

Politecnico di Torino

PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica



**Politecnico
di Torino**

IL SUPERBONUS COME STRUMENTO DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO:
BENEFICI E COMPLESSITÀ DELLA MISURA FISCALE.
CASO APPLICATIVO: STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN COMPLESSO RESIDENZIALE.

Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Candidato:
Riccardo Campobasso

Relatore:
Prof. Marco Carlo Masoero

Correlatori:
Dott. Pietro Bonello
Ing. Giuseppe Terence Mennuni

ANNO ACCADEMICO
2021–2022

Indice

Ringraziamenti	1
Introduzione	2
1 Le misure di efficientamento energetico	4
1.1 Conto termico	5
1.2 Certificati bianchi	7
1.3 Le detrazioni fiscali	9
2 La misura fiscale del Superbonus	10
2.1 Requisiti tecnici d'accesso al Superbonus	11
2.1.1 Interventi «trainanti» e «trainati»	11
2.1.2 Miglioramento di due classi energetiche	12
2.2 Aspetti fiscali legati al Superbonus	13
2.2.1 Limiti di spesa degli interventi	15
2.3 Criticità della misura fiscale	18
2.3.1 Criticità tecniche	18
2.3.2 Criticità economiche	20
2.4 Studio di fattibilità per il Superbonus	22
3 Stato di Fatto del complesso residenziale	24
3.1 Attività di rilievo del complesso residenziale	24
3.1.1 Rilievi metrici	25
3.1.2 Tipologia sistema di climatizzazione	31
3.1.3 Impianto di produzione per Acqua Calda Sanitaria	32
3.1.4 Rilievo della Centrale Termica	35
3.2 Modellazione del complesso tramite software	42
3.2.1 Dati generali	42
3.2.2 Componenti involucro	43
3.2.3 Input grafico	49
3.2.4 Codifica Impianto	51
3.2.5 Risultati	55
3.2.6 APE dello Stato di Fatto	59

4	Interventi proposti per miglioramento classe energetica	60
4.1	Scenario BASE	61
4.1.1	Coibentazione pareti	61
4.1.2	Sostituzione generatore con nuovo a condensazione	67
4.2	Scenario AVANZATO	74
4.2.1	Sostituzione infissi	74
4.2.2	Installazione pompe di calore per produzione ACS	78
4.2.3	Sostituzione generatore con nuovo a condensazione	81
4.3	Scenario FULL OPTIONAL	86
4.3.1	Sostituzione generatore con sistema ibrido	86
4.3.2	Installazione campo solare fotovoltaico	90
4.3.3	Installazione colonnine di ricarica per veicoli elettrici	93
4.4	Verifiche di Legge	95
4.4.1	Verifiche Scenario BASE	95
4.4.2	Verifiche Scenario AVANZATO	97
4.4.3	Verifiche Scenario FULL OPTIONAL	98
4.5	Analisi economica degli interventi	100
4.5.1	Analisi Scenario BASE	100
4.5.2	Analisi Scenario AVANZATO	103
4.5.3	Analisi Scenario FULL OPTIONAL	105
5	Conclusioni	109
	Bibliografia	113

Elenco delle figure

1.1	Sintesi Conto Termico. [3]	5
1.2	Sintesi Certificati Bianchi. [5]	7
1.3	Percentuali detrazioni Ecobonus. [8]	9
2.1	Esempio confronto APE pre e post-intervento.	13
2.2	Documentazione APE. [12]	23
3.1	Vista esterni del complesso residenziale.	24
3.2	Dettaglio mura disperdenti orizzontali. (a) Pavimento verso garage, (b) Mura verso sottotetto.	25
3.3	Infissi presenti nel complesso residenziale.	26
3.4	Planimetrie unità immobiliari. Piano rialzato.	27
3.5	Planimetrie unità immobiliari. Piano primo.	28
3.6	Planimetrie unità immobiliari quotate. Piano rialzato.	29
3.7	Planimetrie unità immobiliari quotate. Piano primo.	30
3.8	Radiatori installati nel complesso residenziale.	31
3.9	Termostati installati nel complesso residenziale.	32
3.10	Schema impianto ACS.	33
3.11	Boiler elettrici installati nel complesso residenziale.	34
3.12	Caldaia presente in CT.	36
3.13	Gruppo di pompaggio presente in CT. (a) Pompa di circolazione, (b) Pompa anticondensa.	37
3.14	Codici modello pompe. [20]	37
3.15	Vaso d'espansione presente in CT.	38
3.16	Particolari della canna fumaria presente in CT.	39
3.17	Particolari dei dispositivi di sicurezza, protezione e controllo presenti in CT. (a) Valvola intercettazione combustibile, (b) Rampa INAIL.	39
3.18	Schema della Centrale Termica.	41
3.19	Tipologia ponti termici.	47
3.20	Modelli dei piani dell'edificio. (a) Piano rialzato, (b) Piano primo, (c) Sottotetto.	49
3.21	Modello del complesso residenziale.	50
3.22	Esempio schema impianto.	51

3.23	Esempio schema circuito.	53
3.24	Schema generatore in CT.	54
3.25	Ripartizione carichi generatore.	56
3.26	Firma energetica di progetto.	57
3.27	Classe Energetica edificio.	59
4.1	Visualizzazione termografica complesso residenziale. (a) Stato di fatto, (b) Con coibentazione.	63
4.2	Codifica ponti termici. (a) Stato di fatto, (b) Con coibentazione. . . .	64
4.3	Ripartizione carichi generatore (1° intervento).	65
4.4	Firma energetica di progetto (1° intervento).	66
4.5	Classe Energetica edificio (1° intervento).	67
4.6	Esempio schema circuito (2° intervento).	68
4.7	Schema generatore in CT (2° intervento).	69
4.8	Ripartizione carichi generatore (2° intervento).	70
4.9	Firma energetica di progetto (2° intervento).	71
4.10	Classe Energetica edificio (2° intervento).	72
4.11	Schema potenziale della Centrale Termica (Scenario BASE).	73
4.12	Visualizzazione termografica complesso residenziale. (a) Stato di fatto, (b) Con coibentazione e sostituzione infissi.	75
4.13	Ripartizione carichi generatore (3° intervento).	76
4.14	Firma energetica di progetto (3° intervento).	76
4.15	Classe Energetica edificio (3° intervento).	77
4.16	Schema potenziale d'impianto ACS (Scenario AVANZATO).	79
4.17	Classe Energetica edificio (4° intervento).	81
4.18	Ripartizione carichi generatore (5° intervento).	82
4.19	Firma energetica di progetto (5° intervento).	83
4.20	Classe Energetica edificio (5° intervento).	84
4.21	Schema potenziale della Centrale Termica (Scenario AVANZATO). . . .	85
4.22	Schema generatore ibrido in CT (6° intervento). (a) caldaia a conden- sazione, (b) pompa di calore.	87
4.23	Ripartizione carichi generatore (6° intervento).	88
4.24	Firma energetica di progetto (6° intervento).	88
4.25	Classe Energetica edificio (6° intervento).	89
4.26	Esempio schema impianto (7° intervento).	90
4.27	Classe Energetica edificio (7° intervento).	92
4.28	Esempio colonnina di ricarica. [44]	93
4.29	Schema potenziale della Centrale Termica (Scenario FULL OPTIONAL). . . .	94
4.30	Verifiche di legge (Scenario BASE).	95
4.31	Verifiche di legge (Scenario AVANZATO).	97
4.32	Verifiche di legge (Scenario FULL OPTIONAL).	99
4.33	Voci di costo Scenario BASE.	101
4.34	Risultati analisi economica con detrazioni (Scenario BASE).	102

4.35	Risultati analisi economica senza detrazioni (Scenario BASE).	103
4.36	Voci di costo Scenario AVANZATO.	104
4.37	Risultati analisi economica con detrazioni (Scenario AVANZATO). . .	104
4.38	Risultati analisi economica senza detrazioni (Scenario AVANZATO). . .	105
4.39	Voci di costo Scenario FULL OPTIONAL.	106
4.40	Risultati analisi economica con detrazioni (Scenario FULL OPTIONAL). . .	106
4.41	Risultati analisi economica senza detrazioni (Scenario FULL OPTIO- NAL).	107
5.1	Confronto dispersioni dell'edificio.	109
5.2	Confronto consumi dell'edificio.	110

Elenco delle tabelle

2.1	Limiti di spesa per intervento di isolamento termico.	15
2.2	Limiti di spesa per intervento di sostituzione di impianto.	16
2.3	Limiti di spesa per intervento di efficientamento energetico.	16
2.4	Limiti di spesa per installazione colonnine di ricarica.	16
2.5	Limiti di spesa per intervento di installazione impianto fotovoltaico. .	17
2.6	Limiti di spesa per intervento di installazione sistemi di accumulo. . .	17
3.1	Dati infissi presenti nel fabbricato.	26
3.2	Potenza installata corpi scaldanti.	31
3.3	Dati boiler elettrici ad accumulo per ACS.	32
3.4	Dati tecnici caldaia parte 1. [18]	35
3.5	Dati tecnici caldaia parte 2. [18]	35
3.6	Stratigrafia muro esterno.	43
3.7	Stratigrafia sottofinestra.	44
3.8	Stratigrafia pavimento/soffitto interpiano.	44
3.9	Stratigrafia pavimento verso cantine.	44
3.10	Stratigrafia tetto.	45
3.11	Stratigrafia soffitto verso sottotetto.	45
3.12	Stratigrafia balcone.	45
3.13	Dati pareti disperdenti opache.	46
3.14	Dati ponti termici.	47
3.15	Dati componenti finestrati.	48
3.16	Dati geometrici zone climatizzate.	50
3.17	Dati sistema emissione piano rialzato.	52
3.18	Dati sistema emissione piano primo.	52
3.19	Dati sistema regolazione piano primo e piano rialzato.	52
3.20	Dati sistema distribuzione piano rialzato.	53
3.21	Dati sistema distribuzione piano primo.	53
3.22	Dati tecnici impianto ACS.	55
3.23	Dispersioni risultanti per il fabbricato.	55
3.24	Risultati globali riscaldamento.	57
3.25	Risultati globali ACS per singola unità immobiliare.	58
3.26	Risultati globali ACS.	58

3.27	Indici di prestazione edificio.	59
4.1	Stratigrafia muro esterno coibentato.	61
4.2	Stratigrafia sottofinestra coibentato.	61
4.3	Stratigrafia pavimento verso cantine coibentato.	62
4.4	Stratigrafia soffitto verso sottotetto coibentato.	62
4.5	Stratigrafia balcone coibentato.	62
4.6	Dati pareti disperdenti opache coibentate.	63
4.7	Dati ponti termici a seguito della coibentazione.	64
4.8	Dati geometrici zone climatizzate a seguito della coibentazione.	64
4.9	Dispersioni risultanti per il fabbricato (1° intervento).	65
4.10	Risultati globali riscaldamento (1° intervento).	66
4.11	Indici di prestazione edificio (1° intervento).	67
4.12	Dati sistema emissione piano rialzato (2° intervento).	67
4.13	Dati sistema emissione piano primo (2° intervento).	68
4.14	Dati sistema regolazione piano primo e piano rialzato (2° intervento).	68
4.15	Dati tecnici caldaia a condensazione parte 1 (2° intervento). [36]	69
4.16	Dati tecnici caldaia a condensazione parte 2 (2° intervento). [36]	69
4.17	Risultati globali riscaldamento (2° intervento).	71
4.18	Indici di prestazione edificio (2° intervento).	71
4.19	Dati componenti finestrati (3° intervento).	74
4.20	Dispersioni risultanti per il fabbricato (3° intervento).	75
4.21	Risultati globali riscaldamento (3° intervento).	77
4.22	Indici di prestazione edificio (3° intervento).	77
4.23	Dati pompe di calore per ACS.	78
4.24	Dati tecnici pompe di calore per ACS. [37]	78
4.25	Risultati globali ACS per singola unità immobiliare (4° intervento).	80
4.26	Risultati globali ACS (4° intervento).	80
4.27	Indici di prestazione edificio (4° intervento).	81
4.28	Dati tecnici caldaia a condensazione parte 1 (5° intervento). [36]	82
4.29	Dati tecnici caldaia a condensazione parte 2 (5° intervento). [36]	82
4.30	Risultati globali riscaldamento (5° intervento).	83
4.31	Indici di prestazione edificio (5° intervento).	84
4.32	Dati tecnici caldaia a condensazione (6° intervento). [38]	86
4.33	Dati tecnici pompa di calore (6° intervento). [39]	86
4.34	Risultati globali riscaldamento (6° intervento).	89
4.35	Indici di prestazione edificio (6° intervento).	89
4.36	Dati tecnici modulo fotovoltaico (7° intervento). [42]	91
4.37	Risultati globali riscaldamento (7° intervento).	91
4.38	Risultati globali ACS per singola unità immobiliare (7° intervento).	91
4.39	Risultati globali ACS (7° intervento).	92
4.40	Indici di prestazione edificio (7° intervento).	92
4.41	Verifica su trasmittanza media strutture opache.	96

4.42	Verifica su $H't$ (Scenario BASE).	96
4.43	Verifica su $H't$ (Scenario AVANZATO).	98
4.44	Limiti di spesa degli interventi simulati.	100
5.1	Sintesi interventi simulati.	111

Ringraziamenti

Giunto alla conclusione del mio iter accademico, non posso fare a meno di pensare a tutte le persone con cui ho condiviso questo percorso, ed esprimere loro la mia più sincera gratitudine.

Al Prof. Marco Carlo Masoero, che mi ha sempre dimostrato la sua professionalità e disponibilità nel corso della stesura di questo elaborato.

Al Dott. Pietro Bonello, per avermi accolto all'interno della realtà IGE Consulting, permettendomi così di farmi strada all'interno di un contesto professionale, e per avermi seguito nella scrittura di questo lavoro, aiutandomi con le sue conoscenze e il suo contributo a concludere al meglio il mio percorso di tesi.

All'Ing. Giuseppe Terence Mennuni, non solo per il grande sostegno che mi ha concesso, funzionale a redigere al meglio questo elaborato, ma soprattutto per la comprensione e la sensibilità che mi ha sempre dimostrato da quando ci siamo conosciuti.

Al Dott. Stefano Gibello, amministratore pro-tempore del condominio oggetto di tesi, per avermi concesso l'opportunità di affrontare il caso studio trattato nel corso di queste pagine.

All'Ing. Claudio Antonio Lucchesi, per cui nutro la più sincera stima, sia a livello professionale che personale.

La mia riconoscenza va anche a tutte le persone che hanno camminato con me dall'inizio di questo viaggio, o che la vita mi ha permesso di conoscere lungo la strada.

A Luca, per la fortuna di poter condividere questo traguardo insieme, e per le difficoltà condivise in cui ci siamo sempre supportati.

A Carlo, per il legame che abbiamo costruito grazie ai casi della vita.

A tutte le altre persone, che seppur non citate, mi hanno aiutato ad arrivare fin qui.

Infine, voglio esprimere la più grande riconoscenza alla mia famiglia. Perché senza il loro appoggio incondizionato forse ora non avrei raggiunto questo obiettivo. Per questo, e per molto altro, il risultato raggiunto non è solo personale ma condiviso.

Il mio più grande ringraziamento è quindi rivolto a loro, a Federico, Linda, Mara e Bruno. Grazie.

Introduzione

L'evoluzione del genere umano procede di pari passo con la sua capacità di sviluppare nuove tecniche e produrre innovazioni in base alle conoscenze acquisite. Rientra in questo campo di applicazione l'efficientamento energetico, che rappresenta quell'insieme di operazioni volte ad ottimizzare lo sfruttamento delle fonti di energetiche.

Questo tema, già oggetto di forte attenzione negli ultimi anni, essendo intrinsecamente legato ai cambiamenti climatici e all'esaurimento dei combustibili fossili, ha acquisito oggi un ruolo ancora più centrale, dovuto sfortunatamente alla situazione geopolitica in cui ci troviamo.

Lo studio di questa tematica ha condotto, negli anni, alla realizzazione di diverse soluzioni, sia in ambito tecnico che economico. Infatti, per una reale miglioramento in questo ambito, ad una innovazione delle tecnologie esistenti, con performance sempre più efficienti, vanno accompagnate misure che permettono l'accesso e la fruizione di quanto realizzato.

Fra queste misure rientra oggi il Superbonus, agevolazione fiscale volta ad incentivare la realizzazione di interventi di efficientamento energetico in campo residenziale.

Questo lavoro di tesi si pone l'obiettivo di andare ad illustrare le caratteristiche della misura citata, cercando di darne una visione completa, esponendone vantaggi e perplessità. Al fine di raggiungere tale risultato, viene proposta l'analisi di un caso studio reale, in maniera tale da illustrare le procedure necessarie per l'utilizzo del Superbonus.

In merito alla struttura della tesi, essa è articolata in cinque capitoli, in cui si passa dall'introdurre il tema dell'efficientamento energetico fino alla descrizione del lavoro professionale svolto, concludendo con i risultati ottenuti.

Nel **Capitolo 1** vengono riportate alcune delle misure fiscali principali prodotte allo scopo di incentivare operazioni di efficientamento energetico, mostrandone i principali aspetti e le modalità di utilizzo, fino ad introdurre la misura del Superbonus.

Il **Capitolo 2** ha lo scopo di dare una descrizione quanto più possibile dettagliata del Superbonus. Vengono citati i principali aspetti della misura fiscale e le regole d'accesso alla detrazione. Nonostante i vantaggi che mette a disposizione, ne sono stati evidenziati anche i limiti, al fine di fornirne una visione più obiettiva.

Nel **Capitolo 3** viene descritta l'attività di rilievo volta alla realizzazione di uno Studio di Fattibilità. È riportata l'esperienza eseguita per identificare la prestazione energetica che caratterizza il condominio oggetto di studio, partendo dal controllo e le misurazioni dell'edificio, fino all'attività di modellazione e calcolo tramite software.

Il **Capitolo 4** riporta le simulazioni svolte, funzionali all'esecuzione completa dello Studio di Fattibilità, per realizzare il miglioramento della prestazione energetica dell'edificio. Congiuntamente alla simulazione degli interventi tecnici in ambito edilizio ed impiantistico, viene riportata un'analisi economica al fine di valutare la convenienza di tale investimento.

Infine, il **Capitolo 5** riporta le conclusioni raggiunte al termine dell'esperienza svolta, cercando di analizzare la validità di quanto prodotto e offrire una visione critica dei risultati ottenuti.

Capitolo 1

Le misure di efficientamento energetico

Il tema dell'efficienza energetica, che negli anni ha assunto (e continua ad assumere) un ruolo sempre più prioritario, tratta la capacità dei sistemi di utilizzare l'energia evitando il più possibile sprechi.

Al fine di valutare l'efficienza energetica di un sistema, non è solamente fondamentale capire *quanta* energia esso utilizzi, ma piuttosto *come* essa venga sfruttata.

Il raggiungimento di tale obiettivo è subordinato a diversi aspetti (l'utilizzo di sistemi in grado di evitare perdite, una corretta manutenzione, capacità di consumare in modo consapevole da parte dell'utilizzatore...), ma è indubbio che la prestazione di un sistema sarà legata alle tecnologie che esso sfrutta. Proprio per tale motivo non ci si potrà aspettare elevate performance da sistemi più obsoleti che utilizzano tecnologie datate.

Gli interventi di efficientamento sono quindi volti a proporre un uso dell'energia in maniera più razionale, suggerendo l'installazione di materiali volti ad abbattere i consumi, come interventi di isolamento termico, e l'installazione di sistemi ad elevate performance, come l'utilizzo di fonti rinnovabili e macchinari di ultima generazione. Realizzare interventi di efficientamento energetico risulta però molto costoso, per tale motivo al fine di promuovere l'efficienza energetica in Italia sono state emanate diverse normative e sono stati resi disponibili alcuni importanti meccanismi di incentivazione. Tra questi, i tre meccanismi più importanti sono il **conto termico**, i titoli di efficienza energetica, ovvero i **certificati bianchi** e le **detrazioni fiscali** per gli interventi di riqualificazione.

I successivi paragrafi hanno lo scopo di mostrare più nel dettaglio il funzionamento di tali meccanismi, illustrandone obblighi e requisiti.

1.1 Conto termico

Il Conto Termico è un meccanismo di incentivazione volto alla realizzazione di interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili per impianti di piccole dimensioni. Istituito dal [1], è stato successivamente rinnovato dal [2].



Figura 1.1: Sintesi Conto Termico. [3]

Al fine di raggiungere tale obiettivo, il Conto Termico incentiva le seguenti attività:

- trasformazione del sistema edificio-impianto;
- produzione energia attraverso apparecchi più efficienti;
- riduzione fabbisogni energetici;

- installazione sistemi rinnovabili per la produzione di energia termica.

I beneficiari di tale misura non sono solo imprese e privati, ma è rivolto anche alla Pubblica Amministrazione. Infatti tale provvedimento mette a disposizione **900 milioni di euro** annui di cui **200 milioni** dedicati alla Pubblica Amministrazione.

L'ente che si occupa di attuare e gestire il Conto Termico è il GSE (Gestione Servizi Energia), che ha il compito di assegnare e a erogare i contributi secondo le modalità e i criteri specificati nelle regole applicative.

Al fine di accedere a questo meccanismo di incentivazione è necessario sottoscrivere da parte delle Pubbliche Amministrazioni un *contratto di prestazione energetica*, mentre per i privati è necessario un *contratto di servizio energia*.

Gli interventi previsti da questa misura possono essere suddivisi in due categorie principali:

- Incremento efficienza energetica degli edifici esistenti;
- Sostituzione di impianti esistenti per la climatizzazione invernale con impianti alimentati da fonti rinnovabili o con sistemi ad alta efficienza.

Mentre le Pubbliche Amministrazioni hanno diritto al contributo messo a disposizione dal Conto Termico per entrambe le categorie, i privati possono sfruttare solamente la seconda tipologia di interventi.

Un volta eseguito il corretto accesso a tale misura, il GSE si impegna ad eseguire l'erogazione del contributo spettante in un numero di rate annuali correlato alla taglia dell'intervento effettuato.

L'importo di ogni singola rata non potrà essere superiore ai 5000 euro, mentre le percentuali degli incentivi saranno variabili tra il 40 % e il 65 % a seconda degli interventi realizzati.

Sebbene presenti molti vantaggi, la misura del Conto Termico, per le modalità in cui è stata concepita, risulta più conveniente alle Pubbliche Amministrazioni rispetto ai privati. Ciò deriva principalmente dalla cumulabilità di tale misura con altri incentivi statali, ammessa per le PA e interdetta ai privati.

1.2 Certificati bianchi

I Certificati Bianchi sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso interventi e progetti di incremento dell'efficienza energetica.

Introdotti dal [4] come Titoli di Efficienza Energetica, e successivamente modificati da altri decreti, sono stati ufficialmente avviati a partire dal 2005. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP).

Lo schema dei certificati bianchi copre tutti i settori, dal residenziale all'industria, compresi agricoltura, terziario, e pubblica amministrazione e quasi tutti gli interventi di efficienza energetica. A differenza di altre misure, che rappresentano uno strumento di cui poter usufruire su base volontaria, questo meccanismo obbliga degli enti specifici a raggiungere determinati obiettivi.



Figura 1.2: Sintesi Certificati Bianchi. [5]

Il GSE riconosce un certificato per ogni TEP di risparmio conseguito grazie alla realizzazione dell'intervento di efficienza energetica. Su indicazione del GSE, i certificati vengono poi emessi dal GME (Gestore dei Mercati Energetici) su appositi conti.

I certificati bianchi vengono successivamente scambiati e valorizzati sulla piattaforma di mercato gestita dal GME o attraverso contrattazioni bilaterali, con un valore economico dei titoli definito nelle sessioni di scambio sul mercato.

Negli ultimi anni questi titoli hanno raggiunto valori che oscillavano fra i 100 e i 400 euro per singolo certificato.

Tra i **soggetti obbligati** prima citati, ci sono *i distributori di energia elettrica e gas naturale con più di 50mila clienti*.

Questi enti sono obbligati al raggiungimento degli obiettivi prefissati anno per anno, con facoltà di adempiere a tali obblighi in due modalità:

- realizzazione dei progetti di efficienza energetica ammessi dal meccanismo;
- acquisto di titoli dagli altri soggetti ammessi al meccanismo.

I **soggetti volontari** sono invece gli operatori che autonomamente decidono di realizzare interventi di riduzione dei consumi negli usi finali di energia, e a cui si riconosce il diritto a ricevere la corrispondente quantità di certificati bianchi. Tipicamente questi soggetti volontari sono rappresentati da ESCO (Energy Service Company) o società dotate di un EGE certificato (Esperto Gestione Energia).

Gli interventi che permettono l'ottenimento dei Certificati Bianchi sono tali da permettere un risparmio in termini di utilizzo di: energia elettrica, gas naturale e combustibili.

Nel suo utilizzo questo meccanismo non è cumulabile con altri incentivi, ma viene ammessa la cumulabilità con finanziamenti locali e regionali ed inoltre ammette un'ampia gamma di interventi per cui è possibile richiedere il rilascio di un TEE.

La Figura 1.2 mostra infine una sintesi della procedura d'accesso a questo meccanismo, ponendo attenzione sulla necessità di misurare i consumi prima e dopo la realizzazione dell'intervento, al fine di certificare l'entità del risparmio raggiunto.

1.3 Le detrazioni fiscali

Questo tipo di agevolazioni riguardano interventi di riqualificazione energetica o di ristrutturazione degli edifici. Le detrazioni possono avere percentuale variabile a seconda del tipo di intervento e gli aventi diritto possono variare a seconda della misura considerata. Ciò costituisce una differenza con i meccanismi precedenti, in cui l'accesso non era limitato a seconda del soggetto richiedente.

Tra le misure principali che rientrano in questa categoria vi è sicuramente l'**Ecobonus** e la sua versione «potenziata» nota come Superbonus.

Introdotta dall'articolo 14 del [6], come recepimento di una direttiva europea in ambito di efficientamento energetico, l'Ecobonus è stato poi modificato in legge da [7].

Scopo della misura è quello di incentivare interventi volti al miglioramento dell'efficienza energetica aumentando la percentuale di detrazione sulle spese sostenute.

Tale detrazione arriva oggi a valori del 50 % o superiori, a seconda dell'intervento effettuato, mentre nella versione potenziata del Superbonus al 110 %.



Figura 1.3: Percentuali detrazioni Ecobonus. [8]

Tale misura fa espressamente riferimento a quali interventi sia possibile realizzare per accedere a detrazione, specificando criteri da soddisfare in termini di materiali da utilizzare, valori da rispettare e limiti di spesa fino a cui è ammessa la detrazione.

Il **Capitolo 2** ha lo scopo di presentare le principali caratteristiche dell'Ecobonus nella sua versione al 110 %, che ha sicuramente rappresentato, negli ultimi anni, una delle più grandi misure sul piano nazionale, non priva tuttavia di dubbi e perplessità nella sua applicazione.

Capitolo 2

La misura fiscale del Superbonus

Il Superbonus è un'agevolazione fiscale introdotta e disciplinata dall'articolo 119 del [9], *decreto Rilancio*, che consiste in una **detrazione** del 110% delle spese sostenute a partire dal 1 luglio 2020 per la realizzazione di specifici interventi finalizzati all'efficienza energetica e al consolidamento statico o alla riduzione del rischio sismico degli edifici.

Dalla sua introduzione, tale provvedimento ha subito diverse modifiche, sia prevedendo proroghe alle scadenze che misure di contrasto alle frodi.

I requisiti e le indicazioni riportati nel presente capitolo fanno riferimento alle linee guida di giugno 2022 rilasciate dall'Agenzia delle Entrate.

In particolare la Legge di Bilancio 2022 [10] ha prorogato l'agevolazione, prevedendo scadenze diverse in funzione dei soggetti che sostengono le spese ammesse.

Fino al **31 dicembre 2025**, il Superbonus spetta nelle seguenti misure:

- 110% per le spese sostenute fino al 31 dicembre 2023;
- 70% per le spese sostenute nel 2024;
- 65% per le spese sostenute nel 2025.

Per i **condomini**, le **persone fisiche**, al di fuori dell'esercizio di attività di imprese, **Onlus** (Organizzazioni non lucrative di utilità sociale), **organizzazioni di volontariato** e **associazioni di promozione sociale** iscritte negli appositi registri.

Fino al **31 dicembre 2022** (con detrazione al 110%), per gli interventi effettuati da **persone fisiche sugli edifici unifamiliari**, a condizione che al **30 settembre 2022** siano stati effettuati lavori per almeno il 30% dell'intervento complessivo.

Fino al **31 dicembre 2023** (con detrazione al 110%), per gli interventi effettuati dagli **Iacp** (ed enti con le stesse finalità sociali) su immobili, di proprietà o gestiti per conto dei comuni, adibiti a edilizia residenziale pubblica, a condizione che al **30**

giugno 2023 siano stati eseguiti lavori per almeno il 60% dell'intervento complessivo. Stessa scadenza anche per le **cooperative di abitazione**.

In alternativa alla detrazione, si può beneficiare del Superbonus mediante una delle modalità previste dall'articolo 121 del [9].

È infatti prevista la possibilità generalizzata di optare per un contributo anticipato sotto forma di **sconto praticato dai fornitori** dei beni o servizi o per la **cessione del credito** corrispondente alla detrazione spettante.

2.1 Requisiti tecnici d'accesso al Superbonus

L'agevolazione fiscale consiste in una detrazione del 110% dall'imposta lorda ed è concessa quando si eseguono interventi che aumentano il livello di efficienza energetica degli edifici esistenti o interventi antisismici.

Tale detrazione si aggiunge a quelle già vigenti; in particolare, per quanto riguarda interventi di riqualificazione energetica si fa riferimento all'articolo 14 del [6], noto come «Ecobonus».

Al fine di garantire l'accesso al Superbonus sarà necessario rispettare due vincoli fondamentali, dal punto di vista tecnico, illustrati nei successivi sottoparagrafi.

2.1.1 Interventi «trainanti» e «trainati»

La detrazione derivante dalla misura fiscale è rivolta all'esecuzione di specifici interventi di efficientamento energetico. Tali interventi possono essere divisi in due categorie: *interventi principali* o **trainanti** e *interventi aggiuntivi* o **trainati**.

Sebbene entrambi concorrano al miglioramento della prestazione energetica dell'edificio **l'accesso al Superbonus è garantito solamente se viene eseguito almeno uno degli interventi trainanti**.

Rientrano in quest'ultima categoria i seguenti interventi:

- *isolamento termico* delle superfici opache verticali e orizzontali che interessano l'involucro dell'edificio con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda dell'edificio medesimo;
- *sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti sulle parti comuni degli edifici* con impianti centralizzati per il riscaldamento, il raffrescamento o la fornitura di acqua calda sanitaria a condensazione, a pompa di calore, ivi inclusi gli impianti ibridi o geotermici, anche abbinati all'installazione di impianti fotovoltaici e relativi sistemi di accumulo, ovvero con impianti di microgenerazione;
- *sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti sugli edifici unifamiliari o sulle unità immobiliari site all'interno di edifici plurifamiliari* con impianti centralizzati per il riscaldamento, il raffrescamento o la fornitura di

acqua calda sanitaria a condensazione, a pompa di calore, ivi inclusi gli impianti ibridi o geotermici, anche abbinati all'installazione di impianti fotovoltaici e relativi sistemi di accumulo, ovvero con impianti di microgenerazione;

- *interventi antisismici.*

Il Superbonus ammette a detrazione anche altre tipologie di interventi, a patto che siano eseguiti congiuntamente a quelli sopra elencati, come precedentemente indicato. Rientrano nella categoria degli interventi trainanti i seguenti interventi:

- *interventi di efficientamento energetico* così come definiti da [6]. Rientrano in questa categoria interventi quali la sostituzione di finestre comprensive di infissi, delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno e o verso vani non riscaldati e la sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria;
- *eliminazione delle barriere architettoniche* per favorire la mobilità interna ed esterna all'abitazione alle persone con disabilità in situazione di gravità;
- *installazione di infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici;*
- *installazione di impianti solari fotovoltaici* connessi alla rete elettrica sugli edifici o di impianti solari fotovoltaici su strutture pertinenziali agli edifici;
- *installazione contestuale o successiva di sistemi di accumulo* integrati negli impianti solari fotovoltaici agevolati.

2.1.2 Miglioramento di due classi energetiche

Ai fini dell'accesso al Superbonus, gli interventi di efficientamento energetico, trainanti e gli eventuali trainati devono:

- rispettare i requisiti previsti dal decreto del Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze e del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 6 agosto 2020;
- assicurare, nel loro complesso **il miglioramento di almeno due classi energetiche dell'edificio**, compreso quello unifamiliare o delle unità immobiliari site all'interno di edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti e che dispongono di uno o più accessi autonomi dall'esterno, o, se non possibile in quanto l'edificio o l'unità familiare è già nella penultima (terzultima) classe, il conseguimento della classe energetica più alta.

Il miglioramento energetico, derivante dagli interventi, è dimostrato dall'attestato di prestazione energetica APE (articolo 6 del [11]), *ante e post-intervento*, che deve essere rilasciato da un tecnico abilitato nella forma della dichiarazione asseverata.

I requisiti, fin qui riportati, indicano quale sarà la direzione da seguire nell'elaborazione del progetto di riqualificazione di un edificio. Infatti, le linee guida, oltre a riportare gli interventi da eseguire, forniscono uno strumento di valutazione, rappresentato dall'APE, atto a garantire l'efficacia dell'intervento proposto.

Inoltre, imponendo condizioni sugli interventi da eseguire e il risultato da raggiungere, viene a crearsi una condizione discriminante per la quale non tutti gli edifici avranno l'opportunità di accedere al Superbonus.

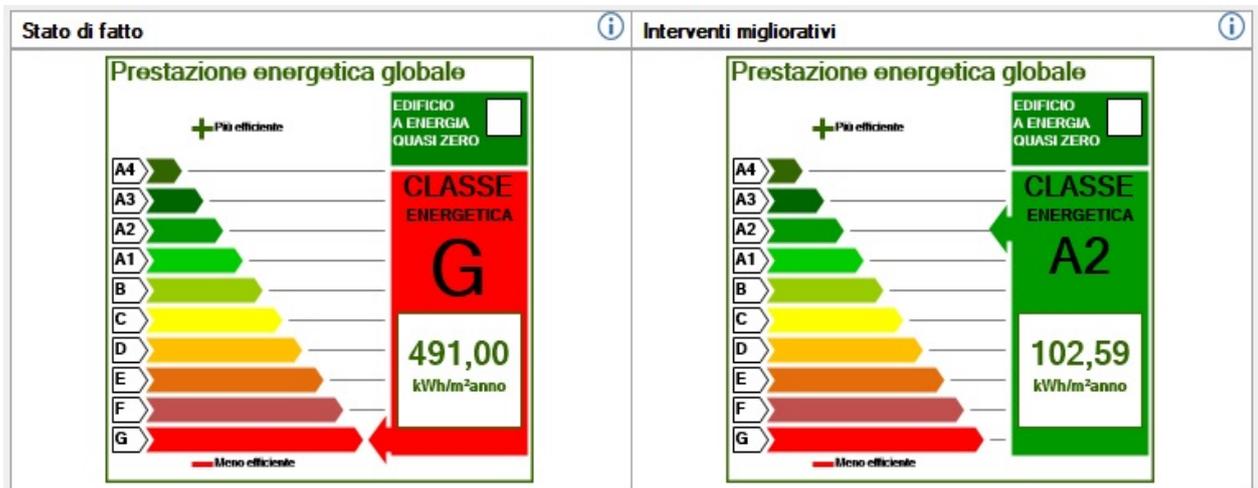


Figura 2.1: Esempio confronto APE pre e post-intervento.

