



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione Città

A.A. 2024/2025

Sessione di Laurea Luglio 2025

Retrofit degli edifici unifamiliari:

impatto delle detrazioni fiscali nella riqualificazione del patrimonio edilizio italiano. Studio di sei casi applicativi.

Relatore:

Guido Callegari

Candidata:

Arianna Ledda

Correlatrice:

Manuela Rebaudengo

Indice

Abstract - ita	6
Abstract - eng	8
Introduzione	10
Capitolo 1 - Inquadramento della situazione climatica e ambientale generale	14
1.1 Il cambiamento climatico	15
1.2 Emissioni globali di gas serra per settore	16
1.3 Il settore edilizio	18
1.4 Lo stato dell'arte del patrimonio edilizio italiano	20
1.5 Conseguenze del cambiamento climatico e sviluppi futuri	22
1.6 Il <i>retrofit</i> come strategia di intervento	22
1.7 Considerazioni conclusive	24
Capitolo 2 - Strategie e azioni per la riqualificazione edilizia	26
2.1 Tappe fondamentali delle politiche ambientali internazionali	26
2.2 Politiche europee per l'ambiente	31
2.2.1. 2018 - Piani Nazionali per l'energia e il clima	31
2.2.2. 2019 - Il <i>Green Deal</i> europeo	31
2.3 Politiche e azioni nel contesto italiano	34
2.3.1. 2005 - Certificazione Energetica degli edifici	34
2.3.2. 2007 - Ecobonus	34
2.3.3. 2011 Bonus ristrutturazione 50%	36
2.3.4. 2017 - Sismabonus	37
2.3.5. 2019 - Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)	37
2.3.6. 2020 - Superbonus 110%	37
2.3.7. 2020 - Bonus facciate	39

2.4 Considerazioni conclusive	40
-------------------------------	----

Capitolo 3 - Esempi applicativi di retrofit nel contesto europeo

3.1. MaPrimeRénov' in Francia	44
3.2. Energiesprong nei Paesi Bassi	47
3.3. Esempi applicativi in Francia	51
3.3.1. Riqualificazione energetica di una casa unifamiliare a Bron	51
3.3.2. Riqualificazione energetica di un edificio unifamiliare "Castor" a Bron	53
3.3.3. Saint-Andéol House - 2023	55
3.4. Esempi applicativi nei Paesi Bassi	57
3.4.1. Chrysantstraat, Nieuw Buinen - 2018	57
3.4.2. Oud Vossemeer - 2015	59
3.5. Standard <i>Passivhaus</i> ed esempi applicativi nel Regno Unito	60
3.5.1. Corner View House - 2021	63
3.5.2. EnerPhit Plus ad Harpenden - 2021	67
3.6. Esempi applicativi in Portogallo	69
3.6.1. Olidouro House - 2021	69
3.7. Considerazioni conclusive	71

Capitolo 4 - Progetti di retrofit nel contesto italiano

4.1 Metodologia di ricerca dei casi studio	75
4.2. Approcci e tecnologie	78
4.3. Procedura di stima dei consumi	78
4.4. Analisi economica	79
4.5. Casa Tonet	85
4.5.1 Il progetto di <i>retrofit</i>	85
4.5.2. Dettagli tecnologici degli interventi sull'involucro edilizio	87
4.5.2.1 Ricostruzione della copertura	87
4.5.2.2. Isolamento delle pareti perimetrali	88
4.5.2.3. Ricostruzione del solaio contro terra	89

4.5.2.4. Ampliamento della veranda	89	dei dati	132
4.5.3. Analisi energetica ante e post intervento	91	4.8.4.3. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento	132
4.5.4. Analisi economica	92	4.8.4.4. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione	133
4.5.4.1 Stima dei consumi energetici ante intervento	92	4.9 Villa a Giaveno	137
4.5.4.2. Consumi energetici post intervento e analisi dei dati	95	4.9.1 Il progetto di riqualificazione energetica	137
4.5.4.3. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento	97	4.9.2. Analisi energetica ante e post intervento	138
4.5.4.4. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione	98	4.9.3. Analisi economica	138
4.6. Casa Caligaris	101	4.9.3.1 Analisi dei consumi energetici ante e post intervento	139
4.6.1. Il progetto di <i>retrofit</i>	101	4.9.3.2. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento	141
4.6.2. Dettagli tecnologici degli interventi sull'involucro edilizio	103	4.9.3.3. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione	142
4.6.2.1. Sezione 1	103	4.10. Lodola House	145
4.6.2.2 Sezione 2	104	4.10.1 Il progetto di <i>retrofit</i>	145
4.6.3. Analisi energetica ante e post intervento	110	4.10.2. Dettagli tecnologici degli interventi sull'involucro edilizio	146
4.6.4. Analisi economica	110	4.10.2.1. Ricostruzione della copertura	146
4.6.4.1. Stima dei consumi energetici ante intervento	111	4.10.2.2. Interventi di isolamento	148
4.6.4.2. Consumi energetici post intervento e analisi dei dati	113	4.10.3. Analisi energetica ante e post intervento	148
4.6.4.3. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento	114	4.10.4. Analisi economica	148
4.6.4.4. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione	115	4.10.4.1. Analisi dei costi di costruzione	149
4.7. Villa il Generale	119	4.10.5. Considerazioni conclusive	150
4.7.1 Il progetto di <i>retrofit</i>	119	Capitolo 5 - Conclusioni	152
4.7.2 Dettagli tecnologici e interventi sull'involucro edilizio	122	Note bibliografiche	158
4.8. Casa RC	125	Allegato 1	174
4.8.1 Il progetto di <i>retrofit</i>	125	Allegato 2	175
4.8.2. Interventi sull'involucro edilizio: tecnologie e materiali impiegati	126	Allegato 3	176
4.8.2.1 Interventi sulle coperture	126	Allegato 4	177
4.8.2.2. Interventi di isolamento	127		
4.8.3. Analisi energetica ante e post intervento	127		
4.8.4. Analisi economica	128		
4.8.4.1 Stima dei consumi energetici ante intervento	129		
4.8.4.2. Consumi energetici post intervento e analisi			

Abstract - ita

Il settore edilizio è responsabile di una quota significativa dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra a livello globale. In Italia, il 55,5% del patrimonio edilizio residenziale è stato realizzato precedentemente all'introduzione delle normative sull'efficienza energetica degli edifici, e risulta inefficiente ed energivoro, spesso inadeguato alle esigenze abitative contemporanee. La tipologia edilizia più diffusa sul territorio italiano è individuata negli edifici mono e bifamiliari. La riqualificazione del patrimonio residenziale rappresenta, dunque, uno dei principali strumenti per il raggiungimento della neutralità climatica. Per questo, l'elaborato analizza il ruolo delle detrazioni fiscali, nello specifico il Bonus Ristrutturazione 50%, l'Ecobonus 65% e il Superbonus 110%, nel sostegno al processo del *retrofit* energetico degli edifici unifamiliari.

È stata svolta un'analisi comparativa di sei casi studio italiani, attraverso il confronto tra lo stato originario e il post intervento. In particolare, gli aspetti indagati sono relativi agli approcci tecnologici e costruttivi, ai costi dell'investimento e all'impatto del *retrofit* sui consumi energetici. Questa indagine è stata svolta mediante la raccolta dei materiali di progetto come disegni architettonici e di dettaglio, computi metrici e fatture, rilevazione dei consumi e costi legati alle utenze di luce e gas. L'indisponibilità dei dati ante intervento, legati a queste ultime, è stata colmata effettuando delle stime basate sul documento TABULA e sui consumi stimati da ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente). Dai risultati emerge un miglioramento generale delle prestazioni energetiche, con riduzioni significative dei consumi (fino al 61%) e dei costi in bolletta (fino al 78%), soprattutto nei casi che hanno previsto l'integrazione di un impianto fotovoltaico. In alcuni casi si è fatto uso di sistemi di costruzione alternativi (ad esempio facciate ventilate, sistemi di stratificazione a secco), ma prevale l'utilizzo di tecniche costruttive tradizionali. Nella maggioranza dei progetti si è fatto uso di materiali naturali, quasi esclusiva-

mente nell'isolamento termico e acustico, mentre nel resto delle componenti è limitato.

Dal punto di vista economico, nonostante le agevolazioni abbiano sostenuto quote importanti dei costi, il ritorno economico in un'ottica di compravendita non risulta redditizio (tempi di ritorno dell'investimento molto lunghi, valore di trasformazione negativo). Il miglioramento percepito in termini di comfort abitativo e di risparmio nelle utenze è ritenuto sempre soddisfacente dai committenti.

Abstract - eng

The construction sector is responsible for a significant share of global energy consumption and greenhouse gas emissions. In Italy, 55.5% of the residential building stock was built prior to the introduction of regulations on energy efficiency of buildings, and is inefficient and energy-consuming, often inadequate for contemporary housing needs.

The most widespread type of construction in Italy is identified in single and semi-detached buildings. The redevelopment of residential property is therefore one of the main tools for achieving climate neutrality. For this, the paper analyzes the role of tax deductions, in the specific the Renovation Bonus 50%, the Ecobonus 65% and the Superbonus 110%, in supporting the process of energy retrofit of single-family buildings.

A comparative analysis of six Italian case studies was carried out, through the comparison between the original state and the post intervention. In particular, the aspects investigated are related to technological and construction approaches, investment costs and the impact of retrofitting on energy consumption. This survey was carried out by collecting project materials such as architectural and detail drawings, metric computations and invoices, consumption survey and costs related to electricity and gas. The unavailability of pre-intervention data, related to the latter, has been made up by making estimates based on the TABULA document and consumption estimated by ARERA (Regulatory Authority for Energy, Networks and Environment).

The results show an overall improvement in energy performance, with significant reductions in consumption (up to 61%) and utility costs (up to 78%), especially in cases where a photovoltaic system has been integrated. In some cases, alternative construction systems have been used (for example, ventilated facades, dry lamination systems), but traditional construction techniques prevail.

Natural materials have been used in the majority of projects, al-

most exclusively for thermal and acoustic insulation, while the rest of the components are limited.

From an economic point of view, although the concessions have borne important parts of the costs, the economic return is not profitable in terms of buying and selling (very long return on investment, negative transformation value). The improvement perceived in terms of housing comfort and savings in utilities is always considered satisfactory by the customers.

Introduzione

La riqualificazione del settore residenziale rappresenta una delle sfide più importanti verso l'obiettivo della transizione energetica e nel contrasto al cambiamento climatico. Questo, infatti è responsabile di una quota significativa del consumo energetico globale e delle emissioni di gas serra. Il 55,5% del patrimonio edilizio italiano è stato edificato prima del 1970, in precedenza rispetto allo sviluppo delle politiche sull'efficienza energetica. È quindi soggetto ad un significativo consumo di energia e spesso inadatto alle nuove esigenze dell'abitare. L'importanza della riqualificazione risiede nella riduzione dell'impatto ambientale, nella possibilità di migliorare la qualità della vita degli utenti, sia dal punto di vista del comfort abitativo che della salubrità degli ambienti e nella riduzione dei consumi di energia proveniente da fonti non rinnovabili. Tuttavia, le azioni intraprese a livello istituzionale non sempre risultano coerenti con queste finalità, con esiti talvolta poco incisivi.

A partire dagli anni Settanta, una serie di eventi ed iniziative a livello internazionale, hanno contribuito allo sviluppo di una sempre più diffusa sensibilità verso i temi legati alla tutela delle risorse naturali, dell'ambiente umano e la necessità di garantire adeguate condizioni di vita a lungo termine. Questo crescente interesse, ha portato ad un impegno sempre maggiore dei Paesi verso la salvaguardia del pianeta, soprattutto attraverso il contenimento delle emissioni. Di queste, inizialmente, sono stati solo definiti i limiti, che diventano vincolanti a partire dall'emanazione del Protocollo di Kyoto (1997). Il passaggio che ha favorito la concretizzazione di azioni pratiche da parti degli Stati, è stato l'Accordo di Parigi (2015), in occasione del quale hanno concordato di limitare l'aumento della temperatura media globale entro i 2°C, e di perseguire sforzi concreti per limitarlo a 1,5°C.

L'Unione Europea, in seguito, ha sviluppato una sua politica di azione, il *Green Deal* (2019), il cui obiettivo è quello di trasformare, rendere efficiente e climaticamente neutra l'Europa entro

il 2050. In particolare, la *Renovation Wave* è la strategia d'azione legata al settore edilizio, che si pone l'obiettivo di raddoppiare il tasso di ristrutturazione annuo del patrimonio esistente entro il 2030. A partire da questo contesto, si sviluppano a livello nazionale le strategie legate al *retrofit* del parco edilizio, e da qui si innesta il tema centrale dell'elaborato, in particolare il *retrofit* degli edifici monofamiliari. La scelta di approfondire questa specifica porzione del patrimonio, è dovuta alla predominanza della suddetta tipologia edilizia, che al contempo risulta poco indagata.

La domanda conoscitiva è comprendere l'effettivo impatto delle agevolazioni fiscali sulla riqualificazione del patrimonio edilizio unifamiliare, in particolare in relazione agli aspetti tecnologico-costruttivi, economici ed energetici. Questi, sono stati studiati attraverso l'analisi comparativa di sei casi studio, sottoposti a *retrofit* mediante l'utilizzo di incentivi fiscali: Bonus ristrutturazione 50%, Ecobonus 65% e Superbonus 110%.

La metodologia di ricerca dei casi studio (descritta nel dettaglio al paragrafo 4.1) ha previsto la selezione di edifici attraverso la consultazione di banche dati, riviste tecniche e contatti diretti. Nello specifico, sono stati contattati 31 studi di architettura, di cui 10 hanno risposto alla domanda di approfondimento, a cui è seguita una fase di scambio/intervista con i professionisti. Queste hanno consentito di individuare 6 progetti utili allo svolgimento dell'analisi comparativa. La selezione è stata condizionata dall'accesso limitato a dati completi, relativi alla ridotta disponibilità di condivisione dei dati economici e l'assenza di un monitoraggio dei consumi energetici, che ha portato all'utilizzo di stime per lo svolgimento dell'analisi comparativa.

Dal punto di vista tecnologico-costruttivo sono stati evidenziati gli approcci, le tecnologie e i materiali impiegati. Gli aspetti economici hanno riguardato l'analisi dei costi di costruzione in relazione al ritorno dell'investimento, e nell'ipotesi di compravendita del bene post intervento, è stato calcolato il valore di trasformazione e la stima del valore di mercato acquisito. Infine l'analisi energetica ha previsto il confronto dei consumi ante intervento, confrontati con i dati post intervento, attraverso la raccolta delle bollette di elettricità e gas.

I progetti analizzati nel contesto italiano, infine, sono stati messi a confronto con 8 casi europei, in relazione ad approcci, tecnologie e sistemi costruttivi impiegati.

L'elaborato è strutturato in cinque capitoli.

Il Capitolo 1 svolge una funzione introduttiva rispetto ai temi legati alla ricerca. Viene delineato il contesto attuale e del prossimo futuro dovuto al cambiamento climatico a livello globale, sottolineando il ruolo del settore edilizio e residenziale. È stata svolta una descrizione dello stato dell'arte del patrimonio edilizio italiano, al fine di mettere in luce la necessità di attuare strategie di *retrofit*, contestualmente descritte. Queste premesse costituiscono le basi per gli approfondimenti del capitolo successivo.

Il Capitolo 2 ripercorre le tappe fondamentali che hanno portato all'attenzione le questioni climatiche, legate in modo particolare all'ambiente costruito. In questo contesto, viene esaminato il quadro normativo e strategico volto alla riqualificazione del patrimonio esistente a livello europeo. A livello nazionale, viene analizzato il recepimento delle direttive europee, focalizzato sulle detrazioni fiscali promosse a sostegno del *deep retrofit*.

Il Capitolo 3 esamina otto casi applicativi di edifici unifamiliari nel contesto europeo. L'obiettivo è stato di individuare le strategie e gli approcci al progetto di *retrofit* nei diversi Paesi, evidenziando le soluzioni tecnologiche adottate. La finalità dell'analisi è stata di mettere a confronto questi aspetti in relazione al contesto italiano.

Il Capitolo 4 descrive la metodologia di ricerca dei casi applicativi nel contesto italiano. Di questi, è stata svolta una analisi approfondita sui temi tecnologico-costruttivi attraverso lo studio di materiali, sistemi di costruzione e approcci. L'analisi ha previsto un approfondimento sugli aspetti economici legati ai costi di costruzione e agli incentivi fiscali, al fine di comprendere l'effettiva convenienza degli investimenti, e il potenziale incremento del valore di mercato a seguito dell'intervento di *retrofit*. Infine, dal punto di vista energetico, è stato calcolato il risparmio ottenuto in termini di consumi e costi.

Il Capitolo 5 si pone la finalità di esporre i principali risultati emersi, dandone una lettura critica e integrandoli in un discorso più ampio, nel tentativo di costruire una risposta adeguata alla complessità del tema e in particolare alla domanda di ricerca.

Capitolo 1

Inquadramento della situazione climatica e ambientale generale

Il seguente capitolo ha una funzione introduttiva rispetto ai temi centrali dell'elaborato, poiché comprendere l'impatto dei cambiamenti in corso a livello globale è un passaggio fondamentale per la definizione di strategie di adattamento e prevenzione. A partire dalla definizione di cambiamento climatico, viene descritto sinteticamente quali sono gli impatti dei diversi settori, e nello specifico quello edilizio, che rappresenta una delle principali fonti della domanda energetica globale. In seguito viene presentato lo stato dell'arte del patrimonio edilizio italiano, caratterizzato prevalentemente da edifici mono e bifamiliari ed edificato precedentemente alle normative che regolano i consumi energetici degli edifici. Partendo da tale rappresentazione, si introduce il concetto di *retrofit* edilizio come strategia di intervento sul patrimonio esistente sul quale è basata l'attività di ricerca del presente elaborato.

1.1 Il cambiamento climatico

Il "clima" è definito come il tempo meteorologico medio, ovvero la descrizione statistica in termini di media e variabilità di grandezze quali temperatura, precipitazioni e venti, nel corso di un periodo di tempo di trent'anni¹.

L'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) definisce il cambiamento climatico un cambiamento dello stato del clima che permane per un intervallo di tempo prolungato (di solito decenni) e si può individuare da modificazioni della media o della sua variabilità. Può essere generato da sviluppi naturali interni (modulazioni dei cicli solari, eruzioni vulcaniche) o da forzanti esterni (continui cambiamenti antropogenici della composizione dell'atmosfera o dell'uso del suolo)².

La Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (*United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC*) tenutasi a New York nel 1992, ha definito il cambiamento climatico come una modificazione del clima dovuta all'azione diretta o indiretta delle attività umane, che alterano la composizione dell'atmosfera, sommandosi alle variazioni naturali del clima in diversi intervalli temporali³. L'azione dell'uomo a cui si fa riferimento è quella legata, a partire dal XIX secolo, all'utilizzo eccessivo dei combustibili fossili (carbone, gas e petrolio⁴), alle azioni di deforestazione e alle attività agricole. La combustione di questi materiali per la produzione di energia, per l'industria e i trasporti, genera emissioni di gas a effetto serra (*Greenhouse Gas – GHG*)⁵. Le principali emissioni sono costituite da anidride carbonica o biossido di carbonio (CO_2), che rappresenta l'80% di inquinante rilasciato nell'atmosfera, l'11% è rappresentato dal metano (CH_4), il 6% dal protossido di azoto (N_2O) e il 2% dagli idrofluorocarburi⁶. L'accumulo di questi gas ostacola il rilascio di calore nello spazio, portando ad un incremento del ritmo di crescita della temperatura sulla Terra. Questo è definito "effetto serra", mentre i gas che ne sono responsabili sono definiti gas serra. Il trattenimento del calore in atmosfera è un processo naturale, e permette di creare le condizioni affinché possa svilupparsi la vita sul pianeta, infatti senza questo effetto la temperatura media sarebbe inferiore di 33°C rispetto a quella attuale. Tuttavia, le attività umane hanno generato un rilascio considerevole di gas serra in atmosfera che sommandosi a quelli presenti in natura, amplificano tale effetto contribuendo al riscaldamento globale⁷. L'eccesso di energia che ne deriva viene assimilato con modalità differenti: il 91% dagli oceani, il 5% dalle terre emerse, il 3% dai ghiacci e l'1% è quanto viene assorbito dall'atmosfera⁸.

1.2 Emissioni globali di gas serra per settore

Per stabilire una strategia efficace per la riduzione delle emissioni, è necessario comprenderne la provenienza. L'organizzazione no-profit *Our World In Data*⁹, basandosi sui dati di *Climate Watch* e del *World Resources Institute*¹⁰ riferiti all'anno 2016 (Fig.1) mostra la suddivisione delle emissioni globali di gas serra (per un totale di 49,4 gigatonnellate – Gt di CO_{2eq}¹) relativi a quattro settori principali (centro della visualizzazione):

- *Energy* (elettricità, calore e trasporti)
- *Agriculture, Forestry, & Land Use* (agricoltura, silvicoltura e uso del suolo)
- *Industry* (processi industriali diretti)
- *Waste* (gestione dei rifiuti)

La rappresentazione esplicita la suddivisione dei quattro settori principali nei sottosectori da cui sono costituiti.

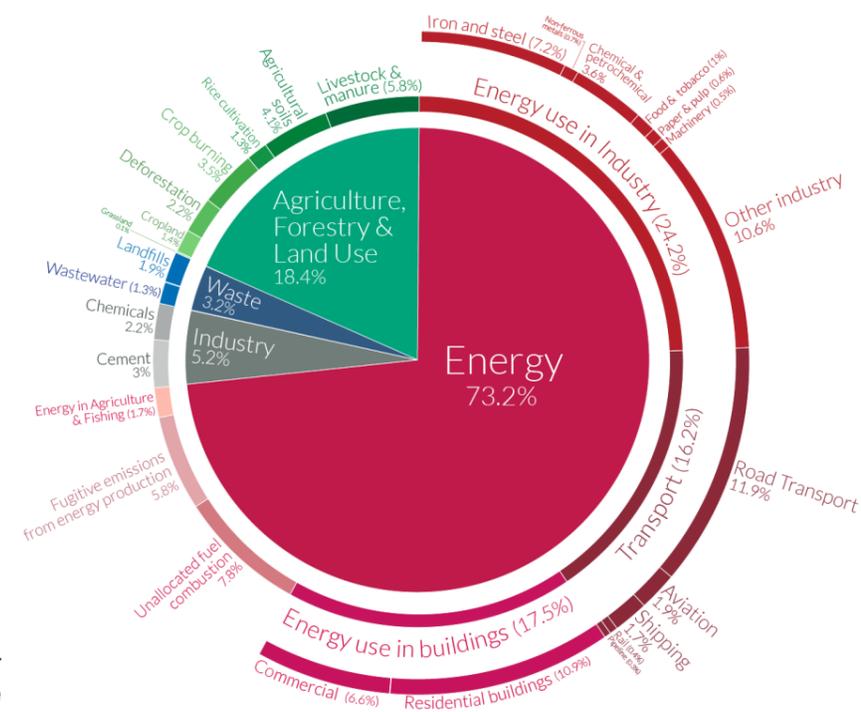


Figura 1 – Emissioni di gas serra per settore nel 2016. Hannah Ritchie (2020) - "Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?" Fonte: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>

¹ L'UNFCCC ha adottato una metrica unificata per la valutazione delle emissioni di gas serra, denominata "equivalenti di anidride carbonica" (CO_{2eq}). Questa unità di misura è stata sviluppata con l'obiettivo di sommare gli impatti di tutti i gas serra e ottenere una misura omogenea e confrontabile.

Dalla sua lettura emerge come il 73,2% delle emissioni di gas serra provenga dal settore energetico. Una parte significativa è costituita dall'energia utilizzata nell'industria (24,2%), nei trasporti (16,2%) e negli edifici (17,5%).

All'interno del settore *Industry*, è importante l'impatto dovuto all'energia utilizzata per la produzione di ferro e acciaio e altri settori industriali (10,6%). Quest'ultimo dato, nello specifico, rappresenta le emissioni legate all'attività estrattiva in miniere e cave, all'edilizia, al settore tessile, alla produzione di manufatti in

legno e ai mezzi impiegati nelle fasi di trasporto.

Il trasporto su strada (11,9%) comprende le emissioni generate dalla combustione dei carburanti e ha un impatto preponderante rispetto al trasporto di passeggeri e merci (4,3% in totale). Il 60% delle emissioni provenienti dal trasporto su strada sono riferite ai passeggeri, il restante 40% alle merci.

Si evidenzia ancora che all'energia utilizzata negli edifici, sia residenziali (10,9%) che commerciali (6,6%) fanno riferimento le emissioni dovute all'energia proveniente dalla produzione di elettricità per l'illuminazione, gli elettrodomestici, preparazione di cibi e il riscaldamento degli ambienti.

Il secondo settore più impattante a livello mondiale è quello legato ad agricoltura, silvicoltura e uso del suolo (18,4%). Questo dato cresce al 25% se si considera la totalità del ciclo di produzione alimentare, che comprende le fasi di lavorazione e confezionamento, trasporto e vendita.

Il settore dei processi industriali diretti (5,2%) mostra che il 3% delle emissioni è legato alla produzione del cemento. In particolare la CO₂ viene generata come sottoprodotto chimico nella produzione del clinker, un componente del cemento. Infine il 3,2% di emissioni è determinato dal ciclo di gestione dei rifiuti.

Il *World Resources Institute*, ha aggiornato i dati sopra citati in relazione agli anni 2018, 2019 e 2020. Per l'anno 2018¹¹ le emissioni totali di CO_{2eq} corrispondono a 48,9 Gt. In particolare al settore energetico vengono attribuiti il 76,2% delle emissioni, il 14,7% al settore agricolo, il 5,9% all'industria e il 3,3% al settore dei rifiuti. Per l'anno 2019¹² le emissioni totali di CO_{2eq} sono state di 49,8 Gt. Il settore energetico ha avuto un impatto del 75,6%, il settore agricolo del 14,9%, del 6,1% il settore industriale e del 3,3% il settore dei rifiuti. Per l'anno 2020¹³ le emissioni totali di CO_{2eq} sono state di 47,5 Gt. Si osservano nel grafico i contributi dei diversi settori (Fig.2).

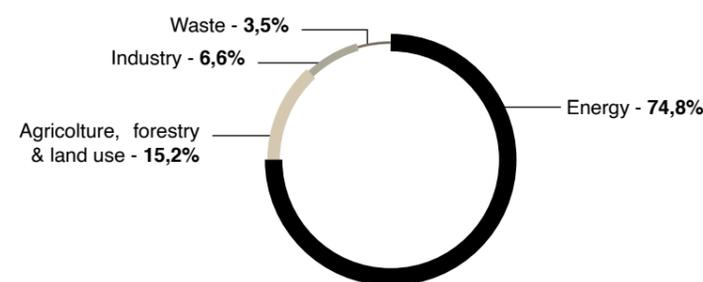
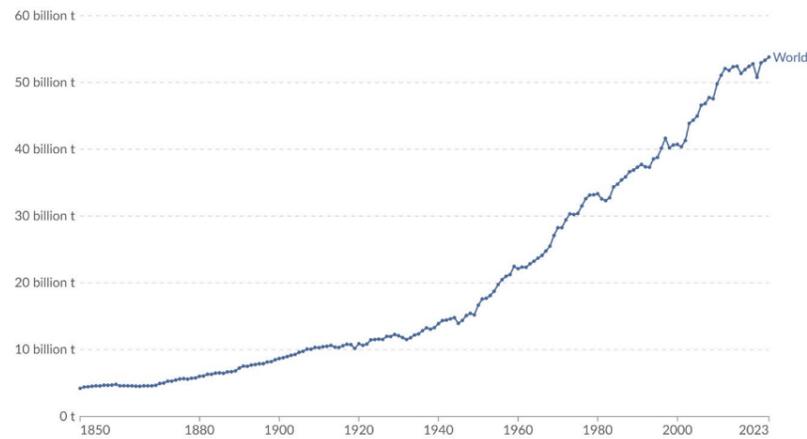


Figura 2 – Emissioni mondiali di gas serra nel 2020. Rielaborazione della data visualization del World Resources Institute, a cura dell'autrice dell'elaborato. Fonte: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2020>

I dati più recenti riferiti alle emissioni globali di gas serra per ogni settore, pubblicati da *Our World in Data* relativi all'anno 2022, indicano un ammontare totale di 53,85 Gt di CO_{2eq} (Fig.3). Dal confronto tra questi dati si osserva che nel corso di alcuni anni le emissioni per i diversi settori sono variate in minima parte, ad eccezione del settore agricolo che ha registrato una diminuzione del 3,2%. Oltre a una discesa evidente nel 2020, attribuibile alle conseguenze della pandemia da COVID-19, le emissioni mostrano un trend in aumento. Inoltre, è rimasto costante negli anni il peso relativo dei diversi settori, che vede provenire il maggiore impatto da quello energetico.

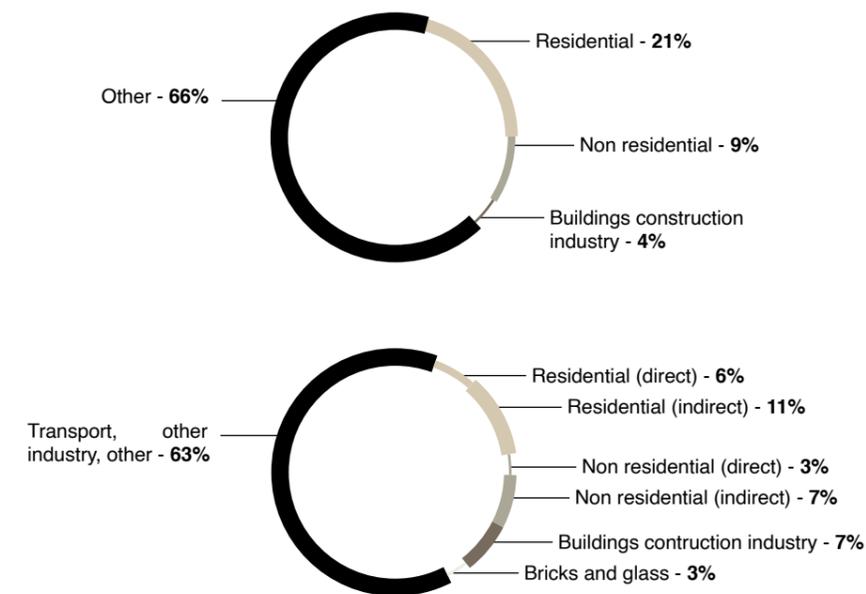


1.3 Il settore edilizio

Il *Global Status Report for Buildings and Construction*¹⁴ del 2023 (*Buildings-GSR*) è un rapporto pubblicato dal *UN Environment Program* (UNEP) e dalla *Global Alliance for Buildings and Construction* (*Global ABC*). Il rapporto ha come obiettivo la raccolta annuale dei risultati raggiunti dal settore edilizio a livello mondiale e valuta lo stato di politiche, finanza, tecnologie e soluzioni in relazione agli obiettivi di neutralità climatica imposti dall'Accordo di Parigi². Il *Buildings-GSR* 2023 afferma che il settore degli edifici è responsabile del 21% delle emissioni globali di gas serra. Nell'anno 2022, agli edifici è associata una domanda energetica del 30% legata alle esigenze di riscaldamento e raffrescamento, illuminazione, acqua calda e cottura dei cibi. Tenendo conto dell'energia utilizzata nei processi di produzione dei materiali da costruzione si raggiunge il 34%.

Il grafico (Fig.4) mostra la suddivisione della domanda energetica per settori: residenziale, non residenziale e industria delle costruzioni edili (riferito ai materiali usati nelle costruzioni: calcestruzzo, acciaio e alluminio). In relazione alle emissioni di ani-

dride carbonica legate al settore edilizio, queste nell'anno 2022 hanno raggiunto il 37% delle emissioni a livello mondiale con un ammontare di quasi 10 gigatonnellate (Gt). I dati che si osservano dal grafico (Fig.5) indicano l'impatto diretto e indiretto delle diverse tipologie di edifici (residenziali e non residenziali), dell'industria delle costruzioni edili (quali calcestruzzo, acciaio e alluminio), e altri materiali come mattoni e vetro che invece sono considerati separatamente. In riferimento ai materiali da costruzione, i dati sono relativi all'intero processo, a partire dalla preparazione della materia prima e le successive fasi per la produzione del materiale.



Dalla lettura dei grafici si deduce che la domanda energetica del settore residenziale è significativamente maggiore rispetto ai settori non residenziale e dell'industria delle costruzioni edili (13% in totale), così come le emissioni (17% residenziale, 10% non residenziale, 10% settore edilizio). Partendo da queste evidenze, che sottolineano il forte impatto del settore edilizio, e nello specifico quello residenziale, l'obiettivo di questa tesi è esplorare l'impatto effettivo dei processi di adeguamento degli edifici residenziali unifamiliari italiani, alle nuove esigenze energetiche e prestazionali evidenziandone i risultati. Per questo viene approfondito nel paragrafo successivo lo stato dell'arte del patrimonio edilizio nel contesto italiano, focus dell'elaborato.

Figure 4-5 - Quota degli edifici sul consumo energetico finale totale (in alto) e quota degli edifici sull'energia globale ed emissioni di processo (in basso) nel 2022. *Global Status Report for Buildings and Construction* (2023). Fonte: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45095/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Figura 3 – Emissioni di gas serra. Hannah Ritchie, Pablo Rosado and Max Roser (2020) - "Greenhouse gas emissions" Fonte: <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>

² Questo argomento verrà affrontato nel capitolo successivo.

1.4 Lo stato dell'arte del patrimonio edilizio italiano



Zona	GG
Zona A	GG ≤ 600
Zona B	601 ≤ GG ≤ 900
Zona C	901 ≤ GG ≤ 1400
Zona D	1401 ≤ GG ≤ 2100
Zona E	2101 ≤ GG ≤ 3000
Zona F	GG > 3000

Figura 6 – Zone climatiche del territorio nazionale. Fonte: <https://www.urbem.polimi.it/residential-single-family/> Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

L'articolo 2 del D.P.R. del 26 agosto 1993, n.142¹⁵, individua all'interno del territorio italiano sei fasce climatiche (Fig.6), in relazione ai gradi giorno (GG). Questi sono definiti come "la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera"¹⁶. Questa classificazione evidenzia l'ampia diversificazione climatica del territorio, che ostacola la definizione di soluzioni tecnologiche univoche ed uniformemente efficaci¹⁷.

La zona A è caratterizzata da un clima molto caldo, mentre la zona F è relativa ai climi montani¹⁸. La zona E risulta la più popolata, con 5.340.672 di edifici e 27.482.108 abitanti (45,53%), cui corrisponde l'incidenza maggiore dei consumi relativi al riscaldamento. La meno popolata, invece, è la zona A, di cui fanno parte solo due comuni (0,04% della popolazione residente in Italia)¹⁹.

Secondo il Report ENEA (2024) sulla consistenza del parco immobiliare nazionale, il patrimonio edilizio residenziale italiano conta 12.420.403 di edifici e 35.271.829 di unità immobiliari, di cui 9.298.410 appartengono alla categoria "residenziale mono-bifamiliare"²⁰, ovvero il 74,9% del totale residenziale. La superficie totale di tale patrimonio edilizio è pari a 3.535.892.926 m², di cui 1.347.849.624 m² relativa agli edifici mono e bifamiliari. Questi dati risultano rilevanti in relazione al contesto di ricerca di questo elaborato, dimostrando l'importanza degli interventi sulla suddetta porzione del parco edilizio. L'intero patrimonio residenziale, ha generato il 44% dei consumi finali di energia e il 26% delle emissioni dirette di gas serra (2022). A questo è attribuito il 47% dei consumi di gas fossile rispetto al totale nazionale. Questi dati sono in parte spiegati dall'età avanzata degli edifici, infatti il 55,6% del patrimonio è stato costruito prima del 1970, di cui il 25,4% prima del 1945 (Fig.7).

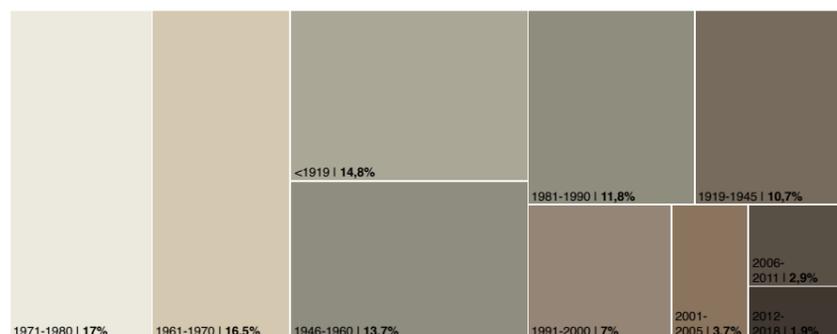


Figura 7 – Edifici residenziali per epoca di costruzione (2018). Rielaborazione Legambiente su dati STREPIN. Fonte: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/STREPIN_2020_rev_25-11-2020.pdf. Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Emerge dunque che oltre la metà del parco edilizio è stato realizzato precedentemente all'entrata in vigore della Legge n. 373 del 1976, che per la prima volta impone vincoli e obiettivi nazionali sui consumi energetici²¹.

Attraverso la raccolta degli Attestati di Prestazione Energetica (APE), è possibile comprendere la situazione del settore residenziale dal punto di vista energetico. Il SIAPE - Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica - a Settembre 2024 ha raccolto poco più di 6 milioni di APE, di cui l'87,6% (5,3 milioni), relativi ad edifici residenziali³, di cui la maggioranza (il 97%) rientra nella categoria "abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo". Il 29,6% di esse risulta in Classe G, il 23,2% in Classe F e il 16,1% in Classe E (Tab.1).

Classe Energetica	% sul totale	N° unità	% mq stimati
A4	4,1	213.032	144.971.609
A3	2,1	111.036	
A2	2,5	130.339	
A1	2,9	150.061	102.540.894
B	3,3	171.410	
C	5,3	277.349	
D	10,8	559.840	
E	16,1	836.203	569.278.761
F	23,2	1.203.424	820.327.158
G	29,6	1.538.734	1.057.231.984

Tabella 1 - Unità immobiliari residenziali per classe energetica Categoria Settembre 2024 E1(1). Fonte: <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/La-sfida-per-il-patrimonio-edilizio-italiano.pdf> Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Dunque il 69% delle abitazioni ad oggi certificate si colloca nelle tre peggiori classi energetiche con conseguenti consumi energetici, costi in bolletta ed emissioni climalteranti elevati²².

Al fine di comprendere lo stato di avanzamento della riqualificazione del patrimonio edilizio, e integrare le strategie per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione, ENEA, ISPRA ed RSE, hanno stimato il cosiddetto tasso virtuale di riqualificazione profonda, con l'obiettivo di rendere confrontabili i risultati ottenuti dalle differenti tipologie di intervento. L'indice è stato calcolato a partire dai dati di accesso agli incentivi fiscali del Bonus Casa e dell'Ecobonus 65%, e traduce il tasso di intervento reale sugli edifici (calcolato attraverso il risparmio energetico effettivo ottenuto) in un valore che rappresenta il risparmio ottenuto come il risultato di una riqualificazione profonda ipotetica. Nel periodo 2014-2018 il tasso virtuale di riqualificazione annuo è pari allo 0,26%, nel caso dell'Ecobonus 65%, quello relativo al Bonus Casa è pari allo 0,59% nel 2018. Complessivamente il valore si attesta allo 0,85%, con un risparmio energetico quantificato di 0,332 Mtep⁴/anno²³.

³ Attestati provenienti da tutte le regioni ad esclusione della Campania, il cui collegamento al SIAPE è in fase di ultimazione e previsto per quest'anno, e della Sardegna.

⁴ Milioni di tonnellate equivalenti di petrolio.

1.5 Conseguenze del cambiamento climatico e sviluppi futuri

Come evidenziato nel paragrafo precedente, la diversità climatica e territoriale è correlata con il costruito. Questo rapporto risulta ancora più centrale alla luce dei cambiamenti in atto, in quanto determinano conseguenze a livello globale e in rapida evoluzione.

Le conseguenze dei cambiamenti climatici vengono classificate dalla Commissione Europea come: conseguenze naturali, minacce sociali, per le imprese e territoriali. Sono di interesse per questo elaborato soprattutto le minacce per le imprese, in particolare le prime due categorie sotto riportate:

- Infrastrutture ed edifici
- Energia
- Agricoltura
- Silvicoltura
- Assicurazione
- Turismo

I cambiamenti climatici influiscono sulla vulnerabilità delle infrastrutture e degli edifici impattando sia l'integrità strutturale che le condizioni interne. Questi sono particolarmente rilevanti per il costruito dato l'ampio arco di vita, l'elevato costo di realizzazione e per il ruolo essenziale che svolgono nel funzionamento della società²⁴. Gli edifici di nuova costruzione e quelli preesistenti dovranno essere progettati o riprogettati con caratteristiche tali da rispondere agli eventi che possono manifestarsi, ad esempio adeguandoli ai nuovi standard costruttivi o alle attuali necessità dovute alla localizzazione geografica²⁵. Dal punto di vista energetico si prevede una riduzione della richiesta di riscaldamento invernale nel nord Europa, mentre nell'Europa meridionale la necessità di raffrescamento estivo aumenterà sensibilmente i picchi nella domanda di energia.

1.6 Il retrofit come strategia di intervento

Un approccio sempre più centrale per la riduzione dell'impatto ambientale del patrimonio esistente è rappresentato dal retrofit energetico.

Il termine *retrofitting* indica l'azione di "aggiornare retroattivamente", con l'intento di apportare dei cambiamenti ad edifici, macchinari, impianti (sostituzione di parti, aggiunta di nuovi elementi) con l'obiettivo di rispondere a nuovi requisiti normativi o mutate esigenze d'uso²⁶.

A livello europeo, la ristrutturazione profonda degli edifici è definita dalla Raccomandazione UE 2019/786 come l'insieme degli

interventi "che comportano un ammodernamento tale da ridurre il consumo energetico sia fornito che finale di un edificio di una percentuale significativa rispetto ai livelli precedenti alla ristrutturazione, conducendo ad una prestazione energetica molto elevata²⁷".

La legislazione italiana invece, definisce la ristrutturazione importante come "l'intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio che delimitano un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con un incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio²⁸".

Questa viene suddivisa in due livelli di ristrutturazione: il primo livello deve coinvolgere il rinnovamento dell'impianto termico e l'involucro edilizio, riguardando più del 50% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio. Il secondo livello si differenzia, in quanto deve interessare più del 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può riguardare modifiche all'impianto termico²⁹.

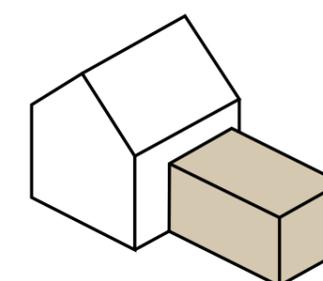
Tutti gli interventi che non sono compresi nelle categorie precedenti, e coinvolgono una superficie disperdente lorda pari o inferiore al 25%, o la sostituzione/ristrutturazione dell'impianto di climatizzazione, rientrano nell'insieme di interventi di riqualificazione energetica, migliorando le prestazioni energetiche dell'edificio, anche se in modo più circoscritto³⁰.

Le pratiche di retrofit degli edifici possono essere applicate secondo diverse strategie. Alcune delle più comuni sono (Fig.8):

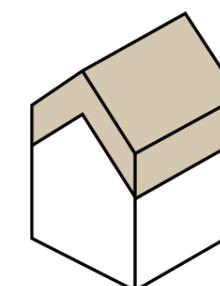
- Strategia dell'addizione, ovvero "l'associazione dall'esterno di uno o più volumi, dotati di una geometria propria e distinguibile, alla configurazione originaria di un organismo edilizio³¹". Questa strategia è quindi focalizzata sull'aggiunta di spazio e superficie utile alla preesistenza, che può manifestarsi attraverso la realizzazione di sopraelevazioni, box, logge, ballatoi, estensioni al piede dell'edificio.

- Strategia della sovrapposizione, ovvero con "l'aggiunta di nuovi strati che si sovrappongono all'esistente³²", rivestendone la sagoma originaria. La variabilità delle prestazioni richieste genera differenti livelli di intervento, che vanno dal ridisegno dei prospetti, all'applicazione di un cappotto isolante, all'installazione di facciate ventilate e all'applicazione di schermature fisse e mobili.

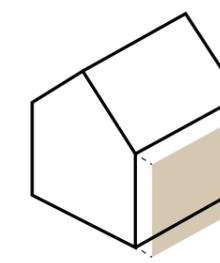
- Strategia della sostituzione e/o integrazione, "che lavora sulla sostituzione e/o l'integrazione degli elementi soggetti a degrado o ai quali possa essere attribuito il maggior livello di efficienza³³". Queste strategie operano a livello della trasformazione



ADDIZIONE



ADDIZIONE



SOVRAPPOSIZIONE

Figura 8 - Strategie di applicazione del retrofit. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

della spazialità dell'edificio e a livello prestazionale, interessando soluzioni realizzate mediante riconfigurazione interna o sulla composizione fisica dell'involucro.

