

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Tesi di Laurea Magistrale



Procedura di ottimizzazione dell'analisi tecnico-economica per l'efficienza energetica degli edifici
Applicazione del Superbonus nella riqualificazione del patrimonio costruito

Relatore:

Prof. Vincenzo Corrado

Correlatore:

Arch. Ivana Lisitano

Candidato:

Enrico Gandino

Anno Accademico 2020/2021

ABSTRACT

I cambiamenti climatici in atto nel nostro pianeta stanno portando il settore dell'edilizia ad una transizione fondamentale, guidata dagli obiettivi di decarbonizzazione prefissati dall'Unione Europea a medio e lungo termine per il 2030 e il 2050. L'obiettivo cardine è quello di giungere ad un sistema efficiente e sostenibile, basato sull'energia derivata da fonti rinnovabili, nel quale siano ridotte al minimo le emissioni, realizzando edifici passivi (a energia quasi zero) e riducendo l'impatto dell'abitare.

L'Italia, recependo le direttive europee, si è mossa da anni in questa direzione, attraverso normative energetiche via via più stringenti e grazie all'introduzione di molteplici incentivi fiscali destinati alla riqualificazione energetica degli edifici. Tra i più influenti vi è il "Superbonus", introdotto nel 2020, il quale ha elevato al 110% la detrazione per le spese di efficientamento energetico e ha dato ulteriore impulso al motore della riqualificazione per gli anni a seguire.

La linea tracciata ha bisogno di qualche anno per portare ai risultati attesi e necessita, per il suo completo compimento, del coinvolgimento di tutti gli attori del processo, al fine di rendere il settore edile un mondo a impatto climatico zero.

Il presente lavoro di tesi nasce dalla collaborazione con *C²R Energy Consulting S.r.l.*, società di consulenza che opera nel settore dell'energia. Il fine è quello di ottimizzare il processo di lavoro che sta alla base della valutazione tecnica ed economica di un intervento di riqualificazione energetica del patrimonio costruito, sfruttando gli incentivi introdotti. Partendo dall'analisi del quadro legislativo e normativo in vigore è stata innanzitutto redatta una panoramica relativa allo stato dell'arte della riqualificazione energetica presente oggi nel nostro Paese. Una volta definito l'ambito, è stato elaborato un flowchart tecnico e metodologico comprensivo di tutte le casistiche da tenere in considerazione e dei passaggi da seguire per l'accesso alla detrazione nella fase di fattibilità. Insieme alle azioni che compongono il flusso del flowchart sono poi stati descritti i requisiti e le caratteristiche che devono possedere le tecnologie previste negli interventi di efficientamento.

Infine, per validare il processo teorico definito nel flowchart, il metodo è stato applicato a specifici casi studio, concordati insieme all'azienda. Attraverso modellazione e diagnosi energetica è stata valutata la fattibilità tecnico-economica di differenti scenari d'intervento al fine di massimizzare il comfort, l'efficienza energetica e ridurre costi e consumi finali.

ABSTRACT (english version)

The climate changes taking place in our planet are leading the building sector to a fundamental transition, guided by the decarbonization goals set by the European Union in the medium and long term for 2030 and 2050. The key objective is to achieve an efficient and sustainable system based on energy derived from renewable sources in which emissions are reduced to a minimum, creating passive buildings (almost zero energy) and reducing the impact of living.

Italy, implementing European directives, has been moving in this direction for years, through increasingly stringent energy regulations and thanks to the introduction of multiple tax incentives for the energy upgrading of buildings. Among the most influential of these is the “Superbonus”, introduced in 2020, which raised the deduction for energy efficiency expenditure to 110% and gave further impetus to the upgrading engine for years to come.

The drawn line needs a few years to lead to the expected results and requires, for its full completion, the involvement of all players of the process, in order to make the building sector a climate neutral world.

This thesis work was born from the collaboration with *C²R Energy Consulting S.r.l.*, a company that works in the energy sector. The aim is to optimize the work process that underpins the technical assessment of an intervention to upgrade the energy efficiency of built heritage, taking advantage of the incentives introduced. First of all, starting from the analysis of the legislative and regulatory framework in force has been drawn up an overview about the state of the art of energy requalification today in our country. After defining the scope, a technical and methodological flowchart that includes all the cases and the steps in order to access the bonus has been processed. Together with the actions that make up the flowchart, were described the requirements and characteristics of the technologies used in the energy efficiency measures.

Finally, in order to validate the process defined into the theoretical flowchart, the method was applied to specific case studies agreed with the company. Through the energy modelling and diagnosis, the technical and economic feasibility of different intervention scenarios to maximise comfort, energy efficiency and reduce costs final consumptions, has been evaluated.

INDICE

1. INTRODUZIONE	9
1.1. Obiettivi della tesi	11
1.2. C ² R Energy Consulting	12
2. QUADRO LEGISLATIVO E NORMATIVO	13
2.1. La direttiva sulla prestazione energetica in edilizia.....	13
2.2. La legislazione nazionale in materia di efficienza energetica degli edifici	14
2.2.1. Legge 10/1991 e relativi decreti attuativi	14
2.2.2. Decreto Legislativo 192/2005	16
2.2.3. D.M. 26 giugno 2015	16
2.3. Normativa di riferimento.....	21
3. LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA IN ITALIA.....	23
3.1. Agevolazioni per l'efficientamento	25
3.1.1. Bonus casa.....	25
3.1.2. Ecobonus	25
3.1.3. Bonus facciate	26
3.1.4. Conto termico	26
3.2. I numeri delle detrazioni.....	28
4. IL SUPERBONUS 110%.....	30
4.1. I soggetti.....	31
4.2. Interventi trainanti	31
4.2.1. Isolamento termico dell'involucro	31
4.2.2. Sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale	32
4.3. Interventi trainati	33
4.3.1. Interventi di efficientamento energetico e schermature solari.....	33
4.3.2. Installazione di impianti solari fotovoltaici e sistemi di accumulo	34
4.3.3. Eliminazione delle barriere architettoniche.....	34

4.3.4. Infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici	34
4.4. I requisiti	35
4.5. La detrazione	35
4.6. Report Superbonus	36
4.7. Quadro riassuntivo	37
5. IL FLOW CHART PER LA VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ	38
5.1. La metodologia di C ² R	38
5.2. Il flowchart del Superbonus	40
5.2.1. Azioni iniziali	42
5.2.2. Caratterizzazione dell'edificio e dei soggetti che accedono alla detrazione	43
5.2.3. Sopralluogo	47
5.2.4. Verifiche edilizie e urbanistiche	48
5.2.5. Analisi interventi incentivabili	51
5.2.6. Modellazione	56
5.2.7. Definizione proposta	59
6. TECNOLOGIE E IMPIANTI TECNICI PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	61
6.1. I materiali isolanti	61
6.1.1. Requisiti tecnici	63
6.1.2. Requisiti CAM	64
6.2. Gli impianti tecnici	65
7. CASI STUDIO	71
7.1. Il software EC 700	73
7.2. Caso studio 1: condominio	74
7.2.1. Stato di fatto	76
7.2.2. Scenari d'intervento	77
7.3. Caso studio 2: edificio unifamiliare	82
7.3.1. Stato di fatto	84
7.3.2. Scenari d'intervento	85

8. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI	90
RIFERIMENTI.....	95
ALLEGATI	100

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Sintesi misure per il raggiungimento dei risparmi entro il 2030.....	9
Figura 2: Logo C ² R Energy Consulting	12
Figura 3: Classificazione edifici per destinazione d'uso	15
Figura 4: Quadro della legislazione energetica in Italia	17
Figura 5: Scala di classificazione energetica.....	19
Figura 6: Scala di classificazione della prestazione energetica	20
Figura 7: Indicatore prestazione invernale involucro	20
Figura 8: Indicatore prestazione estiva involucro	20
Figura 9: Iter normativo per la determinazione della prestazione energetica di un edificio	21
Figura 10: Epoche costruzione edifici in Italia.....	23
Figura 11: Riqualificazione energetica nel territorio nazionale	24
Figura 12: Interventi incentivabili con ecobonus	26
Figura 13: Distribuzione degli APE per classe energetica, 2016-2019.....	28
Figura 14: Distribuzione degli APE per zona climatica, 2016-2019.....	29
Figura 15: Logo ufficiale Superbonus 110%.....	30
Figura 16: Fasi di accesso al Superbonus.....	39
Figura 17: Flowchart per la valutazione della fattibilità tecnica per l'accesso al Superbonus.....	41
Figura 18: Flowchart di dettaglio per la verifica dei requisiti soggettivi	46
Figura 19: Flowchart di dettaglio per le verifiche edilizie e urbanistiche	50
Figura 20: Flowchart di dettaglio per l'analisi degli interventi incentivabili	55
Figura 21: Flowchart di dettaglio per la verifica dei requisiti oggettivi.....	57
Figura 22: Classificazione materiali isolanti	61
Figura 23: Schema funzionamento caldaie.....	65
Figura 24: Funzionamento sistemi ibridi.....	68
Figura 25: Schema funzionamento teleriscaldamento.....	70
Figura 26: Documentazione fotografica, caso studio 1	75
Figura 27: Pianta piano tipo e vista 3D del modello, caso studio 1	75
Figura 28: Classe energetica SdF, caso studio 1	76
Figura 29: Fabbisogno termico utile specifico, caso studio 1	79
Figura 30: Consumi fabbricato, caso studio 1	80

Figura 31: Energia primaria e classe energetica, caso studio 1	80
Figura 32: Emissioni di CO ₂ , caso studio 1.....	81
Figura 33: Documentazione fotografica, caso studio 2	83
Figura 34: Planimetrie edificio, caso studio 2	83
Figura 35: Viste 3D del modello, caso studio 2	83
Figura 36: Classe energetica SdF, caso studio 2	84
Figura 37: Fabbisogno termico utile specifico, caso studio 2	87
Figura 38: Consumi fabbricato, caso studio 2.....	88
Figura 39: Energia primaria e classe energetica, caso studio 2	88
Figura 40: Emissioni di CO ₂ , caso studio 2.....	89

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Soggetti Superbonus.....	37
Tabella 2: Requisiti Superbonus.....	37
Tabella 3: Progettazione strategie d'intervento	58
Tabella 4: Esempio quadro economico scenario d'intervento	60
Tabella 5: Norme armonizzate e marcatura CE per materiali isolanti	62
Tabella 6: Trasmittanza termica limite.....	63
Tabella 7: Requisiti riciclaggio isolanti CAM.....	64
Tabella 8: Requisiti pompe di calore elettriche	67
Tabella 9: Requisiti pompe di calore a gas.....	67
Tabella 10: Fattori di conversione per determinazione energia primaria ed emissioni di CO ₂	72
Tabella 11: Caratterizzazione edificio, caso studio 1	74
Tabella 12: Caratteristiche tipologiche-geometriche fabbricato, caso studio 1.....	74
Tabella 13: Caratteristiche involucro-impianti caso studio 1	76
Tabella 14: Interventi scenario 1, caso studio 1	77
Tabella 15: Quadro economico scenario 1, caso studio 1	78
Tabella 16: Interventi scenario 2, caso studio 1	78
Tabella 17: Quadro economico scenario 2, caso studio 1	79
Tabella 18: Confronto economico, caso studio 1	81
Tabella 19: Caratterizzazione edificio, caso studio 2	82
Tabella 20: Variabili climatiche e caratteristiche fabbricato, caso studio 2	82
Tabella 21: Caratteristiche involucro-impianti, caso studio 2.....	84
Tabella 22: Interventi scenario 1, caso studio 2	85
Tabella 23: Quadro economico scenario 1, caso studio 2	86
Tabella 24: Interventi scenario 2, caso studio 2	86
Tabella 25: Quadro economico scenario 2, caso studio 2	87
Tabella 26: Confronto economico, caso studio 2	89

1. INTRODUZIONE

«Il settore civile è attualmente responsabile di circa il 45% dei consumi finali di energia e del 17,5% delle emissioni dirette di CO₂ del nostro Paese.»¹ Le politiche energetiche legate alla sostenibilità e alla riduzione delle emissioni di CO₂ nell'atmosfera derivano dalle direttive europee riguardanti la prestazione energetica degli edifici, le quali evidenziano l'importanza di stabilire piani nazionali con obiettivi a medio e lungo termine.

L'obiettivo di risparmio per il 2030, fissato in Italia dal PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima), pari a 9,3 Mtep/a di energia finale (tonnellate equivalenti di petrolio), è per il 60% relativo al settore civile, il quale costituirà un settore chiave per gli interventi di riqualificazione, attraverso l'introduzione di nuovi materiali, tecnologie e standard volti all'efficientamento dell'involucro edilizio e all'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. Nelle strategie a lungo termine per il 2050 viene espressa la necessità di attuare interventi di riqualificazione profonda per la conversione degli edifici in NZEB (Nearly Zero Energy Buildings), ossia ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico risulti quasi nullo e coperto in misura significativa da energia derivante da fonti rinnovabili. Dal 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione, pubblici e privati, devono rispettare tale criterio.

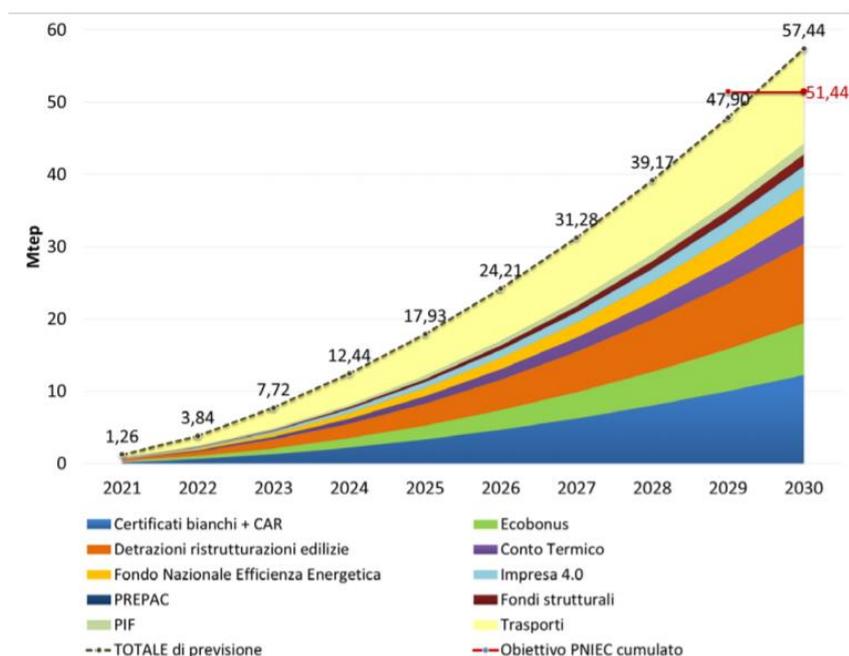


Figura 1: Sintesi misure per il raggiungimento dei risparmi entro il 2030 - Fonte: PNIEC, dicembre 2019

¹MiTE, Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale, marzo 2021

Migliorare le prestazioni degli edifici del nostro Paese, costruiti in gran parte prima dell'introduzione delle normative sul risparmio energetico e di conseguenza non sufficientemente efficienti, porta ad una riduzione sia dell'impatto ambientale dell'abitare, sia dei costi per gli utenti finali, migliorando la salute e il comfort dei luoghi dove si vive e lavora e incrementando il valore degli immobili. Questi benefici sono però contrastati da una serie di barriere che vanno abbattute al fine di ottenere i frutti desiderati.

Un primo ostacolo era dettato dall'assenza di incentivi adeguati sul mercato che spingessero ad investire nell'efficienza energetica, con tempi di ritorno dell'investimento troppo lunghi per ottenere la fiducia di consumatori e imprese.

In secondo luogo si registrava la mancanza di accesso al capitale d'investimento, causata da un lato dalla difficoltà nel programmare e realizzare interventi adeguati e dall'altro dalla scarsa attrattiva generata dai progetti di riqualificazione energetica, soprattutto se di piccola-media dimensione.

Infine la dispersione delle misure di efficienza creava elevati costi di transizione, problemi di proprietà patrimoniale e di accesso al prestito.²

Riconoscendo questi ostacoli, l'Italia si è dotata di strumenti di incentivazione fiscale per attuare un meccanismo virtuoso nel quale tutti i soggetti, pubblici e privati, partecipino al consolidamento del mercato della ristrutturazione energetica. Nello scenario degli incentivi, in continua evoluzione, nel 2020 nasce il "Superbonus 110%", introdotto nell'ambito del Decreto Rilancio³, a sostegno dell'economia italiana a seguito della crisi causata dal Covid-19. L'incentivo consente di portare al 110% l'aliquota per la detrazione delle spese relative a specifici interventi di efficienza energetica.

² ENEA, Le detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti, Rapporto annuale 2020

³ D.L. 19 maggio 2020, n.34, convertito con modificazione dalla legge 17 luglio 2020, n.77

1.1. Obiettivi della tesi

Questo lavoro di tesi in azienda nasce dalla collaborazione con la start up *C²R Energy Consulting* con l'obiettivo di implementare uno strumento che possa ottimizzare il flusso di lavoro aziendale.

Lo scopo dell'elaborato consiste infatti nella definizione di un flowchart metodologico e tecnico che racchiuda tutto l'iter e le possibili casistiche per l'accesso al "Superbonus 110%" in fase di valutazione della fattibilità tecnico ed economica (FTE) dell'intervento. L'obiettivo è creare un modello che possa essere replicato per ogni possibile caso e, in futuro, essere informatizzato, per standardizzare e velocizzare il processo progettuale.

Attorno a questo vengono presentati una panoramica del quadro normativo e legislativo vigenti in Italia in materia di riqualificazione energetica e un'analisi dei bonus in vigore, con i rispettivi campi di utilizzo.

Infine viene applicato il flowchart a casi studio significativi, oggetto di intervento da parte dell'azienda, con l'obiettivo di tradurre in pratica i punti teorici elaborati, mostrando le differenti possibilità di utilizzo del bonus e sviluppando soluzioni progettuali e modelli energetici differenti al fine di individuare le migliori strategie d'intervento, sottolineando le tecnologie e gli interventi da preferire.

Data la vastità del tema, si precisa che verrà approfondita, dal punto di vista tecnico, la parte energetica del "Superbonus 110%" relativa agli interventi sul patrimonio costruito esistente; gli aspetti economico-fiscali, legati alle detrazioni, così come le tematiche legate agli interventi di miglioramento sismico o di demolizione e ricostruzione, non verranno approfonditi.

1.2. C²R Energy Consulting

C²R Energy Consulting è una società che opera nel campo dell'energia, occupandosi di consulenza e ricerca applicata. La società annovera tra i suoi soci anche ricercatori e docenti del Politecnico di Torino.

C²R offre servizi di consulenza tecnico scientifica quali:

- Consulenza nella pianificazione e progettazione energetica nei settori civile e terziario;
- Consulenza in campo normativo e legislativo nei settori energetico ed ambientale;
- Sviluppo di modelli e procedure innovativi.

e servizi energetici quali:

- Supporto al processo decisionale per interventi di efficienza energetica;
- Analisi processo gestione-economia dell'energia.⁴

Partendo dalla diagnosi del sistema edificio-impianto e dagli obiettivi per la quale essa viene condotta viene definito e ottimizzato un qualunque modello energetico. Attraverso analisi multicriteri vengono poi fornite soluzioni di riqualificazione energetica ottimali sia a livello di costo che di consumo energetico.

All'interno di *C²R*, le *BU (Building Unit)*, approfondiscono fasi differenti del processo edilizio. La presente tesi nasce dalla collaborazione con la *BU Architecture e Sustainability* per l'ottimizzazione dell'iter alla base dei Progetti di Fattibilità Tecnico ed Economica riguardanti interventi di efficientamento energetico alla luce dei nuovi incentivi statali.



Figura 2: Logo *C²R Energy Consulting* - Fonte: *C²R Energy Consulting*

⁴ <https://c2rconsulting.com/>

2. QUADRO LEGISLATIVO E NORMATIVO

Il primo ottobre 2015 ha sancito l'entrata in vigore delle nuove norme riguardanti il calcolo della prestazione energetica degli edifici e le modalità di definizione della certificazione. In questo capitolo viene mostrata l'evoluzione del quadro legislativo e normativo di riferimento in materia di contenimento del fabbisogno energetico degli edifici nel nostro Paese, sulla base delle direttive europee.

2.1. La direttiva sulla prestazione energetica in edilizia

La direttiva sulla prestazione energetica in edilizia *EPBD* (*Energy Performance Building Directive*) è la direttiva che fissa i requisiti di efficienza e regola la costruzione/ristrutturazione degli edifici, nonché i criteri per il calcolo delle prestazioni energetiche nel quadro normativo europeo.⁵

La prima versione della *EPBD* (Direttiva 2002/91/CE), nata in risposta al protocollo di Kyoto, introduce misure correttive per indirizzare gli stati membri ad una riduzione degli inquinanti gassosi emessi. Tali misure, in campo edilizio, considerano gli aspetti climatici esterni, quelli legati al comfort degli ambienti interni e il rapporto costi-benefici al fine di migliorare il rendimento energetico degli edifici. Con questa direttiva viene introdotto l'ACE (Attestato di Certificazione Energetica), nel quale si riportano gli interventi migliorativi e i criteri della metodologia di calcolo da adottare.

Con la seconda versione della *EPBD* (Direttiva 2010/31/UE) i requisiti minimi vengono applicati a tutti gli edifici e tutte le unità immobiliari sottoposti a ristrutturazione importante o nel caso di sostituzione degli impianti. Viene inoltre introdotto il concetto di edificio *NZEB*, a energia quasi zero. Con questa direttiva vengono fissate le scadenze entro le quali gli edifici dovranno essere tutti *NZEB*, in particolare:

- Per gli edifici pubblici di nuova costruzione: scadenza al 31 dicembre 2018;
- Per gli edifici di nuova costruzione: scadenza al 31 dicembre 2021.

Con le modifiche apportate nel 2018 (Direttiva 2018/844/UE), le procedure di calcolo per la determinazione delle prestazioni energetiche passano dal regime stazionario o semi-stazionario ad un regime dinamico; di conseguenza il calcolo della prestazione energetica e della classe energetica necessitano di software di calcolo elaborati e certificati.

⁵ <https://www.certificato-energetico.it/articoli/leggi-normative.html>

2.2. La legislazione nazionale in materia di efficienza energetica degli edifici

La prima norma redatta in Italia per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici risale al 1976, emanata in seguito alla crisi petrolifera scoppiata in Europa. La Legge 373/1976 poneva i primi vincoli riguardanti il sistema edificio-impianti, dalla fase di progettazione a quella di manutenzione.⁶ Di seguito si riportano i principali passaggi normativi che hanno portato all'attuale regolamentazione energetica.

2.2.1. Legge 10/1991 e relativi decreti attuativi

La Legge 10 del 9 gennaio 1991 aveva come obiettivi la riduzione dei consumi di energia e il miglioramento delle condizioni di compatibilità ambientale alla base del suo utilizzo. Grazie ad essa venivano per la prima volta regolamentate le modalità progettuali e la gestione del sistema edificio-impianto, secondo le direttive adottate dalla Comunità Economica Europea. Gli obiettivi della legge 10 erano quelli di garantire:

- Il contenimento energetico e l'utilizzo consapevole dell'energia;
- La salvaguardia dell'ambiente esterno;
- Il benessere degli individui agendo sul comfort interno.

Per contenere le dispersioni termiche, e risparmiare energia, veniva imposta la verifica della tenuta dell'isolamento termico delle pareti esterne e dei solai.

A seguito della Legge 10 fu emanato il suo decreto attuativo, il D.P.R. 412/1993, un regolamento che, per limitare i consumi di energia degli impianti termici, introduceva i seguenti aspetti:

- Ripartizione del territorio nazionale in funzione dei gradi giorno;
- Classificazione degli edifici in funzione della destinazione d'uso;
- Individuazione dei criteri alla base della progettazione energetica.

Classificazione del territorio nazionale

Il territorio nazionale è stato classificato in funzione del numero di GG (Gradi Giorno), definiti come la somma (estesa su tutto il periodo annuale convenzionale di riscaldamento) delle differenze giornaliere tra la temperatura ambiente (per convenzione 20°C) e la temperatura media esterna. In funzione dei GG si stabilisce l'appartenenza ad una delle 6 zone (indicate con le lettere dalla A alla F), ad ognuna delle quali è associato un periodo convenzionale di riscaldamento.

⁶ <https://biblus.acca.it/focus/attestato-prestazione-energetica-ape/>

Classificazione degli edifici

Gli edifici sono poi stati classificati in base alla loro destinazione d'uso in 8 categorie e sottocategorie come riportato nell'immagine che segue.

E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;

E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;

E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività Industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:

E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;

E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;

E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;

E.6 (2) palestre e assimilabili;

E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.

Figura 3: Classificazione edifici per destinazione d'uso - Fonte: D.P.R. 412/1993

Criteri di progettazione

Infine sono stati dettati i criteri di progettazione energetica, i quali si basano sul FEN (Fabbisogno Energetico Normalizzato) e sul rendimento globale stagionale dell'impianto termico. Il FEN rappresenta il fabbisogno stagionale di un edificio, ossia l'energia primaria necessaria per mantenere la temperatura al valore costante di 20°C negli ambienti climatizzati (considerando un adeguato ricambio d'aria durante la stagione fredda). Il FEN precede il successivo concetto di indice di prestazione energetica.

2.2.2. Decreto Legislativo 192/2005

Il D.Lgs. 192 del 2005, con i suoi aggiornamenti negli anni, rimane tutt'oggi il decreto nazionale fondamentale per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, sia per quelli di nuova costruzione che per gli interventi di riqualificazione. Tale decreto rappresenta l'attuazione della Direttiva Europea *EPBD*. Gli obiettivi principali del decreto sono:

- Stabilire un metodo per il calcolo e i requisiti minimi riguardanti le prestazioni energetiche degli edifici;
- Definire i principi alla base della certificazione energetica degli edifici;
- Promuovere l'uso razionale dell'energia.

L'introduzione della Direttiva 2010/31/UE ha segnato l'avvento in Italia un nuovo iter legislativo per l'aggiornamento del D.Lgs. 192/2005, apportando modifiche e integrazioni con il D.L. 63/2013, poi convertito dalla Legge 90/2013.

Con il D.L. 63/2013 la certificazione energetica ACE diventa APE (Attestato di Prestazione Energetica). L'APE è un documento che identifica per mezzo di una "scala energetica" il consumo di energia non rinnovabile di un edificio, basandosi su una valutazione energetica "standard" dell'edificio e considerando il sistema involucro-impianto. L'APE certifica le prestazioni energetiche collocando l'edificio in una scala di valori identificati con lettere. Nell'attestato va inoltre riportato il numero di libretto degli impianti, obbligatorio per tutti gli impianti (centralizzati e autonomi) installati a partire dal 2016, oltre alla data di regolare manutenzione dei generatori.

Ogni qual volta vengano effettuati interventi di ristrutturazione edilizia che vadano a modificare la prestazione energetica dell'edificio deve essere aggiornato l'APE.

2.2.3. D.M. 26 giugno 2015

I decreti interministeriali datati 26 giugno 2015 fanno parte del pacchetto di strumenti legislativi per l'attuazione del D.Lgs. 192/2005 per completare il panorama legislativo in campo energetico. Essi sono:

- Decreto Requisiti Minimi: è il testo che definisce le metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche, i requisiti minimi da rispettare per gli interventi sugli edifici e i requisiti dell'edificio *NZEB*;
- Linee guida APE 2015: consistono nell'adeguamento del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 26 giugno 2009. Esse costituiscono le linee guida tuttora vigenti in Italia per la certificazione energetica degli edifici, basando il calcolo della classe energetica sull'edificio di riferimento;
- Decreto Relazione Tecnica di Progetto: consiste in una guida per la redazione della relazione tecnica (ex Legge 10) per l'applicazione di prescrizioni e requisiti minimi.

L'immagine seguente riassume il quadro normativo descritto.

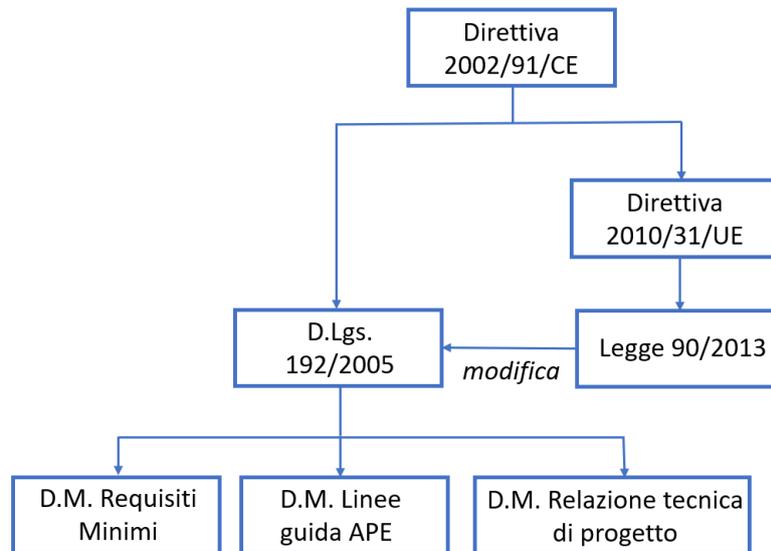


Figura 4: Quadro della legislazione energetica in Italia

Il Decreto Requisiti Minimi definisce i criteri e le metodologie di calcolo della prestazione energetica riguardo i requisiti di efficienza per edifici nuovi o sottoposti a ristrutturazione, precisando quali strumenti di calcolo si possano utilizzare, previa verifica e validazione da parte del CTI (Comitato Termotecnico Italiano).

Gli edifici vengono classificati secondo la destinazione d'uso prevalente in termini di volume climatizzato, definendo criteri e metodologie in base alle seguenti tipologie di intervento edilizio: nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, ampliamento e sopraelevazione.

Un edificio viene definito di nuova costruzione se possiede un titolo abilitativo successivo all'entrata in vigore del decreto. In questa categoria rientrano anche:

- Le demolizioni e ricostruzioni di edifici indipendentemente dal titolo abilitativo necessario;
- Gli ampliamenti di edifici esistenti, all'esterno della sagoma dell'edificio esistente oppure tramite chiusura di spazi aperti con annesso cambio d'uso, sia per nuova unità che per volume annesso al preesistente.

Per gli edifici ristrutturati si deve invece distinguere tra ristrutturazione importante di primo e di secondo livello.

