intelligente.

Questi cambiamenti saranno attivati coinvolgendo attivamente i residenti, favorendo l'interazione e promuovendo uno stile di vita in armonia con l'ambiente.

Assecondando un principio di conservazione e riuso, *Prêt-à-Loger* ha scelto per la casa una strategia di approvvigionamento volta a preferire materiali durevoli, riciclati e riciclabili. I tre materiali più importanti (in termini di peso) sono il vetro (1.962 kg), l'acciaio (1,036.2 kg), e il legno (818,13 kg), i quali soddisfano i criteri desiderati.



Fig. 3.11 - Disegno del progetto "Prêt-à-Loger" realizzato dal team olandese partecipante all'edizione 2014 del Solar Decathlon. © Pretaloger.nl

I serramenti in casa sono al 100% di plastica riciclata, per l'isolamento sono stati riutilizzati vecchi giornali e trucioli di legno. Infine, un tetto verde sulla casa, aumenta l'isolamento mantenendo più a lungo le temperature desiderate all'interno dell'abitazione, migliora il drenaggio dell'acqua piovana e crea un piccolo *habitat* per gli animali.

Per quanto riguarda l'impatto ambientale e la quantità di anidride carbonica ed emissioni climalteranti inglobate, dal momento che *Prêt-à-Loger* usa un edificio esistente, usa una quantità inferiore di materiali "nuovi", con un conseguente guadagno in termini di riduzione delle emissioni di CO₂. Inoltre, ciò consente una costruzione molto più veloce, con l'impiego di elementi prefabbricati provenienti dalla produzione di massa, sia per singole unità abitative che su scala urbana.

Come risultato, viene utilizzata poca energia e vengono conservate numerose risorse, rispetto alle operazioni richieste dalla demolizione e successiva ricostruzione.



Fig. 3.12 - Modello degli interni di una casa tipo realizzata dal team olandese "Prêt-à-Loger". Solar Decathlon Parigi 2014. © Pretaloger.nl



Fig. 3.13 – Vista della casa "Prêt-à-Loger" realizzata al Solar Decathlon Parigi 2014. © Pretaloger.nl



Fig. 3.14 - Giardino esterno della casa realizzata dal team olandese "Prêt-à-Loger" al Solar Decathlon Parigi 2014. © Pretaloger.nl

GERMANIA

In un clima rigido come quello tedesco, l'attenzione è focalizzata a livello nazionale sulle diverse tecnologie di isolamento dell'involucro edilizio e, in particolare, sull'efficienza degli impianti di riscaldamento.

Uno degli esempi più riusciti di retrofit energetico a larga scala, è rappresentato dall'intervento di ristrutturazione di un grande complesso residenziale, situato nella città di Karlsruhe e portato a termine nel 2001.

GOERDELERSTRASSE 12-18 - KARLSRUHE 375 FLATS

La struttura del "Goerdelerstrasse 12-18", con 147 appartamenti, appartiene ad un complesso residenziale costituito da tre edifici con caratteristiche architettoniche omogenee, costruiti tra gli anni 1950 e 1960 nella periferia di Karlsruhe, in Germania.

Il complesso fa parte di un insediamento residenziale composto da grandi blocchi di appartamenti, molti dei quali appartenenti al colosso immobiliare tedesco Volkswohnung GmbH. I grattacieli residenziali mostravano sostanziali obsolescenze prima della ristrutturazione: l'involucro edilizio era insufficientemente isolato, i serramenti degli appartamenti non erano a tenuta d'aria; la ventilazione meccanica dei bagni e delle cucine avveniva per mezzo di ventilatori di copertura centralizzati, che non potevano essere controllati dagli inquilini.



Fig. 3.15 - Complesso residenziale "Goerdelerstrasse 12-18", presso Karlsruhe, Germania. © Enob⁶

Nel 2000 è risultata necessaria una ristrutturazione totale di questi alti edifici residenziali, al fine di ridurre il consumo di energia, e per migliorare la qualità della vita dei loro locali interni. I lavori di ristrutturazione hanno avuto inizio nell'autunno del 2000, e si sono protratti fino alla fine del 2001. I 375 appartamenti compresi nell'immobile sono stati completamente ristrutturati secondo gli standard di basso consumo energetico. Sistemi di controllo per il riscaldamento e la ventilazione meccanica controllata costituiscono il

fulcro del progetto pilota. L'intervento di riqualificazione energetica è stato principalmente rivolto alla riduzione del fabbisogno di riscaldamento dell'intero complesso residenziale, pari a 120-156 kWh/m² l'anno, attraverso interventi di miglioramento dell'involucro edilizio e degli impianti di riscaldamento e di ventilazione. È stato inserito anche un sistema di generazione di calore, con una caldaia a gas naturale e due moduli di cogenerazione, capace di ricoprire l'80% del fabbisogno di riscaldamento totale del complesso.

Molta attenzione è stata rivolta anche all'influenza sul risultato energetico dovuta alle abitudini degli abitanti, con un monitoraggio continuo dei loro consumi.

La ventilazione esistente è stata migliorata per ottenere adeguati livelli di ricambi d'aria tali da rendere energeticamente efficiente l'abitazione. Gli appartamenti sono stati dotati di prese d'aria a volumi regolabile nella cucina, e nei servizi come bagno/toilette. Sono state inserite prese di aria fresca nelle stanze, attraverso aperture verso l'esterno, controllabili automaticamente e con protezione dagli agenti atmosferici, con l'installazione di valvole termostatiche nell'intero complesso. Negli appartamenti al *Goerdelerstrasse 14-16*, sono stati sperimentati sistemi di controllo autonomi, per permettere agli occupanti di programmare temperature target per ogni stanza, e secondo intervalli di tempo preferiti, secondo le proprie esigenze di comfort interno. L'isolamento termico e la modernizzazione dei dispositivi di ventilazione meccanica, così come l'uso di un sistema di cogenerazione (CHP) innovativo, hanno consentito la riduzione del fabbisogno di energia primaria di circa tre quarti. I risultati di consumo energetico conseguiti e monitorati sembrano corrispondere con le aspettative e con i modelli di calcolo implementati in fase progettuale. La combinazione di isolamento termico e ventilazione meccanica controllata hanno dimostrato una grande efficacia tecnologica, che, unita ad un costante monitoraggio del fabbisogno energetico degli abitanti, ha dimostrato notevoli miglioramenti nel comfort degli ambienti interni e negli usi energetici degli occupanti.

La Tabella 3.2 mostra alcuni dei dati energetici principali del progetto:

| GOERDELERSTRASSE 12-18 | PRE-INTERVENTO | POST-INTERVENTO |
|---|----------------|-----------------|
| Energia Primaria per il riscaldamento EP_i [kWh/m ² anno] | 100,50 | 40,20 |
| Energia Primaria globale per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria $EP_i + EP_{acs}$ [kWh/m ² anno] | 161 | 61 |
| Costo di intervento [euro/m ²] | - | 157 |
| Costo annuo della bolletta [euro/m ²] | 5,37 | 4,10 |
| Percentuale di energia risparmiata % | - | 60% |

Tab. 3.2 - Dati sul retrofit energetico del complesso tedesco *Goerdelerstrasse 12-18*.

3.3 Interventi realizzati in Italia: strategie di retrofit a confronto

Il settore delle costruzioni è sempre stato uno dei settori trainanti l'economia del Paese. Esistono circa 27 milioni di abitazioni di cui 17,5 milioni costruite prima del 1976. Data che rappresenta una prima svolta in termini di controllo climatico e termico delle costruzioni, a testimonianza della totale mancanza di precise prescrizioni edilizie in materia nel periodo precedente.

Annualmente si costruiscono circa 230.000 abitazioni l'anno per soddisfare la richiesta di circa 130.000 nuove famiglie. Dai dati citati è ben evidente il ruolo che il settore edilizio riveste nella vita politica e sociale del Paese.

Tuttavia, è stato valutato un calo di investimenti del 12%, in tale settore nel triennio 2007-2010.

Per rilanciare il mercato delle costruzioni occorre guidare le future azioni verso il miglioramento energetico del comparto edilizio, prevedendo un indotto di circa 8 miliardi di euro (CRESME 2011)⁷.

Dai risultati degli ultimi convegni in tema di riqualificazione energetica emerge quanto sia sufficiente avviare una politica nazionale di rigenerazione edilizia per creare un nuovo mercato ancora più redditizio.

In base ad uno studio della *European Climate Foundation*, il retrofit energetico del settore edilizio italiano, per un risparmio fino al 90% dei consumi energetici, richiederebbe un investimento tra i 9 e i 20 miliardi di euro all'anno per 60 anni e potrebbe portare nel 2020 all'impiego di 500.000 posti di lavoro (*European Climate Foundation* 2013)

Alcuni esempi di riqualificazione energetica condotti in Italia sono sintetizzati di seguito, con particolare riferimento alla tipologia di intervento e ai principali risultati energetici ed economici raggiunti.

ERGO TOWER (MILANO)

Il progetto di riqualificazione energetica della *Ergo Tower*, sede italiana costruito alla fine degli anni '90 per la società *Ergo*, compagnia assicurativa del *Gruppo Munich Re*, ha promosso l'edificio dalla classe energetica D alla classe A. Il restyling architettonico dell'immobile è stato progettato, studiato e realizzato dallo studio *Aste & Finzi Architetti* e da *Detraco Engineering* con la consulenza scientifica del Dipartimento *Best (Building Environment Science & Technology)* del Politecnico di Milano, ed è durato da Novembre 2007 a Maggio 2009. Tra le soluzioni adottate per il risparmio di energia, si annoverano l'isolamento delle murature esterne tramite rivestimento con materiali isolanti e pareti ventilate, la sostituzione dei vetri con elementi vetrati ultrachiaro per aumentare il livello di *daylighting*, l'installazione di dispositivi di controllo solare a lamelle orientabili e regolabili per sfruttare al meglio la luce naturale e ridurre il consumo di energia elettrica, l'integrazione di un impianto fotovoltaico ad alta efficienza. I benefici ambientali ottenuti grazie al retrofit dell'edificio, si traducono in una riduzione del 40% del consumo totale di energia primaria, pari a circa 291 tonnellate di emissioni di CO₂ in meno all'anno.



Figura 3.16 - L'edificio per uffici *Ergo Tower* di Via Pampuri a Milano, 2009 ©

Nell'ambito del concorso internazionale *The Zerofootprint Re-Skinning Award*, ha ottenuto un prestigioso riconoscimento internazionale come edificio modello in termini di sostenibilità ambientale, menzione d'onore nella sezione "*Commercial/Industrial*".

Lo *Zerofootprint Re-Skinning Awards* è una vetrina di prestigio per i progetti architettonici che si sono distinti in tutto il mondo nel settore del risparmio energetico e del costruire ecosostenibile, collocando così l'edificio e i suoi risultati di efficienza energetica a livello internazionale.

La Tabella 3.3 mostra alcuni dei risultati energetici ed economici, ottenuti dopo l'intervento di retrofit, concluso nel 2009:

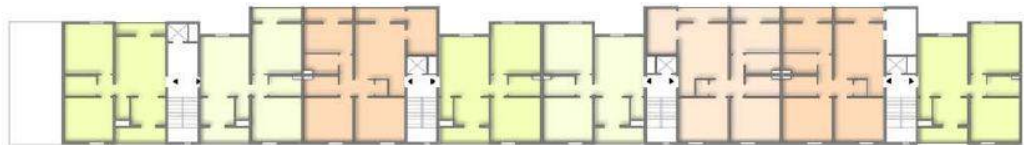
| PROGETTO | ERGO TOWER |
|----------------------------------|----------------|
| LOCALITA' | MILANO |
| PERIODO DI RETROFIT | 2007-2009 |
| COSTO INTERVENTO | 2.217.100 euro |
| RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI | 40% |
| TEMPO DI RITORNO PREVISTO | 10 ANNI |

Tab. 3.3 - Dati sul retrofit energetico dell'*Ergo Tower* di Milano.

PROGETTO SuRE-FIT – LE PIAGGE (FI)

Si tratta di un progetto di ricerca basato sull'applicazione di nuove tecnologie, metodi e procedure di attuazione che consentono di riqualificare e ampliare lo stock di abitazioni esistenti, abbinando misure di efficienza energetica ad obiettivi sociali, tecnici ed economici. L'approccio internazionale del progetto SuRE-FIT ha permesso di analizzare le possibilità costruttive offerte dai sistemi di retrofit delle coperture già in uso in molti Paesi, soprattutto del nord Europa, mediante l'inserimento di sistemi fotovoltaici e serre bioclimatiche che fungono da captatori solari, in grado di riscaldare la temperatura dell'aria interna e distribuirla poi ai diversi ambienti.

La proposta del progetto SuRE-FIT mira a valutare le potenzialità di soluzioni che prevedono la sopraelevazione e l'ampliamento di alcune tipologie di immobili, aumentandone non solo il numero di piani ma, soprattutto, l'efficienza energetica e la funzionalità globale. I progetti pilota sviluppati nell'ambito della ricerca hanno simulato la fattibilità di soluzioni innovative, disegnate su casi-studio specifici, e basate su un approccio tecnico-scientifico applicabile, con proporzioni e modalità diverse, in altri contesti.



Stato di fatto | Pianta Piano Tipo



Stato di fatto | Prospetto



Progetto | Piano Tipo | Trasformazioni e ampliamenti degli alloggi esistenti



Progetto | Prospetto

Figg. 3.17 e 3.18 - Planimetria e prospetti dello stato di fatto e del progetto di Le Piagge, 2008. ©Ipostudio



Fig. 3.19 - Esploso assometrico del complesso dopo l'intervento di retrofit energetico ©Comune di Firenze

| PROGETTO | SURE-FIT |
|----------------------------------|---------------------|
| LOCALITA' | LE PIAGGE (FIRENZE) |
| PERIODO DI RETROFIT | 2007-2008 |
| COSTO INTERVENTO | 1.681.200 euro |
| RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI | 40% |

Tab. 3.4 - Dati sul retrofit energetico dell'edificio per residenze di Le Piagge, Provincia di Firenze, 2008.

CASA KYOTO - GAVIRATE - (VA)

Il progetto *Casakyo* è un catalogo di soluzioni integrate per trasformare un edificio esistente in una casa confortevole ed energeticamente efficiente utilizzando prodotti e tecnologie facilmente reperibili su tutto il territorio nazionale, e già normalmente in uso negli altri paesi Europei. Il primo edificio in Italia ristrutturato e trasformato in casa efficiente a zero consumi e zero emissioni, grazie al progetto *Casakyo* è una villetta

degli anni 30 del Comune di Gallarate. L'edificio oggetto si sviluppa su 2 piani fuori terra con sottotetto abitabile. La casa, sostanzialmente, è un prototipo: la dimostrazione concreta che oggi, anche in un intervento di ristrutturazione, è possibile realizzare un'abitazione confortevole a bassissimo impatto ambientale. .

Il progetto *Casakyoto* di Gallarate è stato ideato dallo studio Studio Tep srl – di Milano. L'intervento è stato reso possibile grazie alla partecipazione di 12 Aziende partner, *leaders* nei diversi settori: Aldes, Alphacan, Bampi, Caparol, Celenit, Gewiss, Tecnasfalti, Maico, Knauf, Kloben, Saint Gobain Glass e Dupont.



Fig. 3.20 - Il progetto CasaKyoto e le aziende partner. ©Fierabolzano 2009.

L'obiettivo è stato quello di trasformare un edificio dalla classe energetica G alla classe A, eliminando ogni qualsiasi possibilità di emissione di CO². Nel progetto sono state coinvolte 12 aziende leader nel loro settore di appartenenza, che rispondessero a requisiti di qualità ed affidabilità nell'offrire soluzioni tecnologiche già presenti sul mercato.

Uno degli interventi più interessanti, è stato il controllo della ventilazione della colonna di scarico. Invece di perforare la copertura (andando così ad incidere sulla coibentazione del tetto e creando una dispersione termica), è stata impiegata una valvola di aerazione in grado di fornire una capacità di 32 Lit./sec. ed installabile anche in un cavedio. Questa soluzione ha permesso di mantenere il tetto integro.

L'edificio può essere visitato da tecnici, operatori di settore e privati, oltre ad essere utilizzato come sede laboratorio per attività di formazione tecnica sull'impiego delle soluzioni proposte dai partner del progetto *Casakyoto*.

La riqualificazione e l'applicazione delle 10 mosse *Casakyoto*, oltre a un risparmio energetico annuo di 207 kWh/m²anno (rispetto ai consumi prima della riqualificazione), consente di raggiungere un beneficio non quantificabile, ma evidente, ovvero la totale assenza di emissioni, dovuti alla combustione di gas per usi domestici e di riscaldamento, dato che tutti gli impianti sono alimentati elettricamente.



Fig. 3.21 – Interventi di retrofit energetico da parte delle aziende partner per il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'involucro edilizio. © Fierabolzano.

SAN VITO DEI NORMANNI (BR) – CASA PASSIVA MULTI COMFORT HOUSE

Il progetto *Multi Comfort House* di San Vito dei Normanni (BR) rappresenta il primo esempio di casa passiva ottimizzata per le caratteristiche climatiche tipiche delle aree costiere del Mediterraneo, e quindi capace di rispondere, prevalentemente in regime estivo, alle temperature calde tipiche del clima in questione.

Si tratta di una villetta unifamiliare, con una superficie utile di 120 m². L'analisi dei bilanci energetici è stata condotta dal Prof. Ing. Paolo Congedo dell'Università del Salento.



Fig. 3.22 - La *Multi Comfort House* a San Vito dei Normanni, Sicilia, durante i lavori di riqualificazione, in *partnership* con l'azienda Isover.

Questo progetto, sviluppato in collaborazione con l'Università del Salento, ha inteso integrare le tecniche edilizie sviluppate dal *Passiv Haus Institut* di Darmstadt, finalizzate all'efficienza energetica con le tecniche costruttive tradizionali, gli stili architettonici e i materiali in uso nelle regioni del Meridione d'Italia. L'intervento, patrocinato e sponsorizzato dalla ditta Isover, ha previsto la tecnica della coibentazione in intercapedine con l'uso di varie tipologie di lana di vetro, posata tra una doppia muratura costituita da tufi di arenaria provenienti da cave locali. Lo spessore medio dell'isolante, per tutte le strutture dell'involucro, è di circa 35 cm con uno spessore medio di parete esterna di circa 70 cm. L'iniziativa si è rivelata una grande opportunità per i tecnici e le maestranze locali che hanno potuto acquisire esperienza professionale in questo settore, in particolare per la posa in opera, garantendo un netto abbattimento dei ponti termici.

Dopo la riqualificazione energetica l'abitazione necessita di soli 12 kWh/m² all'anno, il che significa un costo di 165 euro all'anno per il riscaldamento e il raffrescamento, contro i 1800 euro all'anno che la casa richiedeva prima dell'intervento. Un risparmio, dunque pari a quasi il 90 % rispetto allo stato di fatto.

CASA EX-POST DI BOLZANO

Ristrutturata da 7/8 anni, primo edificio pubblico italiano che rispetta gli standard di casa passiva. Ha ricevuto la certificazione *CasaClima R*, per edifici risanati energeticamente. Prima della ristrutturazione consumava gasolio per 97.000 euro/anno, dopo la ristrutturazione consuma gasolio per 4500 euro anno, un risparmio di più di 90.000 euro.

In 5 anni è stato recuperato l'investimento, per i successivi 25 anni si può guadagnare. Le ricette ci sono: per far ripartire l'industria edile non si può pensare al nuovo ma partire dalle riqualificazioni per ridare ossigeno al settore.



Figg. 3.23 e 3.24 - Abitazione certificata CasaClima R a Verona, su progetto energetico di Mattia Guardini © Guardini 2012.

COMPLESSO DI SOCIAL HOUSING A MILANO

Si tratta della riqualificazione di un complesso di edilizia sociale nel quartiere Aler di Milano.

Il lavoro di diagnosi del complesso residenziale di Via Nikolajevka 1-3 è stato svolto nell'ambito di un progetto della Regione Lombardia *“Attività di diagnosi e progettazione di interventi di riqualificazione energetica relative ad edifici di proprietà pubblica individuati dalla Giunta Regionale in attuazione della D.G.R. N. 8294/2008”*. Capofila del team che ha condotto lo studio, e la conseguente progettazione esecutiva, è la Società DEDALO Esco

con la collaborazione della società *Yousave* e il supporto tecnico-scientifico del Politecnico di Milano, attraverso il Dipartimento BEST.

I soli edifici oggetto dello studio (civici numeri 1 e 3) hanno complessivamente una superficie netta di circa 16.561 m² ed un volume lordo di circa 60.703 m³.



Fig. 3.25 - Immagini dello stato di fatto e del progetto di retrofit energetico dell'edificio di via Nikolajevka 1-3, Milano © Cened.

Dalle indagini condotte sul complesso residenziale, è stata rilevata una grave insufficienza prestazionale dell'involucro, caratterizzato da un degrado diffuso, e dalla presenza di numerosi di ponti termici, causa di un eccessivo fabbisogno energetico per la climatizzazione invernale.

Il valore di trasmittanza termica dell'involucro opaco, costituito da una parete esterna a cassa vuota, pari a $U = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$, supera la soglia stabilita per legge, pari a $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Gli interventi di retrofit ipotizzati sono tre e prevedono le seguenti azioni di miglioramento dell'efficienza energetica:

SCENARIO 1 - RIDUZIONE DEL FABBISOGNO ENERGETICO DEL 77,7%

Interventi di miglioramento delle prestazioni dell'involucro:

- sostituzione di tutti i serramenti;
- sostituzione degli attuali cassonetti;
- coibentazione della parete a cassa vuota con sistema a cappotto;
- coibentazione della parete a cappotto esistente con un ulteriore strato di isolante;
- coibentazione sottofinestra con sistema a cappotto;

- coibentazione parete verso corpo scala aperto con sistema a cappotto;
- coibentazione pavimento su pilotis.

Interventi di miglioramento delle prestazioni degli impianti:

- installazione di valvole termostatiche in tutti i terminali scaldanti;
- sostituzione delle attuali elettropompe con elettropompe a inverter.

SCENARIO 2 - RIDUZIONE DEL FABBISOGNO ENERGETICO DEL 68,48%

Interventi di miglioramento delle prestazioni dell'involucro:

- tutti gli interventi dello scenario 1

Interventi di miglioramento delle prestazioni degli impianti:

- Installazione di valvole termostatiche in tutti i terminali scaldanti;
- sostituzione delle attuali elettropompe con elettropompe a inverter;
- sostituzione di 2 degli attuali generatori di calore con caldaie a condensazione.

SCENARIO 3 - RIDUZIONE DEL FABBISOGNO ENERGETICO DEL 67,2%

Interventi di miglioramento delle prestazioni dell'involucro:

- tutti gli interventi dello scenario 1

Interventi di miglioramento delle prestazioni degli impianti:

- installazione di valvole termostatiche in tutti i terminali scaldanti;
- sostituzione delle attuali elettropompe con elettropompe a inverter;
- sostituzione degli attuali generatori di calore con pompe di calore a gas;
- installazione di un impianto fotovoltaico.

Dalla stima economica degli interventi proposti, si ottiene tale risultato:

| Scenario | Tasso di attualizzazione | VAN (€) | TIR | PBP (anni) |
|------------|-----------------------------|------------|-------|---------------|
| Scenario 1 | 5,00 | 302.195,17 | 7,13% | 16 |
| Scenario 2 | 5,00 | 258.257,74 | 6,68% | 16 |
| Scenario 3 | 5,00 | 284.221,18 | 6,60% | 17 |

Tab. 3.5 - Confronto tra i tre diversi scenari di retrofit energetico ipotizzati, con restituzione degli indicatori economici dell'investimento: VAN (Valore Attuale Netto), TIR (Tasso Interno di Rendimento) e PBP (*Pay Back Period*).

Il tempo di ritorno dell'investimento è stimato in 16-17 anni (PBP = *Pay Back Period*). L'intervento che ha un valore del VAN (Valore Attuale Netto) maggiore è il primo, e tra le diverse opzioni sono stati scelti gli scenari 1 e 2 che sono complementari tra loro e per questi è stato elaborato il progetto esecutivo.

È stato, invece, decisamente scartato lo scenario 3, in quanto i maggiori costi non giustificano gli incrementi di efficienza. Tale svantaggio, rispetto agli altri due scenari, è evidenziato da un valore del TIR inferiore a tutti gli altri (6,60%).



Fig. 3.26 - Immagini prodotte dai rilievi e dalle indagini termografiche condotte sull'involucro esterno dei corpi edilizi 1-3 dell'edilizia sociale. © Cened.

CONCLUSIONI

Gli interventi selezionati, sono adatti per costituire le *best practice* per la gestione dei processi di retrofit in chiave sostenibile. Il retrofit energetico, priorità ormai largamente riconosciuta nell'ambito degli interventi di riqualificazione, è un obiettivo perseguito con strumenti e logiche differenti, che possono cambiare e adattarsi alla località di azione, ai

contesti sociali, culturali ed economici, con soluzioni tecnologiche e progettuali idonee alle precise condizioni tipologiche e tecnico-costruttive della preesistenza.

Alcune esperienze dimostrano che l'impiego di prodotti e sistemi tecnologicamente avanzati e ritenuti sostenibili, non sempre conducono a risultati realmente efficaci sotto il profilo energetico e architettonico, soprattutto quando l'intervento di retrofit non è inserito all'interno di programmi strategici.

Le metodologie studiate hanno costituito la base di partenza per l'applicazione al caso reale di Palermo.

L'analisi e il conseguente confronto fra alcuni interventi di retrofit energetico realizzati in edifici o complessi residenziali europei dopo gli anni '90, fino ad arrivare ai nostri giorni, può essere un utile strumento per comprendere le motivazioni delle scelte tecniche e l'efficacia delle azioni messe in atto per realizzare gli interventi, generalmente coerenti con gli obiettivi più ampi della riqualificazione architettonica e, in grande scala, urbana.

Per delineare lo stato dell'arte, sono state scelte quelle esperienze che risultano più significative in termini di approccio metodologico, a seconda dei contesti, delle caratteristiche architettoniche e tipologiche degli edifici, della presenza o meno di vincoli urbanistici e di tutela paesaggistica, dello stato di degrado e delle normative di riferimento in materia di retrofit energetico.

I dati raccolti non sempre sono omogenei, a testimonianza della complessità della materia e della necessità di ricorrere ad una metodologia che sia soprattutto versatile, per poter essere applicata ai diversi contesti e alle svariate casistiche presenti.

Note

1) L'Agenzia *CasaClima* di Bolzano è una struttura pubblica che si occupa della certificazione energetica degli edifici e della loro certificazione, su tutto il territorio nazionale.

2) Il *Green Lease* è una tipologia di contratto di affitto con clausole "verdi". Diffuso principalmente in America e di recente adottato nell'ambito dell'affitto degli edifici commerciali londinesi, include precise prescrizioni per l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici, attribuendone le relative responsabilità sia ai proprietari che agli inquilini;

3) Un esempio di portale web sulla tematica "*green*" è rappresentato da "www.ongreening.com". Ongreening Ltd è una società di consulenza che si occupa della sostenibilità in tutti i suoi livelli applicati all'edilizia. Nel 2013 ha fondato la piattaforma web www.ongreening.com, database contenente i prodotti, le certificazioni, gli edifici e le esperienze internazionali più significative nell'ambito dell'architettura sostenibile. La società ha sede a Londra (United Kingdom), presso la quale l'autrice ha effettuato il proprio periodo di ricerca all'estero (Appendice I).

4) Il Gruppo Rockwool, fondato nel 1937, ed è oggi il più grande produttore mondiale di lana di roccia, materiale eco-compatibile utilizzato per l'isolamento termo-acustico e la protezione incendio. Con sede centrale in Danimarca, conta ad oggi circa 8.000 dipendenti in oltre 30 Paesi e stabilimenti produttivi dislocati tra Europa, Nord America e Asia. Il Gruppo è presente da oltre 10 anni nel mercato dell'isolamento termico e acustico in Italia, dove ha raggiunto nel 2008 un fatturato di circa 46,6 milioni di euro;

- 5) Il *Solar Decathlon* è una manifestazione internazionale che ogni anno coinvolge esperienze e progettisti provenienti da tutto il mondo. Nata nel 2002 negli Usa su iniziativa del *Department of Energy* e approdata anche in Europa nel 2008, *Solar Decathlon* è una vera e propria gara, che vede studenti e professori universitari provenienti da diverse parti del mondo impegnati in una sfida per costruire case del futuro confortevoli, attente all'ambiente e ai risparmi energetici, socialmente utili. Il requisito di base dei prototipi, costruiti nell'area espositiva dalle squadre in sole due settimane di assiduo lavoro, è l'introduzione di sistemi attivi per la produzione di acqua calda ed energia elettrica. L'edizione del 2014 è stata ospitata in Francia, a Versailles, ed è stato vinto dal team italiano RhOME.
- 6) ENOB (*Research for Energy Optimized Building*) è un Centro di Ricerca per la costruzione di edifici con una domanda minima di energia primaria e con elevati livelli di comfort., attraverso la progettazione intelligente e le tecnologie innovative. Un secondo obiettivo è la valutazione scientifica di edifici energeticamente efficienti, attraverso la sperimentazione di nuovi *concept* e la ricerca di tecnologie e materiali innovativi;
- 7) CRESME: Centro Ricerche Economiche e Sociali di Mercato per l'Edilizia;
- 8) SUREFIT è un progetto finanziato dalla Commissione Europea - 6° FP *Programma Intelligent Energy Europe*.

Riferimenti bibliografici

- BAKER V., *The Handbook of Sustainable Refurbishment: Non-Domestic Building*. Routledge 2009.
- BERETTA F., DE CARLO F., INTRONA V., SACCARDI D., *Progettare e gestire l'efficienza energetica*. McGraw-Hill Education, s.l. 2012.
- BROUNEN D., KOK N., QUIGLEY J.M., *Residential energy use and conservation: economics and demographics*, in IBER, *Program on Housing and Urban Policy*, vol. n. w12-001, University of California, Berkeley 2012.
- CAROTTI A., *Riqualificazione energetica degli edifici. Linee guida per la progettazione integrata*. Utet Scienze Tecniche, Milano 2011.
- CAROTTI A., MADÈ D., *La Casa Passiva in Italia - Teoria e Progetto di "una casa passiva" in tecnologia tradizionale*. Rockwool Italia, Milano 2006.
- CAROTTI A., *La Casa Passiva in Europa. Guida Professionale alle nuove normative energetiche e ai Modelli di Calcolo*. Editore Libreria CLUP, Milano 2005.
- GASPAROLI P., TALAMO C., *Manutenzione e recupero. Criteri, metodi e strategie per l'intervento sul costruito*. Alinea, Firenze 2006.
- HUBER, A., MAYER, I., BEILLAN, V., GOATER, A., TROTIGNON, R., BATTAGLINI, E., *Refurbishing residential buildings: A socio-economic analysis of retrofitting projects in five European countries*, in *World Sustainable Energy Days*, Wels, Austria, Marzo 2011.
- LANDOLFO R., LOSASSO M., PINTO M.R., *Innovazione e Sostenibilità negli interventi di riqualificazione edilizia. Best Practice per il retrofit e la manutenzione*. Alinea Editrice, Firenze 2012.
- LANTSCHNER N., *La mia Casaclima. Progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità*. Raetia, Settembre 2009.
- LUCCHI E., PRACCHI V., *Efficienza energetica e patrimonio costruito: La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*. Maggioli Editore, Milano 2013.

MALIGHETTI L., *Recupero edilizio e sostenibilità*, ilSole24ore, Milano 2004.

SPAGNOLO M., *Efficienza energetica nella progettazione*, DEI Editore, Roma 2007, pp 121-132.

RUSSO ERMOLLI S., D'AMBROSIO V., *The building retrofit challenge. Programmazione, progettazione e gestione degli interventi in Europa*. Alinea Editrice, Firenze 2012.

Sitografia

<http://www.3encult.eu/en/deliverables/Documents/2011>

<http://www.breeam.org/>

<http://www.ecbcs.org/annexes/>

<http://www.enob.info>

<http://www.environmentalleader.com/>

<http://www.eui.eu/Projects/>

<http://www.eurac.edu/en/>

<http://www.gbcitalia.org/>

<http://www.insidehousing.co.uk/>

<http://www.jourda-architectes.com/>

<http://www.lindustriadellecostruzioni.it/>

<http://www.ongreening.com/en>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/>

<http://www.springer.com/energy/energy+efficiency/>

<http://www.solardecathlon2014.fr/en/>

<http://www.tpbennett.com/portfolio>

<http://www.ukgbc.org/>

<http://www.usgbc.org/credentials>

<http://www.wired.it/>

<http://www.zebra2020.eu>

<http://www.zeroemission.eu/>

PARTE SECONDA

IL CASO DI STUDIO: CAMPO DI AZIONE E ANALISI ENERGETICA DELLO STATO DI FATTO

THE CASE OF STUDY: FIELD OF ACTION AND ENERGETIC ANALYSIS OF THE CURRENT CONDITIONS



Palermo. Vista aerea di una porzione di tessuto urbano ad elevata densità edilizia

CAPITOLO 4

Ambito territoriale di indagine: il patrimonio edilizio residenziale di Palermo

The research territorial field: the building residential heritage of Palermo

ABSTRACT - *Almost the 40% of the Italian residential stock is around 50 years old, and then it is going to reach its critical age, this is one of the reason that make the energy retrofit the main growth opportunity in the economic and environmental field, and an innovation opportunity in the buildings. Moreover, the Italian building heritage is mainly composed of the Second Post War constructions, when economic speculation and urbanization have produced characteristics of poor architectural and energetic quality. The city of Palermo is one of the most famous example for its high density construction: the planning rules of the 1950 have allowed to build 21 mc/mq , resulting in the destruction of many historic villas in Liberty Style of Palermo and many green fields. This phenomenon was called "Sacco di Palermo", to underline the catastrophic consequences of the speculative and economic aims of that age. Now we can still observe the soil consumption of the residential area of the city, where you can find very high-rise constructions, without enough green areas and urban facilities, and with the widespread practice of the "terraced connection" between two or more buildings. It is also known that these buildings were built without any attention toward the energy efficiency and indoor comfort requirements, and for this reason they have very often oriented in an opposite way compared to the traditional one, recognized as the most optimal for a better exploitation of the solar and natural conditions. Also the used materials were almost always chosen without any reference to the climatic prerogative of the city.*

This context is also diffused in other Italian cities: the aim of the research is to define a methodology to correct these wrong and diffused characteristics of residential Italian buildings, starting by the application of the energy retrofit actions to the selected case of study.

4.1 Palermo e l'urbanizzazione della *Piana dei Colli*: contesto storico ed ambientale

4.1.1. Cenni storico-urbanistici sulla città di Palermo

La scelta dell'ambito di indagine non può prescindere da alcuni cenni storici e geografici della città di Palermo, sede del caso applicativo della ricerca.

Palermo, capoluogo della regione Sicilia, è il quinto comune italiano per popolazione dopo Roma, Milano, Napoli e Torino, e trentunesimo a livello europeo, nonché il principale centro urbano della Sicilia e dell'Italia insulare. L'area metropolitana di Palermo, che comprende il capoluogo ed altri 26 comuni, conta una popolazione di 1.065.595 abitanti.

La città, estesa lungo l'omonimo golfo nel Mar Tirreno e adagiata sulla pianura della *Conca d'Oro*, così chiamata per via delle colorazioni tipiche degli agrumi che un tempo dominavano il paesaggio, è circondata completamente da una cinta muraria naturale, costituita da alte montagne. Geograficamente, il comune si estende lungo la fascia costiera, con media penetrazione nell'entroterra. L'area occupata dalla città era in origine un'ampia pianura attraversata da molti fiumi, torrenti ed ampie zone paludose, adesso bonificate. I fiumi che esistevano e attraversavano la pianura della Conca d'Oro, sono scomparsi o scorrono ancora sotto terra, essendo stati interrati a seguito di forti alluvioni.

Dalle montagne discendono giù fino al mare alcune vallate create nel corso dei secoli dall'erosione delle acque, come la *Valle dell'Oreto*, che è la più grande, ed attraversa la città, delimitando una linea di demarcazione tra la periferia ed il centro.

Le conformazioni rocciose che circondano e tagliano in varie parti la città di Palermo sono principalmente di origine calcarea. La loro disposizione sul territorio non ha permesso uno sviluppo regolare della città moderna. Il resto dei monti di Palermo, invece, delimita l'estensione della città verso l'entroterra. Le grandi pianure e vallate si estendono proprio tra questi monti, come la *Piana dei Colli* nella zona settentrionale della città, la *Valle dell'Oreto* a sud, e la *Conca d'Oro* sulla quale si estende gran parte del tessuto urbano.

Dal punto di vista storico-culturale, Palermo è una città che ha visto sovrapporsi culture e tecniche costruttive di popoli diversi, e conserva tuttora un grande patrimonio di particolare valenza storica, architettonica ed artistica. Fondata dai Fenici nel VII sec. a.C. viene in seguito conquistata dai Romani che le conferiscono il nome di *Panormus*.

Lo stile *Arabo-Normanno*, che denota tantissime realizzazioni architettoniche della città trae le sue origini in due particolari momenti storici, rispettivamente la dominazione araba, dal IX sec. d.C., e quella normanna, a partire dal 1072. Anni fervidi sia sotto il profilo culturale e politico che artistico e architettonico, come dimostrano i numerosi esempi ancora esistenti di architettura arabo-normanna.

In quegli anni la città si espande e nascono nuovi quartieri urbani al di là dei confini del centro storico detto il *Cassaro* (dall'arabo *Al Quasr*, "Il Castello", antico nome anche dell'attuale Corso Vittorio Emanuele).



Fig. 4.1 - Il Palazzo della Zisa di Palermo e le fontane dette "peschiere" per il raffrescamento dell'aria. (2013).

La città prospera e si arricchisce degli apporti delle diverse culture in essa presenti: nascono giardini di foggia orientale e lussuosi palazzi (la Zisa, la Cuba, ecc.).

Grazie al suo bagaglio culturale, artistico ed economico, ha assunto per secoli le vesti di città fulcro del Mediterraneo. Sotto la dominazione normanna fu capitale (con alcune interruzioni), dal 1130 al 1816, del Regno di Sicilia, e, successivamente, del Regno delle Due Sicilie.

Molti monumenti tra chiese e palazzi, facenti parte del cosiddetto *Percorso arabo Normanno di Palermo*, sono da anni riconosciuti come Monumenti nazionali italiani ed entro il 2015 potrebbero rientrare tra i *patrimoni dell'umanità* UNESCO (Figura 4.2).

Successivamente, in seguito ad un susseguirsi di dominazioni, nel '700 i Borboni di Napoli diffondono nella città lo stile barocco. L'Ottocento segna l'apertura della città al commercio ed alle relazioni con l'Europa. La borghesia imprenditoriale è la nuova forza economica e la nuova "committente", permettendo alla città di estendere i propri confini.

In quegli anni è inaugurata la via Libertà, continuazione di via Maqueda, asse principale e di riferimento dei nuovi quartieri, che si arricchirono di creazioni in stile *Liberty*. Oggi di queste costruzioni esiste ben poco, e spesso al loro posto si trovano i palazzi prodotti dal *boom* edilizio della seconda metà del 1900.

In seguito all'Unità d'Italia, il comune di Palermo intraprese la costruzione di alcune importanti opere architettoniche: il taglio di via Roma e la costruzione dei due teatri più rappresentativi della città, il Teatro Massimo e il Politeama.

Nel primo ventennio del XX secolo Palermo attraversò un'epoca florida, con un breve ma intenso periodo *Liberty*. Non interessata dal primo conflitto mondiale, Palermo subì notevoli distruzioni a causa dei bombardamenti durante la seconda guerra mondiale.

A partire dagli anni '50, si sviluppò uno *skyline* molto variegato, dovuto all'espansione urbana della città durante gli anni successivi alla seconda guerra mondiale, in seguito all'abbandono da parte dei cittadini del centro urbano originario e all'emigrazione verso le periferie che ha determinato una produzione edilizia senza precedenti, creando interi quartieri residenziali *ex novo*, composti principalmente da alti palazzi in cemento armato, trasformando l'assetto urbano, non solo in estensione ma anche in altezza.

In questa fase, nella città hanno lavorato architetti di fama internazionale, come ad esempio Vittorio Gregotti, il gruppo BBPR, Italo Rota, Gae Aulenti, Carlo Scarpa, Giuseppe Samonà, Carlo Broggi, Gabor Acs e Ludovico Quaroni.

Se in quegli anni non si prestava attenzione alle caratteristiche climatiche e naturali in cui l'edificio sorgeva, nell'antichità l'integrazione dei sistemi passivi negli edifici ha trovato una delle migliori applicazioni anche nell'architettura Arabo – Normanna palermitana, ed in particolare nel complesso della Zisa. Di fattura araba, fu edificato nel 1160, con particolare attenzione agli aspetti architettonici che determinavano la compresenza di raffrescamento evaporativo e ventilazione naturale, permettendo il raggiungimento di livelli di *comfort* ambientale che sarebbero tutt'ora soddisfacenti.

Il giardino (Figura 4.1), ad esempio, costituiva un espediente per la riduzione della temperatura, mediante la previsione di adeguate zone ombreggiate, che contribuivano a raffrescare le brezze provenienti del mare, anche grazie al fenomeno dell'evapotraspirazione: prima di giungere al palazzo, la brezza marina veniva ulteriormente raffreddata per mezzo del raffrescamento evaporativo prodotto dall'antistante vasca d'acqua detta "peschiera".

Questi, ed ulteriori altri accorgimenti, rendevano l'edificio confortevole anche durante i caldi giorni estivi, in un modo naturale e rispettoso dell'ambiente.

Ad incrementare tali fenomeni, in questo ed altri casi di edilizia tradizionale *sostenibile*, si inseriva anche il fattore psicologico, legato soprattutto alla sensazione di *comfort* e benessere percepita dall'organismo umano, grazie alla presenza dell'acqua nelle vasche interne ed esterne (De Vecchi 2012).

Lo stato attuale in cui versa l'intero complesso è il frutto di una serie di pesanti manomissioni che si sono susseguite dal 1300 quando fu trasformato in castello fortificato e furono apportate piccole modifiche, come la creazione di una merlatura di coronamento.

Successivamente, fu adibito a baglio agricolo e lasciato per secoli in uno stato di totale degrado.

Nel 1952 si avviarono i primi lavori di restauro, ma furono ripetutamente interrotti, finché, nel 1972, gran parte dell'ala Nord cadde a causa delle riduzioni delle sezioni murarie apportate da alcune trasformazioni seicentesche.

L'ultimo intervento riguarda i lavori di restauro che hanno ricostruito l'ala crollata e riportato l'edificio ad una ipotetica configurazione originaria, inaugurata nel 2002.



Fig. 4.2 - Mappa del *Percorso Arabo-Normanno* candidato a divenire patrimonio dell'Unesco e particolari di architettura arabo-normanna: San Giovanni degli Eremiti, le *muqarnas* della Cappella Palatina ed il Ponte dell'Ammiraglio. © De Vecchi *et al.*

4.1.2. La scelta del contesto urbano di Palermo

Le attuali ricerche sul benessere ambientale *passivo* o *ecosostenibile*, non fanno che proiettarci verso questi antichi metodi progettuali, tanto noti ai nostri saggi predecessori mediterranei. Questo è il caso dell'elevata inerzia termica degli edifici islamici diffusi anche nel territorio siciliano, come il Palazzo della Zisa, che con i loro espedienti architettonici e la particolare conoscenza delle condizioni climatiche locali, riuscivano ad ottimizzare le caratteristiche termiche per proteggere gli ambienti interni dal clima caldo.

Spesso si trattava di un involucro molto efficiente grazie allo spessore delle pareti verticali e la conseguente massa superficiale elevata, in modo da ritardare gli scambi di calore con l'esterno e mantenere entro certi limiti i guadagni solari

Alla luce di queste osservazioni, appare evidente come sia necessario porre attenzione a quegli edifici che, non rivestendo alcun interesse di carattere storico-artistico, sono stati fino ad ora trascurati dalle ricerche sul retrofit energetico, ma non per questo meno degni di attenzione: si tratta dei prodotti dell'edilizia post-bellica e delle loro inefficienti prestazioni energetiche imputabili non solo al *boom edilizio* ma anche alla scarsa, per non dire nulla, sensibilità verso la tematica ambientale che caratterizzava

l'Europa e soprattutto l'Italia del Secondo Dopoguerra.

A tale proposito, la categoria d'uso che meglio si presta ad essere indagata per la valutazione dei benefici di un investimento di retrofit energetico, risulta essere quella residenziale. La ragione di tale scelta risiede da una parte dalla diffusione prevalentemente residenziale del tessuto edilizio di "nuova" espansione, mercato più vantaggioso e quindi più sfruttato ai tempi del *boom edilizio*, e dall'altra, dalla necessità di dimostrare come più o meno semplici interventi di retrofit possano essere intrapresi anche da cittadini privati, per esempio nel caso di grandi edifici con diverse unità immobiliare e diversi proprietari.

Proprio questo, ad esempio, è il caso dell'area nord-occidentale della città di Palermo, laddove nella seconda metà del 1900 hanno trovato insediamento nuclei urbani ad elevata densità edilizia, giustificata da strumenti urbanistici sempre più "permissivi", che finivano per incoraggiare l'espansione incontrollata della città.

Se, infine, si considera che le norme e le precauzioni che hanno guidato la nascita e la realizzazione di tali costruzioni, sono per lo più dettate da principi economici e di sfruttamento del suolo, si può comprendere la ragione dei *deficit* funzionali e delle obsolescenze impiantistiche che li caratterizzano.

Tale scelta si inserisce, nella grande scala, all'interno del contesto urbanistico italiano, caratterizzato da un comparto edilizio molto denso e spesso vetusto, soprattutto a destinazione residenziale.

Risulta, dunque, opportuno, soffermarsi su tali edifici, piuttosto che sui più antichi. Oltre alla notevole superiorità numerica dell'edilizia post bellica rispetto agli edifici storici, questi ultimi sono, inoltre, stati per lo più concepiti con particolari e spesso empirici criteri di progettazione, derivanti dall'adattamento al contesto e ai fenomeni naturali, che permettevano all'edificio lo sfruttamento delle condizioni microclimatiche locali per aumentare il comfort termo-igrometrico degli ambienti interni, attraverso soluzioni semplici, economiche e non dannose per la salute. *Sostenibili*, diremmo adesso.

Inoltre, i successi più diffusi relativi agli interventi di risparmio energetico in edilizia, sono stati registrati e si continuano a registrare nei Paesi dell'Europa del Nord e dell'Italia Settentrionale.

Risulta opportuno estendere tali ricerche e sperimentazioni a livello mediterraneo, cercando di adattare alle differenti condizioni climatiche e ai diversi contesti urbani.

Da questo punto di vista, infatti, poco, o quasi nulla, è stato fatto. Basti pensare che, fino a poco tempo fa, la normativa nazionale vigente in materia di prestazioni energetiche degli edifici, prendeva come principale termine di riferimento il parametro dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, che teneva conto del solo fabbisogno per il riscaldamento. Per la rispondenza, invece, ai requisiti prestazionali relativi alla climatizzazione estiva, si rimanda, tutt'ora, al calcolo e alla valutazione "qualitativa" delle caratteristiche termiche e dinamiche dell'involucro (*cf*r Capitolo 2).

Questo ci fa intuire come la preoccupazione maggiore, manifestata anche a livello

legislativo, sia principalmente rivolta alle condizioni climatiche dell'Italia Settentrionale e ai relativi fabbisogni di riscaldamento.

La ricerca, in quest'ottica, mira a dare un contributo alle esperienze progettuali che intendono riqualificare l'esistente, anche in condizioni climatiche diverse, quali quelle mediterranee, caratterizzate da un clima mite e da un altissimo livello di incidenza solare, attraverso l'implementazione di una metodologia che possa essere applicata, caso per caso, adattandosi ai contesti.

In prima analisi, è stato necessario individuare alcuni contesti urbani significativi per l'applicazione degli studi e la verifica delle ipotesi metodologiche e tecnico-progettuali proposte.

La città di Palermo, oltre a rappresentare la sede della ricerca di Dottorato, è stata considerata un esempio significativo per l'applicazione della stessa, in quanto fortemente influenzata dai fenomeni di speculazione e *boom edilizio* che hanno originato quelle caratteristiche edilizie tali da rendere necessario un intervento di retrofit energetico.

Palermo si pone, dunque, come caso di studio rappresentativo delle possibilità di miglioramento energetico degli edifici sottoposti a condizioni climatiche di tipo mediterraneo, e con un elevato bisogno di raffrescamento.

I beni interessati da tale studio sono principalmente quelli costruiti tra gli anni '50 e '70, realizzati con prodotti e processi di bassa qualità.

Si tratta in particolare di edifici vetusti e con un elevato livello di obsolescenza funzionale e prestazionale, dove per scarsa qualità si intende la mancanza dei criteri espressi dalle norme UNI ISO 8402, ovvero l'assenza delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite, e UNI 10838, che definisce la qualità edilizia come *"Insieme delle proprietà e delle caratteristiche dell'organismo edilizio o di sue parti che conferiscono ad essi la capacità di soddisfare, attraverso prestazioni, esigenze espresse o implicite"*.

4.1.3. L'urbanizzazione del secondo dopoguerra

La scelta di Palermo come caso studio per l'applicazione degli interventi di riqualificazione proposti, presuppone una conoscenza dei fenomeni di inurbamento che hanno trasformato la città negli ultimi 50 anni. Anni in cui la domanda di nuovi alloggi per la città in crescita, insieme agli strumenti urbanistici di nuova realizzazione, determinarono una rapida costruzione di edifici, soprattutto destinati a residenze, che oggi rappresentano una parte significativa del tessuto urbano cittadino.

In generale, il Secondo Dopoguerra è caratterizzato in tutta Italia da un'intensa attività edilizia che si è protratta fino agli anni '70.

Le cause principali sono individuabili nel significativo fenomeno dell'inurbamento che interessa i principali centri regionali e industriali, nella crescita della popolazione nonché dalla Seconda Guerra Mondiale.



Fig. 4.3 - Veduta aerea dell'area di espansione lungo l'asse nord-occidentale di Palermo.

Il patrimonio edilizio di questo periodo è ancora caratterizzato dall'uso di tecniche costruttive convenzionali, mentre lo sviluppo di soluzioni innovative è limitato ad interventi sperimentali che hanno avuto una scarsa diffusione nelle realizzazioni successive.

Mentre il dibattito nazionale in merito alla ricostruzione si accendeva sul tema della prefabbricazione e dell'industrializzazione dell'edilizia, e ad un livello più ampio, sulla scelta di un indirizzo di politica economica di tipo liberistico o pianificatorio, dalle ricadute estremamente differenti sul settore dell'edilizia, il modo di costruire è caratterizzato da una sostanziale continuità con la particolare tradizione costruttiva moderna messa a punto negli anni '30.

Occorre anche aggiungere che lo sviluppo urbano di Palermo fu il frutto di un forte mutamento sociale maturato dopo la guerra. Da un lato la domanda di nuovi appartamenti in cui vivere, dotati di apparecchiature e servizi più moderni, già diffusi in altre parti più evolute del Paese e all'estero, che rispecchiassero la qualità di vita elevata propria di molti cittadini di quel contesto storico, dall'altro, l'esigenza di nuove residenze, a fronte delle conseguenze post-belliche e del veloce inurbamento dovuto anche all'arrivo in città di nuova gente.

A causa dei bombardamenti inglesi ed americani che nel 1943 colpirono Palermo, tra il 1947 e il 1955 furono ben 40.000 i palermitani che avevano avuto la casa distrutta e che richiedevano nuove abitazioni, fino ad assumere, in pochissimi anni, la fisionomia di oggi, espressa dall'immagine rappresentata in Figura 4.3 e scattata da Monte Pellegrino.



Fig. 4.4 - Immagine della devastazione della Conca d'oro con una residua area di agrumeto © Cusimano.

Basti pensare, poi, che la città contava nel 1936 circa 400.000 abitanti e che oggi ne conta il doppio, mentre nel decennio intercensuario '51-'61 la popolazione aumentò di centomila persone (Butera 2010:2).

Una esigenza, questa, del tutto legittimata dalle contingenze statiche, politiche e sociali del tempo, ma che a Palermo non trovò riscontro in un convenzionale sistema di mercato basato sulle offerte concorrenziali di case nuove a prezzi competitivi. A differenza dei modelli già diffusi sul territorio italiano settentrionale o straniero, a Palermo, l'offerta venne contaminata da un accordo tra i costruttori e le cariche politiche che in quel periodo dominavano la città, scartando spesso i valori e i termini stessi del mercato libero, aperto e concorrenziale.

Da qui prende forma quel fenomeno comunemente conosciuto come il *Sacco di Palermo*. La locuzione venne usata per descrivere il *boom* edilizio avvenuto tra il 1950 e il 1970 nella città di Palermo, dove si verificò in maniera molto più accentuata che nel resto della penisola. Tale evento stravolse infatti la fisionomia architettonica della città, deturpando spesso le bellezze storico-artistiche del periodo *Liberty* per fare spazio a colate di cemento che ancora oggi rappresentano gran parte del tessuto edilizio residenziale della città (Figura 4.4).



Fig. 4.5 - Veduta aerea della Piana dei Colli con i campi coltivati e Monte Pellegrino sullo sfondo, prima dell'espansione edilizia degli anni '60-'70 (tratta dal sito web *Reportage Sicilia*).

L'espansione edilizia interessò soprattutto l'area urbana nord-occidentale, inglobando anche alcune borgate e giardini testimonianza della ricchezza che aveva caratterizzato la città e la sua vecchia borghesia. Una distruzione che, per ampiezza e per conseguenze, qualcuno paragonò a quella provocata dai bombardamenti. Con la sola eccezione che, dopo i bombardamenti, si è soliti ricostruire, invece dopo il sacco la città non è mai più stata cambiata.

Una delle aree territoriali di Palermo che più soffrì di tale fenomeno è la Piana dei Colli (Figura 4.5), un'area pianeggiante situata al confine Nord della città di Palermo, che, a sua volta, fa parte di una più vasta area della città, la *Conca d'Oro*, così chiamata per la fertilità del suolo e la ricca produzione agricola del suo passato.

Il nome deriva dai monti che la circondano, tutti di altezza non eccessiva, da qui piana dei colli. La piana è delimitata da *Monte Pellegrino* e ad Est, *Monte Gallo* a Nord, e *Monte Billiemi* ad Ovest. Prima dell'urbanizzazione avvenuta durante il *Sacco di Palermo*, l'area della pianura era piena di corsi d'acqua e terreni acquitrinosi che raggiungevano il golfo di Mondello, questo consentì per secoli una rigogliosa vegetazione, che la rese famosa per i frutti e le colture, in parte ancora visibili all'interno delle (seppure poche) ville settecentesche ed all'interno del limitrofo *Parco della Favorita*.

Fino al Settecento, l'area era quasi completamente libera da abitazioni, le più prossime delle quali si dipartivano dal mare di Mondello, per arrivare in modo sporadico, in prossimità della campagna. Ciò era dovuto sia alla mancanza di sicurezza della zona, facilmente raggiungibile dal mare e quindi attaccabile dai nemici, che alla presenza degli acquitrini che rendevano malsana l'area. Nel '700, il rischio di incursioni piratesche andava affievolendosi e si rendeva sempre più pressante il desiderio, da parte della nobiltà e della nuova borghesia, di una zona di villeggiatura, "uno sbocco a Nord", in alternativa ad altre aree rurali dell'area palermitana, già saturate o in via di estensione.

La Piana dei Colli venne scelta per la costruzione di grandi ville circondate da campi ed ampi giardini.

Da questa nuova esigenza hanno preso forma, attorno ad alcune delle suddette ville, piccoli agglomerati urbani, (come, ad esempio gli odierni quartieri di *San Lorenzo* e *Partanna-Mondello*).

A metà Ottocento l'aspetto della piana cambia profondamente: viti ed olivi lasciano il posto ai più redditizi agrumi, che ben presto sono apprezzati ed esportati in tutto il mondo. Negli anni '50 del Novecento ha inizio il rapido declino dell'economia degli agrumeti. Nello stesso periodo la città abbandona il suo centro storico, devastato dalla guerra, e comincia la sua rapida e disordinata crescita per dare alloggio ai numerosi siciliani che, provenienti da tutta l'isola, trovano un impiego nella nuova burocrazia regionale o nel settore edilizio. Fu proprio questo il focolare del Sacco.

Durante gli anni '60 e il correlato *boom* economico, la fame di abitazioni spinse l'interesse di molti verso la Piana, semi incontaminata com'era, facendone un grosso cantiere diffuso che produsse, in pochissimo tempo, interi quartieri.

In quella zona e in quel ristrettissimo arco temporale, sono stati realizzati grosso modo un milione di appartamenti, con un accrescimento del 125% della superficie urbanizzata (Gucciardo 2011: 315- 316). Si tratta dei quartieri residenziali di Palermo, attualmente nucleo del tessuto urbanizzato destinato alla residenza. Diffuse e per lo più nascoste nella folta cortina edilizia che si è così creata, trovano ancora posto alcune, poche, ville che nel Settecento e nell'Ottocento resero famosa la zona come luogo di villeggiatura estiva. Fra il 1955 ed il 1975 sulla Conca d'Oro vennero riversati "*trecento milioni di metri cubi di cemento e centinaia di chilogrammi di asfalto*" (Barbera 2012).

4.1.4. Gli strumenti urbanistici degli anni '60

Il *Sacco di Palermo* e le tipologie edilizie che si diffusero come risultato, sono state legittimate dai contenuti dell'allora attuale *Piano Regolatore Generale*, che, dopo anni di concessioni e licenze spesso ingiustificate, è stato portato a compimento ed approvato nel 1962. Già prima di quella data, tuttavia, erano state concesse un gran numero di licenze edilizie sulla base della versione del 1959.

Nel 1956 e nel 1959 vennero approvate dal consiglio comunale due versioni provvisorie di quello che diventerà il PRG definitivo qualche anno dopo, a cui però furono apportati centinaia di emendamenti, in accoglimento di istanze di cittadini privati. Varianti, che permettevano di costruire nell'area di via Libertà, dove si concentravano le residenze private in *stile Liberty* costruite alla fine dell'Ottocento, e di cui Palermo poteva vantare splendidi esempi. Il PRG del '62, in definitiva, rompe il millenario equilibrio tra Palermo e la sua campagna; nelle aree destinate a verde agricolo è consentito edificare fino a 2.500 metri cubi per ettaro. L'edilizia, in quegli anni, era in gran parte nelle mani di Cosa Nostra, come si riconobbe solo qualche anno più tardi, a seguito di indagini sulle 4000 licenze edilizie concesse in via straordinaria nel giro di pochissimi anni.



Fig. 4.6 - Stralcio del P.R.G. del 1962 di Palermo, con le aree di nuova espansione in evidenza.

Tutta l'aristocrazia e l'alta borghesia cittadina che si era trovata a possedere spazi, immobili e aree in Via Libertà e successivamente nella direttrice Nord Ovest della città fece la stessa operazione. Barattò cioè ville e villini *Art Nouveau* con enormi palazzoni in cemento che raggiungevano dieci, dodici, tredici piani (Salvatore Butera: 2010).

In questo contesto, si inserisce un clamoroso episodio, che suscitò scalpore, non solo a Palermo. Si tratta del caso di *Villa Deliella* in piazza Croci, nel cuore cittadino, una residenza progettata dall'architetto Ernesto Basile¹ nel 1898, che nel 1959 venne sottoposta al consiglio comunale, per essere demolita a partire dalla notte stessa (Figura 4.7). Un mese dopo *L'Espresso*² pubblica un lungo e magistrale articolo di Bruno Zevi che ne rilancia in campo nazionale, denunciandola, la vicenda. Oggi, al suo posto, esiste un grande parcheggio per autovetture.

Il Piano Regolatore del 1962, raffigurato in parte in Figura 4.6, rappresenta il secondo piano regolatore della città di Palermo, emanato dopo quasi ottanta anni dal precedente, il Piano Giarrusso del 1885.

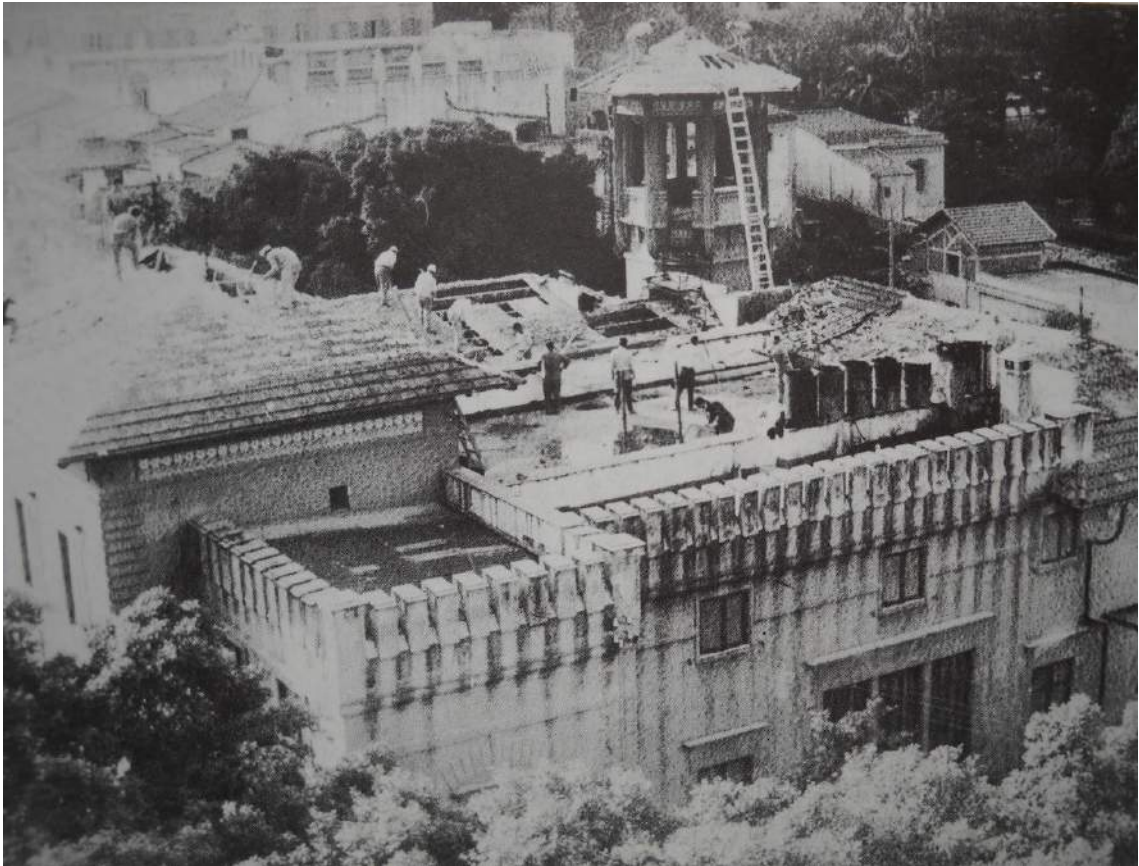


Fig. 4.7 - Foto storica di Villa Deliella e degli operai durante le rapidissime operazioni di demolizione, 1959. ©Russotto.

Tra le evidenti novità introdotte, emerge la volontà, tradotta in possibilità, di ampliare la superficie cittadina di circa il doppio, prevedendo un raddoppio della popolazione dai 500.000 a circa 900.000 abitanti. La nuova edificazione si sviluppò soprattutto verso Nord, seguendo la morfologia del territorio. Si vennero così ad occupare moltissimi terreni urbani, fino ad allora destinati all'agricoltura, e, contemporaneamente, si finì per inglobare le borgate storiche nel tessuto urbano, eliminando la loro identità. Il piano prevedeva altresì la riduzione delle aree verdi e la sostituzione di piccoli edifici con edifici multipiano, con l'intenzione, presunta, di limitare lo spazio occupato: in realtà si trattava di una vera e propria speculazione edilizia.

Molte ville ottocentesche e del primo novecento vennero demolite, per lasciare posto ad edifici che, per altezza ed indici edilizi appositamente determinati, consentivano un più elevato sfruttamento del suolo, e quindi più alti rientri economici.

Le Norme Tecniche di Attuazione del PRG, prevedono, infatti, coefficienti di densità fondiaria ed edilizia nettamente superiori a quelli delle altre città italiane, a discapito del verde agricolo e urbano, a cui erano riservate pochissime porzioni del territorio urbano.

La densità fondiaria delle zone del centro urbano prevedeva un limite massimo pari a 21 mc/mq. Mentre alle zone di verde agricolo erano destinati ben 0,20 mc/mq, a fronte

della normativa nazionale che prevedeva, nella stessa zona, una densità di 0,03 mc/mq.

Ad esempio, la *Via Emanuele Notarbartolo*³, in breve anni si trasformò da una elegante strada circondata da ville e verde, ad una via di edifici molto alti e vicini tra loro. Il piano regolatore del '62, permetteva infatti tali scelte costruttive, a danno degli spazi pubblici e verdi, solitamente destinati dagli strumenti urbanistici comunali, nel resto d'Italia.

Nel 1966, vista la grande esplosione demografica degli anni Sessanta e la pressante richiesta di abitazioni da parte della popolazione, vengono approvati i *Piani per l'Edilizia Convenzionata* che, utilizzando territori precedentemente di uso agricolo, creano 14 nuove zone edificate.

Per le classi meno abbienti, la città, attraverso i *Piani di Edilizia Economica Popolare* (PEEP), decide di edificare una serie di quartieri popolari progettati solitamente secondo il disegno di "edificio unico". I PEEP vengono così dislocati, nella maggior parte dei casi, nei pressi della nuova circoscrizione cittadina di viale Regione Siciliana. Quest'ultima, progettata inizialmente come una sorta di limite all'espansione cittadina verso le montagne, venne in breve tempo assorbita dal tessuto urbano diventando un importante asse che però taglia fuori e isola i nuovi quartieri sorti al di fuori di essa.

Il via alla speculazione urbana sarà dato dalla costruzione di questi quartieri così distanti dalla città consolidata. Creando questi nuovi poli satelliti da collegare alla città tramite nuove opere di urbanizzazione primaria (strade, reti fognarie e idriche), il terreno inizialmente agricolo posto fra queste nuove aree e la città veniva acquistato a basso prezzo pur diventando subito edificabile aumentando così a dismisura il suo valore.

Il 1962 è anche l'anno dell'approvazione della legge 167⁴, che impone la realizzazione di alloggi economici popolari (PEEP). Uno di questi sarà il noto quartiere ZEN 2, ancora oggi simbolo negativo di bassa qualità della vita urbana. Mancavano, inoltre, solo cinque anni all'emanazione della L. n. 765 del 1967, "*Legge Ponte*", e il successivo D.M. n. 1444 del 1968⁵ sugli "*Standard urbanistici e residenziali*" che avrebbero introdotto gli *standard urbanistici* e i valori limite inderogabili, in termini di superfici destinate a spazi per le esigenze collettive: il verde e lo sport, le scuole, le attrezzature per la vita civile, la sanità, il commercio, il culto, i parchi urbani e i parcheggi. Il D.M. 1444/68 prevedeva infatti, all'art. 7, comma 2 una densità edilizia fondiaria massima pari a 7 mc/mq (per comuni superiori ai 200 mila abitanti), ovvero pari a circa un terzo della densità concessa invece dagli strumenti urbanistici di Palermo.

Bisognava attendere il 1978 per l'adeguamento urbanistico a tali indici nazionali, mediante la Legge Regionale n 71/78, per cui "*Nei comuni dotati di piano regolatore generale, non ancora reso conforme alle prescrizioni della legge 6 agosto 1967, n. 765, l'edificazione nelle zone residenziali non può avvenire con indice di densità fondiaria superiore a 7 mc/mq, ove il piano non preveda prescrizioni più limitative [...]*".⁶

Tuttavia, all'epoca di emanazione della suddetta Legge, era già stata costruita la maggior parte degli edifici, e i criteri adottati erano quelli precedenti a ciascuna normativa di tutela del tessuto urbano.

4.2 Analisi delle tipologie più diffuse di edifici di tipo residenziale

4.2.1 La scelta dell'area urbana oggetto di studio

Nell'ambito del tessuto urbano così delineato, la tipologia prevalente è quella residenziale, frutto dell'espansione edilizia e della speculazione economica degli anni '60-'70. La concentrazione e l'elevata densità edilizia di questa porzione di città, permessi dagli strumenti regolatori degli anni '60, hanno fatto sì che le tipologie edilizie che lì trovano collocazione, siano oggi un caso esemplare di edifici ad elevato fabbisogno energetico. Le tecniche costruttive, la percentuale elevata di superfici vetrate prospicienti anche a sud, le esposizioni poche consigliate in climi caldi come il nostro, la presenza di terrazze successivamente chiuse a "veranda", sono un classico esempio di elemento architettonico e tipologico diffuso nell'edilizia palermitana degli ultimi 50 anni.

Si intende, dunque, approfondire l'analisi perseguendo le finalità della ricerca in un'area così descritta, e caratterizzata dalla prevalenza di edifici alti, destinati a residenza, con locali commerciali solo al piano terra.

Tale porzione di territorio, è stata identificata in un'area residenziale attraversata dalle grandi arterie cittadine, come Via Dei Nebrodi e Via Alcide de Gasperi, strade commerciali chiuse ai lati dai più alti edifici della città, per lo più risalenti al periodo storico precedentemente descritto, figli del *boom* edilizio del Secondo Dopoguerra (cfr 4.1).

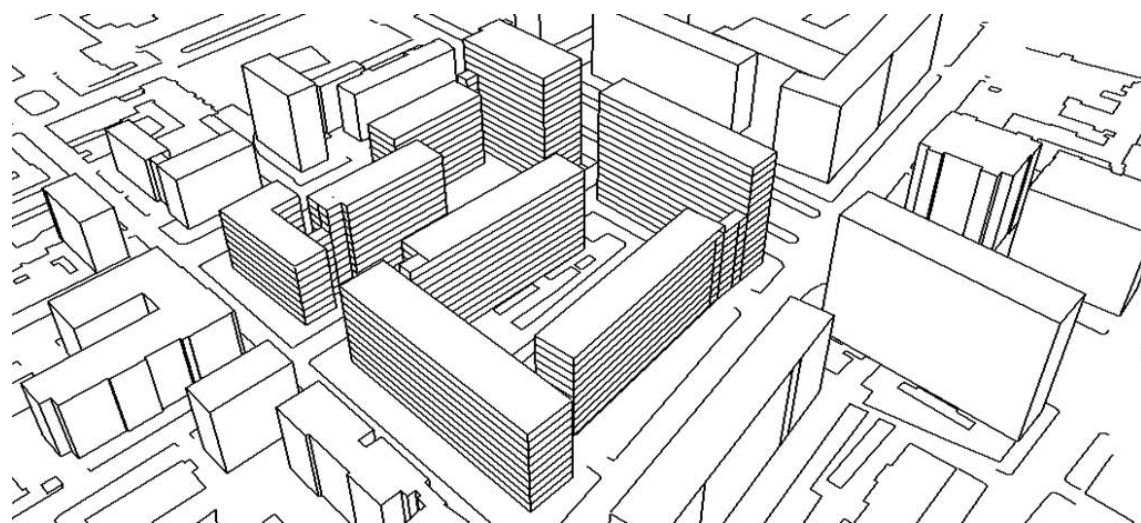


Fig. 4.8 Schema tridimensionale del lotto su cui si inserisce l'edificio oggetto d'esame.