2.2 Aspetti fiscali legati al Superbonus

L'articolo 121 del [9] disciplina le modalità con cui optare per sconto in fattura o cessione del credito alternativamente alla detrazione.

Nello specifico consistono in:

- **Fruizione diretta della detrazione.**

Le modalità e le scadenze previste dal Superbonus sono quelle riportate all'inizio del presente capitolo. Facendo fede a tali dati la detrazione è riconosciuta nella misura sopra descritta e va ripartita tra gli aventi diritto, per le spese sostenute a partire dal **1 gennaio 2022**, in **4 quote annuali** di pari importo, entro i limiti di capienza dell'imposta annua derivante dalla dichiarazione dei redditi.

Tale detrazione si applica ad entrambe le tipologie di interventi (trainati e trainanti) purché si rispettino le linee guida previste dalla misura fiscale.

La detrazione spetta ai soggetti che possiedono o detengono l'immobile oggetto

dell'intervento in base a un titolo idoneo al momento di avvio dei lavori o al momento del sostenimento delle spese.

In ogni caso, come tutte le detrazioni d'imposta, l'agevolazione è ammessa entro il limite che trova capienza nell'imposta annua derivante dalla dichiarazione dei redditi.

In sostanza, la quota annuale della detrazione che non trova capienza nell'imposta lorda di ciascun anno, non può essere utilizzata in diminuzione dell'imposta lorda dei periodi d'imposta successivi, né essere chiesta a rimborso.

- **Sconto in fattura.**

In luogo dell'utilizzo diretto della detrazione spettante si può optare per un contributo, sotto forma di **sconto** sul corrispettivo dovuto.

L'importo massimo di tale sconto non può essere superiore al corrispettivo dovuto e viene anticipato dal fornitore di beni e servizi relativi agli interventi.

A seguito di tale operazione, il fornitore recupera il contributo anticipato sotto forma di credito d'imposta di importo pari alla detrazione spettante o allo sconto applicato.

A sua volta il fornitore può cedere nuovamente tale credito, come disciplinato dall'articolo 122 del [9].

- **Cessione del credito.**

Ulteriore alternativa alla fruizione diretta della detrazione è la **cessione di un credito d'imposta**, corrispondente alla detrazione spettante, ad altri soggetti, compresi gli istituti di credito e gli altri intermediari finanziari.

Tale opzione può essere effettuata in relazione a ciascuno stato di avanzamento dei lavori che, con riferimento agli interventi ammessi al Superbonus, non possono essere più di due per ciascun intervento complessivo e ciascuno stato di avanzamento deve riferirsi ad almeno il 30% del medesimo intervento.

In caso di comunicazione dell'opzione per la cessione, il credito può essere ceduto parzialmente solo in tale sede, mentre non può essere ulteriormente frazionato nelle successive cessioni, tuttavia il divieto di cessione parziale non impedisce, dopo la prima comunicazione di esercizio dell'opzione, di cedere le singole rate annuali di cui il credito si compone, ma solo di effettuare cessioni parziali dell'ammontare delle rate stesse, inibendone quindi un loro frazionamento.

Al fine di optare per la cessione del credito o dello sconto in fattura è obbligatorio per il contribuente richiedere: il **visto di conformità** dei dati relativi alla documentazione, che attesta la sussistenza dei presupposti che danno diritto alla detrazione d'imposta e l'**attestazione della congruità delle spese** da parte dei tecnici abilitati.

Qualora il beneficiario preveda di avvalersi di una di queste opzioni, sarà suo compito comunicare la rinuncia alla fruizione diretta della detrazione attraverso specifico modello da recapitare all'Agenzia delle Entrate.

Come avveniva per il meccanismo di detrazione diretta, anche nell'ipotesi di

sconto in fattura o cessione del credito il meccanismo si applica sia agli interventi trainanti che trainati.

2.2.1 Limiti di spesa degli interventi

L'articolo 119 del [9] indica i limiti di spesa ammessi a detrazione, a seconda dell'intervento realizzato.

Sarà di fondamentale importanza, a seguito di un progetto di efficientamento energetico, confrontare tali limiti con i costi degli interventi, in quanto eventuali spese che sfiorano i limiti imposti, non saranno ammesse a detrazione.

Nel presente sottoparagrafo vengono riportati, in modalità tabellare, i limiti di spesa degli interventi trainanti e trainati relativi ai soli interventi di efficientamento energetico, che saranno poi simulati nel **Capitolo 4** al fine di eseguire uno studio di fattibilità su un condominio esistente.

Limiti di spesa interventi trainanti

La Tabella 2.1 riporta i limiti di spesa per l'intervento di coibentazione. Tale intervento dovrà essere eseguito nelle modalità precedentemente descritte e rispettare i criteri imposti.

Tipo di edificio	Spesa massima
Unifamiliare	50.000 €
Edifici da 2 a 8 unità immobiliari	40.000 € moltiplicato n° unità
Edifici con più di a 8 unità immobiliari	30.000 € moltiplicato n° unità

Tabella 2.1: Limiti di spesa per intervento di isolamento termico.

Questo implica che, per esempio, nel caso in cui l'edificio sia composto da 14 unità immobiliari, il limite di spesa ammissibile alla detrazione è pari a 500.000 €, calcolato moltiplicando 40.000 € per 8 (320.000 €) e 30.000 € per 6 (180.000 €).

La Tabella 2.2 riporta i limiti di spesa per l'intervento relativo alla sostituzione degli impianti di climatizzazione. Tale intervento dovrà essere eseguito nelle modalità precedentemente descritte e rispettare i criteri imposti.

Questo implica che, per esempio, nel caso in cui l'edificio sia composto da 14 unità immobiliari, il limite di spesa ammissibile alla detrazione è pari a 250.000 €, calcolato moltiplicando 20.000 € per 8 (160.000 €) e 15.000 € per 6 (90.000 €).

Limiti di spesa interventi trainati

Come indicato in precedenza, anche questa tipologia di interventi è ammessa a detrazione, purché siano eseguiti congiuntamente ad almeno uno degli interventi trainanti.

Tipo di edificio	Spesa massima
Unifamiliare	30.000 €
Edifici da 2 a 8 unità immobiliari	20.000 € moltiplicato n° unità
Edifici con più di a 8 unità immobiliari	15.000 € moltiplicato n° unità

Tabella 2.2: Limiti di spesa per intervento di sostituzione di impianto.

La Tabella 2.3 riporta i limiti di spesa per gli interventi di efficientamento energetico come definiti da [6].

È stato scelto di riportare solo queste tipologie di intervento poiché saranno quelli simulati negli scenari del **Capitolo 4**.

Tipo di intervento	Spesa massima
Sostituzione di finestre	60.000 € moltiplicato n° unità
Sostituzione scaldacqua tradizionali con pompe di calore per ACS	30.000 € moltiplicato n° unità

Tabella 2.3: Limiti di spesa per intervento di efficientamento energetico.

Per entrambi gli interventi l'aliquota di detrazione ammessa sarà pari al 110%, così come indicato da Superbonus.

La Tabella 2.4 riporta i limiti di spesa per l'intervento relativo all'installazione di colonnine di ricarica.

Tipo di edificio	Spesa massima
Unifamiliare	2.000 €
Edifici con massimo 8 colonnine	1.500 € moltiplicato n° colonnine
Edifici con più di a 8 colonnine	1.200 € moltiplicato n° colonnine

Tabella 2.4: Limiti di spesa per installazione colonnine di ricarica.

Questo implica che, per esempio, nel caso in cui nell'edificio siano state installate 14 colonnine, il limite di spesa ammissibile alla detrazione è pari a 19.200 €, calcolato moltiplicando 1.500 € per 8 (12.000 €) e 1.200 € per 6 (7.200 €).

La Tabella 2.5 riporta i limiti di spesa per l'intervento relativo all'installazione di impianti solari fotovoltaici.

Il limite è espresso in funzione della potenza nominale installata, a cui però viene posto un tetto massimo di spesa detraibile pari a 48.000 €.

Questo implica che, per esempio, nel caso in cui nell'edificio sia stato installato un impianto solare fotovoltaico dalla potenza nominale di 10 kW , il limite di spesa ammissibile alla detrazione è pari a 24.000 € . Nel caso in cui, il campo solare installato ecceda la potenza nominale di 20 kW , la spesa ammessa a detrazione non potrà superare il valore massimo indicato.

Tipo di intervento	Spesa massima
Installazione impianto solare fotovoltaico	2.400 € moltiplicato ogni kW di potenza nominale

Tabella 2.5: Limiti di spesa per intervento di installazione impianto fotovoltaico.

La Tabella 2.6 riporta i limiti di spesa per l'intervento relativo all'installazione di sistemi di accumulo integrati con impianti solari fotovoltaici.

Il limite è espresso in funzione della capacità di accumulo installata, a cui però viene posto un tetto massimo di spesa detraibile pari a 48.000 € .

Questo implica che, per esempio, nel caso in cui nell'edificio sia stato installato un sistema di accumulo dalla capacità nominale di 10 kWh , il limite di spesa ammissibile alla detrazione è pari a 10.000 € . Nel caso in cui, il sistema di accumulo ecceda la capacità di 48 kWh , la spesa ammessa a detrazione non potrà superare il valore massimo indicato.

Tipo di intervento	Spesa massima
Installazione sistema di accumulo integrato con solare fotovoltaico	1.000 € moltiplicato ogni kWh di capacità d'accumulo

Tabella 2.6: Limiti di spesa per intervento di installazione sistemi di accumulo.

2.3 Criticità della misura fiscale

La misura fiscale del Superbonus viene riconosciuta come uno strumento che è stato in grado di rilanciare, seppur con risultati contestabili, il mercato relativo all'efficiamento energetico nel settore residenziale.

Tuttavia, tale risultato non è condiviso all'unanimità dagli addetti che si sono ritrovati ad affrontare i reali benefici e le complessità di questa misura fiscale.

Nato con lo scopo di risanare il patrimonio immobiliare nazionale e traghettare il Paese verso la transizione ecologica, ha avuto un forte impatto sul settore edilizio e impiantistico, creando, da un lato, un aumento dell'occupazione in questi ambienti, ma dando anche modo ad alcuni, per le modalità in cui è stato concepito, di commettere illeciti e truffe di vario genere.

Ideato come misura che sarebbe dovuta essere straordinaria e temporanea, dalla sua introduzione ha subito diverse modifiche e rimaneggiamenti, attraverso decreti legge e/o leggi di bilancio, che non sempre hanno avuto come risultato il rendere più trasparente e semplice questa misura.

La pratica ha evidenziato alcune criticità, da un lato di natura *tecnica* e dall'altro prettamente *economiche*.

2.3.1 Criticità tecniche

Nonostante il Superbonus sia una misura fiscale, esso va a scontrarsi nella sua applicazione, con il mondo ingegneristico. Già in questa fase nascono i primi ostacoli per procedere con un corretto utilizzo dei benefici fiscali.

Dalla sua introduzione, il Superbonus è stato recepito come misura che permettesse *a chiunque di rinnovare gratuitamente la propria abitazione*.

Già dalle condizioni necessarie per l'accesso ai benefici, precedentemente riportate, è chiaro che non è questo il reale accesso al Superbonus. Tuttavia, questa «credenza» ha portato molti privati ad interessarsi alla misura, allo scopo di poter ristrutturare la propria abitazione senza sostenere spese, e molte imprese a fornire prestazioni in questo settore, sebbene fossero prive delle competenze necessarie.

Proprio da questa osservazione sorge una delle criticità legate all'introduzione del Superbonus.

- *Quante sono le imprese in grado di realizzare correttamente i lavori previsti a detrazione?*

Le imprese presenti non erano sufficienti a coprire la domanda generata. Uno degli effetti è stato la nascita di imprese improvvisate, spesso incapaci di eseguire i lavori, o, ancora peggio atte ad eseguire illeciti e truffe in questi campi.

Un altro degli effetti del numero limitato di imprese è stato limitare l'accesso ai lavori per molti privati, semplicemente non essendoci nessuno in grado di offrire questo servizio.

Come riportato in precedenza, l'accesso al Superbonus è subordinato al rispetto di determinati requisiti tecnici.

- *Ma è sempre possibile eseguire il salto di due classi?*

Può capitare che con gli interventi ammessi a detrazione non sia possibile eseguire il doppio salto. Oltre a questo, è necessario sottolineare che il doppio salto non presenta sempre le stesse difficoltà tecniche. Passare da una classe A3 ad una A4 può risultare più facile che passare da una classe G ad una classe E.

Ciò può comportare che si vada ad eseguire un intervento su una casa già performante, e che in teoria non avrebbe bisogno di migliorie, mentre i lavori per efficientamento su edifici meno prestazionali non vengano eseguiti.

Questo aspetto, insieme a molti altri, ha posto un freno al reale impatto che il Superbonus poteva avere in termini di transizione energetica, poiché spesso i (pochi) lavori eseguiti sono stati per lo più volti alla ristrutturazione di edifici i cui proprietari erano già intenzionati ad eseguire opere di efficientamento, mentre è stata posta poca attenzione su edifici più datati, per cui un miglioramento avrebbe giovato, se eseguito su larga scala, in termini nazionali.

Questo tipo di considerazioni vanno a delineare una difficoltà, in merito all'accesso al Superbonus, già a partire dalle fasi iniziali. Tuttavia anche durante la fase operativa possono riscontrarsi varie difficoltà.

- *Quali sono i passaggi corretti e la documentazione da presentare per eseguire una pratica corretta?*

Già dalla sua introduzione, questa misura presentava un elevato grado di complessità. La documentazione, non solo quella tecnica, da produrre è molto elevata e spesso è stata variata con le modifiche successive che il Superbonus ha subito.

Sebbene l'effetto ricercato fosse quello di eseguire un controllo accurato su questa attività, quello prodotto è stato lo sviluppo di una certa avversione ad occuparsi di pratiche di questo tipo in alcuni professionisti operanti nel settore.

- *I materiali previsti a progetto sono sempre disponibili?*

Questo quesito pone l'attenzione sul tema di come debba essere eseguita una corretta progettazione. Essa oltre a perseguire il risultato di ottenere un miglioramento della prestazione energetica dell'edificio, deve scontrarsi con altre realtà dei mercati in cui opera.

Può capitare in fase progettuale di prevedere l'installazione di determinati materiali o componenti che tuttavia potrebbero non risultare disponibili al momento della fase di progettazione.

Ciò può precludere la possibilità di eseguire un certo tipo di lavori o in alternativa comporta la realizzazione di un nuovo progetto con materiali, e conseguentemente risultati, diversi da quelli previsti inizialmente.

2.3.2 Criticità economiche

Come sottolineato precedentemente, la misura del Superbonus ha avuto sicuramente un grande impatto sul settore edile, tuttavia non sempre gli effetti generati possono essere considerati in un'ottica positiva.

A detta di molti addetti, il problema sta proprio nel 110%, poiché non solo chi intende ristrutturare la propria abitazione riceve un incentivo per farlo, ma addirittura un «premio» in più rispetto a quanto potenzialmente speso. Proprio da tale considerazione nasce uno dei principali quesiti legati a questa misura fiscale.

- *Chi pagherà per questi lavori?*

Ciò che ad oggi ci sembra tutto gratuito e senza nessun tipo di costo, in quanto lo Stato si fa carico della spesa da sostenere, si ripercuoterà sicuramente nella generazione futura. Ci si chiede quindi se tale spesa sia stata effettivamente valida o se tali soldi avrebbero potuto avere un impiego migliore.

Proprio riguardo la spesa sostenuta e le modalità del Superbonus si apre un'altra criticità.

- *Eccessivo aumento dei prezzi delle materie utilizzate in questo settore.*

Tale rialzo è stato causato principalmente da due avvenimenti.

Il primo è legato all'elevata domanda che si è generata. In quanto invogliati dalla possibilità di una ristrutturazione gratuita, molti privati hanno cercato di sfruttare i benefici messi a disposizione dal Superbonus in una vera e propria «corsa all'oro» come è stata definita da alcuni.

In secondo luogo, essendo assente una partecipazione alla spesa da parte del privato, non vi era, da parte di chi commissionava il lavoro, un effettivo interesse ad ottenere un abbassamento dei prezzi. Quindi, nonostante la presenza dei limiti di spesa, che la misura impone, vi è stato comunque una variazione spropositata dei prezzi.

Questa pratica ha conseguentemente generato un effetto su scala più ampia. Ovvero che la quantità di denaro messa a disposizione per incentivare un certo numero di interventi a determinati prezzi, non era più sufficiente per effettuare il numero di interventi inizialmente previsto.

Volendo semplificare, se ad un prezzo iniziale p_1 era possibile eseguire la quantità X_1 di lavori, al nuovo prezzo $p_2 > p_1$ sarà possibile eseguire la quantità $X_2 < X_1$ di lavori, poiché i due scenari lavorano con lo stesso budget messo a disposizione.

Altro effetto da considerare su larga scala è quello derivante dalla saturazione del mercato con le tecnologie attuali, che può essere tradotto nella seguente osservazione:

- *L'incentivo fiscale incoraggia l'esecuzione degli interventi nell'immediato evitando quindi un intervento futuro*

Gli interventi impiantistici ed edili nel campo residenziale hanno una vita prevista che si aggira tra i 20 e i 40 anni, a seconda di alcune condizioni. Questo implica che se

tutti decidessero di rinnovare la propria abitazione, essendo invogliati dall'incentivo del Superbonus, per il lasso di tempo indicato, il mercato, in questo settore, sarebbe fermo.

Gli effetti di avere un mercato fermo potrebbero essere molteplici, ad esempio disincentivare le aziende ad innovare in questo settore e soprattutto, a causa della scarsità di lavoro, la chiusura di molte imprese operanti in questo ambito.

Proprio per tale motivo una misura fiscale dovrebbe essere concepita allo scopo di rilanciare un settore, e non "drogarlo" periodicamente al fine di evitarne il fallimento. In conclusione, è opportuno osservare che ci sarebbero molte altre considerazioni da fare in merito al Superbonus, ma esulano dallo scopo di questa tesi. Nonostante la possibilità di riportare una trattazione superficiale dell'argomento, era comunque opportuno analizzare, oltre ai vantaggi offerti da questa misura fiscale, anche alcune delle problematiche ad essa legate.

2.4 Studio di fattibilità per il Superbonus

Lo studio di fattibilità è un valido strumento in ambito pre-progettuale, che racchiude in sé la verifica di conformità dell'edificio, diagnosi energetica, e simulazione degli interventi. Esso rappresenta il primo passo, essenziale, per accedere alla pratica di ristrutturazione di un immobile beneficiando degli incentivi fiscali del Superbonus 110 %.

L'analisi o studio di fattibilità è quindi la prima operazione per valutare la possibilità di realizzare interventi di riqualificazione energetica (come suggeriti da ecobonus) o messa in sicurezza sismica (sismabonus) anche nella versione potenziata del Superbonus. È finalizzata a verificare che sussistano le condizioni e i requisiti previsti dalla normativa per poter accedere agli incentivi fiscali dei bonus edilizi.

Questa fase, che racchiude in sé verifiche di conformità, diagnosi energetiche e stima di massima delle opere, è tanto essenziale, quanto propedeutica al conferimento dell'incarico vero e proprio finalizzato alla Progettazione, Direzione Lavori, esecuzione degli interventi (trainanti e trainati) e asseverazione delle opere di efficientamento energetico e miglioramento sismico. [12]

Questa attività consiste quindi in una prima analisi dello stato di fatto dell'edificio, una stima di fattibilità tecnico-economica-energetica, basata su una conoscenza diretta dell'immobile, risultante da sopralluoghi, misure e rilievi in loco e finalizzata alla verifica che sussistano tutte le condizioni essenziali per beneficiare del Superbonus.

A fronte di queste considerazioni, lo studio di fattibilità può essere sintetizzato nei seguenti passaggi:

- verifica dei requisiti di conformità urbanistico-edilizia;
- attività di rilievo per stimare lo stato di fatto;
- diagnosi energetica del sistema edificio-impianto;
- individuazione di massima delle opere atte a garantire il miglioramento energetico dell'edificio previsto dal Superbonus;
- analisi economica degli interventi.

Il primo passo per intraprendere uno studio di fattibilità è quindi accertare che l'immobile sia stato costruito in modo legittimo, e che abbia il corrispondente titolo edilizio che lo certifichi in modo inequivocabile.

Oltre alla verifica di tale requisito, certificato dal relativo **titolo abilitativo edilizio**, è di fondamentale importanza l'accertamento della categoria catastale dell'immobile, attraverso **visura catastale**, essendo il Superbonus rivolto ai soli edifici ad uso residenziale.

Attestati i requisiti di legittimità necessari si procede con l'attività di rilievo dell'immobile per stimare lo stato di partenza.

In tale fase si osservano e si riportano le parti relative all'involucro edilizio disperdente

e le componenti impiantistiche. Il rilievo in loco ha il duplice scopo di permettere la codifica della prestazione di partenza, in termini energetici, e di individuare le possibili tipologie di interventi eseguibili sul complesso in esame.

Identificate tali caratteristiche, si vanno a simulare gli interventi ammessi a detrazione dal Superbonus, i quali devono rispettare il doppio requisito di presenza di intervento trainante e salto di due classi energetiche.

Proprio per tale motivo è cruciale eseguire una corretta **diagnosi energetica** che consiste nel produrre L'Attestato di Prestazione Energetica dello stato di fatto e in seguito lo stesso documento, successivamente all'intervento eseguito.



Figura 2.2: Documentazione APE. [12]

Dall'analisi della diagnosi energetica si avrà già quindi una prima informazione riguardo la possibilità di soddisfare le richieste previste dall'agevolazione fiscale e capire se sussistono i requisiti per procedere con il progetto vero e proprio.

Nel caso in cui la possibilità di eseguire i lavori sia accertata, si procederà con una valutazione dei costi degli interventi. Questi ultimi dovranno quindi concretizzarsi in materiali, quantità, dimensioni, peso, lavoro, manodopera e commutarsi in un costo risultante dal **computo metrico estimativo**.

Tale spesa avrà un tetto massimo ammissibile per beneficiare delle agevolazioni al 110 %, mentre eventuali surplus saranno esclusi dal beneficio.

Nel **Capitolo 3** e nel **Capitolo 4** verrà presentata in maniera dettagliata lo studio di fattibilità di un condominio, andando a sottolineare quali sono state le attività svolte, necessarie per comprendere la reale opportunità di sfruttare il Superbonus.

Capitolo 3

Stato di Fatto del complesso residenziale

Il presente capitolo ha lo scopo di illustrare lo Stato di Fatto del complesso residenziale, ovvero la situazione di partenza, espressa in termini energetici, dell'edificio oggetto di riqualificazione energetica.

Tale stato di partenza viene determinato a seguito di accurata ispezione delle unità immobiliari presenti e degli impianti installati, a cui fa seguito una modellazione attraverso software utilizzati in ambito tecnico-professionale.

3.1 Attività di rilievo del complesso residenziale

L'edificio oggetto di studio è situato in Bardonecchia (TO), ed è composto da 4 unità immobiliari disposte su due piani oltre ad un piano cantinato e un sottotetto.



Figura 3.1: Vista esterni del complesso residenziale.

Scopo dell'ispezione è determinare i principali parametri necessari ad una accurata modellazione del complesso, per stimarne lo stato di partenza e per determinare i

possibili interventi eseguibili. Ciò in accordo con le prescrizioni dovute alla misura fiscale che dà accesso alle detrazioni derivanti dalla riqualificazione.

3.1.1 Rilievi metrici

L'attività di rilievo del complesso, eseguita in presenza, ha come scopo principale quello di determinare i dati relativi alla struttura dell'edificio e la tipologia di impianto installato, atto a realizzare la climatizzazione degli ambienti di cui si compone il fabbricato.

Determinati tali parametri sarà possibile stimare il fabbisogno di energia termica dell'edificio, i risultati relativi all'impianto ed infine l'Attestato di Prestazione Energetica relativo al complesso.

Dati componenti opache involucro

Per valutare accuratamente le dispersioni del fabbricato, è necessario conoscere i **materiali** da cui esso è composto. L'attività di rilievo prevede quindi di determinare gli spessori delle mura disperdenti (orizzontali e verticali) e la relativa stratigrafia, quantunque possibile.



Figura 3.2: Dettaglio mura disperdenti orizzontali. (a) Pavimento verso garage, (b) Mura verso sottotetto.

La Figura 3.2 (a) mostra il pavimento tra il piano rialzato e il piano cantinato, mentre la Figura 3.2 (b) mostra il solaio interposto fra il primo piano e il sottotetto.

Nelle Tabelle da 3.6 a 3.13 vengono riportate nel dettaglio le caratteristiche di tutte le componenti disperdenti opache presenti nel fabbricato così da ottenere il valore di trasmittanza termica che contraddistingue ciascuna di esse, necessario per valutazioni di tipo energetico.

Volumi ambienti climatizzati

Un altro compito dell'attività di ispezione del complesso residenziale è determinare le altezze dei locali presenti e le relative superfici tramite un adeguato rilevamento con opportuni strumenti di misurazione.

Partendo dalle planimetrie a disposizione (Figure 3.4 e 3.5), si riportano le misure ottenute (Figure 3.6 e 3.7). Terminato tale processo sarà possibile conoscere il volume di ogni locale climatizzato, necessario per la valutazione del carico termico e del fabbisogno energetico. Tali valori sono riportati nella Tabella 3.16, presente nel sottoparagrafo **3.2.3**.

Dati componenti finestrati involucro

Il rilievo dei componenti finestrati è di fondamentale importanza, in quanto le caratteristiche dimensionali e strutturali di questi ultimi possono avere un grande impatto sulle dispersioni del fabbricato.

Dalle planimetrie a disposizione è possibile ottenere il numero di infissi presenti, mentre con l'attività di rilievo si vanno appunto a ricavare la tipologia di vetri, l'area del componente e il materiale del telaio come riportato nella Tabella 3.1.

Unità immobiliare	Nr. infissi	Tipologia vetri	Materiale telaio
Appartamento 1	5	Singolo	Legno
Appartamento 2	6	Singolo	Legno
Appartamento 3	5	Singolo	Legno
Appartamento 4	5	Doppio	Legno

Tabella 3.1: Dati infissi presenti nel fabbricato.

La Figura 3.1 mostra invece, a titolo di esempio, uno degli infissi presenti nel complesso in esame, mentre la Tabella 3.15 riporta le caratteristiche di trasmittanza e dimensioni dei serramenti.



Figura 3.3: Infissi presenti nel complesso residenziale.

Pianta piano rialzato

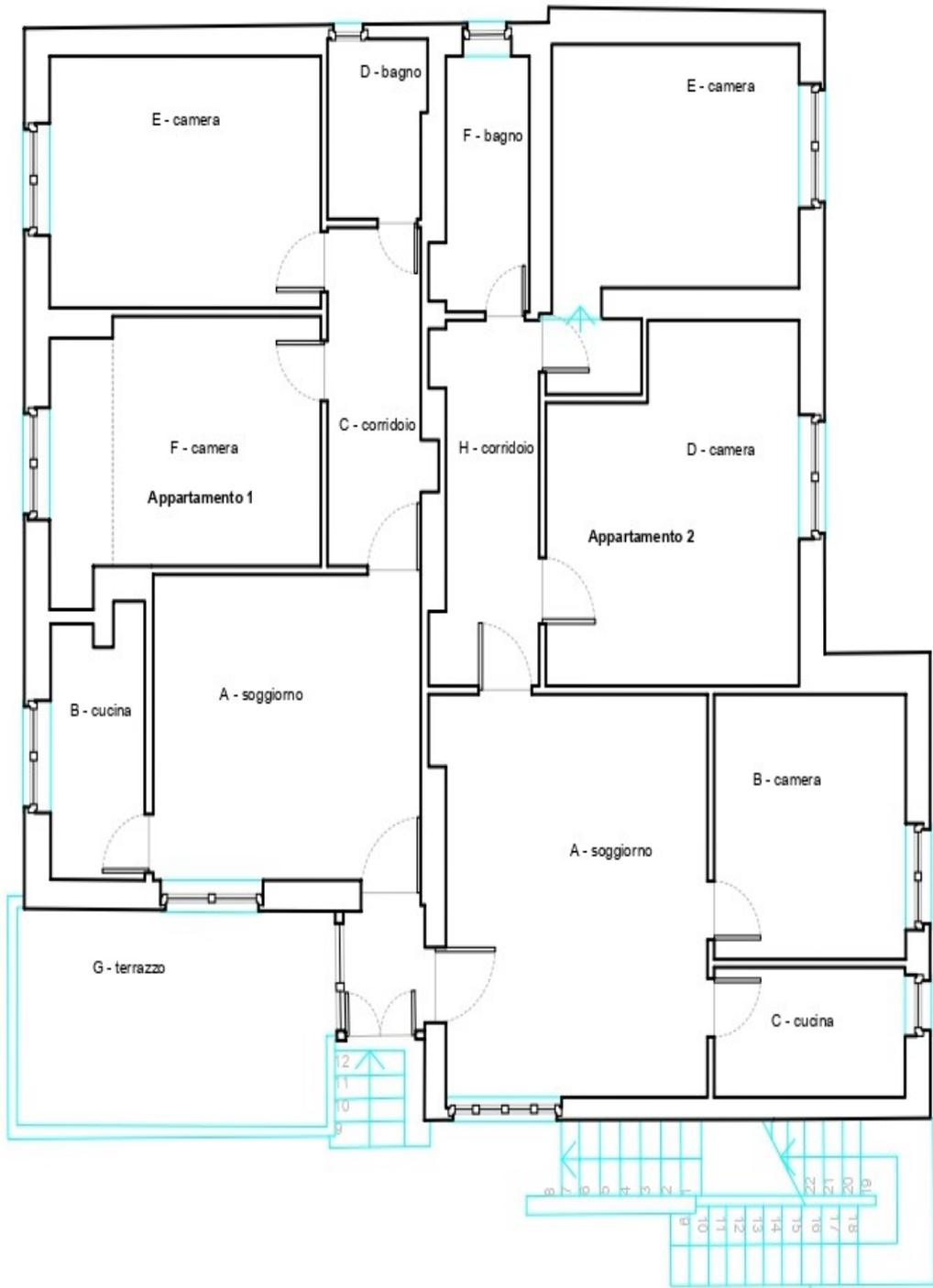


Figura 3.4: Planimetrie unità immobiliari. Piano rialzato.

Pianta piano primo

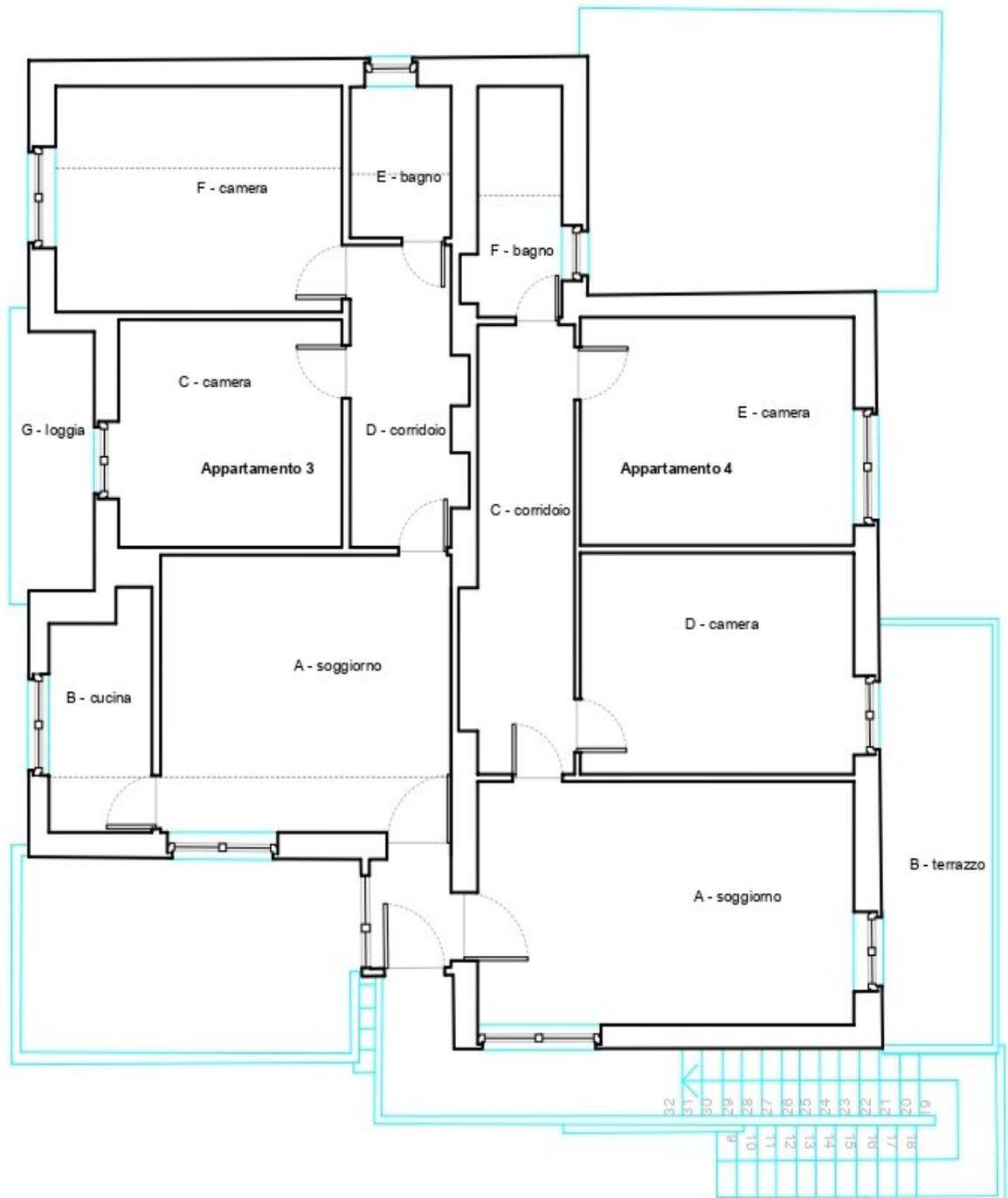


Figura 3.5: Planimetrie unità immobiliari. Piano primo.