Le ristrutturazioni importanti di primo livello comprendono gli interventi che interessano l'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50% della superficie disperdente esterna complessiva dell'edificio e comportano il rifacimento dell'impianto di climatizzazione invernale/estiva. I requisiti di prestazione energetica sono relativi all'edificio nella sua interezza.

Le ristrutturazioni importanti di secondo livello comprendono invece gli interventi aventi incidenza superiore al 25% della superficie disperdente esterna complessiva dell'edificio e possono interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva. I requisiti, pur relativi all'intero edificio, si applicano alle caratteristiche termo-fisiche dei componenti dell'involucro.

Infine il Decreto prevede gli interventi di "riqualificazione energetica", che agiscono su una superficie inferiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione o nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio. In questi casi i requisiti si applicano solamente alle componenti oggetto d'intervento quali componenti edilizi (caratteristiche termo-fisiche) o sistemi tecnici (efficienze).⁷

A livello di definizioni e grandezze sono contenute la definizione di edificio di riferimento ossia «*un edificio identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati.*»⁸ e i requisiti da rispettare per gli edifici NZEB.

Tra i requisiti è prevista la verifica e il confronto con l'edificio di riferimento dei seguenti parametri, legati all'involucro e ai sistemi tecnici:

- H'_T , il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente, il quale consente di caratterizzare l'involucro in condizioni invernali;
- $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$, l'area solare equivalente estiva, riguardante la prestazione dell'involucro in condizioni estive;
- n_w , le efficienze degli impianti dell'insieme dei sottosistemi di utilizzazione (emissione/erogazione, regolazione, distribuzione e accumulo) per i servizi di H, C e W⁹;
- EPH_{nd} , EPC_{nd} , $EP_{gl,tot}$, gli indici di energia primaria attraverso l'utilizzo dei fattori di conversione.¹⁰

Il decreto sancisce che la prestazione energetica degli edifici venga determinata in maniera conforme a quanto previsto dalla normativa tecnica UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), allineata con le norme predisposte dal CEN (European Committee for Standardization) a supporto della Direttiva 2010/31/CE.

⁷ D.M. 26 giugno 2015

⁸ Appendice A, Allegato 1 D.M. 26/06/2015

⁹ Climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e produzione di acqua calda sanitaria

¹⁰ Il nuovo Decreto Ministeriale sul calcolo della prestazione energetica e sui requisiti minimi. Rockwool, 2016

Classe energetica

L'Allegato 1 del D.M. Linee guida APE riporta la procedura di attestazione energetica degli edifici. La classe energetica di un edificio viene determinata a partire dall'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$. L'indice rappresenta *l'energia totale consumata annualmente dall'edificio climatizzato per metro quadro di superficie*¹¹; l'unità di misura è il kWh/m². Esso comprende la climatizzazione invernale ed estiva, la produzione di acqua calda sanitaria, la ventilazione meccanica e, esclusivamente per gli immobili non residenziali, l'illuminazione artificiale e il trasporto di persone e cose. L'indice, relativo all'edificio di riferimento, permette la costruzione di una scala di classi, ad ognuna delle quali corrisponde un intervallo di prestazione prefissato.

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$0,40 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$0,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$0,80 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$1,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$1,20 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$1,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$2,00 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
$2,60 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl,nren,rif,standard (2019/21)}$

Figura 5: Scala di classificazione energetica - Fonte: D.M. linee guida APE

La classe energetica viene inoltre contrassegnata da un indicatore alfabetico: la lettera G indica un indice di prestazione elevato (maggiori consumi), mentre alla lettera A corrispondono consumi minori. La classe A è ulteriormente suddivisa in quattro livelli da un indicatore numerico che indica livelli di prestazione energetica crescenti da 1 a 4. Nella scala vi è inoltre lo spazio che se barrato indica che si tratta di un edificio NZEB.

¹¹ Allegato 1 D.M. linee guida APE

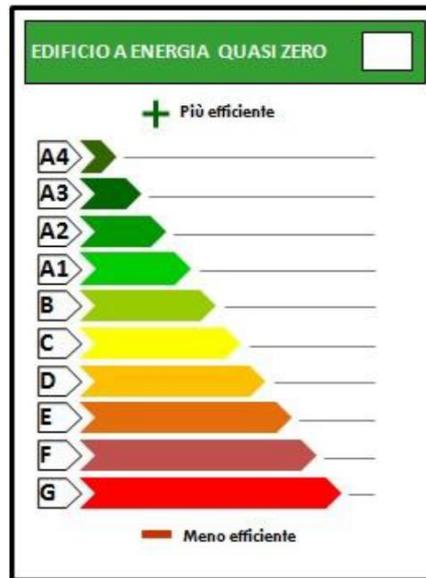


Figura 6: Scala di classificazione della prestazione energetica - Fonte: D.M. linee guida APE

Oltre alla classe energetica, l'APE riporta la prestazione energetica invernale ed estiva dell'involucro, ossia del fabbricato al netto del rendimento degli impianti dell'edificio, in forma di indicatore grafico del livello di qualità. La prestazione invernale si basa sull'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento dell'edificio di riferimento, mentre quella estiva sulla trasmittanza termica periodica e sull'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile.

Prestazione invernale dell'involucro	Qualità	Indicatore
$EP_{H,nd} \leq 1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	alta	☺
$1 * EP_{H,nd,limite (2019/21)} < EP_{H,nd} \leq 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	media	☹
$EP_{H,nd} > 1,7 * EP_{H,nd,limite (2019/21)}$	bassa	☹

Figura 7: Indicatore prestazione invernale involucro - Fonte: D.M. Linee guida APE

Prestazione estiva dell'involucro		Qualità	Indicatore
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	alta	☺
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	media	☹
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$A_{sol,est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	bassa	☹

Figura 8: Indicatore prestazione estiva involucro - Fonte: D.M. Linee guida APE

2.3. Normativa di riferimento

Il calcolo della prestazione energetica degli edifici è stato sottoposto negli ultimi anni ad una revisione normativa che, grazie al lavoro del *CEN*, ha portato allo sviluppo della norma EN ISO 52016-1:2018 a sostituzione della precedente EN ISO 13790. Con l'obiettivo di rispettare le tempistiche dettate dalla direttiva *EPBD*, il CTI ha intrapreso un iter culminato con l'emissione della nuova serie delle specifiche tecniche UNI/TS 11300.

Il calcolo della prestazione energetica di un edificio è composto da tre passaggi:

- Calcolo della domanda di energia;
- Calcolo dell'energia consegnata per ogni vettore energetico;
- Calcolo dell'energia primaria.

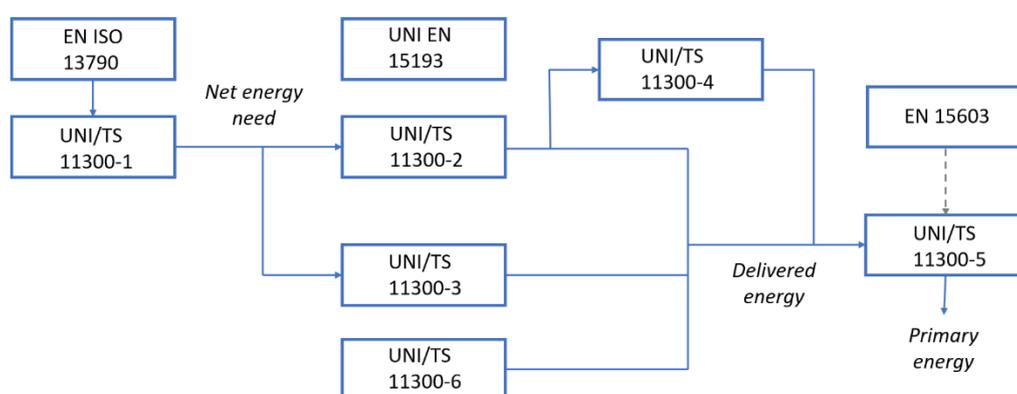


Figura 9: Iter normativo per la determinazione della prestazione energetica di un edificio

Il primo step, che consiste nella definizione della domanda di energia, o *net energy need*, ossia l'energia che occorre fornire agli ambienti, è definito dalla norma UNI/TS 11300-1, applicazione dello standard internazionale EN ISO 13790. Con l'approvazione dello standard EN ISO 52016-1 cambia il metodo di calcolo del fabbisogno energetico utile per il riscaldamento e raffrescamento: viene introdotto un metodo dinamico orario in cui il *timestep*, l'intervallo di tempo analizzato, passa dall'essere un mese ad un'ora. Per l'applicazione del metodo dinamico orario occorre inoltre disporre dei dati climatici definiti su base oraria quali: la temperatura oraria dell'aria esterna della località d'interesse, il contenuto di umidità dell'aria esterna, l'irradianza solare oraria diffusa (su piano piano orizzontale/superficie inclinata) e la velocità del vento. Tali dati sono ricavabili a livello nazionale dalla norma UNI 10349-1:2016.

Il secondo passaggio consiste nel calcolo dell'efficienza dei sistemi tecnici dell'edificio e dell'energia consegnata o *delivered energy*. Quest'ultima viene determinata dopo aver calcolato il fabbisogno energetico secondo il metodo orario, integrando in ciascun mese la domanda di energia ed analizzando il sistema e le sue perdite.

La specifica tecnica UNI/TS 11300-2 fornisce dati e metodi per il calcolo dei rendimenti e delle perdite dei sottosistemi di generazione alimentati con combustibili fossili, liquidi o gassosi. Viene applicata a sistemi di nuova progettazione, oppure per sistemi esistenti o ristrutturazioni in particolare per:

- Solo riscaldamento;
- Sola produzione acqua calda destinata ad usi igienico-sanitari;
- Sistemi misti/combinati per la climatizzazione invernale e la produzione acqua calda sanitaria;
- Sistemi di sola ventilazione;
- Sistemi di illuminazione negli edifici non residenziali;
- Sistemi di ventilazione combinati alla climatizzazione invernale.

Tutte le altre tipologie di generatore, in particolare quelli che sfruttano le risorse rinnovabili, sono contenute nella specifica UNI/TS 11300-4, standard che ne completa l'insieme considerando, oltre a quelli a combustibili fossili anche:

- Pompe di calore;
- Generatori a biomassa;
- Teleriscaldamento;
- Cogenerazione;
- Pannelli solari termici e fotovoltaici.

Nell'ultimo passaggio vengono calcolate l'energia primaria, o *primary energy*, e la quota di energia derivante da fonti rinnovabili secondo i metodi contenuti nella specifica tecnica UNI/TS 11300-5 (associata allo standard europeo EN 15603, oggi sostituito da quello internazionale EN ISO 52000-1) per determinare:

- Il fabbisogno di energia primaria degli edifici;
- La parte di energia proveniente da fonti rinnovabili;
- L'apporto di energia rinnovabile all'interno del bilancio energetico;
- L'energia elettrica esportata e quella prodotta da unità cogenerative;
- Le modalità di compensazione dei fabbisogni con l'energia derivante da fonti rinnovabili.

I software e gli strumenti di calcolo per l'applicazione delle metodologie descritte devono essere certificati dal CTI, il quale garantisce che i risultati ottenuti abbiano una deviazione massima del $\pm 5\%$ rispetto ai risultati ricavati con lo strumento di calcolo di riferimento a livello nazionale.

3. LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA IN ITALIA

«Se esaminiamo il patrimonio residenziale italiano, notiamo che è costituito da quasi 12,5 milioni di edifici, dei quali 9,1 milioni, pari a oltre il 73% del totale, è stato costruito prima del 1980, e quindi ha più di 40 anni; ma ancor più degno di nota è il fatto che ben 7,2 milioni di edifici, il 57,5% del totale, ha più di 50 anni. Oltre 16 milioni di abitazioni, pari al 51% del totale, sono state realizzate prima del 1970 e hanno superato i 50 anni. La produzione media annua di nuovi edifici residenziali in Italia è passata da quasi 200.000 edifici all'anno negli anni '60 e '70, a meno di 30.000 tra 2011 e 2019.»¹²

In particolare a livello nazionale ci sono circa 2 milioni di condomini che ospitano 22 milioni di persone, per lo più costruiti nel dopoguerra a seguito del boom economico. In questo ambito molto elevato è il peso degli edifici realizzati prima dell'avvento delle normative sul risparmio energetico.

TAB. 2.2. EPOCHE DI COSTRUZIONE DEGLI EDIFICI RESIDENZIALI IN ITALIA					
Epoca di costruzione	Stock	% sullo stock 2018	Incremento dello stock nel periodo	Anni di età degli edifici	Incremento medio annuo dello stock
Ante 1918	2.150.000	17,3	2.150.000	Più di 102 anni	
1919-1945	3.530.000	28,3	1.380.000	Tra 102 e 75 anni	51.111
1946-1960	5.190.000	41,7	1.660.000	Tra 75 e 60 anni	110.667
1961-1970	7.160.000	57,5	1.970.000	Tra 60 e 50 anni	197.000
1971-1980	9.140.000	73,4	1.980.000	Tra 50 e 40 anni	198.000
1981-1990	10.430.000	83,8	1.290.000	Tra 40 e 30 anni	129.000
1991-2000	11.230.000	90,2	800.000	Tra 30 e 20 anni	80.000
2001-2010	12.187.000	97,9	957.000	Tra 20 e 10 anni	95.700
2011-2019	12.453.000	100,0	266.000	Meno di 10 anni	29.556

Figura 10: Epoche costruzione edifici in Italia - Fonte: CRESME, 2020

L'attività di riqualificazione energetica conosce una crescita costante tra il 1982 e il 1997, seguita da una fase di stabilizzazione che dura dal 2000 al 2012. In quegli anni si assiste in Italia a una forte ripresa della produzione di nuove abitazioni, frenata, a partire dal 2008, dalla crisi economica. Inizia quindi una fase recessiva per le nuove costruzioni la quale si prolunga sino al 2016, anno in cui si avvia nuovamente una fase di stabilizzazione e poi di debole ripresa per quanto riguarda la produzione residenziale. Gli investimenti di riqualificazione, stabili negli anni della crisi, hanno ripreso a crescere dal 2013, grazie al potenziamento delle aliquote di incentivo fiscale registrate in quell'anno. Gli investimenti privati in rinnovo edilizio sono notevolmente aumentati dal 1998 fino al 2019, passando da una percentuale sul rinnovo residenziale del 12,9% al 55,3%.

Le regioni del nord-ovest ricorrono maggiormente agli incentivi facendo registrare il 42% degli interventi finalizzati alla riqualificazione energetica; nel nord-est si concentra il 28% degli interventi di

¹² CRESME, Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione, 2020

recupero edilizio e il 33% degli interventi per la riqualificazione energetica. Evidente è il ritardo del mezzogiorno e delle isole dove vi sono ancora basse percentuali di ricorso agli incentivi.

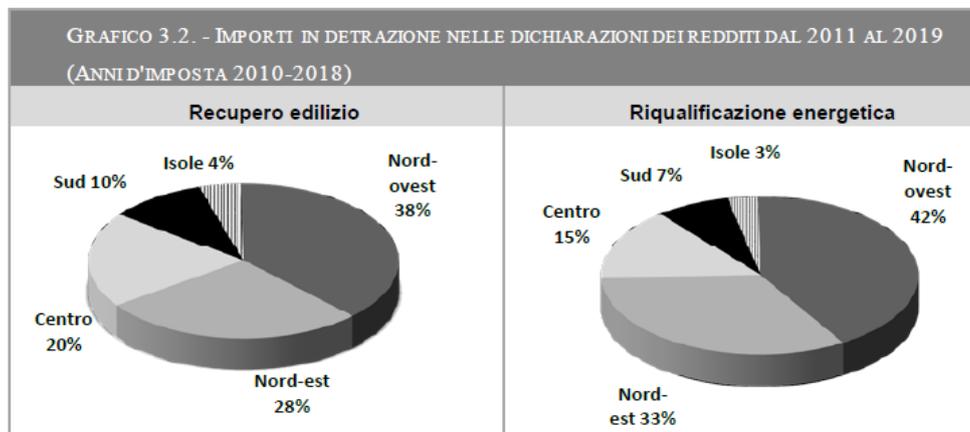


Figura 11: Riqualificazione energetica nel territorio nazionale - Fonte: CRESME, 2020

Il 2020, anno in cui un intervento su due di rinnovo edilizio privato residenziale è veicolato dall'utilizzo degli incentivi fiscali, è segnato da due grandi eventi. Da un lato c'è il peso della crisi pandemica che tocca consumi, investimenti, esportazioni e colpisce anche il settore delle costruzioni, frenando l'attività di manutenzione e riqualificazione del patrimonio esistente. Dall'altro si assiste all'avvento di politiche che incidono sul mondo della riqualificazione con l'arrivo di nuovi incentivi fortemente innovativi nelle modalità e nelle dimensioni dell'intervento.

L'incentivo del "Superbonus 110%" è un provvedimento dalle dimensioni rilevanti, articolato e complesso che ha richiesto, per essere avviato, di approfondimenti e delucidazioni oltre ad un percorso operativo con tempi più lunghi rispetto ad un tradizionale intervento di recupero edilizio o di riqualificazione energetica.

Così, da un lato la pandemia e dall'altro incentivi ben più importanti di quelli precedenti, hanno congiuntamente determinato un parziale rallentamento di alcune attività di recupero e riqualificazione, aprendo all'ottimismo per il 2021 e per gli anni a seguire, grazie ad una maggiore sensibilità e informazione sia da parte dei cittadini che dei professionisti.

3.1. Agevolazioni per l'efficientamento

«Il meccanismo delle detrazioni fiscali per incentivare interventi di efficientamento delle abitazioni è stato introdotto per la prima volta con la Legge 27 dicembre 2006 n. 296, che prevedeva detrazioni del 55% della spesa sostenuta.»¹³

Gli incentivi fiscali introdotti negli ultimi anni hanno lo scopo di favorire gli interventi di riqualificazione energetica e di ristrutturazione, per rendere gli edifici sempre più efficienti e ridurre il consumo di energia e le emissioni di CO₂, incoraggiando tutti i soggetti, pubblici e privati, a muoversi in questa direzione.

Viene di seguito presentata una breve panoramica dei bonus attualmente in vigore in Italia per l'efficientamento energetico, prima di approfondire il tema del "Superbonus 110%".

3.1.1. Bonus casa

L'agevolazione, disciplinata dall'art 16-bis del D.P.R. 917/86 (Testo Unico delle Imposte sui Redditi) è rivolta ai contribuenti soggetti all'IRPEF (Imposta sul Reddito delle Persone Fisiche) che sostengono le spese di ristrutturazione. La detrazione consiste nel 50% delle spese sostenute, con tetto massimo di spesa di 96.000 euro per ciascuna unità immobiliare. Il bonus è applicabile per specifici interventi di ristrutturazione edilizia che comportano un risparmio energetico quali:

- L'isolamento termico dell'involucro opaco;
- Gli interventi sull'involucro trasparente (sostituzione infissi e sistemi oscuranti);
- La sostituzione degli impianti tecnologici (qualora annessi ad un intervento di recupero del patrimonio).

3.1.2. Ecobonus

L'agevolazione è stata introdotta con la Legge Finanziaria 296/2006 e consiste in una detrazione fiscale IRPEF o IRES (Imposta sul Reddito delle Società). Si applica a tutto il patrimonio edilizio esistente (edifici residenziali, non residenziali e misti), relativamente alle spese sostenute per:

- Il miglioramento termico dell'involucro e conseguente riduzione del fabbisogno energetico;
- La sostituzione dei sistemi tecnici relativi alla climatizzazione invernale;
- L'installazione di pannelli solari.

La detrazione è riconosciuta nella misura del 50 e del 65% per gli interventi mostrati nell'immagine riportata nella pagina seguente.

¹³ ENEA, Guida alla ristrutturazione e riqualificazione energetica degli edifici, 2020

Interventi ammessi	Detrazione massima	Aliquota Detrazione
SERRAMENTI E INFISSI	€60.000	50%
SCHERMATURE SOLARI	€60.000	
CALDAIE A BIOMASSA	€30.000	
CALDAIE A CONDENSAZIONE (CLASSE A)	€30.000	
RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	€100.000	65%
MICROCOGENERATORI	€100.000	
COIBENTAZIONE INVOLUCRO	€60.000	
COLLETTORI SOLARI	€60.000	
CALDAIE CONDENSAZIONE (classe A + sistema di termoregolazione evoluto)	€30.000	
GENERATORI DI ARIA CALDA A CONDENSAZIONE		
POMPE DI CALORE		
SCALDA ACQUA A POMPA DI CALORE		
GENERATORI IBRIDI	NON PREVISTA	
SISTEMI BUILDING AUTOMATION		

Figura 12: Interventi incentivabili con ecobonus - Fonte: ENEA, 2020

3.1.3. Bonus facciate

Il bonus facciate è destinato agli interventi di recupero o restauro della facciata esterna di edifici esistenti ed è valido per ogni categoria catastale. Il bonus spetta solo per le porzioni di facciata visibili da strada o da suolo pubblico e gli immobili devono inoltre trovarsi nelle zone A e B (indicate nel decreto ministeriale n.1444/1968) o assimilabili, in base ai regolamenti edilizi locali.

La detrazione è pari al 90% delle spese d'intervento e viene ripartita in 10 quote annuali costanti e di pari importo nell'anno di sostenimento delle spese e in quelli successivi.

Con il bonus facciate sono agevolati gli interventi di:

- Efficientamento energetico dell'involucro opaco, che interessino oltre il 10% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio;
- Restauro, pulitura o tinteggiatura di balconi, ornamenti o fregi;
- Pulitura o tinteggiatura esterna dell'involucro opaco di facciata.

3.1.4. Conto termico

Il Conto Termico viene introdotto per favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili. È stato introdotto con il D.M. 28/12/2012, poi aggiornato con il D.M. 16/02/2016, con il quale si parla oggi di Conto Termico 2.0.

Lo Stato ha messo a disposizione fondi per 900 milioni di euro all'anno, a favore di soggetti sia pubblici che privati, per interventi finalizzati all'efficientamento dell'involucro edilizio quali:

- La posa dell'isolamento termico o la sostituzione dei serramenti e sistemi schermanti;

- La sostituzione di impianti esistenti per il riscaldamento con altri più performanti;
- L'installazione di impianti per la produzione di energia rinnovabili.

Il Conto Termico 2.0, a differenza dell'Ecobonus, è un incentivo economico e non una detrazione. In entrambi i casi il bonus spetta fino al 65% del costo dell'intervento sostenuto, a seconda della tipologia di lavoro. Nel caso del Conto Termico, la quota dell'incentivo viene calcolata secondo più fattori, tra cui anche la fascia climatica in cui ci si trova, mentre per l'Ecobonus si attesta sempre al 50% o al 65% in base al tipo di intervento realizzato.

3.2. I numeri delle detrazioni

Il rapporto Annuale 2020 sulla Certificazione Energetica degli Edifici¹⁴, elaborato da ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) e dal CTI, fotografa i risultati ottenuti grazie agli incentivi introdotti negli ultimi anni.

Il rapporto, che si basa su circa 4,5 milioni di APE emessi nel quadriennio 2016-2019, mostra che quasi il 60% del parco energetico nazionale rientra nelle classi energetiche più basse (lettere F e G). Circa il 40% di questi edifici sono stati costruiti tra il 1945 e il 1972, con una quota superiore al 20% anteriore al 1945. Grazie al contributo degli incentivi, gli edifici ad elevate prestazioni passano dal 7 al 10% nel triennio 2016-2019 e tra questi rientra la quasi totalità delle nuove costruzioni.

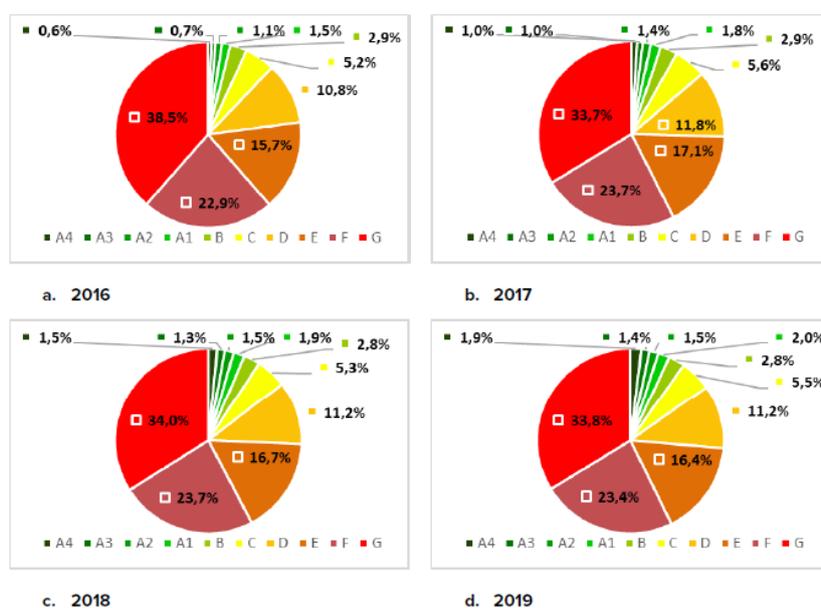


Figura 13: Distribuzione degli APE per classe energetica, 2016-2019 - Fonte: ENEA, 2020

Con riferimento alle zone climatiche, la zona F, che comprende l'arco alpino e alcune zone appenniniche, comprende il picco di immobili inefficienti, e, allo stesso tempo, la percentuale maggiore di classi migliori. L'alta percentuale di edifici inefficienti si spiega anche nelle esigenze alla base della redazione di un'APE: la grande maggioranza è infatti richiesta per passaggi di proprietà o locazione, che non portano un miglioramento dal punto di vista energetico.

Il consolidamento dei requisiti minimi (D.M. 26/06/2015) e dei differenti incentivi, hanno portato negli anni ad uno spostamento del picco dalla classe F alla classe E, il quale è destinato ancora a salire grazie ai vincoli stringenti dettati dal "Superbonus 110%".

¹⁴ ENEA e CTI, Certificazione energetica degli edifici, Rapporto annuale, 2020

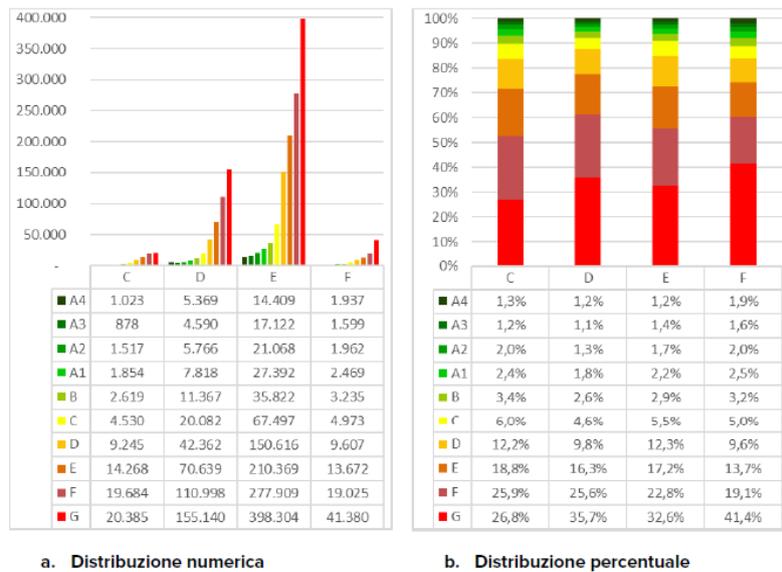


Figura 14: Distribuzione degli APE per zona climatica, 2016-2019 - Fonte: ENEA, 2020

Il settore residenziale copre l'85% del campione di attestati analizzati, in linea con la ripartizione tra residenziale e non residenziale (89 e 11%) riportata dal censimento ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) del 2011. Per esso si osserva una prevalenza di classi energetiche basse (lettere F e G), mentre sono più alte per il non residenziale (classi C e D), segno della maggior interesse di questo settore ad agire nei confronti della riduzione dei consumi energetici, che si traduce in risparmio economico.

4. IL SUPERBONUS 110%

«Il Decreto Rilancio (D.L. 19 maggio 2020 n.34, articoli 119 e 121), ha incrementato al 110% l'aliquota di detrazione delle spese sostenute dal 1° luglio 2020 al 31 dicembre 2021, a fronte di specifici interventi in ambito di efficienza energetica, di interventi di riduzione del rischio sismico, di installazione di impianti fotovoltaici nonché delle infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici negli edifici.»¹⁵ La legge di bilancio 2021¹⁶ ha introdotto rilevanti modifiche alla disciplina che regola l'agevolazione e prorogato il "Superbonus 110%" (di seguito chiamato Superbonus) al 30 giugno 2022, ulteriormente prolungato al 2023 dal PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza).

Le disposizioni sul Superbonus permettono di fruire della detrazione al 110% per gli interventi di:

- Recupero del patrimonio edilizio¹⁷;
- Riqualficazione energetica degli edifici in base all'articolo 14 del Decreto Legge 63/2013.

L'agevolazione fiscale viene concessa a seguito di interventi migliorativi del livello di efficienza energetica degli edifici esistenti oppure antisismici. In particolare vengono incentivati gli interventi effettuati su:

- Parti comuni di edifici;
- Unità immobiliari funzionalmente indipendenti aventi uno o più accessi autonomi dall'esterno all'interno di edifici plurifamiliari;
- Singole unità immobiliari.



Figura 15: Logo ufficiale Superbonus 110% - Fonte: Ministero dello sviluppo economico

¹⁵ Agenzia delle Entrate, Superbonus 110%, settembre 2021

¹⁶ L. 30 dicembre 2020, n. 178

¹⁷ Articolo 16-bis TUIR (Testo Unico Imposte sui Redditi)

4.1. I soggetti

I soggetti che, al di fuori dell'esercizio di attività d'impresa, arte o professione, hanno diritto al Superbonus sono:

- Condomini e persone fisiche che effettuano interventi su edifici composti da due a quattro unità immobiliari distintamente accatastate, compresi i casi di un unico proprietario o comproprietà tra più persone fisiche;
- Persone fisiche per interventi sulle singole unità immobiliari;
- IACP (Istituti Autonomi Case Popolari) ed enti con le medesime finalità sociali, istituiti nella forma di "*in house providing*";
- Cooperative di abitazione a proprietà indivisa;
- ONLUS (Organizzazioni Non Lucrative di Utilità Sociale), organizzazioni di volontariato e associazioni di promozione sociale iscritte nei registri nazionali e regionali;
- Associazioni e società sportive dilettantistiche, limitatamente ai lavori destinati ai soli immobili o parti di immobili adibiti a spogliatoi.