- Strategia dell'inserimento, comprendente *“la realizzazione di uno o più volumi, dotati di una geometria propria e distinguibile, all'interno della configurazione originaria dell'organismo edilizio³⁴”*. Tali volumi sono caratterizzati da autonomia tecnologica e funzionale, non hanno una interazione diretta con le strutture già presenti e hanno la funzione di offrire nuove possibilità di fruizione delle stesse pur senza modificarne la natura.

Queste, seppur mantenendo caratteristiche distintive e specifiche, spesso sono applicate dai progettisti in modo combinato e declinate secondo le esigenze specifiche del progetto, le tecnologie a disposizione, le caratteristiche della preesistenza e la maggiore o minore volontà di conservazione e/o valorizzazione della stessa. Questa prospettiva trova piena applicazione all'interno dei capitoli 3 e 4, focalizzati rispettivamente sulla presentazione di casi applicativi in ambito europeo e italiano.

1.7 Considerazioni conclusive

Attraverso le argomentazioni proposte nel capitolo, emerge come il settore edilizio e residenziale siano responsabili di una quota importante di emissioni di GHG, e alla luce di quanto detto continueranno a rivestire un ruolo decisivo anche in una prospettiva futura. Inoltre, la scarsa efficienza del patrimonio, offre un'ampia potenzialità di intervento in previsione del raggiungimento degli obiettivi neutralità climatica entro il 2050, presi in esame nel capitolo successivo. In relazione al retrofit del patrimonio, in Italia il tasso di riqualificazione è stimato allo 0,85%, ancora lontano e non sufficiente al conseguimento dell'obiettivo quantificato al 2% dall'Unione Europea (paragrafo 2.2.2). Questo dato indica la necessità di azioni più rapide e concrete promosse dalle politiche pubbliche. A questo proposito, il capitolo successivo approfondirà tale quadro normativo sia a livello europeo che italiano.

Capitolo 2

Strategie e azioni per la riqualificazione edilizia

Le tematiche legate al cambiamento climatico negli anni sono diventate sempre più centrali. Ma per giungere alla consapevolezza attuale, si sono percorse alcune tappe fondamentali. Questo percorso parte dall'attenzione riferita all'ambiente umano e la necessità di garantire adeguate condizioni di vita a lungo termine. Con il tempo, il focus si è ampliato anche ad altri aspetti connessi alla qualità della vita, compreso l'ambiente costruito. A livello internazionale sono stati istituiti tavoli di confronto, che hanno contribuito a tracciare il percorso di definizione delle principali criticità e delle strategie per farvi fronte. Queste hanno portato, a livello europeo, alla definizione di politiche sempre più stringenti, che demandano agli Stati membri un crescente impegno verso il raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050.

A seguito della loro trattazione, sono state approfondite le politiche attuate in Europa per la decarbonizzazione del patrimonio edilizio, a partire dal *Green Deal* (2019), che ha previsto la strategia *Renovation Wave*, al fine di implementare il processo di riqualificazione degli edifici esistenti. A livello nazionale, il recepimento delle direttive europee, ha portato allo sviluppo di strategie di incentivazione legate sia ad interventi puntuali che di *deep retrofit*, finalizzati all'efficientamento energetico e al recupero del patrimonio, tra cui: Ecobonus 65%, Bonus ristrutturazione 50% e Superbonus 110%.

2.1 Tappe fondamentali delle politiche ambientali internazionali

Il percorso di avvicinamento alle attuali politiche ambientali, inizia idealmente nel 1972 a Stoccolma dove si è svolta la Confe-

renza dell'ONU sull'ambiente umano (*Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment*). Questo incontro, è nato dalla sempre maggiore consapevolezza e necessità di tutelare le risorse naturali per garantire uguaglianza e adeguate condizioni di vita a lungo termine³⁵. L'esito della Conferenza ha portato alla redazione di una strategia di azione, ed è stata inoltre adottata dagli Stati Membri una Dichiarazione composta di 26 principi, con l'obiettivo di sviluppare una visione comune a cui ispirarsi nella guida alla preservazione e al miglioramento dell'ambiente umano³⁶.

Nel 1988 è stato fondato l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), istituzione scientifica e intergovernativa patrocinata dall'ONU. Il Gruppo è stato creato con il fine di produrre valutazioni scientifiche inerenti al cambiamento climatico, il suo impatto e i possibili rischi, e per proporre ai decisori di governo soluzioni di prevenzione e mitigazione³⁷. Nel 1990, l'IPCC pubblica il primo report di valutazione: il FAR *Climate Change*, affermando che i GHG presenti in atmosfera per natura, si sommano alle emissioni provocate dalle attività umane³⁸. Seguono poi i rapporti: SAR *Climate Change* del 1995, TAR *Climate Change* del 2001, AR4 *Climate Change* del 2007, considerato il documento più completo mai realizzato sulla situazione climatica, in cui si stabilisce che "il surriscaldamento del sistema climatico è inequivocabile"³⁹, AR5 *Climate Change* del 2014, il quale attribuisce con certezza alle attività umane la responsabilità del riscaldamento globale, e infine AR6 *Climate Change* del 2023.

La Convenzione (UNFCCC) adottata a New York il 9 maggio 1992, e firmata nello stesso anno durante il "Summit della Terra" a Rio De Janeiro, ha come obiettivo ultimo la stabilizzazione delle concentrazioni di gas a effetto serra nell'atmosfera, al fine di escludere qualunque influenza nociva delle attività antropiche sul sistema climatico. Il trattato non specifica limiti vincolanti per le emissioni di GHG, prevedendo solo la stesura di protocolli contenenti i limiti relativi alle emissioni⁴⁰. Infatti, solo con il Protocollo di Kyoto (1997) sono state stabilite riduzioni giuridicamente vincolanti alle emissioni dei principali gas a effetto serra⁴¹. Questo documento inoltre istituisce la Conferenza delle Parti (*Conference of the Parties - COP*), come organo supremo della Convenzione che in quanto tale ha il compito di promuoverne l'attuazione e vigilare sull'applicazione della stessa e di eventuali altri strumenti adottati⁴². La Convenzione entra in vigore nel 1994.

La Conferenza delle Parti (COP) è un incontro che si svolge annualmente, e nel marzo del 1995 Berlino ospitò la prima: COP1, con l'intento di sviluppare impegni più efficaci per i Paesi indu-

strializzati, al fine di raggiungere gli obiettivi stabiliti dalla Convenzione quadro. Sulla base di questi, si costruirà il Protocollo di Kyoto nel dicembre del 1997⁴³. Quest'ultimo entrato in vigore solo nel febbraio del 2005, tratta delle emissioni di gas serra e nello specifico vincola i Paesi industrializzati e quelli in transizione verso un'economia di mercato a ridurle, e ad adottare misure di attenuazione comunicando il progredire degli esiti, essendo questi i maggiori produttori di alti livelli di GHG⁴⁴. In particolare i Paesi coinvolti "si impegnano a ridurre, per il periodo 2008-2012, il totale delle emissioni di gas ad effetto serra almeno del 5% rispetto ai livelli del 1990⁴⁵". Nel 2012 il Protocollo è stato ammesso per un periodo ulteriore dal 2013 al 2020 mediante l'Emendamento di Doha, entrato in vigore nel 2020⁴⁶.

L'Accordo di Parigi sui cambiamenti climatici, adottato nel 2015 durante la Conferenza delle Parti (COP21) ed entrato in vigore nel 2016, è un trattato giuridicamente vincolante per gli Stati Membri. Prevede una strategia di azione, con una serie di applicazioni: il mantenimento della temperatura media globale entro i 2°C superiore ai livelli preindustriali e di impegnarsi a limitarla a 1,5°C, in quanto il superamento di questa soglia potrebbe portare a effetti peggiorativi dei cambiamenti climatici, come espresso dall'IPCC nella V relazione di valutazione (2014). I Paesi coinvolti, a seguito dell'Accordo, hanno presentato dei piani nazionali, i cosiddetti "contributi determinati a livello nazionale" (NDC), i quali devono essere comunicati ogni cinque anni dai rispettivi governi, prefissando di volta in volta obiettivi di maggiore rilevanza. All'interno degli NDC le nazioni enunciano i piani di azione che intendono attuare per ridurre le emissioni di gas serra e le azioni di adattamento⁴⁷.

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Comprende 17 Obiettivi generali per lo Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals* - SDGs) interconnessi e indivisibili e che affrontano le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile: la dimensione economica, sociale ed ambientale. I 17 goals, si declinano in 169 Targets e oltre 240 indicatori, rispetto ai quali ogni Paese viene valutato dall'ONU⁴⁸. Gli Obiettivi di sviluppo sostenibile (Fig. 9) dovranno essere realizzati a livello globale da tutti i Paesi membri entro il 2030, mediante lo sviluppo di strategie nazionali che coinvolgano sia soggetti pubblici che privati⁴⁹.



Gli Obiettivi, così come riportati nell'Agenda, toccano un insieme di temi importanti. Quelli maggiormente legati agli obiettivi del presente elaborato verranno contestualmente approfonditi:

1. *"Porre fine a ogni forma di povertà nel mondo"*
2. *"Porre fine alla fame, raggiungere la sicurezza alimentare, migliorare la nutrizione e promuovere un'agricoltura sostenibile"*
3. *"Assicurare la salute e il benessere per tutti e per tutte le età"*
4. *"Fornire un'educazione di qualità, equa e inclusiva, e opportunità di apprendimento per tutti"*
5. *"Raggiungere l'uguaglianza di genere e l'empowerment (maggiore forza, autostima e consapevolezza) di tutte le donne e le ragazze"*
6. *"Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie"*
7. *"Assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni"*.

Questo obiettivo è declinato in differenti punti, tra cui: garantire l'accesso a servizi energetici convenienti, affidabili e moderni (7.1), aumentando significativamente la quota di energie rinnovabili nel consumo totale di energia (7.2) e raddoppiare entro il 2030 il tasso globale di miglioramento dell'efficienza energetica (7.3).

8. *"Incentivare una crescita economica duratura, inclusiva e sostenibile, un'occupazione piena e produttiva ed un lavoro dignitoso per tutti"*

Figura 9 – Obiettivi per lo sviluppo sostenibile, Agenda 2030. Fonte: <https://unric.org/it/agenda-2030/>

9. *“Costruire un’infrastruttura resiliente e promuovere l’innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile”*
10. *“Ridurre l’ineguaglianza all’interno di e fra Nazioni”*
11. *“Rendere la città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, duraturi e sostenibili”*

Questo obiettivo prevede una serie di elementi, tra cui: garantire a tutti l’accesso ad alloggi adeguati, sicuri e convenienti e ai servizi di base, anche attraverso la riqualificazione dei quartieri (11.1), potenziando l’urbanizzazione attraverso la capacità di pianificare e gestire in tutti i Paesi gli insediamenti umani che siano partecipativi, integrati e sostenibili. Mira a ridurre l’impatto ambientale negativo delle città, prestando attenzione alla qualità dell’aria e alla gestione dei rifiuti (11.6) e all’integrazione tra aree urbane, periurbane e rurali (11a). Inoltre, entro il 2020, pone l’obiettivo di aumentare il numero insediamenti che attuano piani tesi all’inclusione, all’efficienza delle risorse, alla mitigazione e all’adattamento ai cambiamenti climatici (11.b), costruendo edifici sostenibili e resilienti attraverso l’impiego di materiali locali (11.c).

12. *“Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo”*
13. *“Adottare misure urgenti per combattere il cambiamento climatico e le sue conseguenze”*
14. *“Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile”*
15. *“Proteggere, ripristinare e favorire un uso sostenibile dell’ecosistema terrestre, gestire sostenibilmente le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e far retrocedere il degrado del terreno, e fermare la perdita di diversità biologica”*
16. *“Promuovere società pacifiche e inclusive per uno sviluppo sostenibile, rendere disponibile l’accesso alla giustizia per tutti e creare organismi efficaci, responsabili e inclusivi a tutti i livelli”*
17. *“Rafforzare i mezzi di attuazione e rinnovare il partenariato mondiale per lo sviluppo sostenibile”⁵⁰*

A valle di questo accordo l’Italia, nel 2017 (con aggiornamento nel 2023), ha approvato la propria Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile (SNSvS), declinando così gli obiettivi dell’Agenda 2030 e rinnovando il proprio impegno per il conseguimento dei target⁵¹.

2.2 Politiche europee per l’ambiente

2.2.1. 2018 - Piani Nazionali per l’energia e il clima

I Piani Nazionali per l’Energia e il Clima (PNEC), sono gli strumenti attraverso il quale gli Stati membri descrivono le modalità con cui intendono conseguire gli obiettivi concordati in ambito energetico e climatico dell’Unione Europea per il 2030⁵². Questi sono relativi alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, a maggiori interconnessioni elettriche, al raggiungimento di una quota minima di almeno il 32% di energie rinnovabili, e un miglioramento minimo dell’efficienza energetica di almeno il 32,5%⁵³. I PNEC seguono l’impostazione definita dal Regolamento (UE) 2018/1999 sulla governance dell’Unione dell’energia e dell’azione per il clima, garantendo la possibilità di confronto europeo, sulle priorità e i risultati conseguiti. I Piani si sviluppano seguendo le cinque dimensioni stabilite dall’Unione dell’energia:

- Raggiungimento dell’efficienza energetica.
- Integrazione del mercato interno dell’energia.
- Decarbonizzazione dell’economia.
- Sicurezza energetica, solidarietà e fiducia.
- Ricerca, innovazione e competitività.

Per ognuna delle suddette dimensioni, gli Stati devono indicare gli obiettivi, le politiche e le misure per conseguire tali risultati a livello nazionale⁵⁴.

I PNEC ricoprono un arco temporale di dieci anni a partire dal 2021-2030. L’infografica (Fig.10) illustra le fasi del processo di realizzazione dei Piani Nazionali.

Figura 10 - Infografica tratto da “Piani nazionali per l’energia e il clima” Fonte: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/national-energy-and-climate-plans/#0>. Rielaborazione a cura dell’autrice dell’elaborato.



2.2.2. 2019 - Il Green Deal europeo

Durante la riunione del Consiglio Europeo, avvenuta nel dicembre 2019 a Bruxelles, è stato presentato il *Green Deal* europeo,

ovvero un pacchetto di iniziative finalizzato al raggiungimento della neutralità climatica entro il 2050, in linea con quanto previsto dall'Accordo di Parigi. Il *Green Deal* è dunque la strategia attraverso la quale si cercherà di trasformare e rendere l'UE più efficiente. Nello specifico, la Legge europea sul clima (Regolamento UE 2021/1119) rende vincolante l'obiettivo di riduzione netta delle emissioni di gas serra del 55% rispetto ai livelli del 1990, entro il 2030. Il pacchetto di proposte mira a fornire un quadro di riferimento in grado di garantire una transizione socialmente equa e mantenere la competitività dell'industria europea, sostenendo la posizione dell'UE nella lotta globale contro i cambiamenti climatici. L'obiettivo è trasformare l'Europa attraverso un nuovo modello sociale ed economico, rendendo la mobilità sostenibile a tutti i livelli e realizzando un sistema energetico più pulito attraverso le energie rinnovabili, il risparmio energetico e gli interventi di riqualificazione del costruito⁵⁵.

Come osservato nel capitolo precedente, alcune delle principali fonti di emissioni, sono la produzione e il consumo dell'energia. Nel continente europeo il 75% delle emissioni totali è da ricondurre al settore energetico. Per questo motivo diventa fondamentale abbatterle per perseguire gli obiettivi di neutralità climatica. Nel perseguimento di questi obiettivi, l'UE ha avviato un piano: *REpowerEU*, contenente azioni per velocizzare il processo di transizione energetica. Questo prevede l'indipendenza dal punto di vista energetico, promuovere lo sviluppo di energie rinnovabili producendole all'interno del continente stesso, aumentare l'efficienza energetica e implementare la connessione delle infrastrutture europee di gas ed elettricità⁵⁶. Il legame tra il settore edilizio e quello energetico è rilevante, in quanto gli edifici dell'UE rappresentano il 40% del consumo finale di energia e il 36% delle emissioni di gas a effetto serra legate all'energia. Questo dato rispecchia l'inefficienza dal punto di vista energetico del 75% del patrimonio edilizio esistente. Attraverso la Direttiva 2018/844/UE sulla prestazione energetica degli edifici (*Energy Performance Building Directive* - EPBD) sono state implementate nuove norme con standard più stringenti e un procedimento condiviso per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici. Questo al fine di migliorarle e velocizzare i processi di ristrutturazione degli edifici esistenti. In particolare gli edifici di nuova costruzione dovranno essere a emissioni zero e su tutti i nuovi edifici residenziali dovranno essere installati impianti solari dal 2030, mentre per gli edifici residenziali esistenti il consumo medio di energia dovrebbe diminuire entro lo stesso anno del 16% e del 20%-22% entro il 2035⁵⁷.

Gli Stati membri sono tenuti a sviluppare strategie di adattamento ed efficientamento energetico a lungo termine del patrimonio edilizio, incentivando anche l'impiego di tecnologie intelligenti, di automazione e controllo e l'inserimento dei punti di ricarica dei veicoli elettrici nei parcheggi degli edifici. La Direttiva prevede inoltre che venga predisposto dagli Stati membri un certificato delle prestazioni energetiche, che oltre a fornire informazioni sulla classe energetica dell'immobile indichi possibili azioni di miglioramento.

Per il perseguimento dell'efficienza energetica e della crescita economica, è stata proposta una strategia, definita *Renovation Wave* (Ondata di ristrutturazioni: edilizia verde per il futuro). In Europa viene ristrutturato ogni anno solo l'1% degli edifici, per questo l'iniziativa punta a raddoppiare questo dato entro il 2030, e di conseguenza migliorare la qualità della vita complessiva degli utenti. Questa proposta basata su elementi della EPBD, sulle strategie nazionali a lungo termine e su elementi dei PNEC, evidenzia alcuni punti di interesse:

- Contrastare il fenomeno della povertà energetica e dare priorità alla riqualificazione degli edifici con le peggiori prestazioni ricorrendo a pratiche costruttive innovative e sfruttando l'utilizzo e il riutilizzo di materiali locali⁵⁸.
- Ristrutturazione del patrimonio edilizio pubblico.
- Decarbonizzazione del riscaldamento e del raffreddamento⁵⁹, adottando soluzioni basate su fonti rinnovabili.

Questa iniziativa, l'ondata di ristrutturazioni per l'Europa prevede di ridurre del 60% le emissioni di gas a effetto serra degli edifici europei entro il 2030.

L'Unione Europea (dati del 2023) ha diminuito le emissioni di gas a effetto serra del 31% rispetto ai livelli del 1990, ma per riuscire a raggiungere gli obiettivi previsti per il 2030 (ridurre le emissioni del 55%), l'Agenzia Europea dell'Ambiente afferma che sono necessarie riduzioni più rapide. Tuttavia, i risultati ottenuti in specifici settori sono positivi. Ad esempio in relazione all'energia eolica e solare (hanno superato uno sviluppo del 28% nel 2022), nel settore edilizio e dei trasporti. Per quanto riguarda i risultati attesi, gli Stati membri a inizio 2023, hanno proposto oltre 3000 politiche per adempiere all'impegno assunto e in relazione alle misure già adottate, si ipotizza una diminuzione delle emissioni del 43% entro il 2030. In aggiunta a queste, quelle in fase di programmazione ridurrebbero le emissioni al 48%, ma questo risultato ancora non raggiunge l'obiettivo prefissato⁶⁰.

2.3 Politiche e azioni nel contesto italiano

Nel contesto italiano trovano applicazione diverse iniziative di incentivazione, che seguono le direttive e le strategie europee.

2.3.1. 2005 - Certificazione Energetica degli edifici

A seguito del recepimento della EPBD, il Governo italiano ha formulato il Decreto legislativo 192/2005 nell'ambito dell'efficiamento energetico (ultimo aggiornamento 11 giugno 2020). La certificazione energetica degli edifici è uno strumento che consente di individuare le prestazioni energetiche del patrimonio edilizio, mediante la stesura di un attestato di prestazione energetica (APE)⁶¹.

“Prestazione energetica di un edificio: quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si preveda possa essere 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, gli impianti ascensori e scale mobili. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto del livello di isolamento dell'edificio e delle caratteristiche tecniche e di installazione degli impianti tecnici”⁶².

All'art. 2 (comma 1, lettera I-bis) il Decreto definisce l'APE, ovvero un documento che certifica, oltre alla prestazione e la classe energetica, anche eventuali interventi per ottimizzare l'efficienza dell'edificio, il fabbisogno energetico, le emissioni di CO₂. L'Attestato deve essere *“redatto nel rispetto delle norme contenute nel presente decreto e rilasciato da esperti qualificati e indipendenti”⁶³*. L'aggregazione di questi dati permette di svolgere valutazioni e analisi relative al parco edilizio nazionale. Infatti l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA) e il Comitato Termotecnico Italiani (CTI), stilano un Rapporto annuale sulla certificazione energetica degli edifici⁶⁴.

2.3.2. 2007 - Ecobonus

L'Ecobonus è un incentivo fiscale relativo agli interventi di efficientamento energetico degli edifici. È stato avviato dalla Legge n. 296 del 26 dicembre 2006 (Legge finanziaria 2007). Attualmente è disciplinato dal Decreto Legge n. 63 del 4 giugno 2013, all'art. 14. È possibile usufruire dell'agevolazione solo nel caso in cui gli interventi vengano attuati su edifici esistenti (o parti di essi), censiti o in attesa di accatastamento, a prescindere dalla categoria catastale di appartenenza. L'incentivo è applicato sotto forma di detrazione dall'IRPEF o dall'IRES delle spese sostenute per l'intervento. L'entità dell'incentivo dipende dalla tipologia

dell'immobile in cui si effettua l'intervento (singolo edificio, condominio) e dall'anno in cui viene svolto. Il limite massimo per poter richiedere l'agevolazione è il 31 dicembre 2024, e viene equidistribuita in dieci rate annuali. Generalmente la detrazione applicata è del 65% oppure è del 50% delle spese sostenute⁶⁵. Rientrano in quest'ultima:

“interventi di acquisto e posa in opera di finestre comprensive di infissi, di schermature solari e di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione con efficienza almeno pari alla classe A [...]” e le spese sostenute per “l'acquisto e la posa in opera di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili”⁶⁶.

Agli interventi condominiali (parti comuni o unità ad esso appartenenti) si applicano misure differenti. Ad esempio, si può fruire di incentivi maggiorati al 70% o al 75% al raggiungimento di specifici indici di prestazione energetica, calcolati su un importo totale di massimo 40.000 € per ogni unità immobiliare del condominio. Se si effettuano interventi integrati di efficientamento energetico e riduzione del rischio sismico, sulle parti comuni di un condominio collocato all'interno delle zone sismiche 1, 2, 3, il beneficio è dell'80% se il rischio viene ridotto di una classe. Se invece la riduzione è di due classi di rischio allora il beneficio sarà dell'85%. In queste ultime due casistiche, la detrazione deve essere calcolata su un importo massimo di 136.000 € per ogni unità immobiliare dell'edificio⁶⁷.

Nel tempo la misura ha subito varie modifiche che hanno riguardato la tipologia degli interventi ammessi, il numero di anni su cui ripartire la detrazione, l'aliquota di detrazione che è variata anche per tipologia di intervento. La maggior parte degli interventi eseguiti è relativa alla sostituzione degli infissi e la sostituzione dei generatori di calore con altri a più alta efficienza (caldaie a condensazione e pompe di calore).

A partire dall'attivazione dell'Ecobonus (2007) ENEA monitora la misura attraverso la raccolta di dati relativi all'immobile, dati tecnici e degli interventi eseguiti.

Dall'entrata in vigore del Decreto Rilancio (D.L. 34/2020), per le spese sostenute per gli interventi di Ecobonus è stato possibile optare per la cessione del credito o per lo sconto in fattura. Questa possibilità è attualmente cessata, ad eccezione di alcuni casi specifici, a seguito dell'emanazione del Decreto Blocca Cessioni (D.L. 16 Febbraio 2023 n.11)⁶⁸.

2.3.3. 2011 Bonus ristrutturazione 50%

Il Bonus ristrutturazione è una agevolazione fiscale finalizzata agli interventi di recupero del patrimonio edilizio. È disciplinata dall'art 16-bis del D.P.R. 917/86 (Testo unico delle imposte sui redditi - TUIR), introdotto dal D.L. del 6 dicembre 2011, n.201. Questo prevede una detrazione dall'IRPEF del 36% delle spese sostenute dai contribuenti che detengono l'immobile oggetto di intervento, con un limite massimo di 48.000 € per unità immobiliare. Per effetto dell'art. 11 del D.L. del 22 giugno 2012, la detrazione dell'imposta lorda è aumentata al 50%, con un limite di spesa massimo di 96.000 € per unità immobiliare, per le spese sostenute a partire dal 26 giugno 2012 fino al 31 dicembre 2024. È possibile accedere all'agevolazione attraverso la detrazione dall'IRPEF di 10 quote annuali di importo equivalente, sconto in fattura sul corrispettivo dovuto e cessione del credito d'imposta. Per effetto del D.L. 11/2023, dal 17 febbraio 2023 non è più possibile usufruire dello sconto in fattura e della cessione del credito d'imposta.

A partire dal 1° gennaio 2025, le detrazioni variano in relazione all'anno di riferimento e alla destinazione dell'immobile.

Abitazioni principali:

- 2025 - detrazione del 50% su importo di spesa massimo di 96.000 €
- 2026/2027 - detrazione del 36% su importo di spesa massimo di 96.000 €

Altre abitazioni:

- 2025 – detrazione del 36% su importo di spesa massimo di 96.000 €
- 2026/2027 - detrazione del 30% su importo di spesa massimo di 96.000 €⁶⁹

Gli interventi edilizi che danno diritto al Bonus ristrutturazione sono indicati alle lettere b) c) e d) dell'art. 3 del D.P.R. n. 380/2001⁷⁰, e riguardano interventi di:

- manutenzione straordinaria: opere e modifiche per il rinnovamento e la sostituzione di parti anche strutturali, purché non alterino la volumetria complessiva e non comportino incremento del carico urbanistico;
- restauro e risanamento conservativo: opere volte a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la

- funzionalità ristrutturazione edilizia: opere che possono trasformare l'organismo edilizio in tutto o in parte⁷¹.

2.3.4. 2017 - Sismabonus

Il Sismabonus è stato introdotto in continuità con il bonus ristrutturazione 50%, e si applica agli interventi antisismici già compresi nell'art.16-bis del D.L. 63/2013⁷².

L' 1 gennaio 2017 è stata introdotta una nuova detrazione relativa alle spese sostenute per i lavori di adattamento sismico. Il beneficio è applicabile a tutte le tipologie di immobili collocati nelle zone sismiche 1, 2, 3. È prevista una detrazione del 50% estesa anche alle spese di classificazione e verifica sismica dell'edificio. Il beneficio è calcolato su un importo massimo di 96.000 € per unità immobiliare, e viene equidistribuito in cinque rate annuali. Nel caso in cui dall'intervento derivi una riduzione della classe sismica, l'agevolazione prevista per le spese sostenute è del 70% (una classe di rischio) o dell'80% (due classi di rischio). Rispetto agli edifici condominiali è previsto il medesimo approccio, ma con differenti percentuali di detrazioni: 75% nel caso di riduzione di una classe del rischio sismico, dell'85% se la riduzione è di due classi. Il calcolo del beneficio viene svolto su un importo massimo di 96.000 € per ogni unità abitativa dell'edificio⁷³.

2.3.5. 2019 - Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC)

Il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030 è lo strumento di applicazione di quanto richiesto dal Regolamento della governance agli Stati membri, che guida lo Stato italiano verso la decarbonizzazione⁷⁴. Il Piano si sviluppa seguendo le cinque dimensioni dell'Unione dell'energia, già trattate in precedenza all'interno dell'elaborato, il cui obiettivo è fondare una politica energetica basata sulla sostenibilità della dimensione ambientale, sociale ed economica che conduca la transizione a livello nazionale⁷⁵.

2.3.6. 2020 - Superbonus 110%

Il Superbonus è disciplinato dall'art.119 del D.L. n.34/2020 (c.d. Decreto Rilancio). È un'agevolazione fiscale, che consta di una detrazione pari al 110% delle spese sostenute per interventi legati all'efficientamento energetico, al consolidamento statico, all'adeguamento sismico. Il Superbonus può essere richiesto per svolgere interventi definiti "trainanti", ovvero:

- Isolamento termico degli involucri.
- Sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale sugli edifici unifamiliari o sulle unità immobiliari di edifici plurifamiliari indipendenti.
- Interventi antisismici.

Rientrano nell'agevolazione anche gli interventi definiti "trainati", eseguiti in associazione ad almeno uno di quelli trainanti. Tra cui:

- Efficientamento energetico.
- Installazione di impianti solari fotovoltaici e sistemi di accumulo.
- Installazione di punti di ricarica per i veicoli elettrici.
- Interventi di eliminazione delle barriere architettoniche.

Il Superbonus è stato prorogato con la Legge di bilancio 2022, e per i condomini e le persone fisiche prevede:

- Detrazione del 110% per le spese sostenute fino al 31 dicembre 2023.
- Detrazione del 70% per le spese sostenute nell'anno 2024.
- Detrazione del 65% per le spese sostenute nell'anno 2025.

Per gli interventi svolti da persone fisiche su edifici unifamiliari spetta una detrazione del 110% delle spese sostenute fino al 31 dicembre 2022, purché siano svolti almeno il 30% dei lavori entro settembre 2022.

Per gli interventi svolti dagli enti a finalità sociale su immobili di edilizia residenziale pubblica, spetta una detrazione del 110% delle spese sostenute fino al 31 dicembre 2023, purché siano stati effettuati almeno il 60% dei lavori entro giugno 2023. Il beneficio è distribuito su quattro rate annuali di eguale importo⁷⁶.

È possibile accedere alla detrazione in due modalità alternative all'uso diretto: lo sconto in fattura, ovvero uno sconto applicato dal fornitore di beni o servizi come contributo anticipato⁷⁷ e la cessione del credito, ovvero un accordo secondo il quale un creditore cede il suo diritto al credito d'imposta (credito verso lo Stato con cui si possono compensare i debiti o ridurre le imposte dovute) a un soggetto terzo⁷⁸, che può essere:

- Un fornitore di beni e servizi necessari alla realizzazione degli interventi
- Altro soggetto: persone fisiche, società ed enti

- Istituto di credito e intermediari finanziari⁷⁹

Le suddette alternative consentono di agevolare chi non ha liquidità o non ha capienza fiscale sufficiente per ristrutturare la propria abitazione. In caso di incapienza infatti nella dichiarazione dei redditi non si possono detrarre spese, ad esempio perché sono superiori all'IRPEF lorda o perché l'imponibile è così basso da non essere tassabile⁸⁰.

Il Decreto Legge del 16 febbraio 2023, n.11 (noto come Decreto Blocca Cessioni) convertito in Legge 11 aprile 2023, n.38, ha apportato modifiche alla disciplina della cessione del credito e dello sconto in fattura (art. 121 del D.L. 19 maggio 2020, n. 34). Nello specifico sancisce il divieto di esercizio dell'opzione per il cosiddetto sconto in fattura o per la cessione del credito d'imposta per gli interventi al comma 2 dell'art. 121, eccetto casi specifici⁸¹.

2.3.7. 2020 - Bonus facciate

Il Bonus facciate è un'agevolazione fiscale legata alle spese sostenute per gli interventi di riqualificazione della facciata esterna degli edifici esistenti. Sono oggetto di agevolazione i lavori:

- Di sola pulitura o tinteggiatura esterna delle strutture opache della facciata.
- Su balconi, ornamenti o fregi, inclusi quelli di sola pulitura o tinteggiatura.
- Sulle strutture opache verticali della facciata che influiscono dal punto di vista termico o che interessino oltre il 10% dell'intonaco della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio⁸². In questo caso specifico i lavori devono sottostare ai requisiti minimi dettati dal Decreto interministeriale del 26 giugno 2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici⁸³".

L'agevolazione riguarda tutti gli interventi sull'intero involucro esterno dell'edificio. La detrazione è del 90% delle spese sostenute negli anni 2020 e 2021, ed è stata prorogata fino a dicembre 2022 mediante la Legge n. 234/2021, (Legge di Bilancio 2022), con la riduzione della detrazione al 60%. Possono accedere al Bonus gli edifici esistenti collocati nelle zone A e B, così definite:

"Zona A: comprende le parti del territorio interessate da agglomerati urbani che rivestono carattere storico, artistico o di particolare pregio ambientale o da porzioni di essi, comprese le aree

circostanti, che possono considerarsi parte integrante, per tali caratteristiche, degli agglomerati stessi⁸⁴”.

“Zona B: include le parti del territorio totalmente o parzialmente edificate, diverse dalle zone A. In particolare, si considerano parzialmente edificate le zone in cui la superficie coperta degli edifici esistenti non sia inferiore al 12,5% (un ottavo) della superficie fondiaria della zona e nelle quali la densità territoriale sia superiore a 1,5 mc/mq⁸⁵”.

La detrazione è suddivisa in dieci rate annuali di eguale importo. Il bonus facciate non prevede limiti massimi di spesa o detrazione. Anche in questo caso, chi si avvale della detrazione ha la possibilità di scegliere tra le alternative all’usufrutto diretto dell’incentivo, ovvero: lo sconto in fattura, pari alla detrazione dall’imposta lorda spettante per gli interventi di recupero o restauro della facciata di edifici esistenti e può arrivare fino a un importo massimo pari al corrispettivo dovuto; può essere anche di importo inferiore rispetto al valore nominale della detrazione fiscale. Oppure la cessione del credito⁸⁶.

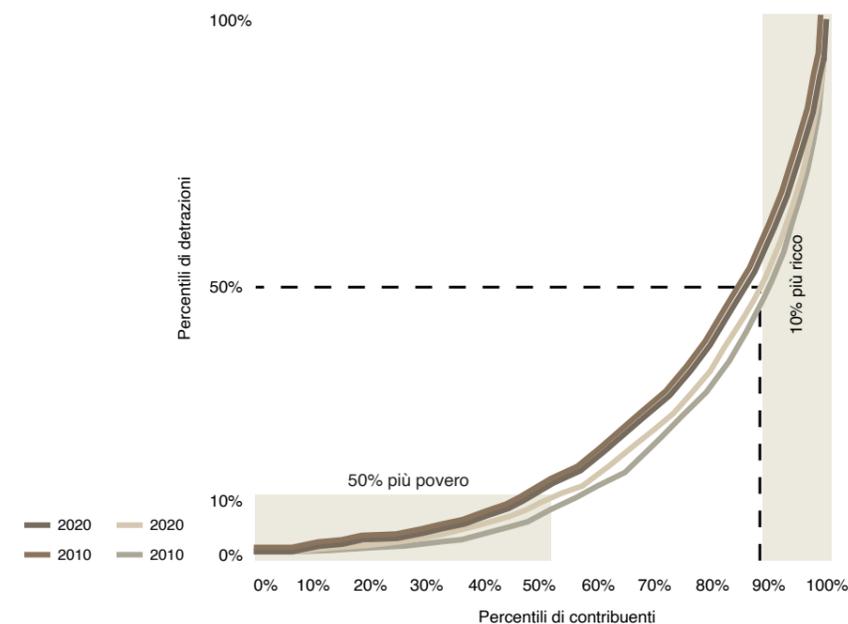
La possibilità di optare per la cessione del credito o per lo sconto in fattura riguarda tutti i potenziali beneficiari della detrazione, compresi coloro che, in concreto, non potrebbero fruirne in quanto non sono tenuti al versamento dell’imposta⁸⁷.

2.4 Considerazioni conclusive

In un contesto di crescente consapevolezza ambientale e di ricerca della qualità dell’abitare, di risparmi energetici, la riqualificazione del parco edilizio è una delle sfide prioritarie cui far fronte nel percorso verso la decarbonizzazione. In questa situazione gli incentivi fiscali promossi dal Governo italiano, rappresentano una risorsa tangibile nel perseguimento degli obiettivi prefissati, ma hanno anche generato un forte impatto nel rilancio del settore delle costruzioni, dal punto di vista economico, stimolando il mercato anche nelle industrie correlate quali produzione di materiali e tecnologie sostenibili.

L’adozione degli incentivi fiscali ha mostrato alcune evidenze. L’Ufficio Parlamentare di Bilancio (UPB) ha svolto una analisi della distribuzione dei bonus ristrutturazioni e ecobonus fino al 2020, rispetto al reddito della popolazione. È emerso che hanno beneficiato di queste agevolazioni principalmente i contribuenti con un patrimonio immobiliare e un alto reddito, e che dispongono di una maggiore capacità fiscale, potendo sottrarre le detrazioni dal debito di imposta. La metà dell’ammontare totale delle detrazioni è infatti fruito da poco più del 10% “più ricco” dei con-

tribuenti (Fig.11)⁸⁸. La restante parte è stata usufruita dal 90% della popolazione. In particolare, la parte più povera ha usufruito solo del 10% di tutto l’ammontare delle detrazioni.



L’UPB nell’analisi del Superbonus 110%, evidenzia che le alternative alla detrazione diretta, ovvero lo sconto in fattura e la cessione del credito, consentono anche ai contribuenti con una limitata disponibilità economica per il finanziamento dei lavori e con un reddito imponibile non sufficientemente elevato (incapienza fiscale), di usufruire della detrazione. Queste alternative hanno reso più accessibile ai cittadini la possibilità di ottenere gli incentivi e quindi di aumentare il tasso di riqualificazione degli edifici. Da un punto di vista quantitativo, il Report dell’ENEA sul Superbonus 110% del 30 Settembre 2024, riporta che 496.155 edifici hanno usufruito della detrazione per un totale di circa 116 miliardi di euro di investimenti ammessi a detrazione. Di questi, 244.803 sono edifici unifamiliari, il cui totale di investimenti ammessi a detrazione è di quasi 28 miliardi di euro⁸⁹. Considerando che il totale degli edifici interessati, che include condomini e unità immobiliari funzionalmente indipendenti, è circa 251 mila, l’ammontare di edifici unifamiliari rappresenta quasi la metà degli interventi totali oggetto di Superbonus 110%.

Figura 11 – Utilizzo dei bonus edilizi senza possibilità di cessione del credito, ANCE. Fonte: https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/20230725_Il_futuro_del_superbonus.pdf
Rielaborazione a cura dell’autrice dell’elaborato.

Capitolo 3

Esempi applicativi di retrofit nel contesto europeo

A seguito della definizione degli obiettivi europei di decarbonizzazione del patrimonio edilizio, e nello specifico di quello unifamiliare, illustrati nel precedente capitolo, verranno descritti diversi casi applicativi realizzati sul territorio europeo, con l'obiettivo di analizzare approcci, strategie e strumenti adottati nei processi di riqualificazione. Per costruire una panoramica di casi studio confrontabili con gli esempi individuati nel contesto italiano (presentati nel capitolo successivo), i criteri alla base della ricerca sono stati: anno di costruzione compreso tra il 1950 e il 1970, riconoscimento di standard costruttivi e riqualificazione effettuata attraverso iniziative pubbliche di incentivazione. Data la difficoltà nel reperimento di progetti in linea con i suddetti criteri, si è deciso di includere nella ricerca anche edifici unifamiliari che corrispondessero ad almeno uno dei criteri di interesse. La ricerca ha portato all'individuazione di 8 casi studio, collocati in Francia, Paesi Bassi, Regno Unito e Portogallo. (Fig.12)

Gli interventi descritti mostrano che a partire da un obiettivo comune, la riqualificazione del costruito, si adottano a seconda del caso specifico, approcci architettonici contestuali, standard costruttivi avanzati (*Passivhaus*) o programmi strutturati su scala nazionale (*MaPrimeRénov'* e *Energiesprong*). Seppure inseriti in contesti differenti, i casi studio hanno affrontato alcune sfide progettuali comuni, legate alla riduzione dei consumi e dell'impatto ambientale, a vincoli paesaggistici, costruttivi e di contesto. Questi esempi offrono ulteriori spunti per la valutazione critica delle diverse modalità operative europee nel campo della riqualificazione edilizia.



Oud-Vossemeer, Paesi Bassi - 2015



Nieuw Buinen, Paesi Bassi - 2018



Churchill, Regno Unito
Corner View House - 2021



Harpenden, Regno Unito,
Harpenden EnerPHit Plus - 2021



Oliveira Do Douro, Portogallo,
Olidouro House - 2021



Bron - Lione, Francia



Bron - Lione, Francia



Saint-Andéol, Francia
Saint-Andéol House - 2023

Figura 12 - Panoramica dei casi studio europei selezionati. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

3.1. *MaPrimeRénov'* in Francia

Il programma *MaPrimeRénov'* promosso dal 1° gennaio 2020, sostituisce il credito d'imposta per la transizione energetica (CITE) e gli aiuti dell'Agenzia nazionale per l'edilizia abitativa (ANAH) "*Habiter mieux agilité*" e "*Habiter mieux sérénité*". *MaPrimeRénov'* è un incentivo statale che consente il finanziamento degli interventi di ristrutturazione energetica su larga scala, con un guadagno di almeno 2 classi di consumo, nell'ambito di un processo assistito. Possono usufruirne i proprietari-occupanti di abitazioni principali (in uso per almeno 8 mesi all'anno), i locatori di alloggi costruiti da almeno 15 anni, e comproprietari purché tutte le parti coinvolte abbiano firmato una dichiarazione che designa il richiedente ad eseguire i lavori in nome della comproprietà. Si può usufruire dell'incentivo indipendentemente dall'etichetta energetica dell'alloggio e dal reddito familiare⁹⁰.

L'assistenza di *MaPrimeRénov'* è disponibile in tre modalità:

1. *MaPrimeRénov'*: è l'incentivo principale volto a sostenere la realizzazione di uno o più interventi di efficientamento⁹¹.
2. *MaPrimeRénov' Parcours accompagné*: è per le opere di ristrutturazione importanti e prevede un finanziamento fino a 63.000 euro, senza condizioni di reddito⁹².
3. *MaPrimeRénov' Copropriété*: per la ristrutturazione delle parti comuni in comproprietà e per interventi di interesse collettivo in aree private.

Verranno approfondite le modalità 1 e 2, poiché interessano direttamente il tema degli edifici unifamiliari. Per poter usufruire dell'incentivo *MaPrimeRénov'* (1) è necessario soddisfare alcune condizioni:

- Livello di reddito: l'importo concesso dipende dalla fascia di reddito del nucleo familiare. Nelle tabelle di seguito sono riportati i valori massimi di reddito per le diverse categorie in relazione al numero di componenti del nucleo familiare, rispettivamente per la regione dell'*Ile-de-France* (Tab.2) e per le regioni al di fuori dell'*Ile-de-France* e territori d'Oltremare (Tab.3).

Componenti del nucleo familiare	Famiglie a reddito molto basso	Famiglie a basso reddito	Famiglie a reddito medio	Famiglie a reddito più elevato
1	€ 23.768	€ 28.933	€ 40.018	> € 40.018
2	€ 34.884	€ 42.463	€ 58.827	> € 58.827
3	€ 41.893	€ 51.000	€ 70.382	> € 70.382
4	€ 48.914	€ 59.549	€ 82.839	> € 82.839
5	€ 55.961	€ 68.123	€ 94.844	> € 94.844
per persona in più	+ € 7.038	+ € 8.568	+ € 12.006	+ € 12.006

Componenti del nucleo familiare	Famiglie a reddito molto basso	Famiglie a basso reddito	Famiglie a reddito medio	Famiglie a reddito più elevato
1	€ 17.173	€ 22.015	€ 30.549	> € 30.549
2	€ 25.115	€ 32.197	€ 44.907	> € 44.907
3	€ 30.206	€ 38.719	€ 54.071	> € 54.071
4	€ 35.285	€ 45.234	€ 63.235	> € 63.235
5	€ 40.338	€ 51.775	€ 72.400	> € 72.400
per persona in più	+ € 5.094	+ € 6.525	+ € 9.165	+ € 9.165

- Stesura di una diagnosi di prestazione energetica (DPE): per la Francia metropolitana l'obbligo di fornire una DPE è stato revocato fino al 31 dicembre 2025. Dunque a partire dal 1° gennaio 2026 diventerà obbligatorio effettuare una DPE oppure una diagnosi energetica dell'abitazione, prima di eseguire i lavori. Questo obbligo non riguarda invece le abitazioni dei territori d'Oltremare. Il DPE è uno strumento che fornisce informazioni sulla prestazione energetica di una casa o di un edificio, e valuta il consumo energetico e il suo impatto in termini di emissioni di gas serra.
- Selezione di un professionista approvato RGE⁵: è obbligatorio avvalersi di un professionista abilitato e riconosciuto come garante ambientale per la realizzazione degli interventi. In alcuni casi specifici, quali il collegamento ad una rete di riscaldamento e/o raffreddamento e la protezione di vetrate o di pareti opache dalla radiazione solare sono esonerate dall'obbligo di avvalersi di un professionista RGE nei territori d'Oltremare.
- Richiesta di sovvenzione prima dell'inizio dei lavori.
- Idoneità dell'alloggio: deve essere occupato come abitazione principale (di proprietà o in locazione) per almeno otto mesi all'anno; oppure costruito da almeno 15 anni nella Francia metropolitana o da due anni all'estero.

