



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Meccanica

**ANALISI ENERGETICA DI UN EDIFICIO PRIMA E DOPO GLI INTERVENTI DI
RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**

**ENERGY ANALYSIS IN A BUILDING BEFORE AND AFTER ENERGY UPGRADING
WORKS**

Relatore: Chiar.mo

Prof. Costanzo Di Perna

Tesi di Laurea di:

Marco Luciani

A.A. 2019 / 2020

INDICE GENERALE

INTRODUZIONE.....	4
CAPITOLO 1 – COME FUNZIONA L’ECOBONUS DEL 110%.....	5
CAPITOLO 2 – DATI DELL’EDIFICIO.....	8
CAPITOLO 3 – FATTORI PENALIZZANTI E CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	25
CAPITOLO 4 – INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	42
CAPITOLO 5 – CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DOPO GLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	48
CAPITOLO 6 – VERIFICHE LEGGE 10 E SUPERBONUS.....	51
CONCLUSIONI.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54
RINGRAZIAMENTI.....	55

*A mia madre,
a mio padre,
alle mie sorelle*

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, i temi del risparmio energetico e, in generale, della salvaguardia del nostro patrimonio ambientale, hanno suscitato sempre maggiore interesse.

Il risparmio energetico, infatti, è diventato a tutti gli effetti un obbligo morale nei confronti dell'ambiente e al tempo stesso una necessità che contribuisce al benessere economico di ognuno di noi grazie ad una riduzione dei consumi. Per di più, l'anidride carbonica emessa nell'atmosfera, è generata per l'80% dalla produzione di energia e rappresenta l'89% dei gas serra derivanti dalle attività umane.

L'importanza assunta da questi argomenti è quindi giustificata, in primo luogo, dall'intento di ridurre il consumo di combustibili e, in secondo luogo, dalla volontà, da parte di governi e istituzioni, di abbattere le emissioni di CO₂ e di altri inquinanti nell'atmosfera.

A questo proposito, in particolare, nel nostro Paese è stato emanato nell'estate 2020 il cosiddetto "Decreto Rilancio", il quale contiene l'iniziativa del Superbonus del 110%. Tale iniziativa è un fondamentale incentivo economico dei lavori di riqualificazione energetica da svolgere in un edificio. Essa, infatti, prevede un'agevolazione fiscale per tutti coloro che, rispettando determinati requisiti, effettuano interventi di efficientamento energetico.

Alla luce di ciò, il lavoro discusso in questa tesi, consiste nell'analisi delle prestazioni energetiche di un edificio preesistente. L'analisi energetica viene effettuata in due fasi, ovvero prima e dopo gli interventi di riqualificazione energetica dello stesso, adottando il metodo di calcolo stabilito dalle norme della serie UNI/TS 11300. A tale scopo si utilizza il software Namirial Termo 5.2. Tale programma, aggiornato a tutte le norme della serie UNI/TS 11300 e certificato dal CTI (Comitato Termotecnico Italiano), permette di ottenere un report sui consumi energetici di un edificio e di determinare conseguentemente la classe energetica APE dello stesso. Il prospetto così ottenuto grazie al software, consente di stabilire e di simulare le soluzioni tecniche più adeguate da mettere in atto per migliorare l'efficienza energetica di quell'edificio.

Inoltre, il software Termo è in grado di gestire interamente le pratiche dell'Ecobonus del 110%: dalle verifiche di legge per l'ottenimento dei permessi a quelle più specifiche per l'accesso alle detrazioni e il salto di almeno due classi energetiche.

Si prende in esame un'antica residenza, della quale vengono inseriti tutti i dati nel software. Quest'ultimo esegue quindi il calcolo del fabbisogno energetico per poi dimostrare che, per via di alcuni fattori penalizzanti, l'abitazione richiede un elevato dispendio energetico per il riscaldamento invernale. La classe energetica che viene attribuita all'edificio risulta pertanto la G, ovvero la più bassa. Dopodiché, in base ai problemi riscontrati nell'edificio, vengono simulati tramite il software gli interventi migliorativi necessari per ridurre i consumi e aumentare così la classe energetica. Infine, il software analizza nuovamente le prestazioni energetiche dell'edificio nella fase post-intervento e, oltre a confermare il raggiungimento di un effettivo efficientamento energetico, garantisce anche il rispetto di tutti i requisiti previsti dal decreto e di conseguenza l'ottenimento del Superbonus del 110%. In questa tesi, non viene però affrontato il calcolo delle spese degli interventi.

CAPITOLO 1

COME FUNZIONA L'ECOBONUS DEL 110%

Per prima cosa, è estremamente importante inquadrare il tema del Superbonus del 110%, fondamentale incentivo economico degli interventi di efficientamento energetico.

Che cos'è il superbonus del 110%?

Il superbonus del 110% è un'iniziativa contenuta nel cosiddetto "Decreto Rilancio", il quale è stato convertito in legge il 17 luglio 2020. Tale iniziativa prevede una detrazione fiscale del 110% sulle spese sostenute per coloro che effettuano interventi di riqualificazione energetica (in questo caso si parla di ecobonus) e/o interventi di riduzione del rischio sismico (sismabonus). Delle due tipologie di superbonus, l'ecobonus è quello che verrà analizzato nel dettaglio per gli scopi di questa tesi.

Chi può usufruire dell'ecobonus del 110%?

I soggetti aventi diritto ad usufruire dell'ecobonus del 110% sono: i condomini; gli Istituti autonomi delle case popolari; le persone fisiche, ma solo nel caso di lavori eseguiti sulle singole abitazioni e quindi al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arti e professioni; le cooperative di abitazione a proprietà indivisa; le Organizzazioni non lucrative di utilità sociale e, per concludere, le associazioni e le società sportive dilettantistiche, ma in quest'ultimo caso limitatamente ai lavori destinati ai soli immobili o parti di immobili adibiti a spogliatoi.

Quali requisiti deve avere l'edificio sul quale si vuole operare?

L'ecobonus si ottiene principalmente operando sugli "edifici unifamiliari". La definizione giuridica è la seguente: "Per edificio unifamiliare si intende un edificio riferito ad un'unica unità immobiliare urbana di proprietà esclusiva, funzionalmente indipendente, che disponga di uno o più accessi autonomi dall'esterno, e destinato all'abitazione di un singolo nucleo familiare (...) dotata di installazioni o manufatti di qualunque genere – quali ad esempio impianti per l'acqua, per il gas, per l'energia elettrica, per il riscaldamento, ecc.". Per i lavori sugli edifici di questo tipo, l'agevolazione si estende anche alle seconde case, ma, se ad intervenire sulle proprie abitazioni è una persona fisica, quest'ultima potrà scegliere al massimo due unità tra quelle che ha a disposizione. In ogni caso, restano esclusi dalle detrazioni fiscali gli immobili di lusso, accatastati come A1 (abitazioni di tipo signorile), A8 (abitazioni in ville) e A9 (castelli, palazzi, ecc.). Per quanto concerne invece i condomini, questi ultimi si possono intendere sia come un ente generale, che come un insieme di edifici unifamiliari (appartamenti), tuttavia è importante sottolineare che, per usufruire del bonus, bisogna intervenire su tutto il condominio e non soltanto sul singolo appartamento, ad eccezione di alcuni casi particolari che verranno citati successivamente.

Quali interventi si possono svolgere per ottenere il superbonus?

Gli interventi da eseguire appartengono a due macrocategorie: gli interventi trainanti e gli interventi trainati. I primi sono quelli obbligatori, senza i quali non sarebbe possibile ottenere il bonus, mentre i secondi sono facoltativi e si possono eventualmente aggiungere ai primi.

Gli interventi trainanti

Gli interventi trainanti sono di due tipologie e bisogna svolgerne almeno uno per accedere al bonus. Il primo intervento riguarda l'isolamento termico e si applica alle superfici opache (come ad esempio i pavimenti, le murature, i tetti, ma non le superfici vetrate) disperdenti (ovvero tutte le pareti che separano un ambiente riscaldato da un ambiente non riscaldato o dall'ambiente esterno). Inoltre, la coibentazione delle superfici opache deve superare il 25% della superficie disperdente lorda dell'intero edificio oppure della singola unità immobiliare, situata all'interno di edifici plurifamiliari (come ad esempio i condomini), a condizione però che essa sia funzionalmente indipendente e che disponga di uno o più accessi autonomi dall'esterno. Inoltre, il cappotto termico dovrà rispettare i requisiti di trasmittanza termica "U" (potenza termica dispersa per m² di superficie e per grado Kelvin di differenza di temperatura), espressa in W/m²K, requisiti definiti dal decreto di cui al comma 3-ter dell'articolo 14 del decreto-legge n. 63 del 2013. Il secondo intervento riguarda la sostituzione degli impianti di climatizzazione già esistenti con impianti per il riscaldamento, per il raffrescamento, per la fornitura di acqua calda sanitaria, a condensazione, a pompa di calore, ibridi oppure geotermici. Gli interventi di questa seconda tipologia devono riguardare gli impianti centralizzati condominiali o gli impianti autonomi relativi ad edifici unifamiliari oppure eventualmente anche relativi ad unità immobiliari all'interno di edifici plurifamiliari (anche in questo caso l'esempio principale è quello degli appartamenti condominiali), sempre a patto che questi ultimi siano funzionalmente indipendenti e che dispongano di uno o più accessi autonomi dall'esterno. Ad ogni modo, l'agenzia delle entrate ha chiarito che basta sostituire semplicemente la caldaia (o più in generale il generatore) e che quindi non è obbligatorio lavorare su tutto l'impianto.

Gli interventi trainati

Nel caso di lavori come la sostituzione degli infissi, delle tende da sole, dei condizionatori, dei serramenti oppure l'installazione dell'impianto fotovoltaico e delle relative batterie d'accumulo, non si applica l'ecobonus al 110%, ma rimane la vecchia detrazione dell'ecobonus dal 50% al 65%. La detrazione però sale al 110% nel caso in cui tali interventi "siano eseguiti congiuntamente ad almeno uno degli interventi maggiori".

Quanto è possibile spendere?

I massimali di spesa variano sia in base alla "consistenza" dell'edificio che al tipo di intervento. Nella seguente tabella sono riportati i limiti di spesa per gli interventi trainanti:

Intervento	Edifici unifamiliari o con accesso indipendente	Edifici da 2 a 8 unità immobiliari	Edifici con più di 8 unità immobiliari
Isolamento termico	€ 50000,00	€ 40000,00 / unità	€ 30000,00 / unità
Sostituzione impianto di climatizzazione	€ 30000,00	€ 20000,00 / unità	€ 15000,00 / unità

Il salto di almeno 2 classi energetiche

Oltre a svolgere almeno uno degli interventi trainanti, occorre rispettare un'altra condizione al fine di ottenere il bonus, ovvero il miglioramento di almeno due classi della certificazione energetica dell'abitazione. Per classe energetica di un edificio, si intende il rapporto anno per anno tra i consumi non rinnovabili dell'edificio stesso e la sua superficie e si misura in kWh/(m²anno). Quindi, se l'obiettivo è quello di compiere il salto energetico, è necessario ridurre il fabbisogno dell'edificio per metro quadrato dello stesso. Scendendo dalla migliore alla peggiore, le classi energetiche sono contraddistinte dagli indicatori A4, A3, A2, A1, B, C, D, E, F, G. Ovviamente, nel caso in cui l'indicatore di prestazione energetica dell'edificio, prima degli interventi di riqualificazione, fosse A3, sarebbe sufficiente scalare una sola classe energetica per poter usufruire del superbonus.

Quanto tempo si ha per compiere gli interventi di riqualificazione?

Il superbonus del 110% vale per i lavori svolti tra il 1° luglio 2020 e il 31 dicembre 2021.

Come è possibile recuperare il denaro speso negli interventi?

Completate le mansioni e raggiunto il miglioramento di almeno due classi energetiche, è possibile recuperare il denaro speso per gli interventi tramite diverse soluzioni.

La prima soluzione consiste in una detrazione fiscale in 5 rate annuali di uguale importo su quota IRPEF, la quale non è rimborsabile. Altre possibili soluzioni sono la cessione del credito e lo sconto in fattura. La prima consiste nella cessione del credito maturato (ovvero della cifra che verrebbe restituita al cittadino nell'arco di cinque anni) a intermediari finanziari (banche o assicurazioni), mentre la seconda prevede di usare il credito virtuale del 110% come metodo di pagamento alla stessa impresa che realizza i lavori. L'impresa incasserà successivamente tale credito dal fisco.

CAPITOLO 2

DATI DELL'EDIFICIO

L'edificio analizzato è una villetta unifamiliare, appartenente alla categoria E1.1 (edificio adibito a residenza con carattere continuativo), costruita negli anni '60 e collocata nel centro-città del comune di San Paolo Di Jesi (AN).

DATI CLIMATICI DELL'EDIFICIO

Dati località

Comune	San Paolo Di Jesi
Provincia	AN
Codice ISTAT	042042
Codice catastale	I071
Regione	Marche
Altitudine	224 m
Latitudine	43°27'19".80
Longitudine	13°10'25".32
Gradi giorno	1962°C
Zona climatica	D
Zona di vento	1
Temperatura invernale esterna di progetto	-1,4°C
Temperatura invernale interna di progetto	20°C
Temperatura estiva esterna di progetto	31,8°C
Temperatura estiva interna di progetto	26°C
Umidità relativa interna invernale	50%
Umidità relativa esterna invernale	50%
Zona geografica	Italia Centrale e Meridionale
Province di riferimento	Ancona e Macerata
Giorni di riscaldamento	166
Coefficiente di schermatura dal vento	Sito riparato (centro città)
Conduttività terreno	2,0 W/mK
Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione	290,5 W/m ²

Dati mensili

Temperatura esterna media mensile [°C]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
5,7	6,0	9,7	13,0	17,9	21,3	24,8	23,4	19,7	14,8	10,1	7,4

Irradiazione giornaliera media mensile sul piano orizzontale [Mj/m²]

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Diretta	1,2	4,0	6,6	10,5	14,3	15,2	16,8	12,8	8,8	5,2	3,0	1,8
Diffusa	2,4	3,2	4,8	6,7	8,1	9,0	8,3	7,4	6,1	3,9	2,9	2,2
Totale	3,6	7,2	11,4	17,2	22,4	24,2	25,1	20,2	14,9	9,1	5,9	4,0

Pressione parziale di vapore esterna [Pa]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
680	616	775	955	1170	1434	1619	1612	1462	1162	787	765

Velocità del vento [m/s]

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
1,0	1,4	0,8	1,3	1,3	1,3	0,7	0,7	0,9	0,7	0,8	0,8

CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

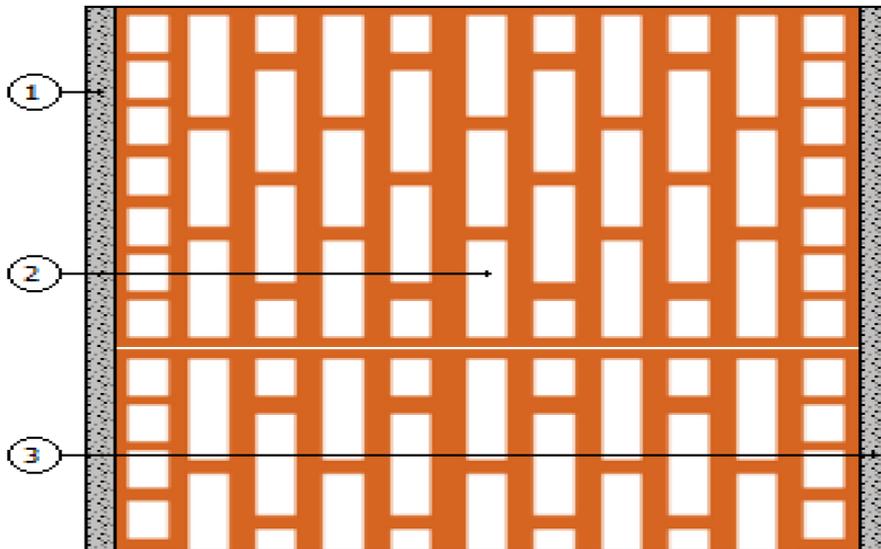
Fattore di conversione dell'energia elettrica non rinnovabile	1,95
Fattore di conversione dell'energia elettrica rinnovabile	0,47
Rapporto tra produzione dell'elettricità ed energia primaria	0,4

PARETI

Si prosegue con l'analisi delle pareti presenti nell'abitazione. Si specificano: la stratigrafia, lo spessore, la massa superficiale, le resistenze termiche di ogni strato, la trasmittanza termica, calcolata come l'inverso della somma delle resistenze, lo sfasamento e la capacità termica interna. Per sfasamento, si intende il periodo di tempo tra il valore massimo della sollecitazione termica e il massimo del suo effetto. La capacità termica interna invece si definisce come il rapporto tra la variazione di energia, accumulata per unità di superficie in un componente nel periodo di tempo, e la sollecitazione termica sul lato interno, nell'ipotesi che la temperatura ambiente sull'altro lato del componente sia costante. Il parametro è utilizzato per individuare il comportamento in regime semi-stazionario dell'involucro opaco secondo la UNI/TS 11300-1.

Parete esterna

La parete esterna è la muratura verticale opaca che delimita perimetralmente l'abitazione e la separa dall'ambiente esterno.



Stratigrafia (dall'interno verso l'esterno):

- 1) uno strato di intonaco di calce e gesso (1,5 cm);
- 2) uno strato costituito da un blocco forato di laterizio, con foratura ad O del 66% (37 cm);
- 3) uno strato di malta di calce e cemento (1,5 cm).