4.2. Interventi trainanti

Ai sensi dell'articolo 119 del Decreto Rilancio, le detrazioni sono subordinate all'effettuarsi di almeno una tipologia d'intervento definito "trainante" quale:

- Isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate sull'involucro degli edifici;
- Sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti centralizzati per il riscaldamento, raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria;
- Interventi antisismici.

Riguardando la presente tesi l'aspetto energetico del Superbonus, gli interventi antisismici non verranno approfonditi.

4.2.1. Isolamento termico dell'involucro

La prima tipologia d'intervento trainante riguarda l'isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate delimitanti il volume riscaldato, verso l'esterno, ambienti non riscaldati o il terreno che interessano l'involucro dell'edificio con un'incidenza superiore al 25% della superficie lorda disperdente dello stesso. In questa tipologia rientrano sia gli interventi per la coibentazione del locale sottotetto, sia della copertura. I materiali isolanti utilizzati devono inoltre rispettare i CAM (Criteri Ambientali Minimi), adottati in Italia dal 2017¹⁸.

¹⁸ D.M. 11 ottobre 2017

Il limite di spesa incentivata per questi interventi è pari a:

- 50.000 euro per edifici unifamiliari e unità immobiliari funzionalmente indipendenti contenute in edifici plurifamiliari;
- 40.000 euro per il numero delle unità immobiliari dell'edificio, se lo stesso è composto da 2 a 8 U.I. (Unità Immobiliari);
- 30.000 euro, per il numero delle unità immobiliari dell'edificio, in caso di più di 8 U.I.

4.2.2. Sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale

La seconda tipologia d'intervento trainante si differenzia a seconda che si considerino condomini oppure edifici unifamiliari/unità immobiliari situate all'interno di edifici plurifamiliari.

Per quanto riguarda i condomini, l'intervento trainante deve essere effettuato sulle parti comuni considerando la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti centralizzati destinati al riscaldamento, al raffrescamento e alla produzione di acqua calda sanitaria, dotati di:

- Generatori di calore a condensazione, con efficienza pari alla classe A di prodotto o superiore;
- Generatori a pompa di calore;
- Teleriscaldamento.

Nei sistemi a pompa di calore sono inclusi i sistemi ibridi o geotermici, anche abbinati all'installazione di impianti fotovoltaici e relativi sistemi di accumulo oppure con impianti di microgenerazione o a collettori solari.

Il teleriscaldamento è ammesso solo in specifici casi: *«Esclusivamente per i comuni montani, non interessati dalle procedure di infrazione comunitaria n. 2014/2147 del 10 luglio 2014 o n. 2015/2043 del 28 maggio 2015 per la non ottemperanza dell'Italia agli obblighi previsti dalla direttiva 2008/50/CE, è ammesso al Superbonus anche l'allaccio a sistemi di teleriscaldamento efficiente come prescritto dal Decreto Legislativo 4 luglio 2014, n. 102.»*¹⁹

I limiti di spesa, comprensivi anche dello smaltimento e della bonifica dell'impianto sostituito, corrispondono a:

- 20.000 euro per il numero delle unità immobiliari, per edifici fino a 8 U.I.;
- 15.000 euro per il numero delle unità immobiliari, per gli edifici aventi un numero maggiore di 8 U.I.

Per interventi effettuati sugli edifici unifamiliari o sulle unità immobiliari site all'interno di edifici plurifamiliari, funzionalmente indipendenti e che dispongono accessi autonomi dall'esterno, gli

¹⁹ Agenzia delle Entrate, Superbonus 110%, settembre 2021

interventi agevolabili sono i medesimi a quelli realizzati sulle parti comuni degli edifici condominiali. In aggiunta, esclusivamente per le aree non metanizzate nei comuni non interessati dalle procedure di infrazione comunitaria (descritte a pag. 32), è prevista l'installazione di sistemi a biomassa con prestazioni emissive a 5 stelle. La detrazione per questa categoria di edifici consiste in 30.000 euro per ogni unità autonoma.

4.3. Interventi trainati

Il Superbonus spetta anche per le spese sostenute per gli interventi definiti “trainati”, eseguiti congiuntamente con almeno uno degli interventi trainanti elencati. Gli interventi trainati comprendono:

- Interventi di efficientamento energetico effettuati sulle singole unità immobiliari;
- Installazione di impianti solari fotovoltaici e sistemi di accumulo;
- Interventi volti all'eliminazione delle barriere architettoniche;
- Infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici.

4.3.1. Interventi di efficientamento energetico e schermature solari

Sono considerati interventi trainati quelli di efficientamento energetico previsti dall'articolo 14 del D.L. 63/2013. Questi interventi comprendono tutti quelli incentivati al 50 o al 65% con l'Ecobonus, riportati in *Figura 12*.

Nel caso in cui gli interventi trainanti non possano essere realizzati, in quanto gli immobili siano sottoposti alla tutela disciplinata dal Codice dei beni culturali e del paesaggio o per effetto di regolamenti edilizi, urbanistici e ambientali, gli interventi di efficientamento energetico da soli hanno ugualmente diritto al Superbonus.

Il limite di spesa per questi interventi è di 54.545 euro.

4.3.2. Installazione di impianti solari fotovoltaici e sistemi di accumulo

Un'altra tipologia d'intervento trainato consiste nell'installazione di:

- Impianti solari fotovoltaici su strutture pertinenziali agli edifici;
- Sistemi di accumulo integrati negli impianti solari fotovoltaici.

Il bonus è subordinato alla cessione in favore del GSE (Gestore dei Servizi Elettrici) dell'energia non auto-consumata in sito o non condivisa per l'autoconsumo (nell'ambito delle comunità energetiche).

Per gli impianti solari fotovoltaici la detrazione corrisponde a 48.000 euro per singola unità immobiliare, destinando 2.400 euro per ogni kW di potenza nominale dell'impianto (che scendono a 1.600 se intervento di ristrutturazione importante). Per i sistemi di accumulo, integrati negli impianti solari fotovoltaici il limite di spesa è di 1.000 euro per ogni kWh di capacità di accumulo.

In caso di installazione, da parte delle comunità energetiche rinnovabili costituite in forma di enti non commerciali o di condomini, di impianti fino a 200 kW, viene agevolata la spesa corrispondente alla potenza massima di 20 kW. Per la quota di spesa corrispondente alla potenza eccedente i 20 kW il tetto di spesa è di 96.000 euro riferito all'intero impianto.

4.3.3. Eliminazione delle barriere architettoniche

Le barriere architettoniche sono definite in base a tre principi: accessibilità, adattabilità e visibilità.

Nel superbonus sono considerati trainati gli interventi finalizzati alla eliminazione delle barriere architettoniche quali:

- Ascensori;
- Montacarichi;
- Realizzazione di strumenti che favoriscono la mobilità interna ed esterna dell'edificio con sistemi tecnologici avanzati, robotica e comunicazione per le persone portatrici di disabilità.

Inizialmente previsto unicamente per edifici o unità immobiliari con presenza di persone disabili o di età superiore a 65 anni, oggi l'incentivo è applicabile per qualunque lavoro di eliminazione delle barriere architettoniche. Il tetto di spesa per questa tipologia d'intervento corrisponde a 96.000 euro.

4.3.4. Infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici

L'ultima tipologia d'intervento trainato riguarda l'installazione delle infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici. Ogni unità immobiliare ha diritto ad una sola colonnina di ricarica, con i seguenti limiti di spesa:

- 2.000 euro per edifici unifamiliari o unità immobiliari all'interno di edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti e con accessi autonomi dall'esterno;
- 1.500 euro, per gli edifici plurifamiliari o i condomini fino a un numero massimo di 8 colonnine;
- 1.200 euro per gli edifici plurifamiliari o i condomini per un numero maggiore a 8 colonnine.

4.4. I requisiti

Ai fini dell'accesso al Superbonus, gli interventi trainanti di isolamento termico dell'involucro o di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti devono:

- Rispettare i requisiti previsti dal decreto Requisiti Tecnici del Ministero dello Sviluppo Economico del 6 agosto 2020, oltre ai requisiti minimi del D.M. 26 giugno 2015;
- Assicurare, eventualmente abbinati agli interventi trainati, il miglioramento di almeno due classi energetiche dell'edificio, oppure il conseguimento della classe energetica più alta, qualora l'edificio o l'unità immobiliare si trovino già nella penultima classe.

I requisiti tecnici riguardanti i materiali isolanti e i sistemi tecnici, contenuti negli allegati del decreto per le differenti tipologie d'intervento, verranno approfonditi nel Capitolo 6.

Il miglioramento energetico è dimostrato dall'APE convenzionale, redatto ante e post intervento e rilasciato da un tecnico abilitato nella forma della dichiarazione asseverata.

4.5. La detrazione

Il Decreto Rilancio²⁰ indica tre differenti modalità di fruire dell'agevolazione fiscale legata al Superbonus quali:

- Detrazione fiscale;
- Sconto in fattura;
- Cessione del credito.

La detrazione fiscale è riconosciuta nella misura del 110% da ripartire in 5 quote annuali di eguale importo (oppure in 4 per le spese sostenute nel 2022), entro i limiti di capienza dell'imposta annuale che deriva dalla dichiarazione dei redditi.

In alternativa alla fruizione diretta della detrazione è possibile optare per una quota anticipata, ossia uno sconto praticato dai fornitori oppure per la cessione del credito corrispondente alla detrazione spettante.

Con lo sconto in fattura il contribuente fruisce del credito d'imposta attraverso una decurtazione dell'importo della fattura da pagare al fornitore sotto forma di sconto. Lo sconto può arrivare anche al 100% dell'ammontare da corrispondere; il 10% di maggiorazione sulla parte scontata spetta al fornitore, il quale recupera il contributo anticipato sotto forma di credito d'imposta per un importo corrispondente alla detrazione spettante (con facoltà di futura cessione a terzi). Lo sconto può anche essere parziale, in tal caso il credito maturato dal fornitore è pari al 110% della quota scontata e la parte eccedente,

²⁰ Articolo 121, D.L. 34/2020

maggiorata del 10% può essere detratta o ceduta. Questa opzione è quella più comunemente proposta dalle imprese nei confronti di clienti, in qualità di general contractor.

La cessione del credito è infine opzione con la quale il contribuente paga la fattura al fornitore, per poi trasformare la detrazione in credito cedendola ad un soggetto terzo quale un fornitore di beni e servizi, persone fisiche, società ed enti oppure un intermediario finanziario, un'assicurazione o una banca. Questa opzione impone un impegno economico pari all'attualizzazione imposta dall'acquirente.

4.6. Report Superbonus

La legge di bilancio emanata il 30 dicembre 2020 ha stabilito la proroga fino a giugno 2022 per tutti gli interventi del Superbonus. In particolare per gli IACP e per gli edifici plurifamiliari, proroga rispettivamente al 31 dicembre 2023 e 31 dicembre 2022 (in entrambi i casi con il 60% dei lavori effettuati entro il 30 giugno 2022). Il bonus è stato poi prolungato sino al 31 dicembre 2022 per i condomini senza nessun vincolo di stato avanzamento e la prossima legge di bilancio renderà ufficiali nuove proroghe al 2023.

A oltre un anno dal suo avvento i numeri del Superbonus iniziano a diventare considerevoli. A fine settembre 2021 sono oltre 9,5 i miliardi di euro stanziati per le detrazioni relative all'agevolazione del 110% e i lavori con almeno un'asseverazione protocollata superano i 57mila.²¹

Il monitoraggio svolto da ENEA rivela un numero di asseverazioni depositate pari a:

- 29.369 edifici unifamiliari;
- 19.938 unità immobiliari funzionalmente indipendenti;
- 8.356 condomini.

segno che l'unifamiliare è la tipologia di edificio a rappresentare la maggior parte di interventi di Superbonus. A livello di soggetti beneficiari, sono le persone fisiche la categoria che maggiormente si avvale della detrazione.

Considerando una divisione per regione, nella quale occorre tener conto anche della popolazione e non solo del numero totale di interventi, il Nord fa registrare il maggior numero d'interventi sia in assoluto che per densità abitativa. In testa vi sono Lombardia e Veneto, seguite da alcune regioni del centro Italia come il Lazio. La Sicilia è la regione con più interventi nel Mezzogiorno. Valle d'Aosta, Molise e Liguria fanno registrare il minor numero d'interventi agevolati effettuati.

Nel complesso è stato interessato lo 0,3% del patrimonio costruito esistente ed è stato completato quasi il 70% dei lavori avviati.

²¹ Statistiche Super Ecobonus ENEA, 31 ottobre 2021

4.7. Quadro riassuntivo

Nelle tabelle seguenti viene presentato il quadro riassuntivo del Superbonus.

Tabella 1: Soggetti Superbonus

EDIFICI e SOGGETTI	BONUS FISCALE	DATA ²²
Edifici unifamiliari e unità indipendenti all'interno di edifici plurifamiliari	110 % in 5 anni	30 giugno 2022
Edifici plurifamiliari posseduti da persone fisiche, composti da 2 a 4 U.I., distintamente accatastati, posseduti da unico proprietario o in comproprietà		-30 giugno 2022 -31 dicembre 2022 (se 60% lavori ultimati entro 30 giugno 2022)
Condominio		31 dicembre 2022
IACP		-30 giugno 2023 -31 dicembre 2023 (se 60% lavori ultimati entro 30 giugno 2022)
ONLUS, associazioni e società sportive per spogliatoi		30 giugno 2022

Tabella 2: Requisiti Superbonus

INTERVENTI AMMESSI		SPESA MASSIMA	REQUISITI
TRAINANTI	Isolamento termico involucro con superficie > 25% superficie disperdente	50.000€ per unifamiliare Condomini / edifici plurifamiliari: -40.000€ per le prime 8 U.I. -30.000€ per le restanti U.I.	-Rispetto requisiti tecnici (D.M. 6 agosto 2020) e requisiti minimi (D.M. 26 giugno 2015) -Raggiungimento di un salto di 2 classi energetiche grazie all'applicazione degli interventi ammessi, testimoniato attraverso l'APE convenzionale ante e post intervento dell'intero edificio -Utilizzo di materiali isolanti CAM (D.M. 11/10/2017) per gli interventi di isolamento -Necessari: almeno un intervento trainante (o altri interventi di efficientamento energetico) e presenza impianto esistente -Modalità accesso al bonus: detrazione fiscale, cessione del credito, sconto in fattura
	Sostituzione impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianto centralizzato formato da: -Caldaia a condensazione -Pompe di calore -Sistemi ibridi -Sistemi di microgenerazione e collettori solari -Teleriscaldamento	Condomini / edifici plurifamiliari: -20.000€ per le prime 8 U.I. -15.000€ per le restanti U.I.	
	Sostituzione impianti termici in edifici unifamiliari con: -Caldaia a condensazione -Pompe di calore -Sistemi ibridi -Sistemi di microgenerazione e collettori solari -Sistemi a biomassa -Teleriscaldamento	30.000€ per unifamiliare	
TRAINATI	Altri interventi di efficientamento energetico	54.545€	
	Impianti fotovoltaici e sistemi di accumulo	48.000€ con limite di 2.400€ per ogni kW di potenza (1.600€ se intervento di ristrutturazione importante)	
	Interventi per l'eliminazione delle barriere architettoniche	96.000€	
	Installazione colonnine di ricarica veicoli elettrici	2.000€ per unifamiliare Condomini/edifici plurifamiliari - 1.500€ fino a 8 colonnine - 1.200€ oltre 8 colonnine	

²² <https://www.ingenio-web.it/32064-proroga-superbonus-e-altri-bonus-edilizi-e-nuova-tracciabilita-dei-rifuti-le-promesse-della-nadef-2021>

5. IL FLOW CHART PER LA VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ

In questo capitolo viene presentato lo strumento elaborato per l'ottimizzazione dell'iter lavorativo aziendale per l'accesso al Superbonus in fase di valutazione della fattibilità dell'intervento. Partendo dalla metodologia già utilizzata in *C²R*, di seguito descritta, viene presentato un flowchart che rappresenti il processo dal punto di vista metodologico e grafico.

5.1. La metodologia di *C²R*

Il punto di partenza per la definizione del flowchart consiste nell'analizzare l'iter lavorativo utilizzato in *C²R*. Per un qualsiasi intervento del quale si intende valutare la fattibilità relativa ad interventi di Superbonus vengono seguite 5 differenti fasi:

- Fase 1: Raccolta documentale e rilievo sul posto;
- Fase 2: Restituzione grafica;
- Fase 3: Modellazione energetica;
- Fase 4: Quantificazione economica;
- Fase 5: Conclusioni e restituzione al cliente.

Nella fase 1 di definizione dei requisiti soggettivi, vengono raccolte tutte le informazioni necessarie alla caratterizzazione dell'edificio e dei soggetti richiedenti il bonus. La raccolta delle caratteristiche tecniche è completata dalla richiesta documentale riguardante la storia dell'edificio e soprattutto a un sopralluogo per confermare la corrispondenza tra stato di fatto e stato di progetto.

Nella seconda fase viene restituito graficamente (tramite software *CAD*) l'immobile così come rilevato da sopralluogo, evidenziando le stratigrafie presenti, il numero e l'altezza dei piani, le unità immobiliari presenti, le tipologie impiantistiche, di copertura e le caratteristiche dell'involucro opaco e trasparente. L'edificio viene inoltre inquadrato nel contesto (indicando via e comune di appartenenza, edifici vicini) e orientato a nord.

La restituzione grafica è propedeutica al terzo passaggio che consiste nella modellazione energetica. Attraverso un software con modello di calcolo non semplificato e attraverso diagnosi energetica si ricava la classe energetica dello Stato di Fatto (SdF). Quindi combinando gli interventi possibili, secondo le necessità del cliente si elabora la strategia d'intervento o dello Stato di Progetto (SdP) verificando i requisiti oggettivi richiesti per l'accesso al Superbonus quali il salto di almeno due classi energetiche e il rispetto dei requisiti di legge (D.M. 06/08/2020 e D.M. 26/06/2015).

La quarta fase consiste nella quantificazione economica di massima degli interventi proposti. Viene redatta una stima degli interventi secondo i prezziari nazionali di riferimento DEI oppure seguendo i prezziari regionali corrispondenti alla regione nella quale viene effettuato l'intervento, evidenziando il tetto massimo di spesa e l'eventuale quota non detraibile, spettante al committente.

Nell'ultimo step vengono presentati i risultati al cliente sotto forma di presentazione e di relazione tecnica. In particolare si evidenziano gli interventi proposti, la classe energetica e i vantaggi energetici, economici e di comfort raggiunti, oltre alla quantificazione economica degli interventi, con le quote detraibili e quelle non. A seconda del tipo e delle dimensioni d'intervento può essere redatto un Business Plan contenente la miglior strategia d'intervento.

Lo schema seguente riassume le fasi descritte.



Figura 16: Fasi di accesso al Superbonus - Fonte: C²R Energy Consulting

5.2. Il flowchart del Superbonus

Il flowchart elaborato rappresenta l'ottimizzazione del processo di valutazione della fattibilità tecnica per l'accesso al Superbonus.

Il flusso, generato da una serie di blocchi e di azioni da svolgersi in sequenza, è indicato da frecce unidirezionali. Il flowchart è composto dalla seguente rappresentazione grafica usata come legenda:

- Blocchi di inizio e di fine: è presente un unico blocco di inizio e uno unico per la fine; indicano i punti iniziali e finali del flusso. Sono indicati in verde da ovali;
- Blocchi di azione: indicano le azioni che devono essere svolte nel flusso e sono indicati da rettangoli di colore azzurro;
- Blocchi di scelta: corrispondono a una decisione che deve essere presa nel flusso; sono rappresentati da un rombo di colore giallo dal quale partono due frecce corrispondenti all'esito positivo o negativo della domanda;
- Blocco di iterazione: rappresentato da un cerchio di colore arancione, rappresenta la necessità di ripetere un'azione fino a quando la scelta non dà esito positivo oppure fino a quando si determini l'impossibilità dell'opzione;
- Blocchi di uscita/warning: rappresentati con ovali rispettivamente di colore rosso e viola. I primi rappresentano condizioni di impossibilità per accesso al Superbonus e corrispondono a un blocco di fine e di uscita dal flusso del flowchart. I secondi consentono invece di proseguire verso le azioni successive, indicando eventuali problematiche che non impediscono l'accesso al Superbonus in questa fase, ma di cui è opportuno tener conto.

Per ogni blocco di azione vengono dettagliate tutte le operazioni da seguire. I blocchi di scelta vengono a loro volta caratterizzati da un sotto flowchart nel quale, nei paragrafi successivi, verranno elencate tutte le possibili casistiche di scelta.

L'immagine seguente rappresenta la schematizzazione grafica del flowchart.

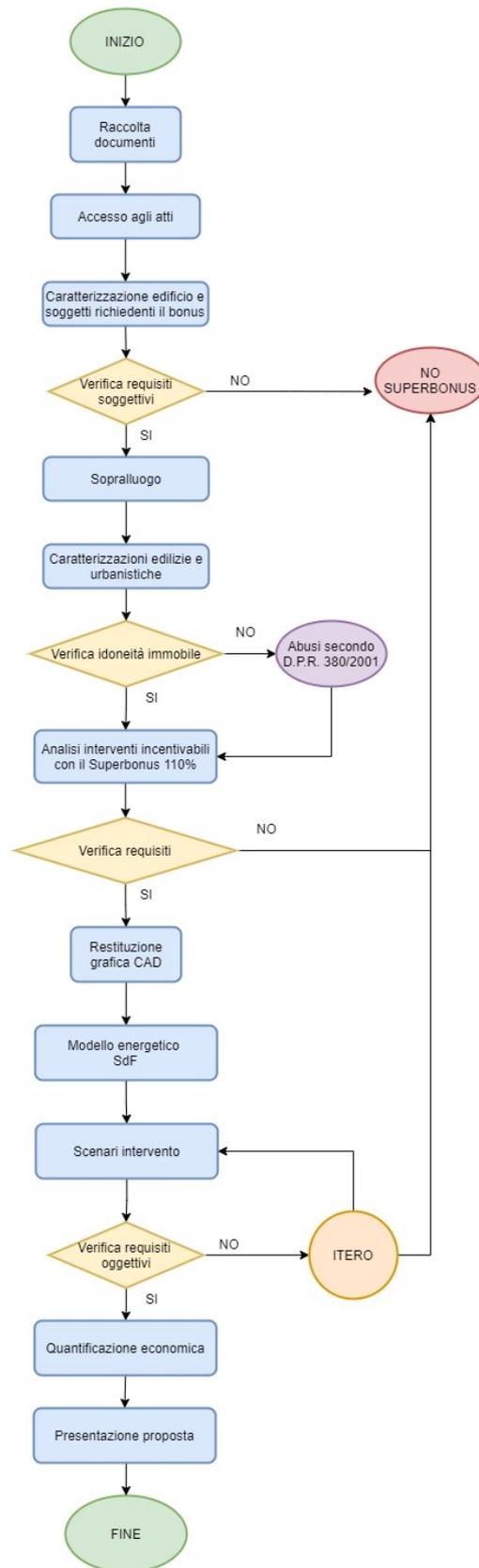


Figura 17: Flowchart per la valutazione della fattibilità tecnica per l'accesso al Superbonus

5.2.1. Azioni iniziali

Il primo passaggio del flowchart consiste nella raccolta documentale, azione preliminare alla caratterizzazione del soggetto richiedente il bonus. Nell'ambito di *C²R* è stata redatta una check list comprendente gli elaborati e le informazioni da richiedere al cliente (se presenti) per poter iniziare un progetto di Superbonus.

Ai fini della raccolta documentale vengono richiesti:

- Entità del soggetto che richiede le detrazioni fiscali (IRES, IRPEF, condominio);
- Destinazione d'uso dell'immobile;
- Numero e categoria catastale delle unità immobiliari;
- Documentazione di progetto contenente una planimetria di inquadramento per la localizzazione geografica dell'immobile e planimetrie catastali dei vari piani (o del piano tipo) con indicazione delle differenti unità immobiliari;
- APE dello stato di fatto;
- Documentazione fotografica;
- Eventuali pratiche edilizie già richieste.

Oltre a queste informazioni vengono richiesti, per la successiva fase di sopralluogo, anche:

- Indicazioni delle stratigrafie delle strutture disperdenti;
- Indicazioni relative alle soluzioni impiantistiche.

L'Allegato 1 riporta il modulo della richiesta documentale che viene inviato al cliente a inizio della FTE.

Insieme alla raccolta documentale viene fatto l'accesso agli atti presso il SUE (Sportello Unico per l'Edilizia) del comune ove è sito il fabbricato, per ottenere i titoli edilizi relativi alla storia dell'immobile, dal momento della realizzazione ad oggi, comprese le modifiche, ristrutturazioni, aggiunte o demolizioni che si sono succedute nel tempo.

Grazie a questi due passaggi si dispongono di tutte le informazioni per poter caratterizzare il soggetto.

5.2.2. Caratterizzazione dell'edificio e dei soggetti che accedono alla detrazione

La caratterizzazione dell'edificio e dei soggetti richiedenti il Superbonus consiste nel verificare i requisiti soggettivi necessari per l'accesso alla detrazione. Come già citato i soggetti beneficiari comprendono i condomini, le persone fisiche, gli IACP, le ONLUS, le cooperative di abitazione a proprietà indivisa, le organizzazioni di volontariato o di promozione sociale e le società sportive dilettantistiche.

Successivamente occorre definire la tipologia di edificio destinatario dell'intervento; in questo caso il processo di scelta si riduce a:

- Condominio;
- Edificio unifamiliare o unità abitative all'interno di edifici plurifamiliari.

Condominio

Il decreto Rilancio cita i condomini²³ come categoria per la quale è possibile richiedere la detrazione. I condòmini, ossia i beneficiari finali, ai quali viene ripartita la detrazione in base alla suddivisione millesimale degli edifici, possono essere persone fisiche, professionisti o imprese (anche società o persone di capitale).

Il riferimento normativo del condominio (che non ha una vera e propria definizione) è contenuto negli articoli dal 1117 al 1139 del Codice Civile, i quali regolano la gestione del condominio negli edifici. *«Il condominio è una forma di comunione su un bene immobile governata dalla coesistenza di parti private di proprietà esclusiva delle unità immobiliari e parti comuni»* quali la copertura, le scale e le mura esterne, gestite in maniera comunitaria. Il condominio quindi non coincide con l'intero stabile, ma soltanto con le parti comuni a servizio delle unità immobiliari. L'assemblea è l'organo deputato a prendere le decisioni riguardanti alle parti comuni e vi è sempre la presenza di un amministratore. Ogni condominio è dotato di un proprio codice fiscale necessario per l'accesso alla detrazione.

Due casi particolari di condominio sono il condominio minimo e il supercondominio.

La misura minima di condominio si verifica quando in un edificio vi sono due unità immobiliari possedute da due soggetti diversi. Il condominio minimo (che si può definire tale fino a 8 unità immobiliari), si costituisce autonomamente senza la necessità di assemblee, di un codice fiscale e della nomina di un amministratore e usufruisce della detrazione del 110% presentando il codice fiscale del condomino che ha preso a carico gli adempimenti.²⁴

Si parla invece supercondominio quando due o più edifici autonomi dotati di civico e codice fiscale presentano parti e impianti in comune (quali ad esempio il parcheggio, una piscina, il viale d'accesso o l'impianto d'illuminazione).

²³ Articolo 119, comma 9, lettera a), D.L. 34/2020

²⁴ Agenzia delle Entrate, risposta all'interpello n.196 del 18 marzo 2021

Nella categoria condominio rientra anche il caso di edificio con unico proprietario, introdotto dalla legge di bilancio del 2020²⁵. L’Agenzia delle Entrate, con la circolare dell’8 agosto 2020, n. 24/E aveva stabilito che la disciplina agevolativa del Superbonus «*non si applica agli interventi realizzati sulle parti comuni a due o più unità immobiliari distintamente accatastate di un edificio interamente posseduto da un unico proprietario o in comproprietà fra più soggetti.*» Dal primo gennaio 2021 possono beneficiare del Superbonus 110% gli interventi svolti su parti comuni di edifici composti da 2 a 4 unità immobiliari, diverse dalle pertinenze, distintamente accatastate e possedute da un unico proprietario o in comproprietà tra più persone fisiche. Qualora l’edificio sia composto da cinque o più unità immobiliari l’unico proprietario non può fruire della detrazione al 110%: l’unica soluzione è rappresentata dalla costituzione di un condominio ricadendo nel caso regolato dalla disciplina civilistica.

Chiarito cosa s’intenda con condominio, la seconda opzione di scelta consiste nello stabilire se vi sia prevalente destinazione residenziale, la quale si realizza quando la superficie complessiva delle unità immobiliari destinate a residenza comprese nel condominio superi il 50% della superficie complessiva dell’edificio. In caso di prevalenza residenziale possono essere agevolati con il Superbonus i lavori sulle parti comuni delle unità immobiliari residenziali e non, mentre i lavori riguardanti le parti private sono agevolati soltanto sulle abitazioni. Se non vi è prevalenza residenziale non sono agevolate le unità non residenziali, né per i lavori sulle parti comuni né per quelli sulle stesse.

Ulteriori scelte per la definizione dei requisiti soggettivi consistono nella verifica della categoria catastale dell’edificio e dei requisiti dei condòmini.

Le categorie A/1: abitazioni di tipo signorile, A/8: abitazioni in ville e A/9: castelli, palazzi di eminenti pregi artistici o storici, non sono agevolate con la detrazione del 110%, eccetto che per le spese sostenute per gli interventi su parti comuni dell’edificio in condominio. Le altre categorie catastali accedono al Superbonus senza limitazioni.

Infine se vi è presenza di condòmino è moroso ²⁶, ossia un soggetto che non ha versato al condominio le quote di spesa, a lui imputate, relative alle spese agevolabili mediante il Superbonus, egli non matura diritto alla detrazione per gli interventi che lo riguardano.

²⁵ Articolo 1, comma 66, Legge 30 dicembre 2020, n.178

²⁶ Circolare 22 dicembre 2020, n.30/E

Edificio unifamiliare

L'edificio unifamiliare si riferisce alla singola unità immobiliare di proprietà esclusiva, funzionalmente indipendente, con uno o più accessi autonomi dall'esterno, destinata all'abitazione di un singolo nucleo familiare.