Tabella 2 - Limiti delle risorse in Ile-de-France dal 1° gennaio 2025. Fonte: https://www.economie.gouv.fr/particuliers/prime-renovation-energetique#maprimer-nov-qu-est-ce-que-c-est_0
Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Tabella 3 - Tetti di risorse al di fuori dell'Ile-de-France e all'estero a partire dal 1° gennaio 2024. Fonte: https://www.economie.gouv.fr/particuliers/prime-renovation-energetique#maprimer-nov-qu-est-ce-que-c-est_0
Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

⁵ RGE sta per "reconnu garant environnemental".

1.1 Il cambiamento climatico

Il Programma *MaPrimeRénov'* prevede diverse tipologie di interventi: riscaldamento e acqua calda sanitaria, isolamento termico e ventilazione. L'importo previsto varia a seconda dell'intervento specifico da realizzare, dalla categoria di reddito di appartenenza e se l'edificio è collocato nella Francia metropolitana o d'Oltremare. Ad esempio, per lavori legati al riscaldamento e acqua calda sanitaria viene concesso un aiuto forfettario, che per la categoria di reddito più bassa è compreso tra 1.200 e 18.000 euro, mentre per la fascia di reddito media è compreso tra 400 e 18.000 euro. Dunque è previsto un tetto massimo, ma variano gli importi minimi a seconda della fascia di reddito.

Una volta ultimati i lavori, deve essere caricata la fattura nel sistema per richiedere il pagamento del bonus. Per la fascia di reddito più bassa è possibile richiedere un anticipo del 50% sull'importo stimato. Infine l'aiuto finanziario viene pagato in un'unica rata tramite bonifico bancario⁹³.

Per usufruire del secondo programma *MaPrimeRénov' Parcours accompagné (2)*, devono essere rispettati alcuni criteri:

- Gli interventi previsti devono consentire di acquisire almeno due classi energetiche dell'abitazione (ad esempio da F a D).
- È richiesto di includere nel programma di lavoro due misure di isolamento (tetto, finestre, pavimenti o pareti).
- Il progetto non deve includere l'installazione di un riscaldamento alimentato principalmente da combustibili fossili.
- È vietato far funzionare una stufa a petrolio o carbone.
- Le attrezzature e i materiali ammissibili devono soddisfare determinati criteri tecnici.
- I lavori eseguiti devono corrispondere alla diagnosi energetica effettuata prima dei lavori.

Il bonus è calcolato sull'importo, al netto delle tasse, del lavoro ammissibile. Tale importo non tiene conto di sconti o ribassi offerti dalle aziende. A questo può essere applicato un bonus del 10% se la casa possiede una classe energetica F o G, e gli interventi previsti consentono di raggiungere almeno la classe D.

La tabella di seguito riporta gli importi del bonus per l'anno 2024 in relazione al lavoro svolto e al reddito (Tab.4)⁶.

Al termine dei lavori è necessario presentare le fatture e i documenti per ricevere il bonus, che verrà emesso in un'unica rata tramite bonifico bancario⁹⁴.

	Limiti di spesa ammissibili	Famiglie a reddito molto basso	Famiglie a basso reddito	Famiglie a reddito medio	Famiglie a reddito più elevato
Guadagno di 2 classi	€ 40.000	80% (tasse escluse)	60% (tasse escluse)	45% (tasse escluse)	30% (tasse escluse)
Guadagno di 3 classi	€ 55.000			50% (tasse escluse)	35% (tasse escluse)
Guadagno di 4 classi	€ 70.000				
Uscita del filtro energetico bonus			+ 10%		
Limite (tasse incluse)		100%	80%	60%	40%

Il programma può essere definito come un processo assistito, poiché fin dalle fasi iniziali è necessario individuare e contattare un esperto attraverso la piattaforma dedicata. Con la consulenza dell'esperto è possibile definire la soluzione più adeguata al caso specifico. Mediante la stessa piattaforma è possibile avere una panoramica degli interventi previsti dal programma, con spiegazioni dettagliate per ognuno di essi, scegliendo la tipologia di abitazione e l'esigenza.

3.2 Energiesprong nei Paesi Bassi

"*Energiesprong*" è una associazione nata da un precedente programma di innovazione del Governo olandese, così denominato, che ha l'obiettivo di riqualificare il patrimonio immobiliare e renderlo a zero emissioni di CO₂ (*Net Zero Energy*). Nel 2013 la rete *Energiesprong* ha mediato un accordo tra appaltatori edili e associazioni per l'edilizia abitativa per realizzare un progetto di ristrutturazione di 111.000 case. Questo accordo ha portato allo sviluppo di una iniziativa di mercato. Gli obiettivi di questa rete sono di ridurre i costi di ristrutturazione NZE, promuovere e favorire la crescita di questo modello nel mercato immobiliare. La rete *Energiesprong* è nota nei Paesi Bassi come *Stroomversnelling*⁹⁵.

Energiesprong propone un approccio innovativo che migliora la riqualificazione coniugando nuovi processi (digitalizzazione, approcci lean e industrializzazione con tecnologie costruttive off-site) con nuovi modelli di sostenibilità economico-finanziaria basata sul concetto di *Total Cost of Ownership* e sulla garanzia delle prestazioni a lungo termine. I progetti hanno la finalità di trasformare gli edifici energivori in edifici decarbonizzati, in linea con gli obiettivi energetici ed ambientali attuali. Questo mediante interventi sicuri sia per i lavoratori che per gli utenti, scalabili perché standardizzati grazie all'uso di processi e tecnologie off-site, e meno invasivi, con durata dei cantieri brevi, più puliti, silenziosi e senza uso di ponteggi⁹⁶.

L'approccio innovativo adottato è basato su una ridefinizione dell'intero processo edilizio (Fig.13), che prevede l'assegnazione di ampie risorse alla fase di progettazione con una corrispondente riduzione delle attività e dei tempi di cantiere. L'obiettivo

Tabella 4 - Importo degli aiuti di cui si può beneficiare nel 2024 a seconda del lavoro svolto e del reddito. Ri-elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

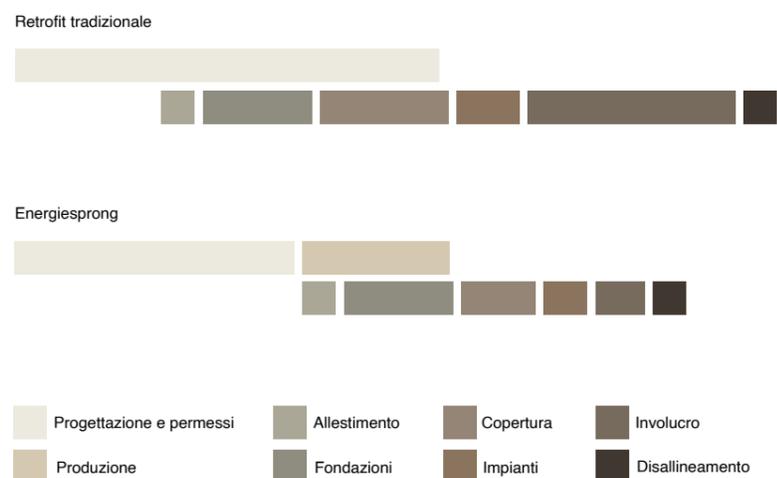
⁶ Dal 1 ° gennaio 2025, i tassi di limitazione degli aiuti cambieranno per le famiglie a reddito medio e alto: il tasso sarà dell'80% per le famiglie a reddito medio rispetto al 60% nel 2024 e al 50% per le famiglie con redditi più alti al 40% nel 2024.



Figura 13 – Rappresentazione del processo edilizio secondo l'approccio Energiesprong. Fonte: <https://www.energiesprong.it/il-processo/>

è ottimizzare i risultati dal punto di vista architettonico, strutturale ed energetico, tenendo in considerazione l'intero ciclo di vita dell'edificio. Questo viene fatto sia utilizzando materiali circolari e considerando in fase di progettazione anche un possibile disassemblaggio e riutilizzo. Segue a questa fase la realizzazione e integrazione delle componenti prefabbricate, quali facciate isolanti ad alte prestazioni, nuovi sistemi di riscaldamento e raffrescamento intelligenti e tetti isolati dotati di pannelli solari. Le componenti vengono trasportate in cantiere e assemblate senza l'utilizzo di ponteggi. Le case, raggiungono standard energetici molto elevati, sono alimentate a energia elettrica e possono produrre quasi tutto il proprio fabbisogno energetico⁹⁷.

Come detto, a una fase di progettazione approfondita corrisponde una riduzione dei tempi di cantiere, questo perché la fase di produzione dei componenti avviene off-site, consentendo di svolgere contemporaneamente altre attività (ad esempio il consolidamento delle fondazioni), e di terminare il processo con il solo assemblaggio dei componenti e ultimazione delle finiture. In particolare lo schema mette a confronto i tempi derivanti dall'applicazione dell'approccio tradizionale al retrofit rispetto all'approccio adottato da *Energiesprong* (Fig.14)⁹⁸.



Energiesprong dichiara una riduzione dei costi di intervento tra il 20-30%, che può raggiungere il 40% se applicato su progetti di replica su larga scala⁹⁹.

Figura 14 – Tempi del processo tradizionale vs Energiesprong. Fonte: <https://www.energiesprong.it/il-processo/tempi-e-costi-dintervento/>
Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

3.3. Esempi applicativi in Francia

3.3.1. Riqualificazione energetica di una casa unifamiliare a Bron

Il primo caso studio francese riguarda una casa unifamiliare situata a Bron, nell'area metropolitana di Lione, costruita nel 1955 (Figg.15-16). L'edificio è stato oggetto di un intervento di riqualificazione energetica che ha interessato in modo integrato sia l'involucro edilizio sia gli impianti, con l'obiettivo di migliorare le prestazioni energetiche e ridurre l'impatto ambientale¹⁰⁰.

Dal punto di vista costruttivo, i lavori hanno previsto l'isolamento delle pareti esterne mediante pannelli in polistirene, l'isolamento del soffitto e dei sottotetti con ovatta di cellulosa, al fine di ridurre le dispersioni termiche verso l'alto. L'installazione di un nuovo sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC) a singolo flusso con controllo dell'umidità, ha sostituito l'impianto esistente. Inoltre, in relazione all'impianto termico, è stata installata una pompa di calore aria/acqua utilizzata esclusivamente per il riscaldamento, che ha sostituito la precedente caldaia a gas, e uno scaldabagno termodinamico per la produzione di acqua calda sanitaria.

L'intervento ha determinato un incremento di tre classi nella Diagnosi di Prestazione Energetica (DPE), passando dalla classe E alla classe B (corrispondente alla classe B in Italia). Anche le emissioni di gas serra (GES) hanno subito una riduzione, con il passaggio dalla classe E alla A. Il consumo energetico annuo dell'abitazione si è ridotto da 253 kWh/m² a 67 kWh/m², registrando una diminuzione pari al 74% del consumo di energia primaria.

Il costo complessivo dell'intervento è stato di 115.000 €, dei quali 26.000 € coperti tramite finanziamenti. Al programma *MaPrimeRénov'*, sono stati cumulati altri incentivi, nello specifico *Écoréno'v* promosso dalla Città Metropolitana di Lione e *Coup de pouce rénovation globale* (CEE) promosso dallo Stato francese ma finanziato dalle aziende firmatarie, in particolare i fornitori di energia. Questi sono soggetti all'obbligo di partecipazione al risparmio energetico attraverso il sistema dei *Certificats d'Économies d'Énergie* (CEE)¹⁰¹.



Figure 15-16 – Edificio unifamiliare a Bron ante (in alto) e post intervento (in basso). Fonte: <https://www.be-co.fr/details-renovation+energetique+d+une+maison+individuelle+a+bron-151.html>

3.3.2. Riqualificazione energetica di un edificio unifamiliare "Castor" a Bron



Il secondo caso studio analizzato si riferisce a un'abitazione unifamiliare costruita nel 1962, situata anch'essa a Bron (Fig.17). L'edificio è stato oggetto di un intervento di riqualificazione energetica completo, finalizzato al miglioramento delle prestazioni dell'involucro e degli impianti, con l'obiettivo di aumentare il comfort interno e ridurre i consumi energetici.

I lavori hanno riguardato l'isolamento dell'involucro edilizio attraverso l'utilizzo di materiali di origine naturale (Fig.18). In particolare, le pareti esterne sono state coibentate mediante un cappotto esterno con pannelli in fibra di legno ad alte prestazioni termiche. Per il sottotetto è stata utilizzata l'ovatta di cellulosa per le sue prestazioni termiche e acustiche, mentre per il solaio interrato è stato previsto un isolamento in sughero volto a contenere le dispersioni di calore verso il basso, per le sue caratteristiche di resistenza all'umidità e traspirabilità. L'intervento ha previsto la sostituzione dei serramenti del piano superiore con infissi in legno-alluminio, integrati da tapparelle per migliorare la tenuta all'aria e il controllo dell'irraggiamento solare. È stata inoltre rinnovata la ventilazione meccanica, installando un sistema di VMC a singolo flusso con controllo dell'umidità, per garantire un ricambio d'aria efficiente. Dal punto di vista impiantistico la caldaia a gas è stata sostituita da una pompa di calore aria/acqua a doppio servizio, in grado di fornire sia riscaldamento che acqua calda sanitaria.

L'intervento ha permesso un miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio: il consumo annuo è passato da 191 kWh/m² a 90,5 kWh/m², con una riduzione del 53% del fabbisogno di energia primaria. La classe energetica DPE è migliorata dalla classe D alla B, mentre le emissioni di gas serra (GES) sono variate dalla classe E alla classe A, indicando una forte riduzione dell'impatto ambientale dell'edificio.

Il costo complessivo dell'intervento è stato pari a 117.000 €, con una copertura incentivata di 6.000 €. Anche nel seguente caso studio sono stati utilizzati diversi incentivi: *MaPrimeRénov'*, *Écoréno'v* e *Coup de pouce rénovation globale*¹⁰².

Figure 17-18 – Edificio unifamiliare "Castor" a Bron post intervento e durante la posa del cappotto esterno. Fonte: <https://www.be-co.fr/details-renovation+energetique+d+une+maison+castor+a+bron-139.html>

3.3.3. Saint-Andéol House - 2023

La casa a Saint-Andéol è un edificio mono familiare collocato nei pressi di Gresse - en - Vercors. Si trova nell'altopiano del Vercors all'interno della riserva naturale di Trièves, un contesto caratterizzato da un importante valore ambientale e da una bassa densità abitativa con case indipendenti. L'esigenza alla base dell'intervento è quella di disporre di maggiore spazio abitativo, scegliendo di intervenire con un ampliamento volumetrico e una ristrutturazione dell'abitazione. La particolarità del progetto è data dalla scelta di ripensare l'ampliamento come un volume indipendente di 50 m², connesso all'edificio preesistente mediante una piattaforma (Fig.19).

Questa scelta progettuale deriva da un approccio attento all'impatto ambientale, infatti per limitare gli interventi diretti sul suolo (spostamenti di terra) e preservare la conformazione naturale del terreno, il nuovo volume di ampliamento è stato costruito a distanza dalla casa esistente, dove il terreno era più adatto. I due volumi vengono quindi collegati da una piattaforma che ha la funzione sia di connettere gli spazi sia di area esterna abitabile e belvedere (Figg. 20-21). Un'altra applicazione di questo approccio è quella legata all'impatto visivo, l'edificio infatti si integra nel contesto anche mediante l'utilizzo di materiali naturali nel rivestimento di facciata (Fig. 22). Il nuovo volume che ospita la zona giorno, i servizi e una camera da letto, è costruito su una base di cemento sopra la quale si sviluppa la struttura portante in legno, rivestita in larice nelle facciate esterne (Fig. 23), che costituiscono con una intercapedine una facciata ventilata, e in betulla nelle finiture interne. Le pareti perimetrali sono isolate all'interno dell'orditura lignea mediante materiale isolante per uno spessore totale di 15 cm. La copertura piana del nuovo edificio adibita a tetto verde, è coibentata con due strati isolamento in lana di roccia, e contribuisce ad un impiego efficace delle acque meteoriche e a alla regolazione termica. La progettazione ha previsto l'inserimento di ampie superfici vetrate, posizionate con la finalità di inquadrare gli scorci del paesaggio ed offrire una continuità visiva tra interno ed esterno¹⁰³.



Figura 19 – Saint-Andéol House (in alto). Fonte: <https://divisare.com/projects/513308-banquet-camille-lemonnier-renovation-et-extension-d-une-maison>
Diritti fotografici: Camille Lemonnier

Figure 20-21 – Saint-Andéol House. Relazione del volume di ampliamento con la preesistenza e piattaforma di nuova costruzione (al centro). Fonte: <https://divisare.com/projects/513308-banquet-camille-lemonnier-renovation-et-extension-d-une-maison>
Diritti fotografici: Camille Lemonnier

Figure 22-23 – Saint-Andéol House. Dettaglio del rivestimento in larice in facciata e base di cemento su cui si innesta la nuova struttura (in basso). Fonte: <https://divisare.com/projects/513308-banquet-camille-lemonnier-renovation-et-extension-d-une-maison>
Diritti fotografici: Camille Lemonnier



Figura 24 – Chrysanstraat, Nieuw Buinen. Fronte principale (in alto).
Fonte: <https://www.flickr.com/photos/140019931@N07/albums/72157664316972641/>
Diritti fotografici: Frank Hanswijk

Figure 25-26 – Chrysanstraat, Nieuw Buinen. Fronte retrostante con aggiunta del ripostiglio. Fonte: <https://www.flickr.com/photos/140019931@N07/albums/72157664316972641/>
Diritti fotografici: Frank Hanswijk

3.4. Esempi applicativi nei Paesi Bassi

3.4.1. Chrysanstraat, Nieuw Buinen - 2018

L'intervento di retrofit realizzato con il programma *Nul op de Meter* (NOM) riguarda la riqualificazione di 5 blocchi residenziali per un totale di 30 edifici singoli (Fig. 24).

- Passaggio dalla classe energetica E alla A++
- Investimento per singola casa: 100.000 € (inclusa IVA e costi aggiuntivi)
- Esecuzione: Rottinghuis/VolkerWessels¹⁰⁴

Gli interventi riguardano l'efficientamento energetico dell'edificio attraverso l'installazione di facciate e tetto isolati, sul quale vengono installati i pannelli solari che producono l'energia sufficiente per tutte le utenze della casa. Sulla facciata viene integrata una colonna dei componenti degli impianti. Il programma NOM, offre la possibilità all'utente di svolgere interventi migliorativi anche all'interno dell'abitazione, ad esempio la cucina (con nuovi elettrodomestici ad alta efficienza) e/o i servizi.

La durata delle lavorazioni all'esterno è stata di 3 giorni, suddivise come segue:

- Giorno 1: rimozione delle tegole e del camino
- Giorno 2: installazione degli elementi di facciata, del tetto e del ripostiglio (Figg. 25-26)
- Giorno 3: collegamento degli impianti, rifiniture degli infissi, sistemazione del giardino e sostituzione della recinzione esterna

Le lavorazioni all'interno della casa sono state eseguite dopo quelle esterne, con una durata del cantiere di 5 giorni.

Le singole abitazioni sono proprietà dell'associazione edilizia *Le-fier*, e per gli utenti non sono previsti costi ulteriori rispetto a quelli già sostenuti per l'affitto e l'energia. A seguito dell'intervento gli utenti non pagheranno più la bolletta energetica al fornitore, ma l'intero costo sarà dovuto alla cooperativa edilizia. Il costo dei consumi (calcolati sulla media dei tre anni precedenti all'intervento), viene ripartito: una parte viene addebitata nell'affitto e l'altra parte viene addebitata sotto forma di una commissione di prestazione energetica (EPV).

I pannelli solari installati sul tetto forniscono energia sufficiente per una famiglia media. Se viene consumata più energia di quella prodotta, il fornitore energetico emette una fattura per il consumo extra. Se invece viene consumata meno energia di quella prodotta, la suddetta energia viene restituita al fornitore che emetterà un rimborso¹⁰⁵.

I residenti hanno avuto la possibilità di scegliere tra due tipologie di interventi: “Zero on the Meter” e “Zero Stairs Home”.

- Passaggio dalla classe energetica D alla A+++
- Investimento per singola casa: 80.000 €
- Esecuzione: VolkerWessels

Gli interventi NOM riguardano l'efficientamento energetico, attraverso l'installazione di facciate e tetto isolati con pannelli solari. Gli interventi «Zero Stairs Home» riguardano un ampliamento al piano terra per una cucina e una camera da letto aggiuntiva (22,7 m²) e la trasformazione della vecchia cucina in bagno. Questo intervento consente all'inquilino di abitare su un unico piano senza dover fare le scale, eliminando le barriere che limitano la fruibilità degli spazi. Il costo degli interventi è di 100 € in più al mese rispetto all'importo totale che gli inquilini pagano per affitto ed energia¹⁰⁶.



Figura 27 – Oud Vossemeer. Fronte principale (in alto). Fonte: <https://www.flickr.com/photos/140019931@N07/albums/72157662144258823/>
Diritti fotografici: Frank Hanswijk

Figura 28 – Oud Vossemeer. Fronte retrostante con ampliamento (in basso). Fonte: <https://www.flickr.com/photos/140019931@N07/albums/72157662144258823/>
Diritti fotografici: Frank Hanswijk

3.5. Standard *Passivhaus* ed esempi applicativi nel Regno Unito

Fabbisogno EPR

- **Classic** ≤ 60 kWh/(m²a)
- **Plus** ≤ 45 kWh/(m²a)
- **Premium** ≤ 30 kWh/(m²a)

Lo standard costruttivo *Passivhaus* nasce in Germania nel 1988, con l'obiettivo di progettare edifici ad alta efficienza energetica e a basso impatto ambientale. Nel 1996 è stato fondato il *Passivhaus Institut* (PHI), con l'obiettivo di promuovere e controllare gli standard. Il protocollo *Passivhaus* è basato sui seguenti principi:

Generazione EPR

- **Classic** -
- **Plus** ≥ 60 kWh/(m²a)
- **Premium** ≥ 120 kWh/(m²a)

- Elevato isolamento termico dell'involucro (pareti, tetti e pavimenti);
- Assenza di ponti termici;
- Serramenti ad alte prestazioni;
- Tenuta all'aria dell'edificio;
- Ventilazione meccanica controllata (VMC).

L'obiettivo principale è ridurre al minimo il fabbisogno energetico per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti, minimizzando l'utilizzo degli impianti. Per ottenere la certificazione *Passivhaus*, un edificio deve rispettare i seguenti limiti:

- Fabbisogno termico per riscaldamento ≤ 15 kWh/m² anno;
- Carico termico ≤ 10 W/m²
- Fabbisogno frigorifero per raffrescamento e deumidificazione ≤ 15 kWh/m² anno;
- Carico frigorifero ≤ 10 W/m²
- consumo totale di energia primaria rinnovabile ≤ 60 kWh/m²/anno (PER – Primary Energy Renewable);
- indice di tenuta all'aria $\leq 0,6$ h⁻¹ (a 50 Pa). Verificato tramite Blower-Door test.

Sono previsti tre livelli di certificazione *Passivhaus*, a seconda delle prestazioni energetiche complessive e della quota di energia prodotta in sito da fonti rinnovabili¹⁰⁷:

Nel caso specifico della riqualificazione energetica di edifici esistenti, il PHI ha sviluppato la certificazione EnerPHit, adattata alle condizioni tipiche del retrofit (vincoli costruttivi, strutturali e morfologici). EnerPHit prevede criteri più flessibili rispetto alle nuove costruzioni, ma impone comunque requisiti prestazionali elevati, garantendo un elevato livello di comfort, salubrità e riduzione dei consumi. L'approccio EnerPHit può essere applicato secondo due metodi alternativi: a componenti, in cui si certifica il rispetto dei valori per ogni elemento dell'involucro, oppure a bilancio, che considera il consumo energetico complessivo dell'edificio¹⁰⁸.

L'utilizzo di questo protocollo in progetti di retrofit avanzati, come quelli che verranno illustrati nel contesto britannico, dimostra la crescente diffusione di approcci che prevedono l'applicazione di standard rigorosi anche nell'ambito della riqualificazione edilizia.

Figura 29 – Classificazione degli standard *Passivhaus* e relativi criteri di fabbisogno e generazione di Energia Primaria Rinnovabile. Fonte: [https://passivhausitalia.com/passivhaus/#:~:text=Lo%20standard%20Passivhaus%20%20C3%A8%20nato,l'Edilizia\)%20in%20Germania. Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato](https://passivhausitalia.com/passivhaus/#:~:text=Lo%20standard%20Passivhaus%20%20C3%A8%20nato,l'Edilizia)%20in%20Germania. Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato).

3.5.1. Corner View House - 2021

La *Corner View House* si colloca a Churchill (Oxfordshire), nelle Cotswolds, una zona di conservazione individuata per proteggere e accrescere il valore di aree di particolare interesse storico e architettonico (AOBN – *Areas of Outstanding Natural Beauty*)¹⁰⁹. (Figg.30-31)

È una casa comunale risalente agli anni '70¹¹⁰, caratterizzata da uno stato di conservazione scarso, condizione frequente in queste tipologie di edifici. La *Corner View House* è stata sottoposta a una ristrutturazione profonda che ha previsto un ampliamento degli spazi e una implementazione delle prestazioni energetiche e ambientali, in linea con l'applicazione dei principi costruttivi *Passivhaus*. L'idea alla base dell'intervento è quella di rivalutare e valorizzare il patrimonio edilizio del dopoguerra, sfruttandone la predisposizione all'adattamento alle necessità abitative di una giovane famiglia di quattro persone.

L'obiettivo per la nuova distribuzione degli spazi interni, è quello di ricavare sia ambienti per la condivisione della quotidianità sia più riservati da destinare all'home working. L'estensione comprende la zona giorno open space, con la cucina, il soggiorno e un nuovo ingresso secondario. Questa si sviluppa ulteriormente al piano terra dell'edificio preesistente. Al piano superiore invece si collocano due camere da letto e i rispettivi servizi. La camera padronale di nuovo inserimento, si contraddistingue per la presenza di una finestra a bovindo, affacciandosi sulla copertura a giardino dell'ampliamento sottostante (Fig.32).

L'involucro dell'edificio preesistente è stato reso più efficiente mediante l'isolamento termico della copertura e delle pareti perimetrali verso l'interno, mantenendo il mattone originale a vista. I solai di piano invece sono stati isolati per garantire migliori prestazioni acustiche.

In linea con i principi del *Fabric First*⁷¹, per realizzare l'ampliamento, è stata utilizzata la tecnologia off-site attraverso l'assemblaggio di pannelli SIP (*Structural Insulated Panel*). Questi sono caratterizzati dall'unione di due lastre di legno con uno strato intermedio di isolante, garantendo alti valori di isolamento termico e tenuta all'aria (Fig.34). I pannelli SIP sono coibentati esternamente da lastre di 50 mm in lana di roccia e il pacchetto è finito con un sistema di facciata continua in legno di larice (Fig.33). Inoltre, nel caso della finestra angolare, i pannelli SIP sono stati integrati con travi in legno lamellare per offrire un maggiore sostegno senza compromettere l'efficienza energetica dell'involucro.

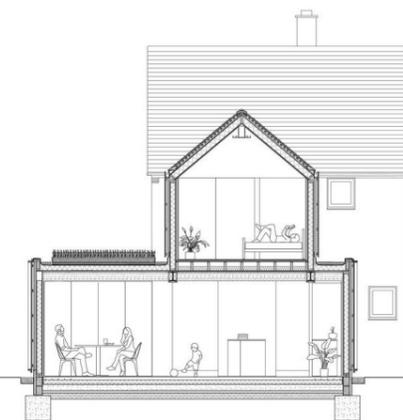


Figura 34 – Sezione di dettaglio dell'ampliamento di Corner View House. Fonte: <https://www.archdaily.com/991609/corner-view-house-freehaus>. Disegno fuori scala.

⁷¹ Il Fabric First si riferisce ad un approccio all'efficienza energetica degli edifici che privilegia la riduzione delle perdite di calore attraverso una migliore performance dell'involucro edilizio, prima di integrare tecnologie aggiuntive.



Figura 33 – Corner View House. Dettaglio del rivestimento di facciata in legno di larice. Fonte: <https://www.freehausdesign.com/corner-view-house>. Diritti fotografici: Nicholas Worley

Figura 32 – Corner View House. Dettaglio finestra a bovindo. Fonte: <https://www.freehausdesign.com/corner-view-house>. Diritti fotografici: Nicholas Worley

Figure 30-31 – Corner View House. Fronte principale (in alto). Fronte laterale (centro). Fonte: <https://www.freehausdesign.com/corner-view-house>. Diritti fotografici: Nicholas Worley

La scelta di questo approccio è dovuta alla rapidità del processo che allo stesso tempo garantisce la qualità del progetto e una riduzione dei costi. L'ottimizzazione delle risorse è stata favorita inoltre dall'utilizzo di un file di modellazione condiviso, che ha permesso di realizzare la progettazione di aperture simultaneamente all'edificazione delle fondamenta in cantiere.

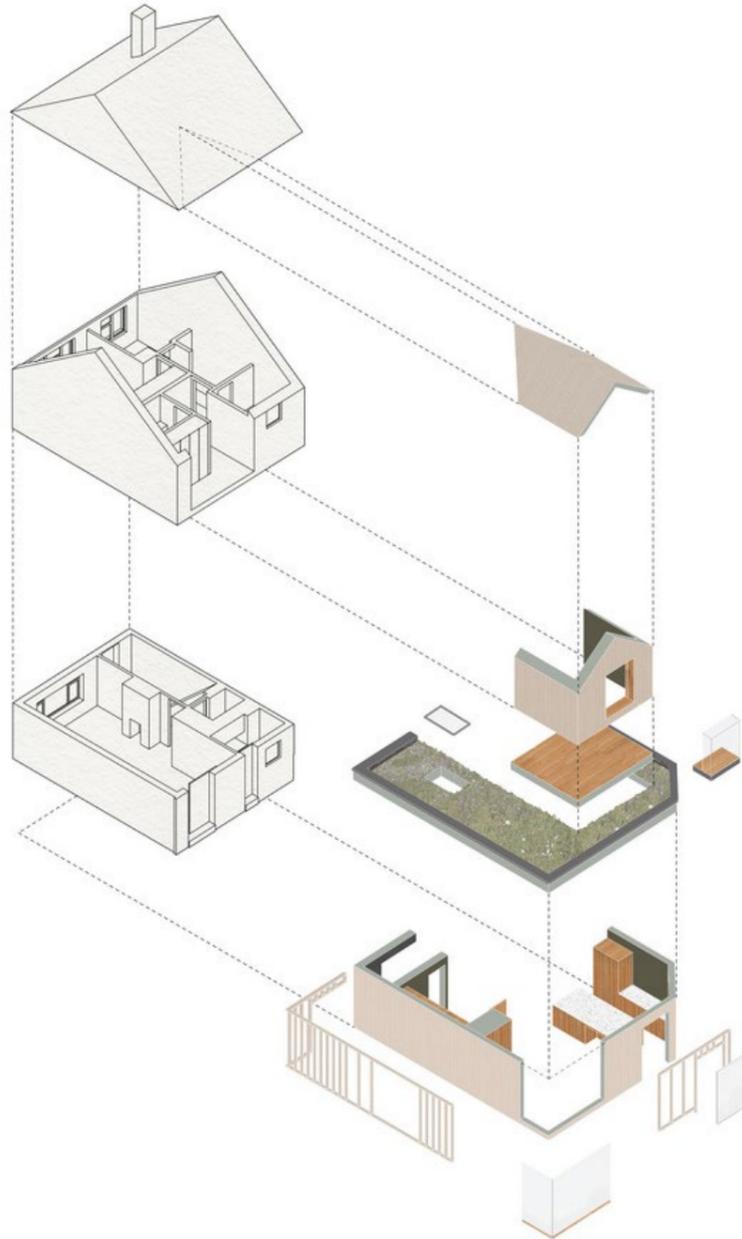


Figura 35 – Corner View House. Visualizzazione assonometrica. Fonte: <https://www.archdaily.com/991609/corner-view-house-freehaus>

3.5.2. EnerPhit Plus ad Harpenden - 2021



Figure 36-37 – Prospetto principale ante e post intervento (in alto). Fonte: <https://www.adpractice.co.uk/harpenden-enerphit-plus>

Figure 38-39 – Prospetto secondario ante e post intervento (in basso). Fonte: <https://www.adpractice.co.uk/harpenden-enerphit-plus>

L'edificio in oggetto si trova ad Harpenden (Hertfordshire), all'interno di un'area protetta (Figg. 36-38). Si tratta di una casa mono familiare costruita negli anni '60 con elevata dispersione termica, caratterizzata da pareti perimetrali in mattoni forati¹¹¹. Anche in questo caso l'intervento è basato su un approccio *Fabric-first*, prevedendo una riduzione del fabbisogno energetico secondo lo standard *Passivhaus*, e l'integrazione di una produzione di energia rinnovabile, che copre l'intero fabbisogno annuo dell'edificio. L'abitazione è stata sottoposta ad un ampliamento sul lato retrostante e ad un intervento di deep retrofit. Per gli isolamenti sono stati utilizzati materiali di origine naturale, ad eccezione dei solai controterra (preesistenza e ampliamento) coibentati con PIR ed EPS alla base delle pareti fino al livello delle fondazioni. Per le pareti perimetrali e la copertura è stata utilizzata la fibra di legno, mentre le nuove pareti divisorie interne sono state isolate con pannelli in fibra di cellulosa. Le facciate continue preesistenti sono state sostituite con nuove pareti in travi a "L" in legno, ad elevato isolamento termico in cellulosa, e rivestite in larice (Fig.37).

L'ampliamento è realizzato con una struttura portante a telaio in legno, caratterizzata da montanti verticali isolati con cellulosa soffiata e rifiniti internamente con lastre di cartongesso. La copertura piana, anch'essa costituita da una struttura portante in legno, è isolata con fibra di legno (Fig.39). Vengono inoltre installati nuovi serramenti con triplo vetro, integrati da persiane sul lato esposto a sud. A livello impiantistico l'edificio diventa full electric, poiché viene eliminata la caldaia a gasolio. Il nuovo riscaldamento a pavimento è alimentato da una pompa di calore aria-acqua¹¹².

Come detto in precedenza, la produzione di energia elettrica è affidata ad un impianto fotovoltaico da 8,10 kW, posizionato sulla falda anteriore. Infine è stato installato un sistema di ventilazione con recupero di calore e per massimizzare gli apporti solari sono state progettate ampie finestre (stagione invernale) e lucernari apribili per la ventilazione (stagione estiva)¹¹³.

Le principali sfide affrontate dal progetto sono relative alla collocazione dell'edificio in una area protetta e soggetta a vincoli, ad esempio: la scelta dei materiali, l'inserimento in un complesso di edifici con caratteristiche estetiche uniformi e l'esposizione non ottimale della casa.

Il progetto ad Harpenden è stato il terzo certificato con lo standard EnerPhit Plus nel Regno Unito, e il primo per questa tipologia abitativa, candidato inoltre a UK *Passivhaus Awards 2023* a testimonianza dei buoni risultati conseguiti dal progetto¹¹⁴.

3.6. Esempi applicativi in Portogallo

3.6.1. Olidouro House - 2021

Casa Olidouro si trova a Oliveira do Douro, nel Comune di Vila Nova De Gaia¹¹⁵ (Figg. 38-39). Si tratta di un edificio unifamiliare che nasce negli anni '50 come magazzino ad un solo livello, che nel tempo è oggetto di diversi interventi. Alla funzione di magazzino viene aggiunta quella abitativa, attraverso la costruzione di un nuovo livello soprastante, e in seguito l'intero edificio è stato destinato ad uso residenziale. Questo mutamento progressivo della destinazione d'uso deriva dal fatto che nell'area (caratterizzata da appezzamenti rurali), a seguito dell'espansione urbana del XX secolo, è emersa la necessità di adeguare le costruzioni preesistenti alle esigenze abitative contemporanee.

Il progetto di retrofit è stato avviato per rispondere all'esigenza dei committenti di migliorare il comfort termico, incrementare l'efficienza energetica dell'edificio e ripensare e ampliare gli spazi destinati alle attività collettive della famiglia.

L'edificio allo stato originario presenta una distribuzione degli spazi poco coerente rispetto alle mutate esigenze contemporanee. Infatti, il piano terra è interamente adibito a garage, con pochi spazi liberi e disordinati. Il nuovo progetto ha previsto la trasformazione del livello terreno in una zona giorno open space. Questa si estende ulteriormente nell'ampliamento verso lo spazio aperto del cortile interno, con un giardino d'inverno (Figg. 44-45). Quest'ultimo con la sua doppia altezza ha quindi la funzione di unire i due piani della casa con il nuovo spazio per le attività collettive, e allo stesso tempo diventa facciata principale, ponendosi in relazione diretta con il cortile posteriore (Figg.42-43). La trasformazione del fronte posteriore ha contribuito a valorizzare il cortile e il suo ruolo di spazio collettivo¹¹⁶.

L'ampliamento è realizzato con una struttura portante in acciaio verniciato, mentre l'involucro vetrato è montato internamente rispetto al filo strutturale con infissi in alluminio a taglio termico e vetrocamera, contribuendo al controllo passivo del clima interno. Questa configurazione consente un ombreggiamento passivo grazie all'aggetto strutturale, che permette di ridurre il guadagno solare diretto nella stagione estiva, integrato con l'utilizzo di tende schermanti interne. Al contrario nella stagione invernale, questa soluzione consente di ottimizzare il guadagno solare passivo, poiché i raggi solari entrando in profondità nell'edificio, riscaldano naturalmente gli ambienti e riducono l'utilizzo del riscaldamento meccanico (Fig.46).



Figura 38 – Prospetto oggetto di intervento ante lavori (in alto). Fonte: <https://oitoo.pt/olidouro-house>

Figura 39 – Prospetto fronte strada ante lavori (al centro). Fonte: <https://oitoo.pt/olidouro-house>

Figure 40-41 – Disegno schematico del prospetto oggetto di intervento ante e post lavori (in basso). Fonte: <https://oitoo.pt/olidouro-house>



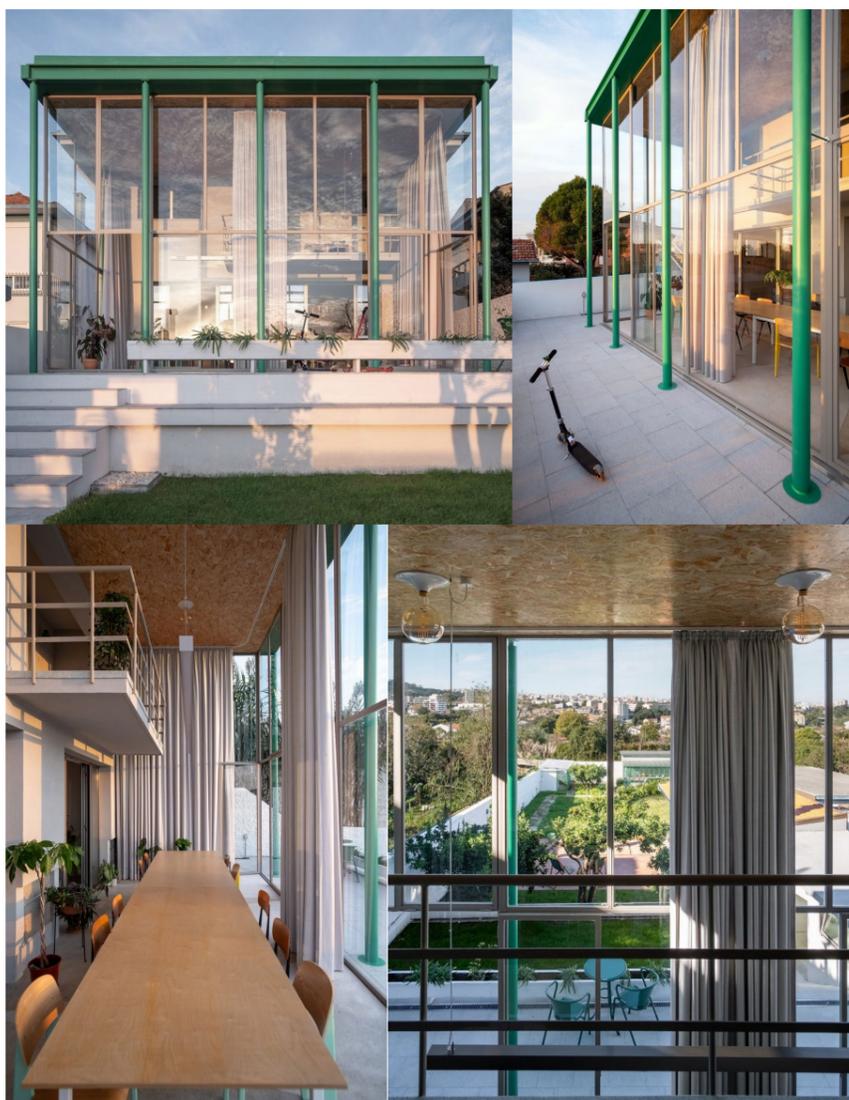
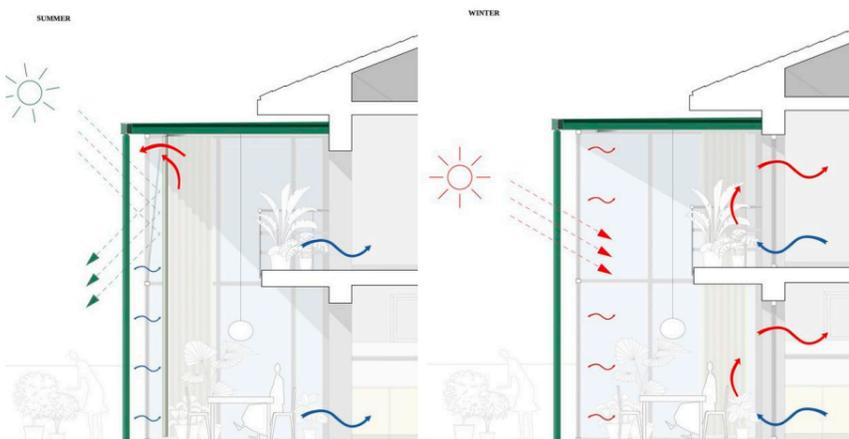


Figure 42-43 – Prospetto oggetto di intervento post lavori (in alto) Fonte: <https://oitoo.pt/olidouro-house>
Diritti fotografici: Adriano Mura

Figure 44-45 – Giardino d'inverno (al centro). Fonte: <https://oitoo.pt/olidouro-house>

Figura 46 – Funzionamento passivo dell'involucro vetrato (in basso). Fonte: <https://oitoo.pt/olidouro-house>
Diritti fotografici: Adriano Mura



3.7. Considerazioni conclusive

Il confronto tra i diversi programmi e casi studio europei analizzati nel capitolo evidenzia una pluralità di approcci al retrofit degli edifici unifamiliari, che riflettono specificità normative, climatiche, sociali e culturali dei rispettivi contesti nazionali. Tali approcci condividono l'obiettivo comune di contribuire alla decarbonizzazione del patrimonio edilizio, ma si differenziano per strategie operative, tecnologie impiegate e grado di trasformazione dell'edificio.

In Francia, il programma *MaPrimeRénov'* rappresenta un sistema di incentivi pubblico strutturato e articolato in più modalità di accesso. Si basa su criteri di accessibilità economica, obblighi tecnici e obiettivi di salto di classe energetica. I primi due esempi analizzati collocati nell'area di Lione, attraverso interventi combinati su involucro, impianti e ventilazione, hanno ottenuto riduzioni di consumo fino al 74% e un passaggio alla classe energetica B, testimoniando le potenzialità del programma. Diversamente, la *Saint-Andéol House*, anche se non riconducibile al programma *MaPrimeRénov'*, rappresenta un intervento di retrofit guidato da una visione che punta al miglioramento funzionale, all'efficientamento energetico e al contempo opera nel rispetto del contesto naturale e paesaggistico in cui si colloca. *Saint-Andéol House* dimostra come il retrofit possa essere un esempio di qualità progettuale e ambientale, anche al di fuori dei meccanismi di incentivazione pubblica.

Nei Paesi Bassi, il programma *Energiesprong* propone un modello industrializzato e scalabile, volto a trasformare gli edifici esistenti in abitazioni a consumo netto nullo. I due casi studio di *Nieuw Buinen* e *Oud Vossemeer* illustrano un sistema avanzato di retrofit con componenti prefabbricati off-site, montati in tempi molto ridotti (3-5 giorni). Attraverso l'installazione di involucri isolanti, impianti integrati e pannelli solari, le abitazioni raggiungono classi A++ o superiori, mantenendo per gli inquilini un canone energetico fisso attraverso un sistema di rimodulazione dei costi (affitto ed EPV). Questo modello coniuga efficienza energetica, sostenibilità economica e replicabilità, rendendolo adatto a interventi su larga scala.