I quartieri costruiti a partire dalla metà degli anni '60 sono generalmente costituiti dalla combinazione di differenti tipologie, in particolare edifici a blocco particolarmente alti, in modo da ottimizzare il suolo ottenendo un maggior numero di unità immobiliari. Le loro caratteristiche sono generalmente molto simili: hanno un'altezza superiore ai sei piani, e comprendono dai due ai quattro appartamenti per livello, con un ascensore per ogni corpo scala. In particolare, gli edifici crescono in altezza, raggiungendo uno sviluppo compreso tra gli otto e i diciannove piani, con più di due appartamenti per ogni livello.



Fig. 4.9 - Vista aerea di Palermo e della zona di espansione a nord-ovest, già urbanizzata.

Il lotto scelto, schematizzato tridimensionalmente in Figura 4.10, si inserisce nell'area di "nuova" espansione di Palermo, a Nord-Ovest, e ricade nella zona E7 del PRG del '62, dove è prevista una densità fondiaria media massima di 9 mc/mq.

I caratteri distintivi sono dati da una omogenea morfologia del tessuto urbano che lo interessa, una elevata densità fondiaria (di circa 9 mc/mq), la presenza dei cosiddetti "collegamenti a terrazza" disciplinati dal PRG, e quasi sempre trasformati nella modalità a "veranda", ovvero chiusi con serramenti trasparenti, delimitando uno spazio interno solitamente usato dagli abitanti come cucina e/o soggiorno.



Fig. 4.10 - Il lotto in cui l'edificio si inserisce, è delimitato da tre delle principali vie della zona, quali *via Alcide de Gasperi*, *via Liguria* e *via Empedocle Restivo*.

4.3 Individuazione del caso di studio esemplificativo

Dalla scelta di tale contesto di riferimento, che ben si adatterebbe ad un riassetto su vasta scala delle caratteristiche urbane principali, tra cui la presenza di verde urbano, dei collegamenti a terrazza e degli "arretramenti a villetta", tipici delle costruzioni di quel periodo, si è giunti all'individuazione dell'immobile su cui applicare le metodologie proposte dalla ricerca. Si tratta di un edificio pluripiano, sito in via Alcide De Gasperi, presso il civico n. 90 (Figura 4.11).

Esso è destinato a residenze e composto da singole unità abitative, indipendenti e appartenenti a privati. In particolare, il caso di studio a cui applicare gli interventi per simularne i vantaggi ottenibili, sia in termini energetici che economici, è un singolo appartamento. Per non incorrere nei casi speciali, relativi ad alcune condizioni, particolarmente favorevoli o sfavorevoli, come nel caso di ultima elevazione o piano terra a contatto con il suolo, è stato scelto un livello intermedio, corrispondente al terzo piano dell'edificio.



Fig. 4.11 - Vista d'angolo dell'immobile, tra la via Alcide De Gasperi e la via Empedocle Restivo. (2012).

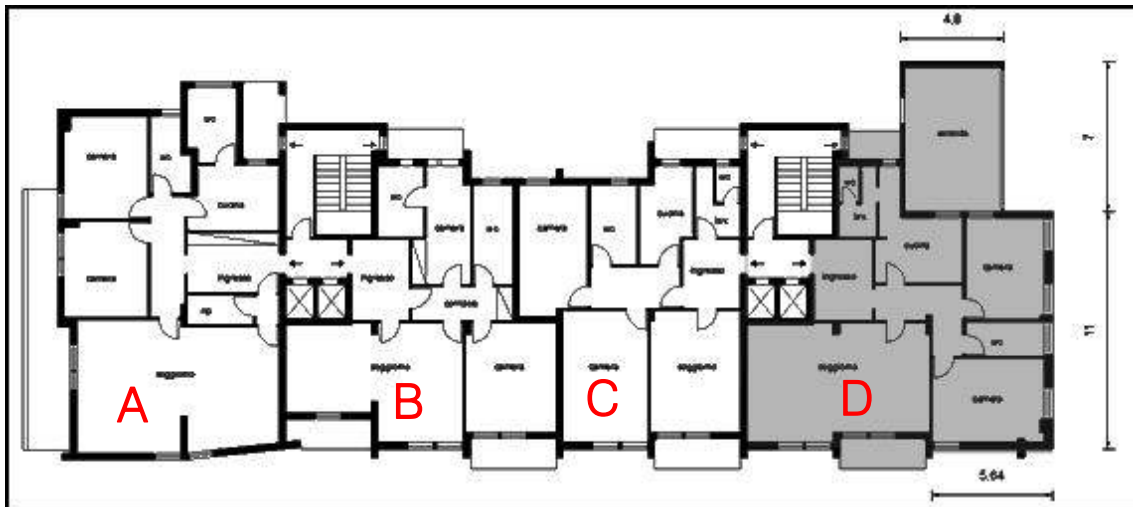


Fig. 4.12 - Planimetria del piano tipo (piano terzo), con i quattro appartamenti che compongono il livello, da sinistra verso destra in ordine: A, B, C, e D. L'appartamento scelto come oggetto dell'analisi è evidenziato in grigio ed indicato con la lettera "D".

Dalla planimetria del piano tipo di Figura 4.12, l'edificio risulta diviso in due corpi scala e quattro appartamenti per ciascun livello. Volendo indagare il particolare caso di appartamento con "collegamento a terrazza", la scelta è ricaduta sull'unità edilizia "D" (figura 4.12) valutandone le prestazioni *pre* e *post* intervento, e dimostrando la fattibilità dell'investimento in termine di rapporto costi-benefici e di tempo di ritorno dell'investimento.



Fig. 4.13 - Foto dell'edificio con in primo piano il prospetto esposto a nord-est (2012).



Fig. 4.14 - Foto dell'edificio con vista del prospetto esposto a sud-ovest (via Empedocle Restivo), e quello a nord-ovest (via Alcide De Gasperi).

Per ultimo, una riflessione va fatta sulla valutazione dei criteri che hanno regolato la progettazione di tale edificio. Già da una semplice analisi dei prospetti e della loro conformazione architettonica emerge come il progetto non abbia seguito alcun accorgimento di tipo "passivo", neanche nella scelta delle parti aggettanti.



Fig 4.15 - Prospetto sud-ovest dell'edificio, caratterizzato dalla presenza delle verande nei *collegamenti a terrazza* e da un'alta percentuale di irraggiamento solare, sia in inverno che in estate.

I balconi, con relativa veletta sottostante sono stati collocati sul fronte nord-est (Figura 4.13), lasciando invece privo di qualsiasi schermatura solare il prospetto esposto alla radiazione solare di sud-ovest. Tutto a svantaggio del comfort interno, con conseguente ricorso ad un fabbisogno di energia per raffrescamento maggiore.



Fig. 4.16 - Foto del prospetto nord-ovest, scattata dalla via Alcide De Gasperi. Su questo prospetto si trovano le stanze adibite a soggiorno e alcune camere da letto (2012).

Si tratta, dunque, di caratteristiche architettoniche che comportano la necessità di ovviare, quanto possibile, alla mancata attenzione, in fase progettuale, ad un sistema architettonico integrato ed efficiente sotto il profilo energetico, requisito che invece, in tempi antichi, avrebbe dettato i criteri progettuali.



Fig. 4.17 - Foto del prospetto esposto a sud-est, con i locali di servizio e i corpi scala che vi si aprono, scattata da via Liguria.

A partire dai diversi interventi proposti e dai risultati ottenuti, sarà possibile ottenere una metodologia di azione, da adattare di volta in volta a seconda delle circostanze e delle esigenze dei proprietari, dimostrando la fattibilità degli interventi e dei risparmi conseguibili, in rapporto alla possibilità di ammortizzarli nel breve e medio periodo.

La ricerca si pone quindi come progetto pilota, in quanto potrebbe essere estesa anche agli edifici limitrofi, verso un'opera di riqualificazione sostenibile su una scala ben più ampia, capace di registrare notevoli successi sia in termini di riduzione dei consumi energetici di ogni singola unità abitativa, sia in termini di qualità e comfort interno ed esterno.

Note

- 1) L'architetto palermitano Ernesto Basile, (Palermo, 31 Gennaio 1857 – Palermo, 26 Agosto 1932) è stato uno dei più celebri esponenti del Liberty italiano e del modernismo internazionale.
- 2) L'Espresso è una rivista italiana fondata nel 1955.
- 3) Via *Emanuele Notarbartolo*, è una delle più importanti vie di Palermo e la principale via di penetrazione verticale della città. La strada si trova al centro di Palermo e la taglia verticalmente dal mare fino a Monte Cuccio, cambiando progressivamente nome, partendo dal mare troviamo: Via dei Cantieri, via Duca della Verdura, Via Notarbartolo, Via Leonardo da Vinci e, per ultima, Via Castellana. La via incrocia perpendicolarmente la Via Libertà.
- 4) Legge 18 Aprile 1962, n. 167. "*Disposizioni per favorire l'acquisizione di aree fabbricabili per l'edilizia economica e popolare*". (GU n.111 del 30-4-1962)
- 5) Decreto Ministeriale 2 aprile 1968, n. 1444 "*Standard urbanistici e residenziali*" (pubblicato nella g. u. 16 aprile 1968, n. 97). Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge 6 Agosto 1967, n. 765.
- 6) Legge Regionale n. 71 del 27 Dicembre 1978, "*Norme integrative e modificative della legislazione vigente nel territorio della Regione siciliana in materia urbanistica*", Titolo II "*Strumenti urbanistici*", Capo I "*Strumenti urbanistici generali*", Art. 2.
- 7) La veranda, ovvero loggia o terrazza chiusa con serramenti, in struttura "precaria", ai sensi dell'art. 9 della L.R. n. 37 del 1985, non implica aumento di volumetria e non necessita nè di autorizzazione nè di concessione edilizia.

Riferimenti bibliografici

- AZZOLINA L., *Governare Palermo. Storia e sociologia di un cambiamento mancato*. Donzelli editore, Roma 2008.
- BARBERA G., *La Conca d'Oro*. Sellerio Editore, Palermo 2012.
- BRUCOLI G., *Una tutela attiva per il patrimonio identitario locale*, in M. Leone (a cura di), *Nuovi paesaggi urbani per la campagna di Palermo*, Aracne, Roma 2009.
- BUTERA S., *Tornare oggi a riflettere sul sacco di Palermo*, in StrumentiRes - Fondazione Res, n. 6, 2010.
- CABIANCA V., CARTA M., *Le vicende urbanistiche*, in *Palermo, Specchio di civiltà*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, Roma 2008.
- CUSIMANO S., COSTA G.M., *Storia della Rai in Sicilia dalla Liberazione ai nuovi orizzonti mediterranei*, Rai-Eri 2009.

- DE SETA C., *Palermo-Le città nella storia d'Italia*. Laterza, Bari 1980.
- DE SPUCHES G., GUARRASI V., PICONE M., *La città incompleta*. Palumbo, Palermo 2002.
- DE VECCHI A., COLAJANNI S., SANFILIPPO E., *Siti Unesco a Palermo?*, in Fatta G. (a cura di), *Palermo Città delle Culture - Contributi per la Valorizzazione di Luoghi e Architetture*, 40due Edizioni, Palermo 2014, pp. 113-124.
- DE VECCHI A., COLAJANNI S., SANFILIPPO E., et al., *Analysis of the traditional passive systems performance through the application of CFD software*, in International Conference ZEMCH 2012 (Zero, Energy, Mass, Custom, Homes), Glasgow 2012, pp. 238-251.
- DE VECCHI A., *Riqualificazione dell'area portuale di Palermo: un concorso universitario internazionale*, in Pipinato A. (a cura di), *Esempi di Architettura*, vol. n. 2/2007, Palermo 2007, pp. 87-90.
- GUCCIARDO G., *La debolezza dei legami forti*, in *Segno n. 324*, 2011, pp. 16-24.
- IANNELLO M., SCOLARO M., *Palermo. Guida all'architettura del '900*. Edizioni Salvare Palermo, Palermo 2009.
- INZERILLO S.M., *Urbanistica e società negli ultimi duecento anni a Palermo. Piani e prassi amministrativa dall'«addizione» del Regalmici al concorso del 1939*, in Quaderni dell'Istituto di Urbanistica e Pianificazione Territoriale della Facoltà di Architettura di Palermo, Palermo 1981.
- LO CASCIO G., *Palermo fuori le mura. La piana dei Colli*. L'Epos Editore, Palermo 2000.
- RUHL J., BARBERA G., LA MANTIA T., *I cambiamenti del suolo nella Conca d'Oro dal 'secolo degli agrumi' ad oggi*, in Leone M., Lo Piccolo F., Schilleci F., (a cura di), *Il Paesaggio agricolo nella Conca d'Oro di Palermo*, Alinea Editrice, Firenze 2009.
- RUSSOTTO M., *La Sicilia e gli anni Sessanta*. Edizioni Anved, Palermo 1989.
- TACCARI M., *Palermo l'altro ieri*. Dario Flaccovio, Palermo 1966.
- VITRANO R.M., *Siti Palermo, il patrimonio architettonico come risorsa*, in Fatta G. (a cura di), *Palermo Città delle Culture - Contributi per la Valorizzazione di Luoghi e Architetture*, 40due Edizioni, Palermo 2014, pp 69-80.

Sitografia

<http://www.dipalermo.it>

<http://www.reportagesicilia.blogspot.it>

CAPITOLO 5

L'audit energetico di una unità residenziale

The energy audit of a residential unit

ABSTRACT - *The energy audit of a building or of its parts, consists in a analysis that allows to monitor and assess the energy performance of the current situation, providing useful information on the property, the climatic characteristics, the construction typology, the architectural and material features, and about those elements that usually influence, both in a positive or negative way, the global energy behavior of the constructions. The auditing phase of the research requires analysis to better understand the physical and geometrical parameters of the building, and also instrumental investigations (such as the thermographic inspection with infrared camera), by processing all the detected information with software that allow to calculate the response of the building to the climatic conditions, both in steady and dynamic states. The digital model built into the software, can fit the real situation, also according to the kind of use and identifying the causes of any consumption. The final output of the energy audit is the energy performance condition of the dwelling, in terms of annual energy requirements necessary for its air conditioning, both in summer and winter. The energy performance calculation, also allows to understand the energy rating of the property, by associating to each range of energy consumption a respective energy class (expressed in kWh/m² per year). The energy audit applied to the selected case of study will return the result of an energetic class "F", associated to the current state of the dwelling. This shows the need to act on the building in order to reduce the energy consumption. Based on this analysis it will be possible to take in account several strategies of energy retrofits, examined in the next chapter, considering the different opportunities for improving energy efficiency and for the adaptation to the current regulations standard.*

5.1 *L'audit energetico e la normativa di riferimento*

L'Articolo 2 della Direttiva 2012/27/EU definisce la diagnosi energetica (o *audit energetico*) come: *“una procedura sistematica finalizzata a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e a riferire in merito ai risultati”*¹.

Scopo della diagnosi energetica è, dunque, il raggiungimento di una conoscenza approfondita del reale comportamento (e del consumo) energetico di un sistema che usa e consuma energia al fine di individuare le più idonee modifiche da apportare a tale comportamento per migliorare l'efficienza energetica, ridurre i costi, aumentare la sostenibilità del modello, ridurre l'impatto ambientale e riqualificare, ove necessario, il sistema energetico stesso.

La Direttiva promuove e fornisce le prime indicazioni per incrementare la diffusione e l'utilizzo delle attività di diagnosi energetica, anche mediante la precisazione dei primi obblighi a carico degli Stati Membri:

- Dal 1° Gennaio 2014 i soggetti obbligati, identificati dagli Stati Membri (distributori di energia elettrica, gas naturale o società di vendita), devono ridurre i consumi di energia negli usi finali di almeno l'1,5% annuo rispetto alla media dei quattro anni precedenti;
- Dal 1° Gennaio 2014, il 3% annuo della superficie degli edifici governativi (se superiore a 500 m²) deve essere riqualificata con contratti di servizi energetici. La Pubblica Amministrazione deve promuovere ed adottare contratti di servizio di efficienza energetica con garanzia di risultato (EPC, *Energy Performance Contracting*)²;
- Entro il 5 Dicembre 2015, le “grandi imprese” devono avere eseguito il primo “*audit energetico*” e pianificato il programma di implementazione degli interventi identificati nella diagnosi stessa. Gli *audit* devono essere ripetuti almeno ogni quattro anni, in alternativa le organizzazioni possono implementare un Sistema di Gestione dell'energia³ (ISO 50001 o equivalente);
- Per le piccole e medie industrie, gli Stati Membri devono definire programmi di promozione e sviluppo dell'efficienza energetica con adeguati strumenti di incentivazione;
- Entro il 31 Dicembre 2014, gli Stati Membri devono definire gli schemi di accreditamento, qualifica e certificazione per i fornitori di servizi energetici e di diagnosi energetiche, per gli Energy Manager⁴ e per gli installatori di apparecchiature energetiche negli edifici;
- Entro il 31 Dicembre 2016 devono essere installati sistemi di misurazione dell'energia termica/frigorifera per unità abitativa;
- Dal 1 Giugno 2014 i nuovi impianti di produzione elettrica o termica, con potenza immessa superiore a 20 MW_{th}, devono essere verificati per la possibile applicazione di una cogenerazione ad elevato rendimento.

A livello nazionale, la diagnosi energetica è stata introdotta e definita dal D. Lgs. n. 115 del 2008, che promuove l'incremento del livello di obiettività e di attendibilità di tutte le misure e i sistemi finalizzati al miglioramento dell'efficienza energetica. Per quanto riguarda gli *audit*, il decreto sostiene l'adozione di un'apposita norma tecnica UNI/CEI che definisca una procedura di certificazione per le diagnosi energetiche: le norme tecniche UNI CEI TR 11428:2011⁵ e la UNI EN 16247-1:2012⁶, che ne recepiscono i contenuti e costituiscono il riferimento per l'approccio globale alle diagnosi.

All'interno della suddetta normativa, viene anche definita la figura dell'*auditor*, soggetto professionale con le adeguate competenze per portare avanti determinate procedure di diagnosi energetica. In particolare, è richiesta un'adeguata competenza sugli aspetti più importanti dell'edificio, quali l'involucro dell'edificio, l'impianto di riscaldamento, l'impianto di ventilazione e trattamento aria, l'impianto di raffrescamento estivo, l'impianto elettrico, le fonti rinnovabili di energia, i sistemi di automazione e controllo (BACS), i componenti di movimentazione all'interno degli edifici, (ad esempio gli ascensori o le scale mobili), ed, infine, il *comfort* termico, la qualità dell'aria, l'acustica e l'illuminazione.

Le due norme tecniche sono pressoché equivalenti con la sola differenza dell'estensione del campo di applicazione a tutte le tipologie di edifici esclusivamente da parte della UNI CEI/TR 11428:2011. La norma CEI UNI EN 16247-1:2012 definisce i requisiti di qualità e le modalità di esecuzione dell'*audit*, oltre alle modalità di rapporto dell'esito al committente. Le stesse stabiliscono i requisiti di qualità di una diagnosi, riconoscendo l'importanza di un differente approccio all'*audit* energetico a seconda del campo di applicazione, delle finalità e del livello di completezza.

È possibile, tuttavia, riconoscere una procedura piuttosto standard di *audit* energetico, applicabile in qualsiasi contesto sia tipologico che climatico, articolata nelle seguenti fasi:

1. Verifica preliminare dell'opportunità di elaborare un *audit* energetico. Tale azione ha lo scopo di valutare, sulla base di considerazioni puramente qualitative, se sussistano possibilità reali di miglioramento delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto; tale fase viene automaticamente elusa nei casi in cui la diagnosi rappresenta un obbligo di legge⁷.
2. Definizioni preliminari. Si delineano gli obiettivi generali, il sistema analizzato e le fasi successive di lavoro, oltre ad un quadro generale sulla normativa e sulle modalità di esecuzione delle diagnosi.
3. Raccolta dati. Si tratta dell'acquisizione dei dati rilevanti ai fini delle prestazioni energetiche del sistema edificio-impianto (caratteristiche termiche dell'involucro, sistemi di conversione energetica e di distribuzione, ecc.) e dei consumi (anche attraverso il confronto con le recenti bollette energetiche). Vengono raccolte tutte le informazioni riguardanti i sistemi e i processi che utilizzano energia, le caratteristiche costruttive e di funzionamento dell'edificio, i dati storici sui consumi energetici e sulle fatturazioni degli stessi e il sistema di gestione dell'energia. Quanto più dettagliate e numerose saranno le informazioni raccolte, tanto maggiore sarà l'affidabilità dei risultati finali.

4. Ispezioni *in situ*. Attraverso opportuni sopralluoghi è possibile ottenere i dati occorrenti, in modo tale da fotografare la situazione esistente del sistema oggetto di diagnosi. Il materiale raccolto deve essere significativo e sufficiente per condurre le successive operazioni di *audit*, comprese le indagini digitalizzate di simulazione.

5. Analisi. Tutti i dati raccolti vengono processati ed analizzati, attraverso la simulazione del comportamento energetico del sistema edificio–impianto e opportuni algoritmi atti a ricavare i fabbisogni energetici dell'immobile, eventualmente ripartendoli per elementi tecnici o per cause di dispendio energetico. Uno dei risultati finali sarà dato dall'Indice di Prestazione Energetica (EP), e dalla classe energetica corrispondente.

5. Stesura del *report*. Una relazione finale contenente una sintesi delle attività svolte e il grado di raggiungimento degli obiettivi prefissati, riassumerà i dati relativi all'indagine portata avanti. Devono essere riportate le metodologie e le procedure di calcolo utilizzate per l'analisi del sistema e i riferimenti normativi, ponendo le basi per confrontare la situazione esistente con i possibili scenari post-intervento, il *report* costituisce infatti la base per la successiva proposta degli interventi di retrofit energetico idonei ad adeguare l'edificio, o parti di esso, alle richieste di legge, ottimizzandone i consumi energetici.

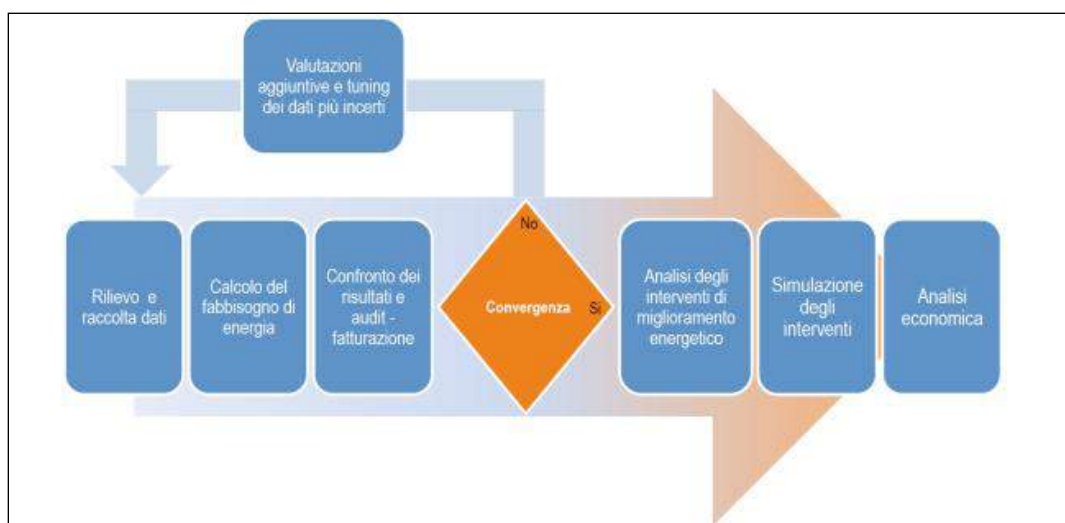


Fig. 5.1 - Flowchart previsto dalla UNI CEI/TR 11428:2011 per l'esecuzione degli *audit* energetici ©ENEA 2013

La ricerca segue la metodologia descritta adattandola al caso specifico e all'esigenza di delineare un quadro generale di prestazione energetica dell'appartamento oggetto di studio.

Sono state indagate quelle parti dell'edificio che interessano ai fini dei risultati della ricerca, dimostrando l'incidenza delle scelte tipologiche ed architettoniche, oltre che materiche, sui consumi energetici, e la possibilità di ridurre questi ultimi a partire da semplici interventi atti a limitare il ricorso alle fonti di energia per raggiungere adeguati livelli di *comfort* interno.

Si tratta di una strategia di risparmio energetico di tipo "passivo", in quanto agisce predisponendo l'ambiente architettonico con particolari accorgimenti atti a limitare le dispersioni di calore, con particolare riferimento al miglioramento della coibentazione dell'edificio, dell'efficienza degli impianti, all'utilizzo di vetri a bassa conducibilità termica, ecc. Diverso, invece, è il risparmio di tipo "attivo" che prevede, essenzialmente, l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia.

Per questo motivo, sarà di seguito presentata una carrellata dei principali parametri che, in generale, determinano il comportamento termico ed energetico di un edificio, con particolare attenzione all'involucro edilizio, sia opaco che trasparente, e a tutti gli elementi tecnici ed architettonici che influiscono sul *comfort* interno, con particolare riferimento anche alla stessa definizione di *comfort*.

5. 2 Definizioni preliminari. Fattori determinanti nel calcolo dei consumi energetici

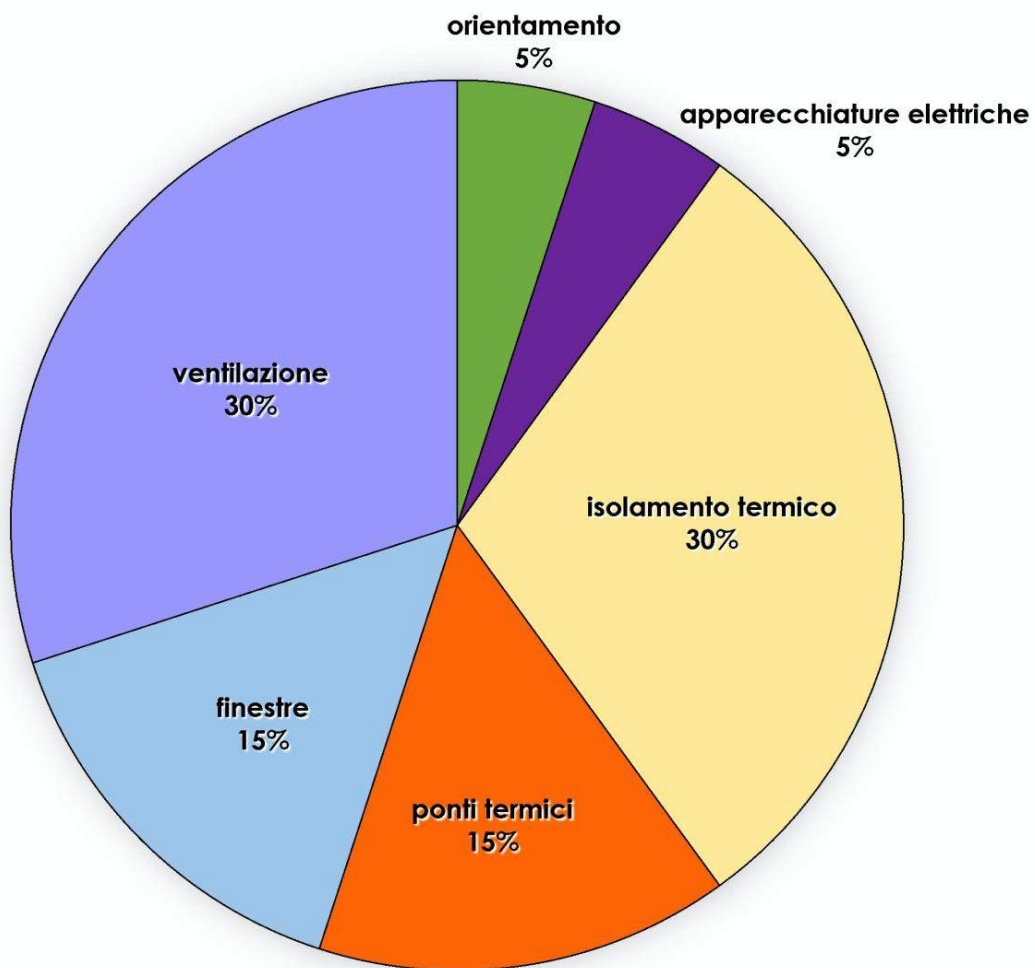


Fig. 5.2 - Variabili che incidono, in misura più o meno significativa, sui consumi energetici totali di un appartamento.

COMFORT TERMOIGROMETRICO DEGLI AMBIENTI INTERNI

I fattori microclimatici ambientali (temperatura, umidità, ventilazione), unitamente alla tipologia di attività svolta all'interno di un locale chiuso, condizionano nell'uomo una serie di risposte biologiche che vanno da sensazioni di benessere termoigrometrico a sensazioni di disagio (*discomfort* termico) a vero e proprio impegno termoregolatorio, fino a vere e proprie sindromi patologiche.

Nella valutazione dei fenomeni energetici dell'aria, si considera il suo stato energetico che dipende sia dalla temperatura che dal contenuto di acqua sotto forma di vapore nella miscela di gas; entrambi gli aspetti influiscono sulla sensazione di benessere (*comfort* termoigrometrico) all'interno di un ambiente e sono analizzati nel diagramma psicrometrico (Figura 5.3).

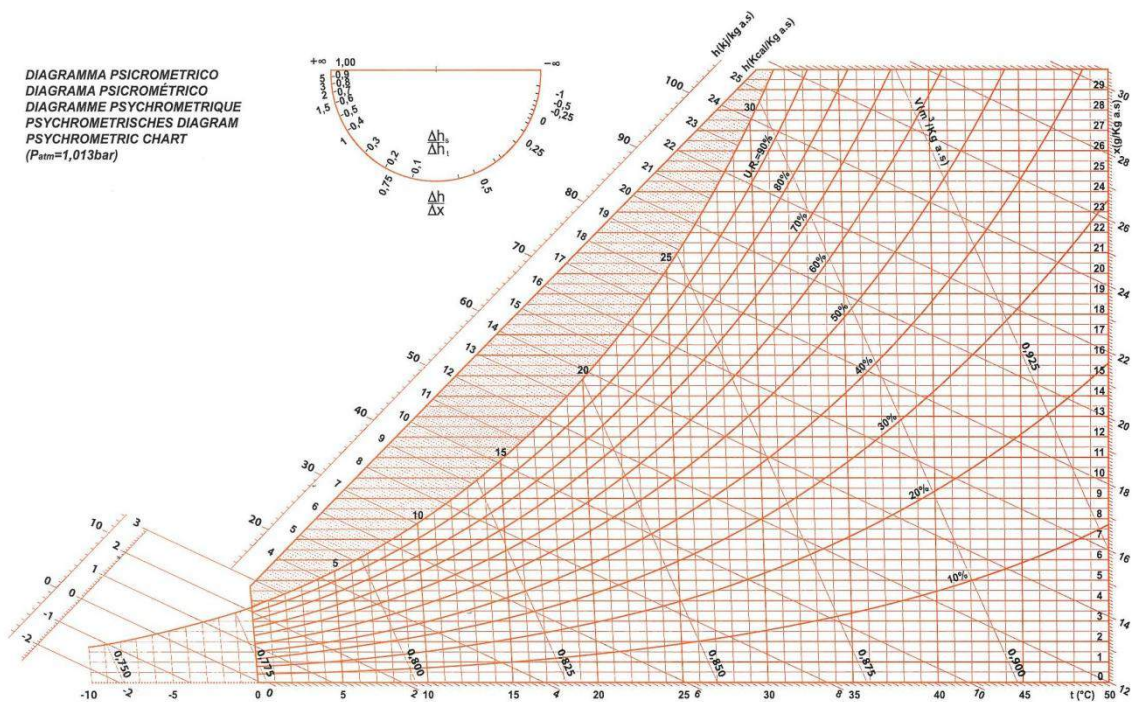


Fig. 5.3 - Diagramma di Il diagramma psicrometrico, utilizzato ai fini del calcolo delle trasformazioni subite dalle miscele d'aria e vapor d'acqua, ad una pressione atmosferica standard (circa 1,013 bar).

Un edificio ben progettato, e quindi con una buona esposizione, che adotta sistemi energetici passivi (energia solare, ventilazione naturale, ecc.) necessita sicuramente di una quantità minore di energia per raggiungere le condizioni di benessere al suo interno.

Alcune normative tecniche propongono per la standardizzazione di tali risposte alcuni indici microclimatici di *comfort* di fondamentale importanza per interpretare le condizioni microclimatiche ambientali nei diversi ambienti termici, e in relazione al tipo di destinazione d'uso dell'edificio e alle attività ivi svolte.

Convenzionalmente, i fattori microclimatici ambientali principali che interagiscono nel calcolo delle condizioni di *comfort* termoisgrometrico, sono i seguenti:

- Temperatura ambiente convenzionale: $T_a = 21 \text{ °C}$;
- Temperatura esterna di progetto: $T_e = +5 \text{ °C}$ (per la città di Palermo);
- *Range* di temperature per il comfort interno: 21 - 26 °C;
- Livello di umidità relativa interno: 40-60%;
- Velocità dell'aria: 0,5 m/s;
- Numero di ricambi d'aria: 0,5 all'ora;
- Livello di illuminazione naturale: min. 300 lux.

Ad esempio, un'attività sedentaria di riposo come può essere quella condotta in un'abitazione, è convenzionalmente associata a 70 Watt/m² e a 1,2 MET³ per abitante.

Il *comfort* termico viene definito dalla ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) come una condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente in cui vive e opera. Questo presuppone il mantenimento della condizione di omeotermia con un modesto intervento dei sistemi di termoregolazione.

La valutazione di tale stato soggettivo può essere oggettivata e quantificata mediante l'utilizzo di indici integrati che tengono conto sia dei parametri microclimatici ambientali, sia del dispendio energetico (dispendio metabolico MET) connesso all'attività lavorativa, sia della tipologia di abbigliamento comunemente utilizzato (isolamento termico CLO).

Gli indici di *comfort* termico e i metodi per calcolarli sono stati recentemente raggruppati in una nuova norma tecnica: EN 15251:2007 (*Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*).

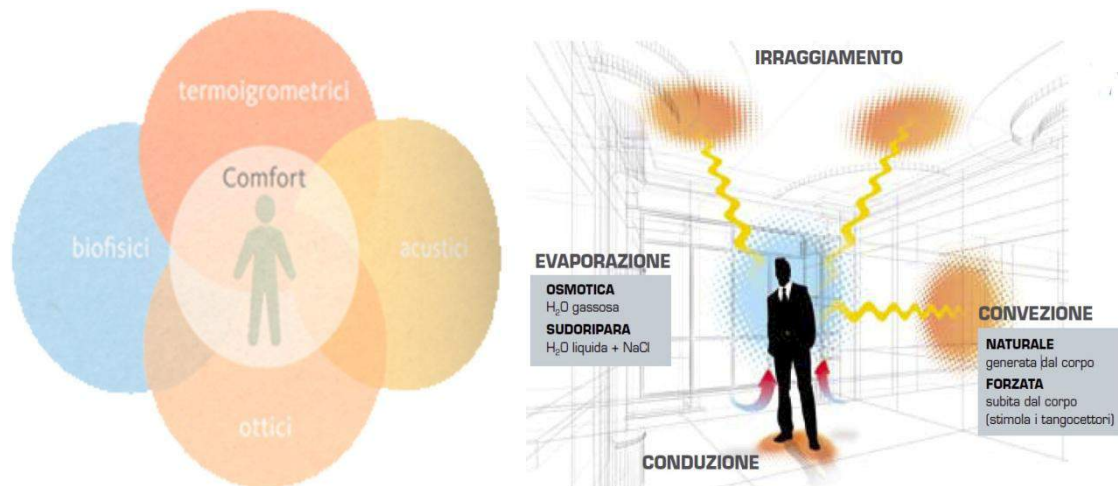
Secondo la norma tecnica EN 15251:2007, le temperature accettabili dipendono dal tipo di sistema utilizzato per fornire il *comfort* termico.

Se, ad esempio, la climatizzazione è fornita mediante un sistema "attivo" (meccanicamente), allora le temperature interne devono rispettare quelle definite dal modello di *Fanger* (UNI 7730).

Se invece il *comfort* termico è mantenuto mediante strategie di raffrescamento "passivo" (senza apparecchi meccanici), allora il limite di temperatura superiore e inferiore è imposto dal modello di *Comfort Adattivo*.

Nel primo caso, il modello di *Fanger* vede le persone come soggetti passivi di scambio termico, all'interno di ambienti chiusi verso l'esterno e climatizzati.

Gli indici di *comfort* secondo il modello di *Fanger* sono il PMV (*Predicted Mean Vote* o *Voto Medio Previsto*) e il PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*).



Figg. 5.4 e 5.5 - Influenza dei diversi fattori personali nella sensazione di *comfort* termoigrometrico.

In un ambiente termico "moderato", come quello delle abitazioni, tra i suddetti indici quello che ha una maggiore precisione nel rispecchiare l'influenza delle variabili fisiche e fisiologiche sul *comfort* termico è il PMV (*Predict Mean Vote*).

Il PMV esprime la sensazione media di *comfort* degli occupanti di una stanza e deriva dall'equazione del bilancio termico il cui risultato viene rapportato ad una scala di benessere psicofisico ed esprime il parere medio (voto medio previsto) sulle sensazioni termiche di un campione di soggetti del medesimo ambiente.

Dal PMV deriva il PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*), espressione della percentuale di persone "insoddisfatte" in un determinato ambiente, in rapporto a determinate condizioni microclimatiche.

Negli ultimi anni, molti ricercatori hanno iniziato a mettere in dubbio la validità del tipo di impostazione basata sul metodo *Fanger*, che non tiene conto di importanti fattori come quelli climatici, culturali, sociali e contestuali, ed hanno introdotto il concetto di *adattamento*, che spiega come il contesto e la storia termica di ciascun soggetto possano modificare le aspettative e le preferenze termiche degli occupanti.

Alla base del modello di *comfort adattivo* c'è la convinzione che il soggetto, consciamente o inconsciamente, svolge un ruolo attivo nella creazione delle condizioni termiche che preferisce e che, per raggiungere più facilmente la soddisfazione nei confronti del microclima, attua un processo di adattamento, definito come quel processo di graduale diminuzione delle reazioni individuali agli stimoli ambientali.

Il modello adattivo, generalmente, definisce temperature di *comfort* maggiori e più flessibili rispetto al modello di *Fanger*.

Spesso la temperatura di *comfort* adattiva ottimale può essere raggiunta utilizzando strategie di raffrescamento passivo, come l'ombreggiamento delle finestre e la ventilazione notturna.

DISPERSIONI TERMICHE E FABBISOGNO ENERGETICO

La gran parte della spesa energetica necessaria al raggiungimento delle condizioni di vivibilità domestiche, è dovuta alla necessità di apportare in ambiente l'energia dispersa attraverso le strutture dell'involucro, secondo flussi energetici causati dalla differenza di temperatura tra ambiente interno ed ambiente esterno. Le modalità di trasferimento di energia possono avvenire secondo meccanismi combinati di scambio termico: conduzione, convezione e irraggiamento, e si differenziano dai flussi energetici legati al trasporto di materia e che, per esempio, sono rappresentati dalle dispersioni energetiche dovute all'apertura delle finestre.

In particolare, il manufatto architettonico presenta alcuni elementi tecnici su cui è necessario agire per potere ottenere grandi risparmi energetici, oltre che il raggiungimento del *comfort* ambientale adeguato alle proprie esigenze.

INVOLUCRO EDILIZIO.

L'involucro edilizio è costituito da tutte le unità tecnologiche ed elementi tecnici che morfologicamente e funzionalmente definiscono nelle tre direzioni, interagendo a sistema, il limite tra l'ambiente interno, l'insieme di elementi spaziali e le unità ambientali che devono garantire il soddisfacimento delle esigenze dell'utenza, e l'ambiente esterno, condizione al contorno dell'un organismo edilizio.

Il ruolo dell'involucro in rapporto al contesto geografico e al resto dell'edificio è progressivamente mutato nel corso degli anni.

Nel passato la pratica costruttiva fu dominata da regole dell'arte, trasmesse nel tempo da generazione a generazione, tali da conservare l'equilibrio con la natura, utilizzando i materiali locali e sfruttando le caratteristiche climatiche e materiche disponibili per poter garantire, attraverso l'involucro, un sufficiente livello di benessere termico nei locali interni.

L'adattamento alle condizioni climatiche esterne permetteva, inoltre, una diversificazione tra i sistemi costruttivi, ciascuno strettamente dipendente dalla località, dal clima di riferimento, dai materiali reperibili e dalla cultura di appartenenza, determinando esempi riconoscibili e rappresentati di ogni civiltà. (Figg. 5.6 e 5.7). I prodotti edilizi così concepiti, spesso frutto di conoscenze empiriche, rappresentano oggi il punto di partenza e il riferimento costante della progettazione "bioclimatica" e "sostenibile". Per quel che riguarda gli edifici esistenti, prima di procedere alla progettazione di interventi di riqualificazione, occorre svolgere analisi finalizzate alla conoscenza dell'edificio stesso. Un'analisi storica, ad esempio, può essere utile per ipotizzare, sulla base dell'epoca di costruzione, quali materiali possono costituire la composizione dell'involucro, e agire di conseguenza nella scelta degli interventi. Altri fattori importanti nel processo di conoscenza della composizione dell'involucro sono la tipologia dell'edificio (edificio isolato, a torre o a schiera), e la localizzazione geografica, con le rispettive tecniche costruttive e condizioni climatiche locali.



Fig. 5.6 - I *dammusi* di Pantelleria caratterizzati da un involucro di in pietra vulcanica di notevole spessore per proteggere gli ambienti interni dalla forte insolazione solare diurna.

L'introduzione di materiali artificiali ed industriali ed i processi di evoluzione sociale e culturale hanno determinato la trasformazione delle murature da elemento portante a parte perimetrale dell'edificio, dando vita alla progressiva scomposizione delle molteplici funzioni che lo rendevano in parte portante, protettiva, isolante, ecc.

L'involucro edilizio, nel processo di ricerca e sperimentazione tecnologico e architettonico, si è evoluto da elemento "barriera" a complesso sistema "filtro", in grado di ottimizzare le interazioni tra microambiente esterno ed interno. È divenuto, quindi, sempre più una superficie di confine dinamico, in grado di variare le proprie prestazioni al mutare delle situazioni ambientali esterne e delle esigenze di coloro che vivono l'ambiente interno ed in grado di ospitare dispositivi impiantistici di varia natura.

Questo atteggiamento ha generato un radicale cambiamento: dalla cultura dissipativa si è passati a concepire l'involucro come un dispositivo in grado di sfruttare le risorse naturali per produrre energia. Proprio per questo il settore ha visto negli ultimi anni un notevole sviluppo, sia in termini di nuove soluzioni costruttive che di prestazioni offerte, sempre più attente al risultato energetico attendibile.

"Se intendiamo l'involucro come pelle dell'edificio che protegge l'interno dagli agenti atmosferici ma che allo stesso tempo ne sfrutta in modo funzionale la potenza, allora possiamo pensare alla creazione di uno spazio protetto controllabile. In questo caso le condizioni ambientali esterne diventano una risorsa e non una forza contro cui lottare, mentre l'involucro una pelle reattiva che migliora il benessere interno ed evoca molte possibilità di cambiamento" (Herzog 2005).



Fig. 5.7 - *Bahnar Communal House* ad Hanoi, Vietnam. Case tradizionali, costruite con corteccia e pannelli di bambù intrecciato o paglia, per massimizzare il vento fresco d'estate proteggendo l'interno dalla radiazione solare eccessiva.

Per rispondere a determinati standard qualitativi riguardanti il *comfort* ambientale, un involucro deve possedere determinate caratteristiche:

- Isolamento termico, per il quale si intende l'insieme dei sistemi e le operazioni costituenti gli sforzi atti a ridurre il flusso termico di calore scambiato tra due ambienti a temperature differenti;
- Isolamento acustico, ovvero il controllo delle condizioni di benessere acustico all'interno delle unità ambientali rispetto ai rumori provenienti dall'esterno, per cui si devono considerare le sorgenti di rumore che possono essere percepite all'interno degli edifici, il tipo di rumore prodotto e le modalità di propagazione all'interno dell'edificio;
- Disponibilità di luce e ventilazioni naturali;

- Efficienza energetica, data dalla capacità di reagire in maniera flessibile alla variabilità delle condizioni ambientali, minimizzando le dispersioni termiche nel periodo invernale e limitando l'innalzamento della temperatura in quello estivo, con il conseguente miglioramento del *comfort* abitativo e della qualità ambientale, ottenuti senza l'utilizzo di fonti energetiche non-rinnovabili.

Isolamento termico di muri, solai e pavimenti, e sistemi adeguati di finestre giocano un ruolo chiave nel contenimento delle dispersioni di calore, insieme ad una ventilazione efficiente dell'abitazione.

Per una tipologia di appartamento isolato, cioè confinante con l'esterno da più di uno o due lati, la dispersione attraverso l'involucro risulta essere molto accentuata, pertanto diviene ancora più importante l'isolamento termico.

Le normative del settore, per questa ragione, basano numerosi ragionamenti e calcoli su un parametro, chiamato "fattore di forma" o "rapporto S/V" e dato dal rapporto tra la superficie disperdente ed il volume lordo riscaldato dell'ambiente. Esso influisce in modo determinante sul consumo energetico: edifici caratterizzati da parametri S/V elevati (e quindi con un'elevata superficie disperdente confinante con l'esterno), presentano conseguenti consumi energetici superiori a quelli con un fattore di forma più piccolo.

Molti Paesi hanno previsto importanti detrazioni fiscali per stimolare gli interventi di ristrutturazione finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche, in particolare modo se riferiti all'adeguamento dei componenti dell'involucro ai requisiti oggi stabiliti dalle leggi in vigore in tema di efficienza energetica e alle caratteristiche termiche richieste per le strutture opache orizzontali, le chiusure verticali e gli infissi.

COMPONENTI FINESTRATI

Telai e componenti vetrati rappresentano un grande punto di debolezza degli edifici, causa, mediamente, del 50% delle perdite di calore e delle infiltrazioni d'aria.

Le finestre, oltre a determinare elevati costi energetici necessari per integrare con l'impianto di riscaldamento tutta l'energia termica dissipata, sono responsabili anche delle più comuni cause di malessere all'interno delle abitazioni, tra cui, ad esempio, la spiacevole sensazione delle "correnti d'aria", imputabili alla presenza di infiltrazioni indesiderate: l'impianto di riscaldamento sarà costretto a fornire con continuità tutta l'energia termica necessaria a "bilanciare" il freddo che, in inverno, l'ingresso di aria esterna determina, e il caldo che in estate, invece, viene introdotto all'interno degli ambienti da un inadeguato isolamento termico e dalla presenza di "buchi" nell'involucro.

Vetri semplici e telai non adeguati, e quindi con una bassa classe di prestazione energetica, sono i principali protagonisti di tale spreco energetico.

Rendere efficienti i componenti trasparenti è un aspetto cruciale nella riqualificazione energetica degli edifici esistenti. Se si pensa che gli edifici costruiti nell'arco del decennio '60-'70, in particolare, presentano caratteristiche costruttive prive di requisiti termici adeguati, che le normative allora vigenti non miravano agli attuali *target* energetici e che,

infine, non esistevano le stesse tecnologie innovative di oggi, emerge chiaramente come le caratteristiche degli infissi fossero caratterizzate da soluzioni mediocri e svantaggiose in termini energetici, anche se economiche in fase di installazione.

La sostituzione degli finissi, soprattutto se accompagnata da quella dei telai e degli eventuali cassonetti per gli avvolgibili, prevedono spesso una spesa che non è indifferente rispetto ad altre forme di adeguamento energetico, ma le detrazioni fiscali previste dal Governo per interventi di questo tipo, il maggiore benessere ambientale che ne consegue e il ritorno in tempi accettabili dell'investimento, rappresentano sicuramente incentivi che inducono a riflettere su tale scelta e sui suoi evidenti vantaggi.

L'energia dispersa attraverso i serramenti può raggiungere livelli elevati, per comprendere come eliminare o ridurre le cause di tale dispendio è necessario riconoscerne le inefficienze. Tale studio va condotto, anche in questo caso, a seguito di una adeguata indagine diagnostica *in situ* e con l'utilizzo di programmi di calcolo e software che consentono di simulare i flussi di calore attraverso l'involucro edilizio, in modo da poter scegliere di conseguenza i più idonei, caso per caso (come ad esempio i software di calcolo THERM e Window).

Altri aspetti critici da valutare, nel tentativo di risolvere, sono ad esempio rappresentati dall'isolamento, spesso assente o inadeguato, dei cassonetti, ovvero dei vani soprafinestra, in cui sono collocati gli avvolgibili, e di tutti i "ponti termici": elementi su cui è necessario agire per ottenere una buona percentuale di risparmio energetico.

PONTI TERMICI

Il ponte termico è quella zona limitata dell'involucro edilizio in cui si verificano disomogeneità del materiale e variazioni di forma. In queste zone vi è un incremento del valore dei flussi termici e una variazione delle temperature superficiali interne, con conseguente aumento della quantità di calore disperso attraverso le pareti: i ponti termici sono i punti dove la resistenza termica, altrove uniforme, cambia in maniera considerevole.

Nelle strutture edilizie si presentano gli effetti perturbativi locali che inducono ad un incremento del flusso di calore che attraversa le chiusure, generando dispersione di calore e infiltrazioni.

I ponti termici possono raggiungere e superare il 20% delle dispersioni totali e sono causa di condense interne, macchie e muffe, col conseguente deterioramento delle parti costruttive.

Generalmente, si possono dividere in ponti termici di "struttura", ove la presenza di elementi eterogenei, e quindi con diverse caratteristiche termo-fisiche, incrementa il flusso termico locale, e ponti termici di "forma", quale la presenza di spigoli che provocando un addensamento delle isoterme, provocano un aumento del flusso termico totale. Dal punto di vista fisico, i ponti termici sono punti esterni di una costruzione che presentano flussi termici maggiori rispetto alle parti circostanti.

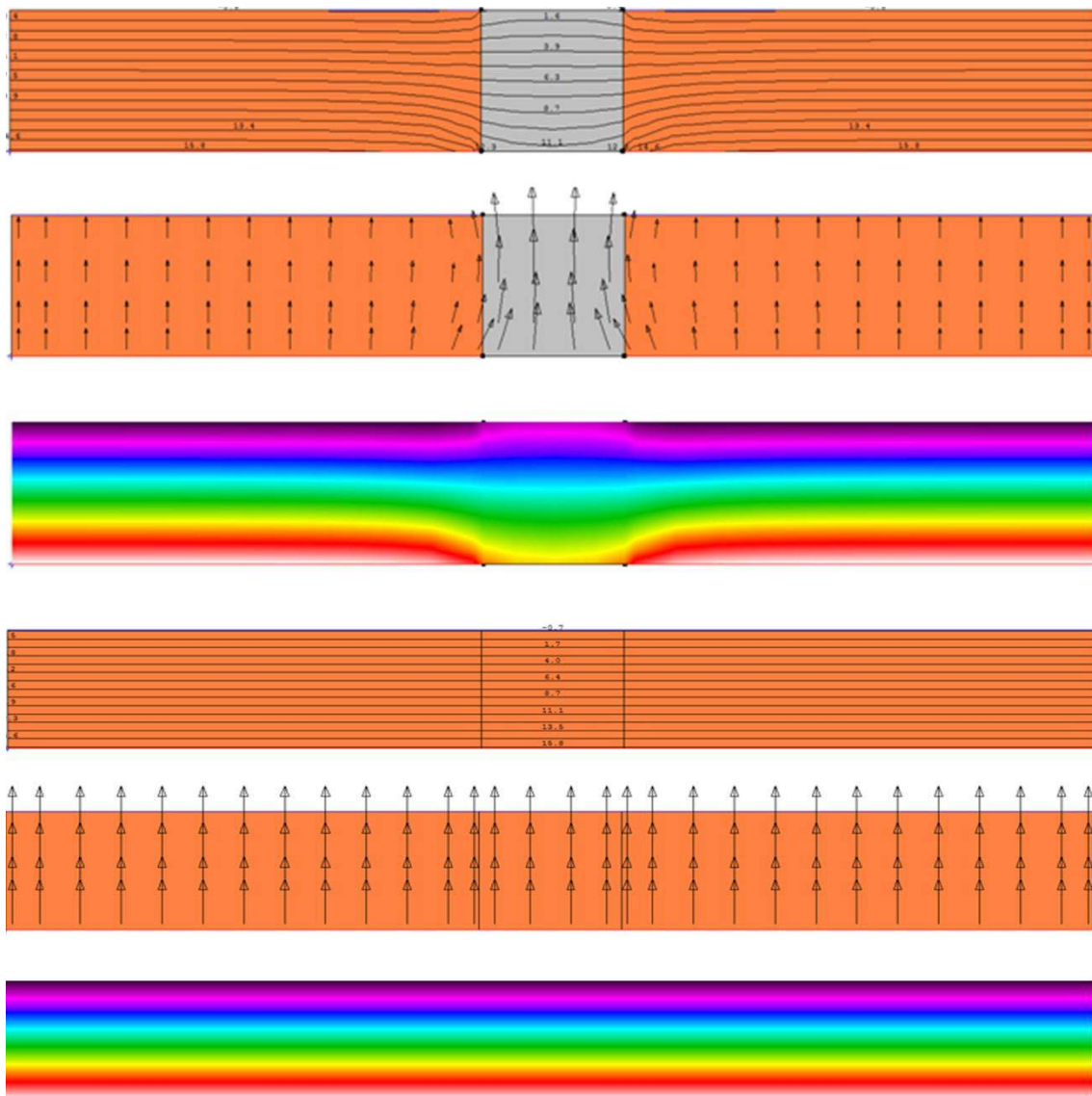


Fig. 5.8 - Nell'immagine in alto le isoterme discontinue individuano la presenza del ponte termico determinato dal pilastro in corrispondenza della parete, nella seconda, invece, l'omogeneità dei materiali fa sì che non ci siano ponti termici, determinando un andamento lineare delle isoterme nell'intera parete. ©Masterclima.

Tipici esempi di ponti termici sono i balconi e tutte le parti costruttive sporgenti che risultano isolate in modo inappropriato.

Nelle strutture intelaiate, sono particolarmente diffusi i ponti termici di struttura, in prossimità delle giunzioni o delle soluzioni di continuità tra l'elemento strutturale (pilastro o trave, ad esempio) e la superficie di tamponamento (Figura 5.8).

Le normative vigenti in materia di calcolo delle prestazioni termo-energetiche dell'edificio e dell'involucro, rimandano a metodologie di calcolo e ad appositi abachi dei ponti termici, che, mediante il parametro Ψ_k , che esprime la trasmittanza termica lineica del ponte termico (W/m^2K), permettono di risalire al valore della potenza termica (Watt) dispersa dai ponti termici per trasmissione attraverso l'involucro edilizio⁹.

La revisione, avvenuta lo scorso Ottobre 2014, della norma di calcolo per l'efficienza energetica degli edifici UNI TS 11300-1, ("*Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*"), ha introdotto una nuova metodologia per la valutazione dei ponti termici, che non potranno più essere valutati secondo il metodo della maggiorazione percentuale semplificata, così come espresso dalla precedente versione del 2008, ma mediante il calcolo analitico, attraverso la definizione di appositi coefficienti lineici.

Nonostante i ponti termici rappresentino un fenomeno di evidente importanza, tuttavia, il presente studio esula dal calcolo indipendente dei benefici energetici prodotti dalla correzione dei ponti termici. Si tratta infatti di una pratica ormai quasi sempre inclusa in tutti gli interventi di retrofit energetico previsti sull'involucro edilizio e non risulta in questa sede necessario separare l'effetto di una loro correzione dal resto degli interventi proposti, ritenendolo incluso in ciascuno di essi (come ad esempio l'isolamento dall'interno dell'involucro, che tiene conto anche della presenza delle strutture isolate, e dei punti "critici" di incontro delle chiusure opache con i pilastri; cfr Capitolo 6).

Sarà dunque sufficiente calcolare i fabbisogni energetici *pre* e *post* intervento senza approfondire la specificare l'influenza che la correzione dei ponti termici ha nel bilancio energetico globale.

VENTILAZIONE

La ventilazione naturale degli edifici rappresenta un principio sfruttato fin dall'antichità per la corretta gestione del *comfort* interno, sia in estate che in inverno. Una corretta ventilazione è indispensabile per garantire purezza dell'aria e riequilibrare il livello igrometrico (umidità) all'interno degli ambienti.

La principale causa d'inquinamento dell'aria all'interno degli edifici ha origine spesso da scelte progettuali e operative sbagliate in favore di un'eccessiva chiusura ermetica delle pareti confinanti con l'esterno.

Le recenti tecnologie per il contenimento dei consumi energetici e per la riduzione delle emissioni di CO₂ hanno imposto azioni d'isolamento e di sigillatura che rischiano di limitare il naturale scambio d'aria tra l'ambiente interno e quello esterno, determinando condizioni sfavorevoli (muffe, decadimento delle prestazioni degli involucri, tassi di umidità elevati, ecc.) per lo svolgimento di qualsiasi attività umana all'interno degli spazi confinati.

Inoltre, l'introduzione di aria di ricambio deve essere contenuta e adeguatamente controllata, a differenza di come accade ad apertura manuale dei serramenti verso l'ambiente esterno. Gli aspetti legati alla tenuta all'aria dei serramenti sono oggetto di restrittive normative tecniche.

La ventilazione meccanica controllata degli ambienti con aria esterna rappresenta il sistema più efficace per controllare le condizioni dell'aria interna in edifici ben coibentati e a basso consumo energetico.

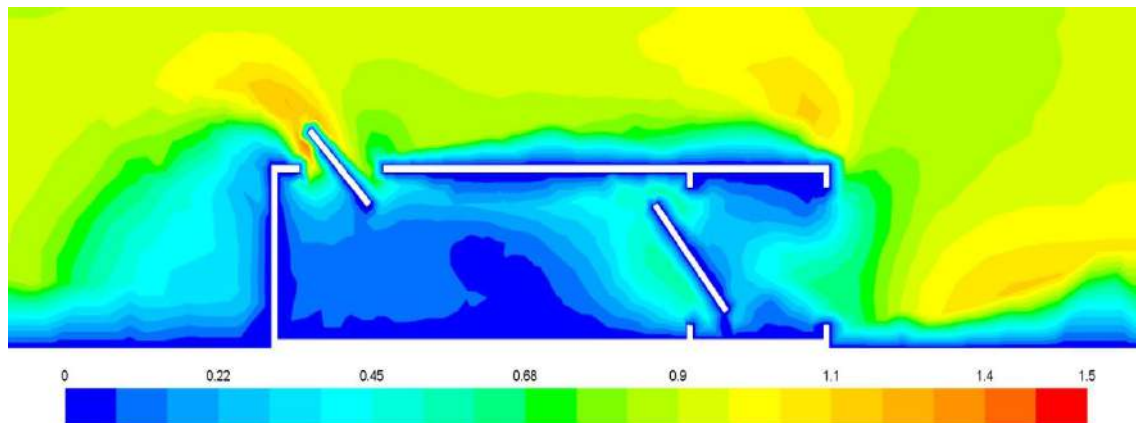


Fig. 5.9 Controllo della ventilazione naturale attraverso le aperture dell'edificio, mediante software CFD. © De Vecchi.

La tipologia più diffusa è la ventilazione meccanica a due flussi o a doppio flusso, che si caratterizza per avere un doppio impianto di ventilazione, formato da canali di distribuzione separati. Un condotto controlla e regola l'immissione dell'aria, l'altro è dedicato all'aria in estrazione. Il vantaggio principale degli impianti a doppio flusso è la capacità di trattare, filtrare, riscaldare o raffreddare l'aria esterna, garantendone il ricambio costante e il recupero di calore dall'aria esausta.

In un edificio con un buon isolamento termico e climatizzato con impianti a basso consumo, la continua estrazione dell'aria calda (o fredda) dall'ambiente interno determina un aumento dei consumi della climatizzazione: il recupero del calore permette di sfruttare tutti i vantaggi della ventilazione, garantendo i bassi consumi energetici dell'edificio.

Tra i sistemi e le tecnologie oggi più diffuse per sopperire alla necessità di ventilazione degli ambienti, troviamo:

1. Ventilazione meccanica controllata a semplice flusso *autoregolabile*. Il principio della ventilazione meccanica controllata (VMC) a semplice flusso è l'estrazione dell'aria viziata dai locali umidi (bagno, cucina, lavanderia, etc.) e l'immissione dell'aria di rinnovo dai locali adiacenti (soggiorno, salotto, etc.) attraverso ingressi d'aria esterni. Per autoregolabile si intende la presenza di una portata d'aria costante, indipendentemente da variazioni della prevalenza nel circuito.
2. Ventilazione meccanica controllata a semplice flusso *igroregolabile*. In questo caso l'aria nuova penetra nell'alloggio tramite appositi ingressi di aria: l'aria viziata è estratta dai locali umidi tramite bocchette che si aprono in funzione dell'umidità presente nell'ambiente, o tramite bocchette autoregolabili collegate all'unità di ventilazione.
3. Ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recupero di calore. Si basa sul concetto fisico dello scambio di calore: l'aria viziata estratta dai locali umidi e l'aria prelevata dall'esterno, adeguatamente filtrata, vengono convogliate in un'unità di recupero che assicura il preriscaldamento dell'aria di rinnovo, evitando la contaminazione dei due flussi.

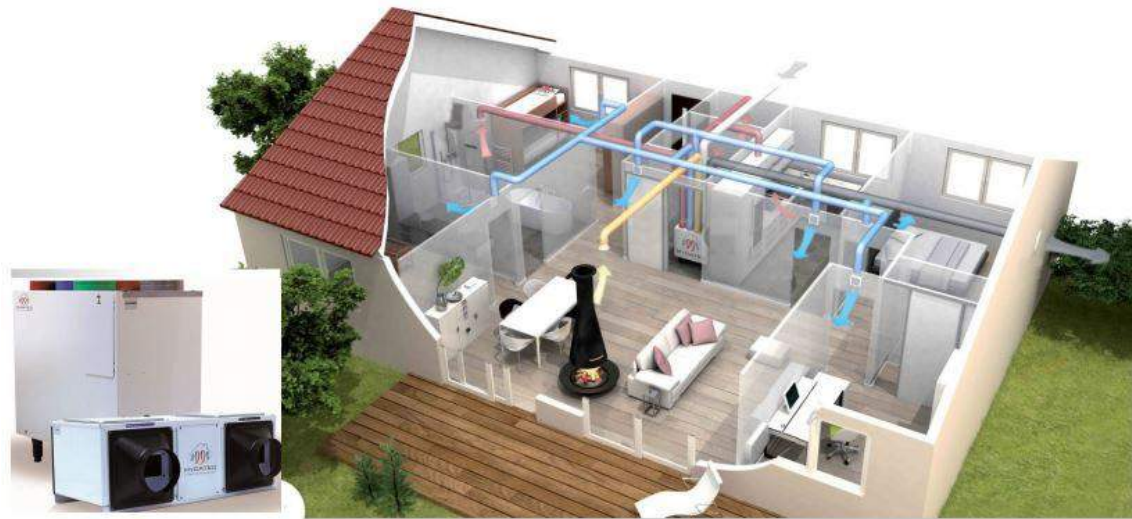


Fig. 5.10 - Schema di impianto di ventilazione meccanica controllata con pompa di calore ©MyDATEC.

La ventilazione meccanica controllata, aumentando l'efficienza energetica dell'edificio, permette di accedere ai seguenti incentivi fiscali nazionali:

- Detrazione Irpef del 50%, valida 10 anni, per ristrutturazioni edilizie e manutenzioni straordinarie;
- Detrazione Irpef del 65%, valida 10 anni, per riqualificazione energetica ("Ecobonus").
- Conto termico.

CONDUCIBILITÀ TERMICA

La conducibilità termica, λ , rappresenta l'energia che per conduzione attraversa, nell'unità di tempo, lo spessore unitario del materiale per una differenza unitaria di temperatura. Definisce univocamente l'attitudine di un materiale, omogeneo e isotropo, a trasmettere il calore quando lo scambio avviene solo per conduzione. È funzione dello stato fisico del materiale, della temperatura, della densità e della posa in opera.

La norma UNI EN ISO 10351:1994 "*Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore*", definisce la conducibilità termica, o conduttività termica, "l'attitudine di un materiale omogeneo ed isotropo, a trasmettere il calore quando lo scambio avviene solo per conduzione".

È inoltre possibile distinguere tre categorie di materiali a seconda del potere isolante:

- materiali isolanti: $\lambda < 0,065$ [W/mK]
- materiali debolmente isolanti: $0,065 < \lambda < 0,09$ [W/mK]
- materiali non isolanti: $\lambda > 0,09$ [W/mK]

TRASMITTANZA TERMICA U

In termotecnica la trasmittanza termica, indicata con U, è una grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale o un corpo per unità di superficie

e unità di temperatura, definendo la capacità isolante di un elemento; nel sistema internazionale si misura in W/m^2K .

Dato un fenomeno di trasmissione di calore in condizioni di regime stazionario (in cui, cioè, il flusso di calore e le temperature non variano nel tempo), la trasmittanza misura la quantità di calore che nell'unità di tempo attraversa un elemento della superficie di $1 m^2$ in presenza di una differenza di temperatura di $1^\circ C$ tra l'interno e l'esterno.

La norma UNI EN ISO 6946:2008 "*Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo*" definisce la trasmittanza, U , come "la potenza [W] che attraversa una parete di superficie unitaria [m^2] sottoposta a differenza di temperatura pari ad $1^\circ C$ ".

Il coefficiente di trasmittanza, U , è valido solo per pareti piane (ed infinite) con flusso termico unidimensionale in condizioni stazionarie, senza tener conto di discontinuità geometriche o variazioni di temperatura nel tempo.

Più il valore è basso, maggiore è l'isolamento della struttura in esame.

Per il corretto calcolo della trasmittanza si fa riferimento alla norma UNI 9869, il cui metodo descritto è quello delle medie progressive e lo strumento da utilizzarsi è il *termoflussimetro*, termine tratto dalla tecnica che studia la misurazione dei flussi di calore, ossia la termoflussimetria.

TRASMITTANZA PERIODICA Y_{ie}

La trasmittanza termica periodica Y_{ie} , è utilizzata come parametro rappresentativo del comportamento di un elemento di involucro nel periodo estivo. Inoltre, è il parametro che permette al progettista di capire se agire sull'isolamento o sulla massa dell'elemento.

La trasmittanza termica periodica non rappresenta una singola grandezza, ma dovrebbe essere intesa come un *framework* che aiuta a valutare la risposta di un componente alle sollecitazioni periodiche (sinusoidali) di temperatura.

Il decreto n. 59 del 2 Aprile 2009, all'art. 2, definisce la Trasmittanza termica periodica Y_{ie} (W/m^2K) come "il parametro che valuta la capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti".

Per mostrare un esempio, se su di una superficie incide un certo flusso termico dovuto alla radiazione solare, esso farà sentire il suo effetto all'interno dell'ambiente con un certo ritardo temporale (sfasamento) e con una intensità ridotta (attenuazione).

La trasmittanza termica periodica Y_{ie} è data da:

$$Y_{ie} = f_a \times U \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$$

dove " f_a " è il fattore di attenuazione, riferito ad una sollecitazione armonica con periodo di 24 ore.

Altri fattori termici che entrano in gioco nella valutazione delle condizioni dinamiche dell'involucro edilizio e, in particolare, nel calcolo delle prestazioni estive, sono:

- Il "fattore di attenuazione" (F_a): conosciuto anche come fattore di decremento, è il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica (Y_{ie}) e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie (U).
- Lo "sfasamento" (S): espresso in ore, misura il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno.

INERZIA TERMICA

Strettamente connessa ai parametri precedentemente descritti, sfasamento, fattore di attenuazione e trasmittanza periodica, l'inerzia termica è la capacità di un componente edilizio di attenuare le oscillazioni della temperatura ambientale accumulando il calore per poi rilasciarlo più o meno gradualmente nel tempo.

Una buona inerzia termica contribuisce alla riduzione dei consumi energetici, consentendo di immagazzinare il calore e rilasciarlo lentamente all'interno o all'esterno della massa muraria.

Una caratteristica che influisce sostanzialmente sull'aumento dell'inerzia termica è la massa della muratura: maggiore è la massa, maggiore sarà l'inerzia termica. Laddove la massa è imponente, come nel caso degli edifici storici, Chiese antiche, Castelli, Palazzi e tutti quegli edifici costruiti secondo tecniche costruttive pesanti e involucri molto spessi, l'inerzia è tale da mantenere una temperatura quasi costante durante il corso della giornata e per tutti i mesi dell'anno.

Questi risultati sono difficilmente ottenibili con involucri composti da un solo strato di materiale. La configurazione migliore è rappresentata dalla predisposizione di strati ad elevata inerzia termica sul lato interno dell'involucro, ed uno strato isolante sul lato esterno, per proteggere l'ambiente interno dall'effetto delle variazioni di temperatura, rallentando il flusso di calore estivo verso l'interno e ad immagazzinandolo nei periodi invernali, per poterlo poi rilasciare con effetto benefico verso l'interno.

In inverno, infatti, la situazione ideale prevede che il calore accumulato durante il giorno sia ceduto agli ambienti interni durante la notte, contribuendo al riscaldamento e limitando l'uso dei sistemi impiantistici. In estate, invece, quando è necessario mantenere una bassa temperatura il più a lungo possibile, occorre usare una buona inerzia termica in modo da rallentare l'ingresso del calore, per poi rilasciarlo, durante la notte, verso l'ambiente esterno.

Secondo tale principio, alcune tecnologie costruttive prevedono l'impiego di materiali ad alta densità, in modo da utilizzare la loro massa per il controllo microclimatico interno, come l'apposizione in copertura di tetti giardino o dei cosiddetti *roof pond*, che sfruttano la massa dell'acqua per accumulare e rilasciare calore a seconda delle esigenze stagionali e diurne.



Fig. 5.11 - Casa Malbaie V- Le Phare progettata dallo studio MU Architecture, Quebec (2013). Il tetto della casa è coperto interamente da un tetto vegetale, rispondendo non solo ad esigenze di integrazione con il paesaggio, ma anche di isolamento, permettendo di ridurre l'accumulo di calore durante i mesi estivi. ©YUL Photo.

RESISTENZA TERMICA

La resistenza termica R è l'inverso della trasmittanza termica U , e misura la capacità del materiale di resistere ai flussi termici.

Le resistenze termiche superficiali (liminari) tengono conto degli scambi di calore per convezione e per irraggiamento che avvengono tra la superficie e l'aria interna (R_i) e tra la superficie e l'aria esterna (R_e). Esse si assumono pari all'inverso del coefficiente di scambio termico globale superficiale a , indice dell'attitudine della superficie a scambiare calore con l'ambiente prospiciente, sia in modo convettivo che radiante.

