



**Politecnico  
di Torino**

# **Politecnico di Torino**

## **Corso di Laurea Magistrale In Ingegneria Energetica e Nucleare**

A.a. 2021/2022

Sessione di Laurea Marzo 2022

### **Riqualificazione energetica di un edificio ad uso residenziale tramite l'agevolazione fiscale del Superbonus 110%**

Relatore:

Marco Carlo Masoero

Candidato:

Salvatore Paolo Cutrale

## Abstract

La tesi svolta consiste nello sviluppo di una riqualificazione energetica di un edificio ad uso residenziale ubicato a Carmagnola (TO) e grazie allo studio di progettazione Politecna Europa s.r.l. presso cui ho svolto sia la tesi che il tirocinio, ho avuto modo di partecipare attivamente alla realizzazione del suddetto, sin dalle primissime fasi di sopralluogo e visione dei documenti per verificare i requisiti necessari per l'ottenimento del superbonus. In particolare, nel presente elaborato di tesi, prima di passare all'analisi progettuale vera e propria, si presenta la condizione del settore edilizio, uno dei settori maggiormente colpevoli di emissione di  $CO_2$  europea (circa il 40%) e gli obiettivi fissati al 2030 e al 2050, poi un'analisi delle normative e dei decreti che hanno introdotto il superbonus 110% e le regole che vengono applicate ad esso, la storia degli incentivi in Italia e le diverse disposizioni in materia di efficientamento energetico, con un ulteriore approfondimento sui requisiti tecnici richiesti dal decreto Requisiti 6 agosto 2020. Successivamente viene analizzato il processo asseverativo dalla fase di rilievo alla progettazione degli interventi trainanti e trainati.

Dopo di ciò si passa alla fase progettuale partendo dall'analisi dello stato di fatto, poi del post operam analizzando tutti gli interventi migliorativi decisi, in particolare ci concentreremo sulla scelta del sistema ibrido pompa di calore + caldaia a condensazione, cercando di trovare un buon compromesso fra prestazioni energetiche, impatto ambientale e costi. Dopo di ciò valuteremo i nuovi consumi, i fabbisogni e come migliora la classe energetica dell'edificio posto a riqualificazione. In conclusione, verrà fatta una valutazione economica e dell'emissione di  $CO_2$  fra ante e post operam.

## Sommario

1	Introduzione .....	4
2	Il PNIEC, cos'è? Quali sono gli obiettivi dell'Italia .....	5
2.1	Settore residenziale italiano .....	7
2.1.1	Il quadro al 2050.....	10
2.2	Opzioni per la decarbonizzazione .....	12
2.2.1	Efficienza energetica .....	12
2.2.2	Elettrificazione dei consumi .....	14
2.2.3	Switch verso combustibili alternativi (idrogeno, fuel sintetici, bioenergie) .....	15
3	Introduzione al superbonus .....	16
4	Quadro della legislazione.....	17
4.1	Decreto Rilancio.....	18
4.1.1	Interventi e Utenti soggetti al superbonus.....	18
4.1.2	Modalità di detrazione fiscale del superbonus .....	23
4.1.3	Circolare 24/E e 30/E Agenzia entrate.....	25
4.2	Legge di bilancio 2021 e 2022.....	28
4.3	Legge n°10 e successive modifiche .....	31
4.4	Decreto linee guida APE e direttiva UE 2018/844 .....	32
4.5	Decreto Requisiti Tecnici .....	33
4.6	Decreto Asseverazioni .....	39
5	Introduzione e analisi caso studio .....	43
5.1	Dati generali.....	51
5.1.1	Dati di progetto.....	51
5.1.2	Dati climatici.....	51
5.1.3	Regime normativo .....	54
5.1.4	Dati di default.....	54
5.2	Componenti Involucro .....	56
5.2.1	Muri.....	57
5.2.2	Pavimenti.....	63
5.2.3	Soffitti.....	65
5.2.4	Ponti Termici.....	67
5.2.5	Componenti Finestrati.....	76
5.3	Zone e locali climatizzati.....	83
5.4	Impianti .....	86
5.4.1	Riscaldamento .....	88
5.4.2	Acqua calda sanitaria .....	93
5.5	Risultati fabbricato.....	95
5.6	Risultati energia primaria.....	103
6	Stato di Progetto.....	115

<b>6.1</b>	<b><i>Componenti Involucro</i></b> .....	<b>121</b>
6.1.1	<i>Muri</i> .....	121
6.1.2	<i>Pavimenti</i> .....	127
6.1.3	<i>Soffitti</i> .....	129
6.1.4	<i>Ponti termici</i> .....	133
6.1.5	<i>Componenti finestrati</i> .....	141
<b>6.2</b>	<b><i>Impianti</i></b> .....	<b>145</b>
6.2.1	<i>Modalità di funzionamento pompa di calore</i> .....	146
6.2.2	<i>Risparmio energetico ed economico a confronto</i> .....	148
6.2.3	<i>Modello ibrido scelto e schema unifilare</i> .....	152
6.2.4	<i>Riscaldamento</i> .....	156
6.2.5	<i>Acqua calda sanitaria</i> .....	163
6.2.6	<i>Impianto Fotovoltaico</i> .....	163
<b>6.3</b>	<b><i>Risultati fabbricato</i></b> .....	<b>175</b>
<b>6.4</b>	<b><i>Risultati energia primaria</i></b> .....	<b>183</b>
6.4.1	<i>Riscaldamento</i> .....	183
6.4.2	<i>Acqua calda sanitaria</i> .....	194
6.4.3	<i>Fotovoltaico</i> .....	199
<b>7</b>	<b><i>Verifiche di legge</i></b> .....	<b>201</b>
<b>8</b>	<b><i>Quadro economico e SPB</i></b> .....	<b>202</b>
<b>9</b>	<b><i>Consumi e risparmi: Pompa di calore e Fotovoltaico</i></b> .....	<b>205</b>
<b>10</b>	<b><i>Confronto classe energetica</i></b> .....	<b>210</b>
<b>11</b>	<b><i>Conclusione</i></b> .....	<b>218</b>
<b>12</b>	<b><i>Bibliografia e sitografia</i></b> .....	<b>220</b>

## ***1 Introduzione***

Chiusure, aperture, nuove restrizioni, zone bianche, gialle e rosse hanno segnato il 2020 e il 2021 e il ciclo economico non ha potuto che seguire quest'andamento altalenante, ondivago nei fatti e poco efficace per sbarazzarsi in pochi mesi dell'incubo pandemia. Il COVID-19 ha avuto un impatto terribile sull'intero globo. Ovviamente ha influenzato anche il settore edilizio, essendo forse uno degli ambiti più complessi dell'intero mondo industriale: cantieri, frammentazione delle imprese e dei professionisti, un settore quindi quanto mai vulnerabile. Per arginare almeno in parte alla crisi che il Covid-19 ha portato in un settore già notevolmente colpito come l'industria edilizia, il governo italiano ha deciso di introdurre un ulteriore incentivo per l'efficientamento energetico del patrimonio edilizio della penisola, che non brilla sotto il punto di vista dell'efficienza energetica.

Il termine "efficienza" deriva infatti da "efficere", comp di ex- e facere «fare» ovvero "portare a compimento". Dunque, con il termine efficienza energetica s'intende eseguire, con il minor consumo di energia possibile, un'azione necessaria all'obiettivo prestabilito e con "il superbonus 110%", si avvia una nuova fase di sostegno agli interventi di riqualificazione che vanno proprio in questa direzione, infatti, data la crisi che ha messo in ginocchio il Paese, oltre ad essere una spinta verso un mondo più "green", il superbonus ha anche come obiettivo quello di voler ristrutturare il valore della produzione del settore edilizio, diminuendo le nuove costruzioni e dando valore al patrimonio edilizio italiano.

## 2 *Il PNIEC, cos'è? Quali sono gli obiettivi dell'Italia*

Prima di addentrarci nel macro-argomento superbonus, è doveroso contestualizzare la situazione attuale e futura dove questo incentivo si inserisce e capire i motivi per  
Prima di addentrarci nel macro-argomento superbonus, è doveroso contestualizzare la situazione attuale e naturalmente futura dove questo incentivo si inserisce e capire le ragioni per cui il governo ha effettuato questa mossa con così tanta determinazione verso la riqualificazione energetica degli edifici.

A gennaio 2020 il Ministero dello Sviluppo Economico ha divulgato il testo “Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima”, predisposto con il Ministero dell’Ambiente e della tutela del territorio e del mare e il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che recepisce le novità contenute nel Decreto Legge sul Clima nonché quelle sugli investimenti per il Green New Deal previste nella Legge di Bilancio 2020.

Con il Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima vengono deliberati gli obiettivi nazionali al 2030 sull’efficienza energetica, sulle fonti rinnovabili e sulla riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>. Vengono, inoltre, inclusi specificazioni in tema di sicurezza energetica, mercato unico dell’energia e competitività, interconnessioni, mobilità sostenibile e sviluppo, delineando per ognuno le misure che saranno effettuate per assicurarne il raggiungimento.

Il piano presentato intende concorrere a un’ampia trasformazione dell’economia, nella quale la decarbonizzazione, l’uso razionale ed equo delle risorse naturali, l’efficienza e l’economia circolare rappresentano insieme obiettivi e strumenti per un sistema economico più rispettoso delle persone e dell’ambiente. L’Italia intende incalzare la transizione dai combustibili tradizionali alle fonti rinnovabili, promuovendo il graduale abbandono del carbone per la generazione elettrica e avviandosi a favore di un mix elettrico basato su una quota crescente di rinnovabili e, per la parte residua, sul gas.

Si inseguirà, tuttavia, anche l’integrazione dell’efficienza energetica in politiche e misure aventi scopi principali diversi dall’efficienza, al fine di ottimizzare il rapporto tra costi e benefici delle azioni. In quest’ottica, il grande potenziale del settore edilizio potrà essere sfruttato nel miglior modo possibile, con misure che perseguono, ad esempio, la riqualificazione energetica unita alla ristrutturazione impiantistica, sismica, edilizia ed estetica di edifici e quartieri, in linea con la strategia di riqualificazione del parco immobiliare al 2050. Potrà, quindi, essere debitamente considerato il contributo potenziale alla decarbonizzazione del patrimonio edilizio presente e di quello comunque non sottoposto a ristrutturazione rilevante che costituisce la gran parte dell’ambiente edificato totale. Nello specifico, in tale ambito, potranno essere attentamente considerate le tecnologie del solare termico, della pompa di calore elettrica e a gas e della micro e mini-Cogenerazione ad Alto Rendimento, soprattutto se alimentate con gas rinnovabili.

Negli ultimi anni si è assistito a un mutamento importante nel settore delle politiche energetiche in ambito internazionale ed europeo, che ha puntato in maniera sempre più crescente allo sfruttamento delle opportunità economiche, ambientali e sociali offerte dalla promozione dell'efficienza energetica. Il Clean energy package pubblicato dall'Unione europea nel 2018 approfondisce infatti il principio dell'“Energy efficiency first”, anche tramite l'emanazione di ben due direttive sul tema: la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici e la direttiva efficienza energetica.

Le direttive europee 2002/91/CE e 2010/31/UE, dette EPBD (Energy Performance of Building Directive), sono state emanate con l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni energetiche degli edifici, e l'attuale direttiva 2018/844/UE (di cui parleremo in seguito) ha aggiornato la EPBD prevedendo, tra l'altro, una nuova strategia per la riqualificazione del parco immobiliare, misure più efficaci in merito al controllo e la gestione degli impianti termici e integrazione negli edifici di tecnologie smart e della ricarica dei veicoli elettrici.

Gli edifici sono infatti, sotto la lente di ingrandimento delle politiche energetiche a livello nazionale ed europeo, in quanto ad essi si possono conferire una buona fetta dei consumi di energia e delle emissioni.

Il settore civile in Italia è responsabile attualmente di circa il 45% dei consumi finali di energia e del 17,5% delle emissioni dirette di CO<sub>2</sub>. È pertanto evidente la rilevanza degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici per raggiungere gli obiettivi energetici e di riduzione delle emissioni delineati nel Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), garantendo al contempo anche benefici economici e sociali.

Il PNIEC ha attribuito al settore civile il 60% dell'obiettivo di efficienza energetica al 2030, pari a 9,3 Mtep/anno di energia finale. Ciò proprio in ragione delle buone capacità del settore di ridurre contestualmente i consumi energetici e le emissioni di gas climalteranti. Tali risultati dovranno essere perseguiti tramite un ambizioso piano di riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale, che risulta per lo più vetusto. E proprio il recupero degli edifici esistenti comporta una delle principali criticità dal punto di vista tecnologico ed economico, oltre che logistico.

Al fine di raggiungere la decarbonizzazione completa del settore civile prevista nella Long Term Strategy (LTS) per il 2050, è opportuno quindi ottimizzare e calibrare le azioni che possano incoraggiare la repentina conversione energetica del dell'intero complesso edilizio nazionale, sostenendo le riqualificazioni profonde e la trasformazione in “edifici ad energia quasi zero” (nZEB).

In tale esercizio non possono essere trascurati i vantaggi legati allo sfruttamento delle sinergie con le politiche per la sicurezza (si pensi in particolare all'adeguamento antisismico), alle politiche sociali per il contenimento del fenomeno della povertà energetica e alle politiche per il rilancio dell'economia.

Per tali motivi è stato redatto il seguente documento “STREPIN 2020 - Consultazione pubblica sulla Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale”.

Il documento che si pone in consultazione pubblica, redatto ai sensi dell’articolo 2-bis della direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica degli edifici, come modificata dalla direttiva 2018/844/UE, e condiviso in via preliminare con il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e con il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, aggiorna e sostituisce la prima versione della Strategia pubblicata nel 2015, espone una rassegna del parco immobiliare e, successivamente, individua il tasso di riqualificazione energetica del patrimonio edilizio attuale e quello desiderato, sottolineando anche l’opportunità di operare una riqualificazione energetica con un approccio integrato che affini l’efficacia del rapporto tra benefici e costi. Nello specifico, sono brevemente richiamate delle nozioni della metodologia *cost-optimal*, che rappresentano la base su cui è sviluppato il modello impiegato per la stima dei m<sup>2</sup> da riqualificare nel residenziale e in alcuni sottosectori del non residenziale. Dopo ciò, per raggiungere gli obiettivi di risparmio al 2030 e 2050 in coerenza con il PNIEC e la LTS, sono collocate le nuove linee evolutive previste e le azioni e le misure esistenti, volte a ottenere il tasso di riqualificazione stimato.

## 2.1 Settore residenziale italiano

Il settore civile rappresenta circa il 20% delle emissioni nazionali di gas serra, per un totale nel 2018 di 81,3 Mton CO<sub>2</sub>eq (Tabella 1): di queste, il 10% dall’agricoltura, il 30% dai servizi e il restante il 60% proviene ovviamente dal residenziale.

Osservando gli ultimi 30 anni, le emissioni del settore edilizio sono oscillate nell’intervallo 80-90 Mton CO<sub>2</sub>eq risentendo sensibilmente anche, a parità di mix energetico utilizzato, delle condizioni climatiche: ai due picchi emissivi degli anni 2005 e 2010 ha avuto un ruolo fondamentale l’inverno particolarmente rigido.

Tabella 1 – Settore Civile - Evoluzione storica delle emissioni di gas serra in Mton CO<sub>2</sub> eq. (Fonte ISPRA)

	1990	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Servizi	11,9	23,6	24,0	23,8	28,1	27,4	28,6	24,4	24,3	24,5	21,7	23,1	23,6	23,7	23,3
Residenziale	57,5	62,4	57,0	52,9	54,4	55,9	58,9	54,8	55,5	54,8	45,9	51,2	51,5	51,5	50,3
Agricoltura	9,1	9,3	9,1	8,7	8,4	8,5	8,1	7,9	7,6	7,5	7,5	7,7	7,8	7,8	7,7
<b>TOTALE</b>	<b>78,6</b>	<b>95,3</b>	<b>90,1</b>	<b>85,4</b>	<b>90,9</b>	<b>91,8</b>	<b>95,6</b>	<b>87,1</b>	<b>87,3</b>	<b>86,8</b>	<b>75,1</b>	<b>82,0</b>	<b>82,8</b>	<b>83,0</b>	<b>81,3</b>

Questo profilo emissivo è a sua volta giustificato dall’andamento dei consumi e dei “mix” energetici di settore che si sono in parte compensati.

Un primo dato di fondo riguarda i consumi totali<sup>1</sup> ed evidenzia come sono cresciuti negli ultimi 20 anni, seppure in maniera più intensa nel primo decennio del secolo (Figura 1).

Nel caso del residenziale i *driver* della crescita sono stati essenzialmente due: i) un aumento della popolazione tra il 2000 e il 2014; ii) il miglioramento della qualità della vita, ad esempio tramite l'aumento della superficie media delle abitazioni e la diffusione esponenziale di apparecchi tecnologici per la comunicazione, il comfort e il tempo libero delle famiglie<sup>2</sup> che, almeno fino al 2010, si sono tradotti in un incremento dell'intensità energetica per abitante; nell'ultimo decennio, anche grazie alle politiche per l'efficienza, tale propensione si è invertita (Figura 2).

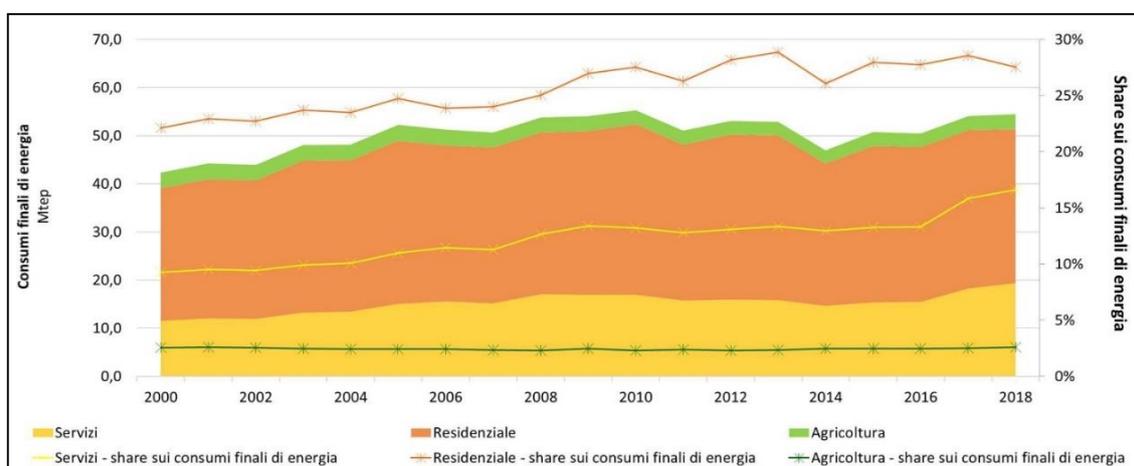


Figura 1: Settore Civile - Evoluzione dei consumi finali di energia, anni 2000-2018. (Fonte Eurostat)

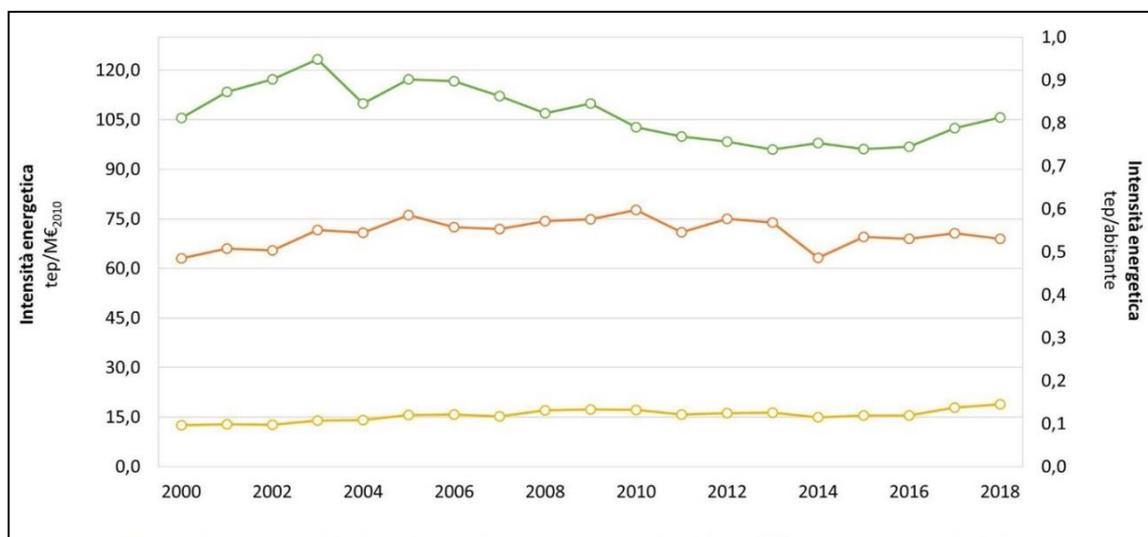


Figura 2: Settore Civile - Intensità energetica finale dei settori residenziale (tep/abitante), servizi e agricoltura (tep/M€2010), anni 2000-2018. (Fonte Eurostat)

<sup>1</sup> Sia per il residenziale che per i servizi, la presenza di fluttuazioni nel trend dei consumi è da ricondurre agli effetti delle variabili climatiche sui consumi per riscaldamento e raffrescamento. Ad esempio, i picchi negativi nel 2011 e 2014 derivano da stagioni invernali miti, con una riduzione delle necessità di riscaldamento invernale, mentre nel 2012 e nel 2017 le elevate temperature estive hanno ampliato la richiesta di raffrescamento.

<sup>2</sup> RSE, *Scenari di evoluzione della domanda elettrica*, Rapporto RdS 20000118, 2019

A fronte di questa dinamica dei consumi è però cambiato il mix energetico (Figura 3). In quasi venti anni si è praticamente dimezzato il consumo di prodotti petroliferi impiegati per il riscaldamento degli edifici e delle serre, venendo progressivamente sostituito dal gas naturale e dalle fonti rinnovabili.

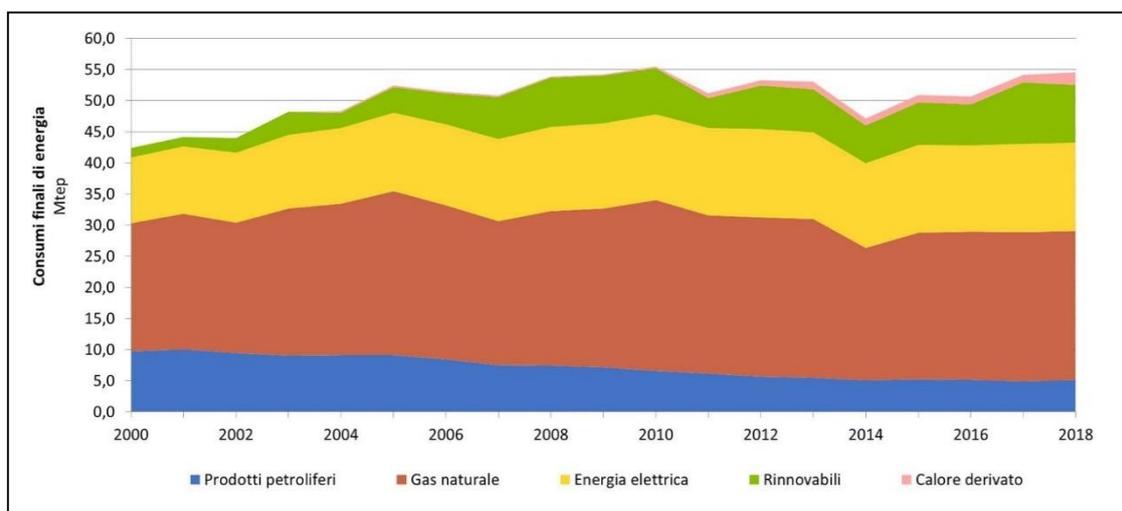


Figura 3: Settore Civile - Evoluzione dei consumi finali di energia per fonte, anni 2000-2018. (Fonte Eurostat)

Ragionando in termini di “quote” sui consumi finali:

- le rinnovabili hanno registrato una crescita significativa, aumentando di quasi cinque volte il loro contributo rispetto al 2000: tale successo sconta anche l'emersione nel settore residenziale del consumo di biomassa legnosa non contabilizzata nei circuiti economico-finanziari;
- il contributo del gas naturale, seppure gradualmente eroso dalla penetrazione delle fonti rinnovabili nel residenziale e del vettore elettrico nei servizi, continua tuttavia a rappresentare la fonte primaria nel civile, soprattutto per gli usi legati a riscaldamento, alla cottura e all'acqua calda sanitaria;
- il calore derivato ha relativamente guadagnato spazio nella struttura energetica finale, grazie, ad esempio, alla diffusione del teleriscaldamento nelle regioni del Centro e Nord Italia e a modelli virtuosi di recupero di calore e cogenerazione nelle attività agricole;
- la penetrazione del vettore elettrico ha seguito tre principali direttrici:
  - l'incremento della domanda di climatizzazione estiva degli edifici.
  - la diffusione di sistemi di refrigerazione e cottura nel commercio alimentare, di apparecchi ICT per gli uffici e dispositivi per le abitazioni.
  - l'illuminazione, che tuttavia ha avuto una dinamica peculiare.

In estrema sintesi, considerando una prospettiva storica di medio/lungo termine, risulta che le emissioni del settore civile sono state sinora contenute da una

progressiva ricomposizione del mix energetico e dalle misure di efficienza energetica, oltre che dagli effetti dell'ultima crisi economica.

### **2.1.1 Il quadro al 2050**

A partire dagli elementi esposti sin ora, con lo Scenario di riferimento è stato delineato il punto di arrivo al 2050, considerando le ipotesi evolutive su valore aggiunto di servizi/agricoltura (in crescita, seppure contenuta) e popolazione/famiglie, e anche, come per gli altri settori, trainando le tendenze energetico - ambientali più "virtuose" innescate dal PNIEC.

Ne emerge una situazione al 2050 caratterizzata da tre elementi essenziali:

- i) l'intensità energetica dovrebbe sensibilmente migliorare (Figura 4<sup>3</sup>): tale effetto è particolarmente visibile nel settore dei servizi dove, come già registrato nel comparto industriale, si riuscirebbe, già nello Scenario di riferimento, a sfruttare gran parte del potenziale di efficienza; il parametro intensità energetica migliorerebbe anche nell'agricoltura e, in misura minore, nel residenziale. In tale ultimo settore, l'intensità energetica, espressa in consumi pro capite, riflette il fatto che il calo della popolazione non è accompagnato dal calo del numero di famiglie, e quindi delle abitazioni;
- ii) ci si attende, contestualmente, un calo del livello dei consumi: questa contrazione segna una discontinuità rispetto alle dinamiche storiche di lungo periodo;
- iii) parimenti, dovrebbe proseguire la ricomposizione del mix energetico già avviata: calo di gas (che però conserva una quota di circa il 30% del totale) e i prodotti petroliferi (che resterebbero ancora impiegati nel settore agricolo).