Spessore: 40 cm

Massa superficiale: 247,9 kg/m²

Resistenze termiche:

Strato	Resistenza termica R [m ² K/W]
Resistenza superficiale interna	0,130
Intonaco di calce e gesso	0,021
Blocco forato di laterizio	1,070
Malta di calce e cemento	0,017
Resistenza superficiale esterna	0,040

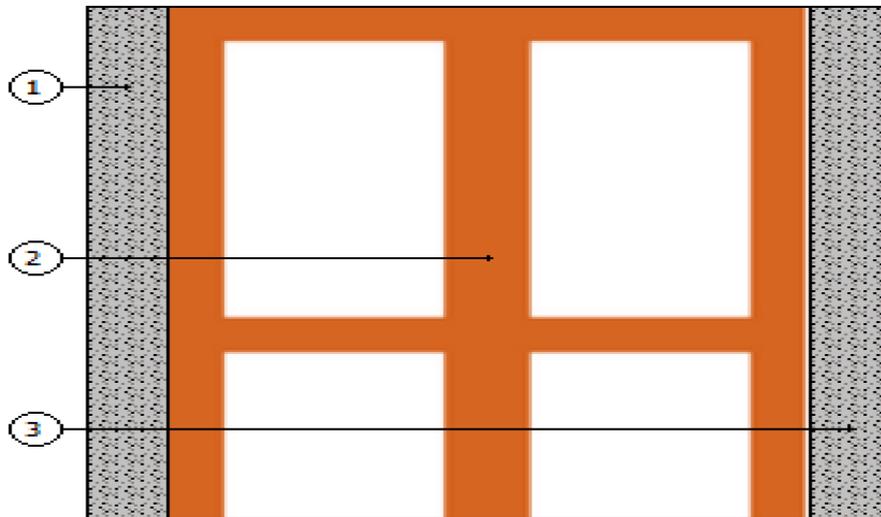
Trasmittanza termica: 0,783 W/(m²K)

Sfasamento: 11,36 h

Capacità termica interna: 48,795 kJ/(m²K)

Parete interna

La parete interna è la muratura opaca verticale che funge da divisorio tra i locali della stessa abitazione.



Stratigrafia (dall'interno verso l'esterno):

- 1) uno strato di intonaco di calce e gesso (1 cm);
- 2) uno strato di mattone forato di laterizio (8 cm);
- 3) uno strato di malta di calce e cemento (1 cm).

Spessore: 10 cm

Massa superficiale: 62 kg/m²

Resistenze termiche:

Strato	Resistenza termica R [m ² K/W]
Resistenza superficiale interna	0,130
Intonaco di calce e gesso	0,014
Mattone forato di laterizio	0,200
Malta di calce e cemento	0,011
Resistenza superficiale esterna	0,130

Trasmittanza termica: 2,06 W/(m²K)

Sfasamento: 2,68 h

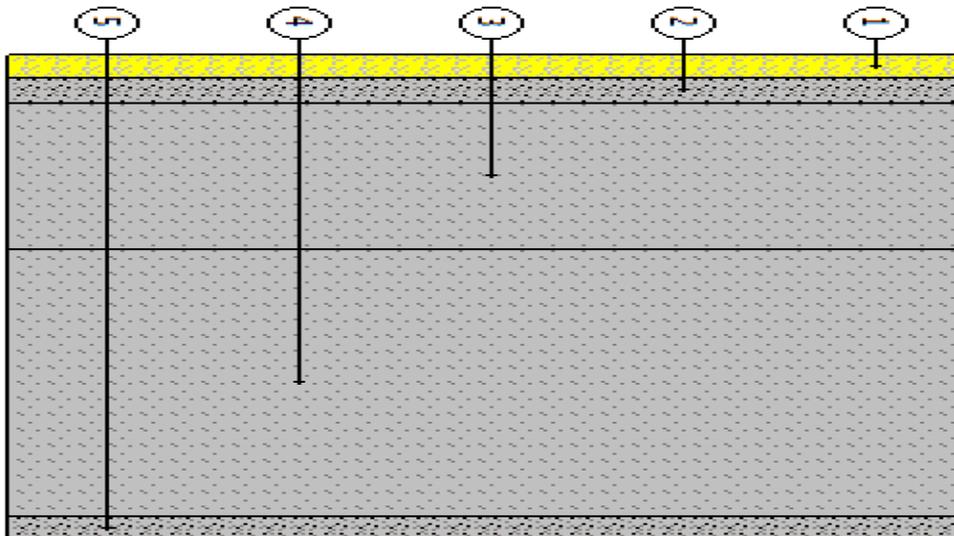
Capacità termica interna: 40,539 kJ/(m²K)

SOLAI

Similmente a quanto fatto in precedenza con le pareti, si esaminano quindi i solai presenti nella residenza.

Basamento

Il basamento è la parte inferiore dell'edificio.



Stratigrafia (dall'alto verso il basso):

- 1) uno strato di pavimentazione interna-gres (2 cm);
- 2) uno strato di malta di cemento (2 cm);
- 3) uno strato di massetto in calcestruzzo ordinario, della densità di 1700 kg/m^3 (12 cm);
- 4) uno strato di calcestruzzo armato con il 2% di acciaio (22 cm);
- 5) uno strato di malta di calce e cemento (2 cm).

Spessore: 40 cm

Massa superficiale: 766 kg/m^2

Resistenze termiche:

Strato	Resistenza termica R [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Resistenza superficiale interna	0,17
Pavimentazione interna-gres	0,014
Malta di cemento	0,014
Massetto in calcestruzzo ordinario	0,113
Calcestruzzo armato	0,088
Malta di calce e cemento	0,022
Resistenza superficiale esterna	0,04

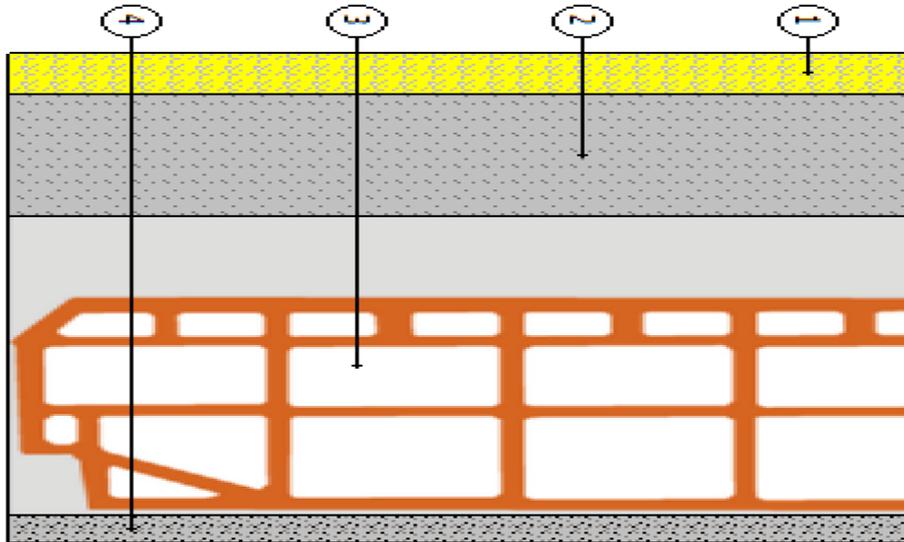
Trasmittanza termica: $2,168 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Sfasamento: 10,59 h

Capacità termica interna: $64,132 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$

Primo interpiano

Dei due presenti nell'edificio, il primo interpiano è la struttura opaca orizzontale che separa il piano terra dal primo piano, pertanto il flusso di calore che la attraversa non è definito.



Stratigrafia (dall'alto verso il basso):

- 1) uno strato di pavimentazione interna – gres (3 cm);
- 2) uno strato di massetto in calcestruzzo ordinario, della densità di 1700 kg/m^3 (9 cm);
- 3) uno strato composto da: soletta di blocchi in laterizio + travetti in calcestruzzo, malta di cemento, calcestruzzo armato (22 cm);
- 4) uno strato di malta di calce e cemento (2 cm).

Spessore: 36 cm

Massa superficiale: $484,06 \text{ kg/m}^2$

Resistenze termiche:

Strato	Resistenza termica R [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Resistenza superficiale interna	0,130
Pavimentazione interna - gres	0,020
Massetto in calcestruzzo ordinario	0,085
Soletta, malta di cemento, calcestruzzo ordinario	0,330
Malta di calce e cemento	0,022
Resistenza superficiale esterna	0,130

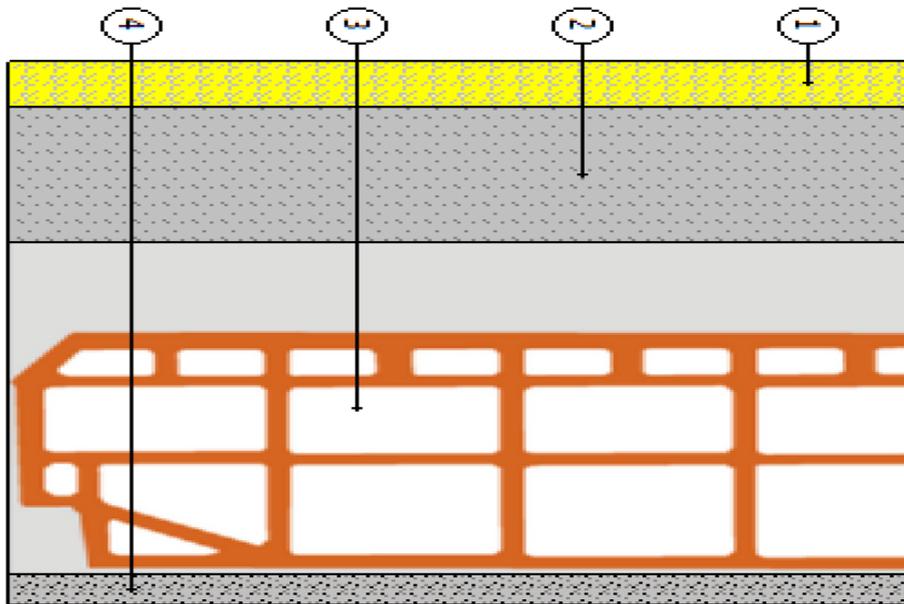
Trasmittanza termica: $1,394 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Sfasamento: 11,56 h

Capacità termica interna: $74,997 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$

Secondo interpiano

Il secondo interpiano è la struttura opaca orizzontale che divide il primo piano e il sottotetto. Esso è caratterizzato dalla stessa stratigrafia e dalla stessa densità di massa superficiale del precedente interpiano.



La differenza sta nel verso del flusso di calore: esso non è indefinito come nel caso precedente, ma è ascendente, in quanto il sottotetto è un ambiente non riscaldato.

Si ha pertanto una piccola variazione circa le resistenze termiche: in cima riportiamo la resistenza superficiale esterna, mentre per ultima quella interna e i loro valori sono leggermente differenti. Di seguito si riporta il prospetto:

Strato	Resistenza termica R [m ² K/W]
Resistenza superficiale esterna	0,100
Pavimentazione interna - gres	0,020
Massetto in calcestruzzo ordinario	0,085
Soletta, malta di cemento, calcestruzzo ordinario	0,330
Malta di calce e cemento	0,022
Resistenza superficiale interna	0,100

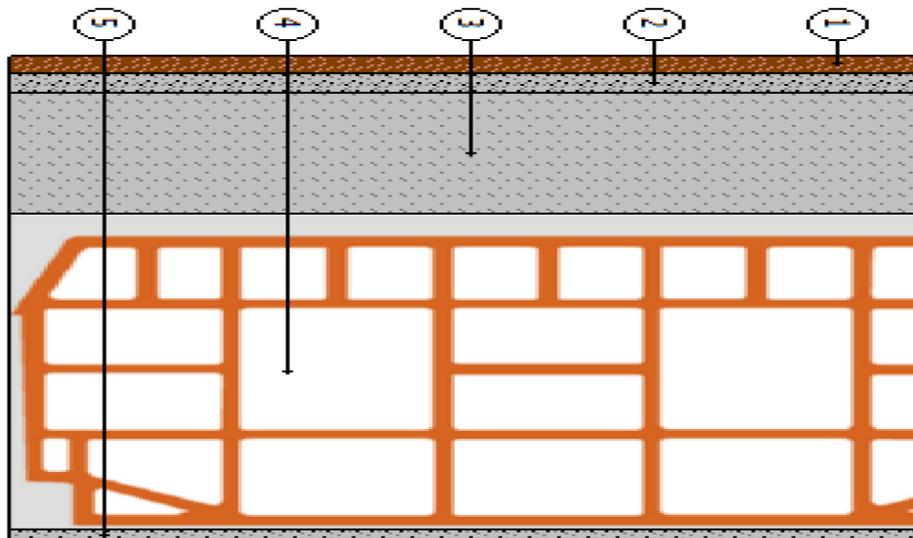
La trasmittanza termica della struttura vale pertanto 1,521 W/(m²K).

Sfasamento: 11,10 h

Capacità termica interna: 74,918 kJ/(m²K)

Copertura

La copertura è la struttura opaca caratterizzante il tetto a falde.



Stratigrafia (dall'alto verso il basso):

- 1) uno strato di terracotta caratterizzante le tegole (1,5 cm);
- 2) uno strato di malta di cemento (1,5 cm);
- 3) uno strato di massetto in calcestruzzo ordinario della densità di 1700 kg/m^3 (10 cm);
- 4) uno strato formato da un blocco da solaio di laterizio di 219 kg/m^2 (26 cm);
- 5) uno strato di malta di calce e cemento (1 cm).

Spessore: 40 cm

Massa superficiale: $418,92 \text{ kg/m}^2$

Resistenze termiche:

Strato	Resistenza termica R [$\text{m}^2\text{K/W}$]
Resistenza superficiale esterna	0,040
Terracotta	0,015
Malta di cemento	0,011
Massetto in calcestruzzo ordinario	0,094
Blocco da solaio di laterizio	0,390
Malta di calce e cemento	0,011
Resistenza superficiale interna	0,100

Trasmittanza termica: $1,512 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

Sfasamento: 9,93 h

Capacità termica interna: $68,660 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$

PORTE

La porte presenti nell'edificio sono caratterizzate da un unico strato di legname della densità di 700 kg/m³.

Porta esterna

Dimensioni	80 cm x 220 cm x 9 cm
Massa superficiale	63,000 kg/m ²
Resistenza superficiale interna	0,130 m ² K/W
Resistenza del legname	0,500 m ² K/W
Resistenza superficiale esterna	0,040 m ² K/W
Trasmittanza termica	1,493 W/(m ² K)

Porta interna

Dimensioni	80 cm x 220 cm x 5 cm
Massa superficiale	35,000 kg/m ²
Resistenza superficiale interna	0,130 m ² K/W
Resistenza del legname	0,278 m ² K/W
Resistenza superficiale esterna	0,130 m ² K/W
Trasmittanza termica	1,860 W/(m ² K)

FINESTRE

Nell'edificio vi sono in totale 10 finestre esterne. La vetrata e il telaio hanno le stesse caratteristiche in tutte le finestre. Pertanto, variano solo le dimensioni, per un totale di 4 dimensioni differenti.

Caratteristiche della vetrata

Tipologia	Vetrata esterna
Tipo vetro	Vetro singolo
Emissività	0,837
Trasmittanza	5,600 W/(m ² K)

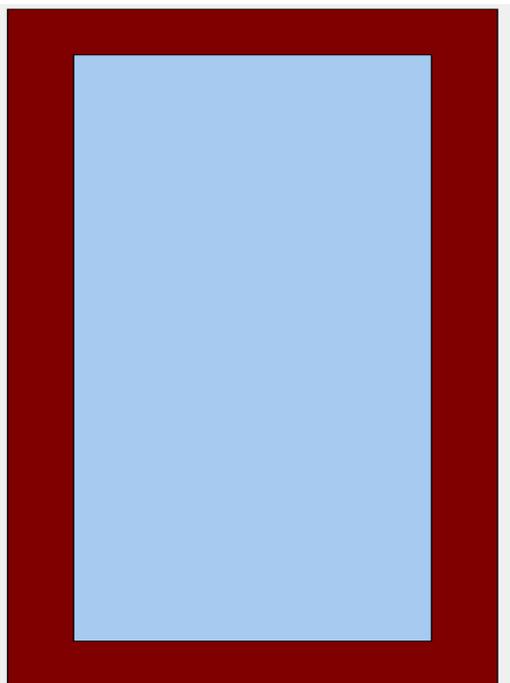
Caratteristiche del telaio

Trasmittanza	2,200 W/(m ² K)
Trasmittanza distanziatore	0,110 W/(m ² K)

Finestra 60 cm x 120 cm

Caratteristiche geometriche

Larghezza	<input type="text" value="0,600"/>	m
Altezza	<input type="text" value="1,200"/>	m
Numero ante	<input type="text" value="1"/>	
Numero divisioni orizzontali	<input type="text" value="1"/>	
Spessore telaio elementi orizzontali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai laterali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai centrali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio inferiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Altezza soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telai laterali soprafinestra	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telaio inferiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Area	<input type="text" value="0,720"/>	m ²
Perimetro	<input type="text" value="3,600"/>	m
Area vetrata	<input type="text" value="0,458"/>	m ²
Perimetro vetrata	<input type="text" value="2,960"/>	m
Area telaio	<input type="text" value="0,262"/>	m ²