L'unità si considera funzionalmente indipendente se è dotata, in forma esclusiva, di almeno un impianto di: gas, luce, acqua o riscaldamento. L'accesso autonomo dall'esterno è definito come indipendente, chiuso da un portone d'ingresso o un cancello che consentano l'accesso da strada, cortile o giardino anche di proprietà non esclusivi.²⁷

L'edificio unifamiliare, con destinazione d'uso residenziale e avente tali caratteristiche ha diritto al Superbonus, fermo restando che l'unità immobiliare non figuri nelle categorie catastali A/1, A/8 e A/9 (come per il condominio).

Se entrambi i requisiti (funzionalmente indipendente e accesso autonomo) sono rispettati, il Superbonus spetta anche per gli interventi effettuati sulle singole unità immobiliari di edifici plurifamiliari. L'edificio plurifamiliare può inoltre costituirsi in condominio, ma le unità dotate di accesso autonomo fruiscono della detrazione in maniera autonoma.

Il flowchart di dettaglio nella pagina che segue sintetizza graficamente la caratterizzazione descritta per la verifica dei requisiti soggettivi.

²⁷ D.L. 14 agosto 2020, n. 104, convertito in legge 13 ottobre 2020, n.126

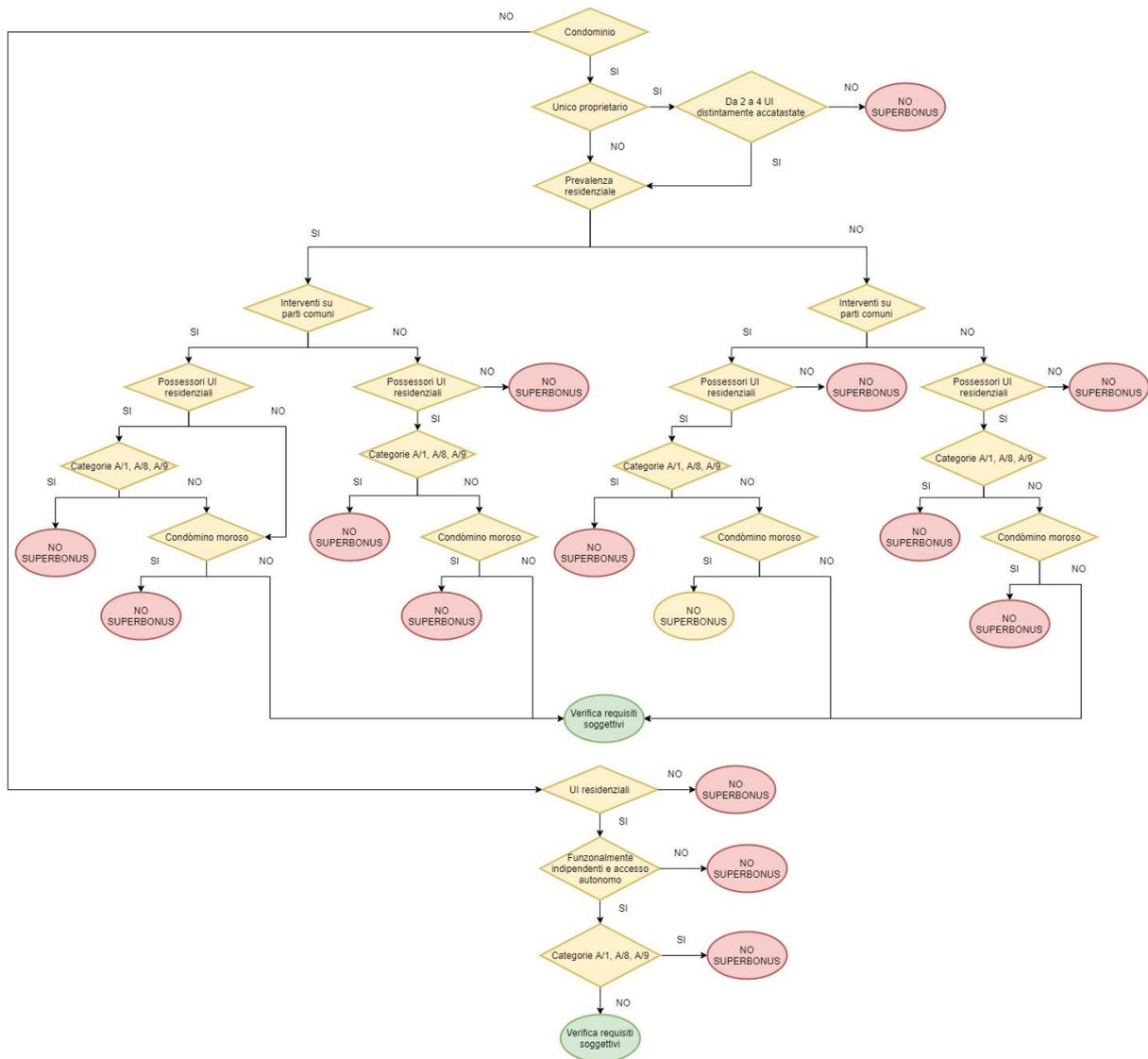


Figura 18: Flowchart di dettaglio per la verifica dei requisiti soggettivi

5.2.3. Sopralluogo

Il sopralluogo in sito è la fase con la quale si verifica la corrispondenza tra lo stato di fatto dell'immobile e la documentazione ad esso riferita. Il sopralluogo è una fase molto importante che necessita di essere standardizzata e riproducibile in maniera analoga da differenti operatori, al fine di rendere questa fase il più veloce e precisa possibile. Per questo motivo è stata redatta una scheda di sopralluogo, da compilare in loco, che faciliti la raccolta di tutte le informazioni necessarie. La scheda, riportata nell'Allegato 2, è stata perfezionata durante il periodo di stesura della tesi, sviluppando versioni successive durante i sopralluoghi effettuati con C^2R , al fine di renderla più completa e allo stesso tempo facile e veloce da compilare.

Il sopralluogo e la scheda sono divisi in tre parti principali:

- Raccolta dati immobile;
- Definizione caratteristiche tecniche del fabbricato relative all'involucro e ai sistemi tecnici;
- Recepimento degli interventi richiesti.

La prima parte, destinata ai dati generali dell'immobile, riassume, verificandole, le informazioni derivate dalla raccolta documentale, relative alla tipologia e localizzazione di edificio, destinazione d'uso e soggetto richiedente la detrazione. Si riportano inoltre la data, le persone presenti e il codice della commessa, per poter poi individuare facilmente da chi e quando è stato fatto il sopralluogo.

La seconda parte, la più importante e corposa del sopralluogo, consiste nel rilievo geometrico dimensionale dell'edificio e nella definizione dell'involucro e dei sistemi tecnici presenti.

L'involucro si divide in opaco e trasparente. Per quanto riguarda i componenti opachi occorre determinare (o verificare se già presente la documentazione) tutte stratigrafie delle murature, delle coperture, dei solai e dell'attacco al suolo, con misurazioni non distruttive costruendo un abaco e indicando la presenza o meno di componenti già isolate. I componenti trasparenti vengono classificati indicando per ognuno: dimensioni, tipologia (vetro singolo, doppio o triplo con intercapedini), tipologia di telaio e gas presente nell'intercapedine e tipologia di sistema oscurante. Se presenti, vengono raccolte le schede tecniche del fornitore.

I sistemi tecnici comprendono gli impianti di climatizzazione invernale ed estiva e i sistemi di produzione ACS (Acqua Calda Sanitaria). Attraverso l'ispezione del locale tecnico destinato a centrale termica si riportano la tipologia d'impianto (centralizzato o autonomo), la posizione e la potenza installata, facendo riferimento al codice dell'impianto, tramite il quale è possibile ricavare il suo libretto. Vengono inoltre indicate la presenza di accumulo, distribuzione e l'utilizzo di fonti rinnovabili.

La terza sezione della scheda comprende gli interventi richiesti dal committente per l'accesso alla detrazione del Superbonus. Gli interventi vengono racchiusi in tre tabelle differenziando gli interventi trainanti da quelli trainati e da ulteriori interventi incentivabili di manutenzione ordinaria o straordinaria.

La sezione richiesta interventi viene presa in considerazione per la proposta progettuale, ma la valutazione sarà comunque modificata e/o integrata con eventuali interventi necessari al fine di garantire il rispetto dei requisiti richiesti dal legislatore per l'accesso all'incentivo.

5.2.4. Verifiche edilizie e urbanistiche

Terminato il sopralluogo si dispongono di tutte le informazioni necessarie a stabilire se l'immobile rispetti o meno tutti i requisiti necessari alla progettazione dei possibili scenari d'intervento. Le verifiche da compiere in questa fase sono di tipo edilizio e urbanistico.

Il parco immobiliare italiano, estremamente variegato e complesso, è normato dal Testo Unico sull'Edilizia (D.P.R. 6 giugno 2001, n.380).

Fino a maggio 2021, secondo l'articolo 119 del Decreto Rilancio, gli interventi che accedono alle detrazioni fiscali del Superbonus seguono le indicazioni del Testo Unico e richiedono, per poter essere avviati, la verifica di conformità urbanistica-edilizia. In particolare nel D.P.R. viene specificato che *«lo stato legittimo dell'immobile o dell'unità immobiliare è quello stabilito dal titolo abilitativo che ne ha previsto la costruzione o che ne ha legittimato la stessa e da quello che ha disciplinato l'ultimo intervento edilizio che ha interessato l'intero immobile o unità immobiliare, integrati con gli eventuali titoli successivi che hanno abilitato interventi parziali. »*²⁸ Di conseguenza *«gli interventi abusivi realizzati in assenza di titolo o in contrasto con lo stesso, ovvero sulla base di un titolo successivamente annullato, non beneficiano delle agevolazioni fiscali previste dalle normative vigenti, né di contributi o altre provvidenze dello Stato o di enti pubblici. Il contrasto deve riguardare violazioni di altezza, distacchi, cubatura o superficie coperta che eccedano per singola unità immobiliare il due per cento delle misure prescritte, ovvero il mancato rispetto delle destinazioni e degli allineamenti indicati nel programma di fabbricazione, nel piano regolatore generale e nei piani particolareggiati di esecuzione.»*²⁹

Per questo motivo, nel suo primo anno di vita, il Superbonus ha riscontrato nella fase delle verifiche edilizie e urbanistiche un grosso ostacolo, che ne ha frenato lo sviluppo e le potenzialità a causa della difficoltà di ottenere condoni e sanatorie nei confronti dei diffusi abusi presenti nel patrimonio edilizio esistente, entro i tempi previsti per l'accesso alle detrazioni.

Ad agosto 2020 viene pubblicato un correttivo al Decreto Rilancio, il quale prevedeva, al fine di semplificare la presentazione dei titoli abilitativi relativi agli interventi, l'asseverazione dello stato legittimo soltanto sulle parti comuni degli edifici plurifamiliari, senza citare quelli unifamiliari e senza porre un vero rimedio all'ostacolo.

²⁸ Articolo 9, D.P.R. 6 giugno 2001, n.380

²⁹ Articolo 49, D.P.R. 380/2011

Con il Decreto Semplificazioni, del maggio 2021³⁰, viene sostituito integralmente il comma 13-ter dell'Art. 119 del Decreto Rilancio, prevedendo una disciplina speciale per gli interventi edilizi che accedono al Superbonus 110%. In particolare, degli interventi edilizi previsti nell'Art. 3 del Testo Unico, quali:

- Manutenzione ordinaria;
- Manutenzione straordinaria;
- Risanamento e restauro conservativo;
- Ristrutturazione edilizia;
- Nuova costruzione;
- Ristrutturazione urbanistica.

quelli che accedono alla disciplina agevolativa, escluse demolizione e ricostruzione, vengono considerati di manutenzione straordinaria. Per questi interventi è previsto che il cantiere possa iniziare a seguito della presentazione di una CILA (Comunicazione di Inizio Lavori Asseverata) specifica per il Superbonus da parte dell'interessato presso il SUE. La grande novità della CILA Superbonus (o CILAS) sta nel fatto che non occorre indicare nulla riguardo la conformità urbanistica e quindi lo stato legittimo dell'opera. Grazie a questa novità, anche in presenza di abusi edilizi non vi è la decadenza dei benefici fiscali (sempre riferendosi ad edifici realizzati in conformità alle norme sulle quali possono essere stati realizzati abusi e non ad immobili privi di titolo abilitativo). Il mancato diritto al Superbonus si ha solamente nei casi di:

- Mancata presentazione della CILAS;
- Interventi realizzati in modo difforme dalla CILAS;
- Mancanza del titolo abilitativo che ha legittimato/attestato la costruzione dell'edificio;
- Attestazioni che non corrispondono al vero.

La semplificazione burocratica non è però sinonimo di condono edilizio; infatti *«resta impregiudicata ogni valutazione circa la legittimità dell'immobile oggetto d'intervento.»*³¹ In fase di FTE la CILAS non entra in gioco, ma per completezza del tema occorre tener conto di questi aspetti per la successiva approvazione del progetto e la sua cantierabilità. Infatti il tentativo di accelerare l'avvio dei cantieri, bypassando il problema della verifica di conformità urbanistica-edilizia e slegando la fruizione del bonus dalla presenza di abusi edilizi, porta a due grandi problemi:

- Autodenuncia da parte dell'interessato;
- Mancato rilascio della SCA (Segnalazione Certificata di Agibilità).³²

³⁰ D.L. 31 maggio 2021, n.77

³¹ Comma 13-quarter, D.L. 77/2021

³² <https://www.lavoripubblici.it/news/superbonus-110-cila-abusi-edilizi-cosa-accade-agibilita-26084>

Nel primo caso, come già citato, la norma prevede che gli interventi realizzati debbano essere conformi alla CILAS, pena decadenza dell'agevolazione; questo significa che occorre rappresentare puntualmente lo stato di fatto e gli eventuali abusi. Nonostante la CILAS non possa essere diniegata, si può incorrere in pesanti sanzioni in caso di controlli in corso d'opera (come previsto dal Testo Unico dell'Edilizia).

Il secondo problema riguarda il rilascio della SCA da parte di un tecnico abilitato. Per qualsiasi intervento di manutenzione straordinaria a fine lavori deve essere presentata la SCA che contiene, tra le altre, come causa di inagibilità, la condizione urbanistico-edilizia di non conformità tra stato realizzato e progetto presentato/autorizzato. Tale eventuale difformità potrebbe dunque essere causa d'impedimento al rilascio della SCA.

Allo stato dei fatti, in attesa di nuovi chiarimenti che facciano luce riguardo l'utilizzo e i campi di applicazione della cosiddetta CILAS, l'immagine seguente schematizza la caratterizzazione edilizia e urbanistica al fine di valutare l'idoneità dell'immobile per la fruizione del Superbonus in questa fase preliminare, dove è ammessa la presenza di abusi.

È tuttavia raccomandabile procedere all'eliminazione degli eventuali abusi possibilmente prima dell'inizio dei lavori o comunque durante le fasi iniziali per evitare di incorrere in sanzioni future.

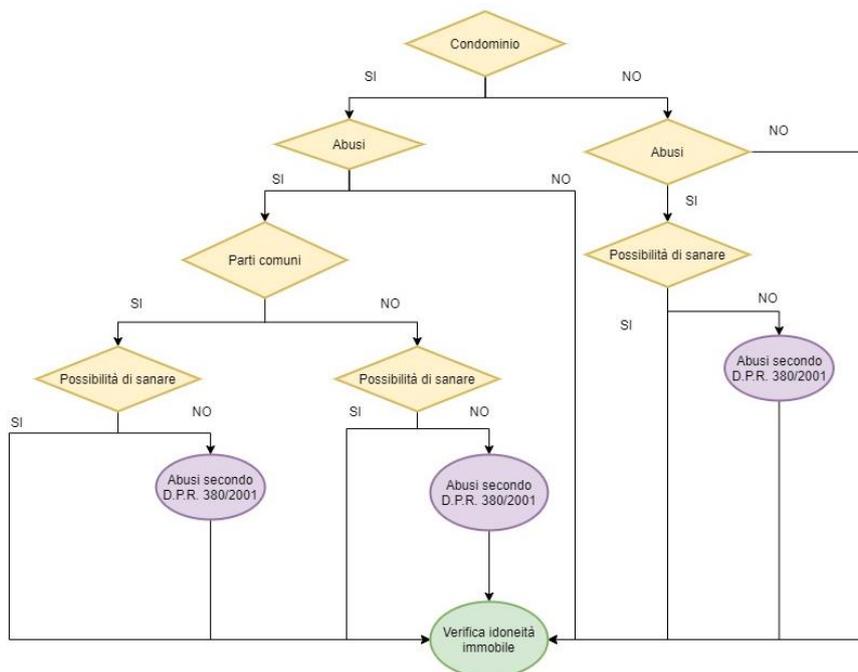


Figura 19: Flowchart di dettaglio per le verifiche edilizie e urbanistiche

5.2.5. Analisi interventi incentivabili

Una volta stabilito che l'immobile rispetti i requisiti soggettivi e risulti idoneo a maturare la detrazione, occorre verificare che le volontà d'intervento del committente, raccolte durante la fase di sopralluogo, collimino con gli interventi incentivabili previsti dal Decreto Rilancio e con le caratteristiche dell'edificio.

Le caratteristiche delle tecnologie e dei sistemi tecnici incentivabili sono riportate nel Capitolo 6; in questo paragrafo viene invece effettuata l'analisi di fattibilità degli interventi da adottare nel processo di riqualificazione energetica, analizzando l'edificio per poter comprendere quale soluzione adottare.

Come detto, il Superbonus è subordinato all'effettuarsi di almeno un intervento trainante quale:

- Isolamento termico delle superfici;
- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale.

Interventi di isolamento

Gli interventi di isolamento termico possono essere effettuati sull'involucro opaco con incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda dell'edificio. È necessario verificare quali componenti opache è possibile isolare.

Partendo dall'involucro opaco verticale (che occupa la maggior parte della superficie disperdente), esistono differenti possibilità di isolamento:

- Cappotto esterno;
- Cappotto interno;
- Isolamento in intercapedine;
- Isolamento su facciata ventilata.³³

L'opzione di isolamento esterno è quella che presenta la miglior facilità di esecuzione e risulta ottimale dal punto di vista termo-igrometrico (caratteristiche che verranno esplicate nel capitolo seguente); per questo motivo è la più utilizzata. Occorre calibrare prestanza, spessore e costo del materiale isolante per evitare di ridurre eccessivamente gli spazi esterni delle zone comuni dell'edificio (es balconi, logge...). Il cappotto esterno, a sua volta rivestito con materiali di finitura (quali ad esempio clincker o intonaco), modifica l'aspetto della facciata e quindi occorre tener conto degli eventuali vincoli che ne potrebbero impedire la posa e delle esigenze del committente (legate ad esempio alla rimozione di finiture e decorazioni di facciata o alla copertura di una facciata in mattoni a vista) per non rovinare l'immagine dell'edificio.

L'isolamento interno, oltre ad essere meno funzionale dal punto di vista energetico, causando possibili problemi di condensa e non risolvendo completamente i ponti termici, è poco apprezzato dagli utenti in

³³ <https://www.ingenio-web.it/31825-isolamento-termico-degli-edifici-dove-si-puo-intervenire-quali-incentivi-utilizzare>

quanto riduce la superficie utile delle unità immobiliari, sulla cui metratura è basato il valore economico. Il cappotto interno dall'altro lato risolve i problemi di isolamento su facciate di edifici complessi e irregolari, presentanti decorazioni di facciata.

La terza strada è costituita dall'isolamento in intercapedine, qualora presente, nelle mura perimetrali del fabbricato e sufficientemente spessa e facilmente ispezionabile, da garantire la posa di un materiale isolante. L'intercapedine può essere riempita mediante insufflaggio di materiale a spruzzo o mediante pannelli. La prima strada non è percorribile se nell'intercapedine sono presenti le dorsali di distribuzione impiantistiche.

Infine la parete ventilata è un sistema installato a secco che prevede l'applicazione di pannelli su supporto murario. Attraverso sistemi di ancoraggio e sospensione i pannelli risultano staccati dallo strato di finitura esterna della facciata permettendo la creazione di una camera d'aria. Grazie all'effetto camino, in entrambe le stagioni, fredda e calda, lo strato d'aria permette di evitare fenomeni di condensa nel primo caso e allontanare il calore per effetto dei moti convettivi nel secondo.

Per quanto riguarda l'involucro orizzontale, l'isolamento può riguardare la copertura oppure i solai, compreso il sottotetto.

Nei condomini con tetto a falda il sottotetto è di solito un locale non riscaldato e non abitato; in questi casi la soluzione ottimale è rappresentata dall'isolamento dell'estradosso del solaio sottotetto con un materiale dalle caratteristiche di comprimibilità e resistenza meccanica che consenta l'accesso al locale per le operazioni di manutenzione. Nei casi invece di sottotetto abitabile (più frequentemente riscontrabili in edifici unifamiliari) si ricorre all'isolamento del tetto che si divide in interno ed esterno. L'isolamento esterno è, come per l'involucro verticale, da preferire, in quanto non varia la superficie del fabbricato e non riduce la volumetria delle unità sottostanti la copertura. Le coperture poi possono essere ventilate oppure no; nel primo caso la posa dell'isolante è più agevole e garantisce prestazioni migliori.

Nel caso di coperture piane si adotta sempre isolamento all'estradosso, accoppiato all'inserimento di una barriera al vapore.

L'isolamento dei solai è consigliato nei casi di edifici con piano terra su pilotis o passi carrai il cui solaio del primo piano disperde verso l'esterno, oppure in edifici con un piano interrato destinato a cantina o garage; in questo caso l'isolamento orizzontale va posto verso gli ambienti non riscaldati.

L'isolamento del solaio calpestabile collegato al terreno è più difficoltoso e richiede la demolizione degli strati superficiali per posizionare lo strato isolante al di sotto del massetto, con una conseguente variazione della stratigrafia e della quota di calpestio del piano finito.

I materiali scelti devono essere durevoli, resistenti all'umidità e ai fenomeni atmosferici, traspiranti, non tossici per l'uomo e resistenti al fuoco. Inoltre devono resistere alle sollecitazioni termiche in estate e inverno, al fine di evitare infiltrazioni d'acqua o fessurazioni e possedere un'elevata inerzia termica e di conseguenza una bassa trasmittanza periodica per ritardare l'ingresso del calore esterno. Negli edifici tradizionali è consigliato l'utilizzo di materiali naturali porosi in grado di assorbire e rilasciare l'umidità presente nella struttura quali ad esempio la fibra di legno, la lana di pecora, la cellulosa e le fibre di lana.

Tutte le casistiche d'isolamento devono poi rispettare le normative ambientali CAM (approfondite nel Capitolo 6), garantendo una determinata percentuale di materiale riciclato e caratteristiche di smontabilità.

Interventi di sostituzione dell'impianto

La seconda tipologia d'intervento trainante prevista dal Decreto Rilancio riguarda la sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale esistente con impianti per il riscaldamento, raffrescamento o la fornitura di acqua calda sanitaria.

La condizione di partenza è che l'edificio sia già dotato di un impianto di climatizzazione invernale. Il nuovo impianto deve essere fisso, alimentato con qualsiasi vettore energetico e non ha limiti sulla potenza minima inferiore; non sono considerati impianti termici i sistemi esclusivamente destinati al raffrescamento o alla produzione di ACS al servizio delle singole unità immobiliari ad uso residenziale. La potenza termica complessiva dei nuovi generatori non può superare per più del 10% la potenza dei generatori sostituiti, salvo il caso in cui l'aumento di potenza sia determinato con la verifica dimensionale dell'impianto di riscaldamento (condotto secondo la norma UNI EN 12831). L'intervento è destinato alle parti comuni di edifici condominiali per sistemi centralizzati oppure per edifici unifamiliari o unità immobiliari site in edifici plurifamiliari; non è previsto invece per le singole unità immobiliari degli edifici condominiali.

Questo intervento può essere effettuato in alternativa o abbinato all'isolamento termico dell'involucro edilizio. L'Agenzia delle Entrate ha specificato che ai fini dell'ottenimento della detrazione non è necessaria la sostituzione dell'intero impianto, ma soltanto del generatore di calore (la caldaia ad esempio), estendendo comunque l'agevolazione anche all'adeguamento dei sistemi di distribuzione, emissione e regolazione. I sistemi incentivabili ad alta efficienza energetica comprendono:

- Caldaie a condensazione;
- Pompe di calore;
- Sistemi ibridi (pompa di calore integrata a caldaia a condensazione);
- Sistemi di microgenerazione;
- Collettori solari;
- Impianti a biomassa;
- Teleriscaldamento.

Il primo caso consiste nella sostituzione di una caldaia tradizionale (avente vettore energetico metano o gasolio), con una caldaia a condensazione almeno pari alla classe A di prodotto prevista dal regolamento delegato della Commissione del 18 febbraio 2013³⁴.

La seconda tipologia comprende la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di pompa di calore ad alta efficienza, anche con sistemi geotermici ad alta efficienza.

Pompe di calore e caldaie a condensazione possono poi costituire sistemi ibridi, programmati per funzionare in abbinamento e per selezionare in modo automatico la combinazione di tecnologie che massimizzino l'efficienza energetica. È imposto il limite di 35kW di potenza nel caso di generatori di calore unifamiliari combinati, i quali associano la climatizzazione invernale alla produzione di ACS.

Altre possibilità d'intervento riguardano i sistemi di microgenerazione, dall'inglese *CHP (Combined Heating and Power)* che consentono la produzione combinata di energia elettrica/meccanica e termica oppure l'installazione di collettori solari termici per la produzione di ACS destinata ad usi domestici o industriali.

La sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale con caldaie a biomassa è considerato intervento trainante esclusivamente per le aree non metanizzate nei comuni non interessati dalle procedure europee d'infrazione³⁵ per gli interventi su edifici unifamiliari o su unità immobiliari site in edifici plurifamiliari (sempre che siano funzionalmente indipendenti e con uno o più accessi autonomi dall'esterno). Con il D.Lgs. 48/2020 rientrano nella categoria di apparecchi a biomassa anche le stufe e i termo-camini a legna, pellet o cippato.

Infine è prevista la possibilità di allaccio a sistemi di teleriscaldamento esistenti, esclusivamente per i comuni montani non interessati dalle procedure di infrazione citate.

Tutti gli impianti devono essere installati a regola d'arte (in conformità alle norme tecniche dell'UNI, del CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano o altri enti di normazione dell'Unione Europea) e rispettare i requisiti e le caratteristiche definiti negli allegati del D.M. Requisiti Tecnici.

Altri interventi di efficientamento energetico

Qualora sussista l'impossibilità di effettuare interventi trainanti (a causa di regolamenti edilizi, urbanisti e ambientali) oppure l'immobile oggetto d'intervento sia sottoposto ad almeno uno dei vincoli previsti dal Codice dei beni culturali e del paesaggio³⁶, è possibile prevedere unicamente gli interventi di

³⁴ Regolamento delegato (UE) n. 811/2013 della Commissione del 18 febbraio 2013

³⁵ Procedure n. 2014/2147 del 10 luglio 2014 e n. 2015/2043 del 28 maggio 2015

³⁶ D.Lgs. n.42/2004

efficientamento energetico contenuti nell'articolo 14 del D.L. 63/2013 e precedentemente citati, inclusi nell'incentivo tramite la Legge 77/2020.

Se vengono effettuati interventi d'isolamento termico dell'involucro non è richiesto il rispetto dei requisiti CAM; gli interventi possono inoltre riguardare una superficie disperdente inferiore al 25% di quella totale.

Le casistiche descritte rappresentano l'analisi degli interventi incentivabili per l'accesso al Superbonus. La definizione del processo di scelta degli interventi che si intendono realizzare prima della fase di modellazione energetica e della verifica dei requisiti oggettivi permette di ottimizzare il processo, evitando il notevole dispendio computazionale in tutti i casi in cui non si verifichi l'incontro tra le volontà di azione della committenza con le possibilità di intervento previste.

La figura che segue riporta il flowchart di dettaglio per la scelta degli interventi incentivabili al 110%.

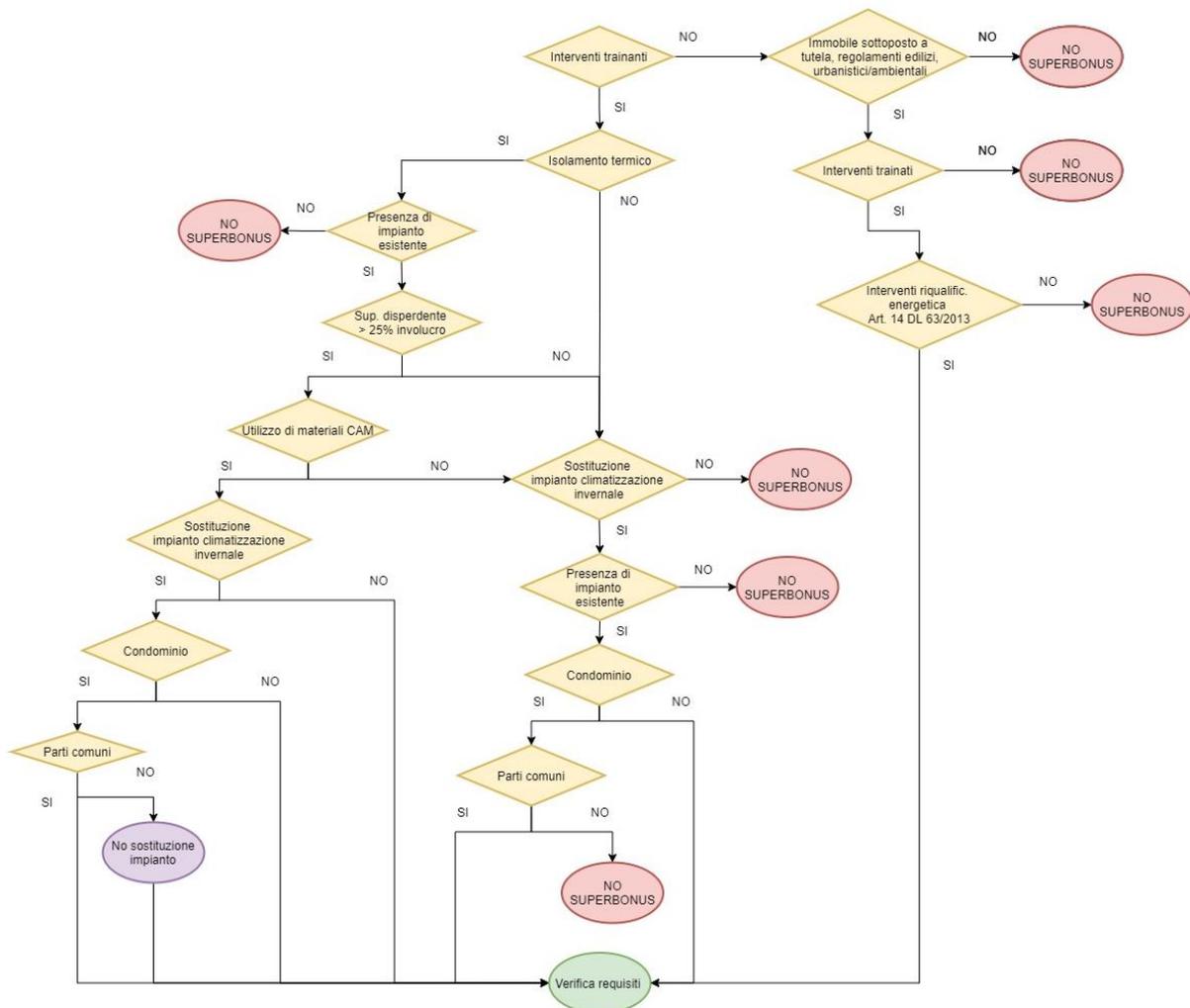


Figura 20: Flowchart di dettaglio per l'analisi degli interventi incentivabili

5.2.6. Modellazione

La fase di modellazione, che permette di verificare i requisiti oggettivi per l'accesso al Superbonus e progettare la migliore strategia d'intervento, è a sua volta costituita da due sottofasi:

- Restituzione grafica 2D;
- Modellazione energetica.