---

<sup>3</sup> Per lo scenario di decarbonizzazione sono considerati valori medi

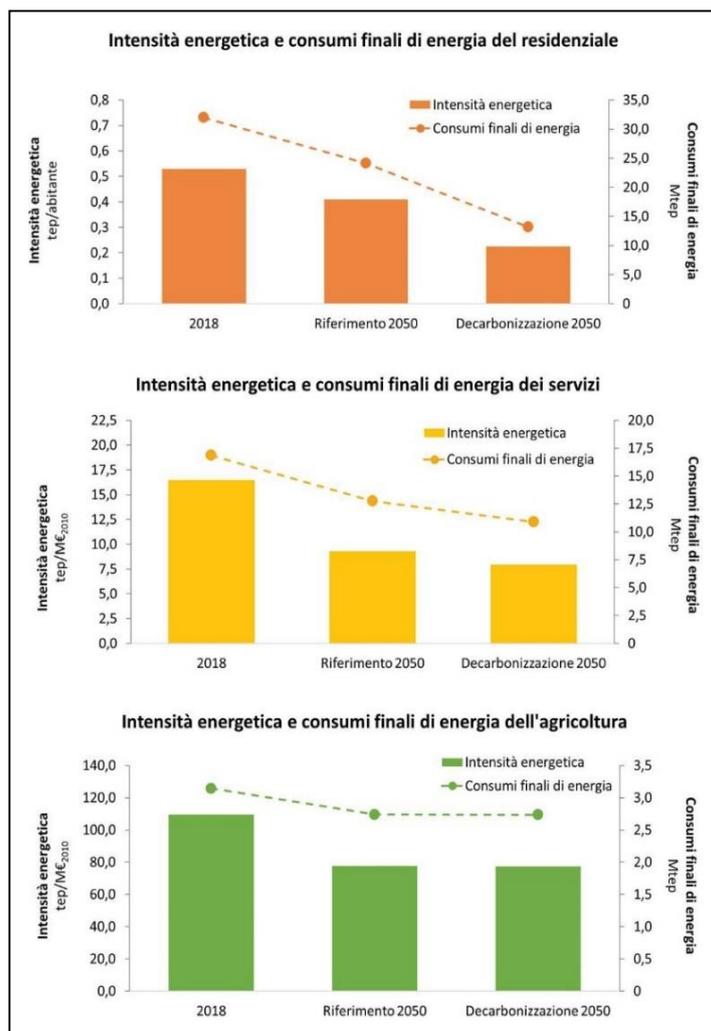


Figura 4: Settore Civile - Consumi finali di energia e intensità energetiche dei settori residenziale (tep/abitante), agricoltura e servizi (tep/M€2010). (Fonte RSE)

Queste trasformazioni si esprimono in un nuovo e diverso assetto emissivo: i settori dei servizi e del residenziale tagliano cumulativamente le emissioni di circa il 60% rispetto al 2017; la riduzione è resa invece difficoltosa dalle limitate opportunità di sostituzione dei prodotti petroliferi nel settore agricolo.

Nello Scenario di decarbonizzazione, si punta all'annullamento delle emissioni anche del settore civile, obiettivo che richiede di armonizzare, nel modo più efficace possibile, l'elettrificazione quasi totale degli usi finali, l'efficienza energetica e lo sviluppo delle fonti rinnovabili: in termini emissivi, lo sforzo da compiere è rappresentato dalla Figura 5.

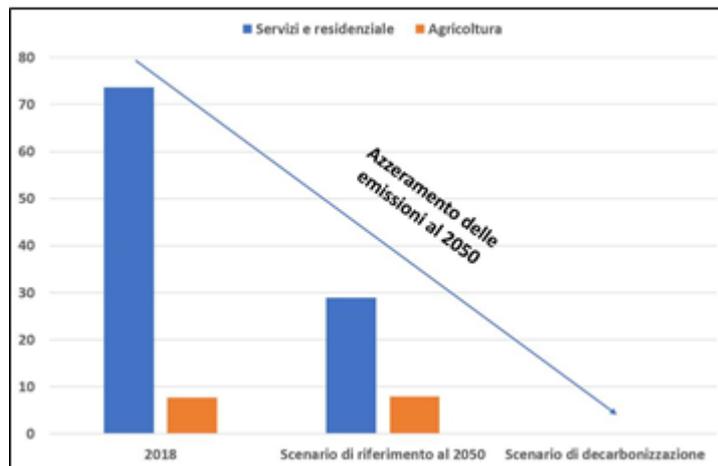


Figura 5: Settore Civile - Evoluzione delle emissioni di gas serra in Mton CO<sub>2</sub> eq. (Fonte ISPRA)

## 2.2 Opzioni per la decarbonizzazione

La roadmap evidenziata nello Scenario di decarbonizzazione punta su tendenze in realtà già in atto:

1. Efficienza energetica;
2. Elettrificazione dei consumi;
3. Switch verso combustibili alternativi (idrogeno, *fuel* sintetici, bioenergie).

Un aspetto peculiare di questo settore, e soprattutto del terziario e del residenziale, è che il potenziale di efficienza energetica resta ancora molto importante.

### 2.2.1 Efficienza energetica

Per la neutralità climatica il primo vero asse di azione continua ad essere la diminuzione della domanda di energia attraverso misure di efficienza energetica, con maggior importanza nel residenziale. Se con lo Scenario di riferimento le misure tendenziali previste nel PNIEC portavano a contrarre i consumi finali del settore di circa il 25%, appare tutt'altro che impossibile, dimezzare la domanda di energia rispetto alla situazione attuale (Figura 6).

L'importanza dell'efficienza si evince anche da un altro punto di vista: nello Scenario di decarbonizzazione, i consumi elettrici da rinnovabili crescerebbero, in termini assoluti, molto poco rispetto allo Scenario di riferimento. Dunque, lo sforzo aggiuntivo per la decarbonizzazione è da individuare prevalentemente sull'efficienza energetica.

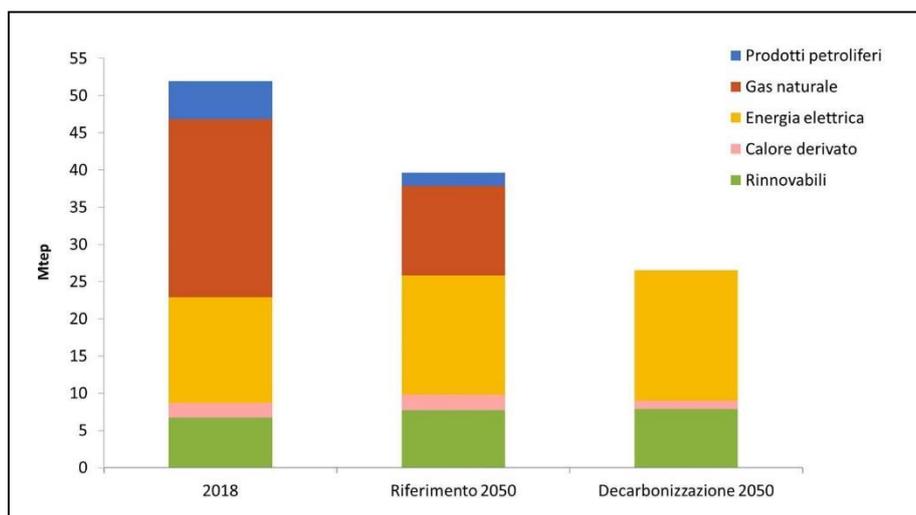


Figura 6: Settore Civile - Evoluzione dei consumi finali per fonte, Mtep. (Fonte RSE)

Rispetto allo Scenario di riferimento, gran parte del contributo aggiuntivo di efficienza viene dal comparto residenziale.

In quest'ambito, risulterà decisivo il rafforzamento dell'azione di riqualificazione energetica del parco immobiliare, sia residenziale che commerciale.

Il potenziale da sfruttare è piuttosto ricco. Dalla rassegna del parco immobiliare italiano contenuto nella Strategia per la Riqualificazione Energetica del Parco Immobiliare Nazionale (STREPIN), risulta che oltre la metà degli edifici residenziali è stata edificata prima degli anni '70, mentre la percentuale scende al 22% per gli edifici ad uso ufficio. Gli edifici ad uso residenziale risultano pari a 12,4 milioni. Oltre il 65% di tale parco edilizio ha più di 45 anni, ovvero è antecedente alla legge n. 373 del 1976<sup>4</sup>, prima legge sul risparmio energetico. Di tali edifici, più del 25% registra consumi annuali da un minimo di 160 kWh/m<sup>2</sup>anno ad oltre 220 kWh/m<sup>2</sup>anno per cui le possibilità di un miglioramento dell'efficienza energetica risultano significative.

Tuttavia, al 2050, meno del 40% delle abitazioni sarà riconducibile alla categoria delle nuove costruzioni, mentre la restante quota sarà ancora costituita da costruzioni antecedenti il 2011. Di conseguenza, le performance energetiche del parco immobiliare deriveranno largamente dalla riqualificazione dello "zoccolo duro" degli edifici esistenti. L'accrescimento dell'efficienza energetica degli edifici esistenti è oggetto della recente Strategia di lungo termine di riqualificazione del parco immobiliare nazionale (STREPIN), che esamina nel dettaglio il tasso di riqualificazione degli edifici al 2030, in linea con il PNIEC e fornisce delle prime stime al 2050.

Nel periodo 2030-2050, per il settore residenziale, la STREPIN stima necessario uno sforzo ulteriore di riduzione dei consumi di energia finale rispetto al tasso di

<sup>4</sup> Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.

riqualificazione del PNIEC fino a raggiungere un tasso pari all'1,2% m.a.<sup>5</sup>. Tale dato in particolare è relativo alla decarbonizzazione del settore residenziale<sup>6</sup>.

Con l'approccio della LTS, i diversi settori concorrono per l'acquisizione di energie green, come elettricità, biometano, e-fuel e idrogeno, e ne segue un maggiore tasso di riqualificazione edilizia rispetto alla STREPIN, per il raggiungimento di una piena decarbonizzazione del settore residenziale.

Per raggiungere il tasso di ristrutturazione richiesto occorreranno misure strutturali che condizioneranno la filiera edile con l'utilizzo di un approccio tecnologico innovativo utile a ridurre/eliminare la necessità di liberare gli edifici dagli occupanti per la riqualificazione, stesso discorso vale per i tempi e i costi di intervento. Sul fronte dei materiali impiegati, sarà importante l'obiettivo della sostenibilità anche attraverso l'uso a cascata del legno e degli scarti delle sue lavorazioni per il miglioramento strutturale ed energetico degli edifici.

In tale senso, lo sforzo richiesto è quantificabile in un tasso di ristrutturazione del 1,9-2% annuo, di cui circa l'80% *deep renovation*; si tratta di un obiettivo decisamente sfidante, non solo paragonato agli attuali tassi di ristrutturazione, ma anche in riferimento al tasso medio annuo di 0,9-1% previsto dal PNIEC e mantenuto nello scenario di Riferimento al 2050.

### **2.2.2 *Elettrificazione dei consumi***

Come anticipato, i consumi energetici del settore, che attuano le misure di efficienza (in particolare di riqualificazione degli edifici), dovrebbero essere coperti sostanzialmente con elettricità e rinnovabili. In particolare, nello Scenario di decarbonizzazione l'elettricità (ovviamente da rinnovabili) dovrebbe, oltrepassare il 65% dei consumi finali del settore civile.

Il comparto maggiormente attratto da questa trasformazione è senza dubbio il riscaldamento, storicamente dominato dal gas naturale e dai prodotti petroliferi, sia nella climatizzazione degli edifici che nelle applicazioni agricole. Nello Scenario di decarbonizzazione, i generatori di calore alimentati da combustibili fossili vengono rimpiazzati da pompe di calore elettriche tipicamente reversibili, in grado di funzionare in ciclo annuale sia per il servizio di raffrescamento che di riscaldamento, anche in unione con gli interventi di riqualificazione energetica. In particolare, si

---

<sup>5</sup> Si ricorda che la STREPIN si riferisce ad un tasso virtuale di ristrutturazione profonda, e cioè come se ogni intervento di ristrutturazione sia di carattere profondo, ovvero preveda interventi ingenti di ristrutturazione sia degli elementi edilizi che degli impianti.

<sup>6</sup> Le stime della STREPIN non prendono in considerazione la necessità di decarbonizzazione di tutti gli altri settori del sistema economico nazionale. Non sono, cioè, tenuti in conto gli effetti di sistema, in particolare la disponibilità dei vettori e delle fonti carbon free necessarie anche agli altri settori, o il bilanciamento con le emissioni indirette e le necessità infrastrutturali. In quest'ottica la STREPIN costituisce uno scenario di minimo tasso di riqualificazione nel lungo periodo.

osserva che nel settore residenziale circa il 70% degli edifici possa arrivare a impiegare una pompa di calore elettrica come impianto principale (Figura 7<sup>7</sup>).

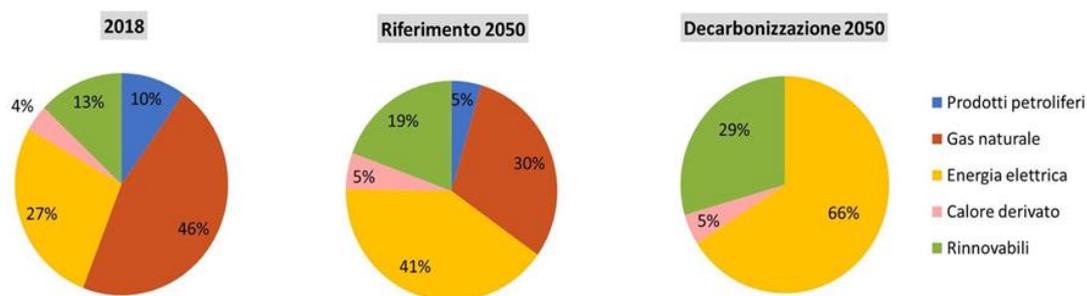


Figura 7: Settore civile - Evoluzione dei consumi finali per fonte, Mtep. (Fonte RSE)

Per di più, oltre al riscaldamento, nel settore residenziale il vettore elettrico dovrebbe sostituire il gas naturale in quasi tutti i sistemi di cottura. L'elettrificazione raggiunge anche il settore agricolo, dove al 2050 vengono introdotti piccoli macchinari agricoli a trazione elettrica.

### 2.2.3 Switch verso combustibili alternativi (idrogeno, fuel sintetici, bioenergie)

L'uso diretto di fonti rinnovabili, insieme alla promozione del vettore elettrico (rinnovabile) e all'efficienza energetica, costituisce il terzo ingrediente indispensabile per l'obiettivo di decarbonizzazione nel settore civile.

Nello Scenario di neutralità carbonica quest'ultimo identifica circa il 30% dei consumi finali del settore civile, raddoppiando dunque lo share in confronto al 2018. Accanto a fonti "tradizionali", come le biomasse, il solare termico, e l'uso di calore di scarto (anche in teleriscaldamento), potrebbero trovare ragione anche idrogeno, biometano ed e-fuels. Questi combustibili si prestano infatti all'impiego nel riscaldamento di edifici, ma anche di serre agricole, laddove la penetrazione del vettore elettrico incontra barriere di tipo tecnico ed economico oppure nella movimentazione dei macchinari agricoli (e-fuels).

<sup>7</sup> Per lo scenario di decarbonizzazione sono considerati valori medi

### 3 *Introduzione al superbonus*

L'introduzione dei nuovi incentivi in materia di efficienza energetica ha radici profonde nella politica italiana e questo particolare periodo di crisi a livello mondiale, ha accelerato un processo già in atto. L'obiettivo di efficienza energetica nasce in Italia e più in generale in Unione Europea durante la crisi petrolifera del 1973, dove si è iniziato a considerare la sicurezza degli approvvigionamenti energetici e si sono sviluppate le prime politiche di efficientamento energetico. Tutto ciò ha avuto inizio proprio per aiutare ad assicurare una certezza maggiore per l'industria energetica; infatti, nel 1974 il Consiglio Europeo ha adottato la prima grande politica di riduzione dei consumi energetici del 15% rispetto ai valori precrisi. In seguito, nel 1992 sono iniziate a sorgere le prime problematiche in merito ai cambiamenti climatici indotti dall'attività dell'uomo e nello specifico sull'uso dell'energia fossile. La prima vera rilevante politica di Energy Saving è stata introdotta con la direttiva SAVE, volta ad ottimizzare l'efficienza dei sistemi elettrici e dei sistemi di climatizzazione invernale; essa è stata la pietra miliare che ha, successivamente, indotto la creazione della più accurata direttiva sugli edifici, l'EPBD del 2002 che negli anni a seguire ha subito modifiche nelle revisioni del 2010 e 2018 per adeguarsi agli obiettivi più stringenti nell'ambito dell'edilizia. Il governo italiano durante gli anni ha immesso delle agevolazioni fiscali e incentivi per favorire l'efficientamento energetico, in special modo dagli accordi di Parigi, essendo il termine per il raggiungimento degli obiettivi il 2030. Infatti, la produzione di energia e i suoi usi finali sono responsabili, dell'80% delle emissioni di tutti i gas serra; nello specifico interessano gli edifici il 40% degli usi finali dell'energia e il 36% delle emissioni di CO2 dell'Unione Europea. Inoltre, trovandoci ad affrontare un'emergenza sanitaria, anche se si spera di essere in procinto di uscirne, su tutto il territorio nazionale ed europeo risulta alquanto ragionevole che sia stata introdotta questa nuova agevolazione per non stoppare la già lenta transizione verso un'economia energetica più green. Il superbonus consta in uno scarico fiscale del 110% sulle fatture di interventi atti al miglioramento delle performance energetiche dell'edificio soggetto ai suddetti. I criteri per l'accesso al superbonus sono esplicitati nel decreto Rilancio del 19 maggio 2020 e ulteriormente chiariti dall'agenzia delle entrate e dal MISE. Il superbonus si affianca ai precedenti eco incentivi già persistenti e ancora in vigore. Per poter iniziare i lavori è necessario redigere una relazione tecnica atta a dimostrare l'effettiva efficacia degli interventi e riferirsi alle numerose normative.

## 4 *Quadro della legislazione*

Per poter usufruire del Superbonus introdotto quest'anno dalle autorità ministeriali nel nuovo **Decreto Rilancio** "Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19" (Decreto Legge 19 maggio 2020 n. 34 convertito nella Legge 17 luglio 2020 n. 77), bisogna adeguarsi alle prescrizioni di una serie di decreti legislativi e leggi che esprimono i soggetti a cui è rivolto l'agevolazione, la classificazione degli edifici che sono indicati come oggetto delle detrazioni e degli interventi che dovranno essere svolti su di essi. Inoltre, come è stato già accennato, questi decreti si collegano ai vecchi ecoincentivi precedenti al Superbonus introdotti dai decreti legislativi antecedenti. Di seguito sono presenti alcuni decreti, regole e i requisiti da seguire per le operazioni da attuare, oltre che la procedura da seguire in fase di asseverazione e per la compilazione dei certificati A.P.E necessari alla verifica del corretto svolgimento della procedura.

- a) Le asseverazioni sulla rispondenza degli interventi ai requisiti tecnici e sulla congruità delle spese devono essere conformi al **DM requisiti tecnici e massimali di costo**.
- b) Il **DM Asseverazioni** definisce le modalità di invio all'ENEA delle asseverazioni relative agli interventi di efficientamento energetico.
- c) Il **DM 329 del 6 agosto 2020** definisce le modalità per l'asseverazione degli interventi antisismici.
- d) La **Circolare 24/E dell'8 agosto 2020** dell'Agenzia delle Entrate ha fornito i primi chiarimenti sul Superbonus.
- e) Il **Provvedimento 283847 dell'8 agosto 2020** dell'Agenzia delle Entrate ha definito le regole attuative.
- f) Il **Decreto "Agosto"** ha fornito chiarimenti sulla definizione di accesso autonomo, sugli edifici con irregolarità urbanistiche e sulle delibere condominiali.
- g) La **Legge di Bilancio per il 2021** e la **Legge 101/2021** sul Fondo Complementare al PNRR hanno prorogato la durata del bonus.
- h) La **Legge Governance PNRR e Semplificazioni** ha ridotto gli adempimenti per usufruire del Superbonus.
- i) Il **Decreto "Antifrode"** ha esteso l'obbligo del visto di conformità per chi usufruisce direttamente del Superbonus come detrazione Irpef.

## **4.1 Decreto Rilancio**

Questo decreto è stato emanato il 19 maggio 2020 durante la prima fase di lockdown della pandemia Covid, è composto da 266 articoli che spaziano dalle misure sul settore sanitario alle misure adottate per il lavoro agile. Tra tutti questi articoli quelli che riguardano direttamente la questione dell'ecoincentivo sono l'articolo 119 e 121.

### **4.1.1 Interventi e Utenti soggetti al superbonus**

La parte del decreto che cita espressamente il Superbonus è l'articolo 119; esso eleva l'aliquota delle detrazioni al 110% degli interventi descritti nell'articolo 14 del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2013, n.90, si applica nella misura del 110 per cento per le spese documentate e rimaste a carico del contribuente, sostenute dal 1°luglio 2020 fino al 30 giugno 2022, anche se con la legge di bilancio del 2022 i termini dell'incentivo si sono allungati, come vedremo successivamente, da suddividere tra gli aventi diritto in cinque quote annuali di pari importo e in quattro quote annuali di pari importo per la parte di spesa sostenuta nell'anno 2022, nei seguenti casi:

- a) interventi di isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate che interessano l'involucro dell'edificio con un'incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda dell'edificio o dell'unità immobiliare situata all'interno di edifici plurifamiliari che sia funzionalmente indipendente e disponga di uno o più accessi autonomi dall'esterno. Gli interventi per la coibentazione del tetto rientrano nella disciplina agevolativa, senza limitare il concetto di superficie disperdente al solo locale sottotetto eventualmente esistente.

La detrazione fiscale del 110% è calcolata su un tetto di spesa di:

- 50.000 euro per gli edifici unifamiliari o immobili funzionalmente indipendenti e con accesso autonomo situati negli edifici plurifamiliari;
- 40.000 euro moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio negli edifici composti da due a otto unità immobiliari;
- 30.000 euro moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio negli edifici composti da più di otto unità immobiliari.

I materiali isolanti utilizzati devono rispettare i Criteri Ambientali Minimi previsti dal DM 11 ottobre 2017.

- b) gli interventi sulle parti comuni degli edifici per la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti centralizzati per il riscaldamento, il raffrescamento o la fornitura di acqua calda sanitaria a condensazione, con efficienza almeno pari alla classe A di prodotto prevista dal Regolamento UE 811/2013 della Commissione del 18 febbraio 2013, a

pompa di calore, inclusi gli impianti ibridi o geotermici, anche abbinati all'installazione di impianti fotovoltaici e relativi sistemi di accumulo, o con impianti di microgenerazione o a collettori solari. Nei Comuni montani, non interessati dalle procedure di infrazione 2014/2147 o 2015/2043, è incentivato l'allaccio a sistemi di teleriscaldamento efficiente. Sono agevolabili anche le spese per lo smaltimento e la bonifica dell'impianto sostituito.

La detrazione fiscale è calcolata su un tetto di spesa di:

- 20.000 euro moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio negli edifici fino a otto unità immobiliari;
- 15.000 euro moltiplicato per il numero delle unità immobiliari che compongono l'edificio negli edifici composti da più di otto unità immobiliari.

Il limite di spesa, calcolato in funzione del numero delle unità immobiliari di cui l'edificio è composto, costituisce il tetto massimo di spesa agevolabile riferito all'intero edificio e non alle singole unità che lo compongono. Al singolo condomino può essere rimborsata, in base alle quote millesimali, un importo anche superiore a quello riconosciuto alla singola unità immobiliare. Per fare un esempio, se in un edificio condominiale composto da 5 unità immobiliari sono realizzati interventi di isolamento termico delle superfici opache, il tetto di spesa agevolabile riferito all'intero edificio ammonta a 200.000 euro (40.000 euro moltiplicato per le 5 unità immobiliari). Ogni condomino, sulla base delle sue quote millesimali, deve calcolare la quota di spesa a lui spettante, che può essere anche superiore a 40.000 euro.

- c) gli interventi sugli edifici unifamiliari per la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti centralizzati per il riscaldamento, il raffrescamento o la fornitura di acqua calda sanitaria a condensazione, con efficienza almeno pari alla classe A di prodotto prevista dal Regolamento UE 811/2013, a pompa di calore, inclusi gli impianti ibridi o geotermici, anche abbinati all'installazione di impianti fotovoltaici e relativi sistemi di accumulo, o con impianti di microgenerazione o a collettori solari. Nelle aree non metanizzate dei Comuni non interessati dalle procedure di infrazione 2014/2147 o 2015/2043 è agevolata la sostituzione con caldaie a biomassa aventi prestazioni emissive con i valori previsti almeno per la classe 5 stelle stabilite dal DM 186/2017. Nei Comuni montani, non interessati dalle procedure di infrazione 2014/2147 o 2015/2043, è incentivato l'allaccio a sistemi di teleriscaldamento efficiente. Sono agevolabili anche le spese per lo smaltimento e la bonifica dell'impianto sostituito. La detrazione fiscale è calcolata su un tetto di spesa di 30.000 euro

Ottengono una detrazione fiscale del 110% gli interventi di miglioramento e adeguamento antisismico, rientranti nella disciplina del sismabonus, realizzati nelle zone a rischio sismico 1, 2 e 3. Hanno diritto al superbonus 110% anche gli acquirenti. Gli interventi di miglioramento e adeguamento antisismico, rientranti nella disciplina

del sismabonus, realizzati nelle zone a rischio sismico 1, 2 e 3 ottengono una detrazione fiscale del 110%. Anche gli acquirenti di unità immobiliari realizzate, nelle zone a rischio sismico 1, 2 e 3, da imprese di costruzione e ristrutturazione mediante la demolizione di vecchi fabbricati e la ricostruzione con criteri antisismici ed eventuale ampliamento volumetrico, rientrano fra i beneficiari del superbonus 110%, dove l'acquisto deve avvenire entro 30 mesi dalla fine dei lavori. È agevolato con il Superbonus anche il compimento di sistemi di monitoraggio strutturale continuo eseguito congiuntamente agli interventi di miglioramento o adeguamento antisismico. Gli interventi di dimensionamento del cordolo sismico non concorrono al conteggio della distanza e dell'altezza, in deroga alle distanze minime riportate all'articolo 873 del Codice civile. In caso di cessione del credito ad una impresa di assicurazione, con contestuale stipula di una polizza contro gli eventi calamitosi, la stipula della polizza gode di una detrazione del 90%. Sono aumentati del 50% i limiti delle spese ammesse all'ecobonus e al sismabonus, sostenute fino al 30 giugno 2022, per la ricostruzione degli immobili danneggiati da tutti i sismi che si sono verificati dopo il 2008, a condizione che sia stato dichiarato lo stato di emergenza.