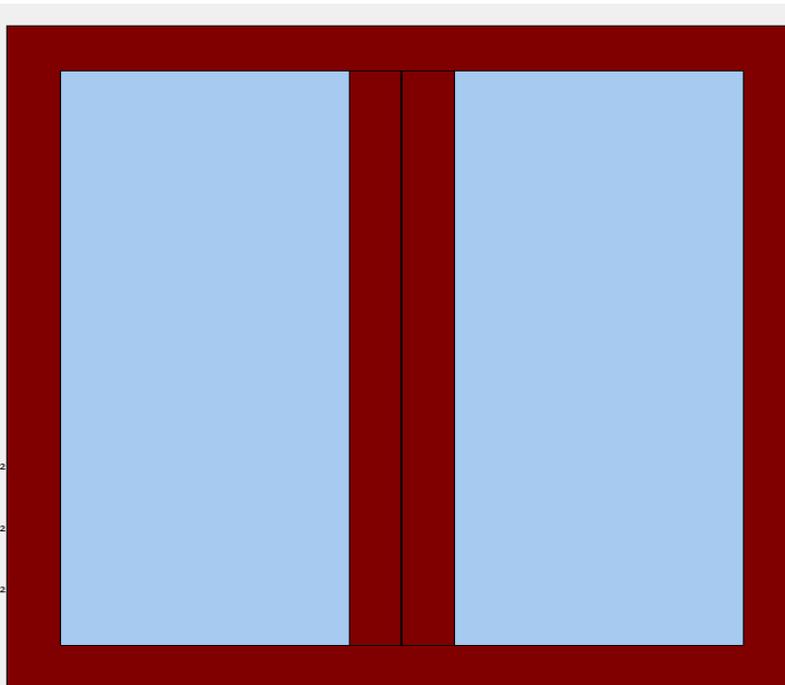


Trasmittanza: 4,815 W/(m²K)

Finestra 120 cm x 120 cm

Caratteristiche geometriche

Larghezza	<input type="text" value="1,200"/>	m
Altezza	<input type="text" value="1,200"/>	m
Numero ante	<input type="text" value="2"/>	
Numero divisioni orizzontali	<input type="text" value="1"/>	
Spessore telaio elementi orizzontali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai laterali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai centrali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio inferiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Altezza soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telai laterali soprafinestra	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telaio inferiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Area	<input type="text" value="1,440"/>	m ²
Perimetro	<input type="text" value="4,800"/>	m
Area vetrata	<input type="text" value="0,915"/>	m ²
Perimetro vetrata	<input type="text" value="5,920"/>	m
Area telaio	<input type="text" value="0,525"/>	m ²

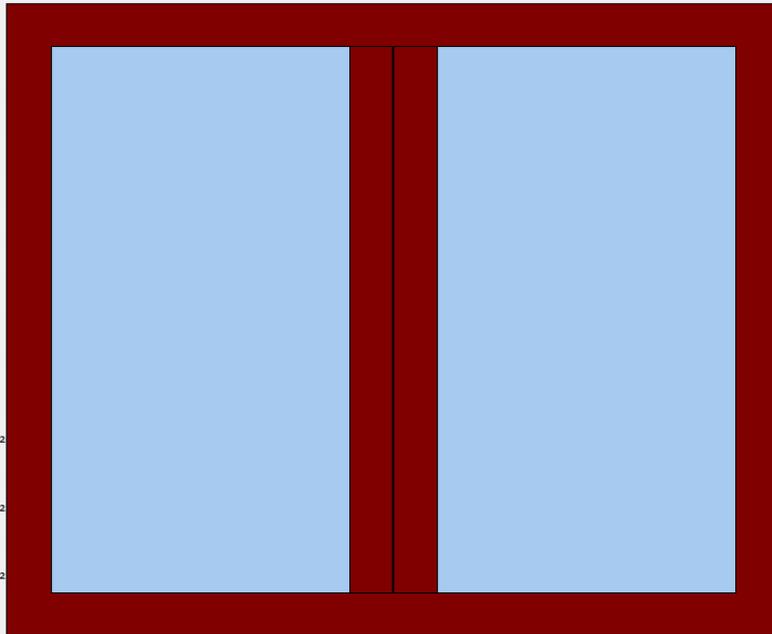


Trasmittanza: 4,813 W/(m²K)

Finestra 140 cm x 120 cm

Caratteristiche geometriche

Larghezza	<input type="text" value="1,400"/>	m
Altezza	<input type="text" value="1,200"/>	m
Numero ante	<input type="text" value="2"/>	
Numero divisioni orizzontali	<input type="text" value="1"/>	
Spessore telaio elementi orizzontali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai laterali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai centrali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio inferiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Altezza soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telai laterali soprafinestra	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telaio inferiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Area	<input type="text" value="1,680"/>	m ²
Perimetro	<input type="text" value="5,200"/>	m
Area vetrata	<input type="text" value="1,123"/>	m ²
Perimetro vetrata	<input type="text" value="6,320"/>	m
Area telaio	<input type="text" value="0,557"/>	m ²

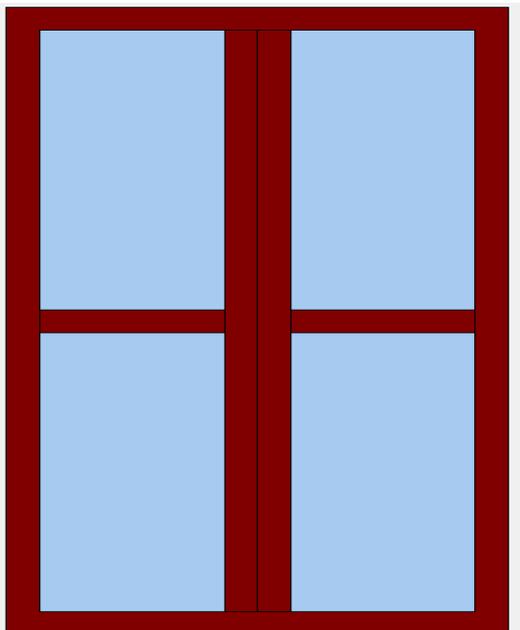


Trasmittanza: 4,887 W/(m²K)

Finestra 120 cm x 220 cm

Caratteristiche geometriche

Larghezza	<input type="text" value="1,200"/>	m
Altezza	<input type="text" value="2,200"/>	m
Numero ante	<input type="text" value="2"/>	
Numero divisioni orizzontali	<input type="text" value="2"/>	
Spessore telaio elementi orizzontali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai laterali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telai centrali	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio inferiore	<input type="text" value="0,080"/>	m
Altezza soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telai laterali soprafinestra	<input type="text" value="0,080"/>	m
Spessore telaio superiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Spessore telaio inferiore soprafinestra	<input type="text" value="0,000"/>	m
Area	<input type="text" value="2,640"/>	m ²
Perimetro	<input type="text" value="6,800"/>	m
Area vetrata	<input type="text" value="1,725"/>	m ²
Perimetro vetrata	<input type="text" value="11,360"/>	m
Area telaio	<input type="text" value="0,915"/>	m ²



Trasmittanza: 4,895 W/(m²K)

CENTRALE TERMICA

Tutti i locali dell'abitazione, ad eccezione del sottotetto e della rampa di scale tra il piano terra e il primo piano, sono serviti da un'unica centrale termica, dotata di un impianto autonomo per il riscaldamento e per la fornitura di acqua calda sanitaria. Non è presente un impianto per il raffrescamento estivo. In particolare, i servizi precedentemente citati sono erogati da un solo generatore a combustione. Si tratta di una caldaia standard (la temperatura media di esercizio è limitata dalla tipologia costruttiva) a parete e in alluminio. Il generatore è inoltre a camera stagna e con flusso forzato. Il fluido termovettore è l'acqua, il combustibile utilizzato è il metano e il bruciatore è di tipo atmosferico. La ripartizione del carico non è uniforme, ma avviene con regolazione di cascata e con priorità. Il funzionamento dell'acqua calda sanitaria è istantaneo, con priorità sul riscaldamento. Non sono considerate le perdite a carico nullo nei mesi di spegnimento.

Dati generali

Potenza al focolare nominale	25,90 kW
Potenza utile nominale	23,05 kW
Rendimento termico al 100%	89,0%
Rendimento termico al 30%	87,0%

Parametri del generatore

Potenza utile a carico intermedio	7,29 kW
Potenza persa a carico nullo	576,00 kW

Ausiliari elettrici

Potenza assorbita a potenza nominale	44 W
Potenza assorbita a potenza intermedia	44 W
Potenza assorbita a carico nullo	15 W

ZONA TERMICA

Con il termine "zona termica" si identifica ciascun locale servito dalla centrale termica di cui si è discusso precedentemente.

Caratteristiche dell'involucro

Classificazione zona termica	E.1(1) – Edificio adibito a residenza con carattere continuativo
Temperatura di progetto invernale	20°C
Temperatura di progetto estiva	26°C
Fattore di ripresa del riscaldamento	11 W/m ²
Volume lordo riscaldato	477,780 m ³
Superficie disperdente lorda	393,175 m ²
Rapporto S/V	0,823 1/m
Superficie utile	119,332 m ²

Ventilazione

Tipo di ventilazione	Naturale
Efficienza convenzionale	0,8
Coefficiente correttivo per impianti misti	1

Riscaldamento

Sottosistema di emissione

Altezza dei locali	2,7 m
Tipo di terminali	Radiatori su parete esterna non isolata
Rendimento di emissione	92,3%
Numero di unità terminali	10

Sottosistema di regolazione

Tipo di regolazione	Solo di zona
Caratteristiche	ON/OFF
Impianto di riscaldamento	Radiatori/convettori/ventilconvettori/strisce radianti
Rendimento di regolazione	93%

Sottosistema di distribuzione dell'acqua

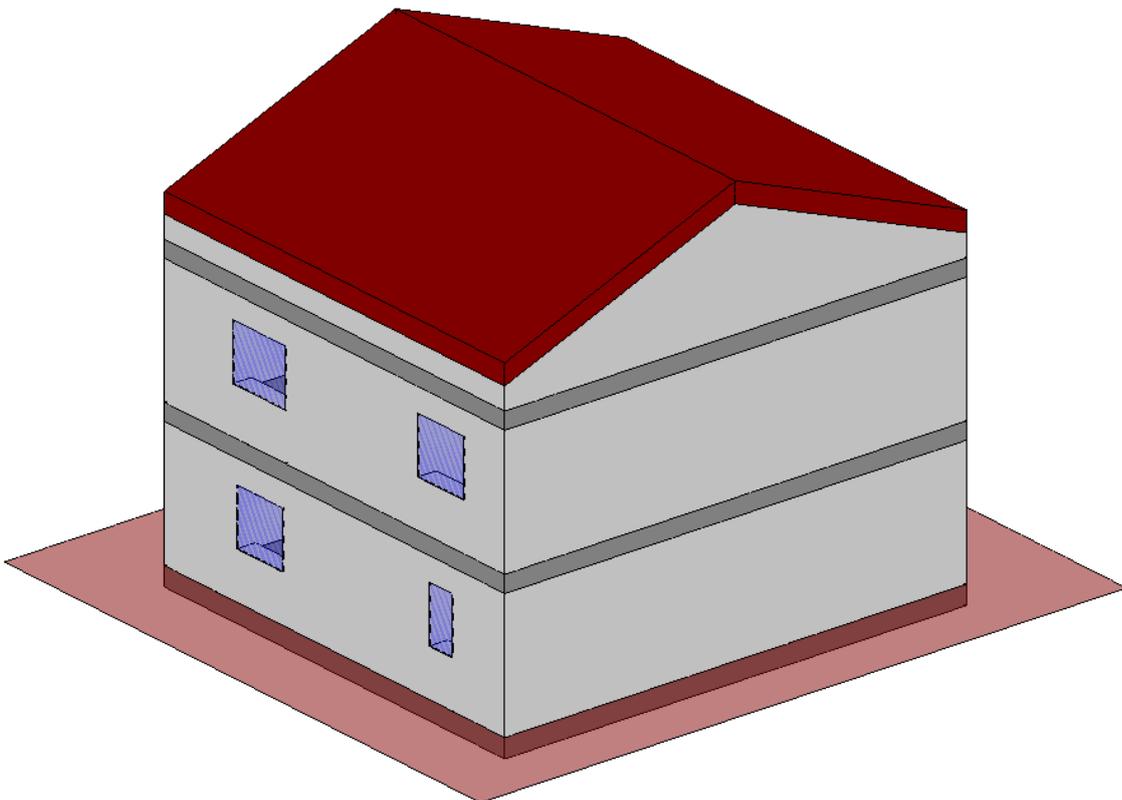
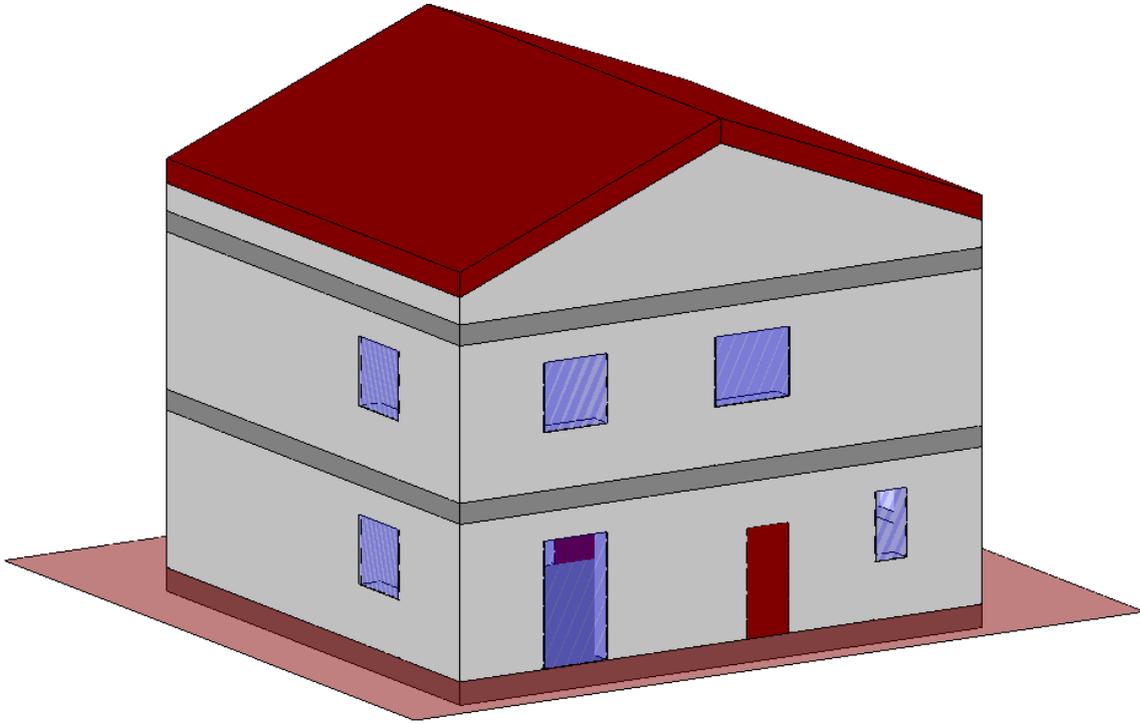
Metodo di calcolo delle temperature di mandata e ritorno	Circuiti di tipo ON/OFF
Temperatura di mandata di progetto	80°C
Temperatura di ritorno di progetto	60°C
Metodo di calcolo delle perdite di distribuzione	UNI/TS 11300-2 – Prospetti 21/22/23 - semplificato
Rendimento di distribuzione	99%
Potenza degli ausiliari	90 W

Acqua calda sanitaria

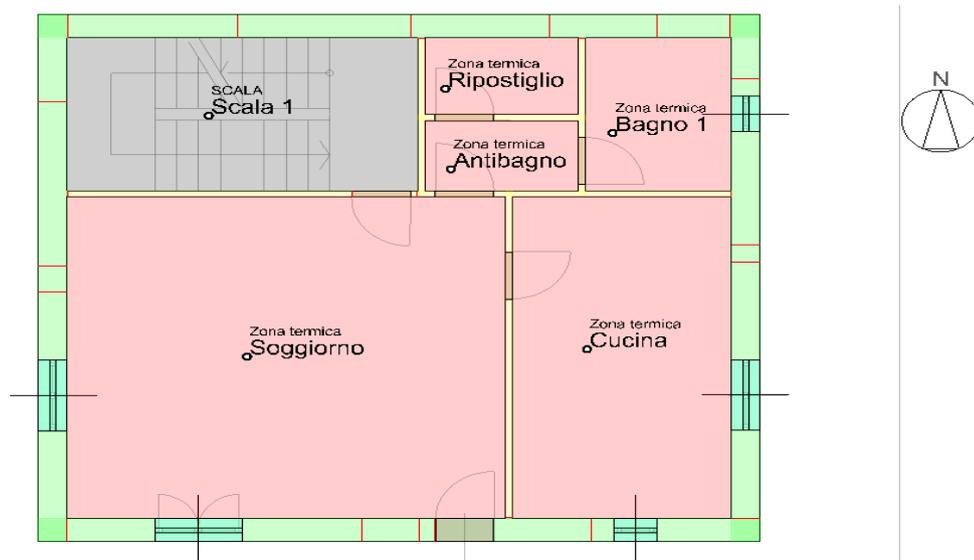
Rendimento di erogazione	100%
Metodo di calcolo delle perdite di distribuzione	UNI/TS 11300-2 – Prospetto 34 - semplificato
Rendimento di distribuzione	89,29%

LAYOUT DELL'EDIFICIO

Modello 3D



Pianta del piano terra



LEGENDA

	PARETE ESTERNA
	PARETE INTERNA
	PORTA ESTERNA
	PORTA INTERNA
	FINESTRA
TRATTINO ROSSO	PONTE TERMICO

CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Pavimento: Basamento;

Soffitto: Primo interpiano;

Lunghezza della muratura (LATI NORD E SUD): 9,9 m;

Lunghezza della muratura (LATI EST E OVEST): 9,0 m;

Quota del piano rispetto al terreno: 0 m;

Altezza netta del piano: 2,7 m;

Area netta del soggiorno: 32,970 m²;

Area netta della cucina: 16,432 m²;

Area netta del bagno 1: 5,206 m²;

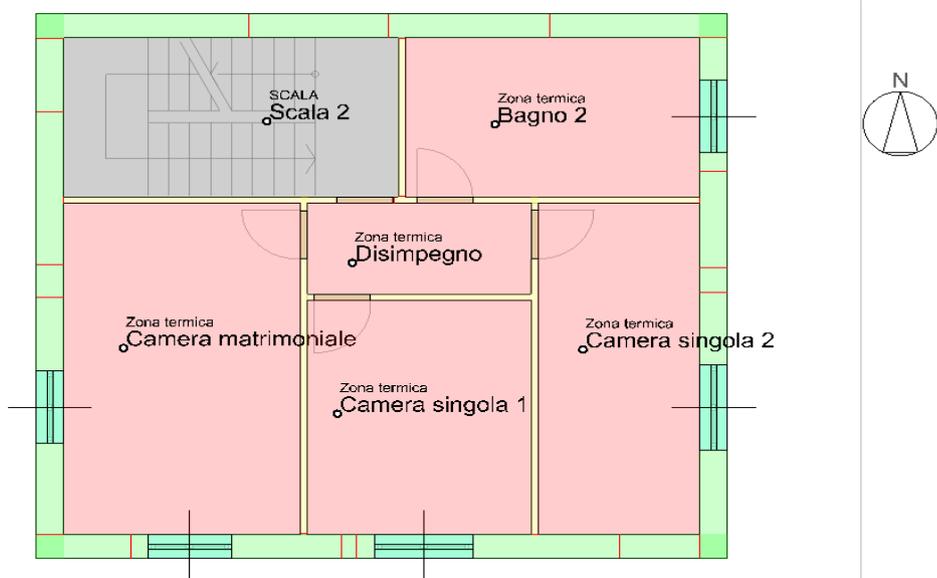
Area netta dell'antibagno: 2,520 m²;

Area netta del ripostiglio: 2,753 m²;

Area netta della scala 1: 12,548 m²;

Dimensioni delle finestre (da sinistra verso destra): 120 cm x 120 cm, 120 cm x 220 cm, 60 cm x 120 cm, 120 cm x 120 cm, 60 cm x 120 cm.