Restituzione grafica

La prima sottofase consiste nella restituzione grafica digitale delle planimetrie dell'immobile oggetto di analisi mediante l'utilizzo di un software *CAD*. È stato predisposto un file template in formato *dwg* utilizzando il software *AutoCAD* per standardizzare i rilievi effettuati e facilitare il passaggio tra il sopralluogo e la digitalizzazione delle informazioni grafiche e dimensionali. Il file viene infatti implementato appositamente per la successiva modellazione energetica riportando, per ogni piano dell'edificio, con *layer* differenti:

- Le chiusure esterne verticali/orizzontali e le partizioni interne che separano unità immobiliari o zone climatiche non climatizzate;
- La posizione e la dimensione dei serramenti verso l'esterno e verso gli ambienti non climatizzati;
- La presenza di balconi, logge e terrazze.

Le informazioni grafiche contenute nel file *dwg* vengono inserite in un'apposita cartella condivisa insieme alla scheda del rilievo e al libretto dell'impianto, scaricabile attraverso il codice dell'impianto dai portali regionali.

Modello energetico

La modellazione energetica finalizzata al Superbonus deve essere condotta con software di calcolo che utilizzi metodi non semplificati.

Il primo passo consiste nel modellare lo stato di fatto dell'edificio utilizzando tutte le informazioni raccolte durante il sopralluogo, la documentazione tecnica raccolta e il file *CAD* come base. Con la modellazione dell'involucro e la definizione delle zone termiche e dei sistemici tecnici, attraverso diagnosi energetica è possibile risalire alla classe energetica di partenza dell'edificio.

Il secondo passaggio consiste nel combinare gli interventi richiesti e ammissibili (trainanti e trainati) costruendo differenti scenari d'intervento per la verifica dei requisiti oggettivi. Questa fase viene reiterata fintanto che non si ottiene lo scenario migliore che consenta di rispettare allo stesso tempo:

- Il doppio salto di classe energetica;
- Le verifiche di legge rispettando i requisiti minimi (D.M. 26/06/2015 e D.M. 06/08/2020).

Il miglioramento della doppia classe (o della classe più alta qualora l'edificio parta già dalla classe A3) deve essere dimostrato attraverso l'APE convenzionale per il Superbonus ante opera e post intervento.

L'APE convenzionale è un attestato predisposto da un tecnico abilitato nella forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio e presenta finalità e modalità di utilizzo differenti dall'APE "tradizionale" redatto nel caso di compravendite e locazione³⁷. L'APE convenzionale, sia nel caso di edificio unifamiliare che di edifici pluri-unità è redatto per l'intero edificio secondo il D.M. Requisiti Tecnici secondo le modalità descritte. In questa fase progettuale non viene realmente redatto l'APE che verrà presentato in una fase successiva, ma dal software è possibile ricavare tutti i dati energetici che lo compongono.

Per quanto riguarda le verifiche di legge, occorre che vengano rispettati i parametri riguardanti l'involucro e gli impianti (valutati attraverso diagnosi energetica) in relazione alla tipologia d'intervento attuata e alla zona climatica di riferimento.

Nel caso di supercondominio la verifica va effettuata per ciascun edificio che lo compone; la detrazione spetta unicamente ai condòmini possessori di unità immobiliari all'interno degli edifici che rispettano il doppio requisito.

Il flowchart di dettaglio che segue rappresenta le operazioni da seguire durante la fase di modellazione.

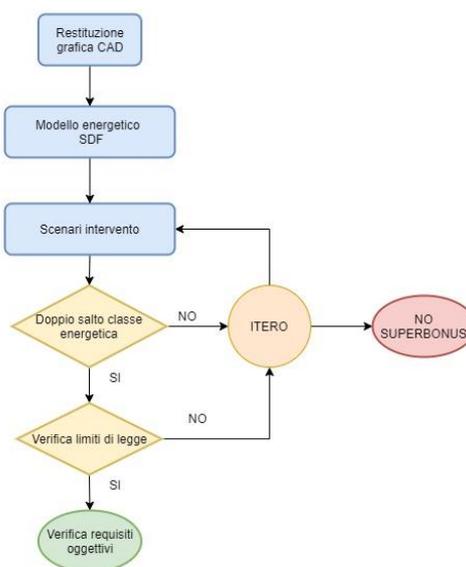


Figura 21: Flowchart di dettaglio per la verifica dei requisiti oggettivi

³⁷ Finalità di cui al D.Lgs 192/2005

Nella tabella che segue invece sono stati accostati gli interventi incentivabili da considerare durante la modellazione con i requisiti soggettivi degli edifici, al fine di scegliere la miglior strategia d'intervento e ottimizzare il processo presentando un quadro completo di tutte le casistiche possibili.

Tabella 3: Progettazione strategie d'intervento

SUPERBONUS 110%	Condomini: interventi su spazi comuni di edifici residenziali in condominio (1) (3)	Persone fisiche: interventi privati (no esercizio attività d'impresa, atti e professioni) su unità immobiliari non accatstate nelle categorie A/1, A/8 e A/9				Interventi su singola unità immobiliare da parte di imprenditori, professionisti e società (diversi dai condomini)
		Interventi privati su singole unità immobiliari residenziali e relative pertinenze all'interno di edifici in condominio (es appartamento in condominio) (3)	Interventi privati su unità immobiliari situate all'interno di edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti con uno o più accessi autonomi (es casa di villette a schiera) (4)	Interventi privati su edificio unifamiliare residenziale (es villa)	Interventi privati su edificio costituito da unica unità immobiliare non residenziale (es capannone o ufficio)	
Intervento trainante 1: isolamento termico con materiali CAM, superfici opache verticali, orizzontali e inclinate > 25% superficie disperdente lorda : -dell'edificio -della singola U.I. in edifici plurifamiliari	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Intervento trainante 2: su parti comuni di edifici per: -sostituzione impianti di climatizzazione invernale esistenti -smaltimento e bonifica impianto -allaccio a sistemi di teleriscaldamento	SI	NO	NO	NO	NO	NO
Intervento trainante 3: su edifici unifamiliari o singole U.I. dentro edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti con accessi autonomi per: -sostituzione impianti di climatizzazione invernale esistenti -smaltimento e bonifica impianto -allaccio a sistemi di teleriscaldamento	NO	NO	SI	SI	NO	NO
Altri interventi ecobonus per edifici vincolati per i quali da regolamento edilizio non sono possibili interventi trainanti	SI (2)	SI	SI	SI	NO	NO
Interventi trainati + eliminazione barriere architettoniche (a seguito di almeno un intervento trainante):	SI (2)	SI	SI	SI	NO	NO

(1) Il Superbonus spetta ai condòmini, anche per un numero maggiore di 2 UI (anche imprese, professionisti e società) detentori di UI all'interno dell'edificio condominiale, che possono essere abitazioni e anche unità non abitative, ma solo per condòmini a prevalenza residenziale

(2) Una spesa trainante effettuata sulle parti comuni condominiali consente ai condòmini di usufruire del 110% per le altre spese non trainanti sulle singole UI (abitazioni, anche secondarie)

(3) Possono beneficiare del Superbonus anche le persone fisiche, al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arte o professione (limite 2 UI su singole unità) per interventi anche su edifici composti da 2 a 4 UI distintamente accatstate, anche se posseduti da unico proprietario o in comproprietà da più persone fisiche. Se 5 o più UI, diverse dalle pertinenze, distintamente accatstate costituiscono un edificio interamente posseduto da un unico proprietario o in comproprietà tra più soggetti, il Superbonus non si applica agli interventi su parti comuni dell'edificio non condominiale

(4) Una UI è funzionalmente indipendente se è dotata di almeno tre delle seguenti installazioni o manufatti di proprietà esclusiva:
-impianti per approvvigionamento idrico
-impianti per il gas
-impianti per energia elettrica
-impianti per la climatizzazione invernale

5.2.7. Definizione proposta

Alla fine della modellazione, dal software di calcolo vengono estrapolate tutte le informazioni relative alle caratteristiche e ai consumi dell'intero edificio e delle singole unità immobiliari.

A partire da questi dati viene redatto un quadro economico di massima per il calcolo delle spese incentivabili. Anche in questo caso è stato predisposto un template su foglio di calcolo in formato *xlsx* nel quale le spese vengono suddivise per macrocategorie d'intervento quali:

- Opere provvisionali;
- Cappotti di varie tipologie;
- Sottotetto e coperture;
- Isolamento piano pilotis;
- Infissi e schermature;
- Balconi;
- Impianti di climatizzazione invernale e fotovoltaico.

Il Decreto Requisiti Tecnici richiede la dichiarazione di congruità delle spese sostenute in relazione agli interventi agevolati, intesa come rispetto dei massimali di costo. Non viene specificato di utilizzare uno specifico prezzario, ma, lasciando libertà al professionista, è richiesto che *«i costi massimali per tipologia d'intervento devono essere inferiori o uguali ai prezzi medi delle opere compiute riportati nei prezzari predisposti dalle regioni e dalle provincie autonome territorialmente competenti, oppure devono essere inferiori o uguali ai prezzi medi delle opere compiute riportati nelle guide su prezzi informativi dell'edilizia edite dalla casa editrice DEI – Tipografia del Genio Civile.»*³⁸ Una volta fatta la scelta è richiesto, per uno specifico intervento, di riferirsi allo stesso prezzario, salvo il caso in cui in quello scelto non siano presenti specifiche voci relative agli interventi, contenute invece in quello scartato. Nel caso in cui nessun prezzario riporti una voce relativa ad uno specifico intervento, il professionista può determinare il nuovo prezzo in maniera analitica considerando tutte le variabili che entrano in gioco nella costruzione dell'analisi prezzo (quali manodopera, materiali, noli, trasporti, spese generali e utili d'impresa).

Il file template è stato predisposto per contenere già le voci dei prezzari nazionali DEI (in quanto è quello che meglio si adatta a qualunque tipologia di opera in qualunque località), suddivise per macrocategorie in fogli differenti. Un foglio di sintesi riassume lo scenario d'intervento riportando gli interventi effettuati comprensivi di spese professionali, totale importo lavori, limiti di spesa previsti e l'eventuale spesa a carico del soggetto che ha richiesto l'incentivo. In particolare le spese tecniche, comprensive di IVA, vengono calcolate come percentuale (41, 46 o 51%) derivata dall'importo totale netto dei lavori. Tale percentuale racchiude una parte variabile, che viene determinata in base al costo dell'intervento (inferiore o superiore a mezzo milione/un milione di euro) e una parte fissa che

³⁸ Decreto 6 Agosto 2020, Allegato A, punto 13

comprende l'IVA sui lavori (10%), i costi per la sicurezza (6%), la verifica per il visto di conformità edilizia (2,5%) e la tolleranza (1%). Tutte queste informazioni sono riportate in maniera tabellare come di seguito mostrato.

Tabella 4: Esempio quadro economico scenario d'intervento

SPESE TECNICHE	IMPORTO LAVORI NETTO
51% se <	500.000,00 €
46% se <	1.000.000,00 €
41% se >	1.000.000,00 €
32% se	fotovoltaico

NUMERO DI UNITA'	
SPESE TECNICHE	

INTERVENTO	COSTO TOTALE STIMATO	LIMITE SPESA DETRAZIONE (U.I.)	SPESA MASSIMA AGEVOLABILE PER INTERVENTO	SPESA COMPUTATA	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
OPERE PROVVISORIALI					
INVOLUCRO OPACO					
Isolamento involucro					
Spese tecniche					
INTERVENTI IMPIANTISTICI					
Sostituzione generatore e riqualificazione CT					
Spese tecniche					
INVOLUCRO TRASPERENTE					
Sostituzione infissi					
Spese tecniche					
FOTOVOLTAICO					
Impianto fotovoltaico					
Spese tecniche					

IMPORTO LAVORI NETTO	
SPESE TECNICHE	

TOTALE SPESA	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO

Infine tutti i dati raccolti vengono presentati sotto forma di relazione tecnica e inviati al cliente come conclusione della FTE. Nell'elaborato, nuovamente generato a partire da un template aziendale, vengono riportati:

- L'inquadramento dell'intervento;
- L'analisi degli interventi e un sommario esecutivo;
- Eventuali vincoli e warning sui quali occorre porre attenzione;
- L'analisi di convenienza economica e il quadro economico.

A seguito di questa operazione si conclude il flowchart per la valutazione di fattibilità tecnico ed economica.

Il metodo proposto indirizza il processo di scelta presentando tutte le possibili scelte nei blocchi di decisione, ottimizzando il lavoro aziendale di C^2R in fase di fattibilità, potendo restituire in tempi brevi una risposta veloce e completa riguardo l'applicabilità o meno del Superbonus per una qualsiasi tipologia d'intervento. L'applicazione del flowchart a specifici casi studio è affrontata nel Capitolo 7.

6. TECNOLOGIE E IMPIANTI TECNICI PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

In questo capitolo vengono descritte le tecnologie e i sistemi tecnici utilizzati per gli interventi del Superbonus specificando i requisiti e le caratteristiche che devono rispettare, al fine di garantire le migliori condizioni di comfort e di efficienza per il miglioramento della classe energetica dell'edificio.

6.1. I materiali isolanti

Un edificio esistente correttamente isolato può arrivare ad abbattere del 40% i consumi energetici. Dall'isolamento termico dipendono infatti il benessere termo-igrometrico degli ambienti, le dispersioni termiche e i consumi energetici. L'isolamento permette di migliorare la prestazione energetica dell'edificio e di conseguenza accrescerne il valore.

Gli interventi di isolamento termico consistono nell'introduzione nella struttura esistente di un materiale isolante, caratterizzato dal parametro conducibilità termica λ , grandezza che misura l'attitudine del materiale a trasmettere il calore per conduzione ed espressa in W/mK; più il materiale è a bassa conduttività più è prestante. I materiali isolanti maggiormente utilizzati in edilizia si dividono in tradizionali e innovativi. I primi sono a loro volta suddivisi in organici e inorganici e presentano valori di conducibilità variabili compresi tra 0,02 e 0,08 $\frac{W}{mK}$, mentre i secondi, molto più performanti, hanno conducibilità inferiori a 0,02 $\frac{W}{mK}$. La figura seguente riporta la classificazione dei materiali isolanti.

Materiali		Conducibilità termica [W/mK]		
Tradizionali	Inorganici	Vetro cellulare	0,040 – 0,080	
		Artificiali	Lana di vetro	0,031 - 0,045
			Lana di roccia	0,033 - 0,040
	Naturali	Argilla espansa	0,090	
		Perlite espansa	0,04 – 0,06	
		Sintetici	Polistirene espanso - EPS	0,030 - 0,040
	Polistirene estruso - XPS		0,030 - 0,032	
	Poliuretano – PUR/PIR		0,020 - 0,030	
	Organici		Lana di pecora	0,040
		Ovatta	0,040	
Naturali (e rinnovabili)		Cellulosa	0,040 - 0,050	
		Sughero	0,040 - 0,050	
Fibra di cocco		0,050		
Fibra di legno	0,040 – 0,060			
Innovativi	Vacuum Insulation Panel - VIP	0,0015 - 0,007		
	Gas Filled Panel - GFP	0,008 - 0,010		
	Materiali nanoporosi	≈ 0,020		
	Resine fenoliche	≈ 0,020		
	Aerogel	0,013 - 0,017		

Figura 22: Classificazione materiali isolanti - Fonte: <https://www.ingenio-web.it/31844-soluzioni-super-isolanti-e-innovative-per-linvolucro-opaco-e-trasparente-vantaggi-criticita-e-incentivabilita>

Tra i materiali tradizionali, i più utilizzati sono quelli fibrosi inorganici quali lana di vetro e roccia, seguiti dall'EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato) e dalle schiume poliuretatiche (per quanto riguarda gli insufflaggi). I materiali super isolanti o SIM (*Super Insulating Materials*), molto costosi, vengono invece adoperati per applicazioni particolari e possiedono conducibilità fino a 5 volte inferiori a quelle

dei materiali tradizionali. Tra questi rientrano i materiali nanoporosi quali le resine fenoliche, l'aerogel e i pannelli isolanti sottovuoto.³⁹ Il valore esatto di λ viene determinato con riferimento alla documentazione tecnica fornita dal fabbricante che ne certifica le caratteristiche.

In commercio esistono poi materiali isolanti termici con e senza marcatura CE.

Nel primo caso il produttore, grazie alla norma armonizzata o all'*ETA*⁴⁰, dichiara la conduttività termica nella marcatura CE, nella DoP (Dichiarazione di Prestazione) e nelle schede tecniche. Il valore dichiarato indica in maniera statisticamente significativa che il prodotto è stato testato con prove standard da organismi notificati a livello europeo in accordo alle norme UNI EN.

Nel secondo caso, il materiale non marcato CE non dispone di una DoP. Per questi prodotti valgono ugualmente le regole nazionali riguardanti l'efficienza energetica in edilizia: le prestazioni vengono determinate mediante prove conformi alle normative vigenti presso laboratori o organismi accreditati alla certificazione dei prodotti.⁴¹

Nella tabella seguente si riportano i principali materiali isolanti presenti in edilizia, con le relative norme di prodotto armonizzate e l'entrata in vigore della relativa marcatura CE.

Tabella 5: Norme armonizzate e marcatura CE per materiali isolanti - Fonte: ENEA

Tipo di prodotto	Norma di prodotto	Data di entrata in vigore obbligo marcatura CE
LANA DI ROCCIA- pannelli	UNI EN 13162-MW	13 maggio 2003
LANA DI ROCCIA -sfusa da insufflaggio	UNI EN 14064-1-MW	1 dicembre 2011
LANA DI VETRO- Pannelli	UNI EN 13162MW	13 maggio 2003
LANA DI VETRO - sfusa da insufflaggio	UNI E- N 14064-1- MW	1 dicembre 2011
POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO	UNI EN 13163- EPS	13 maggio 2003
POLISTIRENE ESPANSO ESTRUSO	UNI EN 13164- XPS	13 maggio 2003
POLIURETANO ESPANSO RIGIDO- Pannelli	UNI EN 13165- PU	13 maggio 2003
SCHIUMA POLIURETANICA applicata a spruzzo o per colata percentuale di celle chiuse > 90%, priva di rivestimenti	UNI EN 14315 e UNI EN 14318 PUR-PIR	31 luglio 2014
SCHIUMA POLIURETANICA applicata per colata percentuale di celle chiuse < 90%, priva di rivestimenti. Densità <30 kg/m ³	UNI EN 14318 PUR-PIR	13 maggio 2003
SCHIUMA FENOLICA	UNI EN 13166- PF	13 maggio 2003
VETRO CELLULARE	UNI EN 13167- CG	13 maggio 2003
LANA DI LEGNO	UNI EN 13168- WW	13 maggio 2003
PERLITE ESPANSA - pannelli	UNI EN 13169- EPB	13 maggio 2003
PERLITE ESPANSA - granuli grossa granulometria	UNI EN 14316-1- EP	1 giugno 2006
SUGHERO ESPANSO	UNI EN 13170- ICB	13 maggio 2003
FIBRE DI LEGNO	UNI EN 13171- WF	13 maggio 2003
ARGILLA ESPANSA	UNI EN 14063	1 giugno 2006
VERMICULITE	UNI EN 14317- 1- EV	1 giugno 2006
POLIETILENE ESPANSO	UNI EN 16069- PEF	1 settembre 2014

³⁹ <https://www.ingenio-web.it/31844-soluzioni-super-isolanti-e-innovative-per-linvolucro-opaco-e-trasparente-vantaggi-criticita-e-incentivabilita>

⁴⁰ European Technical Assessment

⁴¹ ANIT, Materiali isolanti e Superbonus 110%, novembre 2020

6.1.1. Requisiti tecnici

Gli interventi di isolamento devono garantire il rispetto dei limiti di trasmittanza termica U , imposti dal Decreto Requisiti Tecnici nell'Allegato E per gli elementi di involucro. La trasmittanza termica, espressa in W/m^2K , definisce la tendenza di un elemento allo scambio di energia. Tali limiti si differenziano per zona climatica e tipologia d'intervento come riportato nella tabella seguente.

Tabella 6: Trasmittanza termica limite

INTERVENTO	TRASMITTANZA TERMICA LIMITE U PER ZONA D'INTERVENTO E PER TIPO DI COMPONENTE [W/m^2K]					
	A	B	C	D	E	F
Strutture opache orizzontali (coperture)	0,27	0,27	0,27	0,22	0,20	0,19
Strutture opache orizzontali (pavimenti)	0,40	0,40	0,30	0,28	0,25	0,23
Strutture opache verticali	0,38	0,38	0,30	0,26	0,23	0,22
Sostituzione serramenti	2,60	2,60	1,75	1,67	1,30	1,00

A seconda delle caratteristiche di trasmittanza da perseguire occorre poi porre attenzione allo spessore dell'isolante e alla modalità di posa.

Come già citato, la soluzione a cappotto esterno è la più diffusa ed efficace, nonostante non possa essere applicata nel caso di edifici vincolati. Il cappotto esterno elimina la maggior parte dei ponti termici grazie alla continuità dell'isolamento e agisce da protezione nei confronti degli agenti atmosferici, migliorando l'inerzia termica delle strutture e riducendo il rischio di condensa interstiziale durante la stagione fredda. Un ulteriore benefit, nel caso di utilizzo di materiali fibrosi, quali lana minerale, sugheri e cellulosa è quello dell'aumento del potere fonoisolante. In questa direzione poliuretano e polistirene sono meno efficaci oltre ad essere soggetti a fenomeni di degrado se sottoposti agli agenti atmosferici.

L'isolamento interno corregge solo parzialmente i ponti termici e porta all'aumento del rischio di formazione di condensa interstiziale durante l'inverno (problema risolvibile con l'utilizzo di materiali isolanti massivi e traspiranti quali ad esempio i pannelli a base di idrati di silicati di calcio o di calcestruzzo cellulare).

L'isolamento in intercapedine, effettuato tramite insufflaggio di materiali quali lana minerale sfusa, granuli di perlite, schiuma di poliuretano o fiocchi di cellulosa, oltre a non risolvere i ponti termici, risulta possibile soltanto nelle pareti dotate di intercapedine, per lo spessore presente. Questa tipologia d'intervento viene più comunemente eseguita in aggiunta al cappotto qualora quest'ultimo da solo non basti al raggiungimento dei requisiti richiesti.

Infine per le facciate ventilate, tendenzialmente previste in edifici nuovi, più che negli interventi di recupero edilizio, si utilizzano pannelli rigidi (poliuretani, lana minerale) in grado di migliorare anche il comfort acustico e garantire sicurezza in caso d'incendio.

Per tutte le applicazioni nelle quali è richiesto contenere gli spessori dell'isolamento, si può ricorrere ai materiali isolanti *SIM*.

6.1.2. Requisiti CAM

I Decreto Rilancio precisa che «i materiali isolanti utilizzati debbano rispettare i criteri ambientali minimi di cui al decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 11 ottobre 2017.»⁴²

Il criterio prevede criteri comuni e verifiche particolari per una serie di materiali, i quali devono contenere una percentuale minima di riciclato.

In particolare occorre che vengano rispettati i seguenti criteri generali:

- Il non utilizzo di ritardanti di fiamma oggetto di restrizioni o proibizioni nazionali o comunitarie durante il processo di produzione;
- Il non utilizzo di agenti espandenti con potenziale di riduzione dell'ozono maggiore di zero;
- Il non utilizzo di catalizzatori al piombo durante la produzione o la formazione di schiuma plastica;
- Rispetto delle note Q o R del regolamento CE n.1272/2008 qualora costituiti da lane minerali.

Se il prodotto finito contiene i componenti riportati nella tabella seguente, occorre che essi siano costituiti da materiale riciclato o recuperato per quantità minime le quali vengono misurate sul peso del materiale finito.

Tabella 7: Requisiti riciclaggio isolanti CAM - Fonte: D.M. 11 ottobre 2017

	Isolante in forma di pannello	Isolante stipato, a spruzzo/insufflato	Isolante in materassini
Cellulosa		80%	
Lana di vetro	60%	60%	60%
Lana di roccia	15%	15%	15%
Perlite espansa	30%	40%	8-10%
Fibre di poliestere	60-80%		60-80%
Polistirene espanso	Dal 10% al 60% in funzione della tecnologia adottata per la produzione	Dal 10% al 60% in funzione della tecnologia adottata per la produzione	
Polistirene estruso	Dal 5% al 45% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione		
Poliuretano espanso	1-10% al 45% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione	1-10% al 45% in funzione della tipologia del prodotto e della tecnologia adottata per la produzione	
Agglomerato di poliuretano	70%	70%	70
Agglomerati di gomma	60%	60%	60%
Isolante riflettente in alluminio			15%

⁴² Articolo 119, D.L. 34/2020

6.2. Gli impianti tecnici

In questo paragrafo vengono analizzati i principi di funzionamento, le caratteristiche e i requisiti dei sistemi tecnici previsti dal Superbonus come interventi trainanti, contenuti negli Allegati del Decreto Requisiti Tecnici.

Caldaie a condensazione

Le caldaie a condensazione sfruttano, in aggiunta al calore prodotto dalla combustione, anche quello contenuto nel vapore acqueo disperso nei fumi, di solito espulsi da una caldaia tradizionale, permettendo di ottenere rendimenti più elevati (superiori al 90% del combustibile utilizzato). Grazie al recupero del calore latente l'acqua di ritorno in caldaia viene pre-riscaldata, dopo essere passata per i terminali. Lo scambiatore convoglia i fumi per farli condensare per sottrazione di calore latente, sfruttando il fatto che l'acqua di ritorno è più fredda di quella di mandata. In questo modo i fumi rimangono a una temperatura simile a quella di mandata, ben inferiore a quella delle caldaie tradizionali, consentendo di utilizzare meno combustibile per ottenere la medesima temperatura di riscaldamento dell'acqua.

La canna fumaria inoltre deve essere adatta al passaggio del vapore acqueo, per tale motivo l'acciaio inox è da preferire ai materiali plastici. L'acqua di condensa viene convogliata in un pozzetto di raccolta e necessita di essere smaltita. Negli impianti ordinari, di potenza inferiore a 35 kW la condensa viene immessa in fognatura; per quelli di potenza superiore è invece richiesto prima un trattamento di neutralizzazione dell'acidità contenuta nei fumi.

Le caldaie possono essere da interno o esterno e si dividono poi tra murali o a basamento, mentre l'alimentazione può essere ad acqua o aria calda. Insieme alla caldaia è poi necessaria l'installazione di sistemi di termoregolazione evoluti. Tra i requisiti è richiesta efficienza stagionale per il riscaldamento pari o superiore al 90% del valore riportato per la classe A.

L'immagine seguente schematizza il funzionamento di una caldaia tradizionale e di una a condensazione.

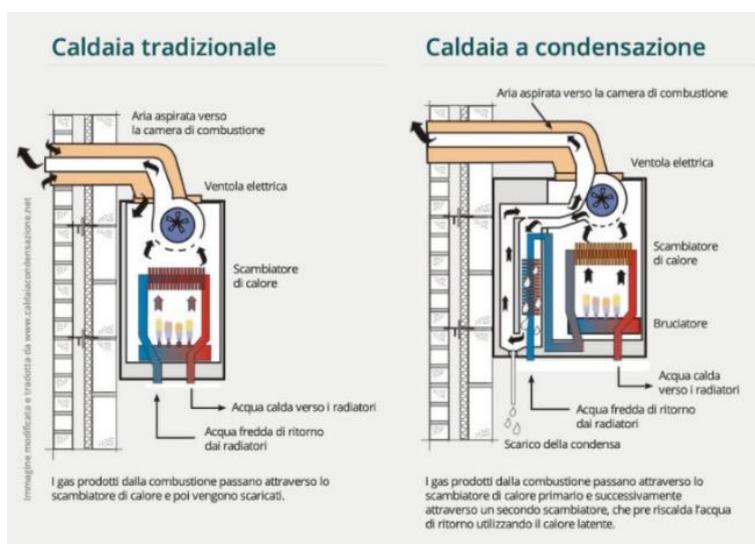


Figura 23: Schema funzionamento caldaie - Fonte: <http://www.caldaiacondensazione.net/funzionamento/>

Pompe di calore

Le pompe di calore sono macchine che trasferiscono energia termica nel verso crescente della temperatura, da sorgenti a temperatura inferiore a quelle a temperatura maggiore. Il funzionamento base è quello di un frigorifero invertito: estraggono il calore da una fonte naturale e lo trasportano all'interno dell'edificio (ciclo invernale), ma possono anche raffrescare in estate (come un frigorifero, ciclo estivo).

I componenti principali di una pompa sono: compressore, condensatore, valvola di laminazione ed evaporatore; l'azionamento può essere di tipo meccanico o termico.