Questi elencati sono interventi cosiddetti Trainanti, una volta effettuato almeno uno di questi si possono effettuare pure altri tipi di interventi cosiddetti Trainati:

- d) Interventi di efficientamento energetico già agevolati con l'ecobonus tradizionale, nei limiti di spesa già previsti per ciascun intervento, a condizione che siano eseguiti congiuntamente ad almeno uno degli interventi trainanti di efficientamento energetico, siano rispettati i requisiti minimi di prestazione energetica previsti dal DM 26 giugno 2015, sia assicurato, nel complesso, anche congiuntamente agli interventi di installazione di impianti fotovoltaici con eventuali sistemi di accumulo il miglioramento di almeno due classi energetiche dell'edificio o, ove impossibile, il conseguimento della classe energetica più alta, da dimostrare mediante Attestato di Prestazione Energetica (APE).
- e) Installazione di impianti solari fotovoltaici connessi alla rete elettrica, installati sugli edifici o sulle strutture pertinenziali, realizzata congiuntamente ad almeno uno degli interventi trainanti. Per questi interventi è previsto un tetto di spesa di 48.000 euro e comunque nel limite di spesa di 2.400 euro per ogni kW di potenza nominale dell'impianto fotovoltaico. Se l'installazione degli impianti fotovoltaici avviene contestualmente agli interventi di ristrutturazione edilizia, nuova costruzione e ristrutturazione urbanistica, previsti dall'articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f) del Testo unico dell'edilizia (DPR 380/2001), il limite di spesa è 1.600 euro per ogni kW di potenza nominale dell'impianto fotovoltaico. Per ottenere la detrazione, è obbligatorio cedere al GSE l'energia non auto consumata o condivisa in sito. Il Superbonus si applica all'installazione di impianti fotovoltaici fino a 200 kW realizzata da comunità energetiche rinnovabili costituite come enti non commerciali o condomini. L'aliquota del 110% si applica alla quota di spesa

corrispondente alla potenza massima di 20 kW. Per la quota di spesa corrispondente alla potenza eccedente 20 kW, spetta la detrazione al 50% con tetto di spesa di 96mila euro.

- f) Installazione di sistemi di accumulo integrati negli impianti solari fotovoltaici realizzata congiuntamente ad almeno uno degli interventi trainanti. Per questi interventi valgono le stesse condizioni previste per l'installazione degli impianti solari fotovoltaici. È previsto il tetto di spesa di 1.000 euro per ogni kW di capacità di accumulo del sistema.
- g) Installazione di infrastrutture per la ricarica dei veicoli elettrici realizzata congiuntamente ad almeno uno degli interventi trainanti di efficientamento energetico. Per questi interventi ci sono tre differenti limiti di spesa: - 2.000 euro per gli edifici unifamiliari o per le unità immobiliari situate all'interno di edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti e con uno o più accessi autonomi dall'esterno; - 1.500 euro per gli edifici plurifamiliari o i condomini che installano al massimo otto colonnine; - 1.200 euro per gli edifici plurifamiliari o i condomini che installano più di otto colonnine. La detrazione va riferita ad una sola colonnina per unità immobiliare.
- h) Lavori finalizzati all'eliminazione delle barriere architettoniche realizzati sia dai portatori di handicap che dagli over 65 (anche se non portatori di handicap) congiuntamente ad uno degli interventi trainanti.

Dopo di ciò si può fare un ragionamento in merito alle scadenze e ad alcuni casi particolari, così come non bisogna sottovalutare chi non ne può usufruire:

Nel comma 9 del decreto in particolare sono descritte le categorie sociali che sono oggetto delle agevolazioni. Per ottenere il Superbonus, le spese devono essere effettuate entro:

- **Edifici unifamiliari:** 30 giugno 2022.
- **Comunità energetiche rinnovabili, cooperative di abitazione, ASD, organizzazioni senza scopo di lucro:** 30 giugno 2022
- **Condomini:** 31 dicembre 2022 a prescindere dalla quota di lavori realizzati.
- **Edifici fino a 4 unità immobiliari con unico proprietario:** 30 giugno 2022 oppure, 31 dicembre 2022 se entro il 30 giugno 2022 è stato realizzato più del 60% dei lavori.
- **Edifici di proprietà degli ex IACP:** 30 giugno 2023 oppure, 31 dicembre 2023 se entro il 30 giugno 2023 è stato realizzato più del 60% dei lavori.

Il Superbonus si applica alle prime e seconde case, sia unifamiliari sia all'interno di edifici plurifamiliari funzionalmente indipendenti, con uno o più accessi autonomi dall'esterno. Una unità immobiliare è funzionalmente indipendente se dotata di almeno tre delle seguenti installazioni o manufatti di proprietà esclusiva: impianto per l'approvvigionamento idrico, per il gas, per l'energia elettrica, impianto di climatizzazione invernale. Per accesso autonomo dall'esterno si intende un accesso indipendente, non comune ad altre unità immobiliari, chiuso da cancello o portone

d'ingresso che consenta l'accesso dalla strada o da cortile o giardino anche di proprietà non esclusiva.

Possono ottenere il Superbonus gli edifici privi di APE perché sprovvisti di tetto, di uno o più muri perimetrali, o di entrambi (unità collabenti), purchè al termine dei lavori raggiungano una classe energetica in fascia A.

Sono ammessi al Superbonus gli edifici composti da due a quattro unità immobiliari anche se posseduti da un unico proprietario o in comproprietà da più persone fisiche. Ottengono il superbonus anche gli interventi di efficientamento energetico già agevolati con l'ecobonus tradizionale, nei limiti di spesa già previsti per ciascun intervento, eseguiti su edifici vincolati ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del paesaggio (D.lgs 42/2004) o su quelli in cui i regolamenti edilizi, urbanistici e ambientali impediscono la coibentazione e/o la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale.

Sono escluse dal superbonus le abitazioni di tipo signorile, le abitazioni in ville e i castelli, rientranti rispettivamente nelle categorie catastali A1 e A8 e nella categoria A9 se non aperte al pubblico, anche se si sta pensando di inserirle. Non è possibile realizzare gli interventi agevolati con il Superbonus su edifici sui quali siano stati commessi abusi edilizi. Inoltre, non accedono al superbonus edifici o unità abitative che non hanno un impianto di riscaldamento, anche se obsoleto.

#### **Altre spese ammesse al Superbonus:**

Oltre alle varie spese già citate per la realizzazione degli interventi trainanti e trainati, hanno la possibilità di ottenere il Superbonus 110%, anche:

- le spese per il rilascio del visto di conformità, delle attestazioni e delle asseverazioni;
- la progettazione e le altre spese professionali connesse agli interventi (perizie, sopralluoghi, spese preliminari di progettazione e ispezione e prospezione);
- i costi strettamente collegati alla realizzazione degli interventi (installazione di ponteggi, smaltimento dei materiali rimossi per eseguire i lavori, imposta sul valore aggiunto qualora non ricorrano le condizioni per la detrazione, imposta di bollo e diritti per la richiesta dei titoli abilitativi edilizi, tassa per l'occupazione del suolo pubblico pagata dal contribuente per poter disporre dello spazio insistente sull'area pubblica necessario all'esecuzione dei lavori).

Come si può notare è soggetto a queste agevolazioni solo il settore residenziale; invece, il settore commerciale/industriale e terziario godono dei precedenti ecoincentivi ma con aliquota più bassa; tuttavia non può accedere qualsiasi tipologia di edificio adibito ad arti e mestieri che comprenda un unità residenziale non autonoma. Per esempio, come citato nell'interpello 570 dell'Agenzia delle entrate si chiedeva se la categoria dei B&B che comprende l'abitazione del proprietario possa usufruire del bonus e la risposta è negativa, in quanto la categoria è compresa nelle

attività di impresa. Si denota che le persone fisiche, al di fuori di attività di impresa non possono richiedere la detrazione per un immobile che non sia quello adibito ad abitazione principale, fatta eccezione per unità immobiliari all'interno di un condominio dove il massimo è due unità per intestatario, o unità immobiliari poste in edifici plurifamiliari con ingresso indipendente.

Bisogna anche tenere in considerazione delle possibili casistiche che si possono verificare, come per esempio la questione della ristrutturazione con conseguente accorpamento di altre unità collabenti. Come chiarito nella circolare 24 dell'Agenzia delle entrate, si possono accostare unità confinanti con l'edificio oggetto di ristrutturazione a patto che, come spiegato nella risposta dell'agenzia all'interpello 326 del 09/09/20 l'A.P.E, il pre-intervento si riferisca all'edificio pre-lavori e quello nuovo al nuovo edificio con la recente categoria catastale. Nel caso di nuova costruzione che non gode degli incentivi, questo tipo di agevolazioni non si riscontrano e l'interpello 24 del 08/01/21 spiega efficientemente questa situazione, in quanto il richiedente ha progettato di espandere la propria unità immobiliare, ma il Superbonus non vale per le nuove costruzioni; quindi, la parte agevolata per gli interventi fatti che sono oggetto di bonus va solo alla parte "vecchia" che è stata ristrutturata.

Per quanto riguarda gli interventi che accedono al bonus non vengono espressamente catalogati nel decreto tutti gli interventi che sono trainanti o trainanti, mentre gli interventi specifici che ne hanno diritto vengono chiaramente elencati nella circolare 24 dell'agenzia delle entrate.

Il comma 3 dell'articolo invece impone una condizione molto importante per l'intero iter processuale dell'asseverazione: si deve assicurare tramite adeguata documentazione di certificazione A.P.E che l'edificio oggetto di ristrutturazione raggiunga tramite congiuntamente la somma tutti gli interventi effettuati, due classi energetiche superiori a quella di partenza certificata, o alla classe superiore se si parte dalla penultima classe (A3).

#### ***4.1.2 Modalità di detrazione fiscale del superbonus***

L'articolo 121 del decreto Rilancio delinea le trasformazioni delle detrazioni fiscali in sconto sul rispettivo dovuto e in credito d'imposta cedibile. Per i soggetti che sostengono negli anni 2020-2021, spese per gli interventi elencati nel comma 2, possono optare in luogo dell'utilizzo diretto della detrazione spettante, alternativamente:

- per un contributo sotto forma di sconto in fattura sul corrispettivo dovuto fino a un importo massimo pari al corrispettivo dovuto, fino a un importo massimo pari al corrispettivo stesso, anticipato dal fornitore che ha effettuato gli interventi e recuperato come credito d'imposta, con facoltà di successiva cessione del credito ad altri soggetti, compresi gli istituti di

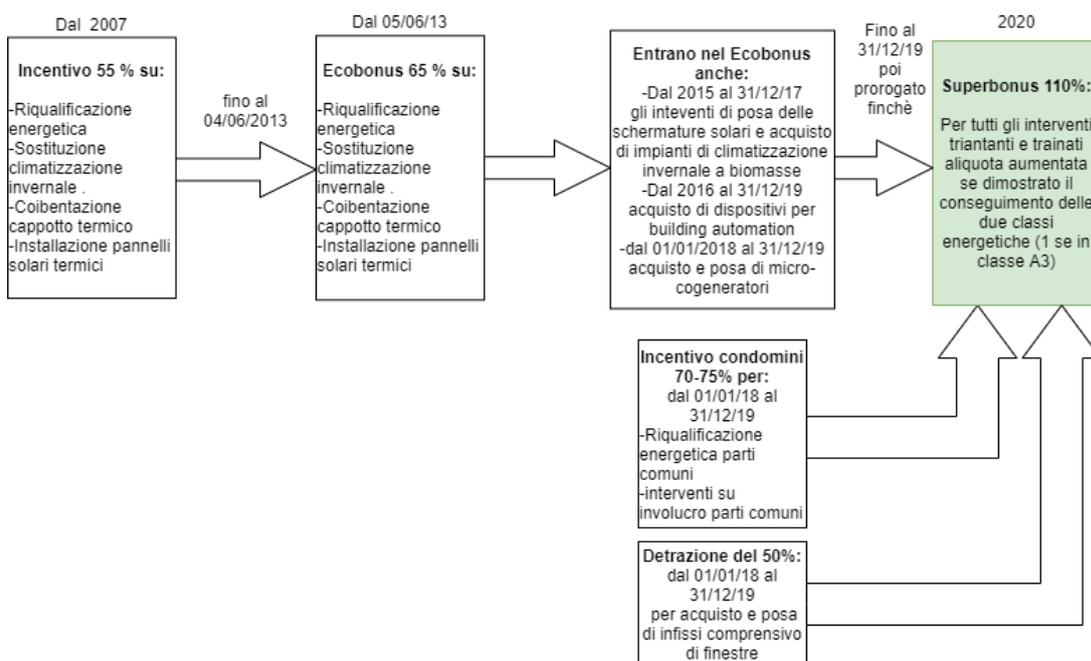
credito e gli altri intermediari finanziari.

- per la cessione di un credito d'imposta di pari ammontare, con facoltà di successiva cessione ad altri soggetti, compresi gli istituti di credito e gli altri intermediari finanziari.

Nell'articolo si replica l'elenco degli interventi che sono oggetto delle detrazioni come nel precedente articolo 119, invece nei commi 4 e 5 dell'articolo vengono delineate le modalità di controllo da parte di Agenzia delle entrate e le conseguenze, per i fornitori, per un irregolare utilizzo dello sconto in fattura. Qualora sia accertata la mancata integrazione, anche parziale, dei requisiti che danno diritto alla detrazione d'imposta, l'Agenzia delle entrate si occupa del recupero dell'importo corrispondente alla detrazione non spettante nei confronti dei soggetti di cui al comma 1. Come si può notare dalla stesura dell'articolo, l'Agenzia delle Entrate lascia ampio margine di scelta ai contribuenti per detrarre completamente la spesa, ovviamente al contribuente che non ha una disponibilità economica importante molto probabilmente opererà per una delle due opzioni di trasformazione delle detrazioni che saranno poi un problema del fornitore o dell'istituto finanziario che se ne prenderà carico.

«Le detrazioni fiscali descritte dal decreto Rilancio vanno ad affiancare quelle presenti ad oggi, come le detrazioni fiscali del 50% normali su ogni fattura e il precedente ecobonus al 65 %, le detrazioni fiscali che riguardano specificatamente l'efficientamento energetico sono state introdotte dal 2007 con la detrazione al 55% per gli interventi di riqualificazione energetica, coibentazione del cappotto esterno, sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale e pannelli solari termici. Successivamente dal 5 giugno 2013 è stato introdotto l'ecobonus del 65 % sugli interventi appena citati, è stato modificato per includere altri interventi negli anni 2015-2016 e 2018 prima dell'introduzione del Superbonus.»

### Schema detrazioni precedenti al Superbonus



### 4.1.3 Circolare 24/E e 30/E Agenzia entrate

La circolare 24/E dell’Agenzia delle entrate emanata l’8 agosto 2020 esplica distintamente alcuni aspetti interpretativi riguardanti il decreto Rilancio. Partendo dalle categorie sociali che possono usufruire del bonus ha specificato ulteriori condizioni per i richiedenti. In particolare, per le persone fisiche il bonus si applica fino a due unità immobiliari, per i condomini nella circolare è marcata la definizione di condominio quale “particolare forma di comunione in cui coesiste la proprietà individuale dei singoli condomini, costituita dall’appartamento o le unità immobiliari possedute, ed una comproprietà sui beni comuni dell’immobile”. Inoltre, ha sottolineato che il Superbonus non si applica agli interventi realizzati sulle parti comuni a due o più unità immobiliari distintamente accatastate di un edificio interamente in possesso di un unico proprietario o in comproprietà fra più soggetti. In aggiunta, nelle categorie sociali sono state aggiunte le comunità energetiche rinnovabili costituite “in forma di enti non commerciali o di condomini che aderiscano alle configurazioni”, questo vuol dire che non solo le comunità energetiche rinnovabili sono incluse ma anche che i condomini sono connessi alla rete delle comunità.

Di seguito si riporta un estratto della Circolare 24/E, Agenzia delle Entrate:

«Sotto il profilo oggettivo, il Superbonus spetta a fronte del sostenimento delle spese relative a taluni specifici interventi finalizzati alla riqualificazione energetica e alla adozione di misure antisismiche degli edifici (cd. interventi “trainanti”) nonché ad ulteriori interventi, realizzati congiuntamente ai primi (cd. interventi “trainati”). In entrambi i casi, gli interventi devono essere realizzati:

- su parti comuni di edifici residenziali in “condominio” (sia trainanti, sia trainati);
- su edifici residenziali unifamiliari e relative pertinenze (sia trainanti, sia trainati);
- su unità immobiliari residenziali funzionalmente indipendenti e con uno o più accessi autonomi dall’esterno site all’interno di edifici plurifamiliari e relative pertinenze (sia trainanti, sia trainati);
- su singole unità immobiliari residenziali e relative pertinenze all’interno di edifici in condominio (solo trainati).

Sono escluse le classi catastali considerate abitazioni di lusso A1 (abitazioni di tipo signorile), A8 (abitazioni in ville) e A9 (castelli).

Per quanto concerne gli interventi che accedono al 110% bisogna fare un chiarimento sulla questione trainanti-trainati, gli interventi trainanti sono interventi che accedono al bonus senza necessità di effettuare altri interventi, quelli trainati invece sono strettamente legati a quelli trainanti e richiedono che nella fase di progetto almeno un trainante sia eseguito per poter detrarre la spesa di quelli trainati.

Gli interventi trainanti sono l'isolamento termico di involucri edilizi comprensivi di superfici verticali orizzontali e opache con un'incidenza superiore al 25% della superficie lorda disperdente, verso l'esterno o verso vani non riscaldati. Questa tipologia interessa sia condomini sia unità familiari indipendenti o situate all'interno di edifici plurifamiliari ma funzionalmente indipendenti con accesso autonomo dall'esterno, questa categoria comprende essenzialmente 3 tipologie di isolamento termico, l'isolamento esterno che non toglie spazio agli ambienti interni ma aumenta l'area occupata dall'edificio, questo è applicabile solo in presenza di spazio esterno proprietario o di un'autorizzazione della pubblica amministrazione se sottrae suolo pubblico, la seconda opzione è l'isolamento in intercapedine che permette di aumentare la prestazione dell'edificio senza variare la volumetria né l'area di occupazione, può essere eseguita riempiendo l'intercapedine di un materiale espandente come il poliuretano a spruzzo o mediante l'installazione di pannelli, questo dipende molto dalla accessibilità dell'intercapedine, inoltre se si opta per questo isolamento se sono presenti montanti di distribuzione nell'intercapedine si rende difficile la sostituzione futura. Infine, si può optare per l'isolamento interno, che purtroppo toglie volumetria ai locali del fabbricato, questa è la soluzione meno applicata poiché gli occupanti non sono quasi mai d'accordo a perdere della metratura dei locali.

La seconda tipologia di interventi trainanti è la sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale e al raffrescamento nel caso si installino pompe di calore reversibili, questi interventi interessano sia parti comuni di edifici condominiali sia unità familiari indipendenti o situate all'interno di edifici plurifamiliari ma funzionalmente indipendenti con accesso autonomo dall'esterno. Specificatamente in questa categoria sono presenti una moltitudine di possibilità che si adattano a ogni situazione possibile, la strada possibile è la sostituzione con una caldaia a gas a condensazione nel caso in cui l'edificio soggetto di interventi abbia ancora una caldaia tradizionale molto inefficiente o addirittura a diesel, alternativamente a questo se esiste la possibilità di collegarsi all'impianto di teleriscaldamento è consigliabile adottare questa soluzione in quanto alza la prestazione energetica dell'edificio, questo poi dipende anche dall'impianto collegato alla rete di teleriscaldamento, precisamente dalle sue prestazioni, temperatura di mandata e fattori di conversione in energia primaria. Un'altra possibilità contemplata dall'ecoincentivo è l'installazione di unità cogenerative che producano calore ed elettricità, possibilità che aumenta la prestazione ma utilizza comunque vettori energetici fossili, stessa cosa per le celle a combustibili che sono citate nelle possibilità, ma è una tecnologia ancora in via di sviluppo e molto complessa dal punto di vista impiantistico a seconda della tipologia di cella. Sempre rimanendo sui sistemi a combustione anche l'installazione di una caldaia a biomassa rientra tra le categorie agevolabili, opzione che sicuramente apporta un beneficio alla prestazione avendo una componente rinnovabile al combustibile. Citati in questa tipologia di trainanti ci sono anche i sistemi ibridi che sono una combinazione di sistema tradizionale (caldaia a condensazione) e pompa di calore; quindi, valgono le stesse considerazioni descritte in precedenza. Parlando specificatamente di pompe di calore, la loro

installazione può essere combinata con l'installazione di un impianto FV contribuendo a decarbonizzare l'impronta ecologica dell'edificio. Come configurazioni si può optare per una pompa di calore che utilizza aria esterna come fluido esterno o una pompa di calore che utilizzi acqua, il primo caso è il più diffuso in quanto non presenta difficoltà impiantistiche ma risulta molto dipendente dal clima, il secondo caso è legato strettamente alla geotermia a bassa T, si può optare per un ciclo aperto se si ha sufficiente terreno di proprietà per l'installazione di due pozzi e la disponibilità di una falda acquifera che produca abbastanza per il ciclo, alternativamente si può optare per un ciclo chiuso che è più compatto, non richiede lo scavo di un pozzo di estrazione e iniezione ma meno efficiente. La prima opzione è più indicata ad edifici condominiali e unifamiliari che hanno poco spazio, la seconda è indicata a chi ha un terreno di proprietà situato sopra una falda acquifera capace di far funzionare l'impianto. Infine inclusa in questa tipologia di interventi trainanti vi è la possibilità di installare collettori solari, questi possono avere diverse applicazioni in base alla tipologia, per esempio i collettori piani sono indicati per la produzione di acqua calda sanitaria, mentre i collettori a tubi a vuoto avendo una temperatura molto più alta possono alimentare terminali di emissione per la climatizzazione invernale, questi interventi sono molto indicati per le unità unifamiliari più che per i condomini. La terza tipologia di intervento è la riduzione del rischio sismico, il superbonus inoltre spetta anche alla realizzazione di sistemi di monitoraggio continuo a fini antisismici eseguita congiuntamente all'intervento predetto.

Per quanto riguarda gli interventi trainati comprendono l'efficientamento energetico tramite la sostituzione degli infissi se eseguiti congiuntamente a uno degli interventi citati prima, l'installazione dei nuovi infissi deve garantire il rispetto dei requisiti di trasmittanza e di prestazione luminosa, per rispettare questi requisiti infatti si dovranno sostituire le vecchie vetrate a singolo vetro con doppi vetri con intercapedine e utilizzare un telaio più isolato, congiuntamente a questo intervento si possono sostituire le schermature solari con modelli più efficienti e versioni anche automatizzate purché siano solidali all'edificio e non rimovibili. Infine, come ultimo intervento trainato è agevolata l'installazione di impianti solari fotovoltaici con cessione in favore del GSE dell'energia non auto-consumata fino a un massimo di 20 kWp oltre il quale l'impianto non è più considerato per il soddisfacimento del fabbisogno degli edifici ma a scopo commerciale, fatta eccezione per le comunità energetiche rinnovabili fino 200 kWp. Congiuntamente è possibile effettuare l'installazione di sistemi di accumulo integrati ai sistemi fotovoltaici e di infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici, che conviene in previsione del cambio di trend automobilistico che avverrà in futuro. Questa tipologia di intervento è molto utile nel caso di installazione di pompe di calore e per soddisfare il fabbisogno elettrico dell'edificio.

Per tutti questi interventi trainanti e trainati del decreto è definito il tetto massimo di spesa o la detrazione massima attribuibile, separatamente per intervento che è possibile “spendere gratuitamente”».

In seguito, verrà emanata la circolare 30/E uscita il 22 dicembre 2020, essa ha il compito di correggere alcune lacune informative della precedente circolare; in particolare nella prima parte di premessa si chiariscono le definizioni tecniche quali “accesso autonomo dall’esterno”, definizione che ha suscitato diverse perplessità e la conseguente apertura di numerosi consulti. In base a tale disposizione, per accesso autonomo dall’esterno «si intende un accesso indipendente, non comune ad altre unità immobiliari, chiuso da cancello o portone d'ingresso che consenta l'accesso dalla strada o da cortile o da giardino anche di proprietà non esclusiva». Dopo di ciò vengono delineati meglio i limiti di spesa sugli interventi antisismici che comprendano anche la ricostruzione di edifici già danneggiati dal sisma. Si specifica la condizione per le assemblee condominiali per l’adesione all’opzione di cessione del credito solo in presenza di un’approvazione della maggioranza dei condomini e che rappresentino un terzo dell’edificio.

#### **4.2     *Legge di bilancio 2021 e 2022***

Nella legge di bilancio emanata il 30 dicembre 2020 sono state avviate molteplici novità fiscali a supporto delle imprese e delle famiglie. Infatti per quanto concerne nel Superbonus la parte delle riduzioni sono state approvate le seguenti modifiche alle detrazioni del 110%, la proroga fino a giugno 2022 in generale per tutti gli incentivi, in particolare per le IACP per il sisma bonus di edifici a cui sia stato già rilasciato il titolo edilizio fino al 31 dicembre 2022, proroga al 31 dicembre 2022 per la detrazione fruita dai condomini che entro il 30 giugno 2022 hanno compiuto almeno il 60% dei lavori e la proroga fino al 31 dicembre 2021 per le opzioni alternative alla fruizione diretta del Superbonus, inoltre per le spese agevolabili sostenute durante il 2022 vengono rimborsate dividendo in 4 quote annuali al posto di 5. Inoltre, vengono inserite le detrazioni per gli edifici composti da due a quattro unità unifamiliari distintamente accatastate, anche se appartenenti ad un unico proprietario o in comproprietà da più persone fisiche in contrario a quanto deliberato dall’agenzia delle entrate nelle circolari passate.

Per gli impianti solari fotovoltaici vengono concesse le detrazioni e anche se tali impianti sono installati su strutture pertinenziali agli edifici, è stato fornito maggiore dettaglio sul margine di spesa per gli interventi di eliminazione delle barriere architettoniche e per l’impianto delle colonnine di ricarica per i veicoli elettrici. Inoltre, in contrario a quanto verrà espresso nel Decreto Asseverazioni è stata eliminata la condizione necessaria della stipulazione della polizza assicurativa per le asseverazioni, quindi rendendo più agevole per i liberi professionisti la prassi.

A distanza di un anno precisamente il 30 dicembre 2021, è stata emanata la **legge di bilancio 2022** pubblicata in Gazzetta ufficiale, le norme che riguardano la maxi-detrazione sono ai commi 28 e 29.