Pianta del primo piano



CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Pavimento: Primo interpiano;

Soffitto: Secondo interpiano;

Quota del piano rispetto al terreno: 3,060 m;

Altezza netta del piano: 2,7 m;

Area netta della camera matrimoniale: 18,520 m²;

Area netta della camera singola 1: 12,385 m²;

Area netta della camera singola 2: 12,665 m²;

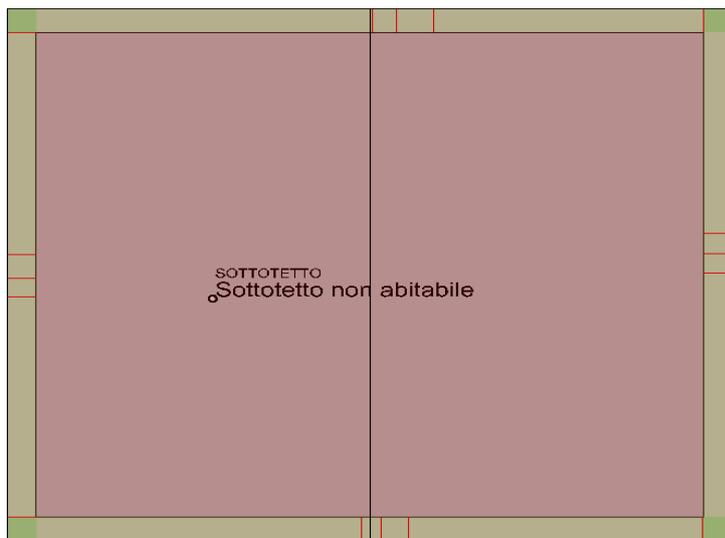
Area netta del disimpegno: 4,800 m²;

Area netta del bagno 2: 11,081 m²;

Area netta della scala 2: 12,581 m²;

Dimensioni delle finestre (da sinistra verso destra): 120 cm x 120 cm, 120 cm x 120 cm, 140 cm x 120 cm, 140 cm x 120 cm, 120 cm x 120 cm.

Pianta del sottotetto



CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Pavimento: Secondo interpiano;

Soffitto: Copertura;

Quota del piano rispetto al terreno: 6,120 m;

Altezza minima del piano (lati EST e OVEST): 0,870 m;

Altezza massima del piano (linea nera di mezzeria): 2,850 m;

Area netta del sottotetto: 74,620 m².

CAPITOLO 3

FATTORI PENALIZZANTI E CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

VALORI NON A NORMA DELLE TRASMITTANZE TERMICHE

Il principale fattore energetico penalizzante dell'edificio in esame, consiste nel fatto che tutte le strutture presenti nell'edificio (opache e vetrate) sono caratterizzate da valori delle trasmittanze termiche superiori ai valori limite, stabiliti nel DM 26/06/2015.

Ricordando che la trasmittanza termica si definisce come "il flusso di calore che passa attraverso una struttura di 1 m² di superficie e con una differenza di temperatura tra gli ambienti delimitati dalla struttura stessa pari a 1K", si evince che il flusso di calore che oltrepassa la parete, dall'interno verso l'esterno nel periodo invernale e dall'esterno verso l'interno nel periodo estivo, è direttamente proporzionale alla trasmittanza stessa. Per questa ragione, la trasmittanza deve mantenersi inferiore ai valori limite.

Si riportano quindi i valori a norma delle trasmittanze termiche per le strutture (destinate alla riqualificazione energetica) di edifici esistenti. Le seguenti tabelle sono tratte dall'appendice B del DM 26/06/2015:

TRASMITTANZE TERMICHE LIMITE PER EDIFICI ESISTENTI

TABELLA 1 (Appendice B) Strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

TABELLA 2 (Appendice B) Strutture opache orizz. o inclinate di copertura, verso l'esterno in riqal.

Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,34	0,32
C	0,34	0,32
D	0,28	0,26
E	0,26	0,24
F	0,24	0,22

TABELLA 3 (Appendice B) Strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'ext. soggette a riqualificazione

Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,48	0,42
C	0,42	0,38
D	0,36	0,32
E	0,31	0,29
F	0,30	0,28

TABELLA 4 (Appendice B) Chiusure tecniche trasparenti e opache, cassonetti, con gli infissi, verso l'ext. e ambienti non climatiz. in riqualificazione

Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	3,20	3,00
C	2,40	2,00
D	2,10	1,80
E	1,90	1,40
F	1,70	1,00

PONTI TERMICI

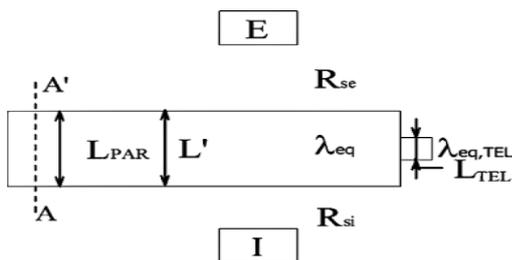
Un altro elemento fondamentale, che contribuisce a ridurre l'efficienza energetica dell'abitazione, è la presenza di ponti termici.

Si definisce ponte termico un fenomeno di anomalia termica, per via del quale il flusso termico non è unidirezionale e le isoterme non sono parallele, ma distorte. Esistono due macrocategorie di ponti termici: geometrici e costruttivi. Quelli geometrici sono presenti in corrispondenza di variazioni di direzione dei medesimi elementi strutturali, mentre quelli costruttivi si manifestano nelle zone dove è presente una discontinuità di materiale.

Nei ponti termici, i flussi sono più rapidi rispetto a quelli delle parti circostanti e perciò gli scambi di calore sono più accentuati. Pertanto, i ponti termici aumentano la dispersione di calore, quindi il fabbisogno termico. Inoltre, essi provocano una diminuzione delle temperature superficiali interne ed un aumento di quelle esterne, in modo tale da causare rischi di condensa superficiale e quindi anche di muffe.

Dei ponti termici presenti nell'edificio, si riportano i relativi dati tecnici, definiti in base all'abaco dei ponti termici (CENED).

PONTE TERMICO FINESTRE



Tipo: serramenti di porte e finestre;

Codice: SER.006 (serramento in mezzera su parete non isolata);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,313 \text{ W/mK}$;
- $\psi_1 = 0,094 \text{ W/mK}$;
- $\psi_2 = 0,132 \text{ W/mK}$;

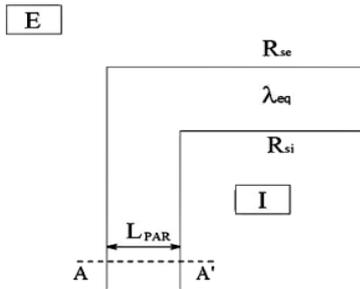
Trasmittanze termiche: - $U_{tel} = 2,200 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;
- $U_{par} = 0,783 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;

Trasmittanza lineica interna: $0,097 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza lineica esterna: $0,097 \text{ W/mK}$;

Collocazione: tutte le finestre dell'edificio.

PONTE TERMICO ANGOLI ESTERNI



Tipo: angoli;

Codice: ASP.011 (angolo sporgente senza pilastro);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,313 \text{ W/mK}$;

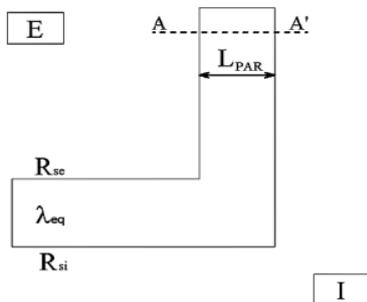
Trasmittanze termiche: - $U_{par} = 0,783 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;

Trasmittanza lineica interna: $0,127 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza lineica esterna (negativa): - $0,540 \text{ W/mK}$;

Collocazione: - angoli della muratura esterna perimetrale del piano terra
(lunghezza del ponte termico: 2,7 m ciascuno x 4 ponti termici);
- angoli della muratura esterna perimetrale del primo piano
(lunghezza del ponte termico: 2,7 m ciascuno x 4 ponti termici);
- angoli della muratura esterna perimetrale del sottotetto
(lunghezza del ponte termico: 0,87 m ciascuno x 4 ponti termici).

PONTE TERMICO ANGOLI INTERNI



Tipo: angoli;

Codice: ARI.011 (Angolo rientrante non isolato senza pilastro);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,230 \text{ W/mK}$ (valore minimo ammesso dal CENED);

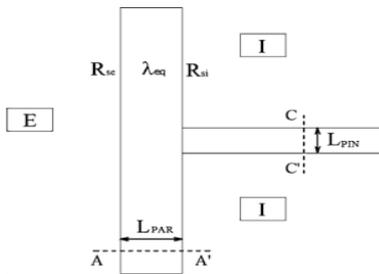
Trasmittanze termiche: - $U_{par} = 2,060 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;

Trasmittanza termica lineica interna: $0,250 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza termica lineica esterna: $0,172 \text{ W/mK}$;

Collocazione: - angolo interno del locale Scala 1 (lunghezza = 2,7 m x 1 ponte termico);
- angolo interno del locale Scala 2 (lunghezza = 2,7 m x 1 ponte termico).

PONTE TERMICO PARETI INTERNE



Tipo: pareti interne;

Codice: PIN.004 (Parete esterna non isolata con parete interna);

Dimensioni: - $L_{pin} = 0,100$ m;

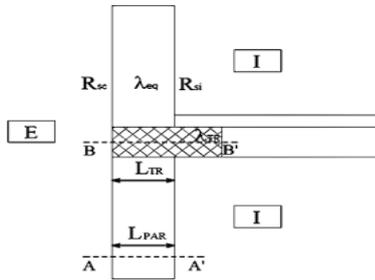
Trasmittanze termiche: - $U_{par} = 0,783$ W/(m²K);

Trasmittanza lineica interna: 0,078 W/mK;

Trasmittanza lineica esterna: 0 W/mK;

Collocazione: - intersezioni tra parete esterna e interna nel piano terra (lunghezza = 2,7 m ciascuno per 5 ponti termici);
- intersezioni tra parete esterna e interna nel primo piano (lunghezza = 2,7 m ciascuno per 5 ponti termici);

PONTE TERMICO SOLAI INTERNI



Tipo: solai interni;

Codice: SOL.004 (Parete non isolata con solaio e trave non isolata);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,313$ W/mK;

Dimensioni: - $L_{par} = 0,400$ m;

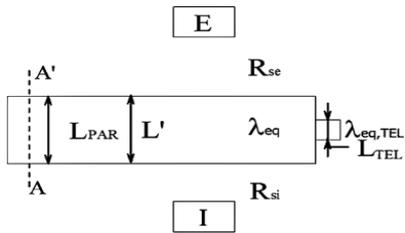
Trasmittanza lineica interna: 0,776 W/mK;

Trasmittanza lineica esterna: 0,539 W/mK;

Collocazione:

- intersezione tra la parete esterna del piano terra e il primo interpiano (lunghezza totale: 37,8 m);
- intersezione tra la parete esterna del primo piano e il primo interpiano (lunghezza totale: 37,8 m);
- intersezione tra la parete esterna del primo piano e il secondo interpiano (lunghezza totale: 37,8 m);
- intersezione tra la parete esterna del sottotetto e il secondo interpiano (lunghezza totale: 37,8 m);
- intersezione tra la parete interna della Scala 1 e il primo interpiano (lunghezza totale: 7,5 m);
- intersezione tra la parete interna della Scala 2 e il primo interpiano (lunghezza totale: 7,86 m);
- intersezione tra la parete interna della Scala 2 e il secondo interpiano (lunghezza totale: 7,86 m).

PONTE TERMICO PORTA ESTERNA



Tipo: serramenti di porte e finestre;

Codice: SER.006 (Serramento in mezzeria su parete non isolata);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,313 \text{ W/mK}$;
- $\psi_1 = 0,094 \text{ W/mK}$;
- $\psi_2 = 0,132 \text{ W/mK}$;

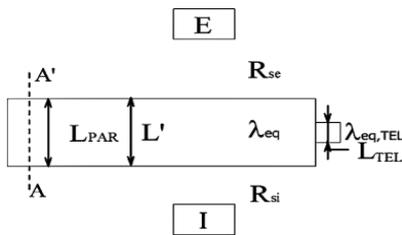
Trasmittanze termiche: - $U_{tel} = 1,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ (valore minimo ammesso dal CENED);
- $U_{par} = 0,783 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;

Trasmittanza lineica interna: $0,094 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza lineica esterna: $0,094 \text{ W/mK}$;

Collocazione: - porta esterna (lunghezza = 5,200 m).

PONTE TERMICO PORTE INTERNE



Tipo: serramenti di porte e finestre;

Codice: SER.006 (Serramento in mezzera su parete non isolata);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,230 \text{ W/mK}$;
- $\psi_1 = -0,068 \text{ W/mK}$;
- $\psi_2 = -0,027 \text{ W/mK}$;

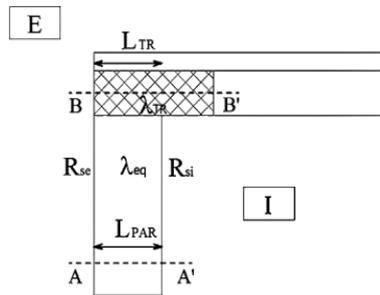
Trasmittanze termiche: - $U_{tel} = 1,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;
- $U_{par} = 2,060 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;

Trasmittanza lineica interna (negativa) : - $0,068 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza lineica esterna (negativa): - $0,068 \text{ W/mK}$;

Collocazione: - porta interna del locale Scala 1 (lunghezza = 5,200 m);
- porta interna del locale Scala 2 (lunghezza = 5,200 m).

PONTE TERMICO COPERTURA



Tipo: coperture;

Codice: COP.004 (Parete non isolata con copertura non isolata e trave non isolata);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,313 \text{ W/mK}$;

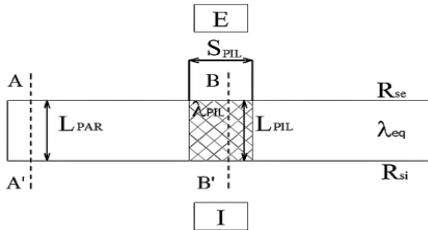
Dimensioni: - $L_{par} = 0,400 \text{ m}$;

Trasmittanza lineica interna: $0,953 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza lineica esterna (negativa): - $0,118 \text{ W/mK}$;

Collocazione: - intersezione tra la parete esterna del sottotetto e la copertura (lunghezza totale: 37,8 m).

PONTE TERMICO PILASTRO



Tipo: pilastri;

Codice: PIL.004 (Parete esterna non isolata con pilastro non isolato);

Conduttività: - $\lambda_{eq} = 0,313 \text{ W/mK}$;

Dimensioni: - $S_{pil} = 0,400 \text{ m}$;

Trasmittanze termiche: - $U_{pil} = 2,300 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;
- $U_{par} = 0,783 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;

Trasmittanza lineica interna: $0,858 \text{ W/mK}$;

Trasmittanza lineica esterna: $0,858 \text{ W/mK}$;

Collocazione: - 1 pilastro al centro di ogni lato della parete esterna del piano terra (lunghezza = 2,7 m ciascuno x 4 ponti termici);
- 1 pilastro al centro di ogni lato della parete esterna del primo piano (lunghezza = 2,7 m ciascuno x 4 ponti termici);
- 1 pilastro al centro di ogni lato della parete esterna del sottotetto (lunghezza = 2,85 m ciascuno x 4 ponti termici).

BASSO RENDIMENTO GLOBALE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Oltre alle dispersioni termiche causate dai fenomeni esaminati, occorre aggiungere che il calore fornito dal generatore a combustione, in termini percentuali, non è lo stesso che riscalda ogni locale etichettato come "zona termica". Si hanno infatti delle perdite di calore lungo tutto l'impianto di riscaldamento, a partire dal generatore stesso. Il rendimento globale di tale impianto è dato dal prodotto di 4 rendimenti, già citati in precedenza, ovvero: il rendimento termico del generatore, il rendimento di emissione del calore, il rendimento di regolazione e il rendimento di distribuzione.