In Portogallo il progetto di *Olidouro House*, esemplifica un approccio più contestuale e centrato sugli aspetti architettonici relativi all'ampliamento.

Infine, nel Regno Unito, i progetti *Passivhaus* a Harpenden e *Corner View House*, mostrano due esempi di riqualificazione che segue i principi dell'efficienza passiva e dell'industrializzazione edilizia. In particolare, i progetti si distinguono per la velocità esecutiva, la qualità costruttiva e l'adattabilità spaziale, mostrando l'applicabilità dei principi *fabric first* anche in contesti oggetto di

tutela ambientale.

I progetti analizzati mostrano una pluralità di approcci al retrofit degli edifici unifamiliari: dall'incentivazione pubblica e assistita francese, all'industrializzazione modulare e rapida olandese, fino agli interventi site-specific e passivi in Portogallo e Regno Unito. Le esperienze suggeriscono che non esiste un unico modello di retrofit efficace, ma che le soluzioni devono adattarsi al contesto normativo, tecnologico e culturale locale. I casi presentati offrono uno spunto di riflessione utile all'inquadramento critico delle esperienze italiane, oggetto del capitolo successivo.

Capitolo 4

Progetti di retrofit nel contesto italiano

Nel seguente capitolo verranno illustrati gli approcci e le modalità utilizzate nello sviluppo del *retrofit* degli edifici unifamiliari nel contesto italiano. Nello specifico saranno oggetto di analisi sei casi applicativi, tre dei quali hanno usufruito dei Bonus Ristrutturazione 50% ed Ecobonus 65%, antecedenti al Superbonus 110%, e tre ristrutturati mediante il suddetto incentivo. L'obiettivo è quello di analizzare come i diversi incentivi hanno influenzato gli interventi di *retrofit*, la qualità del progetto e l'effettivo risparmio ottenuto dall'efficientamento, in termini economici e di comfort interno.

La domanda conoscitiva iniziale è stata comprendere l'effettivo impatto dell'agevolazione fiscale Superbonus 110% sul patrimonio edilizio mono familiare italiano, in particolare dal punto di vista dei consumi e del relativo impatto economico. Per rispondere alla domanda, si è scelto di individuare e analizzare un campione di casi applicativi. I criteri che hanno guidato la ricerca sono la collocazione degli edifici nel territorio italiano, la costruzione degli stessi tra il 1950 e 1970 e l'applicazione di interventi di *retrofit* con l'utilizzo dell'agevolazione fiscale. L'obiettivo è stato comparare le condizioni ante e post-intervento, valutando l'impatto sui consumi energetici e sui costi legati alle utenze, i costi delle lavorazioni e i risparmi conseguiti. L'arco temporale post-lavori considerato, è stato inizialmente di almeno tre anni, per disporre di una prospettiva temporale consolidata sull'efficacia degli interventi.

Un ulteriore obiettivo della ricerca è stato valutare la qualità complessiva del progetto di *retrofit*, ricercando, ove possibile, casi studio che oltre agli interventi sull'involucro prevedessero anche innovazioni tecnologiche, riorganizzazione degli spazi, ampliamenti volumetrici o implementazione di fonti rinnovabili. Infine, per cercare di garantire una maggiore oggettività dei dati è stata considerata la presenza di certificazioni energetiche e standard costruttivi quali CasaClima, *Passivhaus* e APE.

La scelta di edifici costruiti tra gli anni '50 e '70 origina dal fatto che oltre la metà del parco edilizio italiano è stato realizzato prima dell'entrata in vigore della Legge 373/1976¹¹⁷, la prima normativa nazionale a introdurre limiti ai consumi energetici negli edifici¹¹⁸. Tali immobili risultano pertanto caratterizzati da bassi livelli di efficienza energetica e rappresentano un'ottima opportunità per interventi di *deep retrofit*.

La ricerca operativa si è basata sulla consultazione dei database e delle pubblicazioni degli enti di certificazione, ad esempio Agenzia CasaClima, *Passivhaus Institut*, Rete Irene, la consultazione delle riviste tecniche di architettura, ad esempio *Azero*, *ArchDaily*, *Casabella*, *Domus* e infine il contatto diretto con gli studi di architettura.

Durante la fase di ricerca dei casi studio sono emerse alcune criticità, in particolare dovute alla ridotta disponibilità di condivisione dei dati economici e l'assenza di un monitoraggio dei consumi energetici, soprattutto per l'arco temporale ante intervento. Questo perché gli edifici erano disabitati o abitati da proprietari

differenti. Inoltre, la recente conclusione di molti lavori legati al Superbonus, non ha permesso la disponibilità di dati post-intervento consolidati.

Per superare tali limiti, si è scelto di estendere alcuni criteri per incrementare il numero di potenziali casi utili, includendo edifici sottoposti a *retrofit* con altri incentivi fiscali: Ecobonus 65% e Bonus Ristrutturazione 50%. Questo ha permesso di impostare un'analisi comparativa tra edifici riqualificati prima e durante il periodo di applicazione del Superbonus 110%. Invece, per quanto riguarda l'arco temporale post-lavori, è stato diminuito il limite minimo a un anno.

Una volta individuati i progetti di interesse e raccolte le informazioni pubbliche disponibili, sono stati contattati i progettisti per conoscere la disponibilità dei dati e l'eventuale possibilità di condivisione. I casi studio selezionati saranno approfonditi nei paragrafi successivi.

Sono stati contattati in totale 31 studi di architettura attraverso una e-mail di richiesta. 10 studi hanno risposto alla domanda di approfondimento. A seguito del consenso si è svolta una fase di scambio/intervista con i professionisti, attraverso visite in studio, call conference e contatti telefonici. A questa, è seguita la condivisione di dati e materiali di progetto. Per ogni caso studio considerato, sono stati necessari ulteriori scambi di approfondimento e integrazione delle informazioni, svolti sia nella fase di ricerca che nella fase di elaborazione. Sono stati esclusi dal campione 4 casi studio, in quanto i dati disponibili non sono risultati sufficienti a svolgere una analisi anche minima. Il campione finale è composto quindi da 6 progetti. Questi presentano differenze nella disponibilità dei dati, specialmente in relazione ai consumi energetici e nella categoria di appartenenza: patrimonio storico rurale (Casa Tonet, Lodola House), architettura eclettica del primo Novecento (Casa Caligaris) ed edilizia residenziale ordinaria del secondo Novecento (Villa il Generale, Casa RC, Villa a Giaveno). Nonostante le differenze è stato possibile effettuare una comparazione in linea con gli obiettivi dell'elaborato.



Boves (CN) - 2013



Santarcangelo di Romagna (RN) - 2013



Coderno di Sedegliano (UD) - 2014



S. Giovanni in Marignano (RN) - 2015



Bolzano (BZ) - 2015



Cormons (GO) - 2018



Vicoforte (CN) - 2019



Torino (TO) - 2019



Ivrea (TO) - 2019



Castel del Rio (BO) - 2019



Gallarate (VA) - 2021



Este (PD) - 2021



Giaveno (TO) - 2022



Mantova (MN) - 2022



Verona (VR) - 2022



Suzzara (MN) - 2022

Figura 47 – Campione iniziale dei casi studio. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.



Valchiusa (TO) - 2022



Borgo Virgilio (MN) - 2023



Tregnago (VR) - 2024



Illasi (VR) - 2024

4.2. Approcci e tecnologie

Uno degli obiettivi principali del capitolo è indagare gli approcci progettuali con l'intento di comprendere non solo le scelte tecniche e costruttive adottate, ma anche le strategie con cui sono state affrontate le esigenze di trasformazione degli edifici, tra conservazione, innovazione e sostenibilità. In particolare, sono state individuate le logiche che guidano la riorganizzazione degli spazi, la relazione tra vecchio e nuovo, la tipologia di materiali utilizzati, naturali o sintetici, e l'integrazione dei sistemi impiantistici. Questa lettura consente di confrontare approcci differenti, valutando come le scelte progettuali influenzino la qualità complessiva dell'intervento, l'efficienza energetica e il comfort abitativo.

4.3. Procedura di stima dei consumi

Come precedentemente descritto, sono state riscontrate criticità in merito alla disponibilità dei consumi ante-intervento. Per compensare questo aspetto è stata effettuata una stima. Quest'ultima prende come base il documento TABULA (*Typology Approach for BUIldings stock energy Assessment 2009-2012*). TABULA è un progetto di ricerca internazionale, finanziato dal programma europeo *Intelligent Energy Europe* (IEE), con l'obiettivo di sviluppare una matrice condivisa delle tipologie edilizie residenziali in Europa. Il progetto EPISCOPE (2013-2016), prosecuzione del progetto TABULA, ha implementato il lavoro, aggiornando le tipologie edilizie e sviluppando strumenti per monitorare e prevedere la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio¹¹⁹.

L'output del progetto è un documento che individua quattro tipologie edilizie (case monofamiliari, case a schiera, edifici multifamiliari e blocchi di appartamenti) e otto periodi di costruzione. Questa matrice individua in totale 32 edifici tipo. In particolare, la classificazione delle tipologie è sviluppata per la zona climatica E, individuata come area climatica media nel territorio italiano.

Rispetto al tema di interesse dell'elaborato è stata presa in considerazione la tipologia di edifici monofamiliari. Ad ogni classe di

epoca di costruzione, corrisponde un edificio con specifici dati geometrici, caratteristiche fisiche degli elementi, tipologia impiantistica per riscaldamento e acqua calda sanitaria e la tipologia costruttiva. Questi dati sono alla base dei calcoli di stima svolti per individuare i consumi energetici ante intervento. Per procedere alla stima, ogni edificio è stato ricondotto ad una classe di epoca di costruzione, considerando come dato di partenza il fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento e ACS ($Q_{H,W,p}$).

Per avere una prospettiva più consolidata sui dati stimati con TABULA, si è proceduto ad una verifica integrativa attraverso i dati riportati nell'APE ante intervento, con l'obiettivo di confrontare i due risultati e valutare eventuali coerenze o discrepanze.

La stima energetica con TABULA è stata svolta per tutti gli edifici, ad eccezione di Villa il Generale e Lodola House, per la mancanza di dati post intervento confrontabili.

4.4. Analisi economica

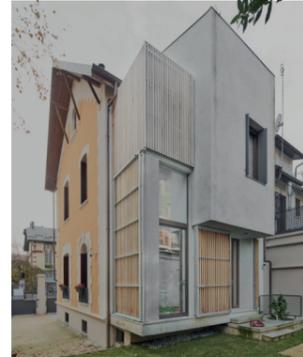
L'obiettivo generale dell'analisi economica applicati ai casi studio è stato comprendere in che misura gli interventi di *retrofit* abbiano inciso sui consumi energetici degli edifici unifamiliari, considerando il costo complessivo degli interventi e l'impatto sui costi delle spese per le utenze. Particolare attenzione è stata dedicata al ruolo degli incentivi fiscali, con l'intento di comprendere se e in quale misura il Superbonus 110% abbia favorito interventi più estesi e complessi rispetto a quelli attuati in precedenza con Bonus Ristrutturazione 50% ed Ecobonus 65%. Un ulteriore aspetto analizzato riguarda la sostenibilità economica degli interventi in assenza di incentivi, con l'obiettivo di valutare se tali operazioni risultino comunque apprezzabili sotto il profilo del ritorno dell'investimento.

Questo aspetto è stato indagato considerando la variazione del valore di mercato degli immobili a seguito della riqualificazione.

Figura 48 – Campione iniziale dei casi studio. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.



1.Casa Tonet
2017-2018
Bonus ristrutturazione 50%
Ecobonus 65%



2.Casa Caligaris
2017-2019
Bonus ristrutturazione 50%
Ecobonus 65%



3.Villa Il Generale
2018-2019
Bonus ristrutturazione 50%
Ecobonus 65%



4.Casa RC
2022
Bonus ristrutturazione 50%
Superbonus 110%
Bonus Facciate



5.Villa a Giaveno
2022
Superbonus 110%



6.Lodola House
2022
Superbonus 110%

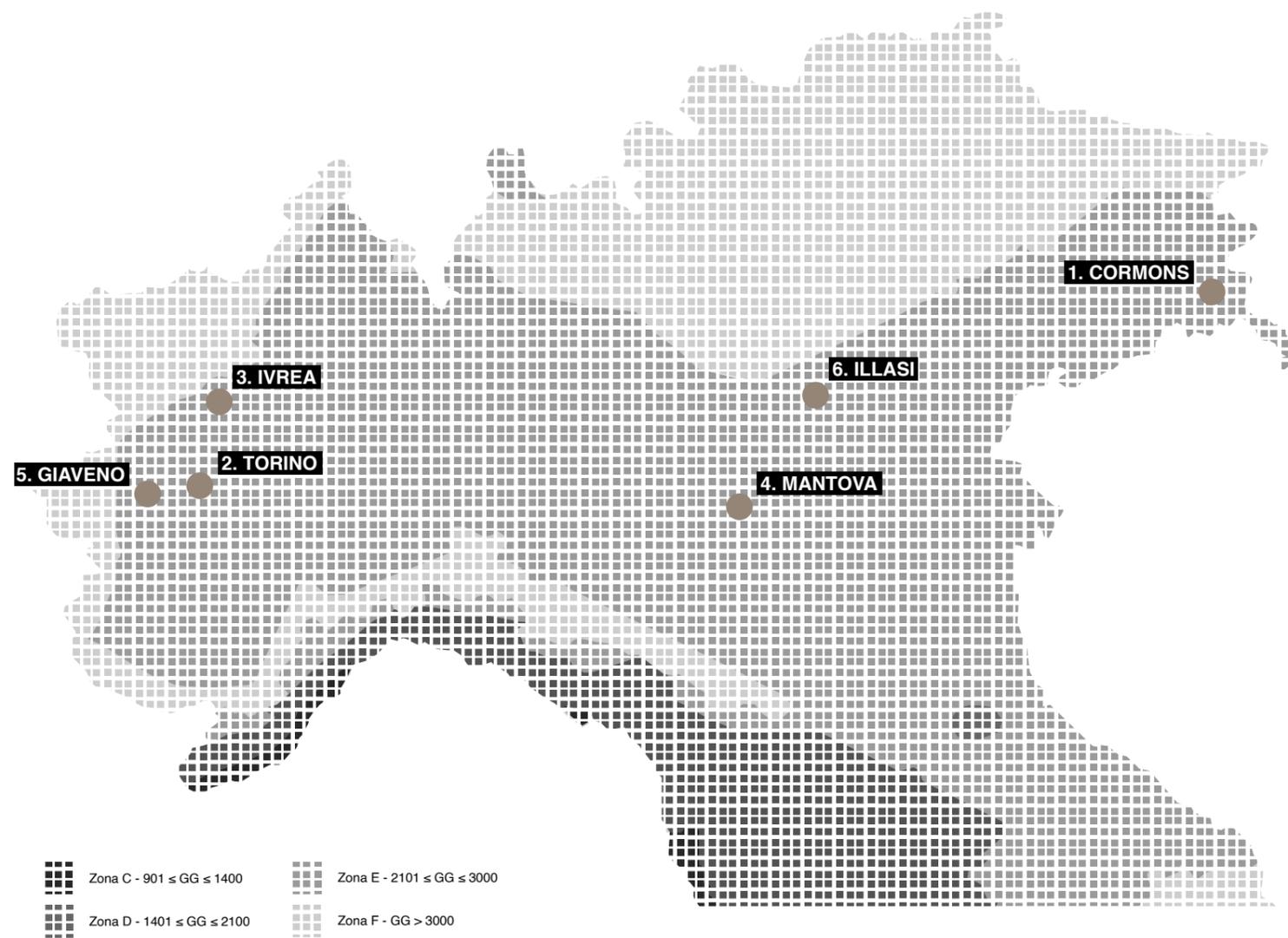


Figura 49 - Campione dei casi studio selezionati. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

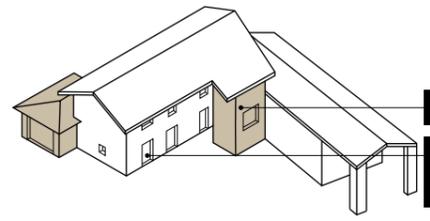
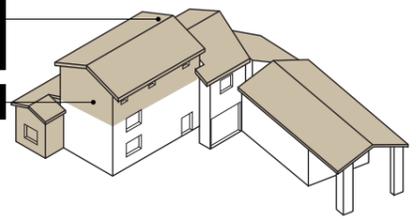
Figura 50 - Localizzazione dei casi studio. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Figura 51 - Schema di confronto degli approcci dei casi studio selezionati. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato. (Pagina successiva)

1. Casa Tonet

Demolizione e ricostruzione

Demolizione sottotetto



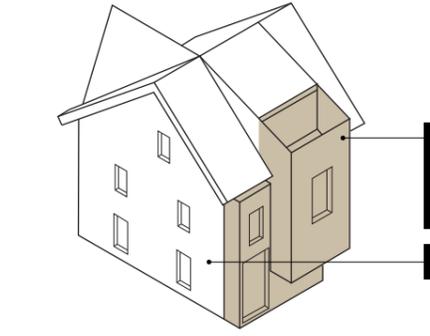
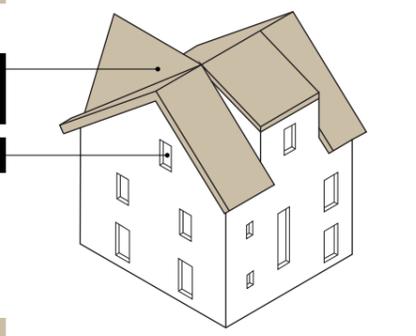
Ampliamento

Ridisegno delle aperture

2. Casa Caligaris

Demolizione e ricostruzione

Sostituzione serramenti



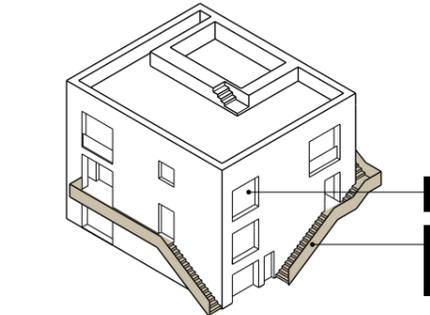
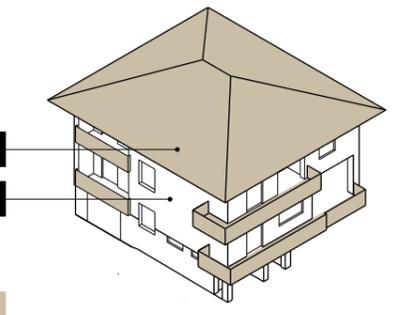
Ampliamento con sistema di facciata ventilata

Isolamento a cappotto

3. Villa il Generale

Demolizione

Isolamento a cappotto



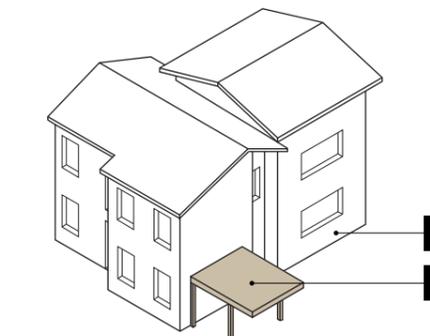
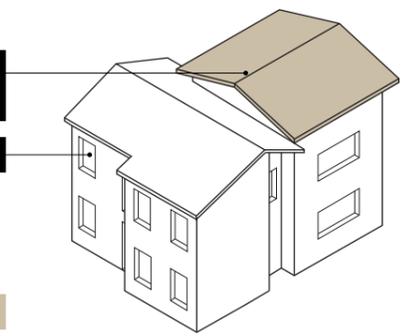
Ridisegno delle aperture

Scala esterna come nastro metallico

4. Casa RC

Demolizione e ricostruzione

Sostituzione serramenti

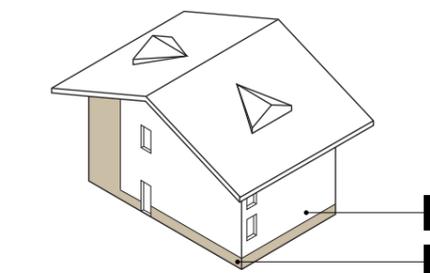
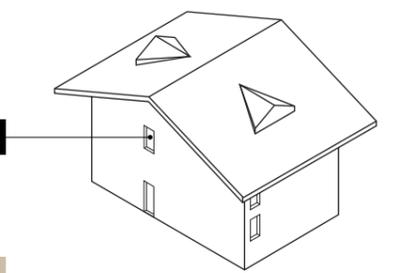


Isolamento a cappotto

Pergola bioclimatica

5. Villa a Giaveno

Sostituzione serramenti



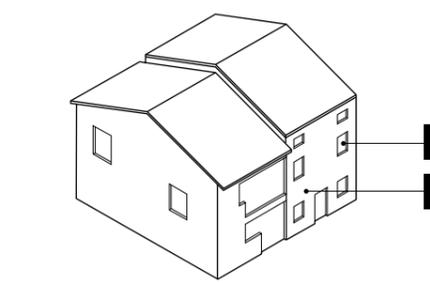
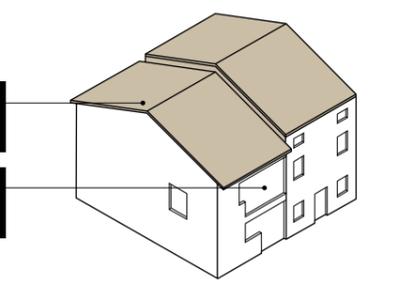
Isolamento a cappotto

Rivestimento in geopietra

6. Lodola House

Demolizione e ricostruzione

Installazione di serramenti



Sostituzione serramenti

Isolamento a cappotto



Figura 52 - Prospetto retrostante di Casa Tonet ante intervento. Diritti fotografici: Studio Tonet

Figura 53 - Prospetto retrostante di Casa Tonet post intervento. Diritti fotografici: Massimo Crivellari

Figura 54 - Prospetto frontale di Casa Tonet ante intervento. Diritti fotografici: Studio Tonet

Figura 55 - Prospetto frontale di Casa Tonet post intervento. Diritti fotografici: Massimo Crivellari

4.5. Casa Tonet

La Casa Tonet (Figg.52-54) si trova a Cormons, in provincia di Gorizia. Si configura come un edificio unifamiliare, il cui impianto originario risale al XVIII secolo e oggetto di modifiche negli anni '60. L'organismo architettonico si articola secondo uno schema a "L", composto da una residenza rurale affiancata da un volume adibito a stalla con fienile soprastante (Fig.56). L'edificio, insieme al terreno di pertinenza, è stato acquisito nel 2017 in uno stato di conservazione complessivamente scadente, con la necessità di interventi mirati al consolidamento statico della struttura esistente e all'efficientamento energetico. Al momento dell'acquisto, l'immobile si collocava in Classe Energetica G, condizione che ha reso prioritario l'inserimento di strategie di riqualificazione volte a ridurre significativamente i consumi energetici. Il progetto di *retrofit*, che include anche la ristrutturazione edilizia inizia nel 2017. L'obiettivo dei committenti è stato quello di valorizzare la configurazione preesistente dell'immobile attraverso un progetto di recupero, attento alla conservazione dei materiali originari e al loro riutilizzo (Figg. 53-55).

La preesistenza, già destinata all'uso abitativo, è realizzata con muratura "a sacco"¹²⁰⁸ in pietra arenaria locale, con solai e copertura in legno massiccio¹²¹.

Il corpo principale, articolato su tre livelli fuori terra (Fig.57) ospita al piano terra la zona giorno, comprendente cucina, soggiorno e servizi, al primo piano la zona notte con camere e ulteriori servizi, mentre il livello superiore era originariamente destinato a soffitta.

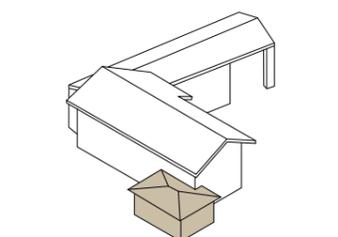
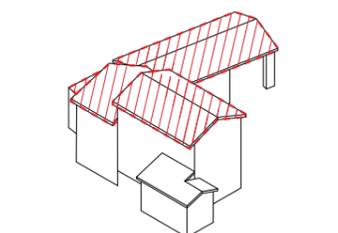
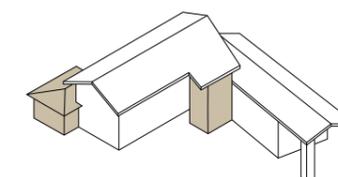
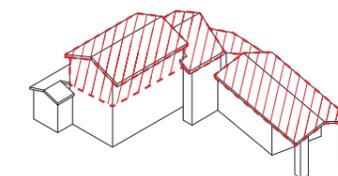
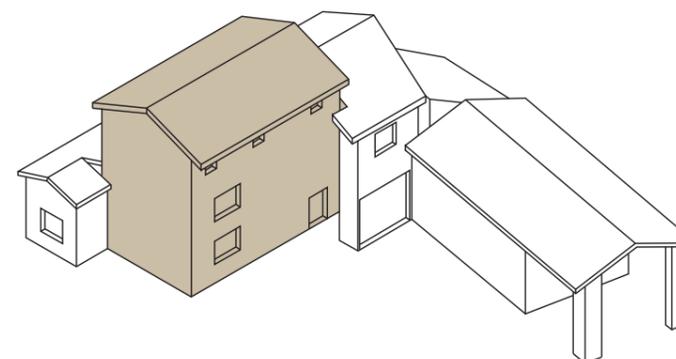


Figura 56 - Schemi volumetrici ante e post intervento di Casa Tonet. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Figura 57 - Schema volumetrico dello stato originario. In evidenza, il corpo principale dell'edificio. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

4.5.1 Il progetto di retrofit

La strategia progettuale adottata si contrappone alla concezione tradizionale degli spazi chiusi e compartimentati, favorendo una distribuzione interna orientata all'apertura e alla continuità visiva. L'intervento ha riorganizzato la zona giorno in un ambiente unico e fluido, dove ingresso, salotto, cucina e soggiorno si integrano in un ambiente continuo, dando la percezione di uno spazio

⁸ Si tratta di un sistema costruttivo caratterizzato da due cortine murarie in pietra, collocate parallelamente una all'altra. L'intercapedine tra le cortine genera un "sacco", riempito di norma con materiale di risulta, unito da malta di calce o cemento.



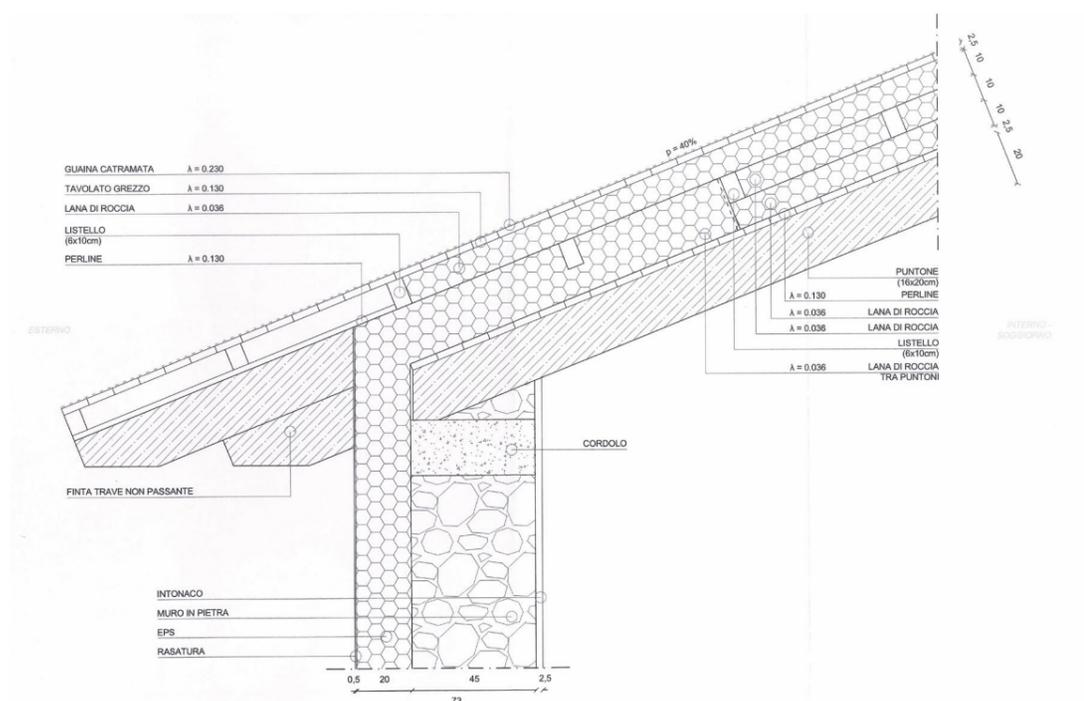
Figura 58 - Prospetto laterale, con veranda di nuova costruzione.

Diritti fotografici: Massimo Crivellari

Figura 59 - Continuità visiva interno - esterno.

Diritti fotografici: Massimo Crivellari

Figura 60 - Dettaglio tecnologico nodo parete-copertura. Fonte: Studio Tonet. Disegno fuori scala.



privo di confini definiti. Tale effetto è stato reso possibile anche grazie all'inserimento di ampie superfici vetrate a tutta altezza, in sostituzione a quelle preesistenti di dimensioni ridotte, che configurano un rapporto diretto con l'esterno, contribuendo a dilatare i limiti fisici dell'abitazione. Al piano superiore si trova la zona notte, raggiungibile attraverso uno spazio soppalcato che mette in relazione il volume aperto della zona giorno con l'atmosfera più riservata delle due camere¹²².

L'intervento ha previsto la realizzazione di due ampliamenti, uno del corpo adiacente alla stalla sul lato nord e quello della vecchia cucina, l'attuale veranda (Fig.58).

Quest'ultimo si amplia sul lato sud, con una nuova copertura e ampie vetrate, che contribuiscono alla continuità visiva precedentemente descritta (Fig.59). Hanno subito delle variazioni più importanti i volumi: in particolare, il corpo centrale è stato abbassato fino a raggiungere l'altezza del volume laterale più basso (fienile), attraverso la demolizione del livello corrispondente alla soffitta, rendendo l'edificio più organico e regolare.

La ristrutturazione interna si completa con la realizzazione della nuova copertura e dei solai interpiano, interamente costruiti in legno massiccio, in continuità con i materiali originari. Il pavimento è rivestito con listoni in legno di rovere, mentre i soffitti sono in legno di abete lasciati al naturale. Le pareti interne, dove non è stato mantenuto a vista il paramento in pietra originale, sono finite con intonaco tradizionale a base di calce, lasciato grezzo e rifinito manualmente con pennellature leggere, al fine di ottenere una superficie omogenea¹²³. I serramenti preesistenti sono stati interamente sostituiti con altri a triplo vetro con doppia camera. Nell'ambito degli interventi di riqualificazione energetica, una delle sfide affrontate dal progetto è stata la riduzione dei ponti termici, spesso responsabili di fenomeni di condensa superficiale e formazione di muffe, in particolare nelle strutture a contatto con il terreno. Attraverso interventi mirati, definiti in base alle analisi ad elementi finiti e realizzati con materiali ad alte prestazioni, è stato possibile garantire, durante il periodo invernale, elevate temperature superficiali interne su tutte le strutture perimetrali, assicurando così un elevato livello di comfort abitativo¹²⁴.

4.5.2. Dettagli tecnologici degli interventi sull'involucro edilizio

4.5.2.1 Ricostruzione della copertura

La copertura, come indicato in precedenza, è stata demolita e



ricostruita, mantenendo un'impostazione tradizionale con struttura portante in legno massiccio di abete. L'intervento ha previsto l'inserimento di un pacchetto isolante ad alte prestazioni, composto da pannelli in lana di roccia ad alta densità (Fig. 61), posizionata sia al di sopra dei puntoni che tra i listelli soprastanti, per garantire un'efficace protezione termica e acustica. In corrispondenza della porzione compresa tra le murature perimetrali e il pacchetto isolante principale, è stato integrato uno strato di isolamento in EPS, al fine di assicurare la continuità dell'involucro ed eliminare i ponti termici del nodo parete-copertura. La stratigrafia si completa con un tavolato grezzo di chiusura, una guaina impermeabilizzante catramata e la posa finale di coppi tradizionali in cotto (Fig.60). L'utilizzo di materiali isolanti caratterizzati da elevato spessore e massa, nella coibentazione della copertura, ha inoltre consentito di ottenere buoni risultati nello sfasamento e attenuazione del flusso termico dovuto alla radiazione solare, migliorando il comfort interno durante la stagione estiva¹²⁵ (Fig.61).

4.5.2.2. Isolamento delle pareti perimetrali



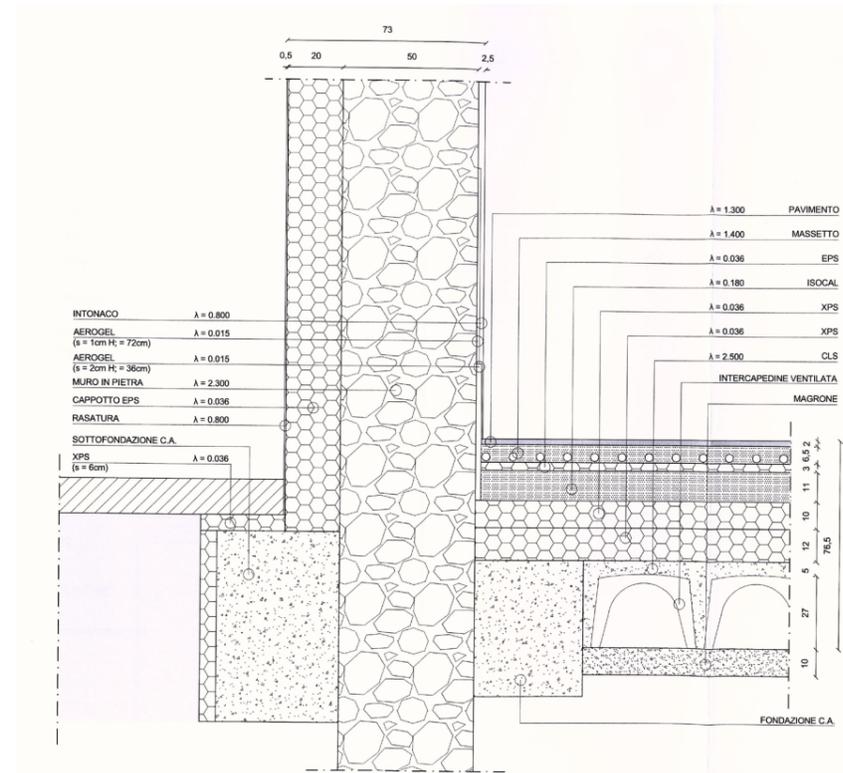
Le murature perimetrali originali in pietra "a sacco" sono state mantenute e valorizzate. Per il miglioramento delle prestazioni energetiche, si è intervenuti con l'applicazione di un cappotto esterno in EPS, rifinito con rasatura, che garantisce uniformità e protezione all'isolamento (Fig. 62).

Sul lato interno, in corrispondenza della base delle murature, è stato posizionato un pannello in aerogel (Fig.63) ad alte prestazioni, scelto per la sua elevata capacità isolante a spessore ridotto, condizione necessaria nei punti in cui era richiesta un'efficace riduzione dei ponti termici senza compromettere lo spazio interno, rifinito con intonaco.

A livello strutturale, le murature sono state interessate da interventi di consolidamento mediante sottofondazioni in calcestruzzo armato, realizzate lungo tutto il perimetro dell'edificio. Queste sono state isolate verso l'esterno con pannelli in XPS, così da limitare le dispersioni verso il terreno e contribuire al miglioramento del comportamento termo-igrometrico dell'involucro.

Figura 61 - Isolamento della copertura in lana di roccia. Fonte: Studio Tonet.
Fonte: Studio Tonet.

Figura 62 - Posa del cappotto esterno in EPS. Fonte: Studio Tonet.



4.5.2.3. Ricostruzione del solaio contro terra

Il solaio del piano terra è stato interamente ricostruito (Fig.64). La stratigrafia adottata ha previsto la realizzazione di un magrone in calcestruzzo, seguito dall'inserimento di un'intercapedine ventilata tramite igloo plastici, utile per contrastare l'umidità di risalita e migliorare la salubrità interna. Al di sopra è stato eseguito un getto di calcestruzzo, su cui sono stati posati in sequenza due strati di isolamento in XPS, un pannello Isocal e uno in EPS, al fine di assicurare un'elevata capacità isolante e la riduzione dei ponti termici verso il terreno. Il pacchetto si completa con la realizzazione di un massetto che integra l'impianto di riscaldamento a pavimento, sopra il quale è stato posato il rivestimento in listoni di legno di rovere.

4.5.2.4. Ampliamento della veranda

L'attuale veranda, originariamente sede della cucina, è stata oggetto di demolizione e successiva ricostruzione con un ampliamento in pianta. La nuova struttura (Fig.65) è realizzata in blocchi in laterizio Poroton, isolati sul lato esterno mediante cappotto in EPS e finitura a rasatura, mentre all'interno è stata rifinita con lastre in cartongesso. Nella parte a contatto con il terreno, la muratura in Poroton poggia su blocchi isolanti in Foamglas, im-

Figura 63 - Posa dei pannelli in Aerogel alla base delle murature. Fonte: Studio Tonet.
Fonte: Studio Tonet.

Figura 64 - Dettaglio tecnologico nodo parete - solaio. Fonte: Studio Tonet.
Disegno fuori scala.

piegati per mitigare gli effetti dell'umidità. La fondazione è stata isolata lateralmente con pannelli in XPS, e il pacchetto del solaio rispecchia la stratigrafia già adottata per il solaio contro terra dell'edificio principale, ad eccezione della presenza di tre strati di XPS e uno di EPS. Questa configurazione ha consentito di ottenere un ambiente termicamente efficiente. Infine, la copertura della veranda (Fig.66) è stata realizzata con una struttura portante in legno lamellare. La pendenza del tetto, pari al 20%, è ottenuta attraverso la variazione dello spessore degli strati isolanti e non tramite elementi strutturali inclinati. Il pacchetto ha previsto l'inserimento di una barriera al vapore, pannelli in XPS, intonaco isolante Isocal e una guaina ardesiata di finitura. Questa configurazione garantisce prestazioni elevate in termini di isolamento termico e impermeabilizzazione.

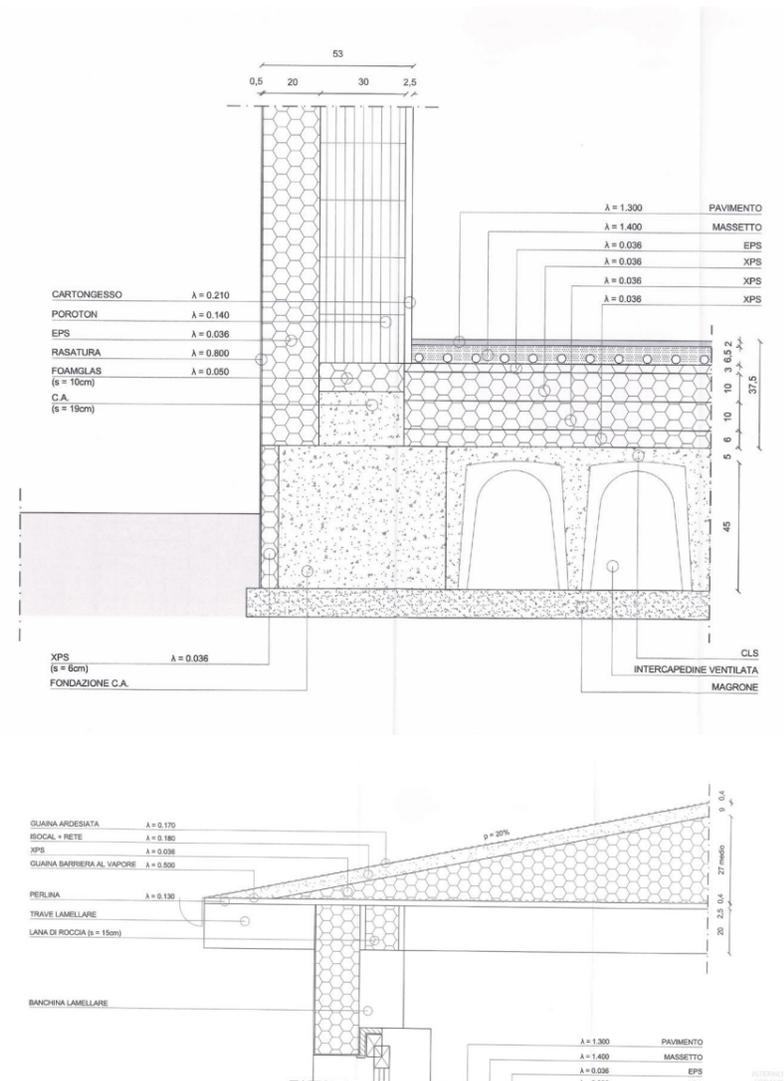


Figura 65 - Dettaglio tecnologico nodo parete-solaio veranda. Fonte: Studio Tonet. Disegno fuori scala.

Figura 66 - Dettaglio tecnologico di copertura della veranda. Fonte: Studio Tonet. Disegno fuori scala.

L'intervento di recupero edilizio di Casa Tonet è stato condotto secondo i criteri del protocollo CasaClima R, ottenendo al termine dei lavori la relativa certificazione, prima nella provincia di Gorizia¹²⁶. Gli interventi realizzati hanno consentito un significativo miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio, con il passaggio dalla classe energetica G alla classe A3. La qualità progettuale e costruttiva dell'opera è stata ulteriormente riconosciuta con la selezione dell'edificio tra i progetti finalisti del CasaClima Awards⁹ 2019, tenutosi a Bolzano, a testimonianza dell'alto livello raggiunto in termini di sostenibilità, efficienza energetica e attenzione al costruito¹²⁷.

4.5.3. Analisi energetica ante e post intervento

L'edificio, prima dell'intervento di retrofit, si collocava in classe energetica G, con un involucro edilizio privo di coibentazione e serramenti obsoleti, privi di tenuta all'aria. Le fonti energetiche utilizzate erano di tipo fossile: una caldaia a gasolio garantiva la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e l'uso per la cottura dei cibi, mentre l'energia elettrica utilizzata per gli usi domestici proveniva da fonti non rinnovabili. Infatti, il fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile, come rilevato dall'A-PE realizzato nel 2016, pari a 274,47 kWh/m² è elevato, sia in termini di dispersioni attraverso l'involucro sia per inefficienza del sistema impiantistico. Inoltre dalla stessa certificazione, emerge che l'edificio emette 54,85 kg/m² anno di CO².

L'intervento ha introdotto una trasformazione radicale dal punto di vista energetico, orientata all'eliminazione totale dei combustibili fossili e all'integrazione di soluzioni impiantistiche ad alta efficienza. In particolare attraverso l'installazione di:

- una pompa di calore aria-acqua elettrica, che copre sia la climatizzazione invernale che la produzione di acqua calda sanitaria;
- un impianto di riscaldamento a pavimento a bassa temperatura;
- un impianto di condizionatori per la climatizzazione estiva collegato a una seconda pompa di calore;
- un nuovo impianto elettrico;
- un piano a induzione a cui è stata affidata la cottura dei cibi, favorendo il passaggio all'utilizzo esclusivo di energia elettrica.

A seguito dei lavori di ristrutturazione edilizia e di riqualificazione energetica, l'APE post intervento rileva una classe energetica A3, con un fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile

⁹ I CasaClima Awards premiano i progetti che meglio interpretano l'efficienza energetica e l'edilizia sostenibile.

pari a 51,75 kWh/m², e una diminuzione delle emissioni di CO₂ a 15,68 kg/m². Un ulteriore passo in avanti in termini di sostenibilità è stato compiuto con l'installazione nella copertura del fienile, nell'aprile 2023, di un impianto fotovoltaico da 8,5 kW, integrato da una batteria di accumulo da 15 kWh. Questo intervento, realizzato alcuni anni dopo la conclusione dei lavori di recupero, ha contribuito a ridurre l'impatto ambientale complessivo dell'edificio e ad aumentare in modo significativo l'autonomia energetica dell'abitazione, tuttavia questo non è stato oggetto di ulteriori certificazioni.

4.5.4. Analisi economica

Per la realizzazione degli interventi di retrofit, i committenti hanno usufruito di due agevolazioni fiscali: il bonus ristrutturazione 50% e l'Ecobonus 65%. In particolare, hanno utilizzato gli incentivi sotto forma di detrazione dall'IRPEF delle spese sostenute per l'intervento, distribuiti in dieci rate annuali.