Di seguito vengono riassunte brevemente le proroghe:

### ***Condomini e mini-condomini***

La detrazione, da ripartire in quattro quote annuali di pari importo, è prorogata con fino a tutto il 2025, ma con un décalage:

- il bonus resta al 110% per le spese sostenute fino al 31 dicembre 2023;
- scende al 70% per le spese sostenute nel 2024;
- passa al 65% per le spese sostenute fino al 31 dicembre 2025.

Questa proroga, oltre che per gli interventi effettuati dai condomini, vale per quelli realizzati dalle persone fisiche (al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arte o professione) su edifici composti da due a quattro unità immobiliari distintamente accatastate (anche se posseduti da un unico proprietario o in comproprietà), compresi quelli effettuati dalle persone fisiche sulle singole unità immobiliari all'interno dello stesso condominio o dello stesso edificio, nonché quelli effettuati su edifici oggetto di demolizione e ricostruzione.

La stessa estensione vale anche per le **Onlus** (organizzazioni non lucrative di utilità sociale), le organizzazioni di volontariato e le associazioni di promozione sociale iscritte negli appositi registri.

### ***IACP e cooperative***

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, ovvero dalle cooperative di abitazione a proprietà indivisa su immobili assegnati in godimento ai propri soci, la detrazione è confermata al 110% per le spese sostenute fino al 31 dicembre 2023, purché, al 30 giugno 2023, siano stati eseguiti lavori per almeno il 60% dell'intervento complessivo.

### ***Edifici unifamiliari***

Per gli interventi effettuati sugli edifici unifamiliari (villette) da persone fisiche, la detrazione del 110% spetta anche per le spese sostenute entro il 31 dicembre 2022, ma a condizione che al 30 giugno siano stati effettuati lavori per almeno il 30% dell'intervento complessivo. Non c'è il limite di reddito che era stato tracciato nella proposta del Governo, modificata poi al Senato.

### ***Aree colpite da sisma***

Per gli interventi effettuati nei comuni dei territori colpiti da eventi sismici dal 1° aprile 2009, laddove sia stato dichiarato lo stato di emergenza, la detrazione resta al 110% per tutte le spese sostenute fino al 31 dicembre 2025.

### ***Interventi trainati e colonnine di ricarica***

Diversamente dal testo emanato da Palazzo Chigi, nella legge di bilancio approvata, la proroga del Superbonus riguarda anche gli “interventi trainati” eseguiti congiuntamente a quelli “trainanti”: le scadenze per realizzare, ad esempio, impianti fotovoltaici, restano dunque le stesse illustrate sopra.

Novità ci sono per l’incentivazione con Superbonus delle colonnine di ricarica per mezzi elettrici, che saranno ammesse nel rispetto di questi limiti di spesa (fatti salvi gli interventi in corso di esecuzione): 2.000 euro per gli edifici unifamiliari (o funzionalmente indipendenti), 1.500 per plurifamiliari e condomini per un massimo di 8 colonnine o 1.200 per gli stessi se le colonnine sono più di 8.

### ***Cessione del credito e prezzari***

Viene estesa fino al 31 dicembre 2025, relativamente alle spese agevolabili con il Superbonus (fino al 2024 per le altre detrazioni per l’edilizia), la possibilità di optare per lo sconto in fattura o per la cessione del corrispondente credito d’imposta, in luogo della detrazione fiscale in dichiarazione.

Per la congruità dei prezzi, occorre fare riferimento, oltre ai prezzari individuati dal decreto MiSE 6 agosto 2020, anche ai valori massimi stabiliti, per talune categorie di beni, con un nuovo decreto ministeriale ministero (ora del ministero della Transizione ecologica) da adottare entro il 9 febbraio 2022.

In proposito vengono poi riproposti i contenuti dell’articolo 3 del dl 157/2021 (il decreto Antifrodi, che la legge di bilancio assorbe integralmente) sui poteri dell’Agenzia delle entrate nell’ambito dei controlli: potrà sospendere fino a 30 giorni l’efficacia delle comunicazioni telematiche per le opzioni di cessione del credito e di sconto in fattura che presentano particolari profili di rischio.

Sempre assorbendo il decreto Antifrodi, si conferma poi che il visto di conformità, già necessario in caso di utilizzo del Superbonus mediante cessione del credito o sconto in fattura, serve anche nell’ipotesi di fruizione della detrazione nella dichiarazione dei redditi, tranne quando questa è presentata direttamente dal contribuente, sfruttando la precompilata., ovvero tramite il sostituto d’imposta.

### 4.3 *Legge n°10 e successive modifiche*

La legge n°10 del 9 gennaio 1991 è stata emanata per scandire disposizioni riguardanti il risparmio energetico. Nello specifico la parte relativa la razionalizzazione dell'utilizzo dell'energia per climatizzazione invernale, è la prima legge emanata che mette una pietra miliare sull'avvenire della politica di risparmio energetico ed è la prima volta che l'Italia è stata suddivisa in zone climatiche classificate dalla A alla F. Tuttavia, per quanto concerne il Superbonus tutti menzionano questa legge per l'introduzione della relazione tecnica cura del professionista richiesta dalle autorità della pubblica amministrazione e da ENEA.

«La relazione tecnica nello specifico viene richiesta in caso di:

- edifici di nuova costruzione
- demolizioni e ricostruzioni
- ampliamenti superiori al 15% della volumetria preesistente e comunque superiori a 500 m<sup>3</sup>
- ristrutturazioni importanti di primo livello
- ristrutturazioni importanti di secondo livello
- riqualificazioni energetiche
- impianti termici di nuova installazione
- ristrutturazione degli impianti termici esistenti
- sostituzione di generatori di calore»

In seguito a questa legge, nell'Unione Europea vengono diramate varie direttive del diritto europeo in materia di efficienza energetica per rendere energeticamente sostenibile il sistema energetico europeo; la prima di queste è la direttiva 2002/91 entrata in vigore il 16 dicembre dello stesso anno. Queste ultime devono essere poi accettate dalla legislazione italiana che le deve attuare e qui entra in merito il decreto legislativo 192/2005 che attua le disposizioni della normativa e in particolare definisce le prescrizioni e i limiti in materia di prestazione energetica dei fabbricati e delle loro componenti, la metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici e la creazione di un portale per gli attestati di prestazione energetica (A.P.E) sotto la tutela dell'ENEA che effettua gli accertamenti sulle asseverazioni. La direttiva del 2002 è seguita dall'emanazione di una nuova norma il 19 maggio 2010 che aggiorna in merito alla metodologia di calcolo utilizzata, passando da un computo basato sulla stagione di riscaldamento invernale ad uno annuale, per una più approfondita rappresentazione del consumo degli edifici. Inoltre introduce il nuovo concetto di edificio ad energia zero, obiettivo finale delle nuove costruzioni. Questa normativa purtroppo non è stata captata subito e l'Unione Europea nel 2012 ha iniziato una procedura di infrazione nei confronti del nostro paese. In risposta a questa urgenza di aggiornare la legislazione in materia di efficienza energetica e per impedire l'aggravarsi della procedura viene emanato il decreto legge n°63, convertito successivamente in legge n°90 il 3 agosto del 2013, che mira a dei cambiamenti rilevanti sull'emissione dei certificati A.P.E, specificatamente in merito alle nuove costruzioni o ristrutturazioni, dove è necessario che il costruttore emetta la

certificazione di prestazione richiesta prima dell'emissione del certificato di agibilità. Molto importante evidenziare che, dall'emanazione della legge per la compravendita di unità immobiliari, i proprietari devono procurare ai compratori l'attestato di prestazione energetica, in mancanza di questo adempimento si incorre in una sanzione. La norma introduce inoltre nuovi incentivi per l'efficientamento energetico degli edifici. Però, nonostante questo adeguamento alla direttiva del 2010, non si riesce a conformare totalmente la normativa italiana alla direttiva e nel 2012 è stata emanata una nuova direttiva europea sull'efficienza energetica che apporta modifiche ai requisiti e alle varie definizioni di quella recepita dal governo italiano.

#### **4.4 Decreto linee guida APE e direttiva UE 2018/844**

Il 26 maggio del 2015 il governo italiano emana un decreto-legge per il totale recepimento della vecchia direttiva UE del 2010, recepire la direttiva del 2012 ed evitare una nuova procedura d'infrazione nei confronti dello stato. Il decreto è rivolto precisamente a favorire l'omogenea applicazione delle linee guida per la certificazione energetica degli edifici nel contesto nazionale. I contenuti del decreto sono: gli strumenti di raccordo, le linee guida nazionali per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici, la concertazione e cooperazione tra lo Stato e le Regioni e la realizzazione di un sistema informativo comune a tutto il territorio nazionale per la gestione di un catasto nazionale degli attestati di prestazione energetica e degli impianti termici. Questo ultimo concetto è molto importante da evidenziare poiché, grazie a questo decreto l'ENEA ha assunto il ruolo di organo di controllo per le asseverazioni in materia di efficienza energetica del parco edilizio italiano ed è proprio da questo decreto che poi nasce la sezione dedicata alle asseverazioni in origine, alla sola utilità di controllo di database per le certificazioni APE. Viene successivamente usata per certificare gli interventi eseguiti in questo biennio, per facilitare l'efficienza energetica e far ripartire l'economia in periodo di pandemia.

«Per quanto riguarda le linee guida fa fede l'allegato 1 del decreto, al fine di garantire un alto livello di qualità delle certificazioni emesse sul territorio, le linee guida prevedono:

- Le metodologie di calcolo, anche semplificate per gli edifici caratterizzati da ridotte dimensioni e prestazioni energetiche di modeste qualità, finalizzate a ridurre i costi a carico dei cittadini e a ridurre le emissioni di gas clima-alteranti.
- Il format di APE, che comprende tutti dati relativi alla prestazione energetica e all'utilizzo delle fonti rinnovabili nello stesso al fine di garantire un confronto tra edifici diversi.
- Lo schema di annuncio/vendita o locazione che renda uniformi le informazioni di qualità prestazionale fornite ai cittadini.
- La definizione dello schema informatico comune per tutto il territorio

nazionale, di seguito SIAPE, entro due anni dall'emanazione di questo decreto le regioni e le provincie autonome devono adeguare i propri strumenti regionali di attestazione alla direttiva 2010/31/UE. Le metodologie di calcolo descritte nelle linee guida tengono conto delle seguenti norme, la raccomandazione CTI 14/2013 prestazione energetica degli edifici o norme UNI equivalenti precedenti, su questo concetto in questomomento la norma che si dovrebbe applicare ai codici di calcolo per le prestazioni sarebbe la norma UNI EN ISO 52017 che descrive i metodi di calcolo generali mentre la UNI EN ISO 52016 introduce il nuovo metodo di calcolo dinamico orario che permette di ridurre l'incertezza dei risultati, questa norma dovrebbe essere entrata in vigore questo luglio ma per via dell'emergenza pandemica si utilizza ancora il calcolo mensile per redigere i certificati APE. Le altre norme che sono utilizzate nel calcolo della prestazione sono la UNI/TS 11300 che è divisa in 6 parti che comprendo il calcolo del fabbisogno per l'energia termica e primaria per la climatizzazione invernale-estiva, energia primaria per ACS, produzione da fonte rinnovabile, ascensori e sistemi tecnici. Per quanto concerne l'illuminazione si integra la norma UNI EN 15193 per il calcolo dei requisiti energetici degli apparecchi luminosi»

«Nel 2018 la Commissione europea ha approvato una nuova direttiva in materia di efficienza energetica e sull'utilizzo delle energie rinnovabili, tale direttiva impone l'incentivazione all'installazione di sistemi automatici intelligenti all'interno degli edifici (building automation), al rinnovamento del parco edilizio esistente e all'installazione di colonnine di ricarica di veicoli elettrici. La direttiva ha inoltre lo scopo di razionalizzare le disposizioni delle precedenti versioni della direttiva che non hanno dato i risultati sperati e di favorire le costruzioni di edifici a zero emissioni entro il 2050. Il governo italiano ha emanato il 10 giugno 2020 un decreto legislativo volto al ricevimento di questa direttiva apportando direttamente le modifiche al vecchio decreto legislativo n°192 del 2005, queste nuove disposizioni si affiancano alle disposizioni del decreto Rilancio precedentemente pubblicato il 19 maggio dello stesso anno».

#### **4.5      *Decreto Requisiti Tecnici***

Il 6 agosto 2020 è stato emanato il decreto requisiti tecnici. Esso esplicita i requisiti tecnici che devono soddisfare gli interventi che forniscono il diritto alla detrazione delle spese sostenute per interventi di efficienza energetica del patrimonio edilizio esistente, anche finalizzati al restauro o recupero della facciata esterna degli edifici esistenti.

Nel presente decreto sono state indicate le diverse tipologie di interventi che danno accesso alla detrazione:

« - Interventi di riqualificazione energetica globale di edifici esistenti o singole unità immobiliari, cui fa riferimento l'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006 n296.

-Gli interventi sull'involucro edilizio di edifici esistenti, quali comprendono le

strutture opache verticali e/o strutture opache orizzontali (coperture e pavimenti) delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno e verso vani non riscaldati.

-La sostituzione di finestre comprensive di infissi delimitanti il volume riscaldato verso l'esterno e verso vani non riscaldati.

-La posa in opera di schermature solari, in particolare sistemi di schermatura e/o chiusure tecniche oscuranti mobili, montate in modo solidale all'involucro edilizio o ai suoi componenti.

-Le parti comuni di edifici condominiali che interessino l'involucro dell'edificio con un'incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda.

-Gli interventi su parti comuni di edifici condominiali realizzati nelle zone sismiche 1,2 e 3 che contestualmente determino il passaggio a una classe di rischio sismico inferiore secondo quanto stabilito dal decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 28 febbraio 2017 n58.

-L'isolamento termico delle superfici opache verticali, orizzontali e inclinate che interessano l'involucro dell'edificio o dell'unità immobiliare situata all'interno di edifici plurifamiliari che sia funzionalmente indipendente, con un'incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda.

-Gli interventi di installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda per usi domestici o industriali e per la copertura del fabbisogno di acqua calda per piscine, strutture sportive, case di ricovero e cura, istituti scolastici e università.

-Gli interventi di installazione di collettori solari per la produzione di acqua calda in sostituzione anche parziale delle funzioni di riscaldamento ambiente e produzione di acqua calda sanitaria assolve prima dell'intervento dall'impianto di climatizzazione invernale.

-Interventi di sostituzione di integrale o parziale di impianti di climatizzazione invernale con le seguenti opzioni: caldaie a condensazione, sistemi di termoregolazione evoluti, impianti dotati di generatori ad aria a condensazione, impianti dotati di pompe di calore ad alta efficienza (anche con sistemi geotermici a bassa entalpia) anche reversibili, impianti di microgenerazione di potenza elettrica inferiore a 50kWe, generatori di calore a biomassa, allaccio ai sistemi di teleriscaldamento o scaldacqua a pompa di calore in sostituzione a un sistema di produzione di acqua calda quando avviene con lo stesso generatore destinato alla climatizzazione invernale.

-Interventi di installazione di sistemi di building automation.»

Tutti questi interventi citati sopra devono rispettare i requisiti tecnici contenuti nell'**allegato A** del medesimo decreto. Sinteticamente viene riportato qui sotto il riassunto dei requisiti suddivisi per tipologia di intervento presenti nell'allegato.

«Per interventi di riqualificazione energetica globale l'asseverazione del tecnico abilitato deve essere conforme con i requisiti previsti nel paragrafo 3.4 dell'allegato,

decreto requisiti minimi datato 26 giugno 2015. Per gli **interventi sull'involucro** di edifici esistenti l'asseverazione riporta i valori delle trasmittanze delle strutture su cui si interviene ante (valore medio anche stimato per via di mancanza di dati) e post-intervento (valori certificati o calcolati) e la dichiarazione che essi siano maggiori rispetto a quelli limiti nel caso di pre-intervento e minori o uguali a quelli limiti nel caso del post-intervento, tali limiti sono riportati nella tabella 1 dell'allegato E del decreto. Per la **sostituzione di finestre** comprensive di infissi in singole unità immobiliari la suddetta asseverazione può essere sostituita da una dichiarazione dei fornitori/assemblatori di detti elementi, attestante il rispetto dei requisiti.

Per la **posa in opera di schermature solari** queste devono essere installate esclusivamente da est a ovest passando per il sud. Si specifica che per i componenti finestrati aventi orientamento come descritto precedentemente è richiesto che abbiano un fattore di trasmissione solare g<sub>tot</sub> (serramento + schermatura) uguale o inferiore a 0.35. L'asseverazione di parti comuni di edifici deve dichiarare che l'intervento incida su più del 25% della superficie disperdente lorda. L'asseverazione deve dimostrare che l'edificio insieme agli altri interventi trainanti e trainati determini un incremento di almeno due classi energetiche o una classe se di partenza in fascia A3, con riferimento all'attestato di prestazione energetica. Inoltre, per quanto descritto precedentemente sugli interventi sull'involucro edilizio le componenti non affette da interventi devono comunque avere trasmittanze superiori al limite dei valori contenuti nell'allegato E (non si possono avere componentistica non conforme alla legge). Per quanto riguarda gli interventi di riduzione del rischio sismico devono ridurre di almeno una o due o più classi di rischio.

Per l'**installazione di collettori solari** devono soddisfare i seguenti requisiti, i collettori devono possedere una certificazione Solar Keymark o in alternativa può essere sostituita dalla medesima certificazione redatta per tutto il sistema. I collettori devono avere valori di producibilità specifica in caso di collettori piani superiore a 300 kWh/m<sup>2</sup>anno, per collettori sottovuoto superiore a 400 kWh/m<sup>2</sup>anno tutti i due i casi con località di riferimento Würzburg, mentre per i collettori a concentrazione maggiore di 500 kWh/m<sup>2</sup>anno con riferimento alla località di Atene. Per gli impianti solari termici per i quali è applicabile solamente la UNI EN 12976, la producibilità specifica deve essere maggiore di 400 kWh/m<sup>2</sup>anno con riferimento Würzburg. I collettori devono essere garantiti per un minimo di 5 anni e gli accessori e componenti del sistema per almeno 2 anni, l'installazione dell'impianto deve essere eseguita in conformità ai manuali dei componenti principali. Per i collettori solari a concentrazione per i quali non è disponibile la certificazione Solar Keymark, possono sostituirla con una approvazione tecnica rilasciata dall' ENEA. Nel caso i collettori siano dotati di protezione automatica dall'eccesso di radiazione solare per i quali non è possibile ottenere la certificazione né Solar Keymarks né dell'ENEA, i valori di producibilità specifica devono essere ridotti del 10%. Infine, qualora gli impianti abbiano superficie dei collettori inferiore a 20 m<sup>2</sup>, l'asseverazione può essere sostituita da una dichiarazione del fornitore che attesti il rispetto delle norme tecniche sopra elencate.

**Gli interventi di sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale con caldaie a condensazione** devono rispettare i seguenti requisiti, gli impianti esistenti sono sostituiti con caldaie a condensazione con efficienza stagionale per il riscaldamento d'ambiente maggiore o uguale a 90% del valore minimo della classe A, per caldaie a condensazione con potenza superiore a 400 kW con rendimento superiore a 98,2 % secondo la norma UNI EN 15502. Per impianti con potenza termica utile inferiore a 100 kW l'asseverazione può essere sostituita da una dichiarazione del fornitore, tali requisiti possono essere comprovati tramite scheda tecnica del prodotto. Per le caldaie con sistema di termoregolazione evoluto il dispositivo di controllo di temperatura deve appartenere alle classi V, VI oppure VIII della Comunicazione 2014/C 207/02. Per gli interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di aria calda a condensazione deve avere un rendimento termico utile riferito al potere calorifico inferiore a carico pari al 100% della potenza termica utile nominale maggiore o uguale a  $93 + \log(P_n)$  dove  $P_n$  è la potenza utile nominale espressa in kW nella formula, e dove per valori di  $P_n$  maggiori di 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW. Per impianti con potenza inferiore a 100 kW l'asseverazione può essere sostituita da dichiarazione del fornitore. Per i soli interventi di sostituzione con generatori di calore con potenza termica utile maggiori di 100 kW si osservano inoltre i seguenti requisiti, l'adozione di un bruciatore modulante con regolazione climatica che agisce direttamente sullo stesso, la pompa di tipo elettronico installata deve essere a giri variabili o con sistemi assimilabili e il sistema di distribuzione deve essere messo a punto ed equilibrato sulle portate.

Per la **sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale con pompe di calore ad alto rendimento** anche con sistemi geotermici a bassa entalpia i requisiti che devono avere le pompe di calore, in particolare coefficiente di prestazione COP/GU<sub>ch</sub> o EER/GU<sub>cc</sub> nel caso siano reversibili, sono fissati nelle tabelle 3 e 4 dell'allegato F. Qualora siano installate pompe di calore elettriche con inverter i valori limite devono essere ridotti del 5%. Per impianti con potenza utile complessiva superiore a 100 kW il sistema di distribuzione deve essere messo a punto ed equilibrato sulle portate, sotto questo livello di potenza l'asseverazione può essere sostituita da una dichiarazione del fornitore attestante il rispetto dei limiti.

**Gli interventi di sostituzione con impianti dotati di sistemi ibridi** devono presentare la idonea documentazione prodotta dal fornitore degli apparecchi, in particolare il sistema ibrido è costituito da una pompa di calore e caldaia a condensazione realizzate e concepite per funzionare in abbinamento fra loro, il rapporto tra potenza utile nominale della pompa di calore e la potenza utile nominale della caldaia è minore o uguale di 0.5, il COP/GUE della pompa deve rispettare i limiti dell'allegato F. Sulla caldaia a condensazione valgono gli stessi limiti descritti precedentemente con l'aggiunta che le temperature minime e massime sono 60°C e 80 °C. Per sistemi ibridi con potenza inferiore o uguale a 100 kW sussiste sempre la sostituzione dell'asseverazione con la dichiarazione del fornitore.

Per gli **interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con**

**impianti dotati di micro- cogeneratori** i requisiti sono che l'intervento sulla base dei dati di progetto deve condurre a un risparmio in energia primaria pari almeno al 20%, che tutta l'energia termica prodotta sarà utilizzata per soddisfare la richiesta termica per la climatizzazione degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria. Qualora sia previsto il mantenimento del generatore precedentemente installato come backup l'asseverazione ne deve riportare le motivazioni. Alla asseverazione deve essere allegata la documentazione che evidenzia le prestazioni energetiche e che attesti l'assenza di dissipazioni energetiche, variazioni di carico, regolazioni della potenza termica, rampe di accensione e spegnimento di lunga durata, altre situazioni di funzionamento modulabile che determinano variazioni del rapporto energia elettrica/energia termica. Per la realizzazione, la connessione alla rete elettrica e l'esercizio dell'impianto si fa riferimento al decreto del Ministro dello sviluppo economico 16 marzo 2017. Per gli interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti a biomassa combustibile, la caldaia deve avere prestazioni emissive con i valori previsti a 5 stelle con riferimento al decreto del Ministro dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare 7 novembre 2017 n°186 e inoltre l'installazione è permessa solo esclusivamente per le aree non metanizzate nei comuni non interessati dalle procedure di infrazione comunitaria n° 2014/2147 del 24 luglio 2014 o n° 2015/2043 del 28 maggio 2015 per la non ottemperanza direttiva 2008/50/CE.

Per la **sostituzione di scaldacqua tradizionali** con pompe di calore l'asseverazione è sostituita da una dichiarazione del fornitore che attesti che sono rispettati i limiti previsti nell'allegato 2 del decreto legislativo 3 marzo 2011 (COP>2,6). Infine, per gli **interventi di installazione di generatori di calore a biomasse combustibili**, l'asseverazione deve presentare la necessaria documentazione che attesti il rispetto dei requisiti pertinenti all'allegato G. Per sistemi con potenza termica utile inferiore o uguale a 100 kW sussiste sempre la sostituzione dell'asseverazione con la dichiarazione del fornitore.

Per gli **interventi di building automation** l'asseverazione o la documentazione tecnica del fornitore deve dimostrare che la suddetta tecnologia afferisce almeno alla classe B della norma EN 15232 e consente la gestione automatica personalizzata dell'impianto di riscaldamento o produzione di acqua calda sanitaria in maniera idonea a mostrare attraverso canali multimediali i consumi energetici mediante fornitura periodica dei dati, mostrare le condizioni di funzionamento correnti e la temperatura di regolazione degli impianti e consentire la programmazione/accensione e spegnimento dell'impianto da remoto.

Per gli **Interventi che fruiscono delle detrazioni fiscali del 110% ai sensi del Decreto Rilancio**, articolo 119, commi 1 e 2, le asseverazioni di cui al presente allegato, redatte ai sensi del decreto di cui al comma 13 del medesimo articolo, contengono la dichiarazione del tecnico abilitato che l'intervento ha comportato il miglioramento di almeno due classi energetiche (o una classe energetica qualora la

classe ante intervento sia la A3). All'asseverazione sono allegati gli attestati di prestazione energetica ante e post-intervento rilasciati da tecnici abilitati, dal progettista o dal direttore dei lavori, nella forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio.

Gli attestati di prestazione energetica (APE), qualora redatti per edifici con più unità immobiliari, sono detti "convenzionali" e sono appositamente predisposti ed utilizzabili esclusivamente allo scopo di verificare il doppio salto di classe.

Gli APE convenzionali vengono predisposti considerando l'edificio nella sua interezza, considerando i servizi energetici presenti nella situazione ante-intervento. Per la redazione degli APE convenzionali, riferiti come detto a edifici con più unità immobiliari, tutti gli indici di prestazione energetica dell'edificio considerato nella sua interezza, compreso l'indice  $EP_{gl,nren,rif,standard}$  che serve per la determinazione della classe energetica dell'edificio, si calcolano a partire dagli indici prestazione energetica delle singole unità immobiliari. In particolare, ciascun indice di prestazione energetica dell'intero edificio è determinato calcolando la somma dei prodotti dei corrispondenti indici delle singole unità immobiliari per la loro superficie utile e dividendo il risultato per la superficie utile complessiva dell'intero edificio.

Per gli interventi di cui all'articolo 119, commi 1 e 2 del Decreto Rilancio, nonché per gli altri interventi che, ai sensi del presente allegato prevedano la redazione dell'asseverazione ai sensi del presente allegato A da parte del tecnico abilitato, il tecnico abilitato stesso che la sottoscrive allega il computo metrico e assevera che siano rispettati i costi massimi per tipologia di intervento, nel rispetto dei seguenti criteri:

- a) i costi per tipologia di intervento sono inferiori o uguali ai prezzi medi delle opere compiute riportati nei prezziari predisposti dalle regioni e dalle province autonome territorialmente competenti, di concerto con le articolazioni territoriali del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti relativi alla **regione** in cui è sito l'edificio oggetto dell'intervento. In alternativa ai suddetti prezziari, il tecnico abilitato può riferirsi ai prezzi riportati nelle guide sui "Prezzi informativi dell'edilizia" edite dalla casa editrice **DEI**- Tipografia del Genio Civile;
- b) nel caso in cui i prezziari di cui alla lettera a) non riportino le voci relative agli interventi, o parte degli interventi da eseguire, il tecnico abilitato determina i nuovi prezzi per tali interventi in **maniera analitica**, secondo un procedimento che tenga conto di tutte le variabili che intervengono nella definizione dell'importo stesso;
- c) sono ammessi alla detrazione di cui all'articolo 1, comma 1, gli oneri per le **prestazioni professionali** connesse alla realizzazione degli interventi, per la redazione dell'attestato di prestazione energetica APE, nonché per l'asseverazione di cui al presente allegato, secondo i valori massimi di cui al decreto del Ministro della giustizia 17 giugno 2016 recante approvazione

delle tabelle dei corrispettivi commisurati al livello qualitativo delle prestazioni di progettazione adottato ai sensi dell'articolo 24, comma 8, del decreto legislativo n. 50 del 2016.