Il rendimento termico del generatore è dato dal rapporto tra la potenza utile nominale, ovvero la potenza termica effettivamente resa all'ambiente, e la potenza al focolare nominale, ovvero la potenza sviluppata nell'unità di tempo durante la combustione, che avviene all'interno di una camera di combustione. Non tutto il potenziale energetico del combustibile viene però effettivamente sfruttato e trasferito al fluido termovettore, in quanto il resto del calore viene espulso all'esterno soprattutto dalla canna fumaria sotto forma di fumi caldi e di gas più o meno incombusti e in piccola parte dal corpo stesso della caldaia (attraverso il mantello isolante). Inoltre, considerando anche l'età della caldaia, ai precedenti fenomeni si aggiunge anche l'usura causata dai depositi calcarei accumulati negli anni. Quindi, nel complesso, essendo pari a 23,05 kW la potenza utile nominale ed essendo pari a 25,90 kW la potenza al focolare nominale, il rendimento termico del generatore a combustione, al 100% della potenza nominale al focolare, è dell'89%.

Il rendimento di emissione del calore è il rapporto tra la potenza termica richiesta in condizioni di emissione ideali e la potenza termica effettivamente richiesta. Per sistema di emissione ideale, si intende un sistema idoneo a mantenere una temperatura uniforme dell'aria e delle pareti. Nei sistemi di emissione reali si possono verificare delle perdite di calore, dovute ai moti convettivi creati dal corpo scaldante, perdite che dipendono principalmente dal tipo di terminale e dalla sua installazione. In particolare, nell'abitazione in questione, i terminali del sistema di emissione sono dei radiatori, collocati sulla parete esterna non isolata. Se in una casa sono presenti dei radiatori, il calore viene accumulato tutto al loro interno, poi vi sono degli elementi che garantiscono la circolazione dell'aria. Per tenere in considerazione le perdite dovute ai moti convettivi e per garantire un ambiente caldo ed accogliente, la temperatura dell'acqua all'interno dei termosifoni deve essere almeno di 70°C. Il calore viene così ceduto all'aria che viene poi messa in movimento per rendere omogenea la temperatura in tutti gli ambienti della casa. Alla luce di tali considerazioni, il software attribuisce un rendimento di emissione, corretto in base al carico termico, del 92,3%.

Il rendimento di regolazione è definito come il rapporto fra il consumo energetico di un ambiente caratterizzato da una regolazione teorica perfetta in un punto di riferimento e quello dello stesso ambiente munito della regolazione reale, con riferimento allo stesso punto. Il sistema di regolazione del calore è quello che permette di adeguare l'emissione dei corpi scaldanti alle reali necessità di riscaldamento dell'ambiente. Tale regolazione nella realtà non è perfetta e dipende quantitativamente da tre fattori: (1) il tipo di sistema di regolazione utilizzato (on/off o modulante); (2) il tipo di terminale di emissione del calore impiegato (termosifoni, pannelli radianti, ventilconvettori); (3) la presenza o meno di sensori esterni o interni in grado di percepire con rapidità le variazioni del carico termico reale e quindi le modifiche nella produzione di calore che è necessario apportare (termostati, sonde climatiche, etc.). Nella residenza in esame, il tipo di regolazione è di zona. Ciò significa che ogni zona è munita di un proprio termostato ambiente, installato in un locale di riferimento, che agisce su di una valvola di zona con azione on-off. La temperatura ambiente è regolata, quindi, in quel locale. In generale, quella degli altri locali della zona può differire da quella voluta se questi sono caratterizzati da apporti o da occupazione diversi, ma nel nostro caso questo non accade. Ricordando inoltre che i terminali di emissione sono dei radiatori, il rendimento di regolazione è del 93%.

Il rendimento di distribuzione si calcola come il rapporto tra l'energia termica utile fornita e l'energia termica erogata dal sistema di produzione. La rete di distribuzione di un impianto di riscaldamento è quella che porta il fluido caldo dal generatore di calore ai terminali di emissione del calore. I tubi sottotraccia o a vista che compongono il sottosistema di distribuzione sono spesso male isolati verso l'esterno o verso ambienti non riscaldati, per cui parte del calore va disperso. La quantità di calore disperso dipende, oltre che dal grado di isolamento e dalle temperature in gioco, anche dalle lunghezze e dal diametro delle tubazioni. Tuttavia, nell'edificio analizzato, tali problemi si riscontrano solo in minima parte, pertanto il rendimento di distribuzione, calcolato con il metodo semplificato della UNI/TS 11330-2 (Prospetti 21/22/23), è pari al 99%.

In conclusione, dal prodotto di tutti i rendimenti, si ottiene un rendimento globale del 75,6%.

ALTRE CONSIDERAZIONI GENERALI

Le perdite di calore sono incrementate, seppur di poco, anche dalla ventilazione, di cui si riporta lo specchio:

Perdita di calore per ventilazione

V [m³]	n [1/h]	q _v [m³/h]	H [W/K]
322,198	0,98	316,938	63,388

Mese	gg	θ _{int,del,H} [°C]	θ _e [°C]	Δθ [°C]	H _{vent} [W/K]	Q _{H,ve} [kWh]
Gennaio	31	20,0	5,7	14,3	63,388	674,618
Febbraio	28	20,0	6,0	14,0	63,388	596,553
Marzo	31	20,0	9,7	10,3	63,388	485,976
Aprile	15	20,0	12,3	7,7	63,388	176,850
Novembre	30	20,0	10,1	9,9	63,388	452,044
Dicembre	31	20,0	7,4	12,6	63,388	594,445
Totale						2.980,5

Mese	gg	θ _{int,del,C} [°C]	θ _e [°C]	Δθ [°C]	H _{vent} [W/K]	Q _{C,ve} [kWh]
Giugno	6	26,0	22,8	3,2	63,388	29,633
Luglio	31	26,0	24,8	1,2	63,388	56,817
Agosto	21	26,0	23,5	2,5	63,388	79,814
Totale						166,264

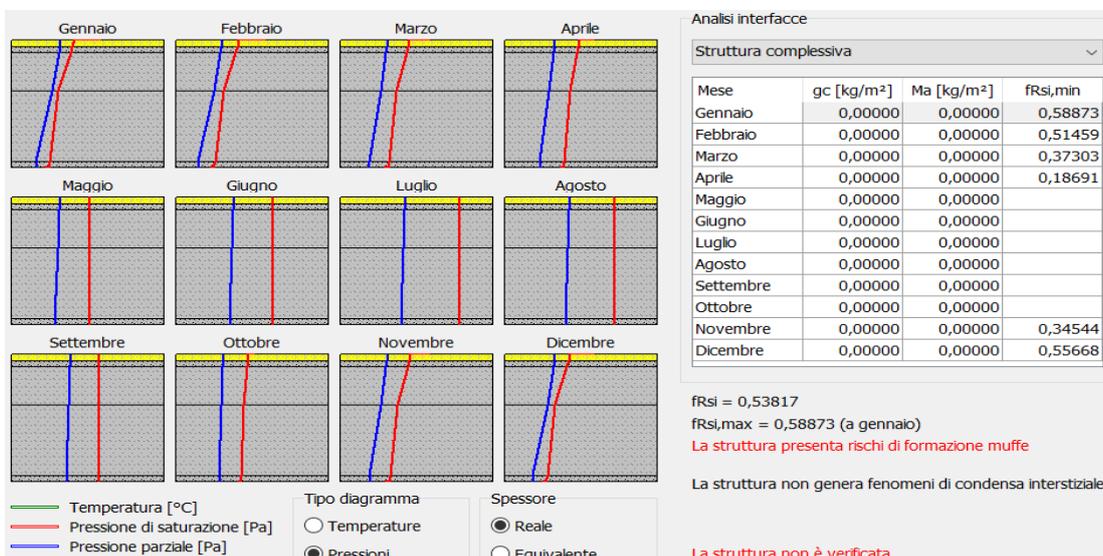
Legenda

V: volum e netto locale
n: ricambi d'aria
q_v: portata d'aria
H_{vent}: coefficiente di scambio termico
θ_{int,del,H}: temperatura interna
θ_e: temperatura esterna
Q_{H,ve}: energia scambiata nel periodo di riscaldamento
Q_{C,ve}: energia scambiata nel periodo di raffreddamento

I valori della capacità termica interna delle strutture dell'edificio sono a norma, secondo il DM 11/01/2017, in quanto tutti superiori a 40 kJ/(m²K).

Secondo il DM 26/06/2015, limitatamente allo sfasamento, il valore ottimale di quest'ultimo è di almeno 12 ore, ma comunque l'importante è che non scenda sotto le 8 ore. Si possono quindi considerare a norma i valori riscontrati nelle stratigrafie analizzate, ad eccezione di quelli delle pareti interne, ma tali valori dello sfasamento devono consentire alle strutture esterne di far entrare il calore all'interno dell'abitazione nelle ore notturne, durante le quali può essere smaltito tramite il ricambio d'aria. Dato che la funzione descritta non è una prerogativa delle pareti interne, i loro bassi valori dello sfasamento non costituiscono un problema.

La verifica termoigrometrica è risultata positiva per tutte le strutture, ma non per il basamento, il quale presenta dei rischi di formazione delle muffe. Si riportano quindi i dati relativi a tale verifica:



CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO E DETERMINAZIONE DELLA CLASSE ENERGETICA APE

Inseriti tutti i dati dell'edificio, il software Namirial Termo 5.2, studiando le dispersioni termiche dovute in particolare agli infissi, alle pareti, ai ponti termici e tenendo in considerazione anche la bassa efficienza dell'impianto di riscaldamento e di fornitura dell'acqua calda sanitaria, effettua automaticamente il calcolo del fabbisogno energetico dell'edificio e ne determina anche la classe energetica. Per semplicità di trattazione, non si trascrive tutta la relazione di calcolo, ma ci si limita ad inserire le tabelle riassuntive:

Fabbisogno riscaldamento con ventilazione effettiva della certificazione [kWh] ①

Mese	QHtr	QHve	QHint	Qsd,w	Qsd,op	Qsi	QHsol,w	QHsol,op	QH,nd	QHgn,out	Qp,nren,H	Qp,ren,H	Qp,tot,H
Gennaio	5.008,4	674,6	335,1	0,0	0,0	0,0	236,5	73,9	5.115,9	6.209,0	7.494,0	46,7	7.540,7
Febbraio	4.382,9	596,6	302,7	0,0	0,0	0,0	433,6	131,7	4.255,2	5.163,6	6.252,2	42,2	6.294,4
Marzo	3.530,7	486,0	335,1	0,0	0,0	0,0	600,1	192,8	3.117,0	3.778,7	4.697,6	43,7	4.741,3
Aprile	1.259,6	176,8	162,2	0,0	0,0	0,0	334,3	115,0	977,5	1.183,1	1.651,2	22,5	1.673,7
Novembre	3.343,5	452,0	324,3	0,0	0,0	0,0	429,9	127,9	3.062,9	3.713,3	4.610,6	42,4	4.653,0
Dicembre	4.398,8	594,4	335,1	0,0	0,0	0,0	320,8	94,9	4.345,9	5.272,8	6.407,8	46,5	6.454,3
	21.923,9	2.980,5	1.794,5	0,0	0,0	0,0	2.355,2	736,3	20.874,3	25.320,4	31.113,3	244,1	31.357,4

Servizio di riscaldamento

QHtr	scambio termico per trasmissione
QHve	scambio termico per ventilazione
QHint	apporti termici interni
QHsd,w	apporti serra diretti attraverso superfici trasparenti
QHsd,op	apporti serra diretti attraverso superfici opache
QHsi	apporti serra indiretti
QHsol,w	apporti termici solari attraverso superfici trasparenti
QHsol,op	apporti termici solari attraverso superfici opache
QH,nd	fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio
QHgn,out	energia termica in uscita al sottosistema di generazione
Qp,nren,H	fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del sistema edificio-impianto
Qp,ren,H	fabbisogno di energia primaria rinnovabile del sistema edificio-impianto
Qp,tot,H	fabbisogno di energia primaria totale del sistema edificio-impianto

Fabbisogno acqua calda sanitaria della certificazione [kWh] ①

Mese	QW	QWgn,out	Qp,nren,W	Qp,ren,W	Qp,tot,W
Gennaio	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
Febbraio	136,2	152,5	180,5	0,1	180,6
Marzo	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
Aprile	145,9	163,4	193,4	0,1	193,5
Maggio	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
Giugno	145,9	163,4	193,4	0,1	193,5
Luglio	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
Agosto	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
Settembre	145,9	163,4	193,4	0,1	193,5
Ottobre	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
Novembre	145,9	163,4	193,4	0,1	193,5
Dicembre	150,8	168,9	199,8	0,1	199,9
	1.775,2	1.988,1	2.352,5	1,7	2.354,2

Servizio di acqua calda sanitaria

QW	fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio
QWgn,out	energia termica in uscita al sottosistema di generazione
Qp,nren,W	fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del sistema edificio-impianto
Qp,ren,W	fabbisogno di energia primaria rinnovabile del sistema edificio-impianto
Qp,tot,W	fabbisogno di energia primaria totale del sistema edificio-impianto

Fabbisogno raffrescamento con ventilazione effettiva della certificazione [kWh]



Mese	QCtr	QCve	QCint	QCsol,w	QCsol,op	QC,nd	QCgn,out	Qp,nren,C	Qp,ren,C	Qp,tot,C
Giugno	191,4	29,6	64,9	163,3	61,9	30,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Luglio	300,1	56,8	335,1	869,8	327,0	848,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	522,5	79,8	227,0	542,1	192,8	191,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	1.014,0	166,3	627,0	1.575,2	581,7	1.069,4	0,0	0,0	0,0	0,0

Servizio di raffrescamento

QCtr	scambio termico per trasmissione
QCve	scambio termico per ventilazione
QCint	apporti termici interni
QCsol,w	apporti termici solari attraverso superfici trasparenti
QCsol,op	apporti termici solari attraverso superfici opache
QC,nd	fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio
QCgn,out	energia termica in uscita al sottosistema di generazione
Qp,nren,C	fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del sistema edificio-impianto
Qp,ren,C	fabbisogno di energia primaria rinnovabile del sistema edificio-impianto
Qp,tot,C	fabbisogno di energia primaria totale del sistema edificio-impianto

Energia elettrica prodotta della certificazione [kWh]

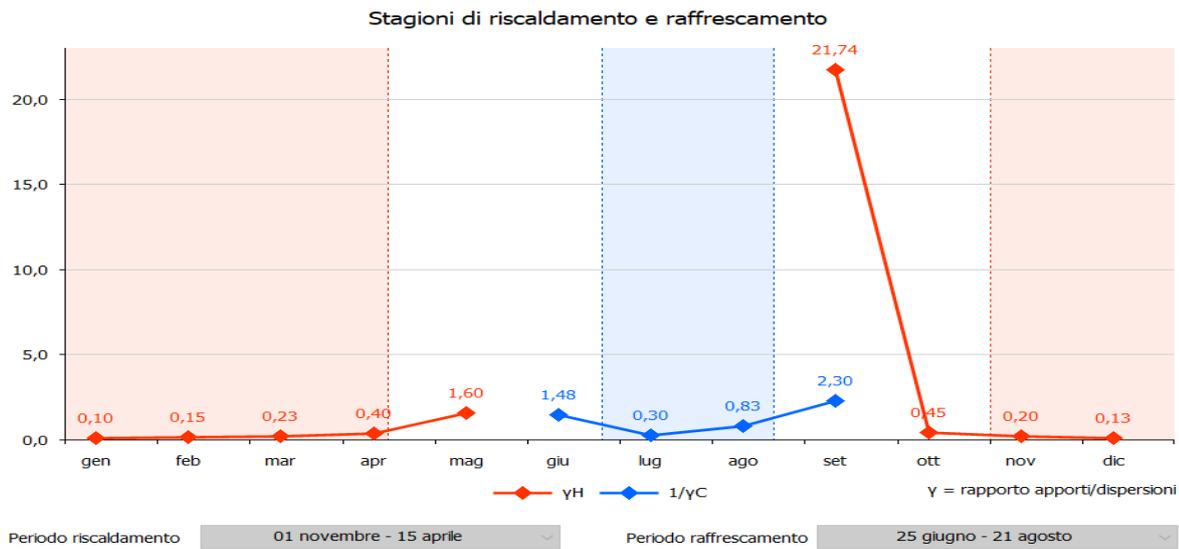


Mese	Qel,nd	Qel,prod	Qel,used	Qel,del	Qel,exp
Gennaio	99,7	0,0	0,0	99,7	0,0
Febbraio	90,0	0,0	0,0	90,0	0,0
Marzo	93,4	0,0	0,0	93,4	0,0
Aprile	48,1	0,0	0,0	48,1	0,0
Maggio	11,4	0,0	0,0	11,4	0,0
Giugno	11,0	0,0	0,0	11,0	0,0
Luglio	11,4	0,0	0,0	11,4	0,0
Agosto	11,4	0,0	0,0	11,4	0,0
Settembre	11,0	0,0	0,0	11,0	0,0
Ottobre	11,4	0,0	0,0	11,4	0,0
Novembre	90,6	0,0	0,0	90,6	0,0
Dicembre	99,3	0,0	0,0	99,3	0,0
	588,5	0,0	0,0	588,5	0,0