In base alla sorgente di energia e alla tecnologia di funzionamento un'ulteriore suddivisione può essere in pompe:

- Elettriche (*EHP*);
- A gas (*GHP*);
- Ad assorbimento (*AHP*).⁴³

Se si considera invece la combinazione di fluidi per lo scambio di calore le pompe possono essere aria-aria, aria-acqua, acqua-aria e acqua-acqua. Nelle prime, le più usate, lo scambio avviene mediante batterie alettate o sistemi a tutt'aria; le seconde invece sfruttano circuiti idronici accoppiati a ventilconvettori o pannelli radianti. Le ultime due tipologie, meno diffuse, sono in realtà le più efficienti grazie alla presenza di un circuito dedicato per lo scambio di energia con il terreno o con l'acqua di falda; si parla in questi casi di sistemi geotermici o a bassa entalpia.

In termini prestazionali le diverse tipologie si riferiscono poi ai seguenti indici di prestazione energetica:

- *COP* (*Coefficient Of Performance*) per il riscaldamento;
- *EER* (*Energy Efficiency Ratio*) per il raffrescamento;
- *GUE* (*Gas Utilization Efficiency*) per le pompe ad assorbimento.

Le pompe elettriche sono caratterizzate da un motore elettrico per l'avviamento del compressore. Le *EHP* contribuiscono all'elettrificazione dei consumi contribuendo alla decarbonizzazione e riduzione delle emissioni locali.

I coefficienti *COP* ed *EER* devono rispettare i requisiti riportati nell'Allegato F indicati nella tabella nella pagina seguente.

⁴³ <https://www.ingenio-web.it/30561-pompe-di-calore-funzionamento-e-prestazioni-delle-varie-tipologie-e-possibili-incentivi>

Tabella 8: Requisiti pompe di calore elettriche - Fonte: Decreto Requisiti Tecnici

Tipo di pompa di calore	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP	EER
Ambiente esterno/interno				
aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	3,9 ⁶	3,4
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,1	3,8
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento >35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,8	3,5
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	4,3	4,4
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,3	4,4
acqua/aria	Temperatura entrata: 10 Temperatura uscita: 7	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,7	4,4
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	5,1	5,1

Le pompe a gas prevedono un ingresso di energia chimica, la quale fornisce apporto termico alla macchina grazie ad un processo di combustione. Le *GHP* necessitano di un motore endotermico e, rispetto alle *EHP*, richiedono maggiori costi d'investimento e manutenzione oltre ad essere più ingombranti. Presentano tuttavia un minore costo operativo per il funzionamento durante l'inverno grazie al minor costo del gas rispetto all'energia elettrica. I valori del *GUE* da rispettare per questa tipologia di pompa sono di seguito riportati.

Tabella 9: Requisiti pompe di calore a gas - Fonte: Decreto Requisiti Tecnici

Tipo di pompa di calore	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	GUEh
Ambiente esterno/interno			
aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20	1,46 ⁷
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 ⁸	1,38
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20	1,59
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 ⁷	1,47
acqua/aria	Temperatura entrata: 10	Bulbo secco all'entrata: 20	1,60
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 ⁷	1,56

Il valore minimo dell'indice di efficienza energetica (GUEc) per pompe di calore a gas è pari a 0,6 per tutte le tipologie.

Nelle *AHP* l'energia necessaria per compiere il ciclo è derivata da calore o combustibile. Le emissioni in atmosfera di ossidi di azoto devono essere inferiori alle quantità indicate dalle normative europee. Sono caratterizzate da semplicità d'installazione e gestione.

La prestazione va dichiarata e garantita dal produttore per tutte le tipologie di pompa, basandosi su prove effettuate in conformità alle specifiche norme.

Sistemi ibridi

I sistemi ibridi sono costituiti da caldaia a condensazione in abbinamento alla pompa di calore. I due generatori, alimentati da combustibili differenti (fossili o rinnovabili), sono programmati per massimizzare l'efficienza grazie a meccanismi di controllo intelligente che, in funzione della temperatura esterna, permettono l'attivazione di uno o dell'altro come mostrato nell'immagine seguente.

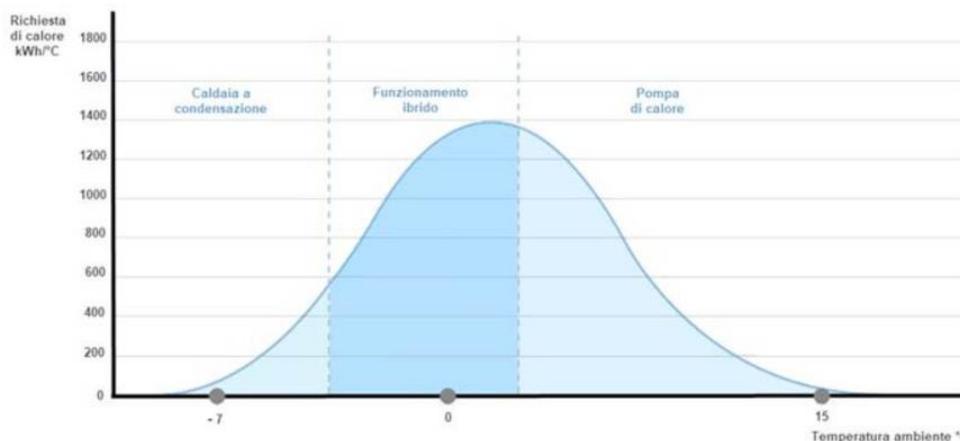


Figura 24: Funzionamento sistemi ibridi - Fonte: <https://www.ingenio-web.it/29302-superbonus-110-e-sistemi-ibridi-come-gestirli-con-il-software-blumatica-energy>

La pompa di calore funziona da sola, in maniera molto efficiente, in caso di condizioni invernali miti. In caso di temperature rigide, la pompa ha un rendimento inferiore e interviene il funzionamento ibrido grazie al quale il calore aggiuntivo necessario viene fornito dalla caldaia a condensazione. Se le temperature sono molto basse interviene solamente la caldaia.

A livello di requisiti il rapporto tra le potenze termiche utili di pompa e caldaia deve essere inferiore o uguale a 0,5; le pompe inoltre devono rispettare i coefficienti di prestazione già descritti. Dove possibile poi vengono installati sistemi di termoregolazione modulante, agenti sulla portata, per singolo ambiente o meglio per ogni corpo scaldante.

Sistemi a biomassa

Il termine biomassa indica i residui provenienti da coltivazioni agricole, deforestazione e attività che comprendono la lavorazione del legno e dei suoi derivati. Gli apparecchi a biomassa utilizzano combustibili che rientrano nella definizione di biomassa quali legna, pellets e cippato. Gli apparecchi a biomassa si dividono in caldaie, stufe e termo-camini e i requisiti sono riportati nell'Allegato G.

Le caldaie devono avere potenza termica nominale inferiore o uguale a 500kW_t e possedere la certificazione ambientale⁴⁴, la quale esprime, attraverso un numero crescente di stelle (da 1 a 5), la sostenibilità della caldaia; più stelle sono presenti, meno l'apparecchio emette in termini di particolato primario, composti volatili e monossido di carbonio, oltre ad avere un rendimento più elevato. In

⁴⁴ D.M. 7 novembre 2017

particolare è richiesto il possesso della Classe di Qualità a 5 stelle. Le caldaie devono inoltre essere dotate di un sistema di accumulo termico.

Con riferimento alle stufe e ai termo-camini, devono essere verificati da organismo accreditato sia l'apparecchio che il materiale combustibile.

Collettori solari

I collettori solari permettono di assorbire la luce del sole per riscaldare un fluido termovettore, il quale viene trasportato presso uno scambiatore di calore che ne consente la trasmissione di energia termica. I collettori devono possedere i requisiti riportati nell'Allegato H; in particolare sono richiesti:

- Possesso della Certificazione *Solar Keymark*, uno schema di certificazione europeo sviluppato da *ESTIF (European Solar Thermal Industry Federation)* e *CEN* in collaborazione con i principali laboratori di certificazione accreditati in Europa, oppure equivalente approvazione tecnica rilasciata dall'ENEA;
- Garanzia per un minimo di 5 anni per i collettori solari;
- Garanzia per almeno 2 anni per accessori e componenti elettrici.

I collettori inoltre, in funzione dell'energia solare annua prodotta per unità di superficie lorda A_G , si dividono in: piani, sottovuoto/a tubi evacuati e a concentrazione. A ogni tipologia sono associati valori di producibilità specifica quali:

- $> 300 \text{ kWh}_t/\text{m}^2$ con riferimento alla località Würzburg per collettori piani;
- $> 400 \text{ kWh}_t/\text{m}^2$ con riferimento alla località Würzburg per collettori sottovuoto e a tubi evacuati;
- $> 550 \text{ kWh}_t/\text{m}^2$ con riferimento alla località Atene per collettori a concentrazione.

Micro-cogeneratori

Gli impianti di cogenerazione sono sistemi a combustione per la produzione contemporanea di calore (rapporto 2/3) ed energia elettrica (rapporto 1/3); il primo è destinato al riscaldamento e alla produzione di ACS mentre la seconda a coprire il fabbisogno elettrico dell'abitazione. Nel produrre elettricità, il calore di scarto nei fumi di scarico viene recuperato attraverso uno scambiatore e utilizzato per l'utenza termica domestica. Le unità cogenerative di taglia ridotta, destinate a usi domestici e residenziali, con potenze elettriche inferiori a 50 kW prendono il nome di micro-cogeneratori (*MCHP*⁴⁵).

Tali impianti devono portare ad un risparmio di energia primaria *PES (Primary Energy Saving)* pari almeno al 20%⁴⁶. Maggiore è il *PES*, più conveniente è la cogenerazione e lo sfruttamento di energia primaria.

⁴⁵ Micro Combined Heating and Power

⁴⁶ Allegato III, decreto del Ministro dello sviluppo economico 4 agosto 2011

La totalità dell'energia termica prodotta deve essere destinata alla richiesta di climatizzazione degli ambienti e alla produzione di ACS.

Teleriscaldamento

Il teleriscaldamento è un sistema per il riscaldamento e per la produzione di ACS a distanza. Attraverso una rete si distribuisce il calore prodotto dalle centrali di generazione mediante un fluido vettore (acqua o vapore) alle singole strutture abitative, mediante tubature di mandata e ritorno.

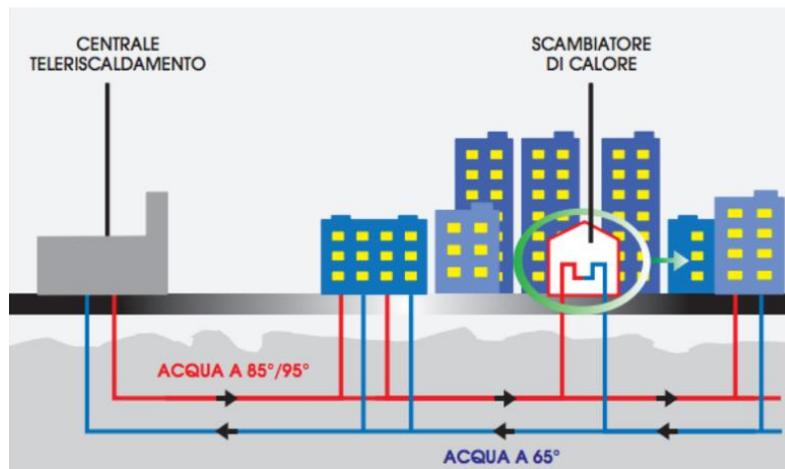


Figura 25: Schema funzionamento teleriscaldamento - Fonte: <http://greencluster.it/teleriscaldamento-che-cose-e-come-funziona/>

Il teleriscaldamento fa parte del quadro generale delle comunità energetiche rinnovabili per lo sviluppo sostenibile e la decarbonizzazione del sistema energetico nazionale ed è incentivato con il Superbonus soltanto per i comuni montani aventi le caratteristiche precedentemente descritte.

7. CASI STUDIO

In questo capitolo si applica il flowchart elaborato a due commesse di C^2R con la finalità di attuare a casi concreti la metodologia proposta. Pur presentando un approfondimento al livello di studio di fattibilità, si sottolinea l'importanza di considerare casi studio reali. Sia i dati di input che le soluzioni proposte permettono infatti di effettuare una panoramica con valenza attendibile e significativa riguardo gli interventi di riqualificazione energetica legati al Superbonus.

Per ognuno dei due casi studio considerati vengono proposte altrettante soluzioni d'intervento, riportando in modo sintetico, utilizzando tabelle e grafici:

- I risultati dei blocchi di azione e scelta del flowchart (l'idoneità degli edifici è stata confermata a seguito dei sopralluoghi e dell'accesso agli atti effettuati da C^2R);
- Un inquadramento e la caratterizzazione dello stato di fatto dell'edificio descrivendo e rappresentando le caratteristiche tipologiche e geometriche, quelle costruttive e quelle impiantistiche;
- Gli scenari e le tecnologie d'intervento, comprensivi di valutazione economica;
- Un confronto tra i risultati ottenuti dal punto di vista tecnico-economico.

Particolare rilevanza viene data alla parte di modellazione e diagnosi energetica riguardante le differenti soluzioni di retrofit per migliorare l'efficienza energetica e garantire il doppio salto di classe nel rispetto dei requisiti di legge. Gli obiettivi degli scenari d'intervento sono:

- La riduzione delle dispersioni termiche;
- La riduzione del consumo specifico e delle emissioni di anidride carbonica;
- L'impiego di impianti ad alto rendimento;
- L'aumento del valore dell'immobile;
- L'aumento del comfort abitativo.

In particolare si riportano per via grafica e commentano i risultati dell'analisi (sia dello SdF che degli scenari) che compongono la determinazione della prestazione energetica, relativamente a:

- Il fabbisogno termico utile specifico del fabbricato;
- I consumi di combustibile ossia l'energia fornita all'edificio (da cui deriva la spesa di gestione dell'edificio);
- L'energia primaria, suddividendola nelle quote rinnovabile e non rinnovabile, in quanto dalla seconda deriva la classe energetica del fabbricato;
- Le emissioni di CO_2 , con riferimento agli obiettivi di decarbonizzazione che guidano gli interventi di riqualificazione energetica.

Tutti i parametri (eccetto le emissioni di anidride carbonica) sono stati normalizzati, dividendoli per la superficie in pianta lorda complessiva.

Per poter confrontare graficamente le grandezze che rappresentano il percorso dell'energia (l'energia consegnata, quella consumata, l'energia primaria, la classe energetica e le emissioni di CO₂), per i vettori energetici presenti viene fatto riferimento ai seguenti fattori:

- Fattori di conversione in energia primaria rinnovabile e non rinnovabile $f_{p,ren}$, $f_{p,nren}$ i quali rappresentano il rapporto tra l'energia primaria (rispettivamente rinnovabile e non) e l'energia fornita, ricavati dalla Tabella 1 dell'Allegato 1 del D.M. 26/06/2015;
- Potere calorifico inferiore del gas naturale metano $H_i = 9,94 \text{ kWh/ Nm}^3$ per la conversione da Nm³ a kWh secondo il Prospetto B19 della specifica UNI/TS 11300-2:2019;
- Fattori di emissione di CO₂ proposti da ENEA, indicati in kg per unità di superficie.

Tabella 10: Fattori di conversione per la determinazione dell'energia primaria e delle emissioni di CO₂

$f_{p,ren}$ metano [-]	0	
$f_{p,ren}$ energia elettrica [-]	0,47	
$f_{p,nren}$ metano [-]	1,05	
$f_{p,nren}$ energia elettrica [-]	0,21	
Fattore emissione CO ₂ metano [kgCO ₂ /kWh]		0,21
Fattore emissione CO ₂ energia elettrica [kgCO ₂ /kWh]		0,46

Viene inoltre riportata una valutazione economica di massima per confrontare le soluzioni proposte anche dal punto di vista monetario. Attraverso un quadro economico si riportano, suddivise per macrocategoria, le voci (comprensive di spese professionali) e i limiti di spesa per ognuna, mostrando l'eventuale somma a carico del soggetto.

Il confronto dei risultati paragona gli scenari sotto gli aspetti economico e tecnico/energetico per scegliere la strategia ottimale d'intervento.

7.1. Il software EC 700

Per la fase di modellazione energetica è stato utilizzato il modulo EC700 del software EDILCLIMA.

EC700, in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300, permette il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici (ante e post intervento), considerando tutti i servizi previsti nella UNI/TS 11300-5 quali climatizzazione invernale ed estiva, produzione di ACS e ventilazione.

In particolare vengono caratterizzati l'involucro opaco e trasparente. Attraverso la costruzione della stratigrafia viene determinata la trasmittanza termica delle strutture opache secondo la norma UNI EN ISO 6946, la trasmittanza verso il terreno secondo la UNI EN ISO 13370 e i parametri dinamici secondo la UNI EN ISO 13786. Per componenti trasparenti si calcola la trasmittanza termica rispettivamente del serramento secondo la norma UNI EN ISO 10077 e delle facciate continue in maniera conforme alla UNI EN ISO 12631. I ponti termici sono definiti per via analitica, riferiti alle dimensioni esterne dell'edificio. È previsto il calcolo dei fattori di ombreggiamento e la caratterizzazione dei locali non climatizzati e dei relativi parametri.

Vengono inoltre modellati i sistemi impiantistici quali impianti di riscaldamento, raffrescamento e ACS, centralizzati o autonomi, in qualunque combinazione secondo la specifica UNI/TS 11300-2.

7.2. Caso studio 1: condominio

Il primo caso studio rientra nella categoria condominio. La tabella seguente riassume i passaggi di definizione del flowchart per le caratterizzazioni precedenti la fase di modellazione energetica.

Tabella 11: Caratterizzazione edificio, caso studio 1

UBICAZIONE	Via Amendola 5, Orbassano (TO)
TIPOLOGIA EDIFICIO	- Condominio in linea a prevalenza residenziale - 8 piani fuori terra, 22 unità immobiliari - Categoria catastale: A/2
VERIFICHE EDILIZIE E URBANISTICHE	- Titolo edilizio valido (anno di costruzione 1991) - No abusi su parti comuni - Immobile non vincolato
INTERVENTI TRAINANTI INCENTIVABILI	- Isolamento termico (>25% superficie disperdente) - Sostituzione impianto di climatizzazione invernale (presenza impianto esistente)

Per la località d'interesse si riportano in maniera tabellare le principali caratteristiche climatiche, facendo riferimento alla norma UNI 10349, e dimensionali, propedeutiche alla valutazione energetica del fabbricato.

Tabella 12: Caratteristiche tipologiche-geometriche fabbricato, caso studio 1

Zona climatica	E
Classificazione dell'edificio	E1
Superficie disperdente [m ²]	2771
Volume climatizzato [m ³]	5552
Rapporto di forma S/V [m ⁻¹]	0,5

Descrizione dell'opera

La struttura portante è di tipo a telaio in calcestruzzo armato gettato in opera. Il piano interrato è destinato a box auto, mentre il piano terra è su pilotis. I piani da 1 a 7 propongono la medesima pianta; la copertura è a falda ed è presente il locale sottotetto non abitato. Sono presenti balconi su tutte le facciate. L'altezza netta d'interpiano è di 270 cm per tutti i piani escluso il sottotetto per il quale si ha un'altezza massima di 230 cm.

Le immagini nella pagina che segue riportano l'inquadramento del fabbricato con vista dall'alto e da via pubblica, una pianta del piano tipo e una vista tridimensionale del modello fuori scala in cui sono rappresentati i muri esterni e quelli interni che separano le unità immobiliari/ambienti non climatizzati, i balconi e le aperture (finestre e porte finestre).

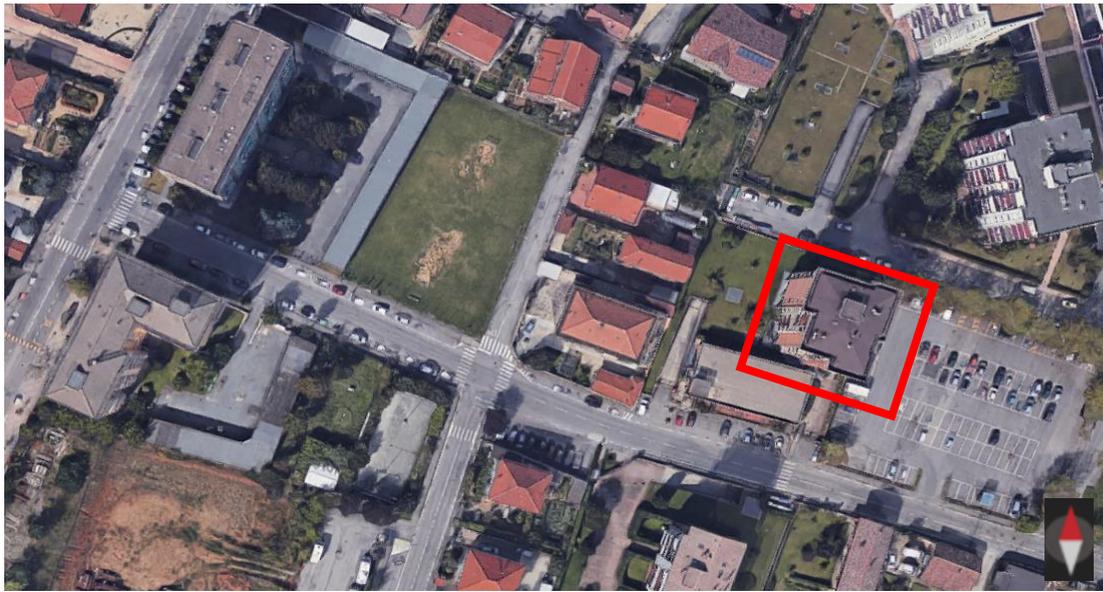


Figura 26: Documentazione fotografica, caso studio 1 - Fonte: Google Maps

PIANO TIPO

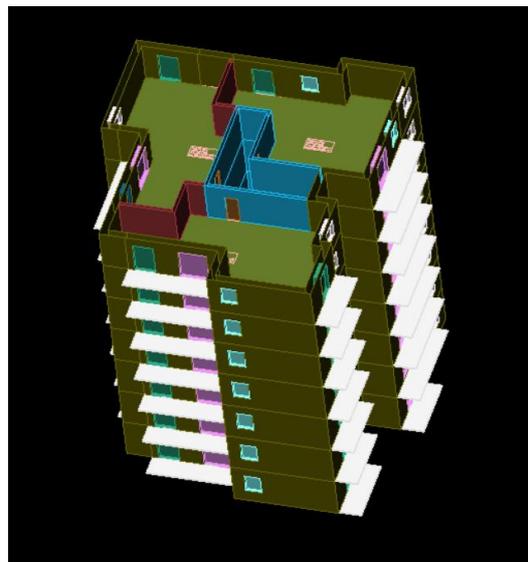
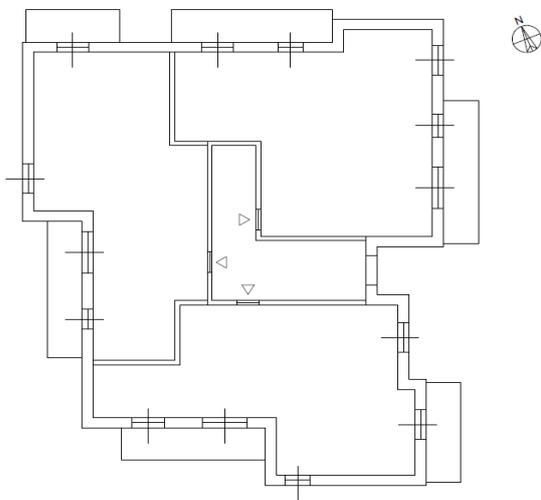


Figura 27: Pianta piano tipo e vista 3D del modello, caso studio 1

7.2.1. Stato di fatto

Lo stato di fatto viene caratterizzato lato involucro e lato impianti, al fine di ricavarne la classe energetica.

I muri e i solai dei piani interrato e pilotis sono del tipo a soletta piena in calcestruzzo. I tamponamenti esterni sono in muratura cassavuota con il paramento esterno in mattoni facciavista e quello interno in mattoni forati disposti di taglio. Nella cassavuota è posto materiale isolante di tipo poliuretano espanso. I divisori interni sono realizzati in muratura di mattoni forati disposti di taglio. Le pareti di separazione tra le differenti unità immobiliari e verso il vano scala (ambiente non riscaldato) presentano anch'esse cassavuota con uno strato isolante. Tutte le superfici interne ed esterne non presentanti finitura con mattone faccia a vista sono intonacate. I solai sono in latero cemento, così come la copertura. I serramenti esterni (finestre e porte balcone) sono in legno, completi di avvolgibili in PVC e cassonetti copri-rullo apribili in truciolato. I vetri sono di tipo camera costituiti da due vetri con interposta camera d'aria.

Riguardo i sistemi tecnici, le unità immobiliari sono dotate di impianto di climatizzazione invernale; il locale sottotetto e i box auto nel piano interrato non sono invece climatizzati. Ogni unità dell'edificio è dotata di un impianto autonomo per il riscaldamento e la produzione dell'acqua calda sanitaria. I generatori sono caldaie tradizionali murali in ambiente interno con vettore energetico metano. I terminali sono costituiti da elementi radianti in alluminio.

La tabella che segue riporta le trasmittanze medie comprensive di ponti termici dei principali componenti d'involucro e la potenza nominale al focolare dei generatori autonomi.

Tabella 13: Caratteristiche involucro-impianti caso studio 1

U_{muri} [W/m ² K]	0,61
$U_{finestre}$ [W/m ² K]	3,34
Potenza generatori (caldaie tradizionali) [kW]	25

L'edificio ricade in classe energetica F, con una prestazione energetica globale di 202,36 kWh/m²anno.

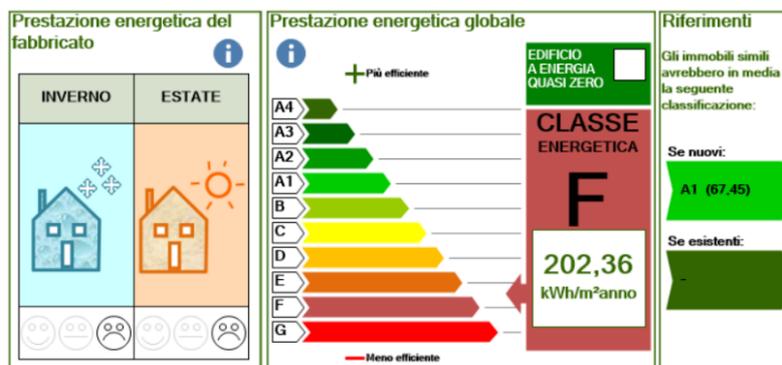


Figura 28: Classe energetica SdF, caso studio 1

7.2.2. Scenari d'intervento

Scenario 1

Nel primo scenario si è deciso di intervenire con un intervento trainante di isolamento a cappotto esterno che comprende l'involucro verticale, l'intradosso del solaio pilotis e l'estradosso del solaio sottotetto. Al fine di rispettare i requisiti è previsto anche un intervento trainato di sostituzione dei serramenti. L'intervento viene eseguito sia sulle parti comuni dell'edificio condominiale che sulle singole unità immobiliari. La tabella seguente propone le caratteristiche tecniche dello scenario.

Tabella 14: Interventi scenario 1, caso studio 1

INTERVENTO TRAINANTE	<p>Isolamento tramite sistema a cappotto esterno delle pareti verticali, del sottotetto e del solaio piano pilotis (>25% sup. disperdente) con lana di vetro rigida che rispetti i requisiti CAM Finitura in clinker similare alla facciata esistente</p>
 <p>Isolamento involucro verticale</p>	<p>- Isolante lana di vetro: $s = 12 \text{ cm}$, $\lambda_D = 0,032 \text{ W/mK}$ - Trasmittanza post intervento: $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ NB: necessario risolvere il ponte termico tra parete e infisso risvoltando l'isolante intorno alle aperture in facciata</p>
 <p>Isolamento sottotetto</p>	<p>- Isolante lana di vetro: $s = 16 \text{ cm}$, $\lambda_D = 0,032 \text{ W/mK}$ - Trasmittanza post intervento: $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
 <p>Isolamento piano pilotis</p>	<p>- Isolante lana di vetro: $s = 14 \text{ cm}$, $\lambda_D = 0,032 \text{ W/mK}$ - Trasmittanza post intervento: $U = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>
INTERVENTO TRAINATO	Sostituzione di finestre e porte finestre con infissi in legno a vetro doppio e trattamento basso emissivo
 <p>Sostituzione serramenti</p>	<p>- Trasmittanza: $U < 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$</p>

Con lo scenario 1 si ottiene un salto di 2 classi energetiche arrivando alla classe D, con una quota di energia primaria non rinnovabile pari a 114,52 kWh/m²anno.

L'analisi economica di massima riportata nella tabella seguente mostra che lo scenario 1 rientra nei limiti di spesa previsti; il condominio non ha spese a carico. Per gli interventi di isolamento si è tenuto conto anche dell'installazione delle opere provvisionali.

Tabella 15: Quadro economico scenario 1, caso studio 1

INTERVENTO	COSTO TOTALE STIMATO	LIMITE SPESA DETRAZIONE (UI)	SPESA MASSIMA AGEVOLABILE INTERVENTO	SPESA COMPUTATA	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
OPERE PROVVISORIALI	85.200 €	40.000 x 8 + 30.000 x 14	740.000 €	699.000 €	-
INVOLUCRO OPACO					
Isolamento involucro	393.500 €				
Spese tecniche	220.300 €				
INVOLUCRO TRASPARENTE		54.545 x 22	1.199.990 €	328.000 €	-
Sostituzione infissi	224.600 €				
Spese tecniche	103.400 €				

Scenario 2

Il secondo scenario prevede invece come intervento trainante la sostituzione degli impianti autonomi delle singole unità residenziali con un impianto centralizzato. L'impianto è composto da un sistema ibrido con caldaia a condensazione e pompa di calore alimentata parzialmente da pannelli fotovoltaici presenti sulla copertura previsti come intervento trainato.

Tabella 16: Interventi scenario 2, caso studio 1

INTERVENTO TRAINANTE	Sostituzione dei generatori di calore autonomi con un sistema ibrido costituito da caldaia a condensazione e pompa di calore di ultima generazione	
 Pompa di calore	- Pompa di calore elettrica da 78 kW	
 Caldaia a condensazione	- Caldaia a condensazione a metano di ultima generazione (classe A) da 146 kW	
INTERVENTO TRAINATO	Impianto fotovoltaico sulla copertura	
 Fotovoltaico	- Fotovoltaico con potenza di picco complessiva di circa 13 kW _p	

Con lo scenario 2 si ottiene un salto di 3 classi energetiche arrivando alla classe C. La quota di energia primaria non rinnovabile è di 98,04 kWh/m²anno.