Per gli interventi di cui al presente allegato A, per i quali l'asseverazione può essere sostituita da una dichiarazione del fornitore o dell'installatore, l'ammontare massimo delle detrazioni fiscali o della spesa massima ammissibile è calcolato sulla base dei **massimali di costo specifici** per singola tipologia di intervento di cui all'allegato I al presente decreto.

Qualora la verifica ai sensi dei punti precedenti evidenzia che i costi sostenuti sono maggiori di quelli massimi ivi indicati in relazione a una o più tipologie di intervento, la detrazione è applicata nei limiti massimi individuati dal presente decreto.»

#### **4.6 Decreto Asseverazioni**

Il decreto mette un ordine al contenuto e le modalità di trasmissione dell'asseverazione dei requisiti per gli interventi di cui ai commi 1, 2 e 3 dell'art. 119 del decreto Rilancio, relativi alle detrazioni del 110% in materia edilizia, e fissa per i medesimi interventi, le modalità di verifica ed accertamento delle asseverazioni, attestazioni e certificazioni infedeli al fine dell'irrogazione delle sanzioni previste dalla legge.

“L'art. 2 del decreto prevede prima di tutto che il tecnico abilitato:

- antepone alla sottoscrizione dell'asseverazione il richiamo agli articoli 47, 75 e 76 del DPR 445/2000 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di documentazione amministrativa);
- all'atto della sottoscrizione, appone il timbro fornito dal collegio o dall'ordine professionale, attestante che lo stesso possiede il requisito, prescritto dalla legge, dell'iscrizione nell'albo professionale e di svolgimento della libera professione.”

#### **Allegati alle asseverazioni ed assicurazione**

Sempre all'interno dell'art. 2 sono presenti elementi essenziali al fine dell'asseverazione, a pena di invalidità:

- la dichiarazione espressa del tecnico abilitato con la quale lo stesso specifica di voler ricevere ogni comunicazione con valore legale ad un preciso indirizzo di posta elettronica certificata, anche ai fini della contestazione di eventuali sanzioni;
- la dichiarazione che, alla data di presentazione dell'asseverazione, il massimale della polizza allegata è adeguato al numero delle attestazioni o asseverazioni rilasciate e agli importi degli interventi oggetto delle predette asseverazioni o attestazioni.

Il massimale della polizza di assicurazione è adeguato al numero delle asseverazioni rilasciate e all'ammontare degli importi degli interventi oggetto delle asseverazioni; a tal fine, il tecnico abilitato dichiara che il massimale della polizza di assicurazione allegata all'asseverazione è adeguato. In ogni caso, il massimale della polizza di assicurazione non può essere inferiore a euro 500.000. Ovviamente deve essere allegata anche la copia del documento di riconoscimento del tecnico.

Infatti, il tecnico abilitato deve allegare, a pena di invalidità dell'asseverazione medesima, copia della polizza di assicurazione, che costituisce parte integrante del documento di asseverazione.

### **Contenuti dell'asseverazione**

L'asseverazione potrebbe avere come oggetto gli interventi terminati o uno stato di avanzamento dei lavori (SAL) per la loro realizzazione, ed è redatta: ”

- a) secondo il modulo tipo – allegato 1, che contiene gli elementi essenziali dell'asseverazione, con riferimento al caso in cui i lavori siano conclusi;
- b) secondo il modulo tipo – allegato 2, che contiene gli elementi essenziali dell'asseverazione di cui al presente articolo, con riferimento al caso di uno stato di avanzamento lavori.”

L'asseverazione di cui alla lettera b) è comunque seguita, dopo il termine dei lavori, dall'asseverazione di cui alla lettera a).

### **Termini e modalità di trasmissione dell'asseverazione**

Nell'art.3 si esaminano i termini e le modalità dell'asseverazione, essa è compilata on-line nel portale informatico ENEA dedicato, secondo i modelli di cui agli allegati al decreto e una precedente registrazione da parte del tecnico abilitato.

La stampa del modello compilato, debitamente firmata in ogni pagina e timbrata sulla pagina finale con il timbro professionale, è digitalizzata e trasmessa ad ENEA attraverso il suddetto sito.

L'asseverazione è trasmessa entro 90 giorni dal termine dei lavori, nel caso di asseverazioni che facciano riferimento a lavori conclusi. In seguito alla trasmissione, il tecnico abilitato riceve la ricevuta di avvenuta trasmissione, che riporta il codice univoco identificativo attribuito dal sistema.

## **Controlli e verifiche ENEA**

Negli art.4-5 si esaminano le verifiche e i controlli, al fine di consentire ai beneficiari di poter accedere alla detrazione diretta e alla cessione o allo sconto di cui all'art. 121 del decreto Rilancio. ENEA effettua un controllo automatico tramite il portale, volto ad assicurare la completezza della documentazione fornita.

“In particolare, per ogni istanza, ENEA verifica che sia fornita dichiarazione:

- a) che il beneficiario rientri tra quelli previsti dal comma 9 dell'art. 119 del decreto Rilancio e che siano rispettate le condizioni di cui al comma 10 del medesimo articolo;
- b) per tutti gli interventi oggetto dell'asseverazione, che i dati tecnici dichiarati nella scheda di cui all'allegato D del decreto requisiti ecobonus garantiscano:
  - la rispondenza degli interventi ai requisiti di cui al decreto requisiti ecobonus;
  - che la tipologia di edificio rientri tra quelli agevolabili ai sensi dell'art. 119 del decreto Rilancio;
- c) che, per gli eventuali ulteriori interventi di cui all'art. 14 del DL n. 63 del 2013, diversi da quelli di cui alla lettera a) e b), siano rispettate le condizioni di cui al comma 2 dell'art. 119 del decreto Rilancio;
- d) della congruità degli stessi interventi al rispetto dei costi specifici di cui all'art. 3, comma 2 del decreto requisiti ecobonus;
- e) che l'asseverazione sia regolarmente datata, sottoscritta e timbrata dal tecnico abilitato;
- f) che nell'asseverazione sia presente il richiamo agli articoli 47, 75 e 76 del dpr n. 445/2000;
- g) del tecnico abilitato, con la quale lo stesso dichiara di voler ricevere ogni comunicazione con valore legale;
- h) che, alla data di presentazione dell'asseverazione, il massimale della polizza di assicurazione è adeguato al numero delle attestazioni o asseverazioni rilasciate e agli importi degli interventi oggetto delle predette asseverazioni o attestazioni e, comunque, non inferiore a 500 mila euro;
- i) che, per la polizza di assicurazione, siano riportati la società assicuratrice, il numero della polizza, l'importo complessivo assicurato, la disponibilità residua della copertura assicurativa, che deve essere maggiore o uguale all'importo dell'intervento asseverato.

Dopo che arriva l'esito positivo della verifica, eseguita anche a mezzo del portale informatico, ENEA rilascia la ricevuta informatica comprensiva del codice identificativo della domanda.

Nei casi in cui l'asseverazione si rifaccia ad un SAL per la loro realizzazione, ai fini della verifica di cui alle lettere b), c, d), g) è acquisita la dichiarazione del tecnico abilitato che asseveri il rispetto dei requisiti secondo quanto indicato dal progetto,

dagli APE preliminari e dalle caratteristiche tecniche dei componenti acquistati, come evidenziato anche dalle attestazioni/schede tecniche fornite dai produttori e dalle fatture allegate.

Il campione delle istanze sottoposte a controllo è definito nel limite minimo del 5% delle asseverazioni annualmente presentate.

Questo codice identificativo è abilitante all'accesso alle opzioni di cui all'art. 121 del decreto Rilancio per un ammontare massimo uguale al valore economico dello stato di avanzamento lavori dichiarato.

Il decreto inoltre stabilisce che ENEA esegue i controlli su tutte le asseverazioni relative a interventi avviati prima del 1° luglio 2020.

### **Sanzioni**

Nell'art.6 si trattano le sanzioni, rispettando l'applicazione delle sanzioni penali ove il fatto costituisca reato, la Direzione generale per l'approvvigionamento, l'efficienza e la competitività energetica del Ministero dello sviluppo economico infligge ai soggetti che rilasciano attestazioni e asseverazioni infedeli la sanzione amministrativa monetaria da euro 2.000 a euro 15.000 per ciascuna attestazione falsa presentata.

Negli **art.7-8-9** si trattano rispettivamente:

- Comunicazione alla Agenzia delle entrate e al Ministero dell'economia e delle finanze.
- Rendicontazione attività.
- Disposizioni finali.

## 5 *Introduzione e analisi caso studio*



L'immobile oggetto di intervento è sito nel Comune di Carmagnola (TO) in Via Crissolo n. 3-5 ed è contraddistinto al C.T. al Foglio n.125 Particella n. 230. Costruito nel 1968, la destinazione d'uso prevalente dell'edificio è (E.1) edifici adibiti a residenza e assimilabili e la tipologia edilizia è (B) edificio a schiera e condomini fino a tre piani; è stato recentemente acquistato da un cooperativa di professionisti i quali hanno commissionato l'intervento di riqualificazione energetica allo studio di progettazione Politecna Europa S.R.L, nel quale ho sostenuto il tirocinio e sin dai primi contatti avuti con i committenti ho partecipato attivamente agli incontri preliminari e ai sopralluoghi, decidendo poi di affidare al sottoscritto la pratica.

### **STATO DI FATTO**

Trattasi di un unico fabbricato isolato, a pianta quadrangolare con copertura a quattro falde, si sviluppa in altezza per quattro piani fuori terra, più sottotetto non abitabile; il piano terra è adibito a cantine e box auto, mentre gli altri tre piani risultano abitati e suddivisi in nove unità abitative totali, rispettivamente tre per piano. Le pareti esterne sono realizzate in muratura cassavuota, dal punto di vista estetico esse presentano una dicotomia: per quasi la totalità della loro superficie le pareti risultano rivestite con intonaco bianco, mentre per alcune porzioni esse sono caratterizzate da mattoni faccia a vista, in particolare nella nicchia corrispondente all'ambiente di distribuzione verticale dell'immobile, in alcuni angoli dell'edificio e nella sporgenza della facciata a Sud. Si sottolinea, inoltre, la presenza di molteplici balconi, realizzati con solette in cls. non isolate e con ringhiere attualmente in colore beige chiaro con una decorazione geometrica in metallo. La copertura, non isolata, è composta dalle tipiche tegole colore mattone, mentre il sottotetto risulta isolato. Le aperture presentano una cornice in marmo di lieve spessore e gli infissi originali in legno sono stati sostituiti nel 2009 con serramenti in alluminio a taglio termico.

Per quanto riguarda la centrale termica, risale al 1987 l'anno d'installazione del generatore di calore, una caldaia tradizionale, con impianto centralizzato, i terminali di erogazione del calore sono i radiatori, il tipo di distribuzione è a colonne montanti

con distribuzione ramificata (o ad albero) e la regolazione è centralizzata con centralina climatica comandata da sonda esterna. Nel 2010 è stata cambiata la caldaia, inserendone una a condensazione, una RIELLO TAU 100 UNIT.

Di seguito vengono riportate le foto delle facciate e le tavole dei prospetti:



*Immagine 1: Facciata Ovest, cono ottico 1*



*Immagine 2: Facciata Nord, cono ottico 2*



*Immagine 3: Facciata Est, cono ottico 3*



*Immagine 4: Facciata Sud, con ottico 4*

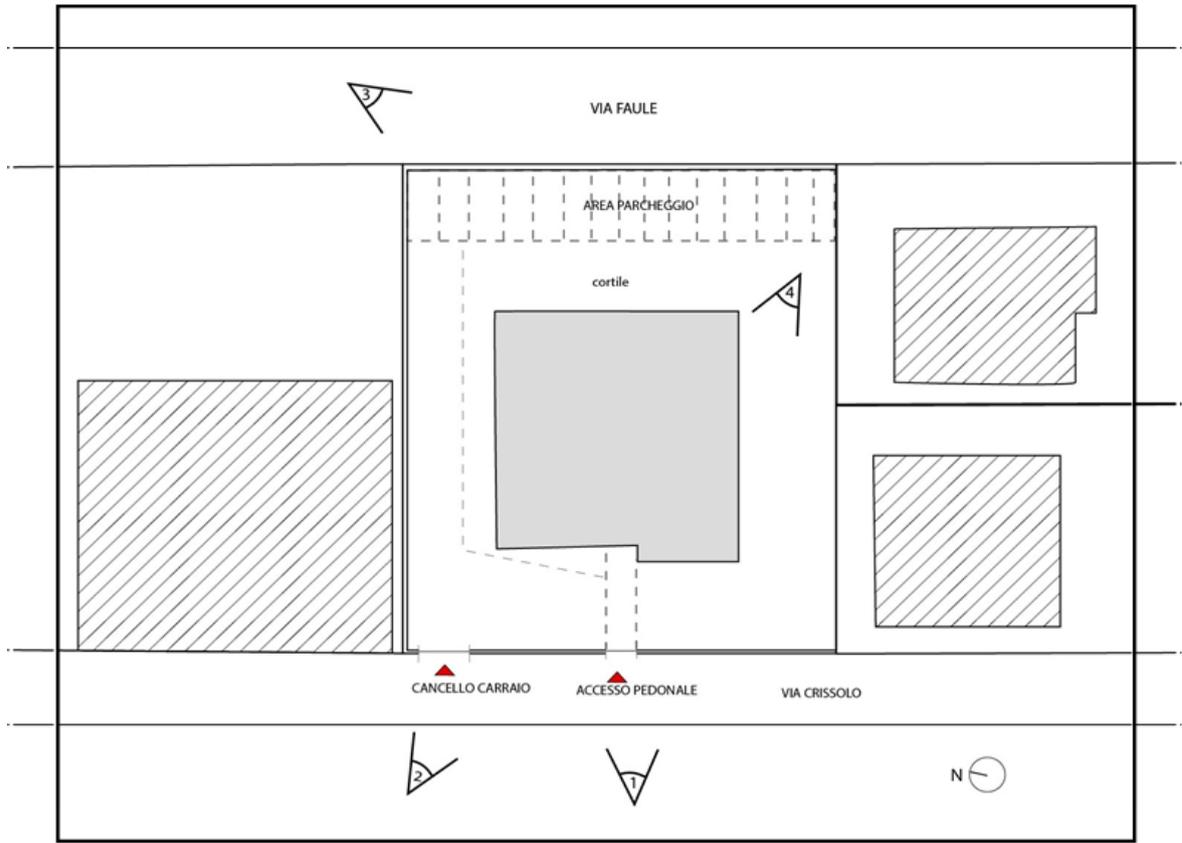
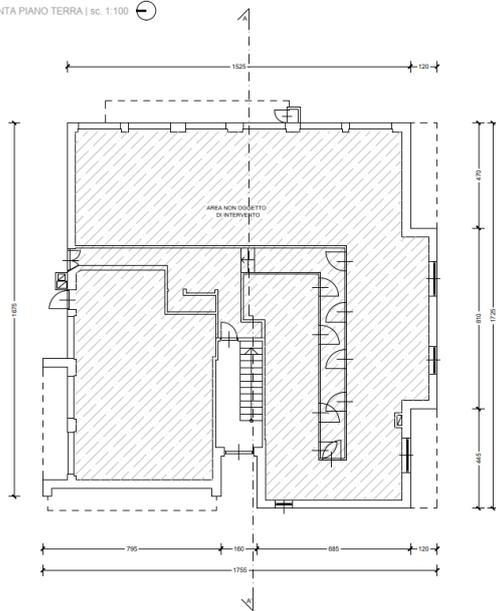
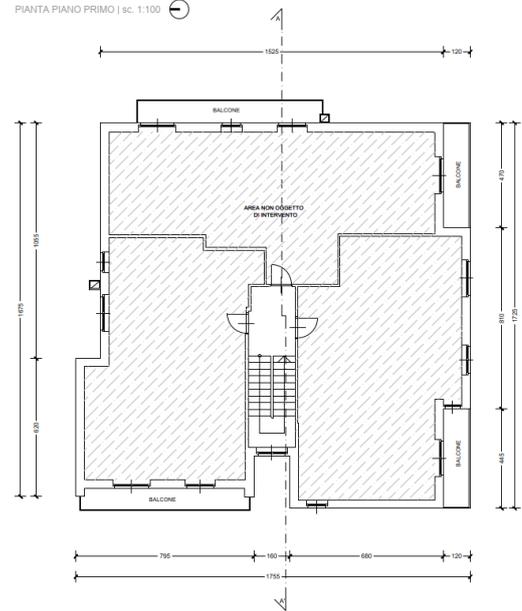


Tavola 1: Planimetria con ottici.

PIANTA PIANO TERRA | sc. 1:100

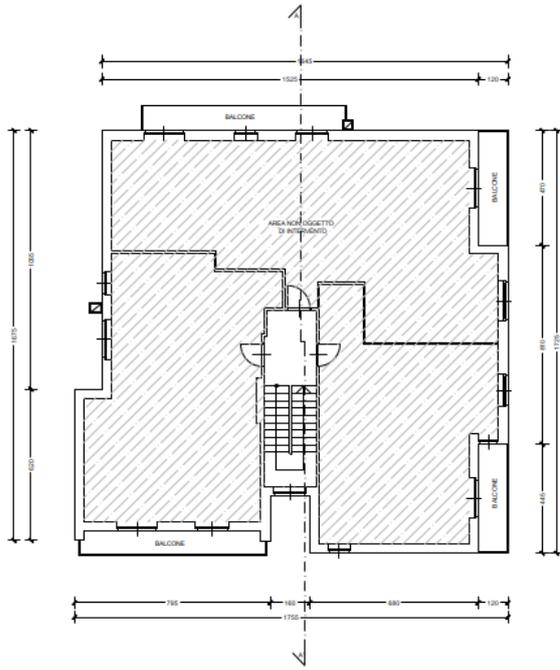


PIANTA PIANO PRIMO | sc. 1:100

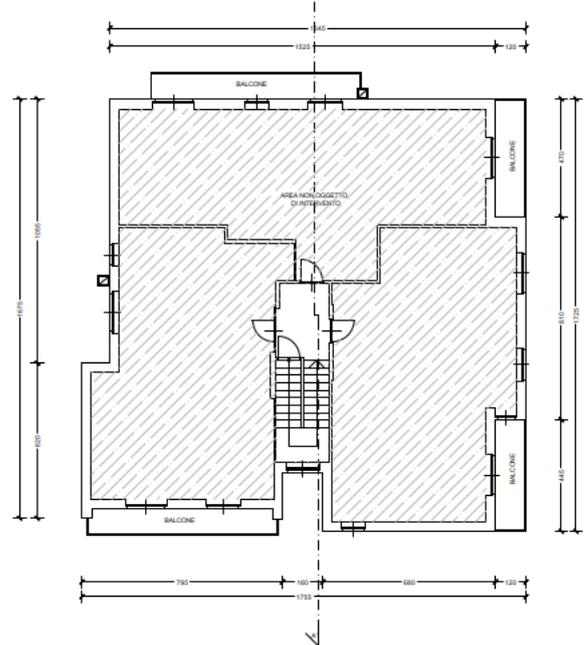


Pianta 1: Piano Terra (a sx) e Piano Primo (a dx)

PIANTA PIANO SECONDO | sc. 1:100

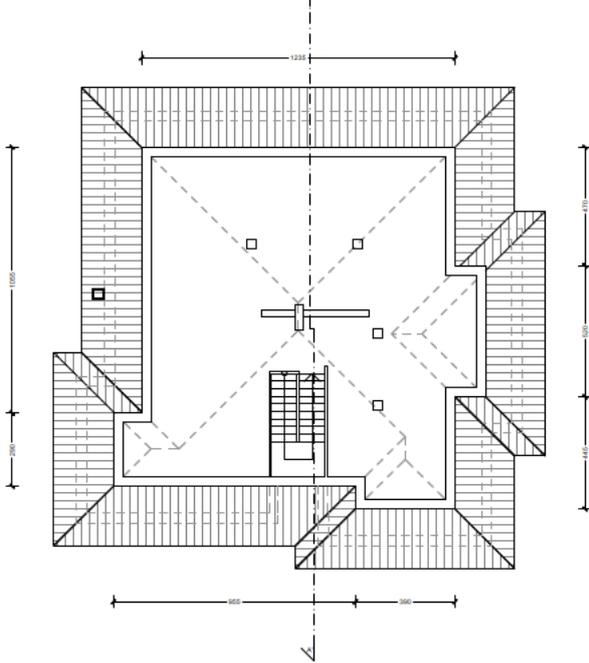


PIANTA PIANO TERZO | sc. 1:100

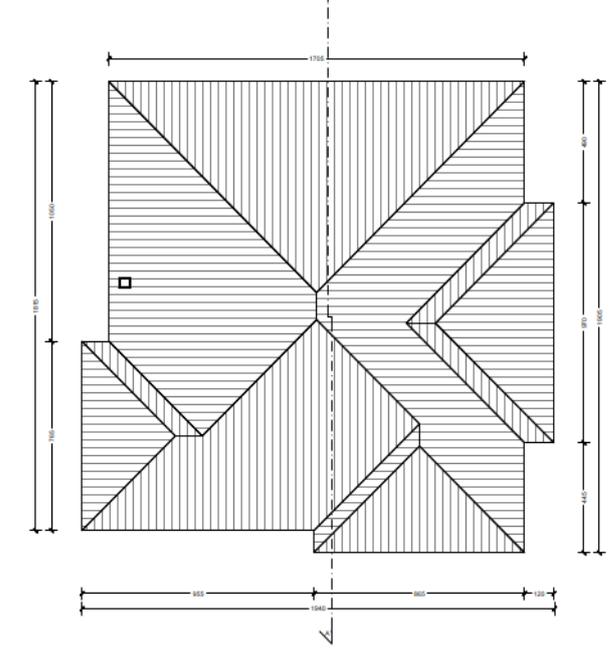


Pianta 2: Piano Secondo ( a sx ) e Piano Terzo ( a dx )

PIANTA PIANO SOTTOTETTO | sc. 1:100



PIANTA COPERTURA | sc. 1:100



Pianta 3: Sottotetto ( a sx ) e Copertura ( a dx )

PROSPETTO EST | sc. 1:100



PROSPETTO OVEST | sc. 1:100

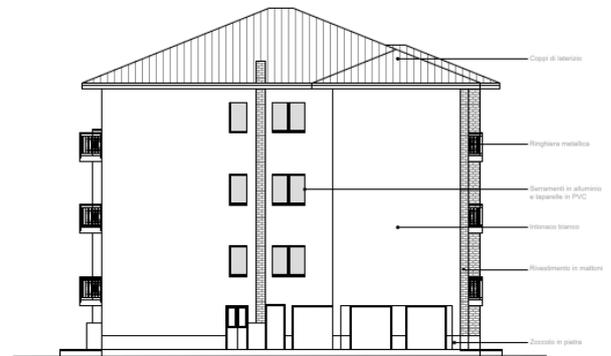


Pianta 4: Prospetto Est e Prospetto Ovest

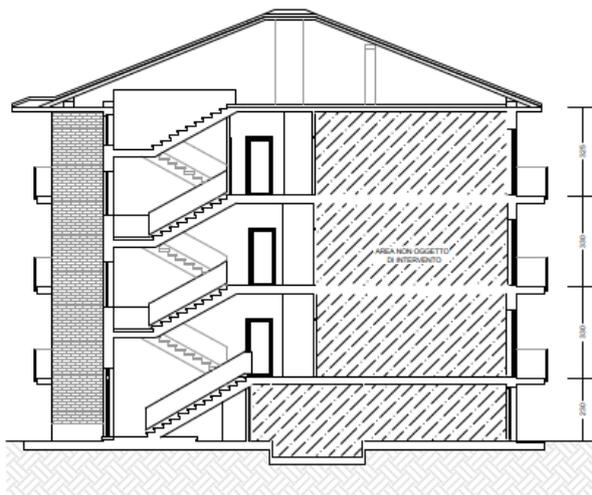
PROSPETTO SUD | sc. 1:100



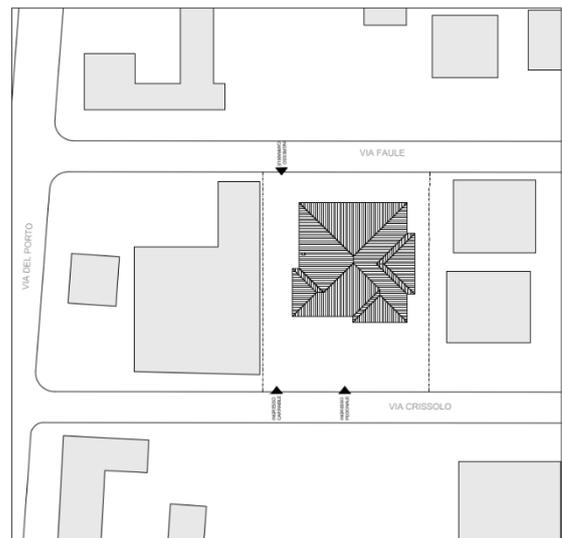
PROSPETTO NORD | sc. 1:100



Pianta 5: Prospetto Sud (a sx) e Prospetto Nord (a dx)



PLANIMETRIA GENERALE - SCALA 1:200



Pianta 6: Sezione A1/A1 e planimetria generale

## 5.1 *Dati generali*

### 5.1.1 *Dati di progetto*

L'edificio soggetto a riqualificazione energetica è ubicato a Carmagnola (TO) in Via Crissolo 3-5, la progettazione è affidata allo studio Politecna Europa S.R.L con sede in Via Del Carmine 15 -10122 Torino. Essendo un condominio la destinazione d'uso è E.1(1) come da DPR 412/93. Il software utilizzato per la modellazione energetica è EC700 e la tipologia di calcolo segue la norma UNI/TS 11300.