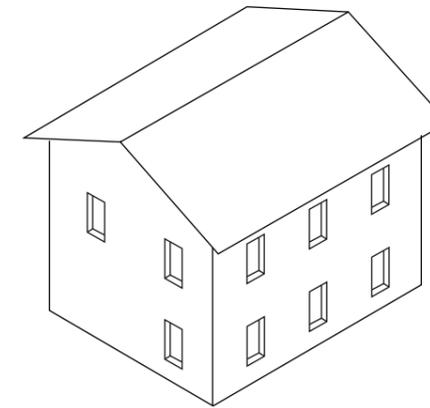
La valutazione economica ha previsto l'analisi di quattro indicatori: i consumi energetici e i relativi costi ante e post intervento, i costi di costruzione e l'analisi di compravendita.

È stato calcolato il costo di costruzione parametrico e analizzate le incidenze delle singole lavorazioni, per valutarne l'impatto e svolgere un confronto con gli altri casi applicativi.

Per valutare l'impatto dell'intervento sul prezzo di mercato, è stato svolto un confronto tra il prezzo effettivo di acquisto dell'immobile e il prezzo di una potenziale rivendita.

4.5.4.1 Stima dei consumi energetici ante intervento

Per comprendere come gli interventi abbiano influito sui consumi energetici e i relativi costi, è stato svolto un confronto ante e post lavori. Poiché l'edificio era disabitato prima dell'intervento, non sono disponibili i consumi per questo periodo. Questi sono stati stimati mediante l'utilizzo del documento TABULA, presentato nel paragrafo 4.2.



Regione / Zona climatica:

Area climatica media

Classe di epoca di costruzione:

1 (fino al 1900)

Classe di dimensione edilizia:

Casa monofamiliare

Q_{H,w,p} = 517 kWh/m²

V [m ³]	S/V [m ⁻¹]	Af,n [m ²]	Numero di appartamenti	Numero di piani climatizzati
533	0,77	139	1	2

Copertura



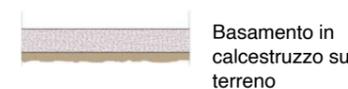
Tetto a falde con struttura a tavolato in legno

Serramenti



Vetro singolo, telaio in metallo senza taglio termico e porta in legno

Solaio inferiore



Basamento in calcestruzzo su terreno

Parete



Muratura di pietra listata con mattoni (40 cm)

Come primo passaggio della stima, è stata individuata la tipologia edilizia con le caratteristiche più affini rispetto all'edificio oggetto di studio, in questo caso specifico coincidente con classe di epoca di costruzione 1 (fino al 1900) e appartenente alla zona climatica E. (Fig. 67) Casa Tonet corrisponde alla tipologia costruttiva, fatta eccezione per la muratura perimetrale. Infatti TABULA individua una muratura di pietra listata con mattoni, invece Casa Tonet presenta una muratura in pietra.

Figura 67 - Scheda illustrativa della classe di epoca di costruzione 1. Fonte: https://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/IT_TABULA_TypologyBrochure_POLITO.pdf Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Il documento TABULA individua il fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento e ACS ($Q_{H,W,p}$) allo stato originario, ovvero 517 kWh/m² annuo. Per i calcoli però, è stato utilizzato questo dato al netto del fattore di conversione, pari a 500,25 kWh/m² annuo¹⁰. Questo valore è stato moltiplicato per la superficie utile dell'edificio, ovvero 140 m², ottenendo così il valore totale di fabbisogno annuo per l'edificio in oggetto: 70.035,00 kWh/anno. Poiché questo dato non comprende i consumi elettrici e i consumi per la cottura dei cibi, vengono considerati dei valori medi in base al numero di utenti, in questo caso tre.

Per convertire il consumo in kWh/anno in m³ di gas naturale per riscaldamento e ACS, si considera il valore totale Qtot (70.035,00 kWh/anno) in rapporto al potere calorifico inferiore del gas naturale stabilito da ARERA¹²⁸ (9,58 kWh/m³). Si ottiene dunque, un consumo di gas naturale totale pari a 7.410,54 m³/anno, che include anche il consumo per la cottura dei cibi, quantificato in 100 m³/anno¹²⁹. Questo valore è stato poi moltiplicato per il costo medio del gas nell'anno 2016¹³⁰ (anno di riferimento antecedente all'acquisto), ovvero 0,72 c€/m³, ottenendo così la spesa totale annua di gas, pari a 5.335,59 €.

Per i consumi elettrici è stato considerato un valore di riferimento fornito da ARERA in relazione al numero di utenti, ovvero 2.700 kWh¹³¹ (3-4 componenti) che moltiplicato per il costo medio dell'elettricità nell'anno di riferimento 2016¹³², ovvero 0,18 c€/kWh, comporta una spesa annua di 486,00 €.

Il totale della spesa annua stimata ante intervento è di 5.821,59 €.

Per avere una prospettiva più consolidata sui dati stimati con TABULA, si è proceduto ad una verifica integrativa attraverso i dati riportati nell'APE ante intervento, con l'obiettivo di confrontare i due risultati e valutare eventuali coerenze o discrepanze.

Di seguito i dati a confronto (Tab.5):

	Stima con TABULA	APE
QH,W,p / Epgl	500,25 kWh/m ²	275,68 kWh/m ²
Qtot	70.035,00 kWh/anno	39.559,36 kWh/anno
Consumo gas naturale totale	7.410,54 m ³ /anno ¹⁰	3.841 m ³ /anno

Confrontando i dati emerge una differenza significativa tra i dati stimati attraverso i due strumenti. Questa potrebbe derivare dal fatto che TABULA tiene conto delle condizioni originarie degli edifici, e non interventi successivi. Inoltre, considera per tale tipologia di edificio una muratura listata con mattoni e non interamente in pietra, come mostra lo stato di fatto. Entrambi gli strumenti non rilevano il consumo energetico legato alle utenze, fatta eccezione per l'elettricità legata agli impianti stimata dall'APE.

Tabella 5 – Confronto dei dati stimati con TABULA e APE. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

¹⁰ Il dato non comprende la quota elettrica in quanto trascurabile.

Nella tabella, dunque, non sono stati indicati i relativi consumi, in quanto in entrambi i casi il valore di riferimento è lo stesso fornito da ARERA, ovvero 2700 kWh/anno.

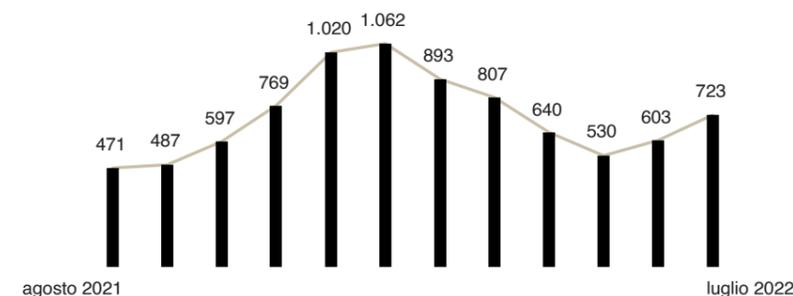
4.5.4.2. Consumi energetici post intervento e analisi dei dati

Per i consumi post intervento, forniti dai proprietari, la disponibilità dei dati comprende i consumi e i relativi costi mensili per le annualità agosto-luglio: 2021-2022, 2022-2023, 2023-2024.

In particolare, si evidenzia che nel mese di aprile 2023 è stato installato l'impianto fotovoltaico con batteria di accumulo. Dunque, è possibile osservare l'andamento dei consumi un anno prima dell'aggiunta dei pannelli fotovoltaici e un anno dopo.

Dai dati emerge un andamento crescente dei consumi nei mesi invernali, in particolare nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio. L'aumento dei consumi è compatibile con l'utilizzo del riscaldamento, è plausibile quindi che i consumi maggiori di elettricità siano dovuti a questo utilizzo specifico. Questo andamento si verifica durante tutti i tre archi temporali presi in considerazione.

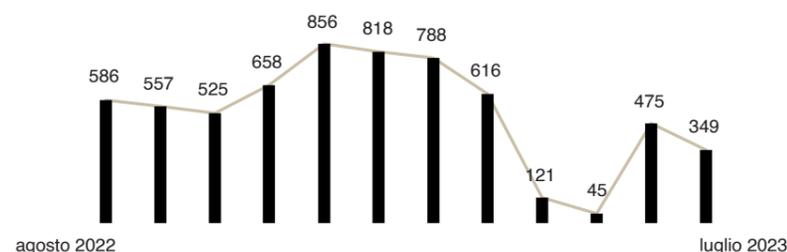
Nel primo periodo 2021-2022 i consumi totali sono stati di 8.602 kWh, per una spesa totale di 3.489,92 € (Fig.68).



Nel secondo periodo 2022-2023 i consumi totali sono stati di 6.394 kWh, per una spesa totale di 3.367,81 € (Fig.69). La spesa, è molto vicina all'anno precedente, anche con una differenza di circa 2000 kWh. Questa risulta elevata in relazione all'aumento dei prezzi dell'energia. Come anticipato, nel mese di aprile 2023 è stato installato l'impianto fotovoltaico. In questo mese e in quello successivo è stata rilevata una diminuzione rispettivamente del -81% e del -92% dei consumi in confronto all'anno precedente. Il proprietario ha dichiarato che tale riduzione deriva dallo spegnimento dell'impianto, connesso alle lavorazioni nel fienile, dove sono collocati i pannelli. Lo stesso tipo di anomalia si riscontra anche nei periodi agosto e settembre 2023, con una variazione rispettivamente del -74% e -83% per la stessa motivazione.

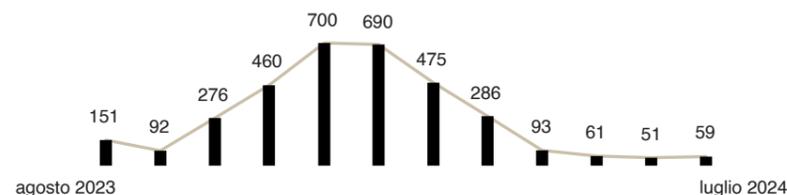
Figura 68 - Grafico dei consumi elettrici (kWh) del periodo post intervento, nel periodo agosto 2021- luglio 2022. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Figura 69 - Grafico dei consumi elettrici (kWh) del periodo post intervento, nel periodo agosto 2022- luglio 2023. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.



Nel terzo periodo 2023-2024 i consumi totali sono stati di 3394 kWh, per una spesa totale di 1449,61 € (Fig.70). Qui le anomalie nei consumi si riscontrano nei mesi di giugno e luglio 2023, giustificati dal proprietario come effettivi risparmi dovuti all'installazione del fotovoltaico.

Figura 70 - Grafico dei consumi elettrici (kWh) del periodo post intervento, nel periodo agosto 2023- luglio 2024. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.



In relazione ai consumi e ai costi delle utenze precedenti all'intervento di retrofit, stimati di: 7.4010,54 m³ di gas naturale e 2700 kWh di elettricità, per una spesa totale annua di 5.821,59 €, è possibile mettere a confronto questi dati con quelli effettivi rilevati. In particolare, l'eliminazione totale di gas naturale ha comportato un aumento dei consumi di elettricità, che risultano essere 8.602 kWh nell'anno 2021-2022, dunque prima dell'installazione del fotovoltaico. Da un punto di vista di risparmio economico, si ha un risparmio stimato del 40%, che corrisponde a 2.331,67 €. Successivamente all'installazione dell'impianto fotovoltaico nell'anno 2023-2024 il consumo è stato di 3.394 kWh, con un risparmio economico stimato rispetto al periodo antecedente ai lavori del 75%, equivalente a 4.371,98 €.

Quanto emerge dalla lettura dei consumi, evidenzia come a seguito dell'installazione dei pannelli fotovoltaici il consumo nel periodo 2023-2024 si sia ridotto del 61% rispetto al periodo 2021-2022.

Inoltre, durante lo scambio con il proprietario, sono emerse alcune considerazioni in merito al livello di comfort interno raggiunto, sottolineando in particolare l'efficacia dell'isolamento. Dal punto di vista termico nella stagione invernale, garantisce uniformità in tutte le zone dell'edificio e inoltre la dispersione di calore è molto limitata. A proposito di quest'ultima, riporta un episodio esemplificativo: durante l'assenza di due giorni, senza l'accensione del

riscaldamento, la temperatura iniziale si è abbassata di 0,8 °C. Mentre nella stagione estiva non si percepiscono picchi di calore e l'utilizzo del climatizzatore è molto limitato. Inoltre, il proprietario riferisce un buon isolamento acustico, evidente, rispetto al passato, soprattutto nella zona del sottotetto.

4.5.4.3. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento

Il costo totale dei lavori per gli interventi di retrofit da fatture, ammonta a 360.608,19 €, ovvero un costo parametrico di 2.003,34 €/m². Nel costo totale l'incidenza delle singole lavorazioni è la seguente (Tab.6):

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE	INCIDENZA SUL COSTO TOTALE
Serramenti	39.394,52 €	10,9%
Cappotto	17.600,00 €	4,9%
Pavimento legno	21.219,18 €	5,9%
Impianto elettrico	22.000,00 €	6,1%
Impianto di riscaldamento	17.973,45 €	5,0%
Impianto idrico sanitario	13.968,55 €	3,9%
Impianto fotovoltaico	27.390,00 €	7,6%
Consulenza CasaClima	3.202,50 €	0,9%
Edile	181.500,00 €	50,3%
Cucina	9.760,00 €	2,7%
Scala interna	6.600,00 €	1,8%
Totale spese	360.608,19 €	100%

Dai dati emerge che l'incidenza maggiore sui costi è relativa alle lavorazioni edili, queste infatti rappresentano la metà dei costi totali (50,3%). La seconda lavorazione con il maggior peso sui costi riguarda i serramenti (10,9%), seguita dall'installazione dell'impianto fotovoltaico (7,6%). Queste tre categorie di spesa rappresentano il 68,8% dei costi totali.

Tabella 6 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni di Casa Tonet. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

La categoria delle lavorazioni edili, attraverso l'analisi del computo metrico, può essere ulteriormente suddivisa come mostrato in tabella 7:

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE
Demolizioni, rimozioni	37.531,65 €
Conglomerati cementizi	28.015,90 €
Intonaci	10.659,00 €
Opere murarie	13.732,95 €
Impermeabilizzazioni	413,60 €
Tetti, lattonerie	57.126,30 €
Pareti divisorie	4.294,40 €
Opere da pittore	2.653,20 €
Altre voci	27.073,00 €
Totale costi edile	181.500,00 €

Al fine di comprendere la convenienza dell'investimento in relazione agli interventi di riqualificazione effettuati nell'edificio in oggetto, è stata svolta l'analisi dei costi su un orizzonte decennale, ovvero il periodo di riferimento di fruizione delle detrazioni IRPEF (2017-2026). Attraverso il calcolo del flusso netto annuo e il saldo cumulato attualizzato (tasso di attualizzazione al 3%), il Valore Attuale Netto (VAN) è pari a -190.084,34 €. Il VAN negativo evidenzia che, nel decennio di riferimento, l'investimento non raggiunge il recupero dei costi sostenuti. La previsione del ritorno dell'investimento è di circa 50 anni. La tabella di dettaglio è riportata in Allegato 1.

4.5.4.4. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione

La Casa Tonet è stata acquistata nel 2017 e comprende un terreno agricolo per un totale di 3.000 m². Nell'anno di acquisto dell'edificio, il valore di mercato fornito dall'OMI, per la zona di riferimento "Centrale/CAPOLUOGO - CENTRO ABITATO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo normale, era compreso tra 790 e 990 €/m²¹³³. Il prezzo di acquisto è stato di 140.000 €, ovvero 822 €/m², in linea con i valori di mercato nel periodo di riferimento.

Per stimare la variazione del valore di mercato dell'edificio in oggetto a seguito dell'intervento, sono stati osservati i valori relativi alla stessa zona, ma con stato conservativo ottimo, nell'anno di fine lavori, ovvero il 2018. L'OMI segnala che per la zona di ri-

ferimento "Centrale/CAPOLUOGO - CENTRO ABITATO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo ottimo, è compreso tra 1.150 e 1.400 €/m²¹³⁴.

Sulla base dei valori OMI disponibili, è possibile ipotizzare un potenziale incremento del valore di mercato dell'edificio ristrutturato rispetto alla condizione precedente. Confrontando le quotazioni relative agli stati conservativi normale e ottimo, emerge un intervallo di rivalutazione compreso tra 328 €/m² (effettivo rispetto al prezzo di acquisto) e 578 €/m², conseguente al miglioramento qualitativo dell'immobile a seguito degli interventi di riqualificazione.

Al fine di stimare il valore economico dovuto alla riqualificazione è stato calcolato il valore di trasformazione. In particolare, si ottiene un valore di trasformazione positivo, pari a 42.489,80 €, considerando un valore di mercato di 249.620,00 € (1.400 €/m²¹¹ per la superficie di 178,30 m²) e i costi di costruzione al netto delle detrazioni.

Il valore di trasformazione è stato calcolato con un metodo alternativo, a partire dalla suddivisione delle spese in un orizzonte temporale di cinque anni, concentrate in tre anni e ripartite in modo equo. In particolare si tiene conto del costo di acquisto dell'immobile, dei costi di trasformazione al netto delle detrazioni, e il prezzo dell'immobile a seguito della trasformazione attualizzati (tasso di attualizzazione al 3%). Il valore di trasformazione ottenuto è negativo, pari a -119.972,54 €, dunque l'investimento non risulta redditizio. Nell'ipotesi di una compravendita, il bene dovrebbe essere venduto a un prezzo di mercato significativamente più alto rispetto a quello indicato di 1.400 €/m².

Tabella 7 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni edili di Casa Tonet. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

¹¹ Valore massimo del range dei prezzi di mercato.



Figure 71-72 - Fronte principale e fronte interno allo stato pre intervento (in alto). Diritti fotografici: Studio Follow the Architect

Figura 73 - Fronte principale allo stato post intervento (al centro). Diritti fotografici: Alessandro Guida

Figure 74-75 - Fronte retrostante con nuovo ampliamento (in basso). Diritti fotografici: Alessandro Guida

4.6. Casa Caligaris

La Casa Caligaris è situata a Torino, ed è una villa eclettica realizzata nel 1913 in adiacenza alla sua villa gemella. L'edificio, libero su tre lati, presenta due zone verdi: una sul fronte strada e una sul fronte opposto, collegate da un passaggio laterale che in origine ospitava l'accesso principale all'abitazione.

Al momento dell'acquisto, nel 2016, l'edificio era disabitato e si trovava in uno stato di conservazione complessivamente scarso e non abitabile, con la necessità di interventi mirati al consolidamento statico della struttura e delle volte esistenti, all'efficientamento energetico (Classe Energetica G) e a una nuova distribuzione interna progettata sulle esigenze della famiglia.

Il progetto di *retrofit* ha come obiettivo la riorganizzazione e l'ampliamento degli spazi abitativi, adeguandoli alle esigenze di una famiglia di cinque persone. Il progetto si propone di capovolgere la distribuzione degli ambienti precedentemente descritta, per favorire una connessione diretta tra la zona giorno e il giardino privato.

La casa è caratterizzata da tre piani fuori terra e da uno interrato. Allo stato di fatto il piano terra ospita i locali principali e di servizio. La distribuzione della zona giorno privilegia la facciata principale, verso la strada, valorizzata da grandi aperture e decorazioni. Al contrario, la facciata posteriore accoglie il corpo scala e i locali di servizio, assumendo dunque un ruolo marginale nel complesso architettonico (Fig.72). Al piano primo sono collocati i servizi e la zona notte, infine al piano successivo è presente un sottotetto¹³⁵. L'edificio, è costituito da una struttura portante in laterizio e da una copertura lignea.

4.6.1. Il progetto di *retrofit*

L'obiettivo progettuale è stato perseguito mediante lo spostamento del collegamento verticale al centro della pianta, che si sviluppa per i quattro piani ed è illuminato da un lucernario zenitale, che consente l'illuminazione naturale al centro della casa. Come conseguenza alla nuova impostazione degli spazi, è stato modificato anche l'accesso principale: inizialmente collocato sul lato libero ad est, ora si trova sulla facciata principale (Fig. 73), collegato con il livello strada attraverso una scala di accesso di nuova costruzione, realizzata in lamiera di acciaio, con pedate in getto di riempimento in calcestruzzo liscio a spolvero di quarzo. In questo modo il passaggio che connette le due zone verdi è completamente libero¹³⁶. (Fig.77) È stata progettata una riorganizzazione interna anche per i piani superiori: in entrambi sono state previste due camere e i servizi (Fig.78).

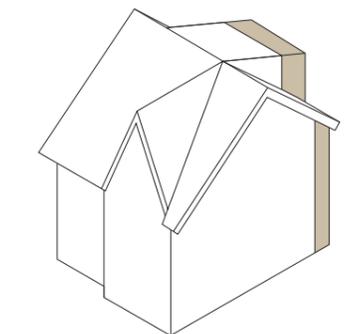
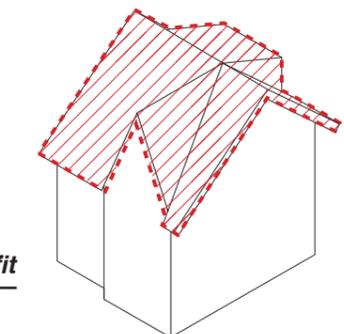
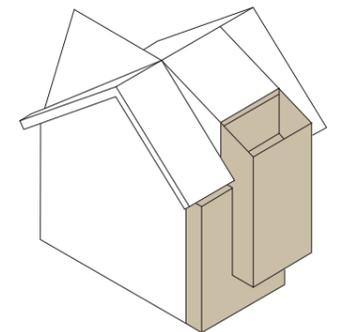
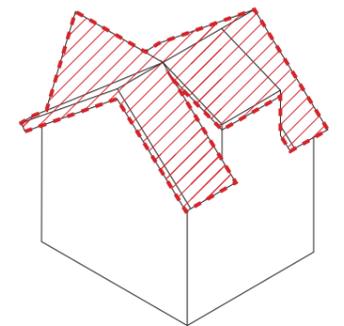
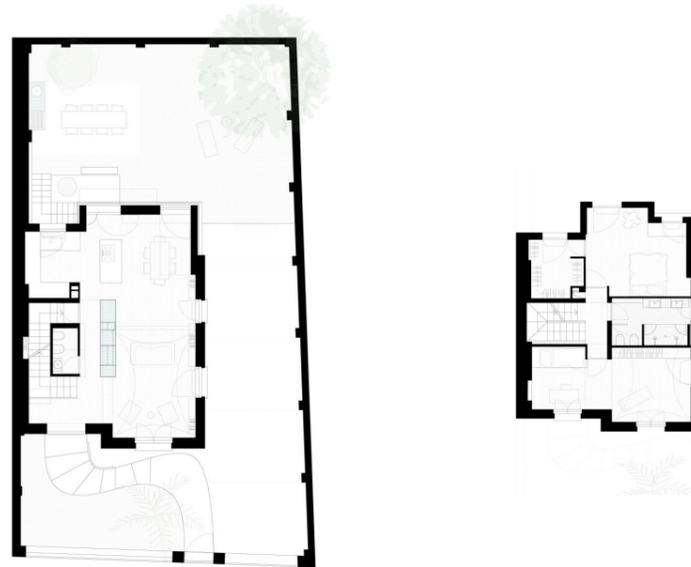


Figura 76 - Schemi volumetrici ante e post intervento di Casa Caligaris. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.



L'intervento ha previsto inoltre la realizzazione di due ampliamenti. Uno riguarda la facciata nord che avanza verso il giardino privato, estendendo gli spazi del piano terra. Il secondo relativo all'aggiunta di un nuovo volume ai piani superiori, che si raccorda con l'abbaino esistente, e crea un unico profilo con il terrazzo del piano sottotetto e l'ampliamento del piano primo¹³⁷. I due ampliamenti sono chiaramente distinguibili nel prospetto: presentano infatti differente sistema costruttivo (caratterizzato dall'impiego di facciate ventilate) e materiali rispetto alla preesistenza. Per quanto riguarda gli interventi sulla struttura in laterizio, questa è stata interamente mantenuta, ad eccezione della porzione di muratura e dei solai coinvolti nell'intervento di ampliamento. La struttura in legno della copertura è stata ricostruita, a causa della sezione di dimensioni limitate del legno, che non avrebbe consentito l'inserimento della coibentazione.

Figura 77 - Pianta del piano terra, post intervento. Fonte: Studio Follow the Architect. Disegno fuori scala.

Figura 78 - Pianta del piano primo, post intervento. Fonte: Studio Follow the Architect. Disegno fuori scala.

La sezione trasversale cielo-terra in figura (Fig.79), offre una visione complessiva delle stratigrafie e delle soluzioni di riqualificazione adottate sull'edificio.

La struttura della copertura è stata ricostruita con l'utilizzo di travi in legno lamellare, sulle quali è stato posato un tavolato ligneo. Sopra quest'ultimo è stato installato un pannello monolitico in schiuma poliuretanica rigida a celle chiuse, in grado di assolvere sia alla funzione portante sia a quella termoisolante. Il pacchetto di copertura si completa con un manto in tegole di gres fine porcellanato, materiale particolarmente resistente agli agenti atmosferici. All'intradosso delle travi lamellari è stato posto un controsoffitto in lastre di cartongesso a completamento, mentre all'intradosso del tavolato sono stati fissati meccanicamente dei pannelli isolanti in lana di legno mineralizzata, con l'obiettivo di migliorare le prestazioni termiche e acustiche dell'involucro.

La muratura portante esistente in mattoni pieni in laterizio, è stata isolata con un cappotto interno in lastre di polistirene espanso estruso a celle chiuse, abbinato ad una controparete a lastra doppia di cartongesso, montati su listelli di abete.

Tutti i serramenti esterni in legno sono stati sostituiti, con nuovi infissi a taglio termico in acciaio zincato. Questi sono stati abbinati a controtelai termoisolanti, sagomati per le porzioni centinate, realizzati in legno multistrato fenolico per garantire stabilità e durabilità, e completati con un profilo in acciaio zincato nella zona di battuta. L'intervento sugli infissi è stato completato con l'inserimento di persiane in legno con chiusura a pacchetto. Per eliminare i ponti termici in corrispondenza del serramento, il materiale isolante è stato posizionato in continuità con l'isolamento della muratura e al di sotto del davanzale (esistente in pietra di Luserna). Questo accorgimento garantisce la continuità del pacchetto isolante e migliora le prestazioni termiche dell'intero nodo finestra.

A livello strutturale, l'edificio ha subito interventi di consolidamento statico delle volte e delle fondazioni. Le volte, poste a copertura di due ambienti, uno al piano terra e uno al piano primo, sono state rinforzate attraverso la realizzazione di cordoli in corrispondenza delle imposte, un getto collaborante in calcestruzzo strutturale leggero premiscelato sulla superficie voltata e un getto di riempimento in conglomerato cementizio a base di argilla espansa.

Infine, per l'involucro in corrispondenza della facciata verso il

Figura 79 - Sezione trasversale di dettaglio 1. Fonte: Studio Follow the Architect. Disegno fuori scala.

giardino privato relativo all'ampliamento, è stato adottato un sistema che integra un infisso ad alte prestazioni, con una facciata ventilata in legno termotrattato. La facciata ventilata è apribile ed è realizzata con profili di acciaio zincato, a cui sono stati fissati listelli di Okumè termotrattato. Questa funge da schermatura mobile, consentendo simultaneamente riservatezza e permeabilità visiva (Figg.74-75).

Le due aree verdi della casa sono state valorizzate con soluzioni progettuali differenti. Il giardino sul retro sistemato a prato, è pensato come estensione del soggiorno all'aperto. Questo è collegato alla zona giorno attraverso una piattaforma in cemento. Sul fronte opposto invece, il nuovo accesso all'edificio viene separato dalla strada attraverso un filtro di vegetazione.

4.6.2.2 Sezione 2

La sezione trasversale cielo-terra (Fig. 80), anche in questo caso offre una visione complessiva delle stratigrafie e delle soluzioni adottate, evidenziando il secondo volume di ampliamento ai piani superiori e i solai di nuova costruzione ad esso legati.

Come detto in precedenza, i solai originali sono stati mantenuti in corrispondenza delle volte, mentre quelli interessati dalle demolizioni, sono stati interamente ricostruiti. I nuovi solai si innestano su quelli esistenti, con una struttura in calcestruzzo armato, sul quale si posa il pannello bugnato a pavimento per l'inserimento del riscaldamento radiante. I pavimenti sono rivestiti con un parquet prefinito in listelli di rovere a finitura opaca.

Il nuovo volume si integra con l'abbaino preesistente, e collega il terrazzo del sottotetto con l'ampliamento al piano primo. È caratterizzato da una muratura in blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato e isolato esternamente da pannelli isolanti in polistirene espanso estruso a celle chiuse. A finitura del volume, è stato adottato un sistema di facciata ventilata in lastre di cemento rinforzato con fibre di vetro, montato su profili di aggancio invisibili in alluminio estruso.

La sezione mostra il terrazzo del piano mansardato, costituito da un solaio isolato con pannelli in polistirene espanso estruso a celle chiuse e da un massetto di pendenze in calcestruzzo e malta cementizia impermeabilizzante. Infine è stato inserito un pavimento galleggiante in lastre di gres fine porcellanato tipo Caesar travertino, posato su supporti regolabili in plastica. Il parapetto del terrazzo è realizzato in profili e tubi quadri di acciaio, fissati alla struttura mediante tasselli chimici.

La copertura dell'ampliamento è differente dalla copertura del resto dell'edificio, poiché è caratterizzata da un solaio inclinato in pannelli di legno. Verso l'interno, il solaio è isolato con pannelli

in polistirene e in lana di legno mineralizzata, fissati meccanicamente all'intradosso del solaio in legno. Infine, il soffitto è rifinito con un controsoffitto in lastre di cartongesso. Il pacchetto esternamente è completato da una doppia guaina armata in bitume polimero, che garantisce l'impermeabilizzazione della copertura, e da un manto di copertura costituito da lastre in cemento rinforzato con fibre di vetro, posate su sottostruttura in alluminio estruso con fissaggio invisibile.

Il progetto di casa Caligaris ha vinto il premio IN/ARCHITETTURA 2023 per il Piemonte e la Valle d'Aosta per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente. Ha ricevuto inoltre la menzione d'Onore per la migliore opera di restauro del premio internazionale Carlottaarchitettura 2024¹³⁸.

Figura 80 - Sezione trasversale di dettaglio 2. Fonte: Studio Follow the architect. Disegno fuori scala.

SCALINATA IN LAMIERA DI RAME Ø10MM
 TRAVE IN LEGNO LAMELLARE, DIM. 10X16CM (VEDI TAV. ST.05)
 MURATURA PORTANTE ESISTENTE IN LATERIZIO
 TRAVE DI COLMO IN LEGNO LAMELLARE, DIM. 20X20CM (VEDI TAV. ST.05)
 CONTROSOFFITTO IN LASTRE DI CARTONGESSO TIPO GYPROC HYDRIO 13 - SP. 12,8MM
 CONTROLLAIO A TAGLIO TERMICO PER PORZIONI CENTINTE IN MULTISTRATO FENOLICO CON BATTERIE IN PIATTOLI ACCIAIO ZINCATO
 SERRAMENTO ESTERNO A TAGLIO TERMICO IN ACCIAIO ZINCATO VERNICIATO A FUOCO CON POLIURETANICI EPIDISSOLUCI (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 DAVANZALE ESTERNO ESISTENTE IN PIETRA DI LUSSERNA
 DAVANZALE INTERNO IN TAVOLE DI LEGNO MASSELLO DI ROVERE SP. 3CM
 CAPPOTTI TERMICI PER SERRAMENTI E SERRAMENTI MATTONI PIENA PARETE DA CALORE SP. 8CM - SERRAMENTI SPANDIOPAC (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 DAVANZALE INTERNO IN TAVOLE DI LEGNO MASSELLO DI ROVERE SP. 3CM
 CORDOLO DI CONSOLIDAMENTO VOLTE ESISTENTI IN C.A. - DIM. 20X20CM (VEDI TAV. ST.05)
 CONSOLIDAMENTO VOLTE CON GETTO COLLABORANTE IN CALCESTRUZZO STRUTTURALE LEGGERO PREMISCELATO TIPO C18A CLS 1800 F. ARME DI ARRELA EFFRAZIONE DROREPULLENTE CON RETE ELETTROSALDATA 1X15CM SP. 3MM (VEDI TAV. ST.05)
 CONTROLLAIO A TAGLIO TERMICO PER PORZIONI CENTINTE IN MULTISTRATO FENOLICO CON BATTERIE IN PIATTOLI ACCIAIO ZINCATO
 SERRAMENTO ESTERNO A TAGLIO TERMICO IN ACCIAIO ZINCATO VERNICIATO A FUOCO CON POLIURETANICI EPIDISSOLUCI (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 PERSIANE IN LEGNO CON CHIAVURA A RACCORDO DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 DAVANZALE INTERNO IN TAVOLE DI LEGNO MASSELLO DI ROVERE SP. 3CM
 DAVANZALE ESTERNO ESISTENTE IN PIETRA DI LUSSERNA
 SERRAMENTO ESTERNO A TAGLIO TERMICO IN ACCIAIO ZINCATO VERNICIATO A FUOCO CON POLIURETANICI EPIDISSOLUCI (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 PERSIANE IN LEGNO CON CHIAVURA A RACCORDO DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 MURATURA INTERNA STONACATA, SABBATA E STABILIZZATE CON VERNICO ALL'ACQUA - COL. BIANCO
 PAVIMENTO IN TUBI DI ACCIAIO Ø30MM SALDATO ALLA STRUTTURA DELLA SCALA (VEDI TAV. AA.03)
 NUOVO PORTONCINO DI INGRESSO IN PROFILATO DI ACCIAIO DA REALIZZARE SU DISORDO
 DAVANZALE INTERNO IN TAVOLE DI LEGNO MASSELLO DI ROVERE SP. 3CM
 DAVANZALE ESTERNO ESISTENTE IN PIETRA DI LUSSERNA
 CONTROLLAIO A TAGLIO TERMICO TIPO "ISOPOS" COSTITUITO DA TELAIO IN MULTISTRATO FENOLICO CON BATTERIE PIATTO DA 20 IN PVC
 SERRAMENTO ESTERNO A TAGLIO TERMICO IN ACCIAIO ZINCATO VERNICIATO A FUOCO CON POLIURETANICI EPIDISSOLUCI (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 PAVIMENTAZIONE IN CLS LUCIDATO A SPALMARE DI QUARZO DELIMITATO DA LAME DI ACCIAIO ZINCATO



MANTO DI COPERTURA IN TESSILE IN GRESE FINE PORCELLANATO TIPO ANDOGRES - DIM. 40X40CM COL. BICO ANDREA
 PANNELLO MONOLITICO PORTANTE ED ISOLANTE TIPO BOTELE - REALIZZATO CON SCHIUMA POLIURETANICA RIGIDA A CELLE CHIUSE - SP. 10MM, DENSITÀ 38 KG/MC TAVOLATO IN LEGNO - SP. 3CM
 PANNELLO ISOLANTE IN LANA DI LEGNO MINERALIZZATA TIPO CELEST - SP. 40MM FISSATO MECCANICAMENTE ALL'INTRADOSO DEL TAVOLATO
 CONTROSOFFITTO IN LASTRE DI CARTONGESSO TIPO GYPROC HARTOBI ACTIVAR - SP. 12,8MM FISSATO ALL'INTRADOSO DELLE TRAVI IN LEGNO LAMELLARE
 TRAVE IN LEGNO LAMELLARE, DIM. 20X20CM (VEDI TAV. ST.05)
 GRONDA IN LAMIERA DI RAME Ø10MM
 PANNELLO ISOLANTE IN POLIURETANO ESPANSO ESTRUSO A CELLE CHIUSE TIPO SOVER KPS-BT - SP. 10CM
 CANALE DI GRONDA IN CLS - MULTICOMPONENTE IMPERMEABILIZZANTE MONOCOMPONENTE TIPO TORIGLER ANTO FLEX IK
 CORDOLO IN C.A. - DIM. 20X20CM (VEDI TAV. ST.05)
 MASSETTO DI PENDENZE IN CLS SP. 3CM MIN. CON RETE ELETTROSALDATA DIM. 20X20CM Ø 3MM + MALTA COMBACIATA IMPERMEABILIZZANTE MONOCOMPONENTE TIPO TORIGLER ANTO FLEX IK
 PANNELLO ISOLANTE IN POLIURETANO ESPANSO ESTRUSO A CELLE CHIUSE TIPO SOVER KPS-BT - SP. 3CM
 MURATURA IN C.A. FACCIATA A VISTA
 TENDA A DOPPIO RULLO SCORRIANTE
 CONTROLLAIO A TAGLIO TERMICO TIPO "ISOPOS" COSTITUITO DA TELAIO IN MULTISTRATO FENOLICO CON BATTERIE PIATTO DA 20 IN PVC
 CONTROSOFFITTO IN LASTRE DI CARTONGESSO TIPO GYPROC HYDRIO 13 - SP. 12,8MM
 SERRAMENTO ESTERNO A TAGLIO TERMICO IN ACCIAIO ZINCATO VERNICIATO A FUOCO CON POLIURETANICI EPIDISSOLUCI (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 DAVANZALE INTERNO IN LAMIERA DI ACCIAIO VERNICIATA A POLIURETANICI EPIDISSOLUCI SP. 8MM
 CONTROLLAIO A TAGLIO TERMICO TIPO "ISOPOS" COSTITUITO DA TELAIO IN MULTISTRATO FENOLICO CON BATTERIE PIATTO DA 20 IN PVC
 CONTROLLAIO A TAGLIO TERMICO TIPO "ISOPOS" COSTITUITO DA TELAIO IN MULTISTRATO FENOLICO CON BATTERIE PIATTO DA 20 IN PVC
 MURATURA IN C.A. FACCIATA A VISTA SU ENTRAMBE LE FACCIATE
 PANNELLO DI TAMPONAMENTO IN TAVOLE DI LEGNO TRATTATE A FUOCO
 FACCIATA VENTILATA APRIBILE IN PROFILATO IN ACCIAIO ZINCATO + VETRI DI CRONE TRATTATE A FUOCO DIM. 42X42CM
 CONTROSOFFITTO IN LASTRE DI CARTONGESSO TIPO GYPROC HARTOBI ACTIVAR - SP. 12,8MM
 SERRAMENTO ESTERNO A TAGLIO TERMICO IN ACCIAIO ZINCATO VERNICIATO A FUOCO CON POLIURETANICI EPIDISSOLUCI (COL. RA) TIPO "BECO EBE 85" CON FERRAMENTA A NASTRO ANTEFFRAZIONE RESISTENZA ALL'EFFRAZIONE (IN)20 + VETRI 32,19X65,2 E 3 E DIM. E DETTAGLI VEDI TAV. AA.16
 GRADINO PREFABBRICATO A RE D'OPERA IN CLS ARMATO DECAPATO
 PIEDANA IN PROFILATO DI ACCIAIO A SPALMARE DI QUARZO COME PAVIMENTO
 TERRE VEGETALE 20CM
 STRATO DRENANTE IN LAMIERA

4.6.3. Analisi energetica ante e post intervento

L'edificio, prima dell'intervento di *retrofit*, si collocava in classe energetica G, con involucro edilizio non isolato e serramenti obsoleti privi di tenuta all'aria. La principale fonte energetica in uso era una caldaia a gasolio, che garantiva la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e la cottura dei cibi. Il fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile rilevato dall'APE realizzato nel 2015, era pari a 403,62 kWh/m² anno. Dalla stessa certificazione emerge anche l'impatto in termini di emissioni di CO₂ dell'edificio, equivalenti a 20,19 kg/m³ anno.

Nell'anno di acquisto, nel 2016, è stata sostituita la caldaia a gasolio con una caldaia a gas a condensazione, attualmente in uso. A seguito dell'intervento, le fonti energetiche dell'edificio sono attualmente affidate a:

- una pompa di calore ad alto rendimento per la produzione di acqua calda sanitaria e raffrescamento estivo;
- un impianto di riscaldamento a pavimento a bassa temperatura;
- gas naturale, utilizzato esclusivamente per il riscaldamento dell'edificio;
- un piano a induzione per la cottura dei cibi.

L'APE post intervento indica il raggiungimento della classe energetica A1, con un fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile pari a 62,64 kWh/m² e una diminuzione delle emissioni di CO₂ a 12,55 kg/m².

Durante la fase di progettazione, è stata valutata la possibilità di installare un impianto fotovoltaico, ma per la mancanza di agevolazioni al momento dei lavori e per la complessità dovuta alla tipologia della copertura, è stato deciso di non proseguire con l'inserimento dell'impianto.

4.6.4. Analisi economica

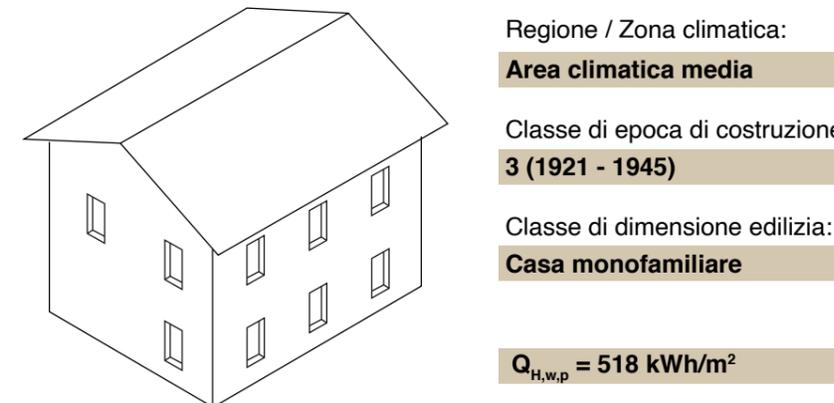
Per la realizzazione degli interventi di retrofit, i committenti hanno usufruito di due agevolazioni fiscali: il bonus ristrutturazione 50% e l'Ecobonus 65%. In particolare, hanno utilizzato gli incentivi sotto forma di detrazione dall'IRPEF delle spese sostenute per l'intervento, distribuiti in dieci rate annuali.

Anche per Casa Caligaris, come nel caso studio precedente, è stata effettuata una stima relativa ai consumi e ai costi ante intervento, attraverso l'utilizzo del documento TABULA. La mancata

disponibilità dei dati è dovuta al fatto che l'edificio era disabitato.

4.6.4.1. Stima dei consumi energetici ante intervento

L'edificio appartiene alla classe di epoca di costruzione 2 (1901-1920) e si colloca in zona climatica E. Tuttavia, si è scelto di inquadrarlo all'interno della classe 3 (1921-1945) poiché rispecchia in modo più preciso la tipologia costruttiva dell'edificio (Fig. 81). L'unica differenza risiede nella tipologia di impianto: TABULA prevede una caldaia a gas per il riscaldamento e la produzione di ACS, mentre in Casa Caligaris era presente una caldaia a gasolio.



V [m ³]	S/V [m ⁻¹]	Af,n [m ²]	Numero di appartamenti	Numero di piani climatizzati
455	0,81	116	1	2

Copertura



Serramenti



Solaio inferiore



Parete



Figura 81 - Scheda illustrativa della classe di epoca di costruzione 3. Fonte: https://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/IT_TABULA_TypologyBrochure_POLITO.pdf Rielaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Il documento TABULA individua il fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento e ACS ($Q_{H,W,p}$) allo stato originario, in questo caso corrisponde a 518 kWh/m² annuo. Per i calcoli però, è stato utilizzato questo dato al netto del fattore di conversione, pari a 507,88 kWh/m² annuo¹². Questo valore è stato moltiplicato per la superficie utile dell'edificio, ovvero 146 m², ottenendo così il valore totale di fabbisogno annuo per l'edificio in oggetto: 74.150,48 kWh/anno. Poiché questo dato non comprende i consumi elettrici e i consumi per la cottura dei cibi, vengono considerati dei valori medi in base al numero di utenti, in questo caso cinque.

Per convertire il consumo in kWh/anno in m³ di gas naturale per riscaldamento e ACS, si considera il valore totale Qtot (74.150,48 kWh/anno) in rapporto al potere calorifico inferiore del gas naturale stabilito da ARERA¹³⁹ (9,58 kWh/m³). Si ottiene dunque, un consumo di gas naturale totale pari a 7.840,13 m³/anno, che include anche il consumo per la cottura dei cibi, quantificato in 100 m³/anno¹⁴⁰. Questo valore è stato poi moltiplicato per il costo medio del gas nell'anno 2015¹⁴¹ (anno di riferimento antecedente all'acquisto), ovvero 0,79 c€/m³, ottenendo così la spesa totale annua di gas, pari a 6.193,71 €.

Per i consumi elettrici è stato considerato un valore di riferimento fornito da ARERA in relazione al numero di utenti, ovvero 4.000 kWh¹⁴² (oltre 4 componenti) che moltiplicato per il costo medio dell'elettricità nell'anno di riferimento 2015¹⁴³, ovvero 0,19 c€/kWh, comporta una spesa annua di 760,00 €.

Il totale della spesa annua stimata ante intervento è di 6.953,71 €.

Anche in questa analisi si è proceduto ad una verifica integrativa attraverso i dati riportati nell'APE ante intervento, con l'obiettivo di confrontare i due risultati e valutare eventuali coerenze o discrepanze.