L'analisi economica mostra che, anche per il secondo scenario, la spesa viene interamente coperta dai limiti del Superbonus; il condominio non ha nuovamente spese a carico. Questa soluzione risulta tuttavia più complessa della precedente in quanto richiede l'intervento in ogni singola unità immobiliare per la sostituzione dei generatori autonomi e le modifiche impiantistiche per il nuovo impianto centralizzato (di cui non si è tenuto conto in questa fase di valutazione economica preliminare). Per tale ragione occorre tener in considerazione le difficoltà generate dalla tipologia d'intervento. In questo caso non sono previste opere provvisoriale, non agendo sull'involucro.

Tabella 17: Quadro economico scenario 2, caso studio 1

INTERVENTO	COSTO TOTALE STIMATO	LIMITE SPESA DETRAZIONE (UI)	SPESA MASSIMA AGEVOLABILE INTERVENTO	SPESA COMPUTATA	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
INTERVENTI IMPIANTISTICI		20.000 x 8 + 15.000 x 14	370.000 €	131.400 €	-
Sostituzione generatore e riqualificazione CT	87.000 €				
Spese tecniche	44.400 €				
FOTOVOLTAICO		2.400 x 13 kW	31.200 €	30.900 €	-
Impianto fotovoltaico	23.400 €				
Spese tecniche	7.500 €				

Comparazione dei risultati

Di seguito si confrontano i risultati ottenuti dal punto di vista energetico ed economico.

A livello di fabbisogno termico utile specifico si nota come nello scenario 1, migliorando le prestazioni dell'involucro, il fabbisogno si riduca notevolmente con un risparmio del 56%, mentre nel secondo, intervenendo soltanto lato impianti, non si hanno benefici.

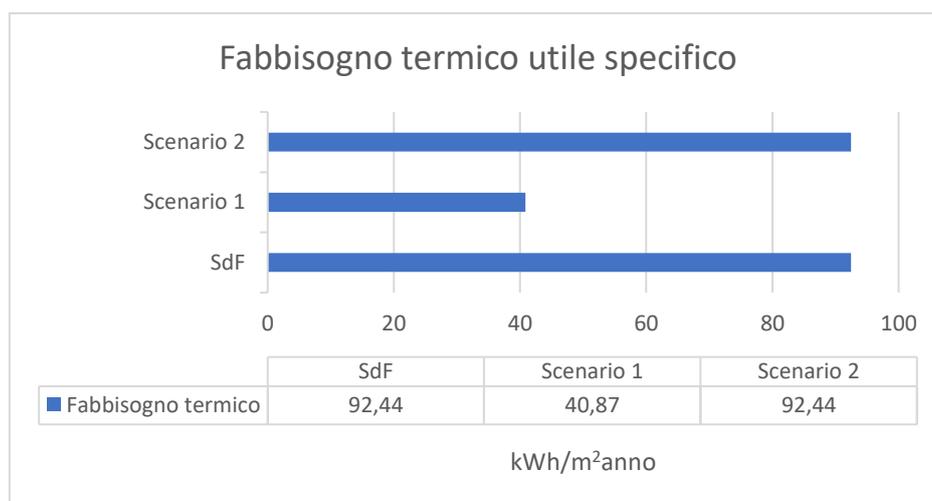


Figura 29: Fabbisogno termico utile specifico, caso studio 1

A livello di consumi, considerando il vettore energetico metano, la richiesta si riduce in entrambi gli scenari, grazie ad un edificio più efficiente nel primo caso e ad un impianto a miglior rendimento nel secondo. Nello scenario 2, avendo previsto un sistema ibrido, la quota di consumo di gas è molto inferiore, al pari di un aumento dei consumi di energia elettrica per l'alimentazione della pompa di calore (in aggiunta alle quote destinate alla produzione di ACS e al bruciatore della caldaia).

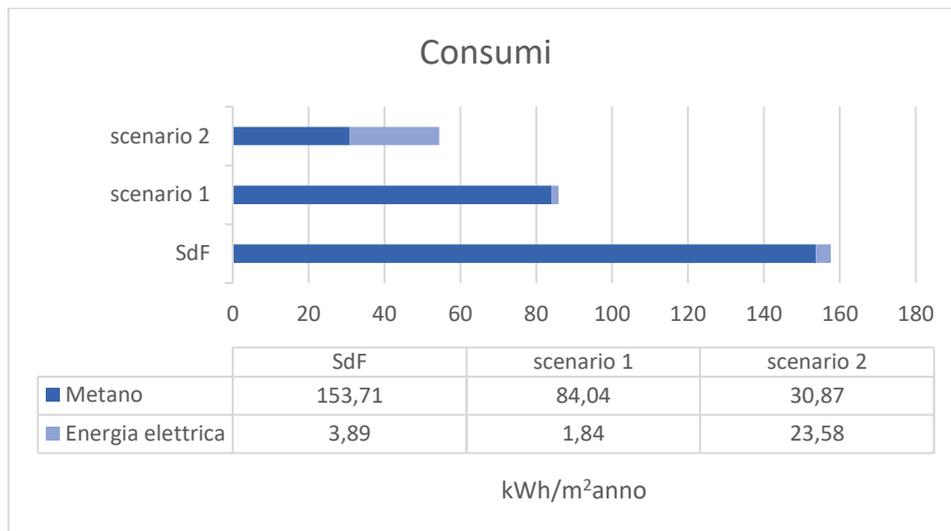


Figura 30: Consumi fabbricato, caso studio 1

Non essendo prevista la sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale, la quota rinnovabile dell'indice di prestazione energetica dello scenario 1 risulta molto bassa. Nel secondo caso invece, grazie al contributo del fotovoltaico, si raggiunge una quota rinnovabile maggiore. Il primo scenario consente il passaggio di 2 classi energetiche, mentre il secondo di 3.

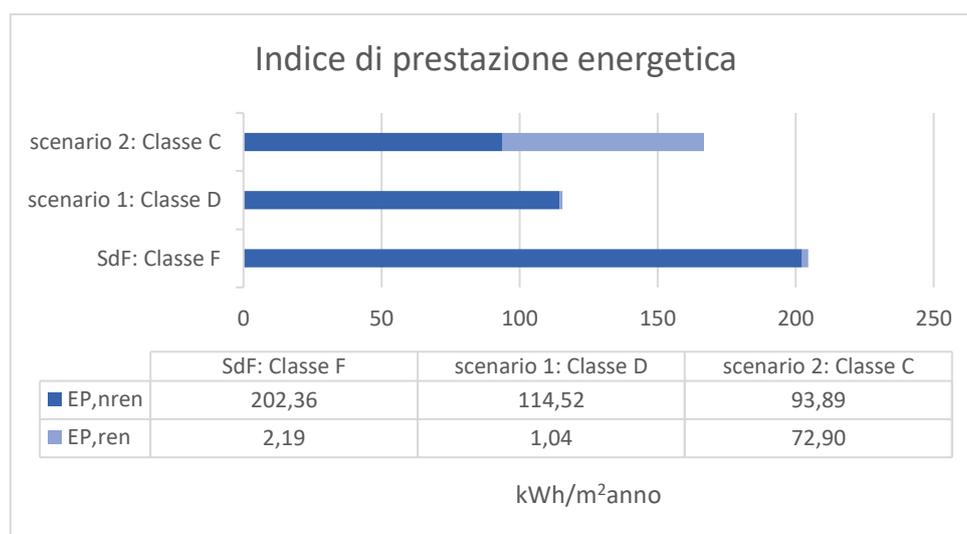


Figura 31: Energia primaria e classe energetica, caso studio 1

Con entrambi gli scenari si riducono le emissioni annue di CO₂, arrivando ad una riduzione del 43% nel primo caso e del 49% nel secondo.

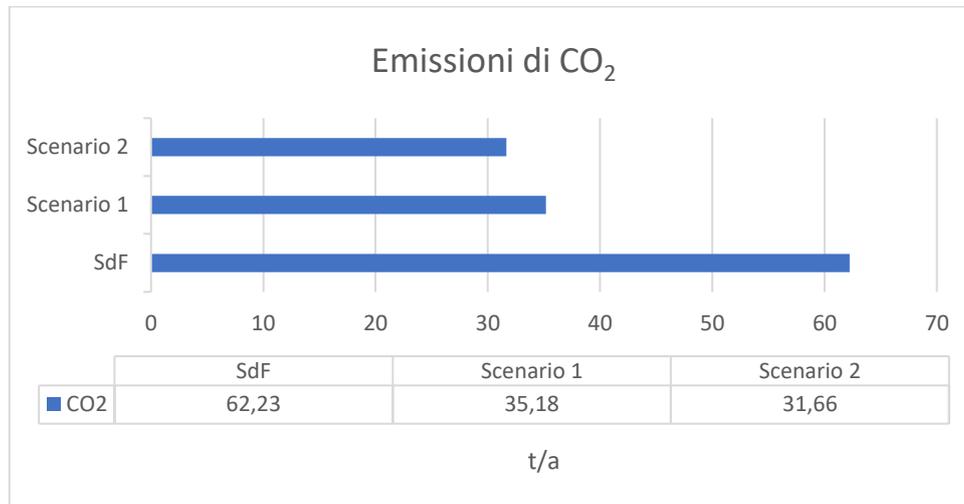


Figura 32: Emissioni di CO₂, caso studio 1

Si riporta di seguito il confronto economico dei due scenari.

Tabella 18: Confronto economico, caso studio 1

	SPESA TOTALE [€]	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO [€]
SCENARIO 1	1.027.000 €	0 €
SCENARIO 2	162.300 €	0 €

Gli scenari si equivalgono dal punto di vista economico in quanto gli importi computati rientrano in entrambi i casi interamente nei limiti incentivabili. Nel primo caso l'edificio risulta essere più efficiente dal punto di vista energetico (riducendo il fabbisogno) e del comfort, con migliori prestazioni termigrometriche che in modo indiretto ne accrescono il valore. Nel secondo caso non cambia il fabbisogno, ma si riduce la spesa per raggiungerlo grazie a impianti a rendimenti ed efficienza maggiori che consentono il passaggio di ben 3 classi energetiche. Tuttavia la seconda strada risulta di difficile realizzazione pratica per via della sostituzione di singoli impianti autonomi con un sistema centralizzato in un edificio dalle dimensioni considerevoli. Pertanto la soluzione 1 risulta essere la strada più percorribile dal punto di vista della fattibilità tecnico-economica.

7.3. Caso studio 2: edificio unifamiliare

Il secondo caso studio rientra nella categoria edificio unifamiliare. Di seguito, come nel caso precedente, si riportano le classificazioni effettuate seguendo il flowchart.

Tabella 19: Caratterizzazione edificio, caso studio 2

UBICAZIONE	Via G. Bertoldi 46, Fubine (AL)
TIPOLOGIA EDIFICIO	- Edificio unifamiliare residenziale - 3 piani fuori terra, 1 unità immobiliare funzionalmente indipendente e con accesso autonomo dall'esterno - Categoria catastale: A/2
VERIFICHE EDILIZIE E URBANISTICHE	- Titolo edilizio valido (anno ristrutturazione 2012) - No abusi - Immobile non vincolato
INTERVENTI TRAINANTI INCENTIVABILI	- Isolamento termico (>25% superficie disperdente) - Sostituzione impianto di climatizzazione invernale (presenza impianto esistente)

Come nel caso precedente vengono riportate le principali caratteristiche climatiche e dimensionali.

Tabella 20: Variabili climatiche e caratteristiche fabbricato, caso studio 2

Zona climatica	E
Classificazione dell'edificio	E1
Superficie disperdente [m ²]	638
Volume climatizzato [m ³]	962
Rapporto di forma S/V [m ⁻¹]	0,66

Descrizione dell'opera

L'edificio, indipendente e con accesso autonomo, si sviluppa su tre piani fuori terra, diversi tra loro. È presente un'unica unità immobiliare e un'unica zona termica. Il piano terra poggia parzialmente su terreno, mentre la parte restante su un piano cantinato. Le mura perimetrali sono rispettivamente in muratura ordinaria e in blocchi di laterizio isolato. L'altezza netta dei locali interni è di 270 cm. La copertura dei locali a piano secondo è a falda singola e doppia per quelli al terzo. Sono presenti balconi e terrazze sulle facciate ovest e sud.

Le fotografie che seguono inquadrano la zona e le facciate dell'edificio. Si riportano inoltre due viste 3D del modello e le piante dei vari piani, indicando aperture e balconi che definiscono la morfologia dell'edificio.



Figura 33: Documentazione fotografica, caso studio 2 - Fonte: Google Maps

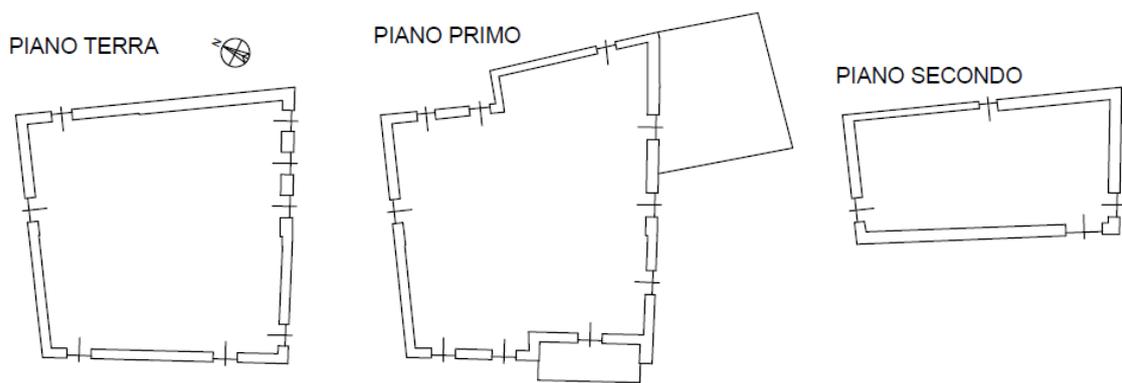


Figura 34: Planimetrie edificio, caso studio 2

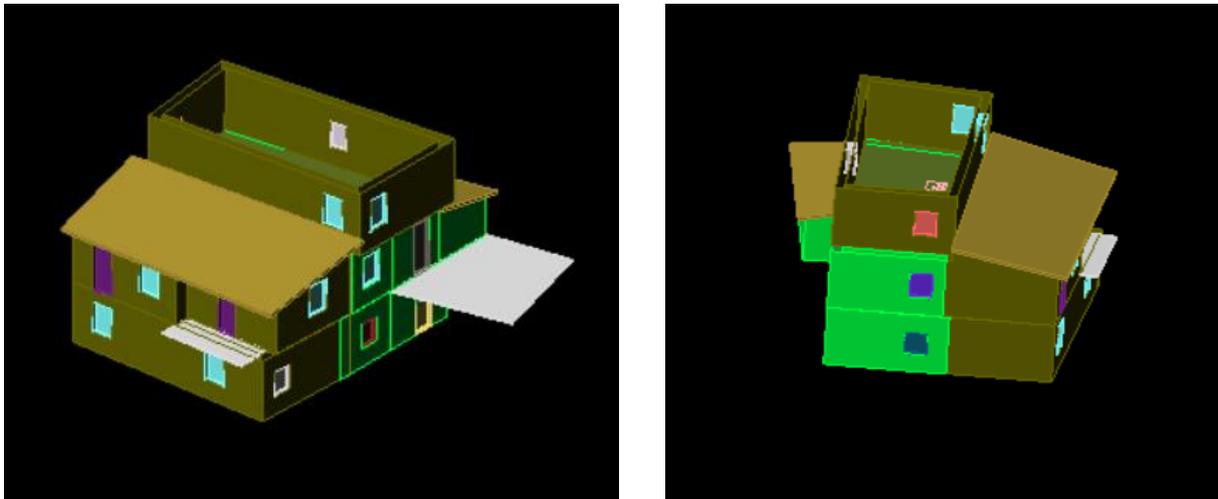


Figura 35: Viste 3D del modello, caso studio 2

7.3.1. Stato di fatto

Come per il caso precedente si riportano le caratteristiche dell'involucro e dei sistemi tecnici dello stato di fatto che hanno permesso di determinarne, a seguito della modellazione, la classe energetica.

Come accennato, l'immobile è stato oggetto di ristrutturazione nel 2012, attraverso la quale le mura perimetrali sono state parzialmente isolate. Si nota infatti come le facciate a nord-ovest e nord-est siano in muratura ordinaria originale, mentre quelle a sud-ovest e sud-est sono state isolate con blocchi a taglio termico da 40 cm. La copertura è isolata con polistirene espanso al piano secondo, mentre il locale a piano terzo dispone di sottotetto isolato con uno strato di poliuretano. Il solaio del piano terra disperde verso ambiente non isolato (la cantina) e, per una porzione a nord, verso il terreno. I serramenti sono in PVC con vetro doppio. I sistemi oscuranti sono costituiti da persiane in PVC.

L'impianto per la climatizzazione invernale dell'unità abitativa è centralizzato. Il generatore è una caldaia a condensazione a metano, inserita in apposito locale adibito a centrale termica. La produzione di acqua calda sanitaria è invece autonoma, destinata ad un boiler elettrico. I terminali sono radiatori in alluminio.

Di seguito si riportano le trasmittanze termiche medie comprensive di ponti termici dei componenti d'involucro e la potenza nominale al focolare del generatore dell'impianto centralizzato.

Tabella 21: Caratteristiche involucro-impianti, caso studio 2

U_{muri} [W/m ² K]	0,75
$U_{finestre}$ [W/m ² K]	3,54
Potenza generatore (caldaia a condensazione) [kW]	25

L'edificio risulta essere in classe energetica E, con una prestazione energetica globale di 197,21 kWh/m²anno.

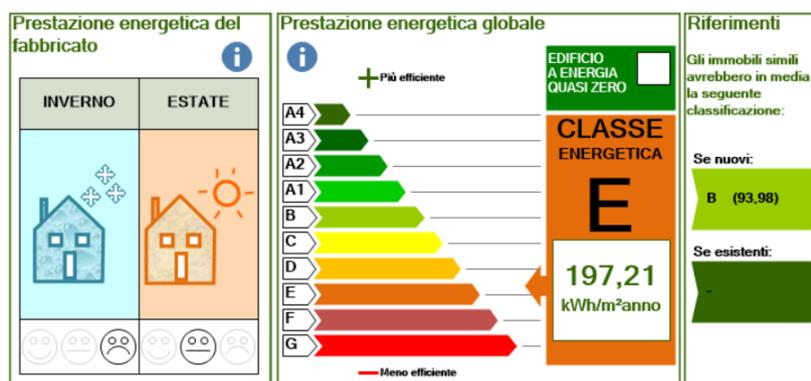


Figura 36: Classe energetica SdF, caso studio 2

7.3.2. Scenari d'intervento

Scenario 1

Con il primo scenario si è scelto di intervenire solamente lato impianti. La strategia prevede la sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale esistente (installato in apposito locale centrale termica) con un impianto più efficiente e con rendimento migliore. In particolare viene previsto un sistema ibrido con caldaia a condensazione e pompa di calore con associato un impianto fotovoltaico da installare in copertura per l'alimentazione della pompa di calore. L'intervento è comprensivo dello smaltimento dell'impianto esistente e della posa delle nuove apparecchiature e opere necessarie al nuovo impianto.

Tabella 22: Interventi scenario 1, caso studio 2

INTERVENTO TRAINANTE		Sostituzione dei generatori di calore autonomi con un sistema ibrido costituito da caldaia a condensazione e pompa di calore di ultima generazione
	Pompa di calore	- Pompa di calore elettrica da 15 kW
	Caldaia a condensazione	- Caldaia a condensazione a metano di ultima generazione (classe A) da 25 kW
INTERVENTO TRAINATO		Impianto fotovoltaico sulla copertura
	Fotovoltaico	- Fotovoltaico con potenza di picco complessiva di circa 6 kW _p

Con il primo scenario si ottiene un salto di 2 classi energetiche passando dalla classe E alla classe C. La quota di energia primaria non rinnovabile è di 118,92 kWh/m²anno.

L'analisi economica mostra che si sfiora leggermente il tetto di spesa previsto per questa tipologia d'intervento, lasciando una quota di spesa minima al committente. Poiché l'intervento riguarda solo gli impianti, nel quadro economico non sono state inserite spese per le opere provvisionali.

Tabella 23: Quadro economico scenario 1, caso studio 2

INTERVENTO	COSTO TOTALE STIMATO	LIMITE SPESA DETRAZIONE (UI)	SPESA MASSIMA AGEVOLABILE INTERVENTO	SPESA COMPUTATA	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
INTERVENTI IMPIANTISTICI					
Sostituzione generatore e riqualificazione CT	20.700 €	30.000 x 1	30.000 €	31.300 €	1.300 €
Spese tecniche	10.600 €				
FOTOVOLTAICO					
Impianto fotovoltaico	10.800 €	2.400 x 6 kW	14.400 €	14.300 €	-
Spese tecniche	3.500 €				

Scenario 2

Il secondo scenario rappresenta uno sviluppo del precedente in quanto va a combinare gli interventi di isolamento a quelli sugli impianti tecnici già proposti. La strategia prevede infatti, oltre agli interventi già previsti nello scenario 1, anche l'aggiunta dell'intervento trainato di isolamento a cappotto esterno delle facciate non oggetto di ristrutturazione (a nord-ovest e nord-est) e di conseguenza non ancora isolate.

Tabella 24: Interventi scenario 2, caso studio 2

INTERVENTO TRAINANTE	Sostituzione dei generatori di calore autonomi con un sistema ibrido costituito da caldaia a condensazione e pompa di calore di ultima generazione	
 Pompa di calore	- Pompa di calore elettrica da 15 kW	
 Caldaia a condensazione	- Caldaia a condensazione a metano di ultima generazione (classe A) da 25 kW	
INTERVENTO TRAINATO	Impianto fotovoltaico sulla copertura e isolamento tramite sistema a cappotto esterno delle pareti verticali (<25% sup. disperdente) con lana di vetro rigida	
 Fotovoltaico	- Fotovoltaico con potenza di picco complessiva di circa 6 kWp	
 Isolamento involucro verticale	- Isolante lana di vetro: $s = 12 \text{ cm}$, $\lambda_D = 0,032 \text{ W/mK}$ - Trasmittanza post intervento: $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ NB: necessario risolvere il ponte termico tra parete e infisso risvoltando l'isolante intorno alle aperture in facciata	

Con il secondo scenario si ha un passaggio di ben 4 classi energetiche arrivando alla classe A1. La quota di energia primaria non rinnovabile è pari a 73,00 kWh/m²anno.

Come ovvia conseguenza, la quota a carico non coperta dal tetto di spesa del Superbonus aumenta, ma risulta comunque contenuta, a fronte di un netto miglioramento delle prestazioni dell'edificio.

Tabella 25: Quadro economico scenario 2, caso studio 2

INTERVENTO	COSTO TOTALE STIMATO	LIMITE SPESA DETRAZIONE (UI)	SPESA MASSIMA AGEVOLABILE INTERVENTO	SPESA COMPUTATA	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
OPERE PROVVISORIALI	10.600 €	54.545 x 1	54.545 €	56.500 €	1.955 €
INVOLUCRO OPACO					
Isolamento involucro	26.800 €				
Spese tecniche	19.100 €				
INTERVENTI IMPIANTISTICI		30.000 x 1	30.000 €	31.300 €	1.300 €
Sostituzione generatore e riqualificazione CT	20.700 €				
Spese tecniche	10.600 €				
FOTOVOLTAICO		2.400 x 6kW	14.400 €	14.300 €	-
Impianto fotovoltaico	10.800 €				
Spese tecniche	3.500 €				

Comparazione dei risultati

Di seguito si confrontano i risultati del caso studio 2 dal punto di vista energetico ed economico.

Riguardo al fabbisogno termico utile specifico, come nel primo caso studio, soltanto migliorando le prestazioni dell'involucro si abbatte il fabbisogno dell'edificio, risultato che si ottiene con il secondo scenario, con un risparmio del 29%. Nel primo caso il consumo specifico rimane il medesimo.

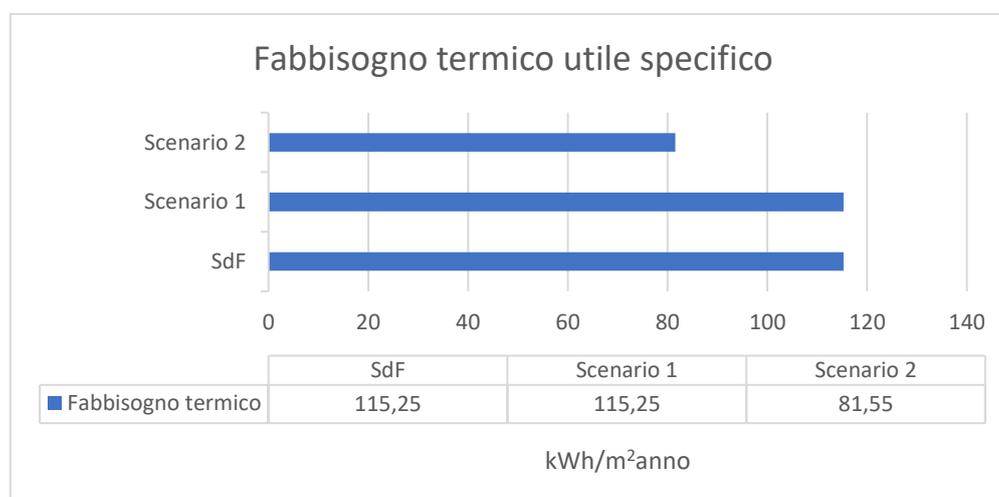


Figura 37: Fabbisogno termico utile specifico, caso studio 2

Avendo previsto in entrambi gli scenari la sostituzione degli impianti con un sistema ibrido, i consumi di combustibile, con riferimento i consumi di gas metano delle caldaie si riducono notevolmente, mentre si assiste nuovamente ad un aumento dei consumi di energia elettrica dovuti alla pompa. Nel secondo scenario inoltre, non soltanto l'edificio è dotato di un impianto più efficiente, ma contendendo le dispersioni grazie al cappotto termico, la pompa di calore può agire in maniera ottimale.

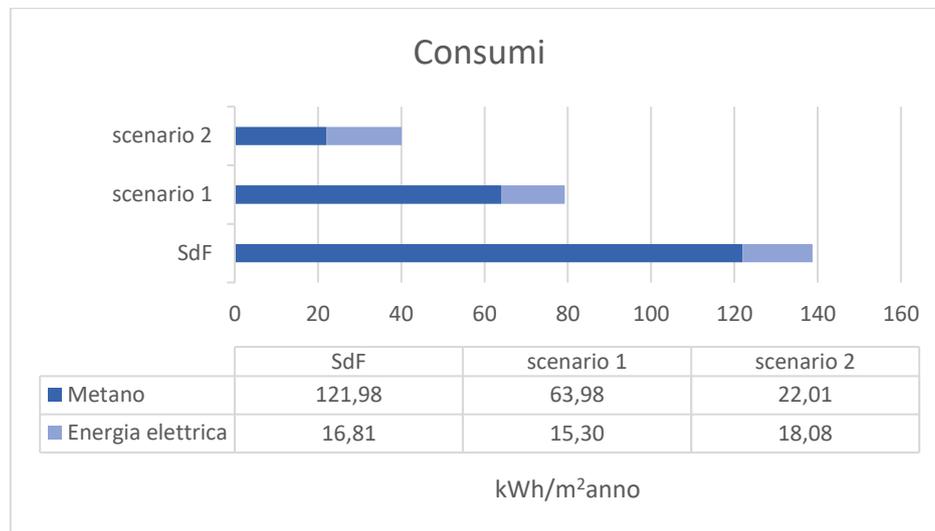


Figura 38: Consumi fabbricato, caso studio 2

Grazie all'utilizzo della pompa e del fotovoltaico si assiste in entrambi gli scenari ad un aumento considerevole della quota rinnovabile dell'indice di prestazione energetica e ad una diminuzione dell'energia primaria totale richiesta. Nel secondo caso, combinando entrambi gli interventi di isolamento e sostituzione dei sistemi tecnici il passaggio di 4 classi è dovuto all'abbattimento della quota di energia primaria non rinnovabile.

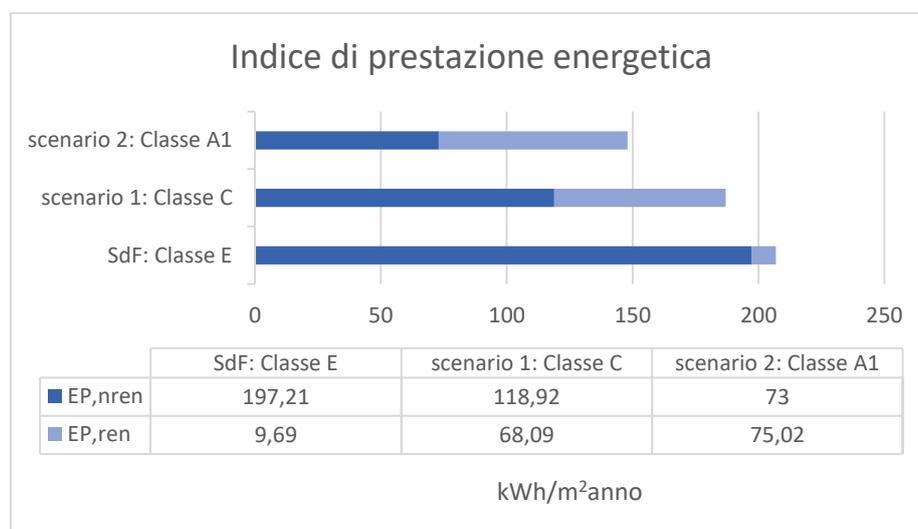


Figura 39: Energia primaria e classe energetica, caso studio 2

Per quanto riguarda le emissioni di CO₂ si ottiene un risparmio del 39% nel primo scenario e del 60% nel secondo caso.