Tale norma si compone di quattro specifiche tecniche, ognuna delle quali descrive le metodologie di calcolo per valutare le prestazioni energetiche degli edifici per la climatizzazione invernale, la climatizzazione estiva, l'acqua calda sanitaria, considerando il contributo offerto dalle fonti rinnovabili. Le applicazioni delle singole norme tecniche trovano riscontro in diversi tipi di valutazione energetica di calcolo come riportato in tabella:

Tabella 2: Tipologie di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici individuate dalla UNI/TS 11300

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo di valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
A1 di Progetto ( <i>Design Rating</i> )	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire, Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
A2 Standard ( <i>Asset Rating</i> )	Standard	Standard	Reale	Certificazione o Qualificazione energetica
A3 Adattata all'utenza ( <i>Tailored rating</i> )	In funzione dello scopo		Reale	Ottimizzazione, validazione, diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione energetica

Nel nostro caso utilizzeremo un calcolo regolamentare ovvero il nostro interesse è rivolto alle verifiche di legge e all'APE; quindi, le modalità di valutazione energetica sono A1/A2; invece, A3 è utilizzata per le diagnosi energetiche.

### 5.1.2 *Dati climatici*

In questa sezione vengono definite le caratteristiche della località in cui si trova l'edificio. Il software segue la norma UNI 10349:2016, dove sarà possibile visualizzare sia i valori mensili che i valori orari dei dati climatici.

La UNI 10349 sui dati climatici relativi al riscaldamento e raffrescamento degli edifici, è composta da tre parti:

- la UNI 10349-1 riguarda le medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata. Fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la verifica delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli

edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale ad essi asserviti. La norma fornisce inoltre metodi di calcolo per:

-ripartire l'irradianza solare oraria nella frazione diretta e diffusa;

-calcolare l'energia raggianti ricevuta da una superficie fissa comunque inclinata ed orientate;

- il rapporto tecnico UNI/TR 10349-2 riguarda i dati di progetto. Il rapporto tecnico fornisce, per il territorio italiano, i dati climatici convenzionali necessari per la progettazione delle prestazioni energetiche e termoigrometriche degli edifici, inclusi gli impianti tecnici per la climatizzazione estiva ed invernale ad essi asserviti. I dati di progetto contenuti nel rapporto tecnico sono rappresentativi delle condizioni climatiche limite, da utilizzare per il dimensionamento degli impianti tecnici per la climatizzazione estiva e invernale e per valutare il rischio di surriscaldamento estivo;
- la UNI 10349-3 riguarda le differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici. La norma fornisce metodi di calcolo e prospetti di sintesi relativi a indici sintetici da utilizzarsi per la descrizione climatica del territorio. La UNI 10349-3 completa la UNI EN ISO 15927-6 fornendo la metodologia di calcolo per la determinazione, sia nella stagione di raffrescamento, sia nella stagione di riscaldamento degli edifici, dei gradi giorno, delle differenze cumulate di umidità massica, della radiazione solare cumulata su piano orizzontale e dell'indice sintetico di severità climatico del territorio. Gli indici possono anche essere utilizzati per una prima verifica di massima degli impianti

Inserendo il comune in cui è ubicato l'edificio e la provincia, EC700 compila di default i vari dati, in particolare:

- gradi giorno secondo DPR 412/93;
- altitudine sul livello del mare del comune, espressa in m;
- latitudine e longitudine (la posizione geografica del comune individuata dalle coordinate inserite viene riportata indicativamente sulla cartina dell'Italia, posizionata a lato);
- codice catastale e CAP;
- indicazione circa la distanza dalla costa (< 20 km, < 40 km, > 40 km);
- regione di vento (norma UNI 10349);
- direzione prevalente del vento;
- velocità media del vento durante la stagione invernale, espressa in m/s;
- velocità massima (di progetto) del vento durante la stagione invernale, espressa in m/s;
- Codice ISTAT;

**Dati geografici**

Comune:

Provincia:

Gradi giorno DPR 412/93:  gg

Altitudine s.l.m.:  m

Latitudine Nord:  °  '

Longitudine Est:  °  '

Codice Catastale:  CAP:

Codice ISTAT:

Distanza dal mare:  km

Regione di vento:

Direz. preval. vento:

Velocità vento media:  m/s

Velocità vento max:  m/s

Dettagli mensili



- Stazioni di rilevazione (o località di riferimento) per il calcolo delle temperature medie mensili, irraggiamento solare e ventosità;
- irradianza solare sul piano orizzontale, nel mese di massima insolazione, espressa in W/m<sup>2</sup>;
- località di riferimento per il calcolo della temperatura esterna invernale di progetto;
- temperatura esterna invernale di progetto, espressa in °C, con possibile introduzione di una variazione, positiva o negativa, per tener conto delle condizioni climatiche specifiche del contesto;
- zona climatica (A, B, C, D, E, F);
- durata convenzionale del periodo di riscaldamento con inizio e fine del periodo, espressa in giorni.

**Dati invernali**

Stazione di rilevazione per:

Temperatura:

Irraggiamento:

Ventosità:

Temperatura esterna

Località di rif.:

Temperatura:  °C

Variazione:  °C

Adottata:  °C

Periodo convenzionale riscaldamento

Zona climatica:

Durata:  giorni

Dal giorno:

Al giorno:

Irradianza solare massima sul piano orizzontale:  W/m<sup>2</sup>

**Dati estivi**

Località riferimento estiva:

Temperatura bulbo secco:  °C

Temperatura bulbo umido:  °C

Umidità relativa:  %

Umidità assoluta:  g/kg

Escursione termica giornaliera:  °C

### 5.1.3 *Regime normativo*

In questa sezione si definisce il regime normativo secondo il quale effettuare le verifiche di legge e gli attestati energetici dell'edificio.

Per richieste edilizie successive al 1/10/2015 si usa il **Decreto 26/06/2015**, poi selezionando il check “**Abilita verifiche secondo DLgs 3.3.2011, n. 28**”, nella maschera “Verifiche di legge” vengono abilitate le prescrizioni richieste dal decreto legislativo n. 28/2011 inerenti all'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici di nuova costruzione e negli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni rilevanti. Inoltre, è importante la **data del titolo edilizio** per la corretta applicazione dei limiti normativi previsti all'Allegato 3 del decreto legislativo.

Nella sottosezione “opzioni di lavoro” si vanno a definire i *ponti termici* calcolati secondo un metodo analitico che ti permette di inserire puntualmente ciascun ponte termico specificandone la trasmittanza termica lineica e associandolo alla rispettiva struttura opaca o trasparente interessata; le *resistenze liminari* secondo l'appendice A UNI EN ISO 6946; per le *serre o i locali non climatizzati* si usa un calcolo semplificato, che considera il coefficiente di correzione della temperatura  $b_{tr,u}$  editato manualmente o ottenuto in maniera tabellare; per la *capacità termica, definizione ombreggiamenti e radiazione solare* si utilizzano rispettivamente un calcolo semplificato che utilizza valori tabellati, un calcolo automatico che permette di disegnare gli ombreggiamenti direttamente nel modulo grafico (che vedremo successivamente) e per la radiazione solare un calcolo con angolo di azimut in conformità alla UNI 10349-1:2016.

Poi si definiscono nella sottosezione “opzioni normative” le scelte che determineranno l'impostazione dei calcoli successivi, in particolare:

- Rendimento globale medio stagionale calcolato secondo le FAQ ministeriali (agosto 2016)
- Verifica di condensa interstiziale secondo il DM 26/06/2015 (interpretazione più restrittiva)
- Regime normativo secondo la UNI/TS 11300-4 e 5:2016

### 5.1.4 *Dati di default*

Selezionando la scheda “Dati default” viene visualizzata la maschera in cui definire i dati di uso più frequente che verranno automaticamente proposti in fase di introduzione dei dati relativi ai locali, alle zone ed all'edificio. La maggior parte dei dati risultano già precompilati

- Temperature interne relative a ciascuno dei calcoli da effettuare.
- Ricambi d'aria.
- Altezza netta del locale: il dato è utile ai soli fini della compilazione manuale delle superfici disperdenti dell'edificio.

- Capacità termica per unità di superficie: il software propone alcuni valori tabellati in base al tipo di intonaco, isolamento, pareti esterne e pavimenti che sono presenti nell'edificio e in questo caso è abbastanza ragionevole scegliere 135 kJ/m<sup>2</sup>K.

Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi				Numero di piani		
Intonaci	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥3
				Capacità termica aerea		
gesso	interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	115	115	115
	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	115	125	135
	assente/esterno	medie/pesanti	piastrelle	125	135	135

- Correzione della potenza per riscaldamento intermittente, con possibilità di indicare il Fattore di ripresa o il Coefficiente di sicurezza. Nel presente si è scelto di utilizzare un coefficiente di sicurezza che corregge la potenza in base all'utilizzazione giornaliera e ai corpi scaldanti; in questo caso si è supposto una maggiorazione del 10% della potenza in quanto si prevede un'utilizzazione di 16/18 ore e i corpi scaldanti sono ad acqua.
- Fattori di conversione in energia primaria, rinnovabile e non rinnovabile, e fattore di emissione della CO<sub>2</sub> relativi all'energia elettrica.
  - Fattori di conversione in energia primaria non rinnovabile (fp,nren), rinnovabile (fp,ren) e totale (fp,tot) relativi all'energia prodotta da solare termico, fotovoltaico e pompe di calore (Eres) ed energia esportata da fotovoltaico.

**Temperature interne** ⓘ

Potenza invernale    θ<sub>int,p,H</sub>  °C

Energia invernale    θ<sub>int,e,H</sub>  °C

Energia estiva        θ<sub>int,e,C</sub>  °C

**Ricambi d'aria** ⓘ

Potenza invernale    n<sub>p,H</sub>  Vol/h

Energia invernale    n<sub>e,H</sub>  Vol/h

Energia estiva        n<sub>e,C</sub>  Vol/h

**Correzione potenza per riscaldamento intermittente** ▶

Fattore di ripresa    f<sub>RH</sub>  W/m<sup>2</sup> ⓘ

Coefficiente di sicurezza

**Energia elettrica** ⓘ

Fattore di conversione in energia primaria    fp   

Fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile    fp,nren   

Fattore di conversione in energia primaria rinnovabile    fp,ren   

Fattore di emissione CO<sub>2</sub> ⓘ    kem      kgCO<sub>2</sub>/kWh

Fattori di energia primaria	fp,nren	fp,ren	fp,tot
Energia termica da collettori solari	0.000	1.000	1.000
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico	0.000	1.000	1.000
Energia termica da pompe di calore (Eres)	0.000	1.000	1.000
Energia elettrica esportata da fotovoltaico	0.000	1.000	1.000

[Ripristina default](#)

## 5.2 Componenti Involucro

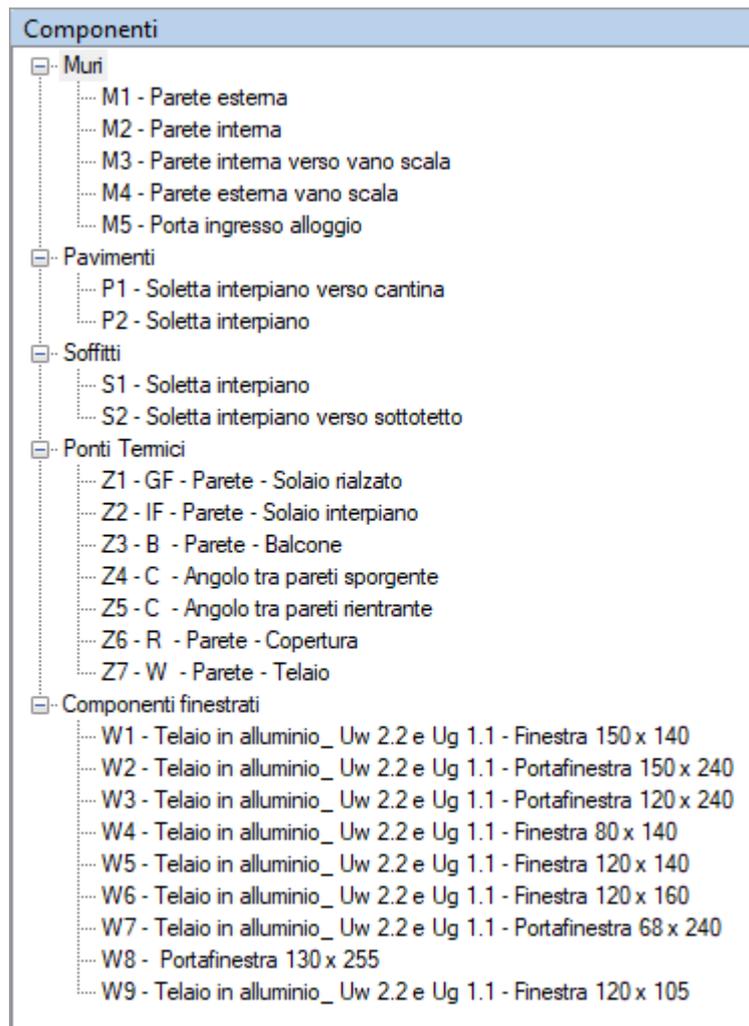
Partendo dalle componenti opache verticali bisogna in fase di rilievo ottenere la composizione delle murature per quanto possibile senza effettuare misurazioni di carattere distruttivo quali carotaggi; se si può accedere alla struttura interna dei muri tramite prese elettriche estraibili e/o condotti di areazione attraverso strumentazioni tipo endoscopio è consigliabile adottare questo procedimento. In conoscenza della stratigrafia si può calcolare la trasmittanza all'interno del software, il quale utilizza la formula per il calcolo della trasmittanza termica secondo la UNI EN ISO 6946:2018.

Se non si può risalire alla stratigrafia e non si ha a disposizione una strumentazione adatta alla misura, in questi casi è possibile optare per la ricerca all'interno degli abachi delle stratigrafie dell'anno di costruzione e ipotizzare coerentemente le proprietà termiche dei materiali come l'abaco delle costruzioni UNI/TR 11552:2014, presente già nel software. Se non si può optare per le opzioni precedentemente citate bisogna ricorrere al carotaggio della muratura per risalire alla stratigrafia.

Per le componenti opache orizzontale vale la stessa tipologia di ragionamento fatta per quanto è stato precedentemente discusso per il caso delle pareti verticali, conoscere la stratigrafia del tetto è meno facile a meno che non si ha uno spazio non abitato in cui è possibile accedere facilmente (questo in caso di tetto a falda) o di un tetto calpestabile. Anche in questo caso si può effettuare un carotaggio di piccole dimensioni per ottenere la stratigrafia, si può utilizzare la termoflussimetria o gli abachi delle costruzioni come l'UNI/TR 11552:2014. Per il solaio che è a contatto con il terreno è molto difficile risalire alla stratigrafia e solitamente ci si affida agli abachi per la stratigrafia a cui si aggiunge il valore di resistenza termica del terreno calcolato attraverso la UNI EN ISO 13370:2018.

Nel caso in esame le tipologie di pareti verticali e orizzontali sono state fornite dal proprietario del condominio e sono state riprodotte e modellate sul software.

Di seguito è riportato lo schema dei componenti che sono stati modellati:



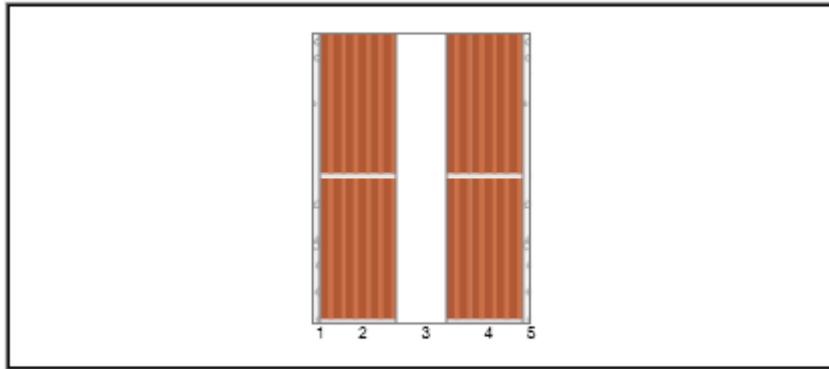
### 5.2.1 Muri

La parte di muratura verticale è suddivisa in:

- Parete esterna (perimetrale)
- Parete interna (divisori)
- Parete interna verso vano scala
- Parete esterna vano scala

Per completezza sono state modellate pure le porte degli alloggi, ma non hanno rilevanza ai fini della modellazione energetica.

La **parete esterna** dell'edificio essendo una struttura disperdente verso l'esterno è stata classificata di tipo T ed è stata modellata nel seguente modo:



Elenco degli strati dall'interno verso l'esterno:

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10
e1603	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,3600	0,361	1000	1,00	7
e10	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,4722	0,180	-	-	-
e1611	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	130,00	0,4700	0,277	1000	1,00	7
e1005	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10

Per il calcolo dei risultati è utile fissare alcuni dati secondo la UNI/TS 11300-1

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna  °C

Emissività  $\epsilon$

Fattore di assorbimento  $\alpha$

Maggiorazione per ponti termici  %

Inclinazione sull'orizzonte  $\Sigma$   deg

---

**Altri dati**

Struttura esistente

Superficie da sottrarre

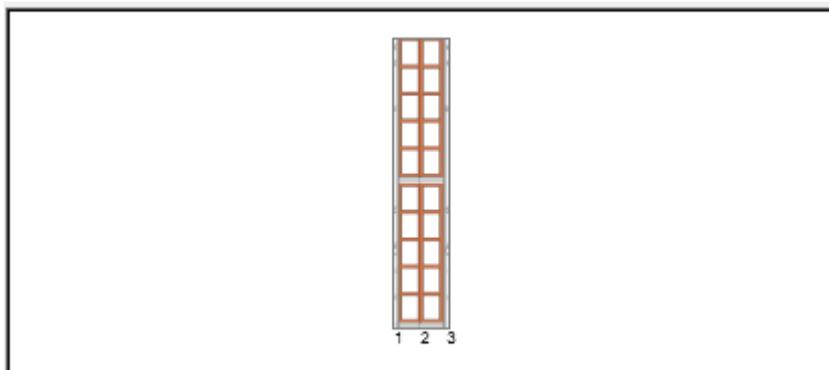
Contributo Invernale/Estivo

Porta opaca

Le prestazioni della parete esterna nello stato di fatto sono:

Trasmittanza U - Potenza	0,975	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza U - Energia	0,947	W/m <sup>2</sup> K 	
Spessore totale	375	mm	
Perneanza	93,897	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa	
Massa superficiale (con intonaci)	308	kg/m <sup>2</sup>	
Massa superficiale (senza intonaci)	260	kg/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>			
Trasmittanza periodica	0,276	W/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione	0,291		
Sfasamento dell'onda termica	-10,485	h	
Capacità termica areica interna	56,631	kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>			
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza	0,130	0,040	m <sup>2</sup> K/W
Energia	0,130	0,071	m <sup>2</sup> K/W

La **parete interna** dell'edificio essendo una struttura disperdente verso zone o appartamenti vicini è stata classificata di tipo N ed è stata modellata nel seguente modo:

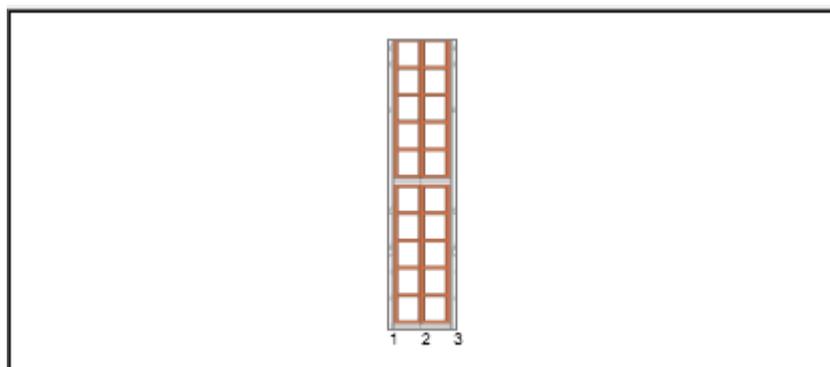


Elenco degli strati dall'interno verso l'esterno:

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,8000	0,013	1600	1,00	10
e1605	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	80,00	0,5000	0,160	1400	1,00	7
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	10,00	0,8000	0,013	1600	1,00	10

Questa parete ai fini dei calcoli energetici non influenza i risultati, in quanto la lettera N comunica al programma che si potrà eseguire il calcolo senza tenere conto dell'esistenza delle pareti di tipo N (calcolo con opzione: VICINI PRESENTI).

La **parete interna del vano scala** dell'edificio essendo una struttura disperdente verso locali non climatizzati è stata classificata di tipo U ed è stata modellata nel modo seguente:



Elenco degli strati dall'interno verso l'esterno:

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m²K/W]	M.V. [kg/m³]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1002	Intonaco di gesso	10,00	0,4000	0,025	1000	1,00	10
e1601	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	100,00	0,2500	0,400	600	1,00	7
e1002	Intonaco di gesso	10,00	0,4000	0,025	1000	1,00	10

Per il calcolo dei risultati è utile fissare alcuni dati secondo la UNI/TS 11300-1

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna  °C

Maggiorazione per ponti termici  %

Inclinazione sull'orizzonte  $\Sigma$   deg

---

**Altri dati**

Struttura esistente

Superficie da sottrarre

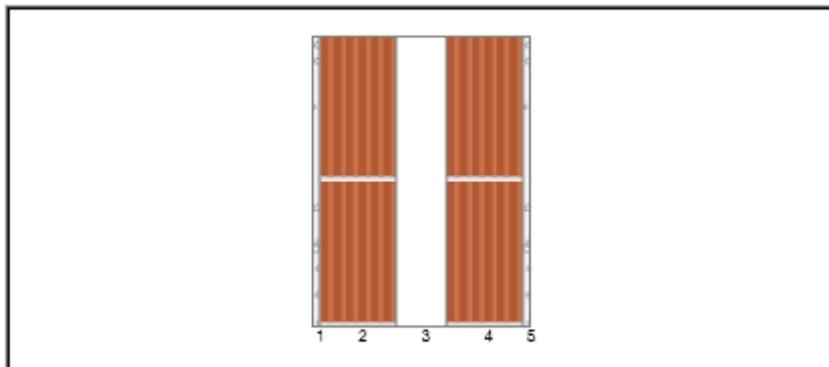
Contributo Invernale/Estivo

Porta opaca

Le prestazioni della parete nello stato di fatto sono:

Trasmittanza U - Potenza	1,408	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza U - Energia	1,408	W/m <sup>2</sup> K 	
Spessore totale	120	mm	
Permeanza	222,222	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa	
Massa superficiale (con intonaci)	80	kg/m <sup>2</sup>	
Massa superficiale (senza intonaci)	60	kg/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>			
Trasmittanza periodica	1,214	W/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione	0,862		
Sfasamento dell'onda termica	-3,083	h	
Capacità termica areica interna	34,914	kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>			
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza	0,130	0,130	m <sup>2</sup> K/W
Energia	0,130	0,130	m <sup>2</sup> K/W

La **parete esterna del vano scala** dell'edificio essendo una struttura disperdente da locali non climatizzati verso l'ambiente esterno è stata classificata di tipo E ed è stata modellata nello stesso modo della parete esterna precedente:



Elenco degli strati dall'interno verso l'esterno:

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10
e1603	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,3600	0,361	1000	1,00	7
e10	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,4722	0,180	-	-	-
e1611	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	130,00	0,4700	0,277	1000	1,00	7
e1005	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10

Per il calcolo dei risultati è utile fissare alcuni dati secondo la UNI/TS 11300-1

- Dati UNI TS 11300-1			
Temperatura esterna		-8,0	°C
Emissività	$\epsilon$	0,900	
Fattore di assorbimento	$\alpha$	0,300	
Maggiorazione per ponti termici		0,00	%
Inclinazione sull'orizzonte	$\Sigma$	90	deg

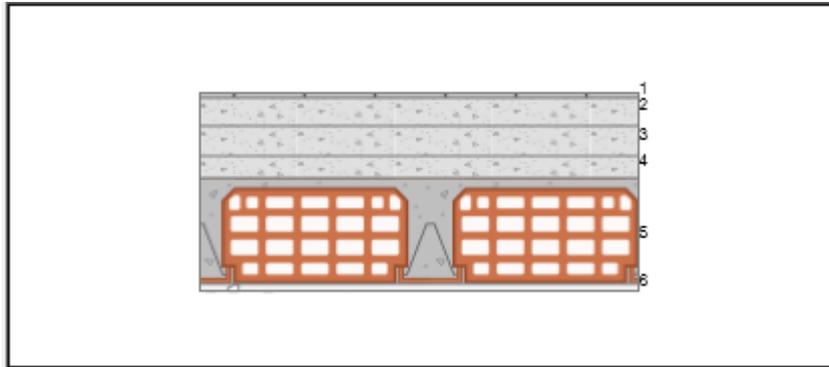
- Altri dati	
Struttura esistente	<input checked="" type="checkbox"/>
Superficie da sottrarre	<input type="checkbox"/>
Contributo Invernale/Estivo	I <input type="checkbox"/>
Porta opaca	<input type="checkbox"/>

Le prestazioni della parete nello stato di fatto sono:

Trasmittanza U - Potenza	0,975	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza U - Energia	0,947	W/m <sup>2</sup> K	
Spessore totale	375	mm	
Permeanza	93,897	10 <sup>-1</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa	
Massa superficiale (con intonaci)	308	kg/m <sup>2</sup>	
Massa superficiale (senza intonaci)	260	kg/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>			
Trasmittanza periodica	0,276	W/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione	0,291		
Sfasamento dell'onda termica	-10,485	h	
Capacità termica areica interna	56,631	kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>			
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza	0,130	0,040	m <sup>2</sup> K/W
Energia	0,130	0,071	m <sup>2</sup> K/W

### 5.2.2 Pavimenti

La **Soletta interpiano verso cantina** dell'edificio essendo una struttura disperdente verso locali non climatizzati è stata classificata di tipo U ed è stata modellata nel modo seguente:



Elenco degli strati dall'alto verso il basso:

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1704	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
e2403	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,9000	0,056	1800	0,88	30
e224	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,6100	0,082	1500	1,00	96
e405	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti interne)	40,00	1,9100	0,021	2400	1,00	96
e2305	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180,00	0,6600	0,273	1100	0,84	7
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10

Per il calcolo dei risultati è utile fissare alcuni dati secondo la UNI/TS 11300-1

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna  °C

Maggiorazione per ponti termici  %

---

**Altri dati**

Struttura esistente

Superficie da sottrarre

Contributo Invernale/Estivo

Avendo selezionato il calcolo semplificato dei locali non climatizzati, è possibile inserire in alternativa uno dei seguenti due dati di input:

- Temperatura locale nota, se si desidera specificare direttamente la temperatura del locale non climatizzato;
- Coeff. di correzione temperatura, se si desidera specificare il coefficiente  $b_{tr,u}$ , eventualmente selezionando una voce dalla casella combinata, che riporta i valori del prospetto 7 della UNI/TS 11300-1.

Dopo che è stato specificato uno dei due dati di input, il programma provvede a calcolare automaticamente i dodici valori mensili della temperatura del locale non climatizzato, considerando la temperatura esterna media mensile e di progetto della località climatica di appartenenza.