Di seguito i dati a confronto:

	Stima con TABULA	APE
QH,W,p / Epgl	507,88 kWh/m ²	403,62 kWh/m ²
Qtot	74.150,48 kWh/anno	58.896,23 kWh/anno
Consumo gas naturale totale	7.840,13 m ³ /anno ¹²	Non fornito

Confrontando le stime dei due strumenti, emerge una differenza tra i dati. Questa può essere giustificata dal fatto che l'APE, redatto prima del 1° ottobre 2015¹⁴⁴, secondo la normativa allora vigente, considerava esclusivamente il fabbisogno per il riscaldamento invernale, mentre TABULA fornisce valori complessivi che includono anche la produzione di ACS. Inoltre non vengono indicati consumi annui di gas naturale per la medesima motiva-

Tabella 8 – Confronto dei dati stimati con TABULA e APE. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

¹² Il dato non comprende la quota elettrica in quanto trascurabile.

zione, dunque non è stato possibile effettuare un confronto specifico del suddetto consumo.

4.6.4.2. Consumi energetici post intervento e analisi dei dati

Per i consumi post intervento, forniti dai proprietari, la disponibilità dei dati comprende i consumi mensili di gas naturale per gli anni: 2020, 2021, 2022, 2023 e 2024. Per i consumi dell'elettricità, i dati disponibili riguardano gli anni: 2022, 2023 e 2024. In entrambi i casi non si ha disponibilità dei relativi costi a carico dell'utente, quindi sono stati stimati a partire dai dati trimestrali forniti da ARERA¹³.

Dall'andamento dei consumi del gas naturale, legato esclusivamente al riscaldamento dell'edificio, si nota come questi siano concentrati nei mesi invernali, scendendo gradualmente fino ad azzerarsi nei mesi estivi. Il consumo totale annuo di gas naturale oscilla tra i 1.167 e i 1.506 Smc. Nello specifico 1.291 Smc nel 2020 (spesa stimata 864,97 €), 1.506 Smc nel 2021 (spesa stimata 1.219,86 €), 1.167 Smc nel 2022 (spesa stimata 1.120,32 €), 1.195 Smc nel 2023 (spesa stimata 615,27 €), e 1.207 Smc nel 2024 (spesa stimata 751,43 €). (Fig. 82)

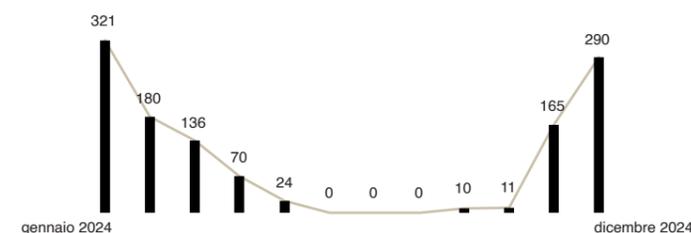


Figura 82 - Grafico dei consumi post intervento di gas naturale, nel periodo 2024. È stato scelto solo un anno di riferimento, in quanto l'andamento nei diversi anni è coerente. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Dal confronto dei consumi stimati ante ed effettivi post intervento, relativi al gas naturale, emerge una riduzione che negli anni di riferimento varia tra l'81% e l'85%. A livello economico, il risparmio stimato negli stessi periodi è compreso tra 4.699,95 € e 5.758,44 €.

I consumi di energia elettrica nell'anno 2022 sono stati pari a 5.645 kWh (spesa stimata 2.709,60 €), nel 2023 a 4.844 kWh (spesa stimata 1.550,08 €) e nel 2024 a 5.373 kWh (spesa stimata 1.680,66 €). (Fig.83)

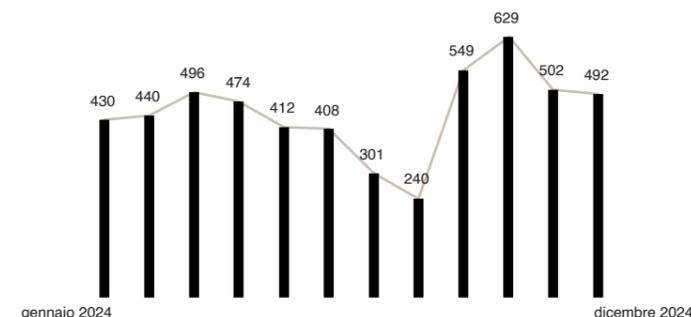


Figura 83 - Grafico dei consumi post intervento di elettricità, nel periodo 2024. È stato scelto solo un anno di riferimento, in quanto l'andamento nei diversi anni è coerente. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

¹³ I seguenti dati sono relativi alla famiglia tipo.

Questi valori si scostano in modo significativo rispetto al fabbisogno annuo previsto da ARERA, pari a 4.000 kWh per una famiglia con oltre quattro componenti. L'aumento del fabbisogno energetico è dovuto alla sostituzione degli impianti alimentati a gas naturale per la produzione di acqua calda sanitaria e la cottura dei cibi con sistemi elettrici, e all'aggiunta della climatizzazione estiva introdotta durante la riqualificazione. Questo si traduce in un aumento, nei tre anni, rispettivamente del 41%, 21% e 34%. A livello economico, l'aumento dei costi equivale a 1.949,60 €, 790,08 € e 920,66 €.

A seguito dell'analisi dei dati, si evidenzia quindi, che l'aumento del consumo e dei costi dell'energia elettrica sono compensati dall'abbattimento di quelli relativi al gas naturale.

4.6.4.3. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento

Il costo totale dei lavori per gli interventi di retrofit, ammonta a 414.786,20 €, ovvero un costo parametrico di 2.042,68 €/m². Nel costo totale l'incidenza delle singole lavorazioni è la seguente:

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE	INCIDENZA SUL COSTO TOTALE
Serramenti	44.000,00 €	11,1%
Cappotto	4.895,40 €	1,2%
Pavimento legno	30.631,68 €	7,7%
Impianto elettrico	38.500,00 €	9,7%
Impianto di riscaldamento	35.200,00 €	8,9%
Impianto idrico sanitario	8.800,00 €	2,2%
Opere di falegnameria	55.000,00 €	13,9%
Opere esterne	15.606,11 €	3,9%
Edile	147.180,94 €	37,1%
Altre voci	34.972,08 €	8,8%
Totale spese	414.786,20 €	100%

Dai dati emerge che l'incidenza maggiore sui costi è relativa alle lavorazioni edili, queste infatti rappresentano più di 1/3 dei costi totali (37,1 %). La seconda lavorazione con il maggior peso sui costi riguarda le opere di falegnameria (13,9 %), seguita dai serramenti (11,1 %). Queste tre categorie di spesa rappresentano il 62,1 % dei costi totali. Seguono poi gli impianti elettrico e termico (18,6% in totale).

Tabella 9 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni di Casa Caligaris. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

La categoria delle lavorazioni edili può essere ulteriormente suddivisa in:

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE
Demolizioni, rimozioni	28.707,22 €
Conglomerati cementizi	49.477,16 €
Assistenze edili	6.527,19 €
Opere murarie	4.895,40 €
Impermeabilizzazioni	1.268,19 €
Tetti, lattonerie	22.747,62 €
Pareti divisorie	12.442,45 €
Opere metalliche	5.170,32 €
Totale costi edile	147.180,94 €

Al fine di comprendere la convenienza dell'investimento in relazione agli interventi di riqualificazione effettuati nell'edificio in oggetto, è stata svolta l'analisi dei costi su un orizzonte decennale, ovvero il periodo di riferimento di fruizione delle detrazioni IRPEF (2017-2026). Attraverso il calcolo del flusso netto annuo e il saldo cumulato attualizzato (tasso di attualizzazione al 3%), il Valore Attuale Netto (VAN) è pari a -243.349,33 €. Il VAN negativo evidenzia che, nel decennio di riferimento, l'investimento non raggiunge il recupero dei costi sostenuti. La previsione del ritorno dell'investimento è di circa 63 anni. La tabella di dettaglio è riportata in Allegato 2.

4.6.4.4. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione

La Casa Caligaris è stata acquistata nel 2016. Nell'anno di acquisto dell'edificio, il valore di mercato per la zona di riferimento "Semicentrale/SAN DONATO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo normale, era compreso tra 1.350 e 2.100 €/m² ¹⁴⁵. Il prezzo di acquisto è stato di 280.000 €, ovvero 1379 €/m², in linea con i valori di mercato nel periodo di riferimento. L'OMI per questa zona specifica non fornisce i prezzi di mercato per lo stato di conservazione ottimo. Dunque, per i calcoli relativi al valore di trasformazione, sono utilizzati i valori relativi allo stato conservativo normale nell'anno di fine lavori, ovvero il 2018. Per la zona di riferimento "Semicentrale/SAN DONATO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo normale, è compreso tra 1.300 e 1.900 €/m² ¹⁴⁶.

Al fine di stimare il valore economico dovuto alla riqualificazione è stato calcolato il valore di trasformazione. In particolare, si ottiene un valore di trasformazione positivo, pari a 118.913,80 €,

Tabella 10 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni edili di Casa Caligaris. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

considerando un valore di mercato di 385.700,0 € (1.900 €/m² ¹⁴ per la superficie di 203 m²) e i costi di costruzione al netto delle detrazioni.

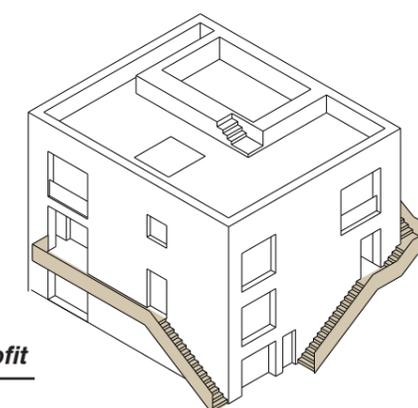
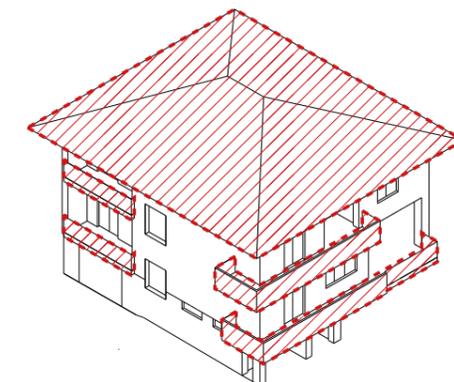
Il valore di trasformazione è stato calcolato con un metodo alternativo, a partire dalla suddivisione delle spese in un orizzonte temporale di cinque anni, concentrate in tre anni e ripartite in modo equo. In particolare si tiene conto del costo di acquisto dell'immobile, dei costi di trasformazione al netto delle detrazioni e il prezzo dell'immobile a seguito della trasformazione attualizzati (tasso di attualizzazione al 3%). Il valore di trasformazione ottenuto è negativo, pari a -198.836,62 €, dunque l'investimento non risulta redditizio. Nell'ipotesi di una compravendita, il bene dovrebbe essere venduto a un prezzo di mercato significativamente più alto rispetto a quello indicato dal riferimento di mercato di 1.900 €/m².

¹³ Valore massimo del range dei prezzi di mercato.

4.7. Villa il Generale

Villa il Generale si trova a Ivrea, in provincia di Torino. Si tratta di una palazzina di due unità abitative, costruita negli anni '60 in un contesto residenziale collocato in collina (Fig. 84). L'edificio e il terreno di pertinenza sono stati acquisiti nel 2019 in uno stato manutentivo buono e abitabile, anche se non in uso. L'obiettivo del progetto, oltre alla ristrutturazione edilizia, è stato quello di migliorare l'efficienza energetica dell'edificio e il consolidamento statico della struttura. L'intervento di retrofit ha avuto inizio nel 2019 e ha previsto una riqualificazione globale, comprendendo oltre agli obiettivi già citati, quello di migliorare la qualità architettonica complessiva dell'edificio (restyling).

Allo stato originario l'edificio è suddiviso in due appartamenti indipendenti, collocati rispettivamente al piano primo e secondo. La prima unità abitativa comprende una zona soggiorno, la cucina con zona pranzo, una camera da letto e un servizio. La seconda unità, al piano superiore, presenta una distribuzione simile, ma dispone di due camere da letto e due servizi. La Villa è costruita con una muratura portante in laterizio, solai in laterocemento e la copertura lignea. Dal punto di vista impiantistico, il riscaldamento è garantito da una caldaia alimentata a gasolio, mentre la produzione di acqua calda sanitaria è prodotta da un boiler elettrico.



4.7.1 Il progetto di retrofit

La strategia progettuale ha previsto la valorizzazione della forza volumetrica dell'edificio preesistente, attraverso la semplificazione delle linee, in quanto elemento di forte caratterizzazione rispetto al contesto collinare in cui è inserito. Vengono demolite le sporgenze e la copertura trasformata in terrazza praticabile. Viene anche riprogettato il disegno delle facciate, attraverso grandi aperture quadrate e logge, riportando l'edificio alla sua geometria pura (Fig. 85). Un ulteriore elemento distintivo è la presenza di una roccia sulla quale si innesta la villa, visibile da ogni piano sulla facciata sud (Fig. 87).

Gli spazi interni sono stati riprogettati per adattarsi a diverse modalità di utilizzo o esigenze future. L'edificio può dunque essere vissuto come un'unica grande villa oppure come tre appartamenti con relativi accessi, e contraddistinti anche dalle diverse finiture di facciata (Fig. 88). Al piano terra si collocano l'autorimessa, la lavanderia e la cantina della roccia. Al piano primo si trovano due appartamenti di ridotte dimensioni, ognuno con camera e bagno privato. La zona giorno è condivisa, ed è possibile rimodularla tramite un pannello di legno orientabile (Fig. 89).

Il secondo piano ospita l'abitazione principale, sopra il quale si

Figura 86 - Schemi volumetrici ante e post intervento di Villa il Generale. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.



Figura 84 - Villa il Generale allo stato ante intervento. Diritti fotografici: Studio Archisbang.

Figura 85 - Villa il Generale allo stato ante intervento. Diritti fotografici: Aldo Amoretti.



colloca il terrazzo con piscina. In particolare, la struttura in calcestruzzo armato a vista, che definisce la camera padronale, ha la funzione di consolidare la struttura portante esistente per sostenere i carichi della piscina soprastante (Fig. 90). I livelli dell'edificio sono tra loro connessi attraverso l'ascensore e il corpo scala, mentre la scala metallica esterna consente di collegare e rendere indipendenti i diversi accessi¹⁴⁷.

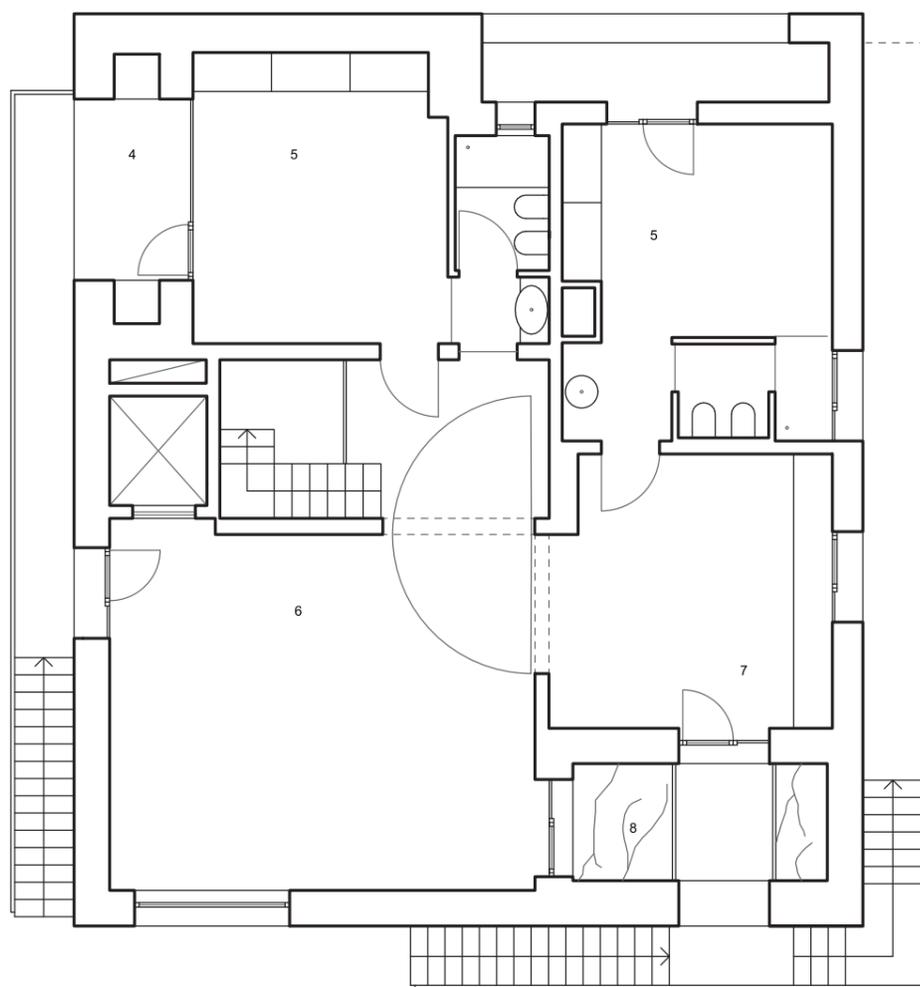
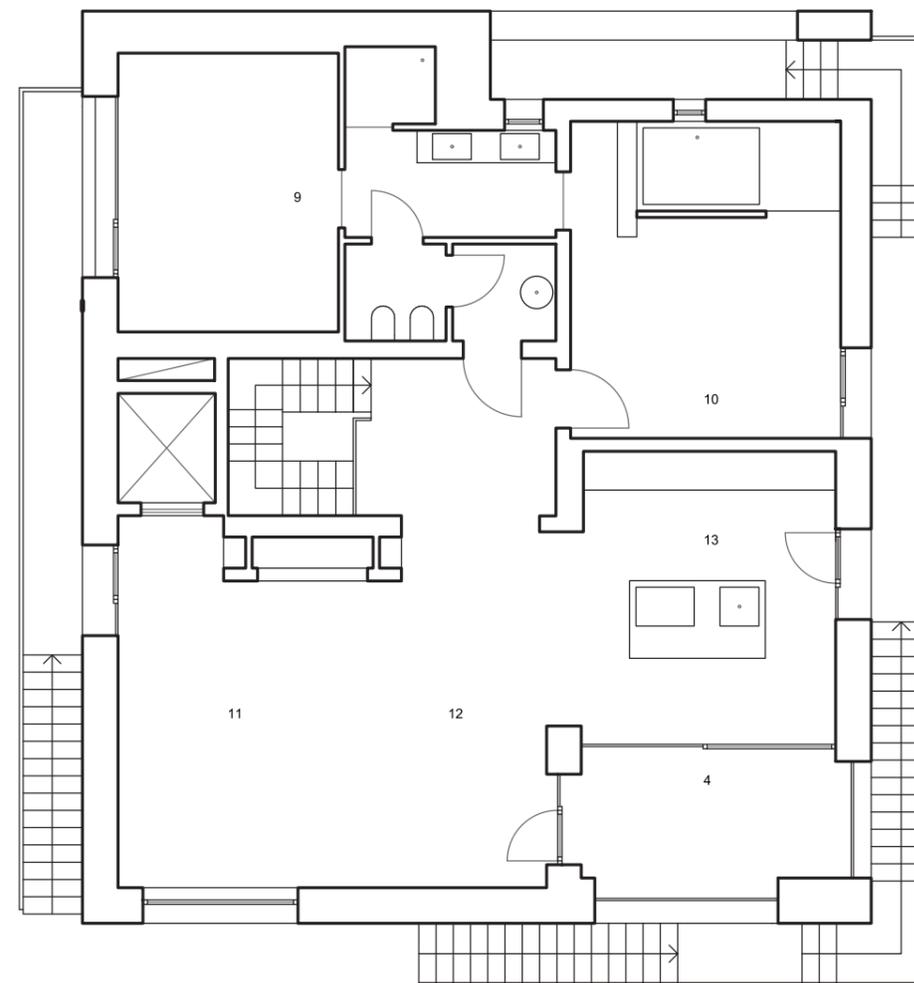


Figura 87 - Roccia sulla quale si innesta la villa. Diritti fotografici: Aldo Amoretti.

Figura 88 - Dettaglio delle diverse finiture di facciata. Diritti fotografici: Aldo Amoretti.

Figura 89 - Pianta del piano primo in scala 1:100. Fonte: Studio Archisbang.



- 1 garage
- 2 lavanderia
- 3 cantina
- 4 loggia
- 5 camera
- 6 palestra
- 7 cucina/zona pranzo
- 8 vuoto
- 9 cabina armadio
- 10 camera principale
- 11 soggiorno
- 12 zona pranzo
- 13 cucina
- 14 piscina

Figura 90 - Pianta del piano secondo in scala 1:100. Fonte: Studio Archisbang.

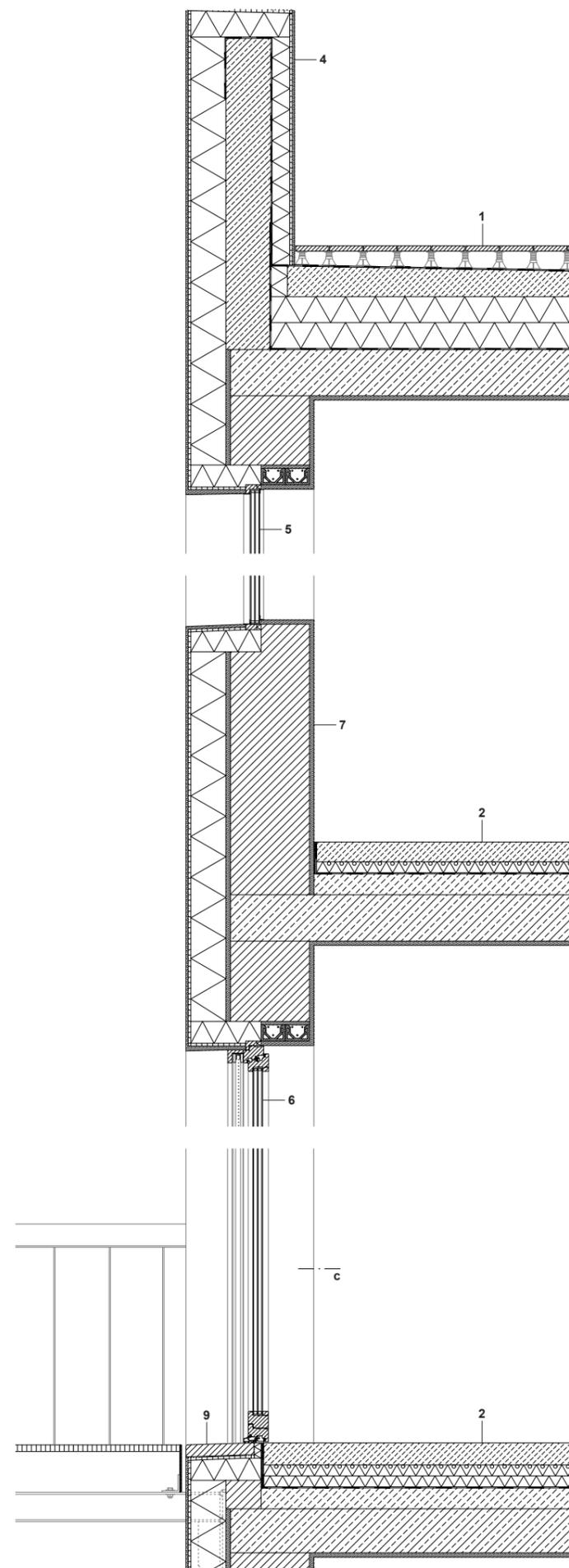
4.7.2 Dettagli tecnologici e interventi sull'involucro edilizio

Uno degli obiettivi del progetto è stato quello di migliorare l'efficienza energetica dell'edificio, raggiunto con l'ottenimento, post intervento, di una classe energetica A4. La struttura esistente (Fig. 91) è stata coibentata con un cappotto termico esterno in poliuretano tipo Isotec, di 160 mm di spessore nelle facciate nord e ovest, e di 120 mm nelle facciate sud ed est. L'isolante è stato rifinito da una lastra di calcestruzzo alleggerito (15 mm) e da un intonaco di calce naturale e rasante idrorepellente (15 mm).

Per quanto riguarda il solaio piano di copertura, la struttura esistente è stata isolata con un doppio strato di isolante termico ad alta densità tipo Isotec, per un totale di 240 mm di spessore. La soletta praticabile è rifinita con doghe teak poggiate su distanziali. Questa tipologia di legno è resistente agli agenti atmosferici, all'umidità e all'acqua, ed è difficilmente attaccabile dagli insetti, grazie alla presenza di sostanze oleose al suo interno. Il parapetto del terrazzo in copertura è realizzato con una struttura di 200 mm in calcestruzzo. Il lato esterno è trattato come le murature, ad eccezione che nell'utilizzo di lastre in fibrocemento (invece che di calcestruzzo alleggerito). Sul lato interno è stato inserito un ulteriore strato di isolante termico, rifinito anch'esso con lastre in fibrocemento, intonaco di calce naturale e rasante idrorepellente. Le logge dell'edificio sono state trattate con la stessa modalità.

L'impianto termico è ibrido: una caldaia a condensazione alimentata a gas e una pompa di calore aria-acqua. Gli interventi hanno previsto l'installazione di nuovi serramenti di due tipologie: a triplo vetro senza telaio, su cassonetto prefabbricato e infissi in legno con triplo vetro. Sono stati installati, infine, un impianto fotovoltaico e un sistema di ventilazione meccanica controllata (VMC).

Per la Villa il Generale non è stato possibile svolgere l'analisi economica in quanto non vi è disponibilità di dati relativi ai consumi ante e post, all'APE ante intervento e ai costi di costruzione e acquisto dell'edificio.



Sezione verticale
scala 1:20

- 1 Solaio di copertura:
20 mm doghe teak
60/120 mm distanziali
2x4 mm guaina impermeabile
2x120 mm isolante termico ad alta densità
1 mm barriera al vapore
210 mm solaio esistente laterocemento
20 mm intonaco in calce naturale
- 2 Solaio di piano:
90 mm calcestruzzo elicoterato con resina epossidica
50 mm pannelli radianti
5 mm isolante acustico
100 mm massetto alleggerito
210 mm solaio esistente laterocemento
20 mm intonaco in calce naturale
- 3 Solaio controterra:
90 mm calcestruzzo elicoterato ai silicati
50 mm isolante termico
1 mm barriera al vapore
100 mm pavimento esistente
- 4 Parapetto:
15 mm intonaco in calce naturale + rasante idrorepellente
15 mm lastra fibrocemento
160 mm isolante termico facciata nord e ovest / 120 mm isolante termico facciata est e sud
200 mm calcestruzzo
80 mm isolante termico
15 mm lastra fibrocemento
15 mm intonaco in calce naturale + rasante idrorepellente
- 5 Triplo vetro senza telaio su cassonetto prefabbricato, fisso
- 6 92 mm infisso in legno con triplo vetro con zanzariera, anta unica
- 7 Facciata:
15 mm intonaco in calce naturale + rasante idrorepellente
15 mm lastra calcestruzzo alleggerito
160 mm isolante termico facciata nord e ovest / 120 mm isolante termico facciata est e sud
10 mm intonaco esistente
380 mm muratura esistente in laterizio
20 mm intonaco in calce naturale
- 8 Scala esterna in acciaio:
HEA 140 ancorata al solaio
8x215 mm cosciali
30 mm grigliato
4 mm lamiera parapetto su lame 6x40 mm
- 9 Soglia in calcestruzzo su cassonetto prefabbricato

Figura 91 - Sezione di dettaglio. Fonte: Studio Archisbang. Disegno fuori scala.



Figura 92 - Stato ante intervento di Casa RC. Diritti fotografici: Davide Reggiani

Figura 93 - Stato post intervento di Casa RC. Diritti fotografici: Davide Reggiani

Figure 94-95 - Dettaglio aperture dello stato post intervento di Casa RC. Diritti fotografici: Davide Reggiani

4.8. Casa RC

La Casa RC si trova a Mantova (Fig. 92) e la sua costruzione si divide in due fasi. Il corpo A risale al 1946 e il corpo B al 1960. L'edificio e il terreno di pertinenza sono stati acquisiti nel 2020 in uno stato manutentivo carente, con la necessità di interventi. Al momento dell'acquisto l'immobile si colloca in classe energetica G. Tali condizioni, oltre alla ristrutturazione edilizia, hanno reso prioritario l'utilizzo di strategie mirate alla riduzione dei consumi energetici.

L'intervento di *retrofit* ha avuto inizio nel 2022 e ha previsto una riqualificazione globale, comprendendo l'obiettivo di migliorare la qualità architettonica dell'edificio. Il progetto nasce dalla volontà di una giovane famiglia con due bambini, di dare forma alla propria abitazione ideale, in un contesto adeguato sia alle necessità funzionali che ai desideri di qualità abitativa. Dopo una prolungata fase di ricerca, la scelta dei committenti è ricaduta sull'edificio in oggetto, individuato come soluzione idonea per collocazione geografica, caratteristiche dimensionali e potenzialità distributive. Inoltre, l'opportunità offerta dall'agevolazione fiscale del Superbonus 110% ha reso concretamente realizzabile l'intervento di riqualificazione profonda già pianificato.

Casa RC è un edificio mono familiare caratterizzato da due corpi principali. Il primo (A), sul fronte strada, presenta due piani fuori terra, mentre il secondo (B), collocato sul lato opposto, presenta tre piani fuori terra, tra cui un sottotetto adibito a ripostiglio. Allo stato di fatto, il piano terra è articolato in cucina, salotto e soggiorno/biblioteca. Al piano superiore si collocano tre camere da letto e due servizi. L'edificio è circondato su tre lati da uno spazio verde aperto. Casa RC ha una struttura portante in mattoni doppi UNI in laterizio, i solai in laterocemento e la copertura con travi e travetti in legno e tavelloni in laterizio da 4 cm.

4.8.1 Il progetto di *retrofit*

La strategia progettuale ha previsto una nuova distribuzione degli spazi interni. Al piano terra la cucina è sostituita da una lavanderia, il salotto viene trasformato in zona cucina/pranzo ed è stato inserito un servizio prima assente su questo livello.

Sono stati creati due accessi diretti al giardino: uno retrostante dal soggiorno e uno laterale dalla cucina (Fig. 93), con l'inserimento di una porta finestra che si apre su una pergola bioclimatica di nuova installazione. Al piano primo la distribuzione delle camere da letto resta invariata, mentre viene eliminato uno dei

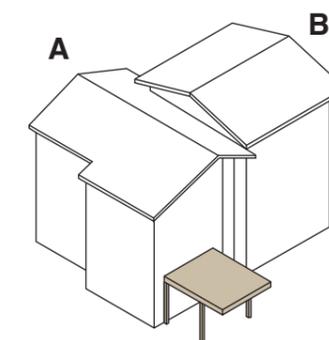
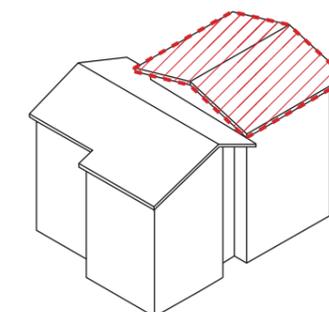


Figura 96 - Schemi volumetrici ante e post intervento di Casa RC. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

servizi a favore di un disimpegno più ampio. Infine, è stato creato un nuovo accesso al piano mansardato (che ora ospita una stanza hobby) attraverso una scala di arredo a rampa rettilinea, considerata più agevole della preesistente scala a chiocciola.

4.8.2. Interventi sull'involucro edilizio: tecnologie e materiali impiegati

4.8.2.1 Interventi sulle coperture

Dalla copertura del corpo A sono stati rimossi i pannelli fotovoltaici preesistenti da 3kW, collocati nella falda sud, ma ombreggiati dal viale alberato di fronte, valutati di qualità non adeguata in fase di progetto. In questo caso l'isolamento della copertura, è stato posto all'estradosso del solaio confinante con una soffitta non praticabile, mediante pannelli in XPS (20 cm di spessore). Gli interventi di ristrutturazione hanno riguardato anche la copertura del corpo B. Questa è stata demolita e ricostruita, utilizzando una struttura portante di pannelli in legno lamellare di abete tipo X-Lam (12 cm di spessore), coibentata con pannelli isolanti in fibra di legno ad alta densità (30 cm di spessore) ed ultimata con la posa di un manto ventilato in lamiera di acciaio preverniciata (Fig. 97).

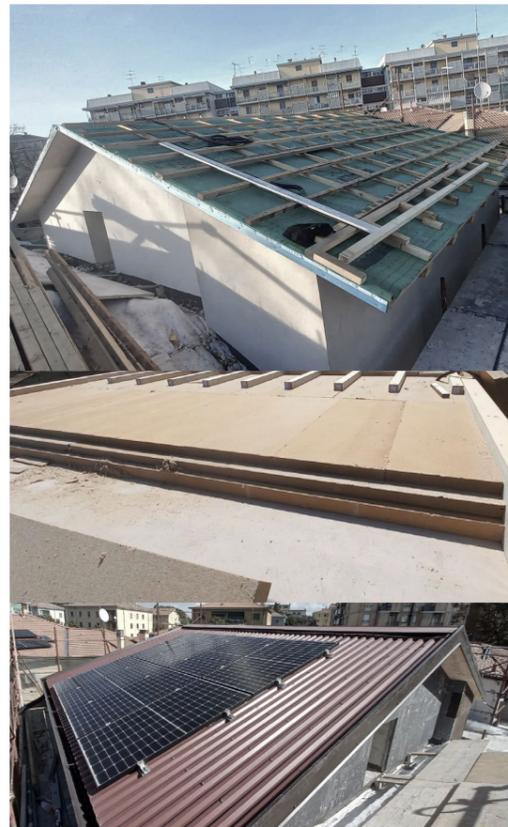


Figura 97 - Immagini del cantiere della copertura del corpo B: costruzione, isolamento e finitura. Diritti fotografici: Davide Reggiani

4.8.2.2. Interventi di isolamento

Le murature perimetrali originali, in mattoni doppi UNI in laterizio, sono state mantenute e riportate a "mattono nudo". A queste, è stato applicato esternamente un cappotto termico ad alte prestazioni in sughero bruno espanso tipo CORKPAN, da 20 cm di spessore, per il miglioramento delle prestazioni energetiche sia nella stagione invernale che estiva. La finitura del cappotto è stata fatta con rasante ISOVIT E-CORK a base di calce idraulica naturale e micro granuli di sughero¹⁴⁸, e intonachino silossanico scudoSIL, a funzione idrorepellente, traspirabilità e protezione¹⁴⁹. Su alcuni muri perimetrali è stato applicato internamente un isolante in fibra di juta, inserito all'interno di contropareti realizzate principalmente per esigenze impiantistiche, evitando interventi invasivi sulla muratura portante.

La muratura che divide le unità immobiliari è stata isolata con una controparete a prestazioni acustiche.

Infine, il solaio del piano terra, confinante con un'intercapedine al livello interrato, è stato isolato all'intradosso con pannelli in EPS grafitato di 10 cm di spessore.

I serramenti in legno dotati di vetro singolo e contro vetro esterno del corpo A, e quelli in alluminio con doppio vetro del corpo B, sono stati completamente sostituiti, con infissi in legno-alluminio ad alte prestazioni termoacustiche, dotati di triplo vetro. I nuovi serramenti sono stati integrati con sistemi oscuranti frangisole a catena, tipo Griesser Metalunic, e con monoblocchi termoisolanti per garantire continuità dell'involucro e prestazioni energetiche ottimali.

L'intervento di ristrutturazione di Casa RC è stato condotto secondo i criteri del protocollo CasaClima A, ottenendo al termine dei lavori la relativa certificazione. Gli interventi realizzati hanno consentito un significativo miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio, con il raggiungimento della classe energetica A4.

4.8.3. Analisi energetica ante e post intervento

L'edificio, prima dell'intervento di retrofit, si collocava in classe energetica G, con un involucro edilizio privo di coibentazione e serramenti obsoleti, privi di tenuta all'aria. Le fonti energetiche utilizzate erano una caldaia a gas, installata nel 2017, che garantiva la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e l'uso per la cottura dei cibi. L'energia elettrica utilizzata per gli usi domestici era parzialmente integrata dalla produzione di un impianto fotovoltaico, installato nel 2019 e collocato sulla copertura

del corpo A. Nel 2019, insieme all'impianto fotovoltaico, è stata installata una pompa di calore per la climatizzazione invernale. Come accennato in precedenza, con l'intervento di Superbonus 110% il fotovoltaico è stato rimosso, così come la pompa di calore, valutata di qualità di non adeguata e non performante dal team di progetto. Il fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile, come rilevato dall'APE realizzato nel 2020, pari a 327,81 kWh/m² anno, è elevato, sia in termini di dispersioni attraverso l'involucro sia per inefficienza del sistema impiantistico. Inoltre dalla stessa certificazione, emerge che l'edificio emette 65,41 kg/m² anno di CO₂.

L'intervento ha introdotto una trasformazione radicale dal punto di vista energetico, orientata all'eliminazione totale dei combustibili fossili, diventando a livello impiantistico, una casa *full-electric*. In particolare attraverso l'installazione di:

- una pompa di calore aria-acqua elettrica, che svolge la funzione di generatore per l'impianto di riscaldamento invernale, di raffrescamento estivo e per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS). L'energia termica viene distribuita negli ambienti attraverso un sistema di ventilconvettori a tutta aria;
- un impianto di riscaldamento a pavimento a bassa temperatura;
- un impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) centralizzato dotato di batteria di riscaldamento/raffrescamento per il trattamento termico dell'aria immessa negli ambienti;
- un nuovo impianto fotovoltaico da 6 kW con batteria di accumulo da 11 kWh;
- una colonnina di ricarica per i veicoli elettrici;
- un nuovo impianto elettrico;
- un piano a induzione a cui è stata affidata la cottura dei cibi, favorendo il passaggio all'utilizzo esclusivo di energia elettrica.

A seguito dei lavori di ristrutturazione edilizia e di riqualificazione energetica, l'APE redatto post intervento rileva una classe energetica A4, con un fabbisogno annuo di energia non rinnovabile pari a 16,57 kWh/m² anno e identificato, inoltre, come edificio a energia quasi zero. Anche le emissioni di CO₂ sono diminuite a 3,68 kg/m² anno.

4.8.4. Analisi economica

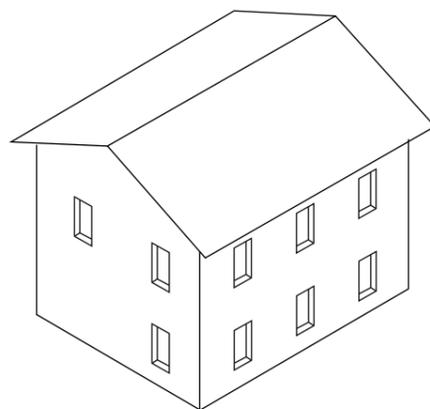
Per la realizzazione degli interventi di *retrofit*, i committenti han-

no usufruito dell'agevolazione fiscale Superbonus 110%. In particolare, hanno scelto di usufruire degli incentivi mediante la cessione del credito d'imposta alla banca, ottenendo un rimborso immediato.

Anche per Casa RC, come nei casi applicativi precedenti, è stata effettuata una stima relativa ai consumi e ai costi ante intervento, attraverso l'utilizzo del documento TABULA. L'indisponibilità dei dati è dovuta al fatto che l'edificio non era abitato dagli attuali proprietari prima dei lavori di riqualificazione.

4.8.4.1 Stima dei consumi energetici ante intervento

L'edificio appartiene alla classe di epoca di costruzione 4 (1946-1960) e si colloca in zona climatica E. La classe scelta, presenta alcune differenze rispetto alla Casa RC, nella tipologia di impianto e nella tipologia costruttiva. TABULA prevede a livello impiantistico una caldaia a gasolio per il riscaldamento e la produzione di ACS e un basamento in calcestruzzo su terreno per la tipologia costruttiva. Nel caso specifico, invece, era presente una caldaia a gas e il solaio inferiore confina con una camera sanitaria (Fig.31). Nonostante il documento consideri una caldaia a gasolio, i consumi stimati saranno conteggiati in m³ di gas naturale.



Regione / Zona climatica:

Area climatica media

Classe di epoca di costruzione:

4 (1946 - 1960)

Classe di dimensione edilizia:

Casa monofamiliare

$Q_{H,W,P} = 462 \text{ kWh/m}^2$

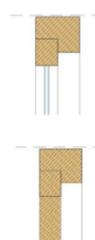
V [m ³]	S/V [m ⁻¹]	Af,n [m ²]	Numero di appartamenti	Numero di piani climatizzati
583	0,75	162	1	2

Copertura



Tetto a falde in laterizio

Serramenti



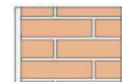
Vetro singolo, telaio in legno e porta in legno

Solaio inferiore



Basamento in calcestruzzo su terreno

Parete



Muratura in mattoni pieni (38 cm)

Il documento TABULA individua il fabbisogno annuo di energia primaria per riscaldamento e ACS ($Q_{H,W,P}$) allo stato originario, in questo caso corrisponde a 462 kWh/m^2 annuo. Per i calcoli però, è stato utilizzato questo dato al netto del fattore di conversione, pari a $442,94 \text{ kWh/m}^2$ annuo¹⁴. Questo valore è stato moltiplicato per la superficie utile dell'edificio, ovvero 145 m^2 , ottenendo così il valore totale di fabbisogno annuo per l'edificio in oggetto: $64.226,30 \text{ kWh/anno}$. Poiché questo dato non comprende i consumi elettrici e i consumi per la cottura dei cibi, vengono consi-

derati dei valori medi in base al numero di utenti, in questo caso quattro.

Per convertire il consumo in kWh/anno in m³ di gas naturale per riscaldamento e ACS, si considera il valore totale Q_{tot} ($64.226,30 \text{ kWh/anno}$) in rapporto al potere calorifico inferiore del gas naturale stabilito da ARERA¹⁵⁰ ($9,58 \text{ kWh/m}^3$). Si ottiene dunque, un consumo di gas naturale totale pari a $6.804,21 \text{ m}^3/\text{anno}$, che include anche il consumo per la cottura dei cibi, quantificato in $100 \text{ m}^3/\text{anno}$ ¹⁵¹. Questo valore è stato poi moltiplicato per il costo medio del gas nell'anno 2019¹⁵² (anno di riferimento antecedente all'acquisto), ovvero $0,77 \text{ c€/m}^3$, ottenendo così la spesa totale annua di gas, pari a $5.239,24 \text{ €}$.

Per i consumi elettrici è stato considerato un valore di riferimento fornito da ARERA in relazione al numero di utenti, ovvero 2.700 kWh ¹⁵³ (3-4 componenti) che moltiplicato per il costo medio dell'elettricità nell'anno di riferimento 2019¹⁵⁴, ovvero $0,21 \text{ c€/kWh}$, comporta una spesa annua di $567,00 \text{ €}$.

Il totale della spesa annua stimata ante intervento è di $5.806,24 \text{ €}$.

Per avere una prospettiva più consolidata sui dati stimati con TABULA, si è proceduto ad una verifica integrativa attraverso i dati riportati nell'APE ante intervento, con l'obiettivo di confrontare i due risultati e valutare eventuali coerenze o discrepanze.

Di seguito i dati a confronto:

	Stima con TABULA	APE
$Q_{H,W,P} / \text{Epgl}$	$442,94 \text{ kWh/m}^2$	$437,72 \text{ kWh/m}^2$
Q_{tot}	$64.226,30 \text{ kWh/anno}$	$64.975,16 \text{ kWh/anno}$
Consumo gas naturale totale	$6.804,21 \text{ m}^3/\text{anno}$ ¹⁴	$3.408,38 \text{ m}^3/\text{anno}$

Le stime prodotte a partire dai due strumenti risultano coerenti. La differenza rilevante è dovuta, invece, al valore specifico del consumo di gas naturale. Questa potrebbe derivare dalle modalità di calcolo dei consumi e dalle caratteristiche costruttive specifiche. Inoltre TABULA, tiene conto delle condizioni originarie dell'edificio e non interventi successivi. Entrambi gli strumenti non rilevano il consumo energetico legato alle utenze, fatta eccezione dell'elettricità per l'utilizzo degli impianti stimata dall'APE. In casa RC i consumi elettrici sono legati al funzionamento dell'impianto fotovoltaico e della pompa di calore, per un totale di $20.156,41 \text{ kWh}$ annui.

Tabella 11 – Confronto dei dati stimati con TABULA e APE. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

¹⁴ Il dato non comprende la quota elettrica in quanto trascurabile.