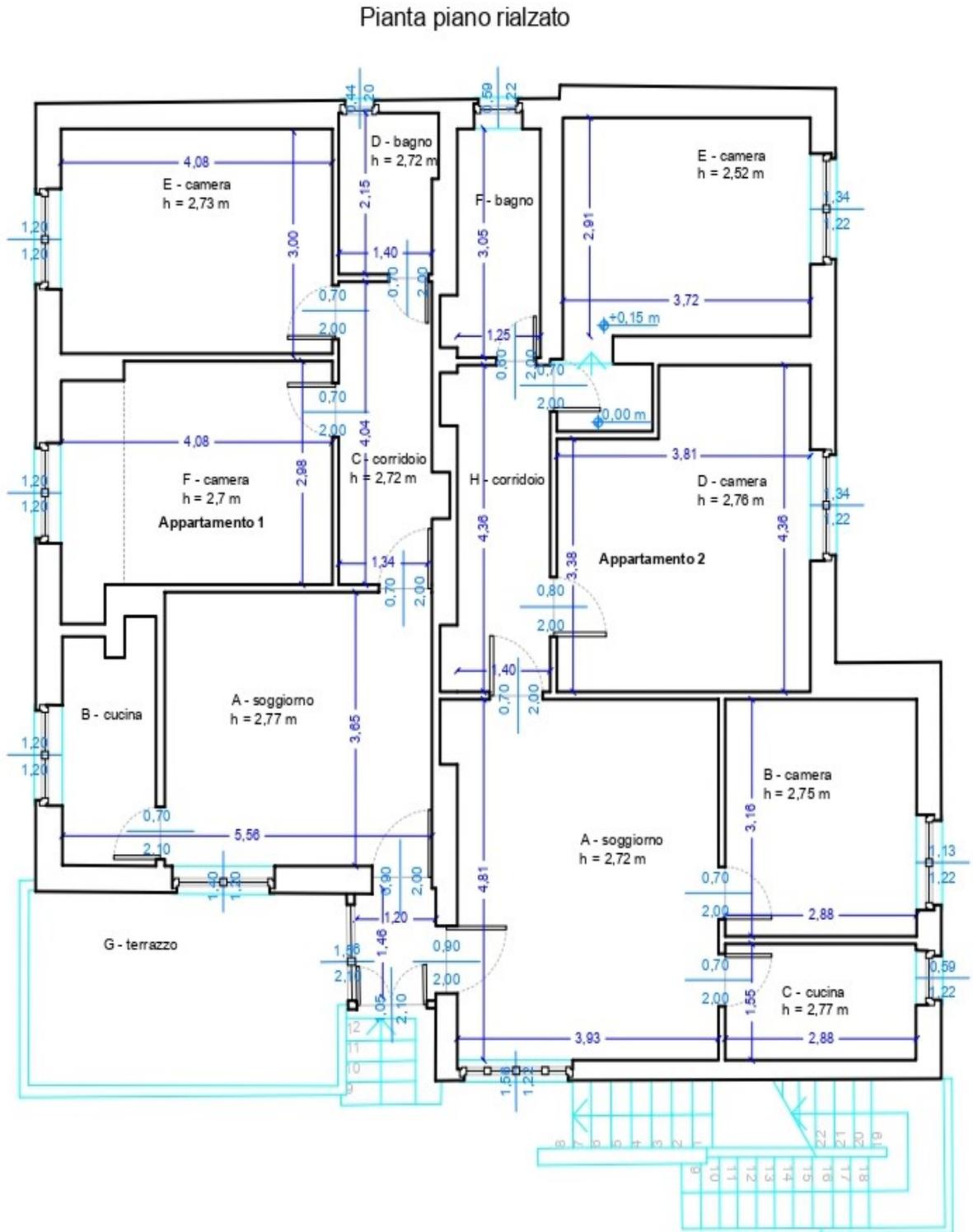


Figura 3.6: Planimetrie unità immobiliari quotate. Piano rialzato.

Pianta piano primo

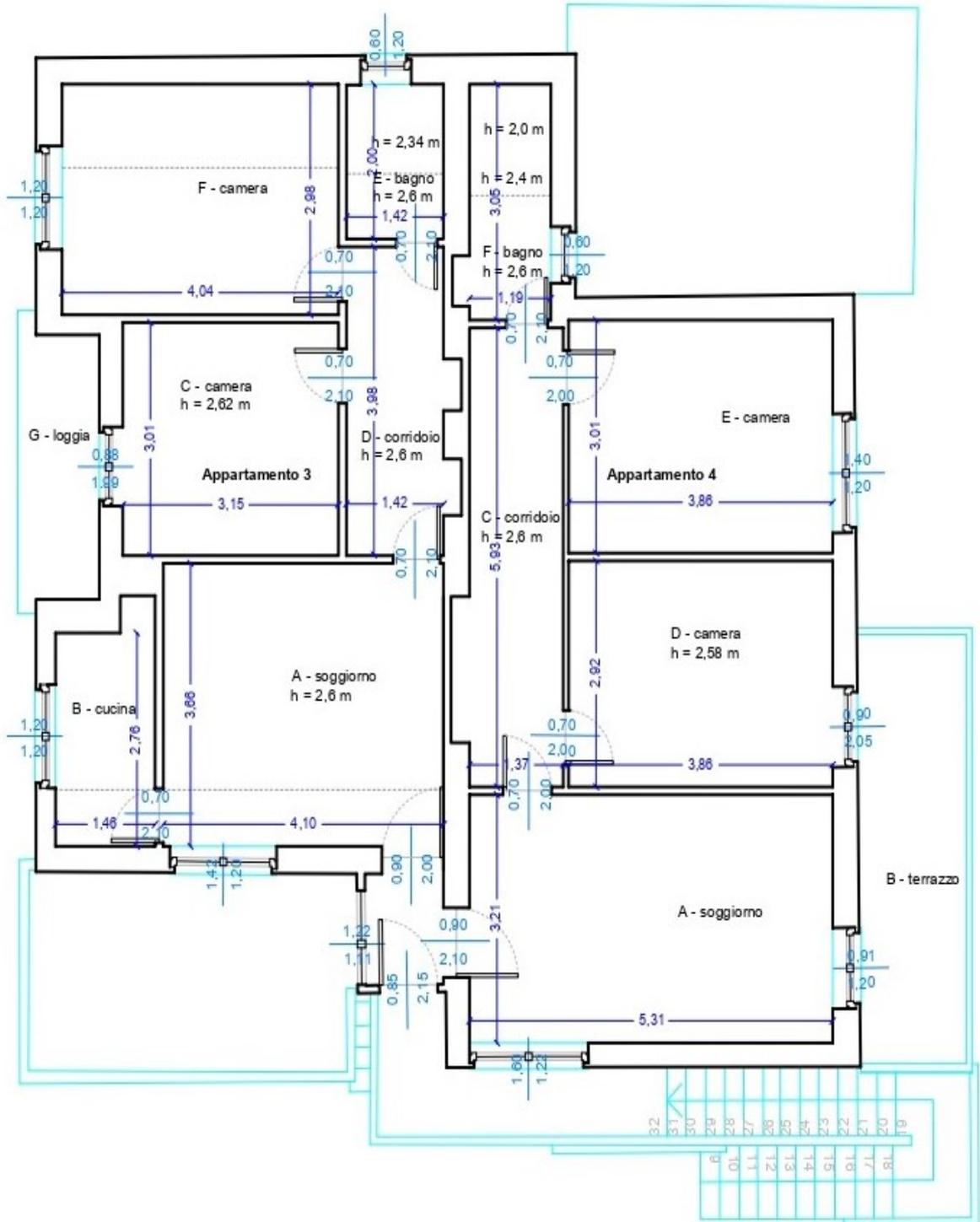


Figura 3.7: Planimetrie unità immobiliari quotate. Piano primo.

3.1.2 Tipologia sistema di climatizzazione

Le specifiche riguardanti l'impianto dedicato alla climatizzazione dell'edificio, riportate in questo sottoparagrafo, sono in parte derivanti dall'osservazione di quanto accertato in fase di rilievo e in parte ricavate dalla Scheda Identificativa dell'Impianto, documento obbligatorio secondo legge [13].

L'impianto termico installato nell'edificio è di tipo **centralizzato**, destinato a soddisfare il solo servizio di **climatizzazione invernale**.

Il fluido termovettore è **acqua**, con sistema di distribuzione di tipo **orizzontale** mentre il sistema di emissione negli ambienti climatizzati è composto da **radiatori a parete**.

Nella fase di rilievo sono state registrate le specifiche dei corpi scaldanti presenti (modello, materiale e dimensioni) e osservato il tipo di regolazione a cui è soggetta il sistema di emissione. Attraverso questi dati è possibile valutare la potenza installata dei corpi scaldanti e verificare se il sistema installato è in grado di bilanciare le dispersioni a cui è soggetto il fabbricato.



Figura 3.8: Radiatori installati nel complesso residenziale.

La Figura 3.8 mostra, a titolo illustrativo, due dei radiatori presenti (uno in alluminio e uno in ghisa). La valutazione della potenza complessiva dell'impianto radiante viene calcolata tramite [14] e la Tabella 3.2 ne riporta sinteticamente i risultati.

Unità immobiliare	Nr. radiatori	Potenza complessiva [kW]
Appartamento 1	5	6,93
Appartamento 2	6	12,91
Appartamento 3	5	7,87
Appartamento 4	5	7,48

Tabella 3.2: Potenza installata corpi scaldanti.

I valori ottenuti sono calcolati con un $\Delta T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, che rappresenta il salto termico fra la temperatura media del radiatore (supposta a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$) e la temperatura dell'ambiente da climatizzare (supposto a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Ne deriva quindi una **potenza totale installata** pari a $35,2\text{ kW}$, calcolata tramite software EC710 – Edilclima (Bilanciamento, contabilizzazione e ripartizione).

Per quanto riguarda il sistema di regolazione presente, sono installati all'interno delle singole unità immobiliari dei **termostati di zona**, riportati a titolo illustrativo nella Figura 3.9.



Figura 3.9: Termostati installati nel complesso residenziale.

Sono tuttavia assenti valvole termostatiche sui radiatori. L'assenza di questi dispositivi preclude la possibilità di avere una regolazione dell'impianto più efficiente.

3.1.3 Impianto di produzione per Acqua Calda Sanitaria

La produzione di Acqua Calda Sanitaria per le singole unità immobiliari è affidata a dei **boiler elettrici ad accumulo**. Ognuno degli appartamenti è dotato di un proprio boiler, si è quindi in presenza di un impianto **autonomo** per quanto riguarda l'ACS.

La Figura 3.10 riporta in maniera sintetica lo schema di impianto relativo all'Acqua Calda Sanitaria, con simbologia utilizzata prevista da [15], quando possibile.

Unità immobiliare	Marca boiler	Capacità [l]	Potenza [W]
Appartamento 1	Fismar	80	1200
Appartamento 2	Del Magro	80	1000
Appartamento 3	Ariston	75	1200
Appartamento 4	Fides	80	1000

Tabella 3.3: Dati boiler elettrici ad accumulo per ACS.

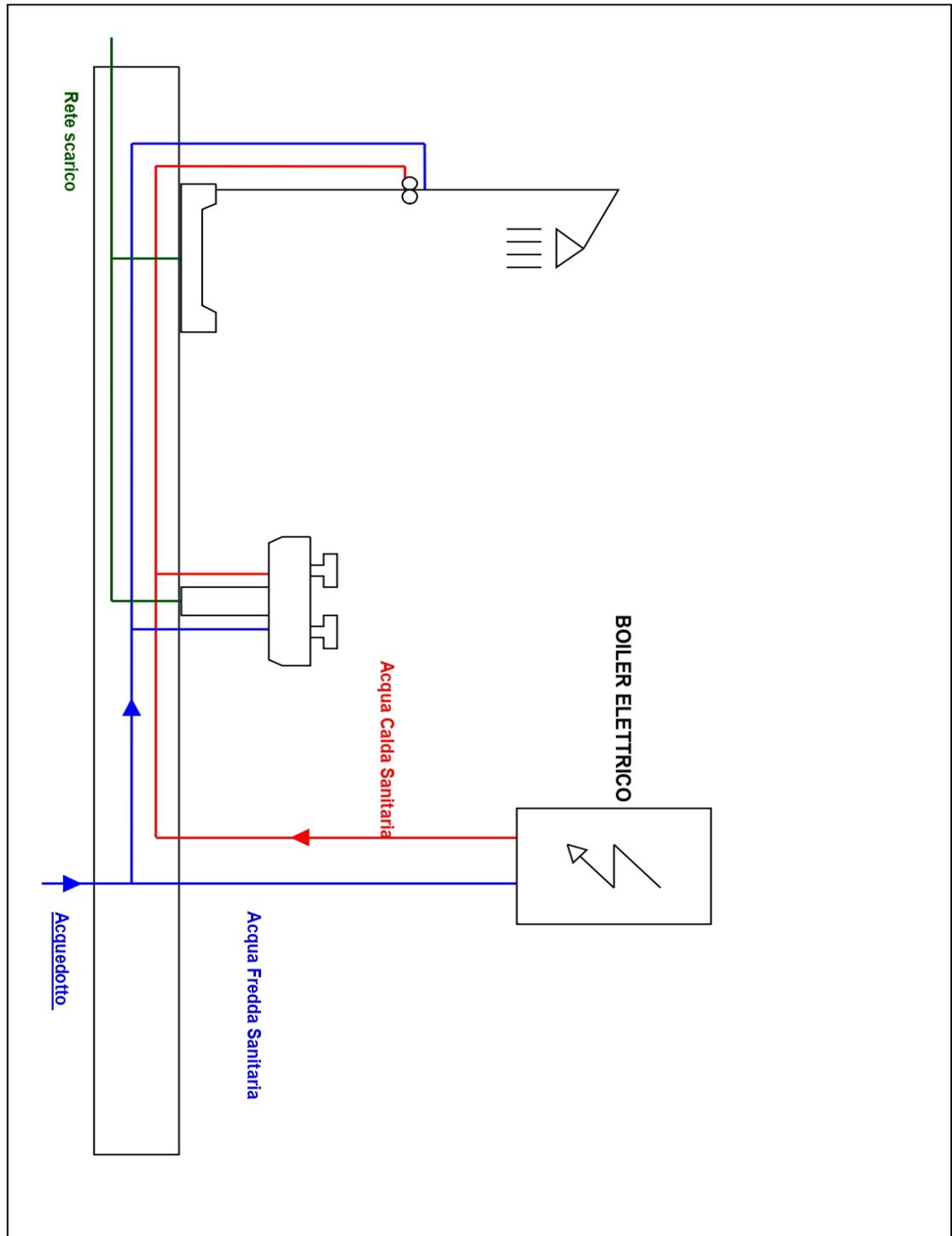


Figura 3.10: Schema impianto ACS.

La Tabella 3.3 riassume i dati principali degli apparecchi installati, riportati sulle apposite “targhette” affisse su questi ultimi.

La Figura 3.11 riporta infine le immagini dei boiler attualmente presenti negli appartamenti del complesso residenziale.



Figura 3.11: Boiler elettrici installati nel complesso residenziale.

3.1.4 Rilievo della Centrale Termica

La Centrale Termica (CT) è lo spazio fisico in cui vengono installate le apparecchiature dedicate alla produzione, accumulo e distribuzione del fluido atto a garantire la climatizzazione degli ambienti e, a seconda dei casi, per l'Acqua Calda Sanitaria.

Saranno quindi sicuramente presenti al suo interno componenti quali: generatori di calore, gruppi di pompaggio e accessori necessari a garantire la sicurezza e la funzionalità dell'impianto.

A causa delle apparecchiature installate, questo spazio rappresenta un luogo potenzialmente pericoloso, motivo per il quale la realizzazione di una CT è soggetta a diverse prescrizioni stabilite da leggi e norme come [16] e [17], per dispositivi contenenti liquidi caldi in pressione.

Il complesso in esame è caratterizzato da un impianto composto dalle seguenti apparecchiature.

- *Generatore di calore:* Caldaia tradizionale FER modello SEVEN N EL 5 2S.

La caldaia attualmente installata nella CT è contraddistinta dai dati tecnici riportati rispettivamente nelle Tabelle 3.4 e 3.5, ricavati da [18].

Potenze nominali [kW]				Rendimenti rilevati [%]		
P. Focolare max	P. Utile max	P. Focolare min	P. Utile min	P. nom 80/60	P. min 80/60	Carico ridotto 30% P. nom.
74,8	68,0	43,6	39,5	90,9	90,0	92,3

Tabella 3.4: Dati tecnici caldaia parte 1. [18]

Rilievi combustibile a Pmax			Perdite rilevate a Pmax			Portata fumi
ΔT fumi – ambiente	CO ₂	Rendimento di combustione	Al camino bruciatore acceso	Al camino bruciatore spento	Al mantello	
[°C]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kg/h]
100	5,3	92,2	7,8	0,63	1,3	204

Tabella 3.5: Dati tecnici caldaia parte 2. [18]

Secondo la [19], il generatore è classificato come apparecchio di tipo B, ovvero previsto per il collegamento a canna fumaria/camino o dispositivo di scarico per l'evacuazione all'esterno dei prodotti della combustione, mentre l'aria comburente è prelevata dall'ambiente stesso in cui l'apparecchio è posto.

Per quanto riguarda il tipo di combustibile adottato per il processo di combustione in caldaia, si è in presenza di **gas naturale**, mentre per i dettagli relativi

alla rete di distribuzione, che collega il generatore ai corpi scaldanti, sono stati illustrati nel sottoparagrafo **3.1.2**. Infine la Figura 3.12 mostra il dispositivo installato nella CT.



Figura 3.12: Caldaia presente in CT.

- *Gruppo di pompaggio*: Pompa GRUNDFOS gemellare UPSD 40 – 50 F 250 P e Pompa GRUNDFOS UPS 32 – 25 180.

Lo scopo di questi componenti è garantire la circolazione del fluido termovettore, in questo caso acqua, all'interno delle tubazioni, fornendo la prevalenza necessaria.

Nell'impianto in esame, la pompa di circolazione, Figura 3.13 (a), è installata sulla mandata del circuito (lato caldo), mentre la pompa anticondensa, Figura 3.13 (b), è installata sul ritorno (lato freddo) ed ha come compito quello di far aumentare la temperatura del fluido di ritorno in caldaia, immettendo in esso acqua prelevata direttamente dalla mandata.

Le pompe installate nell'impianto sono identificate da dei codici modello che ne sintetizzano le principali caratteristiche. La Figura 3.14, ricavata da [20], riporta la decodifica di questi codici.

La pompa di circolazione è quindi una pompa gemellare con controllo di velocità. Il diametro d'attacco è pari a 40 mm con prevalenza massima pari a 5 m, un raccordo di tubazione con flangia e un interasse di 250 mm.

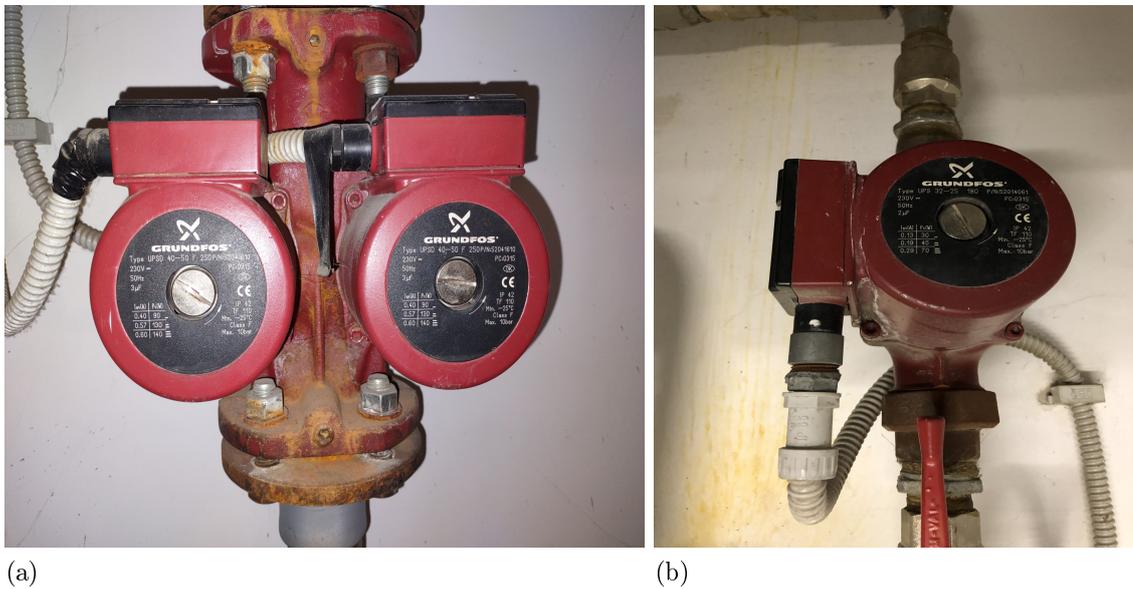


Figura 3.13: Gruppo di pompaggio presente in CT. (a) Pompa di circolazione, (b) Pompa anticondensa.

La pompa anticondensa è una pompa con controllo di velocità e diametro d'attacco a 32 mm, con prevalenza massima pari a 2,5 m, raccordo di tubazione filettato e un interasse pari a 180 mm.

Esempio	UP	S	D	40	-50	F
Denominazione gamma						
S = controllo elettrico velocità						
Pompa gemellare						
Diametro nominale (DN) delle bocche di aspirazione e di mandata [mm]						
Max. prevalenza [dm]						
Raccordo tubazione:						
= attacco filettato (senza lettera)						
F = flangia						
Corpo pompa:						
= ghisa (senza lettera)						
N = acciaio inox						
A = corpo pompa con separatore d'aria, flusso acqua verso l'alto						
K = versione acqua fredda						
KU = versione acqua calda (scatola morsetti e statore riempiti di schiuma isolante)						

Figura 3.14: Codici modello pompe. [20]

- Vaso di espansione: CIMM ERE CE 50.

Il vaso di espansione rappresenta un componente fondamentale nell'impianto installato. Esso si occupa infatti di contenere le variazioni di pressioni che

avvengono all'interno dell'impianto.

Nel circuito presente in CT è installato un vaso d'espansione chiuso sul ramo di ritorno, come si può vedere dalla Figura 3.15. Esso è caratterizzato da una capacità di 50 litri e una pressione di precarica standard pari a 1,5 bar con una pressione massima di esercizio che può arrivare fino a 6 bar, come riportato da [21].

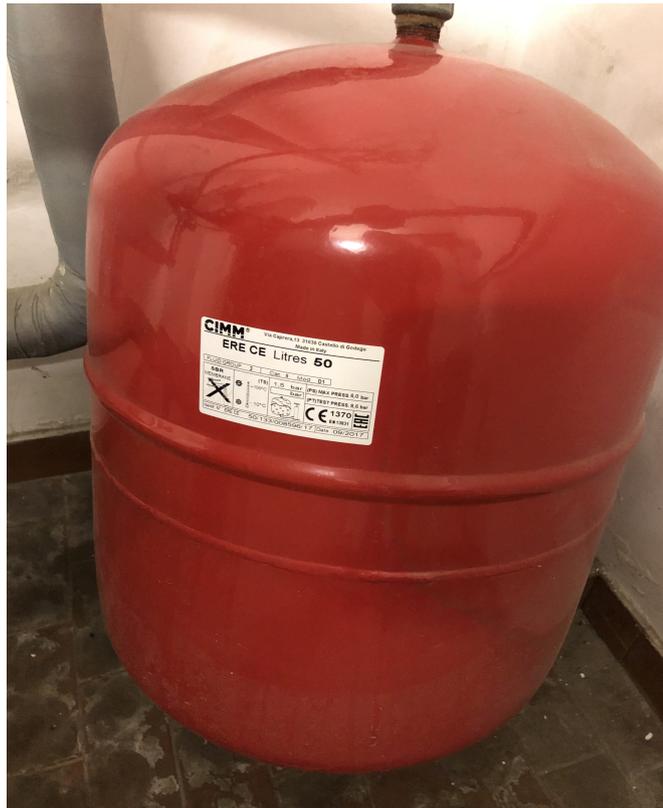


Figura 3.15: Vaso d'espansione presente in CT.

Come indicato nella scheda tecnica, il vaso d'espansione è realizzato secondo gli standard definiti da [17] e [22], che ne stabiliscono i criteri di realizzazione.

- *Canna fumaria*

Questo dispositivo ha lo scopo di evacuare i fumi prodotti dal processo di combustione che avviene in caldaia.

Nel caso in esame, ovvero quello di canna fumaria a servizio di un singolo generatore, la progettazione di questi componenti è stabilita dalla [23], che prescrive diverse condizioni da rispettare, relative a pressione e temperatura dei fumi, per avere un adeguato «tiraggio».

Per garantire tali condizioni è necessaria una corretta scelta della geometria, diametro e lunghezza, della canna fumaria.

Anche i materiali utilizzati rappresentano un importante parametro di progetto, così come un'attenta coibentazione del canale da fumo e del camino, osservabile dalla Figura 3.16.



Figura 3.16: Particolari della canna fumaria presente in CT.

- *Dispositivi di sicurezza, protezione e controllo*: Valvola Intercettazione Combustibile, Valvola di Sicurezza, Pressostati, Termometro e Manometro.

La presenza di questi dispositivi all'interno della Centrale Termica è resa obbligatoria da [16] e dalle relative specifiche della Raccolta R INAIL.

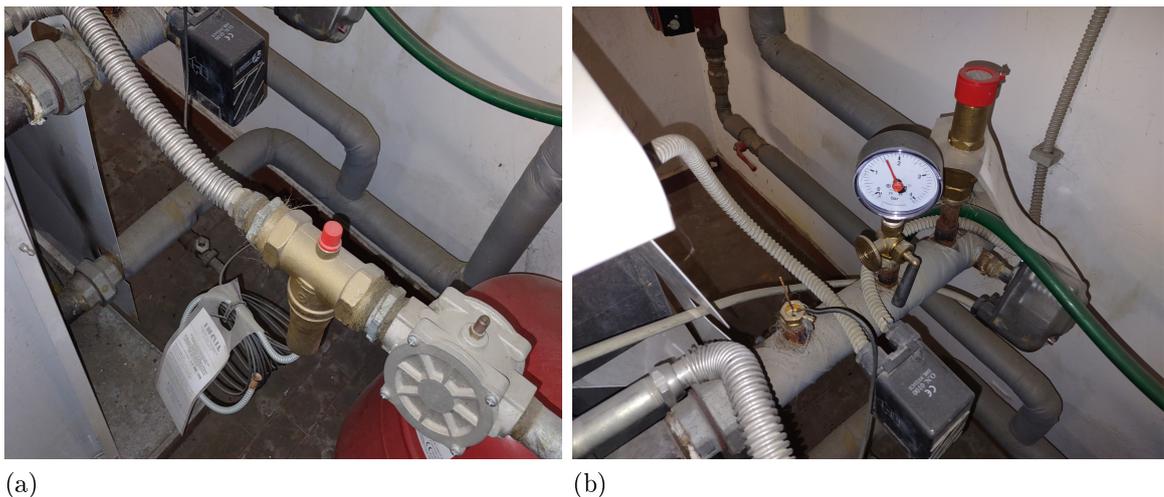


Figura 3.17: Particolari dei dispositivi di sicurezza, protezione e controllo presenti in CT. (a) Valvola intercettazione combustibile, (b) Rampa INAIL.

I dispositivi di sicurezza, come la Valvola di Intercettazione Combustibile (VIC)

e la Valvola di Sicurezza (VS), hanno il compito di impedire il superamento di determinati valori di pressione e temperatura all'interno dell'impianto.

Nella CT sono presenti una VIC caratterizzata da una temperatura di intervento pari a $98\text{ }^{\circ}\text{C}$ e da un diametro nominale di 32 mm e una VS caratterizzata da una pressione di taratura pari 3 bar , con diametro nominale di 20 mm .

I dispositivi di protezione, come i Pressostati di minima e di massima, sono destinati a proteggere il generatore prima che si verifichi l'intervento dei dispositivi di sicurezza.

I dispositivi di controllo, come Termometro e Manometro, consentono invece la misura dei parametri di esercizio, rappresentando inoltre un primo strumento d'allarme qualora i parametri indicati risultino differenti da quelli di progetto.

Infine la Figura 3.18 riporta lo schema di impianto della Centrale Termica, dove la simbologia adottata per i principali componenti, illustrati in precedenza, è sempre quella stabilita dalla [15].

3.2 Modellazione del complesso tramite software

Completata la procedura di rilievo, al termine della quale si è in possesso dei dati relativi alla parte strutturale e all'impianto dell'edificio, è possibile procedere con la sua modellazione.

Essa avviene tramite software EC700 – Edilclima (Calcolo prestazioni energetiche degli edifici). Tramite la compilazione di varie maschere del programma, che dipendono dal tipo di calcolo da effettuare sull'edificio, si raggiungono i risultati necessari a una valutazione di tipo energetica.

Infatti, scopo di questa procedura è determinare la Classe Energetica risultante dell'edificio, che rappresenta lo stato di partenza da cui si andranno a simulare successivamente gli interventi atti a migliorarne la prestazione da un punto di vista energetico.

3.2.1 Dati generali

In questa maschera del programma vengono inseriti i dati necessari all'elaborazione di un nuovo progetto.

- *Dati Progetto*

In questa scheda si vanno ad inserire i dati relativi alla destinazione d'uso dell'edificio e lo scopo del calcolo.

In funzione della destinazione d'uso si va ad indicare la categoria che caratterizza l'edificio, stabilita da [24], che a sua volta verrà considerata per stabilire le verifiche da effettuare ai sensi del [25].

Nel caso in esame la categoria è **E.1(2)**, ovvero Abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria.

Per quanto riguarda lo scopo del calcolo, la valutazione sarà di tipo **A2**, relativo alle Verifiche di legge ed APE.

- *Dati Climatici*

In questa scheda è possibile definire le caratteristiche della località in cui si trova l'edificio. La scelta dei dati climatici è definita secondo norma [26].

La zona climatica invece è stabilita da [24] in base ai gradi giorno della località in esame, pari a **3043 gg** per il comune di Bardonecchia, da cui risulta una **zona climatica F** cui corrisponde un periodo convenzionale di riscaldamento pari a 200 giorni.

- *Regime Normativo*

Come indicato precedentemente, il calcolo relativo alla prestazione dell'edificio è basato sulle Verifiche di legge e Attestato Energetico. Per entrambi la normativa di riferimento è data da [25].

- *Dati Default*

In questa scheda vengono inseriti i dati di uso più frequente che verranno automaticamente proposti in fase di introduzione dei dati relativi ai locali, alle zone ed all'edificio, con eventuale possibilità di modifica durante la fase di modellazione.

Tra i dati principali che vengono riportati ci sono:

La **Temperatura interna** per la valutazione della Potenza Invernale:

$$\theta_{int,p,H} = 20 \text{ } ^\circ C.$$

Il **Numero di ricambi d'aria orari** per la valutazione della Potenza Invernale:

$$n_{p,H} = 0,50 \text{ Vol/h.}$$

Poiché si è in presenza di calcolo regolamentare, i valori adottati sono quelli convenzionali.

3.2.2 Componenti involucro

Attraverso questa maschera del programma si vanno a codificare le strutture opache, i ponti termici e i componenti finestrati che caratterizzano la struttura.

La codifica di queste strutture si basa sulle osservazioni che sono state riportate nel sottoparagrafo **3.1.1**.

Strutture opache

In questa sezione vengono codificate le strutture come: mura, pavimenti e soffitti.

Per quanto riguarda il complesso residenziale oggetto di studio sono state inserite nel software 7 strutture differenti, sufficienti per rappresentare in maniera esaustiva le componenti da cui il fabbricato è formato. Per ognuna di esse si va ad identificare la tipologia, la stratigrafia e i dati necessari per il calcolo della prestazione energetica secondo [27].

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Intonaco di gesso	5,00	0,4000	0,013
Mattoni forati	120,00	0,3870	0,310
Intercapedine non ventilata	120,00	0,6667	0,180
Blocco forato	150,00	0,3330	0,450
Intonaco di gesso	5,00	0,4000	0,013

Tabella 3.6: Stratigrafia muro esterno.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Intonaco di gesso	5,00	0,4000	0,013
Blocco forato	150,00	0,3330	0,450
Intonaco di gesso	5,00	0,4000	0,013

Tabella 3.7: Stratigrafia sottofinestra.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Piastrelle di ceramica	10,00	1,3000	0,008
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Intonaco di gesso	10,00	0,4000	0,025

Tabella 3.8: Stratigrafia pavimento/soffitto interpiano.

Le Tabelle che vanno da 3.6 a 3.12 riportano nel dettaglio la stratigrafia delle componenti opache del fabbricato. Per ognuna delle pareti sono stati indicati gli spessori dei materiali da cui sono composte, insieme alla conduttività e la resistenza termica che li caratterizza.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Piastrelle di ceramica	10,00	1,3000	0,008
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Intonaco di gesso	10,00	0,4000	0,025

Tabella 3.9: Stratigrafia pavimento verso cantine.

Note le stratigrafie è possibile calcolare la trasmittanza termica delle strutture in accordo alla [28].

I valori delle diverse pareti sono riportati nella Tabella 3.13, insieme alla tipologia e alla temperatura esterna in accordo alla [27].

Indicare la tipologia di parete è un requisito fondamentale, in quanto caratterizza i tipi di ambiente fra cui essa si interpone. Nel dettaglio le lettere riportate indicano rispettivamente:

- *Tipo T*: struttura disperdente verso l'ambiente esterno.
Con questa tipologia si indicano le strutture rivolte direttamente verso l'esterno;

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Tegole in terracotta	20,00	1,0000	0,020

Tabella 3.10: Stratigrafia tetto.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Intonaco di gesso	10,00	0,4000	0,025

Tabella 3.11: Stratigrafia soffitto verso sottotetto.

- *Tipo N*: struttura disperdente verso zone o appartamenti vicini.
Con questa tipologia si indicano le pareti confinanti con unità immobiliari vicine comprese nell'ambito dell'edificio in esame;
- *Tipo U*: struttura disperdente verso locali non climatizzati o serre solari.
Con questa tipologia si indicano tutte le strutture rivolte verso locali non climatizzati o serre solari;
- *Tipo E*: struttura disperdente da locali non climatizzati verso l'ambiente esterno.
Con questa tipologia si indicano le strutture che separano un ambiente non climatizzato dall'ambiente esterno.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Piastrelle di ceramica	10,00	1,3000	0,008
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Intonaco di gesso	10,00	0,4000	0,025

Tabella 3.12: Stratigrafia balcone.

Per quanto riguarda la temperatura esterna indicata nella Tabella 3.13, essa è riportata in accordo con il tipo di struttura indicata.

Per le strutture di di *tipo T* e di *tipo E* essa è stabilita in accordo alla temperatura di riferimento della località in cui si trova il complesso residenziale (Bardonecchia).

Per le strutture di di *tipo N* essa è pari alla temperatura interna in quanto parete divisoria fra due locali climatizzati.

Per le strutture di di *tipo U* il criterio di assegnazione varia a seconda della metodologia utilizzata.

Per il pavimento verso cantine è stata stabilita indicando un fattore di correzione dello scambio di energia termica tra ambienti climatizzato e non climatizzato in accordo alla [29], dal valore $b_{tr,U} = 0,60$.

Per il sottotetto è stato invece eseguito un calcolo di tipo analitico, andando a modellare la zona non climatizzata interposta tra il soffitto del primo piano e il tetto del complesso residenziale, Figura 3.20 (c).

Descrizione	Tipologia	Trasmittanza [W/m^2K]	Spessore [mm]	T. esterna [$^{\circ}C$]
Muro esterno	T	0,879	400,00	-14,0
Sottofinestra	T	1,544	160,00	-14,0
Pavimento/soffitto interpiano	N	1,378	270,00	+20,0
Pavimento verso cantine	U	1,378	270,00	-0,4
Tetto	E	6,169	20,00	-14,0
Sottotetto	U	1,729	260,00	-8,5
Balcone	T	1,894	270,00	-14,0

Tabella 3.13: Dati pareti disperdenti opache.