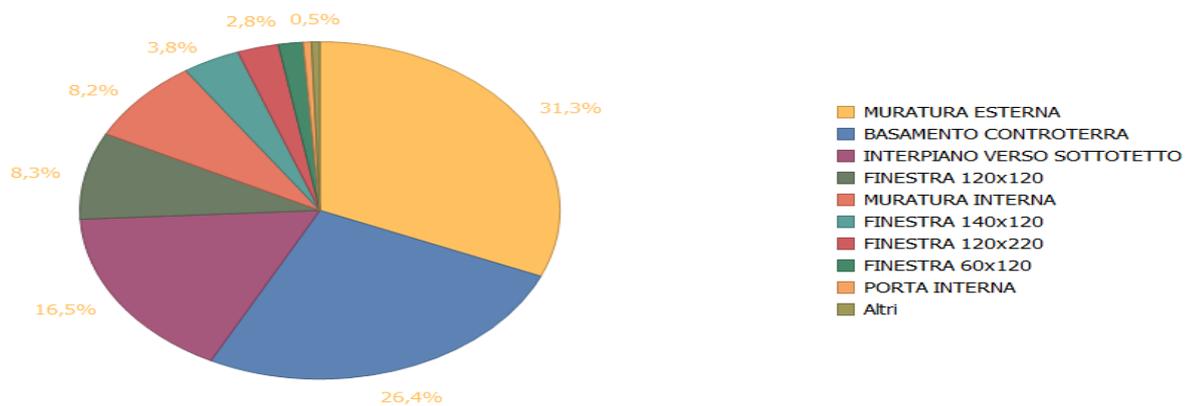
Energia elettrica prodotta

Qel,nd	fabbisogno di energia elettrica
Qel,prod	energia elettrica prodotta
Qel,used	energia elettrica prodotta ed immediatamente utilizzata
Qel,surplus	energia elettrica prodotta in eccedenza
Qel,del,gross	energia elettrica consegnata dalla rete al lordo dell'energia riconsegnata
Qel,rdel	energia elettrica temporaneamente esportata e riconsegnata in altri mesi
Qel,del	energia elettrica consegnata dalla rete
Qel,exp	energia elettrica prodotta ed esportata

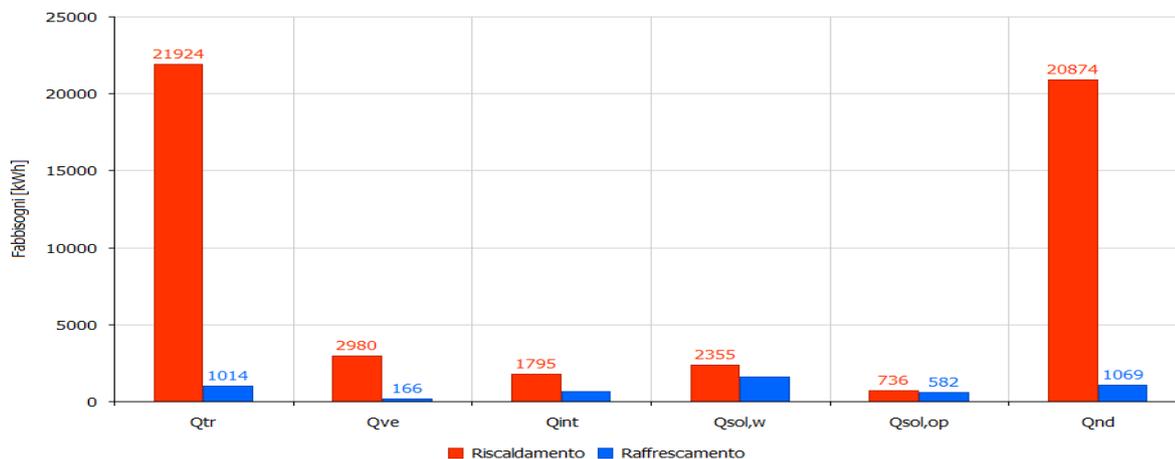
Si riportano a questo punto i grafici relativi alla "zona termica":



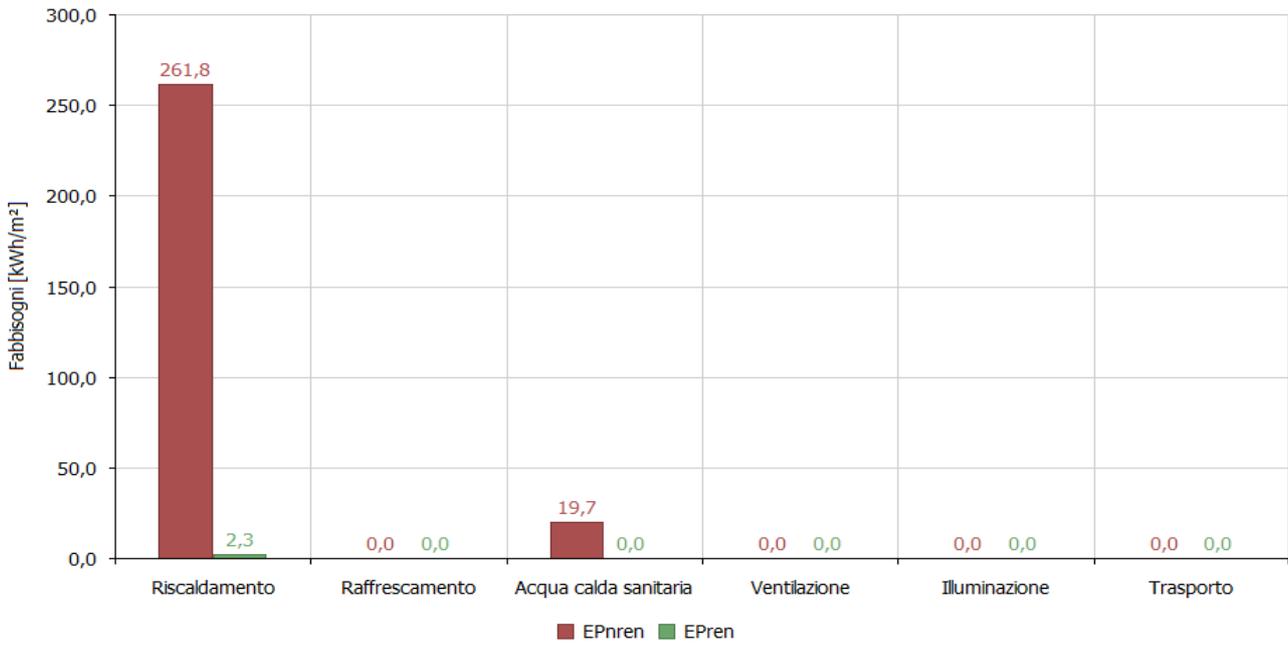
Dispersioni per tipologia di struttura



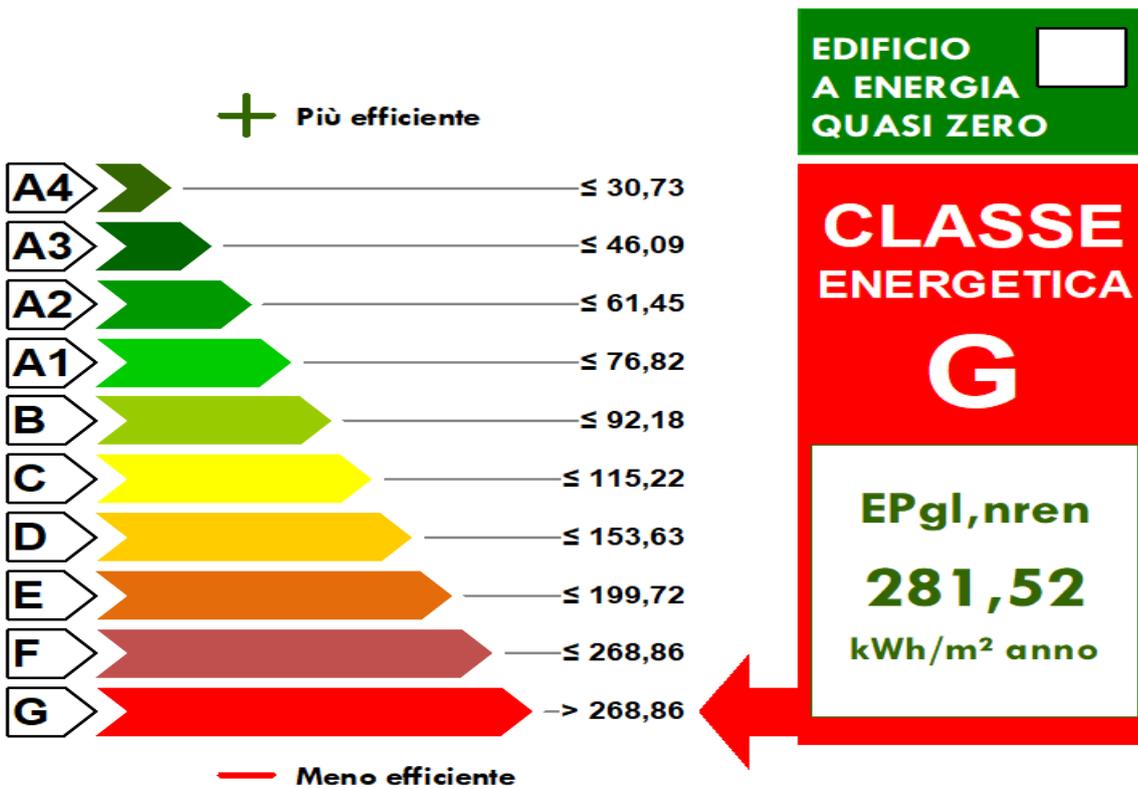
Fabbisogni di energia utile



Fabbisogni di energia primaria



In base ai calcoli svolti, il software attribuisce all'edificio la classe energetica G, ovvero la più bassa, in quanto i consumi annuali non rinnovabili per unità di superficie si rivelano superiori a 281,52 kWh/(m²anno):



CAPITOLO 4

INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

ISOLAMENTO TERMICO

Il principale intervento da effettuare, al fine di aumentare i valori delle trasmittanze delle pareti e di eliminare i ponti termici, consiste nella coibentazione senza interruzioni delle superfici opache disperdenti.

L'isolamento termico di tali superfici rientra nella categoria degli interventi trainanti per accedere al Superbonus, purché riguardi almeno il 25% del totale delle superfici opache disperdenti.

Le superfici da isolare termicamente sono innanzitutto la parete esterna ed il basamento, in quanto separano l'ambiente interno da quello esterno. Alle strutture appena menzionate, è necessario altresì aggiungere il secondo interpiano, che divide tra loro il primo piano e il sottotetto (locale non riscaldato), e la porzione di parete interna che racchiude i locali "Scala 1" e "Scala 2".

Diversamente, non vanno coibentati né il primo interpiano né la copertura del tetto a falde, in quanto quest'ultima separa dall'esterno un ambiente non riscaldato.

Sono stati esclusi da questa tipologia di lavoro anche gli infissi (porte e finestre), in quanto si è ritenuta la loro sostituzione non indispensabile per il conseguimento di un significativo efficientamento energetico.

L'intervento consiste dunque nell'aggiunta di uno strato di isolante, spesso 10 cm, in ognuna delle strutture citate. L'isolante scelto è il polistirene espanso estruso con pelle; la sua densità è di 35 kg/m³.

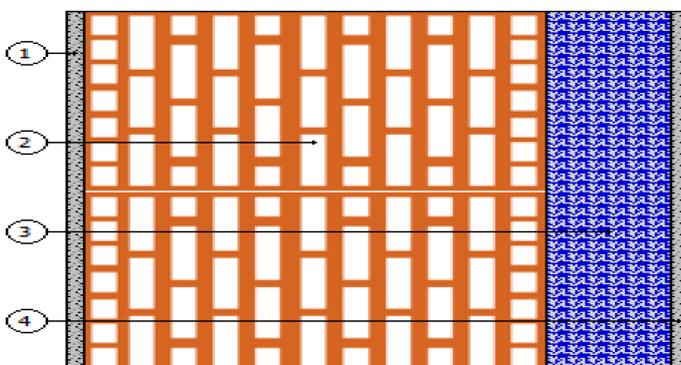
In questo modo, è possibile ottenere valori ottimali delle trasmittanze termiche e delle altre grandezze.

Si allegano nelle pagine successive le stratigrafie post-isolamento, accompagnate dalle grandezze finali risultanti.

PARETE ESTERNA

La stratigrafia rappresentata va dall'interno verso l'esterno.

Lo strato di isolante di colore azzurro è contraddistinto dal numero 3.



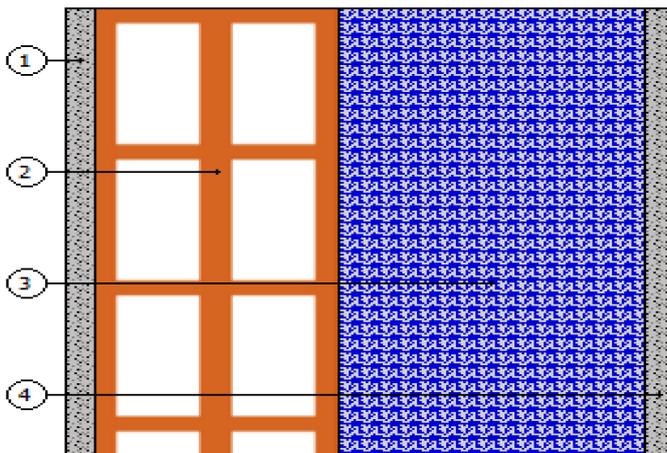
Trasmittanza: 0,232 W/(m²K);

Massa superficiale: 251,40 kg/m²;

Sfasamento: 14,39 h;

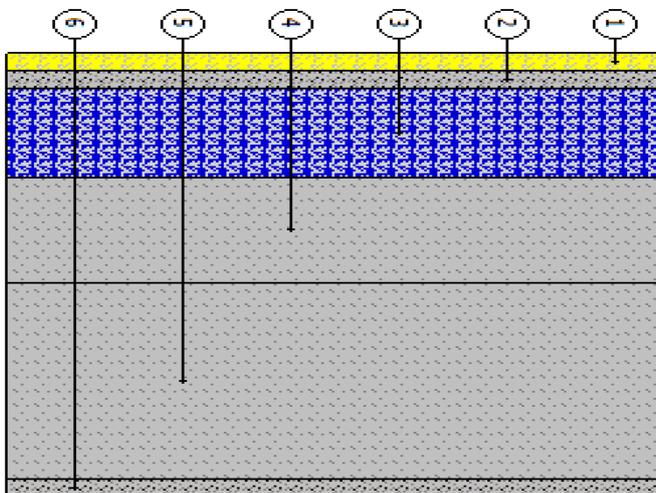
Capacità termica interna: 46,280 kJ/(m²K).

PARETE INTERNA DISPERDENTE (dall'interno all'esterno)



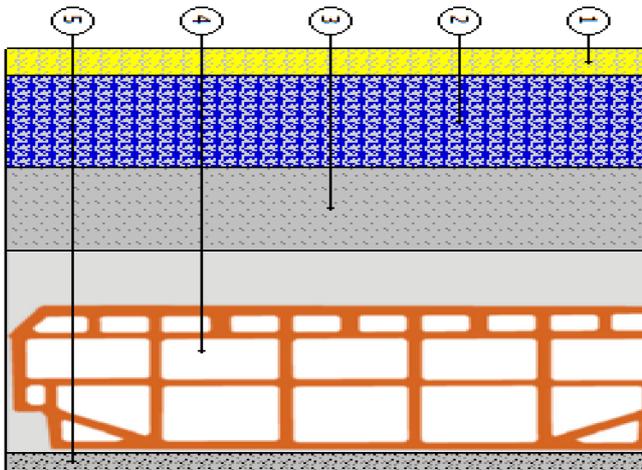
Trasmittanza: 0,284 W/(m²K);
Massa superficiale: 65,50 kg/m²;
Sfasamento: 5,04 h;
Capacità termica interna: 52,135 kJ/(m²K).

BASAMENTO (Dall'alto verso il basso)



Trasmittanza: 0,286 W/(m²K);
Massa superficiale: 769,50 kg/m²;
Sfasamento: 13,84 h;
Capacità termica interna: 52,289 kJ/(m²K).

SECONDO INTERPIANO (dall'alto verso il basso)



Trasmittanza termica: $0,271 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$;

Massa superficiale: $487,56 \text{ kg}/\text{m}^2$;

Sfasamento: $13,91 \text{ h}$;

Capacità termica interna: $70,379 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{K})$.

SOSTITUZIONE DELL'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Data la scarsa efficienza dell'impianto di riscaldamento, occorre provvedere alla sua sostituzione, partendo innanzitutto dal generatore a combustione.

Pompa di calore

Il generatore a combustione viene rimpiazzato da una pompa di calore.

Infatti, mentre il generatore attraverso una combustione produce energia termica, una parte della quale viene irrimediabilmente dissipata, per poi fornirla all'acqua, la pompa di calore presenta il vantaggio di prelevare l'energia necessaria da fonti rinnovabili dell'ambiente esterno e di cederla all'acqua, il che comporta una notevole riduzione dei consumi e un maggior rispetto dell'ambiente.

Si inseriscono a questo punto i dati relativi alla pompa scelta.



Dati generali

Tipo di sistema: riscaldamento + acqua calda sanitaria;

Modello: ANK085H;

Marca: Aermec;

Note: pompa di calore ad alta efficienza, reversibile per installazione esterna, senza kit idronico; alimentazione trifase.

Dati tecnici

Tipo di pompa esterno/interno: aria/acqua;

Tipo di macchina: a compressione di gas con motore elettrico;

Funzionamento: ON/OFF;

Modalità: parallelo;

TOL: -20°C;

Temperatura bivalente: -7°C;

Parametri riscaldamento: - Toff: 20,0°C;

- Tcut-off,min: -7°C;

- Tcut-off,max: non definita;

Parametri acqua calda sanitaria: - Tcut-off,min: -7,0°C;

- Tcut-off,max: non definita;

Tipo di sorgente fredda: aria esterna;

Potenza elettrica ausiliari: proporzionale al carico.