4.8.4.2. Consumi energetici post intervento e analisi dei dati

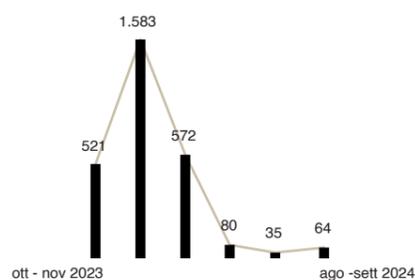


Figura 99 – Consumi in kWh nel periodo ottobre-novembre 2023 e agosto-settembre 2024 di Casa RC. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Per i consumi post intervento, forniti dai proprietari, la disponibilità dei dati comprende i consumi e i relativi costi bimestrali per il periodo ottobre-novembre 2023, anno in cui la casa inizia ad essere abitata, e agosto-settembre 2024 (Fig. 99).

Dai dati emerge un andamento crescente dei consumi nei mesi invernali (dicembre-gennaio), compatibili con l'utilizzo del riscaldamento. Mentre nei mesi da aprile a settembre il consumo è molto ridotto, dunque si ipotizza un livello di comfort interno elevato, senza la necessità di utilizzare per periodi prolungati la climatizzazione estiva.

Nel periodo in oggetto i consumi totali sono stati di 2.855 kWh, per una spesa totale di 974,65 €.

In relazione ai consumi e ai costi delle utenze precedenti all'intervento di retrofit, stimati in 6.804,21 m³ di gas naturale e 2700 kWh di elettricità, per una spesa totale annua di 5.239,24 €, è possibile mettere a confronto questi dati con quelli effettivi rilevati. In particolare, l'eliminazione totale di gas naturale ha comportato un lieve aumento dei consumi elettrici, che risultano essere 2.855 kWh. Nonostante questo aumento si riscontra un impatto positivo sui costi, in quanto l'utilizzo di gas naturale rappresentava i consumi più elevati. Da un punto di vista economico, si ha un risparmio stimato del 78%.

4.8.4.3. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento

Tabella 12 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni di Casa RC. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Il costo totale dei lavori per gli interventi di retrofit, ammonta a 491.186,30 €, ovvero un costo parametrico di 3.015,63 €/m². Nel costo totale l'incidenza delle singole lavorazioni è la seguente:

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE	INCIDENZA SUL COSTO TOTALE
Serramenti	76.842,70 €	16,0%
Isolamenti termici e acustici	72.782,60 €	15,0%
Pavimento legno	42.242,20 €	9,0%
Impianto elettrico	23.973,40 €	5,0%
Impianto di riscaldamento	27.386,70 €	6,0%
Impianto idrico sanitario	20.846,10 €	4,0%
Impianto fotovoltaico	29.700,00 €	6,0%
Impianto VMC	13.879,80 €	3,0%
Edile	140.933,10 €	29,0%
Altre voci	42.599,70 €	9,0%
Totale spese	491.186,30 €	100%

Dai dati emerge che l'incidenza maggiore sui costi è relativa alle lavorazioni edili, queste infatti rappresentano quasi un terzo dei costi totali (29 %). La seconda lavorazione con il maggior peso sui costi riguarda i serramenti (16 %), seguita dagli isolamenti termici e acustici (15 %). Queste tre categorie di spesa rappresentano il 60 % dei costi totali.

La categoria delle lavorazioni edili può essere ulteriormente suddivisa in:

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE
Demolizioni, rimozioni	35.123,00 €
Conglomerati cementizi	2.531,10 €
Intonaci	19.932,00 €
Opere murarie	5.130,40 €
Impermeabilizzazioni	3.972,10 €
Tetti, lattonerie	42.213,60 €
Pareti divisorie	20.561,20 €
Opere da pittore	11.469,70 €
Totale costi edile	140.933,10 €

Al fine di comprendere la convenienza dell'investimento in relazione agli interventi di riqualificazione effettuati nell'edificio in oggetto, è stata svolta l'analisi dei costi su un orizzonte decennale, ovvero il periodo di riferimento di fruizione delle detrazioni IRPEF (2020-2029). Attraverso il calcolo del flusso netto annuo e il saldo cumulato attualizzato (tasso di attualizzazione al 3%), il Valore Attuale Netto (VAN) pari a -223.107,09 €. Il VAN negativo evidenzia che, nel decennio di riferimento, l'investimento non raggiunge il recupero dei costi sostenuti. La previsione del ritorno dell'investimento è di circa 59 anni. La tabella di dettaglio è riportata in Allegato 3.

4.8.4.4. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione

La Casa RC è stata acquistata nel 2020 e comprende un giardino privato. Nell'anno di acquisto dell'edificio, il valore di mercato fornito dall'OMI, per la zona di riferimento "Semicentrale/VALLETTA PAIOLO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo normale, era compreso tra 700 e 1.100 €/m² ¹⁵⁵. Il prezzo di acquisto è stato di 280.000 €, ovvero 1.500 €/m², un valore più alto rispetto ai prezzi di mercato nel periodo di riferimento.

Per stimare la variazione del valore di mercato dell'edificio in oggetto a seguito dell'intervento, sono stati osservati i valori rela-

Tabella 13 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni edili di Casa RC. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

tivi alla stessa zona, con stato conservativo ottimo, nell'anno di fine lavori (2023). L'OMI segnala che per la zona "Semicentrale/ VALLETTA PAIOLO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo ottimo, il prezzo di vendita è compreso tra 1.150 e 1.650 €/m² ¹⁵⁶.

Sulla base dei valori OMI, si ipotizza un incremento del valore di mercato dell'edificio ristrutturato rispetto alla condizione precedente. Confrontando le quotazioni relative agli stati conservativi normale e ottimo, emerge un intervallo di rivalutazione, rispetto ai valori dell'anno di acquisto, dovuto al miglioramento qualitativo dell'immobile. Tuttavia, questo beneficio è mitigato dal prezzo di acquisto più alto rispetto ai valori medi.

Al fine di stimare il valore economico dovuto alla riqualificazione è stato calcolato il valore di trasformazione. In particolare, si ottiene un valore di trasformazione positivo, pari a -19.311,92 €, considerando un valore di mercato di 268.950,00 € (1.650 €/m² ¹⁵ per la superficie di 163 m²) e i costi di costruzione al netto delle detrazioni.

Il valore di trasformazione è stato calcolato con un metodo alternativo, a partire dalla suddivisione delle spese in un orizzonte temporale di cinque anni, concentrate in tre anni e ripartite in modo equo. In particolare si tiene conto del costo di acquisto dell'immobile, dei costi di trasformazione al netto delle detrazioni, e il prezzo dell'immobile a seguito della trasformazione attualizzati (tasso di attualizzazione al 3%). Il valore di trasformazione ottenuto è negativo, pari a -283.337,74 €, dunque l'investimento non risulta redditizio. Nell'ipotesi di una compravendita, il bene dovrebbe essere venduto a un prezzo di mercato significativamente più alto rispetto a quello indicato di 1.650 €/m².

¹⁵ Valore massimo del range dei prezzi di mercato.

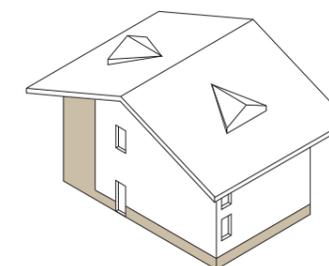
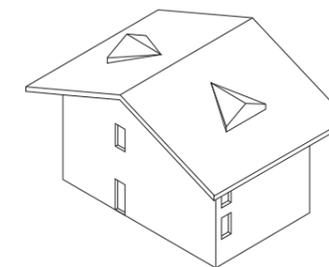
4.9 Villa a Giaveno



Figure 100-101 - Villa a Giaveno ante e post intervento. Diritti fotografici: Studio Ahora Architettura.

La villa a Giaveno si trova in provincia di Torino (Figg. 100-101) e la sua costruzione risale agli anni '80. L'edificio insieme al terreno di pertinenza, è stato acquisito nel 2007, in uno stato manutentivo complessivamente buono. Al momento dell'acquisto l'immobile si colloca in classe energetica F. Dunque, non necessitando di ulteriori interventi, la priorità è stata operare in modo mirato alla riduzione dei consumi energetici. L'intervento ha avuto inizio nel 2022, con la scelta di sfruttare l'opportunità offerta dall'agevolazione fiscale del Superbonus 110%.

La villa è un edificio monofamiliare caratterizzato da tre piani fuori terra, tra cui un sottotetto non abitabile adibito a ripostiglio, circondato uno spazio verde aperto. Al piano terra, la zona giorno è articolata in cucina, soggiorno e un servizio. Al piano superiore si collocano tre camere da letto e un servizio. L'edificio è realizzato con una struttura portante in cemento armato, con pareti perimetrali caratterizzate da una doppia fila di mattoni forati (120 mm e 8 mm di spessore dall'interno verso l'esterno) separati da una intercapedine non ventilata e solai interpiano e di copertura in laterocemento.



4.9.1 Il progetto di riqualificazione energetica

Gli interventi, come anticipato in precedenza hanno riguardato esclusivamente il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio. In particolare, per l'isolamento delle pareti è stato applicato un cappotto esterno in EPS grigio additivato con grafite (120 mm di spessore) (Fig. 103). È stato scelto per le elevate prestazioni di isolamento termico, soprattutto invernale e poiché ritenuto più economico rispetto agli isolanti di origine naturale.

Il sistema a cappotto è stato completato con una rasatura armata con rete e intonaco grigio. In alcune porzioni le facciate sono state valorizzate da inserti in pietra ricostruita tipo Geopietra, posate a secco (Fig. 104).

La riqualificazione energetica ha previsto anche la sostituzione completa dei serramenti preesistenti in legno a vetro doppio, con altri in PVC a doppia camera basso emissiva, con buona prestazione termica e acustica. Questi sono stati abbinati ad un sistema oscurante a tapparelle, per ottenere un controllo efficace della radiazione solare e un migliore isolamento acustico. I davanzali sono stati inglobati nell'isolamento attraverso la posa su di essi di nuovi davanzali in alluminio preverniciato. Questa soluzione ha consentito l'ottimizzazione dei tempi di posa e di svincolare la realizzazione degli stessi dall'uso della pietra¹⁵⁷.



Figura 102 - Schemi volumetrici ante e post intervento di Villa a Giaveno. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Figura 103 - Posa del cappotto termico di Villa a Giaveno. Diritti fotografici: Studio Ahora Architettura.

4.9.2. Analisi energetica ante e post intervento



L'edificio, prima dell'intervento di riqualificazione si colloca in classe energetica F, con un involucro edilizio privo di coibentazione. Le fonti energetiche utilizzate sono una caldaia a gas, installata nel 2014, attualmente in uso, che garantisce la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e l'uso per la cottura dei cibi. Mentre l'energia elettrica utilizzata per gli usi domestici non deriva da fonti rinnovabili. Il fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile, come rilevato dall'APE realizzato nel 2016, pari a 246,18 kWh/m² anno, risulta elevato con scarsa prestazione energetica. Inoltre dalla stessa certificazione, emerge che l'edificio emette 49,08 kg/m² anno di CO₂. Con gli interventi del Superbonus 110%, le fonti energetiche dell'edificio sono attualmente affidate a:

- pannelli fotovoltaici di nuova installazione da 3,2 kW e una batteria di accumulo da 5,8 kWh;
- impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC), che consente un ricambio dell'aria costante, per una migliore salubrità interna;
- impianto solare termico per produzione di ACS;
- gas naturale, utilizzato esclusivamente per il riscaldamento dell'edificio. La caldaia installata nel 2014 è stata mantenuta, poiché è stato ritenuto che una eventuale sostituzione non avrebbe portato a un miglioramento dell'efficienza a fronte del costo;
- un piano a induzione per la cottura dei cibi.

A seguito dei lavori riqualificazione energetica, l'APE redatto post intervento ha rilevato una classe energetica A2, con un fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile pari a 133,35 kWh/m², e una diminuzione delle emissioni di CO₂ a 26,76 kg/m².

4.9.3. Analisi economica

Per la realizzazione degli interventi di retrofit, i committenti hanno usufruito dell'agevolazione fiscale Superbonus 110%. In particolare, hanno scelto di usufruire degli incentivi mediante la cessione del credito d'imposta alla banca, ottenendo un rimborso immediato.

Per la villa a Giaveno, la disponibilità dei dati comprende i consumi e i relativi costi del gas naturale e dell'elettricità, per un arco temporale di 7 anni. Questo, è l'unico caso applicativo in cui sono stati forniti i consumi effettivi del periodo ante e post intervento. La stima attraverso TABULA è stata svolta per mettere a confronto i dati stimati con quelli rilevati.

Figura 104 - Insetti in Geopietra applicati in facciata. Diritti fotografici: Studio Ahora Architettura.

4.9.3.1 Analisi dei consumi energetici ante e post intervento

Sono stati forniti i dati dei consumi di gas naturale e dell'elettricità, relativi sia al periodo ante intervento (2017-2021) sia post intervento (2022-2025).

Nel periodo tra maggio 2017 e luglio 2021 i consumi di gas sono i seguenti (Tab.14):

Periodo di riferimento	Consumi di gas naturale - Smc	Costi	Costo unitario complessivo c€/m ³
17/05/2017 - 08/06/2018	2.153	€ 1.649,49	0,77
09/06/2018 - 04/06/2019	1.805	€ 1.393,91	0,77
05/06/2019 - 05/06/2020	2.093	€ 1.476,91	0,71
06/06/2020 - 29/07/2021	2.324	€ 1.764,61	0,76

Nell'ottobre 2021 sono iniziati i lavori di efficientamento energetico, terminati nel marzo 2022. A seguito dei lavori, i consumi di gas sono i seguenti (Tab. 15):

Periodo di riferimento	Consumi di gas naturale - Smc	Costi	Costo unitario complessivo c€/m ³
30/07/2021 - 30/09/2022	1.732	€ 1.936,22	1,12
01/10/2022 - 31/12/2023	1.306	€ 989,26	0,76
01/01/2024 - 28/02/2025	1.880	€ 1.517,28	0,81

I lavori di Superbonus 110%, hanno avuto un impatto immediato sui consumi, infatti emerge una significativa diminuzione rispetto agli anni precedenti (Fig. 105). Di seguito un dato esemplificativo riferito all'arco temporale aprile-giugno (Tab.16):

Periodo di riferimento	Consumi ante intervento - Smc	Consumi post intervento - Smc
aprile - giugno 2018	325	
aprile - giugno 2019	262	
aprile - giugno 2020	252	
aprile - giugno 2021	381	
aprile - giugno 2022		46
aprile - giugno 2023		120
aprile - giugno 2024		82

Tabelle 14-15 – Consumi di gas naturale nel periodo 2017-2021 (in alto) e nel periodo (2021-2024). Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Tabella 16 – Consumi di gas naturale nel periodo nei mesi di riferimento aprile-giugno 2018-2024. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

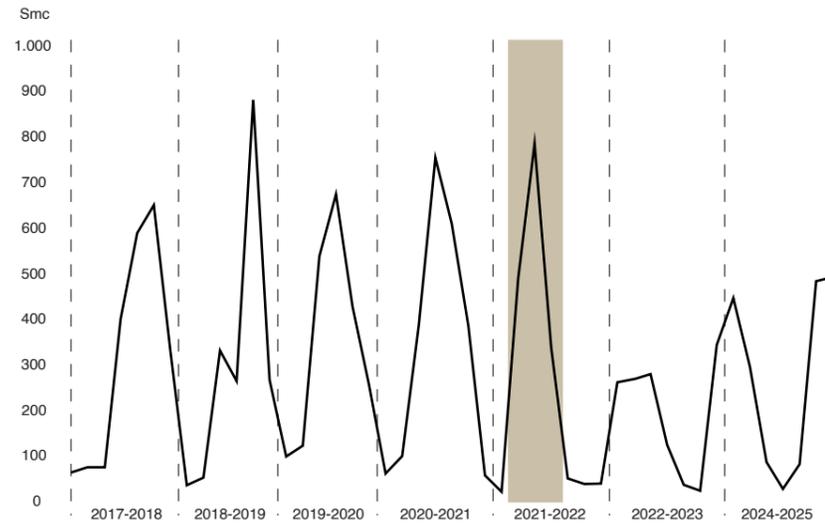


Figura 105 – Grafico dell'andamento dei consumi di gas naturale nel periodo ante e post intervento. L'area evidenziata è il periodo di svolgimento dei lavori. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

I consumi e i relativi costi di energia elettrica, nel periodo tra il 2017 e il 2021 (anno di esecuzione dei lavori), sono variati tra 2.445 kWh (476,05 €) e 4.823 kWh (1.348,29 €). Nei tre anni successivi i consumi sono diminuiti con i valori di 2.232 kWh (2022-2023), 2.432 kWh (2023-2024), 2.272 kWh (2024-2025), con una spesa rispettivamente di: 1.019,84 €, 705,61 € e 522,56 €. Nel periodo post intervento, il consumo medio annuale è diminuito del 37% rispetto al consumo medio annuale del periodo ante intervento (Fig. 106).

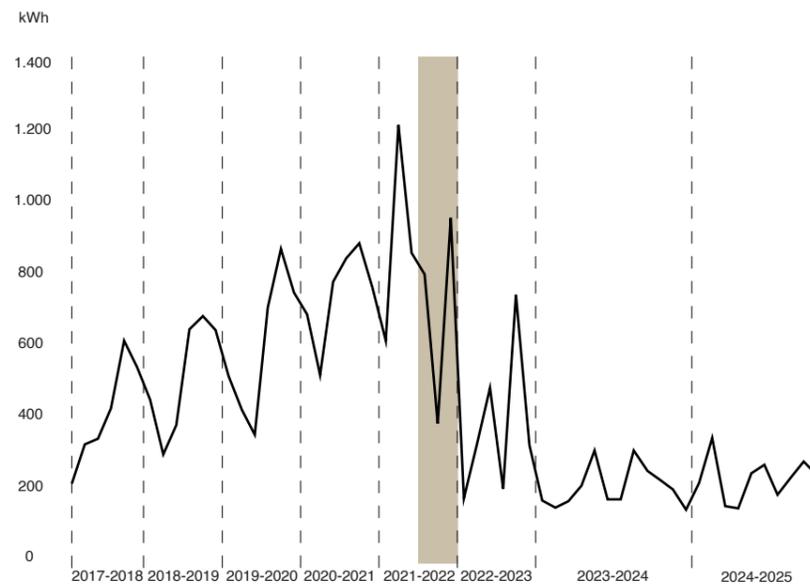


Figura 106 – Grafico dell'andamento dei consumi di elettricità nel periodo ante e post intervento. L'area evidenziata è il periodo di svolgimento dei lavori. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Il prezzo unitario medio dell'energia è rimasto costante a 0,20 c€/kW fino al periodo 2021-2022, in cui è aumentato a 0,28 c€/kW. Nei tre anni successivi è variato tra 0,46 c€/kW a 0,23 c€/kW. Dunque, emerge che a fronte di una diminuzione dei consu-

mi, l'aumento dei costi dell'energia, ha limitato il beneficio economico dell'intervento (risparmio del 7,5% nel periodo considerato). Mentre nel caso del gas naturale, la diminuzione dei consumi del 21%, risulta in linea con la diminuzione dei costi del 23,8%, in quanto negli anni i costi unitari sono rimasti stabili, ad eccezione del periodo 2021-2022.

In aggiunta ai benefici economici, emergono dei benefici di comfort termico e acustico interno espressi dall'utente. In particolare dichiara una maggiore semplicità nel raggiungere e mantenere la temperatura ideale, rispetto a prima dell'intervento, in cui era necessaria l'integrazione della stufa a legna a supporto dei radiatori. Dal punto di vista acustico dichiara che i rumori esterni sono quasi azzerati.

Per la Villa a Giaveno, nonostante la disponibilità dei consumi ante intervento, è stato deciso di metterli a confronto con l'APE e la stima effettuata con TABULA. È stata considerata la classe di epoca di costruzione 6, inoltre l'edificio si colloca nella zona climatica F. Di seguito i dati a confronto (Tab.17):

Tabella 17 – Confronto dei dati stimati con TABULA e APE. Elaborazione dell'autrice della tesi.

	Stima con TABULA	APE
QH,W,p / Epgl	247,34 kWh/m ²	246,80 kWh/m ²
Qtot	35.616,96 kWh/anno	35.534,26 kWh/anno
Consumo gas naturale totale	3.817,85 m ³ /anno ¹⁶	3.582 m ³ /anno

Le stime prodotte a partire dai due strumenti risultano coerenti, sia in relazione al fabbisogno che ai consumi. Entrambi gli strumenti non rilevano il consumo energetico legato alle utenze, fatta eccezione per l'elettricità legata agli impianti stimata dall'APE. Nella tabella, dunque, non sono stati indicati i relativi consumi, in quanto in entrambi i casi il valore di riferimento è lo stesso fornito da ARERA, ovvero 2700 kWh/anno.

4.9.3.2. Analisi dei costi di costruzione e ritorno dell'investimento

Il costo totale dei lavori per gli interventi di efficientamento energetico, ammonta a 114.054,26 €, ovvero un costo parametrico di 792,15 €/m². Nel costo totale l'incidenza delle singole lavorazioni è la seguente (Tab.18):

Tabella 18 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni di Villa a Giaveno. Elaborazione dell'autrice della tesi.

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE	INCIDENZA SUL COSTO TOTALE
Serramenti	25.525,74 €	22,0%
Isolamenti termici e acustici	44.129,90 €	39,0%
Impianto solare termico	9.627,12 €	8,0%
Impianto fotovoltaico	12.000,00 €	11,0%
Impianto VMC	5.490,00 €	5,0%
Edile	1.260,96 €	1,0%
Altre voci	16.020,53 €	14,0%
Totale spese	114.054,26 €	100%

¹⁶ Il dato non comprende la quota elettrica in quanto trascurabile.

Dai dati emerge che l'incidenza maggiore sui costi è relativa agli isolamenti termici e acustici, queste infatti rappresentano quasi la metà dei costi totali (39%). La seconda lavorazione con il maggior peso sui costi riguarda i serramenti (22%), seguita dalle opere provvisorie (14%). Queste tre categorie di spesa rappresentano il 75% dei costi totali.

Al fine di comprendere la convenienza dell'investimento in relazione agli interventi di riqualificazione effettuati nell'edificio in oggetto, è stata svolta l'analisi dei costi su un orizzonte decennale (2022-2031). Attraverso il calcolo del flusso netto annuo e il saldo cumulato attualizzato (tasso di attualizzazione al 3%), il Valore Attuale Netto (VAN) è pari a 788,43 €. Il VAN positivo evidenzia che, nel decennio di riferimento, l'investimento raggiunge il recupero dei costi sostenuti. In particolare, avendo usufruito del Superbonus 110% attraverso la cessione del credito, che ha coperto l'intero ammontare delle spese, il flusso di cassa negativo nei primi 7 anni, è dovuto alla differenza dei costi sostenuti per le utenze. La previsione del ritorno dell'investimento è di circa 8 anni. La tabella di dettaglio è riportata in Allegato 4.

4.9.3.3. Confronto tra valore di compravendita e valore di trasformazione

La Casa a Giaveno è stata acquistata nel 2007 e comprende un terreno di pertinenza, per un totale di 600 m². Nell'anno di acquisto dell'edificio, il valore di mercato per la zona di riferimento "Semicentrale/AREE DI RECENTE ESPANSIONE", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo normale, era compreso tra 1.200 e 1.800 €/m²¹⁵⁸. Il prezzo di acquisto è stato di 250.000 €, ovvero 1.736 €/m², in linea rispetto ai prezzi di mercato nel periodo di riferimento.

Per stimare la variazione del valore di mercato dell'edificio in oggetto a seguito dell'intervento, sono stati osservati i valori relativi alla stessa zona, ma con stato conservativo ottimo, nell'anno di fine lavori, ovvero il 2022. L'OMI segnala che per la zona di riferimento "Centrale/CAPOLUOGO - CENTRO ABITATO", per la tipologia abitazioni civili con stato conservativo ottimo, è compreso tra 1.300 e 1.950 €/m²¹⁵⁹.

Sulla base dei valori OMI disponibili, è possibile ipotizzare un potenziale incremento del valore di mercato dell'edificio ristrutturato rispetto alla condizione precedente. Confrontando le quotazioni relative agli stati conservativi normale e ottimo, emerge un intervallo di rivalutazione compreso tra - 436 €/m² e 214 €/m² (effettivo rispetto al prezzo di acquisto), conseguente al miglioramento qualitativo dell'immobile a seguito degli interventi di

riqualificazione.

Al fine di stimare il valore economico dovuto alla riqualificazione è stato calcolato il valore di trasformazione. In particolare, si ottiene un valore di trasformazione positivo, pari a 310.050,00 €, considerando un valore di mercato di 310.050,00 € (1.950 €/m²¹⁷ per la superficie di 159 m²) e i costi di costruzione al netto delle detrazioni. Questi ultimi risultano pari a zero, in quanto la detrazione ha ammortizzato l'intero costo dei lavori.

Il valore di trasformazione è positivo anche considerando nei calcoli il costo totale dei lavori. In questo esempio, dunque, l'intervento è redditizio.

¹⁷ Valore massimo del range dei prezzi di mercato.

4.10. Lodola House



Figura 107 – Lodola House ante intervento. Diritti fotografici: Zarcola Studio.

Figura 108 – Lodola House post intervento. Diritti fotografici: Alessandro Saletta

Lodola House si trova a Illasi (Figg. 107-108), in provincia di Verona. Si tratta di una casa contadina di fine '800 costituita da due volumi, e circondata da terreni agricoli pianeggianti coltivati a vigneto. L'edificio, già di proprietà al momento dell'intervento di retrofit, si trovava in uno stato di manutenzione carente, con necessità di interventi mirati al consolidamento statico della struttura e all'efficientamento energetico.

L'intervento di retrofit ha avuto inizio nel 2021 e ha previsto una riqualificazione globale, comprendendo oltre agli obiettivi già citati, quello di migliorare la qualità architettonica complessiva dell'edificio. L'obiettivo è stato quello di valorizzare la configurazione preesistente dell'immobile attraverso un progetto di recupero, attento alla conservazione dei materiali originali e al loro riutilizzo. Il progetto nasce con l'idea di intervenire inizialmente solo sul volume B, ma l'agevolazione fiscale del Superbonus 110% ha reso concretamente realizzabile per i proprietari, un intervento di riqualificazione profonda già pianificato, comprendente anche il volume A.

Lodola House è un edificio mono familiare con un assetto caratteristico delle case nate per la conduzione del fondo, costituito dal corpo principale della casa contadina, di tre piani fuori terra (B) e da un corpo più basso ad uso fienile (A), adiacente al primo. La casa contadina presenta una pianta rettangolare, con una scala centrale che divide lo spazio in due. Allo stato di fatto, ospita al piano terra la zona giorno, con cucina orientata a nord e un servizio. Al piano superiore si colloca la zona notte con due camere da letto e un secondo servizio, infine il sottotetto adibito a ripostiglio. L'edificio è costruito con una muratura portante in sasso di fiume (Fig. 110), con solai in legno e manto di copertura in coppi. La facciata principale della casa, presenta aperture di piccole dimensioni, inquadrate da cornici in tufo di circa 15 cm che ne costituiscono la cerchiatura nella muratura in sasso. In adiacenza il volume più basso, il fienile, è caratterizzato da due grandi aperture, una al piano terra e una al piano primo (Fig. 111).

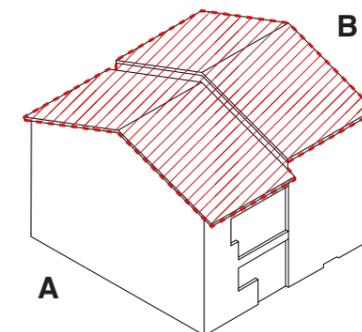


Figura 109 - Schema volumetrico di Lodola House. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Figura 110 - Fronte laterale di Lodola House. Diritti fotografici: Alessandro Saletta

4.10.1 Il progetto di retrofit

La strategia progettuale ha previsto una nuova organizzazione degli spazi interni. Al piano terra, all'interno del corpo principale della casa, si posiziona centralmente la nuova scala metallica a doppia rampa sospesa. Ancorata con cavi al tetto, collega i diversi livelli e divide lo spazio in modo simmetrico. Lo spazio viene ulteriormente suddiviso da pareti in legno, che assumono



una duplice funzione: di divisioni interne e di irrigidimento della struttura. L'ingresso principale viene mantenuto nella posizione originale, dal quale si accede ad una sala caratterizzata dalla presenza di un grande camino, mantenuto come elemento simbolico della preesistenza. Nella parte retrostante si colloca una camera singola ed un servizio con zona antibagno, che permette di raggiungere il corpo di fabbrica adiacente, nel quale viene organizzato il locale tecnico e la lavanderia. Al piano primo, nella zona dell'ex fienile si trova la zona giorno, cucina a nord e salotto a sud, il quale affaccia sulla grande vetrata (Fig.112). La scelta di posizionarla in questa zona deriva, oltre che dalle proporzioni della sala, anche dalla vista che da questo lato si apre verso il paesaggio circostante. Internamente vengono mantenute le altezze, conservando la traccia della vecchia destinazione d'uso. Sullo stesso piano si trovano le camere, una doppia e una singola, rivolte rispettivamente a sud e a nord. La facciata retrostante è interessata dalla realizzazione di una nuova apertura per il bagno padronale che serve il piano, secondo una richiesta del committente, il quale desiderava una apertura più ampia rispetto alla preesistente. Infine, al piano sottotetto si colloca la camera padronale e un locale adibito a deposito.

Figura 111 - Inserimento di nuovi serramenti nelle grandi aperture preesistenti. Diritti fotografici: Alessandro Saletta.



4.10.2. Dettagli tecnologici degli interventi sull'involucro edilizio

4.10.2.1. Ricostruzione della copertura

Figura 112 - Zona giorno con apertura verso il paesaggio. Diritti fotografici: Alessandro Saletta.

La copertura lignea preesistente è stata demolita e ricostruita. La nuova struttura in legno di abete (Fig. 113), è costituita da travi principali e travetti secondari in abete (60 x 400 mm), su cui

poggia un doppio assito in legno del medesimo materiale. L'isolamento è affidato a un doppio strato di isolante in fibra di legno, per un totale di 160 mm di spessore, posizionato tra i travetti e protetti da una barriera al vapore interna. A copertura è posto un assito in legno di abete, oltre il quale vi è una intercapedine per la ventilazione. Completano il pacchetto una guaina traspirante, un sistema di listello e contro listello (40 + 40 mm) e un manto di coppi in laterizio, con recupero parziale (50%) di quelli esistenti (Fig. 114).



Figura 113 - Nuova copertura in legno di abete. Diritti fotografici: Alessandro Saletta.

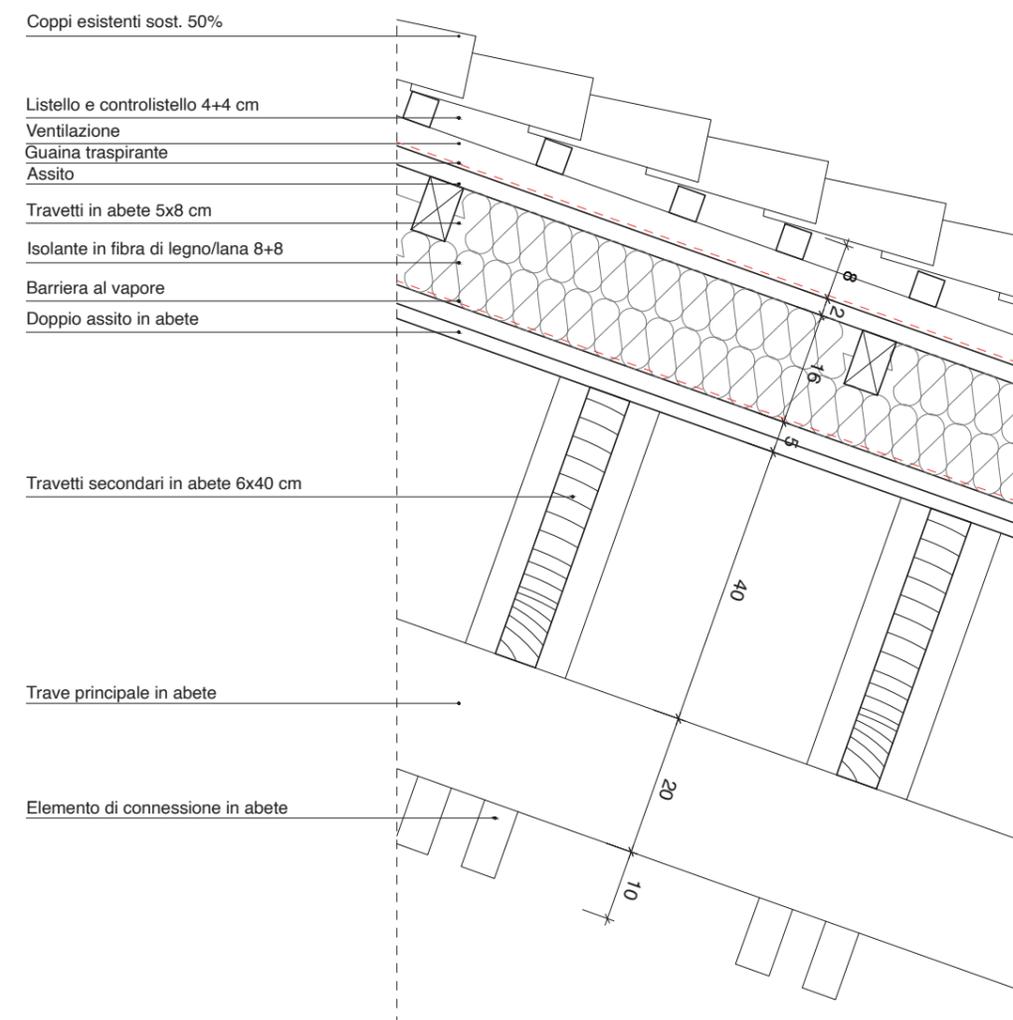


Figura 114 - Dettaglio della nuova copertura, Scala 1:10. Fonte: Zarcola Studio.

4.10.2.2. Interventi di isolamento

4.10.3. Analisi energetica ante e post intervento

L'edificio prima dell'intervento si trovava in classe energetica G, il cui involucro edilizio era privo di isolamento, con serramenti obsoleti e senza tenuta all'aria. Le fonti energetiche utilizzate erano un camino alimentato a legna e una cucina economica per la cottura dei cibi. Nell'edificio non era prodotta l'acqua calda sanitaria. L'intervento ha portato ad una trasformazione radicale dal punto di vista energetico mirando all'integrazione di soluzioni impiantistiche ad alta efficienza. In particolare sono stati installati:

- un impianto di riscaldamento a pavimento a bassa temperatura;
- un impianto fotovoltaico con batteria di accumulo;
- una pompa di calore aria-acqua elettrica, che copre sia la climatizzazione invernale che la produzione di acqua calda sanitaria;
- realizzazione di un nuovo impianto elettrico;
- la cottura dei cibi è stata affidata a un piano a induzione, favorendo il passaggio all'utilizzo esclusivo di energia elettrica.

A seguito dei lavori di riqualificazione energetica, l'APE redatto post intervento ha segnalato una classe energetica A4, con un fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile pari a 13,58 kWh/m² e una diminuzione delle emissioni di CO₂ a 3,02 kg/m².

4.10.4. Analisi economica

Per la realizzazione degli interventi di *retrofit*, i committenti hanno usufruito dell'agevolazione fiscale Superbonus 110%, Sismabonus e del bonus ristrutturazione 50%. In particolare, hanno scelto di usufruire degli incentivi mediante la cessione del credito d'imposta alla banca e lo sconto in fattura con una azienda.

Per questo progetto non sono disponibili i dati relativi ai consumi ante e post intervento, e non è stato possibile effettuare la stima come per i casi studio precedenti, in quanto TABULA non contempla questa tipologia di riscaldamento. Inoltre, non è stato possibile associare il caso studio ad una classe specifica. In Lodola house infatti, la fonte utilizzata per il riscaldamento era il camino e non veniva prodotta ACS.

Non è stato possibile, infine, verificare il prezzo di mercato ed eventuali variazioni post intervento in quanto l'edificio è di proprietà da lungo tempo e non si conosce il prezzo di acquisto.

Dunque verranno analizzati i costi di costruzione e il punto di pareggio dell'investimento.

4.10.4.1. Analisi dei costi di costruzione

Il costo totale dei lavori per gli interventi di retrofit, ammonta a 437.820,67 €, ovvero un costo parametrico di 2.586,52 €/m². Nel costo totale l'incidenza delle singole lavorazioni è la seguente (Tab. 19):

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE	INCIDENZA SUL COSTO TOTALE
Serramenti	67.100,00 €	15,0%
Isolamenti termici e acustici	28.164,76 €	6,0%
Pavimento legno	15.400,00 €	4,0%
Impianto elettrico	19.800,00 €	5,0%
Impianto di riscaldamento e idrico sanitario	38.500,00 €	9,0%
Impianto fotovoltaico	24.200,00 €	6,0%
Edile	216.417,49 €	49,0%
Altre voci	20.567,35 €	5,0%
Totale spese	437.820,67 €	100%

Tabella 19 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni di Lodola House. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

Dai dati emerge che l'incidenza maggiore sui costi è relativa alle lavorazioni edili, queste infatti rappresentano la metà dei costi totali (49 %). La seconda lavorazione con il maggior peso sui costi riguarda i serramenti (15 %), seguita dagli impianti di riscaldamento e idrico sanitario (9 %). Queste tre categorie di spesa rappresentano il 73 % dei costi totali.

La categoria delle lavorazioni edili può essere ulteriormente suddivisa in:

LAVORAZIONE	COSTO LAVORAZIONE
Demolizioni, rimozioni	27.500,00 €
Conglomerati cementizi	712,07 €
Intonaci	9.781,20 €
Opere murarie	39.722,55 €
Solai	40.355,63 €
Tetti, lattronerie	62.224,21 €
Pareti divisorie	6.641,82 €
Opere da pittore	5.280,00 €
Opere metalliche	24.200,00 €
Totale costi edile	216.417,49 €

Tabella 20 – Dettaglio dei costi delle lavorazioni edili di Lodola House. Elaborazione a cura dell'autrice dell'elaborato.

4.10.5. Considerazioni conclusive

L'analisi comparativa dei sei casi studio ha evidenziato una pluralità di approcci al *retrofit* degli edifici unifamiliari, mostrando le diverse interpretazioni a seconda del contesto, del valore dell'edificio esistente e delle esigenze della committenza. Gli interventi hanno avuto come focus principali il recupero conservativo, la trasformazione architettonica (più o meno estesa) e la riqualificazione energetica. In tutti i progetti è emersa una forte attenzione alla qualità abitativa, sia in termini di comfort termo-igrometrico che di distribuzione funzionale degli spazi, ad eccezione della Villa a Giaveno che non ha avuto come obiettivo principale interventi di modifiche interne.

Dal punto di vista tecnologico, i progetti mostrano un impiego combinato di materiali di origine naturale, come il legno, lana di roccia, il sughero, e materiali sintetici ad alte prestazioni, tra cui EPS, XPS e aerogel. In alcuni interventi si è fatto ricorso a stratificazioni e sistemi costruttivi a secco e ad elementi prefabbricati. Nella Casa Caligaris ed RC sono state utilizzate contropareti, per isolare acusticamente e termicamente e per il passaggio degli impianti.

Sotto il profilo impiantistico emergono tre modalità di intervento: in tre casi (Casa Tonet, Casa RC, Lodola House) c'è stato un passaggio totale al funzionamento elettrico, con eliminazione di caldaie a combustibili fossili, installazione di pompe di calore aria-acqua e dell'impianto fotovoltaico. Un secondo profilo è rappresentato da Villa il Generale e Villa a Giaveno, che hanno mantenuto l'utilizzo di caldaie a combustibili fossili, ma con l'integrazione di impianti fotovoltaici per la produzione di energia elettrica. Infine, nella Casa Caligaris, è stata mantenuta la caldaia a gas, ma è stata installata la pompa di calore, senza integrazione del fotovoltaico.

Nel complesso, i casi analizzati mostrano come il *retrofit* possa rappresentare non solo un'opportunità di efficientamento energetico, ma anche un'occasione di ripensamento architettonico e funzionale, capace di migliorare la qualità dell'abitare. L'approccio progettuale ricopre un ruolo essenziale nel definire la direzione e le priorità del progetto, secondo criteri costruttivi, economici e ambientali. L'adozione di certificazioni energetiche (come CasaClima o APE), in alcuni progetti ha inoltre fornito uno strumento oggettivo di valutazione delle prestazioni raggiunte.

L'analisi dei consumi ante e post intervento, ha rappresentato un elemento centrale per valutare l'efficacia energetica degli interventi di *retrofit*. In tutti i casi si registra un miglioramento significa-

tivo delle prestazioni energetiche, espresso sia attraverso il salto di classe che dai dati dei consumi. La riduzione dei fabbisogni energetici si è tradotta in una diminuzione dei costi di gestione, con risparmi che in alcuni casi superano il 50%, fino a raggiungere punte dell'75% grazie all'integrazione di impianti fotovoltaici e sistemi di accumulo. Tuttavia, la lettura dei dati ha evidenziato anche alcune criticità, soprattutto nella disponibilità dei consumi ante-operam, non accessibili per assenza di monitoraggio o discontinuità d'uso dell'immobile. In tali casi, si è fatto ricorso a stime basate sul documento TABULA e su dati forniti dalle certificazioni APE. Nonostante ciò, il confronto tra i dati disponibili suggerisce che gli interventi abbiano contribuito in modo sostanziale non solo alla riduzione della domanda energetica, ma anche al miglioramento del comfort interno in termini di uniformità termica, riduzione dei ponti termici e miglioramento della qualità dell'aria.

Lo studio degli aspetti economici ha preso in esame diverse variabili: i costi di costruzione, l'incidenza delle singole lavorazioni, la fruizione di incentivi fiscali, il ritorno dell'investimento e la rivalutazione del bene a seguito della riqualificazione. I costi totali di intervento sono risultati molto variabili, in funzione della complessità progettuale, della qualità dei materiali e della quantità di opere strutturali. In particolare, i progetti legati al Superbonus 110%, hanno risentito dell'aumento dei prezzi dei materiali da costruzione. Le lavorazioni con maggiore incidenza economica sono state quelle edili (soprattutto demolizioni, nuove strutture e finiture), seguite da serramenti, impianti e coperture. In generale, è emersa una forte incidenza del costo dell'involucro, a conferma del ruolo chiave attribuito al contenimento delle dispersioni.

L'utilizzo degli incentivi fiscali Ecobonus 65%, Bonus Ristrutturazione 50% e Superbonus 110%, ha reso possibili interventi complessi, soprattutto in presenza di livelli elevati di trasformazione. I primi due incentivi, hanno favorito interventi puntuali ma spesso più liberi sul piano architettonico, includendo anche ampliamenti e trasformazioni. Al contrario, il Superbonus 110% ha incentivato interventi energetici più completi ma vincolati, limitando la possibilità di modifiche morfologiche. Ne risulta un confronto tra interventi più flessibili e interventi più standardizzati ma ad alta efficienza. Un aspetto rilevante emerso è la relazione tra retrofit e valore di mercato: l'analisi delle quotazioni OMI e dei valori di acquisto/rivendita mostra in genere un incremento sensibile del valore dell'immobile post-intervento. Tuttavia, in assenza di incentivi, molti degli interventi non risulterebbero sostenibili dal punto di vista economico, o avrebbero tempi di ritorno dell'investimento molto più estesi.

Capitolo 5

Conclusioni

La domanda di ricerca si inserisce all'interno del più ampio dibattito relativo alla "questione ambientale", e da questo prende le mosse, cercando in conclusione di offrire un contributo allo stesso, e più nello specifico a quello italiano. In particolare, l'obiettivo del presente elaborato è stato analizzare l'impatto che le agevolazioni fiscali hanno avuto sul processo di *retrofit* del parco edilizio unifamiliare italiano, con un focus sugli aspetti tecnologico-costruttivi, economici ed energetici.

La risposta a questo interrogativo parte dalla definizione dello scenario attuale e dai possibili scenari futuri che sono causa e conseguenza dell'impatto del cambiamento climatico in corso a livello globale.

Il 30% della domanda energetica globale proviene dal settore edilizio, responsabile del 21% delle emissioni totali di gas serra. A livello europeo, tale proporzione cresce al 40% in relazione alla domanda energetica e al 36% rispetto alle emissioni totali di gas serra. Questi dati sottolineano l'impatto del settore nel processo di decarbonizzazione e spiegano la sua centralità nelle politiche europee. Tuttavia, la decarbonizzazione del patrimonio edilizio, dimostra di non essere in linea con il percorso verso la neutralità climatica. Il *Global Buildings Climate Tracker* (GBCT) aggiornato al 2022, mostra l'andamento relativo al percorso verso la decarbonizzazione del patrimonio edilizio, in vista degli obiettivi previsti per il 2050. Questo andamento considera un arco temporale che va dal 2015 (anno dell'Accordo di Parigi) fino al 2022 (Fig. 115).