Nel nostro caso è stato impostato il coeff. di correzione della temperatura  $b_{tr,u}$  pari a 0,6.

**- Tipo di calcolo**

Temperatura locale nota Tu  °C

Coeff. correzione temperatura  $b_{tr,u}$   ▾

---

**- Temperature mensili del locale non climatizzato [°C]**

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
8,7	9,9	13,0	15,1	18,8	21,3
Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
22,2	21,6	19,5	15,4	12,1	9,6

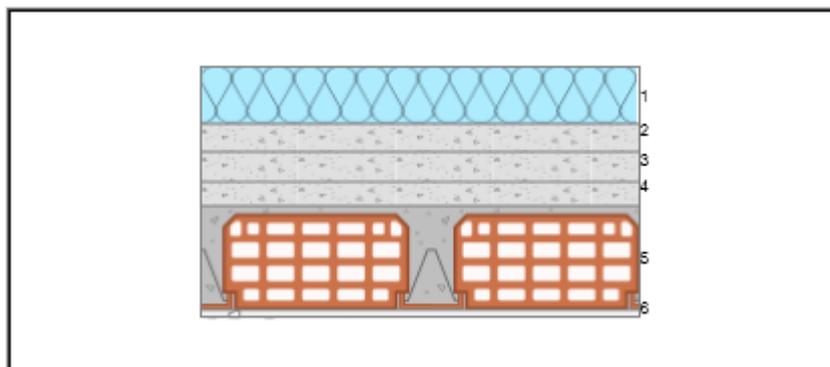
Le prestazioni della parete nello stato di fatto sono:

Trasmittanza U - Potenza	<input type="text" value="1,254"/>	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza U - Energia	<input type="text" value="1,254"/>	W/m <sup>2</sup> K 	
Spessore totale	<input type="text" value="345"/>	mm	
Pemeanza	<input type="text" value="0,002"/>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa	
Massa superficiale (con intonaci)	<input type="text" value="506"/>	kg/m <sup>2</sup>	
Massa superficiale (senza intonaci)	<input type="text" value="482"/>	kg/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>			
Trasmittanza periodica	<input type="text" value="0,214"/>	W/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione	<input type="text" value="0,171"/>		
Sfasamento dell'onda termica	<input type="text" value="-10,931"/>	h	
Capacità termica areica interna	<input type="text" value="58,882"/>	kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>			
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza	<input type="text" value="0,170"/>	<input type="text" value="0,170"/>	m <sup>2</sup> K/W
Energia	<input type="text" value="0,170"/>	<input type="text" value="0,170"/>	m <sup>2</sup> K/W

La **Soletta interpiano** dell'edificio essendo un divisorio interno alla zona climatizzata è stata classificata di tipo D ed è stata modellata nello stesso modo della soletta verso cantina

### 5.2.3 Soffitti

Il tetto del nostro edificio è a falda inclinata dove è presente un sottotetto non abitabile; quindi, la parte di soffitto soggetto a riqualificazione è la soletta disperdente fra locale climatizzato e sottotetto. Essendo una struttura disperdente verso locali non climatizzati è stata classificata di tipo U ed è stata modellata nel modo seguente:



Elenco degli strati dall'alto verso il basso:

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e612	Feltro in lana di vetro	100,00	0,0400	2,500	12	1,03	1
e2403	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,9000	0,056	1800	0,88	30
e224	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,6100	0,082	1500	1,00	96
e405	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti interne)	40,00	1,9100	0,021	2400	1,00	96
e2305	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180,00	0,6600	0,273	1100	0,84	7
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10

Per il calcolo dei risultati è utile fissare alcuni dati secondo la UNI/TS 11300-1

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna  °C

Maggiorazione per ponti termici  %

Inclinazione sull'orizzonte  $\Sigma$   deg

---

**Altri dati**

Struttura esistente

Superficie da sottrarre

Contributo Invernale/Estivo

Avendo selezionato il calcolo semplificato dei locali non climatizzati, è possibile inserire in alternativa uno dei seguenti due dati di input:

- Temperatura locale nota, se si desidera specificare direttamente la temperatura del locale non climatizzato;
- Coeff. di correzione temperatura, se si desidera specificare il coefficiente  $b_{tr,u}$ , eventualmente selezionando una voce dalla casella combinata, che

riporta i valori del prospetto 7 della UNI/TS 11300-1.

Dopo che è stato specificato uno dei due dati di input, il programma provvede a calcolare automaticamente i dodici valori mensili della temperatura del locale non climatizzato, considerando la temperatura esterna media mensile e di progetto della località climatica di appartenenza.

Nel nostro caso è stato impostato il coeff. di correzione della temperatura  $b_{tr,u}$  pari a 0,9 per il sottotetto.

**Tipo di calcolo**

Temperatura locale nota       $T_u$      °C  
 Coeff. correzione temperatura       $b_{tr,u}$    

**Temperature mensili del locale non climatizzato [°C]**

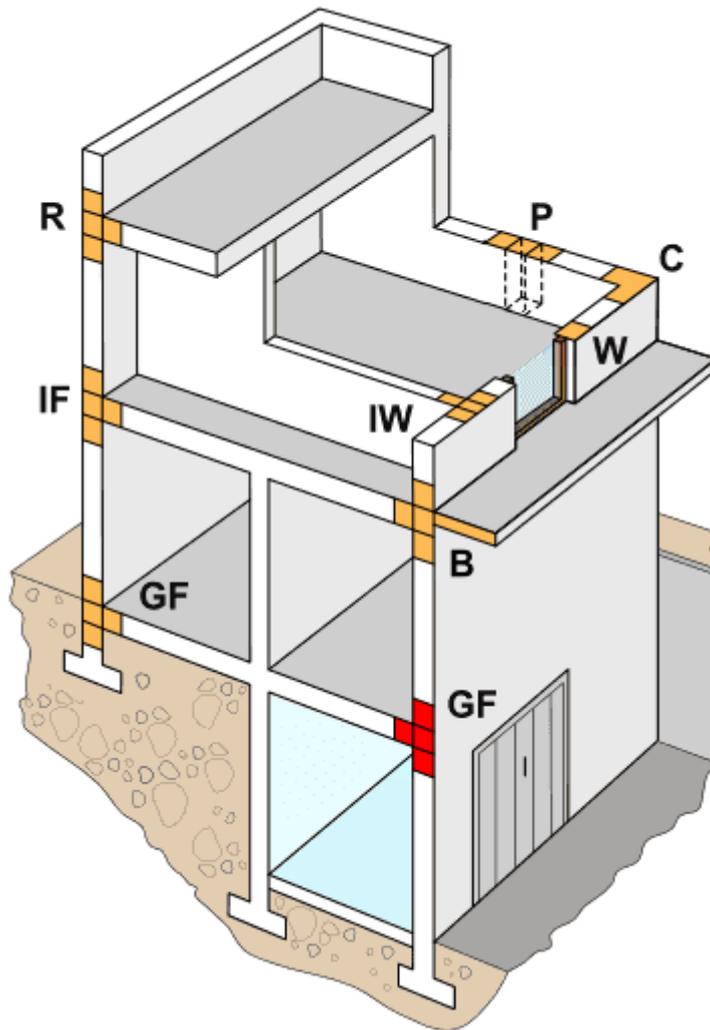
Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
3,1	4,8	9,5	12,7	18,2	21,9
Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
23,2	22,3	19,2	13,1	8,1	4,3

Le prestazioni della parete nello stato di fatto sono:

Trasmittanza U - Potenza	<input type="text" value="0,317"/>	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza U - Energia	<input type="text" value="0,317"/>	W/m <sup>2</sup> K 	
Spessore totale	<input type="text" value="435"/>	mm	
Perneanza	<input type="text" value="17,167"/>	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa	
Massa superficiale (con intonaci)	<input type="text" value="484"/>	kg/m <sup>2</sup>	
Massa superficiale (senza intonaci)	<input type="text" value="460"/>	kg/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>			
Trasmittanza periodica	<input type="text" value="0,028"/>	W/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione	<input type="text" value="0,088"/>		
Sfasamento dell'onda termica	<input type="text" value="-11,301"/>	h	
Capacità termica areica interna	<input type="text" value="62,408"/>	kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>			
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza	<input type="text" value="0,100"/>	<input type="text" value="0,100"/>	m <sup>2</sup> K/W
Energia	<input type="text" value="0,100"/>	<input type="text" value="0,100"/>	m <sup>2</sup> K/W

### 5.2.4 Ponti Termici

Il modulo EC709 - Ponti termici consente di calcolare il valore di trasmittanza termica lineica ( $\Psi_e$  riferito ad un rilievo delle dimensioni esterne delle superfici) per quasi 250 diverse tipologie di ponti termici al variare dei parametri progettuali di maggior peso. Di seguito è riportata un'immagine che identifica le possibili tipologie di ponti termici attribuibili alla struttura.



Nel nostro edificio sono stati inseriti i seguenti ponti termici:

- giunzioni tra elementi di involucro esterni (tra parete e copertura (R), tra parete e balcone (B), angolo tra pareti (C));
- giunzioni tra pareti esterne con solai di interpiano (IF);
- giunzioni tra pareti esterne con solai rialzati o controterra (GF);
- ponti termici in prossimità di porte e finestre (W).

I ponti termici sui pilatri e l'intersezione fra parete esterna e tramezzo interno sono stati trascurati perché il primo era di difficile individuazione nella struttura e il secondo incideva poco sul calcolo.

Bisogna ricordare che, il valore della “Trasmittanza termica lineica di riferimento” rappresenta il flusso che viene complessivamente disperso in corrispondenza della giunzione e poiché il ponte termico verrà attribuito singolarmente ad entrambe le strutture opache interessate, ai fini dei calcoli si considera che il flusso disperdente si distribuisca equamente tra di esse, utilizzando il valore dimezzato della trasmittanza lineica (“Trasmittanza termica lineica di calcolo”). I ponti termici riconducibili all’incontro tra una parete opaca e un infisso non vengono invece dimezzati in quanto normalmente vengono attribuiti interamente alla parete.

Un dato fondamentale da considerare nel calcolo dei ponti termici è quello della formazione di muffe, infatti il DM 26.6.2015 Requisiti minimi, Allegato 1 - paragrafo 2.3, punto 2, richiede che la verifica del rischio di formazione di muffe venga eseguita facendo particolare attenzione ai ponti termici ed EC709, grazie alla “verifica temperatura critica”, è proprio in grado di ottemperare alla richiesta del decreto.

### ❖ Pareti esterne con solai rialzati – GF:

Di seguito viene riportata la modellazione del ponte termico di tipo GF

**Strutture coinvolte** ⓘ

Parete verticale (T) M1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm²/m	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m²K

Pavimento (U) P1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'alto verso il basso)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300
2	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
3	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,610

Trasmittanza U - Energia 1,254 W/m²K

Coeff. correzione temperatura (btr,u) 0,60

---

**Dati di ingresso**

Conducibilità termica muro 2  $\lambda_{mur,2}$  0,410 W/mK

Coeff. correzione temperatura btr 0,80 -

Spessore solaio Ssol 270 mm

Spessore muro Smur 240 mm

Conducibilità termica muro 1  $\lambda_{mur,1}$  0,410 W/mK

**Risultati**

Trasmittanza termica lineica di riferimento -0,628 W/mK

Trasmittanza termica lineica di calcolo -0,314 W/mK

Fattore di temperatura (frsi) 0,404 -

Come si può vedere vengono identificate le strutture coinvolte e nei dati di ingresso si inseriscono i valori che servono per arrivare al valore di trasmittanza:

- La conducibilità dei due muri
- Il coeff. di correzione della temperatura
- Spessore solaio e spessore del muro

Come si può notare in questo caso dal risultato della trasmittanza termica lineica di riferimento, essa assume un valore negativo, questo è spiegabile poiché il software calcola tutta la dispersione del nostro dettaglio costruttivo che possiamo chiamare indicativamente  $W_{TOT}$ , quindi l’unione di muro perimetrale e pavimento.

Nel nostro caso avremmo:

$$W_{TOT} = A_M \cdot U_M + (A_P \cdot U_P) \cdot b_u + \Psi_l \cdot l_l$$

- $A_M$  = l'area della superficie della parete esterna
- $U_M$  = trasmittanza termica della superficie della parete esterna
- $A_P$  = l'area della superficie del pavimento
- $U_P$  = trasmittanza termica della k-esima superficie edilizia
- $b_u$  = fattore riduzione della temperatura.

È chiaro che se la nostra unica incognita sia la  $\Psi_l$  e che se la somma di  $A_M \cdot U_M + (A_P \cdot U_P) \cdot b_u$  sia maggiore di  $W_{TOT}$ , essa venga negativa; inoltre, ai fini del calcolo il valore della trasmittanza termica lineica viene dimezzato poiché il programma assume la dispersione verso le pareti esterne e verso il pavimento sia la stessa.

Oltre ai valori di trasmittanza viene anche calcolato il fattore di temperatura (frsi) che permetterà di determinare la temperatura superficiale in luogo del ponte termico. Inoltre, è presente la verifica sul rischio di formazione di muffa ed è possibile farlo impostando le condizioni interne di classe di concentrazione del vapore, la temperatura interna del periodo di riscaldamento e l'umidità relativa, così si può verificare nella tabellina in base alle varie temperature medie mensili se è presente il rischio di formazione muffa o meno.

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante 60 % + 5%

Classe concentrazione del vapore 0,006 kg/m<sup>3</sup>

Temperatura interna periodo di riscaldamento 20,0 °C

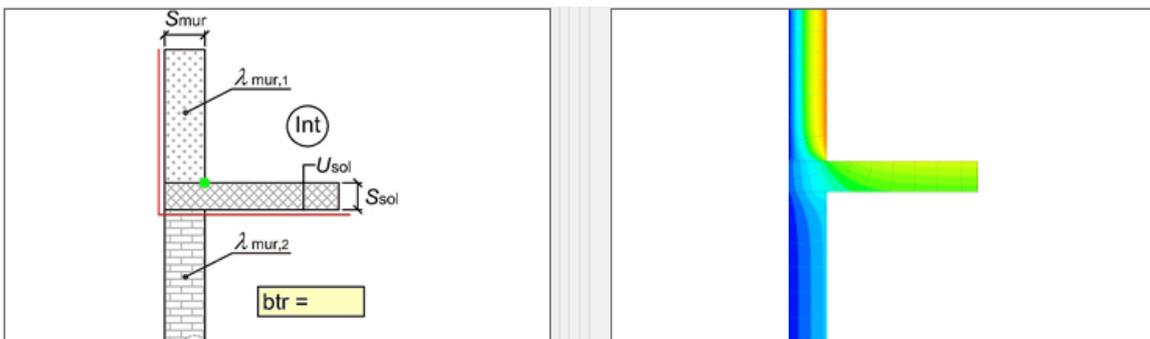
Umidità relativa superficiale ammissibile 80 %

**Temperature esterne**

Medie mensili     Media annuale     Fissa impostata

Mese	θ <sub>i</sub> [°C]	θ <sub>e</sub> [°C]	θ <sub>si</sub> [°C]	θ <sub>acc</sub> [°C]	
ottobre	20,0	13,8	16,3	17,0	✘
novembre	20,0	9,4	13,7	16,4	✘
dicembre	20,0	6,1	11,7	15,1	✘
gennaio	20,0	5,0	11,0	14,5	✘
febbraio	20,0	6,5	11,9	14,4	✘
marzo	20,0	10,6	14,4	15,4	✘
aprile	20,0	13,5	16,1	14,5	✔

Viene inoltre riportata l'immagine del ponte termico caratterizzata dalle linee isoterme (a colori) e di flusso termico (linee di colore nero) con le quali è possibile valutare qualitativamente le zone interessate dalla maggior dispersione termica. In particolare, le maggiori dispersioni termiche, sono individuate dove le linee di flusso termico assumono una densità maggiore.



Di seguito si riportano tutti gli altri ponti termici:

❖ **Pareti esterne con solai di interpiano IF:**

**Strutture coinvolte** ⓘ

Parete verticale (T) M1  Visualizza tutti

Pavimento (N,D) P2  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av < 500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m<sup>2</sup>K

Elenco strati (dall'alto verso il basso)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300
2	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
3	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,610

Trasmittanza U - Energia 1,254 W/m<sup>2</sup>K

**Dati di ingresso**

Spessore solaio Ssol  mm

Spessore muro Smur  mm

Conduttività termica muro λmur  W/mK

**Risultati**

Trasmittanza termica lineica di riferimento 0,717 W/mK

Trasmittanza termica lineica di calcolo 0,359 W/mK

Fattore di temperatura (frsi) 0,587 -

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante  % + 5%

Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>

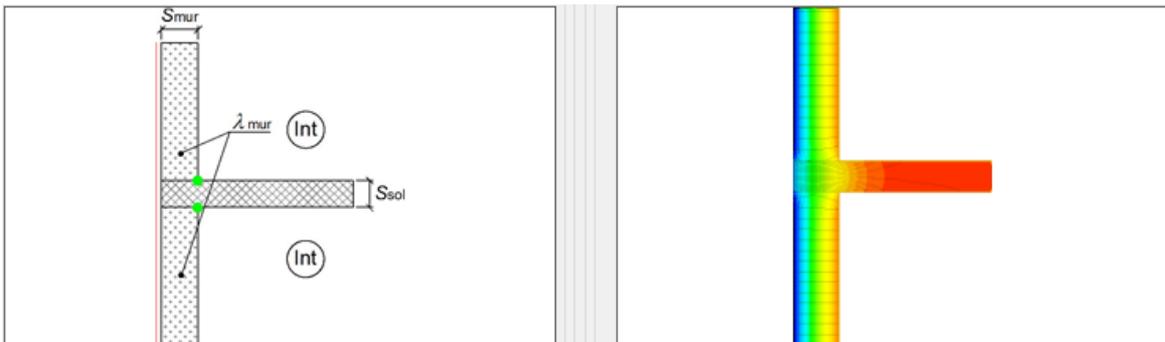
Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C

Umidità relativa superficiale ammissibile  %

**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]
ottobre	20,0	12,3	16,8	17,0
novembre	20,0	6,8	14,5	16,4
dicembre	20,0	2,6	12,8	15,1
gennaio	20,0	1,2	12,2	14,5
febbraio	20,0	3,1	13,0	14,4
marzo	20,0	8,3	15,2	15,4
aprile	20,0	11,9	16,7	14,5



## ❖ Parete e balcone B:

**Strutture coinvolte** ⤴ i

Parete verticale (T) M1 ⌵  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m<sup>2</sup>K

<b>Dati di ingresso</b>		<b>Risultati</b>	
Spessore balcone	Sb <input type="text" value="200"/> mm <span>💡</span>	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<input type="text" value="0,537"/> W/mK
Spessore muro	Smur <input type="text" value="240"/> mm <span>💡</span>	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<input type="text" value="0,269"/> W/mK
Conduktività termica muro	$\lambda_{\text{mur}}$ <input type="text" value="0,410"/> W/mK	Fattore di temperatura (frsi)	<input type="text" value="0,624"/> -

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante  % + 5%

Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>

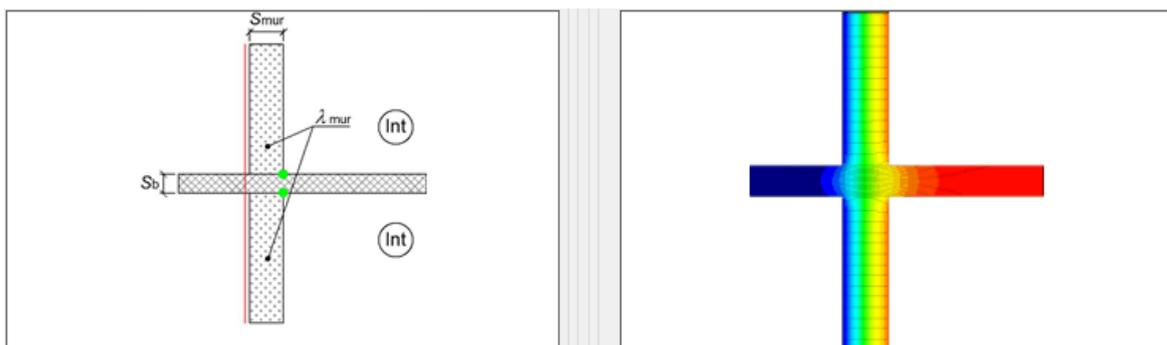
Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C

Umidità relativa superficiale ammissibile  %

**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	$\theta_i$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\theta_{si}$ [°C]	$\theta_{acc}$ [°C]	
ottobre	20,0	12,3	17,1	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	15,0	16,4	✗
dicembre	20,0	2,6	13,5	15,1	✗
gennaio	20,0	1,2	12,9	14,5	✗
febbraio	20,0	3,1	13,6	14,4	✗
marzo	20,0	8,3	15,6	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	17,0	14,5	✓



❖ **Angolo tra pareti sporgente C:**

**Strutture coinvolte** M1  Visualizza tutti

Parete verticale (T)

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m<sup>2</sup>K

<b>Dati di ingresso</b>		<b>Risultati</b>	
Spessore muro	Smur <input type="text" value="240"/> mm	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<input type="text" value="-0,493"/> W/mK
Conduttività termica muro	$\lambda_{\text{mur}}$ <input type="text" value="0,410"/> W/mK	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<input type="text" value="-0,247"/> W/mK
		Fattore di temperatura (frsi)	<input type="text" value="0,570"/> -

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante  % + 5%

Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>

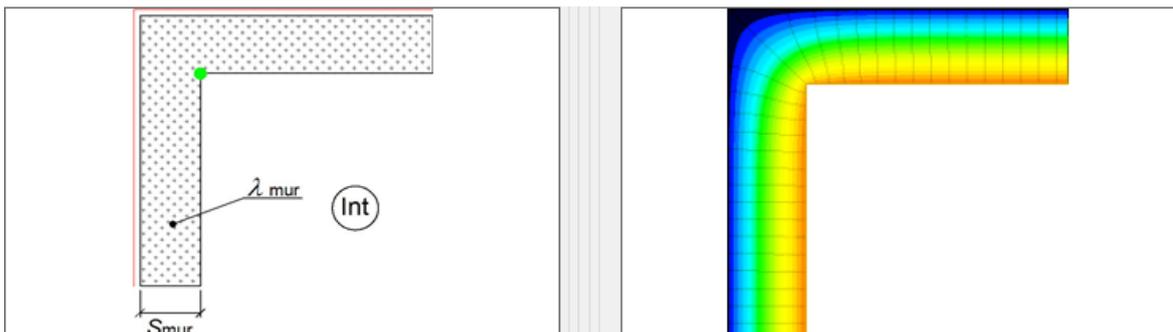
Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C

Umidità relativa superficiale ammissibile  %

**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	$\theta_i$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\theta_{si}$ [°C]	$\theta_{acc}$ [°C]	
ottobre	20,0	12,3	16,7	17,0	✗
novembre	20,0	6,8	14,3	16,4	✗
dicembre	20,0	2,6	12,5	15,1	✗
gennaio	20,0	1,2	11,9	14,5	✗
febbraio	20,0	3,1	12,7	14,4	✗
marzo	20,0	8,3	15,0	15,4	✗
aprile	20,0	11,9	16,5	14,5	✓



❖ **Angolo tra pareti rientrante C:**

**Strutture coinvolte** ⓘ

Parete verticale (T) M1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m<sup>2</sup>K

<b>Dati di ingresso</b>		<b>Risultati</b>	
Spessore muro	Smur <input type="text" value="240"/> mm	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<span style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">0,184</span> W/mK
Conduktività termica muro	$\lambda_{mur}$ <input type="text" value="0,410"/> W/mK	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<span style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">0,092</span> W/mK
		Fattore di temperatura (frsi)	<span style="background-color: #ffffcc; padding: 2px;">0,721</span> -

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante  % + 5%

Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>

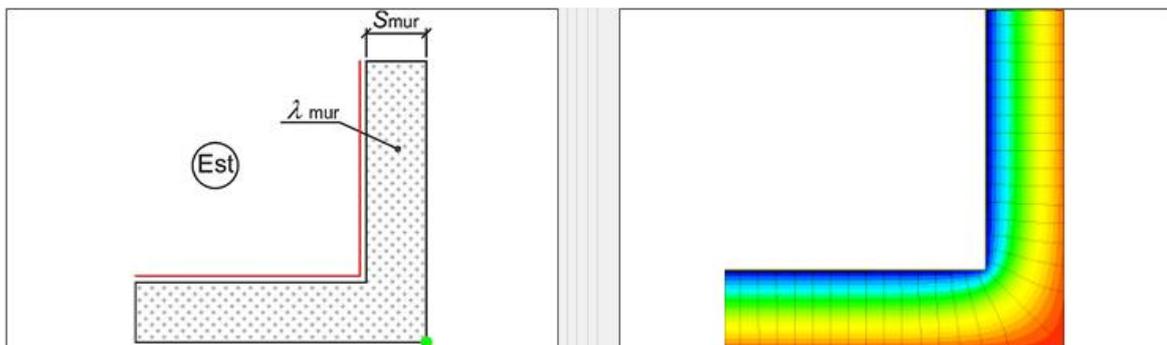
Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C

Umidità relativa superficiale ammissibile  %

**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	$\theta_i$ [°C]	$\theta_e$ [°C]	$\theta_{si}$ [°C]	$\theta_{acc}$ [°C]	
ottobre	20,0	12,3	17,9	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	16,3	16,4	✗
dicembre	20,0	2,6	15,2	15,1	✓
gennaio	20,0	1,2	14,8	14,5	✓
febbraio	20,0	3,1	15,3	14,4	✓
marzo	20,0	8,3	16,7	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	17,7	14,5	✓



## ❖ Parete e copertura R:

**Strutture coinvolte** ⌵ i

Parete verticale (T) M1 Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm²/m	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m²K

Soffitto (U) S2 Visualizza tutti

Elenco strati (dall'alto verso il basso)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Feltro in lana di vetro	100,00	0,040
2	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
3	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,610