PRESTAZIONI ACUSTICHE

La trasmissione del rumore ha molte analogie con quella del calore. Analogo ragionamento potrebbe essere svolto per quanto concerne la conducibilità acustica, altro aspetto che influisce sulla scelta di un dato serramento: anche laddove esigenze energetiche non lo richiederebbero (località "calde" o posizione delle finestre verso Sud, in modo tale che vi sia acquisizione di energia direttamente dal sole in un clima rigido/freddo) spesso è necessario optare per vetri doppi o tripli, affinché sia indotto un abbattimento del livello di trasmissione sonora attraverso il componente vetrato, al fine di guadagnarne in benessere e miglioramento del *comfort* interno.

GUADAGNI TERMICI PER IRRAGGIAMENTO SOLARE

Quando posizionate male o di bassa qualità, le chiusure trasparenti consentono l'intromissione di radiazione solare all'interno dei locali, creando un surriscaldamento dell'abitazione. Se nei climi freddi tale fenomeno può essere sfruttato in modo positivo e, anzi, ulteriormente ottimizzato mediante captatori ad hoc o serre solari, contribuendo alla riduzione del fabbisogno di riscaldamento, invece in estate e nelle località con condizioni climatiche calde, il fenomeno diventa un punto di debolezza su cui agire con idonei sistemi di schermatura solare, per evitare i picchi di calore e l'aumento di energia termica per soddisfare la domanda di raffrescamento.

Tale comportamento dipende fortemente dall'esposizione geografica dell'edificio ed è strettamente connesso al principio delle serre solari.

SERRE SOLARI

Per serra o veranda solare/bioclimatica si intende uno spazio chiuso, vetrato, in adiacenza a una o più superfici opache di un ambiente riscaldato, che crea un volume chiuso atto a contenere gli apporti gratuiti di calore dovuti all'irraggiamento solare.

La progettazione di una serra è facilmente realizzabile anche nel caso di edifici esistenti. L'efficacia energetica dipende da diversi elementi, quali il contesto climatico, il grado di irradianza media nella località determinata, le caratteristiche della superficie che separa la zona riscaldata dalla veranda e della superficie esterna che la delimita.

A seconda del contesto climatico, la presenza di una serra solare può anche rappresentare un elemento critico e di debolezza nei confronti del comportamento energetico dell'edificio. Questo è il caso, ad esempio, degli edifici situati in località geografiche caratterizzate da un clima caldo, e con un conseguente indice di radiazione solare molto elevato. Si tratta di località, come la città di Palermo, che non traggono un beneficio dai guadagni di calore gratuiti derivanti dall'irraggiamento solare e che, anzi, necessitano appositi dispositivi schermanti, per evitare il surriscaldamento interno.

I carichi termici dovuti dall'incidenza del raggio solare sono proporzionali alla trasparenza del vetro, all'assenza di schermature o elementi di chiusura che ostacolano del tutto o in parte l'intromissione, alla capacità di assorbimento dei materiali colpiti, e diminuiscono, invece, all'aumentare dello spessore dell'elemento filtro (come solitamente è l'involucro per gli edifici) e al suo potere riflettente. Da qui nasce l'esigenza di creare appositi materiali o tecnologie innovative che, pur permettendo alla luce naturale di entrare negli ambienti, possano filtrarne i raggi in modo da ostacolare una buona percentuale di incidenza solare. Un esempio è rappresentato dai vetri bassoemissivi e dalla pellicola riflettente che inglobano (detti anche vetri "low-e", cioè a bassa emissività).

A Palermo, molti edifici adibiti a residenza, e quindi anche l'appartamento preso in considerazione, presentano verande con elevata percentuale di superficie trasparente. Nate per lo più per rispondere ad esigenze funzionali di spazio interno, esse sono quotidianamente vissute ed utilizzate come sale pranzo e/o di soggiorno.



Figg. 5.12 e 5.13 - Complesso residenziale *Milanofiori* progettato dallo studio genovese OBR Open Building Research, Milano (2010). Ogni residenza è connotata dalla presenza di una serra prospiciente al giardino interno che esplica una doppia funzione: una ambientale di termoregolazione dell'abitazione e una architettonica di spazio filtro su cui si apre la zona giorno degli appartamenti. ©Bianchi, Apollonio.

SCHERMATURE SOLARI

Il Decreto Legge 311/06, definisce una schermatura solare come un sistema che *“applicato all'esterno di una superficie vetrata trasparente permette una modulazione variabile e controllata dei parametri energetici e ottico-luminosi in risposta alle sollecitazioni solari”*. In altre parole, una schermatura solare rappresenta una risposta dinamica alle radiazioni solari incidenti sulle aperture trasparenti o vetrate di un edificio, capace di modularne l'intensità in relazione alle esigenze interne.

Il principio base del loro funzionamento consiste nell'evitare il surriscaldamento degli ambienti interni causato dalla radiazione solare diretta prevalentemente durante il periodo estivo, garantendo al contempo l'ingresso della luce naturale, soprattutto durante il periodo invernale.

La prestazione globale d'insieme dell'elemento schermante è caratterizzata dal *fattore solare "g_{tot}"*, misurato secondo la norma EN 14501:2006 *“Tende e chiusure oscuranti - Benessere termico e visivo – Caratteristiche prestazionali e classificazione”*, che distingue la prestazione di una schermatura solare in 4 classi:

- $0,35 < g_{tot} < 0,50$ (classe 1 - giudizio moderato),
- $0,15 < g_{tot} < 0,35$ (classe 2 - giudizio buono),
- $0,10 < g_{tot} < 0,15$ (classe 3 - giudizio molto buono),
- $g_{tot} < 0,10$ (classe 4 - giudizio ottimo).

L'apposizione di sistemi di schermatura solare, tuttavia, è un espediente che, per gli interventi di retrofit di un intero edificio, richiede l'approvazione di un progetto globale, esteso a scala condominiale, ponendo alcune difficoltà nel caso di intervento di retrofit di una unità immobiliare indipendente.

USO RAZIONALE DELLE RISORSE

Occorre sottolineare come spesso i comportamenti degli inquilini nella gestione dell'edificio e del sistema edificio-impianto e le scelte energetiche incidono in misura determinante sui consumi finali dell'edificio.

Esistono soluzioni imputabili alla coscienza degli abitanti che utilizzano l'immobile che possono essere *“migliorate”*, mediante una maggiore sensibilizzazione e piccoli gesti quotidiani.

Si tratta di razionalizzare l'uso dell'energia usata in modo da ottimizzare le risorse e diminuire, di conseguenza, i consumi energetici.

Talvolta, è sufficiente agire su semplici aspetti di utilizzo e fruizione delle proprie abitazioni per ridurre i consumi energetici, conducendo buone pratiche e un uso razionale delle risorse, fondamentali alleati di una corretta progettazione energetica del proprio immobile.

Esistono comportamenti virtuosi che è possibile imparare a rispettare mediante piccoli accorgimenti quotidiani, riconoscendo gli sprechi energetici e la nostra opportunità, in piccolo, di agire su di essi.



Fig. 5.14 - Edificio con lamelle frangisole dal profilo portante interno realizzato in alluminio estruso, dimensione 90x40 mm, con speciali agganci per l'aggraffaggio della lamiera. Parma 2012 © Sunbreak.

Dal punto di vista delle apparecchiature elettriche di impiego quotidiano, l'utilizzo di sistemi di automazione degli edifici - *building automation* o *Building Management System* (BMS) - può portare ad ulteriori risparmi in termini energetici. Possono infatti essere gestiti in maniera automatica tutti i dispositivi che consumano energia in modo da ottimizzarne le prestazioni, in termini di "modalità d'uso".

A livello domestico, si tratta di sistemi di "domotica", realizzati per rendere "intelligenti" apparecchiature, impianti e sistemi. Ad esempio, un impianto elettrico intelligente può autoregolare l'accensione degli elettrodomestici per non superare la soglia che farebbe azionare il contatore.

Tra le più comuni iniziative tecnologiche si segnalano quelle per la gestione degli "Stand-By" degli apparecchi elettrici, quelle per la gestione temporizzata degli impianti termici, e per la gestione automatica degli impianti di illuminazione in diretta connessione con la presenza umana nell'ambiente da illuminare.

Tutto ciò, contribuisce non soltanto al risparmio in termini di bolletta energetica e di costi di gestione, ma anche a migliorare la qualità della vita e la sicurezza in casa, sfruttando le moderne possibilità offerte dalla tecnologia.

5.3 Raccolta dati e ispezioni in situ

Una volta riconosciuta l'importanza dei componenti edilizi e delle loro caratteristiche per il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio, o di alcune sue parti, è possibile condurre l'*audit* energetico del campione edilizio oggetto di studio. Ciò significa analizzare, caso per caso, ogni elemento fino ad ora descritto, delineando il quadro generale dell'edificio allo stadio attuale e il comportamento termico ed energetico di ciascun componente. I dati raccolti saranno successivamente analizzati e valutati in modo da presentare un *report* sui consumi energetici attuali dello stato di fatto.

5.3.1 Caratteristiche climatiche

Per effettuare una corretta diagnosi energetica è necessario approfondire le condizioni climatiche del sito di riferimento, ed impostare di conseguenza i parametri di calcolo,

La simulazione del comportamento termodinamico del fabbricato è disciplinata da norme tecniche specifiche, che ne prescrivono la metodologia. In questo caso, la UNI TS 11300 parti 1, 2 e 3, e le norme ad essa correlate, dettano i parametri e le metodologie di calcolo, a cui fanno riferimento la maggioranza dei programmi commerciali per la progettazione termica degli edifici certificati dal CTI.

La metodologia prevede che vengano definiti in primo luogo i dati geografici e climatologici del sito.

La norma UNI 10349¹⁰ fornisce, per ciascuna località, la media storica delle grandezze climatiche rilevanti ai fini del progetto termico di un edificio. Tali valori sono spesso contenuti nei *data base* dei principali programmi di progettazione termica degli edifici e forniti automaticamente una volta indicata la località. Talvolta, tuttavia, è preferibile sostituire nel software di calcolo, i valori medi indicati dalla norma con i valori rilevati dalle centraline meteorologiche locali, per il periodo di riferimento.

| | |
|---------------------------------|--------------------------|
| Comune | Palermo |
| Provincia | PA |
| Latitudine | 38°07'55" N Longitudine: |
| Longitudine | 13°20'08" E |
| Altitudine sul livello del mare | 46 m |
| Zona Climatica | B |
| Gradi Giorno | 751 °C |

Tab. 5.1 - Prospetto riepilogativo dei dati geografici in cui si inserisce l'edificio esaminato

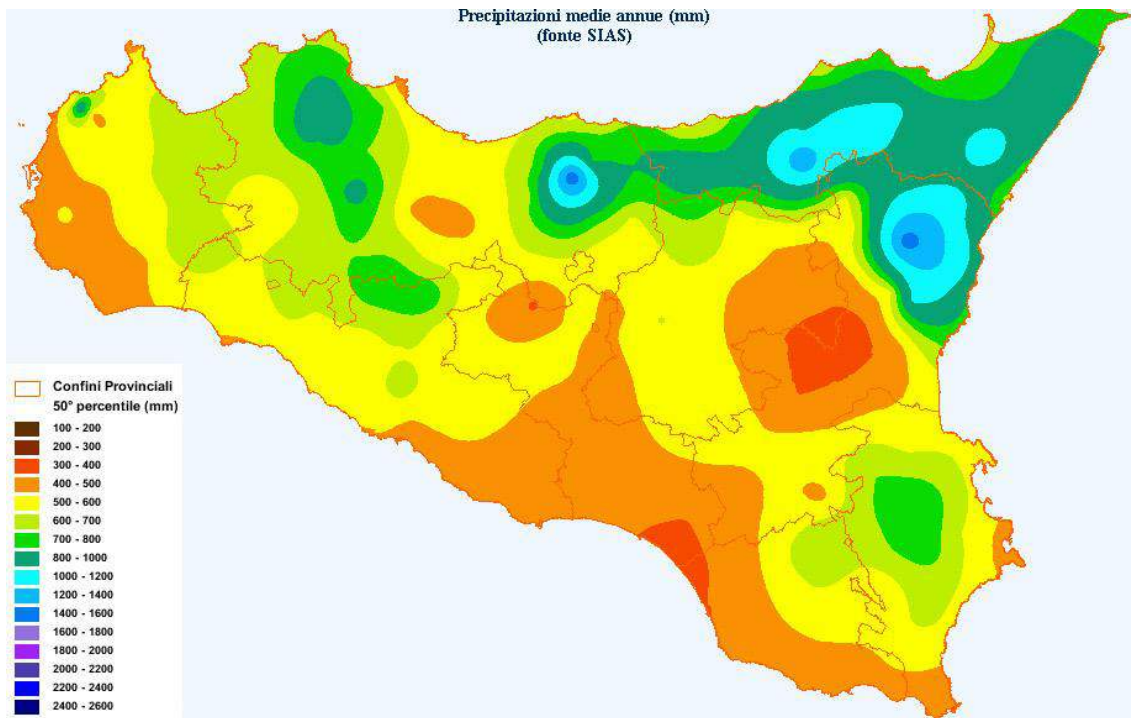


Fig. 5.15 - Mappatura delle aree siciliane sottoposte alle precipitazioni più diffuse lungo il corso dell'anno. © SIAS 2011.

Secondo la classificazione dei climi di Köppen¹¹, il clima di Palermo appartiene al gruppo denominato "Csa": clima temperato delle medie latitudini con la stagione estiva asciutta e calda, la stagione invernale fresca e piovosa e le stagioni intermedie con temperature miti e gradevoli. Il sottotipo climatico Csa, nel quale la temperatura del mese più caldo è superiore a 22 C, si trova lungo le aree costiere del Mediterraneo e del Vicino oriente, mentre nelle zone costiere esterne si hanno temperature inferiori.

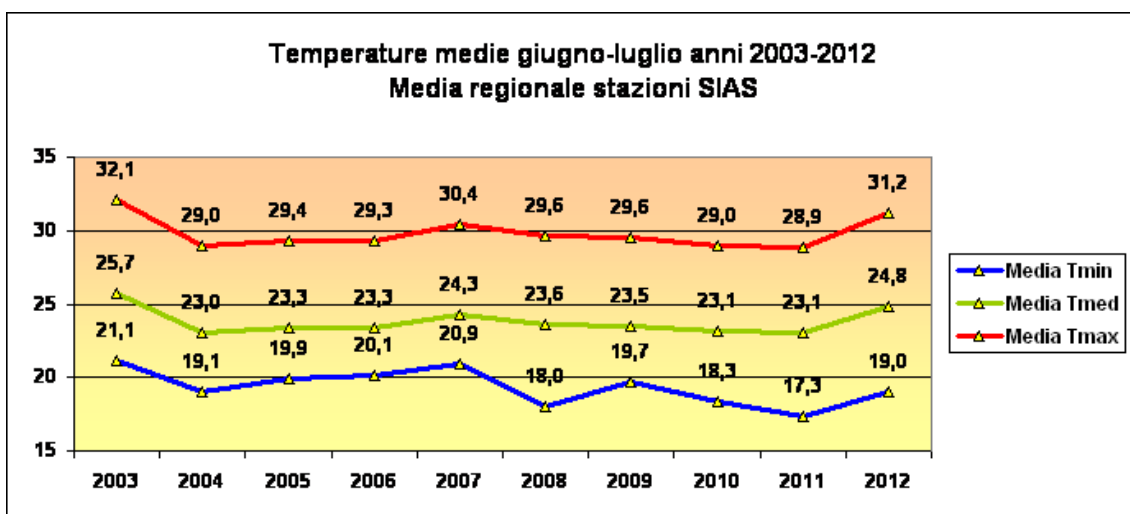


Fig. 5.16 - Andamento delle temperature medie, minime e massime dei mesi di Giugno e Luglio, registrata nel corso degli anni 2003-2012 © SIAS.

L'estate è arida e calda, generalmente torrida e frequentemente ventilata grazie anche alla presenza delle brezze marine. Seppure raramente, si registrano ondate di vento di scirocco, che fanno innalzare le temperature massime oltre i 42 °C, ma con tassi di umidità che possono scendere anche al di sotto del 15%.

La siccità estiva costituisce una caratteristica fondamentale del clima siciliano, e nel periodo Luglio-Agosto l'assenza di pioggia è la norma.

Ad esempio, dati statistici riportano come il trimestre Maggio - Giugno - Luglio 2012, sia stato caratterizzato da una quasi totale assenza di piogge. Al termine di Giugno la precipitazione cumulata media regionale dei mesi di Maggio e Giugno sulle stazioni SIAS¹² era di 16,4 mm, un valore al di sotto del quale in anni recenti si era scesi solo nel 1999 con 9,5 mm e nel 1997 con 15 mm (selezione stazioni Osservatorio delle Acque).

Il quadro meteorologico ha talvolta rilevato anomalie, dovute per lo più ad elevati picchi di temperatura anche durante l'inverno, come il caso del mese di Febbraio che, in alcune circostanze, ha riportato temperature miti o addirittura superiori ai 25 °C, senza alcuna irruzione fredda significativa, come dovrebbe essere tipico del mese (Figura 5.17).

La zona più calda della città è il centro storico. Spesso sono utilizzati i dati della stazione meteorologica dell'aeroporto di Punta Raisi per indicare la situazione meteo del capoluogo siciliano, sebbene l'aeroporto, oltre ad essere separato dal resto della città da alcuni rilievi montuosi, si trova a circa 22 km di strada dalla periferia ovest di Palermo, e registra di norma in inverno minime più alte rispetto al capoluogo, e in estate massime più contenute.

Tuttavia esistono anche altri dati, forniti da stazioni metereologiche relativamente più vicine al tessuto urbano, come quella di Boccadifalco.

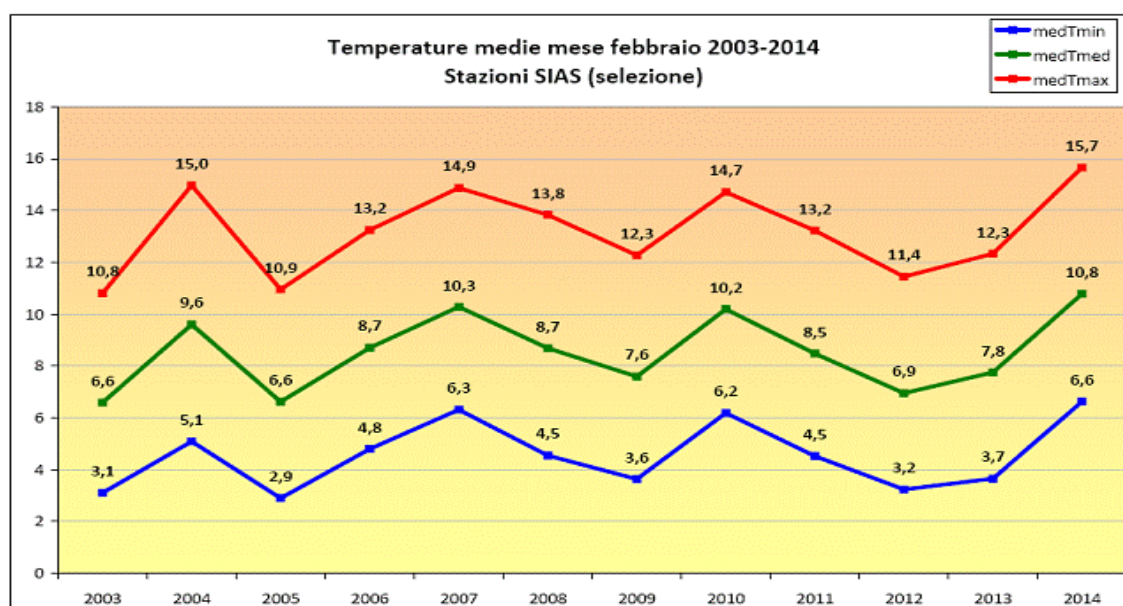


Fig. 5.17 - Temperature medie del mese di Febbraio, nel corso degli anni a cavallo tra il 2003 e il 2014 ©SIAS

| PALERMO BOCCADIFALCO (1971-2000) | Mesi | | | | | | | | | | | | Stagioni | | | | Anno |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|------|-------|-------|
| | Gen | Feb | Mar | Apr | Mag | Giu | Lug | Ago | Set | Ott | Nov | Dic | Inv | Pri | Est | Aut | |
| T. max. media (°C) | 14,7 | 14,5 | 16,4 | 18,7 | 23,3 | 27,2 | 29,8 | 30,5 | 27,5 | 23,5 | 19,0 | 15,8 | 15,0 | 19,5 | 29,2 | 23,3 | 21,7 |
| T. media (°C) | 11,8 | 11,5 | 13,0 | 15,1 | 19,3 | 23,2 | 25,8 | 26,6 | 23,8 | 20,1 | 16,0 | 13,0 | 12,1 | 15,8 | 25,2 | 20,0 | 18,3 |
| T. min. media (°C) | 8,9 | 8,5 | 9,6 | 11,4 | 15,3 | 19,2 | 21,7 | 22,7 | 20,1 | 16,7 | 12,9 | 10,2 | 9,2 | 12,1 | 21,2 | 16,6 | 14,8 |
| T. max. assoluta (°C) | 24,4 (1997) | 23,4 (1995) | 30,2 (1975) | 32,2 (1998) | 36,6 (1994) | 38,8 (1975) | 43,6 (1998) | 45,2 (1999) | 38,6 (1990) | 37,4 (1999) | 28,8 (1996) | 26,2 (1996) | 26,2 (1996) | 36,6 | 45,2 | 38,6 | 45,2 |
| T. min. assoluta (°C) | 0,0 (1999) | 0,6 (1999) | 1,6 (1973) | 5,4 (1995) | 8,6 (1991) | 13,2 (1975) | 16,8 (1971) | 15,1 (1972) | 13,4 (1971) | 7,2 (1974) | 3,6 (1975) | 4,0 (1971) | 0,0 | 1,6 | 13,2 | 3,6 | 0,0 |
| Giorni di calura (T _{max} ≥ 30 °C) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 5,0 | 14,3 | 18,9 | 5,8 | 2,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 38,2 | 7,8 | 46,0 |
| Giorni di gelo (T _{min} ≤ 0 °C) | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 |
| Precipitazioni (mm) | 97,5 | 109,9 | 78,2 | 65,1 | 36,2 | 17,9 | 6,7 | 31,8 | 65,3 | 105,6 | 117,5 | 123,7 | 331,1 | 179,5 | 56,4 | 288,4 | 855,4 |
| Giorni di pioggia | 9,0 | 9,6 | 8,7 | 8,6 | 4,1 | 1,9 | 1,2 | 2,4 | 5,4 | 8,2 | 10,4 | 12,0 | 30,6 | 21,4 | 5,5 | 24,0 | 81,5 |
| Giorni di nebbia | 0,0 | 0,0 | 0,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,0 | 0,1 | 0,4 |
| Umidità relativa massima media (%) | 83 | 83 | 82 | 81 | 81 | 79 | 77 | 77 | 79 | 82 | 81 | 83 | 83 | 81,3 | 77,7 | 80,7 | 80,7 |
| Umidità relativa media (%) | 67 | 65 | 63 | 61 | 61 | 59 | 57 | 58 | 61 | 64 | 65 | 67 | 66,3 | 61,7 | 58 | 63,3 | 62,3 |
| Umidità relativa minima media (%) | 51 | 47 | 43 | 40 | 41 | 39 | 37 | 39 | 43 | 46 | 49 | 51 | 49,7 | 41,3 | 38,3 | 46 | 43,8 |

Tab. 5.2 - Valori climatici della città di Palermo, monitorati dalla stazione meteorologica di Boccadifalco (1971-2000). © clima.meteoam.it.

La temperatura media annuale di 18,5 °C, fa di Palermo il capoluogo regionale italiano più caldo. Confrontando tale valore con i 13 °C di Milano e con i 15,5 °C di Roma, si evidenzia come sia necessario, più che in qualsiasi altra città, ridurre i consumi energetici partendo dall'abbattimento del fabbisogno di raffrescamento estivo.

Le temperature minime sotto lo zero sono estremamente rare. Solo le zone periferiche pedemontane o con grandi polmoni verdi riescono, ogni tanto, a registrare qualche valore negativo.

| Periodo | Torino | Milano | Trieste | Bologna | Firenze | Roma | Napoli | Bari | Palermo |
|-----------|--------|--------|---------|---------|---------|------|--------|------|---------|
| 1961-1990 | 13.3 | 13.6 | 14.2 | 13.8 | 15.0 | 16.1 | 17.9 | 16.9 | 18.0 |
| 1971-2000 | 13.5 | 13.8 | 14.3 | 14.3 | 15.3 | 16.3 | 18.0 | 16.9 | 18.2 |
| 2001-2012 | 13.7 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.5 | 16.8 | 18.1 | 17.7 | 19.0 |

Tab. 5.3 - Temperature medie annuali, espresse in °C, rilevate nell'arco degli anni 2001-2012 in nove città italiane, tra cui Palermo, e confronto con quelle dei decenni precedenti. La città di Palermo riporta le temperature in assoluto più calde tra le nove città considerate. In generale, si registra un aumento delle temperature in ogni città col passare degli anni e, in particolare, nel corso del 2012. © Legambiente 2012.

Data la prevalenza delle calde o miti temperature durante quasi l'intero anno, il numero di Gradi Giorno (GG) che definisce l'attribuzione della corrispondente zona climatica di riferimento, non è molto elevato, essendo pari a 751 GG, e determina l'attribuzione della zona B.

Il software di simulazione *Ecotect Analysis*¹³ consente di confrontare i parametri climatici della città di Palermo con le caratteristiche e i materiali di input, rielaborando i dati climatici appositamente precostituiti o di *default*. Il software restituisce anche un'accurata analisi solare che permette di controllare le zone particolarmente soleggiate o quelle sempre in ombra, e agire di conseguenza nella fase di predisposizione degli interventi.

Come si può osservare in Figura 5.19, il percorso solare, nella zona di riferimento, può essere visualizzato anche in modo immediato, per una rapida verifica delle possibilità di ombreggiamento sull'edificio. Esso tiene conto delle ore della giornata prestabilite, da modificare direttamente con l'apposito cursore, e del giorno dell'anno selezionato. In questo caso si vuole mostrare un esempio di incidenza dei raggi solari alle ore 12 di un giorno di estate.

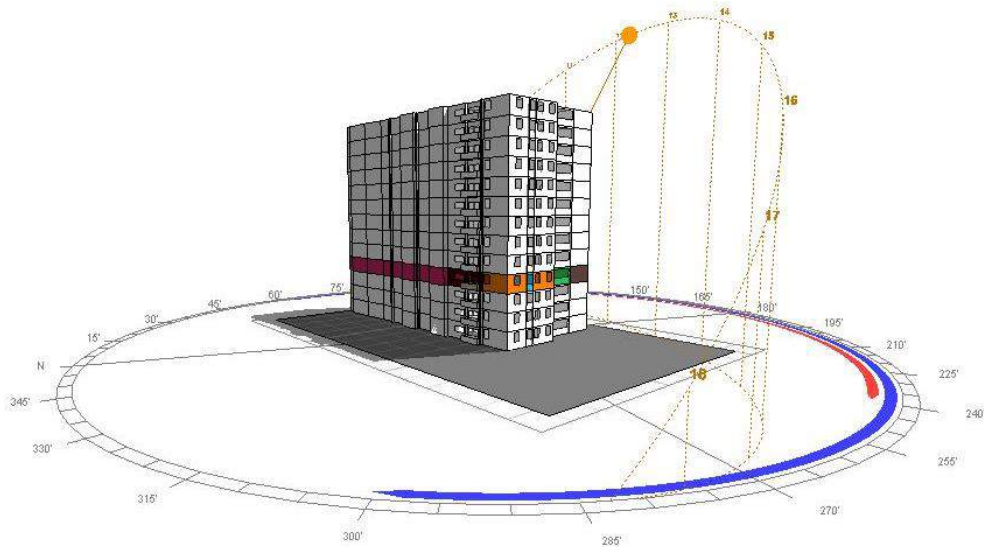


Fig. 5.19 - Percorso solare (*Sun-path*) alle ore 12:00 di un giorno estivo, elaborato con il software *Ecotect Analysis* di *Autodesk*.

5.3.2 Inquadramento urbanistico

La procedura di *audit* energetico proposta fa specifico riferimento agli edifici a uso residenziale, che rappresentano la quota maggioritaria delle costruzioni civili; tenendo in considerazione che lo stock abitativo italiano è in gran parte costituito da edifici antecedenti al 1976, ossia prima dell'entrata in vigore della prima legge nazionale sulle prestazioni energetiche degli edifici¹⁴. Tali costruzioni richiedono elevati fabbisogni energetici per la climatizzazione degli ambienti, spesso non adeguatamente progettati per rispondere alle esigenze climatiche.

L'edificio oggetto dello studio e sottoposto alla presente fase diagnostica, risulta inserito in un contesto urbano della città di Palermo caratterizzato da tipologie edilizie pressoché omogenee, inquadrate in Figura 5.20. L'area in cui si inserisce il lotto edificato rappresenta uno dei principali insediamenti abitativi realizzati sul finire degli anni '50-'70 (cfr. Capitolo 4), rispondendo a regolamenti edilizi del dopoguerra e a schemi costruttivi tipici dell'epoca e del *boom* economico che aveva contrassegnato tale fase storica. Alti edifici pluripiano, affiancati da elevatissime densità edilizie, hanno permesso la concentrazione di numerose unità abitative nel giro di pochi anni, restituendo oggi l'attuale composizione morfologica del tessuto urbano (Figura 5.22). Il lotto è costituito da edifici con almeno otto livelli fuori terra, e con il "collegamento a terrazza".



Fig. 5.20 - Aerofotogrammetria di Palermo e del lotto urbano in cui è inserito l'edificio oggetto di studio.

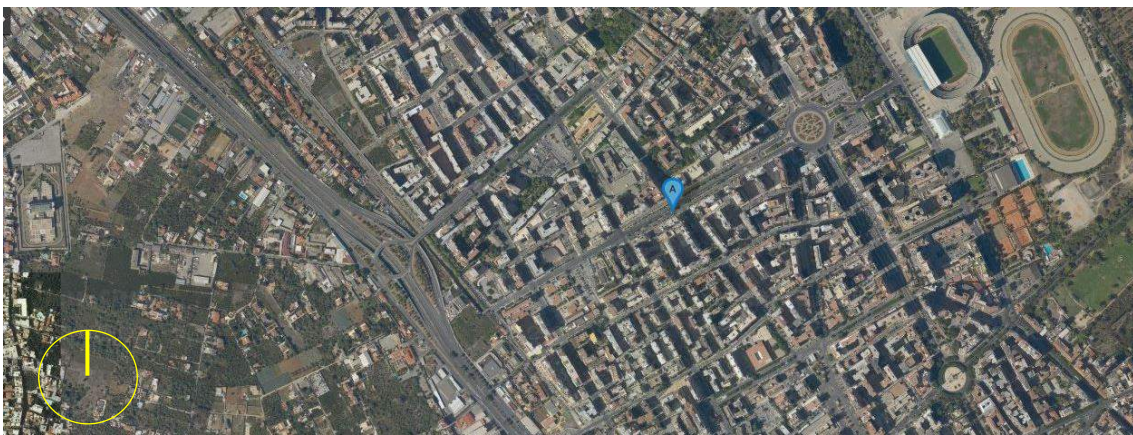


Fig. 5.21 - Contesto urbano e indicazione dell'edificio, inserito tra assi viari principali e il tessuto edilizio di recente espansione. © Bing Maps 2013.



Fig. 5.22 - Immagine del complesso edilizio in cui si inserisce l'edificio del civico n.90 di via Alcide De Gasperi. Si tratta di uno degli edifici più alti della zona, con collegamento a terrazza in prossimità di via Empedocle Restivo. © Bing Maps 2013.

Il PRG del '62, prevedeva, tra l'altro, la possibilità di realizzare edifici molto vicini e perpendicolari tra di loro, collegati nella soluzione d'angolo con terrazzamenti orizzontali, di proprietà di uno dei due immobili.

La soluzione, diffusa a macchia d'olio nella città dopo gli anni '60, è stata quasi sempre affiancata dalla chiusura delle terrazze d'angolo con superfici vetrate, creando una vera e propria veranda, che gli abitanti hanno aggiunto al proprio soggiorno.

All'interno del lotto individuato, è stato scelto un edificio emblematico dal punto di vista tipologico e delle caratteristiche, tipiche del periodo costruttivo e delle prescrizioni contenute nel PRG e nel relativo Regolamento edilizio di Palermo. L'edificio, sito al civico n. 90 della via Alcide De Gasperi, presenta 12 livelli adibiti a residenze più un piano ammezzato e il piano terra, occupati da locali destinati ad attività commerciali.

Dall'analisi del PRG del 1962, relativo alla particella n. 19 riferita alla zona chiamata "Asse Stadio" di Palermo (Figura 5.23), è possibile risalire alle seguenti caratteristiche tipologiche che contraddistinguono gli edifici che ricadono nella suddetta zona, tra cui l'edificio oggetto della ricerca:

- *Tipologia edilizia: Classe E7, "libera A" – "A palazzine" – "A torre" (art. 48 delle Norme di Attuazione);*
- *Destinazione d'uso: residenziale e piano terra ad uso commerciale*
- *Orientamento: allineamento con la strada su cui prospettano gli ambienti principali*
- *Numero piani: 7 ÷ 14*
- *Lunghezza: 40 ÷ 65 m*
- *Larghezza: ~12 m*
- *Numero corpi scala: 2 ÷ 3*
- *Arretramento dal filo stradale "a villetta": 6 mt (art. 52 N.A.: Per le classi "E" è obbligatorio un arretramento dal filo stradale di almeno mt 6,00 da destinare a villetta)*
- *Collegamento "a terrazza".*

5.3.3 Rilievo tecnico-dimensionale dell'appartamento oggetto di studio

Nell'analisi e nelle attività di diagnosi energetica è stato preso come riferimento un appartamento tipo dell'edificio, sito al terzo piano, per evitare le situazioni particolari, che possono influire sia negativamente che positivamente, nel caso di primo o ultimo livello.

La diagnosi energetica è stata avviata attraverso una dettagliata analisi delle caratteristiche tecnico-dimensionali e formali del complesso architettonico e dell'appartamento. L'edificio presenta un'estensione prevalentemente verticale, con un'altezza totale di 42 m così distribuiti: 14 piani fuori terra, di cui una terrazza, un piano ammezzato e il piano terra.

In pianta, l'immobile ha un andamento pressoché rettangolare, con lato lungo su via Alcide De Gasperi di 48 metri lineari, e larghezza maggiore pari a 17,60 metri, comprensiva anche delle balconate prospicienti sia sulla via De Gasperi che sul prospetto interno.

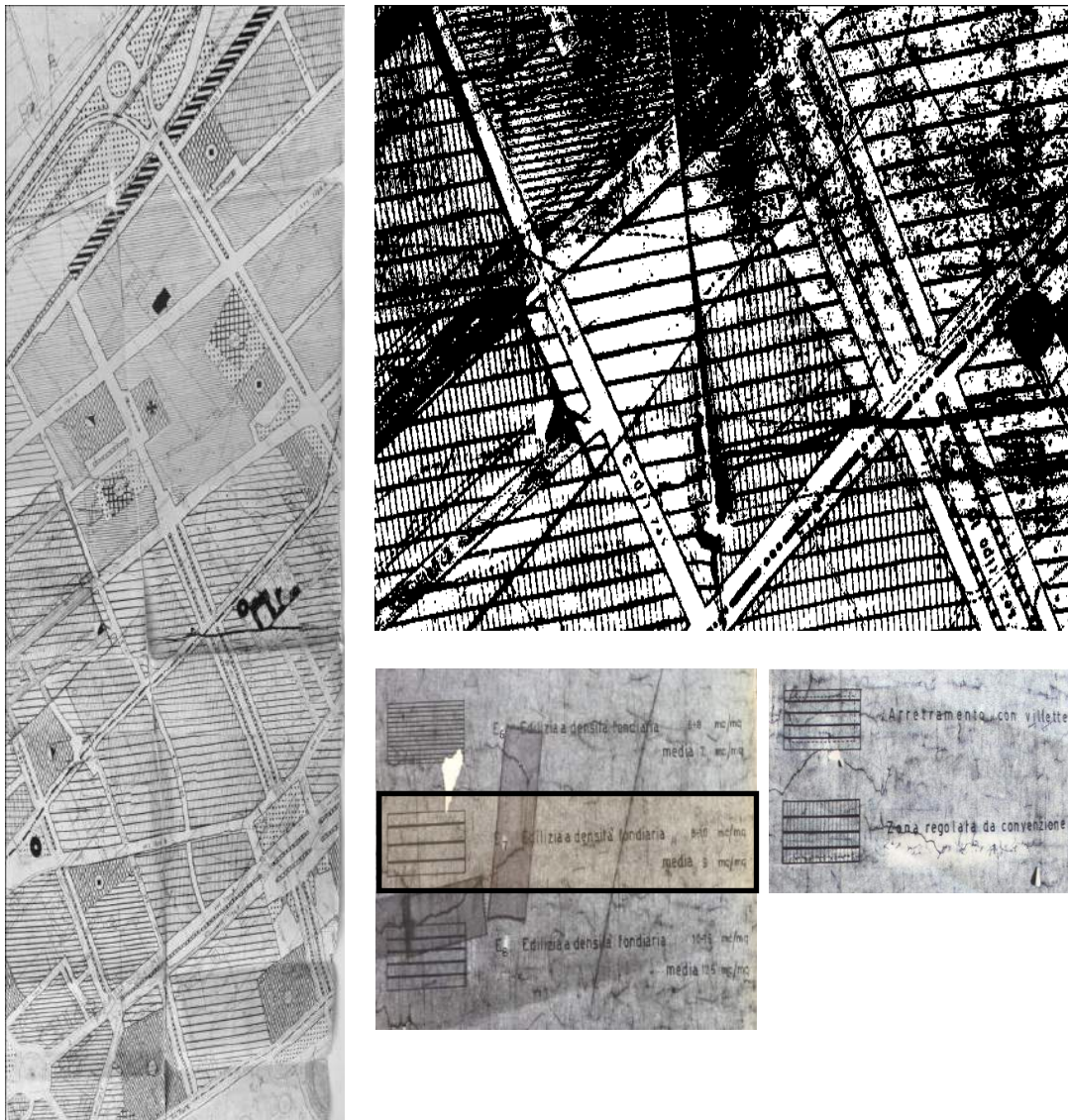


Fig. 5.23 - Estratto del PRG del 1962. Particolare della zona n° 19, 'Asse Stadio' (dettaglio alla scala 1:2000).

L'appartamento presenta le seguenti caratteristiche:

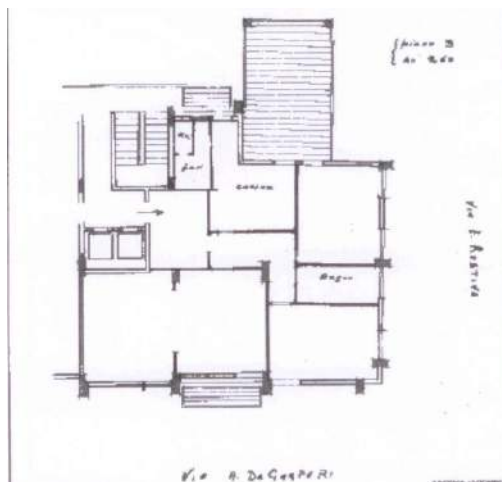
- Superficie calpestabile: 170 m²;
- Altezza interpiano: 3,00 m²;
- Volume lordo: 510 m³;
- Superficie disperdente verticale: 102,15 m² (di cui 81,67 m² opachi e 20,48 m² trasparenti);
- Superficie disperdente totale: 102 m²;
- Numero di locali interni: 7;
- Orientamento: nord-ovest; sud-ovest;
- Rapporto S/V (Fattore di forma): 0,2.



Fig. 5.24 – Foto della via A. De Gasperi e di due degli edifici più alti. A destra l'edificio oggetto di analisi.

Osservando la pianta dell'appartamento, occorre soffermarsi su un'osservazione riguardante la distribuzione degli ambienti e il loro rapporto con l'esposizione geografica.

A sud-ovest, e quindi nella parte più svantaggiata a causa della continua presenza dei raggi solari incidenti, trovano posto due camere da letto, uno dei servizi igienici dell'appartamento, e infine, la veranda. Quest'ultima, prevedendo la presenza, spesso simultanea, degli inquilini, risulta svantaggiata rispetto agli altri ambienti a causa dell'esposizione, decisamente errata dal punto di vista bioclimatico, di ottimizzazione delle risorse naturali, e principalmente a causa della presenza di una grande percentuale di superficie vetrata rispetto a quella opaca. Se a tutto ciò si aggiunge la mancanza di avvolgibili schermanti l'eccessiva radiazione solare, si deduce come sia necessario intervenire per correggere tali errori progettuali.



Figg. 5.25 e 5.26 - Estratto catastale della planimetria del piano terzo, unità sud-ovest (foglio n. 0522345 Via Alcide De Gasperi n. 90, 90144, Palermo); foto del prospetto sud-est dell'edificio, con la presenza di alcune verande realizzate dagli abitanti, a chiusura dei balconi.

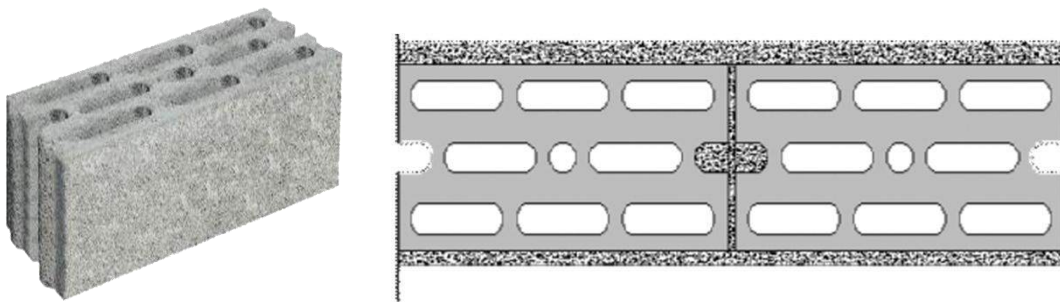
CHIUSURE VERTICALI OPACHE

Le chiusure opache che delimitano l'appartamento rappresentano la parte della superficie disperdente dell'involucro più estesa, ovvero quella di tamponamento e quindi opaca.

Sono escluse dal presente calcolo le superfici di chiusura orizzontale: la scelta è stata volutamente indirizzata verso una tipologia di appartamento non confinante con l'esterno o col terreno attraverso le superfici orizzontali di copertura o di calpestio, per evitare gli ulteriori effetti disperdenti. Il rilievo si limita dunque alle superfici verticali opache.

Le caratteristiche materiche e dimensionali rilevate sono estendibili, inoltre, all'intero edificio, che presenta proprietà quasi del tutto omogenee, in qualsiasi elevazione.

L'edificio è stato realizzato, secondo una tecnica molto diffusa nello stato dell'arte delle costruzioni palermitane del periodo, attraverso un sistema portante con intelaiatura in calcestruzzo armato, e tamponamenti in blocchetti di cemento pomice (Figura 5.27).



Figg. 5.27, 5.28 - Esempio di blocchetto di pomice usato per le chiusure verticali opache di tamponamento dell'edificio e sezione orizzontale dell'involucro esterno.



Fig. 5.29 - Prospetto su via Alcide De Gasperi, con particolare dell'involucro edilizio e dei componenti finestrati.

L'involucro opaco verticale, ha un'estensione superficiale totale pari a $81,67 \text{ m}^2$. Presenta una sezione con spessore di 30 cm, ed è costituito dalla seguente struttura stratigrafica (procedendo dall'interno verso l'esterno):

- 1) Intonaco civile e gesso per interno, 20 mm;
- 2) Blocchi di calcestruzzo di pomice, 250 mm;
- 3) Intonaco tipo Li Vigni per esterno, 30 mm.

Per pervenire alla trasmittanza è necessario ricavare la resistenza termica della struttura " R_{tot} " (espressa in $\text{m}^2\text{K/W}$) calcolata mediante il rapporto tra lo spessore " d " (in

metri) e la conducibilità λ (in W/mK), di ciascun materiale omogeneo costituente l'involucro. Alla resistenza termica della struttura vanno poi aggiunte le resistenze degli strati superficiali d'aria interna " R_{si} " ed esterna " R_{se} ", meglio conosciute come *strato liminare interno ed esterno*.

| RESISTENZE TERMICHE | ASCENDENTE | ORIZZONTALE | DISCENDENTE |
|---------------------|------------|-------------|-------------|
| Interna: R_{si} | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| Esterna: R_{se} | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Tab. 5.4 - Valori della R_{si} e della R_{se} estratti dalla normativa in vigore sul calcolo della trasmittanza.

Poiché esse sono variabili a seconda se il flusso di calore è orizzontale, verticale o inclinato, come riportato in Tabella 5.4, e ipotizzando la direzione orizzontale del flusso di calore, si usano i valori riportati nella terza colonna, relativi alla voce "orizzontale".

La trasmittanza U è l' inverso della somma delle resistenze R_{tot} data dalla somma resistenza superficiale interna R_{si} , della resistenza dei materiali costituenti la struttura R , e della resistenza superficiale esterna R_{se} .

$$U = 1/R_{tot}$$

La resistenza totale R_{tot} , risulta essere pari a 1,50 m²K/W, e, pertanto, il corrispettivo valore di trasmittanza U dell'involucro opaco è pari a:

$$U = 1/1,50 = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$$

| STRATIGRAFIA (dall'interno verso l'esterno) | CONDUCIBILITÀ λ [W/mK] | SPESSORE d [m] | RESISTENZA R [m ² K/W] |
|--|-----------------------------------|---------------------|--|
| Strato liminare int. (R_{si}) | - | - | 0,13 |
| Intonaco civile e gesso (interno)* | 0,70 | 0,02 | 0,03 |
| Blocchi in cls di pomice | 0,20 | 0,25 | 1,25 |
| Intonaco tipo Li Vigni (esterno) | 0,64 | 0,03 | 0,05 |
| Strato liminare est. (R_{se}) | - | - | 0,04 |
| Resistenza TOT (R_{tot}) | 1,50 m²K/W | | |
| Trasmittanza U | 0,67 W/m²K | | |

Tab. 5.3 - Procedendo dall'interno verso l'esterno, sono riportate la stratigrafia e le caratteristiche termofisiche dei materiali costituenti l'involucro edilizio, necessarie per il calcolo finale della trasmittanza termica U .

Per quanto riguarda il periodo estivo, la normativa vigente in materia di contenimento dei consumi energetici in edilizia prescrive alcune verifiche aggiuntive.

In particolare, il DPR n. 59/09 all'articolo 4, comma 18, prescrive in tutte le zone climatiche - ad esclusione della F - e per le località nelle quali il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione estiva, ($I_{m,s}$), sia maggiore o uguale a 290 W/m^2 , la verifica per le pareti verticali opache (con l'eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest / nord / nord-est), di almeno una delle seguenti condizioni:

1. Che il valore della massa superficiale M_s (definita come la massa per unità di superficie della parete opaca) sia superiore a 230 kg/m^2 ;
2. Che il valore della trasmittanza termica periodica Y_{ie} sia inferiore a $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La città di Palermo, con un valore medio mensile di irradianza sul piano orizzontale $I_{m,s}$, uguale a 323 W/m^2 , ricade tra le zone sottoposte alla suddetta verifica.

Il metodo per il calcolo di tutti i dati richiesti (fattore di attenuazione, sfasamento e trasmittanza termica periodica) è disponibile nella UNI EN ISO 13786: "Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo". Con un apposito foglio di calcolo è possibile mettere in relazione le proprietà fisico-geometriche e termiche dell'involucro opaco, ottenendo i valori indicati, di seguito riportati:

- Massa superficiale $M_s = 255 \text{ kg/m}^2$
- Trasmittanza periodica $Y_{ie} = 1,51 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Fattore di attenuazione $f_a = 2,2$;
- Sfasamento $S = 2,6$ ore.

| CHIUSURE VERTICALI OPACHE - PROPRIETA' TERMICHE | | | | | | | |
|---|------|-------------------------|--------------------------|--|---------------------------------|--|--|
| Stratigrafia (dall'interno verso l'esterno) | | | Spessore (s) [m] | Conduttività termica (λ) [W/mK] | Calore specifico (c) [J/kgK] | Densità (ρ) [kg/m ³] | Resistenza termica [m ² k/w] |
| R _{si} | Aria | Strato laminare interno | | 1 | 3 | 4 | 0,130 |
| 1 | | intonaco | 0,020 | 0,540 | 1000 | 1500 | 0,037 |
| 2 | | blocco pomice | 0,250 | 0,200 | 836 | 840 | 1,250 |
| 5 | | intonaco | 0,030 | 0,540 | 1000 | 1500 | 0,056 |
| R _{se} | Aria | Strato laminare esterno | | | | | 0,040 |
| Spessore totale componente [cm] | | | 30,00 | | | | Resistenza termica totale [m ² k/w] |
| | | | | | | | 1,513 |
| Regime periodico | | | T = 24 ore | | | | |
| Fattore di decremento (attenuazione) | | | fd | [-] | | | 2,20 |
| Ritardo fattore di decremento (sfasamento) | | | ϕ | [h] | | | 2,60 |
| Trasmittanza termica periodica | | | Y_{ie} | [W/m²K] | | | 1,51 |
| Ammettenza termica lato interno | | | Y _{ii} | [W/m ² K] · [h] | | | 2,90 |
| Ammettenza termica lato esterno | | | Y _{ee} | [W/m ² K] · [h] | | | 4,32 |
| Capacità termica periodica lato interno | | | k1 | [kJ/m ² K] | | | 39,65 |
| Capacità termica periodica lato esterno | | | k2 | [kJ/m ² K] | | | 63,54 |
| Trasmittanza termica lineare | | | U | [W/m²K] | | | 0,67 |
| Massa superficiale | | | M_s | [kg/m²] | | | 255 |

Fig. 5.30 - Schermata del foglio di calcolo creato su *Microsoft Excel* per la valutazione delle proprietà termiche, sia stazionarie che dinamiche, dell'involucro opaco.

Sebbene la trasmittanza periodica Y_{ie} sia notevolmente maggiore del limite fissato dalla normativa per il controllo estivo, la verifica risulta comunque soddisfatta grazie alla massa superficiale dell'involucro opaco, pari a 255 kg/m^2 , e quindi superiore al limite di 230 kg/m^2 fissato dalla stessa legge. Tale risultato è garantito grazie alla presenza di un materiale "pesante" quale i blocchetti in calcestruzzo di pomice utilizzati per le chiusure verticali, con un valore di densità pari a 900 kg/m^3 e uno spessore non esiguo, di 25 cm.

Confrontando il risultato ottenuto dall'analisi stratigrafica in termini di trasmittanza termica U , di trasmittanza periodica Y_{ie} , di massa superficiale M_s , di sfasamento S e di attenuazione f_a , con i valori limite assegnati per legge alla zona climatica B, si osserva come le attuali prestazioni termiche dell'involucro edilizio siano, per la maggior parte, obsolete e non conformi alle prescrizioni.

| CARATTERISTICHE TERMICHE DINAMICHE DELLA PARETE OPACA | STATO DI FATTO |
|---|----------------|
| Massa superficiale M_s [kg/m^2] | 255 |
| Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [$\text{W/m}^2\text{K}$] | 1,51 |
| Trasmittanza termica lineare U [$\text{W/m}^2\text{K}$] | 0,67 |
| Fattore di attenuazione f_a | 2,2 |
| Sfasamento S [h] | 2,6 |

Tabella 5.4 - La tabella riporta i valori delle principali caratteristiche termiche dell'involucro opaco, nello stato di fatto.

Sulla base dei valori assunti da tali parametri la normativa definisce anche la seguente classificazione, valida per tutte le destinazioni d'uso, e in funzione dei due importanti indicatori rappresentati dallo sfasamento e dal fattore di attenuazione:

| SFASAMENTO (ore) | ATTENUAZIONE | PRESTAZIONI | QUALITÀ PRESTAZIONALE |
|------------------|------------------------|-------------|-----------------------|
| $S > 12$ | $F_a < 0,15$ | ottime | I |
| $12 \geq S > 10$ | $0,15 \leq F_a < 0,30$ | buone | II |
| $10 \geq S > 8$ | $0,30 \leq F_a < 0,40$ | medie | III |
| $8 \geq S > 6$ | $0,40 \leq F_a < 0,60$ | sufficienti | IV |
| $6 \geq S$ | $0,60 \leq F_a$ | mediocri | V |

Tabella 5.5 - Classificazione delle qualità prestazionali dell'involucro opaco, in riferimento allo sfasamento e all'attenuazione termica.

Nei casi in cui le coppie di parametri caratterizzanti l'edificio non rientrano coerentemente negli intervalli fissati in tabella, per la classificazione prevale il valore dello sfasamento S che indica la classe corrispondente.

In questo caso, registrando lo stato di fatto un fattore di attenuazione di 2,2 e un indice di sfasamento pari a 2,6 ore, si rientra nell'ultima classe, la meno efficiente, caratterizzata da un livello mediocre delle prestazioni.

CHIUSURE TRASPARENTI

I serramenti esterni sono realizzati con tecniche costruttive oggi obsolete: presentano una bassissima classe di prestazione termica, con dispersioni accentuate sia per il tipo di vetro che per la presenza di ponti termici.

Tutti gli infissi rilevati possiedono dispositivo di schermatura solare costituiti da avvolgibili in legno Douglas, ad eccezione degli infissi delle verande, che, oltre a rappresentare una superficie piuttosto ampia, pari a 9 m², sono, tra l'altro, superfici vetrate esposte a sud-ovest e quindi potenziali punti critici per l'intromissione di un'elevata quota di radiazione solare incidente sulla parete, durante la maggior parte delle ore diurne, con picchi in estate. In totale, dei 20,48 m² di superficie vetrata complessiva dell'appartamento, una quantità pari a 16,2 m², è esposta a sud-ovest, di cui il 55% (9 m²) corrisponde ad una parte degli infissi della veranda, come anticipato, sprovvista di avvolgibili e quindi continuamente soggetta alla captazione solare.

La conformazione stessa dell'edificio, privo di aggetti e balconi sul prospetto sud-ovest e la larghezza della via Empedocle Restivo su cui esso è prospiciente, non aiutano in tal senso, facendo sì che la facciata più critica sia completamente esposta all'incidenza dei raggi solari, senza possibilità di ombreggiamento neanche da ingombri esterni. Riguardo alle caratteristiche degli infissi, la classificazione tiene principalmente conto di:

- tipo e le dimensioni del componente;
- tipologia di vetro;
- tipologia di telaio.

Gli infissi rilevati presentano le seguenti caratteristiche: vetro semidoppio con spessore pari a 4 mm e telaio in alluminio non isolato, con cosiddetto profilo "a freddo".

L'alluminio è un materiale dalle ottime caratteristiche di resistenza meccanica e tenuta nel tempo agli agenti atmosferici. Purtroppo, però, il suo valore di conducibilità termica λ è molto elevato, circa 200 W/mK, motivo per cui negli anni si è passati da *profili freddi* ai cosiddetti profili a *taglio termico*, in cui il profilo in alluminio è suddiviso tra interno ed esterno mediante l'interposizione di poliammide, materiale a bassa conducibilità termica, pari a circa 0,3 W/mK. Questo processo ha ridotto notevolmente i valori di trasmittanza termica U_f del telaio in alluminio, passando dai 7 W/m²K a valori prossimi, o addirittura inferiori, a 2,0 W/m²K. Nonostante questi accorgimenti, il valore U_f di un telaio in alluminio, resta comunque relativamente alto rispetto ad altri prodotti, a meno che non si scelgano sezioni importanti (anche se la differenza tra un profilo con sezione da 65 mm e uno da

75 mm dipende quasi esclusivamente dallo spessore della poliammide). Per migliorare ulteriormente le caratteristiche tecniche, si ricorre a barre di materiali isolanti, spesso XPS, che vengono inserite nella cavità creata dal taglio termico.

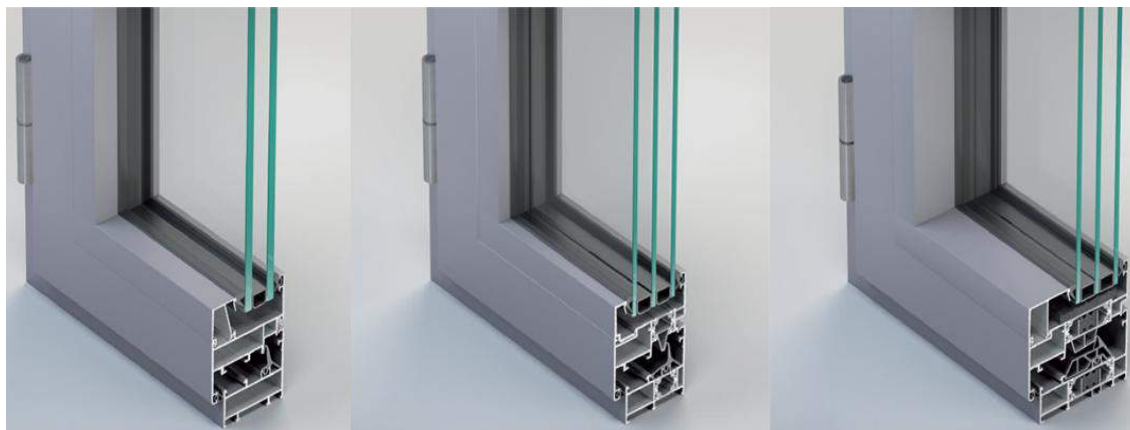
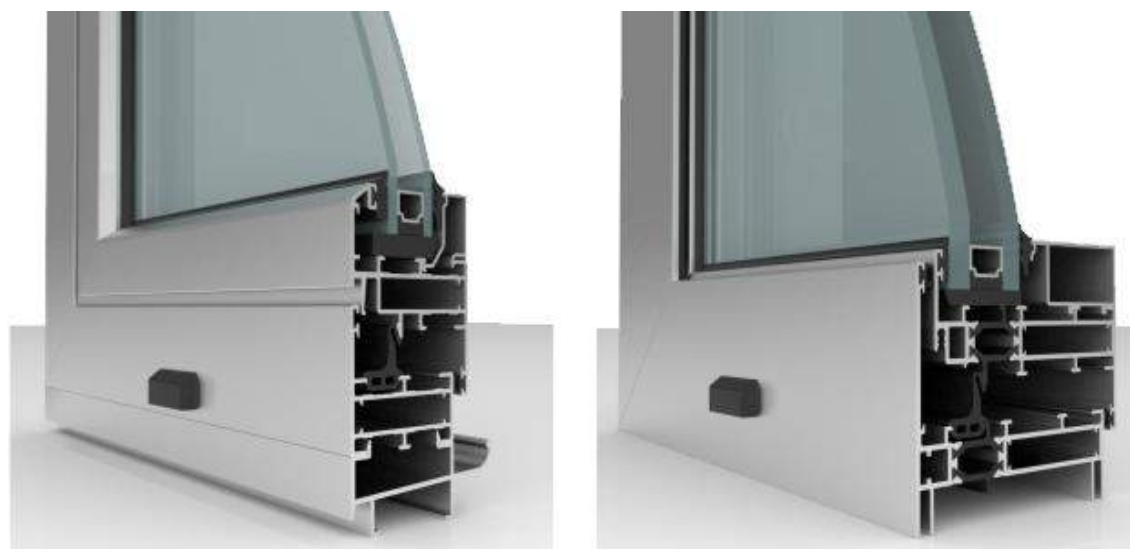


Fig. 5.31 - Infissi in alluminio con diverse caratteristiche del vetro e del telaio: a singola e doppia camera, con o senza cavità con poliammide. © Infobuild.



Figg. 5.32 e 5.33 - Telaio in alluminio rispettivamente con profilo "a freddo" e a taglio termico. © Infobuild.

Per calcolare la trasmittanza termica globale del serramento U_w , occorre considerare la stessa come la media ponderata tra la trasmittanza termica del telaio U_f e la trasmittanza del vetro U_g , aggiungendo il contributo dovuto all'interazione fra i due componenti e alla presenza del distanziatore applicato lungo il perimetro del vetro, contributo quest'ultimo rappresentato dal parametro " ψ_g ".

In genere, la trasmittanza termica U_w di un serramento, può essere determinata sia tramite calcolo che tramite prova sperimentale su un campione fisico.

Ai fini di semplificare la stima dei valori di trasmittanza termica U_w degli infissi esistenti, da inserire nella certificazione del produttore o in alternativa nell'asseverazione del

tecnico, il DLgs 311/2006 rimanda all'Appendice F della norma UNI EN ISO 10077¹⁵, che esprime il calcolo semplificato per la determinazione del valore di U_w in riferimento a tutte le tipologie più comuni di infissi esistenti e dei loro elementi costituenti.

La norma UNI EN ISO 10077-1, inoltre, fornisce metodi di calcolo semplificati di stima delle prestazioni termiche dei telai e valori tabulati della trasmittanza termica delle principali tipologie di vetrazioni.

CALCOLO DELLA TRASMITTANZA TERMICA U_w , SECONDO LA NORMA UNI EN ISO 10077-1

L'Appendice D della norma, riporta i valori di trasmittanza termica da impiegare per determinate tipologie di telaio in alternativa al calcolo numerico svolto in accordo alla parte 2 della norma stessa. Per i telai, si possono distinguere i seguenti valori di riferimento:

- Telai metallici interi/non isolati: $U_f = 7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Telai in legno/PVC: $U_f = 2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Telai in alluminio a taglio termico: U_f compreso tra 2,2 e 3,8 $\text{W/m}^2\text{K}$;

Per le vetrazioni:

- Vetro singolo¹⁶: $U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- Vetrocamera 4-12-4: 2,8 $\text{W/m}^2\text{K}$.

Il calcolo della trasmittanza termica U_w ($\text{W/m}^2\text{K}$) dei componenti vetrati comprensivi dei telai dell'appartamento oggetto di diagnosi, è stato condotto seguendo il metodo di calcolo semplificato della norma UNI EN 10077-1 e attraverso i prospetti riportati nell'Appendice F della norma stessa, in funzione del valore U_g della vetrata, del valore U_f del telaio e della percentuale di area del serramento occupata dalla superficie del telaio.

Occorre, dunque, effettuare i seguenti passaggi per risalire al valore finale di U_w :

- scegliere le caratteristiche termiche del telaio U_f ;
- scegliere le caratteristiche termiche del vetro U_g ;
- incrociare i valori di U_f e U_g nella Tabella 5.6, (con la possibilità di scegliere tra una incidenza della superficie del telaio rispetto all'intera finestra fra il 30% e il 20%), e trovare il valore di trasmittanza globale U_w corrispondente dell'infisso con le caratteristiche scelte.

| Tipo di vetrata | U_g | U_w con area del telaio pari al 20% rispetto all'area dell'intera finestra in rapporto ai differenti valori U_f del telaio | | | | | | | | U_w con area del telaio pari al 30% rispetto all'area dell'intera finestra in rapporto ai differenti valori U_f del telaio | | | | | | | |
|-----------------|-------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 7,0 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,6 | 3,0 | 3,4 | 3,8 | 7,0 |
| Singola | 5,7 | 4,9 | 5,0 | 5,0 | 5,1 | 5,2 | 5,2 | 5,3 | 6,0 | 4,5 | 4,6 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | 5,0 | 5,1 | 6,1 |
| 4-6-4 | 3,3 | 3,2 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,5 | 3,6 | 4,1 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,6 | 4,5 |
| 4-9-4 | 3,1 | 3,0 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,9 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 4,3 |
| 4-12-4 | 2,9 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 3,8 | 2,7 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,2 | 3,4 | 4,2 |

Tab. 5.6 - La tabella riporta i principali valori di U_g (trasmittanza del vetro) e U_f (trasmittanza del telaio) disponibili in commercio, e il corrispondente valore U_w (trasmittanza globale dell'infisso). © UNI EN ISO 10077:2006, Appendice F.

L'appendice F della norma per i profili metallici non a taglio termico, cosiddetti "freddi", indica un valore di trasmittanza U_f pari a $7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Trattandosi di un infisso in metallo intero e vetro singolo, quindi rispettivamente con valori di trasmittanza U_f $7,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ e U_g $5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, incrociando i valori si ottiene il valore di trasmittanza termica globale dell'infisso U_w , pari a $6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Confrontando tale valore con quelli espressi dalla normativa, relativamente alla zona climatica di Palermo, ovvero zona B, si nota subito la differenza che sussiste rispetto al valore limite consentito dalla legge, corrispondente alla metà del valore rilevato.

| Valori limite della trasmittanza termica U [$\text{W/m}^2\text{K}$] delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi | | | |
|--|---------------------|---------------------|---------------------|
| ZONA CLIMATICA | DALL'1 GENNAIO 2006 | DALL'1 GENNAIO 2008 | DALL'1 GENNAIO 2010 |
| A | 5,5 | 5,0 | 4,6 |
| B | 4,0 | 3,6 | 3,0 |
| C | 3,3 | 3,0 | 2,6 |
| D | 3,1 | 2,8 | 2,4 |
| E | 2,8 | 2,4 | 2,2 |
| F | 2,4 | 2,2 | 2,0 |

Tab. 5.7 - Valori limite di trasmittanza termica U_w per le chiusure trasparenti comprensive degli infissi. D.Lgs. 192/2005).

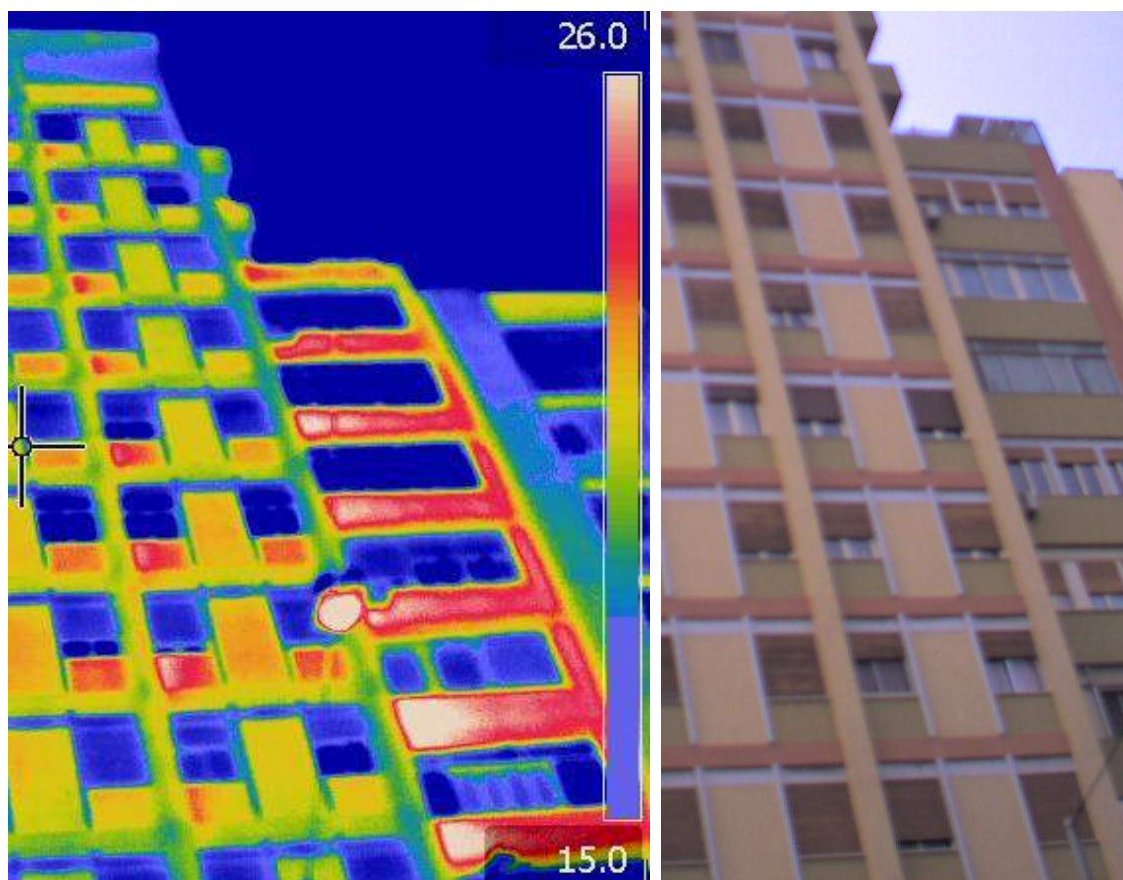
Il rilievo dimensionale degli infissi dell'appartamento, ha riportato un'estensione superficiale totale pari a $20,48 \text{ m}^2$, valore che rappresenta il 20% circa di tutto l'involucro verticale (opaco e trasparente) confinante con l'esterno (pari a 102 m^2).

INDAGINE TERMOGRAFICA

Attraverso l'utilizzo di una termocamera a raggi infrarossi è stato possibile condurre un controllo non distruttivo e non intrusivo sull'edificio e rilevare le temperature dell'immobile e del suo involucro, attraverso la misurazione dell'intensità di radiazione infrarossa emessa dal corpo in esame¹⁷. Tutti gli oggetti ad una temperatura superiore allo zero assoluto emettono radiazioni nel campo dell'infrarosso, si può dunque procedere alla verifica quantitativa del valore di trasmittanza delle pareti in corrispondenza delle zone (ponti termici, umidità, tubazioni) che possano influenzare la misura termoflussimetrica.

Per il presente lavoro si è scelto di utilizzare una termocamera tipo ThermaCam B640 della FLIR System, con risoluzione 640×480 , di proprietà del Dipartimento di Architettura di Palermo, sede della ricerca.

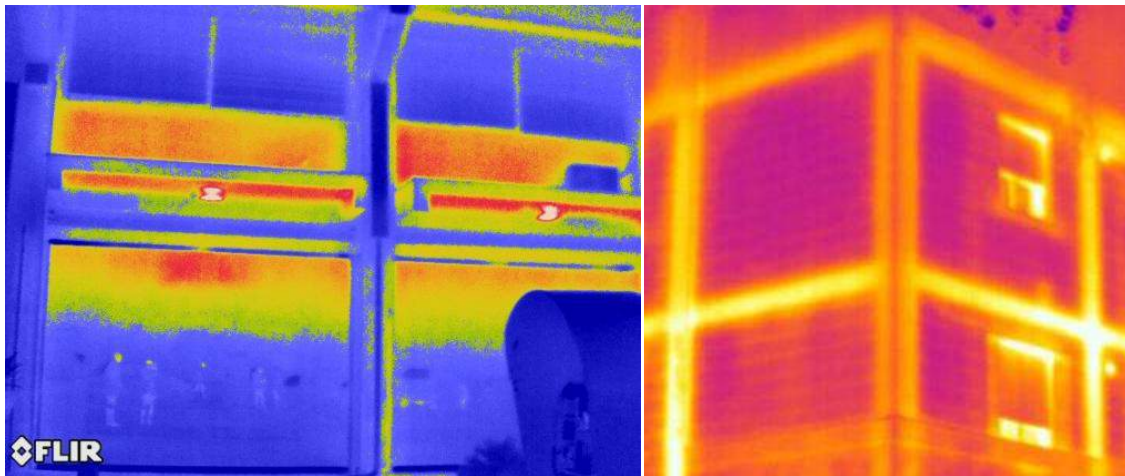
Le prove hanno permesso di valutare la presenza di caratteristiche termiche dell'involucro non omogenee, come in parte visualizzato in Figura 5.34.