Prestazioni

Potenza termica erogata (kW)

		Temperature di pozzo caldo [°C]		
Temperature sorgente fredda [°C]		35,0	45,0	55,0
	-7,0	11,48	10,85	9,65
	2,0	12,51	11,98	11,16
	7,0	18,46	17,50	16,18
	12,0	21,95	20,87	19,48
	15,0	23,27	22,29	20,92
	20,0	24,99	24,06	22,66
	35,0	26,76	25,79	24,12

Dati COP

		Temperature di pozzo caldo [°C]		
Temperature sorgente fredda [°C]		35,0	45,0	55,0
	-7,0	2,750	2,280	1,780
	2,0	2,960	2,460	2,010
	7,0	4,230	3,440	2,800
	12,0	4,470	3,800	3,190
	15,0	4,530	3,930	3,350
	20,0	4,610	4,060	3,520
	35,0	4,650	4,120	3,590

Fattori correttivi

Dati PLR noti

Temperatura di progetto: -10°C

Temperature di sorgente fredda (°C)

Temperature di sorgente fredda [°C]				
	-7,0	2,0	7,0	12,0
PLR [%]	88,0	54,0	35,0	15,0
DC [kW]	11,48	12,51	18,46	21,95
COP	2,750	2,940	4,090	4,170
COP'	2,750	2,960	4,230	4,470

Il COP di riferimento nell'abitazione in esame è quello in corrispondenza di 7°C (temperatura della sorgente fredda) e di 35°C (temperatura del pozzo caldo) e pertanto il suo valore è di 4,230.

Pannelli annegati a pavimento

Sostituita la caldaia con una pompa di calore ad elevate prestazioni, si deve quindi operare sul sottosistema di emissione e in particolare si decide di sostituire i radiatori con dei pannelli annegati a pavimento. Grazie ai pannelli, infatti, non vi è alcun movimento dell'aria, poiché il calore viene trasmesso per irraggiamento. L'assenza di moti convettivi riduce quindi considerevolmente le perdite di calore. Inoltre, i pannelli garantiscono un sensibile risparmio energetico, dato che riscaldano i locali dell'abitazione in maniera uniforme e che richiedono una temperatura di esercizio dell'acqua circolante decisamente inferiore a quella dei termosifoni. Tale temperatura oscilla tra i 30°C e i 35°C. Il rendimento di emissione, alla luce di tale provvedimento, passa dal 92,3% al 99%.

Modifiche al sottosistema di regolazione

Il precedente sottosistema di regolazione era caratterizzato da una regolazione di zona di tipo ON/OFF. Si sceglie di ottimizzare il sistema tramite una regolazione contemporaneamente per singolo ambiente e con sonda climatica. Quella con sonda climatica consente di regolare direttamente il generatore di calore, a differenza delle altre tipologie che intervengono solo sul sistema di emissione. La loro azione combinata consente quindi di ottenere una regolazione molto più precisa. In aggiunta a ciò, si modificano anche le caratteristiche che determinano il modo di funzionamento del sistema. Infatti, non si adotta più un meccanismo di tipo ON/OFF, ma entra in gioco un meccanismo a banda proporzionale di ampiezza 0,5°C. Esso permette di regolare la temperatura ambiente nel punto di riferimento entro i limiti di $\pm 0,25^\circ\text{C}$. Quindi, a differenza della regolazione ON-OFF, provoca un'azione correttiva e per di più, permettendo movimenti graduali dell'elemento finale, è più adatta a dosare con precisione il fluido agente per mantenere in equilibrio il processo. Grazie a questi miglioramenti, il rendimento di regolazione sale dal 93% al 96%.

Sottosistema di distribuzione

A seguito delle modifiche apportate a tutto l'impianto di riscaldamento, si ha una conseguente variazione anche del sottosistema di distribuzione, ma ciò non comporta una variazione del rendimento. Si riporta di seguito il relativo specchietto:

Metodo di calcolo delle temperature di mandata e ritorno	Temperatura di mandata variabile e portata costante
Temperatura di mandata di progetto	35°C
Temperatura di ritorno di progetto	30°C
Portata	1724 kg/h
Metodo di calcolo delle perdite di distribuzione	UNI/TS 11300-2 – Prospetti 21/22/23 - semplificato
Rendimento di distribuzione	99%
Potenza degli ausiliari	90 W

Distribuzione dell'acqua calda sanitaria

Grazie all'installazione della pompa di calore, si raggiunge invece un valore più alto del rendimento di distribuzione dell'acqua calda sanitaria:

Rendimento di erogazione	100%
Metodo di calcolo delle perdite per distribuzione	UNI/TS 11300-2 – Prospetto 34 - Semplificato
Rendimento di distribuzione	92,59%

CAPITOLO 5

CALCOLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO DOPO GLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Dopo aver simulato attraverso il software gli interventi di riqualificazione, si verifica se si ha effettivamente un guadagno energetico nell'abitazione. Il software, similmente a quanto accaduto nella fase pre-intervento, analizza le dispersioni di calore e calcola il fabbisogno energetico e quindi i consumi dell'edificio. Anche in questo caso, per semplicità di trattazione, si riportano solo le tabelle riassuntive:

Fabbisogno riscaldamento con ventilazione effettiva della certificazione [kWh]

Mese	QHtr	QHve	QHnt	Qsd,w	Qsd,op	Qsi	QHsol,w	QHsol,op	QH,nd	QHgn,out	Qp,nren,H	Qp,ren,H	Qp,tot,H
Gennaio	1.462,3	631,3	336,1	0,0	0,0	0,0	234,6	23,6	1.526,3	1.611,0	797,8	1.441,4	2.239,2
Febbraio	1.282,0	558,3	303,6	0,0	0,0	0,0	430,2	42,2	1.121,4	1.181,8	576,8	1.067,1	1.643,8
Marzo	1.040,9	454,8	336,1	0,0	0,0	0,0	595,5	60,8	632,7	661,4	312,4	623,2	935,6
Aprile	375,2	165,5	162,6	0,0	0,0	0,0	331,8	35,7	134,9	138,1	92,3	132,8	225,1
Novembre	987,5	423,0	325,3	0,0	0,0	0,0	426,4	41,3	695,1	728,0	318,6	686,3	1.005,0
Dicembre	1.286,3	556,3	336,1	0,0	0,0	0,0	318,3	30,7	1.197,5	1.261,6	567,9	1.154,1	1.722,0
	6.434,1	2.789,1	1.799,9	0,0	0,0	0,0	2.336,8	234,3	5.307,9	5.582,0	2.665,8	5.104,9	7.770,8

Fabbisogno acqua calda sanitaria della certificazione [kWh]

Mese	QW	QWgn,out	Qp,nren,W	Qp,ren,W	Qp,tot,W
Gennaio	144,9	156,5	107,0	147,1	254,1
Febbraio	130,9	141,3	95,2	133,9	229,2
Marzo	144,9	156,5	91,9	151,8	243,7
Aprile	140,2	151,4	83,2	141,4	224,5
Maggio	144,9	156,5	81,4	134,4	215,8
Giugno	140,2	151,4	77,4	130,4	207,8
Luglio	144,9	156,5	79,4	134,9	214,3
Agosto	144,9	156,5	79,5	134,9	214,4
Settembre	140,2	151,4	77,7	130,3	208,0
Ottobre	144,9	156,5	83,0	133,9	217,0
Novembre	140,2	151,4	86,8	147,7	234,5
Dicembre	144,9	156,5	98,4	149,9	248,3
	1.706,0	1.842,5	1.041,0	1.670,6	2.711,6

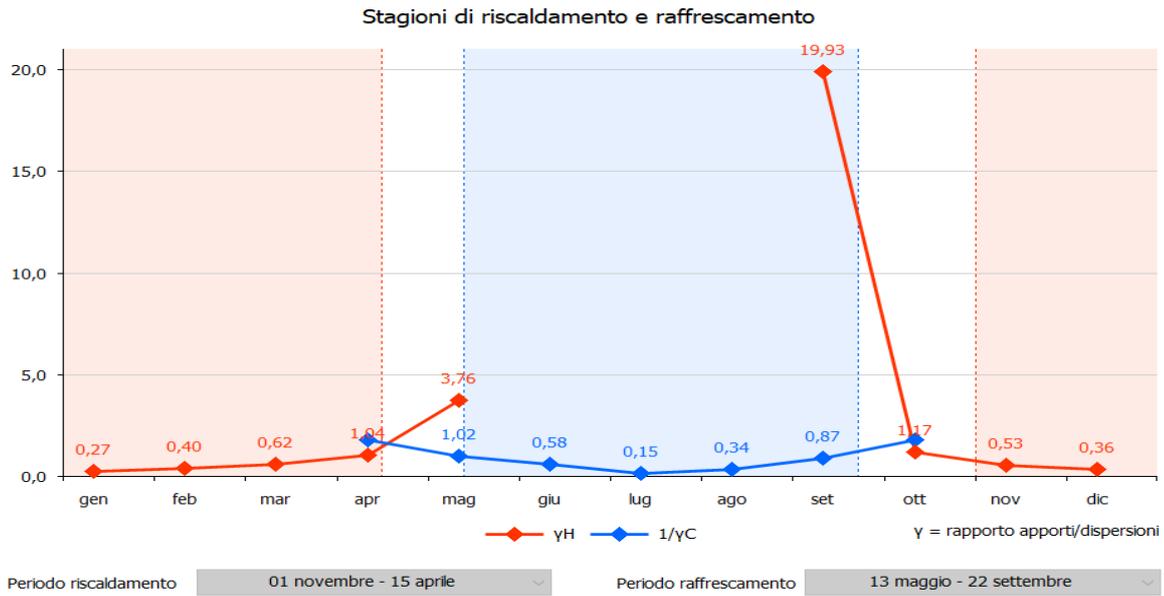
Fabbisogno raffrescamento con ventilazione effettiva della certificazione [kWh]

Mese	QCtr	QCve	QCint	QCsol,w	QCsol,op	QC,nd	QCgn,out	Qp,nren,C	Qp,ren,C	Qp,tot,C
Maggio	446,0	198,7	206,0	494,5	56,1	100,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Giugno	449,4	200,9	325,3	791,5	92,3	468,8	0,0	0,0	0,0	0,0
Luglio	126,2	53,2	336,1	863,4	99,3	1.020,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	268,7	115,0	336,1	783,1	86,1	735,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Settembre	422,5	186,1	238,5	506,2	52,9	158,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	1.712,7	753,9	1.442,1	3.438,7	386,6	2.482,9	0,0	0,0	0,0	0,0

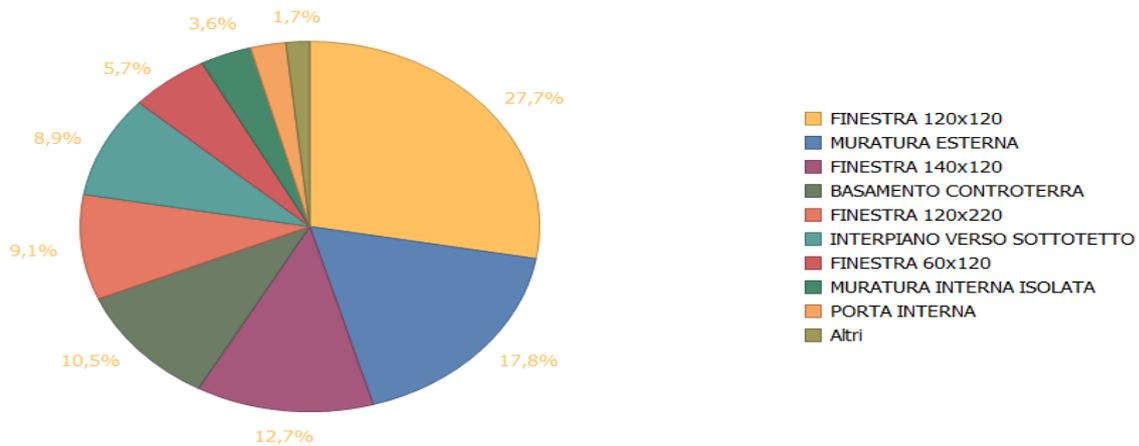
Energia elettrica prodotta della certificazione [kWh]

Mese	Qel,nd	Qel,prod	Qel,used	Qel,del	Qel,exp
Gennaio	464,0	0,0	0,0	464,0	0,0
Febbraio	344,6	0,0	0,0	344,6	0,0
Marzo	207,3	0,0	0,0	207,3	0,0
Aprile	90,0	0,0	0,0	90,0	0,0
Maggio	41,8	0,0	0,0	41,8	0,0
Giugno	39,7	0,0	0,0	39,7	0,0
Luglio	40,7	0,0	0,0	40,7	0,0
Agosto	40,8	0,0	0,0	40,8	0,0
Settembre	39,8	0,0	0,0	39,8	0,0
Ottobre	42,6	0,0	0,0	42,6	0,0
Novembre	207,9	0,0	0,0	207,9	0,0
Dicembre	341,7	0,0	0,0	341,7	0,0
	1.900,9	0,0	0,0	1.900,9	0,0

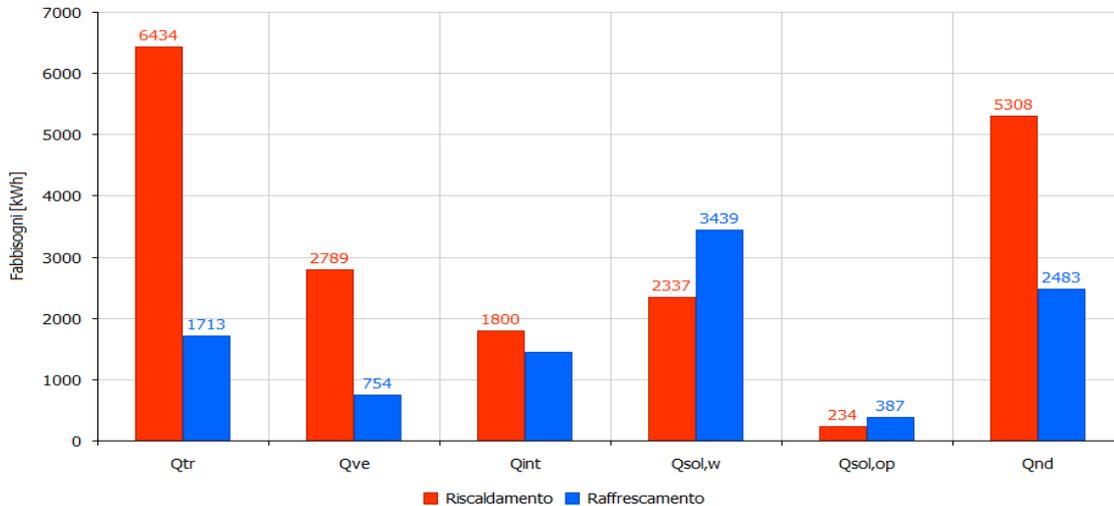
Seguono quindi i grafici relativi alla "zona termica":



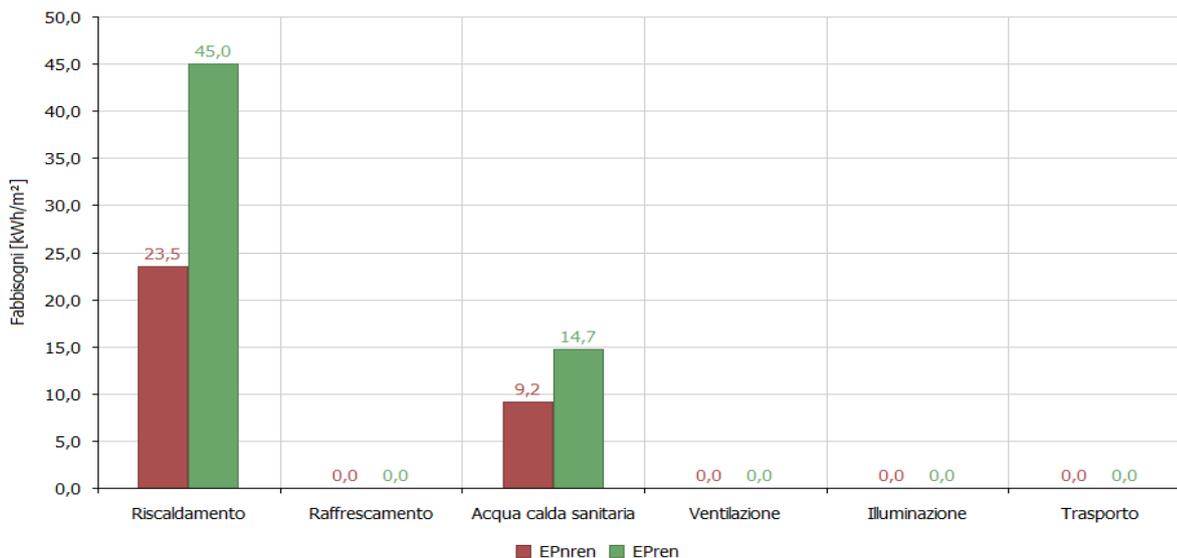
Dispersioni per tipologia di struttura



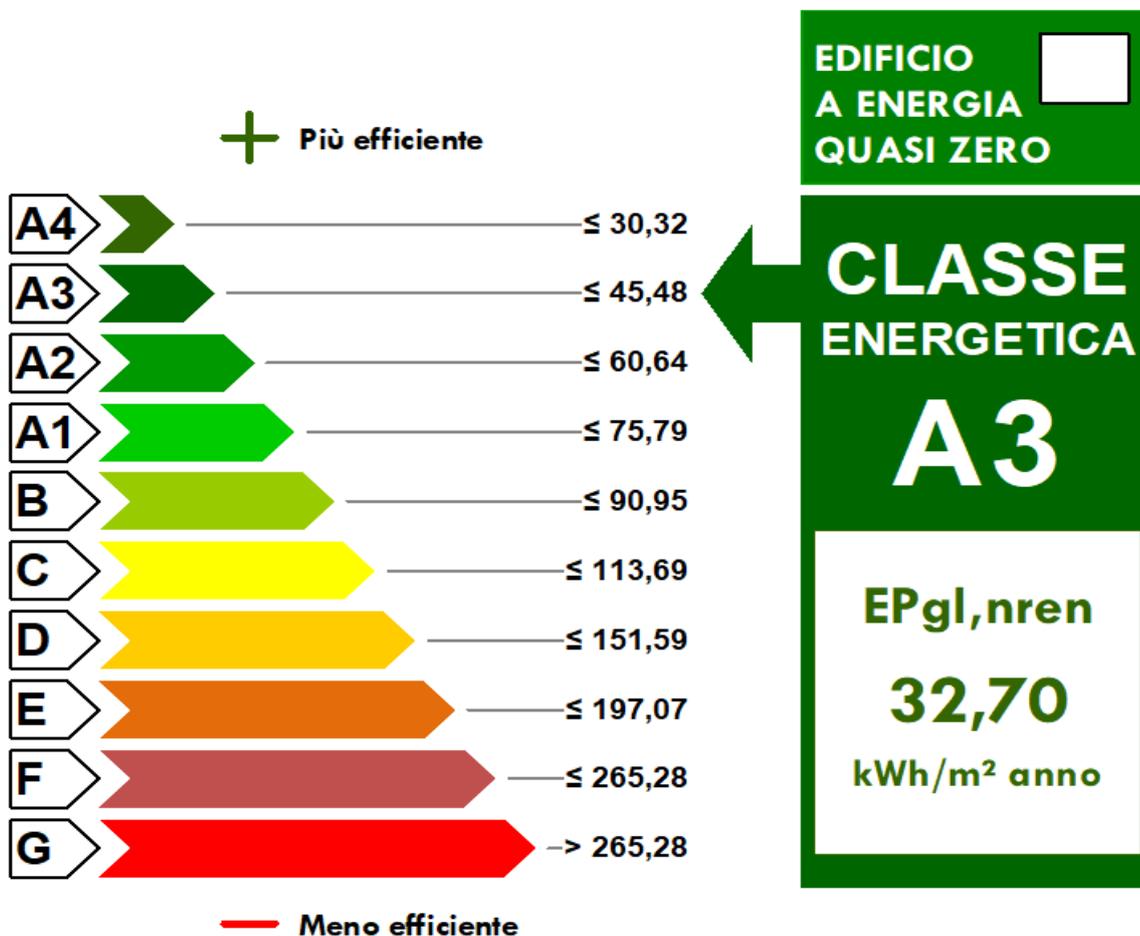
Fabbisogni di energia utile



Fabbisogni di energia primaria



Per concludere, il software attribuisce all'edificio la classe energetica A3, ovvero la seconda più alta, in quanto, dalle tabelle e dai grafici, si riscontra una drastica riduzione dei consumi non rinnovabili all'anno per unità di superficie dell'abitazione. Si passa infatti da 281,52 kWh/(m²anno) a 32,70 kWh/(m²anno):