Emerge il grande distacco tra lo stato attuale della decarbonizzazione e il percorso di riferimento, corrispondente a 39,8 punti di decarbonizzazione. Nell'andamento dell'indice di decarbonizzazione si rileva un aumento significativo (relativo all'anno 2020) che presumibilmente è legato alle restrizioni dovute alla pandemia da COVID-19, che già dall'anno successivo subisce un abbassamento. Quanto emerge dal grafico dunque, è che a partire dal 2015, non ci sono stati significativi progressi di decarbonizzazione del costruito¹⁶⁰.

Al fine di contribuire alla riduzione dell'impatto del patrimonio edilizio, le politiche europee, in particolare la strategia della *Renovation Wave*, ha fissato l'obiettivo di riqualificazione annuo al 2% entro il 2030. L'Italia, per rispondere a questo target, ha promosso politiche di incentivazione legate alla ristrutturazione e alla riqualificazione energetica. Le principali sono il Bonus ristrutturazione 50%, l'Ecobonus 65% e il Superbonus 110%, approfondite all'interno dell'elaborato. Nonostante l'adozione di tali misure, i dati a disposizione indicano un tasso di riqualificazione annuo prossimo allo 0,85%.

Tenuto conto di questi dati, e con l'obiettivo di approfondirli è stato ritenuto utile e pertinente cercare di costruire una risposta che evidenziasse aspetti di interesse, rispettando e valorizzando la complessità del tema.

Dal punto di vista degli aspetti tecnologico – costruttivi, i sistemi utilizzati sono prevalentemente tradizionali, ad eccezione di due casi puntuali, caratterizzati dall'impiego di sistemi di stratificazioni a secco, in particolare nella realizzazione di contropareti e controsoffitti e nella progettazione di una facciata ventilata. In quasi tutti i progetti analizzati sono stati impiegati materiali di origine naturale, principalmente nella costruzione e isolamento delle coperture, ma la prevalenza è di materiali sintetici, in modo particolare negli isolamenti in polistirene. Solo in un singolo progetto, si

Figura 115 – Percorso verso la decarbonizzazione del patrimonio edilizio. Global Status Report for Buildings and Constructions 2023. Fonte: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45095/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y

¹⁶⁰ Il *Global Buildings Climate Tracker*, è stato pubblicato per la prima volta nel 2020, e osserva i progressi verso la decarbonizzazione degli edifici in tutto il mondo.

ha un utilizzo predominante di materiali di origine naturale.

Dal punto di vista degli approcci, sono state individuate le logiche che hanno portato alla riorganizzazione ed estensione degli spazi abitativi, alla conservazione e alla correlazione tra vecchio e nuovo. Nei casi esaminati gli interventi di demolizione sono risultati mirati, e utilizzati per la sola sostituzione di parti non recuperabili o in stato di conservazione inadeguato. In molti casi l'edificio preesistente è stato valorizzato negli aspetti di qualità visiva e formale. In altri casi l'aspetto esteriore dell'edificio è rimasto uguale allo stato originario, poiché l'intervento ha riguardato solo l'isolamento dell'involucro.

Sugli aspetti energetici e impiantistici, emergono approcci differenti, più o meno radicali. In alcuni casi vi è un passaggio totale all'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili, con l'eliminazione della fornitura di gas. In altri vi è il mantenimento della caldaia a gas per il riscaldamento con l'integrazione di pannelli fotovoltaici.

In tutti gli edifici, a seguito dell'intervento si registra una riduzione significativa dei consumi. Questi subiscono una ulteriore diminuzione nei casi in cui vi è l'integrazione del fotovoltaico: riduzione del 61% tra i consumi ante e post installazione dell'impianto.

Inoltre, da ogni intervento deriva un risparmio economico significativo legato ai costi di gestione, arrivando in un caso al 78%. Questo dato assume ancora più valore alla luce dell'aumento dei costi dell'energia elettrica e del gas degli ultimi anni, nello specifico 2022 e 2023. Per questo in alcuni casi i costi rimangono in linea, ma con una forte diminuzione dei consumi.

Dall'analisi economica emerge che i costi di costruzione si attestano in un range di 2.000 - 3.000 €/m², ad eccezione di un edificio il cui costo di riqualificazione è stato pari a 800 €/m². Questi dati risentono, in parte, del forte aumento dei prezzi dei materiali da costruzione a seguito dell'implementazione della domanda, scaturita dal Superbonus 110%.

Al fine di comprendere l'effettiva convenienza degli interventi, sono stati calcolati il ritorno dell'investimento per ogni edificio e il valore di trasformazione. Nel complesso si evidenzia la scarsa convenienza di ristrutturare l'edificio nell'ottica di rivendita, in quanto nonostante un aumento del prezzo di mercato del bene in stato ottimo, questo non compensa l'ingenza dei costi dovuti all'intervento. Attualmente, l'efficienza energetica non è un criterio primario nella determinazione del valore di un immobile, superato da elementi più tradizionali come la posizione, la metratura o la vicinanza ai servizi.

A questo proposito, si evidenzia che nessuno dei progetti tra quelli analizzati ha avuto questa finalità, poiché l'obiettivo è stato riqualificare per migliorare la propria qualità abitativa. Inoltre, il

ritorno dell'investimento è bilanciato da una immediata percezione di miglioramento nel comfort termico/acustico, della riduzione delle emissioni e dei consumi.

Questo lavoro presenta alcuni limiti di carattere metodologico e tecnico. A livello metodologico si evidenzia la scelta di un metodo di campionamento, che deriva sia dalle difficoltà di individuazione di casi studio in linea con gli obiettivi della ricerca, che dalla presenza di un alto numero di casi in cui i materiali messi a disposizione dagli studi non sono stati in linea con le necessità di verifica e di calcolo.

A livello tecnico la presenza di pratiche non strutturate di monitoraggio dei consumi e dei costi delle lavorazioni ha determinato l'impossibilità a svolgere un'analisi di dettaglio di tutti i casi studio. Talvolta è stato possibile sopperire a tali mancanze attraverso stime o previsioni di consumi e costi, mentre in altri casi le analisi risultano solo parzialmente confrontabili tra loro.

Alcuni spunti di miglioramento possono riguardare l'inclusione di un numero maggiore di edifici per una rappresentazione di più ampia portata e respiro dei casi di trasformazione avvenuti sul territorio nazionale, e la creazione di un protocollo di raccolta dati che consentirebbe una analisi più uniforme e completa.

In conclusione, lo studio condotto mostra la centralità degli incentivi fiscali nel sostegno alla riqualificazione degli edifici mono familiari, che per quanto rappresentino un valido strumento alla trasformazione, ancora non sono sufficienti ad accelerare il percorso di avvicinamento alla neutralità climatica. Risulta necessario un ripensamento della struttura degli incentivi, in particolare la definizione di un quadro normativo stabile e a lungo termine, e la semplificazione delle procedure di accesso e rendicontazione. Inoltre, andando oltre la logica della riqualificazione puntuale e della singola casa, si potrebbe sviluppare una modalità di applicazione scalabile su interi quartieri, in linea con i principi del modello Energiesprong, riducendo i costi e i tempi di intervento. Un altro aspetto di rilievo riguarda la distribuzione proporzionata degli incentivi in relazione alla classe di reddito, che in Francia ha garantito strutturalmente alle fasce con meno disponibilità di usufruire di maggiori contributi economici. Al contrario, nel contesto italiano, la modalità di accesso diretto al bonus, ha determinato una concentrazione dei fondi nei contribuenti che dispongono di una maggiore capacità fiscale.

Come già evidenziato in precedenza, i costi degli interventi sono significativi, in particolare quelli legati alle spese edili, ad esempio demolizioni e ricostruzioni, opere provvisorie, allestimento e tempi di cantiere. Nel confronto con i casi studio europei, emerge

una ulteriore leva di miglioramento. In riferimento alle esperienze di altri Paesi, si dimostra che l'utilizzo di tecniche *off-site* consente di ridurre i costi operativi, i tempi di cantiere e applicare una metodologia facilmente scalabile. Inoltre, considerando l'intero ciclo di vita degli edifici, altri temi di rilievo sono relativi all'impiego di materiali naturali, ai metodi di costruzione e allo smaltimento e riutilizzo dei materiali da costruzione.

Se nel contesto europeo, l'impiego di questi materiali e l'utilizzo di sistemi di costruzione a secco risulta crescente, in Italia la prevalenza è attualmente di sistemi costruttivi tradizionali e l'impiego di materiali sintetici, ad esempio isolanti in EPS. Nel caso del Superbonus 110%, su questa scelta ha spesso influito la difficoltà di reperimento dei materiali naturali, dovuta all'elevata richiesta che ha determinato un ulteriore aumento dei prezzi. Questo porterà nel tempo alla necessità di smaltire materiali a basso tasso di riciclabilità. L'EPS ad esempio, oltre ad un processo di produzione altamente energivoro e complesso, è impossibile da compostare e difficile da riciclare, poiché è necessaria una condizione di elevata purezza per svolgere il processo. Inoltre, entrambe le fasi sono potenzialmente molto inquinanti.

Infine, alla base della metodologia di intervento a livello nazionale, l'approccio progettuale non contempla una fase di riciclo e riuso, fondamentali sia nell'adattamento alle future esigenze abitative che nella riduzione dell'impatto del settore edilizio.

Oltre agli aspetti già evidenziati, una ulteriore tematica riguarda un limite di fondo di natura culturale.

Le misure di agevolazione, hanno reso accessibili interventi che, anche a detta degli stessi committenti, non sarebbero stati eseguiti, ma questo non si è sempre tradotto in una maggiore consapevolezza dell'importanza della riqualificazione. Infatti, dalle interviste ai professionisti, emerge che il motivo trainante della riqualificazione è stato quasi esclusivamente lo sfruttamento della risorsa economica, rientrando nei massimali di spesa previsti dai diversi bonus, a prescindere dell'effettivo valore dell'intervento. Questo ha avuto un impatto anche sulla qualità architettonica dei progetti e sulla preferenza per materiali sintetici, dettata dalla generale carenza di sensibilità dei clienti ai temi della sostenibilità, e spesso motivata dal minor costo e dai tempi di consegna più contenuti.

Complessivamente il messaggio conclusivo che l'elaborato vuole suggerire, è che tecnicamente in Italia sarebbe possibile realizzare questo cambiamento e ciò è dimostrato dalla potenzialità delle iniziative proposte e dagli esempi analizzati. Tuttavia finché questi non saranno accompagnati da una trasformazione

culturale profonda e concreta, da una programmazione politica strutturata sulla sostenibilità e l'adozione dell'innovazione come standard e non come eccezione, il raggiungimento della neutralità climatica resterà un obiettivo difficilmente raggiungibile.

Note bibliografiche

¹ CMCC Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, IPCC AR5 Quinto Rapporto di Valutazione sui Cambiamenti Climatici, Glossario minimo dell'IPCC: https://www.cmcc.it/wp-content/uploads/2014/04/IPCC_AR5_Glossario_IT.pdf [ultima consultazione: Agosto 2024]

² *Ibidem.*

³ Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, 1992, p.3: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/Convenzione_quadro_delle_Nazioni_Unite_-_New_York_1992.pdf [ultima consultazione: Agosto 2024]

⁴ Nazioni Unite, Che cosa sono i cambiamenti climatici: <https://unric.org/it/che-cosa-sono-i-cambiamenti-climatici/> [ultima consultazione: Agosto 2024]

⁵ UE, Unione Europea, Cambiamenti climatici: https://climate-pact.europa.eu/about/climate-change_it [ultima consultazione: Agosto 2024]

⁶ EP, Parlamento Europeo, Emissioni di gas serra nell'UE per paese e settore: Infografica, 2023: <https://www.europarl.europa.eu/topics/it/article/20180301STO98928/emissioni-di-gas-sera-per-paese-e-settore-infografica> [ultima consultazione: Agosto 2024]

⁷ IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambiamento climatico 2021: Sintesi per tutti, 2021: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Italian.pdf [ultima consultazione: Agosto 2024]

maryForAll_Italian.pdf [ultima consultazione Agosto 2024]

⁸ IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambiamento climatico 2021: Sintesi per tutti, 2021: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/outreach/IPCC_AR6_WGI_SummaryForAll_Italian.pdf [ultima consultazione Agosto 2024]

⁹ Hannah Ritchie (2020) - "Sector by sector: where do global greenhouse gas emissions come from?" Pubblicato su OurWorldinData.org: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector> [ultima consultazione: Settembre 2024]

¹⁰ WRI - World Resources Institute, World Greenhouse Gas Emission, 2016: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2016> [ultima consultazione: Settembre 2024]

¹¹ WRI - World Resources Institute, World Greenhouse Gas Emission, 2018: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2018> [ultima consultazione: Settembre 2024]

¹² WRI - World Resources Institute, World Greenhouse Gas Emission, 2019: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2019> [ultima consultazione: Settembre 2024]

¹³ WRI - World Resources Institute, World Greenhouse Gas Emission, 2020: <https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2020> [ultima consultazione: Settembre 2024]

¹⁴ Buildings-GSR Global Status Report Buildings and Construction, 2023 Beyond Foundation: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45095/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf [ultima consultazione: Agosto 2024]

¹⁵ Normattiva, D.P.R. 26 agosto 1993, n.142, Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:presidente.repubblica:decreto:1993-08-26;412> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

¹⁶ *Ibidem.*

¹⁷ STREPIN, Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/STREPIN_2020_rev_25-11-2020.pdf [ultima consultazione: Gennaio 2025]

¹⁸ URBEM, Edificio residenziale - mono-familiare: <https://www.urbem.polimi.it/residential-single-family/> [ultima consultazione: Giugno 2025]

¹⁹ STREPIN, Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale 2020: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/STREPIN_2020_rev_25-11-2020.pdf [ultima consultazione: Gennaio 2025]

²⁰ ENEA, La consistenza del parco immobiliare nazionale 2024: <https://www.pubblicazioni.enea.it/download.html?task=download.send&id=698:la-consistenza-del-parco-immobiliare-nazionale&catid=3> [ultima consultazione: Giugno 2025]

²¹ Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, L. 30 marzo 1976, n. 373, Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1976/06/07/076U0373/sg> [ultima consultazione: Aprile 2025]

²² Legambiente, La sfida per il patrimonio edilizio italiano 2024: <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/La-sfida-per-il-patrimonio-edilizio-italiano.pdf> [ultima consultazione: Dicembre 2024]

²³ STREPIN, Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale 2020: https://www.mimit.gov.it/images/stories/documenti/STREPIN_2020_rev_25-11-2020.pdf [ultima consultazione: Gennaio 2025]

²⁴ Commissione Europea, Conseguenze dei cambiamenti climatici: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_it [ultima consultazione: Agosto 2024]

²⁵ Climate ADAPT – Edifici: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/it/eu-adaptation-policy/sector-policies/buildings> [ultima consultazione: Agosto 2024]

²⁶ Retrofitting, in Vocabolario online Treccani: <https://www.treccani.it/vocabolario/retrofitting/> [ultima consultazione: Giugno 2025]

²⁷ Raccomandazione UE 2019/786 sulla ristrutturazione degli edifici: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H0786&from=CS> [ultima consultazione: Giugno 2025]

²⁸ Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici, Allegato 1: https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/DM_requisiti_minimi_allegato1.pdf [ultima consultazione: Giugno 2025]

²⁹ Decreto interministeriale 26 giugno 2015 - Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici: https://www.mimit.gov.it/images/stories/normativa/DM_requisiti_minimi.pdf [ultima consultazione: Giugno 2025]

³⁰ *Ibidem.*

³¹ Gaspari, J. (2012) Trasformare l'involucro: la strategia dell'addizione nel progetto di recupero: tecnologie per la riqualificazione sostenibile del costruito. p.43. Monfalcone: Edicom.

³² *Ibidem*, p.44.

³³ *Ibidem*, p.45.

³⁴ *Ibidem.*

³⁵ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Il percorso dello sviluppo sostenibile 1972: <https://www.mase.gov.it/pagina/il-percorso-dello-sviluppo-sostenibile-1972> [ultima consultazione: Settembre 2024]

³⁶ United Nations, Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment, Stockholm 1972

³⁷ IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change: <https://www.ipcc.ch/> [ultima consultazione: Settembre 2024]

³⁸ EP, Parlamento Europeo, I negoziati sul cambiamento climatico: https://www.europarl.europa.eu/infographic/climate-negotiations-timeline/index_it.html#event-1990 [ultima consultazione: Settembre 2024]

³⁹ IPCC, Climate Change 2007, Synthesis Report: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_full_report.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁰ Dipartimento per gli affari europei, COP: <https://www.affari.europai.gov.it/it/comunicazione/euroacronimi/cop-1/> [ultima consul-

tazione: Settembre 2024]

⁴¹ Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE, 1992: Conferenza delle Nazioni Unite su ambiente e sviluppo, Vertice della Terra di Rio de Janeiro: https://www.aren.admin.ch/aren/it/home/sviluppo-sostenibile/politica-sostenibilita/agenda2030/onu_-le-pietre-miliari-dello-sviluppo-sostenibile/1992--conferenza-delle-nazioni-unite-su-ambiente-e-sviluppo--ver.html [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴² Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, 1992: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/Convenzione_quadro_delle_Nazioni_Unite_-_New_York_1992.pdf [ultima consultazione: Agosto 2024]

⁴³ Dipartimento per gli affari europei, COP: <https://www.affarieuropei.gov.it/it/comunicazione/euroacronimi/cop-1/> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁴ United Nations Climate Change, Che cos'è il Protocollo di Kyoto: https://unfccc.int/kyoto_protocol [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁵ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Il Protocollo di Kyoto della Convenzione sui Cambiamenti Climatici: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/varii/Documentazione_-_Il_Protocollo_di_Kyoto_della_Convenzione_sui_Cambiamenti_Climatici.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁶ United Nations Climate Change, Che cos'è il Protocollo di Kyoto: https://unfccc.int/kyoto_protocol [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁷ United Nations Climate Change, L'Accordo di Parigi: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁸ Alleanza italiana per lo sviluppo sostenibile, L'Agenda 2030 dell'Onu per lo sviluppo sostenibile: <https://asvis.it/l-agenda-2030-dell-onu-per-lo-sviluppo-sostenibile/> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁴⁹ Città metropolitana di Milano, Agenda 2030: 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile: https://www.cittametropolitana.mi.it/Agenda_metropolitana_sviluppo_sostenibile/Agenda2030/index.html

[ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁰ Nazioni Unite, Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale il 25 settembre 2015: <https://unric.org/it/wp-content/uploads/sites/3/2019/11/Agenda-2030-Onu-italia.pdf> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵¹ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, 2022: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/sviluppo_sostenibile/ALL1_SNSvS_2023_Strategia_e_allegati.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵² Commissione Europea, Domande e risposte: i piani nazionali per l'energia e il clima in sintesi: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/memo_19_2997 [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵³ Consiglio europeo, Piani nazionali per l'energia e il clima: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/national-energy-and-climate-plans/#0> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁴ Commissione Europea, Domande e risposte: i piani nazionali per l'energia e il clima in sintesi: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/memo_19_2997 [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁵ Consiglio europeo, Green Deal europeo: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁶ Consiglio europeo, In che modo l'UE rende più ecologica l'energia: <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/how-the-eu-is-greening-energy/> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁷ Consiglio europeo, Pronti per il 55%: per edifici più verdi nell'UE: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/#0> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁸ Consiglio europeo, Ondata di ristrutturazioni: edilizia verde per il futuro: <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/renovation-wave/#0> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁵⁹ Commissione Europea, Onda di ristrutturazione: <https://energy.>

ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en#main-focus-of-the-renovation-wave [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶⁰ European Environment Agency, Le emissioni di gas a effetto serra dell'UE sono diminuite lo scorso anno, tuttavia è ancora necessario intensificare gli sforzi per raggiungere gli ambiziosi obiettivi per il 2030:

<https://www.eea.europa.eu/it/highlights/le-emissioni-di-gas-a> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶¹ Portale Nazionale sulla Prestazione Energetica degli Edifici, Certificazione Energetica degli edifici: <https://pnpe2.enea.it/ape> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶² Normattiva, Decreto Legislativo 19 agosto 2005: <https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2005-09-23&atto.codiceRedazionale=005G0219&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=0&qId=adf073eb-c26e-47c9-881c-9177eb8921a-d&tabID=0.48942769946694065&title=lbl.dettaglioAtto> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶³ *Ibidem.*

⁶⁴ Portale Nazionale sulla Prestazione Energetica degli Edifici, Certificazione Energetica degli edifici: <https://pnpe2.enea.it/ape> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶⁵ Agenzia delle Entrate, Riqualficazione energetica - Che cos'è: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/schede/agevolazioni/detrazione-riqualificazione-energetica-55-2016/cosa-riqualificazione-55-2016> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶⁶ Normattiva, Decreto Legge 4 giugno 2013: <https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2013-06-05&atto.codiceRedazionale=13G00107&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=0&qId=df2144aa-91e6-4b75-bd05-20c9bf230257&tabID=0.011592732930134408&title=lbl.dettaglioAtto> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶⁷ Agenzia delle Entrate, Riqualficazione energetica - Che cos'è: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/web/guest/schede/agevolazioni/detrazione-riqualificazione-energetica-55-2016/>

cosa-riqualificazione-55-2016 [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁶⁸ ENEA, Rapporto annuale detrazioni fiscali, Le detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti, 2023: <https://www.ufficienzeenergetica.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=619&catid=9&Itemid=101> [ultima consultazione: Dicembre 2024]

⁶⁹ Agenzia delle Entrate, Per quali lavori - Condizioni per chiedere la detrazione: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/schede/agevolazioni/detristredil36/per-quali-lavori-detristredil36> [ultima consultazione: Giugno 2025]

⁷⁰ Normattiva, Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:presidente.repubblica:decreto:2001-06-06;380> [ultima consultazione: Giugno 2025]

⁷¹ *Ibidem.*

⁷² Agenzia delle Entrate, Sisma Bonus: le detrazioni per gli interventi antisismici 2019: https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Sisma+bonus+le+detrazioni+per++gli+interventi+antisismici_Guida_Sisma_Bonus.pdf [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁷³ Agenzia delle Entrate, Sisma Bonus: le detrazioni per gli interventi antisismici: https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Sisma+bonus+le+detrazioni+per++gli+interventi+antisismici_Guida_Sisma_Bonus.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁷⁴ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/pniec_finale_17012020.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁷⁵ Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Energia e Clima 2030: <https://www.mase.gov.it/energia/energia-e-clima-2030> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁷⁶ Agenzia delle Entrate, Superbonus 110%: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/superbonus-110%25> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁷⁷ Ibidem.

⁷⁸ BPER, Cessione del credito: <https://www.bper.it/perche-sceglierci/magazine/articoli-guide/come-funziona-cessione-del-credito> [ultima consultazione: Dicembre 2024]

⁷⁹ Agenzia delle Entrate, Superbonus 110%: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/superbonus-110%25> [ultima consultazione: Dicembre 2024]

⁸⁰ BPER, Cessione del credito: <https://www.bper.it/perche-sceglierci/magazine/articoli-guide/come-funziona-cessione-del-credito> [ultima consultazione: Dicembre 2024]

⁸¹ Agenzia delle Entrate, Circolare N.27/E del 7 Settembre 2023: https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documenti/20143/5519468/Circolare_n_27_del_07_09_2023.pdf [ultima consultazione: Dicembre 2024]

⁸² Agenzia delle Entrate, Bonus facciate: https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documenti/20143/233439/Guida_Bonus_Facciate_2022.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁸³ Gazzetta ufficiale, Decreto 26 giugno 2015: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15A05198/sg> [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁸⁴ Agenzia delle Entrate, Bonus facciate: https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documenti/20143/233439/Guida_Bonus_Facciate_2022.pdf [ultima consultazione: Settembre 2024]

⁸⁵ Ibidem.

⁸⁶ Ibidem.

⁸⁷ Ibidem.

⁸⁸ ANCE, La transizione ecologica degli immobili in Italia, 25 Luglio 2023: https://ance.it/wp-content/uploads/allegati/20230725_Il_futuro_del_superbonus.pdf [ultima consultazione: Dicembre 2024]

⁸⁹ ENEA, Report mensile Superbonus 110%, 30 settembre 2024: https://www.energiaenergetica.enea.it/images/detrazioni/Avvisi/Report_30_09_2024_1.pdf

⁹⁰ Ministero dell'economia, delle finanze e della sovranità industriale e digitale, MaPrimeRénov' parcours par geste: la prime pour la rénovation énergétique 2025: https://www.economie.gouv.fr/particuliers/prime-renovation-energetique#mapriemer-nov-qu-est-ce-que-c-est_0 [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹¹ Ibidem.

⁹² Ministero dell'economia, delle finanze e della sovranità industriale e digitale, MaPrimeRénov' Parcours accompagné: tout savoir sur cette aide 2024: <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/mapriemer-nov-parcours-accompagne-tout-savoir-sur-cette-aide> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹³ Ministero dell'economia, delle finanze e della sovranità industriale e digitale, MaPrimeRénov' parcours par geste: la prime pour la rénovation énergétique 2025: https://www.economie.gouv.fr/particuliers/prime-renovation-energetique#mapriemer-nov-qu-est-ce-que-c-est_0 [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹⁴ MaPrimeRénov' rénovation d'ampleur : tout savoir sur cette aide: <https://www.economie.gouv.fr/particuliers/mapriemer-nov-parcours-accompagne-tout-savoir-sur-cette-aide> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹⁵ Energiesprong, Global Energiesprong Alliance explained: <https://energiesprong.org/about/> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹⁶ Energiesprong it, Energiesprong: <https://www.energiesprong.it/chi/> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹⁷ Energiesprong it, Il processo: <https://www.energiesprong.it/il-processo/> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹⁸ Energiesprong it, Tempi e costi di intervento: <https://www.energiesprong.it/il-processo/tempi-e-costi-dintervento/> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

⁹⁹ Ibidem.

¹⁰⁰ BE&CO, Rénovation énergétique d'une maison individuelle à Bron <https://www.be-co.fr/details-renovation+energetique+d+une+maison+individuelle+a+bron-151.html> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

¹⁰¹ *Ibidem.*

¹⁰² BE&CO, Rénovation énergétique d'une maison "Castor" à Bron: <https://www.be-co.fr/details-renovation+energetique+d+une+maison+castor+a+bron-139.html> [ultima consultazione: Gennaio 2025]

¹⁰³ Saint-Andéol House Renovation and Extension / Banquet, in ArchDaily: https://www.archdaily.com/1022044/saint-andeol-house-renovation-and-extension-banquet?ad_source=myad_bookmarks&ad_medium=bookmark-open [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁰⁴ Bewoners Communicatie, Nieuw Buinen: https://www.bewonerscommunicatie.com/index.php/portfolio_page/nieuwbuinen/ [ultima consultazione: Gennaio 2025]

¹⁰⁵ Lefier, Nieuw Buinen: https://www.bewonerscommunicatie.com/wp-content/uploads/fld_NieuwBuinen-kopie.pdf [ultima consultazione: Gennaio 2025]

¹⁰⁶ https://www.bewonerscommunicatie.com/index.php/portfolio_page/oud-vossemeer/

¹⁰⁷ ZEPHIR, Passivhaus Italia, [https://passivhausitalia.com/passivhaus/#:~:text=Lo%20standard%20Passivhaus%20%C3%A8%20nato,l'Edilizia\)%20in%20Germania.](https://passivhausitalia.com/passivhaus/#:~:text=Lo%20standard%20Passivhaus%20%C3%A8%20nato,l'Edilizia)%20in%20Germania.) [ultima consultazione: Maggio 2025]

¹⁰⁸ Passive House Institut, Criteria for buildings: https://passiv.de/downloads/03_building_criteria_en.pdf [ultima consultazione: Maggio 2025]

¹⁰⁹ Corner View House / Freehaus, in ArchDaily: <https://www.archdaily.com/991609/corner-view-house-freehaus> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹⁰ FREEHOUSE, Corner View House: <https://www.freehousedesign.com/corner-view-house> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹¹ Adpractice, Harpenden: <https://www.adpractice.co.uk/harpenden-enerphit-plus> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹² PHIT THE BILL, All electric retrofit may turn a profit in energy crisis: https://www.adpractice.co.uk/_files/ugd/f7f377_0982852ea9ce4192bdfaf433bf4f6c02.pdf [ultima

consultazione: Aprile 2025]

¹¹³ Low energy building database: <https://www.lowenergybuildings.org.uk/viewproject.php?id=761#strategies> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹⁴ Passivhaus Trust, Harpenden EnerPHit Plus: <https://www.passivhaustrust.org.uk/projects/detail/?cld=129> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹⁵ Olidouro House / oitoo in ArchDaily: <https://www.archdaily.com/972201/olidouro-house-oitoo> [ultima consultazione: Novembre 2024]

¹¹⁶ Oitoo, Olidouro House: <https://oitoo.pt/olidouro-house> [ultima consultazione: Novembre 2024]

¹¹⁷ Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, L. 30 marzo 1976, n. 373, Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici: <https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1976/06/07/076U0373/sg> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹⁸ Legambiente, La sfida per il patrimonio edilizio italiano 2024: <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/La-sfida-per-il-patrimonio-edilizio-italiano.pdf> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹¹⁹ Building Typology Brochure – Italy 2014, Politecnico di Torino: https://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/IT_TABULA_TypologyBrochure_POLITO.pdf [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹²⁰ BibLus, Guida completa alla muratura a sacco: <https://biblus.acca.it/muratura-a-sacco/> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹²¹ Recupero architettonico tra le vigne, VistaCasa n.99, 2020, pp. 48-61.

¹²² *Ibidem.*

¹²³ *Ibidem.*

¹²⁴ *Ibidem.*

¹²⁵ Riabitare nel Collio friulano, Azero n.35 EdicomEdizioni, 2020, pp. 40-45. <https://www.edicomstore.it/vetrina/azero-35/> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹²⁶ Recupero architettonico tra le vigne, VistaCasa n.99, 2020, pp. 48-61.

¹²⁷ Agenzia CasaClima, I CasaClima Awards assegnati per la 21° volta: <https://www.agenziasaclima.it/it/i-casaclima-awards-assegnati-per-la-21a-volta--9-2615.html> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹²⁸ ARERA, Orientamenti per la definizione del metodo tariffario per il servizio di teleriscaldamento nel periodo transitorio, 2023: <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/docs/23/546-23.pdf> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹²⁹ Pulsee, A quanto ammonta il consumo di gas mensile medio: <https://pulsee.it/news-media/risparmio/quant-metri-cu-bi-gas-consumano-mese> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹³⁰ ARERA, Andamento del prezzo del gas naturale per un consumatore domestico tipo in regime di tutela: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/andamento-del-prezzo-del-gas-naturale-per-un-consumatore-domestico-tipo-in-regime-di-tutela> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹³¹ ARERA, Elettricità: bonus sociale, al via le modalità applicative: <https://www.arera.it/comunicati-stampa/dettaglio/it/com-stampa/08/080902> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹³² ARERA, Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore in Maggior Tutela: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/andamento-del-prezzo-dellenergia-elettrica-per-il-consumatore-domestico-tipo-in-maggior-tutela> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹³³ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹³⁴ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹³⁵ Follow the architect, Casa Caligaris: <https://followthearchitect.com/casa-caligaris> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹³⁶ *Ibidem.*

¹³⁷ *Ibidem.*

¹³⁸ *Ibidem.*

¹³⁹ ARERA, Orientamenti per la definizione del metodo tariffario per il servizio di teleriscaldamento nel periodo transitorio, 2023: <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/docs/23/546-23.pdf> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁴⁰ Pulsee, A quanto ammonta il consumo di gas mensile medio: <https://pulsee.it/news-media/risparmio/quant-metri-cu-bi-gas-consumano-mese> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁴¹ ARERA, Andamento del prezzo del gas naturale per un consumatore domestico tipo in regime di tutela: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/andamento-del-prezzo-del-gas-naturale-per-un-consumatore-domestico-tipo-in-regime-di-tutela> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁴² ARERA, Elettricità: bonus sociale, al via le modalità applicative: <https://www.arera.it/comunicati-stampa/dettaglio/it/com-stampa/08/080902> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁴³ ARERA, Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore in Maggior Tutela: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/andamento-del-prezzo-dellenergia-elettrica-per-il-consumatore-domestico-tipo-in-maggior-tutela> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁴⁴ Prima dell'entrata in vigore del D. Interm. Del 26 giugno 2015. <https://www.mimit.gov.it/index.php/it/normativa/decreti-interministeriali/decreto-interministeriale-26-giugno-2015-adequamento-linee-guida-nazionali-per-la-certificazione-energetica-degli-edifici>

¹⁴⁵ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹⁴⁶ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹⁴⁷ Archisbang, Villa il Generale: <https://www.archisbang.com/villa-il-generale>

¹⁴⁸ Tecnosugheri: <https://www.tecnosugheri.it/prodotto/iso-vit-e-cork-malta-cappotto-sughero/> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁴⁹ San Marco, sistemi vernicianti per l'edilizia: <https://san-marco.com/product/20248700/scudosil-intonachino-kp-1-5> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵⁰ ARERA, Orientamenti per la definizione del metodo tariffario per il servizio di teleriscaldamento nel periodo transitorio, 2023: <https://www.arera.it/fileadmin/allegati/docs/23/546-23.pdf> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵¹ Pulsee, A quanto ammonta il consumo di gas mensile medio: <https://pulsee.it/news-media/risparmio/quant-metri-cubi-gas-consumano-mese> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵² ARERA, Andamento del prezzo del gas naturale per un consumatore domestico tipo in regime di tutela: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/andamento-del-prezzo-del-gas-naturale-per-un-consumatore-domestico-tipo-in-regime-di-tutela> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵³ ARERA, Elettricità: bonus sociale, al via le modalità applicative: <https://www.arera.it/comunicati-stampa/dettaglio/it/com-stampa/08/080902> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵⁴ ARERA, Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore in Maggior Tutela: <https://www.arera.it/dati-e-statistiche/dettaglio/andamento-del-prezzo-dellenergia-elettrica-per-il-consumatore-domestico-tipo-in-maggior-tutela> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵⁵ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹⁵⁶ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹⁵⁷ Ahora architettura, Giaveno: <https://www.ahoraarchitettura.it/riqualificazione-energetica-villetta-a-giaveno.html> [ultima consultazione: Aprile 2025]

¹⁵⁸ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/>

[ricerca.htm?level=0](https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0) [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹⁵⁹ Agenzia delle Entrate, OMI, Banca dati delle quotazioni immobiliari: <https://www1.agenziaentrate.gov.it/servizi/Consultazione/ricerca.htm?level=0> [ultima consultazione: Marzo 2025]

¹⁶⁰ Global Status Report for Buildings and Construction: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/45095/global_status_report_buildings_construction_2023.pdf?sequence=3&i-sAllowed=y [ultima consultazione: Gennaio 2025]

Allegato 1

Voce di spesa	TOTALE	Anno 1 - 2017	Anno 2 - 2018	Anno 3 - 2019	Anno 4 - 2020	Anno 5 - 2021	Anno 6 - 2022	Anno 7 - 2023	Anno 8 - 2024	Anno 9 - 2025	Anno 10 - 2026
Costo totale lavori	333.218,20 €	216.529,36 €	112.686,84 €	4.002,00 €							
Totale lavori soggetti a 50%	135.287,73 €	91.850,00 €	39.919,18 €	3.518,55 €							
Recupero fiscale Ristrutturazione 50% (massimale 96.000)	48.000,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €
Totale lavori soggetti a 65%	184.967,97 €	124.679,36 €	59.805,16 €	483,45 €							
Recupero fiscale Ecobonus 65% (importo di detrazione massimo 100.000)	100.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
Costo totale lavori impianto fotovoltaico - soggetto a 50%	27.390,00 €							27.390,00 €			
Recupero fiscale Ristrutturazione 50%	5.478,00 €							1.369,50 €	1.369,50 €	1.369,50 €	1.369,50 €
Spesa decennale utenze ante intervento	46.572,72 €										
Spesa decennale utenze post intervento	19.758,12 €										
Risparmio annuo su utenze	26.814,60 €	- €	- €	2.331,57 €	2.331,57 €	2.331,57 €	2.331,57 €	4.371,98 €	4.371,98 €	4.371,98 €	4.371,98 €
Benefici annui	180.292,20 €	14.800,00 €	14.800,00 €	17.131,57 €	17.131,57 €	17.131,57 €	17.131,57 €	20.541,48 €	20.541,48 €	20.541,48 €	20.541,48 €
Flusso netto annuo		- 201.729,36 €	- 97.886,84 €	13.129,57 €	17.131,57 €	17.131,57 €	17.131,57 €	- 6.848,52 €	20.541,48 €	20.541,48 €	20.541,48 €
Saldo cumulato attualizzato (tasso 3%)	-190.084,34 €	- 195.853,75 €	- 92.267,73 €	12.015,42 €	15.221,18 €	14.777,84 €	14.347,42 €	- 5.568,47 €	16.215,63 €	15.743,33 €	15.284,79 €
Anno di pareggio investimento		- 195.853,75 €	- 288.121,48 €	- 276.106,07 €	- 260.884,89 €	- 246.107,05 €	- 231.759,63 €	- 237.328,10 €	- 221.112,46 €	- 205.369,13 €	- 190.084,34 €
Valore di trasformazione al netto delle detrazioni	42.489,80 €										
Valore di mercato del bene trasformato (OMI stato ottimo*Superficie)	249.620,00 €										
Costi di trasformazione	207.130,20 €										
Prezzo di acquisto immobile	140.000,00 €										
Superficie dell'immobile (m ²)	178,30										
Prezzo più alto di mercato fornito dall'OMI (€/m ²)	1400										
Valore di trasformazione		1	2	3	4	5					
	- 140.000,00 €	K1-D1	K2-D2	K3-D3			249.620,00 €				
	-	69.043,40 €	- 69.043,40 €	- 69.043,40 €							
	- 140.000,00 €	67.032,43 €	- 65.080,03 €	- 63.184,49 €			215.324,40 €				
VT=	- 119.972,54 €										

Allegato 2

Voce di spesa	TOTALE	Anno 1 - 2017	Anno 2 - 2018	Anno 3 - 2019	Anno 4 - 2020	Anno 5 - 2021	Anno 6 - 2022	Anno 7 - 2023	Anno 8 - 2024	Anno 9 - 2025	Anno 10 - 2026
Costo totale lavori	414.786,20 €	207.393,10 €	207.393,10 €								
Totale lavori soggetti a 50%	148.537,80 €	74.268,90 €	74.268,90 €								
Recupero fiscale Ristrutturazione 50% (massimale 96.000)	48.000,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €
Totale lavori soggetti a 65%	266.248,42 €	133.124,21 €	133.124,21 €								
Recupero fiscale Ecobonus 65% (massimale 100.000)	100.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €	10.000,00 €
Spesa decennale utenze ante intervento	55.629,68 €										
Spesa decennale utenze post intervento	22.555,11 €										
Risparmio annuo su utenze	33.073,97 €	- €	- €	4.108,63 €	4.108,63 €	3.753,64 €	2.750,25 €	4.788,26 €	4.521,52 €	4.521,52 €	4.521,52 €
Benefici annui	181.073,97 €	14.800,00 €	14.800,00 €	18.908,63 €	18.908,63 €	18.553,64 €	17.550,25 €	19.588,26 €	19.321,52 €	19.321,52 €	19.321,52 €
Flusso netto annuo		- 192.593,10 €	- 192.593,10 €	18.908,63 €	18.908,63 €	18.553,64 €	17.550,25 €	19.588,26 €	19.321,52 €	19.321,52 €	19.321,52 €
Saldo cumulato attualizzato (tasso 3%)	-243.349,33 €	- 186.983,59 €	- 181.537,47 €	17.304,08 €	16.800,07 €	16.004,53 €	14.698,06 €	15.927,05 €	15.252,59 €	14.808,34 €	14.377,03 €
Anno di pareggio investimento		- 186.983,59 €	- 368.521,06 €	- 351.216,99 €	- 334.416,91 €	- 318.412,38 €	- 303.714,32 €	- 287.787,27 €	- 272.534,69 €	- 257.726,35 €	- 243.349,33 €
Valore di trasformazione al netto delle detrazioni	118.913,80 €										
Valore di mercato del bene trasformato (OMI stato normale*Superficie)	385.700,00 €										
Costi di trasformazione	266.786,20 €										
Prezzo di acquisto immobile	280.000,00 €										
Superficie dell'immobile (m ²)	203										
Prezzo più alto di mercato fornito dall'OMI (€/m ²)	1900										
Valore di trasformazione											
		1	2	3	4	5					
	- 280.000,00 €	K1-D1	K2-D2	K3-D3			385.700,00 €				
		- 88.928,73 €	- 88.928,73 €	- 88.928,73 €							
	- 280.000,00 €	- 86.338,58 €	- 83.823,86 €	- 81.382,39 €			332.708,21 €				
VT=	- 198.836,62 €										

Allegato 3

Voce di spesa	TOTALE	Anno 1 - 2020	Anno 2 - 2021	Anno 3 - 2022	Anno 4 - 2023	Anno 5 - 2024	Anno 6 - 2025	Anno 7 - 2026	Anno 8 - 2027	Anno 9 - 2028	Anno 10 - 2029
Costo totale lavori	491.186,30 €	491.186,30 €									
Totale lavori soggetti a Superbonus 110%	150.208,52 €	150.208,52 €									
Recupero fiscale Superbonus 110%	150.208,52 €	150.208,52 €									
Totale lavori soggetti a Bonus Facciate 60%	72.232,82 €	72.232,82 €									
Recupero fiscale Bonus Facciate 60%	43.339,70 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €	4.333,97 €
Totale lavori soggetti a Ristrutturazione 50%	177.673,07 €	177.673,07 €									
Recupero fiscale Ristrutturazione 50%	48.000,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €	4.800,00 €
Spesa decennale utenze ante intervento	46.449,92 €										
Spesa decennale utenze post intervento	10.148,40 €										
Risparmio annuo su utenze	36.301,52 €	- €	- €	4.537,69 €	4.537,69 €	4.537,69 €	4.537,69 €	4.537,69 €	4.537,69 €	4.537,69 €	4.537,69 €
Benefici annui	277.849,74 €	159.342,49 €	9.133,97 €	13.671,66 €	13.671,66 €	13.671,66 €	13.671,66 €	13.671,66 €	13.671,66 €	13.671,66 €	13.671,66 €
Flusso netto annuo	-	331.843,81 €	9.133,97 €	13.671,66 €							
Saldo cumulato attualizzato (tasso 3%)	-223.107,09 € -	322.178,46 €	8.609,64 €	12.511,51 €	12.147,09 €	11.793,29 €	11.449,80 €	11.116,31 €	10.792,53 €	10.478,19 €	10.173,00 €
Anno di pareggio investimento	-	322.178,46 € -	313.568,81 € -	301.057,31 € -	288.910,22 € -	277.116,92 € -	265.667,12 € -	254.550,81 € -	243.758,28 € -	233.280,09 € -	223.107,09 €

Valore di trasformazione al netto delle detrazioni	19.311,92 €
Valore di mercato del bene trasformato (OMI stato ottimo*Superficie)	268.950,00 €
Costi di trasformazione	249.638,08 €
Prezzo di acquisto immobile	280.000,00 €
Superficie dell'immobile (m ²)	163
Prezzo più alto di mercato fornito dall'OMI (€/m ²)	1650

valore di trasformazione		1	2	3	4	5
- 280.000,00 €		K1-D1	K2-D2	K3-D3		268.950,00 €
-		83.212,69 € -	83.212,69 € -	83.212,69 €		
- 280.000,00 € -		80.789,02 € -	78.435,94 € -	76.151,40 €		231.998,63 €
VT= - 283.377,74 €						

Allegato 4

Voce di spesa	Anno 1 - 2022	Anno 2 - 2023	Anno 3 - 2024	Anno 4 - 2025	Anno 5 - 2026	Anno 6 - 2027	Anno 7 - 2028	Anno 8 - 2029	Anno 9 - 2030	Anno 10 - 2031
Costo totale lavori	114.054,26 €	114.054,26 €								
Totale lavori soggetti a Superbonus 110%	114.054,26 €	114.054,26 €								
Recupero fiscale Superbonus 110%	114.054,26 €	114.054,26 €								
Spesa decennale utenze ante intervento	24.892,17 €									
Spesa decennale utenze post intervento	23.617,21 €									
Risparmio annuo su utenze	1.274,96 € -	1.158,97 € -	505,58 € -	40,39 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €
Benefici annui	117.034,16 €	114.054,26 €	- €	- €	425,70 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €	425,70 €
Flusso netto annuo	-	1.158,97 € -	505,58 € -	40,39 €	425,70 €					
Saldo cumulato attualizzato (tasso 3%)	788,43 € -	1.125,21 € -	476,56 € -	36,96 €	378,23 €	367,21 €	356,52 €	346,13 €	336,05 €	326,26 €
Anno di pareggio investimento	-	1.125,21 € -	1.601,77 € -	1.638,73 € -	1.260,50 € -	893,29 € -	536,78 € -	190,64 €	145,41 €	471,67 €
Valore di trasformazione al netto delle detrazioni	310.050,00 €									
Valore di mercato del bene trasformato (OMI stato ottimo*Superficie)	310.050,00 €									
Costi di trasformazione	- €									
Prezzo di acquisto immobile	250.000,00 €									
Superficie dell'immobile (m ²)	159									
Prezzo più alto di mercato fornito dall'OMI (€/m ²)	1950									