Figg. 5.34 - Immagine termografica e digitale acquisite nel mese di Febbraio 2013 mediante ThermoCam FLIR B640.

L'ispezione è stata condotta durante un pomeriggio del mese di Febbraio 2013, in presenza di una differenza di temperatura tra interno ed esterno di circa 10°C (un Δt minimo di 6°C è consigliato per una buona resa termografica). Il fotogramma evidenzia la capacità dell'involucro di rilasciare calore verso l'esterno dell'edificio. È, inoltre, possibile individuare la presenza dei caloriferi posizionati nelle camere da letto, che occupano il prospetto sud-ovest, inquadrato in Figura 5.34.

Dalla lettura del termogramma è possibile notare i punti "caldi" e "freddi" dell'involucro, attraverso una mappatura del colore che permette una misurazione puntuale della temperatura. Ci sono porzioni di superficie dell'involucro edilizio che presentano temperature uguali e/o maggiori di 26°C (in rosso/bianco), e porzioni più fredde, colorate in blu, e quindi corrispondenti ad una temperatura che si aggira ai 15°C . Oltre a dimostrare un riscaldamento non omogeneo dell'abitazione, ciò denota una differenza di conduzione e trasmissione del calore dei materiali e delle strutture costituenti l'involucro stesso. I radiatori, segnalati da una macchia rossa in corrispondenza del riquadro sottostante le finestre delle camere da letto, segnalano anche l'assenza di sistemi per la coibentazione termica, agevolando così il flusso di calore dall'interno verso l'esterno, attraverso la parete verticale opaca.



Figg. 5.35 e 5.36 - Immagini termografiche di alcuni ponti termici significativi dell'involucro edilizio.

Infine, in corrispondenza dei serramenti, ed in particolare degli infissi della veranda, l'ispezione mostra le dispersioni di calore, evidenziate da macchie gialle (quindi più calde rispetto alle zone circostanti) attorno agli infissi.

Dalle immagini prodotte si riscontra la presenza di ponti termici in corrispondenza degli elementi strutturali, così come spesso accade in costruzioni intelaiate di questo tipo, non adeguatamente isolate.

5.3.4 Impianto di illuminazione

L'illuminazione artificiale ha un significativo peso nella richiesta energetica domestica, nonostante non incida in modo prevalente sui consumi di energia elettrica di una famiglia tipo. L'illuminazione degli edifici residenziali costituisce il 15-20% dei consumi elettrici totali: fondamentale è quindi l'utilizzo di tecnologie più efficienti rispetto alle tradizionali lampade ad incandescenza, peraltro fuori commercio.

Presunto che l'appartamento in esame è illuminato mediante lampade ad incandescenza che, in ambito domestico, sono le più diffuse insieme alle lampade alogene, pur essendo state escluse dal mercato europeo a partire dal 2009, con l'emanazione della Direttiva Europea "Eco-Design EUP - Energy Using Products", e dei relativi Regolamenti attuativi.

Le lampade ad incandescenza, rispetto alle altre tipologie di lampade diffuse in commercio, sono caratterizzate da un basso valore di efficienza luminosa (pari a circa 13 lumen/Watt), poiché disperdono una notevole parte (circa l'80%) dell'energia elettrica utilizzata in energia termica. Inoltre, la loro durata di vita media è piuttosto bassa (circa 1000 ore). Di contro, presentavano un ottimo indice di resa cromatica, una tonalità di luce calda e o un costo di acquisto piuttosto basso, ma con un vantaggio solo apparente, vista la maggiore richiesta di energia e la bassa vita media utile.

Per capire quanto possano realmente incidere le strategie di risparmio energetico nel settore abitativo occorre fare una premessa di tipo sociologico per quantificare,

attraverso abitudini e comportamenti, le ore di utilizzo dell'energia elettrica per l'illuminazione. In Italia ci sono poco più di 27 milioni di abitazioni, con una superficie media di 96 mq e 4,20 stanze. Recenti studi dimostrano che gli italiani trascorrono in media 12-15 ore in casa (incluse le ore di sonno) ma i possibili raggruppamenti sono tre: il 51,5% sta in casa tra le 10 e le 15 ore, il 37,1% trascorre tra le mura domestiche 15 ore e più, mentre una permanenza di 8-10 ore al massimo è abitudine dell'11,6%. (censimento ISTAT 2001).

Se si considera che il giorno medio dura 12 ore e che circa 8 delle ore di buio sono utilizzate per dormire, ne viene fuori che, in media, si tengono accese le luci 4 ore al giorno. In realtà, tuttavia, le luci vengono accese molto prima del tramonto, quando la luminosità esterna è inferiore al necessario. Con buona approssimazione si può, dunque, considerare un utilizzo di circa 6 ore al giorno, e 2.190 ore all'anno. (ENEA 2013).

Per stimare l'incidenza dell'illuminazione nel calcolo globale dei carichi termici interni all'abitazione, occorre tenere conto del numero di apparecchi luminosi (lampade) esistenti, e delle ore di funzionamento:

- 15 apparecchi illuminanti;
- potenza di 100 W per ciascun apparecchio ad incandescenza;
- 6 ore di accensione giornaliera.

Considerata la superficie dell'appartamento pari a 170 m², è dunque possibile ricavare il consumo energetico totale annuo dell'impianto illuminante dello stato di fatto:

$$(15 \times 100 \text{ W} \times 6 \text{ h} \times 365 \text{ gg}) / 170 \text{ m}^2 = 19,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Tale risultato rappresenta il contributo energetico necessario ogni anno per mantenere l'illuminazione all'interno dell'abitazione, e che può essere considerevolmente abbattuto mediante gli interventi di sostituzione delle lampade esistenti con sistemi più efficienti (cfr Capitolo 6). Oltre a consumare meno energia per la loro accensione, inoltre, le lampade più efficienti consentono di ridurre i carichi termici estivi, in quanto limitano o addirittura eliminano la quantità di energia termica connessa al loro funzionamento.

5.4 Costruzione del modello di analisi e delle zone termiche in *Ecotect Analysis*

I dati precedentemente rilevati e descritti, sono stati valutati e analizzati anche per mezzo del software di calcolo *Ecotect Analysis* di Autodesk, programma di modellazione che consente di effettuare analisi approfondite sulle prestazioni energetiche e l'integrazione climatica degli edifici, allo scopo di fornire suggerimenti, direzioni e indicazioni utili per lo sviluppo sostenibile del progetto. *Ecotect* dispone di tutti i mezzi necessari per la creazione (o importazione) del modello tridimensionale, per la contestualizzazione geografica e climatica, e per la caratterizzazione tecnologica dell'edificio. Il software è stato usato, ai fini della ricerca, sia in ambito di valutazione delle prestazioni energetiche iniziali (stato di fatto), sia per l'analisi delle prestazioni finali, in seguito al retrofit.

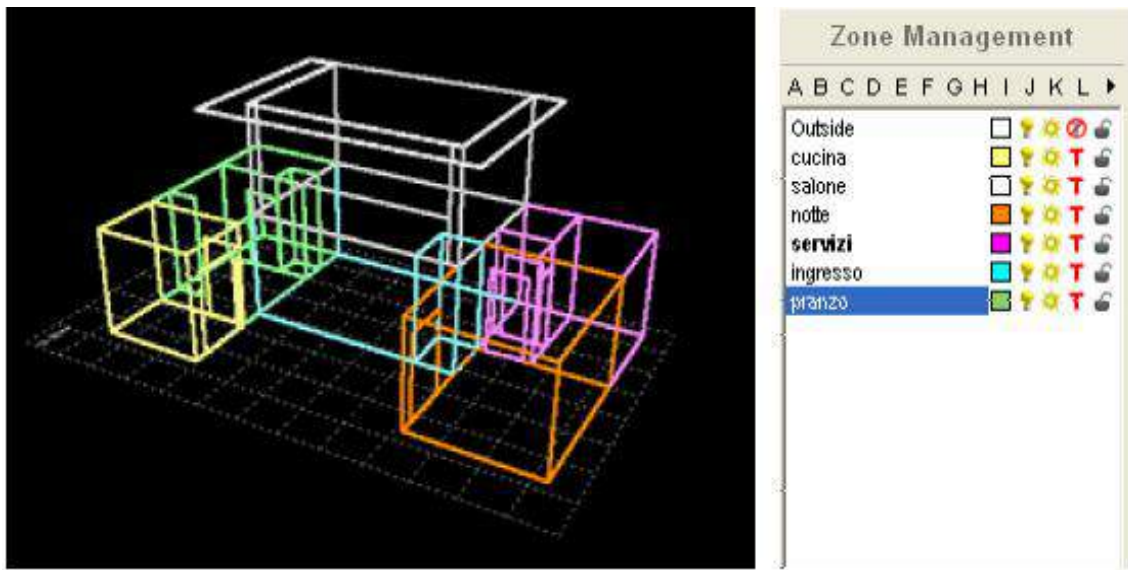


Fig. 5.37 - Interfaccia grafica di *Ecotect Analysis*. Esempio di suddivisione del modello in Zone Termiche.

Ecotect unisce un programma di grafica ad uno di analisi prestazionale e di simulazione (analisi solare, illuminotecnica, termica, acustica, dei costi di costruzione e dell'impatto ambientale).

Il primo passo da compiere per usare gli strumenti di analisi del software *Ecotect*, consiste nel realizzare il modello tridimensionale della struttura che si vuole investigare. Questo importante passo richiede di effettuare alcune scelte riguardanti l'immissione delle geometrie, che dipendono dal tipo di analisi che si vuole eseguire.

La dotazione del programma presenta un modulo di disegno 3d che consente di produrre un modello schematico, necessario per la maggior parte delle *routine* di programma, oppure crearne uno molto più dettagliato, richiesto per particolari tipologie di analisi, come quella termica.

Occorre distinguere le parti dell'edificio in "zone termiche", ovvero uno spazio tridimensionale racchiuso da superfici e ben delimitato, che rappresenta il volume riscaldato. Il solido, in automatico, viene chiuso da un soffitto, muri perimetrali ed un pavimento, stabiliti dall'utente, come si può vedere dalla schermata di Figura 5.37.

Il modello tridimensionale, fondamentalmente costituito da "zone", quindi volumi, può anche essere importato, ad esempio da *Autocad*, per poter essere poi modellato e caratterizzato su *Ecotect*, secondo i requisiti e le proprietà più idonee.

Tra queste, fondamentale è la caratterizzazione geografica, e quindi anche climatica, dell'edificio, mediante i dati climatici di *default* del programma che permettono di definire le condizioni al contorno per le successive operazioni di analisi.

È fondamentale, in fase di elaborazione del modello digitale, distinguere le zone termiche (Figura 5.39), da quei volumi e quelle parti della costruzione che, invece, non costituiscono una zona riscaldata, ma che, ad esempio, sono importanti ai fini del calcolo dell'irraggiamento solare su una determinata superficie dell'edificio.

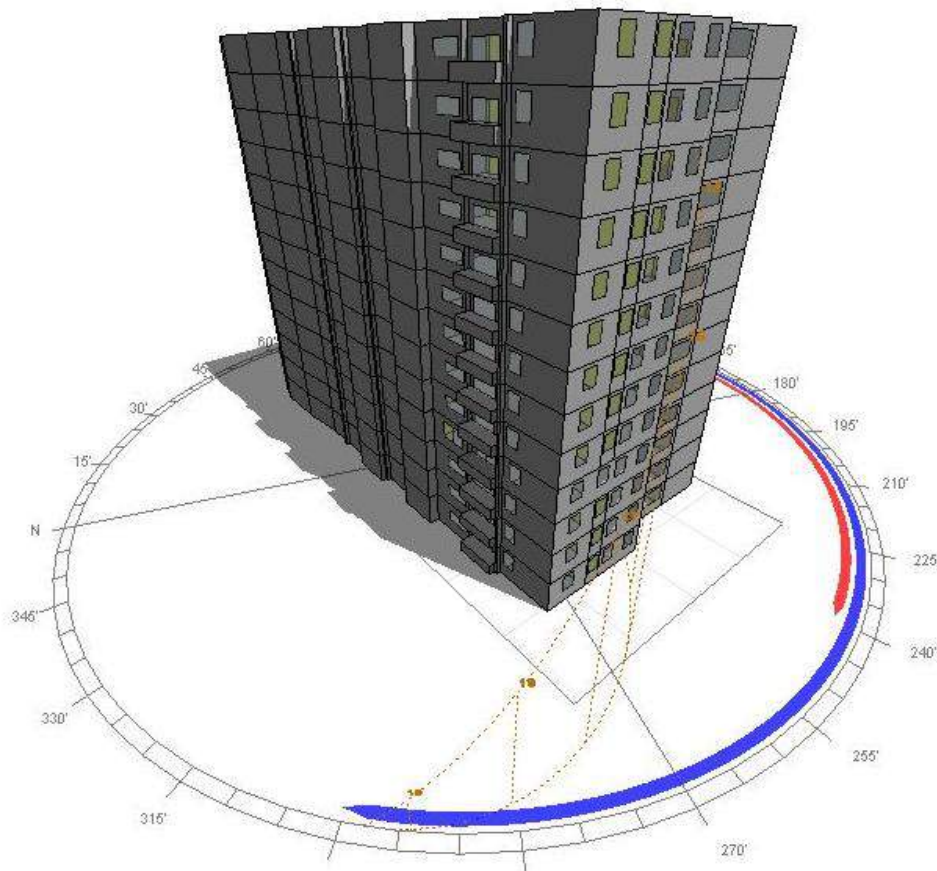


Fig. 5.38 - Modello digitale creato su *Ecotect Analysis*, con l'assegnazione dei materiali, delle caratteristiche dell'involucro edilizio e della posizione geografica di riferimento.

In questo caso, infatti, occorre impostare tali elementi come "zone non termiche", assicurandosi che il programma non calcoli anche la loro risposta termica, in quanto costituiscono soltanto un volume supplementare. È il caso, ad esempio, dei *brise-soleil*, che pur costituendo elementi di fondamentale importanza per la valutazione solare del comportamento dell'involucro, in realtà non devono essere settati come zone termiche, in quanto una tale svista falserebbe l'analisi.

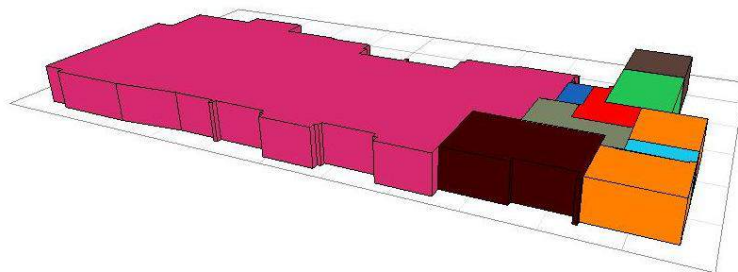


Fig. 5.39 - Immagine del modello digitale creato su *Ecotect Analysis*, con l'assegnazione dei materiali e delle caratteristiche dell'involucro edilizio e la posizione geografica di riferimento.

Per l'analisi dell'appartamento selezionato, è stata individuata un'unica zona termica in prossimità del suo volume, con i relativi ambienti interni, come evidenziato attraverso mappatura di colore in Figura 5.39.

Elaborato così il modello di calcolo con le relative zone termiche, che potrebbero coincidere con le stanze dell'appartamento o, semplicemente, con il volume racchiuso dall'intera unità abitativa, si passa all'elaborazione dei criteri e dei parametri di cui si vuole conoscere la risposta termica ed energetica. È necessario assegnare le caratteristiche tecnologiche: è sufficiente selezionare le superfici che delimitano la zona creata, assegnando un materiale opportuno e le relative proprietà.

I materiali, le sezioni, le stratigrafie sono contenuti in una libreria di materiali e componenti, catalogati per tipologia di elemento, con l'opportunità di aggiungerne o crearne di nuovi, e/o modificarne i parametri, in modo da avvicinare il modello alla realtà.

Ad ogni superficie può, inoltre, essere aggiunto un elemento interno o "*child object*" che consente di simulare la presenza di una porta, di una finestra, ecc.

Anche i serramenti sono presenti all'interno della libreria componenti, in modo tale da poter impostarne i parametri rilevanti ai fini del calcolo: materiale e tipologia di telaio, proprietà della vetrazione, spessore e riempimento della camera, eventuale presenza della pellicola bassoemissiva, gradazione di colore, emissività, ecc.

Per ogni materiale o componente, il software permette di calcolare direttamente la trasmittanza, la densità, il peso specifico, la massa superficiale, e gli altri parametri fondamentali per la valutazione energetica.

In questo caso, il software è stato usato principalmente per calcolare la percentuale di irraggiamento solare sulle superfici più esposte dell'involucro edilizio, e i carichi termici, derivanti dagli scambi di energia che entrano in gioco e di cui *Ecotect* tiene conto.

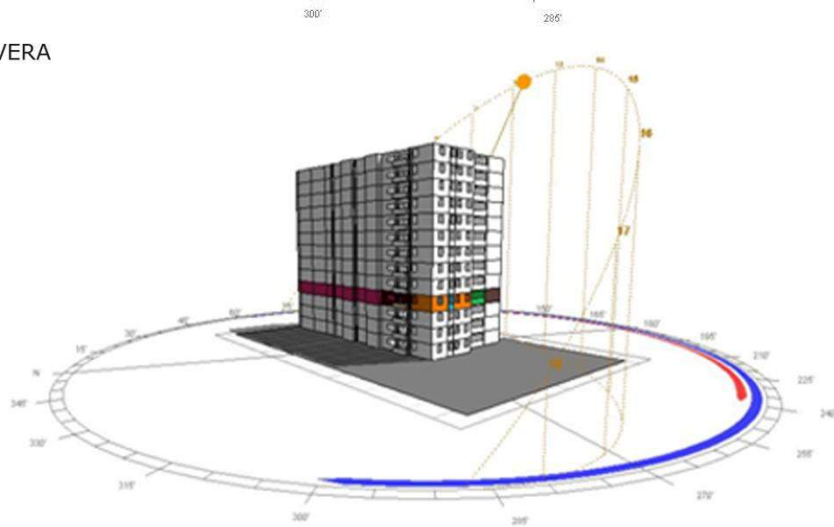
5.5 Valutazione dei fabbisogni energetici

5.5.1 Analisi solare

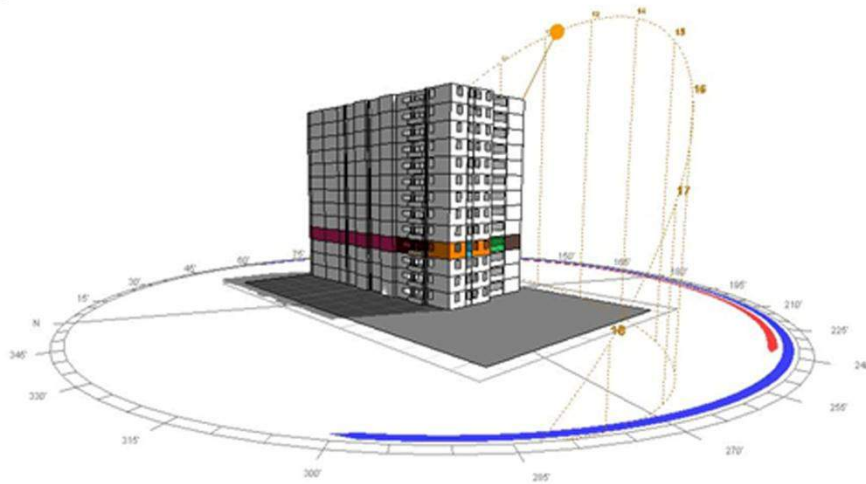
Attraverso il software di calcolo *Ecotect Analysis*, è possibile effettuare un'analisi solare dettagliata, per indagare la percentuale di radiazione solare incidente su una superficie, suddividendola in quantità assorbita dal materiale intercettato, riflessa o intronessa all'interno dei locali. Tale analisi dipende dalla conformazione dell'involucro e dai parametri termici che ne determinano la risposta alle sollecitazioni climatiche esterne: trasmittanza termica, sfasamento (in ore) dell'onda termica, spessore dell'involucro, giacitura del piano colpito dalla radiazione incidente, ora del giorno, stagione e mese dell'anno, contesto climatico, presenza di eventuali ingombri davanti l'edificio, ecc.

L'analisi solare permette, inoltre, di verificare le condizioni di ombreggiamento, non solo da parte di corpi esterni, ma anche proiettate dall'edificio stesso sulla strada o le costruzioni adiacenti. Dallo schema delle Figure 5.40 - 5.42, si può osservare la diversa condizione delle ombre portate, a seconda del periodo dell'anno selezionato.

PRIMAVERA



ESTATE



INVERNO

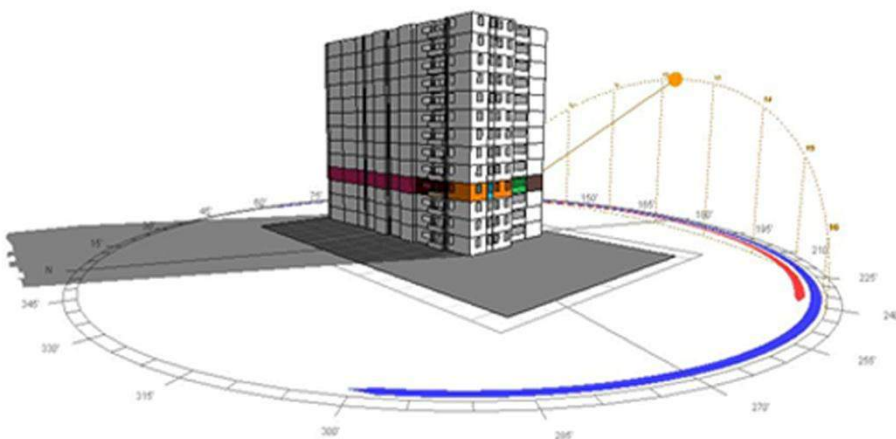


Fig. 5.40, 5.41 e 5.42 - Diagramma del *Sun Path* (percorso solare) estratto da *Ecotect Analysis*. Nei tre casi, si nota la differenza delle ombre proiettate e dell'inclinazione dei raggi solari, a seconda del periodo dell'anno, a parità di orario: raggi quasi verticali in primavera e soprattutto in estate, e raggi molto inclinati in inverno.

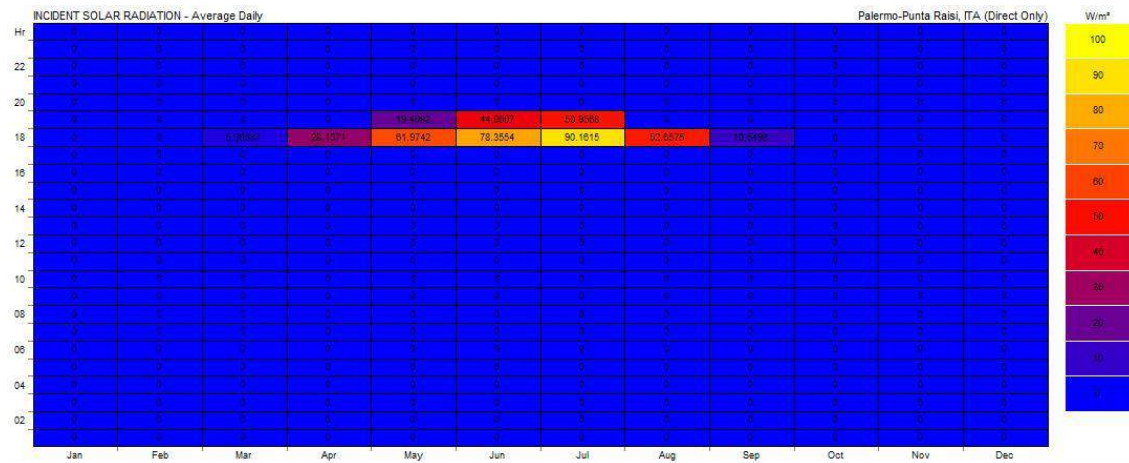


Fig. 5.43 - Quantità di radiazione solare incidente sulla parete esterna dell'appartamento esposta a nord-ovest.

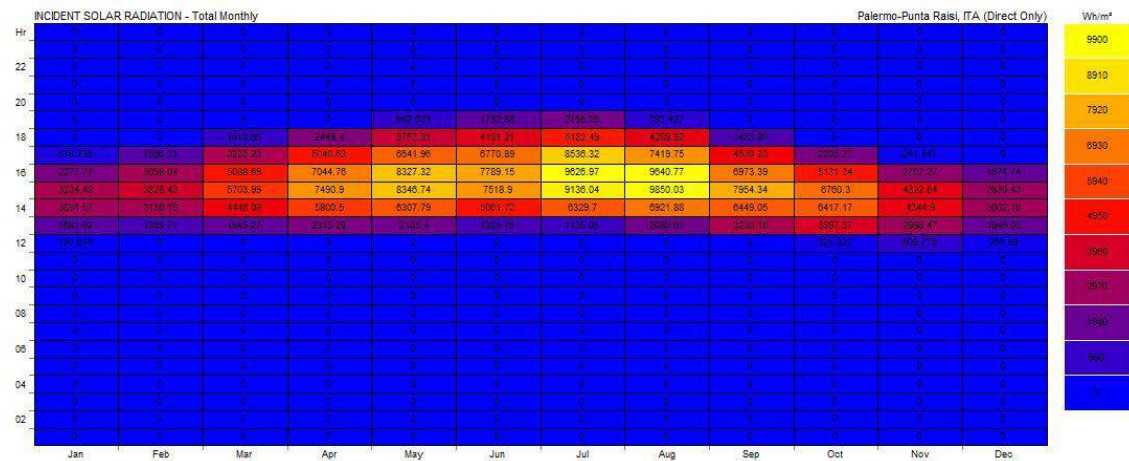


Fig. 5.44 - Radiazione solare incidente sulla parete esposta a sud-ovest, comprensiva della veranda.

5.5.2 Analisi termica

Per risalire al "Fabbisogno di Energia Primaria" dell'edificio, è necessario conoscere le temperature interne, per ogni mese dell'anno, rispetto alle condizioni climatiche esterne.

Il software di calcolo *Ecotect Analysis* permette di risalire alla quantificazione dei fabbisogni termici dell'ambiente interno, una volta impostate tutte le caratteristiche al contorno e relative ai parametri tecnologici e termici.

In particolare, l'analisi termica condotta mediante il software, permette di verificare l'andamento della temperatura all'interno del locale determinato, lungo il corso della giornata, confrontandone i risultati con la temperatura dell'ambiente esterno (Figura 5.45 e 5.46).

È necessario selezionare la zona di cui si vuole conoscere la temperatura interna, corrispondente all'appartamento, impostare i dati relativi al mese e all'ora di calcolo, ed avviare, infine, l'analisi del programma. Il calcolo processerà tutti i dati suddetti, restituendo come *output* un grafico e una tabella, contenente i risultati numerici.

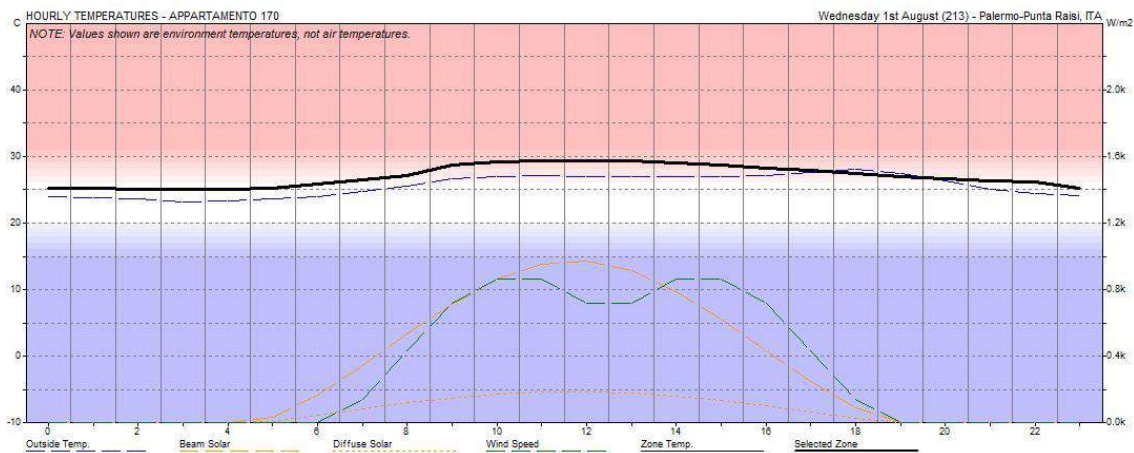


Fig. 5.45 - Andamento della temperatura media interna dell'appartamento in una giornata estiva

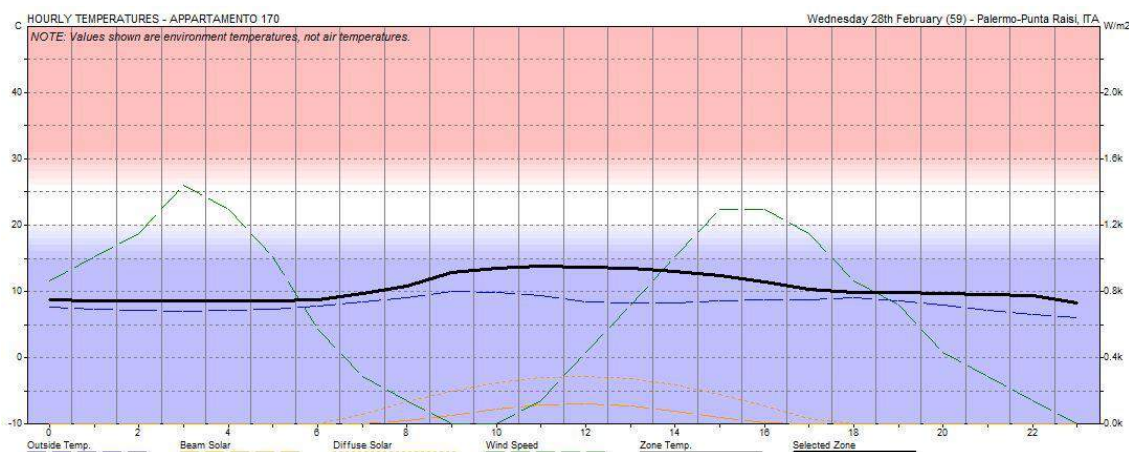


Fig. 5.46 - Andamento della temperatura media interna dell'appartamento in una giornata invernale.

Impostando il programma di calcolo, ad esempio, secondo uno dei giorni più caldi dell'anno (1 Agosto), si rileva l'andamento della temperatura interna T_a , mostrato in Figura 5.45 e in Figura. 5.46.

Risulta evidente come la linea corrispondente alla zona selezionata, in nero, mantiene per quasi 24 ore una temperatura superiore a quella esterna. Se si pensa che quest'ultima è già superiore alla soglia di *comfort* (20-26 °C), ci si rende conto della scarsissima tenuta e prestazione energetica dell'involucro, che consente uno scambio di calore notevole con l'ambiente esterno. Come conseguenza, un così alto valore della temperatura interna, che tocca i 30 °C nelle ore pomeridiane, anche a parità di umidità relativa, diminuisce il benessere termo-igrometrico interno, richiedendo un frequente ricorso ai sistemi attivi di raffrescamento per poter rientrare nei livelli di *comfort* desiderati.

In inverno, invece, la temperatura media interna dell'appartamento si mantiene al di sotto, in certe ore del giorno, di quella esterna, e, in ogni caso, inferiore ai 21 °C, temperatura convenzionale di *comfort* (Figura. 5.46). La temperatura dell'appartamento

(linea nera), non incontra mai la zona in bianco del grafico, relativa alla fascia di *comfort* termico interno.

Ciò dimostra la dispersione di calore che avviene, in grande quantità, tra l'ambiente interno e quello esterno, provocando flussi energetici notevoli, che necessitano di essere bilanciati da un'adeguata fornitura di energia per riscaldamento.

La scarsa qualità prestazionale dei serramenti e la mancanza di un adeguato sistema di coibentazione dell'involucro opaco sono i principali responsabili di tali dispersioni.

Inoltre, è possibile quantificare l'ammontare della quantità di energia termica dispersa in inverno e introdotta in estate attraverso l'involucro: se in estate i guadagni termici e solari che attraversano l'involucro edilizio costituiscono la causa principale degli apporti di calore all'interno dell'appartamento (e, in particolare, degli ambienti esposti a sud-ovest), invece in inverno la quantità principale di calore sottratta all'ambiente interno, disperde a causa della presenza di infiltrazioni di aria fredda proveniente dall'esterno.

Il software ci permette anche di verificare, mediante l'analisi termica, che, in inverno, le dispersioni di calore attraverso l'involucro edilizio rappresentano il 40% delle dispersioni totali. La restante parte è, invece, dovuta alle infiltrazioni e alle correnti di aria fredda in prossimità dei ponti termici e degli infissi a bassa tenuta, principali responsabili dei flussi termici diretti verso l'esterno.

CALCOLO DEI CONSUMI ENERGETICI TOTALI DELL'APPARTAMENTO

Il D. Lgs. 192/2005 stabilisce gli indici di prestazione energetica e il loro calcolo analitico. L'indice di prestazione energetica EP esprime il consumo di energia primaria totale riferito all'unità di superficie utile¹⁸ o di volume lordo, espresso in kWh/m² anno o kWh/m³ anno rispettivamente se riferito ad edifici destinati a residenza o ad uffici.

L'indice di prestazione energetica totale EP, può essere scomposto negli indici di prestazione energetica parziali, che esprimono il consumo di energia primaria parziale per ogni singolo uso energetico, riferito all'unità di superficie utile nel caso di residenza. In particolare, per soddisfare i bisogni connessi all'uso standard dell'edificio, si distinguono: la climatizzazione invernale ed estiva, la produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e l'illuminazione.

Per cui l'indice di prestazione energetica EP totale è dato dalla somma dei suoi contributi parziali:

$$EP_{tot} = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill}$$

in cui:

EP_i = indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;

EP_e = indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;

EP_{acs} = indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS);

EP_{iii} = indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

1. INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Rappresenta la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, in regime di attivazione continuo. Calcolato secondo le modalità specificate dalle Normative di riferimento, rappresenta l'energia necessaria a sopperire alle dispersioni dell'involucro edilizio.

Per gli edifici residenziali, appartenenti alla classe E1, come l'edificio oggetto d'esame, il Decreto prescrive i seguenti limiti per il valore di EP_i , in funzione alla zona climatica, al parametro Gradi Giorno (GG), e al fattore di forma S/V, così come indicato nella seguente Tabella:

| Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale [kWh/m ² anno] | | | | | | | | | | |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Rapporto di forma dell'edificio S/V | A | B | | C | | D | | E | | F |
| | fino a 600 GG | fino a 601 GG | fino a 900 GG | fino a 901 GG | fino a 1400 GG | fino a 1401 GG | fino a 2100 GG | fino a 2101 GG | fino a 3000 GG | Oltre 3000 GG |
| ≤ 0,2 | 8,5 | 8,5 | 12,8 | 12,8 | 21,3 | 21,3 | 34 | 34 | 46,8 | 46,8 |
| ≥ 0,9 | 36 | 36 | 48 | 48 | 68 | 68 | 88 | 88 | 116 | 116 |

Tab. 5.8 - Valori limite dell'indice di prestazione energetica invernale EP_i contenuti nel D. Lgs. 311/2006 e applicabili dal 1 Gennaio 2010.

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 – 0,9 e, analogamente, per gradi giorno (GG) intermedi ai limiti delle zone climatiche riportati in tabella si procede mediante interpolazione lineare. Palermo ha un valore di Gradi Giorno pari a 751 e appartiene alla zona climatica B.

Un importante dato, necessario al calcolo del valore limite, riguarda la forma dell'edificio, la cui informazione deriva da un particolare indice dato dal rapporto tra la sua superficie disperdente verso l'esterno - o verso locali non riscaldati (ad esempio il corpo scala) - indicata con "S", e il volume lordo riscaldato "V".

L'appartamento ha una superficie disperdente S pari a 102,15 m², costituita da tutte le pareti perimetrali, sia opache che trasparenti, che delimitano i locali interni verso l'esterno, o verso il corpo scala:

$$S = 102,15 \text{ m}^2$$

Il volume riscaldato V , è dato dalla somma di tutti i locali interni riscaldati, che ricoprono una superficie pari a 170 m^2 , con un'altezza dell'interpiano di 3 m . Si ottiene il seguente volume:

$$V = 170 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 510 \text{ m}^3$$

Il rapporto S/V , chiamato anche "*Fattore di Forma*" dell'edificio, risulta dunque pari a:

$$S/V = 102,1/510 = 0,2$$

Incrociando i risultati così ottenuti nella Tabella 5.8, risulta un valore limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale uguale a $12,8 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$.

$$EP_{i,\text{limite}} = 12,8 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Per verificare il rispetto della normativa, occorre quindi calcolare l'indice EP_i dell'appartamento e confrontarlo con tale soglia limite.

EP_i è funzione del fabbisogno energetico annuo per la climatizzazione invernale, secondo la seguente formula:

$$EP_i = Q_H / \eta_{gH}$$

In cui η_{gH} è il *rendimento globale medio stagionale dell'impianto*, ossia il rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento.

Q_H , invece, rappresenta il *Fabbisogno utile di energia termica per il riscaldamento*, che tiene conto, in particolar modo, delle prestazioni dell'involucro edilizio, come conseguenza diretta delle dispersioni termiche dell'edificio per distribuzione e ventilazione, e dell'energia che, di conseguenza, è necessaria per mantenere una temperatura interna pari ai livelli di comfort desiderati, recuperando il calore disperso.

Per calcolare il fabbisogno di energia termica globale, occorre effettuare un bilancio termico dell'edificio, per ciascun mese del periodo di climatizzazione. Tale bilancio dipende dai flussi termici in ingresso e in uscita dal sistema. In uscita vi è il calore disperso attraverso l'involucro $Q_{H,tr}$ (sia opaco che finestrato), il calore necessario a riscaldare l'aria di rinnovo degli ambienti (calore di ventilazione) $Q_{H,ve}$, mentre in ingresso vi è il calore dovuto ai cosiddetti carichi o apporti interni, prodotto dalla presenza di persone, macchinari e luci, Q_{int} , e dagli apporti solari, Q_{sol} . Nella stagione invernale, dunque, si verifica che:

$$Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - \eta(Q_{int} + Q_{sol}) > 0$$

Dove " η " rappresenta un fattore di riduzione, detto fattore di utilizzazione degli apporti termici, che dipende dalle caratteristiche dell'edificio e tiene conto della non contemporaneità degli apporti gratuiti.

Per calcolare, dunque, il fabbisogno termico stagionale Q_H è necessario bilanciare i termini energetici, attraverso la seguente:

$$Q_H = Q_{H,tr} + Q_{H,ve} - \eta(Q_{int} + Q_{sol})$$

Il fabbisogno termico sarà tanto più piccolo quanto ridotte saranno le dispersioni verso l'esterno, e quanto maggiori saranno gli apporti gratuiti (carichi interni e guadagni solari).

Un importante strategia per ridurre il fabbisogno termico è rappresentata dalla riduzione delle dispersioni attraverso l'involucro edilizio, cercando di correggerne le caratteristiche che determinano consumi energetici eccessivi. La dispersione attraverso l'involucro avviene attraverso i componenti opachi, i serramenti e i ponti termici. Nei primi due casi, l'energia termica che, nell'unità di tempo, attraversa i componenti è data dalla relazione:

$$Q = U \times A (T_i - T_e)$$

in cui:

- U è la trasmittanza del componente, espressa in W/m^2K ;
- A è l'area della parete, espressa in m^2 ;
- T_i e T_e sono rispettivamente la temperatura interna ed esterna.

Dalla precedente equazione si evince che, dati una determinata superficie disperdente A e un intervallo fissato di temperature ΔT , la potenza termica trasmessa attraverso il componente dipende dalla trasmittanza U . Ai fini della riduzione del fabbisogno termico invernale e, conseguentemente, dei consumi, è necessario, che i valori di trasmittanza siano il più possibile contenuti.

2. INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

L'indice EP_e rappresenta la quantità di energia primaria per il raffrescamento dei locali interni, durante i mesi estivi.

In regime estivo, la norma tecnica di riferimento è la UNI TS 11300-3 "*Prestazioni energetiche degli edifici - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva*".

Se per ciascuna categoria di edifici la legge prescrive il rispetto dell' EP_i limite invernale, per la climatizzazione estiva non è previsto alcun valore limite, se non la verifica qualitativa delle caratteristiche termiche ed energetiche dell'involucro, come stabilito dal DPR 59/2009 e s.m.i. Si tratta della valutazione di quei parametri termici che, in regime estivo, sono fondamentali per una buona prestazione dell'involucro edilizio, quali

sfasamento, attenuazione, trasmittanza termica lineare U e periodica Y_{ie} e massa superficiale dell'involucro. Ciascuno di questi parametri è infatti soggetto a particolari restrizioni a cui ogni componente edilizio deve adeguarsi per poter rientrare nei limiti imposti dal predetto Decreto (cfr Capitolo 2).

La Tabella 5.9 riporta i parametri necessari ai fini della verifica che sono stati ricavati a seguito dell'*audit* energetico condotto sull'involucro edilizio:

| CARATTERISTICHE TERMICHE DINAMICHE DELLA PARETE OPACA | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO |
|--|-----------------|----------------|
| Massa superficiale M_s [kg/m ²] | 230 | 255 |
| Trasmittanza termica periodica Y_{ie} [W/m ² K] | 0,12 | 1,51 |
| Trasmittanza termica lineare U [W/m ² K] | 0,48 | 0,67 |
| Fattore di attenuazione f_d | <0,15 | 2,2 |
| Sfasamento S [h] | >12 | 2,6 |

Tab. 5.9 - Confronto tra i requisiti di prestazione energetica minimi richiesti dalla legge per la verifica in regime estivo dell'involucro edilizio, e quelli ricavati in sede di diagnosi dello stato di fatto.

Si osserva che l'involucro risponde piuttosto bene al controllo della massa superficiale con un parametro pari a 255 kg/m² superiore al valore minimo pari a 230 kg/m², grazie alla presenza di un materiale costitutivo della stratigrafia, i blocchetti in cemento pomice, che ha una buona densità e quindi si presta bene a soddisfare il requisito richiesto.

Nonostante ciò, gli altri parametri non risultano mai soddisfatti dalle condizioni attuali dell'involucro: la trasmittanza termica U ha un valore di 0,67 W/m²K, che influenza radicalmente il comportamento energetico e termico globale degli ambienti confinati rispetto alla situazione ipotizzabile nel caso di un valore pari o inferiore a quello di 0,48 W/m²K, previsto per legge.

Allo stesso modo, anche gli altri parametri si discostano notevolmente dalle soglie limite consentite, anticipando il risultato mediocre della prestazione finale dell'edificio.

Secondo la normativa, la determinazione della prestazione energetica estiva dell'involucro edilizio è facoltativa nella certificazione di singole unità immobiliari ad uso residenziale di superficie utile inferiore o uguale a 200 m², per le quali il calcolo dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale avvenga con il metodo semplificato previsto dalla norma.

In assenza della predetta valutazione, all'edificio viene attribuita una qualità prestazionale energetica estiva dell'involucro edilizio corrispondente al livello "V", così come prescritto all'Allegato 4 del D.M. 26/06/2009¹⁹.

3. INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA PRODUZIONE DI ACS

L'indice EP_{ACS} tiene conto della quantità di energia primaria necessaria per il riscaldamento dell'acqua sanitaria, determinata in base alla superficie dell'unità immobiliare, alla destinazione d'uso, al numero di persone, alla quantità di acqua consumata procapite giornaliera, ecc.

Per il calcolo del fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, la normativa rimanda alla metodologia indicata nella norma UNI TS 11300 - Parte 2: *"Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria"*.

4. INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER L'ILLUMINAZIONE ARTIFICIALE

Rappresenta la quantità di energia primaria necessaria per l'accensione degli apparecchi di illuminazione all'interno dell'edificio. Il suo contributo dipende dall'efficienza luminosa delle lampade, dal loro numero e dalle ore di accensione stimate nell'arco di un anno.

All'interno dell'appartamento, sono stati ipotizzati 15 apparecchi illuminanti costituiti da lampade ad incandescenza, pertanto l'indice di prestazione energetica EP_{iii} per l'illuminazione è calcolato in funzione all'efficienza luminosa delle lampade ad incandescenza, e alla loro potenza (cfr Par. 5.3.4).

Come visto in fase di calcolo dei consumi per l'illuminazione artificiale, si ottiene:

$$EP_{iii} = (15 \times 100 \text{ W} \times 6 \text{ h} \times 365 \text{ gg}) / 170 \text{ m}^2 = 19,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Valore che rappresenta l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale dell'appartamento.

Infine, il calcolo introdotto dal D. Lgs. 192/2005, comprende anche l'eventuale contributo proveniente da fonti rinnovabili di energia. La quantità di energia elettrica (rinnovabile) prodotta da eventuali pannelli fotovoltaici, può infatti essere sottratta al fabbisogno elettrico dell'edificio.

Nel caso di utilizzo simultaneo dei pannelli fotovoltaici e sistemi alimentati con energia elettrica, per la valutazione finale si procede alla sottrazione dell'energia elettrica da rinnovabile, dapprima dall'energia netta per il riscaldamento, poi da quella per l'acqua calda sanitaria e infine da quella necessaria per soddisfare altri carichi elettrici. La norma da consultare in materia di fonti energetiche rinnovabili è la UNI TS 11300 - Parte 4: *"Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria"*.

INDICE TOTALE DI PRESTAZIONE ENERGETICA EP

Per risalire ai suddetti indici parziali di energia primaria e quello totale, possono essere usate diverse metodologie, differenti per utilizzo e complessità, oltre ad alcuni metodi semplificati, prescritti dalle normative.

Sono pertanto considerati due diversi metodi:

1. "*Metodo calcolato di progetto o di calcolo standardizzato*", che prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso del progetto energetico dell'edificio come costruito e dei sistemi impiantistici a servizio dell'edificio come realizzati. Questo metodo è di riferimento per gli edifici di nuova costruzione e per quelli completamente ristrutturati di cui all'articolo 3, comma 2, lettera a, del Decreto Legislativo 192/2005.

2. "*Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio*", che prevede la valutazione della prestazione energetica a partire dai dati di ingresso ricavati da indagini svolte direttamente sull'edificio esistente. In questo caso le modalità di approccio possono essere:

- Mediante procedure di rilievo, anche strumentali, sull'edificio e/o sui dispositivi impiantistici effettuate secondo le normative tecniche di riferimento, previste dagli organismi normativi nazionali, europei e internazionali, o, in mancanza di tali norme, dalla letteratura tecnico-scientifica, così come da diagnosi energetica;
- Per analogia costruttiva con altri edifici e sistemi impiantistici coevi, integrata da banche dati o abachi nazionali, regionali o locali. Per il calcolo degli indici di prestazione energetica dell'edificio per la climatizzazione invernale (EP_i) e per la produzione dell'acqua calda sanitaria (EP_{acs}), la norma consente di fare riferimento ai metodi di calcolo predisposti da CNR ed ENEA, sulla base della normativa UNI e CEN, come ad esempio il software applicativo "DOCET" diffuso dal CNR e dall'ENEA, e certificato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI). Questa procedura è applicabile agli edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a 3.000 m².
- Sulla base dei principali dati climatici, tipologici, geometrici ed impiantistici. Questo sistema prescrive per il calcolo dell'indice di prestazione energetica dell'edificio per la climatizzazione invernale il metodo semplificato, mentre per il calcolo dell'indice energetico per la produzione dell'acqua calda sanitaria si fa riferimento alle norme UNI TS 11300 per la parte semplificata relativa agli edifici esistenti. Questa procedura è applicabile agli edifici residenziali esistenti con superficie utile fino a 1.000 m².

Per l'appartamento in esame è stato preso come riferimento il secondo metodo di calcolo degli indici di prestazione energetica, che segue la metodologia prevista dalle norme tecniche di riferimento, associato ai calcoli ottenuti per mezzo delle simulazioni termiche del software *Ecotect Analysis*.

| | “Metodo di calcolo di progetto” (paragrafo 5.1) | “Metodo di calcolo da rilievo sull’edificio” (paragrafo 5.2 punto 1) | “Metodo di calcolo da rilievo sull’edificio” (paragrafo 5.2 punto 2) | “Metodo di calcolo da rilievo sull’edificio” (paragrafo 5.2 punto 3) |
|--|--|---|--|--|
| Edifici interessati | Tutte le tipologie di edifici nuovi ed esistenti | Tutte le tipologie di edifici esistenti | Edifici residenziali esistenti con superficie utile inferiore o uguale a 3000 m ² | Edifici residenziali esistenti con superficie utile inferiore o uguale a 1000 m ² |
| Prestazione invernale involucro edilizio | Norme UNI/TS 11300 | Norme UNI/TS 11300 | DOCET (CNR-ENEA) | Metodo semplificato (Allegato 2) |
| Energia primaria prestazione invernale | Norme UNI/TS 11300 | Norme UNI/TS 11300 | DOCET (CNR-ENEA) | Metodo semplificato (Allegato 2) |
| Energia primaria prestazione acqua calda sanitaria | Norme UNI/TS 11300 | Norme UNI/TS 11300 | DOCET (CNR-ENEA) | Norme UNI/TS 11300 (esistenti) |
| Prestazione estiva involucro edilizio | Norme UNI/TS 11300 | Norme UNI/TS 11300 | DOCET (CNR-ENEA) | Norme UNI/TS 11300 o DOCET o metodologia paragrafo 6.2 |

Tab. 5.10 - Tabella riepilogativa delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche in relazione agli edifici interessati e ai servizi energetici, così come prescritto dalle normative vigenti ai fini della certificazione energetica. © Casaclima

Per trovare il parametro EP, indice di prestazione totale dell'appartamento, occorre conoscere il fabbisogno energetico globale, calcolabile mediante l'analisi termica effettuata da *Ecotect Analysis*.

Una volta attribuiti al modello digitale tutti i parametri che ne determinano le caratteristiche termiche ed energetiche, ed impostate le condizioni al contorno, è possibile avviare l'analisi dell'appartamento.

L'*output* che ne deriva è un foglio di calcolo che permette di visualizzare le informazioni richieste, tra cui il fabbisogno energetico totale, pari a **121,5 kWh/m² anno**.

Ipotizzando un valore del *Rendimento Globale Medio Stagionale* $\eta_g = 0,90$, cioè un rendimento del 90%, è possibile ricavare il seguente valore di Energia Primaria totale annua EP:

$$EP = 121,5/0,90 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} = 135 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Di cui si calcolano i relativi indici di prestazione parziale, legati, rispettivamente, al riscaldamento invernale, al fabbisogno di raffrescamento estivo, alla produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e all'illuminazione artificiale dell'appartamento, secondo la seguente formula:

$$EP = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill}$$

| PRESTAZIONI INERGETICHE PARZIALI | VALORE ESPRESSO IN kWh/m ² anno |
|--|---|
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP _i | 31 |
| EP _{i,limite} | 12,8 |
| Indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo EP _e | 55,5 |
| Indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria EP _{acs} | 29,2 |
| Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale EP _{ill} | 19,3 |

Tab. 5.11 - Dati relativi alle prestazioni energetiche parziali dell'appartamento, espressi in kWh/m² anno.

Da un confronto tra l'indice EP_i di 31 kWh/m² anno e il valore limite assegnato per legge e ricavato dalla Tabella 5.8, pari a 12,8 kWh/m² anno, si nota come l'edificio sia lontano dalle prescrizioni ammesse dalla normativa.

Dalla somma degli indici relativi alla climatizzazione invernale, EP_i, e al riscaldamento dell'acqua sanitaria, EP_{acs}, si ricava l'indice di prestazione globale invernale, EP_{gl}:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acsb} = (31 + 29,2) \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} = 60,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

CLASSI ENERGETICHE DI RIFERIMENTO

Per indicare la classe energetica complessiva dell'edificio, si fa riferimento alla rappresentazione dell'istogramma a barre colorate che indica i relativi intervalli dei consumi energetici. Inoltre, la legge di riferimento prescrive tre diverse classificazioni energetiche, ciascuna riferita ad un indice di prestazione: EP_{gl}; EP_{acs}; EP_i.

Dove EP_{gl} è l'indice di prestazione energetica "globale", dato dalla somma degli altri due parametri EP_{acs} e EP_i.

Ciascuna delle tre classificazioni prevede *range* di valori compresi in un intervallo strettamente connesso all'indice di prestazione limite per il riscaldamento dell'edificio EP_{i,limite}. La procedura di calcolo così come indicata nelle regole applicative prevede di calcolare il valore della prestazione energetica globale dell'edificio, espresso come somma dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale e dell'indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria, e di determinare la classe energetica globale dell'edificio, verificando l'intervallo di appartenenza sulla base degli algoritmi riportati nel DM 26 Giugno 2009, Allegato 4¹⁹.

Nel caso specifico della climatizzazione invernale e delle corrispondenti classi energetiche, il Decreto riporta i valori contenuti nella Tabella 5.12.

| | |
|---|---|
| Classe A_i^+ | $< 0,25 EP_{iL(2010)}$ |
| 0,25 $EP_{iL(2010)} \leq$ Classe A_i | $< 0,50 EP_{iL(2010)}$ |
| 0,50 $EP_{iL(2010)} \leq$ Classe B_i | $< 0,75 EP_{iL(2010)}$ |
| 0,75 $EP_{iL(2010)} \leq$ Classe C_i | $< 1,00 EP_{iL(2010)}$ |
| 1,00 $EP_{iL(2010)} \leq$ Classe D_i | $< 1,25 EP_{iL(2010)}$ |
| 1,25 $EP_{iL(2010)} \leq$ Classe E_i | $< 1,75 EP_{iL(2010)}$ |
| 1,75 $EP_{iL(2010)} \leq$ Classe F_i | $< 2,50 EP_{iL(2010)}$ |
| Classe G_i | $\geq 2,50 EP_{iL(2010)}$ |

Tab. 5.12 - Scala delle classi energetiche espressione della prestazione energetica per la climatizzazione invernale EP_i definita secondo l'Allegato 4 al DM 26 Giugno 2009.

Sostituendo il valore dell'indice di prestazione limite per il riscaldamento invernale, indicato come EP_{iL} nella Tabella, e pari a 12,8 kWh/m²anno, si ottiene la seguente:

| | | | |
|---------|---|------|-------------------------|
| A_i^+ | < | 3,2 | kWh/m ² anno |
| A_i | < | 6,4 | kWh/m ² anno |
| B_i | < | 9,6 | kWh/m ² anno |
| C_i | < | 12,8 | kWh/m ² anno |
| D_i | < | 16,0 | kWh/m ² anno |
| E_i | < | 22,4 | kWh/m ² anno |
| F_i | < | 32,0 | kWh/m ² anno |
| G_i | > | 32,0 | kWh/m ² anno |

Tab. 5.13- Diagramma delle classi energetiche in funzione del valore di $EP_{i \text{ limite}} = 12,8$ kWh/m²anno. La classe energetica risultante è la F, in quanto il valore EP_i dell'appartamento è 31 kWh/m²anno, collocandosi appena all'interno del sottoinsieme rappresentato dalla classe energetica F_i ($22,4 < EP_i < 32$ kWh/m²anno).

L'appartamento ha un indice $EP_i = 31 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$ e quindi, essendo compreso tra 22,4 e 32 $\text{kWh/m}^2\text{anno}$, ricade nella **classe energetica F_i** (classe che tiene conto del solo fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento):

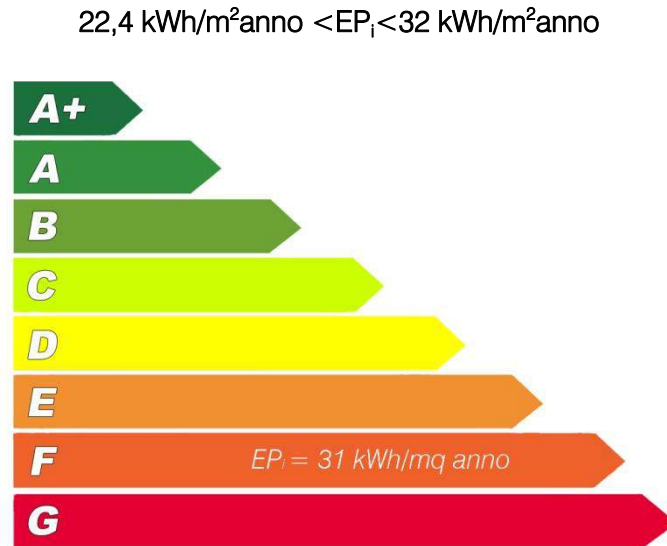


Fig. 5.47 - Diagramma a barre colorate per l'indicazione della classe energetica. I colori dal verde al rosso indicano, rispettivamente, fasce di prestazione energetica dalla più efficiente a quella ad alto consumo.

Lo stesso ragionamento conduce alla classe energetica relativa all'indice di prestazione per la produzione di acqua calda sanitaria EP_{acs} pari a 29,2 kWh/m^2 anno (Tabella 5.14). Anche secondo tale classificazione la classe corrispondente è la F_{acs} , che prevede una quantità compresa tra 24 e 30 kWh/m^2 anno, come indicato nella Tabella seguente:

$24 \text{ kWh/m}^2\text{anno} < EP_{acs} < 30 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$

| |
|---|
| Classe A_{acs} < 9 kWh/m^2 anno |
| 9 kWh/m^2 anno \leq Classe B_{acs} < 12 kWh/m^2 anno |
| 12 kWh/m^2 anno \leq Classe C_{acs} < 18 kWh/m^2 anno |
| 18 kWh/m^2 anno \leq Classe D_{acs} < 21 kWh/m^2 anno |
| 21 kWh/m^2 anno \leq Classe E_{acs} < 24 kWh/m^2 anno |
| 24 kWh/m^2 anno \leq Classe F_{acs} < 30 kWh/m^2 anno |
| Classe G_{acs} \geq 30 kWh/m^2 anno |

Tab. 5.14 - Scala delle classi energetiche come espressione della prestazione energetica EP_{acs} per la preparazione dell'acqua calda sanitaria, secondo l'Allegato 4 al DM 26 Giugno 2009.

| | | |
|--|--------|---|
| Classe A_{gl}^+ | | $< 0,25 E_{PiL(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| $0,25 E_{PiL(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ | \leq | Classe A_{gl} |
| Classe A_{gl} | | $< 0,50 E_{PiL(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| $0,50 E_{PiL(2010)} + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ | \leq | Classe B_{gl} |
| Classe B_{gl} | | $< 0,75 E_{PiL(2010)} + 12 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| $0,75 E_{PiL(2010)} + 12 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ | \leq | Classe C_{gl} |
| Classe C_{gl} | | $< 1,00 E_{PiL(2010)} + 18 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| $1,00 E_{PiL(2010)} + 18 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ | \leq | Classe D_{gl} |
| Classe D_{gl} | | $< 1,25 E_{PiL(2010)} + 21 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| $1,25 E_{PiL(2010)} + 21 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ | \leq | Classe E_{gl} |
| Classe E_{gl} | | $< 1,75 E_{PiL(2010)} + 24 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| $1,75 E_{PiL(2010)} + 24 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ | \leq | Classe F_{gl} |
| Classe F_{gl} | | $< 2,50 E_{PiL(2010)} + 30 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| Classe G_{gl} | | $\geq 2,50 E_{PiL(2010)} + 30 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ |

Tab. 5.15 - Scala delle classi energetiche a cui riferirsi per la valutazione della prestazione energetica globale dell'edificio EP_{gl} , definita secondo l'Allegato 4 al DM 26 Giugno 2009.

Infine, la classe energetica corrispondente all'Indice di prestazione energetica *globale* (invernale) $EP_{gl} = EP_i + EP_{acs}$, è espressa dalla Tabella 5.15, in funzione del parametro EP_i . Sostituendo l'indice EP_i dell'appartamento, pari a $31 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$, si ottiene il range delle possibili classi energetiche *globali* dell'appartamento:

| | | | |
|------------|---|------|-------------------------------|
| A_{gl}^+ | < | 12,2 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| A_{gl} | < | 15,4 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| B_{gl} | < | 21,6 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| C_{gl} | < | 30,8 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| D_{gl} | < | 37,0 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| E_{gl} | < | 46,4 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| F_{gl} | < | 62,0 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |
| G_{gl} | > | 62,0 | $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$ |

Tab. 5.16 - Diagramma delle classi energetiche in funzione del valore di $EP_{iL} = 12,8 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$.

Il valore di EP_{gl} dell'appartamento è pari a $60,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$, e quindi corrisponde alla classe energetica F_{GL} , essendo inferiore a $62 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$.

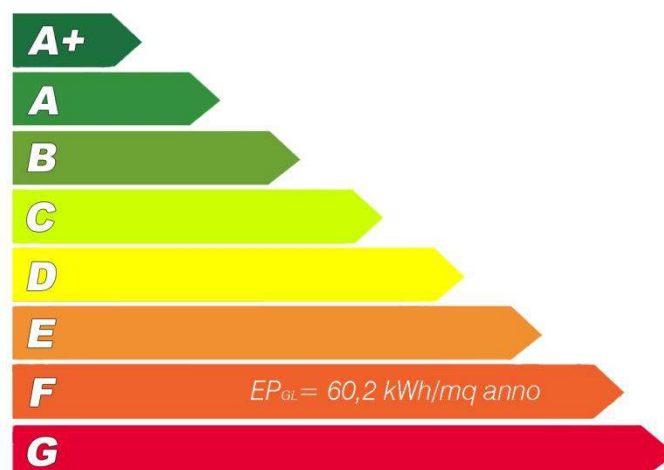


Fig. 5.48 - Anche la classe relativa all'indice "EP globale" è la F, con un valore di $60,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$ compreso tra $46,4$ e $62 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$.

Nel Capitolo successivo, saranno calcolati i risparmi energetici conseguibili mediante opportuni interventi di retrofit energetico per lo più rivolti all'involucro edilizio, sia opaco che trasparente. Il valore di $EP_{acs} = 29,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$, pertanto, non subirà cambiamenti in quanto gli impianti nello scenario post intervento si presuppongono costanti ed uguali a quelli dello stato di fatto.

Note

- 1) Definizione già presente anche nella normativa italiana (D. Lgs. 115/08);
- 2) L' *Energy Performance Contracting (EPC)* è un "*Contratto di rendimento energetico o di prestazione energetica*", ovvero un accordo contrattuale tra il beneficiario o chi per esso esercita il potere negoziale e il fornitore di una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, verificata e monitorata durante l'intera durata del contratto, dove gli investimenti (lavori, forniture o servizi) realizzati sono pagati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente o di altri criteri di prestazione energetica concordati, quali i risparmi finanziari;
- 3) Un Sistema di Gestione (SG) rappresenta il complesso di azioni gestionali programmate e coordinate, procedure operative, sistemi di documentazione e di registrazione realizzati grazie ad una struttura organizzativa nella quale ruoli, responsabilità e risorse sono chiari e ben definiti. Per quanto riguarda il sistema di gestione dell'energia, nel 2011 è stata emanata dall'ISO (*International Organization for Standardization*) la norma ISO 50001:2011: il nuovo standard internazionale per la gestione dell'energia, che ha sostituito la precedente EN 16001 emanata nel 2009 dal CEN/CENELEC, *European Committee for Standardization*, valida esclusivamente in ambito europeo. La ISO 50001 focalizza l'attenzione sulle prestazioni dell'organizzazione, il rendimento energetico nello specifico, e soprattutto richiede che la

promozione dell'efficienza energetica venga considerata lungo tutta catena di distribuzione dell'organizzazione e che sia un requisito da richiede ai propri fornitori;

4) L'*Energy Manager* è una figura interna all'azienda, introdotta in Italia dalla Legge n. 10/91 per svolgere compiti di gestione e razionalizzazione dell'uso dell'energia aziendale, in quanto "responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia". Tale soggetto è obbligatorio solo per aziende con consumi superiori ai 10.000 TEP (tonnellate equivalenti di petrolio) per le imprese del settore industriale ed ai 1.000 TEP per i soggetti non industriali;

5) La norma UNI CEI TR 11428:2011 "*Gestione dell'energia - Diagnosi energetiche - Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica*".

6) La norma UNI CEI EN 16247-1:2012 specifica i criteri relativi a "*Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali*". La norma si applica a tutte le forme di aziende ed organizzazioni, a tutte le forme di energia e di utilizzo della stessa, con l'esclusione delle singole unità immobiliari residenziali. Definisce i requisiti generali comuni a tutte le diagnosi energetiche, in particolare i requisiti per specifiche diagnosi energetiche relative a edifici, processi industriali e trasporti;

7) L'obbligo dell'*audit* energetico è previsto dalle seguenti leggi: DPR 59/09, Art. 4, Comma 5 e D. Lgs. 115/08, Art. 13, Comma 1 b; Art 15 Comma 1;

8) Il MET esprime la potenza totale media erogata da un individuo durante una attività lavorativa divisa per la superficie corporea dell'individuo. $1 \text{ MET} = 5,8 \text{ Watt/m}^2$;

9) Ai fini della valutazione dei ponti termici strutturali, il coefficiente ψ , per i diversi casi, viene calcolato in base a quanto previsto dalla UNI EN ISO 14683: "*Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento*";

10) La norma UNI 10349:1994 reca disposizioni in materia di "*Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici*", sostituendo l'appendice B della norma UNI 8477/1 ed i prospetti III e IV della norma UNI 7144. Fornisce i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione e la verifica sia degli edifici sia degli impianti tecnici per il riscaldamento ed il raffrescamento;

11) La classificazione dei climi di Köppen è la più usata tra le classificazioni climatiche a scopi geografici. Venne proposta per la prima volta nel 1918 da Wladimir Köppen. Fu poi perfezionata più volte, sino alla sua edizione definitiva del 1936. Il sistema di Köppen è in gran parte empirico; ciò vuol dire che ciascun clima viene definito in base a dei valori prestabiliti di temperatura e di precipitazioni, calcolati conformemente alle medie annue o di singoli mesi;

12) SIAS: Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano. Nato per fornire assistenza tecnica agli operatori del settore agricolo, riguardo agli aspetti tecnici legati alla gestione dell'irrigazione, alla difesa da insetti nocivi e malattie, alla scelta delle specie e varietà più adatte ai diversi climi dell'isola, nonché alla certificazione delle calamità naturali, è divenuto nel tempo uno strumento utile ed affidabile per tutti i siciliani.

13) Per l'analisi termica e solare dell'appartamento è stata usata la versione *Education* del Software *Ecotect Analysis* prodotto da *Autodesk*.

14) Legge nazione n. 10 del 1991: "*Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*";

15) La norma UNI EN ISO 10077:2006 è costituita da due parti principali: la *UNI EN ISO 10077-1: "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Parte 1: Generalità"* e *UNI EN ISO*

10077-2 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - Calcolo della trasmittanza termica - Metodo numerico per i telai". In assenza di dati di progetto specifici in relazione agli elementi, è possibile stimare i parametri termici originari seguendo le indicazioni della:- Raccomandazione CTI - R03/3 "Prestazioni energetiche degli edifici. Certificazione energetica. Esecuzione della certificazione energetica. Dati relativi all'edificio. Appendice A";

16) Fonte: Manuale Tecnico "Saint Gobain Vetro", Italia;

17) La termografia è una tecnica di telerilevamento, effettuata tramite l'acquisizione di immagini (informazione) nel campo dell'infrarosso. Con il termine termografia si intende la visualizzazione bidimensionale della misura di irraggiamento;

18) Per superficie utile si intende la superficie netta calpestabile dell'edificio;

19) All'interno del Decreto Ministeriale 26/6/2009 – Ministero dello Sviluppo Economico: "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici (G.U. 10/7/2009 n. 158 – in vigore dal 25/7/2009), l'Allegato 4 fornisce indicazioni in particolare relativamente al "Sistema di classificazione nazionale concernente la climatizzazione invernale degli edifici e la produzione di acqua calda sanitaria Esempio per un edificio residenziale".

Riferimenti bibliografici

DALL'Ò G., *Green energy audit. Manuale operativo per la diagnosi energetica e ambientale degli edifici*. Edizioni Ambiente, Milano 2011.

DE NISCO B., *Gli impianti domotici residenziali*. Maggioli Editore, s.l., 2012.

DE VECCHI A., COLAJANNI S., SANFILIPPO E., *Siti Unesco a Palermo?*, in Fatta G. (a cura di), *Palermo Città delle Culture - Contributi per la Valorizzazione di Luoghi e Architetture*, 40due Edizioni, Palermo 2014, pp. 113-124.

DE VECCHI A., COLAJANNI S., LANZA VOLPE A., *Evaluation of the Thermodynamic Performance of the Traditional Passive Systems*, in *Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Dubrovnik 2011.

FASSI A., MAINA L., *L'isolamento ecoefficiente - Guida all'uso dei materiali naturali*. Edizioni Ambiente, Milano 2009.

FIORITO F., *Involucro edilizio e risparmio energetico. Soluzioni progettuali e tecnologie*. Dario Flaccovio Editore, Palermo 2009, pp.140-45.

FUERST, FRANZ; MCALLISTER, PATRICK, *New Evidence on the Green Building Rent and Price Premium*, in Henley Business School, 2009.

LANZONI D., *Diagnosi e certificazione energetica. Prove strumentali sugli edifici*. Maggioli Editore, Rimini 2012.

LUONI G., *La termografia nella individuazione di patologie da umidità e ponti termici*. Sandit, Bergamo 2012.

MALIGHETTI L., *Recupero edilizio e sostenibilità*. Il Sole24ore, Milano 2004.

MAMMI S., PANZERI A. *I materiali isolanti - L'isolamento termico ed acustico*, Edizioni TEP, s.l., 2005.

PECCOL E., *Infrastruttura verde e consumo di suolo. Considerazioni sulla base di alcuni casi studio*, in *Il Progetto Sostenibile* n. 33, 2014, pp. 42-49.

PEZZOLI A., *Climatizzazione naturale. Dalla cultura islamica ottimi spunti*, in *Costruire in Laterizio* n. 156, p. 65.

SCANLA, V., *What is a Deep Energy Retrofit?*, in NESEA Building Energy Conference, Boston 2010.

WILSON J., *The Greened House Effect: Renovating Your Home with a Deep Energy Retrofit*. Editore Chelsea Green Publishing, Paperback 2013.