CAPITOLO 6

VERIFICHE LEGGE 10 E SUPERBONUS

Il software Namirial Termo 5.2 non si limita ad eseguire il calcolo del fabbisogno, ma verifica anche se vengono rispettati tutti i requisiti relativi alla “Legge 10”, fondamentale per la certificazione energetica, e soprattutto i requisiti relativi al Superbonus del 110%, grazie al quale si possono ottenere le detrazioni fiscali. Il programma conferma che sono positive tutte le verifiche. Sono state escluse dalle verifiche le finestre, in quanto non sono stati effettuati interventi di sostituzione/isolamento degli infissi.

VERIFICHE LEGGE 10

1) Non si verificano condensazioni superficiali o interstiziali nelle strutture opache:

Verifica termogrametrica delle strutture della certificazione									
Struttura	fRsi	fRsimax	Verificato						
MURATURA ESTERNA	0,94354	0,58873	✓						
BASAMENTO CONTROTERRA	0,93000	0,58873	✓						

MURATURA ESTERNA									
Mese	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]	Tsi,min [°C]	fRsi,min	gc [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]	
Gennaio	20,0	1.288	5,7	680	14,1	0,58873	0,00000	0,00000	
Febbraio	20,0	1.213	6,0	616	13,2	0,51459	0,00000	0,00000	
Marzo	20,0	1.240	9,7	775	13,5	0,37303	0,00000	0,00000	
Aprile	20,0	1.304	13,0	955	14,3	0,18691	0,00000	0,00000	
Maggio	18,0	1.270	17,9	1.170	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Giugno	21,3	1.534	21,3	1.434	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Luglio	24,8	1.719	24,8	1.619	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Agosto	23,4	1.712	23,4	1.612	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Settembre	19,7	1.562	19,7	1.462	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Ottobre	18,0	1.261	14,8	1.161	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Novembre	20,0	1.239	10,1	787	13,5	0,34544	0,00000	0,00000	
Dicembre	20,0	1.313	7,4	765	14,4	0,55668	0,00000	0,00000	

BASAMENTO CONTROTERRA									
Mese	Ti [°C]	Pi [Pa]	Te [°C]	Pe [Pa]	Tsi,min [°C]	fRsi,min	gc [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]	
Gennaio	20,0	1.288	5,7	680	14,1	0,58873	0,02059	0,03376	
Febbraio	20,0	1.213	6,0	616	13,2	0,51459	0,01076	0,04451	
Marzo	20,0	1.240	9,7	775	13,5	0,37303	-0,00856	0,03595	
Aprile	20,0	1.304	13,0	955	14,3	0,18691	-0,02683	0,00912	
Maggio	18,0	1.270	17,9	1.170	0,0	0,00000	-0,00912	0,00000	
Giugno	21,3	1.534	21,3	1.434	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Luglio	24,8	1.719	24,8	1.619	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Agosto	23,4	1.712	23,4	1.612	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Settembre	19,7	1.562	19,7	1.462	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Ottobre	18,0	1.261	14,8	1.161	0,0	0,00000	0,00000	0,00000	
Novembre	20,0	1.239	10,1	787	13,5	0,34544	0,00000	0,00000	
Dicembre	20,0	1.313	7,4	765	14,4	0,55668	0,01316	0,01316	

2) Il coefficiente medio globale di scambio termico H'T (0,30 W/m²K) è inferiore al valore limite (0,68 W/m²K).

3) Le trasmittanze delle strutture dell'edificio sono inferiori ai limiti:

Trasmittanza delle strutture della certificazione [W/m²K]

Struttura	U	Um	Upt	Limite	Verificata
MURATURA ESTERNA	0,232	0,212	0,271	0,360	<input checked="" type="checkbox"/>
BASAMENTO CONTROTERRA	0,286	0,286	0,286	0,360	<input checked="" type="checkbox"/>
INTERPIANO VERSO SOTTOTETTO	0,271	0,244	0,244	0,280	<input checked="" type="checkbox"/>
MURATURA ESTERNA	0,232	0,232	0,232	---	<input type="checkbox"/>
BASAMENTO CONTROTERRA	0,286	0,286	0,286	---	<input type="checkbox"/>
COPERTURA	1,512	1,512	1,512	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 120x120	3,535	4,813	---	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 120x220	3,583	4,895	---	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 60x120	3,501	4,755	---	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 140x120	3,578	4,887	---	---	<input type="checkbox"/>
VETRATA ESTERNA	5,600	---	---	---	<input type="checkbox"/>
PORTA INTERNA	0,930	---	---	2,100	<input checked="" type="checkbox"/>
PORTA ESTERNA	1,493	---	---	2,100	<input checked="" type="checkbox"/>

4) Il fattore solare massimo (0,00) è inferiore al limite (0,35)
(le finestre sono state escluse dalle verifiche).

5) L'efficienza dell'impianto di riscaldamento (0,6831) è superiore al limite (0,5498) calcolato per l'edificio di riferimento.

6) L'efficienza dell'impianto di acqua calda sanitaria (0,6292) è superiore al limite (0,4464) calcolato per l'edificio di riferimento.

VERIFICHE SUPERBONUS 110%

1) L'edificio passa dalla classe G alla classe A3, effettuando un salto di almeno 2 classi;

2) La superficie disperdente opaca oggetto di intervento (366,70 m²) supera il 25% della superficie disperdente lorda totale (393,18 m²);

3) Tutte le trasmittanze di strutture e finestre sono inferiori ai rispettivi limiti:

Trasmittanza strutture certificazione [W/m²K]

Struttura	U	Ueq	Upt	Limite	Verificata
MURATURA INTERNA ISOLATA	0,284	0,142	0,142	0,290	<input checked="" type="checkbox"/>
MURATURA ESTERNA	0,232	0,232	0,232	0,290	<input checked="" type="checkbox"/>
BASAMENTO CONTROTERRA	0,286	0,286	0,286	0,340	<input checked="" type="checkbox"/>
INTERPIANO VERSO SOTTOTETTO	0,271	0,244	0,244	0,260	<input checked="" type="checkbox"/>
MURATURA ESTERNA	0,232	0,232	0,232	---	<input type="checkbox"/>
BASAMENTO CONTROTERRA	0,286	0,286	0,286	---	<input type="checkbox"/>
COPERTURA	1,512	1,512	1,512	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 120x120	4,813	4,813	4,813	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 120x220	4,895	4,895	4,895	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 60x120	4,755	4,755	4,755	---	<input type="checkbox"/>
FINESTRA 140x120	4,887	4,887	4,887	---	<input type="checkbox"/>
PORTA INTERNA	0,930	0,930	0,930	2,000	<input checked="" type="checkbox"/>
PORTA ESTERNA	1,493	1,493	1,493	2,000	<input checked="" type="checkbox"/>

4) Il coefficiente di prestazione (COP = 4,23) è superiore al limite (4,10).

CONCLUSIONI

A conclusione del lavoro svolto è possibile dedurre una serie di considerazioni:

- 1) Inseriti i dati dell'edificio nel software Termo, si possono constatare tre problematiche principali legate all'abitazione nella fase ante-intervento. Da un lato, vi sono dei fattori che amplificano le dispersioni termiche, ovvero i valori troppo alti delle trasmittanze e la presenza di numerosi ponti termici. A causa di questi fenomeni, lo scambio termico per trasmissione si rivela pari a 21939,9 kWh nei mesi invernali. Dall'altro lato, però, ad aumentare i consumi dell'edificio, contribuisce anche la bassa efficienza dell'impianto di riscaldamento. Il calore necessario da fornire, infatti, aumenta a causa delle perdite interne, che si verificano innanzitutto nel sottosistema di generazione del calore (all'interno della camera di combustione), ma anche nel sottosistema di emissione (a causa dei radiatori), nel sottosistema di regolazione (per via della regolazione di zona con meccanismo ON/OFF) e, seppur in minima parte, anche nel sottosistema di distribuzione (lungo le tubature). Analizzando a fondo tali aspetti, il software effettua il calcolo del fabbisogno energetico, per poi attribuire all'edificio la classe energetica G, in quanto i consumi non rinnovabili annuali per unità di superficie si rivelano pari a 281,52 kWh/(m²anno).
- 2) Per ridurre i consumi dell'edificio e migliorare così la classe energetica, si sceglie di mettere in atto entrambi gli interventi trainanti sanciti dal "Decreto Rilancio". In particolare, avendo cura di escludere gli infissi, si opta per il cappotto termico di tutta la superficie opaca disperdente (basamento, parete esterna, parete interna disperdente e secondo interpiano) e si operano anche delle importanti modifiche nell'impianto di riscaldamento. Per prima cosa, si sostituisce la caldaia con una pompa di calore ad alta efficienza, in seguito si interviene anche nel resto dell'impianto, ovvero, in particolare, si cambiano i radiatori con dei pannelli annessi a pavimento e si sceglie una regolazione per ambiente/climatica, dotata di un meccanismo di funzionamento a banda proporzionale a 0,5°C. Gli interventi risultano convenienti da un punto di vista energetico, in quanto comportano una riduzione dei consumi annuali non rinnovabili per unità di superficie da 281,52 kWh/(m²anno) a 32,70 kWh/(m²anno) e quindi un aumento della classe energetica da G ad A3 (la seconda classe più alta, tipica di un edificio ad energia quasi zero). Inoltre, si rivelano convenienti anche da un punto di vista economico, in quanto il software conferma che vengono rispettati tutti i requisiti indispensabili per ottenere il Superbonus del 110% e che quindi gli interventi svolti sono tutti detraibili.
- 3) La scelta di non sostituire gli infissi si è rivelata economicamente conveniente. Il cappotto termico delle superfici opache disperdenti, infatti, permette non solo di raggiungere valori delle trasmittanze a norma, ma anche di eliminare tutti i ponti termici, ad eccezione di quelli associati alle finestre, sulle quali non si interviene. Inoltre, come conferma anche il software Termo, gli infissi ricoprono soltanto 26,48 m² della superficie disperdente lorda totale (393,18 m²) e ne caratterizzano pertanto il 6,73%. Quindi, dato che l'isolamento delle superfici opache riduce lo scambio termico per trasmissione nei mesi invernali da 21939,9 kWh a 6434,1 kWh, si evince che sostituire anche gli infissi comporterebbe un eccessivo aumento dei costi (anche se eventualmente detraibili) e non inciderebbe in maniera significativa sul risultato.

BIBLIOGRAFIA

[1] Dispense del corso di impianti termotecnici A.A. 2019/2020 del Professor Costanzo Di Perna;

[2] <https://www.edilizianamirial.it/software-certificazione-energetica/>;

[3]

[https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Guida_Superbonus110_.pdf/49b34dd3-429e-6891-4af4-c0f0b9f2be69?version=1.6](https://www.agenziaentrate.gov.it/portale/documents/20143/233439/Guida_Superbonus110_.pdf/49b34dd3-429e-6891-4af4-c0f0b9f2be69?version=1.6;);

[4] <https://www.altroconsumo.it/soldi/imposte-e-tasse/news/ecobonus-e-sismabonus>;

[5] https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/DM_Linee_guida_APE_allegato1.pdf;

[6] https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/DM_requisiti_minimi_appendiceA.pdf;

[7] https://www.mise.gov.it/images/stories/normativa/DM_requisiti_minimi_appendiceB.pdf;

[8] <http://www.consulente-energia.com/>.

RINGRAZIAMENTI

Sono finalmente giunto al coronamento di questi intensi e indimenticabili tre anni e, al solo pensiero, mi sento inebriato da una sensazione mista di euforia e di nostalgia. È vero, da un lato, questi anni sono stati particolarmente faticosi non solo per via dello studio, già di per sé estremamente impegnativo, ma anche per via del pendolarismo, il quale mi ha sottratto tempo ed energie, e successivamente dello stress psicologico, causato dalla pandemia da COVID-19. Eppure, dall'altro lato, ricorderò sempre con piacere questi anni, perché, per quanto molto spesso si tenda a sperare che le giornate di studio più stancanti possano trascorrere in fretta, il periodo universitario è pur sempre un periodo in cui si è circondati di affetto e non si portano sulle spalle delle particolari responsabilità, che invece si hanno nel mondo del lavoro o quando si diventa genitori. A questo proposito, sono proprio i miei genitori, Rita e Luciano, coloro che intendo ringraziare per primi. Essi rappresentano il mio principale punto di riferimento e non li ringrazierò mai abbastanza per tutto l'amore che mi hanno donato e per essermi stati vicino ogni singolo giorno della mia vita.

Mia madre, sempre con dolcezza, pazienza e dedizione, ha saputo ascoltarmi e consigliarmi in ogni occasione, anche quando gli argomenti che le proponevo erano per lei nuovi e poco conosciuti. Ha contribuito a farmi superare, anche soltanto con la sua presenza e la sua vicinanza, momenti di difficoltà e indecisione.

Mio padre, in maniera pacata, discreta, ma incisiva, mi ha fornito quei piccoli, ma tanto utili consigli per saper attribuire la giusta importanza alle situazioni.

Rimanendo nell'ambito della mia famiglia, non posso non ringraziare le mie sorelle maggiori, Giulia e Lara, che hanno sempre avuto rispetto per le mie cose e per i miei spazi e che, grazie alla loro esperienza maturata nel tempo, mi hanno dato degli importantissimi suggerimenti per affrontare al meglio l'università.

Un posto d'onore nei ringraziamenti va al mio cane Simba per avermi costantemente tenuto compagnia, seduto sulle mie gambe, nelle ore di studio e per non aver mai esitato, quando mi vedeva un po' più triste, a portarmi il suo giochino preferito, come per incitarmi a non preoccuparmi e a godermi un momento di spensieratezza.

Un particolare ringraziamento va ai miei più cari amici conosciuti all'università: Alessandro, Davide, Matteo e Stefano. Li ringrazio per tutti i momenti di svago che ci siamo concessi, per tutte le volte che ci siamo aiutati reciprocamente, senza mai pretendere nulla in cambio, per il fatto che siamo sempre stati uniti e che non c'è mai stata alcuna forma di competizione tra noi e, infine, per tutte le volte che abbiamo condiviso insieme ogni vittoria e ogni sconfitta.

A questo punto, devo assolutamente ringraziare tutti i membri del "Club Scacchi Offida", circolo di scacchi presieduto dal professor Arsen Palestini e presso il quale sono tesserato. I miei colleghi scacchisti, attraverso il cosiddetto nobile giuoco, che è allo stesso tempo un'arte, una scienza ed uno sport, mi hanno insegnato che nella vita bisogna sempre impegnarsi al massimo, senza mai smettere di lottare, anche nelle condizioni più sfavorevoli. Li ringrazio inoltre per aver sempre supportato la mia carriera agonistica, non solo nel periodo universitario, e per avermi tenuto compagnia anche a distanza durante il "Campionato italiano a squadre online", tenutosi quest'anno durante la quarantena, concedendomi così un fondamentale momento di distrazione.

Un vivo e sincero ringraziamento va infine, ma non per importanza, al mio relatore, Professor Costanzo Di Perna, e alla Dottoressa Serena Summa. Li ringrazio con tutto il cuore per avermi seguito costantemente durante la mia attività di tirocinio e durante la stesura dell'elaborato e per essere sempre stati disponibili a risolvere ogni mio problema, persino nelle giornate festive. Li ringrazio inoltre per avermi dimostrato che l'intelligenza, la preparazione e la professionalità possono perfettamente coesistere con la modestia, l'umiltà e la disponibilità verso gli altri.

In conclusione, non sarò mai abbastanza grato a tutte le belle persone che mi hanno sostenuto e amato in tutti questi anni e che hanno contribuito al raggiungimento di questo risultato per me importantissimo.