Ponti termici

In accordo alla [30] un ponte termico è «una parte dell'involucro edilizio dove la resistenza termica, altrove uniforme sulla superficie delle pareti, cambia in modo significativo per effetto di una o più delle seguenti situazioni:

- *compenetrazione totale o parziale di materiali con conduttività termica diversa nell'involucro edilizio;*
- *variazione dello spessore della costruzione;*
- *differenze tra l'area della superficie disperdente sul lato interno e quella sul lato esterno, come avviene per esempio in corrispondenza dei giunti tra parete e pavimento o parete e soffitto.»*

Considerando la definizione data di queste componenti dell'involucro, è indubbio che una valida stima delle dispersioni e dei fabbisogni del fabbricato ne debba prevedere una corretta modellazione, in quanto essi saranno sicuramente presenti.

Una valutazione inadeguata dei ponti termici potrebbe portare a sottostimare il carico necessario alla climatizzazione dell'edificio e, di conseguenza, condurre a scelte progettuali sbagliate.

La modellazione di queste componenti è stata eseguita tramite software EC 709 –

Edilclima (Ponti termici), che permette la valutazione della trasmittanza termica lineica secondo [30].

I ponti termici, come le strutture che compongono l'involucro edilizio, sono identificati da una specifica tipologia, mostrata nel dettaglio nella Figura 3.19.

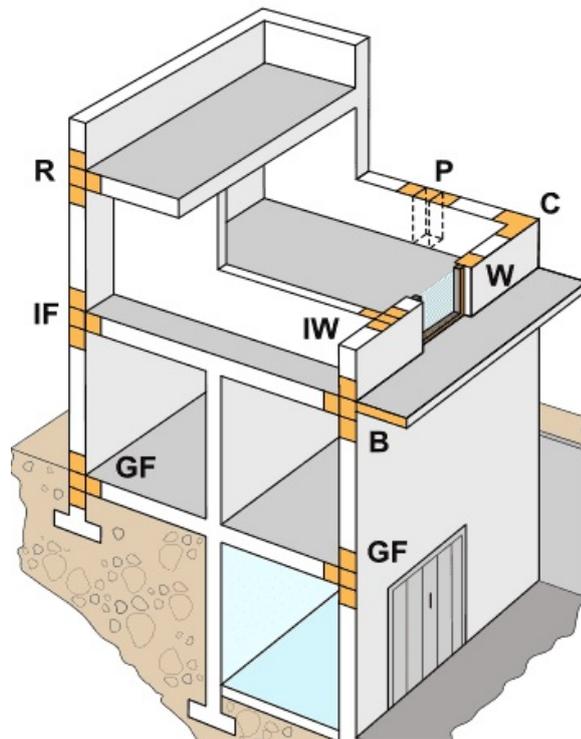


Figura 3.19: Tipologia ponti termici.

La Tabella 3.14 invece riporta le tipologie codificate e il valore di trasmittanza termica lineica ottenuto tramite calcolo.

Descrizione	Tipologia	Trasmittanza lineica [W/mK]
Parete – Telaio	W10	0,096
Parete – Solaio interpiano	IF4	0,287
Parete – Copertura	R18c	-0,576
Parete – Pilastro	P4	0,308
Parete – Solaio rialzato	GF12b	-0,536
Parete – Balcone	B4	0,233

Tabella 3.14: Dati ponti termici.

Il numero riportato nella Tipologia di Tabella 3.14 sta ad indicare la presenza e la posizione di materiale isolante (assente nelle strutture del fabbricato).

Il valore di Trasmittanza lineica è calcolato immettendo come dati di input gli spessori e le conduttività termiche delle pareti che vanno a comporre il ponte termico. Essendo calcolato per differenza, esso può assumere valori negativi nel caso in cui il flusso disperso totale sia inferiore a quello dato dalla somma delle pareti che vanno a formare il ponte termico.

Componenti finestrati

In questa maschera vengono codificati i componenti finestrati presenti nell'edificio. I dati da inserire per una corretta modellazione riguardano: la tipologia di serramento, i dati di potenza e energia richiesti da [27], l'inserimento del ponte termico associato al modulo finestrato, le dimensioni misurate in fase di rilievo e l'eventuale presenza di sottofinestra.

Il numero totale di finestre presenti è pari a 21, come si evince da Tabella 3.1, mentre quelle codificate nel software sono pari a 12, poiché alcune di esse sono uguali in dimensioni e materiali come si può notare dalla Figura 3.6 e dalla Figura 3.7.

La Tabella 3.15 riporta i dati relativi ai componenti finestrati presenti.

Descrizione	Tipologia serramento	Sottofinestra	Tipologia vetro	Area totale [m ²]	Trasmittanza serramento [W/m ² K]
Finestra 1	singolo	presente	singolo	1,452	4,525
Finestra 2	singolo	assente	singolo	1,452	4,525
Finestra 3	singolo	assente	singolo	1,680	4,619
Finestra 4	singolo	assente	singolo	0,600	4,187
Finestra 5	singolo	assente	singolo	1,827	4,811
Finestra 6	singolo	assente	singolo	0,756	4,399
Finestra 7	singolo	assente	singolo	1,920	4,492
Finestra 8	singolo	assente	singolo	1,080	4,644
Finestra 9	singolo	assente	doppio	1,920	3,131
Finestra 10	singolo	assente	doppio	0,720	3,059
Finestra 11	singolo	assente	doppio	1,452	3,120
Finestra 12	singolo	presente	doppio	1,620	3,129

Tabella 3.15: Dati componenti finestrati.

Per tutte le finestre presenti il ponte termico associato è quello **Parete – Telaio**, tipologia **W10**, mentre la **Temperatura esterna** è pari a $-14,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I valori di Trasmittanza serramento ottenuti sono stati ricavati imponendo una **trasmittanza termica di telaio** pari a $U_f = 2,0\text{ W/m}^2\text{K}$ (specifica per telai in legno) e un valore di **conducibilità** pari $\lambda = 1,0\text{ W/mK}$ per il vetro degli infissi.

3.2.3 Input grafico

Attraverso questa maschera si procede con la vera e propria modellazione del complesso residenziale. Codificate le strutture, si va a realizzare un modello dell'edificio, composto dalle componenti opache, da quelle vetrate e dai ponti termici precedentemente descritti.

La Figura 3.20 mostra i diversi piani che compongono la struttura. È possibile riconoscere le mura disperdenti verticali, i divisori interni ed anche i pilastri. Anche gli elementi come finestre e tetti sono facilmente riconoscibili.



Figura 3.20: Modelli dei piani dell'edificio. (a) Piano rialzato, (b) Piano primo, (c) Sottotetto.

Nella scheda input grafico vengono definiti anche gli ombreggiamenti, come: balconi, alberi o eventuali ostacoli; riconoscibili nella Figura 3.21 che mostra il risultato ottenuto nella modellazione dell'edificio.

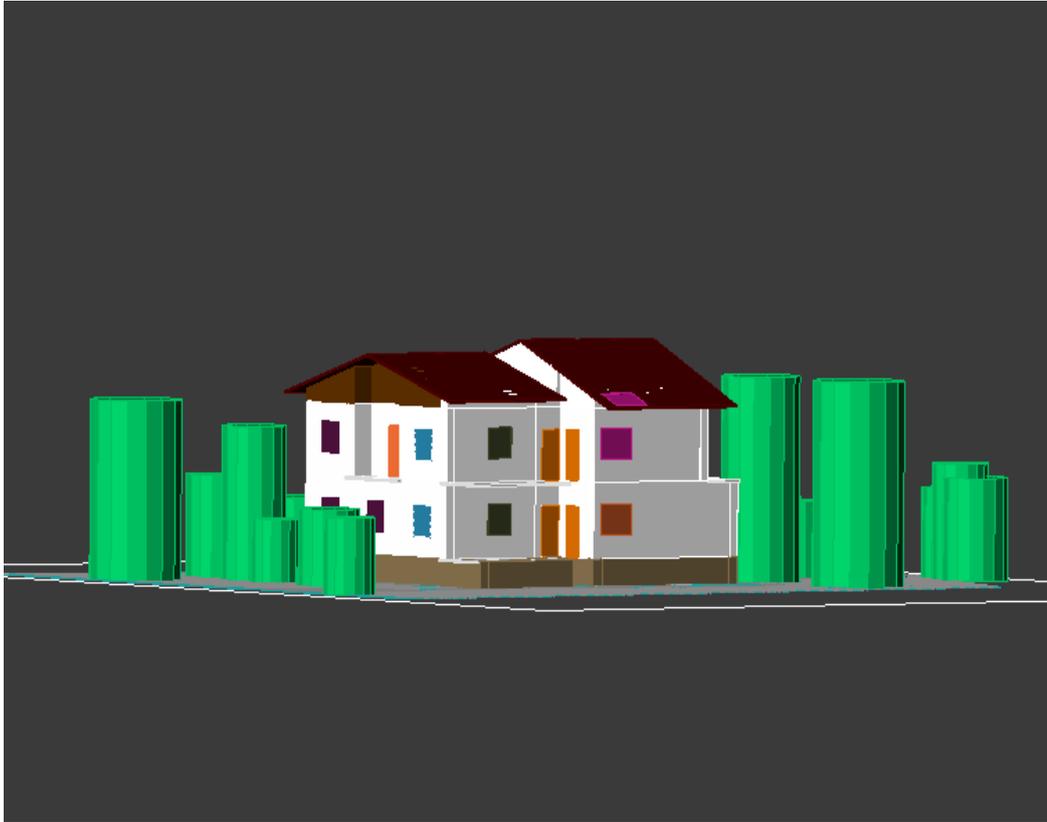


Figura 3.21: Modello del complesso residenziale.

Terminata la fase di modellazione si vanno ad indicare le zone climatizzate presenti nell'edificio (4 nel caso in esame) ed una volta esportati i dati si ottengono i risultati relativi alla sola parte del fabbricato (riportati nel sottoparagrafo **3.2.5**).

La Tabella 3.16 riporta invece le dimensioni geometriche associate ad ogni appartamento, misurate in fase di rilievo.

Unità immobiliare	Sup. netta [m ²]	Vol. lordo [m ³]	Sup. lorda [m ²]	S/V [m ⁻¹]
Appartamento 1	54,71	203,32	142,06	0,70
Appartamento 2	70,76	269,14	209,06	0,78
Appartamento 3	50,31	184,36	134,95	0,73
Appartamento 4	52,73	194,79	147,42	0,76

Tabella 3.16: Dati geometrici zone climatizzate.

3.2.4 Codifica Impianto

In questa maschera si vanno a inserire le caratteristiche degli impianti volti al riscaldamento dell'edificio e alla produzione di Acqua Calda Sanitaria. Le informazioni relative ai due impianti sono riportate nel dettaglio nei sottoparagrafi **3.1.2** e **3.1.3**. La Figura 3.22 mostra sinteticamente la configurazione presente, con riscaldamento centralizzato e ACS autonoma.

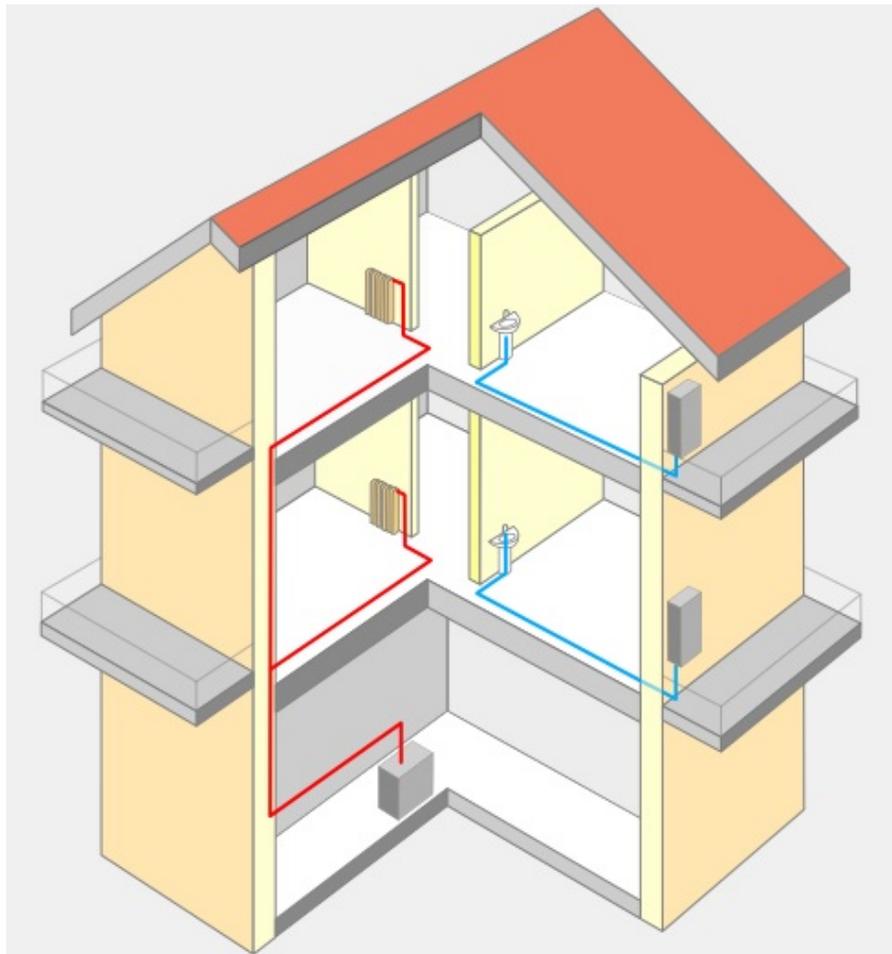


Figura 3.22: Esempio schema impianto.

Impianto Riscaldamento

La caratterizzazione dell'impianto di riscaldamento avviene immettendo i dati relativi al sistema di emissione, quello di regolazione e distribuzione ed infine quello di generazione.

Essendo il regime di funzionamento **continuo** il calcolo avviene attraverso modalità

regolamentare.

Nella sezione relativa al *sistema di emissione* viene richiesto l'inserimento dell'altezza netta dei locali, la tipologia di terminale di erogazione (con relativo rendimento), la potenza nominale dei copri scaldanti (pari a quella riportata nel sottoparagrafo **3.1.2**) ed infine la temperatura di mandata di progetto.

Per il *sistema di regolazione* è richiesto l'inserimento della tipologia con relativa caratteristica, e il rendimento.

Infine per il *sistema di distribuzione* è richiesto l'inserimento del tipo di impianto con relativa posizione, la presenza/assenza di isolamento delle tubazioni secondo [24], un fattore di correzione a seconda del tipo di terminali installati, ed infine il rendimento.

Altezza netta locali [m]	Tipologia terminale erogazione	Rendimento emissione $\eta_{H,em}$ [%]	Temperatura mandata di progetto [°C]	P. nominale corpi scaldanti [kW]
2,68	radiatori	91,0	85	19,84

Tabella 3.17: Dati sistema emissione piano rialzato.

Altezza netta locali [m]	Tipologia terminale erogazione	Rendimento emissione $\eta_{H,em}$ [%]	Temperatura mandata di progetto [°C]	P. nominale corpi scaldanti [kW]
2,60	radiatori	91,0	85	15,35

Tabella 3.18: Dati sistema emissione piano primo.

I valori di rendimento riportati nelle Tabelle 3.17 e 3.18 sono in accordo alla [31] per locali con altezza inferiore a 4 m e radiatori posti su parete non isolata come terminali di erogazione. La potenza nominale dei corpi scaldanti è quella indicata in Tabella 3.2.

Tipo	Caratteristica	Rendimento regolazione $\eta_{H,rg}$ [%]
Solo di zona	ON – OFF	93,0

Tabella 3.19: Dati sistema regolazione piano primo e piano rialzato.

Il tipo e la caratteristica di regolazione indicano la presenza di termostati di zona

Tipo impianto	Posizione impianto	Rendimento emissione $\eta_{H,du}$ [%]	Isolamento tubazioni	Fattore correzione rendimento
centralizzato – distribuzione orizzontale	piano terreno	94,0	presente	1,0

Tabella 3.20: Dati sistema distribuzione piano rialzato.

Tipo impianto	Posizione impianto	Rendimento emissione $\eta_{H,du}$ [%]	Isolamento tubazioni	Fattore correzione rendimento
centralizzato – distribuzione orizzontale	piano intermedio	99,0	presente	1,0

Tabella 3.21: Dati sistema distribuzione piano primo.

senza controllo della temperatura dell'acqua in mandata, con funzionamento acceso/spento. Il valore di rendimento adottato invece è sempre normato secondo [31]. Il tipo e la posizione dell'impianto sono riportati in accordo ai rilievi svolti presso il complesso residenziale, mentre l'isolamento delle tubazioni indicato nelle Tabelle 3.20 e 3.21 è conforme alla prescrizioni del [24]. Il fattore di correzione e il rendimento di emissione sono sempre normati secondo [31]. Infine la Figura 3.23 mostra sinteticamente la configurazione del circuito presente. Poiché si è in assenza di una regolazione climatica la temperatura di mandata risulta **fissa**.

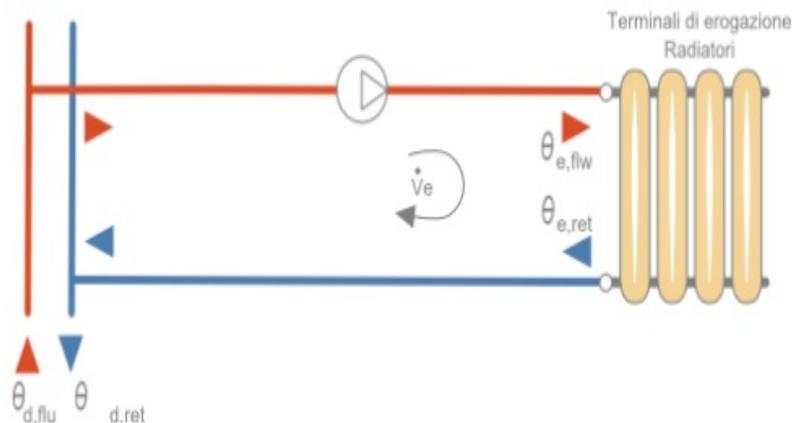


Figura 3.23: Esempio schema circuito.

Nella sezione relativa al *sistema di generazione* si vanno ad inserire i dati relativi al generatore di calore installato. Tutti i dati che caratterizzano la caldaia in CT sono riportati nel dettaglio nel sottoparagrafo **3.1.4**.

Il metodo di calcolo previsto per il sistema di generazione è di tipo **analitico**, basato sulle perdite del generatore ([31], Appendice B.3).

Inseriti nella maschera del programma i dati riportati nelle Tabelle 3.4 e 3.5, la codifica è completa ed è possibile ottenere i risultati relativi all'impianto di riscaldamento (sottoparagrafo **3.2.5**).

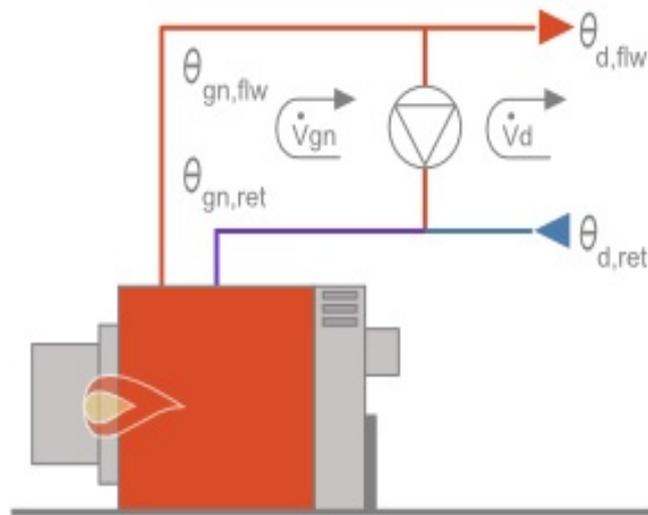


Figura 3.24: Schema generatore in CT.

La Figura 3.24 mostra lo schema di generazione, con la presenza di pompa anticondensa. Anche per il generatore di calore la temperatura di mandata risulta **fissa**.

Impianto Acqua Calda Sanitaria

Stabilite le caratteristiche dell'impianto ACS, riportate nel sottoparagrafo **3.1.3**, se ne va a codificare la tipologia nella scheda d'impianto dedicata.

Il primo step prevede l'inserimento dei dati relativi al **fabbisogno giornaliero di acqua sanitaria**, $V'w$. Secondo le specifiche della [31] esso è stabilito a partire dalla destinazione d'uso dell'edificio.

Nel caso in esame, categoria E.1(2), il calcolo del fabbisogno si basa sulla **superficie utile** dell'unità immobiliare.

I valori delle superfici utili dei diversi appartamenti sono riportate in Tabella 3.16, mentre la Tabella 3.22 mostra i dati relativi alla determinazione del fabbisogno termico per la produzione di ACS.

I valori riportati seguono le specifiche indicate nella [31], per calcolo secondo modalità **A2**.

Unità immobiliare	Fabbisogno giornaliero ACS [l/g]	Temperatura di erogazione [°C]	Temperatura di alimentazione [°C]	Rendimento di erogazione η_{er} [%]
Appartamento 1	95	40,0	6,6	100
Appartamento 2	112	40,0	6,6	100
Appartamento 3	90	40,0	6,6	100
Appartamento 4	93	40,0	6,6	100

Tabella 3.22: Dati tecnici impianto ACS.

Per quanto riguarda la rete di distribuzione all'utenza si adotta la modellazione attraverso metodo semplificato per rete corrente in ambiente climatizzato, valido per sistemi installati dopo l'entrata in vigore della [32].

Infine nella scheda di generazione dell'impianto ACS vengono riportate le potenze utili nominali degli apparecchi installati (Tabella 3.3). Viene inoltre indicato un **rendimento stagionale** $\eta_{W,gn} = 75 \%$, come prescritto da [31].

3.2.5 Risultati

In questo sottoparagrafo si riportano i risultati ottenuti, in termini di prestazione energetica, relativi al fabbricato e agli impianti installati.

Risultati Fabbricato

Il concetto di **fabbricato**, citato più volte nel corso di questo lavoro, sta ad indicare un «*sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito e dalle strutture interne che ripartiscono detto volume. Sono esclusi gli impianti e i dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno.*», in accordo alla definizione presente nella [27]. A seguito del processo di calcolo vengono ottenuti per le unità immobiliari i seguenti valori di dispersioni, riportati in Tabella 3.23.

Unità immobiliare	Dispersioni per trasmissione ϕ_{tr} [W]	Dispersioni per ventilazione ϕ_{ve} [W]	Dispersioni totali ϕ_{hl} [W]
Appartamento 1	5721	837	6558
Appartamento 2	7713	1071	8784
Appartamento 3	6342	741	7083
Appartamento 4	6901	777	7678

Tabella 3.23: Dispersioni risultanti per il fabbricato.

Da cui risulta una **potenza dispersa totale** per il complesso pari a $\phi_{hl} = 30,1 \text{ kW}$,

composta da una componente relativa alla dispersione per trasmissione dal valore di $\phi_{tr} = 26,7 \text{ kW}$ e una componente legata alla dispersione per ventilazione pari a $\phi_{ve} = 3,4 \text{ kW}$.

Risultati Riscaldamento

I risultati riportati, relativi all'impianto di riscaldamento, sono ottenuti mediante calcolo eseguito secondo [31].

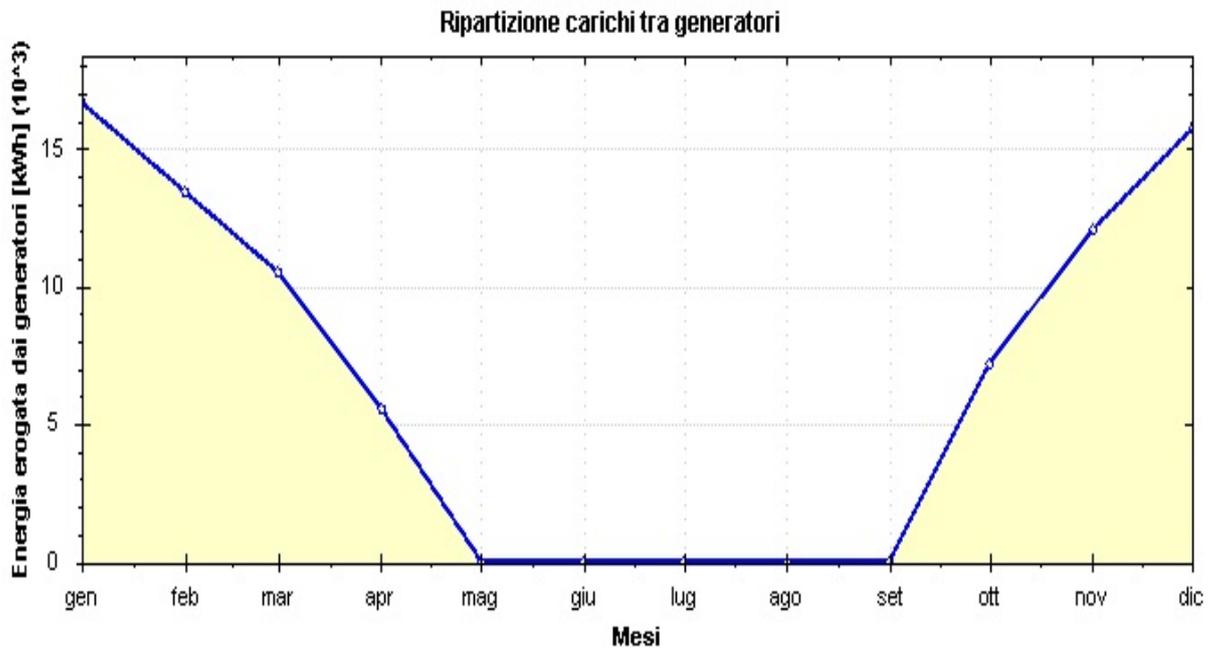


Figura 3.25: Ripartizione carichi generatore.

La Figura 3.25 mostra il grafico recante la ripartizione dei carichi tra i sistemi di generazione presenti in centrale termica, a servizio dell'impianto idronico.

La ripartizione avviene su base annua, rendendo così chiaro in quali mesi nel corso dell'anno sarà necessaria una maggior quantità di energia da parte dell'impianto per soddisfare la climatizzazione dell'edificio.

La curva in blu riporta il fabbisogno di energia richiesto dall'edificio per la climatizzazione invernale (QH, gen, out), mentre l'area gialla rappresenta l'energia termica erogata dal generatore installato (caldaia tradizionale) per il servizio riscaldamento (QH, gen, out, gen).

La Figura 3.26 mostra la firma energetica di progetto. Il grafico visualizza l'andamento della potenza termica media richiesta dall'edificio per il riscaldamento degli ambienti (asse delle ordinate) in funzione della temperatura esterna media mensile della località (asse delle ascisse) ed in riferimento agli impianti idronico.

La curva rossa riporta la potenza termica media richiesta dall'edificio nelle ore di

effettivo funzionamento del generatore di calore, mentre la curva blu rappresenta la potenza termica media richiesta dall'edificio ipotizzando un funzionamento continuato del generatore di calore, pari a 24 ore.

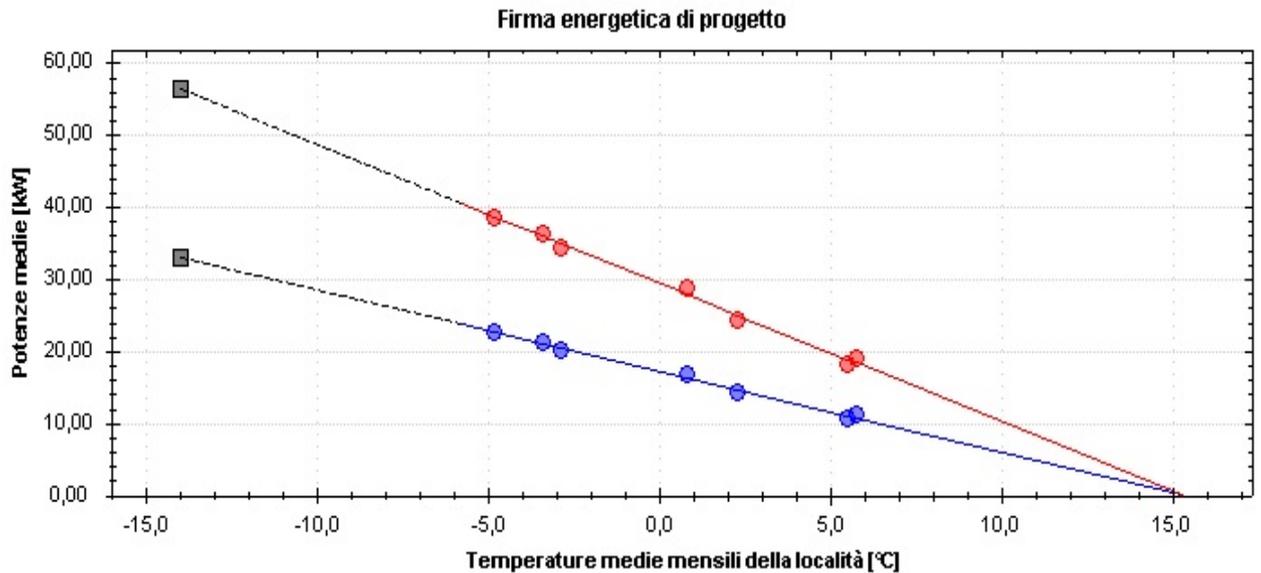


Figura 3.26: Firma energetica di progetto.

Il grafico viene ricavato imponendo 14 h/g di funzionamento, sebbene per la zona F non siano previste alcune limitazioni sull'utilizzo, come risulta da [33].

I valori di temperatura interna ed esterna considerati sono quelli di riferimento, da cui si ricavano una **potenza media** pari $\phi_{H,med,pr} = 56,24 \text{ kW}$ e una **potenza sulle 24 ore** pari a $\phi_{H,24,pr} = 32,81 \text{ kW}$.

Si osserva che, ipotizzando un funzionamento continuato di 24 ore al giorno, la potenza termica richiesta dall'edificio risulta minore in quanto, in un intervallo di tempo maggiore, la medesima quantità di energia, necessaria per il riscaldamento dell'edificio, può essere erogata da un generatore di minore potenza.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
96682	96849	67,4	67,2

Tabella 3.24: Risultati globali riscaldamento.

Infine la Tabella 3.24 riporta il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

Queste grandezze rappresentano rispettivamente *la quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per la climatizzazione invernale in condizioni climatiche e di uso standard dell'edificio* e *il rapporto tra fabbisogno di energia termica utile e il corrispondente fabbisogno di energia primaria durante la stagione di riscaldamento.*, secondo [31].

Risultati Acqua Calda Sanitaria

I risultati riportati, relativi all'impianto di ACS, sono ottenuti mediante calcolo eseguito secondo [31].

I valori di fabbisogno di energia ottenuti, sono ricavati a partire dai dati riportati nella Tabella 3.22.

La Tabella 3.25 riporta il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio ACS e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale, riferiti alle singole unità immobiliari.

Descrizione	Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
	$QW, p, nren$	QW, p, tot	$\eta W, g, p, nren$	$\eta W, g, p, tot$
–				
Appartamento 1	3777	4687	35,6	28,7
Appartamento 2	4457	5532	35,6	28,7
Appartamento 3	3590	4456	35,6	28,7
Appartamento 4	3693	4583	35,6	28,7

Tabella 3.25: Risultati globali ACS per singola unità immobiliare.

La Tabella 3.26 riporta il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio ACS, riferito all'intero complesso residenziale.

Energia primaria [kWh/anno]	
$QW, p, nren$	QW, p, tot
15518	19258

Tabella 3.26: Risultati globali ACS.

3.2.6 APE dello Stato di Fatto

Al termine del processo di modellazione, oltre alla possibilità di visualizzare i risultati relativi al fabbricato e agli impianti, sarà possibile visualizzare l'Attestato di Prestazione Energetica dell'edificio, conforme al regime normativo [25].

L'APE costituisce uno strumento di chiara e immediata comprensione per la valutazione, in relazione alla prestazione energetica dell'immobile, della convenienza economica all'acquisto e alla locazione.

Per il presente lavoro costituisce lo stato di partenza da andare a migliorare con interventi sul fabbricato e sull'impianto.

La valutazione della prestazione energetica dell'edificio si basa sul parametro $EP_{gl, nren}$: **indice di prestazione energetica globale non rinnovabile** della zona o dell'edificio, espresso in kWh/m^2anno . Tale parametro è dato dalla somma degli indici di prestazione energetica dei servizi presenti (riscaldamento e ACS).

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m^2anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m^2anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m^2anno]
423,09	67,91	491,00

Tabella 3.27: Indici di prestazione edificio.

La Tabella 3.27 riporta il valore ottenuto degli indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello G, come mostrato in Figura 3.27.

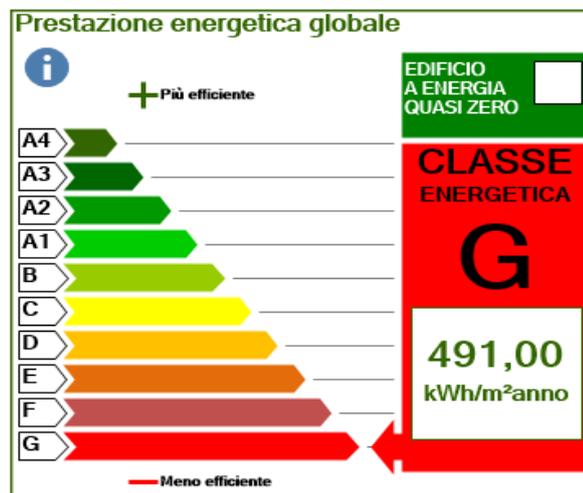


Figura 3.27: Classe Energetica edificio.

Tale parametro rappresenta la qualità energetica dell'edificio. Il criterio di assegnazione della classe è stabilito da [25], confrontando l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio reale con quello dell'edificio di riferimento, dotato di elementi edilizi e impianti standard.

Capitolo 4

Interventi proposti per miglioramento classe energetica

In questo capitolo verranno presentati gli interventi proposti per il miglioramento della classe energetica dell'edificio. Essi saranno individuati in accordo alle prescrizioni tecniche previste dal Superbonus, presentate nel **Capitolo 2**, e l'effettiva possibilità di simulare un determinato intervento in base alla conformazione del complesso residenziale oggetto di studio.

Tali interventi verranno simulati tramite lo stesso software utilizzato per la modellazione del complesso residenziale, discussa nel **Capitolo 3**. Le simulazioni sono effettuate partendo dalla configurazione definita nello Stato di Fatto, a cui di volta in volta saranno aggiunte modifiche, sull'involucro edilizio o sull'impianto, a seconda dell'intervento proposto. La procedura è quindi a cascata, per cui l'ottenimento di una determinata classe è subordinato alla realizzazione di tutti gli interventi proposti per raggiungerla.

Le simulazioni sono poi raccolte in tre diversi scenari, ovvero:

- *Scenario BASE*: raccoglie le simulazioni in cui si è scelto di intervenire sulle sole **parti comuni** del complesso residenziale;
- *Scenario AVANZATO*: in queste simulazioni sono stati simulati interventi anche sulle **parti private** dell'edificio;
- *Scenario FULL OPTIONAL*: le simulazioni proposte hanno lo scopo di far raggiungere le classi energetiche più alte, proponendo l'installazione di sistemi che utilizzano fonti rinnovabili.