Sitografia

<http://www.energycircle.com>

<http://www.centroconsumatori.it>

<http://www.enea.it>

www.enea-pacini.it

<http://www.ecoabita.it>

<http://www.greatbuildings.com/>

<http://www.isoltop.it/>

<http://www.masterclima.info/>

<http://www.mygreenbuildings.org>

<http://www.padesignsrl.com>

<http://poloefficienzaenergetica.blogspot.it/>

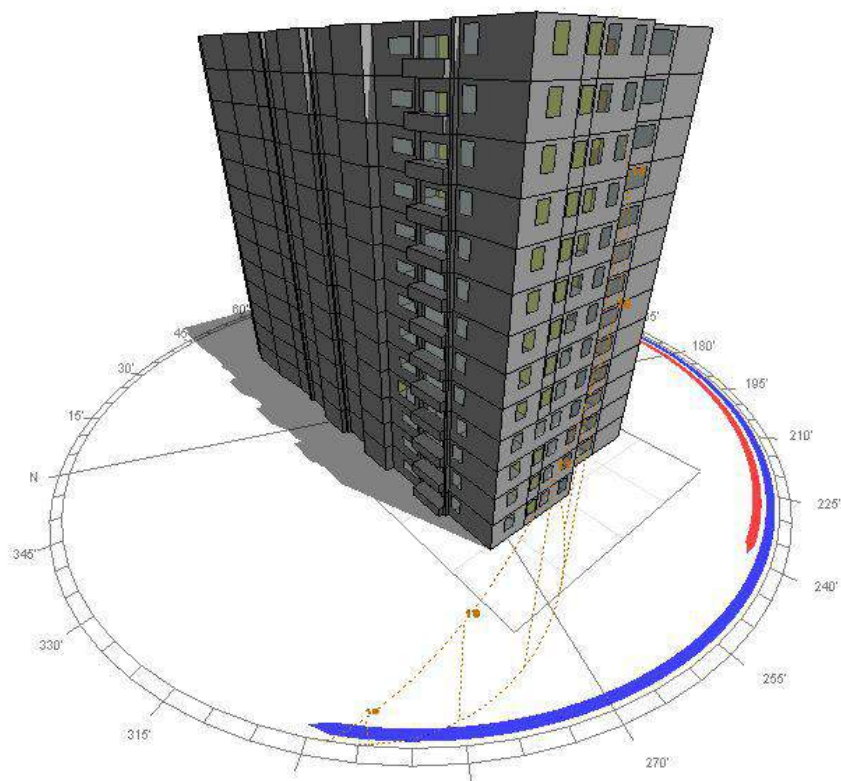
<http://www.rinnovabili.it>

<http://www.sias.regione.sicilia.it>

PARTE TERZA

SIMULAZIONE E CONFRONTO TRA DIVERSE STRATEGIE DI RETROFIT ENERGETICO

SIMULATION AND COMPARISON BETWEEN DIFFERENT ENERGY RETROFIT STRATEGIES



Il modello digitale tridimensionale rappresentativo dell'intero edificio selezionato come caso di studio, comprensivo dell'appartamento-tipo oggetto delle verifiche *pre* e *post* intervento (modello realizzato digitalmente mediante il Software *Ecotect Analysis*, versione *Educational*).

CAPITOLO 6

Applicazione degli interventi di retrofit energetico al caso di studio

The application of the energy retrofit actions to the case of study

ABSTRACT - *The energy retrofit strategies provided in this chapter are the consequence of the results obtained in the previous section. Through the energy audit of the building it is possible to identify the critical points of the current situation and the reason of excessive energy consumption, on which we need to work trying to adapt the building to the current standards of good design and sustainability. In particular, as widely recognized, but also as results of the carried out diagnosis, the building envelope appears to be the most important element on which to base the energy retrofit strategies. Innovative technologies and solutions can allow to obtain suitable condition, also in a hot climate like the Mediterranean area and the city of Palermo, where it is necessary to pay more attention to avoid solar irradiation, using shading devices and reducing much of the heat load. Since this is a unit belonging to a building, it is necessary to underline that the actions cannot be applied to the common parts of the building, complying with the buildings regulations and the apartment block rules. Finally, it should be noted that the argument does not address issues related to the building services, such as heating, ventilation and air conditioning systems, because the goal is to make the building energy-sufficient before any use of these facilities, in order to avoid, or at least to limit, the recourse to energy active system. The only attention provided in terms of electrical device regards the energy savings achieved by replacing artificial lighting systems with more efficient LED system, which have a better cost-benefit ratio. The chapter ends with a foreshadowing of the overall energy savings achieved after the application of an energy retrofit measurement, or the combination of some of these, called "Scenario" 1, 2 and 3.*

6.1 Definizione delle strategie di intervento

La metodologia adottata nella trattazione degli interventi di retrofit prevede la scelta iniziale delle azioni ritenute più idonee per il raggiungimento di adeguati livelli di comfort energetico e di ottimizzazione dei consumi.

Dall'analisi dei risultati prodotti nella fase diagnostica dell'appartamento, emerge la priorità di agire sull'involucro edilizio, elemento di separazione e mediazione tra l'ambiente esterno con le relative condizioni climatiche, e lo spazio interno.

È stato monitorato un consumo energetico dell'appartamento, espresso da un indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP_i di 31 kWh/m² all'anno, che corrisponde alla Classe Energetica F (cfr Capitolo 5). Dato che di per sé dimostra quanto sia necessario ricorrere ad interventi di retrofit più o meno profondi.

Tali risultati, uniti alle indagini sulle caratteristiche termiche dell'involucro, mostrano l'incidenza di quest'ultimo sulla maggior parte degli sprechi energetici.

Pertanto, la ricerca prosegue attraverso una rassegna di interventi applicabili all'involucro edilizio, in modo da renderne la stratigrafia, il tipo di vetro e la coibenza termica all'altezza delle prescrizioni normative e capaci di ridurre nettamente i carichi termici dell'intera abitazione.

Sulla base di queste e di altre considerazioni, il lavoro intende dimostrare come sia possibile ottenere risparmi energetici significativi agendo principalmente sull'involucro, evidenziando quanto esso sia un elemento determinante, sia nel caso di nuova progettazione che di riqualificazione del costruito.

A parità di carichi interni (dovuti agli apparecchi illuminanti ed elettrici, e alla presenza di persone), è possibile ottenere risparmi compresi tra il 30 ed il 60%, agendo in diverso modo, mediante l'utilizzo di moderne ed innovative tecnologie appositamente studiate e scelte in relazione alla specificità del caso di studio, compatibilmente con lo stato di fatto, con le tipologie costruttive e materiche, e con tutti i vincoli e le restrizioni che derivano dai regolamenti del condominio.

Gli interventi di retrofit riguardanti l'involucro sono stati suddivisi in tre tipologie diverse, sulla base dello specifico elemento che vanno a migliorare. Inoltre, tutte le soluzioni proposte possono essere così classificati:

- per elemento tecnico-impiantistico su cui agiscono;
- per efficacia (grado di "profondità") della loro azione¹.

Secondo la prima classificazione, gli interventi considerati sono stati distribuiti in due categorie di intervento:

- 1) Interventi sull'involucro edilizio;
- 2) Intervento di sostituzione dell'impianto di illuminazione.

Nel primo caso, sono state previste 3 tipologie di azione, 1.A, 1.B e 1.C, che, rispettivamente, interessano le pareti verticali opache, gli infissi, ed il posizionamento di opportune schermature solari, laddove assenti o insufficienti.

Per la seconda categoria, relativa agli apparecchi di illuminazione artificiale, sono state ipotizzate 3 soluzioni diverse, associate a lampade alogene, a basso consumo e a LED.

In quest'ultimo caso, tuttavia, mediante la valutazione dei benefici associabili a ciascuna soluzione proposta, si può dimostrare la netta convenienza del sistema di illuminazione a LED (*Light-Emitting Diode*) sulle altre tipologie di lampade: tutti gli interventi, di conseguenza, prevedono l'impiego di questa tecnologia.

1.A. Per le pareti verticali opache si è scelto di confrontare tre diversi materiali isolanti, valutarne le caratteristiche termiche (trasmissione termica lineare "U", trasmissione periodica "Yie", sfasamento "S", attenuazione, massa superficiale, ecc.) corrispondenti alla loro introduzione sulla stratigrafia presente per poi calcolare, in ciascun caso, il carico termico associato alle rispettive condizioni post-intervento. In questa fase, non è ancora possibile stimare quale dei tre scenari prefigurati sia il più conveniente: è necessario prendere anche in considerazione la sua opportunità economica ed il suo rapporto costi-benefici. (cfr Capitolo 7)

1.B. Per le chiusure trasparenti (infissi), sono state scelte tre possibili configurazioni, in base alla possibilità di ottenere progressivamente prestazioni energetiche migliori, anche se associate a costi più elevati. Anche in questo caso, tuttavia, la valutazione dell'intervento più vantaggioso sarà effettuata in sede di analisi finale, alla luce sia del carico termico calcolato a parità di tutte le altre condizioni e con la sola sostituzione degli infissi, sia del costo dell'investimento da affrontare.

1.C. Infine, l'ultima tipologia di intervento relativa all'involucro edilizio, prevede il calcolo del risparmio conseguibile mediante l'apposizione di schermature solari sui componenti finestrati. Si calcolerà, in tal caso, la percentuale di risparmio energetico ottenibile mediante l'uso di veneziane nei componenti finestrati sprovvisti di avvolgibile.

Riepilogando, lo schema delle tipologie di intervento secondo la classificazione prevista, e relativamente alle soluzioni possibili, è il seguente:

1. INVOLUCRO EDILIZIO

1A. Chiusure verticali opache:

1.A.1 Isolamento dall'interno con lana di legno

1.A.2 Isolamento dall'interno con EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato)

1.A.3 Isolamento dall'interno con lana di roccia

1B. Chiusure trasparenti:

1.B.1 Sostituzione con infisso con trasmissione termica $U = 1,2$

1.B.2 Sostituzione con infisso con trasmissione termica media, $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.B.3 Sostituzione con infisso con trasmissione termica ai limiti della norma, $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.C. Sistemi di schermatura solare

2. INSERIMENTO DI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE PIÙ EFFICIENTI

2.1. Lampade con tecnologia a LED

Per ciascuna delle 8 soluzioni elencate, si effettua il calcolo del fabbisogno finale di energia dell'abitazione e della relativa percentuale di risparmio energetico annuo.

Si è, infine, scelto di evidenziare e confrontare quelle combinazioni di intervento, (gli "scenari") più rappresentative delle reali condizioni prefigurabili ad un eventuale proprietario dell'appartamento tipo, distinguendole per profondità ed efficacia.

Il criterio con cui sono stati scelti gli "scenari" di intervento permette di controllare da diversi punti di vista la profittabilità di ogni intervento, collegandolo, di volta in volta, ad altre tipologie di azioni, in modo da avere un'ampia possibilità di scelta, a seconda delle esigenze degli utenti.

6.1.1 Interventi sull'involucro edilizio per aumentare la coibenza termica

6.1.1.1 L'involucro edilizio

Le architetture "sostenibili" e "performanti" sono il risultato di un approccio progettuale integrato, che considera l'involucro edilizio ed i sistemi impiantistico - ambientali come parti sinergiche di un'unica soluzione progettuale. La progettazione dell'involucro architettonico (inteso come superficie unitaria avvolgente, senza distinzione tra chiusure verticali e copertura) ha come obiettivo la realizzazione di un elemento che sia capace di abbinare ad un grande valore comunicativo, caratteristiche tecniche tali da garantire comfort interno e ridotti consumi energetici.

L'analisi etimologica delle parole "facciata" ed "involucro" evidenzia alcune differenze concettuali, di notevole importanza.

In primo luogo, il termine *facciata*, derivante dal vocabolo latino *facies*, che significa "forma esteriore" o "apparenza", indica il "volto dell'edificio" e ne costituisce, assieme allo sviluppo volumetrico, l'immagine esterna e comunicativa del proprio essere. L'elemento facciata è in stretta dipendenza con le altre parti e i sistemi dell'edificio, sia a livello formale che a livello tecnologico.

Il termine *involucro*, derivante dal verbo latino "*involvère*", cioè "volgere intorno", "avvolgere", non si limita a definire solo un aspetto superficiale, ma indica tutto ciò che avvolge esternamente qualcosa, arrivando a definire un sistema più complesso, dotato di spessore proprio, ben percepibile. Si può definire l'involucro come un sistema (tridimensionale) di chiusura integrale dell'edificio: "sistema" perché costituito da diversi elementi tecnici strettamente interdipendenti (strati), e "chiusura integrale" per la continuità degli elementi che lo compongono.

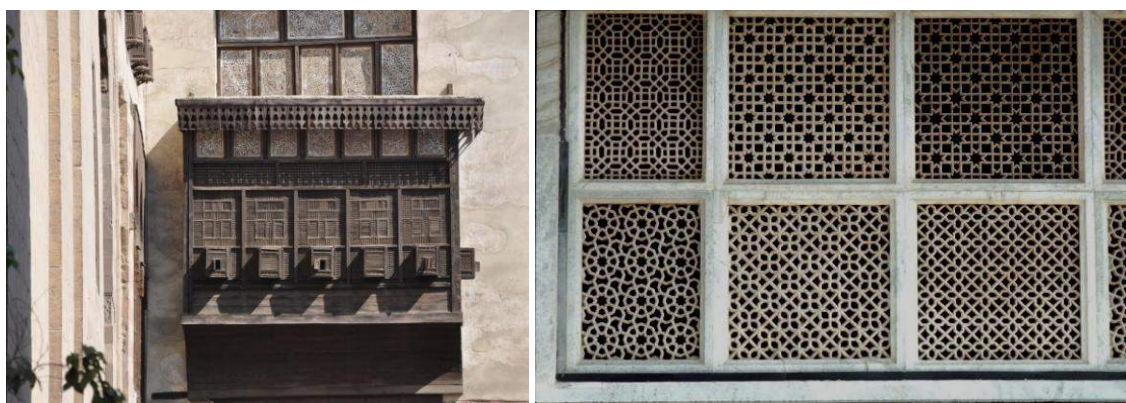
Nel dibattito contemporaneo sulla relazione tra architettura ed ambiente, l'involucro edilizio ha assunto da qualche decennio un nuovo ruolo, trasformandosi da semplice elemento di chiusura, barriera protettiva al clima esterno a pelle, membrana permeabile e selettiva, ad elemento attivo, capace di regolare l'interazione tra ambiente interno ed esterno. Si configura, quindi, come un complesso sistema polivalente in grado di reagire alle sollecitazioni interne ed esterne e di gestire le relazioni che legano le numerose

variabili in gioco. Nella fase di progettazione devono necessariamente essere presi in considerazione aspetti di sostenibilità ambientale, quali, ad esempio, lo sfruttamento delle risorse naturali, i consumi energetici, la qualità dell'ambiente interno, la riduzione delle emissioni di sostanze dannose e *climalteranti* come il biossido di carbonio, ecc.

L'involucro edilizio rappresenta uno degli elementi architettonici maggiormente responsabili delle dispersioni termiche e quindi dei consumi energetici di un'immobile.

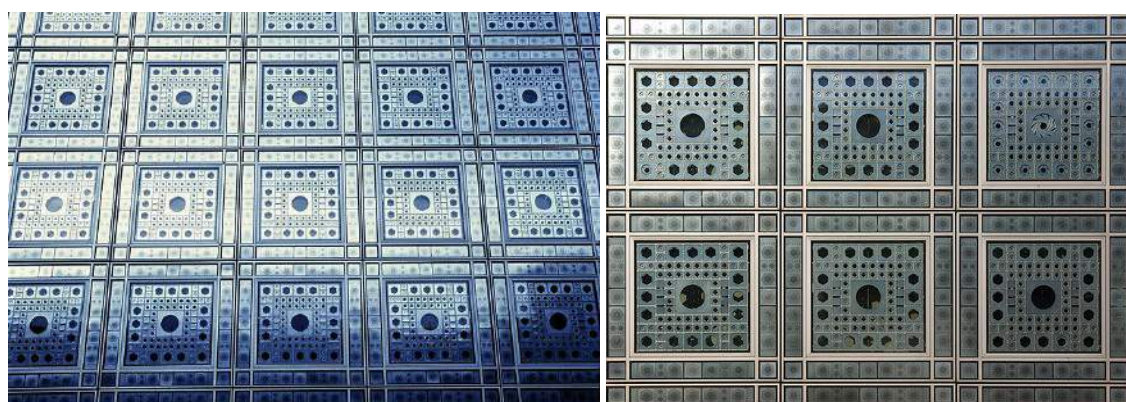
La sua funzione di mediazione tra interno ed esterno, è sempre stata riconosciuta: fin dall'antichità esso veniva concepito come elemento di protezione, non solo fisica ma anche climatica, nei confronti delle condizioni atmosferiche, delle escursioni termiche, delle intemperie, e, semplicemente, dal caldo e dal freddo.

Nell'architettura araba, ad esempio, tipica di un clima caldo e asciutto, troviamo facciate con aperture a *Mashrabiya* sulla struttura muraria esterna, che hanno una doppia funzione, estetica e di elemento di controllo della radiazione solare (Stella 2012).



Figg. 6.1 e 6.2 - Un esempio di "Mashrabiya Window Balcony". © Totemscity 2014.

Le attuali ed innovative tecnologie edilizie, spesso richiamano l'architettura tradizionale, rivisitandola in chiave moderna e funzionale, come il caso dell'*Institut du Monde Arabe* di Parigi, progettato da Jean Nouvel, con un sistema di facciata continua che riprende una *mashrabiya* ad altissima tecnologia, con diaframmi controllati da appositi computer.



Figg. 6.3 e 6.4 - L'Institut du Monde Arabe di Parigi, su progetto di Jean Nouvel con Pierre Soria e Architecture Studio, 1987. Prospetto esterno e particolare del sofisticato sistema di *mashrabiya* dell'involucro © Greatbuildings.

IL CONTRIBUTO DEL VETRO

Nel vetro si ha cessione di calore per scambio della radiazione ad elevata lunghezza d'onda, per trasmissione, per conduzione e per convezione termica dell'aria che si muove a contatto con la superficie del vetro.

I sistemi innovativi introdotti nel mercato da qualche decennio, cercano di porre un rimedio ai fenomeni di dispersione termica che si innescano tra il vetro ed un ambiente.

L'utilizzo del vetrocamera porta al passaggio di calore tra due strati di vetro, che, singolarmente, avrebbero scarse caratteristiche di isolamento termico, attraverso un'intercapedine che funge da strato resistenziale supplementare a bassa conducibilità.

Questo valore è ulteriormente migliorabile con l'utilizzo di gas ad elevate prestazioni e all'aumentare della camera interna, entro certi limiti: oltre uno spessore d'intercapedine di 16 mm l'entrata in gioco di movimenti convettivi interni all'intercapedine non permette più i miglioramenti prestazionali.

Oltre a garantire una buona prestazione per quanto riguarda il contenimento delle dispersioni di calore per trasmissione, oggi la tecnologia consente, mediante molteplici soluzioni, anche di ottenere buone prestazioni agendo sulla conservazione dell'energia radiante. Così come trasparente ai raggi del sole, il vetro semplice è anche trasparente all'energia radiante emessa dai corpi caldi all'interno degli ambienti.

Con i recenti progressi applicati al settore, è stato possibile modificare alcuni parametri significativi, come l'emissività del vetro, riducendo ad esempio la radiazione ad onde lunghe scambiata tra le lastre tramite l'utilizzo di lastre a bassa emissività. Si tratta dei vetri "bassoemissivi" o "low-E" (*low-emissivity*), sottoposti ad un particolare trattamento mediante l'applicazione di un particolare *coating*, in polistirene o sali metallici, a bassa emissività ($\epsilon = 0.05 - 0.2$), capace di assorbire il calore di una superficie e di rifletterlo, rendendo il vetro "opaco" all'energia radiante emessa da corpi caldi.

Anche un vetro riflettente rappresenta un'alternativa valida, in particolare nei climi caldi o in regime estivo, poiché dotato di una particolare finitura che lo rende in grado di respingere verso l'esterno buona parte della radiazione solare incidente.

Per correggere i problemi di surriscaldamento e l'effetto serra che derivano dalla trasparenza del vetro e dall'incidenza dei raggi solari, si ricorre, infine, a sistemi di schermatura solare, soprattutto laddove la posizione geografica e la mancanza di ostacoli fisici lasciano passare una quota di irraggiamento solare molto elevata.

Un vetro performante risulta tale, solo se accompagnato da un adeguato telaio, capace di soddisfare i requisiti termici richiesti, adeguandoli a quelli fissati per legge. Esistono in commercio diverse soluzioni formali e tecniche, che permettono di volta in volta di scegliere il sistema più idoneo. Esso contribuisce in modo significativo nelle prestazioni termiche finali dell'infisso, avendo un'incidenza in termini di superficie esposta anche del 30% del totale. I telai si caratterizzano principalmente per il materiale usato (telaio in PVC, in legno - PVC, in alluminio, in legno) e per la loro conformazione, ma anche per il modo in cui vengono corretti i ponti termici che sussistono in corrispondenza

di un serramento. Un esempio è rappresentato dai telai a taglio termico, che basano la propria efficacia sul principio dell'interruzione della continuità del metallo: un opportuno materiale a bassa conducibilità termica, solitamente in poliammide, viene inserito in corrispondenza di una camera interna al profilato, impedendo al calore di attraversarlo.

Il profilo in PVC risulta particolarmente adatto all'ottenimento di ridotti valori di trasmittanza termica, grazie alla bassa conduttività termica del materiale costituente. Rappresenta inoltre un buon rapporto qualità/prezzo, è versatile, impermeabile all'acqua, poco permeabile al vapore, resistente all'abrasione, duraturo nel tempo e di facile manutenzione. Trattandosi, inoltre, di un materiale riciclabile, molte aziende hanno già introdotto all'interno del proprio ciclo produttivo una parte del materiale proveniente dal riciclo di serramenti in PVC dismessi.

L'unico svantaggio del PVC, cioè la sua insufficiente resistenza, viene risolto attraverso l'inserimento di un'anima di irrigidimento all'interno del telaio. Il rinforzo, spesso in acciaio, è oggi sempre più spesso sostituito con altri materiali, come la lana di vetro, o addirittura, per i battenti, dall'incollaggio strutturale del vetro al profilo.

6.1.1.2 Chiusure verticali opache

L'architettura tradizionale è testimonianza dell'importanza da sempre attribuita allo spessore e alla conformazione delle chiusure esterne per garantire agli ambienti interni un adeguato benessere. In questo modo, ciascuna civiltà ha lasciato testimonianze costruttive proprie, personalizzate a seconda della località e delle condizioni climatiche tipiche, che assurgono oggi ad elementi caratteristici di quei popoli e di un determinato periodo storico.

Nonostante ciò, in tempi recenti la funzione di controllo microclimatico ha ceduto il posto all'attenzione verso altre prerogative, finendo per determinare scarsi livelli di comfort all'ambiente confinato. Questo è il caso, ad esempio, del *boom* edilizio degli anni '70, laddove la speculazione ha favorito soluzioni più economiche, con conseguente danno alla struttura e alle sue prestazioni energetiche.

Il caso di studio preso in considerazione ci offre la possibilità di conoscere come può influire tale disattenzione sulle caratteristiche termiche dei materiali, e le tipologie di azione che è possibile intraprendere per correggerne l'obsolescenza.

Nel caso dell'involucro opaco, in particolare, è necessario agire sulla sua stratigrafia al fine di aumentarne la resistenza termica e diminuire così le dispersioni, ottenendo un notevole contributo all'abbattimento dei consumi energetici.

Inoltre, è importante verificare, caso per caso, il rispetto della normativa vigente e degli standard di legge.

Per le strutture verticali opache in zona climatica B (zona di appartenenza della città di Palermo), il Decreto Ministeriale 26 Gennaio 2010 (aggiornamento del Decreto 11 Marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici), prescrive un valore limite di trasmittanza U pari a $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Tabella 6.1).

| Zona climatica | strutture opache verticali | strutture opache orizzontali o inclinate | | Chiusure apribili e assimilabili (**) |
|----------------|----------------------------|--|---------------|---------------------------------------|
| | | Coperture | Pavimenti (*) | |
| A | 0,54 | 0,32 | 0,60 | 3,7 |
| B | 0,41 | 0,32 | 0,46 | 2,4 |
| C | 0,34 | 0,32 | 0,40 | 2,1 |
| D | 0,29 | 0,26 | 0,34 | 2,0 |
| E | 0,27 | 0,24 | 0,30 | 1,8 |
| F | 0,26 | 0,23 | 0,28 | 1,6 |

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno

(**) Conformemente a quanto previsto all'articolo 4, comma 4, lettera c), del decreto Presidente della Repubblica 2 aprile 2009, n. 59, che fissa il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure apribili e assimilabili, quali porte, finestre e vetrine anche se non apribili, comprensive degli infissi."

Roma, 26 gennaio 2010

Tab. 6.1 - Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture componenti l'involucro edilizio, distinte per zona climatica, secondo il D.M. n.59/2009. I valori sono più restrittivi di quelli introdotti nel 2005 (D.Lgs n.192).

Nel nostro caso, come rilevato in fase di diagnosi energetica, il valore di trasmittanza termica lineare U attuale delle strutture verticali opache è di 0,67 W/m²K.

Imporre che tale valore rientri ai limiti suddetti, entro la soglia di 0,41 W/m²K, richiede un adeguato intervento di isolamento dell'involucro opaco.

Per "isolamento termico" si intende l'insieme di operazioni volte a ridurre lo scambio di calore tra ambienti a temperature differenti. In particolare, nel settore edilizio, l'isolamento termico consiste principalmente nelle misure di contenimento del calore all'interno degli edifici durante i periodi freddi, e di schermatura dal calore proveniente dall'esterno nei mesi estivi. Un adeguato intervento di isolamento termico contribuisce nel raggiungimento di un adeguato livello di protezione dai fattori climatici.

Attraverso approfondite analisi e confronti dei risultati, è stato possibile dimostrare come sia sufficiente anche una lieve diminuzione del valore di trasmittanza U, per avere risultati tangibili sul comportamento energetico dell'immobile, registrando ulteriori vantaggi nel caso di un abbattimento del valore di U più significativo.

Le tipologie di intervento di coibentazione delle chiusure verticali prevedono l'apposizione di pannelli isolanti alla muratura esistente, che può avvenire, a seconda delle esigenze e delle caratteristiche dell'involucro da isolare, nei seguenti modi:

- I. Isolamento dall'esterno;
- II. Operazione di "controplaccaggio" (dall'interno);
- III. Isolamento in intercapedine.

Esistono diversi materiali in commercio, naturali o sintetici, di origine minerale (argilla espansa, vermiculite espansa, lana di roccia), vegetale (fibra di cellulosa, di legno, di cocco, di canapa, sughero), petrolchimica (poliuretano, polistirene, polistirolo) o animale (lana di pecora) e vengono classificati anche in base alla struttura, che può essere fibrosa, cellulare o porosa, e che influenza la modalità e la capacità di isolamento.

È possibile scegliere tra diversi materiali in funzione alla conducibilità " λ ", alle caratteristiche fisiche, alla compatibilità con gli strati esistenti, alla densità, alla permeabilità al vapore, al costo per unità di superficie.

Operando sulle precedenti caratteristiche e sugli spessori si ottengono svariate combinazioni. Il risultato finale dipende anche dalla tipologia muraria dello stato di fatto e dalle sue caratteristiche costruttive: un'adeguata conoscenza dei parametri attuali è fondamentale, per una scelta idonea del materiale isolante, garantendone l'adattabilità alla struttura preesistente.

Anche la qualità della messa in opera incide sulla riuscita di un intervento di coibentazione. Una applicazione inadeguata dell'isolamento renderebbe meno efficace o addirittura vano l'intervento, soprattutto se non accompagnato da una buona copertura dei ponti termici tra gli elementi tecnici costituenti l'involucro.

I. ISOLAMENTO DALL' ESTERNO

Si tratta di una tipologia di intervento che prevede l'applicazione di uno strato di materiale isolante sul supporto edilizio, mediante colla o tasselli, ricoprendolo con uno strato di rivestimento esterno. Le tecniche più diffuse per realizzarlo sono:

- il sistema a "cappotto";
- la facciata ventilata.



Fig. 6.5 - Schema tridimensionale di facciata ventilata con l'utilizzo di materiale isolante nell'intercapedine.

II. CONTROPLACCAGGIO

Il sistema di isolamento per "controplaccaggio", consiste nell'applicare lo strato coibente direttamente sulla superficie interna della parete perimetrale, mediante pannelli isolanti e la relativa struttura di supporto, o attraverso una controparete isolata (Figura 6.6).

È ideale per gli interventi di ristrutturazione, soprattutto quando non è possibile intervenire dall'esterno, come nel caso di un appartamento condominiale, o di edifici sottoposti a determinati vincoli storico-artistici.

Risulta particolarmente indicato anche nei casi in cui la carenza di isolamento fa insorgere problemi di natura igrometrica (presenza di umidità e di muffe sulle pareti), in quanto consente di arrestare il fenomeno in corrispondenza della superficie interna dell'involucro.

Rispetto ai precedenti metodi, presenta come inconveniente la sottrazione di spessore dagli ambienti interni: durante la fase di analisi del rapporto costi-benefici, è essenziale prendere in considerazione la perdita di valore immobiliare derivante dalla diminuzione della superficie utile, che può incidere più o meno sul bilancio economico finale dell'intervento (cfr Capitolo 7).

III. ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE

L'insufflaggio di un isolante termico all'interno di intercapedini già esistenti è una soluzione molto diffusa che presenta pochissimi rischi di condensa e di formazione di muffe e che unisce spesso al raggiungimento di un ottimo isolamento termico, anche un buon grado di isolamento acustico. In particolare, il riempimento delle intercapedini con materiali isolanti permette interventi rapidi, efficaci, poco invasivi, senza richiedere la modificazione delle strutture preesistenti e la riduzione degli spazi abitativi.

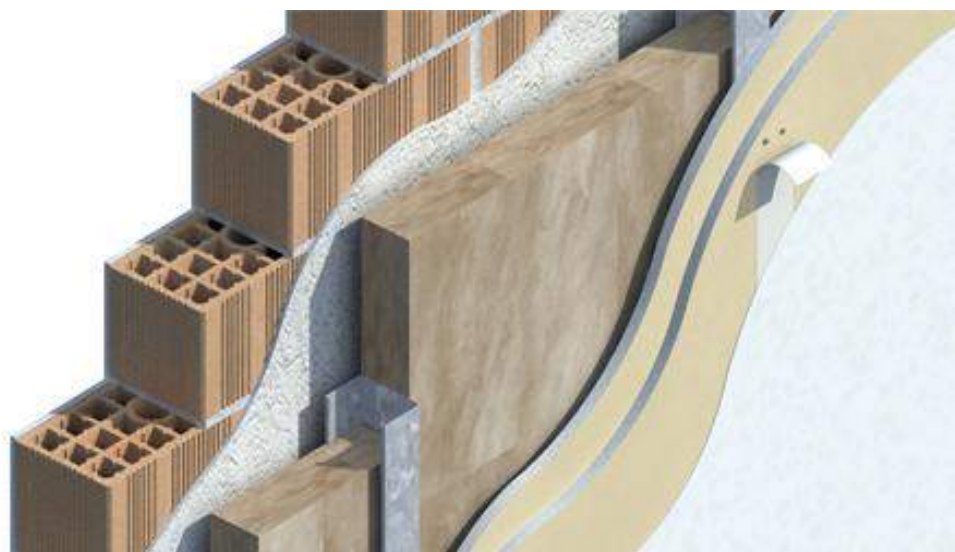


Fig. 6.6 - Esempio schematico di apposizione dell'isolante dall'interno della parete (controplaccaggio), concludendo con gli strati di finitura. © knauf.

Si parla di interventi a basso impatto ambientale quando si tratta, ad esempio, di apposizione di materiali naturali come la fibra di cellulosa. Questo materiale, infatti, presenta ottime capacità come isolante sia termico che acustico, regola l'umidità dell'ambiente ed è completamente ecologico, prevedendo inoltre il riciclo.

Il caso studio, riguardando un appartamento sito in condominio, si presta alla seconda tipologia di intervento: la coibentazione dall'interno.

Laddove un intervento di retrofit interessi l'edificio nella sua totalità, potrebbe essere plausibile anche un intervento di isolamento dall'esterno, compatibilmente con il regolamento di condominio e le caratteristiche architettoniche dell'edificio, in modo da non modificare il volume e la superficie di calpestio interna all'abitazione. In questo caso, invece, è necessario prestare attenzione a tutti i parametri che entrano in gioco, compresa la possibile perdita di superficie, e quindi di valore immobiliare, analizzando il rapporto trasmittanza/spessore, in modo da scegliere il materiale isolante che riesca ad ottimizzare i due requisiti: bassa trasmittanza termica e ridotti spessori.

Il sistema di isolamento dall'interno presenta anche altri vantaggi, quali la rapidità di messa in opera, indipendentemente dalle condizioni atmosferiche e dalla presenza degli inquilini, evitando l'onere di altre opere edili, i costi relativamente bassi di realizzazione, la libertà di scelta della finitura che più si addice alle esigenze dei proprietari.



Fig. 6.7 - Esempio di pannelli isolanti applicati dall'interno e in intercapedine. © ecofine.

I materiali comunemente utilizzati per un isolamento dall'interno si possono distinguere in naturali, o sintetici: i primi sono materiali di origine naturale, che non presentano, cioè, componenti di origine sintetica e petrolchimica, per lo più prodotti da materie prime rinnovabili e attraverso processi di produzione ed installazione non dannosi per l'ambiente e per l'uomo, riciclabili e biodegradabili, e che necessitano un basso contenuto di energia per il loro ciclo di vita.

Una classificazione degli isolanti naturali può essere fatta in base alla loro provenienza, che può essere di origine vegetale, animale o minerale, e in base alla struttura interna del materiale. Tra i materiali di origine vegetale, si possono elencare: lana di legno, fibra di legno mineralizzata, fibra di cellulosa, fibra di kenaf, fibra di canapa, fibra di lino, fibra di mais, fibra di cocco, fibra di juta, canna palustre, sughero.

Tra gli isolanti naturali di origine animale, il più diffuso è la lana di pecora. Infine, gli isolanti di origine minerale, comprendono: fibra di vetro, fibra di roccia, pomice naturale, argilla espansa, perlite espansa, vermiculite espansa, vetro granulare espanso, calce-cemento cellulare e vetro cellulare.

Questa suddivisione non include, però, tutti i tipi di materiali isolanti esistenti in commercio, poiché spesso anche gli isolanti di origine naturale presentano delle componenti di origine petrolchimica, oppure sono formati da materiali naturali di origine differente (isolanti minerali/sintetici, vegetali/sintetici, animali/sintetici, vegetali/minerali).

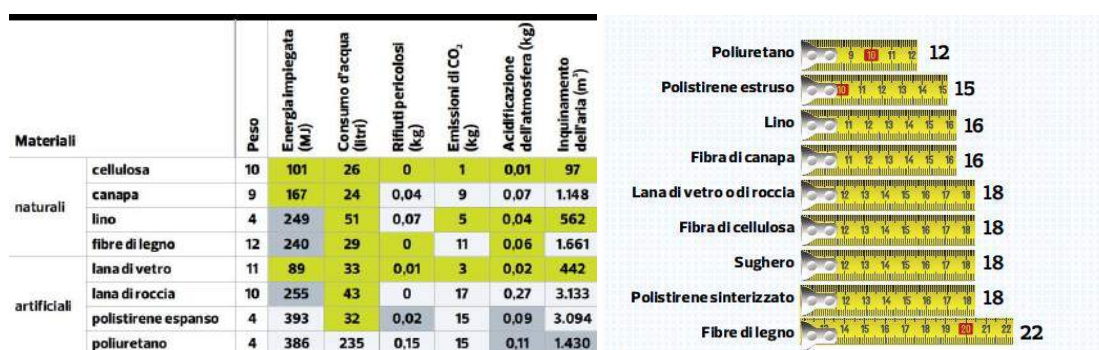


Fig. 6.8 - Campioni di materiale isolante diffuso in commercio e, in particolare, nel settore edilizio: lana di roccia, lana di legno, lana di legno mineralizzata, EPS, EPS con grafite, ecc. © Isoltop.

Un'ulteriore suddivisione deriva dal processo produttivo: a seconda che il materiale sia impiegato in edilizia così come si trova in natura, soggetto soltanto ad operazioni di taglio e lavaggio, o sia, invece, soggetto a processi produttivi che impiegano differenti materie prime per ottenere un materiale con caratteristiche specifiche.

Un elemento da tener presente nella scelta di un isolante naturale è il suo impatto ambientale globale, che deve essere valutato considerando le varie fasi del ciclo di vita. Secondo tale considerazione, valutando le varie fasi di vita del materiale, emerge che non tutti i materiali di origine naturale presentano bassi livelli di impatto ambientale: le lane minerali, ad esempio, hanno un elevato impatto, sia nella fase di produzione, che nella fase di dismissione, poiché la loro produzione determina effetti negativi sull'ambiente e il loro riuso non sempre risulta possibile. A ciò si aggiunge anche l'ipotesi che le lane minerali prodotte in Italia prima del 1995 siano cancerogene.

Anche la lana di legno "mineralizzata"², nonostante sia principalmente di origine naturale, talvolta, si presenta difficile da riutilizzare poiché la presenza del legante rende difficile ed inquinante la combustione del materiale, anche se una possibile forma di riuso potrebbe presupporre il suo utilizzo come inerte nel calcestruzzo (Fassi 2009).



Figg. 6.9 e 6.10 - Confronto tra l'impatto ambientale degli isolanti materiali a parità di *performance* e spessore (in cm) necessario a ciascun materiale per raggiungere la stessa prestazione energetica © Isoltop

Gli isolanti sintetici sono quei materiali isolanti derivanti da un lungo e complesso processo di lavorazione del petrolio. Tra questi materiali troviamo: fibra di poliestere, polistirene espanso sinterizzato (EPS) o estruso (XPS), poliuretano espanso, polietilene espanso, polietilene espanso reticolato, fibra di poliestere, espanso modificato a base polipropilenica o a base polietilenica, elastomeri espansi, calcio silicato, isolamento riflettente, resine e diversi altri.

La grande diffusione di questa categoria di isolanti nel mercato della riqualificazione energetica ha fatto sì che, economicamente, siano preferibili agli altri, per merito del loro ottimo potere isolante, unito ad un rapporto qualità/prezzo competitivo.

Occorre, comunque, prestare attenzione agli altri aspetti che incidono sulla scelta del materiale, relativamente all'intero ciclo di vita, alla richiesta di petrolio in fase di produzione e alle emissioni inquinanti. Nonostante il ciclo produttivo degli isolanti sintetici non richieda molta energia, esso determina un elevato tasso di inquinamento, prodotto

dall'industria petrolchimica, responsabile della maggior parte delle emissioni di anidride solforosa e di composti azotati, e dai gas utilizzati come agenti espandenti (che continuano ad essere emessi nell'atmosfera anche dal materiale installato).

Un impatto ambientale più basso, nella categoria dei materiali isolanti sintetici, è associato alla fibra di poliestere, proveniente dalla lavorazione di poliestere riciclato (ad esempio bottiglie in PET provenienti dalla raccolta differenziata): si tratta di un materiale che ha un impatto modesto sia nella fase di approvvigionamento che durante il processo produttivo, poiché non richiede l'uso di agenti espandenti, e poiché può essere riciclato nuovamente alla fine del ciclo di vita dell'edificio.

Negli ultimi anni sono stati introdotti in mercato alcuni materiali innovativi che isolano grazie a particolari proprietà fisiche, variabili in funzione agli agenti esterni, come i pannelli termoisolanti con tecnologia "Nanex" sottovuoto, i pannelli con *aerogel* incorporato e i pannelli a cambiamento di fase.

Una scelta attenta e consapevole del materiale risulta corretta solo se portata avanti trasversalmente ai diversi aspetti che interagiscono, tenendo anche conto del periodo medio di vita utile e degli eventuali rischi per la salute, derivanti dalle proprietà chimico-fisiche del materiale e dalla sua produzione.

Tra le tipologie di materiali isolanti disponibili in commercio, la ricerca intende fornire un confronto tra i materiali più comunemente usati per la riqualificazione energetica, relativamente alla tipologia edilizia in esame e alle condizioni climatiche.

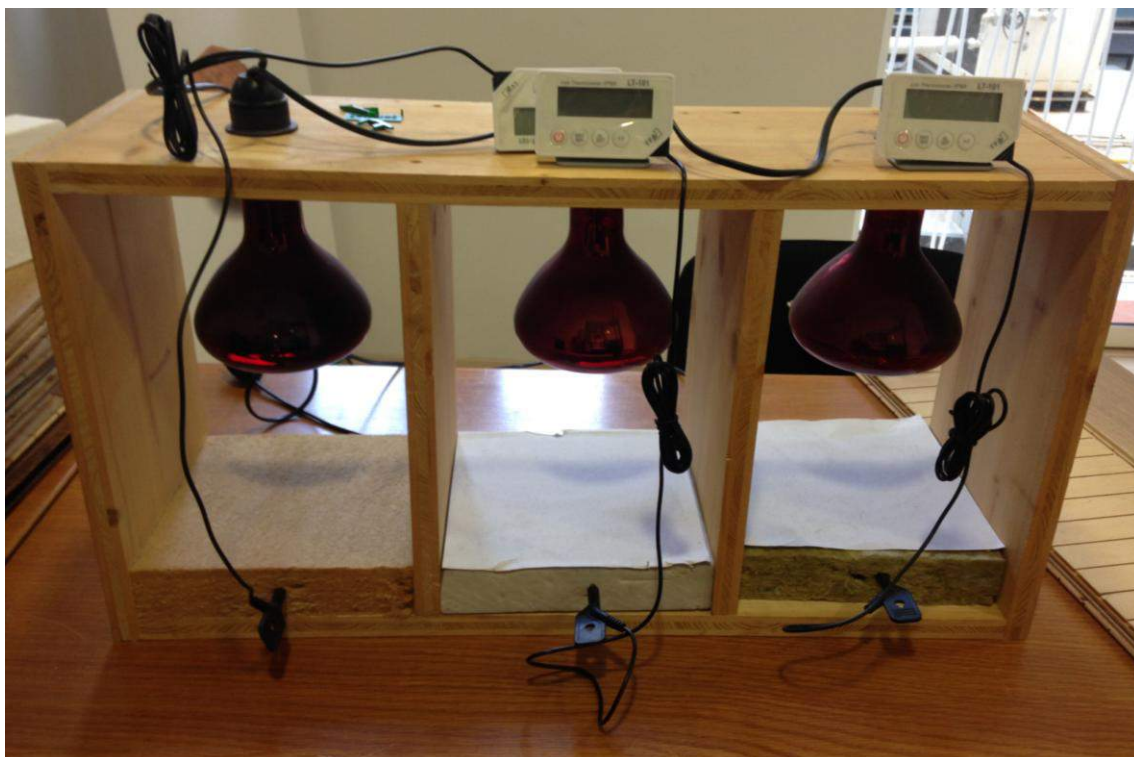


Fig. 6.11 - Verifica sperimentale delle capacità termiche dei tre materiali isolanti scelti: lana di legno, EPS, lana di roccia. Attraverso lo strumento è possibile avere un'idea immediata della loro resistenza al calore.

Il confronto, che prevede la simulazione di tre diverse tipologie di intervento, sarà effettuato tra i seguenti isolanti, appartenenti alla categoria degli isolanti sia naturali che sintetici:

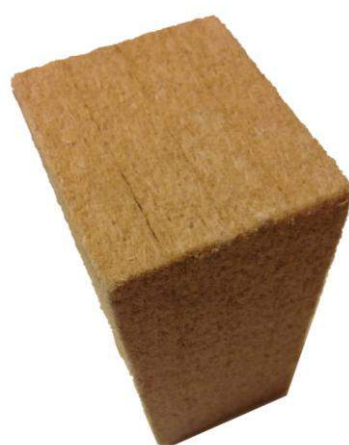
- 1.A.1.Lana di legno
- 1.A.2.EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato)
- 1.A.3 Lana di roccia.

Sulla base dei benefici riscontrati relativamente a diversi spessori, è stato scelto uno spessore medio di 60 mm, in quanto permette di ottenere, per tutti i materiali previsti, adeguati livelli di trasmittanza termica U, senza incidere eccessivamente sulla superficie interna calpestabile, una volta posato in opera. Uno spessore inferiore, invece, non sarebbe significativo, anche in termini di opportunità economica, vista l'incidenza della manodopera (circa il 10-19% dell'intervento) per ciascuno degli interventi trattati³.

1.A.1 - ISOLAMENTO MEDIANTE PANNELLI IN LANA DI LEGNO

I pannelli in lana di legno vengono prodotti attraverso la lavorazione di legname di scarto proveniente da segherie, silvicoltura sostenibile e dalla ripulitura dei boschi. La materia prima è, pertanto, sempre disponibile. Il processo di produzione richiede un consumo di energia relativamente basso e, infine, l'inquinamento dovuto alle acque di scarico può essere facilmente controllato.

I pannelli hanno buone caratteristiche di isolamento termoacustico, ed una buona capacità di accumulo del calore, che in estate si traduce nella capacità di rallentare il passaggio del calore dall'esterno all'interno. A differenza dei pannelli fibrosi minerali, non sono vulnerabili all'umidità, e mantengono buone caratteristiche isolanti anche quando sottoposti ad una condizione termoigrometrica interna non ottimale.



| | Isolamento dall'interno | Isolamento dall'esterno | Isolamento intercapedine | Cassero a perdere |
|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| Parete perimetrale | X | | X | |
| Parete interna | X | | X | |
| Parete controterra | X | | | |
| Copertura piana ispezionabile | | | | |
| Copertura piana pedonabile | | | | |
| Copertura piana carrabile | | | | |
| Copertura piana giardino | | | | |
| Copertura a falda struttura continua | | X | | |
| Copertura a falda struttura discontinua | | X | | |
| Solaio sottotetto | | X | | |
| Solaio su vespaio aerato | | | | |
| Solaio su ambiente non riscaldato | | | | |
| Solaio controterra | | | | |
| Impianti (tubazioni, caldaie...) | | | | |
| Cassonetti di finestre | | | | |

*TC = tetto caldo

Figg. 6.12 e 6.13 - Foto di un campione in lana di legno dello spessore di 80 mm e schema riassuntivo delle applicazioni più usuali. © Anit.

I pannelli in lana di legno si utilizzano per l'isolamento di intercapedini di strutture in legno o muratura, cappotti esterni ventilati e non, rivestimenti interni, coperture e solai di vario

tipo. I pannelli possono essere riutilizzati come combustibile (a meno che non siano trattati con bitume) oppure possono essere lavorati per produrre nuovi materiali isolanti.

Dai calcoli effettuati sull'edificio-campione, attraverso l'applicazione dall'interno del pannello, prevedendo anche un rivestimento in cartongesso (presente in ognuno dei tre casi di isolamento previsti), è possibile conseguire un livello di trasmittanza termica U pari a $0,25 \text{ W/m}^2\text{k}$, che riduce notevolmente il valore iniziale $U = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Si tratta di una riduzione del valore originario pari a circa il 37%, che consente di riportare il valore di trasmittanza U entro i limiti imposti dalla norma, con un significativo distacco, essendo la trasmittanza limite per la zona B pari a $0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ (D.M. 59/2009).

Una delle particolarità dell'isolante in lana di legno, risiede nell'elevata densità da esso posseduta rispetto agli altri materiali, a parità di spessore considerato. Nel mercato si trovano pannelli con densità variabile tra i 140 e i 300 kg/m^3 . Al crescere della densità decresce il valore di conducibilità termica λ , compreso solitamente tra $0,038$ e $0,047 \text{ W/m}^2\text{K}$, mantenendo comunque buoni livelli di coibenza termica.

È un materiale indicato soprattutto per i climi caldi, in quanto attraverso il suo utilizzo si riesce ad ottenere un elevatissimo livello di sfasamento termico, fondamentale per evitare la trasmissione del calore dall'esterno verso i locali interni dell'edificio.

Nel clima mediterraneo, in particolare relativamente alle condizioni climatiche della città di Palermo, con estati calde e lunghe ed inverni piuttosto miti, è fondamentale il controllo dell'inerzia termica e della massa superficiale, così come prescritto dal DPR n. 59/09 (articolo 4, comma 18) relativamente al controllo delle prestazioni limite in *Regime Estivo*.

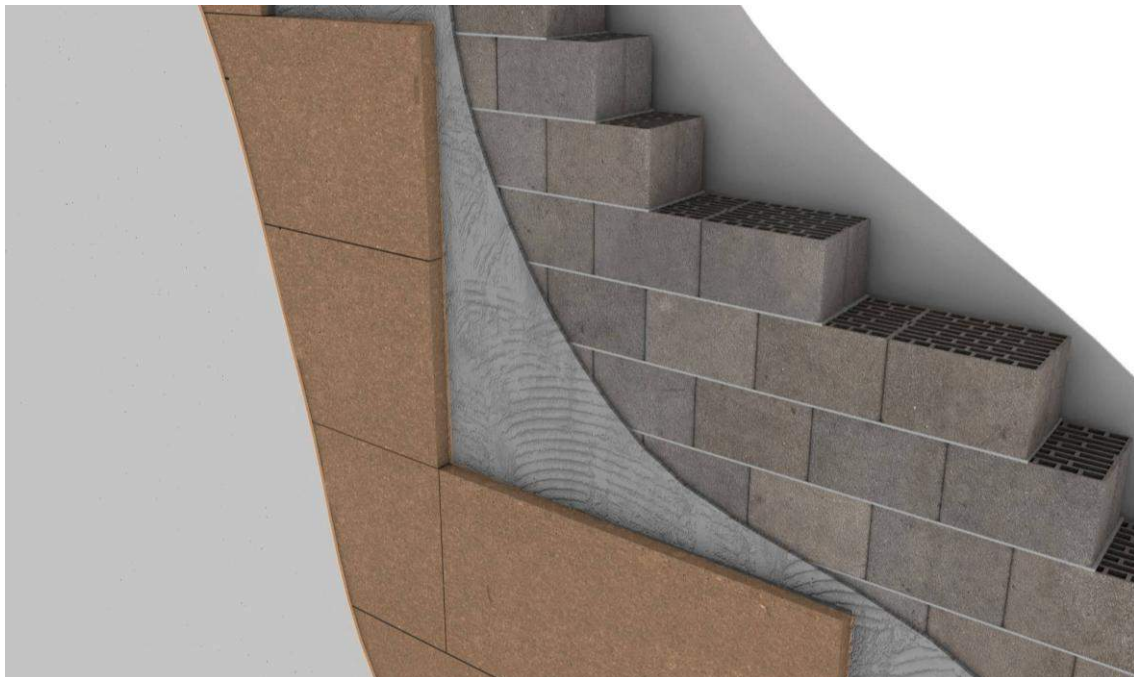


Fig. 6.14 - Immagine tridimensionale esemplificativa di un intervento di isolamento con pannelli in lana di legno da apporre all'interno delle pareti perimetrali dell'appartamento.

1.A.2. - ISOLAMENTO MEDIANTE EPS

Il Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS), noto comunemente come *polistirolo*, è composto da carbonio, da idrogeno e per il 98% da aria. Si presenta come un materiale rigido e di peso ridotto. È un materiale isolante di tipo sintetico, e deriva dal petrolio sotto forma di *stirene*. Il polistirene si ottiene attraverso la polimerizzazione dello stirene che si presenta sotto forma di piccole perle trasparenti.

Queste ultime si espandono fino a 20-50 volte il loro volume iniziale grazie al contatto con il pentano (idrocarburo gassoso) e al vapore acqueo a 90° C.

All'interno delle perle viene a formarsi una struttura a celle chiuse che trattiene l'aria; di conseguenza si determinano le ottime caratteristiche come isolante termico che caratterizzano l'impiego dell'EPS

Per sinterizzare lo stirene, si effettua un procedimento che risulta fondamentale per il raggiungimento dei livelli di prestazione termica finali del materiale, in particolare fondati su un bassissimo valore di conducibilità termica λ .

La prima fase consiste nella "pre-espansione" della materia prima, per mezzo di vapore a 90° C, in modo da far aumentare il volume delle perle contenute all'interno, di un valore fino a 20-50 volte maggiore, acquisendo la forma cellulare.

Dopo essere sottoposte ad un periodo di maturazione, in modo da eliminare il residuo di espandente e di vapore acqueo, vengono inserite in appositi stampi e re-saturate di vapore acqueo: a questo punto avviene il processo di sinterizzazione, che prevede la loro ulteriore espansione e il conseguente saldamento tra le stesse.

Si ottengono quindi sferette di schiuma di polistirene. La temperatura del vapore viene quindi innalzata per fare fondere la superficie esterna delle sferette. In seguito la parete mobile della camera si sposta come in una pressa e sinterizza il monoblocco di pallini di EPS. Solitamente questi blocchi devono essere tagliati in lastre per poter essere venduti, e il taglio può avvenire con un filo a caldo o con un filo a movimento intermittente.

La densità che si raggiunge è di 20-50 kg/m³.



| | Isolamento dall'interno | Isolamento dall'esterno * | Isolamento intercapedine | Cassero a perdere |
|---|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------|
| Parete perimetrale | X | X | X | X |
| Parete interna | X | X | X | X |
| Parete controterra | X | X | X | X |
| Isolamento pilastri in CLS | X | X | X | X |
| Copertura piana ispezionabile | X | TC | | |
| Copertura piana pedonabile | X | TC | | |
| Copertura piana carrabile | X | TC | | |
| Copertura piana giardino | X | TC | | |
| Copertura a falda struttura continua | X | X | | |
| Copertura a falda struttura discontinua | X | X | | |
| Solaio sottotetto | X | X | | |
| Solaio su vespaio aerato | X | X | | |
| Solaio su ambiente non riscaldato | X | X | | |
| Solaio controterra | X | | | |
| Impianti (tubazioni, caldaie...) | X | | | |
| Cassonetti di finestre | X | | | |

*TC = tetto caldo

Figg. 6.15 e 6.16 - Foto di un campione in EPS dello spessore di 80 mm e schema riassuntivo delle applicazioni più usuali. © Anit.

Alla fine del processo, si forma il blocco, da sottoporre ad una fase di stagionatura prima di essere lavorato.

Il polistirene espanso sinterizzato si trova, generalmente, in pannelli di colore bianco. Una prerogativa che lo rende estremamente versatile è la facilità con cui può essere colorato, sia con tinte lucide che opache. L'aggiunta del colore può essere fatta al momento dello stampaggio, fondendo il polistirene espanso nello stampo del pezzo insieme al pigmento colorante, oppure prima dello stampaggio, inglobando il pigmento nella massa del polimero.

Il materiale ha una conduttività termica ridotta grazie alla sua struttura cellulare chiusa, formata per il 98% di aria. Questa caratteristica gli conferisce un'ottima efficacia come isolante termico.

Esso non emana odori e non presenta rischi se posto a contatto con la pelle. Non è, tuttavia, caratterizzato da particolari prestazioni acustiche.

È permeabile al vapore acqueo, ma è impermeabile all'acqua. La permeabilità al vapore acqueo fa sì che all'interno di edifici ed ambienti isolati con polistirene - polistirolo espanso non si formino muffe.

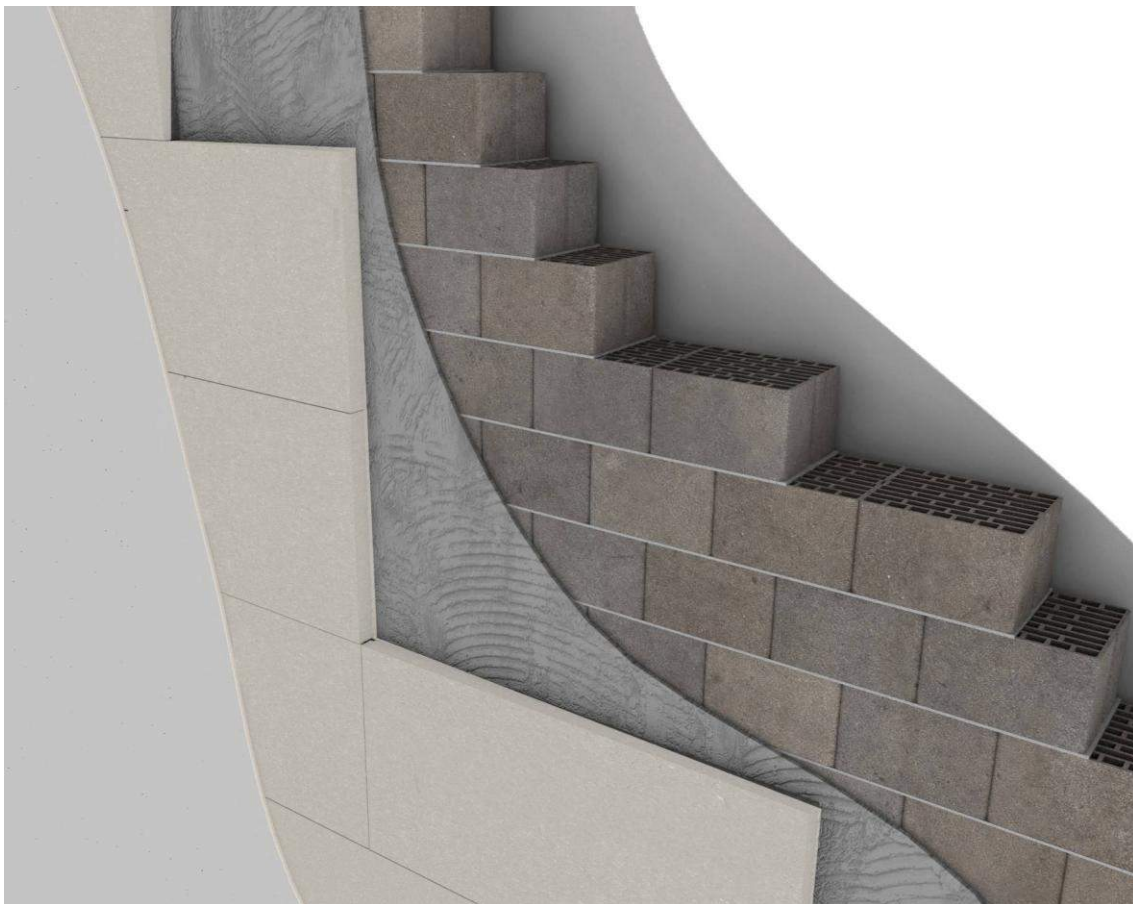


Fig. 6.17 - Immagine tridimensionale esemplificativa di un intervento di isolamento con pannelli in EPS da apporre all'interno delle pareti perimetrali dell'appartamento.

1.A.3. - ISOLAMENTO MEDIANTE LANA DI ROCCIA

La lana di roccia è un isolante di natura minerale. Si tratta di un silicato amorfo ricavato dalla roccia. È molto versatile, essendo particolarmente indicato come isolante termico, acustico e anche come materiale ignifugo ed altamente drenante. Tali proprietà sono dovute alla sua struttura macroscopica lanuginosa che attenua i rumori e che , inglobando grandi quantità d'aria, lo rende un ottimo isolante naturale, capace di resistere anche a temperature molto alte.



| | Isolamento dall'interno | Isolamento dall'esterno (*) | Isolamento intercapedine | Cassero a perdere |
|---|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Parete perimetrale | X | X | X | X |
| Parete interna | X | | X | X |
| Parete controterra | X | | X | X |
| Copertura piana ispezionabile | X | TC | | |
| Copertura piana pedonabile | X | TC | | |
| Copertura piana carrabile | X | TC | | |
| Copertura piana giardino | | | | |
| Copertura a falda struttura continua | X | X | | |
| Copertura a falda struttura discontinua | X | X | | |
| Solaio sottotetto | X | X | | |
| Solaio su vespaio aerato | X | X | | |
| Solaio su ambiente non riscaldato | X | X | | |
| Solaio controterra | X | X | | |
| Impianti (tubazioni, caldaie...) | X | | | |
| Cassonetti di finestre | X | | | |
| Ponti termici | X | | | |

*TC = tetto caldo

Figg. 6.18 e 6.19 - Foto di un campione in lana di roccia dello spessore di 80 mm e schema riassuntivo delle applicazioni più usuali. © Anit.

I pannelli in lana di roccia, inoltre, a parità di prestazioni termiche, hanno costi contenuti che spesso li rendono preferibili ad altri tipi d'isolante, come il sughero, ad esempio.

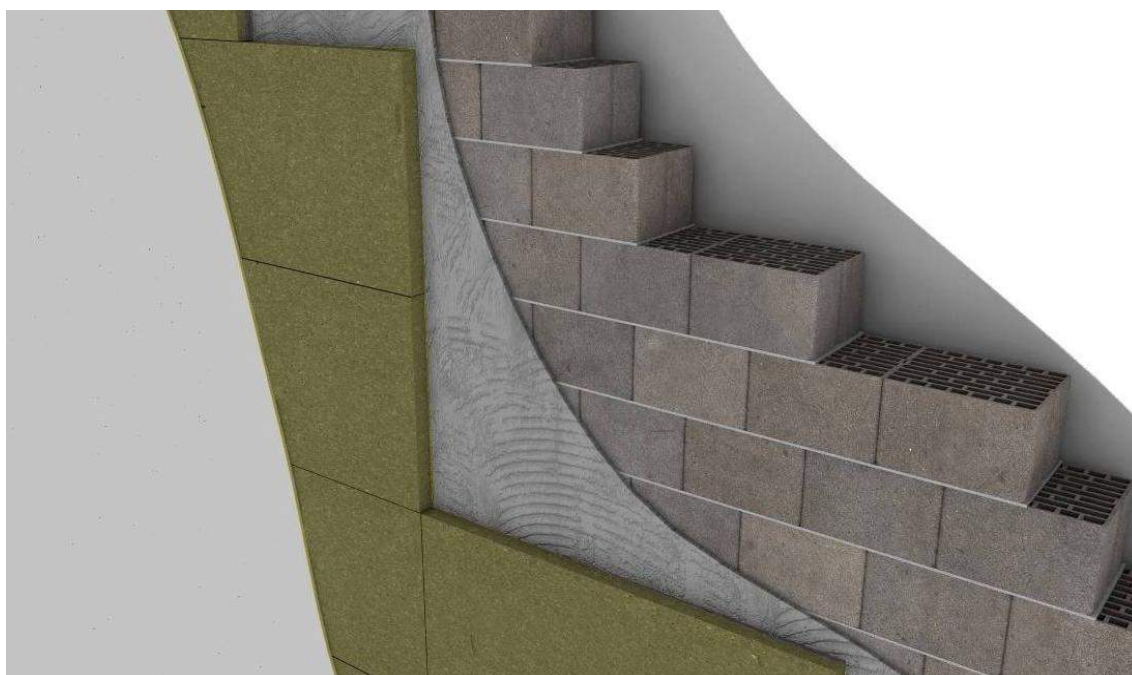


Fig. 6.20 - Immagine tridimensionale esemplificativa di un intervento di isolamento con pannelli in lana di roccia da apporre all'interno delle pareti perimetrali dell'appartamento.

RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI DI ISOLAMENTO DELL'INVOLUCRO OPACO

L'involucro opaco verticale da coibentare ha una superficie totale pari a 81,67 m². Dall'analisi delle pareti verticali opache, allo stato attuale risulta una trasmittanza di 0,67 W/m²K, e quindi superiore ai limiti di trasmittanza U prescritti dal D. Lgs. 192/2005 e s.m.i. per la zona di pertinenza. Calcolando le caratteristiche prestazionali più importanti conseguibili mediante l'apposizione dei pannelli descritti, si ottengono i dati contenuti nella Tabella 6.2. Sulla base di tali risultati, sono state individuate le percentuali di risparmio energetico possibili, ipotizzando esclusivamente l'intervento di isolamento con uno spessore di ciascun pannello pari a 60 mm.

Il vantaggio e le differenze sono evidenti e conducono alla scelta dei pannelli da destinare alle possibili combinazioni di intervento, insieme alle altre azioni previste, per creare i diversi scenari, dal più "profondo" a quello più semplice di mera apposizione dell'isolamento opaco (Tabella 6.2).

| CARATTERISTICHE TERMICHE DINAMICHE DELLA PARETE OPACA | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO | 1.A.1 LANA DI LEGNO | 1.A.2. EPS | 1.A.3. LANA DI ROCCIA |
|---|-----------------|----------------|---------------------|--------------|-----------------------|
| Massa superficiale Ms [kg/m ²] | 230 | 255 | 315 | 268 | 282 |
| Trasmittanza termica periodica Y _{ie} [W/m ² K] | 0,12 | 1,51 | 0,015 | 0,023 | 0,020 |
| Trasmittanza termica lineare U [W/m ² K] | 0,48 | 0,67 | 0,24 | 0,22 | 0,23 |
| Fattore di attenuazione f _d | <0,15 | 2,2 | 0,062 | 0,097 | 0,084 |
| Sfasamento S [h] | >12 | 2,6 | 18,74 | 15,02 | 16,47 |

Tab. 6.2 - Confronto delle caratteristiche termiche dell'involucro, prima e dopo i tre possibili interventi di isolamento dell'chiusure vetticali opache.

Dalla tabella si può osservare come la trasmittanza si riduca notevolmente in ciascuno dei tre casi analizzati e confrontati, fino ad arrivare ad una trasmittanza di 0,22 W/m²K (3 volte inferiore rispetto allo stato di fatto) ottenibile mediante l'apposizione di uno strato di 60 mm di EPS. Tuttavia, come osservato, occorre prestare attenzione anche a tutte le altre caratteristiche termiche inserite in colonna, e confrontare anche i vantaggi e gli svantaggi associati a ciascun materiale, prima di poterne giudicare la convenienza.

La valutazione è stata estesa, dal calcolo delle prestazioni termiche dell'involucro edilizio, riassunte nella Tabella precedente, al calcolo di quelle globali dell'appartamento,

in termini di fabbisogno energetico annuo dell'abitazione (kWh/m^2 anno) e di energia primaria per la climatizzazione, come riportato in Tabella 6.3.

| RISULTATI ENERGETICI | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO | 1.A.1 LANA DI LEGNO | 1.A.2. EPS | 1.A.3. LANA DI ROCCIA |
|---|-----------------|----------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| Fabbisogno energetico annuo per la climatizzazione invernale [kWh/m^2 anno] | - | 28 | 11,2 | 16,8 | 14 |
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP_i [kWh/ m^2 anno] | 12,8 | 31 | 12,4 | 18,6 | 15,5 |
| Indice di prestazione energetica TOTALE annuo EP [kWh/ m^2 anno] | - | 135 | 83,1 | 100,4 | 91,7 |
| Risparmio energetico in termini di EP_i e EP_e % | - | - | 60% | 40% | 50% |

Tab. 6.3 - Prestazioni energetiche finali associate a ciascuno dei tre interventi di isolamento termico dell'involucro opaco e percentuale di risparmio energetico rispetto allo stato di fatto.

I dati dimostrano l'efficacia di un intervento di isolamento delle chiusure verticali opache, che, anche da solo, può portare ad un notevole risparmio energetico ed al passaggio da una classe energetica molto bassa, come la classe F_i dello stato di fatto, alla classe C_i , per esempio, con un indice $EP_i = 12,4 \text{ kWh/ m}^2 \text{ anno}$ (Tabella 6.3).

Lo stesso intervento, permette di ridurre l'indice di prestazione globale (invernale) EP_{gl} , da $60,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, corrispondente alla classe energetica globale F_{gl} , al valore di $41,6 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, e alla relativa classe energetica globale E_{gl} .

La previsione finale della convenienza associata a ciascuna azione di retrofit, tuttavia, non può prescindere da una valutazione di natura economica, tale da analizzare l'investimento nell'orizzonte temporale, permettendo la stima del tempo di ritorno.

Il costo relativo a ciascuno dei materiali suddetti e la sua valutazione saranno oggetto di trattazione nel prossimo Capitolo, che affronta il rapporto costi-benefici degli scenari di intervento proposti e la loro valutazione secondo gli indici finanziari e il tempo di ritorno dell'investimento prefigurato.

6.1.1.3 Chiusure verticali trasparenti

Dall'*audit* energetico effettuato sull'immobile e dal rilievo degli elementi tecnico-dimensionali dell'involucro edilizio, è emersa l'inadeguatezza dei componenti finestrati, pressoché omogenei in tutti i livelli del fabbricato e obsoleti dal punto di vista energetico e funzionale. La notevole dispersione di calore ad essi imputata, rende necessaria la

sostituzione degli stessi e la valutazione dei benefici ottenibili, prefigurandone tre soluzioni diverse.

In seguito a tale valutazione, si dimostrerà come l'intervento di sostituzione degli infissi, pur essendo il più costoso in termini di spesa iniziale, consenta comunque una notevole riduzione del fabbisogno energetico annuo, ascrivibile anche alla possibilità di correggere i ponti termici in corrispondenza dei componenti finestrati e del telaio, e di eliminare le infiltrazioni d'aria, mediante l'inserimento di infissi a buona tenuta.

I serramenti rilevati all'interno dell'appartamento, in vetro semidoppio di spessore 4 mm e con telaio in alluminio ($U = 6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$), sono stati installati almeno 30/40 anni fa, secondo criteri e tecnologie obsolete rispetto agli attuali sistemi presenti in commercio, capaci di assicurare elevati livelli di comfort interno senza precludere la possibilità di avere ampie superfici vetrate.

La superficie trasparente costituisce una percentuale non indifferente della superficie disperdente verticale: l'elevata trasmittanza termica $U = 6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ che li caratterizza determina, dunque, una caduta di prestazione complessiva dell'involucro.

Di seguito sarà riportato un confronto fra diverse soluzioni di sostituzione degli infissi, e fra i risultati energetici ottenibili, per ciascuno di essi.

Il calcolo della trasmittanza termica è stato effettuato tenendo conto della normativa UNI EN 10077 – 1 e i confronti condotti secondo la tabella contenuta nel D. Lgs. 192/2005, riportante i valori limite di trasmittanza delle chiusure trasparenti, per ciascuna zona climatica.

Il valore di trasmittanza termica U massimo consentito per Legge a Palermo, è pari a $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Se confrontato con il valore $U = 6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ dello stato di fatto, risulta opportuno agire con una sostituzione integrale del serramento, comprensiva di componente vetrato e telaio. Oggi alcuni dei sistemi più diffusi in commercio prevedono:

- doppio vetrocamera con intercapedine d'aria;
- doppio vetrocamera con intercapedine di gas argon;
- doppio vetrocamera con intercapedine di gas krypton;
- triplo vetrocamera con intercapedine d'aria;
- triplo vetrocamera con intercapedine di gas argon;
- triplo vetrocamera con intercapedine di gas krypton,

ciascuno da inserire in un telaio che ne garantisca le prestazioni complessive richieste.

Oltre alla scelta del sistema tecnologico più idoneo, di volta in volta, è possibile variare lo spessore delle lastre e delle intercapedini, ed eventualmente optare per un vetro bassoemissivo, in grado di ridurre, in estate, il calore solare entrante fino al 75%, e di trattenere il calore generato dai sistemi di riscaldamento in inverno fino al 30%, contribuendo significativamente a portare al massimo l'efficienza energetica in ogni stagione.

Una prima determinazione prestazionale, che ha risvolti sul valore U complessivo, riguarda l'abbinamento dei profili con cui esso è costituito, poiché un serramento è, in

generale, tanto più termicamente performante quanto più performante è il nodo ottenuto dai profili costituenti. Si determinano le prestazioni termiche dei profili principali attraverso la normativa di riferimento UNI EN 12412 – Parte 2, ottenendo i seguenti valori⁴:

| Profilo di riferimento per test sul nodo | Trasmittanza termica del profilo U_f [W/m ² K] |
|--|---|
| Telaio 60 mm | 1,6 |
| Telaio 70 mm | 1,3 |

Tab. 6.4 - Trasmittanza termica dei profili del serramento. (UNI EN 12412 - Parte 2)

Tutti gli elementi elencati contribuiscono a diverso titolo nel calcolo della trasmittanza globale del serramento U_w , funzione della trasmittanza U_g della vetratura e di quella U_f del telaio.