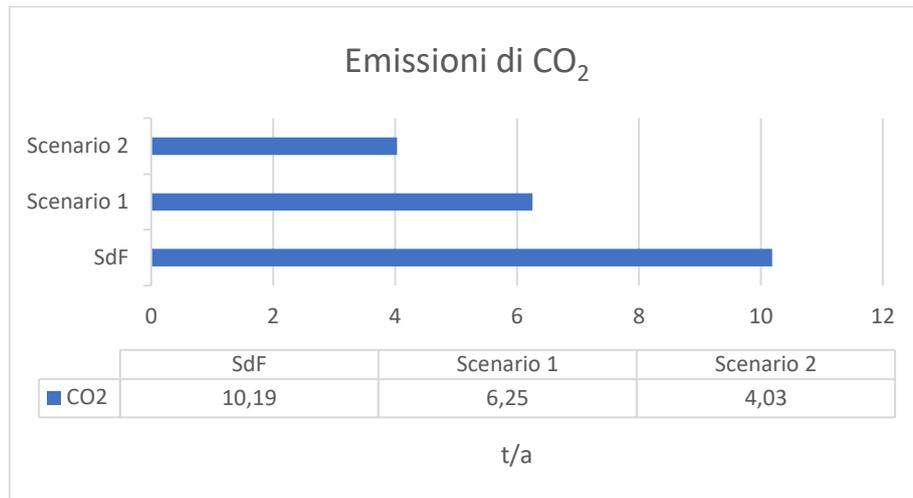


Figura 40: Emissioni di CO₂, caso studio 2

La tabella che segue confronta dal punto di vista economico i risultati del secondo caso studio.

Tabella 26: Confronto economico, caso studio 2

	SPESA TOTALE [€]	SPESA A CARICO DEL SOGGETTO [€]
SCENARIO 1	45.600 €	1.300 €
SCENARIO 2	102.100 €	3.255 €

A conclusione dell'analisi si può affermare come la seconda strategia sia la migliore combinazione degli aspetti economico-energetici. A fronte di una quota di spesa trascurabile a carico del soggetto questa soluzione propone infatti un intervento che non soltanto miri a rispettare i requisiti imposti dal Superbonus, bensì punti ad ottenere un edificio più efficiente e dal valore più elevato, migliorando il comfort abitativo e riducendo le spese a carico, le quali si traducono su un risparmio in bolletta e in un edificio più sostenibile.

8. CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Lo scopo di questo lavoro di tesi è stato quello di analizzare il processo del Superbonus nel suo stadio iniziale di valutazione attraverso la creazione di uno strumento di supporto al lavoro aziendale, del quale si è testata la validità attraverso l'analisi dei casi studio. A conclusione del lavoro si tenta di dare una visione a trecentosessanta gradi del Superbonus, mostrandone pregi e difetti.

La misura eccezionale dell'incentivo ha assunto un ruolo chiave nel rilanciare non soltanto il settore dell'edilizia, ma l'intero Paese durante l'emergenza sanitaria che ha messo a dura prova molteplici settori. Il Superbonus rappresenta infatti un'occasione perfetta, ponendosi come "mezzo" per rispettare il "fine" composto dagli obiettivi a medio e lungo termine per limitare l'innalzamento delle temperature (causato dalle emissioni di CO₂) e dal rinnovamento dell'inefficiente parco edilizio italiano, attraverso una transizione ecologica che porti all'aumento del comfort abitativo. Le misure adottate hanno innescato meccanismi virtuosi nella direzione dell'efficienza e della sostenibilità, che porteranno ad una situazione migliore di quella pre-emergenziale, facendo da base per la pianificazione futura.⁴⁷

Si prova di seguito ad analizzare l'incentivo sotto due aspetti differenti: procedurale ed economico-energetico.

A livello procedurale occorre sottolineare tutte le contraddizioni, imprecisioni e mancanze che, dopo oltre un anno dalla sua introduzione, continuano a limitare l'attuazione pratica dell'incentivo. Gli articoli 119 e 121 del Decreto Rilancio hanno infatti subito, dal 19 maggio 2020, più di tre modifiche rilevanti e il contesto interpretatorio in continua evoluzione (aggiornato praticamente settimanalmente da linee guida, interpelli e chiarimenti da parte di organismi come ENEA o Agenzia dell'Entrate) causa discordanze interpretative, portando incertezza e rallentando il processo progettuale-esecutivo.

Ponendo l'attenzione sulla fase di fattibilità preliminare, di cui si è occupato il presente lavoro (e quindi tralasciando le successive problematiche legate alla parte economica della detrazione e alla realizzazione dei lavori), si nota come nel flowchart elaborato, la fase di progettazione energetica dello scenario d'intervento sia quasi terminale nel processo di verifica di accesso all'incentivo. Grossi ostacoli si rilevano nella determinazione dei requisiti soggettivi e oggettivi e nei tempi necessari per l'accesso agli atti e per la raccolta documentale (quando presente). Tra le criticità pratiche si segnala il limite ai soli condomini per gli interventi sulle parti comuni, a discapito delle persone fisiche, e la questione degli abusi edilizio-urbanistici, apparentemente evitata grazie al Decreto Semplificazioni, ma che necessita di maggiori approfondimenti per la successiva fase di realizzazione dell'intervento.

Un'altra importante barriera è data dal fattore tempo: nonostante le proroghe già effettuate, il 2022 resta tutt'oggi una data troppo vicina per poter portare a termine la gran parte dei lavori di grandi dimensioni che potranno essere attivati ora che il numero d'interventi e richieste sta aumentando considerevolmente.

⁴⁷ U&C, Normazione per il Superbonus 110%, 2021

La proroga (che diventerà ufficiale con la prossima legge di bilancio) a tutto il 2023 appare una misura irrinunciabile per portare a compimento le potenzialità dell'incentivo, ma necessita di includere anche gli edifici unifamiliari (attualmente esclusi dal Documento programmatico di bilancio). Infine vi sono le richieste e le specifiche personalizzazioni da parte del cliente (soprattutto per gli interventi su parti private) che spesso vanno a cozzare con le possibilità d'intervento (e di spesa) soprattutto nei casi di edifici vincolati.

A conclusione dell'analisi riguardante gli aspetti procedurali e legislativi appare chiaro che il Superbonus necessita di un chiarimento ministeriale generale, coordinato con le differenti norme con le quali si interfaccia, per divenire strumento volto a uniformare la disciplina tecnica del mondo edile e snellire il processo di progettazione, facendo chiarezza normativa (e non il contrario).⁴⁸

Guardando invece gli aspetti energetici, il vero nocciolo della riqualificazione energetica, è possibile giungere a conclusioni differenti riguardo al doppio passaggio di classe, raggiungibile con soluzioni tecnologiche diverse, grazie ai due interventi trainanti previsti: il cappotto termico e gli interventi di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale.

A seguito dello studio condotto riguardo le tecnologie per l'efficientamento e attraverso i casi studio presentati, si è notato come la "qualità energetica" dell'edificio e il comfort abitativo non siano correlati in modo diretto alla classe energetica, il requisito sottoposto a verifica. Qualità energetica e comfort dipendono dall'equilibrio fra prestazioni estive (influenzate da capacità termica e sfasamento) e invernali, dal quale dipende il fabbisogno energetico Q_h , parametro che definisce la performance dell'edificio (e che deve essere contenuto, in linea con la transizione degli edifici in *NZEB*, a emissioni quasi nulle). Il comfort, in particolare, dipende dal controllo di tre parametri: la temperatura interna, l'umidità relativa interna e la temperatura superficiale delle pareti.⁴⁹ La classe energetica dipende invece dall'indice di prestazione globale non rinnovabile del sistema fabbricato-impianti reale, confrontato con quello relativo all'edificio di riferimento, dotato di un ottimo involucro e di impianti standard tradizionali (con vettori energetici non rinnovabili). Questo significa che il miglioramento della classe energetica è più facilmente raggiungibile con interventi di sostituzione degli impianti rispetto a quelli sull'involucro. Infatti il salto di classe non misura il risparmio in termini di consumi, ma quanto l'edificio riqualificato si avvicini ad un edificio di nuova costruzione realizzato con tecnologie efficienti e quanto sia dipendente da fonti energetiche rinnovabili piuttosto che da combustibili fossili.⁵⁰

Sotto quest'aspetto, all'interno della categoria impianti tecnici, pompe di calore, pannelli solari termici, impianti a biomassa e sistemi ibridi sono le tecnologie che maggiormente sfruttano l'energia rinnovabile (e che quindi più incidono sul passaggio di classe). Le caldaie a condensazione e la microgenerazione,

⁴⁸ <https://www.ingenio-web.it/28741-le-criticita-nellapplicazione-del-superbonus-110-viste-dagli-ingegneri>

⁴⁹ <https://www.ingenio-web.it/28624-superbonus-110-posa-del-cappotto-termico-o-sostituzione-del-generatore-di-calore-quali-intervento-scegliere>

⁵⁰ <https://24plus.ilsole24ore.com/art/superbonus-110percento-salto-classe-non-porta-sempre-un-risparmio-consumi-AD0IUUpCB>

pur essendo soluzioni migliori rispetto ai generatori tradizionali, si servono ancora della combustione per la produzione di energia, causando emissioni di anidride carbonica. I sistemi di teleriscaldamento e a biomassa, ove previsti, sono molto efficaci (nei primi l'efficacia è correlata alla tipologia di combustibile e all'eventuale produzione combinata di calore ed energia elettrica), nonostante il funzionamento basato sulla combustione, controllata e a basse emissioni. In tutti i casi la sostituzione del sistema presente con uno più moderno ed efficiente si traduce in un minor costo per soddisfare il fabbisogno richiesto.⁵¹

La mera sostituzione dell'impianto termico non porta però ad una riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio e non agisce sul comfort abitativo, obiettivi perseguibili solamente con gli interventi di isolamento. Un corretto intervento di isolamento sull'involucro, il quale prevede un cappotto ben progettato e posato, che aumenti la capacità termica (e massiva) dell'involucro, porta ad un risparmio energetico e ad un aumento di comfort in entrambe le stagioni. In aggiunta questi interventi consentono di migliorare i problemi di muffa e condensa e di risolvere gli effetti negativi e le dispersioni causati dai ponti termici. Questa strada, seppur meno efficace dal punto di vista del passaggio di classe energetica, lo è maggiormente dal punto di vista dell'efficienza energetica, rendendo l'edificio più confortevole e di conseguenza riducendo i costi di utilizzo. In aggiunta, potendo fare riferimento ad un carico termico inferiore, si potrebbero installare generatori che utilizzino esclusivamente combustibili rinnovabili. Gli interventi d'isolamento sono reputati quindi necessari nell'ottica di restituire un edificio più efficiente e confortevole al di là dei requisiti imposti dal Superbonus.

Un'ulteriore considerazione può essere fatta sugli edifici a occupazione saltuaria; infatti pur garantendo il doppio salto di classe con un qualsiasi intervento, il risparmio effettivo risulta essere inferiore a quello ricavato dall'APE convenzionale, in quanto l'utilizzo è minore di quello previsto durante la determinazione della classe energetica e del risparmio.⁵²

La tesi ha quindi da un lato sviscerato l'intero iter necessario ad una valutazione di fattibilità per un progetto di Superbonus, sottolineandone le criticità, e dall'altro analizzato le differenti possibilità d'intervento cercando di proporre uno strumento dal valore pragmatico per velocizzare e il processo progettuale.

A livello numerico, uno studio condotto dall'ufficio Studi Gabetti insieme a Gabetti Lab⁵³, mostra il risparmio economico-energetico generato dal Superbonus su un campione significativo di edifici riqualificati in Italia. Confrontando i valori degli APE ante e post intervento degli edifici analizzati sono stati ricavati i seguenti risultati:

- Abbattimento del fabbisogno medio del 43%;

⁵¹ <https://24plus.ilsole24ore.com/art/il-risparmio-energetico-c-e-ma-non-sempre-e-green-ADK7qHEB>

⁵² <https://24plus.ilsole24ore.com/art/superbonus-110percento-salto-classe-non-porta-sempre-un-risparmio-consumi-AD0IUxCB>

⁵³ Gabetti, le opportunità del rinnovo edilizio, benessere collettivo e risparmio privato, 2020-2021

- Salto di classe medio di 2,6 classi;
- Risparmio medio emissioni di CO₂ del 35%.

I risultati ricavati dalle strategie d'intervento degli scenari dei casi studio proposti, nonostante non sia stata redatta una vera e propria APE, hanno restituito valori confrontabili e hanno permesso di comprendere i differenti risvolti energetico-economico-ambientali di una soluzione rispetto ad un'altra.

I numeri dicono che i cantieri attivati e i fondi utilizzati sono arrivati al regime atteso, ma ancora inferiori alle attese per gli interventi di grandi dimensioni (solo lo 0,5% dei condomini, per i quali si complica l'iter decisionale che viaggia parallelamente a quello tecnico), mentre maggiori sono state le richieste per gli edifici unifamiliari indipendenti. In particolari questi ultimi fanno registrare in media consumi maggiori rispetto ai condomini, dovuti a rapporti di forma superiori, motivo per cui gli interventi conclusi si sono tradotti in sensibili vantaggi dal punto di vista del comfort e della spesa.

In conclusione si può affermare che il Superbonus debba essere inteso non come semplice adempimento dei requisiti richiesti per il suo accesso, bensì come un'occasione di miglioramento globale (come mostrato nello scenario 2 dell'edificio unifamiliare), che allo stesso tempo abbatta consumi, costi ed emissioni, aumenti il comfort interno e l'impatto sulla collettività in termini di miglioramento della qualità dell'aria.

Questa prerogativa virtuosa necessita, per essere portata a termine con successo, della comprensione e dell'appoggio di tutti i componenti all'interno del mondo Superbonus (tecnici, utenti finali, istituti di credito), un sistema complesso, a cavallo tra interesse pubblico e privato.

In attesa dei prossimi sviluppi, legati anche all'andamento pandemico, occorre dare ulteriore impulso al processo avviato, accelerando l'avvio dei cantieri e concludendo gli interventi in atto, per restituire un parco immobiliare più efficiente e confortevole e ridurre l'impatto ambientale sul nostro pianeta.

Sviluppi futuri

Per concludere, si riportano alcune possibilità di sviluppo futuro e di ampliamento del lavoro svolto.

La tesi rappresenta una fotografia di un mondo in continua evoluzione e soggetto a periodici cambiamenti, pertanto la prima possibilità di sviluppo consiste nel suo costante aggiornamento riguardante le possibili nuove scadenze e i passaggi normativi che potrebbero essere inseriti in un prossimo futuro. Anche a livello numerico occorre tenere aggiornati i dati degli interventi che periodicamente vengono pubblicati per poter meglio definire nel tempo l'evolversi dei lavori per tipologia d'intervento e categoria d'edificio.

Infine si sottolinea l'importanza dell'informatizzazione del flowchart prodotto; attraverso la creazione di un software per la gestione del processo di scelta, si potrebbe standardizzare il lavoro, applicando in modo automatico e guidato il flowchart a qualunque tipologia di commessa, disponendo inoltre di una sezione archivio per la conservazione della documentazione relativa ad ogni progetto.

RIFERIMENTI

Riferimenti bibliografici

- AA.VV. (2020). *Le opportunità di rinnovo edilizio, benessere collettivo e risparmio privato*. Gabetti Property Solutions.
- AA.VV. (2020). *Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione*. CRESME.
- AA.VV. (maggio 2021). *Cam e Superbonus*. ANIT.
- AA.VV. (novembre 2020) *Materiali isolanti e superbonus*. ANIT.
- AA.VV. (2020). *Certificazione Energetica degli Edifici, Rapporto Annuale 2020*. ENEA e CTI.
- AA.VV. (2020). *Le detrazioni fiscali per l'efficienza energetica e l'utilizzo delle fonti rinnovabili di energia negli edifici esistenti, Rapporto annuale 2020*. ENEA.
- AA.VV. (30 settembre 2021). *Report dati mensili*. ENEA.
- AA.VV. (settembre 2021). *Superbonus 110%*. Agenzia delle Entrate.
- AA.VV. (gennaio 2020). *Impianti tecnologici*. DEI.
- AA.VV. (aprile 2021). *Recupero Ristrutturazione Manutenzione*. DEI.
- Boriani, A., Cariani, W., & Romani, R. (febbraio 2020). *Guida alla ristrutturazione e riqualificazione energetica degli edifici*. ENEA.
- Corrado, V. (2016). *Il nuovo Decreto Ministeriale sul calcolo della prestazione energetica e sui requisiti minimi*. Rockwool.
- Dota, S., & Cabras, M. (luglio 2021). *Il Superbonus edilizio al 110%: il modello CILA a seguito del D.L. n.77/2021 (c.d. semplificazioni e governance)*. Anci.
- Galeotto, A. (gennaio 2021). *Normazione per il Superbonus 110%*. U&C.
- Tosoni, G.P., De Stefani, L., & Rollino, L. (aprile 2021). *Bonus 110% professionisti proprietari inquilini*. Il sole 24 ore.

Riferimenti legislativi e normativi

Circolare 8 agosto 2020 n.24/E, *Detrazione per interventi di efficientamento energetico e di riduzione del rischio sismico degli edifici, nonché opzione per la cessione o per lo sconto in luogo della detrazione previste dagli articoli 119 e 121 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 (Decreto Rilancio) convertito con modificazione dalla legge 17 luglio 2020, n. 77 - Primi chiarimenti.* Agenzia delle Entrate.

Circolare 22 dicembre 2020 n.30/E, *Detrazione per interventi di efficientamento energetico e di riduzione del rischio sismico degli edifici prevista dall'articolo 119 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 (Decreto Rilancio) - Risposte a quesiti.* Agenzia delle Entrate.

Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192, *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*

Decreto Legge 19 maggio 2020 n.34, *Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19*, art. 119,121. Testo convertito con modificazioni in legge 17 luglio 2020, n.77.

Decreto Legge 4 giugno 2013, n.63, *Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale.* Testo convertito con modificazioni in legge 3 agosto 2013, n.90.

Decreto Presidente della Repubblica, *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento di consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.*

Ente Italiano di Unificazione, UNI/TS 11300-2:2019 *Prestazioni energetiche degli edifici, Parte 2. Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'illuminazione in edifici non residenziali.*

Legge 30 dicembre 2020, n.178, *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2021 e bilancio pluriennale per il triennio 2021-2023.*

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Decreto 11 ottobre 2017, *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.*

Ministero dello Sviluppo Economico, Decreto 6 agosto 2020, *Requisiti tecnici per l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici – cd Ecobonus*.

Ministero dello Sviluppo Economico, Decreto interministeriale 26 giugno 2015, *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*.

Ministero dello Sviluppo Economico, Decreto interministeriale 26 giugno 2015, *Adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo Economico, 26 giugno 2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*.

Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima*, dicembre 2019.

Ministero della Transizione Ecologica, *Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale*, marzo 2021.

Sitografia e materiale online

Ingenio: informazione e tecnica progettuale; URL: <https://www.ingenio-web.it/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/28624-superbonus-110-posa-del-cappotto-termico-o-sostituzione-del-generatore-di-calore-qual-e-intervento-scegliere>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/28741-le-criticita-nellapplicazione-del-superbonus-110-viste-dagli-ingegneri>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

https://www.ingenio-web.it/30105-superbonus-un-incentivo-per-molti-ma-non-per-tutti-cosa-non-funziona-limiti-e-soluzioni?utm_term=42665+-+Superbonus%2C+un+incentivo+per+molti%2C+ma+non+per+tutti%3A+cosa+non+funziona%2C+limiti+e+soluzioni&utm_campaign=Dossier+Ingenio&utm_medium=email&utm_source=MagNews&utm_content=4212+-+2321+%282021-03-18%29. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/31844-soluzioni-super-isolanti-e-innovative-per-linvolucro-opaco-e-trasparente-vantaggi-criticita-e-incentivabilita>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/32064-proroga-superbonus-e-altri-bonus-edilizi-e-nuova-tracciabilita-dei-rifiuti-le-promesse-della-nadef-2021>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/31825-isolamento-termico-degli-edifici-dove-si-puo-intervenire-quali-incentivi-utilizzare>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/30561-pompe-di-calore-funzionamento-e-prestazioni-delle-varie-tipologie-e-possibili-incentivi>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://www.ingenio-web.it/29302-superbonus-110-e-sistemi-ibridi-come-gestirli-con-il-software-blumatica-energy>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Il sole 24 ore; URL: <https://24plus.ilsole24ore.com/grande-tema/superbonus-casa-ADGZnWo>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://24plus.ilsole24ore.com/art/superbonus-110percento-salto-classe-non-porta-sempre-un-risparmio-consumi-AD0IUxCB>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

<https://24plus.ilsole24ore.com/art/il-risparmio-energetico-c-e-ma-non-sempre-e-green-ADK7qHEB>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Agenzia delle entrate; URL: <https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/superbonus-110%25>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Ministero dello Sviluppo Economico; URL: <https://www.mise.gov.it/index.php/it/incentivi/energia/superbonus-110>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Consiglio Nazionale Geometri e Geometri Laureati; URL: <https://www.cngegl.it/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Associazione Nazionale Costruttori Edili; URL: <https://quantobonus110.ance.it/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Edilclima; URL: <https://www.edilclima.it/software-termotecnica/prog-termotecnica-energetica/scheda/700>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Caldaie a condensazione; URL: <http://www.caldaiacondensazione.net/funzionamento/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Teleriscaldamento; URL: <http://greencluster.it/teleriscaldamento-che-cose-e-come-funziona/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Lavori Pubblici; URL: <https://www.lavoripubblici.it/news/superbonus-110-cila-abusi-edilizi-cosa-accade-agibilita-26084>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

Certificatoenergetico.it; URL: <https://www.certificato-energetico.it/articoli/leggi-normative.html>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

BibLus-net; URL: <https://biblus.acca.it/focus/attestato-prestazione-energetica-ape/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

C²R Energy Consulting; URL: <https://c2rconsulting.com/>. [Ultimo accesso: novembre 2021].

ALLEGATI

ALLEGATO 1: RICHIESTA DOCUMENTALE PER FTE SUPERBONUS 110%

- Destinazione d'uso immobile
- Soggetto che richiede le detrazioni fiscali (IRES, IRPEF, Condominio)
- Numero unità abitative
- Categoria catastale unità immobiliari
- Localizzazione geografica immobile
- Planimetrie piani (o piano tipo) e sezioni con indicazione delle unità immobiliari, posizione infissi, altezza interpiano
- Indicazioni riguardanti le stratigrafie delle strutture disperdenti (tipologia murature esterne, interne, infissi, copertura presenza o meno di sottotetto isolabile)
- Indicazioni relative alle soluzioni impiantistiche: generazione (modello e potenza generatore) regolazione ed emissione per riscaldamento e ACS (centralizzato, autonomo), libretto impianto
- APE stato di fatto
- Documentazione fotografica
- Eventuali pratiche edilizie se già richieste e indicazioni per lavorazioni di riqualificazione già in programma e/o preferenze d'intervento e criticità specifiche

ALLEGATO 2: SCHEDA RACCOLTA DATI SOPRALLUOGO PER FTE SUPERBONUS 110%**INFORMAZIONI GENERALI SOPRALLUOGO**

Data: _____ Codice commessa: _____

Persone presenti: _____

DATI IMMOBILE

Via/Piazza: _____ N°: _____ Comune: _____ Provincia: (____)

SOGGETTO CHE RICHIEDE LA DETRAZIONE: _____

TIPOLOGIA EDIFICIO:Edificio unifamiliare , Edificio plurifamiliare , Condominio , Edificio produttivo/terziario **DESTINAZIONE D'USO:**Residenziale , Artigianale/industriale , Commerciale , Turistico/ricettivo , Agricolo , Direzionale

N° piani: _____ N° unità immobiliari: _____ Anno costruzione: _____ Categoria catastale U/I: _____

Interventi già eseguiti (eventuale anno ristrutturazione):
_____**CARATTERISTICHE TECNICHE FABBRICATO****INVOLUCRO OPACO**

h piano (cm)	PT	P Tipo	P Int	P sottotetto	P pilotis

Presenza componenti isolate dichiarate: _____

Presenza di zone cantina/garage riscaldate : _____

Presenza verande su balconi e/o terrazze: _____

MURI:

	Esposizione	Cassavuota	Spessore (cm)	Tipologia finitura est.	Spessore sottofinestra (cm)
M1	Est. <input type="checkbox"/> Amb. N.R. <input type="checkbox"/>	Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
M2	Est. <input type="checkbox"/> Amb. N.R. <input type="checkbox"/>	Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
M3	Est. <input type="checkbox"/> Amb. N.R. <input type="checkbox"/>	Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			

PAVIMENTI:

	Esposizione	Spessore (cm)	Pilotis
P1	Est. <input type="checkbox"/> Amb. N.R. <input type="checkbox"/> Int. <input type="checkbox"/>		Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
P2	Est. <input type="checkbox"/> Amb. N.R. <input type="checkbox"/> Int. <input type="checkbox"/>		Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

SOFFITTI:

	Sottotetto	Spessore (cm)	Isolato	Tipologia
Sottotetto	Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	
Copertura	Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		Sì <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	Legno <input type="checkbox"/> CLS <input type="checkbox"/>

NOTE: _____

INVOLUCRO TRASPARENTE

Altezza sottofinestra (cm): _____ Cassonetto: Sì , No Tipologia oscuranti: _____
 tende esterne: Sì , No Doppi serramenti: Sì , No
 zanzariere: Sì , No Pannelli opachi: Sì , No bocchette/griglie di aerazione: Sì , No

DIMENSIONI SERRAMENTI (cmxcm):

F1: _____ F2: _____ F3: _____ F4: _____ PF1: _____ PF2: _____ PF3: _____ PF4: _____

TIPOLOGIA:

-materiale: Legno , PVC , Metallo taglio termico: Sì , No

-vetro: Singolo , Doppio , Triplo , trattamento bassoemissivo: Sì , No , tipo gas:

NOTE: _____

IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Tipologia	Vettore energetico	Potenza installata	Potenza su più generatori
Centralizzato <input type="checkbox"/>			
Autonomo <input type="checkbox"/>			

Pompa di circolazione: Giri fissi , Giri variabili

Combinato: RISCALDAMENTO , ACS , RAFFRESCAMENTO

Anno: _____ Libretto impianto: Sì No , Codice Impianto: _____

Posizione: Esterno , Esterno in C.T. , Esterno in ambiente: non riscaldato riscaldato

Generatore	Marca	Modello	Potenza (kW)	Rendimento (%)

Fonti rinnovabili: Sì , No

Generatore rinn.	Marca	Modello	Potenza (kW)	Rendimento (%)

Accumulo: Sì , No

Posizione: integrato in generatore , Esterno in C.T. , Esterno in ambiente non riscaldato

Capacità: _____ Dispersione termica K_{bol} (W/K): _____

Pompa di distribuzione: Integrata in generazione , Integrata in accumulo , Esterna

Potenza (kW): _____ Prevalenza (m): _____

Distribuzione: Sì , No

Tipologia distribuzione (oriz, vert): _____ Isolamento tubazioni: _____

Regolazione: _____ Tipologia: _____ Emissione: _____ Tipologia: _____

C.T.	Dim.	Ventilazione locale suff.	Dim. aeraz. sopra porta	Dim. aeraz. sotto porta	Dim. aeraz. su pareti
Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>		Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>			

Terminali	Tipologia	Valvole termostatiche	Ripartitori di calore
		Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>

NOTE: _____

IMPIANTO DI ACS

Tipologia: _____ Anno: _____ Successivi lavori: _____

Generatore	Marca	Modello	Potenza (kW)	Rendimento (%)

Posizione: Esterno , Esterno in C.T. , Esterno in ambiente non riscaldato riscaldato

Fonti rinnovabili: Sì , No

Generatore rinn.	Marca	Modello	Potenza (kW)	Rendimento (%)

Accumulo: Sì , No Capacità: _____

Posizione: integrato in generatore , Esterno in C.T. , Esterno in ambiente non riscaldato

Dispersione termica K_{bol} (W/K): _____

Pompa di distribuzione: Integrata in generazione , Integrata in accumulo , Esterna

Potenza (kW): _____ Prevalenza (m): _____

NOTE: _____

IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO

Tipologia: _____ Anno: _____ Successivi lavori: _____

Generatore	Marca	Modello	Potenza (kW)	Rendimento (%)

Posizione: Esterno , Esterno in C.T. , Esterno in ambiente non riscaldato riscaldato

Fonti rinnovabili: Sì , No

Generatore rinn.	Marca	Modello	Potenza (kW)	Rendimento (%)

Accumulo: Sì , No

Posizione: integrato in generatore , Esterno in C.T. , Esterno in ambiente non riscaldato

Capacità: _____ Dispersione termica K_{bol} (W/K): _____

Pompa di distribuzione: Integrata in generazione , Integrata in accumulo , Esterna

Potenza (kW): _____ Prevalenza (m): _____

Distribuzione: Sì , No

Tipologia distribuzione (oriz, vert): _____ Isolamento tubazioni: _____

Regolazione: _____ Tipologia: _____

Emissione: _____ Tipologia: _____

NOTE: _____

INTERVENTI RICHIESTI	
INTERVENTI TRAINANTI	
Interventi di miglioramento sismico	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
COIBENTAZIONE INVOLUCRO OPACO Cappotto e/o cappotto + insufflaggio / facciata ventilata (in caso di rivestimenti in facciata es: muratura facciavista e/o clinkler specificare se è volontà del contribuente mantenere l'aspetto architettonico dell'immobile)	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Coibentazione sottotetti non riscaldati/coperture disperdenti verso l'esterno	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Coibentazione solaio disperdente verso ambiente non riscaldato (es garage, cantina)	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Coibentazione pavimento disperdente verso esterno (es solaio piano pilotis)	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
RIQUALIFICAZIONE CENTRALE TERMICA Impianto climatizzazione per il riscaldamento, il raffrescamento o la fornitura di acqua calda sanitaria sistema - centralizzato in condominio o impianto a servizio di unità funzionalmente indipendenti	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Intervento di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti con caldaia a condensazione, impianti a pompa di calore, anche ibrida o geotermica, o microcogenerazione, teleriscaldamento e biomasse	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Installazione di ventilazione meccanica	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>

INTERVENTI TRAINATI	
Colonnine di ricarica per veicoli elettrici	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Installazione di pannelli fotovoltaici	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Sostituzione dei serramenti	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Schermature oscuranti	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Cambio impianto autonomo in condominio con nuova caldaia a condensazione autonoma o altro sistema ammesso alla detrazione.	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Installazione di collettori solari per la produzione di ACS	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Installazione di sistemi BEMS o BACS per la gestione del sistema di climatizzazione	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>

ULTERIORI INTERVENTI DI MANUTEZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA	
Rifacimento sotto balconi comprensivo di frontalini	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Rifacimento pavimentazione balconi e/o terrazze	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Sostituzione ringhiere	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Sostituzione lattoneria	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Pulitura e manutenzione delle facciate (se non presente intervento di coibentazione)	Sì <input type="checkbox"/> , No <input type="checkbox"/>
Specificare altre lavorazioni desiderate non ancora menzionate	