Le parti comuni di un complesso residenziale sono definite da [34], e su di esse non vi è la proprietà esclusiva di un singolo condomino, ma è il condominio stesso che ne delibera eventuali modifiche.

La decisione di suddividere le simulazioni in questa modalità è dettata dall'esigenza di proporre al cliente finale una scelta più ampia di possibili scenari di intervento.

Nei paragrafi successivi verranno quindi presentati i vari interventi, simulati rispettando le richieste previste per l'accesso al bonus e i criteri imposti da legge.

4.1 Scenario BASE

In questo paragrafo vengono presentati gli interventi proposti per il complesso residenziale volti all'efficientamento energetico. I dati generali per il calcolo sono gli stessi presentati nel sottoparagrafo 3.2.1.

4.1.1 Coibentazione pareti

Modifica componenti involucro

L'intervento di coibentazione è volto a minimizzare lo scambio termico che avviene fra ambiente interno climatizzato ed esterno.

La simulazione di questo intervento viene eseguita andando a modificare le stratigrafie delle pareti presentate nel sottoparagrafo 3.2.2. Per le sole pareti disperdenti viene prevista l'aggiunta di materiale isolante, con lo scopo di abbattere le dispersioni del fabbricato. Le Tabelle da 4.1 a 4.5 mostrano la modifica della stratigrafia delle pareti.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Intonaco di gesso	5,00	0,4000	0,013
Mattoni forati	120,00	0,3870	0,310
Intercapedine non ventilata	120,00	0,6667	0,180
Blocco forato	150,00	0,3330	0,450
Pannello in lana minerale	160,00	0,0340	4,706
Intonaco isolante di gesso	5,00	0,1800	0,028

Tabella 4.1: Stratigrafia muro esterno coibentato.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Intonaco di gesso	5,00	0,4000	0,013
Blocco forato	150,00	0,3330	0,450
Pannello in lana minerale	160,00	0,0340	4,706
Intonaco isolante di gesso	5,00	0,1800	0,028

Tabella 4.2: Stratigrafia sottofinestra coibentato.

A seguito della modifica delle stratigrafie si va a calcolare il nuovo valore di trasmittanza ottenuto per le pareti, sempre in accordo alla [28].

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Piastrelle di ceramica	10,00	1,3000	0,008
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Pannello in lana minerale	140,00	0,0340	4,118
Intonaco isolante di gesso	10,00	0,1800	0,056

Tabella 4.3: Stratigrafia pavimento verso cantine coibentato.

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Pannello in lana minerale	160,00	0,0340	4,706
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Intonaco isolante di gesso	10,00	0,1800	0,056

Tabella 4.4: Stratigrafia soffitto verso sottotetto coibentato.

I nuovi valori sono riportati nella Tabella 4.6, evidenziando le pareti soggette a intervento. La scelta dei materiali isolanti, e i relativi spessori, è dettata dall'esigenza di rispettare i valori di trasmittanza massimi consentiti da [35].

Strati e tipologia	Spessore [mm]	Conduttività [W/mK]	Resistenza termica [m ² K/W]
Piastrelle di ceramica	10,00	1,3000	0,008
Sottofondo di cemento magro	40,00	0,7000	0,057
VACUNANEX	25,00	0,0050	5,000
C.l.s. di sabbia e ghiaia	50,00	1,4800	0,034
Soletta in laterizio	160,00	0,6100	0,262
Intonaco isolante di gesso	10,00	0,1800	0,056

Tabella 4.5: Stratigrafia balcone coibentato.

Infine la Figura 4.1 mostra la variazione delle trasmittanze termiche delle pareti disperdenti (soggette a intervento) del complesso residenziale attraverso visualizzazione termografica.

Descrizione	Tipologia	Trasmittanza [W/m^2K]	Spessore [mm]	T. esterna [$^{\circ}C$]
<u>Muro esterno</u>	T	0,171	560,00	-14,0
<u>Sottofinestra</u>	T	0,186	320,00	-14,0
Pavimento/soffitto interpiano	N	1,378	270,00	+20,0
<u>Pavimento verso cantine</u>	U	0,205	410,00	-0,4
Tetto	E	6,169	20,00	-14,0
<u>Sottotetto</u>	U	0,188	420,00	-8,5
<u>Balcone</u>	T	0,180	295,00	-14,0

Tabella 4.6: Dati pareti disperdenti opache coibentate.

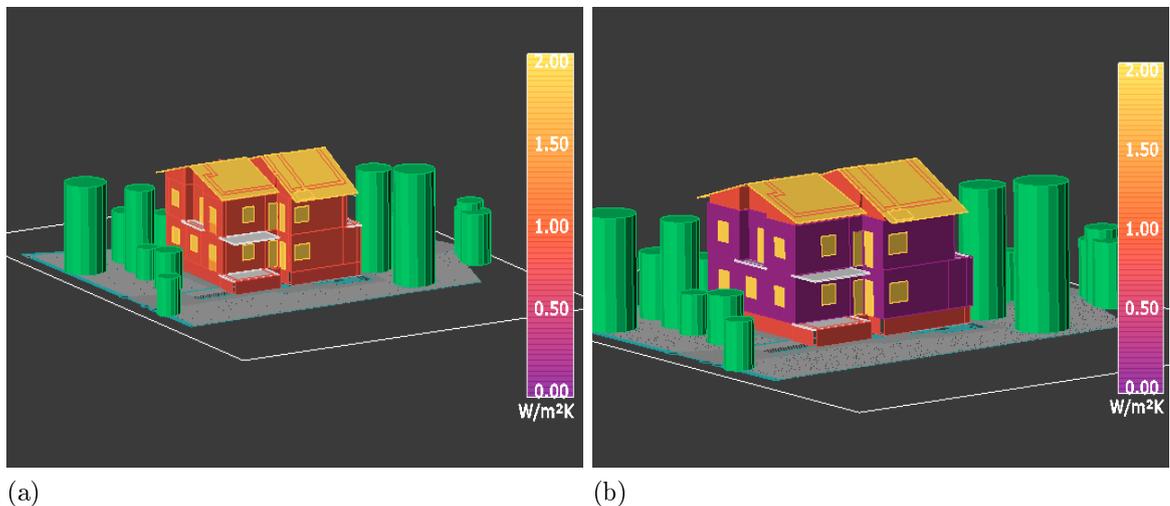


Figura 4.1: Visualizzazione termografica complesso residenziale. (a) Stato di fatto, (b) Con coibentazione.

Correzione Ponti termici

Come indicato nel sottoparagrafo **3.2.2** il valore di trasmittanza termica lineica che caratterizza i ponti termici è calcolato immettendo come dati di input gli spessori e le trasmittanze dei componenti che vanno a comporlo.

A seguito dell'intervento di coibentazione tali valori subiranno quindi una modifica, come riportato in Tabella 4.7.

Come si può notare la presenza dell'isolante diminuisce notevolmente i valori di trasmittanza lineica dei ponti termici (come avveniva per la trasmittanza delle pareti). La correzione dei ponti termici è di fondamentale importanza non solo per il calcolo dei nuovi valori di trasmittanza, da cui si andranno poi a valutare le dispersioni del fabbricato, ma anche, e soprattutto, poiché rappresenta una richiesta fondamentale per l'accesso alle detrazioni previste dal Superbonus.

Si può quindi concludere che l'esecuzione di un corretto intervento di coibentazione è

Descrizione	Tipologia	Trasmittanza lineica [W/mK]
Parete – Telaio	W20	0,068
Parete – Solaio interpiano	IF1	0,009
Parete – Copertura	R5	0,034
Parete – Pilastro	P5	0,009
Parete – Solaio rialzato	GF17	0,033
Parete – Balcone	B13	0,150

Tabella 4.7: Dati ponti termici a seguito della coibentazione.

intrinsecamente legato alla correzione dei ponti termici presenti.

Infine la Figura 4.2 mostra la modifica del ponte termico Parete – Solaio interpiano a seguito della modellazione in cui è prevista la presenza di materiale isolante.

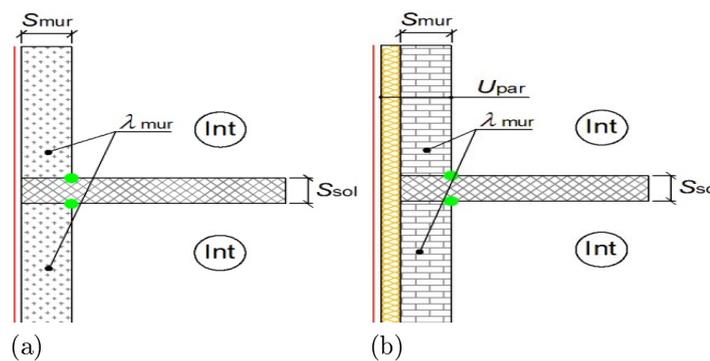


Figura 4.2: Codifica ponti termici. (a) Stato di fatto, (b) Con coibentazione.

La presenza del cappotto termico, aumentando lo spessore delle pareti, va a modificare le dimensioni delle varie zone climatizzate. In termini di superficie netta non ci sono variazioni, essendo la coibentazione prevista sul lato esterno della parete. La Tabella 4.8 mostra le nuove dimensioni che caratterizzano le zone climatizzate, da confrontare con quelle di Tabella 3.16.

Unità immobiliare	Sup. netta [m ²]	Vol. lordo [m ³]	Sup. lorda [m ²]	S/V [m ⁻¹]
Appartamento 1	54,71	224,46	150,76	0,67
Appartamento 2	70,76	300,15	225,13	0,75
Appartamento 3	50,31	206,68	144,32	0,70
Appartamento 4	52,73	219,30	158,83	0,72

Tabella 4.8: Dati geometrici zone climatizzate a seguito della coibentazione.

Risultati 1° intervento

Successivamente alla simulazione relativa alla presenza di materiale isolante vengono ottenuti per le unità immobiliari i valori di dispersioni riportati in Tabella 4.9.

Unità immobiliare	Dispersioni per trasmissione ϕ_{tr} [W]	Dispersioni per ventilazione ϕ_{ve} [W]	Dispersioni totali ϕ_{hl} [W]
Appartamento 1	2223	837	3060
Appartamento 2	2696	1071	3767
Appartamento 3	2447	741	3188
Appartamento 4	2820	777	3596

Tabella 4.9: Dispersioni risultanti per il fabbricato (1° intervento).

Da cui risulta una **potenza dispersa totale** per il complesso pari a $\phi_{hl} = 13,6 \text{ kW}$, composta da una componente relativa alla dispersione per trasmissione dal valore di $\phi_{tr} = 10,2 \text{ kW}$ e una componente legata alla dispersione per ventilazione pari a $\phi_{ve} = 3,4 \text{ kW}$. A seguito dell'intervento di coibentazione risulta quindi una riduzione del 54,82 % della potenza dispersa rispetto allo Stato di Fatto.

Sebbene il cappotto termico sia un intervento che andrà eseguito sul solo fabbricato, esso comporta delle modifiche dei risultati relativi anche all'impianto. Infatti, con la diminuzione delle dispersioni si avrà anche una riduzione dei consumi.

La Figura 4.3 mostra il grafico recante la ripartizione dei carichi tra i sistemi di generazione presenti in centrale termica, a servizio dell'impianto idronico, quando viene simulato l'intervento di coibentazione.

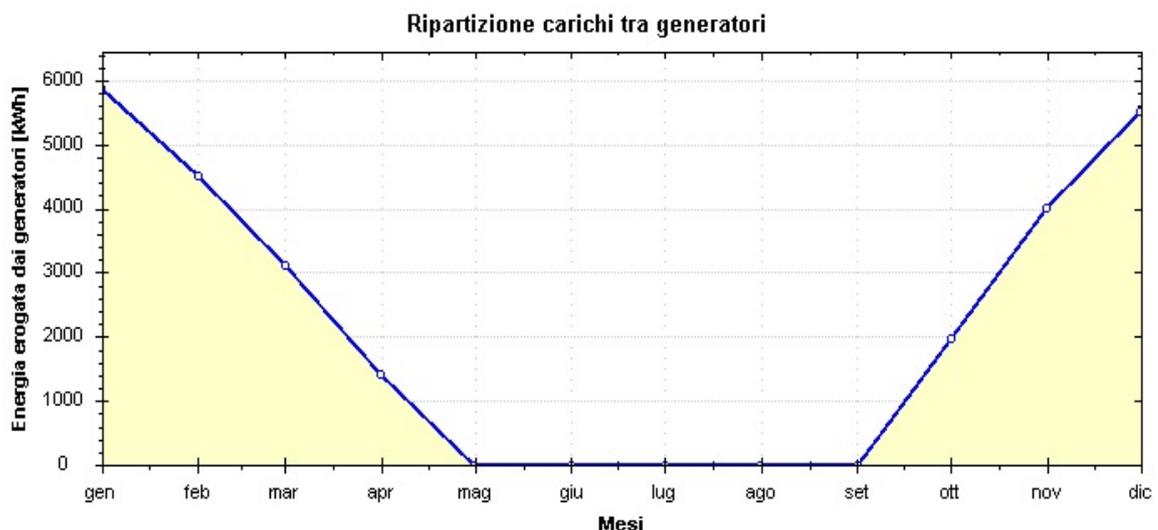


Figura 4.3: Ripartizione carichi generatore (1° intervento).

Dal confronto col grafico di Figura 3.25 si può facilmente osservare la significativa diminuzione di richiesta di energia per la climatizzazione dell'edificio.

La Figura 4.4 mostra invece la firma energetica di progetto, successiva all'intervento di coibentazione.

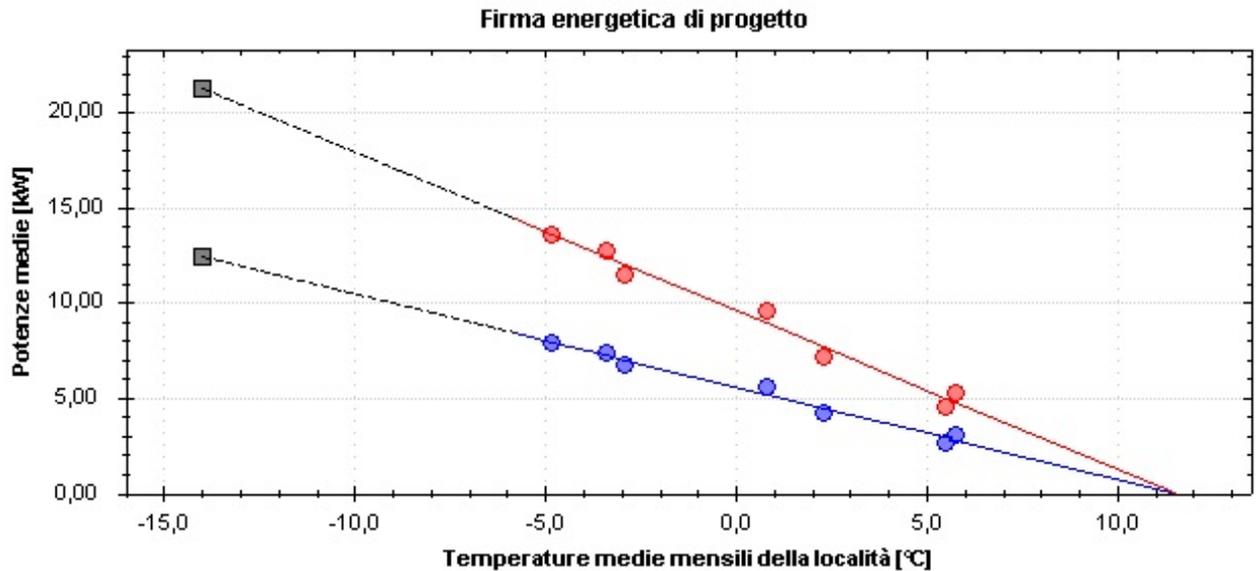


Figura 4.4: Firma energetica di progetto (1° intervento).

Le specifiche relative alla firma energetica di progetto sono le stesse riportate per lo Stato di Fatto (Figura 3.26).

In questo caso si ottengono dei valori di **potenza media** pari $\phi_{H,med,pr} = 21,19 \text{ kW}$ e una **potenza sulle 24 ore** pari a $\phi_{H,24,pr} = 12,37 \text{ kW}$.

Si possono infine valutare i nuovi valori di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
34656	34716	62,8	62,7

Tabella 4.10: Risultati globali riscaldamento (1° intervento).

La Tabella 4.10 riporta i nuovi valori ottenuti, mentre per il servizio di Acqua Calda Sanitaria non ci sono variazioni, non essendo avvenute modifiche all'impianto, per cui restano validi i risultati di Tabella 3.25 e Tabella 3.26.

Terminata la simulazione del 1° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
151,69	67,91	219,60

Tabella 4.11: Indici di prestazione edificio (1° intervento).

La Tabella 4.11 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello D, come mostrato in Figura 4.5.

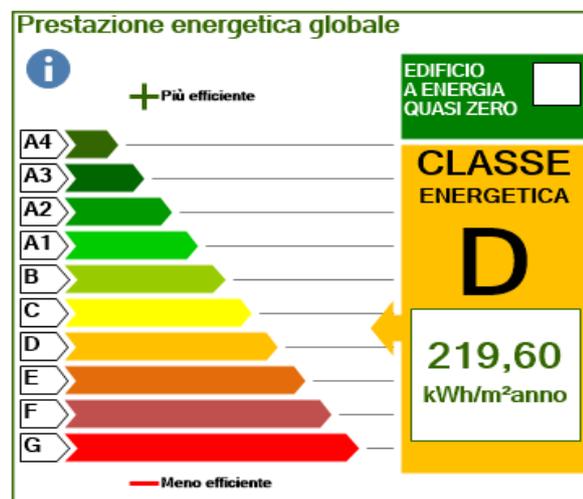


Figura 4.5: Classe Energetica edificio (1° intervento).

4.1.2 Sostituzione generatore con nuovo a condensazione

Modifica Impianto Riscaldamento

Questo tipo di intervento prevede la modifica dei dati relativi all'impianto di riscaldamento. La sostituzione del generatore comporta un miglioramento anche dei sistemi di emissione, regolazione e distribuzione (dovuti anche all'intervento di coibentazione che precede quello proposto in questa fase).

Altezza netta locali [m]	Tipologia terminale erogazione	Rendimento emissione $\eta_{H,em}$ [%]	Temperatura mandata di progetto [°C]	P. nominale corpi scaldanti [kW]
2,68	radiatori	95,3	80	19,84

Tabella 4.12: Dati sistema emissione piano rialzato (2° intervento).

Le Tabelle 4.12 e 4.13 riportano i nuovi dati relativi al sistema di emissione, dove la tipologia di radiatori presenti ora è su parete esterna isolata.

Altezza netta locali [m]	Tipologia terminale erogazione	Rendimento emissione $\eta_{H,em}$ [%]	Temperatura mandata di progetto [°C]	P. nominale corpi scaldanti [kW]
2,60	radiatori	95,3	80	15,35

Tabella 4.13: Dati sistema emissione piano primo (2° intervento).

La Tabella 4.14 riporta invece le nuove specifiche del sistema di regolazione. In questo caso viene proposta una tipologia combinata in cui si affianca a una compensazione climatica una regolazione per singolo ambiente, si prevede quindi un impianto con presenza di valvole termostatiche e compensazione climatica.

Tipo	Caratteristica	Rendimento regolazione $\eta_{H,rg}$ [%]
Per singolo ambiente + climatica	P banda proporzionale 1 °C	98,0

Tabella 4.14: Dati sistema regolazione piano primo e piano rialzato (2° intervento).

Il sistema di distribuzione invece non subisce modifiche, per cui i dati di riferimento sono sempre quelli presenti nelle Tabelle 3.20 e 3.21.

Infine la Figura 4.6 mostra sinteticamente la configurazione del circuito presente, dove a differenza dello Stato di Fatto ci si troverà in presenza di temperatura di mandata **variabile**.

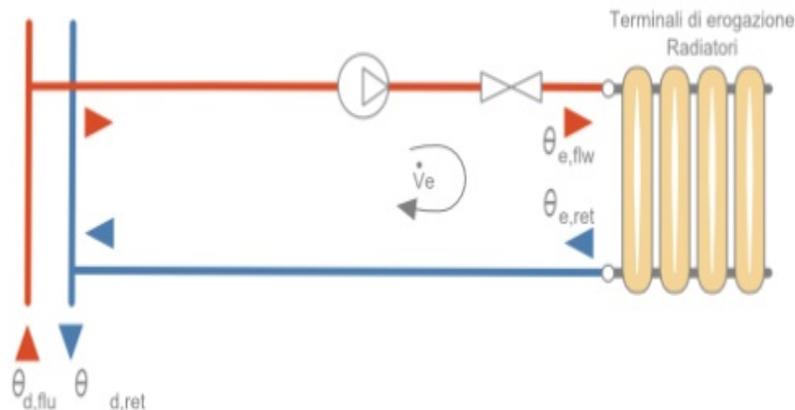


Figura 4.6: Esempio schema circuito (2° intervento).

La scelta del nuovo sistema di generazione si basa sul nuovo fabbisogno del fabbricato a seguito dell'intervento di coibentazione e delle modifiche relative al circuito. Tali valori sono gli stessi riportati nella Tabella 4.9, da cui si va a prevedere l'installazione di un caldaia a basamento a condensazione, le cui specifiche sono riportate nelle Tabelle 4.15 e 4.16.

Potenze nominali [kW]				Rendimenti rilevati [%]		
P. Focolare max	P. Utile max	P. Focolare min	P. Utile min	P. nom 75/60	P. nom 40/30	Carico ridotto 30% P. nom.
24,9	27,2	4,7	4,5	96,4	98,6	96,1

Tabella 4.15: Dati tecnici caldaia a condensazione parte 1 (2° intervento). [36]

Rilievi combustibile a Pmax			Perdite rilevate a Pmax			
ΔT fumi – ambiente	CO ₂	Rendimento di combustione	Al camino bruciatore acceso	Al camino bruciatore spento	Al mantello	Portata fumi
[°C]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kg/h]
49,0	9,0	97,5	2,5	0,10	0,63	42

Tabella 4.16: Dati tecnici caldaia a condensazione parte 2 (2° intervento). [36]

Come si può osservare, la potenza del generatore richiesta per la climatizzazione è notevolmente inferiore rispetto a quella della caldaia attualmente installata.

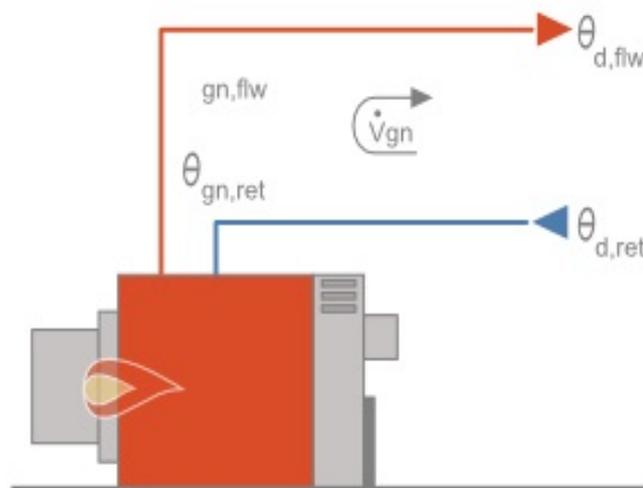


Figura 4.7: Schema generatore in CT (2° intervento).

Tale risultato è dovuto sia all'intervento di isolamento termico, ma anche ai nuovi valori di efficienza che caratterizzano il dispositivo di generazione.

La Figura 4.7 mostra lo schema di generazione, con collegamento diretto. Anche per il generatore di calore la temperatura di mandata risulta **variabile**.

In questa simulazione, come nella precedente, non sono state previste modifiche all'impianto ACS, per cui le caratteristiche di quest'ultimo restano quelle precedentemente indicate.

Risultati 2° intervento

Come già sottolineato in precedenza, l'intervento di sostituzione del generatore non ha effetti sulle dispersioni del fabbricato, i valori di potenza dispersa saranno quindi quelli indicati in Tabella 4.9.

La modifica dell'impianto di riscaldamento, nei campi della regolazione e della generazione, avrà però sicuramente effetto sui valori di energia erogata per la climatizzazione.

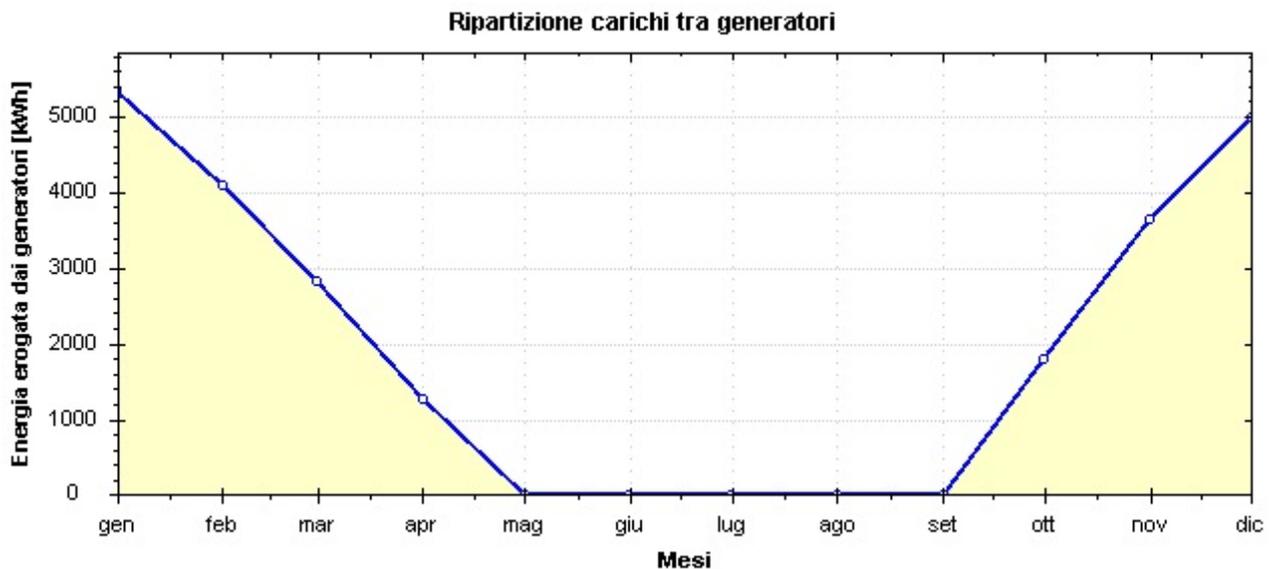


Figura 4.8: Ripartizione carichi generatore (2° intervento).

La Figura 4.8 mostra il nuovo andamento di energia erogata a seguito dell'intervento. Come si può osservare, successivamente alla simulazione degli interventi migliorativi, si raggiunge lo scopo di abbassare i consumi di energia.

La Figura 4.9 mostra invece il nuovo andamento della firma energetica di progetto.

Con le specifiche iniziali, di temperatura e funzionamento, già indicate in precedenza, si ottengono dei valori di **potenza media** pari $\phi_{H,med,pr} = 19,19 \text{ kW}$ e una **potenza sulle 24 ore** pari a $\phi_{H,24,pr} = 11,20 \text{ kW}$. Anche da questo risultato si dimostra l'efficacia degli interventi proposti, andando via via a ridurre le potenze in gioco, così come avveniva per i consumi.

Si possono infine valutare i nuovi valori di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

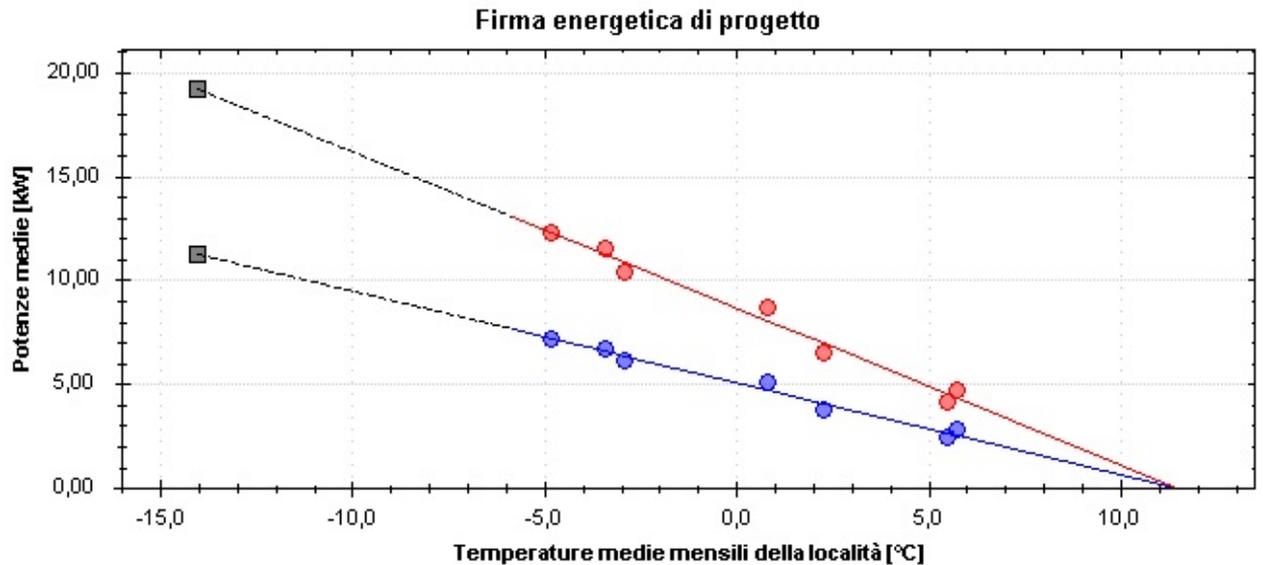


Figura 4.9: Firma energetica di progetto (2° intervento).

La Tabella 4.17 riporta i nuovi valori ottenuti, mentre per il servizio di Acqua Calda Sanitaria non ci sono variazioni, non essendo previste modifiche all'impianto, per cui restano validi i risultati di Tabella 3.25 e Tabella 3.26.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
26184	26191	83,1	83,1

Tabella 4.17: Risultati globali riscaldamento (2° intervento).

Terminata la simulazione del 2° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
114,61	67,91	182,52

Tabella 4.18: Indici di prestazione edificio (2° intervento).

La Tabella 4.18 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello C, come mostrato in Figura 4.10.

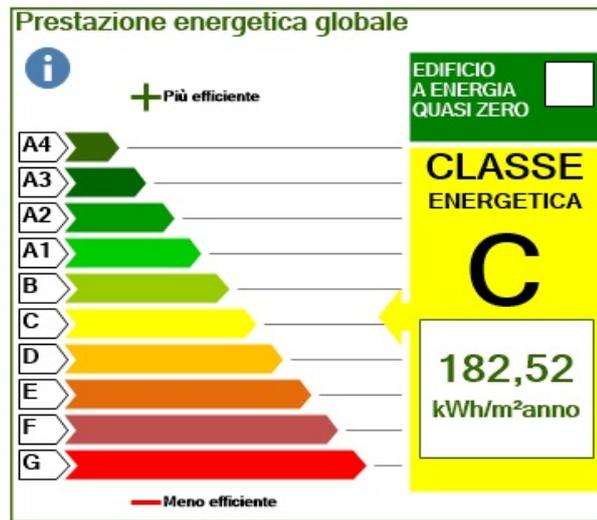


Figura 4.10: Classe Energetica edificio (2° intervento).

Con questi due interventi si va a concludere lo scenario BASE, in cui sono state svolte simulazioni riguardanti le parti comuni dell'edificio. I risultati ottenuti mostrano un netto miglioramento delle prestazioni, sia per quanto riguarda il fabbricato che l'impianto. È però necessario sottolineare come i risultati ottenuti siano frutto di simulazioni e derivanti da uno strumento di natura pre-progettuale come lo Studio di Fattibilità, il quale indica un risultato *potenzialmente* ottenibile più che un risultato certo.

Infine la Figura 4.11 mostra la possibile configurazione della Centrale Termica a seguito della realizzazione degli interventi proposti.

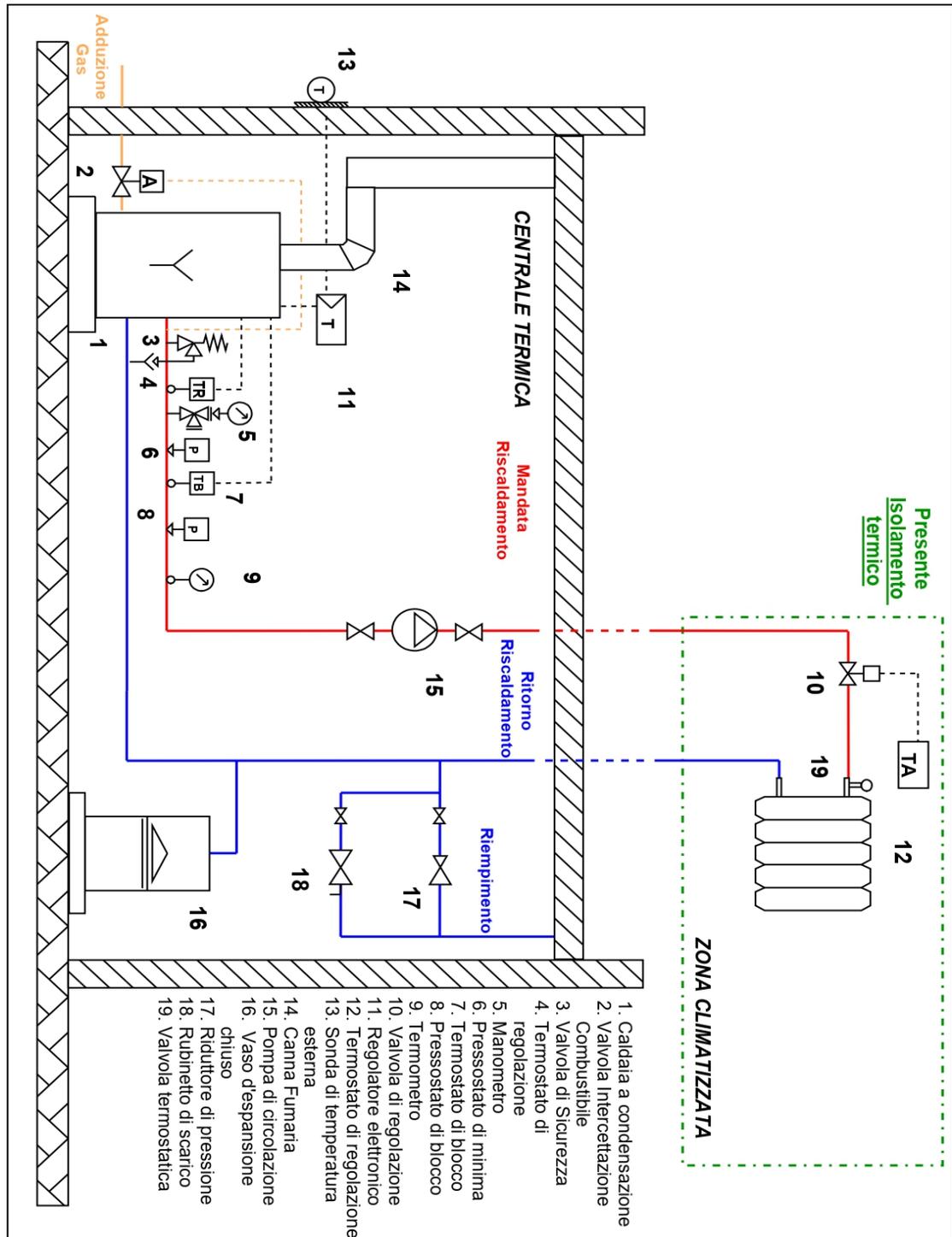


Figura 4.11: Schema potenziale della Centrale Termica (Scenario BASE).