Figg. 6.21-24 - Rassegna di alcune tipologie di infisso composto da vetrocamera con una o due camere e telaio, rispettivamente in legno-PVC, legno e alluminio con taglio termico. © Finestrafacile.

Le soluzioni di sostituzione degli infissi esistenti possono essere sintetizzate in tre alternative principali, ritenute le più idonee ai fini della presente trattazione e del rispetto delle normative:

INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI

1.B.1. Infissi con trasmittanza termica $U = 1,2$ W/m²K;

1.B.2. Infissi con trasmittanza termica $U = 1,6$ W/m²K;

1.B.3. Infissi con trasmittanza termica $U = 2,1$ W/m²K.

Tali interventi sono stati selezionati in funzione degli infissi comunemente disponibili in commercio e adattabili al caso delle residenze, e che, per raggiungere il valore di U_w che li contraddistingue nell'elenco, presentano le seguenti caratteristiche:

1.B.1: Infissi con telaio in PVC, vetrocamera low-E, camera con argon e $U_w = 1,2$ W/m²k. Si tratta di un doppio vetrocamera basso-emissivo con intercapedine riempita di gas argon, 6-20-6 mm, e telaio in PVC; classe di permeabilità all'aria 4 (UNI EN 12207⁵); classe di tenuta all'acqua 9A (UNI EN 12208⁶); classe di resistenza al vento c5 (UNI EN 12210⁷); marcatura CE secondo la norma UNI EN 14351-1⁸, abbattimento acustico non inferiore a 40 dB, comportamento al fuoco Classe 1 autoestinguente⁹.

1.B.2: Infissi con telaio in PVC, vetrocamera low-E, camera con aria e $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{k}$; soluzione composta da vetrocamera basso-emissivo e intercapedine con aria, 6-20-6 mm, telaio in PVC, e caratteristiche acustiche, di resistenza a fuoco e di tenuta all'aria, pari a quelle precedentemente indicate, così come stabilito dalle leggi vigenti in materia.

1.B.3: Infissi con telaio in alluminio, taglio termico, camera con aria e $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{k}$. Quest'ultima soluzione prevede un serramento composto da vetrocamera basso-emissivo con intercapedine in aria, 6-12-6 mm, telaio in alluminio con taglio termico e caratteristiche acustiche, di resistenza a fuoco e di tenuta all'aria pari a quelle delle altre due tipologie di infisso precedentemente descritte.

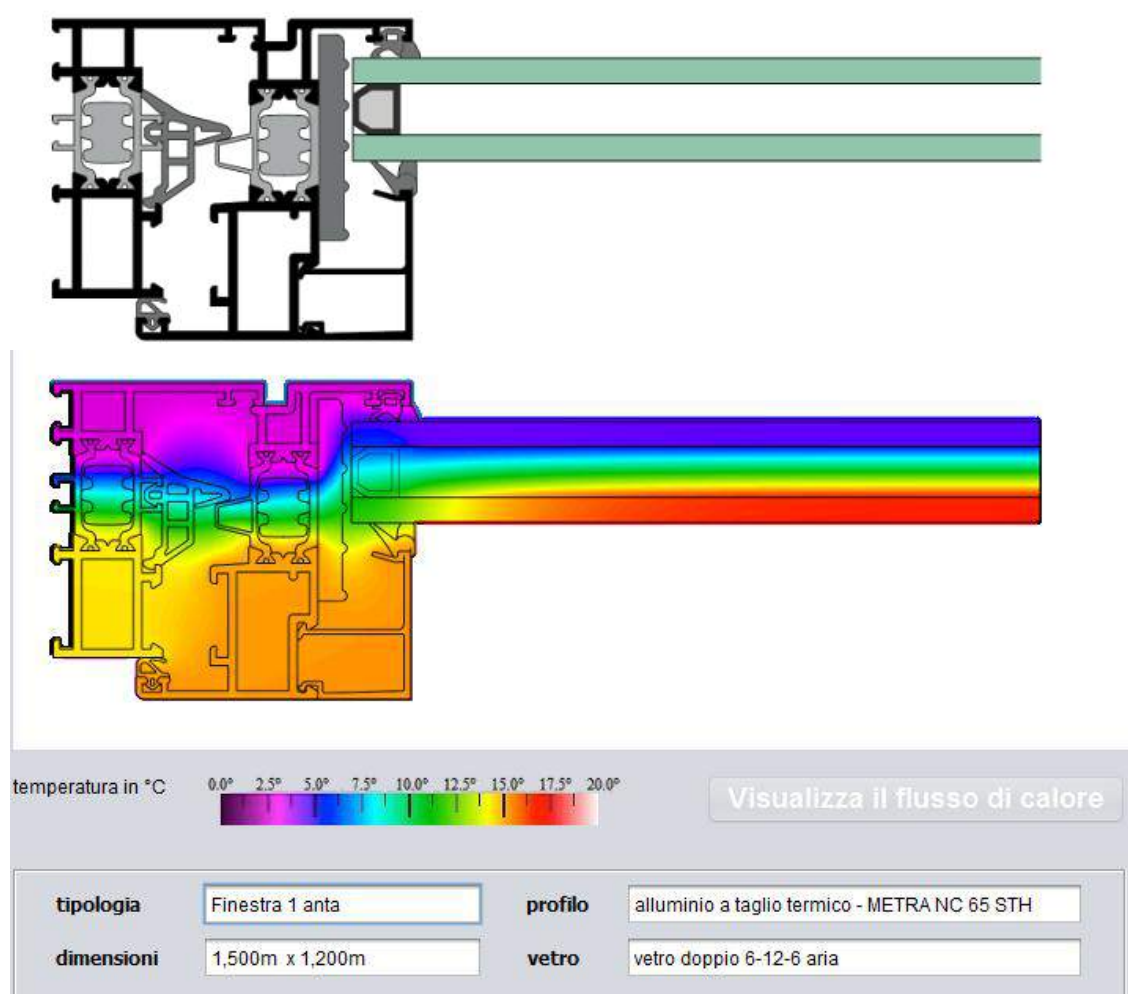


Fig. 6.25 - Valutazione del flusso di calore che attraversa un infisso in alluminio e della presenza di ponti termici, realizzata mediante il software di simulazione termica UPAD © PADesign srl.

RIEPILOGO CONCLUSIVO DEGLI INTERVENTI DI SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI

La parte di involucro vetrata rappresenta il 20% di tutta la superficie verticale confinante con l'esterno. Gli infissi sono prevalentemente esposti alla radiazione solare di sud-ovest, in particolare in corrispondenza delle verande che costituiscono i collegamenti a terrazza

di via Empedocle Restivo, andando ad incrementare notevolmente i carichi termici interni, soprattutto nei mesi caldi.

Il rilievo condotto durante la fase di *audit*, ha inoltre mostrato un valore di trasmittanza di $6,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, che supera i limiti di $U_w = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, prescritti dal D. Lgs. 192/2005 e s.m.i. (cfr Capitolo 5).

Le tre soluzioni descritte sono state simulate singolarmente, e valutate in funzione alla riduzione dei consumi energetici ottenibile per ciascuna di esse, a parità degli altri elementi costituenti l'involucro.

Sulla base di tali risultati, la Tabella 6.5 riporta i dati principali relativi al risparmio energetico conseguibile nei tre casi di sostituzione degli infissi, sia in termini di fabbisogno energetico annuo sia in termini di Energia Primaria necessaria per riscaldare l'unità immobiliare e portarla ai convenzionali livelli di comfort termo-igrometrico, da confrontare con il valore di $EP_{i,limite}$ fissato dalla normativa.

| RISULTATI ENERGETICI | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO | 1.B.1 INFISSO U = 1,2 | 1.B.2 INFISSO U = 1,6 | 1.B.3 INFISSO U = 2,1 |
|---|-----------------|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Fabbisogno energetico annuo per la climatizzazione invernale [kWh/m ² anno] | - | 28 | 5,6 | 8,4 | 12,6 |
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP_i [kWh/ m ² anno] | 12,8 | 31 | 6,2 | 9,3 | 14 |
| Indice di prestazione energetica TOTALE annuo EP [kWh/ m ² anno] | - | 135 | 65,8 | 74,5 | 87,4 |
| Risparmio energetico in termini di EP_i e EP_e % | - | | 80% | 70% | 55% |
| Risparmio energetico in termini di EP totale % | | | 51% | 45% | 35% |

Tab. 6.5 - Prestazioni energetiche finali associate a ciascuno dei tre interventi di sostituzione degli infissi.

Per una immediata comprensione dei benefici ottenibili attraverso un intervento di sostituzione dei serramenti, si pensi alla veranda confinante con l'edificio di via Empedocle Restivo. Si tratta di un collegamento a terrazza di 27 m^2 di superficie calpestabile, chiuso su tutti i lati in un'epoca successiva alla realizzazione dell'edificio, e che oggi rappresenta uno dei locali più utilizzati e vissuti durante le principali ore del giorno, in quanto per lo più adibito a sala pranzo, soggiorno, sala tv, ecc. A causa della sua esposizione, rappresenta la stanza più svantaggiata dal punto di vista climatico:

un'intera parete è esposta a sud-ovest, e sottoposta quindi alla radiazione solare incidente durante buona parte del giorno, e in tutti i mesi dell'anno.

Risulta evidente come un sovraccarico termico, durante i mesi più caldi, possa rendere invivibile tale ambiente, con conseguente ricorso ad un elevato uso di mezzi meccanici necessari al suo raffrescamento.



Fig. 6.26 - Vista tridimensionale di una veranda tipo dell'edificio, con i serramenti privi di sistemi oscuranti.

Si vuole valutare e quantificare tale condizione, in termini di carico termico e di fabbisogno energetico necessario alla climatizzazione dell'ambiente, principalmente adibito a soggiorno, e confrontarla con quella successiva ad un intervento di sostituzione degli infissi esistenti con altri più efficienti.

Tramite il software *Ecotect Analysis* è stata effettuata un'analisi sull'irraggiamento medio incidente sulla parete esposta a sud-ovest della veranda, costituita per il 55% da superficie vetrata, priva di sistemi oscuranti (9 m²).

Dall'indagine termica condotta, risulta che gli infissi a bassissime prestazioni e minima classe di tenuta d'aria e vento, siano responsabili della maggior parte delle dispersioni di calore durante l'inverno, e degli eccessivi carichi termici estivi, unitamente alla mancanza di adeguati sistemi di ombreggiamento.

In seguito alla simulazione post-intervento di sostituzione degli infissi e grazie all'apposizione di uno schermo solare (veneziana) è possibile stimare un risparmio del 40% tra la situazione *pre* e *post* intervento, con notevoli ripercussioni positive anche in termini di costo annuo della bolletta elettrica.

6.1.1.4 Sistemi di schermatura solare

In un clima caldo e con un elevato valore di irradianza $I_{m,s}$, pari a 323 W/m^2 , quale la città di Palermo, una delle più frequenti cause di *discomfort* interno è dovuta all'eccesso di radiazione solare incidente nei locali interni. Come conseguenza, si registra un surriscaldamento generale dell'abitazione e la necessità di ricorrere a tempi più prolungati di accensione degli eventuali sistemi di raffrescamento "attivo" (climatizzatori). In questo modo, aumentano i consumi energetici e le spese da affrontare per il sostentamento di quest'ultimo. Risulta, dunque, opportuno ridurre l'energia termica in ingresso, con opportuni accorgimenti che permettono di schermare i raggi solari diretti, soprattutto nelle ore più calde, consentendo al contempo il loro ingresso durante i mesi freddi.

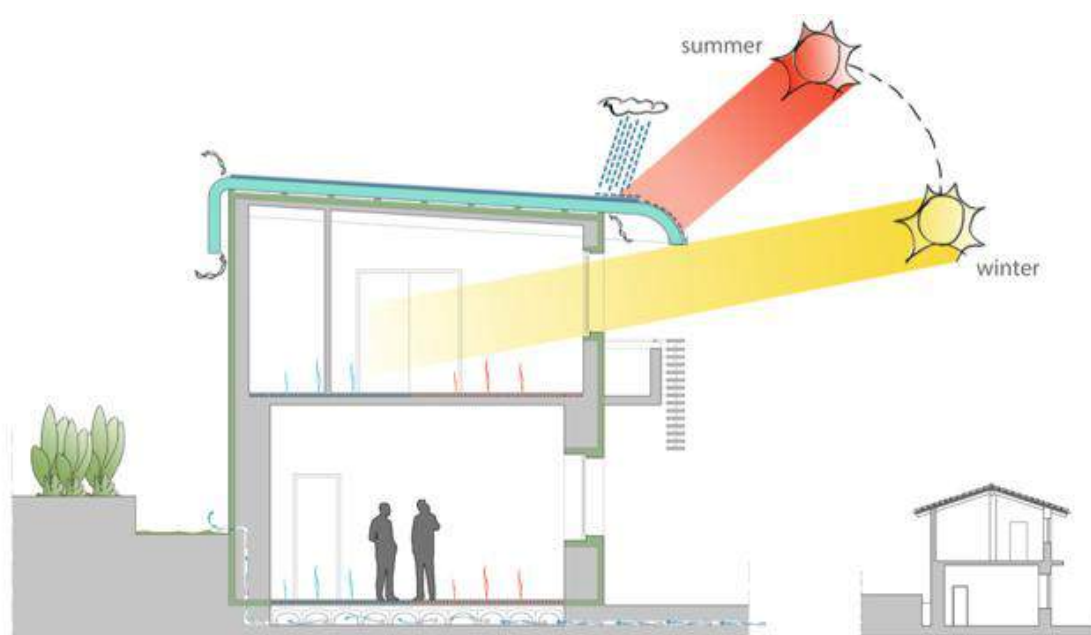


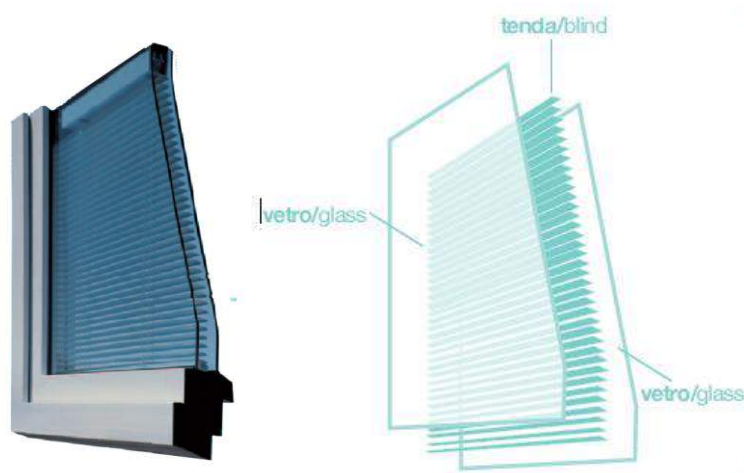
Fig. 6.27 - Schema di radiazione solare in ingresso durante l'anno. © ANCE Catania.

Esistono diversi dispositivi che permettono di filtrare la radiazione solare, come i diffusi *brise-soleil* da apporre esternamente all'involucro vetrato. Oggi le nuove tecnologie rendono possibile l'adattamento del sistema di ombreggiamento alle condizioni climatiche e al periodo dell'anno, in modo da ottimizzare l'energia in ingresso in funzione delle esigenze interne, compresa la necessità di illuminazione naturale.

Nei casi in cui non sia possibile, per diverse ragioni, agire sull'involucro dall'esterno, è necessario ricorrere a sistemi che consentono di ridurre l'irraggiamento solare agendo per mezzo dell'infisso stesso. È il caso dei vetri selettivi e fotocromici e, in particolare, dei sistemi di schermatura appositamente inseriti all'interno del vetrocamera.

Il sistema di schermatura solare scelto per l'intervento di retrofit è costituito da un meccanismo di veneziana a lamelle metalliche in alluminio, spessore 12 mm, integrata nella camera d'aria dei vetri. Il sistema è di tipo motorizzato con lamelle orientabili e sollevabili con telecomando *wireless*.

Mediante un confronto effettuato tra i risultati dei sistemi con e senza veneziana, è stato stimato che il sistema permette di raggiungere un risparmio energetico pari al 6%, sull'intero fabbisogno energetico annuo dell'appartamento.



Figg. 6.28 e 6.29 - Infissi con veneziane metalliche inglobate. © Brushless Systems.

Tale risparmio è stato calcolato a partire dalla valutazione del fabbisogno energetico dell'appartamento prima e dopo l'apposizione delle veneziane all'interno del vetrocamera, a parità degli altri elementi costituenti l'involucro sia opaco che trasparente. L'intervento prevede l'apposizione delle veneziane solo laddove non siano già presenti i sistemi di oscuramento realizzati mediante avvolgibili. Tale condizione si verifica soltanto in corrispondenza degli infissi della veranda, e per un'estensione superficiale totale di 9 m².

Si stima un risparmio del 6% sul totale dei consumi energetici annuali dell'appartamento, con un risparmio annuo in bolletta di circa 200 euro, a conferma della notevole incidenza dei carichi termici dovuti all'irraggiamento solare e all'esposizione dell'edificio sul totale del fabbisogno energetico.

| RISULTATI ENERGETICI | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO | 1.C VENEZIANE |
|---|-----------------|----------------|---------------|
| Indice di prestazione energetica TOTALE annuo EP [kWh/ m ² anno] | - | 135 | 126,4 |
| Risparmio energetico in termini di EP_i e EP_e % | - | - | 10% |
| Risparmio energetico in termini di EP totale % | - | - | 6% |

Tab. 6.6 - Prestazioni energetiche associate all'inserimento della veneziana in corrispondenza degli infissi sprovvisti di sistema di schermatura solare.

6.1.2 Inserimento di sistemi di illuminazione più efficienti

L'obsolescenza funzionale ed energetica degli edifici esistenti dipende in buona parte anche dalle apparecchiature elettriche utilizzate. In Italia, la quota annua di energia elettrica destinata all'illuminazione rappresenta almeno il 13% del consumo totale di elettricità nel comparto, con un conseguente peso sulla bolletta energetica.

Gli accorgimenti per una riduzione dei consumi legati all'illuminazione domestica non possono prescindere, ovviamente, da un uso razionale della stessa, a partire dallo sfruttamento dell'illuminazione naturale, nella misura maggiore possibile.

Un contributo in tale direzione è ottenuto mediante l'installazione di sistemi per il controllo del flusso luminoso, come sensori di presenza, *dimmer* (o "varialuce", dispositivo elettronico che regola la luce limitandone la potenza e l'intensità luminosa), interruttori crepuscolari o temporizzati e regolatori di flusso in grado di "dosare" la luce in base alle condizioni naturali. Questi dispositivi permettono di risparmiare fino al 50% dell'energia elettrica, soprattutto se applicati in edifici per uffici o commerciali, e per grossi complessi immobiliari.

Un aspetto che, in particolare nelle abitazioni, influisce in modo determinante nella valutazione dei consumi energetici ed elettrici finali, è rappresentato dalla scelta delle lampadine, che può avere un effetto decisivo sul risparmio energetico complessivo. La presenza di un sistema di illuminazione molto efficiente incide notevolmente nel calcolo dei carichi termici, con svantaggio non solo di rendimento ma di surriscaldamento interno dei locali. Alcuni studi statistici hanno dimostrato che, in estate, il carico termico dovuto ad un'illuminazione non performante in un appartamento destinato a residenza di circa 120 m² può incidere anche del 30% sul carico termico globale (Enea 2009).

Di seguito, sono riportati alcuni dei sistemi di illuminazione più diffusi con la relativa efficienza luminosa, espressa in lumen/Watt (lm/W):

1. Lampade ad incandescenza: 11-18 lm/W;
2. Lampade alogene: 15 - 20 lm/W;
3. Lampade fluorescenti o "CFL": 52-80 lm/W;
4. Lampade a LED: 67 - 120 lm/W.

| | A incandescenza | Alogene | CFL | LED |
|-----------------------------------|---|---|---|---|
| Criterio |  |  |  |  |
| Lumen (lm) | 660 | 700 | 740 | 810 |
| Watt (W) | 60 | 46 | 14 | 12 |
| Efficienza (lm/W) | 11 | 15 | 52 | 67 |
| Durata di vita utile (ore) | 1000 | 2000 | 10000 | 30000 |
| Costi di acquisto (€) su 10 anni* | 10 | 20 | 9 | 10 |
| Costi energetici (€) su 10 anni* | 120 € | 92 € | 28 € | 24 € |
| Costi totali (€) su 10 anni* | 130 € | 112 € | 37 € | 34 € |

Fig. 6.30 - Confronto fra requisiti di potenza e durata dei più comuni sistemi di illuminazione ©Legambiente.

I dispositivi più "energivori" sono i tradizionali bulbi ad incandescenza, a causa della quantità di energia che disperdono sotto forma di calore: nel 2009, per questa ragione, l'Unione Europea ha ritirato dal commercio le lampade ad incandescenza¹¹.

Alla famiglia delle lampade ad incandescenza appartengono anche le lampade alogene, che si caratterizzano per una maggiore efficienza luminosa, un'ottima resa cromatica e, infine, per una vita utile di circa il doppio delle normali lampade ad incandescenza.

Le lampade fluorescenti, dette anche a *risparmio energetico*, sono molto più efficienti delle precedenti, e illuminano grazie ad una scarica generata da una differenza di potenziale tra due elettrodi immersi in un gas. In commercio esistono in diverse tipologie: lampade fluorescenti tubolari, lampade fluorescenti tubolari ad alta frequenza, lampade fluorescenti compatte e lampade fluorescenti compatte integrate elettroniche. Presentano un'efficienza luminosa che varia da 52 a 80 lumen/watt, con una conseguente riduzione dei consumi di energia elettrica (anche fino all'80%) che si avrebbero impiegando comuni lampade ad incandescenza di equivalente flusso luminoso: una lampada fluorescente compatta da 20 W è in grado di fornire lo stesso flusso luminoso di una lampada ad incandescenza da 100 W, con una durata fino a dieci volte superiore e circa il 7% - 15% di risparmio annuo sulla bolletta (Tabella 6.7).

| Lampade ad Incandescenza | CFL (Fluorescenti Compatte) | LED |
|--------------------------|-----------------------------|------|
| 9 W | -- | 1 W |
| 27 W | 5 W | 3 W |
| 45 W | 10 W | 5 W |
| 63 W | 14 W | 7 W |
| 81 W | 18 W | 9 W |
| 108 W | 24 W | 12 W |

Tab. 6.7 - Confronto tra il flusso luminoso e l'efficienza delle lampade ad incandescenza, fluorescenti compatte (CFL) e a LED.

Le lampade fluorescenti compatte, hanno un costo iniziale maggiore rispetto ai tradizionali modelli ad incandescenza, ma garantiscono una superiore efficienza e anche una durata di vita più lunga, oltre che un minore impatto ambientale: se si considera un appartamento standard composto da cucina, salotto, camera da letto, bagno e disimpegno, si osserva che, illuminando ogni ambiente con una lampada fluorescente compatta al posto di una a incandescenza, si riesce a risparmiare più del 75% di energia elettrica all'anno per l'illuminazione¹².

Sostituire le lampade ad incandescenza con lampade fluorescenti risulta, pertanto, estremamente vantaggioso, poiché il maggiore costo di acquisto per queste ultime, si recupera in brevissimo tempo grazie al risparmio energetico ottenibile.

L'utilizzo di tali lampade è indicato soprattutto per quei luoghi in cui è necessario un uso prolungato dell'illuminazione (per esempio in cucina) ed è meno adatto quando la richiesta d'illuminazione è discontinua e necessaria solo per pochi istanti, poiché potrebbe inficiarne la durata di vita utile.

Tra le lampade fluorescenti tradizionali sono da annoverarsi anche le comuni lampade al neon (55-65 lumen/Watt) disponibili in diverse dimensioni, forma e potenza. Hanno una vita utile di circa 10.000 ore e, a parità di luce emessa, consumano un quinto delle comuni lampade ad incandescenza. L'uso domestico di queste lampade è limitato dall'inconveniente del maggior ingombro rispetto a quelle tradizionali e dal fatto che alcuni tipi raggiungono la massima intensità luminosa solo dopo alcuni secondi, dal momento dell'accensione.

Infine, da un paio di anni sta riscuotendo successo la tecnologia a LED. I progressi più recenti, in particolare, hanno permesso di limitare i piccoli inconvenienti iniziali, tra cui la presenza di diodi poco "confortevoli" che portava ad un eccesso di componente bianca o azzurra. Oggi sono in commercio sistemi di illuminazione a LED di diverse tipologie e gradazioni di colore, con prezzi meno alti che in passato, anche se meno economici rispetto agli altri dispositivi illuminanti, ma sicuramente ineguagliabili in termini di rapporto costi-benefici. La durata di vita utile risulta superiore rispetto a qualunque altra: le lampade che sfruttano la tecnologia a LED mantengono l'80% dell'emissione luminosa iniziale ancora dopo 50.000 ore (30 volte più a lungo delle lampade ad incandescenza), e il loro utilizzo può essere protratto ancora, fino alla completa perdita di luminosità, stimata in 100.000 ore (CEI EN 50107¹³).

Da un confronto con le altre fonti di illuminazione più conosciute, il risparmio ottenuto mediante un sistema a LED, può essere così stimato (Figura 6.29):

1. 80-90% rispetto alle lampade ad incandescenza;
2. 80% rispetto alle lampade alogene;
4. 30-40% rispetto alle lampade fluorescenti e "a risparmio energetico"¹⁴.

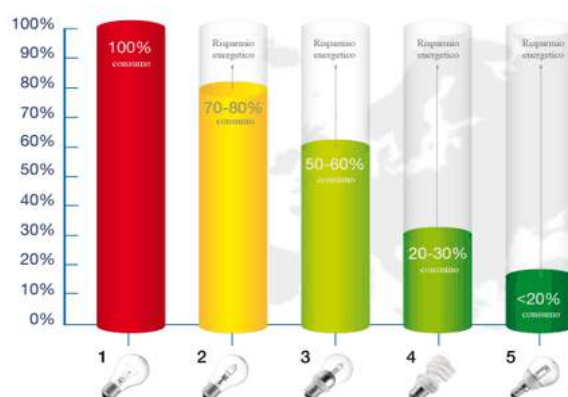


Fig. 6.29 - Risparmi energetici conseguibili con alcune lampade in commercio: 1. ad incandescenza; 2. ad incandescenza migliorate o alogene; 3. ad incandescenza con rivestimento a infrarossi; 4. fluorescenti compatte (CFL); 5. a LED. © Commissione europea 2020.

Come si può dedurre dai dati riportati e come conformato dalle valutazioni del Capitolo successivo, estese al rapporto costi-benefici, la tecnologia a LED risulta essere la soluzione più efficiente, più ecologica e più economica, sia rispetto alle datate e ormai fuori commercio lampade ad incandescenza, sia rispetto alle lampade a fluorescenza o a risparmio energetico.

Nel nostro caso, l'intervento di sostituzione delle lampade prevede l'installazione di lampade a LED, con una resa luminosa simile a quella esistente, in modo da garantire la corretta illuminazione artificiale all'interno degli ambienti domestici.

Mantenendo lo stesso numero di lampade e lo stesso flusso luminoso dello stato di fatto, si è scelto di installare lampade a LED di potenza pari a 12 W, a sostituzione delle 15 lampade ad incandescenza con potenza pari a 100 W.

Per stimare l'incidenza dell'illuminazione artificiale sui carichi termici interni globali dell'appartamento, si deve tenere conto dei seguenti dati:

- 15 apparecchi illuminanti;
- potenza di 12 W per ciascun apparecchio a LED;
- 6 ore di accensione giornaliera.

Ricordando che la superficie dell'appartamento è pari a 170 m², è dunque possibile ricavare il consumo energetico annuo dell'impianto illuminante, per unità di superficie:

$$EP_{III} = (15 \times 12 \text{ W} \times 6 \text{ h} \times 365 \text{ gg}) / 170 \text{ m}^2 = 2,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Ipotizzando di lasciare invariata la condizione esistente dell'appartamento e cambiare soltanto le lampade con i sistemi suddetti, è possibile stimare una riduzione dei consumi energetici totali (EP) del 12%, secondo il seguente calcolo:

$$EP = 135 - 19,3 + 2,3 = 118 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

che risulta essere il nuovo valore di EP totale, con un risparmio energetico di 17 kWh/m² anno, che corrisponde al 12% in meno dei consumi totali: ogni scenario di seguito descritto terrà conto di tale risparmio, come soluzione costante di retrofit da affiancare alle altre.

6.2 Previsione del risparmio energetico associato a diversi scenari di intervento

Per effettuare un confronto reale tra possibili interventi di retrofit energetico, si è scelto di procedere mediante la selezione di alcune strategie di intervento, delle quali sarà calcolato il relativo fabbisogno energetico annuo, l'energia primaria associata, la classe energetica, fino alla stima della convenienza economica, trattata nel prossimo capitolo.

Dopo aver ipotizzato alcune combinazioni plausibili da implementare nel caso di ristrutturazione edilizia, la scelta è ricaduta su tre di esse, chiamate "Scenari", che presuppongono interventi di retrofit progressivamente più semplici ma anche meno

efficaci: da scenari di retrofit "profondo", a retrofit "medio" per arrivare allo scenario meno completo, o più "superficiale".

SCENARIO 1

Lo Scenario 1 è rappresentato dalla tipologia di intervento di retrofit più "profondo", che agisce cioè sia sulla stratigrafia dell'involucro opaco sia sull'involucro trasparente, in modo completo, attraverso le soluzioni più efficaci tra quelle fino ad ora descritte, ossia:

- 1.A.1. Isolamento dell'involucro opaco con pannelli in lana di legno di 60 mm;
- 1.B.1. Apposizione di infissi con trasmittanza $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- 1.C. Inserimento di vetri con veneziana per la schermatura solare;
- 2.1. Sostituzione delle lampade ad incandescenza con lampade a LED.

| SCENARIO 1 | RISPARMIO TOTALE % | EP TOTALE ANNUO | EP _i | EP _i LIMITE (ZONA B) | CLASSE ENERGETICA GLOBALE |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------|
| | | kWh/m ² anno | | | |
| LANA DI LEGNO | 60% | | | | |
| INFISSI U=1,2 W/m ² K | 80% | | | | |
| VENEZIANA | 10% | | | | |
| LED | 12% | | | | |
| TOTALE | 72% | 37,7 | 2,2 | 12,8 | |

Tab. 6.8 - Valutazione dei risultati energetici principali in seguito all'applicazione dello Scenario n. 1.

Lo Scenario 1, infatti, consente di abbattere i consumi energetici di una quantità notevole, soprattutto se confrontata con quella relativa agli altri due scenari proposti: l'abbattimento dei consumi energetici stimato raggiunge il 72%, con un fabbisogno energetico totale annuo quattro volte inferiore allo stato *pre*-intervento.

Tuttavia, il confronto effettivo e la convenienza dell'intervento sarà valutata in fase di analisi del rapporto costi-benefici (cfr Capitolo 7), data la necessità di una visione globale dell'intervento, anche sotto il profilo economico e di tempo di ammortamento, per valutarne la reale efficacia.

Un'ulteriore considerazione, conduce ad affermare che la classe energetica D_{GL} raggiungibile mediante una tale strategia di retrofit, può essere facilmente incrementata mediante la semplice sostituzione degli impianti, intervento che potrebbe essere previsto in ognuno dei casi trattati in questo ambito, pur trattandosi di un sistema "attivo" rispetto a quelli affrontati. In questo caso, infatti, introducendo impianti di riscaldamento e acqua calda sanitaria efficienti e a basso consumo, oggi diffusissimi in commercio, è anche

possibile risalire di due o tre classi energetiche, fino a raggiungere la più efficiente, la classe energetica A.

SCENARIO 2

La seconda combinazione è stata scelta come la più rappresentativa di una strategia di retrofit "medio", i cui risultati energetici sono riportati in Tabella 6.9.

Si tratta, in questo caso, di una semplice strategia di intervento, che consiste, per lo più, nella scelta di intervenire sulla parte trasparente dell'involucro, nel caso in cui, ad esempio, si volesse lasciare inalterata la stratigrafia dell'involucro opaco. Inoltre, si vuole optare per la tipologia meno performante di infisso rispetto allo Scenario 1, con un valore di trasmittanza più alto: $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (intervento 1.B.3). Gli interventi previsti, sono:

- 1.B.3. Infissi con trasmittanza $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- 1.C. Inserimento di vetri con veneziana per la schermatura solare;
- 2.1. Sostituzione delle lampade ad incandescenza con lampade a LED.

I risultati consentono, comunque, di rientrare anche in questo caso nei limiti stabiliti dalle leggi, ottenendo un risparmio energetico globale del 51%.

In seguito all'implementazione dello Scenario 2, è possibile risalire dalla Classe energetica F alla classe energetica E (Tabella 6.9):

| SCENARIO 2 | RISPARMIO EP_i ED EP_e % | EP TOTALE ANNUO | EP_i | $EP_{i\text{ LIMITE}}$ (ZONA B) | CLASSE ENERGETICA GLOBALE |
|--|------------------------------------|-------------------------|-------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | | kWh/m ² anno | | | |
| INFISSI $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ | 55% | | | | |
| VENEZIANA | 10% | | | | |
| LED | 12% | | | | |
| TOTALE | 51% | 66,5 | 12,6 | 12,8 | |

Tab. 6.9 - Valutazione dei risultati energetici principali in seguito all'applicazione dello Scenario n. 2.

SCENARIO 3

Lo Scenario 3, infine, combina la sostituzione dell'impianto di illuminazione (intervento costante per tutti gli Scenari), con un semplice ed economico intervento di isolamento dall'interno dell'involucro opaco. Non si prevedono interventi di alcun genere sulle chiusure trasparenti e sulla presenza di elementi schermanti.

L'isolamento dell'involucro opaco scelto in questo caso (1.A.2) prevede l'inserimento di pannelli con prestazioni energetiche meno elevate rispetto a quelle previste, ad esempio, nello Scenario n.1, trattandosi di pannelli in EPS da 60 mm, da apporre anche stavolta

dall'interno, per una superficie totale pari a 81,67 m².

Riepilogando, gli interventi previsti per lo Scenario 3 sono:

- 1.A.2. Isolamento dell'involucro opaco con pannelli in EPS da 60 mm;
- 2.1. Sostituzione delle lampade ad incandescenza con lampade a LED.

| SCENARIO 3 | RISPARMIO EP _i ED EP _e % | EP TOTALE ANNUO | EP _i | EP _i LIMITE (ZONA B) | CLASSE ENERGETICA GLOBALE |
|---------------|--|-------------------------|-----------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | | kWh/m ² anno | | | |
| EPS (60 mm) | 40% | | | | |
| LED | 12% | | | | |
| TOTALE | 38% | 83,4 | 18,6 | 12,8 | F_{gl} |

Tab. 6.10 - Valutazione dei risultati energetici principali in seguito all'applicazione dello Scenario n. 3.

La classe energetica raggiunta in seguito ai singoli interventi e riportata nell'ultima colonna delle precedenti tabelle, indica la classe di riferimento "Globale", tenendo conto del parametro $EP_{gl} = EP_i + EP_{acs}$. Come visto nel Capitolo 5, tale classificazione presuppone intervalli i cui valori sono calcolati in funzione del parametro $EP_{i,L}$ (indice limite di prestazione energetica invernale), ed essendo quest'ultimo pari a 12,8 kWh/m²anno per la zona considerata e per il rapporto di forma S/V dell'edificio, allora la classificazione di riferimento risulta così formulata:

| | | | |
|-------------------|---|------|-------------------------|
| A _{gl} + | < | 12,2 | kWh/m ² anno |
| A _{gl} | < | 15,4 | kWh/m ² anno |
| B _{gl} | < | 21,6 | kWh/m ² anno |
| C _{gl} | < | 30,8 | kWh/m ² anno |
| D _{gl} | < | 37,0 | kWh/m ² anno |
| E _{gl} | < | 46,4 | kWh/m ² anno |
| F _{gl} | < | 62,0 | kWh/m ² anno |
| G _{gl} | > | 62,0 | kWh/m ² anno |

Tab. 6.11 - Corrispondenza degli indici di prestazione energetica globali EP_{gl} alle classi energetiche.

Lo Scenario 1 prevede il salto di due classi energetiche globali: il valore di EP_{gl} si ottiene sommando il valore dell'indice di prestazione per l'acqua calda sanitaria - costante per tutti gli interventi e pari a quello dello stato di fatto EP_{acs} 29,2 kWh/m²anno - al valore dell'indice di prestazione energetica invernale EP_i , nel seguente modo:

$$EP_{gl,1} = EP_{i,1} + EP_{acs} = (2,2 + 29,2) = 31,4 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

Si ottiene un valore compreso tra 30,8 e 37,0 kWh/m²anno, e pertanto appartenente alla classe energetica D_{gl} , così come indicato in Tabella 6.11 e in Figura 6.30.

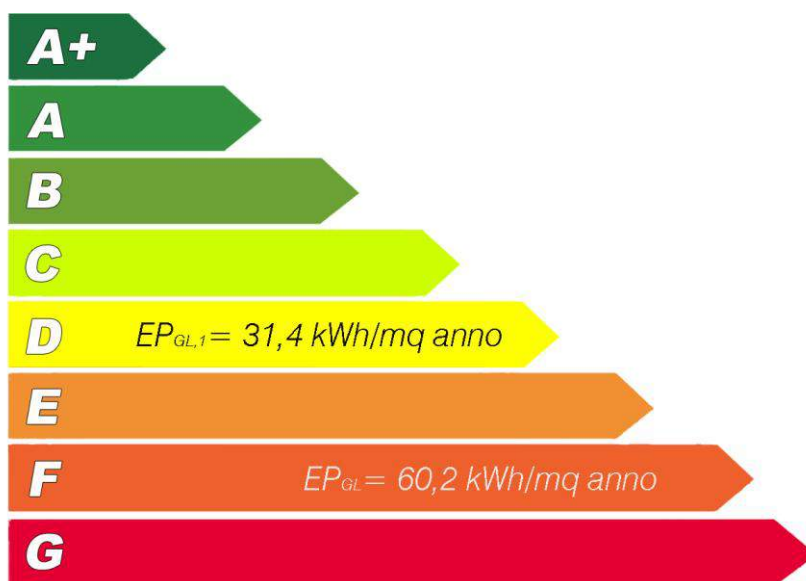


Fig. 6.30 - Confronto tra l'indice di prestazione energetica globale (invernale) pre e post intervento di retrofit previsto dallo Scenario 1. Il valore di EP_{gl} finale (31,4 kWh/m²anno) è quasi la metà di quello iniziale, e l'appartamento acquista una classe energetica migliore (D_{gl}).

Lo Scenario 2 prevede, invece, il salto di un solo livello, dalla Classe Energetica F_{gl} alla Classe Energetica E_{gl} :

$$EP_{gl,2} = EP_{i,2} + EP_{acs} = (12,6 + 29,2) = 41,8 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

valore corrispondente alla Classe Energetica Globale E_{gl} , in quanto compreso tra 37 e 46,4 kWh/m²anno (Figura 6.30).

Infine, per lo Scenario 3, si tiene conto del seguente indice di prestazione globale:

$$EP_{gl,3} = EP_{i,3} + EP_{acs} = (18,6 + 29,2) = 47,8 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

In quest'ultimo caso, il valore di $EP_{gl,3}$ non permette di aumentare la classe energetica

dell'appartamento, in quanto essendo compreso tra 46,4 e 62 kWh/m²anno (Tabella 6.11), corrisponde alla classe energetica F_{gl}, uguale a quella di partenza. Tuttavia, il consumo energetico è nettamente diminuito, essendo di 47,8 kWh/m²anno, rispetto a quello iniziale di 60,2 kWh/m²anno.

Da questa analisi è possibile ricavare un evidente quadro delle opportunità di risparmio energetico conseguibili mediante gli interventi di retrofit.

Un'ulteriore osservazione va fatta circa l'aumento di prestazione energetica consentito da ciascuno degli Scenari ipotizzati, e testimoniato dal conseguente incremento della classe energetica di riferimento, ma soprattutto dalla netta riduzione dei consumi energetici visualizzabile nelle tabelle associate a ciascuno di essi, in particolare relativamente al fabbisogno di riscaldamento invernale e di raffrescamento estivo.

Quest'ultimo, infatti, espresso mediante l'indice EP_e, non rimanda ad una scala energetica dedicata, ma è rappresentativo dell'efficacia di una misura di retrofit, in quanto si tratta di abbattere un valore piuttosto elevato, pari a 55,5 kWh/m²anno, e maggiore di quasi il doppio del valore di prestazione energetica per il riscaldamento, pari a 31 kWh/m²anno. Differenza dovuta alla presenza di un elevato irraggiamento solare e alle alte temperature che si registrano nella città di Palermo, soprattutto in estate.

Nello stato di fatto infatti, sono stati rilevati tali valori:

$$EP_e = 55,5 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

In seguito all'implementazione dei tre Scenari di retrofit illustrati, è possibile ricavare valori migliori di EP_e rispetto al precedente, intervenendo sull'involucro e ottenendo significativi vantaggi in termini di risposta energetica.

Scenario 1:

$$EP_e = 4 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

che significa una riduzione del 92% dei consumi energetici per il raffrescamento estivo.

Scenario 2:

$$EP_e = 22,5 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

con un risparmio pari al 60%.

Scenario 3:

$$EP_e = 33,3 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$$

che corrisponde ad una riduzione del 40% del fabbisogno energetico necessario in regime estivo.

Note

- 1) A livello internazionale, gli interventi di retrofit energetico più profondi vengono inquadrati sotto il nome di "deep energy retrofit", in quanto esprimono la forte incidenza delle azioni previste sul risultato finale, andando a modificare in modo sostanziale l'assetto e le caratteristiche dello stato di fatto. Un retrofit energetico profondo è un processo di analisi e di costruzione dell'intero edificio che utilizza "progettazione integrata" per ottenere risparmi energetici molto più grandi rispetto retrofit energetiche convenzionali. Retrofit energetico profondo possono essere applicati ad entrambi ("commerciali") edifici residenziali e non residenziali. Un retrofit energetico profondo traduce tipicamente in un risparmio del 30 per cento o più, forse si sviluppa su diversi anni, e può migliorare in modo significativo il valore dell'edificio. Il termine "deep retrofit energetico" è spesso usato in modo intercambiabile con "deep retrofit verde" e "deep retrofit". Un profondo retrofit verde può avere meno attenzione all'efficienza energetica e può sottolineare ottenere la certificazione da un sistema di rating bioedilizia, come il LEED. La definizione del termine continua ad essere perfezionata e dibattuta.
- 2) La *fibra di legno mineralizzata* è prodotta dall'impregnamento della fibra di legno con cemento o altri materiali che ne determinano la mineralizzazione, conferendole una compattezza strutturale a cui segue l'essiccazione. Ha un'elevata capacità di accumulo termico, è traspirante e possiede buone qualità acustiche, sia come fonoisolante che come fonoassorbente. Offre un buon grado di protezione al fuoco e non sviluppa gas nocivi in caso di combustione.
- 3) Dati tratti dal Prezziario Regionale della Sicilia del 2013, voce. 12.6: "*Bioedilizia: Pannelli Isolanti*".
- 4) La norma UNI EN 12412 – 2:2004 reca disposizioni in materia di "*Prestazione termica di finestre, porte e chiusure. Determinazione della trasmittanza termica con il metodo della camera calda - Telai*".
- 5) La norma UNI EN 12207 riferisce la permeabilità all'aria, sia rispetto all'intera area dei serramenti, sia rispetto alla lunghezza dei giunti apribili dei serramenti, ed indica le prove di laboratorio che devono essere eseguite secondo la metodologia della UNI EN 1026. Inoltre, la norma classifica i serramenti in 4 classi di prestazione in base alla loro permeabilità all'aria, dalla Classe 4, livello massimo di prestazione, alla Classe 1, livello minimo di prestazione.
- 6) La norma UNI EN 12208 definisce le classi di tenuta all'acqua di un infisso.
- 7) La norma UNI EN 12210 definisce le classi di tenuta al vento degli infissi.
- 8) La norma di prodotto UNI EN 14351-1:2006, "*Marcatura CE per porte e finestre esterne*", regola la marcatura CE delle finestre e delle porte esterne pedonali, relativamente al soddisfacimento dei requisiti essenziali del Regolamento 305/2011/EEC sui prodotti da costruzione. È entrata in vigore nel 2010. Indica i requisiti da certificare per ciascun prodotto, indipendentemente dalle caratteristiche di resistenza al fuoco e di tenuta al fumo.
- 9) Tali Classi di prestazione sono prescritte ed indicate dal D.P.C.M. pubblicato in G.U. del 22/12/97.
- 10) L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso. È espressa in lumen/watt [lm/W].
- 11) Nel 2005, a seguito della crescente consapevolezza dei notevoli consumi energetici associati al settore illuminotecnico, in particolare nel caso dell'illuminazione degli edifici, sono stati varati adeguati provvedimenti (in particolare la Direttiva Europea Eco-Design EUP, *Energy Using Products*, con i relativi Regolamenti attuativi) che hanno cominciato a contrarre con gradualità, fino a giungere alla completa estinzione (messa fuori produzione nel territorio dell'Europa Unita), la produzione delle lampade più "energivore", come quelle

ad incandescenza. In Italia la Direttiva è stata pienamente recepita con il Decreto Legislativo n. 201 del 6 Novembre 2007.

12) Stima effettuata attraverso una raccolta dei dati commerciali diffusi nel mercato, riferiti all'anno 2014.

13) La norma CEI EN 50107 reca disposizioni riguardanti le "*Installazioni i insegne e di tubi luminosi a scarica funzionanti con tensione a vuoto superiore a 10 kV - Parte 1: Prescrizioni generali*".

14) Tratto dal rapporto Greenpeace: "*La rivoluzione dell'efficienza, il potenziale di efficienza energetica negli usi finali di energia elettrica in Italia al 2020 e i benefici connessi*".

Riferimenti bibliografici

DE JOANNA P., FRANCESE D., PASSARO A., *Sustainable Mediterranean Construction. Sustainable environment in the Mediterranean region: from housing to urban and land scale construction*. Franco Angeli, Milano 2012.

DEL CORNO B., MOTTURA G., *Serre e Verande*. Maggioli Editore, Rimini 2014.

DEMONTI M., *La Casa a Basso Consumo Energetico*. Lulu.com, 2007.

FRANCO G., *Riqualificare l'edilizia contemporanea*. Franco Angeli, Milano 2003.

ERLACHER P., *L'intervento di coibentazione interna per il risanamento*, (internet), in www.klimahaus.it, Pubblicazione 02.02.2014, Consultazione 01.05.2014.

ERLACHER P., *Isolanti termici per l'edilizia*, (internet), in www.klimahaus.it, Pubblicazione 10.08.2009, Consultazione 02.05.2014.

FASSI A., MAINA L., *L'isolamento ecoefficiente - Guida all'uso dei materiali naturali*. Edizioni Ambiente, Milano 2009.

FUERST, FRANZ; MCALLISTER, PATRICK, *New Evidence on the Green Building Rent and Price Premium*, in Henley Business School, 2009.

GASPARI J., *Il progetto dell'involucro efficiente. Soluzioni e Stratigrafie per la nuova costruzione e il recupero*. Edicom Edizioni, Milano 2010.

GASPARI J., *Trasformare l'involucro: la strategia dell'addizione nel progetto di recupero Tecnologie per la riqualificazione sostenibile del costruito*. Edicom Edizioni, Bologna 2012.

HEGGER M., FUCHS M., STARK T., ZEUMER M., *Atlante della sostenibilità e della efficienza energetica degli edifici*. UTET, Torino 2008.

HERZOG T., KRIPPNER R., *Atlante delle facciate*. UTET, Torino 2005.

LLOYD J., *Atlante di bioarchitettura*. UTET, Torino 2002.

MASERA G., *Residenze e risparmio energetico*. Il Sole 24 Ore, Milano 2004.

MCCULLAGH J.C., *The solar greenhouse book*. Franco Muzzio Editore, Roma 1979.

MINGUZZI G., *Architettura sostenibile – Processo costruttivo e criteri biocompatibili*. Skira, Milano 2006.

MITRA, C., MCCOY, A.P., PEARCE, A.R., *Establishing Innovativeness and Consumer Preference for Zero Energy Homes*, in Proceedings, *Engineering Sustainability 2011 Conference*, Pittsburgh 2011.

MOTTURA G., PENNISI A., *Serramenti e schermature solari*. Maggioli Editore, Rimini 2014.

PENNISI A., *La casa a basso consumo energetico*. Maggioli Editore, Rimini 2013.

RAVA P., *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*. Maggioli Editore, Rimini 2007.

SALA M., CECCHERINI NELLI L., D'AUDIO E., LUSARDI A.P., TROMBADORE A., *Schermature solari*. Alinea Editrice, Firenze 2000.

TUCCI F., *Involucro ben temperato – efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici*. Alinea editrice, Firenze 2006.

WILSON J., *The Greened House Effect: Renovating Your Home with a Deep Energy Retrofit*. Editore Chelsea Green Publishing, Paperback 2013.

ZAPPONE C., *La serra solare: criteri di progettazione e risparmio energetico. Architettura, funzionamento, materiali*. Sistemi editoriali, Hoepli, Napoli 2009.

Sitografia

<http://www.agenziacasaclima.it/>

<http://www.11300.cti2000.it/>

<http://www.acca.it/>

<http://www.casaenergetica.it>

<http://www.edilportale.com>

<http://www.erlacher-peter.it>

<http://www.finstral.com>

<http://www.klimahaus.it/en>

<http://www.isoltop.it>,

<http://www.rinnovabili.it>

<http://www.units.it>

<http://www.uni.com/it>

CAPITOLO 7

Analisi del rapporto costi-benefici

Cost-benefit analysis

ABSTRACT - *To assess the feasibility of an energy retrofit strategy, it is necessary to analyze a complete framework containing the results achieved not only in terms of "energy saving" and avoided CO2 emissions, but also in terms of cost-benefits ratio. This means, for example, that often it is possible to achieve the same energetic result through different solutions, each of which can be associated to a higher or lower convenience than any other, also taking into account the covered cost. Moreover, it happens that, to achieve the same annual "economic saving" result, it could be possible to implement different typologies of action, each of these with a different energy efficiency. Finally, the condition most applicant is represented by the choice of solutions that appear unbalanced from the economic point of view, assuming as the most convenient, the least expensive. It often happens that an initial investment, also if is apparently disadvantageous because of its high costs, it could result as the most suitable from a cost-benefit analysis. The investment is therefore to be prefigured in the short and long period. These results have been conducted through a mathematical and financial analysis: by analyzing the Payback Period (PP), the internal Rate of Return (IRR), and the Net Present Value (NPV). This analysis allows to choose the most suitable "Scenario" among those proposed in the previous chapter, and present it as the best alternative under the double aspect: that energetic and the economic one.*

7.1 Calcolo del costo energetico annuale

Il Capitolo 5 contiene tutte le informazioni necessarie per comprendere il funzionamento energetico dell'appartamento nello stato attuale; il Capitolo 6, invece, stima i risparmi energetici ottenibili nel caso di tre Scenari di intervento. Sulla base dei dati raccolti nei due Capitoli precedenti, è adesso possibile affrontare la valutazione economica delle tre configurazioni di intervento e di quella iniziale, relativa allo stato di fatto.

Occorre, dunque, analizzare il costo unitario dell'energia elettrica per individuare, di volta in volta, i costi della bolletta.

Si ipotizza che il sistema di condizionamento dell'appartamento, sia in regime invernale che estivo, sia alimentato da corrente elettrica (ad esempio, pompe di calore).

L'energia elettrica, espressa in Wattora (Wh) e Kilowattora (kWh) è stata misurata economicamente mediante le tariffe dell'energia elettrica fornite dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico (AEEGSI)¹.

Le tariffe sono fissate trimestralmente dall'Autorità per l'energia ed i prezzi sono applicabili ai clienti in regime di "maggior tutela" (Enel servizio elettrico e altri operatori locali).

Dati statistici - aggiornati agli ultimi mesi del 2014 - riportano che il costo italiano per l'energia elettrica supera la media europea: i consumatori italiani pagano 19,71 cent.€/kWh per l'energia elettrica rispetto a 18,09 cent./kWh della media registrata nel resto dei Paesi dell'Unione Europea, come sintetizzato nella Tabella 7.1.

| NAZIONE (UE) | TARIFFE TOTALI IN VIGORE NEL 2014 |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| Italia | 0,1971 euro/kWh |
| Germania | 0,2980 euro/kWh |
| Spagna | 0,2307 euro/kWh |
| Gran Bretagna | 0,2010 euro/kWh |
| Francia | 0,1595 euro/kWh |
| Media delle 5 tariffe più alte | 0,2173 euro/kWh |
| Media europea | 0,1809 euro/kWh |

Tab. 7.1 - Confronto fra le tariffe di energia elettrica in vigore in Italia ed in alcuni Paesi dell'UE. Le tariffe italiane superano la media europea, ma risultano più basse di circa il 9% rispetto a quella relativa alle cinque tariffe più alte.

Diversa la situazione per quanto riguarda il consumo di gas per la produzione di energia, che, in Italia, richiede un costo di 90,02 cent.€/mc, rispetto a 75,83 cent.€/mc della media europea. Se confrontate con quelle in vigore in quattro delle principali nazioni europee (Germania, Regno Unito, Francia e Spagna), le tariffe energetiche italiane sono notevolmente maggiori per quello che riguarda il gas (+15,3%), ma inferiori per quanto riguarda l'energia elettrica (-9,3%). In quest'ultimo caso, anche se la materia prima costa di meno, la bolletta risulta essere comunque più cara per via di tasse, spese di trasporto e distribuzione, e oneri aggiunti che in Italia, spesso, prevedono spese maggiori di quelle europee.

Dal grafico rappresentato in Figura 7.1, è possibile notare l'andamento dei prezzi dell'energia elettrica (espressi in centesimi di euro) negli ultimi dieci anni, considerando le condizioni economiche di fornitura più diffuse, per una residenza con 3 kW di potenza impegnata. Il raffronto con quanto si spendeva dieci o venti anni fa conferma che la spesa per le bollette è aumentata e di una maggiore percentuale rispetto al tasso di inflazione.

Per l'applicazione dei calcoli al caso di studio, si ipotizza come vettore energetico l'energia elettrica, sia nella configurazione iniziale che nei tre casi di intervento proposti, immaginando invariato il sistema impiantistico legato alla sua produzione.

Al fine della valutazione economica dei costi energetici annuali, si è scelto di utilizzare come riferimento il prezzo dell'energia elettrica ricavato dalla media dell'ultimo triennio, equivalente a 0,18 euro/kWh.

Andamento del prezzo (centesimi di euro) dell'energia elettrica nell'ultimo decennio

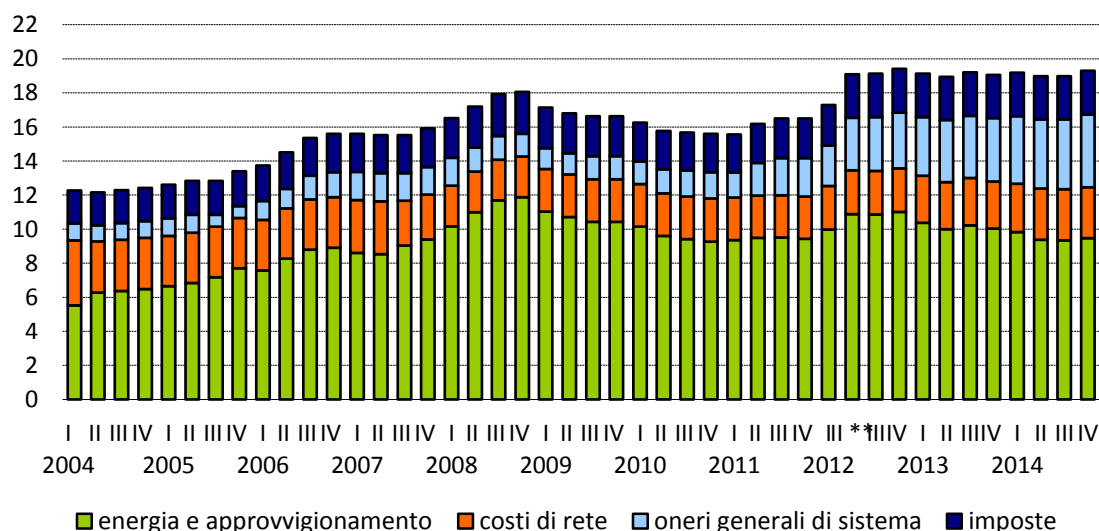


Fig. 7.1 - Andamento del prezzo dell'energia elettrica per un consumatore domestico tipo, nell'arco del decennio 2004-2014. Oltre ai prezzi dovuti all'energia e all'approvvigionamento (barre verdi), incidono anche i costi di rete (arancio), gli oneri generali di sistema (celeste) e le imposte applicate al servizio di fornitura elettrica (blu). I dati riportati risalgono al mese di Ottobre 2014. © AEEGSI.

Nel caso in esame, occorre moltiplicare, per ciascuno Scenario, la quantità di energia primaria richiesta dall'appartamento (cfr Capitolo 6) per il prezzo unitario (euro/kWh) considerato (0,18 euro/kWh). Si otterrà, caso per caso, il costo energetico annuale in quattro configurazioni diverse: stato di fatto, Scenario 1, Scenario 2 e Scenario 3.

Utilizzando i dati ottenuti nel Capitolo 5 sui consumi energetici totali associati a ciascuna condizione, si ottengono i risultati economici di seguito riportati (Tabella 7.2).

STATO DI FATTO

Consumi energetici annuali totali dell'appartamento:

$$135 \text{ kWh/m}^2\text{anno} \times 170 \text{ m}^2 = 22.950 \text{ kWh/anno}$$

Costi energetici annuali:

$$0,18 \text{ euro/kWh} \times 22.950 \text{ kWh/anno} = 4.131 \text{ euro/anno}$$

SCENARIO 1

Consumi energetici annuali:

$$37,7 \text{ kWh/m}^2\text{anno} \times 170 \text{ m}^2 = 6.409 \text{ kWh/anno}$$

Costo bolletta annuale:

$$(0,18 \text{ euro/kWh} \times 6.409 \text{ kWh/anno}) = 1.154 \text{ euro/anno}$$

SCENARIO 2

Consumi energetici annuali:

$$66,5 \text{ kWh/m}^2\text{anno} \times 170 \text{ m}^2 = 11.305 \text{ kWh/anno}$$

Costo bolletta annuale:

$$(0,18 \text{ euro/kWh} \times 11.305 \text{ kWh/anno}) = 2.035 \text{ euro/anno}$$

SCENARIO 3

Consumi energetici annuali:

$$83,4 \text{ kWh/m}^2\text{anno} \times 170 \text{ m}^2 = 14.178 \text{ kWh/anno}$$

Costo bolletta annuale:

$$(0,18 \text{ euro/kWh} \times 14.178 \text{ kWh/anno}) = 2.552 \text{ euro/anno}$$

| CONFIGURAZIONE DI RIFERIMENTO | CONSUMO ENERGETICO TOTALE ANNUO PER m ² (kWh/m ² anno) | CONSUMO ENERGETICO TOTALE ANNUO DELL'APPARTAMENTO (kWh/anno) |
|-------------------------------|--|--|
| STATO DI FATTO | 135 | 22.950 |
| SCENARIO 1 | 37,7 | 6.409 |
| SCENARIO 2 | 66,5 | 11.305 |
| SCENARIO 3 | 83,4 | 14.178 |

Tab. 7.2 - Consumi energetici annuali per lo stato di fatto, lo Scenario 1, lo Scenario 2 e lo Scenario 3.

7.2 Stima dei costi associati a ciascun intervento e dei risparmi conseguibili

Gli interventi fino ad ora ipotizzati, sono stati analizzati dal punto di vista energetico. In questo Capitolo saranno invece valutati sotto il profilo economico e dei costi necessari per la loro implementazione.

Le voci di costo analizzate fanno riferimento al Prezzario Regionale² del 2013 o ai prezzi commerciali riportati nelle schede tecniche dei prodotti trattati, reperibili in commercio o su specifica richiesta alle aziende produttrici.

| CODICE | TIPOLOGIA DI INTERVENTO | UNITÀ DI MISURA | COSTO UNITARIO (euro/m ²) |
|--------|--------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| 1.A.1 | LANA DI LEGNO (60mm) | m ² | 16,60 |
| 1.A.2 | EPS (60mm) | m ² | 10,20 |
| 1.A.3 | LANA DI ROCCIA (60mm) | m ² | 13,60 |
| 1.B.1 | INFISSI (U = 1,2 W/m ² K) | m ² | 500 |
| 1.B.2 | INFISSI (U = 1,6 W/m ² K) | m ² | 450 |
| 1.B.3 | INFISSI (U = 2,1 W/m ² K) | m ² | 400 |
| 1.C | VENEZIANA | m ² | 50 |
| 2 | Lampade a LED | - | 14 |

Tab. 7.3 - Elenco dei costi unitari, espressi in euro al m² o euro/lampade, per ciascun intervento considerato.

La Tabella 7.3 mostra i costi unitari di ciascuna azione di retrofit energetico, seguendo la classificazione degli interventi proposta nel Capitolo 6 e di seguito riportata, e suddivisa nelle due categorie principali, 1 e 2, in base all'elemento tecnologico che vanno a modificare, rispettivamente involucro edilizio e sistema di illuminazione:

1. INVOLUCRO EDILIZIO

1.A Chiusure verticali opache:

1.A.1. Isolamento dall'interno con lana di legno 60 mm;

1.A.2. Isolamento dall'interno con EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato) 60 mm;

1.A.3. Isolamento dall'interno con lana di roccia 60 mm.

1.B Chiusure trasparenti:

1.B.1 Sostituzione con infisso con trasmittanza termica molto bassa, $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$;

1.B.2 Sostituzione con infisso con trasmittanza termica media, $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$;

1.B.3 Sostituzione con infisso con trasmittanza termica ai limiti della norma, $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$;

1.C Sistemi di schermatura solare con veneziana.

2. INSERIMENTO DI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE EFFICIENTI

2.1 Lampade con tecnologia a LED.

Dalla Tabella 7.3 è possibile risalire al costo di ogni singolo intervento, procedendo, caso per caso, alla moltiplicazione del costo unitario per la superficie interessata.

Avendo quantificato l'incidenza economica dei singoli interventi, sarà sufficiente sommare i costi di ogni azione per ottenere il costo di investimento globale associato agli Scenari 1, 2 e 3.

1 INVOLUCRO EDILIZIO

1.A CHIUSURE VERTICALI OPACHE

Sull'involucro opaco è necessario agire mediante opportuni interventi di isolamento, capaci di ricondurlo entro determinati requisiti prestazionali. Le azioni ipotizzate sono tre e si distinguono per la tipologia di materiale utilizzato:

1.A.1. Isolamento dall'interno con lana di legno 60 mm;

1.A.2. Isolamento dall'interno con EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato) 60 mm;

1.A.3. Isolamento dall'interno con lana di roccia 60 mm.

Lo strato di isolamento interno mediante pannelli in lana di legno di 60 mm ha un costo per unità di superficie di 16,60 euro (manodopera esclusa)³. Costo che risulta essere il più alto tra gli interventi di isolamento ipotizzato, incidendo la lana di legno di più dal punto di vista economico rispetto al polistirene espanso sinterizzato (10,20 euro/m²) e alla lana di roccia (13,60 euro/m²).

Da ciò si ottiene, infatti, un costo di intervento che supera di una volta e mezzo il costo necessario per isolare la stessa quantità di superficie con pannelli di EPS, materiale molto meno costoso, ma che associa ai vantaggi economici e di buona coibenza termica, una bassa densità e un insufficiente livello di sfasamento, se impiegato in spessori ridotti.

Sarà il bilancio tra i risultati relativi al potere coibente e, di conseguenza, ai benefici energetici, con quelli di natura economica associati a ciascuno dei tre materiali elencati, a determinare la convenienza e la fattibilità economica di ciascun intervento, e non il costo unitario considerato singolarmente.

La superficie opaca totale da coibentare, equivalente alla superficie disperdente verticale opaca, ha un'estensione di 81,67 m².

Pertanto, l'intervento di retrofit energetico riguardante l'isolamento dall'interno delle chiusure verticali opache, prevede i seguenti costi totali - sintetizzati nella Tabella 7.4 - dati dal prodotto di quelli unitari (Tabella 7.3) per la superficie disperdente verticale opaca da coibentare:

1.A.1 Isolamento dall'interno con *lana di legno*, spessore totale del pannello 60 mm:

$$(81,67 \text{ m}^2 \times 16,60 \text{ euro/m}^2) = 1.355,72 \text{ euro}$$

1.A.2 Isolamento dall'interno con *EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato)*, 60 mm:

$$(81,67 \text{ m}^2 \times 10,20 \text{ euro/m}^2) = 833,03 \text{ euro}$$

1.A.3 Isolamento dall'interno con *lana di roccia*, spessore totale del pannello 60 mm:

$$(81,67 \text{ m}^2 \times 13,60 \text{ euro/m}^2) = 1.110,71 \text{ euro}$$

| STIMA ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI ISOLAMENTO DELLE PARETI VERTICALI | | | | |
|---|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| CODICE AZIONE DI RETROFIT | TIPOLOGIA DI INTERVENTO | COSTO UNITARIO (euro/m ²) | SUPERFICIE TRATTATA (m ²) | COSTO TOTALE DELL'INTERVENTO (euro) |
| 1.A.1 | LANA DI LEGNO (60mm) | 16,60 | 81,67 | 1.355,72 |
| 1.A.2 | EPS (60mm) | 10,20 | 81,67 | 833,03 |
| 1.A.3 | LANA DI ROCCIA (60mm) | 13,60 | 81,67 | 1.110,71 |

Tab. 7.4 - Costo totale espresso in euro relativo ai tre interventi di isolamento dell'involucro opaco, a parità di spessore previsto (60 mm) e di superficie trattata (81,67 m²).

Se ai risultati economici appena ricavati si aggiungono quelli energetici (cfr Capitolo 6), si ottiene la Tabella 7.5, riepilogativa delle prestazioni termiche e dell'incidenza economica dei tre interventi, confrontati con lo stato di fatto e i limiti di legge:

| 1.A. INTERVENTI SULL'INVOLUCRO OPACO | | | | | |
|--|-----------------|----------------|------------------------|---------------|--------------------------|
| DATI OTTENUTI | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO | 1.A.1 LANA DI LEGNO | 1.A.2. EPS | 1.A.3. LANA DI ROCCIA |
| Massa superficiale Ms [kg/m ²] | 230 | 255 | 315 | 268 | 282 |
| Trasmittanza termica periodica Yie [W/m ² K] | 0,12 | 1,51 | 0,015 | 0,023 | 0,020 |
| Trasmittanza termica lineare U [W/m ² K] | 0,48 | 0,67 | 0,24 | 0,22 | 0,23 |
| Fattore di attenuazione f _d | <0,15 | 2,2 | 0,062 | 0,097 | 0,084 |
| Sfasamento S [h] | >12 | 2,6 | 18,74 | 15,02 | 16,47 |
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP _i [kWh/ m ² anno] | 12,8 | 31 | 12,4 | 18,6 | 15,5 |
| Indice di prestazione energetica totale EP [kWh/ m ² anno] | - | 135 | 83,1 | 100,4 | 91,8 |
| Spesa energetica annuale totale €/anno | - | 4.131 | 2.543 | 3.072 | 2.808 |
| Risparmio energetico totale kWh/m ² anno | | | 51,9 | 34,6 | 43,2 |
| Risparmio energetico percentuale sul totale % | | | 38% | 26% | 32% |
| Risparmio economico (bolletta) €/anno | | | 1.588 | 1.059 | 1.323 |
| Prezzo Unitario €/m ² | | | 16,60 | 10,20 | 13,60 |
| Costo intervento € | | | 1.356 | 833 | 1.111 |

Tab. 7.5 - Analisi comparativa dell'incidenza termica, energetica ed economica di tre interventi diversi di isolamento delle chiusure verticali opache.

1.B. CHIUSURE VERTICALI TRASPARENTI

La sostituzione degli infissi prevede tre diverse ipotesi di progetto, dalla più efficiente sotto il profilo termico ed energetico, fino alla meno performante, ma pur sempre migliore rispetto alla condizione dello stato di fatto.

Alla migliore prestazione energetica corrisponde un costo unitario più alto, parametri che saranno oggetto di un adeguato bilancio costi-benefici.

Le tre soluzioni previste prendono in considerazione valori finali di trasmittanza termica U_w , cioè complessiva di telaio, distanziatore e sistema vetrato, e in ciascun caso conforme ai limiti previsti dalla normativa in termini di risparmio energetico.

Nel primo caso, si prevede l'installazione di un infisso ad elevate prestazioni termiche: doppio vetrocamera basso-emissivo con intercapedine riempita di gas argon, 6-20-6 mm, e telaio in PVC, trasmittanza⁴ $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, e appartenenza alle più alte classi di prestazione e resistenza indicate nel precedente Capitolo, così come per gli altri infissi.

Di conseguenza, il costo associato a tale intervento è il più elevato tra le tipologie di infisso ipotizzate ed è di 500 euro/m².

La seconda soluzione proposta, riguarda invece una tipologia di infisso intermedio rispetto al precedente e all'ultima soluzione, che realizza una trasmittanza termica $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, con una soluzione composta da vetrocamera basso-emissivo e intercapedine con aria, 6-20-6 mm, telaio in PVC.

Il costo totale di tale serramento è di 450 euro/m², spesa inferiore rispetto alla precedente a causa delle prestazioni termiche lievemente inferiori. Infine, l'infisso che possiede una trasmittanza termica lineare maggiore, pari a $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, ma pur sempre conforme agli standard previsti dalla legge, prevede un vetrocamera basso-emissivo con intercapedine in aria, 6-12-6 mm, telaio in alluminio con taglio termico e caratteristiche acustiche, di resistenza a fuoco e di tenuta all'aria pari a quelle delle altre due tipologie di infisso precedentemente descritte.

Si tratta, dunque, di una buona prestazione energetica ed elevata classe di resistenza all'aria, ma, allo stesso tempo, la presenza di una camera d'aria, delle ridotte dimensioni della vetratura complessiva, e la minore efficienza del telaio in alluminio, materiale con elevata conducibilità termica rispetto al PVC, determinano condizioni termo-energetiche finali inferiori a quelle dei due precedenti casi, abbinate ad un costo per unità di superficie minore, pari a 400 euro/m².

Si tratta, come già mostrato, di un bilancio costi-benefici, la cui valutazione non è immediata, perché tiene conto di vantaggi proiettati in un determinato arco temporale.

Dato che, come visto nel Capitolo 5, la superficie vetrata complessiva rilevata è pari a 20 m², per calcolare il costo di ciascuno delle tipologie di infisso previste, è sufficiente moltiplicare tale valore per i costi unitari elencati in Tabella 7.3.

Occorre precisare che, nella stima economica degli interventi di retrofit, non si tiene conto dei costi aggiuntivi legati alla dismissione dei vecchi infissi, in quanto si ritiene che la manodopera e gli interventi necessari ad attuare tutti gli interventi di retrofit ipotizzati

costituiscono una percentuale pressoché omogenea in ciascuno dei casi, e pertanto sono trascurati per ogni Scenario. Il confronto sarà, dunque, effettuato esclusivamente in funzione al costo del materiale o del sistema tecnologico impiegato, e del relativo prezzo unitario.

Di conseguenza, gli interventi di sostituzione degli infissi, possono prevedere le seguenti spese, riportate in Tabella 7.6:

1.B.1. Infissi con telaio in PVC, vetrocamera low-E (basso-emissivo) 6-20-6 mm, camera con gas argon, $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{k}$:

$$(20 \text{ m}^2 \times 500 \text{ euro/m}^2) = 10.000 \text{ euro}$$

1.B.2. Infissi con telaio in PVC, vetrocamera low-E (basso-emissivo) 6-12-6 mm, camera con aria, $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{k}$:

$$(20 \text{ m}^2 \times 450 \text{ euro/m}^2) = 9.000 \text{ euro}$$

1.B.3. Infissi con telaio in alluminio, taglio termico, vetrocamera low-E (basso-emissivo) 6-12-6 mm, camera con aria, $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{k}$:

$$(20 \text{ m}^2 \times 400 \text{ euro/m}^2) = 8.000 \text{ euro}$$

| STIMA ECONOMICA DEGLI INTERVENTI DI SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI | | | | |
|--|---|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| CODICE AZIONE DI RETROFIT | TIPOLOGIA DI INTERVENTO | COSTO UNITARIO (euro/m ²) | SUPERFICIE TRATTATA (m ²) | COSTO TOTALE DELL'INTERVENTO (euro) |
| 1.B.1 | INFISSI CON $U=1,2 \text{ W/m}^2\text{k}$ | 500 | 20 | 10.000 |
| 1.B.2 | INFISSI CON $U=1,6 \text{ W/m}^2\text{k}$ | 450 | 20 | 9.000 |
| 1.B.3 | INFISSI CON $U=2,1 \text{ W/m}^2\text{k}$ | 400 | 20 | 8.000 |

Tab. 7.6 - Costo totale espresso in euro relativo ai tre interventi di sostituzione degli infissi, a parità di superficie vetrata da sostituire, comprensiva del telaio e pari a 20 m².

1.C - SISTEMI DI SCHERMATURA SOLARE

Il sistema di schermatura solare ipotizzato prevede l'apposizione di una veneziana a lamelle metalliche in corrispondenza degli infissi che delimitano la veranda, unico locale sprovvisto di avvolgibili e quindi di dispositivi per l'ombreggiamento solare.

La superficie che necessita di opportune schermature è pari a 9 m². Pertanto la spesa relativa all'aggiunta di sistemi schermanti, è la seguente:

$$(9 \text{ m}^2 \times 50 \text{ euro/m}^2) = 450 \text{ euro}$$

La Tabella 7.7 contiene un riepilogo sui principali risultati energetici (cfr Capitolo 6) e quelli economici, per ciascuna delle tre alternative riguardanti l'involucro trasparente e l'apposizione della veneziana, considerata in modo indipendente.

| 1.B. INTERVENTI DI SOSTITUZIONE DEGLI INFISSI | | | | | | |
|--|-----------------|----------------|--|--|--|--------------------|
| DATI OTTENUTI | LIMITI DI LEGGE | STATO DI FATTO | 1.B.1 INFISSI U = 1,2 W/m ² K | 1.B.2 INFISSI U = 1,6 W/m ² K | 1.B.3 INFISSI U = 2,1 W/m ² K | 1.C SOLO VENEZIANA |
| Trasmittanza termica U [W/m ² K] | 3,0 | 6,0 | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,1* |
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP _i [kWh/ m ² anno] | 12,8 | 31 | 6,2 | 9,3 | 14 | 27,9 |
| Indice di prestazione energetica totale EP [kWh/ m ² anno] | - | 135 | 65,8 | 74,5 | 87,4 | 126,4 |
| Spesa energetica annuale totale €/anno | - | 4.131 | 2.013 | 2.278 | 2.675 | 3.866 |
| Risparmio energetico totale kWh/m ² anno | | | 70 | 60,5 | 47,5 | 8,6 |
| Risparmio energetico percentuale sul totale % | | | 50% | 45% | 35% | 6% |
| Risparmio economico (bolletta) €/anno | | | 2.118 | 1.853 | 1.456 | 265 |
| Prezzo Unitario €/m ² | | | 500 | 450 | 400 | 50 |
| Costo intervento € | | | 10.000 | 9.000 | 8.000 | 450 |

Tab. 7.7 - Analisi comparativa dell'incidenza termica, energetica ed economica nel caso di tre diverse soluzioni di infissi e nell'eventuale aggiunta del solo sistema di schermatura per i vetri sprovvisti di avvolgibile. *il valore di U = 1,1 si riferisce soltanto al caso in cui la veneziana è inserita su infissi del tipo 1.B.1.

2 INSERIMENTO DI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE PIÙ EFFICIENTI

LAMPADIE CON TECNOLOGIA A LED

Le lampade di nuova generazione pensate per un intervento di miglioramento dell'efficienza dell'illuminazione artificiale dell'appartamento, sono le lampade che sfruttano la tecnologia a LED "*Light Emitting Diode*" (Diodo ad emissione luminosa), che rappresenta una soluzione costante per ciascuno dei tre Scenari di retrofit energetico ipotizzati. Ipotizzando che nell'appartamento siano 15 le lampade da sostituire (cfr Capitolo 5), e moltiplicando per il costo unitario delle lampade a LED, riportato nella Tabella 7.3, l'intervento comporta la seguente spesa iniziale, riportata in Tabella 7.8:

$$15 \times 14 \text{ euro/lampada} = 210 \text{ euro}$$

| CODICE AZIONE DI RETROFIT | TIPOLOGIA DI INTERVENTO | COSTO UNITARIO (euro/lampada) | NUMERO DI LAMPADIE | COSTO TOTALE DELL'INTERVENTO (euro) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| 2 | INSERIMENTO DI LED | 14 | 15 | 210 |

Tab. 7.8 - Costo totale espresso in euro relativo all'intervento di sostituzione degli apparecchi di illuminazione.

Calcolando il carico termico annuale dell'appartamento, a parità degli altri parametri che influiscono sul fabbisogno energetico, al variare del solo fattore di illuminazione artificiale, è possibile stabilire la percentuale di risparmio energetico totale conseguibile in seguito ad un intervento di sostituzione delle sorgenti luminose attualmente rilevate, (lampade ad incandescenza) con lampade a LED, nella percentuale del 12% del totale.

Consumo energetico per illuminazione con lampade a LED:

$$(12 \text{ W} \times 15 \times 6 \text{ h} \times 365 \text{ gg}) / 170 \text{ m}^2 = 2,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$$

Rispetto all'illuminazione dello stato di fatto, realizzata mediante lampade ad incandescenza di 100 W per un consumo annuo totale di 9,3 kWh/m² anno (cfr Capitolo 5), si consegue un risparmio energetico di 17 kWh/m² anno.

Dal punto di vista economico, occorre moltiplicare il risparmio energetico conseguibile annualmente, espresso in kWh/anno, per il costo unitario dell'energia elettrica, per quantificare il risparmio economico annuo derivante dalla sostituzione delle lampade:

Risparmio energetico annuo dell'appartamento:

$$17 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} \times 170 \text{ m}^2 = 2.890 \text{ kWh/anno}$$

Risparmio economico annuo dell'appartamento:

$$2.890 \text{ kWh/anno} \times 0,18 \text{ euro/kWh} = 520,20 \text{ euro}$$

Il risparmio economico conseguibile annualmente, pari a circa 520 euro, consente un recupero della spesa iniziale (210 euro) in poco più di 4 mesi.

A queste considerazioni si devono, inoltre, aggiungere altre due osservazioni che influiscono non poco nella valutazione costi-benefici.

La prima riguarda la maggiore durata delle lampade a LED rispetto a tutte le altre tipologie di lampade in commercio e adatte per l'illuminazione artificiale domestica: è stato valutato che la loro durata supera di circa 30 volte la vita utile delle lampade ad incandescenza.

La seconda, invece, è relativa all'incidenza dei consumi connessi all'utilizzo di lampade ad incandescenza sul totale dei carichi termici interni alla zona considerata: la sostituzione delle lampade, oltre ad avere gli evidenti vantaggi energetici sottolineati sino ad ora, determina un notevole abbassamento degli apporti di calore rilasciati dagli apparecchi illuminanti, in quanto il sistema a LED, grazie alla sua elevata efficienza, non produce energia termica oltre a quella luminosa, abbattendo il contributo dell'illuminazione artificiale nel conteggio dei carichi interni dovuti alle attrezzature presenti in un ambiente. La Tabella 7.9 riporta i principali dati energetici ed economici dell'intervento in questione:

| DATI OTTENUTI | STATO DI FATTO | 2.1 LAMPADE A LED |
|--|----------------|----------------------|
| Potenza Luminosa [lm/W] | 16 | 120 |
| Indice di prestazione energetica per il riscaldamento invernale EP _i [kWh/ m ² anno] | 31 | 31 |
| Indice di prestazione energetica per l'illuminazione EP _i [kWh/ m ² anno] | 19,3 | 2,3 |
| Indice di prestazione energetica totale: EP [kWh/ m ² anno] | 135 | 118 |
| Spesa energetica annuale totale €/anno | 4.131 | 3.611 |
| Risparmio energetico totale kWh/m ² anno | | 17 |
| Risparmio energetico percentuale in termini di EP totale % | | 12% |
| Risparmio economico (bolletta) €/anno | | 520 |
| Prezzo Unitario €/lampada | | 14 |
| Costo intervento € | | 210 |

Tab. 7.9 - Analisi comparativa dell'incidenza energetica ed economica conseguente l'intervento di sostituzione dell'impianto di illuminazione ad incandescenza con lampade a LED.

7.3 Stima del costo totale di ogni scenario

I consumi energetici (o la quantità di energia primaria richiesta per soddisfare il fabbisogno energetico dell'abitazione) associati a tutte le possibili alternative proposte, già calcolati e illustrati nel Capitolo precedente, saranno adesso trasformati in valore economico, attraverso il confronto e il bilanciamento dei risparmi ottenibili dalla bolletta energetica e il relativo costo iniziale di intervento.

SCENARIO 1

Lo "Scenario 1" è rappresentato dalla tipologia di intervento di retrofit più "profondo", nel senso che va ad agire sia sulla stratigrafia dell'involucro opaco sia sugli infissi, in modo completo, attraverso gli interventi più efficaci e con le più alte prestazioni termiche previste.

Riepilogando, lo Scenario 1 è costituito dalla combinazione dei seguenti quattro interventi, descritti in Tabella 7.10:

- 1.A.1 Isolamento involucro opaco dall'interno: 6 cm lana di legno, $U = 0,24 \text{ W/m}^2\text{k}$;
- 1.B.1 Infissi con telaio in PVC, vetrocamera low-E (basso-emissivo), 6-20-6 mm, camera con gas argon, $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{k}$;
- 1.C Sistema di schermatura solare realizzato mediante apposizione di veneziane per gli infissi privi di avvolgibili, per un'estensione totale di 9 m^2 ;
- 2. Sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a LED.

| SCENARIO 1 | EP TOTALE POST INTERVENTO kWh/m ² anno | RISPARMIO ENERGETICO % | RISPARMIO ENERGETICO TOTALE kWh/m ² anno | COSTO INTERVENTO (EURO) | COSTI ENERGETICI PRE- INTERVENTO (EURO/ANNO) | COSTI ENERGETICI POST- INTERVENTO (EURO/ANNO) | RISPARMIO COSTI ENERGETICI (EURO/ANNO) |
|--|---|------------------------------|---|-------------------------------|--|---|---|
| Lana di legno | | 60% | | 1.356 | | | |
| Infissi U = 1,2 | | 80% | | 10.000 | | | |
| Sistemi di schermatur a solare: veneziana | | 6% | | 450 | | | |
| LED | | 12% | | 210 | | | |
| TOTALE | 37,7 | 72% | 97,3 | 12.016 | 4.131 | 1.154 | 2.977 |

Tab. 7.10 - Elencazione dei costi e dei vantaggi sia energetici che economici dello Scenario n. 1.

SCENARIO 2

La seconda combinazione è stata scelta come alternativa di retrofit "medio", con risultati energetici ed economici approfonditi in Tabella 7.11.

Con retrofit "medio" si vuole intendere una strategia che tenta di risolvere la maggior parte dei problemi che causano le dispersioni di calore e gli eccessivi consumi energetici, agendo principalmente su alcuni di essi.

Vengono così prediletti quegli interventi intermedi che mirano a risultati soddisfacenti pur richiedendo costi contenuti.

Nel caso in esame, lo Scenario 2, prevede di aumentare le prestazioni termiche dell'involucro conferendo principale importanza ai suoi elementi trasparenti: tale strategia non prevede l'isolamento dell'involucro opaco ma soltanto la sostituzione degli infissi obsoleti. In questo caso, l'infisso proposto permette sempre di soddisfare i requisiti di legge, con un buon margine di distacco dagli stessi, pur essendo meno costosi - e meno performanti - di quelli per esempio previsti nello Scenario 1.

Lo Scenario 2 comprende le seguenti azioni di retrofit:

- 1.B.3 Infissi con telaio in alluminio, taglio termico, vetrocamera low-E (basso-emissivo) 6-12-6 mm, camera con aria, $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{k}$;
- 1.C Sistema di schermatura solare realizzato mediante apposizione di veneziane per gli infissi sprovvisti di avvolgibili, per un'estensione totale di 9 m^2 ;
- 2. Sostituzione apparecchi illuminanti con lampade a LED.

| SCENARIO 2 | EP TOTALE POST INTERVENTO kWh/m ² anno | RISPARMIO ENERGETICO TOTALE % | RISPARMIO ENERGETICO TOTALE kWh/m ² anno | COSTO INTERVENTO (EURO) | COSTI ENERGETICI PRE- INTERVENTO (EURO/ANNO) | COSTI ENERGETICI POST- INTERVENTO (EURO/ANNO) | RISPARMIO COSTI ENERGETICI (EURO/ANNO) |
|--|---|--|---|-------------------------------|--|---|---|
| Infissi $U = 2,1$ | | 55% | | 8.000 | | | |
| Sistemi di schermatur a solare: veneziana | | 6% | | 450 | | | |
| LED | | 12% | | 210 | | | |
| TOTALE | 66,5 | 51% | 68,5 | 8.660 | 4.131 | 2.036 | 2.095 |

Tab. 7.11 - Elencazione dei costi e dei vantaggi sia energetici che economici dello Scenario n. 2.

SCENARIO 3

Infine, il terzo caso di intervento ipotizzato consiste in una strategia più economica. A differenza del precedente Scenario, gli interventi sull'involucro prevedono soltanto la coibentazione dall'interno delle chiusure verticali opache, lasciando gli infissi invariati. I risultati energetici ed economici sono riportati in Tabella 7.12.

Tale soluzione non assicura, di certo, una buona efficacia in termini di contenimento dei consumi energetici: si è visto che gli infissi obsoleti sono responsabili della maggior parte delle dispersioni di energia verso l'esterno. Nonostante ciò, può presentarsi l'opportunità, per il proprietario di una unità residenziale come quella in esame, di agire con un intervento relativamente "economico", prevedendo eventuali lavori aggiuntivi in un secondo momento. Non è da escludere pertanto, la necessità di valutare un'alternativa non efficiente da tutti i punti di vista, ma economica e semplice da attuare. Sarà il confronto in termini di indicatori matematico-finanziari a suggerire la convenienza o lo svantaggio legati all'implementazione di un intervento di questo tipo. Lo Scenario 3, dunque, non ipotizza alcun cambiamento nella configurazione iniziale degli infissi.

L'isolamento dell'involucro opaco è il n. 1.A.2, realizzato per mezzo di pannelli in EPS da 60 mm, per tutta la superficie opaca interna delle pareti verticali che delimitano l'appartamento con l'esterno.

Come già detto, anche questo scenario prevede la sostituzione delle lampade ad incandescenza con il sistema di illuminazione a LED.

Lo Scenario 3, dunque, include i seguenti interventi:

- 1A.2 Isolamento dell'involucro opaco dall'interno: 60 mm con EPS, $U = 0,22 \text{ W/m}^2\text{k}$;
- 2. Sostituzione apparecchi illuminanti con lampade a LED.

Dai calcoli effettuati, si ottiene un risparmio energetico totale del 38%, il più basso tra le combinazioni analizzate, ma che, comunque, corrisponde ad un basso costo di investimento, pari a 1.043 euro.

| SCENARIO 3 | EP TOTALE POST INTERVENTO kWh/m ² anno | RISPARMIO ENERGETICO TOTALE % | RISPARMIO ENERGETICO TOTALE kWh/m ² anno | COSTO INTERVENTO (EURO) | COSTI ENERGETICI PRE- INTERVENTO (EURO/ANNO) | COSTI ENERGETICI POST- INTERVENTO (EURO/ANNO) | RISPARMIO COSTI ENERGETICI (EURO/ANNO) |
|---------------|---|--|---|-------------------------------|--|---|---|
| EPS | | 40% | | 8.000 | | | |
| LED | | 12% | | 210 | | | |
| TOTALE | 83,4 | 38% | 51,6 | 1.043 | 4.131 | 2.552 | 1.579 |

Tab. 7.12 - Elencazione dei costi e dei vantaggi sia energetici che economici dello Scenario n. 3.

Dal riepilogo degli Scenari proposti, e da una valutazione non solo energetica ma anche economica, è possibile analizzare i benefici associati a ciascuno di essi, a partire dalla fattibilità economica dell'investimento.

Di seguito, alcuni grafici e diagrammi illustreranno il confronto tra le principali caratteristiche economiche ed energetiche degli interventi trattati.

In particolare, il diagramma a barre di Figura 7.2, individua la ripartizione dei costi di ogni Scenario, ripartendoli per intervento.

Si nota come i costi maggiori in senso assoluto siano quelli relativi al primo Scenario, mentre per i singoli interventi, il costo superiore è rappresentato dalla barra in azzurro, corrispondente alla spesa necessaria per gli infissi.

Individuati dalla barra in verde, costante in tutti e tre gli Scenari, i LED si attestano al livello più basso, prevedendo un costo esiguo rispetto alle altre tipologie di intervento: si tratta di centinaia di euro, contro alle migliaia necessarie all'implementazione di interventi sull'involucro, come si può facilmente riscontrare nel grafico, in corrispondenza dei valori sulla sinistra.

Gli interventi sull'involucro opaco, rappresentati dalla barra in giallo, sono molto meno onerosi della sostituzione degli infissi, sia nello Scenario 1, dove si prevede l'impiego di lana di legno, che nello Scenario n. 3, dove è previsto l'impiego di pannelli isolanti in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato).

In sintesi, ciò che più incide in ciascuna strategia di retrofit energetico, è la scelta di infissi altamente performanti. Nel caso in esame, essi incidono di una percentuale che va dall'80% (Scenario n.1) al 92% (Scenario n.2) sul costo globale dell'intero Scenario di retrofit. Per tale ragione, la terza strategia risulta la più economica, non richiedendo alcun miglioramento degli infissi.

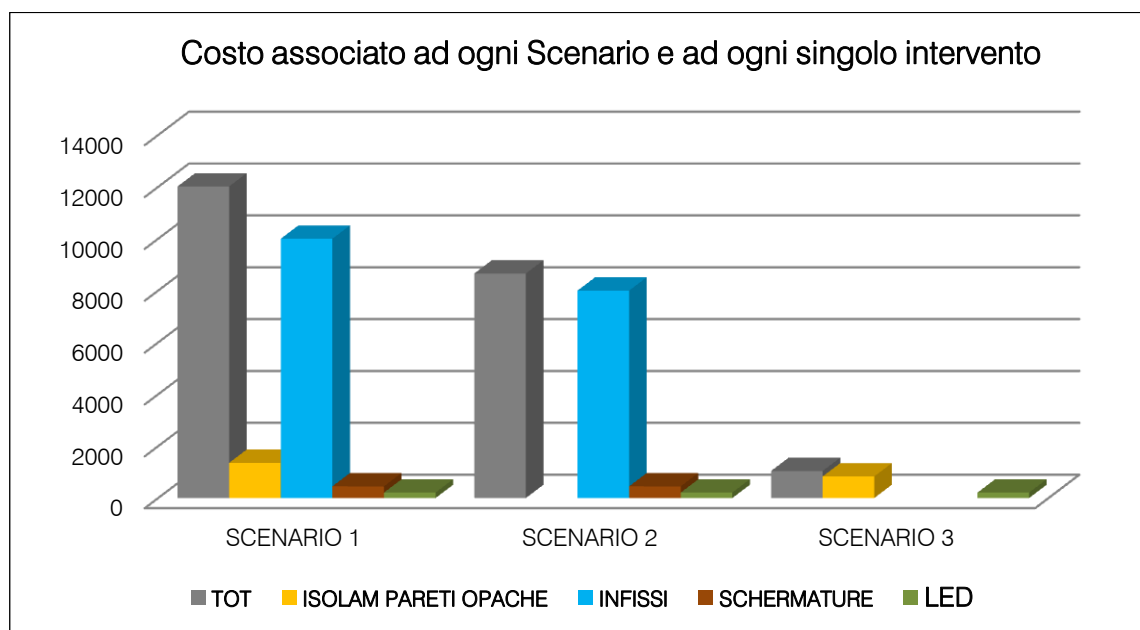


Fig. 7.2 - Costo degli interventi di retrofit energetico divisi per scenario e per singola azione.

Ai fini della valutazione economica, inoltre, è importante valutare il risparmio conseguibile anno per anno, grazie alla riduzione della spesa energetica.

Ogni scenario presuppone un notevole scostamento dal costo della bolletta energetica iniziale, pari a 4.131 euro, che esprime un elevato consumo energetico.

Per il calcolo del risparmio economico annuale, è stato moltiplicato ogni kWh/anno risparmiato grazie a ciascuno Scenario, per il costo dell'energia elettrica, pari a 0,18 euro/kWh, come già indicato.

Il diagramma "Costo Bolletta Annuo" di Figura 7.3, dimostra come sia possibile pagare anche meno di un terzo della bolletta attuale, mediante interventi mirati che agiscono sia sulle parti opache dell'involucro che sui serramenti, con particolare attenzione anche alla schermatura della radiazione solare, in modo da ridurre l'indice di prestazione per il raffrescamento estivo EP_e .

Se lo stato di fatto richiede un costo annuo in termini di bolletta energetica pari a 4.131 euro, attraverso l'implementazione delle strategie di retrofit degli Scenari 1, 2 e 3, è possibile ottenere, rispettivamente, costi annui di 1.154 (28%), 2.036 (49%) e 2.552 (62%).

Coerentemente con la "profondità" d'azione e con l'efficacia degli interventi costituenti ogni Scenario, si hanno risparmi gradualmente più piccoli, man mano che diminuisce il grado di efficienza energetica associato a ciascuno di essi. Ne deriva che, nel caso in esame, gli interventi più costosi (Scenario 1) corrispondono alla strategia d'azione più efficiente, che consente di pagare all'anno una bolletta di poco più di mille euro, contro quella iniziale, quasi quattro volte più elevata. Interventi che, invece, prevedono costi più bassi, in quanto meno completi, determinano risparmi annui meno considerevoli, ma dimostrano di essere pur sempre efficaci: lo Scenario 3 riesce a ridurre la bolletta annua iniziale di quasi 1,6 volte (barra in viola).

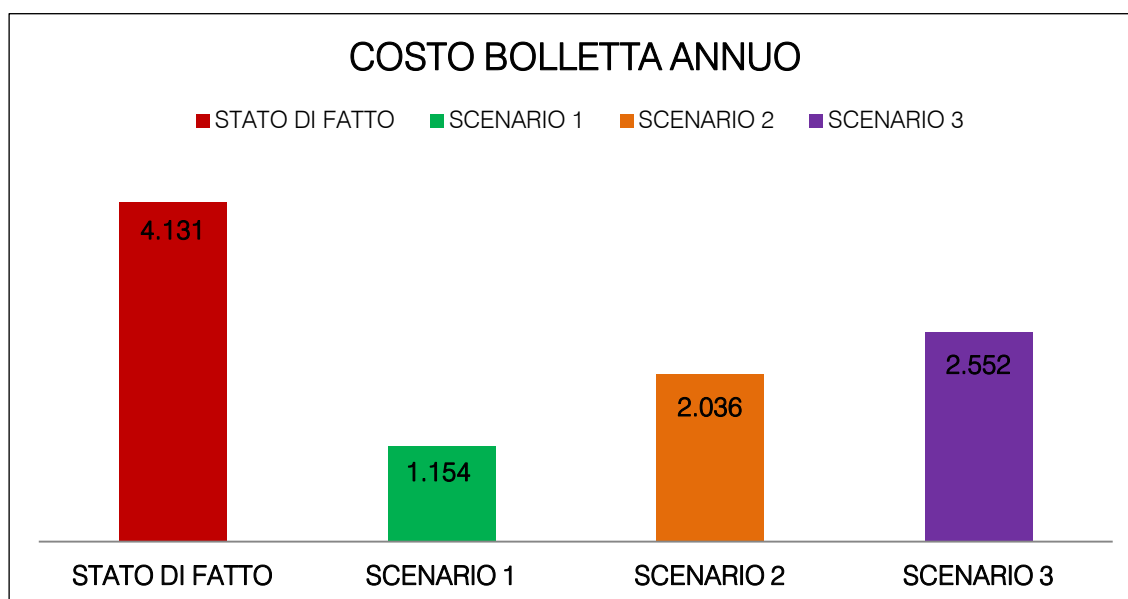


Fig. 7.3 - Costo della bolletta energetica nelle quattro diverse configurazioni: stato di fatto, Scenario 1, 2 e 3.

Il costo della bolletta dipende anche da altri fattori che incidono sulla spesa elettrica, tra cui gli elettrodomestici, che condizionano più o meno la domanda di energia elettrica, a seconda della loro classe energetica di riferimento.

Ad ogni modo, la maggior parte dei consumi registrati, sono imputabili al calore disperso, alla mancanza di una buona coibentazione dell'involucro edilizio, al sistema poco efficiente di illuminazione, ai ponti termici non corretti più o meno diffusi in corrispondenza degli elementi strutturali e dell'involucro edilizio, e alla presenza dei carichi interni e degli apporti solari. Quest'ultimi, in particolare, aumentano la temperatura dei locali e la richiesta di energia per il loro raffrescamento.

Il valore di energia primaria totale "EP", tiene conto dei seguenti elementi:

$$EP = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill}$$

Come già indicato in fase di calcolo dei consumi energetici totali e parziali dell'appartamento (cfr Capitolo 5), gli addendi a secondo membro nella formula rappresentano i contributi parziali di energia, e sono anche chiamati "indici di prestazione energetica".

Mantenendo costanti gli impianti di riscaldamento, di produzione di acqua calda sanitaria e di raffrescamento, e tutti gli elettrodomestici che si ipotizza l'appartamento possa contenere, è possibile stimare rispettivamente un risparmio energetico percentuale totale del 72%, 51% e 38%, mediante gli Scenari 1, 2 e 3, come sintetizzato nel diagramma di Figura 7.4.

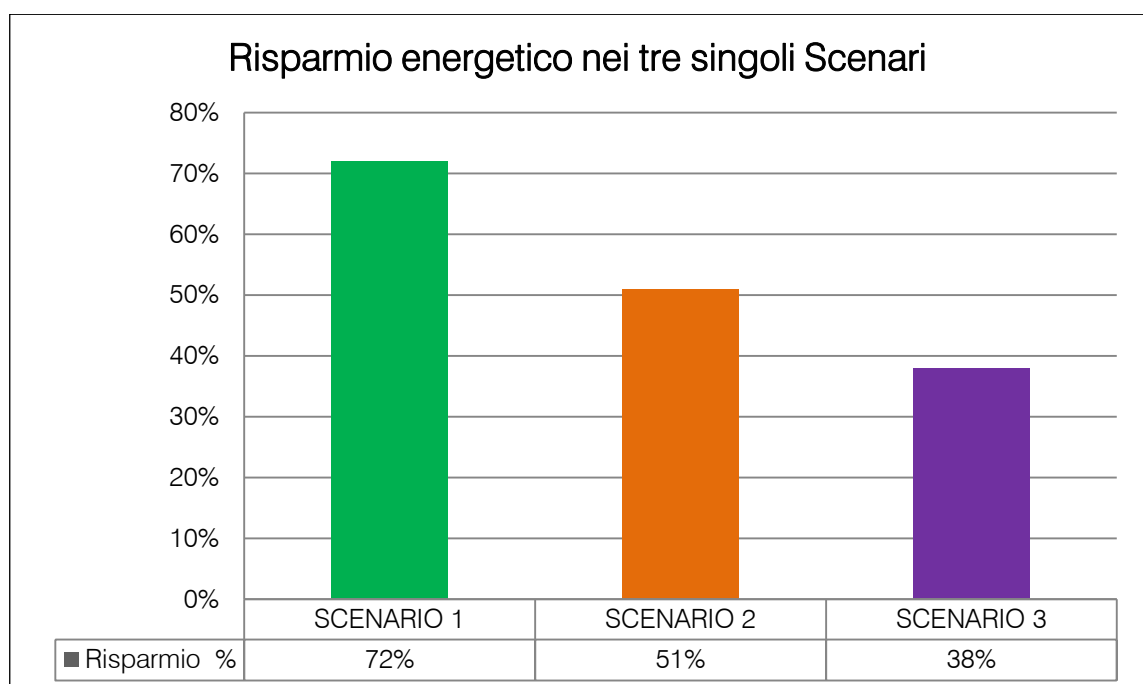


Fig. 7.4 - Percentuale di risparmio totale ottenibile attraverso l'attuazione di ciascuno dei 3 Scenari previsti.

VALUTAZIONE DELLA PERDITA DI VALORE IMMOBILIARE

L'analisi del rapporto costi-benefici non può prescindere da un'osservazione relativamente all'intervento di isolamento dall'interno delle pareti verticali opache dell'appartamento.

I pannelli isolanti scelti, per qualsiasi materiale ipotizzato (lana di legno, EPS, lana di roccia) hanno uno spessore pari a 60 mm: tale scelta è frutto di diverse verifiche applicate al pacchetto stratigrafico esistente, finalizzate all'ottimizzazione della quantità di materiale isolante da applicare, in funzione delle esigenze termiche richieste dalle normative e dal maggiore costo che spessori maggiori determinano.

Un'ulteriore elemento che occorre stimare nella scelta degli spessori dell'isolante, riguarda la perdita di valore immobiliare conseguente ad un intervento di isolamento dall'interno: 60 mm di materiale posto lungo buona parte del perimetro dell'appartamento, in corrispondenza delle pareti esterne ed esteso in verticale per tutta la luce libera, può costituire un ingombro non indifferente. Ingombro che si traduce, in termini architettonici, in perdita di superficie utile e di spazio utilizzabile, e, in termini economici, in perdita di valore immobiliare, pari al prodotto della superficie sottratta dai pannelli isolanti per il valore immobiliare unitario (euro/m²) stimato per l'appartamento.

È, dunque, opportuno tenere conto di tale svantaggio legato agli interventi sull'involucro opaco, bilanciandone la perdita di valore con i vantaggi e i risparmi economici derivanti dalla maggiore efficienza energetica conseguibile.

Per stimare l'incidenza economica della superficie sottratta, occorre conoscere la superficie totale interessata dalla coibentazione, e il valore immobiliare di mercato relativo all'edificio esaminato e alla zona di pertinenza. In pianta, l'ingombro dei pannelli isolanti ha un'estensione lineare pari a 40 m (Figura 7.5).

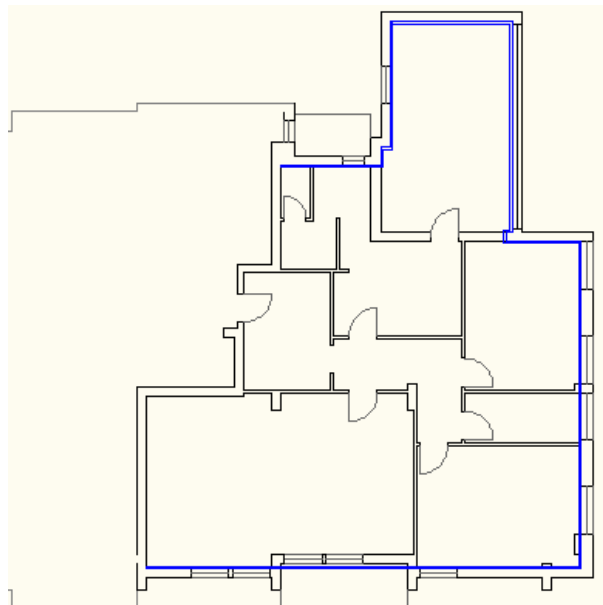


Fig. 7.5 - Pianta dell'appartamento oggetto di analisi. La linea blu indica l'impronta perimetrale della superficie verticale opaca coibentata mediante i pannelli isolanti previsti negli Scenari n.1 e n.3.

Pertanto la superficie orizzontale impegnata dall'isolante, in pianta sarà uguale a:

$$S_{\text{isolamento}} = (0,06 \times 40) \text{ m}^2 = 2,4 \text{ m}^2$$

Il valore immobiliare preso in considerazione è la media delle quotazioni rilevate dalla Banca dati delle quotazioni immobiliari⁵ per il primo semestre del 2014, e relativamente alla fascia semicentrale, in cui rientra via Alcide De Gasperi.

L'indagine restituisce i valori inclusi nella Tabella 7.13: il valore immobiliare ricercato risulta essere la media tra il minimo e il massimo valore di mercato per le abitazioni civili ricadenti nell'area di Palermo selezionata, pari rispettivamente a 1.950 e 2.200 euro/mq.

| Tipologia | Stato conservativo | Valore Mercato (€/mq) | | Superficie (L/N) | Valori Locazione (€/mq x mese) | | Superficie (L/N) |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|------|------------------|--------------------------------|-----|------------------|
| | | Min | Max | | Min | Max | |
| Abitazioni civili | NORMALE | 1950 | 2200 | L | 4,5 | 5,7 | L |
| Abitazioni di tipo economico | NORMALE | 1350 | 1800 | L | 4 | 5 | L |
| Box | NORMALE | 1500 | 2050 | L | 6,1 | 7,6 | L |

Tab. 7.13 - Valore di mercato degli immobili situati in zona Stadio, Palermo. Valutazione aggiornata al 2014. © Agenzia delle Entrate.

Tale valore, pari a 2.080 euro/m², moltiplicato per la superficie totale occupata dai pannelli isolanti in pianta (2,4 m²), e quindi sottratta alla superficie utile dell'appartamento, determina la seguente perdita di valore:

$$2.080 \text{ euro/m}^2 \times 2,4 \text{ m}^2 = 4.992 \text{ euro}$$

Il valore immobiliare totale perso dall'immobile in seguito ad un eventuale intervento di isolamento delle pareti verticali opache, così come previsto nel caso degli Scenari 1 e 3, è, pertanto, pari a 4.992 euro.

Su una superficie utile di 170 m², la perdita di una quantità pari a 2,4 m² può apparire poco rilevante, incidendo in una percentuale dell'1,4% sul totale. La considerazione appena svolta sulla perdita di valore, permette, invece, di comprendere quanto invece possa influire un ingombro di tale portata a livello economico, in modo proporzionale alla quantità di superficie sottratta.

Anche nell'eventualità di un'azione di compravendita o di locazione dell'appartamento, la superficie utile determina scelte ed investimenti che non sono trascurabili per la valutazione della convenienza di ciascun intervento.

Per tali motivi, il valore pari a 4.992 euro perso a seguito dell'isolamento dell'involucro opaco, dovrà essere preso in considerazione nella valutazione del rapporto costi-benefici degli Scenari di intervento 1 e 3, in quanto può implicare uno svantaggio più o meno significativo in termini di convenienza economica e di profittabilità dell'investimento di retrofit, a seconda degli altri fattori che entrano in gioco.

7.4 Valutazione economica degli interventi mediante i principali indicatori finanziari

Esistono diversi metodi di calcolo, più o meno raffinati ed attendibili, che possono essere di aiuto nella scelta tra ipotesi alternative di investimento. Alcuni di questi sono rappresentati dal *Pay Back Period*, dal Valore Attuale Netto (VAN) e dal Tasso Interno di Rendimento (TIR).

PAY BACK PERIOD

Nella riqualificazione energetica degli edifici una delle prime cose da fare, oltre a valutare in che misura intervenire sull'isolamento termico per rientrare nei limiti di legge, è quella di capire entro quanto tempo l'intervento di riqualificazione energetica verrà ripagato.

Alla luce dei dati precedentemente elencati, è possibile ricavare alcuni degli indici più comunemente usati in matematica finanziaria per il calcolo della convenienza degli investimenti. Il primo tra questi è il *Payback Period*, ovvero il *Tempo di Ritorno* dell'investimento, che rappresenta il numero di anni necessari per recuperare la spesa sostenuta per l'investimento iniziale (espresso in anni).

Il tempo di ritorno può essere inteso come l'investimento monetario iniziale diviso il risparmio annuo dovuto all'isolamento termico aggiuntivo, al netto delle imposte.

Tra investimenti alternativi, si sceglierà quello con un "periodo di recupero" più breve, in quanto da tale momento in poi, il risparmio conseguito annualmente rappresenterà un utile. Il *Payback Period* non prende in considerazione alcuna forma di svalutazione della moneta nel corso del tempo.

Nel caso in esame, l'applicazione di tale indicatore permette di comprendere entro quanto tempo i risparmi ottenuti dalla riduzione dei costi energetici annui permetteranno di recuperare il capitale monetario inizialmente versato per effettuare l'azione di retrofit.

In particolare, lo Scenario che ha un *Payback Period* più basso è il terzo, con un tempo di ritorno dell'investimento inferiore ad un anno (Figura 7.6).

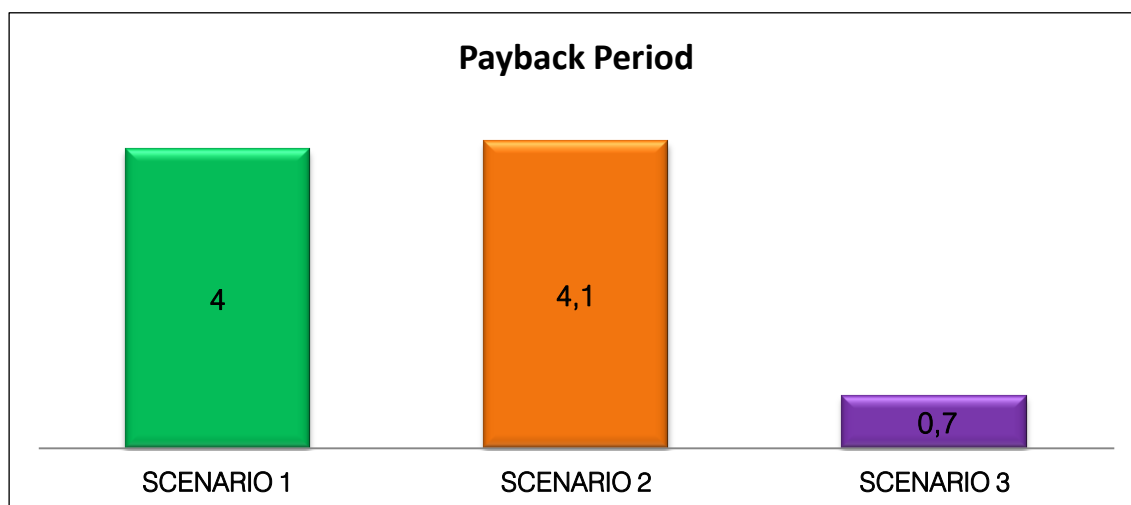


Fig. 7.6 - Analisi comparativa del tempo di ritorno dell'investimento associato ai tre casi esaminati. Scenario 1, Scenario 2 e Scenario 3.

VAN (VALORE ATTUALE NETTO)

Il valore attuale netto, spesso identificato dall'acronimo VAN, è uno degli indicatori più utili e basilari per intraprendere decisioni in ambito finanziario, sia all'interno delle scelte aziendali, sia come ausilio per le decisioni quotidiane di acquisto o investimento.

Il Valore Attuale Netto calcola il valore attuale (cioè al momento della valutazione) di una serie di flussi di cassa generati in periodi futuri (che si presumono della stessa ampiezza, quali ad esempio, semestri o anni) attraverso l'utilizzo di un tasso di sconto (o, meglio, di un tasso di "attualizzazione"). Il tasso di sconto o di attualizzazione tiene conto del costo opportunità della moneta, in un arco di tempo definito, e si usa per convertire il valore dei futuri flussi di cassa attesi nel loro valore attuale. Esso consente di calcolare il valore del beneficio netto atteso dall'iniziativa come se fosse disponibile nel momento in cui la decisione di investimento viene assunta: per tenere conto che una stessa quantità in denaro vale più oggi che in futuro, tutti i futuri flussi di cassa devono essere scontati e riportati al loro valore attuale.

Per una buona analisi è importante quantificare il giusto tasso di sconto, a seconda della tipologia di investimento. Fissare il giusto tasso di sconto presuppone alcune considerazioni: nella finanza aziendale, di solito, si usa la media ponderata del costo del capitale di impresa. Si può dunque ipotizzare di effettuare un investimento "certo" nello stesso arco temporale e utilizzare come tasso di attuazione per il calcolo del VAN, il rendimento che ci si aspetta di ricavare dall'investimento alternativo.

Nel caso dell'investimento immobiliare ipotizzato, si può presumere un tasso del 4%, come media di investimenti simili realizzabili con le somme necessarie per gli Scenari di retrofit. Assumendo, poi, di voler estendere il periodo di osservazione fino al decimo anno, si ottengono i valori attuali netti raffigurati in Figura. 7.7, rispettivamente per gli Scenari 1, 2 e 3.

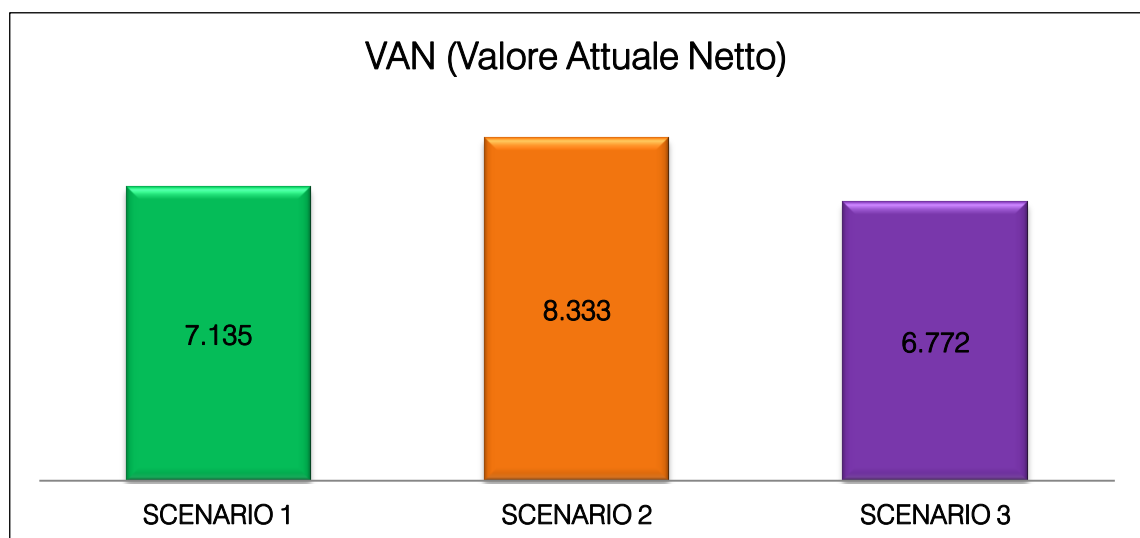


Fig. 7.7 - Valutazione del VAN (Valore Attuale Netto) dei tre Scenari di investimento, con un tasso del 4% e un tempo di valutazione pari a 10 anni.

La scelta dell'investimento, se effettuata sulla base del VAN, considera come più conveniente l'investimento associato al VAN maggiore, a parità di tutte le altre condizioni (tasso di attualizzazione, periodo di tempo, ecc.). Un valore di VAN negativo mostra che, a quel determinato tempo "t", non si può ancora considerare vantaggioso qualsiasi tipo di investimento.

Nel nostro caso, dal decimo anno in poi, tutti gli Scenari presentano un valore positivo del VAN. In corrispondenza del decimo anno, in particolare, il VAN maggiore si ottiene con lo Scenario 2, tenendo conto che, negli altri due casi, influisce lo svantaggio derivante dalla superficie sottratta a causa dell'isolamento dell'involucro opaco, non previsto, invece, dallo Scenario 2.

Tale considerazione, infatti, è fondamentale per distinguere la profittabilità di un intervento in tutti i suoi aspetti. Se non si fosse tenuto conto di tale svantaggio, i risultati del VAN sarebbero stati nettamente diversi, indicando in tal caso come intervento "migliore", sotto il profilo costi-benefici, quello rappresentato dallo Scenario 1, con un VAN pari a 12.127 euro. Ciò si comprende meglio dal confronto effettuato nel diagramma di Figura 7.8, che prende in considerazione il VAN a 10 anni dall'investimento, sia con l'influenza della perdita di valore immobiliare (fasce in blu) che senza (fasce in celeste).

Se si confrontano i due risultati, si ottiene che lo Scenario 2 diventa l'intervento più conveniente solo nel caso di considerazione della perdita di valore immobiliare (in blu) perché, oltre a realizzare risparmi energetici apprezzabili, non prevede l'isolamento dell'involucro opaco e, pertanto, non riduce il valore immobiliare dell'appartamento.

Lo stesso Scenario 2 sarebbe invece il "peggiore" nell'ipotesi in cui la perdita di valore relativa agli altri due Scenari non venga valutata (fascia celeste).

Tale osservazione vale per tutte le forme di valutazione economica, e d'ora in avanti tutti i risultati riportati e i relativi confronti terranno conto del valore immobiliare sottratto nel caso degli Scenari 1 e 3.

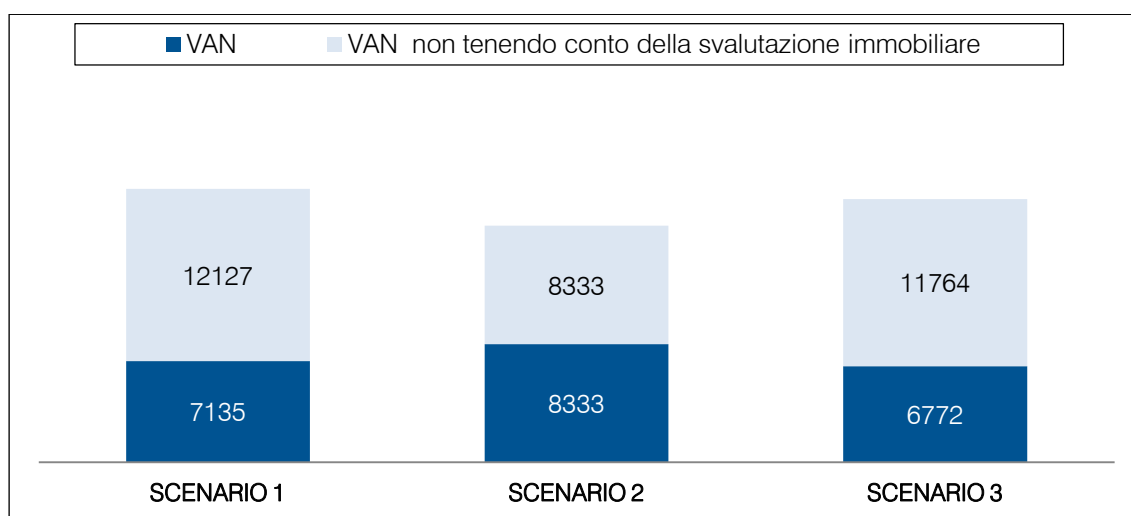


Fig. 7.8 - Valutazione del VAN (espresso in euro) dei tre Scenari di investimento, sia considerando l'influsso negativo della perdita di valore immobiliare per gli Scenari 1 e 3 (blu), che trascurandolo (celeste).

TIR (TASSO INTERNO DI RENDIMENTO)

Talvolta, soprattutto nella contabilità aziendale, si usa calcolare il Tasso Interno di Rendimento per assegnare priorità ai progetti, in base alla profittabilità e al potenziale di crescita. Il TIR esprime un valore percentuale: più alto è il valore del TIR di un progetto, e maggiore sarà il suo potenziale di crescita.

Il TIR (in inglese *Internal Rate of Return*, IRR) rappresenta, in pratica, il tasso di attualizzazione che rende il VAN di un progetto uguale a zero.

La regola suggerisce di accettare quei progetti che hanno un TIR maggiore del costo opportunità del capitale.

Dall'applicazione di tale criterio al caso in esame, si ricavano i valori del TIR per ciascuno dei tre Scenari di progetto, visualizzabili in Figura 7.9.

Il TIR maggiore è ottenuto dallo Scenario 3, seguito dal 2, ed infine dallo Scenario n.1, che risulta anche stavolta, il meno conveniente. Attenzione va prestata, tuttavia, a tale considerazione: i risultati sono strettamente connessi al tempo ipotizzato, fattore che influisce in modo determinante sulla effettiva stima della profittabilità di ogni investimento.

Con la stima del Valore Attuale Netto, si è in grado di valutare se un certo investimento rende di più, di meno o egualmente rispetto ad un valore di rendimento scelto: se il VAN è positivo, dato un saggio di soglia del 4%, ciò vuol dire che l'investimento in esame rende di più di tale valore. Il Tasso di Rendimento Interno permette, invece, di stimare con precisione il valore reso da un progetto, esprimendolo in percentuale.

Nel nostro caso, tale criterio di valutazione, basato sul TIR, contrasta con le indicazioni del VAN, in quanto indica, come già osservato e riportato in Figura 7.9, lo Scenario 3 e non il 2, come intervento più vantaggioso, con un TIR pari al 22% e quindi maggiore del TIR dello Scenario 2 e dello Scenario 1, rispettivamente pari al 16% e al 10%.

Di volta in volta, la scelta del metodo da prendere in considerazione dipende dal tipo di investimento da implementare e dai fattori a cui si vuole attribuire maggiore rilievo.

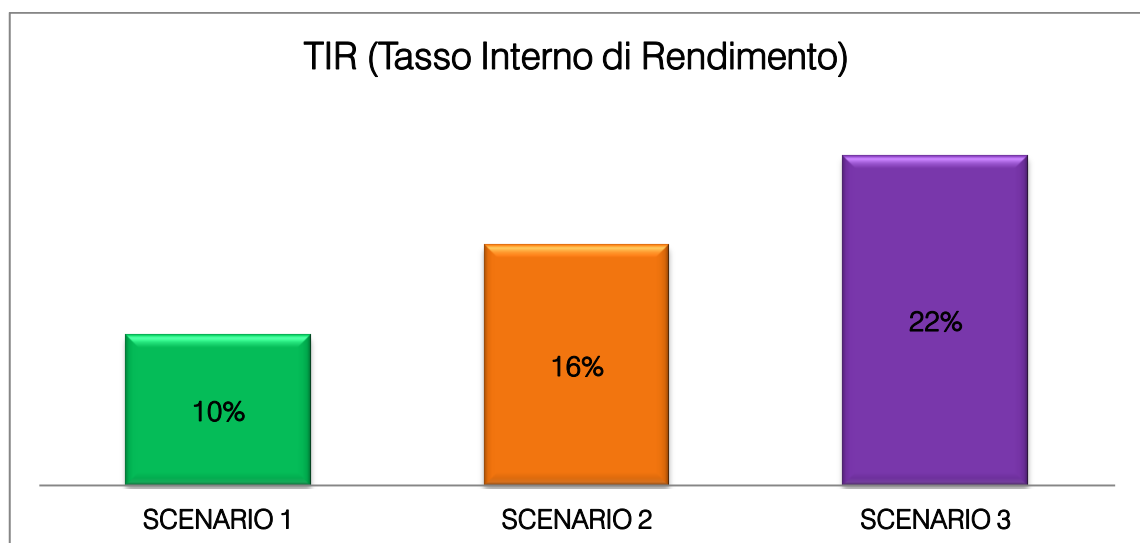


Fig. 7.9 - Valutazione del TIR (Tasso Interno di Rendimento) per i tre Scenari previsti.

Da un riepilogo dei dati economico-finanziari ricavati, è possibile effettuare, infine, il confronto tra i diversi Scenari, come indicato in Tabella 7.14,:

| INDICATORE FINANZIARIO | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|------------------------|------------|------------|------------|
| Payback Period (anni) | 4 | 4,1 | 0,7 |
| VAN (euro) | 7.135 | 8.333 | 6.772 |
| TIR (%) | 10% | 16% | 22% |

Tab. 7.14 - Tabella riepilogativa dei risultati ottenuti mediante l'analisi economico-finanziaria dei tre Scenari.

Nella valutazione dello Scenario più vantaggioso, entrano in gioco diversi parametri, ciascuno dei quali influenza più o meno il risultato finale e la scelta dell'investimento più adatto alle proprie esigenze, oltre che più conveniente sotto il profilo economico.

Talvolta, tale scelta può essere guidata dalla necessità di recuperare l'investimento il prima possibile in termini di tempo, e quindi l'indice più indicativo ed attendibile per la finalità prescelta è rappresentato dal *Payback Period*, in quanto stima il tempo di ritorno dell'investimento, senza tenere conto di altri parametri che possano influenzarlo. Esso si riduce in una semplice divisione del costo dell'investimento, per le entrate conseguibili annualmente.

Se, invece, nella scelta dell'investimento più proficuo si vuole tenere conto di altri fattori che misurano in maniera più dettagliata la convenienza di un progetto rispetto ad altri, anche alla luce della perdita di valore del denaro in rapporto al tempo, allora occorrerà utilizzare altri indicatori finanziari. Il più preciso e adatto al caso di interventi di riqualificazione immobiliare, è il VAN, che, come già visto, permette di scontare mediante un tasso prescelto le entrate perseguibili nel corso del tempo.

Con questo metodo finanziario, si è potuta riscontrare la preferenza dell'investimento associato allo Scenario 2. Ma ciò avviene solo fino al quinto anno: dal sesto anno in poi, lo Scenario più conveniente è il terzo, in quanto il VAN è superiore. Questo perché ciascuna valutazione è profondamente influenzata dal tempo t in cui si prefigura l'investimento.

Dalla Tabella 7.15 è, pertanto, possibile esaminare tutti i valori del VAN dei tre Scenari, a parità di tempo t , fino ad un orizzonte temporale di 20 anni, per meglio comprendere l'andamento degli stessi, e la convenienza che è possibile associare di volta in volta agli Scenari di retrofit energetico. Lo Scenario n. 1, che fino al sesto anno presenta valori negativi, comincia ad aumentare fino ad arrivare al $t = 13$ anni, in cui supera gli altri valori del VAN, in maniera definitiva per gli anni a venire.

Poiché il VAN è considerato lo strumento finanziario più attendibile e preciso, e considerato che, tutto sommato, gli Scenari esaminati presuppongono tutti un tempo di ritorno sostanzialmente breve dell'investimento - pari a 4,1 anni nel caso più lungo (Scenario 1) - l'intervento che risulta essere il più conveniente nel medio periodo (a partire da $t = 5$ anni), è rappresentato dallo Scenario n. 2 e, pertanto, dalla combinazione dei seguenti interventi:

- 1.B.3. Infissi con telaio in alluminio, taglio termico, vetrocamera low-E (basso-emissivo) 6-12-6 mm, camera con aria, $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{k}$;
- 1.C. Sistema di schermatura solare realizzato mediante apposizione di veneziane negli infissi sprovvisti di avvolgibili;
- 2. Sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a LED.

Si tratta di uno scenario progettuale che punta in particolare alla riqualificazione dell'involucro trasparente, mantenendo uguale l'involucro opaco, caratterizzato da condizioni iniziali discrete, date da una buona muratura e massa superficiale, tale da rispettare il valore di massa superficiale minima prescritta per città come Palermo, dove il problema del surriscaldamento in regime estivo è di primaria importanza (DPR n. 59/09).

Tale considerazione ci permette di constatare quanto sia importante la presenza di infissi ad alte prestazioni, anche con una trasmittanza non eccessivamente bassa, come quella degli infissi previsti dallo Scenario 2 ($U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{k}$). L'investimento prevede un costo di realizzazione pari a 8.860 euro, con un tempo di recupero stimato in 4 anni, e un abbattimento dei consumi energetici totali del 50%.

Se si vuole, invece, affrontare un intervento di riqualificazione energetica più completo e duraturo nel tempo, assicurando il rispetto e un ulteriore margine di distacco nei confronti delle normative e dei requisiti minimi di prestazione energetica dei componenti dell'involucro, allora occorre preferire lo Scenario n. 1, che prevede un sostanziale miglioramento delle caratteristiche termiche di tutto l'involucro, sia opaco che trasparente, ottenendo un risparmio energetico del 72%. L'unico svantaggio che lo rende meno proficuo in termini economici è da attribuire alla perdita di valore di quasi 5.000 euro associabile alla sua implementazione, a causa della riduzione della superficie utile dell'appartamento per apposizione dei pannelli isolanti dall'interno.

Da un riscontro in termini di Valore Attuale Netto, si ottiene che tale Scenario di intervento è il più conveniente a partire da un periodo di tempo pari a 13 anni: da $t = 13$ in poi è lo Scenario più vantaggioso, come indicato dal VAN pari a 12.615 euro, contro i 12.261 dello Scenario 2 e i 9.732 dello Scenario 3.

Dalla Tabella 7.15 è possibile notare come il valore del VAN cambi con il trascorrere degli anni, immaginando un periodo sempre più esteso, mentre la Tabella 7.16 mostra il ripilogo di tutte le caratteristiche energetico - finanziarie degli investimenti ipotizzati.

Lo Scenario che più aumenta gradualmente con il trascorrere degli anni è lo Scenario 1, dimostrando l'efficacia delle misure di retrofit in esso contenute, seppur associate a costi di investimento più elevati per la sua realizzazione.

| t | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|----|------------|------------|------------|
| 1 | -14146 | -6645 | -4517 |
| 2 | -11394 | -4708 | -3057 |
| 3 | -8748 | -2846 | -1653 |
| 4 | -6203 | -1055 | -304 |
| 5 | -3757 | 667 | 994 |
| 6 | -1404 | 2323 | 2242 |
| 7 | 858 | 3915 | 3442 |
| 8 | 3032 | 5446 | 4596 |
| 9 | 5124 | 6918 | 5705 |
| 10 | 7135 | 8333 | 6772 |
| 11 | 9068 | 9694 | 7797 |
| 12 | 10927 | 11003 | 8784 |
| 13 | 12715 | 12261 | 9732 |
| 14 | 14434 | 13471 | 10644 |
| 15 | 16086 | 14634 | 11520 |
| 16 | 17676 | 15753 | 12363 |
| 17 | 19204 | 16828 | 13174 |
| 18 | 20673 | 17863 | 13953 |
| 19 | 22086 | 18857 | 14703 |
| 20 | 23444 | 19813 | 15424 |

Tab. 7.15 - Andamento del valore del VAN per i tre progetti di riqualificazione energetica, all'aumentare del periodo di tempo t. I colori associati a ciascuna fascia temporale individuano la convenienza, relativamente a quel periodo, dello Scenario corrispondente: Viola: Scenario n.1; Arancio Scenario n.2; Verde Scenario n.3.

| CARATTERISTICHE ENERGETICO - FINANZIARIE DELL'INVESTIMENTO | SCENARIO 1 | SCENARIO 2 | SCENARIO 3 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Costo intervento iniziale | 12.016 € | 8.660 € | 1.043 € |
| Percentuale di risparmio energetico | 72% | 51% | 38% |
| Costo bolletta annuo | 1.154 € | 2.036 € | 2.552 € |
| Classe Energetica Globale raggiungibile | D _{gl} | E _{gl} | F _{gl} |
| Classe Energetica relativa a EP _i | A _i | C _i | E _i |
| Payback Period | 4 anni | 4,1 anni | 0,7 anni |
| TIR | 10% | 16% | 22% |
| VAN _(t=10) [anni] | 7.135 | 8.333 | 6.772 |
| VAN _(t=13) [anni] | 12.715 | 12.261 | 9.732 |

Tab. 716 - Analisi comparativa tra i risultati energetico - finanziari dei tre Scenari.

Note

1) L'Autorità per l'energia Elettrica il Gas e il Sistema Idrico è un organismo indipendente, istituito con la legge 14 Novembre 1995, n. 481 con il compito di tutelare gli interessi dei consumatori e di promuovere la concorrenza, l'efficienza e la diffusione di servizi con adeguati livelli di qualità, attraverso l'attività di regolazione e di controllo. L'Autorità svolge inoltre una funzione consultiva nei confronti di Parlamento e Governo ai quali può formulare segnalazioni e proposte; presenta annualmente una Relazione Annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta. Con il decreto n.201/11, convertito nella legge n. 214/11, all'Autorità sono state attribuite competenze anche in materia di servizi idrici. In particolare, l'Autorità deve *"garantire la promozione della concorrenza e dell'efficienza"* nei settori dell'energia elettrica e del gas, nonché assicurare *"la fruibilità e la diffusione [dei servizi] in modo omogeneo sull'intero territorio nazionale, definendo un sistema tariffario certo, trasparente e basato su criteri predefiniti, promuovendo la tutela degli interessi di utenti e consumatori [...]".* Il sistema tariffario deve inoltre *"armonizzare gli obiettivi economico-finanziari dei soggetti esercenti il servizio con gli obiettivi generali di carattere sociale, di tutela ambientale e di uso efficiente delle risorse"*. Dal 1° Luglio 2014 è stata introdotta una nuova tariffa di rete per i consumi ad alta efficienza approvata dall'Autorità per l'energia. Dal mese di Luglio, infatti, i clienti domestici che riscaldano la propria abitazione utilizzando esclusivamente pompe di calore elettriche possono chiedere di partecipare alla sperimentazione della nuova tariffa D1, basata su un prezzo del kilowattora costante rispetto ai consumi di energia elettrica. La nuova tariffa consente di pagare un costo più aderente a quello effettivo per i *servizi di rete* (trasporto, misura e gestione del contatore). Oggi la spesa per questi servizi è circa il 35% della bolletta di un cliente domestico "tipo", con 2700 kWh/anno di consumi e 3 kW di potenza impegnata, ma per chi consuma di più, può arrivare a pesare fino a circa metà della bolletta. La sperimentazione della nuova tariffa "D1" è un primo passo della riforma avviata dall'Autorità per allineare le tariffe di rete ai costi, eliminando sussidi e distorsioni anche in attuazione delle normative europee e nazionali sul raggiungimento degli obiettivi di efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili. L'eliminazione della progressività della tariffa rispetto ai consumi può infatti ridurre significativamente i costi di esercizio di tecnologie efficienti e innovative come pompe di calore, piastre di cottura a induzione e veicoli elettrici. Dal 1° Luglio 2007 il mercato dell'energia è stato liberalizzato: questo vuol dire che tutti i clienti possono liberamente scegliere da quale fornitore e a quali condizioni, comprare l'elettricità. Nel mercato libero le condizioni economiche e contrattuali di fornitura di energia sono concordate direttamente tra le parti e non fissate dall'Autorità per l'energia. In questo caso la bolletta riporta la scritta "mercato libero";

2) *"Nuovo Prezziario Regionale Sicilia 2013"*, Suppl. ord. n. 2 alla Gazzetta Ufficiale Della Regione Siciliana, n. 13 del 15-03-2013, pubblicato con Decreto del 27 Febbraio 2013, cap.12.6: *"Bioedilizia - Pannelli Isolanti"*; cap. 8: *"Infissi"*;

3) La manodopera è esclusa dal costo unitario in quanto, riferendosi per tutti gli interventi allo stesso spessore e alla stessa superficie di intervento, la percentuale di incidenza (compresa tra 9 e 20% del costo totale dell'intervento) rimane costante in tutti e tre i casi di isolamento dell'involucro opaco;

4) Valore di trasmittanza termica complessiva U, calcolata secondo il procedimento previsto dalla norma UNI EN 10077-1;

5) Le quote immobiliari sono state consultate nel sito web della "Banca dati delle quotazioni immobiliari – Risultato interrogazione: Anno 2014 - Semestre 1.

6) Le quote immobiliari sono tratte dalle Banche Dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI), come Risultato delle interrogazioni del primo semestre 2014.

Riferimenti bibliografici

ALBERTI D., MAZZON A., *Classe A+. Analisi costi-benefici degli interventi di riqualificazione energetica negli edifici*. Dario Flaccovio Editore, Palermo 2011.

BREALEY R.A., MYERS S.C., ALLEN F., SANDRI S., *Capital budgeting 3/ed.* The McGraw-Hill Companies, s.l. 2007.

GRAHAM R., HARVEY C., *The Theory and Practice of Finance: Evidence from the Field*, in *Journal of Financial Economics* 61 (2001), pp. 187-243

SALA M., (a cura di), *I percorsi della progettazione per la sostenibilità Ambientale, Centro Abita*. Alinea Editrice, Firenze 2004.

SASSO M., Dentice D'Accadia M., Sibilio S., Vanoli R., *Applicazioni di energetica. Introduzione all'analisi tecnico-economica di sistemi per il risparmio energetico*. Liguori Editore, Napoli 1999.

TREVISI A.S., LAFORGIA D., *Efficienza Energetica in Edilizia. Diagnosi energetiche - Tecnologie ad alto rendimento - Fonti rinnovabili - Soluzioni efficienti, applicazioni pratiche ed esempi costi/benefici per la riduzione del consumo di energia degli edifici e degli impianti*. Maggioli Editore, Rimini 2007.

Sitografia

<http://www.agenziaentrate.gov.it>

<http://www.borsinoimmobiliare.it>

<http://www.edilportale.com>

<http://www.ediltecnico.it>

<http://www.fassabortolo.com/>

<http://www.gurs.pa.cnr.it/>

<http://www.isomineral.it>

<http://www.isover.it/>

<http://www.knauf.it>

<http://www.leroymerlin.it/>

<http://www.mapei.it/>

BIBLIOGRAFIA RAGIONATA

Sulla normativa in materia di efficienza energetica

AA.VV., *L'efficienza energetica nei regolamenti edilizi*. Linee guida, Milano 2006.

BARUTTI F., *La certificazione energetica dell'involucro edilizio: normativa e materiali per il risparmio energetico*. Sistemi Editoriali, Napoli 2010.

BERETTA F., DE CARLO F., INTRONA V., SACCARDI D., *Progettare e gestire l'efficienza energetica*. McGraw-Hill Education, s.l. 2012.

COE A, PAQUET, G., ROY, J., *E-governance and smart communities: a social learning challenge in Social Science Computer Review*, vol. 19, n. 1, 2001, pp. 80-93.

FABBRI K., *Prestazione energetica degli edifici. I metodi di calcolo secondo le norme UNI TS 11300*. DEI Editore, 2010.

FASANO G., *La certificazione energetica secondo le linee guida nazionali e il DPR 59/09*. Newton Centro Studi, 2010.

KING, D., ET AL., *Copenhagen and Cancun, International climate change negotiations: Key lessons and next steps*, Smith School of Enterprise and the Environment, University of Oxford, Oxford, Luglio 2011, p. 12.

LUMICISI A., *Il Patto dei Sindaci. Le città come protagoniste della Green Economy*, Edizioni Ambiente, Rimini 2013.

RADOGNA D., *Trasformazioni dell'ambiente costruito. Riflessioni ed esperienze per un recupero sostenibile dell'esistente*. Edicom Edizioni, Roma 2013, pp. 15-32.

RIZZI M. (a cura di), *Consigli di risparmio energetico per gli edifici esistenti*. Udine 2006.

RONCHI E., BARBABELLA A., CAMINITI N.M., FEDERICO T., (a cura di), *L'Italia ha centrato l'obiettivo del Protocollo di Kyoto*, in Dossier Kyoto 2013, Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, Roma 2013.

SASSI P., *Strategie per l'architettura sostenibile: i fondamenti di un nuovo approccio al progetto*. Edizioni Ambiente, Milano 2008.

SPAGNOLO M., *Efficienza energetica nella progettazione*, DEI Editore, 2007.

Sulle best practices di retrofit energetico

BAKER V., *The Handbook of Sustainable Refurbishment: Non-Domestic Building*. Routledge 2009.

BERETTA F., DE CARLO F., INTRONA V., SACCARDI D., *Progettare e gestire l'efficienza energetica*. McGraw-Hill Education, s.l. 2012.

BROUNEN D., KOK N., QUIGLEY J.M., *Residential energy use and conservation: economics and demographics*, in IBER, *Program on Housing and Urban Policy*, vol. n. w12-001, University of California, Berkeley 2012.

CAROTTI A., *Riqualificazione energetica degli edifici. Linee guida per la progettazione integrata*. Utet Scienze Tecniche, Milano 2011.

- CAROTTI A., MADÈ D., *La Casa Passiva in Italia - Teoria e Progetto di "una casa passiva" in tecnologia tradizionale*. Rockwool Italia, Milano 2006.
- CAROTTI A., *La Casa Passiva in Europa. Guida Professionale alle nuove normative energetiche e ai Modelli di Calcolo*. Editore Libreria CLUP, Milano 2005.
- GASPAROLI P., TALAMO C., *Manutenzione e recupero. Criteri, metodi e strategie per l'intervento sul costruito*. Alinea, Firenze 2006.
- HUBER, A., MAYER, I., BEILLAN, V., GOATER, A., TROTIGNON, R., BATTAGLINI, E., *Refurbishing residential buildings: A socio-economic analysis of retrofitting projects in five European countries*, in *World Sustainable Energy Days*, Wels, Austria, Marzo 2011.
- LANDOLFO R., LOSASSO M., PINTO M.R., *Innovazione e Sostenibilità negli interventi di riqualificazione edilizia. Best Practice per il retrofit e la manutenzione*. Alinea Editrice, Firenze 2012.
- LANTSCHNER N., *La mia Casaclima. Progettare, costruire e abitare nel segno della sostenibilità*. Raetia, Settembre 2009.
- LUCCHI E., PRACCHI V., *Efficienza energetica e patrimonio costruito: La sfida del miglioramento delle prestazioni nell'edilizia storica*. Maggioli Editore, Milano 2013.
- MALIGHETTI L., *Recupero edilizio e sostenibilità*, ilSole24ore, Milano 2004.
- SPAGNOLO M., *Efficienza energetica nella progettazione*, DEI Editore, Roma 2007, pp 121-132.
- RUSSO ERMOLLI S., D'AMBROSIO V., *The building retrofit challenge. Programmazione, progettazione e gestione degli interventi in Europa*. Alinea Editrice, Firenze 2012.