4.2 Scenario AVANZATO

In questo paragrafo vengono presentati gli interventi proposti per le parti private dell'edificio. In queste simulazioni lo stato di partenza non è lo Stato di Fatto, ma le simulazioni vengono svolte partendo dalla situazione presentata a seguito del 1° intervento, si considera quindi presente il cappotto termico sulle pareti dell'edificio.

4.2.1 Sostituzione infissi

Il primo intervento proposto nello scenario AVANZATO riguarda la sostituzione degli infissi presenti nel complesso residenziale.

La simulazione è volta non tanto alla scelta degli infissi da installare in questa fase, ma a valutare il miglioramento potenzialmente ottenibile, da un punto di vista energetico, con degli infissi più prestazionali.

Modifica componenti finestrati

In questa simulazione vengono modificati i valori caratteristici degli infissi presenti. La modifica viene eseguita in maniera tale da rispettare le verifiche, imposte da legge, sulla trasmittanza media delle strutture trasparenti.

Descrizione	Tipologia serramento	Sottofinestra	Tipologia vetro	Area totale [m ²]	Trasmittanza serramento [W/m ² K]
Finestra 1	singolo	presente	doppio/triplo	1,452	1,000
Finestra 2	singolo	assente	doppio/triplo	1,452	1,000
Finestra 3	singolo	assente	doppio/triplo	1,680	1,000
Finestra 4	singolo	assente	doppio/triplo	0,600	1,000
Finestra 5	singolo	assente	doppio/triplo	1,827	1,000
Finestra 6	singolo	assente	doppio/triplo	0,756	1,000
Finestra 7	singolo	assente	doppio/triplo	1,920	1,000
Finestra 8	singolo	assente	doppio/triplo	1,080	1,000
Finestra 9	singolo	assente	doppio/triplo	1,920	1,000
Finestra 10	singolo	assente	doppio/triplo	0,720	1,000
Finestra 11	singolo	assente	doppio/triplo	1,452	1,000
Finestra 12	singolo	presente	doppio/triplo	1,620	1,000

Tabella 4.19: Dati componenti finestrati (3° intervento).

La Tabella 4.19 mostra i nuovi valori che caratterizzano gli infissi, dove in questo caso il tipo di ponte termico associato è quello **Parete – Telaio**, tipologia **W20**.

Infine la Figura 4.12 mostra la variazione delle trasmittanze termiche degli infissi del complesso residenziale attraverso visualizzazione termografica.

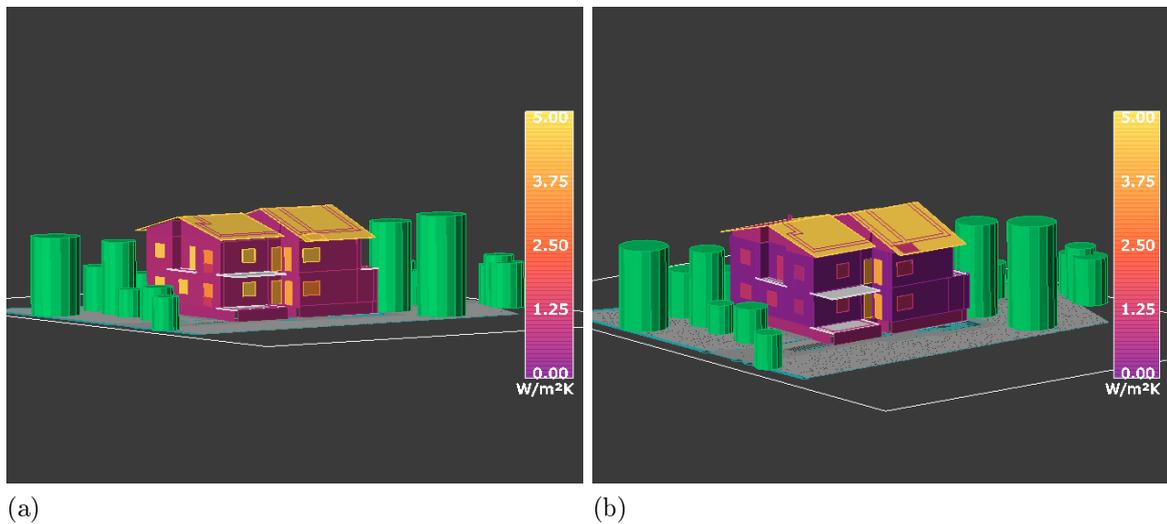


Figura 4.12: Visualizzazione termografica complesso residenziale. (a) Stato di fatto, (b) Con coibentazione e sostituzione infissi.

Le dimensioni geometriche che caratterizzano i locali climatizzati restano invariate, e sono le stesse presentate in Tabella 4.8.

Risultati 3° intervento

Successivamente alla simulazione relativa alla sostituzione degli infissi vengono ottenuti per le unità immobiliari i valori di dispersioni riportati in Tabella 4.20.

Unità immobiliare	Dispersioni per trasmissione ϕ_{tr} [W]	Dispersioni per ventilazione ϕ_{ve} [W]	Dispersioni totali ϕ_{hl} [W]
Appartamento 1	1399	837	2236
Appartamento 2	2014	1071	3084
Appartamento 3	1528	741	2269
Appartamento 4	1738	777	2515

Tabella 4.20: Dispersioni risultanti per il fabbricato (3° intervento).

Da cui risulta una **potenza dispersa totale** per il complesso pari a $\phi_{hl} = 10,1 \text{ kW}$, composta da una componente relativa alla dispersione per trasmissione dal valore di $\phi_{tr} = 6,7 \text{ kW}$ e una componente legata alla dispersione per ventilazione pari a $\phi_{ve} = 3,4 \text{ kW}$. A seguito dell'intervento di sostituzione infissi risulta quindi una riduzione del 66,45 % della potenza dispersa rispetto allo Stato di Fatto.

Sebbene la sostituzione degli infissi sia un intervento che interessa il solo fabbricato, esso comporta delle modifiche dei risultati relativi anche all'impianto. Infatti, con la diminuzione delle dispersioni si avrà anche una riduzione dei consumi.

La Figura 4.13 mostra il grafico recante la ripartizione dei carichi tra i sistemi di generazione presenti in centrale termica, a servizio dell'impianto idronico, quando viene simulato l'intervento.

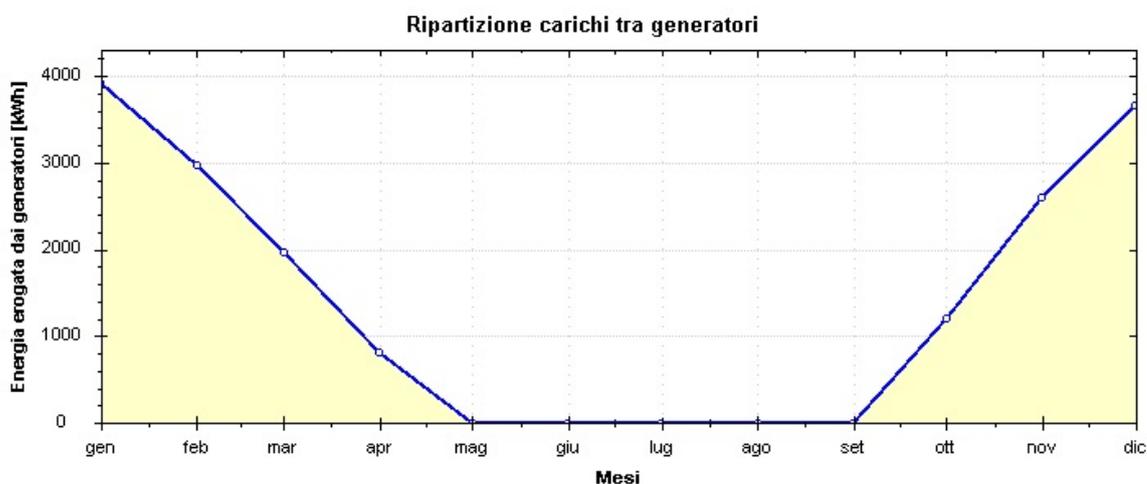


Figura 4.13: Ripartizione carichi generatore (3° intervento).

Dal confronto col grafico di Figura 3.25 si può facilmente osservare la significativa diminuzione di richiesta di energia per la climatizzazione dell'edificio.

La Figura 4.14 mostra invece la firma energetica di progetto, successiva all'intervento di sostituzione infissi e coibentazione, con le specifiche dello Stato di Fatto.

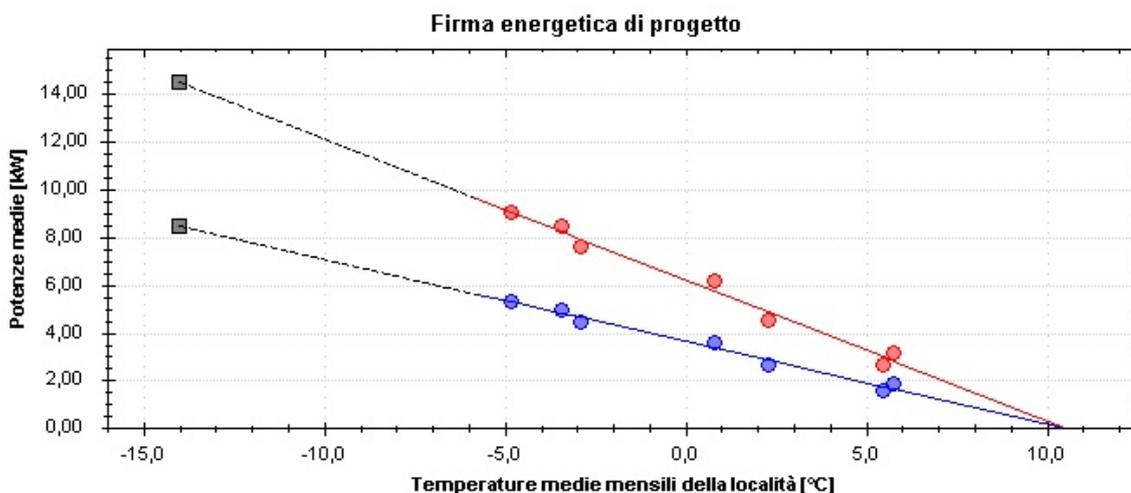


Figura 4.14: Firma energetica di progetto (3° intervento).

In questo caso si ottengono dei valori di **potenza media** pari $\phi_{H,med,pr} = 14,45 \text{ kW}$ e una **potenza sulle 24 ore** pari a $\phi_{H,24,pr} = 8,42 \text{ kW}$.

Si possono infine valutare i nuovi valori di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
24275	24317	59,0	58,9

Tabella 4.21: Risultati globali riscaldamento (3° intervento).

La Tabella 4.21 riporta i nuovi valori ottenuti, mentre per il servizio di Acqua Calda Sanitaria non ci sono variazioni, non essendo avvenute modifiche all'impianto, per cui restano validi i risultati di Tabella 3.25 e Tabella 3.26.

Terminata la simulazione del 3° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
106,25	67,91	174,16

Tabella 4.22: Indici di prestazione edificio (3° intervento).

La Tabella 4.22 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello C, come mostrato in Figura 4.15.

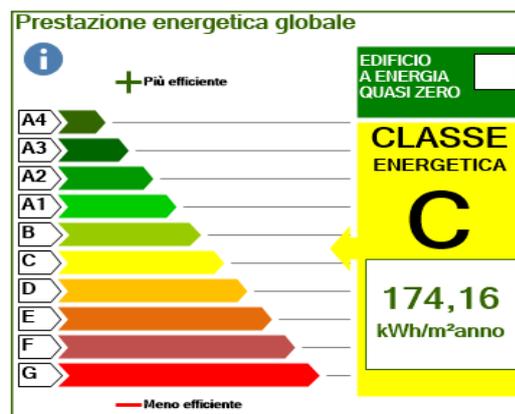


Figura 4.15: Classe Energetica edificio (3° intervento).

4.2.2 Installazione pompe di calore per produzione ACS

Modifica Impianto ACS

Questo intervento prevede la modifica del sistema di generazione dell'impianto di Acqua Calda Sanitaria. Le specifiche riguardanti il fabbisogno restano invariate, e sono quelle stabilite da [31], riportate in Tabella 3.22.

La scelta dei nuovi sistemi di generazione deve rispettare la richiesta di potenza per la produzione di ACS per i singoli alloggi e i valori di efficienza per l'impianto imposti da legge. La Tabella 4.23 riporta le specifiche dei sistemi scelti.

Unità immobiliare	Marca Pompa di Calore	Capacità [l]	Potenza [W]
Appartamento 1	Ariston	80	1200
Appartamento 2	Ariston	110	1200
Appartamento 3	Ariston	80	1200
Appartamento 4	Ariston	80	1200

Tabella 4.23: Dati pompe di calore per ACS.

Nella Tabella 4.24 sono invece riportati i parametri tecnici degli apparecchi proposti in questa simulazione, ricavati da [37].

Unità immobiliare	COP	T. min aria [°C]	T. max aria [°C]
Appartamento 1	2,04	-5	42
Appartamento 2	2,03	-5	42
Appartamento 3	2,04	-5	42
Appartamento 4	2,04	-5	42

Tabella 4.24: Dati tecnici pompe di calore per ACS. [37]

Dove i valori di COP, riportati per i vari apparecchi, sono riferiti ad una temperatura dell'aria esterna pari a 7 °C.

Infine, la Figura 4.16 riporta in maniera sintetica il nuovo schema di impianto relativo al servizio di Acqua Calda Sanitaria.

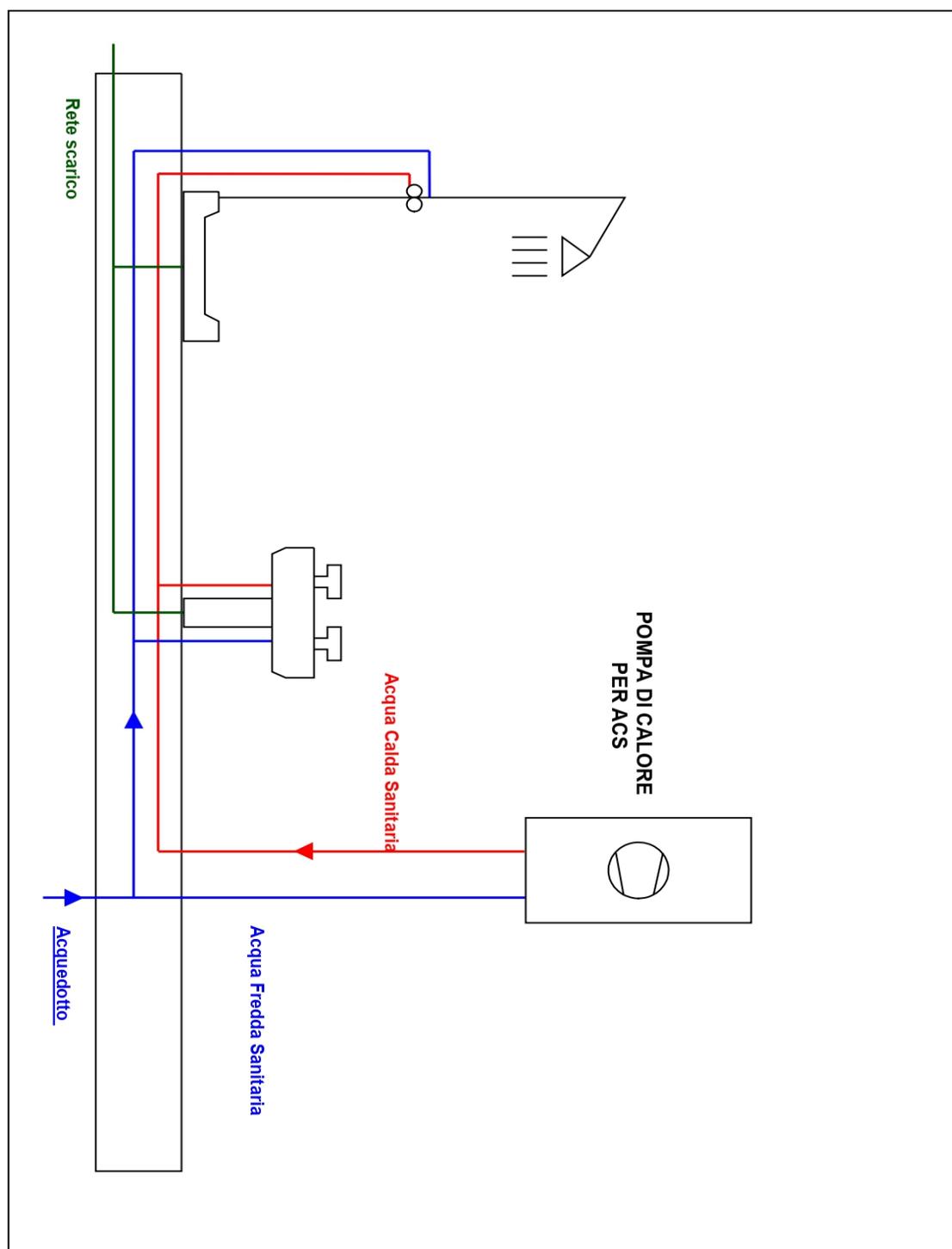


Figura 4.16: Schema potenziale d'impianto ACS (Scenario AVANZATO).

Risultati 4° intervento

A seguito di questo intervento il servizio di riscaldamento non subirà modifiche. Proprio per tale motivo restano validi i risultati riportati per l'intervento precedente, nel sottoparagrafo 4.2.1.

I risultati riportati, relativi all'impianto di ACS, sono ottenuti, come in precedenza, mediante calcolo eseguito secondo [31].

I valori di fabbisogno di energia ottenuti, sono ricavati a partire dai dati riportati nella Tabella 3.22, la Tabella 4.25 riporta invece il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio ACS e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale, riferiti alle singole unità immobiliari.

Descrizione	Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
	$QW, p, nren$	QW, p, tot	$\eta W, g, p, nren$	$\eta W, g, p, tot$
–				
Appartamento 1	1692	2100	79,5	64,1
Appartamento 2	1704	2115	93,1	75,0
Appartamento 3	1651	2049	77,4	62,4
Appartamento 4	1674	2077	78,6	63,3

Tabella 4.25: Risultati globali ACS per singola unità immobiliare (4° intervento).

La Tabella 4.26 riporta il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio ACS, riferito all'intero complesso residenziale.

Energia primaria [kWh/anno]	
$QW, p, nren$	QW, p, tot
6721	8341

Tabella 4.26: Risultati globali ACS (4° intervento).

Si può osservare un netto miglioramento per quanto riguarda la diminuzione dei consumi ed anche l'incremento di prestazione data dall'ottenimento di rendimenti più elevati.

Terminata la simulazione del 4° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
106,25	29,42	135,67

Tabella 4.27: Indici di prestazione edificio (4° intervento).

La Tabella 4.27 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello B, come mostrato in Figura 4.17.

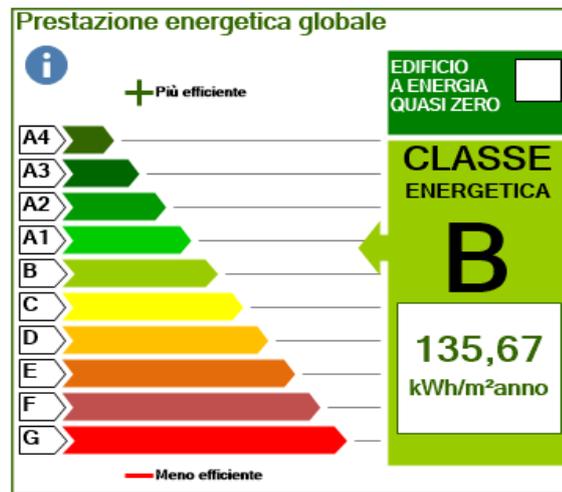


Figura 4.17: Classe Energetica edificio (4° intervento).

4.2.3 Sostituzione generatore con nuovo a condensazione

Modifica Impianto Riscaldamento

Le modifiche apportate per la simulazione di questo intervento sono le stesse già descritte nel sottoparagrafo 4.1.2.

Per quanto riguarda i dati dei sistemi di emissione e regolazione, valgono quelli precedentemente riportati nelle Tabelle 4.12, 4.13, 4.14, con le relative considerazioni.

La temperatura di mandata sarà sempre **variabile**, con schema di circuito come quello di Figura 4.6.

Per il sistema di generazione invece si va scegliere una taglia inferiore di potenza della caldaia, rispetto a quella dello scenario BASE. Tale scelta è giustificata dalla diminuzione del flusso termico disperso (Tabella 4.20) che si ottiene realizzando gli interventi dello scenario AVANZATO.

Si va quindi a prevedere l'installazione di un caldaia a basamento a condensazione, le cui specifiche sono riportate nelle Tabelle 4.28 e 4.29.

Potenze nominali [kW]				Rendimenti rilevati [%]		
P. Focolare max	P. Utile max	P. Focolare min	P. Utile min	P. nom 75/60	P. nom 40/30	Carico ridotto 30% P. nom.
18,5	20,3	4,0	3,8	96,4	98,6	96,3

Tabella 4.28: Dati tecnici caldaia a condensazione parte 1 (5° intervento). [36]

Rilievi combustibile a Pmax			Perdite rilevate a Pmax			
ΔT fumi - ambiente	CO ₂	Rendimento di combustione	Al camino bruciatore acceso	Al camino bruciatore spento	Al mantello	Portata fumi
[°C]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kg/h]
43,0	9,0	97,8	2,2	0,10	0,85	31

Tabella 4.29: Dati tecnici caldaia a condensazione parte 2 (5° intervento). [36]

Lo schema di generazione è lo stesso di Figura 4.7, con collegamento diretto. Anche per il generatore di calore la temperatura di mandata risulta **variabile**.

In questa simulazione, come nella precedente, non sono state previste modifiche all'impianto ACS, per cui le caratteristiche di quest'ultimo restano quelle precedentemente indicate.

Risultati 5° intervento

Come già sottolineato in precedenza, l'intervento di sostituzione del generatore non ha effetti sulle dispersioni del fabbricato, i valori di potenza dispersa saranno quindi quelli indicati in Tabella 4.20.

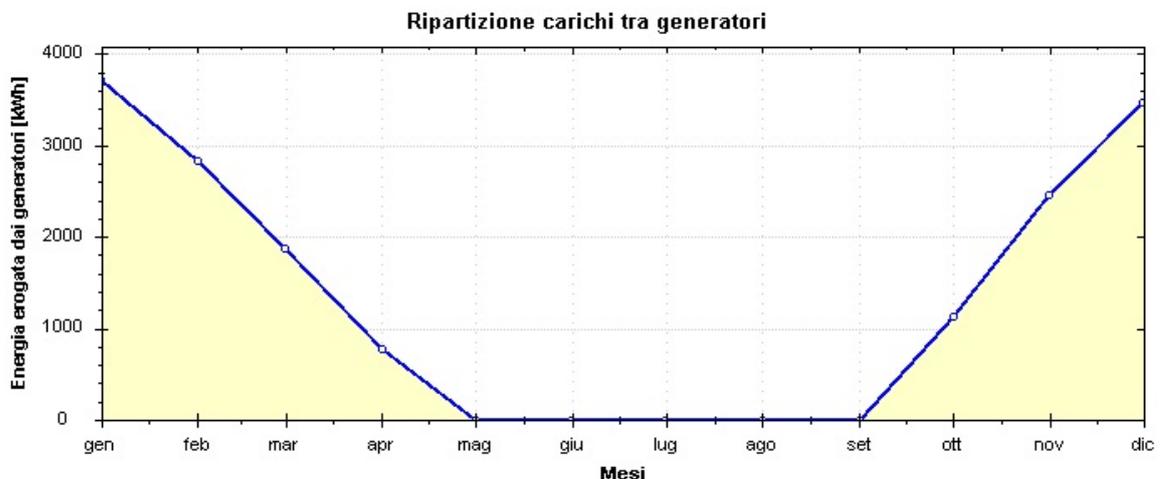


Figura 4.18: Ripartizione carichi generatore (5° intervento).

La modifica dell'impianto di riscaldamento, nei campi della regolazione e della generazione, avrà però sicuramente effetto sui valori di energia erogata per la climatizzazione. La Figura 4.18 mostra il nuovo andamento di energia erogata a seguito dell'intervento. Come si può osservare, successivamente alla simulazione degli interventi migliorativi, si raggiunge lo scopo di abbassare i consumi di energia.

La Figura 4.19 mostra invece il nuovo andamento della firma energetica di progetto. Con le specifiche iniziali, di temperatura e funzionamento, già indicate in precedenza, si ottengono dei valori di **potenza media** pari $\phi_{H,med,pr} = 13,71 \text{ kW}$ e una **potenza sulle 24 ore** pari a $\phi_{H,24,pr} = 8,00 \text{ kW}$. Anche da questo risultato si dimostra l'efficacia degli interventi proposti, andando via via a ridurre le potenze in gioco, così come avveniva per i consumi.

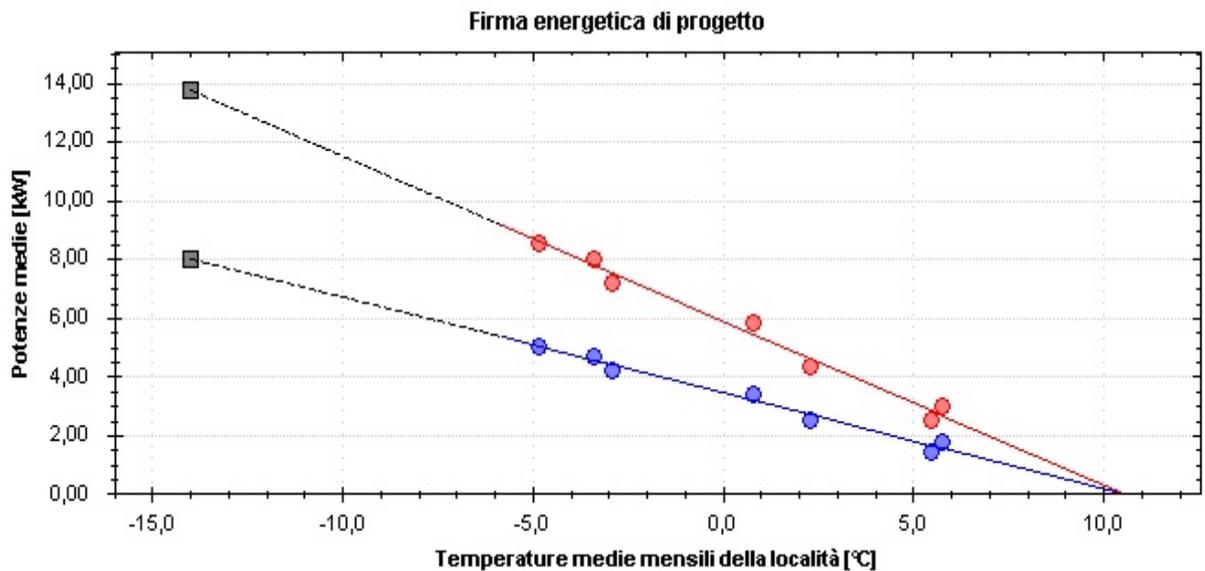


Figura 4.19: Firma energetica di progetto (5° intervento).

Si possono infine valutare i nuovi valori di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

La Tabella 4.30 riporta i nuovi valori ottenuti, mentre per il servizio di Acqua Calda Sanitaria non ci sono variazioni, non essendo previste modifiche all'impianto, per cui restano validi i risultati di Tabella 4.25 e Tabella 4.26.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
16718	16718	85,6	85,6

Tabella 4.30: Risultati globali riscaldamento (5° intervento).

Terminata la simulazione del 5° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
73,17	29,42	102,59

Tabella 4.31: Indici di prestazione edificio (5° intervento).

La Tabella 4.31 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello A2, come mostrato in Figura 4.20.

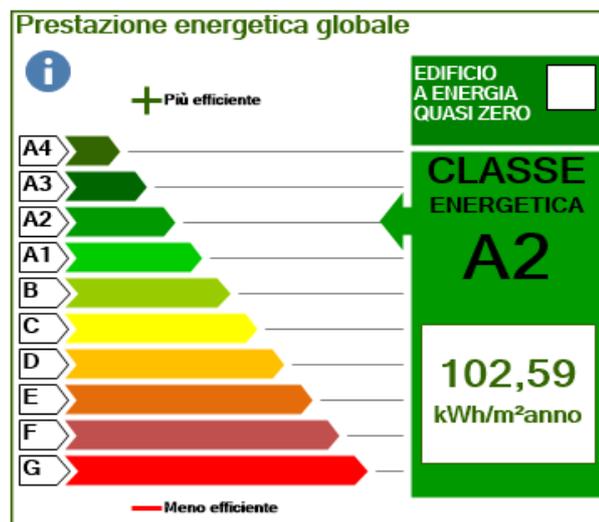


Figura 4.20: Classe Energetica edificio (5° intervento).

Con questo intervento si va a concludere lo scenario AVANZATO, in cui sono state svolte simulazioni riguardanti le parti private dell'edificio. I risultati ottenuti mostrano un miglioramento delle prestazioni, sia per quanto riguarda il fabbricato che l'impianto, ancora più netto rispetto allo scenario BASE. È però necessario sottolineare come i risultati ottenuti siano vincolati alle stesse condizioni espresse precedentemente, relative al reale raggiungimento delle prestazioni riportate.

Infine la Figura 4.21 mostra la possibile configurazione della Centrale Termica a seguito della realizzazione degli interventi proposti.

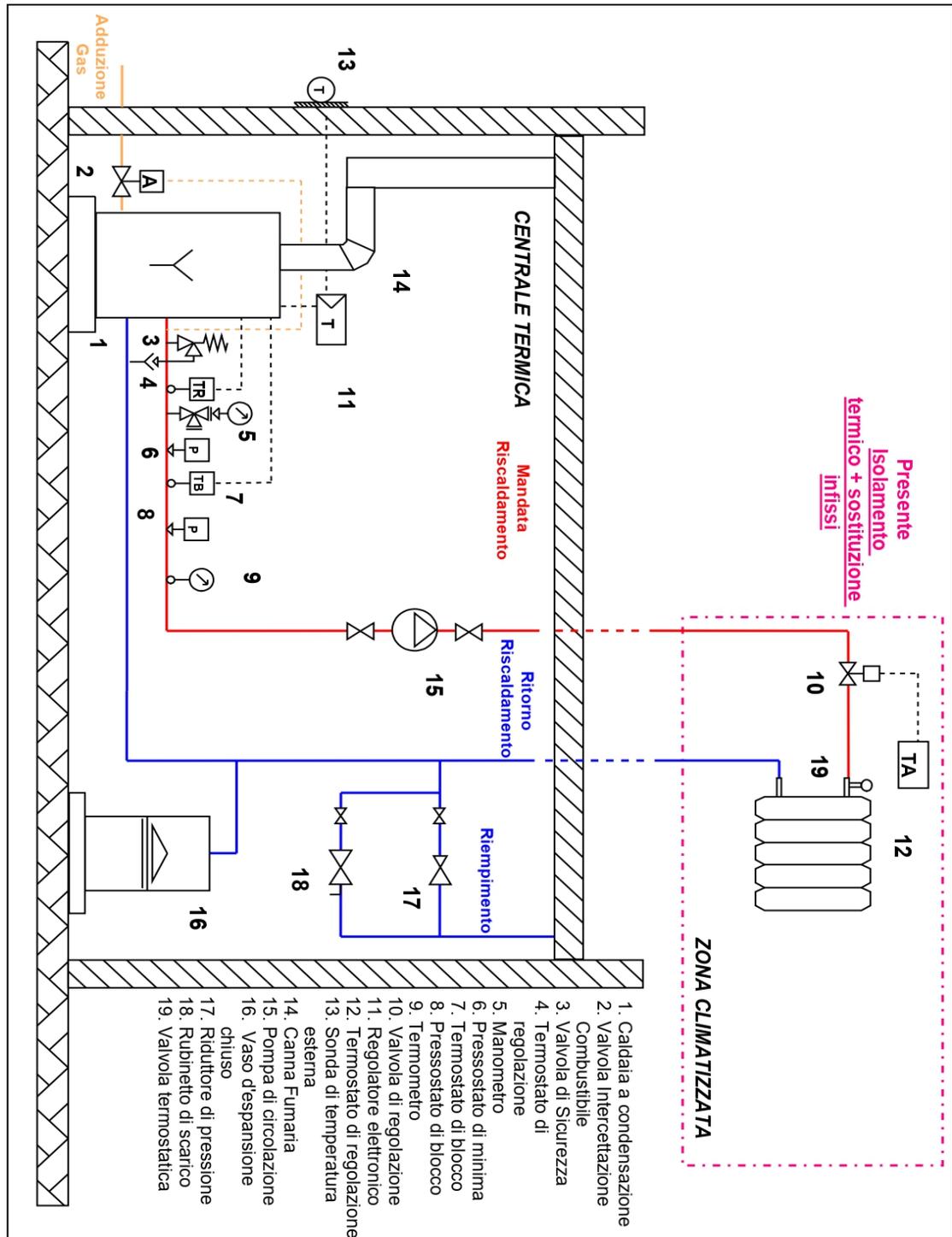


Figura 4.21: Schema potenziale della Centrale Termica (Scenario AVANZATO).

4.3 Scenario FULL OPTIONAL

4.3.1 Sostituzione generatore con sistema ibrido

Modifica Impianto Riscaldamento

Le modifiche apportate per la simulazione di questo intervento sono le stesse già descritte nel sottoparagrafo 4.1.2.

Per quanto riguarda i dati dei sistemi di emissione e regolazione, valgono quelli precedentemente riportati nelle Tabelle 4.12, 4.13, 4.14, con le relative considerazioni.

La temperatura di mandata sarà sempre **variabile**, con schema di circuito come quello di Figura 4.6.

Per il sistema di generazione invece si va scegliere un sistema ibrido, composto da: *caldaia a condensazione e pompa di calore*. Tale scelta consente di sfruttare due diverse tipologie vettore energetico, gas naturale ed energia elettrica, e di conseguenza diminuire la componente di energia non rinnovabile utilizzata per la climatizzazione. Si va quindi a prevedere l'installazione di un sistema ibrido «factory made», come richiesto da Superbonus, dove la Tabella 4.32 riporta le specifiche della caldaia a condensazione, mentre la Tabella 4.33 quelle relative alla pompa di calore, dove i dati di riscaldamento si riferiscono a una temperatura dell'aria esterna di $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, mentre quelli di raffreddamento ad una temperatura dell'aria esterna di $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Campo di potenzialità utile [kW]		Rendimenti rilevati [%]		Classe NOx
50/30 °C	80/60 °C	Carico Pieno (100 %)	Carico Parziale (30 %)	–
3,2 – 32	2,9 – 29,3	97,9	109,6	6

Tabella 4.32: Dati tecnici caldaia a condensazione (6° intervento). [38]

Potenza termica/frigorifera [kW]		Rendimenti riscaldamento/raffreddamento		T. max mandata [°C]
Riscaldamento	Raffreddamento	COP	EER	–
10,1	9,95	4,43	4,41	60

Tabella 4.33: Dati tecnici pompa di calore (6° intervento). [39]

Il metodo di calcolo previsto per il sistema di generazione è sempre di tipo **analitico**, basato sulle perdite del generatore ([31], Appendice B.3), mentre per la pompa di calore avviene secondo le specifiche riportate da [40]. Per il calcolo vengono indicate le temperatura di cut-off della sorgente fredda (aria esterna) e quella calda (acqua di d'impianto).