Su Palermo e sul boom edilizio degli anni '70

- AZZOLINA L., *Governare Palermo. Storia e sociologia di un cambiamento mancato*. Donzelli editore, Roma 2008.
- BARBERA G., *La Conca d'Oro*. Sellerio Editore, Palermo 2012.
- BRUCOLI G., *Una tutela attiva per il patrimonio identitario locale*, in M. Leone (a cura di), *Nuovi paesaggi urbani per la campagna di Palermo*, Aracne, Roma 2009.
- BUTERA S., *Tornare oggi a riflettere sul sacco di Palermo*, in *StrumentiRes - Fondazione Res*, n. 6, 2010.
- CABIANCA V., CARTA M., *Le vicende urbanistiche*, in *Palermo, Specchio di civiltà*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, Roma 2008.
- CUSIMANO S., COSTA G.M., *Storia della Rai in Sicilia dalla Liberazione ai nuovi orizzonti mediterranei*, Rai-Eri 2009.
- DE SETA C., *Palermo-Le città nella storia d'Italia*. Laterza, Bari 1980.
- DE SPUCHES G., GUARRASI V., PICONE M., *La città incompleta*. Palumbo, Palermo 2002.
- DE VECCHI A., COLAJANNI S., SANFILIPPO E., *Siti Unesco a Palermo?*, in Fatta G. (a cura di), *Palermo Città delle Culture - Contributi per la Valorizzazione di Luoghi e Architetture*, 40due Edizioni, Palermo 2014, pp. 113-124.
- DE VECCHI A., COLAJANNI S., SANFILIPPO E., et al., *Analysis of the traditional passive systems performance through the application of CFD software*, in *International Conference ZEMCH 2012 (Zero, Energy, Mass, Custom, Homes)*, Glasgow 2012, pp. 238-251.
- DE VECCHI A., *Riqualificazione dell'area portuale di Palermo: un concorso universitario internazionale*, in Pipinato A. (a cura di), *Esempi di Architettura*, vol. n. 2/2007, Palermo 2007, pp. 87-90.

- GUCCIARDO G., *La debolezza dei legami forti*, in *Segno n. 324*, 2011, pp. 16-24.
- IANNELLO M., SCOLARO M., *Palermo. Guida all'architettura del '900*. Edizioni Salvare Palermo, Palermo 2009.
- INZERILLO S.M., *Urbanistica e società negli ultimi duecento anni a Palermo. Piani e prassi amministrativa dall'«addizione» del Regalmici al concorso del 1939*, in *Quaderni dell'Istituto di Urbanistica e Pianificazione Territoriale della Facoltà di Architettura di Palermo*, Palermo 1981.
- LO CASCIO G., *Palermo fuori le mura. La piana dei Colli*. L'Epos Editore, Palermo 2000.
- RUHL J., BARBERA G., LA MANTIA T., *I cambiamenti del suolo nella Conca d'Oro dal 'secolo degli agrumi' ad oggi*, in Leone M., Lo Piccolo F., Schilleci F., (a cura di), *Il Paesaggio agricolo nella Conca d'Oro di Palermo*, Alinea Editrice, Firenze 2009.
- RUSSOTTO M., *La Sicilia e gli anni Sessanta*. Edizioni Anved, Palermo 1989.
- TACCARI M., *Palermo l'altro ieri*. Dario Flaccovio, Palermo 1966.
- VITRANO R.M., *Siti Palermo, il patrimonio architettonico come risorsa*, in Fatta G. (a cura di), *Palermo Città delle Culture - Contributi per la Valorizzazione di Luoghi e Architetture*, 40due Edizioni, Palermo 2014, pp 69-80.

Sull'audit energetico e gli interventi di retrofit

- ALBERTI D., MAZZON A., *Classe A+. Analisi costi-benefici degli interventi di riqualificazione energetica negli edifici*. Dario Flaccovio Editore, Palermo 2011.
- BREALEY R.A., MYERS S.C., ALLEN F., SANDRI S., *Capital budgeting 3/ed*. The McGraw-Hill Companies, s.l. 2007.
- DALL'Ò G., *Green energy audit. Manuale operativo per la diagnosi energetica e ambientale degli edifici*. Edizioni Ambiente, Milano 2011.
- DEL CORNO B., MOTTURA G., *Serre e Verande*. Maggioli Editore, Rimini 2014.
- DE JOANNA P., FRANCESE D., PASSARO A., *Sustainable Mediterranean Construction. Sustainable environment in the Mediterranean region: from housing to urban and land scale construction*. Franco Angeli, Milano 2012.
- DE NISCO B., *Gli impianti domotici residenziali*. Maggioli Editore, s.l., 2012.
- DE VECCHI A., COLAJANNI S., LANZAVOLPE A., *Evaluation of the Thermodynamic Performance of the Traditional Passive Systems*, in *Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Dubrovnik 2011.
- DEMONTE M., *La Casa a Basso Consumo Energetico*. Lulu.com, 2007.
- ERLACHER P., *L'intervento di coibentazione interna per il risanamento*, (internet), in www.klimahaus.it.
- ERLACHER P., *Isolanti termici per l'edilizia*, (internet), in www.klimahaus.it.
- FASSI A., MAINA L., *L'isolamento ecoefficiente - Guida all'uso dei materiali naturali*. Edizioni Ambiente, Milano 2009.
- FIORITO F., *Involucro edilizio e risparmio energetico. Soluzioni progettuali e tecnologie*. Dario Flaccovio Editore, Palermo 2009, pp.140-45.
- FRANCO G., *Riqualificare l'edilizia contemporanea*. Franco Angeli, Milano 2003.
- FUERST, FRANZ; MCALLISTER, PATRICK, *New Evidence on the Green Building Rent and Price Premium*, in Henley Business School, 2009.
- GASPARI J., *Trasformare l'involucro: la strategia dell'addizione nel progetto di recupero Tecnologie per la riqualificazione sostenibile del costruito*. Edicom Edizioni, Bologna 2012.

- GASPARI J., *Il progetto dell'involucro efficiente. Soluzioni e Stratigrafie per la nuova costruzione e il recupero*. Edicom Edizioni, Milano 2010.
- GRAHAM R., HARVEY C., *The Theory and Practice of Finance: Evidence from the Field*, in *Journal of Financial Economics* 61 (2001), pp. 187-243
- HEGGER M., FUCHS M., STARK T., ZEUMER M., *Atlante della sostenibilità e della efficienza energetica degli edifici*. UTET, Torino 2008.
- HERZOG T., KRIPPNER R., *Atlante delle facciate*. UTET, Torino 2005.
- LANZONI D., *Diagnosi e certificazione energetica. Prove strumentali sugli edifici*. Maggioli Editore, Rimini 2012.
- LLOYD J., *Atlante di bioarchitettura*. UTET, Torino 2002.
- LUONI G., *La termografia nella individuazione di patologie da umidità e ponti termici*. Sandit, Bergamo 2012.
- MALIGHETTI L., *Recupero edilizio e sostenibilità*. Il Sole24ore, Milano 2004.
- MAMMI S., PANZERI A. *I materiali isolanti - L'isolamento termico ed acustico*, Edizioni TEP, s.l., 2005.
- MASERA G., *Residenze e risparmio energetico*. Il Sole 24 Ore, Milano 2004.
- MCCULLAGH J.C., *The solar greenhouse book*. Franco Muzzio Editore, Roma 1979.
- MINGUZZI G., *Architettura sostenibile – Processo costruttivo e criteri biocompatibili*. Skira, Milano 2006.
- MITRA, C., MCCOY, A.P., PEARCE, A.R., *Establishing Innovativeness and Consumer Preference for Zero Energy Homes*, in *Proceedings, Engineering Sustainability 2011 Conference*, Pittsburgh 2011.
- MOTTURA G., PENNISI A., *Serramenti e schermature solari*. Maggioli Editore, Rimini 2014.
- PECCOL E., *Infrastruttura verde e consumo di suolo. Considerazioni sulla base di alcuni casi studio*, in *Il Progetto Sostenibile* n. 33, 2014, pp. 42-49.
- PEZZOLI A., *Climatizzazione naturale. Dalla cultura islamica ottimi spunti*, in *Costruire in Laterizio* n. 156, p. 65.
- RAVA P., *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*. Maggioli Editore, Rimini 2007.
- SALA M., (a cura di), *I percorsi della progettazione per la sostenibilità Ambientale, Centro Abita*. Alinea Editrice, Firenze 2004.
- SALA M., CECCHERINI NELLI L., D'AUDIO E., LUSARDI A.P., TROMBATORE A., *Schermature solari*. Alinea Editrice, Firenze 2000.
- SASSO M., Dentice D'Accadia M., Sibilio S., Vanoli R., *Applicazioni di energetica. Introduzione all'analisi tecnico-economica di sistemi per il risparmio energetico*. Liguori Editore, Napoli 1999.
- SCANLA, V., *What is a Deep Energy Retrofit?*, in *NESEA Building Energy Conference*, Boston 2010.
- TUCCI F., *Involucro ben temperato – efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici*. Alinea editrice, Firenze 2006.
- TREVISI A.S., LAFORGIA D., *Efficienza Energetica in Edilizia. Diagnosi energetiche - Tecnologie ad alto rendimento - Fonti rinnovabili - Soluzioni efficienti, applicazioni pratiche ed esempi costi/benefici per la riduzione del consumo di energia degli edifici e degli impianti*. Maggioli Editore, Rimini 2007.
- WILSON J., *The Greened House Effect: Renovating Your Home with a Deep Energy Retrofit*. Editore Chelsea Green Publishing, Paperback 2013.
- ZAPPONE C., *La serra solare: criteri di progettazione e risparmio energetico. Architettura, funzionamento, materiali*. Sistemi editoriali, Hoepli, Napoli 2009.

PARTE QUARTA
CONCLUSIONI E APPENDICI
CONCLUSIONS AND ANNEXES



Me Hotel by Foster+Partners



London Bridge Tower by Renzo Piano Building workshop



Central St Giles by Renzo Piano Building Workshop



The Shed by Haworth Tompkins



Crystal Wharf Islington by PTE Pollard Thomas Edwards architects



Tower Place by Foster+Partners



Great Court at the British Museum by Foster+Partners

Londra. Partendo da sinistra, in senso orario: *Me Hotel* di Foster+Partners, la *London Bridge Tower* e il *Central St Giles* di Renzo Piano, la copertura del *British Museum* e la *Tower Place* di Foster+Partners, il *Crystal Wharf Islington* di Pollard Thomas Edwards Architects e *The Shed* di Haworth Tompkins

CONCLUSIONI _ *CONCLUSIONS*

CONCLUSIONI_CONCLUSIONS

Come evidenziato nella delineazione degli obiettivi della ricerca, pur avendo oggi riconosciuto la validità degli interventi di retrofit energetico, risultano ancora insufficienti le strategie capaci di incoraggiare le singole azioni, soprattutto se di iniziativa privata, e se non rese cogenti da opportune prescrizioni di legge.

Anche gli stessi incentivi fiscali, emessi - e ormai prorogati da anni - dal Governo italiano per sostenere economicamente gli interventi di retrofit energetico, necessitano di essere affiancati da un adeguato sistema di prefigurazione dell'investimento economico ad essi associato. Spesso, la spesa iniziale può finire per scoraggiare gli utenti, soprattutto se molto onerosa. Occorrerebbe diffondere una maggiore consapevolezza anche tra i non addetti ai lavori, in maniera tale da dimostrare, caso per caso, la fattibilità economica degli interventi di riqualificazione energetica e la possibilità di scegliere le azioni più adeguate alle proprie esigenze.

In questo modo, sarà possibile raggiungere uno degli obiettivi principali che, l'Italia, in piccolo, e l'Europa più a vasta scala, hanno prefissato entro il 2020. Si tratta di un impegno non indifferente, soprattutto se si pensa alla grande quantità di edilizia post bellica, o comunque bisognosa di interventi

As shown in the delineation of the objectives of the research, although is now widely recognized the validity of the energy retrofit actions, the current strategies to encourage individual action are still inadequate, especially if they are of private initiatives, and if they are not mandatory strategy, according to appropriate requirements law.

Even the same tax incentives, issued - and extended for years - by the Italian Government, to support economically the energy retrofit measurements, need to be supported by an adequate prefiguration system of the economic investment associated with them. Often, the initial cost of investment, may discourage users, especially if it is very expensive. It would be necessary to foster enhanced awareness also among non-experts users, so as to prove, case by case, the economic feasibility of each energy upgrading intervention, and the possibility to choose the most suitable actions according to their needs.

In this way, it will be possible to achieve one of the main goals that Italy, in the small, and Europe in a larger scale, have set by the year 2020. This is a considerable commitment, especially if we take into account the large amount of post-war buildings, or of the others that are in need of targeted interven-

mirati, per allinearsi ai requisiti ormai internazionali di prestazione energetico.

A fronte di tali impegni, la tesi si inserisce nella questione energetica oggi largamente dibattuta a livello mondiale, con un contributo rivolto al caso più diffuso in Italia di edifici da riqualificare: le residenze.

Attraverso l'*audit* energetico e la successiva predisposizione di semplici interventi di retrofit, è stato dimostrato come sia possibile ridurre i consumi di un'abitazione tipo, in funzione dell'investimento scelto.

Esistono una pluralità di azioni e strategie di retrofit da intraprendere, ciascuna con requisiti più o meno confacenti alle proprie esigenze. Spesso, ad un intervento profondo, cioè volto a correggere diversi aspetti della costruzione, causa di dispersioni termiche e di rilevanti consumi energetici, si associa un costo di implementazione più alto rispetto ad altri, che invece presuppongono piccoli miglioramenti costruttivi.

Tuttavia, come dimostrato dalla ricerca condotta, la scelta di un investimento meno costoso non sempre implica una convenienza economica: nel primo caso è possibile conseguire notevoli guadagni, anche nel breve periodo, mediante il taglio delle spese energetiche annuali.

Ciò fa presupporre la necessità di ricorrere ad appositi parametri e ad una valutazione di tipo economico-finanziario degli scenari di retrofit ipotizzati, in modo tale da prefigurare, in fase progettuale, gli interventi più convenienti sotto il profilo costi-benefici.

La soluzione che la tesi propone risiede nell'opportunità di fornire un quadro globale delle strategie di retrofit, sia dal punto di vista energetico che economico.

In particolare, il lavoro svolto ha dimo-

tions, to align themselves with the international energy performance requirements.

In view of these commitments, the thesis fits the energetic issue, now widely debated in the world, giving a contribution aimed at the most common buildings typologies to refurbish in Italy: the residential buildings.

Through the energy audit and the subsequent preparation of simple retrofit actions, it has shown that it is possible to reduce the energy consumption of a dwelling typology, according to the chosen kind of investment.

There are a plurality of retrofit actions and strategies to be undertaken, each with more or less suited requirements to own needs. Often, to a deep retrofit action, that is aimed at correcting several construction aspects, which are the cause of major heat loss and energy consumption, it is associated a higher implementation cost than others, which instead require small constructive improvements.

However, as demonstrated by the conducted research, the choice of a less expensive investment does not always mean an economic convenience: in the first case it is possible to achieve considerable gains, even in the short period of time, by cutting the annual energy costs.

This suggests the need of the use of appropriate parameters and of an economic and financial assessment of the proposed retrofit scenarios, in order to anticipate, at a design stage, the most affordable interventions, under a cost-benefit analysis aspect.

The proposed solution by the thesis, lies in the opportunity of providing a global framework of the retrofit strategies, both from an energetic and economic point of view.

In particular, the work carried out has

strato tali considerazioni applicandole al caso dell'edilizia residenziale di Palermo, ma la metodologia delineata risulta avere tutte le caratteristiche per essere adattata, conformemente alla normative ed al contesto climatico e tipologico di riferimento, ad altre aree di intervento.

Una volta comprovata l'efficacia della metodologia, questa potrebbe anche essere applicata al caso di edifici non residenziali, o edifici sottoposti a contratto di locazione. In questo caso, infatti, risulta necessario stabilire adeguati criteri compatibili sia con le esigenze dei proprietari che dei locatari che gestiscono l'immobile.

La vastità del campo d'azione, e la necessità di interventi mirati ed efficaci, rende impossibile la definizione di una regola standard di retrofit energetico. Per questo motivo, la tesi si rivolge agli esperti e agli studiosi del settore, proponendo una metodologia da adattare, di volta in volta, al proprio caso di studio.

In quest'ottica, un ulteriore contributo o eventuale sviluppo futuro, potrebbe risiedere nella possibilità di integrare i sistemi di intervento approfonditi nella tesi, rivolti ad un'azione di tipo "passivo" sull'edificio, con misure di tipo "attivo", volte al miglioramento dell'efficienza energetica degli impianti e, laddove possibile, all'uso di fonti rinnovabili di energia.

Sostenuta dall'uso di protocolli di certificazione "verde", tale scelta potrebbe permettere di accedere alle classi energetiche più alte (B, A, A+), realizzando modelli edilizi altamente performanti e a consumi energetici quasi zero, in linea con le prescrizioni legislative valide, fino ad ora, solo per le nuove costruzioni.

shown these considerations applying them to the case of residential building in Palermo, but the outlined methodology appears to have all the characteristics needed to be adapted to other areas, in accordance with the regulations, the climate context and the typological reference.

Once proved the effectiveness of the methodology, this could also be applied to the case of non-residential buildings, or to the case of buildings under a lease agreement. In this case, it is necessary to establish appropriate and compatible criteria, in accordance with the owner's needs and with those of tenants that manage the property.

The vastness of the field of action, and the need of targeted and effective actions, makes it impossible to define a standard rule for the energy retrofit. For this reason, the thesis addresses to experts and researcher that are involved in this field, proposing them a methodology that could be adapted, from time to time, to their cases of study.

In this context, a further contribution or a possible future development, may lie in the opportunity to integrate the retrofit systems of the thesis, aimed at a "passive" typology of action on the building, with "active" measures, aimed at improving the energy efficiency of the buildings services and, where possible, with the use of the energy renewable sources.

Supported by the implementation of "green" rating systems, this choice may allow to access to the highest energetic classes (B, A, A+), creating high performance building models, with near zero energy consumption, according to the regulations requirements, until today applicable only for new construction.

A tal proposito, un'occasione di approfondimento dei suddetti temi e un importante contributo per la ricerca è stato fornito dall'esperienza condotta all'estero, durante i mesi previsti dal Corso di Dottorato, e trascorsi a Londra presso la società *Ongreening Ltd* (Appendice I). La città inglese, infatti, ha messo in atto, già da anni, alcuni interventi a scala urbana di retrofit energetico, stanziando anche grossi contributi finanziari nel tentativo di innescare un procedimento diffuso ed efficace, vista la grande mole di edifici vetusti presenti.

A questa esperienza, di carattere teorico e conoscitivo, si aggiunge quella pratica, svolta nell'ambito di uno Spin-off Accademico di recente costituzione, rivolto allo studio e all'applicazione delle stesse tematiche della tesi. Occasione che, oltre a permettere la sperimentazione delle tematiche indagate ed approfondite dalla ricerca, ha consentito di constatare la crescente domanda di interventi di riqualificazione energetica che sta interessando anche il nostro territorio, e la necessità di agire mediante opportune conoscenze in materia.

Tali esperienze, permettono di affermare che il tema aperto della tesi, e la considerevole attualità dei temi trattati, sia nello scenario nazionale che globale, rappresentano un'importante base di partenza ed un suggerimento interessante per ulteriori approfondimenti e lavori in materia.

In this context, an important occasion to deepen these issues, and also an important contribution for the research, was represented by the experience carried out abroad, during the months provided by the PhD Course, and spent in London at the Ongreening Ltd Company (Appendix I). London, in fact, is a city that has put in place, since years, some urban-scale energy retrofit actions, by allocating also considerable economic fundings in an attempt to trigger a popular and effective method, considering the the large amount of old buildings.

In addition to this theoretical and cognitive experience, there is another practical one, carried out as part of a newly established Academic Spin-off, devoted to the study and the application of the same themes of the thesis. This occasion, as well as allowing the experimentation of the investigated and deepened issues of the research, allowed to observe the growing demand of energy retrofit measurements that is affecting even our region, and the need to act through an appropriate knowledge in the same field of intervention.

These kind of experiences, allow us to attest that the open theme of the thesis, and the considerable relevance of the examined issues, both in the national and global level, make it an important starting point and an interesting hint for further study and works in the field.

APPENDICE I _PRESENTAZIONE DEL LAVORO SVOLTO ALL'ESTERO

LONDRA, 5 OTTOBRE 2013 - 31 GENNAIO 2014

PRESENTAZIONE DEL LAVORO SVOLTO ALL'ESTERO (LONDRA, 5 OTTOBRE 2013 – 30 GENNAIO 2014)

PRESENTATION OF THE WORK CARRIED OUT ABROAD

(LONDON, OCTOBER 2013 - JANUARY 2014)

ABSTRACT - During the PhD course, a period of research of four months was carried out abroad, in the city of London (UK). This period of study was spent as a stage at the company Ongreening Ltd and at the UEL University of London, with the supervisor Prof. Alfonso Senatore, also founder and CEO of Ongreening, company focused on the Building Sustainability field. The work carried out in this period has faced both studies and research related to the research topics (also subject of scientific publications) and activities of academic collaboration on issues of energy retrofit. In particular, in the context of Ongreening Ltd work, the stage was also aimed at a collaborative activities at the launch of its web portal: www.ongreening.com. It is, in fact, a virtual place for green building industry professionals to share ideas: a web platform for sharing projects, products, experiences and downloading professional records and tools, an online source of information and updates on international green building field.

As an important work and product of the London period, a calculation tool was created, with the support of a Chinese engineer, to assess the energy performance of existing buildings. In particular, the tool is designed for English dwellings, according to the calculation methodology required by the UK regulations. Called "Building Enhancement Calculation Tool", it allows users to enter data and the construction, typological, material and geographical characteristics of a dwelling, through an user-friendly input screen. After that, the tool will return the results related to the energy performance of the house; users can also choose from a list of energy retrofits measurements, available in the database. An economic assessment and the cost-benefit analysis, will allow them to evaluate the convenience of each scenario.

The implementation of the tool, even if only in English language and according to the English regulations and dwelling typologies, allowed to gain and perform a methodology that was then applied in the PhD Thesis implementation.

Descrizione delle attività svolte

Nell'ambito del periodo di Dottorato, è stato svolto un periodo di ricerca all'estero, di durata totale pari a 4 mesi, è stato svolto presso la sede londinese della *Ongreening Ltd*, Società di Ricerca e Consulenza nel campo della sostenibilità edilizia, sotto la supervisione del Prof. Alfonso Senatore, legale rappresentante della società ospitante e *Senior Lecturer in Sustainable Building Design* presso la UEL, *University of East London*.

L'attività si è, pertanto, arricchita sia dell'esperienza universitaria svolta nell'ambito del corso "*Sustainable Building Design*", della *School of Architecture, Computing and Engineering (ACE)*, sia nell'ambito lavorativo della *Ongreening Ltd*, attivamente impegnata nel settore del *Green Building*, sia a livello locale che internazionale. Grazie a tale collaborazione, è stato possibile approfondire aspetti della ricerca e del settore in generale, entrando nel merito di un contesto culturale, politico, architettonico e geografico profondamente diverso dal proprio.

Anche la collaborazione con un *team* internazionale, costituito da architetti ed ingegneri, professori universitari a diverso titolo coinvolti nell'attività suddetta, e provenienti da diverse parti del mondo, ha rappresentato un'opportunità significativa, contribuendo a rendere l'esperienza fortemente formativa sotto il profilo professionale, sociale e scientifico. Ciò è stato anche motivo di confronto e di conoscenza, e occasione di definizione di una metodologia di ricerca che sia condivisibile e scalabile in diversi contesti lavorativi.

Il lavoro condotto a Londra, pur avendo come unico referente e supervisore il Prof. Alfonso Senatore, può essere classificato secondo due tipologie di attività: una riguardante la collaborazione nell'ambito dello *stage* presso la società, e l'altra, invece, relativa all'attività accademica e di ricerca.

ATTIVITÀ DI COLLABORAZIONE ALLE ATTIVITÀ PER IL PORTALE ONGREENING.COM

La prima, svolta sia presso la sede della *Ongreening* che presso la sede della *School of Architecture, Computing and Engineering (ACE)*, è stata condotta nell'ambito di un progetto di respiro internazionale della *Ongreening*: la realizzazione di un portale *web* dedicato al settore della progettazione sostenibile: *Ongreening.com*

Il sito *web*, disponibile in modalità *online* a partire dal mese di Marzo 2014 all'indirizzo www.ongreening.com, rappresenta un luogo virtuale per i professionisti del *green building* per condividere idee: una piattaforma *web* per la condivisione e la consultazione di progetti, di strumenti, di informazioni e aggiornamenti *online* sul settore internazionale della bioedilizia.

In profonda connessione con il proprio ambito di ricerca, la collaborazione in tale campo, ha previsto l'approfondimento di alcune tematiche in particolare:

- Il modello di contratto di tipo *Green Lease*, per la stipulazione di contratti di affitto con specifiche "clausole verdi";
- Il retrofit energetico per un sistema a basso regime energetico e ridotte emissioni di

CO2 (*low carbon energy system*) degli edifici residenziali (*dwellings*) inglesi, condotto sia su iniziativa dei privati che del Governo inglese;

- Lo studio dei parametri di valutazione ambientale nell'ambito dei protocolli di certificazione *green* diffusi nel mondo;
- La collaborazione nell'attività di progettazione del Padiglione *Ongreening* per l'evento internazionale "*Ecobuild 2014*" sul "*Sustainable Design - Construction - Energy*" (Londra Marzo 2014), in Figg. 1 e 2.



Copyright © 2014 Ongreening. All rights reserved



Figg. 1 e 2 - Modello tridimensionale e foto del Padiglione *Ongreening* in occasione della mostra internazionale sul *Sustainable Design* "*Ecobuild 2014*". Progettazione e consulenza in collaborazione con: Politecnico di Milano, Ramboll UK, TRADA, University of East London, DHH e Coilte.

Approfondimenti, questi, finalizzati sia alla predisposizione dei contenuti all'interno del suddetto portale, sia alla elaborazione di pubblicazioni sugli argomenti trattati, nonché occasione di conoscenza di un ambito davvero vasto e molto interessante, soprattutto in una realtà come quella londinese, ricca di iniziative, sperimentazioni ed attività legate alla sfera dell'edilizia sostenibile, e, in particolare, alla pratica del retrofit energetico.

ATTIVITÀ DI RICERCA: CREAZIONE DEL *BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL*

Per quanto riguarda, invece, l'attività di ricerca svolta nello stesso periodo, è stato realizzato un *tool* di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici residenziali esistenti. Il *tool*, chiamato "*Building Enhancement Calculation Tool*" ("Strumento di calcolo dei miglioramenti dell'edificio"), realizzato mediante un foglio di calcolo elettronico, che interpreta i dati forniti dall'utente attingendo al complesso sistema normativo europeo e al recepimento inglese delle norme UNI 13790.

BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL

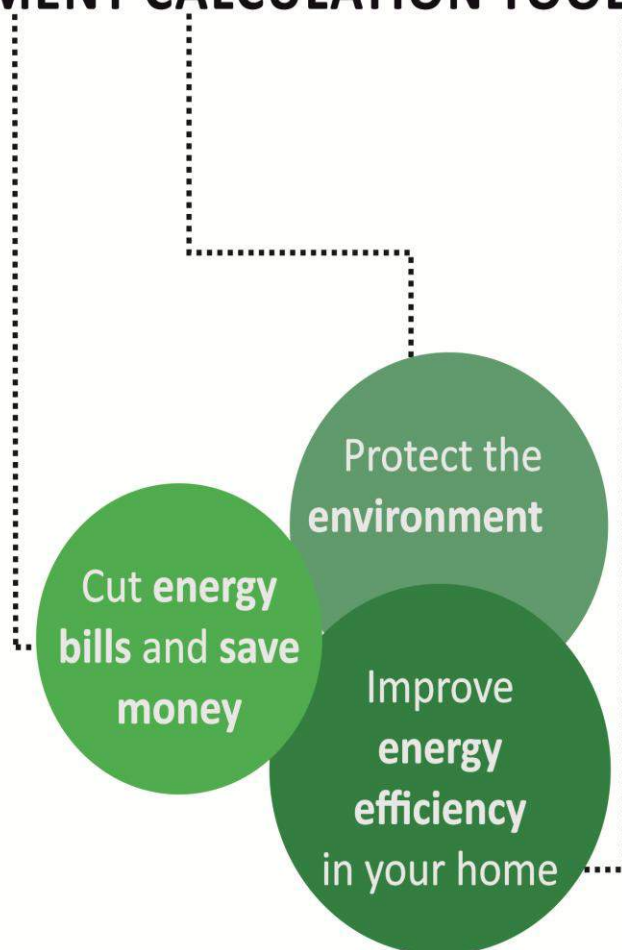


Fig. 3 - Schema introduttivo del *tool* di Calcolo "*Building Enhancement Calculation Tool*".

Il *tool* si basa sul modello del software "Stroma FSAP 2009", certificato da *Camden Council – Low Carbon Refurbishment Project* con la collaborazione dell'azienda di certificazione "Stroma Certification". Si tratta di un software, diffuso nel Regno Unito e gratuito per tutti gli utenti, che si basa su una "Procedura di valutazione standard" (SAP) come metodologia del governo per il confronto e la valutazione del rendimento energetico e ambientale di abitazioni.

Il SAP fornisce valutazioni affidabili, e ufficialmente riconosciute, sul rendimento energetico degli edifici della Nazione, necessarie per sostenere il sistema energetico del Governo e le iniziative di politica ambientale.

Inoltre, per l'implementazione del *tool* si è tenuto conto della BRE-DEM 2012: *Building Research Establishment Domestic Energy Model*. La BREDEM è una metodologia di calcolo inglese elaborata per valutare i consumi energetici delle abitazioni.

Così come il SAP, anche BREDEM è stata implementata seguendo le procedure di calcolo contenuti nella norma BS EN ISO 13790.



Fig. 4. Schema normativo di riferimento per la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.

Attingendo alle suddette metodologie, e alla normativa di riferimento, si è cercato di semplificare le procedure necessarie al calcolo, mediante una schermata di *input* immediata ed intuitiva, che consenta agli utenti, non necessariamente specialisti del settore, di immettere nel *tool* tutte le informazioni necessarie affinché esso possa riconoscere le caratteristiche dell'immobile oggetto di valutazione, e visualizzarne i risultati.

L'utilizzo del foglio di calcolo avviene secondo tre *step*, che corrispondono alle fasi da svolgere per giungere alla valutazione del rapporto costi-benefici e al confronto degli Scenari di retrofit, come sintetizzato nella Figura 5:

- STEP 1: Valutazione dell'efficienza energetica della residenza e della quantità di CO2 prodotta dagli usi domestici;
- STEP 2: Scelta di tre misure di retrofit (scenari) differenti;
- STEP 3: Confronto tra gli scenari selezionati e scelta in funzione al rapporto costi-benefici e alle proprie esigenze.

BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL

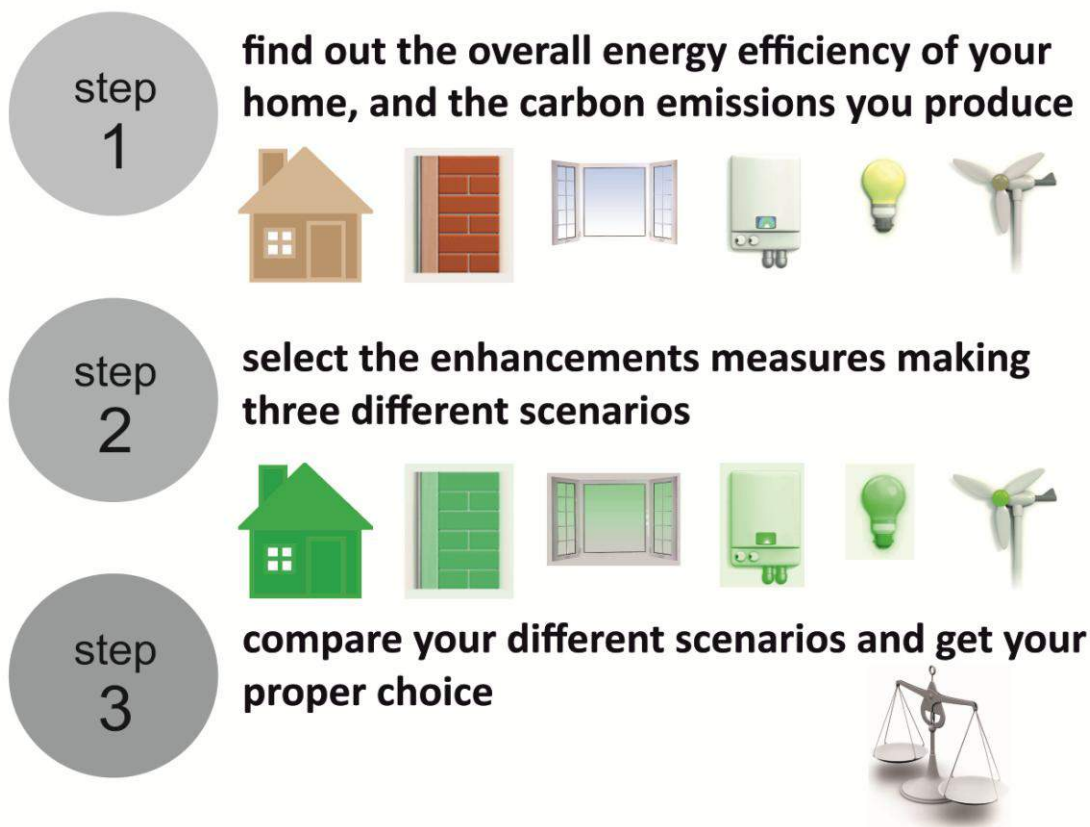


Fig. 5 Fasi da seguire per un corretto uso del *tool* di calcolo.

1 INPUT DATA

BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL

| OPENINGS | DOORS (opaque area > 80% glazing area) | WINDOWS |
|---------------|--|--|
| INPUT: | Outside AREA 4 m ² Unheated corridor or stairwell AREA 2 m ² | N Windows and doors, single glazed NE Windows and doors, single glazed E Windows and doors, single glazed SE Windows and doors, single glazed S Windows and doors, single glazed SW Windows and doors, single glazed W Windows and doors, single glazed NW Windows and doors, single glazed FRAME TYPE N Window with metal frame NE Window with metal frame E Window with metal frame SE Window with metal frame S Window with metal frame SW Window with metal frame W Window with metal frame NW Window with metal frame |
| OUTPUT | TOTAL DOORS AREA 6 m ² DOOR U Value: Outside 3,00 W/m ² k Unheated corridor or stairwell 1,40 W/m ² k | TOTAL WINDOWS AREA 7,2 m ² WINDOW U Value: N 5,70 W/m ² k NE 0,00 W/m ² k E 5,70 W/m ² k SE 0,00 W/m ² k S 5,70 W/m ² k SW 0,00 W/m ² k W 5,70 W/m ² k NW 0,00 W/m ² k |

Fig. 6 - Schermata di input: FASE 1. L'utente può aprire gli elenchi a cascata in grigio e selezionare le informazioni pertinenti al proprio caso. Le caselle in giallo contengono spazi che l'utente deve colmare inserendo dati necessari per il calcolo.

All'interno del foglio di calcolo, è stato inserito un ricco *database* (aggiornato al 2014) contenente tutte le principali caratteristiche architettoniche, costruttive, materiche e climatiche degli edifici residenziali inglesi. Inoltre, contiene al suo interno l'intera metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche dell'edifici e di tutti i suoi componenti, così come prescritto dalla normativa, in modo da connettere tutte le informazioni ricevute e restituire l'output richiesto.

Nella seconda fase, sarà possibile scegliere, tra appositi elenchi predisposti, gli interventi di retrofit in base al loro grado o profondità di azione, e che agiscono sia sull'involucro edilizio, che sugli impianti, anche in questo caso secondo le opportunità e le modalità di calcolo che la normativa citata presuppone.

Il *tool* permette di confrontare contemporaneamente il risultato energetico delle soluzioni proposte, fino ad un massimo di tre scenari, costituiti dalle misure di retrofit scelte appositamente dall'utente nella Fase 2.

2

CREATE SCENARIOS

BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL

| BASELINE: | | SCENARIO A | | |
|-----------------------------------|----------------|-------------------|---------------------------|------------------------|
| | | IMPROVEMENT TYPES | | |
| WALL TYPE: | WALL U value: | INSULATION | ADD WALL INSULATION | WALL U value: |
| Stone: granite or whin (as built) | 1,00 | | NONE | 1,00 |
| FLOOR TYPE: | FLOOR U value: | | FLOOR INSULATION | FLOOR U value: |
| cob | 0,50 | | NO | 1,20 |
| ROOF TYPE: | ROOF U value: | | ROOF INSULATION | ROOF U value: |
| Flat roof | 0,68 | | NO | 0,68 |
| WINDOW TYPE: | WINDOW U-VALUE | | WINDOWS REPLACEMENT | WINDOW U-Value: |
| Windows and doors, single glazed | 5,70 | N | double-glazed, air filled | 3,10 |
| Windows and doors, single glazed | 0,00 | NE | double-glazed, air filled | 0,00 |
| Windows and doors, single glazed | 5,70 | E | double-glazed, air filled | 3,10 |
| Windows and doors, single glazed | 0,00 | SE | double-glazed, air filled | 0,00 |
| Windows and doors, single glazed | 5,70 | S | double-glazed, air filled | 3,10 |
| Windows and doors, single glazed | 0,00 | SW | double-glazed, air filled | 0,00 |
| Windows and doors, single glazed | 5,70 | W | double-glazed, air filled | 3,10 |
| Windows and doors, single glazed | 0,00 | NW | double-glazed, air filled | 0,00 |
| | | | FRAME TYPE | THERMAL BREAK PRESENCE |
| Window with metal frame | YES | N | Window with wood frame | YES |
| Window with metal frame | YES | NE | Window with wood frame | YES |
| Window with metal frame | YES | E | Window with wood frame | YES |
| Window with metal frame | YES | SE | Window with wood frame | YES |
| Window with metal frame | YES | S | Window with wood frame | YES |

Fig. 7 - Schermata del tool, FASE 2: scelta degli interventi da considerare nello Scenario 1 (a destra) e riferimento con la *Baseline*, lo stato di fatto (a sinistra, in bianco).

Inoltre, il tool aggiunge un'ulteriore funzionalità: attraverso il calcolo degli indicatori economici del VAN (NPV Net Present Value), del TIR (IRR Internal Rate of Return) e del *Payback Period*, sarà possibile, nel terzo step, visualizzare in tempo reale la convenienza non solo energetica ma anche economica degli eventuali progetti di retrofit. In quest'ultima fase è dunque possibile associare ai risultati energetici degli Scenari previsti, la rispettiva spesa economica e i risparmi conseguibili nel tempo, visualizzando le soluzioni più vantaggiose sotto il profilo costi-benefici (Figura 8).

Le schermate del foglio di calcolo incluse nelle Figure 6, 7 e 8 permettono di comprendere meglio le funzionalità incluse nel tool, i comandi e le opzioni da scegliere attraverso le apposite liste di input, e la presentazione degli output, suddivisa per scenario e accompagnata dal riferimento costante alla "*Baseline*", ovvero la configurazione iniziale dell'abitazione.

3 COMPARE YOUR SCENARIOS

BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL

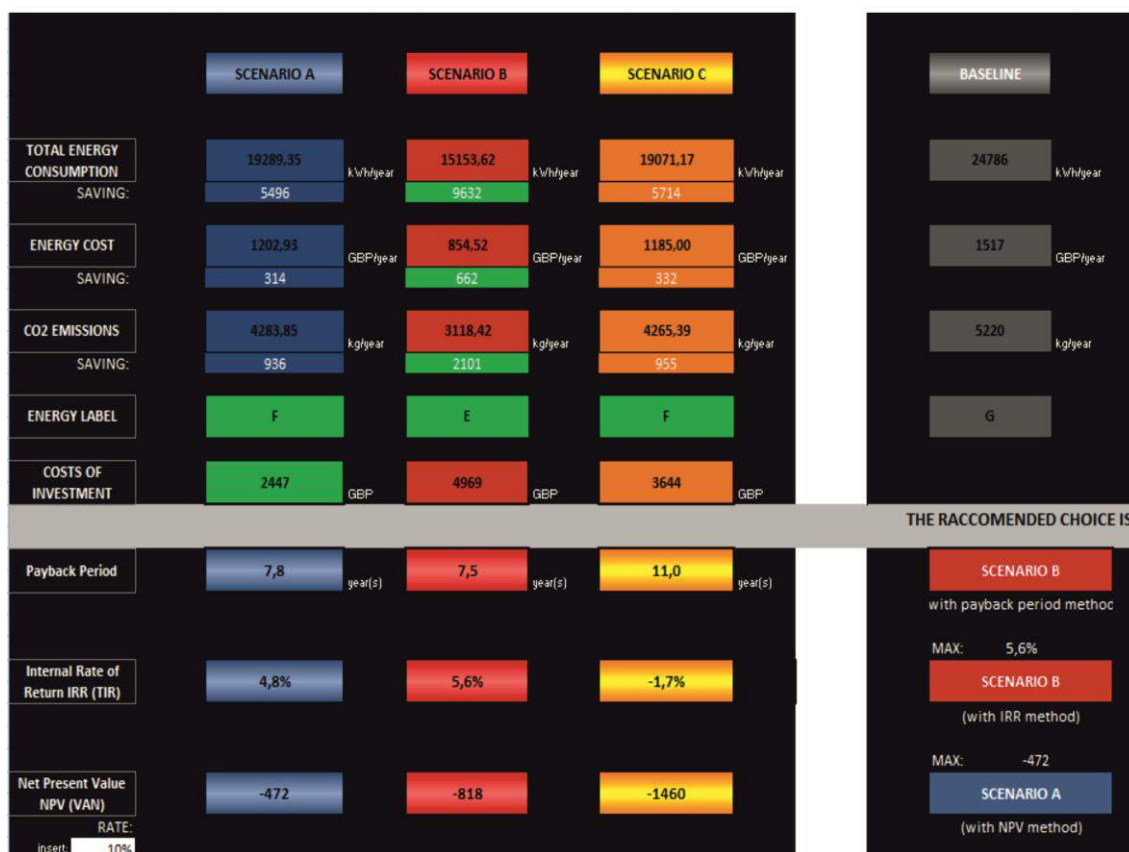


Fig. 8 - Schermata finale - FASE 3: Rapporto costi-benefici e analisi economico-finanziaria. La schermata permette di effettuare un immediato confronto tra i 3 Scenari di intervento selezionati nella fase precedente, attraverso il prospetto energetico ed economico ad esso associato

Lo strumento descritto approfondisce e applica la metodologia di calcolo soltanto al contesto residenziale inglese, come già osservato. Nonostante ciò, l'argomento trattato risulta strettamente connesso al tema e alle finalità espresse dalla Tesi, pertanto risulta interessante poter confrontare i risultati ottenuti in entrambi i lavori, anche mediante una eventuale applicazione del *tool* anche al contesto residenziale italiano, sottoponendolo alle opportune modifiche.

Inoltre, occorre precisare che la metodologia adottata, è stata estratta dal recepimento inglese della stessa normativa europea di riferimento, la norma UNI EN ISO 13790:2008, recepita in Italia attraverso le UNI TS 11300, e quindi seppur con opportuni adeguamenti richiesti dalle differenze tipologico - costruttive e geografiche di riferimento, si può tuttavia affermare che i criteri di calcolo possono considerarsi pressoché omogenei.

BUILDING ENHANCEMENT CALCULATION TOOL

TEAM



Elsa Sanfilippo
Ph.D Student in Architecture
Università degli Studi di Palermo – Italy

Wei Shi
Masters in Architecture
University of East London

SUPERVISOR

Prof. **Alfonso Senatore**
Senior Lecturer in Sustainable Building Design
University of East London

January 2014

Elsa Sanfilippo - PhD student in Architecture
Wei Shi - Masters in Architecture

9

L'attività svolta, oltre ad aver apportato un grande contributo in termini di esperienza lavorativa e di conoscenze, ha permesso di acquisire padronanza dell'argomento, in particolare, mediante la definizione di una metodologia da applicare alla ricerca.

Il lavoro è stato condotto grazie alla collaborazione dell'Ing. Shi Wei e alla supervisione del Prof. Alfonso Senatore.

I risultati sono stati oggetto di due *Lecture* presso il Corso di *Sustainable Building Design* presso la UEL, *University of East London, School of Architecture, Computing and Engineering (ACE)*, nel mese di Gennaio 2014. Il foglio di calcolo è stato messo a disposizione degli studenti del corso, come esercitazione di laboratorio, occasione anche per testarne la funzionalità.

THE
GLOBAL
PLATFORM
FOR GREEN
BUILDING

Knowledge Dock Business Centre
University of East London
4-6 University Way
London E16 2RD
www.ongreening.com

ongreening®

UEL
University of
East London

APPENDICE II_GLOSSARIO

GLOSSARIO

1. **ACCREDIA:** Organismo nazionale italiano di accreditamento, designato ai sensi del decreto del Ministro dello sviluppo economico 22 Dicembre 2009, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 20 del 26 Gennaio 2010.
2. **A.N.I.T.:** Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico ed Acustico.
3. **ARCHITETTURA BIOCLIMATICA:** Edificio che riesce a dare comfort nella maggior parte dell'anno senza impianti di climatizzazione (inverno o estate) perché adotta sistemi passivi di sfruttamento delle condizioni climatiche esterne.
4. **AUDITOR ENERGETICO:** Persona fisica o giuridica che esegue diagnosi energetiche;
5. **CEI:** Comitato Elettrotecnico Italiano;
6. **CERTIFICAZIONE ENERGETICA:** Complesso delle operazioni svolte dai soggetti certificatori per il rilascio dell'attestato di prestazione energetica (APE) e delle raccomandazioni per il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio.
7. **COEFFICIENTE DI EDIFICAZIONE:** Rapporto tra la superficie lorda coperta degli immobili e la superficie del terreno di un determinato territorio;
8. **CONDOMINIO:** edificio con almeno due unità immobiliari, di proprietà in via esclusiva di soggetti che sono anche comproprietari delle parti comuni;
9. **CONSUMO DI ENERGIA FINALE:** Tutta l'energia fornita per l'industria, i trasporti, le famiglie, i servizi e l'agricoltura, con esclusione delle forniture al settore della trasformazione dell'energia e alle industrie energetiche stesse;
10. **CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA:** Rappresenta il consumo interno lordo di energia.
11. **CONTATORE DI FORNITURA:** Apparecchiatura di misura dell'energia consegnata dal fornitore del servizio;
12. **CONTO TERMICO:** Sistema di incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni di cui al decreto del Ministro dello sviluppo economico 28 dicembre 2012, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e il Ministro delle politiche agricole alimentari e forestali, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 1 del 2 gennaio 2013;
13. **CONTRATTO DI RENDIMENTO ENERGETICO O DI PRESTAZIONE ENERGETICA (EPC):** Accordo contrattuale tra il beneficiario o chi per esso esercita il potere negoziale e il fornitore di una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, verificata e monitorata durante l'intera durata del contratto, dove gli investimenti (lavori, forniture o servizi) realizzati sono pagati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito

contrattualmente o di altri criteri di prestazione energetica concordati, quali i risparmi finanziari;

14. **COP:** È l'acronimo dell'inglese "*Coefficient of Performance*", ed indica il "Coefficiente di Prestazione" delle pompe di calore;

15. **CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM):** Criteri ambientali minimi per categorie di prodotto, adottati con decreto del Ministro dell'ambiente ai sensi del PAN GPP;

16. **DENSITÀ EDILIZIA:** Rapporto aritmetico tra il volume edificato e la superficie del terreno interessata dall'intervento. Si distinguono un indice di densità fondiaria (riferita ad un singolo lotto - un fondo - al netto di strade e di aree per standard urbanistici) ed un indice di densità territoriale (riferita ad un comparto, al lordo delle strade e degli standard urbanistici).

17. **DOMOTICA:** Derivante dall'unione delle parole *domus* (in latino "casa") e *robotica*, è la scienza interdisciplinare che si occupa dello studio delle tecnologie atte a migliorare la qualità della vita nella casa e più in generale negli ambienti antropizzati.

18. **EDIFICIO:** È definito come un "sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti e dispositivi tecnologici che si trovano stabilmente al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici; esterno, il terreno, altri edifici; il termine può riferirsi a un intero edificio ovvero a parti di edificio progettate o ristrutturate per essere utilizzate come unità immobiliari a sé stanti;

19. **EDIFICIO POLIFUNZIONALE:** edificio destinato a scopi diversi e occupato da almeno due soggetti che devono ripartire tra loro la fattura dell'energia acquistata;

20. **EFFICIENZA LUMINOSA:** L'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso. È espressa in lumen/watt [lm/W].

21. **EMISSIVITÀ:** L'emissività di un corpo è la sua capacità di irradiare energia termica, in relazione alla sua temperatura reale. È rappresentata da un numero compreso tra 0 e 1, ed indica l'efficienza del radiatore.

22. **ENEA:** Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile;

23. **ENERGIA PRIMARIA:** potenziale energetico presentato dai vettori e fonti energetiche non rinnovabili nella loro forma naturale (quando non hanno ancora subito alcuna conversione o processo di trasformazione);

24. **ENERGIA TERMICA:** calore per riscaldamento e/o raffreddamento, sia per uso industriale che civile;

25. **ENERGIA:** tutte le forme di prodotti energetici, combustibili, energia termica, energia rinnovabile, energia elettrica o qualsiasi altra forma di energia, come definiti all'articolo 2, lettera d), del regolamento (CE) n. 1099/2008 del Parlamento e del Consiglio del 22 ottobre 2008;

26. **ENERGY MANAGER.** È una figura interna all'azienda, introdotta in Italia dalla Legge n. 10/91 per svolgere compiti di gestione e razionalizzazione dell'uso dell'energia aziendale, in quanto "responsabile per la conservazione e l'uso razionale dell'energia". Tale soggetto è obbligatorio solo per aziende con consumi superiori ai 10.000 tep (tonnellate equivalenti di petrolio) per le imprese del settore industriale ed ai 1.000 tep per i soggetti non industriali;
27. **ESERCENTE L'ATTIVITÀ DI MISURA DEL GAS NATURALE:** soggetto che eroga l'attività di misura di cui all'articolo 4, comma 17 della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n. 11 del 2007, e successive modificazioni;
28. **ESERCENTE L'ATTIVITÀ DI MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA:** soggetto che eroga l'attività di misura di cui all'articolo 4, comma 6 della deliberazione dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n. 11 del 2007, e successive modificazioni;
29. **FATTORE DI ATTENUAZIONE O FATTORE DI DECREMENTO:** È il rapporto tra il modulo della trasmittanza termica dinamica e la trasmittanza termica in condizioni stazionarie;
30. **FATTORE DI FORMA (S/V):** Rapporto tra la superficie disperdente dell'involucro edilizio e il volume riscaldato lordo. È un indicatore della conformazione dell'edificio e del suo rapporto con l'esterno;
31. **FLUSSO LUMINOSO:** Detto anche "potenza luminosa", rappresenta la potenza percepita dalla luce. È dato dal rapporto tra la potenza emessa da una sorgente luminosa puntiforme ed il relativo coefficiente di visibilità, ed è spesso usato come misura oggettiva della potenza utile emessa da una sorgente luminosa. Differisce dal flusso radiante che, invece, misura la potenza totale di luce emessa. Viene espresso in lumen [lm].
32. **GRANDE IMPRESA:** impresa che occupa più di 250 persone, il cui fatturato annuo supera i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo supera i 43 milioni di euro;
33. **GREEN BUILDING:** ("Edificio Verde") attribuzione per edifici che rispettano – in maniera indifferenziata – i parametri ecologici di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica, nel rispetto dell'ambiente e verso un sistema a basso consumo.
34. **GSE:** Gestore dei servizi energetici S.p.A.;
35. **INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA (EP):**
36. **INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA (EP):** È un parametro architettonico che indica l'efficienza energetica di un edificio. Tiene conto del rapporto tra l'energia necessaria per portare un ambiente alla temperatura di 18 °C, e la sua superficie utile o di volume lordo. Esprime il consumo totale di energia primaria per il riscaldamento invernale.; si esprime in kWh/m²anno, o kWh/m³anno nel caso di edifici non residenziali;
37. **INTERFACCIA DI COMUNICAZIONE:** dispositivo fisico o virtuale che permette la comunicazione fra due o più entità di tipo diverso;
38. **INVOLUCRO EDILIZIO:** è l'insieme di tutte le strutture edilizie esterne che delimitano un edificio;
39. **ISO:** *International Organization for Standardization*. È un ente di normazione internazionale.

40. **KWH (CHILOWATTORA):** E' l'unità di misura dell'energia elettrica; rappresenta l'energia assorbita in 1 ora da un apparecchio avente la potenza di 1 kW. Nella bolletta i consumi di energia elettrica sono fatturati in kWh.

41. **MASHRABIYA:** Elemento tipico dell'architettura vernacolare araba, costituiva una parte dell'edificio aggettante, come una veranda o un bow-window, con aperture formate da grate lignee che permetteva di ottenere in maniera semplice un adeguato benessere igrometrico interno agli ambienti e che veniva generalmente usata come luogo in cui bere. Oggi sono definite *mashrabiye* tutte quelle aperture schermate formate da grate di legno, discrete, utili ed eleganti, a trame più o meno fitte, che svolgono varie funzioni: una sorta di tessitura di separazione progettata per consentire all'aria e alla luce di filtrare tra gli spazi, al variare dell'intensità della trama, dell'altezza dello schermo e del luogo in cui viene collocata, che può svolgere funzioni termoigrometriche, ma anche di semplice schermatura solare. un'ulteriore funzione svolta dalla *mashrabiye* è quella di guardare senza essere visti, utile nel contesto culturale islamico.

42. **MERCATO LIBERO DELL'ENERGIA ELETTRICA** significa che tutti gli utenti possono scegliere liberamente da quale venditore e a quali condizioni economiche comprare l'energia elettrica.

43. **MET:** è il flusso metabolico unitario, ovvero quello attribuibile ad un individuo di taglia media (superficie corporea 1,8 m²) a riposo in posizione seduta.; 1 MET = 5,8 Watt/m².

44. **MICROIMPRESA, PICCOLA IMPRESA E MEDIA IMPRESA O PMI:** Impresa che occupa meno di 250 persone, il cui fatturato annuo non supera i 50 milioni di euro o il cui totale di bilancio annuo non supera i 43 milioni di euro. Per le imprese per le quali non é stato approvato il primo bilancio ovvero, nel caso di imprese esonerate dalla tenuta della contabilità ordinaria o dalla redazione del bilancio, o per le quali non é stata presentata la prima dichiarazione dei redditi, sono considerati esclusivamente il numero degli occupati ed il totale dell'attivo patrimoniale risultanti alla stessa data.

45. **MINERALIZZAZIONE:** Conferimento di caratteristiche minerali.

46. **PONTE TERMICO:** È quella zona locale limitata dell'involucro edilizio che rappresenta una densità di flusso termico maggiore rispetto agli elementi costruttivi adiacenti; in poche parole è un "buco di calore dovuto da una discontinuità costruttiva" che provoca differenze di temperatura.

47. **PIANO D'AZIONE NAZIONALE PER L'EFFICIENZA ENERGETICA (PAEE):** Documento redatto ai sensi dell'articolo 17 che individua gli orientamenti nazionali per il raggiungimento degli obiettivi di miglioramento dell'efficienza energetica e dei servizi energetici.

48. **PIANO D'AZIONE PER L'ENERGIA. SOSTENIBILE (PAES):** è un documento chiave che indica come i firmatari del Patto rispetteranno gli obiettivi che si sono prefissati per il 2020. Tenendo in considerazione i dati dell'Inventario di Base delle Emissioni, il documento identifica i settori di intervento più idonei e le opportunità più appropriate per raggiungere l'obiettivo di riduzione di CO₂. Definisce misure concrete di riduzione, insieme a tempi e responsabilità, in modo da tradurre la strategia di lungo termine in azione. Gli obiettivi

principali riguardano gli edifici, le attrezzature, gli impianti e il trasporto pubblico. I firmatari si impegnano a consegnare il proprio PAES entro un anno dall'adesione.

49. PIANO D'AZIONE PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEI CONSUMI NEL SETTORE DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE (PAN GPP): Piano predisposto ai sensi dell'articolo 1, comma 1126, della legge 27 dicembre 2006 n. 296, e approvato con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con i Ministri dell'economia e delle finanze e dello sviluppo economico 11 aprile 2008, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 107 dell'8 maggio 2008, così come modificato dal decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, 10 aprile 2013, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 102 del 3 maggio 2013;

50. PRESTAZIONE ENERGETICA DI UN EDIFICIO: Quantità annua di energia primaria necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, i vari bisogni energetici dell'edificio, la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e, per il settore terziario, l'illuminazione di un edificio: quantità annua di energia primaria necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, i vari bisogni energetici dell'edificio, la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e, per il settore terziario, l'illuminazione.

51. PUBBLICA AMMINISTRAZIONE CENTRALE: autorità governative centrali di cui all'allegato IV del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163;

52. RAPPORTO S/V: rapporto tra la superficie dell'edificio esposta all'esterno (S) ed il suo volume lordo riscaldato (V). Il rapporto S/V misura la compattezza di un edificio, parametro importante per valutare l'efficienza energetica di una costruzione.

53. RETE DI TELERISCALDAMENTO E TELERAFFREDDAMENTO: sistema di trasporto dell'energia termica, realizzato prevalentemente su suolo pubblico, finalizzato a consentire a chiunque interessato, nei limiti consentiti dall'estensione della rete, di collegarsi alla medesima per l'approvvigionamento di energia termica per il riscaldamento o il raffreddamento di spazi, per processi di lavorazione e per la copertura del fabbisogno di acqua calda sanitaria.

54. SERVIZIO DI MAGGIOR TUTELA: E' il servizio di fornitura di elettricità a condizioni economiche e contrattuali stabilite dall'Autorità per l'energia. Il cliente domestico o le piccole imprese (PMI) sono servite in maggior tutela se non hanno mai cambiato fornitore, o se ne hanno nuovamente richiesto l'applicazione dopo aver stipulato contratti nel mercato libero con altri fornitori;

55. SFASAMENTO: È il ritardo temporale tra il massimo del flusso termico entrante nell'ambiente interno ed il massimo della temperatura dell'ambiente esterno;

56. SISTEMA DI GESTIONE (SG). È un complesso di azioni gestionali programmate e coordinate, procedure operative, sistemi di documentazione e di registrazione realizzati grazie ad una struttura organizzativa nella quale ruoli, responsabilità e risorse sono chiari e ben definiti. Possono esserci diversi sistemi di gestione, a seconda del settore cui si applicano. A ciascun sistema di gestione si applica una particolare norma tecnica

volontaria, che definisce le regole cui il SG deve rispondere. Le norme sono elaborate ed emanate dagli enti di normazione che hanno valenza nazionale (per l'Italia l'UNI), europea (CEN), internazionale (ISO). Per il settore energetico si applicano le ISO 50001:2011 - "Sistemi di gestione energetica";

57. **SUPERFICIE DISPERDENTE (S)**: La superficie disperdente è data dalla somma delle singole superfici che avvolgono il volume lordo riscaldato V (pareti perimetrali, tetti, solai ecc.), rappresenta la superficie che delimita verso l'esterno, o verso ambienti non riscaldati, il volume riscaldato V;

58. **SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA DI PAVIMENTO (SLP)**. È la somma di tutte le superfici coperte comprese entro il profilo esterno delle pareti perimetrali ai vari piani e soppalchi di interpiano, sia fuori terra che in sottosuolo.

59. **TASSO DI SCONTO**: Tasso di interesse applicato per calcolare lo sconto per il periodo intercorrente tra il giorno in cui si effettuano l'operazione di sconto e la scadenza del credito scontato. Esso costituisce il prezzo delle operazioni di sconto bancario, che per il cliente costituiscono uno smobilizzo di crediti a scadenza. L'onere varia in base alle condizioni del mercato finanziario, alla solvibilità del cliente ed alla presentazione di effetti pagabili su piazza o fuori piazza.

60. **TELAI A "DOPPIA BATTUTA"**: Sono i più vecchi esistenti in mercato, presentano una guarnizione a palloncino sia nell'aletta del telaio che nell'aletta dell'anta ma non garantiscono una tenuta ottimale alle infiltrazioni di aria ed acqua all'interno del serramento quando, ad esempio, in presenza di elevata pressione esterna il profilo dell'anta tende ad inflettersi determinando il distacco della guarnizione dal telaio.

61. **TELAI A "GIUNTO APERTO"**: Sono nati successivamente dall'evoluzione dei precedenti a "doppia battuta". Tale sistema elimina la guarnizione nell'aletta del telaio ma ne aggiunge una molto importante detta a pinna centrale circa al centro del profilato. Tale guarnizione centrale consente all'acqua eventualmente penetrata all'interno di essere drenata attraverso fori di scarico grazie ad un fenomeno di equilibrio della pressione interna al profilato con quella esterna, che rende noto questo tipo di infisso anche con il nome di "giunto a compensazione di pressione".

62. **TELAI A "TAGLIO FREDDO"**: Sono i telai in alluminio, ormai obsoleti, che sono sempre esistiti nel mercato e sono i primi ad essere nati, e possono essere, a seconda delle caratteristiche tecniche, a "doppia battuta" e a "giunto aperto".

63. **TELAI A "TAGLIO TERMICO"**: Sono nati successivamente per risolvere il problema del ponte termico, si tratta già di un "giunto aperto", tranne in alcuni casi, e sono particolari infissi atti a garantire una migliore tenuta nei confronti delle dispersioni termiche. Essi, si basano sul principio dell'interruzione della continuità del metallo: un opportuno materiale a bassa conducibilità termica, solitamente in poliammide, inserito solitamente in corrispondenza di una camera interna al profilato, impedisce al calore di attraversare l'intero profilato.

64. **TERMOCAMERA A RAGGI INFRAROSSI:** Si tratta di uno strumento per eseguire controlli di tipo termografico, non distruttivi e non intrusivi. Le termocamere rilevano le radiazioni nel campo dell'infrarosso dello spettro elettromagnetico e compiono misure correlate con l'emissione di queste radiazioni. Si usano per misurare, attraverso l'emissività emessa dai corpi, la trasmissione di calore attraverso le superfici oggetto di esame.

65. **TERMOFLUSSIMETRO:** È lo strumento che permette di misurare in maniera "quantitativa", con un buon grado di approssimazione e senza alcun intervento di demolizione, la trasmittanza termica (espressa in W/m^2K), di una struttura verticale, orizzontale, o di un tetto. La misura termoflussimetrica, effettuata dopo un'ispezione termografica, consente di fornire i corretti dati di input per i calcoli di valutazione della prestazione energetica di un edificio.

66. **TETTO CALDO:** tetto in cui l'isolante termico è posto tra due strati di impermeabilizzante;

67. **TITOLI DI EFFICIENZA ENERGETICA (TEE):** Denominati anche certificati bianchi, sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi energetici negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento di efficienza energetica. Il sistema è stato introdotto nella legislazione italiana dai decreti ministeriali del 20 Luglio 2004 e s.m.i. e prevede che i distributori di energia elettrica e di gas naturale raggiungano annualmente determinati obiettivi quantitativi di risparmio di energia primaria, espressi in Tonnellate Equivalenti di Petrolio risparmiate (TEP). Un certificato equivale al risparmio di una tonnellata equivalente di petrolio (TEP).

68. **TRASMITTANZA TERMICA U** è il flusso di calore medio che passa, per metro quadrato di superficie, attraverso una struttura che delimita due ambienti a temperatura diversa (per esempio un ambiente riscaldato dall'esterno, o da un ambiente non riscaldato). L'unità di misura della trasmittanza termica è il W/m^2K ;

69. **TRIGENERAZIONE:** È un efficiente sistema di produzione combinata di elettricità, calore e freddo da un unico impianto. La trigenerazione viene spesso identificata dalla sigla inglese CCHP, acronimo di *Combined Cooling, Heating and Power*. Un trigeneratore è "un impianto di cogenerazione, a cui viene abbinata una macchina frigorifera, per produrre freddo sotto forma di acqua refrigerata, per il condizionamento degli edifici o per usi industriali;

70. **VETRI FOTOCROMICI:** Sono vetri che variano le proprie caratteristiche ottiche in funzione della loro esposizione ai raggi ultravioletti solari: maggiore è tale radiazione e più diventano scuri, al buio tornano chiari e trasparenti;

71. **VETTORE ENERGETICO:** È un composto in grado di veicolare l'energia da una forma ad un'altra. Si parla di vettore e non di fonte energetica tutte le volte che il composto a cui ci si sta riferendo deve essere prodotto e raccolto a partire da una forma di energia precedente;

72. **VOLUME LORDO RISCALDATO:** È la somma dei volumi lordi di tutti i vani riscaldati dell'edificio. I volumi lordi dell'edificio sono calcolati a partire dalle dimensioni esterne (filo esterno muro); si esprime in m^3 .

Ringraziamenti

Il percorso che ha condotto alla stesura della Tesi di Dottorato è stato non solo un'occasione di approfondimento scientifico e professionale, ma anche di arricchimento personale. Al di là dell'impegno richiesto, degli sforzi intellettuali, del tempo dedicato al congruo svolgimento del mio lavoro, esso rappresenta il frutto di un intenso cammino, che ha permesso di mettermi in gioco confrontandomi con una nuova realtà, nuove responsabilità e, soprattutto, un contesto lavorativo del tutto diverso da quello universitario, concluso appena prima di iniziare il Dottorato.

In questo, un importante riconoscimento va al Prof. Antonio De Vecchi, riferimento costante della mia attività, per avermi coinvolto sin dall'inizio nella sua insigne esperienza professionale ed accademica, responsabilizzandomi in modo spontaneo e non convenzionale. Lo ringrazio, principalmente, per la dedizione al lavoro che mi ha trasmesso, arricchendo il percorso di ricerca di spunti pratici e creativi, che hanno reso la mia attività un'occasione di confronto stimolante e mai monotona. In questo credo risieda il valore aggiunto di questo lavoro, a cui ho dedicato tanta passione e un inappagabile tentativo di approfondirne la tematica, di grande attualità e, pertanto, in continua evoluzione.

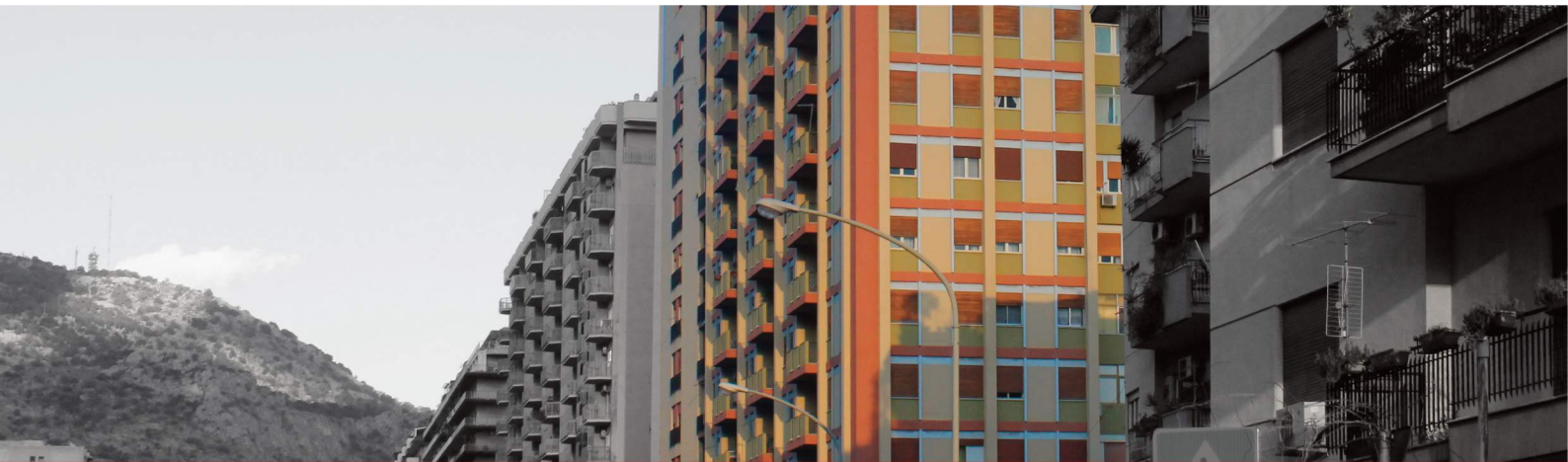
I miei ringraziamenti vanno poi al Tutor, la Prof.ssa Simona Colajanni, guida insostituibile della mia ricerca, che ha saputo condurmi in questa esperienza con sapienza e metodo, costituendo al contempo un supporto valido e sempre disponibile, a cui devo gran parte del mio impegno.

Grazie a tali contributi, ritengo che il percorso di dottorato sia stato portato avanti in un contesto armonioso e fervido di incontri, esperienze e conoscenze che hanno permesso, trasversalmente al metodo della ricerca, di ottenere i risultati raggiunti. Il confronto con un ambiente lavorativo variegato e stimolante, ha permesso di affrontare ampie prospettive, anche in riferimento al periodo di ricerca trascorso a Londra, caratterizzato dalla collaborazione all'intensa attività professionale del Prof. Alfonso Senatore e del suo team, a cui dedico un ulteriore ringraziamento per la calorosa accoglienza. Inoltre, esprimo la mia riconoscenza ai Professori del Collegio di Dottorato, che, in diverso modo, hanno fornito suggerimenti, occasioni di riflessione e di miglioramento del lavoro svolto. Grazie anche ai miei colleghi di Dottorato, compagni di un viaggio che non può essere condiviso se non con la collaborazione e la sana competizione che ci ha contraddistinto, ai miei amici e a chi si ha vissuto da vicino questa avventura, compresi i soci della PADesign srl.

Per chiudere il cerchio che fa da coronamento a questi ricchi e carichi anni di studio, non posso prescindere dal ringraziare il prezioso supporto di Emanuele, Silvia, Federico e Greta, e, infine, i miei genitori, sostegno imprescindibile e vera fonte di energia... Un'energia, questa, che non ha prezzo!

Elsa

The Italian building stock is mainly composed of constructions from the post-war period, when economic speculation and urbanization have produced characteristics of poor architectural and energetic quality. By acting on the energy performance of existing buildings, adapting these characteristics to those required by regulations, on equal terms of comfort, represent an important strategy to the reduction of energy consumption and to the environmental protection. Through the application of innovative technologies and methodologies and the choice of appropriate investments, the energy retrofit can be now the main growth opportunity in the economic and environmental field, and an innovation opportunity in the building's. The research is aimed at evaluating the energy performance of existing buildings, through an energy improvement methodology, which may identify, case by case, the most suitable solutions and the related interventions, according to the cost-benefit analysis. In this way, it is possible to choose strategies for the energy efficiency improvement, assessing the energy savings opportunities and the payback period to amortize the investment. The field of inquiry specifically concerns the substantial amount of residential buildings that have occupied the territory of "Piana dei Colli" in Palermo, as result of the "Sacco Edilizio" of the '60s.



Elsa Sanfilippo, Engineer and Architect, holder of the Scholarship of the Ph.D. Program in *Recovering Ancient Contexts and Innovative Processes in Architecture*, XXV Cycle, at the Department of Architecture of the University of Palermo. Her research work is focused on the field of sustainable architecture and energy retrofit of existing buildings, with particular reference to the dwellings built during the Second Post war in Palermo.