Lo schema di generazione è rappresentato in Figura 4.22, dove il tipo collegamento è con portata indipendente. Anche per il sistema di generazione ibrido la temperatura di mandata risulta **variabile**.

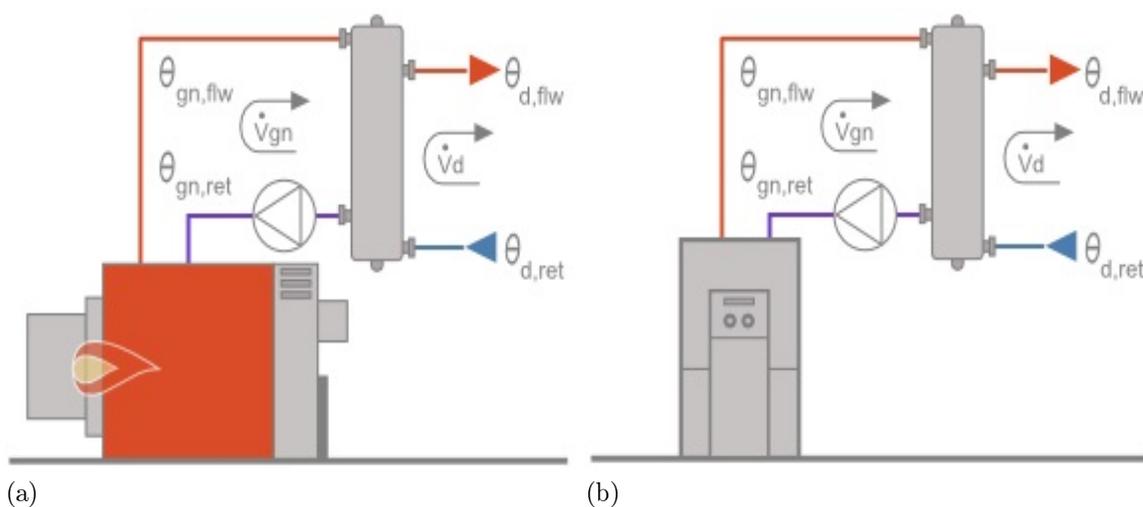


Figura 4.22: Schema generatore ibrido in CT (6° intervento). (a) caldaia a condensazione, (b) pompa di calore.

In questa simulazione non sono state previste modifiche all'impianto ACS, per cui le caratteristiche di quest'ultimo restano quelle indicate nel sottoparagrafo 4.2.2.

Risultati 6° intervento

Come già sottolineato in precedenza, l'intervento di sostituzione del generatore non ha effetti sulle dispersioni del fabbricato, i valori di potenza dispersa saranno quindi quelli indicati in Tabella 4.20.

La modifica dell'impianto di riscaldamento, nei campi della regolazione e della generazione, avrà però sicuramente effetto sui valori di energia erogata per la climatizzazione. La Figura 4.23 mostra il nuovo andamento di energia erogata a seguito dell'intervento. Come si può osservare, in questo caso si è in presenza di due aree distinte (rossa e gialla).

L'area rossa rappresenta l'energia termica erogata dalla caldaia condensazione per il servizio di riscaldamento ($QH, gen, out, gen1$), mentre l'area gialla rappresenta l'energia termica erogata dalla pompa di calore per le stesse finalità ($QH, gen, out, gen2$). Si può notare che la pompa di calore, a causa del suo principio di funzionamento, riesce a coprire completamente il fabbisogno termico solo in alcuni periodi dell'anno (quelli in cui le temperature esterne sono più alte).

Proprio per tale motivo non si può prevedere un sistema di generazione in cui è presente solamente la pompa di calore senza l'ausilio di una caldaia a condensazione.

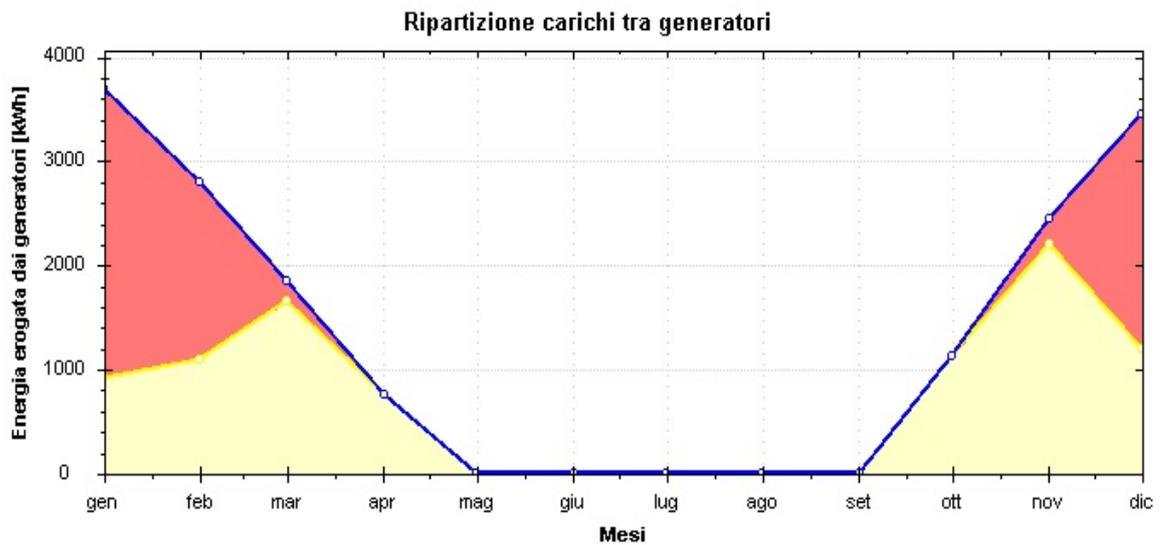


Figura 4.23: Ripartizione carichi generatore (6° intervento).

La Figura 4.24 mostra invece il nuovo andamento della firma energetica di progetto. Con le specifiche iniziali, di temperatura e funzionamento, già indicate in precedenza, si ottengono dei valori di **potenza media** pari $\phi_{H,med,pr} = 13,66 \text{ kW}$ e una **potenza sulle 24 ore** pari a $\phi_{H,24,pr} = 7,96 \text{ kW}$. Anche da questo risultato si dimostra l'efficacia degli interventi proposti, andando via via a ridurre le potenze in gioco, così come avveniva per i consumi.

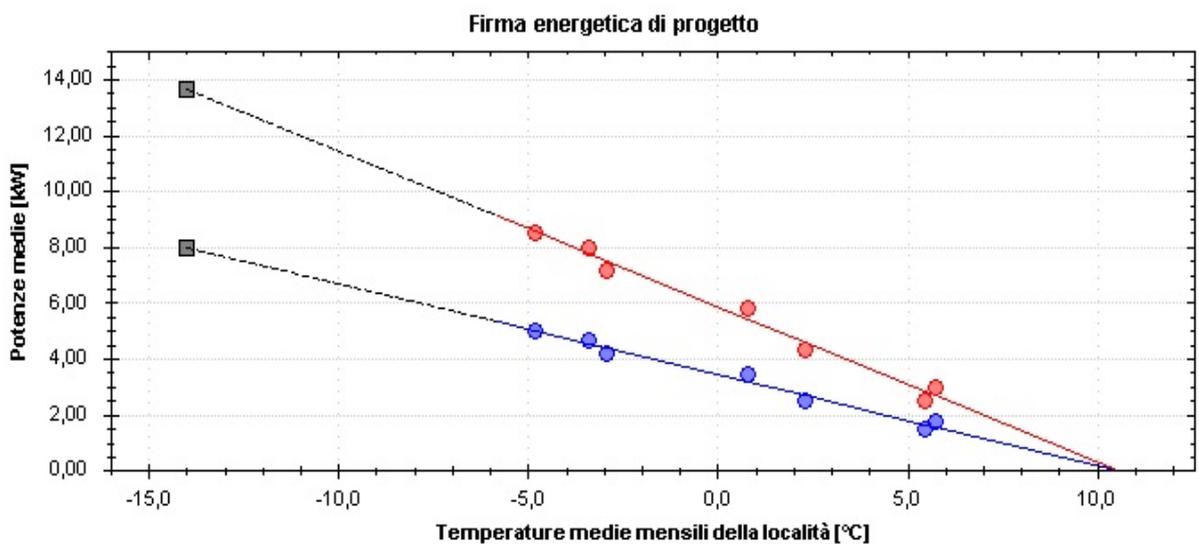


Figura 4.24: Firma energetica di progetto (6° intervento).

Si possono infine valutare i nuovi valori di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale

calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

La Tabella 4.34 riporta i nuovi valori ottenuti, mentre per il servizio di Acqua Calda Sanitaria non ci sono variazioni, non essendo previste modifiche all'impianto, per cui restano validi i risultati di Tabella 4.25 e Tabella 4.26.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
10068	18201	142,2	78,6

Tabella 4.34: Risultati globali riscaldamento (6° intervento).

Terminata la simulazione del 6° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
44,07	29,42	73,49

Tabella 4.35: Indici di prestazione edificio (6° intervento).

La Tabella 4.35 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello A3, come mostrato in Figura 4.25.

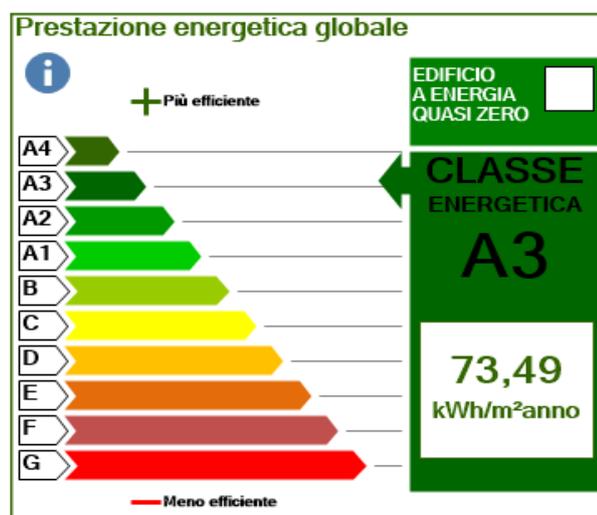


Figura 4.25: Classe Energetica edificio (6° intervento).

4.3.2 Installazione campo solare fotovoltaico

Codifica impianto fotovoltaico

Il calcolo dei pannelli fotovoltaici è effettuato in conformità alle norme [40] e [41] e consente di stimare l'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico ed utilizzabile per il riscaldamento degli ambienti e/o per la produzione di acqua calda sanitaria, nonché per le altre tipologie di servizi presenti.

Nella simulazione in esame, l'impianto viene predisposto per la messa in servizio di tutti i servizi presenti, considerando un'esposizione data dalle falde del tetto modellate da input grafico (Figura 3.21), che ne stabiliscono anche l'inclinazione rispetto al piano orizzontale.

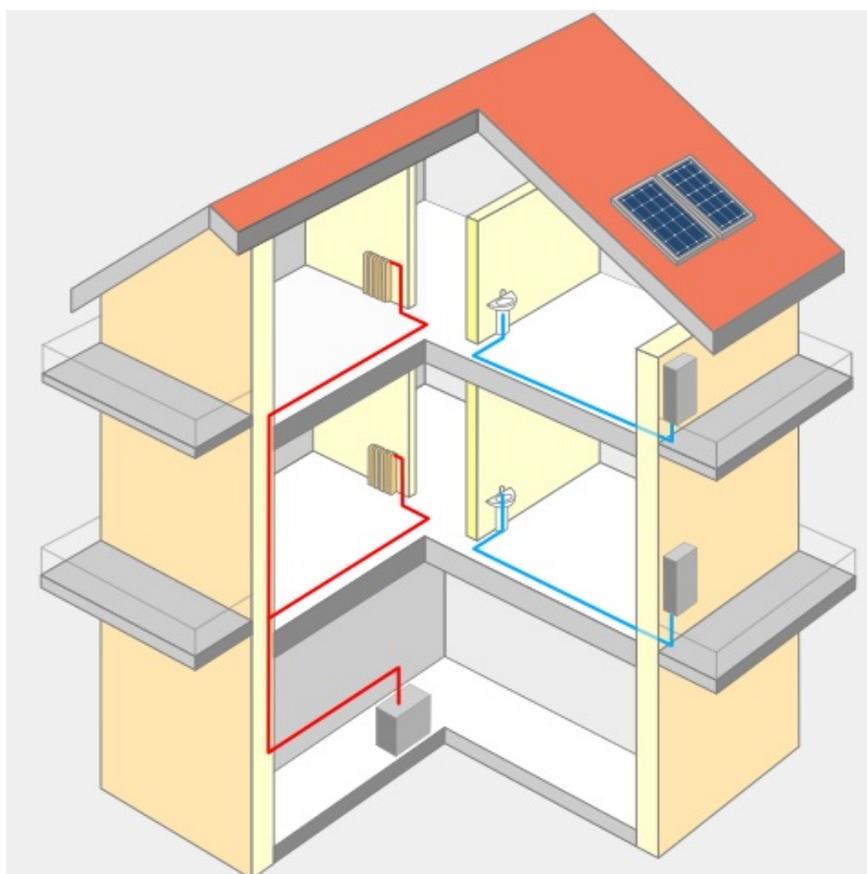


Figura 4.26: Esempio schema impianto (7° intervento).

La Tabella 4.36 riporta i dati che caratterizzano un singolo modulo, dove l'efficienza nominale è calcolata in automatico dal programma in base alla potenza di picco, alla superficie utile ed all'irraggiamento standard.

In base ai fabbisogni elettrici dell'impianto, i servizi presenti, la disponibilità della superficie di installazione e le caratteristiche tecniche dei dispositivi selezionati, viene

Potenza di picco [Wp]	Superficie utile [m ²]	Efficienza nominale
180	1,13	0,16

Tabella 4.36: Dati tecnici modulo fotovoltaico (7° intervento). [42]

prevista la presenza di 30 moduli solari fotovoltaici.

Risulterà quindi un campo fotovoltaico, da simulazione, dall'**area totale utile** di 33,90 m² e una **potenza di picco totale** pari a 5400 Wp, con esposizione a Sud-Est.

Risultati 7° intervento

L'installazione del campo fotovoltaico non ha effetti sulle dispersioni e sui fabbisogni termici e di ACS dell'edificio. Ciò che va a variare è la componente di energia primaria utilizzata da fonti rinnovabili, che comporta un netto miglioramento della prestazione energetica.

A seguito di queste considerazioni, restano validi i grafici di Figura 4.23 e 4.24 per il riscaldamento, mentre la Tabella 4.37 riporta i nuovi valori di fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio riscaldamento e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale.

Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
$QH, p, nren$	QH, p, tot	$\eta H, g, p, nren$	$\eta H, g, tot$
8450	17023	169,4	84,1

Tabella 4.37: Risultati globali riscaldamento (7° intervento).

La Tabella 4.38 riporta invece il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio ACS e il rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile, e totale, riferiti alle singole unità immobiliari.

Descrizione	Energia primaria [kWh/anno]		Rendimenti globale medio stagionale [%]	
	$QW, p, nren$	QW, p, tot	$\eta W, g, p, nren$	$\eta W, g, p, tot$
–				
Appartamento 1	417	1171	322,5	114,8
Appartamento 2	420	1180	377,7	134,5
Appartamento 3	407	1143	314,1	111,8
Appartamento 4	413	1159	318,8	113,5

Tabella 4.38: Risultati globali ACS per singola unità immobiliare (7° intervento).

Infatti, l'installazione del campo fotovoltaico ha effetto non solo sull'impianto di riscaldamento, ma anche dell'ACS, in base alla simulazione eseguita.

La Tabella 4.39 riporta il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile, e totale, per il servizio ACS, riferito all'intero complesso residenziale.

Energia primaria [kWh/anno]	
$QW, p, nren$	QW, p, tot
1657	2996

Tabella 4.39: Risultati globali ACS (7° intervento).

Terminata la simulazione del 7° intervento è possibile ottenere il nuovo Attestato di Prestazione Energetica relativo all'edificio, necessario per valutare l'effettiva efficacia dell'intervento proposto.

$EP_{gl, nren}$ Riscaldamento [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ ACS [kWh/m ² anno]	$EP_{gl, nren}$ Totale [kWh/m ² anno]
36,99	7,25	44,24

Tabella 4.40: Indici di prestazione edificio (7° intervento).

La Tabella 4.40 riporta i valori ottenuti dei nuovi indici di prestazione, da cui si ottiene una **classe energetica** risultante di livello A4, come mostrato in Figura 4.27.

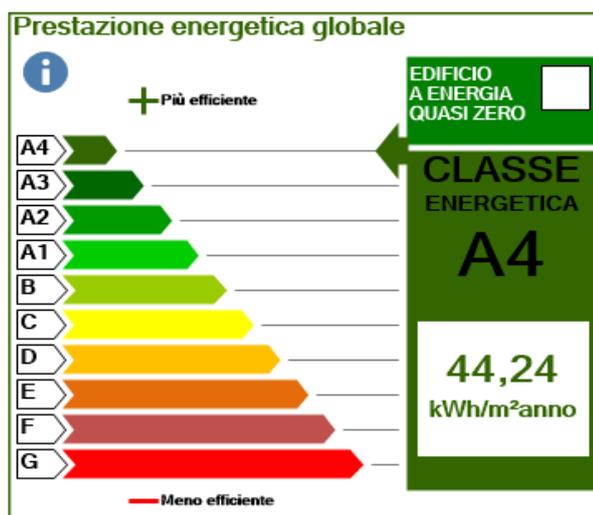


Figura 4.27: Classe Energetica edificio (7° intervento).

4.3.3 Installazione colonnine di ricarica per veicoli elettrici

Questo tipo di intervento non ha effetti sensibili sul fabbricato o sugli impianti presenti. Viene comunque proposto, essendo ammesso a detrazione dal Superbonus, per favorire lo sviluppo dell'infrastruttura di ricarica.

È infatti obbligatoria l'installazione di colonnine elettriche in tutti gli edifici di nuova costruzione o sottoposti a ristrutturazioni importanti, secondo [43].



Figura 4.28: Esempio colonnina di ricarica. [44]

Nel prospetto in esame viene proposta l'installazione di **due** colonnine di ricarica da ubicare nelle parti comuni a disposizione del condominio.

Per quanto riguarda la prestazione energetica, restano validi i risultati ottenuti dall'intervento precedente, sottoparagrafo 4.3.2, per cui la classe energetica è sempre A4. Con questo intervento si va a concludere lo scenario FULL OPTIONAL, in cui sono state svolte simulazioni riguardanti la presenza di sistemi rinnovabili. I risultati ottenuti mostrano un elevato miglioramento delle prestazioni, riuscendo a raggiungere la classe energetica più alta. Come sottolineato in precedenza, il reale raggiungimento delle suddette prestazioni, ottenute tramite simulazioni, sarà vincolato all'esecuzione di un adeguato progetto.

Infine la Figura 4.29 mostra la possibile configurazione della Centrale Termica a seguito della realizzazione degli interventi proposti.

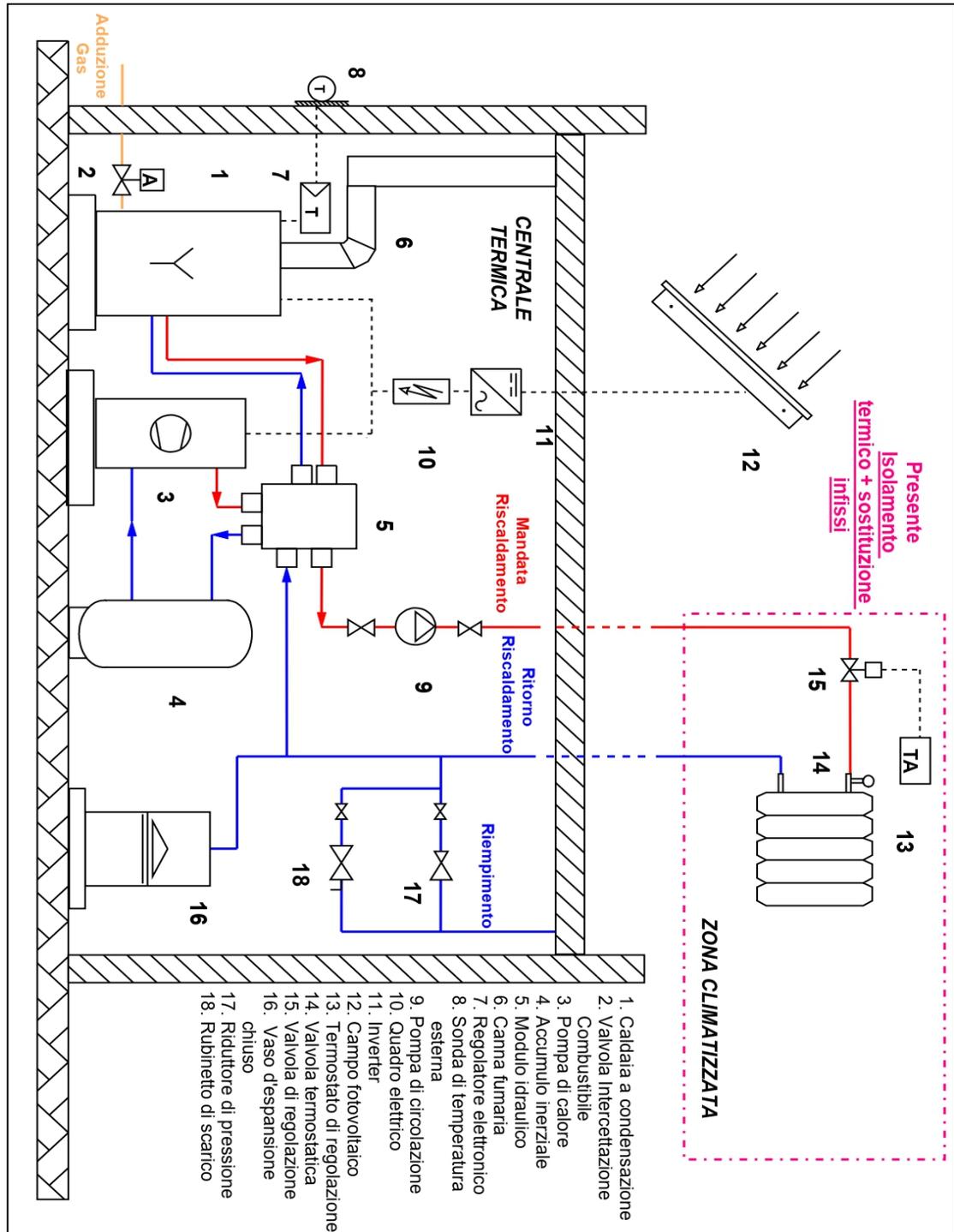


Figura 4.29: Schema potenziale della Centrale Termica (Scenario FULL OPTIONAL).

4.4 Verifiche di Legge

Le verifiche di legge sugli interventi proposti sono eseguite secondo il regime normativo [25], *Requisiti minimi*, come indicato nel sottoparagrafo **3.2.1**.

Queste verifiche di legge si applicano per gli edifici la cui richiesta del titolo abilitativo sia stata effettuata a partire dal 1.10.2015.

Le verifiche di legge secondo [25] vengono eseguite confrontando i parametri calcolati sull'edificio reale con i parametri determinati sull'edificio di riferimento.

L'edificio di riferimento, definito da [25] (Allegato 2), è un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati.

4.4.1 Verifiche Scenario BASE

In questo sottoparagrafo vengono riportate le verifiche relative agli interventi inclusi nello scenario BASE.

Esse rientrano nella categoria: *Ristrutturazione importante (di secondo livello) superiore al 25 % della superficie disperdente e può interessare l'impianto termico*. Tale specifica sarà valida anche per gli altri prospetti.

Tipo di verifica	Esito	Valore ammissibile	Valore calcolato	u.m.
Verifica termoigrometrica	Positiva			
Trasmittanza media strutture opache	Positiva			
Trasmittanza media strutture trasparenti	-			
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva			
Fattore di trasmissione solare totale	-			
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda s...	Positiva			

Figura 4.30: Verifiche di legge (Scenario BASE).

Verifica termoigrometrica

Tale verifica è richiesta dal punto 2.3.2 dell'Allegato 1 del decreto [25]. Essa viene applicata solo per le strutture soggette a intervento e permette di controllare che non vi sia presenza di condensa superficiale e/o interstiziale.

Come si può osservare dalla figura 4.30 essa è positiva.

Trasmittanza media strutture opache

La verifica di Trasmittanza media strutture opache è prevista dalle lettere a) e b) del punto 2, paragrafo 5 dell'Allegato 1 del decreto [25]. Anche in questo caso la verifica

viene applicata alle pareti soggette a intervento e prevede il confronto fra il valore di trasmittanza media (che tiene conto del contributo dei ponti termici) e il valore limite imposto da normativa.

La Tabella 4.41 riporta i risultati ottenuti, come si può osservare anche questa verifica è positiva.

Descrizione	Tipologia	Trasmittanza ammissibile [W/m^2K]	Trasmittanza media [W/m^2K]
Muro esterno	T	0,260	0,223
Pavimento verso cantine	U	0,467	0,215
Sottotetto	U	0,232	0,188
Balcone	T	0,220	0,180

Tabella 4.41: Verifica su trasmittanza media strutture opache.

Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione

La verifica del coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione $H't$ viene richiesta dalla lettera b), punto 2, paragrafo 3.3 dell'Allegato 1 del decreto [25].

Il valore calcolato è pari alla somma dei coefficienti medi di scambio termico per trasmissione degli elementi dell'involucro edilizio divisa per la superficie esterna lorda. Il coefficiente di scambio termico per trasmissione si individua come il prodotto fra la trasmittanza della struttura (W/m^2K) e la sua superficie (m^2).

La Tabella 4.42 riporta i risultati ottenuti, con verifica positiva.

Descrizione	$H't_{amm}$ [W/m^2K]	$H't$ [W/m^2K]
Appartamento 1	0,62	0,17
Appartamento 2	0,62	0,17
Appartamento 3	0,62	0,20
Appartamento 4	0,62	0,20

Tabella 4.42: Verifica su $H't$ (Scenario BASE).

Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento

La verifica sull'efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento è richiesta dal punto iv, lettera b), del paragrafo 3.3 dell'Allegato 1 del decreto [25].

Vengono considerati nella verifica i soli servizi effettivamente presenti o soggetti a

modifica nell'edificio reale. Come si vede da Figura 4.30 la verifica risulta positiva, andando a confrontare i rendimenti globali medi stagionali dei singoli servizi, espressi in funzione dei rispettivi fabbisogni di energia primaria totale.

Per il servizio di riscaldamento centralizzato risultava un valore di $\eta H, g, tot = 83,1 \%$ (Tabella 4.17) a fronte di un valore di $\eta H, g, tot, amm = 73,3 \%$.

4.4.2 Verifiche Scenario AVANZATO

La categoria della verifica è la stessa riportata precedentemente. Poiché nello scenario AVANZATO è previsto l'intervento di coibentazione, come già riportato nello scenario BASE, le verifiche termoisometrica e sulla Trasmittanza media delle strutture opache restano invariate e sempre positive, come si vede da Figura 4.31.

Tipo di verifica	Esito	Valore ammissibile	Valore calcolato	u.m.
Verifica termoisometrica	Positiva			
Trasmittanza media strutture opache	Positiva			
Trasmittanza media strutture trasparenti	Positiva			
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva			
Fattore di trasmissione solare totale	Positiva			
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda s...	Positiva			

Figura 4.31: Verifiche di legge (Scenario AVANZATO).

Trasmittanza media strutture trasparenti

La verifica di Trasmittanza media strutture trasparenti è prevista alla lettera c) del punto 2, paragrafo 5 dell'Allegato 1 del decreto [25].

Come riportato nel sottoparagrafo 4.2.1 la modifica dei componenti finestrati è volta a rispettare il valore massimo di trasmittanza termica ammesso dai *Requisiti minimi*, pari a $Uw_{amm} = 1,000 W/m^2K$.

Dai valori di Tabella 4.19 è possibile osservare che tale verifica è rispettata.

Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione

La verifica sul coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione avviene come nel prospetto precedente.

La modifica riguardante i valori è dovuta al contributo apportato dai componenti finestrati. Infatti, nello scenario BASE tale contributo non veniva considerato e i serramenti venivano considerati come strutture esistenti, non essendo presente l'intervento relativo alla sostituzione degli infissi.

La Tabella 4.43 riporta i nuovi valori ottenuti per il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione.

Descrizione	$H't_{amm}$ [W/m ² K]	$H't$ [W/m ² K]
Appartamento 1	0,62	0,21
Appartamento 2	0,62	0,21
Appartamento 3	0,62	0,25
Appartamento 4	0,62	0,25

Tabella 4.43: Verifica su $H't$ (Scenario AVANZATO).

Fattore di trasmissione solare totale

La verifica del fattore di trasmissione solare totale è richiesta dalla lettera d), punto 1, paragrafo 5.2 Allegato 1 del decreto [25]. Viene condotta su edifici appartenenti a tutte le destinazioni d'uso ad eccezione della E.8, per tutti i componenti finestrati disperdenti verso l'esterno con esposizione compresa fra Est e Ovest passando da Sud. La verifica avviene confrontando il valore reale, che corrisponde al valore massimo dei $Ggl + sh$ calcolato per ogni mese ed esposizione, con un valore limite ammissibile. Per i componenti finestrati presenti, tutti soggetti a sostituzione secondo simulazione, risulta un $Ggl + sh_{max} = 0,276$ inferiore al valore massimo ammissibile, pari a $Ggl + sh_{amm} = 0,350$.

Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento

La verifica sull'efficienza media stagionale dell'impianto per servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento avviene come nel prospetto precedente.

In queste simulazioni è presente sia la modifica dell'impianto di riscaldamento centralizzato che dell'impianto di ACS autonomo.

Come si vede da Figura 4.31 la verifica risulta positiva, andando a confrontare i rendimenti globali medi stagionali dei singoli servizi, espressi in funzione dei rispettivi fabbisogni di energia primaria totale.

Per il servizio di riscaldamento centralizzato risultava un valore di $\eta H, g, tot = 85,6\%$ (Tabella 4.30) a fronte di un valore di $\eta H, g, tot, amm = 73,3\%$.

Per il servizio di Acqua Calda Sanitaria autonomo i valori risultanti di $\eta W, g, p, tot$ sono riportati in Tabella 4.25 a fronte di un valore di $\eta W, g, p, tot, amm = 44,6\%$.

4.4.3 Verifiche Scenario FULL OPTIONAL

La categoria della verifica è la stessa riportata precedentemente. Poiché nello scenario FULL OPTIONAL sono previsti gli interventi di coibentazione e sostituzione infissi, come già riportato nello scenario AVANZATO, le verifiche termigrometrica, sulla Trasmissione media delle strutture opache e trasparenti e sul fattore di trasmissione solare totale restano invariate e sempre positive, come si vede da Figura 4.32.

Tipo di verifica	Esito	Valore ammissibile	Valore calcolato	u.m.
Verifica termoigrometrica	Positiva			
Trasmittanza media strutture opache	Positiva			
Trasmittanza media strutture trasparenti	Positiva			
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva			
Fattore di trasmissione solare totale	Positiva			
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda s...	Positiva			

Figura 4.32: Verifiche di legge (Scenario FULL OPTIONAL).

Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento

La verifica sull'efficienza media stagionale dell'impianto per servizi di riscaldamento, acqua calda sanitaria e raffrescamento avviene come nel prospetto precedente.

In queste simulazioni è presente sia la modifica dell'impianto di riscaldamento centralizzato che dell'impianto di ACS autonomo.

Come si vede da Figura 4.32 la verifica risulta positiva, andando a confrontare i rendimenti globali medi stagionali dei singoli servizi, espressi in funzione dei rispettivi fabbisogni di energia primaria totale. Tali rendimenti andranno a variare a causa della presenza dell'impianto fotovoltaico, il quale aumenta la componente di energia sfruttata derivante da fonti rinnovabili.

Per il servizio di riscaldamento centralizzato risultava un valore di $\eta_{H,g,tot} = 84,1 \%$ (Tabella 4.37) a fronte di un valore di $\eta_{H,g,tot,amm} = 66,0 \%$.

Per il servizio di Acqua Calda Sanitaria autonomo i valori risultanti di $\eta_{W,g,p,tot}$ sono riportati in Tabella 4.38 a fronte di un valore di $\eta_{W,g,p,tot,amm} = 59,0 \%$.

4.5 Analisi economica degli interventi

Il presente paragrafo ha lo scopo di riportare l'analisi economica svolta in merito agli interventi simulati nei diversi scenari.

Tale analisi viene eseguita secondo le linee guida stabilite da [45], attraverso il software di calcolo EC 720 – Edilclima (Diagnosi energetica e interventi migliorativi).

Per ognuno degli scenari si vanno ad indicare i costi iniziali e i flussi di cassa durante l'esercizio, attraverso questi dati si è successivamente in grado di definire un parametro economico grazie al quale si ottiene un'indicazione riguardo la convenienza dell'investimento. Tale parametro è rappresentato dal Valore Attuale Netto (VAN), suggerito dalla normativa come parametro di valutazione in quanto rappresenta un risultato univoco, completo e in grado di rilevare il potenziale finanziario dell'intervento.

Per ognuna delle simulazioni è stato scelto di eseguire il confronto fra uno scenario con *presenza di detrazioni* e *assenza di detrazioni*, così da evidenziare l'impatto della misura fiscale del Superbonus nell'analisi economica. Inoltre, ogni simulazione viene confrontata con i limiti di spesa a cui fa fede l'intervento, riportati nella Tabella 4.44, e determinati dalle indicazioni presenti nel sottoparagrafo **2.2.1**.

Scenario	Limite di spesa
BASE	240.000,00 €
AVANZATO	600.000,00 €
FULL OPTIONAL	615.960,00 €

Tabella 4.44: Limiti di spesa degli interventi simulati.

Nonostante si sia cercato di rendere tale analisi più dettagliata e realistica possibile, permane un certo margine di errore sull'attendibilità dei risultati. Ciò è dovuto alla necessità di impostare alcuni valori basandoci su previsioni e stime.

4.5.1 Analisi Scenario BASE

Tramite il programma EC 720 è possibile effettuare un'analisi economica legata alla simulazione di interventi migliorativi, ciò avviene andando a confrontare gli scenari pre e post-intervento.

Partendo dallo Stato di Fatto, il software elabora una comparazione con la simulazione scelta. Nel caso in esame il confronto è effettuato tra lo stato nativo del condominio e lo scenario BASE, che comprende gli interventi di coibentazione e sostituzione del generatore con uno nuovo a condensazione.

Dal confronto fra le simulazioni il programma calcola la **riduzione dei consumi**, che si tradurrà in un **ricavo economico**.

A seguito di questo calcolo viene eseguita l'analisi economica, che si basa sui seguenti dati di input:

- *Modalità di calcolo del risparmio*: Modalità A2;
- *Tasso di interesse mercato*: $R = 3,4 \%$;
- *Tasso di inflazione*: $R_i = 3,0 \%$;
- *Tasso di interesse reale*: $R_r = 0,39 \%$;
- *Durata del calcolo*: $T_{calc} = 40$ anni;
- *Presenza detrazioni*: Presenti/Assenti;
- *Percentuale detrazioni*: $P_{det} = 110 \%$, se presenti;
- *Numero di rate*: $N_{rate,det} = 4$, se presenti;
- *Gestione evoluzione prezzi*: secondo criteri stabiliti da [45];
- *Gestione evoluzione valore residuo finale*: secondo criteri stabiliti da [45].

Come sottolineato in precedenza, la scelta dei dati economici in input è sicuramente soggetta ad un certo grado di incertezza. Essendo il calcolo basato su un orizzonte temporale molto lungo, risulta difficile, se non impossibile, prevedere quali siano i tassi giusti da inserire anno per anno nel calcolo dell'analisi economica.

Poiché nel calcolo con questa modalità il tasso viene considerato costante ogni anno, si è scelto di optare per dei valori medi tra quelli rappresentativi della situazione attuale (soggetta a condizioni straordinarie come la ripresa post-COVID e la presenza della guerra in Ucraina) e quelli in una situazione economica in condizioni standard.

Successivamente all'inserimento dei dati generali, si procede inserendo le voci di costo dell'iniziativa economica in esame.

Componente	Tvita [anni]	UM	Cin [€/UM]	Qta [UM]	Cin [€]	Detraibile
Installazione valvole	0	pz	48,00	20,00	960,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Valvola - Termostatica	20	pz	20,00	20,00	400,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Manodopera centrale temica	0	pz	2000,00	1,00	2000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Componenti di centrale	20	pz	5000,00	1,00	5000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Progettazione	0	pz	1000,00	3,00	3000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Progettazione impianto	0	pz	3500,00	2,00	7000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Oneri per la sicurezza	0	pz	2500,00	1,00	2500,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Apprestamenti di cantiere	0	pz	1300,00	1,00	1300,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Smontaggio	0	kg	60,00	30,00	1800,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Demolizione	0	m ²	30,00	440,00	13200,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Ponteggio	3	pz	30000,00	1,00	30000,00	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.33: Voci di costo Scenario BASE.

In questa sezione del programma vengono inseriti tutti gli interventi simulati nel prospetto, dopo essere stati "tradotti" in un costo monetario. La Figura 4.33 mostra

alcune delle voci di costo per gli interventi di: isolamento termico e sostituzione del generatore.

Come si può osservare, nel caso in esame tutti i costi sono considerati detraibili, in primo luogo poiché si sta operando nello scenario in cui vengono considerate le detrazioni, e secondariamente perché tutte le voci rientrano nei limiti di spesa imposti per questi interventi.

Come avveniva per i dati economici di input, anche le voci di costo inserite sono affette da incertezza. Questo è dovuto sia alla fase in cui ci si trova ad operare, ovvero quella pre-progettuale, in cui non possono essere noti tutti i costi, sia alla necessità di stabilire un valore di costo che potrebbe essere non più attendibile nel giro di pochi anni, se non mesi.

Stabiliti i ricavi annui, in funzione delle detrazioni presenti e del risparmio dei consumi generato dagli interventi realizzati, si passa alla scheda risultati che differisce nei due scenari.

Scenario con detrazioni

La Figura 4.34 mostra i risultati relativi alla simulazione dello Scenario BASE, nel caso in cui vengano considerate le detrazioni.

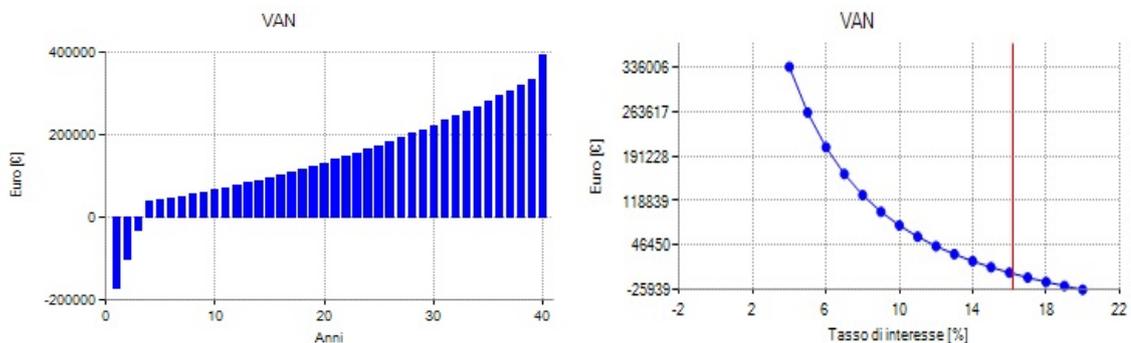


Figura 4.34: Risultati analisi economica con detrazioni (Scenario BASE).

A fronte di un costo iniziale pari a: $C_{tot, in} = 239.560,00 \text{ €}$ (inferiore al limite massimo riportato in Tabella 4.44) risultano:

- *Valore attuale netto operazione:* $VAN_{op} = 391.873,56 \text{ €}$;
- *Tempo di ritorno semplice:* $tr_{det} = 3,3 \text{ anni}$;
- *Tasso interno di rendimento:* $TIR = 16,21 \text{ \%}$.

Dai valori riportati si evince la convenienza dell'investimento.

Scenario senza detrazioni

La Figura 4.35 mostra i risultati relativi alla simulazione dello scenario BASE, nel caso in cui le detrazioni non vengano considerate.

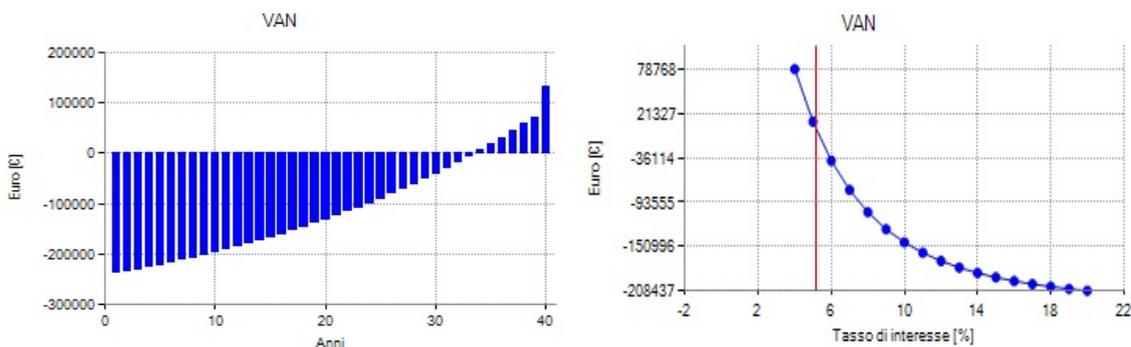


Figura 4.35: Risultati analisi economica senza detrazioni (Scenario BASE).

A fronte di un costo iniziale pari a: $C_{tot, in} = 239.560,00 \text{ €}$ (inferiore al limite massimo riportato in Tabella 4.44) risultano:

- *Valore attuale netto operazione*: $VAN_{op} = 130.896,23 \text{ €}$;
- *Tempo di ritorno semplice*: $tr_{det} = 34$ anni;
- *Tasso interno di rendimento*: $TIR = 5,19 \%$.

Dai valori riportati l'investimento risulta ancora conveniente, tuttavia c'è una netta differenza rispetto allo scenario con detrazioni, tale da poter scoraggiare la scelta di eseguire l'intervento.

4.5.2 Analisi Scenario AVANZATO

Nel caso in esame il confronto è effettuato tra lo stato nativo del condominio e lo scenario AVANZATO, che comprende gli interventi di: coibentazione, sostituzione infissi, installazione pompe di calore per Acqua Calda Sanitaria e sostituzione del generatore con uno nuovo a condensazione.

Come in precedenza, dal confronto fra le simulazioni il programma calcola la **riduzione dei consumi**, che si tradurrà in un **ricavo economico**.

I dati economici in input sono gli stessi presentati per il prospetto precedente, con le stesse considerazioni che li contraddistinguono.

La Figura 4.36 mostra alcune delle voci di costo per gli interventi che caratterizzano il prospetto.

Come si può osservare, nel caso in esame tutti i costi sono considerati detraibili, in primo luogo poiché si sta operando nello scenario in cui vengono considerate le detrazioni, e secondariamente perché tutte le voci rientrano nei limiti di spesa imposti per

Componente	Tvita [anni]	UM	Cin [€/UM]	Qta [UM]	Cin [€]	Detraibile
Progettazione impianto	0	pz	3500,00	10,00	35000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Smontaggio serramenti	0	m ²	30,00	30,00	900,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Serramento in PVC - 90mm - 7 camere	35	m ²	700,00	30,00	21000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Doppio vetro 4+12+4 argon	35	m ²	60,00	30,00	1800,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Tendaggi	35	m ²	150,00	30,00	4500,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Installazione infissi	0	m ²	100,00	30,00	3000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Pompe di calore	17	pz	2000,00	4,00	8000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Rimozione scaldacqua	0	pz	100,00	4,00	400,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Installazione PdC	0	pz	150,00	4,00	600,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistemi di tubazioni	30	pz	50,00	4,00	200,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Avvolgibile	35	m ²	170,00	30,00	5100,00	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 4.36: Voci di costo Scenario AVANZATO.

questi interventi.

Anche per i costi riportati valgono le stesse considerazioni espresse precedentemente. Stabiliti i ricavi annui, in funzione delle detrazioni presenti e del risparmio dei consumi generato dagli interventi realizzati, si passa alla scheda risultati che differisce nei due scenari.

Scenario con detrazioni

La Figura 4.37 mostra i risultati relativi alla simulazione dello scenario AVANZATO, nel caso in cui vengano considerate le detrazioni.

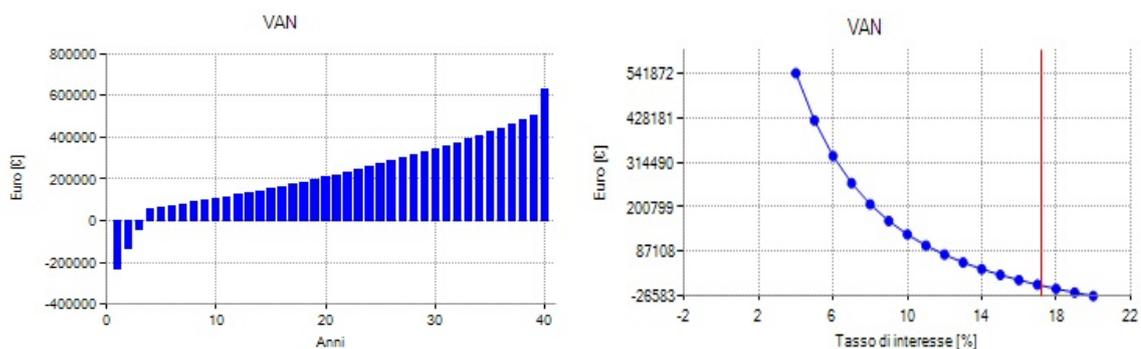


Figura 4.37: Risultati analisi economica con detrazioni (Scenario AVANZATO).

A fronte di un costo iniziale pari a: $C_{tot, in} = 327.460,00 \text{ €}$ (inferiore al limite massimo riportato in Tabella 4.44) risultano:

- *Valore attuale netto operazione*: $VAN_{op} = 633.319,83 \text{ €}$;
- *Tempo di ritorno semplice*: $tr_{det} = 3,3 \text{ anni}$;
- *Tasso interno di rendimento*: $TIR = 17,22 \text{ %}$.

Dai valori riportati si evince la convenienza dell'investimento.

Scenario senza detrazioni

La Figura 4.38 mostra i risultati relativi alla simulazione dello scenario AVANZATO, nel caso in cui le detrazioni non vengano considerate.

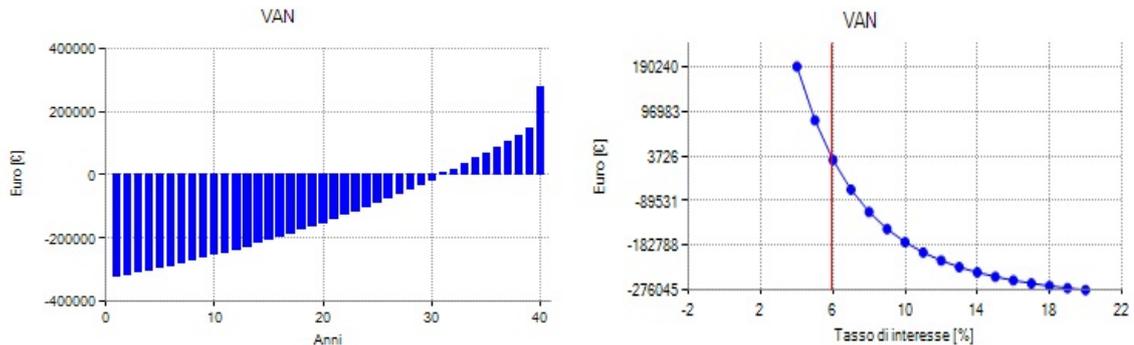


Figura 4.38: Risultati analisi economica senza detrazioni (Scenario AVANZATO).

A fronte di un costo iniziale pari a: $C_{tot, in} = 327.460,00 \text{ €}$ (inferiore al limite massimo riportato in Tabella 4.44) risultano:

- *Valore attuale netto operazione*: $VAN_{op} = 276.584,00 \text{ €}$;
- *Tempo di ritorno semplice*: $tr_{det} = 31 \text{ anni}$;
- *Tasso interno di rendimento*: $TIR = 5,94 \text{ \%}$.

Dai valori riportati l'investimento risulta ancora conveniente, tuttavia c'è una netta differenza rispetto allo scenario con detrazioni, tale da poter scoraggiare la scelta di eseguire l'intervento, come avveniva nella simulazione precedente.

4.5.3 Analisi Scenario FULL OPTIONAL

Nel caso in esame il confronto è effettuato tra lo stato nativo del condominio e lo scenario FULL OPTIONAL, che comprende gli interventi di: coibentazione, sostituzione infissi, installazione pompe di calore per Acqua Calda Sanitaria, sostituzione del generatore con nuovo sistema ibrido di generazione, installazione campo solare fotovoltaico e colonnine di ricarica.

Come in precedenza, dal confronto fra le simulazioni il programma calcola la **riduzione dei consumi**, che si tradurrà in un **ricavo economico**.

I dati economici in input sono gli stessi presentati per il prospetto precedente, con le stesse considerazioni che li contraddistinguono.

La Figura 4.39 mostra alcune delle voci di costo per gli interventi che caratterizzano il prospetto.

Come si può osservare, nel caso in esame non tutti i costi sono considerati detraibili, questo poiché sebbene il limite di spesa massima del prospetto non venga sfiorato, le voci di costo relative ad alcuni interventi eccedono il limite di spesa massima detraibile.

Componente	Tvita [anni]	UM	Cin [€/UM]	Qta [UM]	Cin [€]	Detraibile
Installazione PdC	0	pz	150,00	4,00	600,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Avvolgibile	35	m ²	170,00	30,00	5100,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistemi di tubazioni	30	pz	50,00	4,00	200,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Sistema ibrido	25	pz	12000,00	1,00	12000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Colonnine ricarica	40	pz	1500,00	2,00	3000,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Colonnine ricarica	40	pz	500,00	2,00	1000,00	<input type="checkbox"/>
Installazione colonnine	0	pz	1000,00	2,00	2000,00	<input type="checkbox"/>
Modulo fotovoltaico	40	pz	350,00	30,00	10500,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Inverter	40	pz	3000,00	1,00	3000,00	<input type="checkbox"/>
Componenti elettronici	40	pz	2500,00	1,00	2500,00	<input checked="" type="checkbox"/>
Installazione campo FV	0	pz	3000,00	1,00	3000,00	<input type="checkbox"/>

Figura 4.39: Voci di costo Scenario FULL OPTIONAL.

Anche per i costi riportati valgono le stesse considerazioni espresse precedentemente. Stabiliti i ricavi annui, in funzione delle detrazioni presenti e del risparmio dei consumi generato dagli interventi realizzati, si passa alla scheda risultati che differisce nei due scenari.

Scenario con detrazioni

La Figura 4.40 mostra i risultati relativi alla simulazione dello scenario FULL OPTIONAL, nel caso in cui vengano considerate le detrazioni.

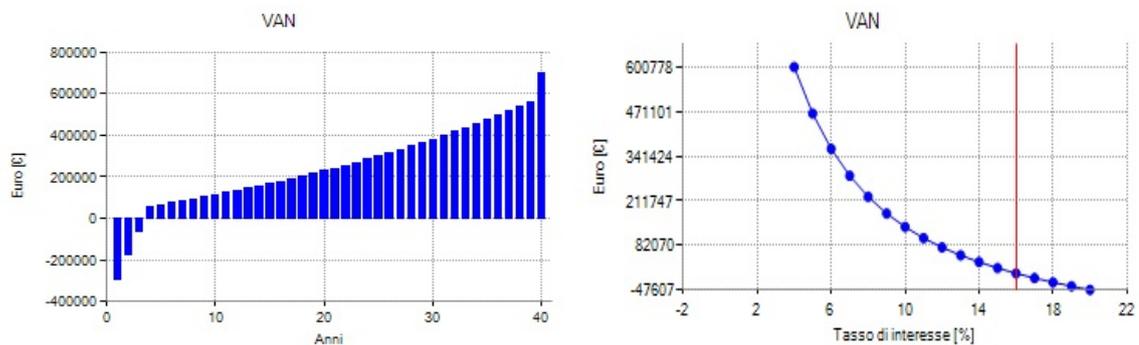


Figura 4.40: Risultati analisi economica con detrazioni (Scenario FULL OPTIONAL).

A fronte di un costo iniziale pari a: $C_{tot, in} = 414.360,00 \text{ €}$ (inferiore al limite massimo riportato in Tabella 4.44) risultano:

- Valore attuale netto operazione: $VAN_{op} = 759.658,08 \text{ €}$;

- *Tempo di ritorno semplice*: $tr_{det} = 3,4$ anni;
- *Tasso interno di rendimento*: $TIR = 16,04$ %.

Dai valori riportati si evince la convenienza dell'investimento.

Scenario senza detrazioni

La Figura 4.41 mostra i risultati relativi alla simulazione dello scenario FULL OPTIONAL, nel caso in cui le detrazioni non vengano considerate.

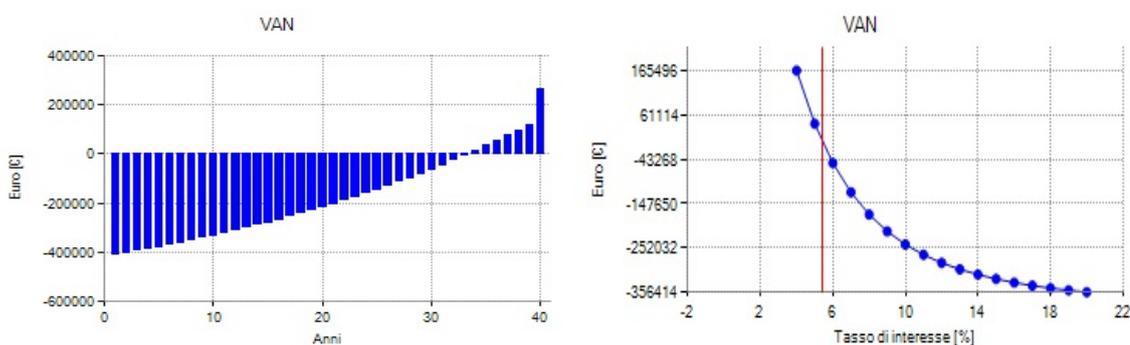


Figura 4.41: Risultati analisi economica senza detrazioni (Scenario FULL OPTIONAL).

A fronte di un costo iniziale pari a: $C_{tot, in} = 327.460,00$ € (inferiore al limite massimo riportato in Tabella 4.44) risultano:

- *Valore attuale netto operazione*: $VAN_{op} = 261.747,95$ €;
- *Tempo di ritorno semplice*: $tr_{det} = 34$ anni;
- *Tasso interno di rendimento*: $TIR = 5,39$ %.

Dai valori riportati l'investimento risulta ancora conveniente, tuttavia c'è una netta differenza rispetto allo scenario con detrazioni, tale da poter scoraggiare la scelta di eseguire l'intervento, come avveniva nella simulazione precedente.

I calcoli fin qui esposti tengono conto di rigidi criteri finanziari. La valutazione della convenienza dell'intervento sconta da un lato la necessità di confrontarli con posizioni di reddito fisso (obbligazioni), di investimento dinamico (azioni) o di strumenti finanziari ad alto rischio. Nei confronti della maggior parte di questi strumenti il confronto dei rendimenti è sempre penalizzante per cui molti di essi non si dovrebbero effettuare.

Il decisore (ed il consulente) sono chiamati in realtà a considerare altri fattori variamente analizzabili che spostano l'asse di convenienza dell'investimento, quali ad esempio:

- La necessità di compiere comunque l'intervento (per rimediare a problemi di stabilità, necessità di bonifiche di coperture contenenti amianto, rimedio ad irregolarità edilizie);
- L'accettabilità di valutare l'intervento su un orizzonte temporale per caratteristiche intrinseche del bene (es: proprietà aulica di famiglia oppure vincoli architettonici o culturali);
- L'opportunità di far rientrare l'intervento in un processo di miglioramento o abbellimento in vista di un incremento del valore di mercato da realizzare a breve sotto forma di aumento di prezzo o migliore probabilità di collocamento rispetto ad immobili simili;
- Il sensus loci rappresentato dal fatto che l'immobile sia per il committente la sede dei Lari e dei Penati.

Capitolo 5

Conclusioni

Giunti al termine di questo lavoro è opportuno riportare un'analisi critica di quanto ottenuto.

Lo scopo di questa tesi era presentare un caso applicativo, derivante da un'attività professionale, relativamente ad un edificio soggetto a riqualificazione, tale da sfruttare le detrazioni messe a disposizione dal Superbonus.

Anche in questa analisi finale, come avvenuto per le tematiche affrontate nei precedenti capitoli, vengono fornite valutazioni da un punto di vista tecnico ed economico. Le Figure 5.1 e 5.2 confrontano rispettivamente le dispersioni e i consumi a cui è soggetto l'edificio a seguito delle simulazioni degli interventi proposti.

Sebbene il calcolo di queste grandezze sia eseguito in modalità standard, e quindi si può affermare che sia rappresentativo delle condizioni reali solo parzialmente, è inequivocabile constatare un netto miglioramento delle prestazioni.



Figura 5.1: Confronto dispersioni dell'edificio.

I risultati riportati graficamente, che non sono altro che una sintesi di quanto già riportato nel **Capitolo 4**, permettono di apprezzare visivamente quali interventi incidano di più sulle grandezze prese in esame.

Come nelle simulazioni svolte precedentemente, viene indicato il numero corrispondente all'intervento, ma il risultato che viene mostrato è subordinato alla realizzazione congiunta degli interventi precedenti.

In sintesi, i valori riportati di dispersioni e consumi per l'intervento 7 sono raggiungibili se congiuntamente ad esso vengono realizzati gli interventi: 1, 3, 4, 6, come risulta dalla suddivisione riportata nei vari prospetti.

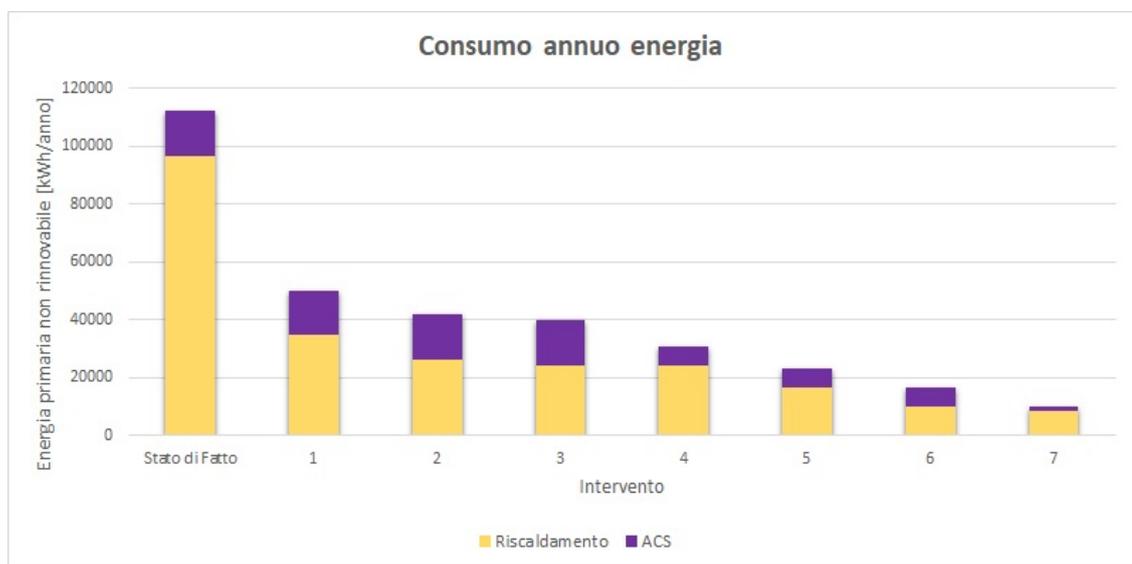


Figura 5.2: Confronto consumi dell'edificio.

La Tabella 5.1 mostra invece, in maniera schematica, la classe energetica raggiunta attraverso gli interventi proposti. Per ogni intervento è anche riportato il corrispondente limite di spesa, in accordo alle indicazioni del sottoparagrafo **2.2.1** e quanto riportato nella Tabella 4.44.

Per quanto concerne l'analisi economica di ciò che è stato proposto e simulato, si fa riferimento ai risultati presenti nel paragrafo **4.5**, in cui è stata mostrata la convenienza degli interventi ragionando anche con parametri non tecnici.

Giunti alla conclusione di questo percorso è opportuno però confrontare quanto ipotizzato con ciò che è stato realizzato.

Sebbene i risultati ottenuti incoraggiassero fortemente la realizzazione di quanto proposto, e quindi un passaggio dalla fase pre-progettuale ad una di progetto vero e proprio, i lavori per il complesso oggetto di esame ad oggi non sono stati eseguiti.

La ragione non è da ricercare tanto in un'insoddisfazione dei risultati presentati, quanto nell'impossibilità di sfruttare i benefici fiscali ammessi da Superbonus.

Come riportato nel **Capitolo 2** esistono tre modalità in cui chi sostiene gli interventi può beneficiare della misura fiscale. Nel caso in esame, così come avviene per molte

della pratiche legate al Superbonus, la possibilità di sfruttare la fruizione diretta della detrazione era stata immediatamente scartata.

Scenario	Nr. intervento	Tipo intervento	Classe energetica	Limite di spesa [€]
Stato di Fatto	–	–	G	–
BASE	1	Isolamento termico	D	160.000
	2	Sostituzione generatore	C	80.000
AVANZATO	1	Isolamento termico	D	160.000
	3	Sostituzione finestre	C	240.000
	4	Installazione PdC per ACS	B	120.000
	5	Sostituzione generatore	A2	80.000
FULL OPTIONAL	1	Isolamento termico	D	160.000
	3	Sostituzione finestre	C	240.000
	4	Installazione PdC per ACS	B	120.000
	6	Installazione sistema ibrido	A3	80.000
	7	Installazione campo fotovoltaico	A4	12.960
	8	Installazione colonnine di ricarica	A4	3.000

Tabella 5.1: Sintesi interventi simulati.

Per quanto concerne le possibilità di utilizzo di sconto in fattura o cessione dei crediti non è stato possibile, nel periodo in cui è stato svolto questo lavoro, né trovare un'impresa disposta ad operare la prima opzione né istituti di credito o banche disponibili ad acquisire i crediti derivanti dall'esecuzione degli interventi.

Le ragioni che spiegano tali difficoltà sono da ricercarsi nelle continue modifiche che il Superbonus ha subito, che ha portato molti a diffidare e ad allontanarsi da questa misura, e soprattutto nel periodo storico in cui ci si trova ad operare attualmente, che ha condotto, a causa della sua instabilità, ad una certa prudenza nelle varie realtà operanti nei diversi mercati.

Come spiegato in precedenza, lo studio di fattibilità rappresenta una fase necessaria e propedeutica a quanto seguirà, una volta ottenuti i risultati delle simulazioni. Nonostante l'impossibilità di realizzare quanto proposto e affrontato in questo lavoro, la validità dello studio permane, e soprattutto permette un collegamento fra mondo teorico e mondo pratico, evidenziando quanto spesso l'aspetto economico prevalga su quello tecnico.

In conclusione, mi auguro che il presente lavoro di tesi possa essere, per un eventuale lettore, un valido riferimento per comprendere l'impatto che ha avuto, e che potrà avere, la misura fiscale del Superbonus. Tale augurio deriva dalla posizione che ho cercato di assumere nel corso di queste pagine, volta ad analizzare con spirito critico le reali implicazioni che il Superbonus ha prodotto sia in campo economico che in quello impiantistico – edilizio.

Bibliografia

- [1] Decreto Ministeriale, (28 Dicembre 2012), *Incentivazione della produzione di energia termica da fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni*.
- [2] Decreto Interministeriale, (16 Febbraio 2016), *Aggiornamento Conto Termico*.
- [3] <https://www.lumi4innovation.it/conto-termico/>
- [4] Decreto Ministeriale n. 164, (24 Aprile 2001), *Individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili*.
- [5] <https://www.lumi4innovation.it/certificati-bianchi-cosa-sono-e-come-funzionano/>
- [6] Decreto Legge nr. 63, (4 Giugno 2013), *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*.
- [7] Legge n. 90, (3 Agosto 2013), *Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, recante disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia per la definizione delle procedure d'infrazione avviate dalla Commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale*.
- [8] <https://www.diocesi.torino.it/site/ecobonus-110-65-50-numeri-o-realta-incontro-in-streaming-per-le-parrocchie/>
- [9] Decreto Legge nr. 34, (19 Maggio 2020), *Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19*.
- [10] Legge nr. 234, (30 Dicembre 2021), *Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2022 e bilancio pluriennale per il triennio 2022-2024*.

- [11] Decreto Legge nr. 192, (19 Agosto 2005), *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*
- [12] <https://www.infobuildenergia.it/approfondimenti/studio-fattibilita-superbonus-bonus-edilizi/>
- [13] Decreto del Presidente della Repubblica nr. 74, Art. 7 comma 5 (16 Aprile 2013), *Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari.*
- [14] UNI 10200, Appendice C (ottobre 2018), *Impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale, estiva e produzione di acqua calda sanitaria – Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale, estiva e produzione di acqua calda sanitaria.*
- [15] UNI 9511, (Dicembre 1989), *Disegni tecnici. Rappresentazione delle installazioni. Segni grafici per impianti di condizionamento dell'aria, riscaldamento, ventilazione, idrosanitari, gas per uso domestico.*
- [16] Decreto Ministeriale nr. 33, (1 Dicembre 1975), *Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione.*
- [17] Direttiva 2014/68/UE del Parlamento Europeo e Del Consiglio, (15 Maggio 2014), *Armonizzazione delle legislazioni degli Stati membri relative alla messa a disposizione sul mercato di attrezzature a pressione (PED).*
- [18] Ferroli, *Dati tecnici per caldaie prodotte fino al 2003.*
- [19] UNI 10642, (Febbraio 2005), *Apparecchi a gas – Classificazione in funzione del metodo di prelievo dell'aria comburente e di scarico dei prodotti della combustione.*
- [20] Grundfos Pompe Italia S.r.l., *Scheda tecnica Grundfos Serie 100 50/60 Hz.*
- [21] CIMM S.p.A., *Scheda tecnica Gamma ERE – Utilizzo: circuiti e impianti di riscaldamento e refrigerazione.*
- [22] EN 13831, (Agosto 2007), *Closed expansion vessels with built in diaphragm for installation in water.*
- [23] UNI EN 13384-1, (Ottobre 2019), *Camini – Metodi di calcolo termico e fluido dinamico – Parte 1: Camini asserviti a un unico apparecchio di combustione.*
- [24] Decreto del Presidente della Repubblica nr. 412, (26 Agosto 1993), *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.*

- [25] Decreto Interministeriale, (26 Giugno 2015), *Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici*.
- [26] UNI 10349, (Marzo 2016), *Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici*.
- [27] UNI/TS 11300–1, (Ottobre 2014), *Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*.
- [28] UNI EN ISO 6946, (Ottobre 2018), *Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodi di calcolo*.
- [29] UNI EN 12831, (Marzo 2018), *Prestazione energetica degli edifici – Metodo per il calcolo del carico termico di progetto*.
- [30] UNI EN ISO 10211, (Marzo 2018), *Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Calcoli dettagliati*.
- [31] UNI/TS 11300–2, (Febbraio 2019), *Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria*.
- [32] Legge nr. 373, (30 Marzo 1976), *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*.
- [33] Decreto del Presidente della Repubblica nr. 74, Art. 4 comma 2 (16 Aprile 2013), *Regolamento recante definizione dei criteri generali in materia di esercizio, conduzione, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici per la climatizzazione invernale ed estiva degli edifici e per la preparazione dell’acqua calda per usi igienici sanitari*.
- [34] Codice Civile, art. 1117 (R.D. 16 marzo 1942, n. 262), *Parti comuni dell’edificio*, aggiornato al 29/04/2022.
- [35] Decreto, Allegato E (6 Agosto 2020), *Requisiti tecnici per l’accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici*.
- [36] Hoval UltraGas 15 – 90, *Dati tecnici*.
- [37] Ariston Thermo SpA, *Nuos – Scaldacqua a Pompa di Calore*.
- [38] Viessmann, *CALDAIA MURALE A CONDENSAZIONE A GAS – La nuova generazione di caldaie digitali – VITODENS 100–W*.
- [39] Viessmann, *POMPA DI CALORE ARIA–ACQUA MONOBLOCCO – Soluzione compatta per installazione esterna per la massima efficienza tutto l’anno – VITOCAL 100–A*.

- [40] UNI/TS 11300-4, (Marzo 2016), *Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.*
- [41] UNI EN 15316-4-3, (Febbraio 2018), *Prestazione energetica degli edifici – Metodo per il calcolo delle richieste di energia e delle efficienze del sistema – Parte 4-3: Sistemi di generazione, sistemi solari termici e fotovoltaici, Moduli M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3.*
- [42] Enerpoint SpA, (Gennaio 2007), *ADVENT SOLAR – Module Line*, Versione 3.
- [43] Decreto Ministeriale nr. 48, (10 Giugno 2020), *Attuazione della direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica.*
- [44] <https://www.parcheggiomilano centro.com/colonnine-di-ricarica-auto-elettrica-tutti-i-vantaggi/>
- [45] UNI EN 15459, (Marzo 2018), *Prestazione energetica degli edifici – Procedura di valutazione economica dei sistemi energetici degli edifici.*