Trasmittanza U - Energia 0,317 W/m²K

Coeff. correzione temperatura (btr,u) 0,90

**Dati di ingresso**

Coeff. correzione temperatura btr 0,90 - 💡

Spessore copertura Scop 270 mm 💡

Spessore muro Smur 240 mm 💡

Conduktività termica muro λmur 0,410 W/mK

**Risultati**

Trasmittanza termica lineica di riferimento -0,747 W/mK

Trasmittanza termica lineica di calcolo -0,374 W/mK

Fattore di temperatura (frsi) 0,347 -

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante 60 % + 5%

Classe concentrazione del vapore 0,006 kg/m³

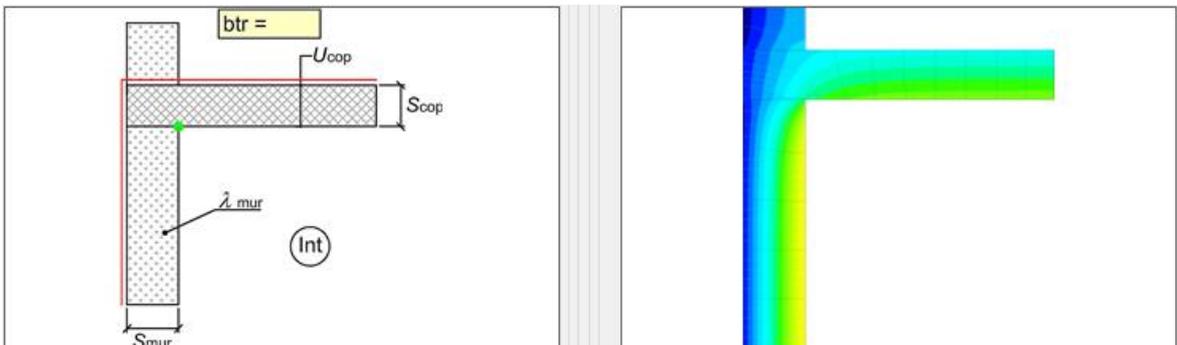
Temperatura interna periodo di riscaldamento 20,0 °C

Umidità relativa superficiale ammissibile 80 %

**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]
ottobre	20,0	13,1	15,5	17,0
novembre	20,0	8,1	12,2	16,4
dicembre	20,0	4,3	9,8	15,1
gennaio	20,0	3,1	9,0	14,5
febbraio	20,0	4,8	10,1	14,4
marzo	20,0	9,5	13,1	15,4
aprile	20,0	12,7	15,2	14,5



## ❖ Parete e Telaio W:

**Strutture coinvolte** ⤴ i

Parete verticale (T) M1 ⌵  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia 0,947 W/m<sup>2</sup>K

<b>Dati di ingresso</b>		<b>Risultati</b>	
Trasmittanza termica telaio	Uf <span>2,000</span> W/m <sup>2</sup> K	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<span>0,064</span> W/mK
Spessore muro	Smur <span>240</span> mm <span>💡</span>	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<span>0,064</span> W/mK
Conducibilità termica muro	λmur <span>0,410</span> W/mK	Fattore di temperatura (frsi)	<span>0,645</span> -

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante 60 % + 5%

Classe concentrazione del vapore 0,006 kg/m<sup>3</sup>

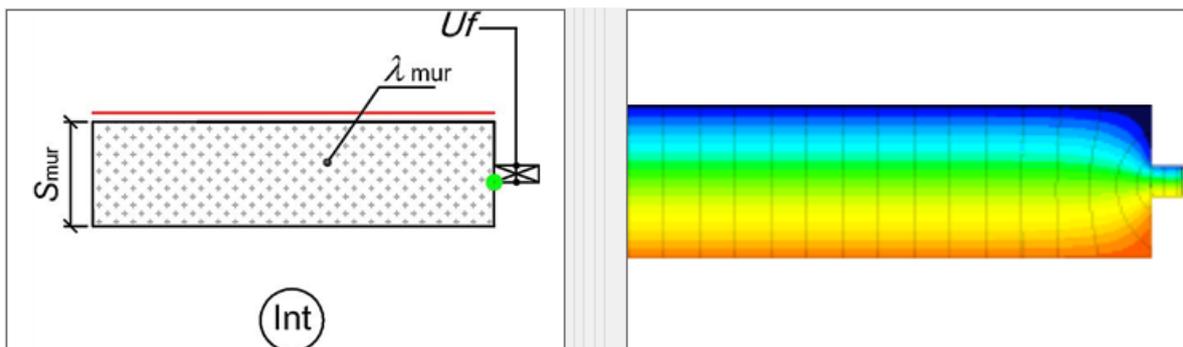
Temperatura interna periodo di riscaldamento 20,0 °C

Umidità relativa superficiale ammissibile 80 %

**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	12,3	17,3	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	15,3	16,4	✗
dicembre	20,0	2,6	13,8	15,1	✗
gennaio	20,0	1,2	13,3	14,5	✗
febbraio	20,0	3,1	14,0	14,4	✗
marzo	20,0	8,3	15,8	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	17,1	14,5	✓



### 5.2.5 Componenti Finestrati

I serramenti attuali sono stati cambiati nel 2009 e sono dei doppi vetri in alluminio a taglio termico, precedentemente erano presenti dei serramenti in legno a vetro singolo. Di seguito vengono riportate alcune foto fatte durante i sopralluoghi:



Avendo la scheda tecnica dei nuovi serramenti è stato possibile procedere nella modellazione con i valori reali di  $U_w$  e  $U_g$ . Per quanto riguarda i componenti finestrati si procederà come per l'involucro opaco, si riporta un riepilogo delle finestre per tipologia:

Componenti finestrati - riepilogo						
Codice	Tipo	Descrizione	L [cm]	H [cm]	Ue [W/m²K]	θe [°C]
W1	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Finestra 150 x 140	150,0	140,0	1,896	-8,0
W2	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Portafinestra 150 x 240	150,0	240,0	1,858	-8,0
W3	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Portafinestra 120 x 240	120,0	240,0	1,879	-8,0
W4	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Finestra 80 x 140	80,0	140,0	1,970	-8,0
W5	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Finestra 120 x 140	120,0	140,0	1,917	-8,0
W6	E	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Finestra 120 x 160	120,0	124,7	1,906	-8,0
W7	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Portafinestra 68 x 240	68,0	240,0	1,960	-8,0
W8	E	Portafinestra 130 x 255	130,0	220,0	1,868	-8,0
W9	E	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - Finestra 120 x 105	120,0	105,0	1,947	-8,0

In particolare, sono così suddivise:

Orientamento	Finestre	Codice	Tipologia
Nord	1	W1	T
	1	W4	T
Sud	2	W2	T
	1	W5	T
Est	1	W1	T
	1	W2	T
	1	W4	T
Ovest	1	W3	T
	1	W7	T
	1	W4	T
	1	W6	E
	1	W2	T
	1	W3	T

Questa disposizione vale per il piano 1° e 2°; invece al piano 3°, lato ovest nel vano scala invece di avere una finestra di tipologia W6 è presente una finestra di tipologia W9. L'ingresso all'interno del condominio è consentito attraverso una portafinestra, che è stata modellata per completezza ma non ha rilevanza nei calcoli poiché il piano terra non è riscaldato e quindi non rientra nei requisiti del superbonus.

➤ **W1: Telaio in alluminio  $U_w$  2.2 e  $U_g$  1.1**

Nella modellazione della finestra si devono definire diversi campi:

- Dati generali dell'infisso, dove si definiscono le caratteristiche generali.
- Dimensioni infisso.
- Dati modulo, sezione in cui è possibile inserire il ponte termico al serramento.
- Vetri, nel nostro caso abbiamo un classico doppio vetro.
- Risultati.

Avendo cambiato i serramenti nel dicembre del 2009, dalla relazione tecnica sono presenti i nuovi valori di  $U_g$  e  $U_w$  e permeabilità dell'aria:

In particolare si dichiara che:

PRESTAZIONE	VALORE
<b>TRASMITTANZA TERMICA DEL SERRAMENTO</b>	<b><math>U_w = 2.2 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>
Trasmittanza Termica del Vetro	<b><math>U_g = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>
Trasmissione Luminosa	<b>TL = ... 75 ... %</b>
Permeabilità all'Aria	<b>CLASSE = ... 4 ...</b>

Partendo dai dati generali quindi, si stabilisce la tipologia di infisso, nel nostro caso singolo, la classe di permeabilità dell'aria che da relazione è di Classe 4 → 3 m<sup>3</sup>/h al m<sup>2</sup> per una forza massima di pressione pari a 600 Pa, che corrispondono ad un vento che soffia alla velocità di oltre 100 Km orari, e in particolare indica la quantità di spifferi che entrano dal serramento.

La resistenza termica delle chiusure è stata scelta in base alla tipologia chiusure oscuranti presenti, ed essendo in plastica è stato scelto un valore di 0.26 e un fshut di 0.6 in quanto la specifica tecnica UNI/TS 11300-1 prescrive che nella valutazione di progetto o nella valutazione standard delle prestazioni degli edifici in assenza di dati più precisi si consideri un valore di fsht pari a 0,6, che corrisponde a 12 ore giornaliere di chiusura.

**Dati serramento**

Tipologia Singolo

Facciata continua

Classe di permeabilità Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207

Resistenza termica chiusure 0,26 m<sup>2</sup>K/W

Fshut 0,6

**Dati noti**

Trasmittanza solo vetro nota Ug 1,100 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza solo vetro e trasmittanza serramento note  Uw 2,200 W/m<sup>2</sup>K

Appendice B UNI TS 11300-1

Inoltre, si impostano ulteriori dati fondamentali per il calcolo dei risultati come:

- Temperatura esterna: rappresenta la temperatura a cui è esposta la finestra, da considerare ai fini del calcolo della potenza invernale. Il programma propone di default il valore della temperatura esterna minima di progetto della località.
- Emissività: relativa alla radiazione termica ad elevata lunghezza d'onda delle facce esterne dei componenti dell'involucro edilizio e viene utilizzata ai fini del calcolo delle perdite per extraflusso dell'edificio. In assenza di dati specifici, bisogna adottare il valore di default proposto dal programma
- Fattore di trasmittanza solare: pari a 0.750 poiché è un doppio vetro normale.
- Fattore tendaggi (invernale ed estiva)
- Inclinazione sull'orizzonte: rappresenta l'angolo di inclinazione della finestra, espresso in gradi e per pareti verticali non inclinate il valore è 90°.

Potenza & Energia

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna		-8,0	°C	
Emissività	$\epsilon$	0,837		
Fattore di trasmittanza solare	ggl,n	0,750		
Fattore tendaggi (energia invernale)	fc inv	1,00		
Fattore tendaggi (energia estiva)	fc est	1,00		
Inclinazione sull'orizzonte	$\Sigma$	90	deg	

**Altri dati**

Struttura esistente	<input checked="" type="checkbox"/>	
Superficie da sottrarre	<input type="checkbox"/>	
Contributo Invernale/Estivo	I	

Dopo aver inserito i dati generali si passa a modellare il serramento, inserendo tutte le dimensioni, prese dalla relazione tecnica e dai prospetti in dwg forniti dal proprietario del condominio.

**Dimensioni modulo vetrato**

Larghezza	L	150,0	cm	Altezza	H	140,0	cm
<input type="checkbox"/> dimensioni telaio semplificate				Superficie apribile		100,0	%

**Telaio**

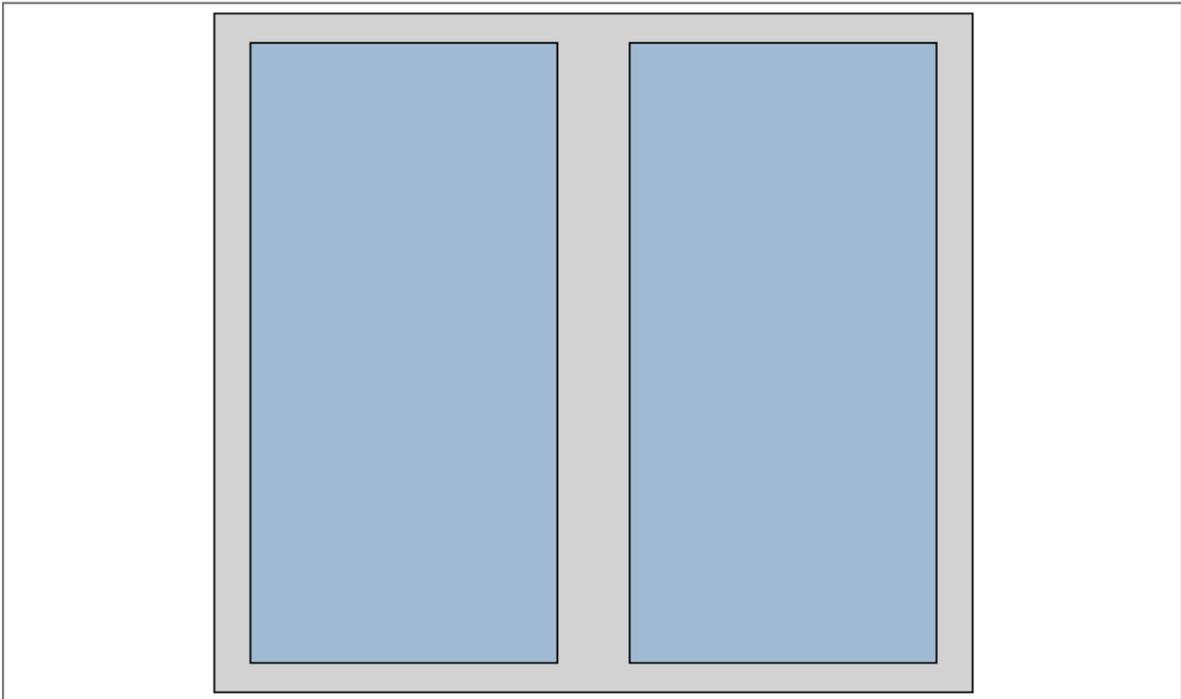
Spessore traverso sup.	A	6,0	cm	Spessore traverso inf.	B	6,0	cm	
Spessore montante sx	C	7,0	cm	Spessore montante dx	D	7,0	cm	
Numero divisori orizz.	NO	0		Numero divisori vert.	NV	1		
Spessore divisori orizz.	E	0,0	cm	Spessore divisori vert.	F	14,0	cm	
K telaio	Uf	2,20	W/m <sup>2</sup> K	Fattore di forma	Ff	0,74		

**Sopraluce**

Altezza	Hsop	0,0	cm	Spessore telaio	G	0,0	cm
---------	------	-----	----	-----------------	---	-----	----

**Pannello opaco**

Struttura		-					
Altezza	Hpan	0,0	cm	Spessore telaio	Gpan	0,0	cm



Dopo di ciò si attribuisce al serramento il relativo ponte termico definito precedentemente nella sezione ponti termici.

**Ponte termico**

Lunghezza perimetrale  m  Trascura nei calcoli della trasmittanza media

Trasmittanza lineica  $\Psi$   W/mK

Struttura

Infine, in base ai dati di input inseriti si producono i risultati:

Dimensioni serramento			
Area totale	$A_w$	<input type="text" value="2,100"/>	m <sup>2</sup>
Area vetro	$A_g$	<input type="text" value="1,562"/>	m <sup>2</sup>
Area telaio	$A_f$	<input type="text" value="0,538"/>	m <sup>2</sup>
Perimetro vetro	$L_g$	<input type="text" value="7,560"/>	m
Perimetro telaio	$L_f$	<input type="text" value="5,800"/>	m

Trasmittanza serramento			
Potenza	$U_{w,p}$	<input type="text" value="2,200"/>	W/m <sup>2</sup> K
Energia	$U_{w,e}$	<input type="text" value="1,872"/>	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza vetro	$U_g$	<input type="text" value="1,100"/>	W/m <sup>2</sup> K
Ggl+sh max		<input type="text" value="0,835"/>	

Trasmittanza modulo			
Potenza	$U_p$	<input type="text" value="2,376"/>	W/m <sup>2</sup> K
Energia	$U_e$	<input type="text" value="2,049"/>	W/m <sup>2</sup> K

Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili)				
		Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza		<input type="text" value="0,130"/>	<input type="text" value="0,040"/>	m <sup>2</sup> K/W
Energia		<input type="text" value="0,130"/>	<input type="text" value="0,071"/>	m <sup>2</sup> K/W

La Trasmittanza del serramento comprende diversi valori: la trasmittanza comprensiva di infisso  $U_{w,p}$  è calcolata considerando le resistenze superficiali dell'aria relative al calcolo di potenza e non tiene conto del contributo di eventuali chiusure oscuranti. La trasmittanza comprensiva di infisso  $U_{w,e}$  è calcolata considerando le resistenze superficiali dell'aria relative al calcolo di energia e tiene conto del contributo di eventuali chiusure oscuranti.  $U_g$  è la trasmittanza centrale del vetro calcolata utilizzando la resistenza superficiale esterna dell'aria relativa ai calcoli di energia e  $G_{gl+sh \max}$  è il valore massimo del fattore di trasmissione solare totale.

La Trasmittanza del modulo, inteso come raggruppamento della finestra, del cassonetto, del ponte termico e del muro sottofinestra:

- $U_p$  ossia la trasmittanza complessiva del modulo utilizzata per il calcolo della potenza;
- $U_e$  ossia la trasmittanza complessiva del modulo utilizzata per il calcolo di energia.

Tutte le altre finestre sono state modellate nel medesimo modo, i dati generali di input sono gli stessi l'unica cosa che varia da finestra a finestra sono le dimensioni, per questo motivo verranno inserite in allegato le altre finestre.

### 5.3 Zone e locali climatizzati

L'organizzazione interna è stata suddivisa nel seguente modo:

Nr.	Cat. DPR 412	Descrizione	Sup. netta [m <sup>2</sup> ]	Vol. lordo [m <sup>3</sup> ]	Sup. lorda [m <sup>2</sup> ]	S / V [m <sup>-1</sup> ]
1	E.1 (1)	Sub 12	71,73	285,51	186,91	0,65
2	E.1 (1)	Sub 10	76,50	304,67	198,01	0,65
3	E.1 (1)	Sub 11	75,55	301,59	178,33	0,59
4	E.1 (1)	Sub 15	71,44	270,53	100,59	0,37
5	E.1 (1)	Sub 119	57,86	221,40	88,30	0,40
6	E.1 (1)	Sub 120	94,29	356,28	105,55	0,30
7	E.1 (1)	Sub 18	71,79	292,99	189,63	0,65
8	E.1 (1)	Sub 16	76,50	312,47	200,85	0,64
9	E.1 (1)	Sub 17	75,55	309,31	180,70	0,58

Essendo una zona termica definita come parte dell'ambiente climatizzato mantenuto a temperatura (ed eventualmente umidità) uniforme attraverso lo stesso impianto di climatizzazione. In linea generale ogni porzione di edificio, climatizzata ad una determinata temperatura con identiche modalità di regolazione, costituisce una zona termica; quindi, per ogni unità abitativa è stata costituita una zona termica, composta da un unico locale con temperatura interna media posta a 20°C. Ogni zona è stata denominata con il proprio codice catastale per semplificarne l'identificazione.

Selezionando la zona termica di riferimento, si possono andare a definire varie caratteristiche, alcune delle quali inserite di default dal programma:

- Numero e descrizione della zona selezionata;
- Categoria DPR 412, con la categoria d'uso della zona: alla prima esportazione dall'input grafico a tutte le zone viene assegnata la categoria principale dell'edificio specificata nei dati generali.
- Apporti interni: dipendenti dalla categoria DPR 412/93 e determinati secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-1

Dopo di ciò si passa alla definizione delle caratteristiche dimensionali e la capacità termica areica. Questi valori risultano già compilati poiché definiti in precedenza sull'input grafico, invece per quanto riguarda la capacità termica areica era stata definita nei dati generali.

Categoria DPR 412/93	<input type="text" value="E.1 (1)"/>	Abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo: quali abitazioni civili e rurali.	
Apporti interni	<input type="text" value="5,45"/>	W/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche dimensionali</b> ( <input type="checkbox"/> rendi modificabile )			
Superficie in pianta	netta <input type="text" value="71,79"/>	lorda <input type="text" value="81,22"/>	m <sup>2</sup>
Volume	netto <input type="text" value="215,37"/>	lordo <input type="text" value="285,68"/>	m <sup>3</sup>
Numero di appartamenti	<input type="text" value="1"/>		
Superficie esterna lorda	<input type="text" value="220,62"/>	m <sup>2</sup> (con strutture tipo N)	
Superficie esterna lorda	<input type="text" value="186,92"/>	m <sup>2</sup> (senza strutture tipo N)	
Superficie esterna lorda	<input type="text" value="186,92"/>	m <sup>2</sup> (con strutture tipo A)	
Rapporto S/V	<input type="text" value="0,65"/>	m <sup>-1</sup>	
<b>Capacità termica areica</b>			
Capacità per unità di superficie	<input type="text" value="135"/>	kJ/m <sup>2</sup> K	
Superficie totale	<input type="text" value="220,62"/>	<input type="text" value="220,62"/>	m <sup>2</sup>
<b>Dati potenza invernale</b>			
Fattore di ripresa	fRH <input type="text" value="0"/>	W/m <sup>2</sup>	
Rendimento recuperatore	nr <input type="text" value="0,00"/>		

Dopo aver definito i vari dati della zona si passa a definire le caratteristiche dei locali attribuiti alla medesima zona; come detto in precedenza, si è modellato un unico locale per ogni zona.

Anche qui si definiscono:

- le caratteristiche dimensionali e le temperature interne di progetto: dati già definiti nella compilazione dell'input grafico e dei dati generali iniziali.
- le caratteristiche di ventilazione: nel nostro caso non è presente nessuna ventilazione meccanica, quindi sarà naturale. Il metodo di calcolo adottato è "calcolo con ricambi d'aria", dove si va a definire un coefficiente  $f_{ve,t}$ , il quale è determinato in funzione della destinazione d'uso del locale in base ai valori del prospetto E.2 della UNI/TS 11300-1:2014, il programma attribuisce di default un valore pari a 0,6. Nel caso di locale dotato di ventilazione naturale, tale termine è moltiplicativo dei ricambi  $n_{e,H}$  e  $n_{e,C}$ .
- i ricambi d'aria di riferimento: in cui vengono visualizzati i ricambi d'aria relativi ai calcoli di potenza invernale, energia invernale ed energia estiva.

Altezza netta	<input type="text" value="2,70"/>	m
Superficie utile	<input type="text" value="71,79"/>	= <input type="text" value="71,79"/> m <sup>2</sup>
Volume netto	<input type="text" value="193,83"/>	m <sup>3</sup>

<b>Temperature interne</b> ⓘ		<b>Apporti interni aggiuntivi</b> ⓘ	
Potenza invernale	θ <sub>int,p,H</sub>	<input type="text" value="20,0"/>	°C
Energia invernale	θ <sub>int,e,H</sub>	<input type="text" value="20,0"/>	°C
Energia estiva	θ <sub>int,e,C</sub>	<input type="text" value="26,0"/>	°C
Energia invernale		<input type="text" value="0,0"/>	W
Energia estiva		<input type="text" value="0,0"/>	W

<b>Ventilazione</b> ▶	
Ventilazione	<input checked="" type="radio"/> Naturale <input type="radio"/> Meccanica <input type="checkbox"/> Ibrida
Metodo di calcolo ⓘ	<input type="text" value="Calcolo con ricambi d'aria"/>
Categoria edificio	<input type="text"/>
Sottocategoria	<input type="text"/>
Portata d'aria esterna	Q <sub>op</sub> <input type="text" value="0,0"/> 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> / s pers
Indice di affollamento	n <sub>s</sub> <input type="text" value="0,00"/> pers / m <sup>2</sup>
	f <sub>ve,t</sub> <input type="text" value="0,60"/> ⓘ ⓘ
<b>Ricambi d'aria di riferimento</b> ⓘ	
Potenza invernale	n <sub>p,H</sub> <input type="text" value="0,50"/> Vol/h
Energia invernale	n <sub>e,H</sub> <input type="text" value="0,30"/> Vol/h
Energia estiva	n <sub>e,C</sub> <input type="text" value="0,30"/> Vol/h

Oltre a questi dati il programma fornisce, per la zona selezionata le strutture disperdenti che delimitano il locale specificandone l'esposizione, l'eventuale ombreggiamento e la superficie.

Tutte le altre zone presenti nel riepilogo mostrato in precedenza sono state modellate nel medesimo modo.

## 5.4 Impianti

La centrale termica è stata realizzata in data postuma alla creazione dell'edificio, precisamente nel 1987 anno d'installazione del generatore di calore.

Fu installata una caldaia tradizionale, con impianto centralizzato, i terminali di erogazione del calore scelti furono i radiatori, il tipo di distribuzione a colonne montanti con distribuzione ramificata (o ad albero) e la regolazione centralizzata con centralina climatica comandata da sonda esterna. Nel 2010 è stata però cambiata la caldaia, inserendone una a condensazione, una RIELLO TAU 100 UNIT.

Il gruppo termico a condensazione **TAU UNIT** è stato concepito come produttore di acqua calda per il riscaldamento di locali e per usi sanitari (se abbinato ad un bollitore remoto). Il corpo caldaia permette di sfruttare la condensazione del vapore acqueo presente nei gas di combustione garantendo recuperi energetici (e quindi risparmi economici) fino al 15%. Tale corpo viene realizzato in acciaio inossidabile ad alta resistenza alla corrosione al fine di garantire la massima durata ed affidabilità, rispondendo nel contempo alle più severe normative nazionali ed europee concernenti l'immissione di metalli pesanti nelle acque di scarico condensa. Il bruciatore premiscelato a microfiamme garantisce bassissimi livelli di emissioni inquinanti. Di seguito sono mostrate alcune foto della centrale scattate durante i sopralluoghi:





### 5.4.1 Riscaldamento

In questa sezione si modella la parte dell'impianto di riscaldamento, andando a definire le seguenti sezioni:

- Circuiti
- Generazione

Nella parte circuiti della sezione impianti sono presenti tre campi da definire:

- dati generali,
- sottosistemi
- temperatura media acqua

Nei dati generali occorre innanzitutto specificare la modalità di funzionamento del circuito ed i fattori correttivi per contabilizzazione e dell'energia utile. Nel nostro caso, ai fini delle verifiche di legge o degli APE si adotta un **funzionamento continuo** (calcolo regolamentare) del circuito.

Dopo di ciò si passa alla definizione dei **Sottosistemi**, andando a specificare le seguenti sottosezioni:

- Emissione
- Regolazione
- Distribuzione utenza

Nel paragrafo Emissione si vanno a definire alcuni dati utili per il calcolo del rendimento di emissione, come:

- Altezza media dei locali: nel nostro caso i locali sono alti 2,70 m. Tale valore è utile al programma nel caso si scelga "Radiatori" come terminale di emissione poiché se l'altezza media dei locali è inferiore a 4 metri verranno adottati i valori di rendimento previsti nel Prospetto 17 della UNI/TS 11300-2, in caso contrario quelli del Prospetto 18.
- Tipo di terminale di erogazione: nel nostro caso abbiamo dei radiatori su parete non isolata.
- temperatura di mandata di progetto (°C): 80°C

Da qui si ottiene il rendimento di emissione pari a 91.3% e la potenza nominale dei corpi scaldanti, questo dato viene utilizzato per il calcolo delle temperature dell'acqua dell'impianto, e può essere assunto come il carico termico invernale di progetto dei locali appartenenti al circuito selezionato maggiorato di un 30%, quindi sarà pari a 68kW circa. Inoltre, i fabbisogni elettrici sono nulli poiché si hanno dei radiatori.

Nel paragrafo di Regolazione si definisce per prima cosa il tipo di regolazione, nel nostro caso solo climatica (compensazione con sonda esterna), la temperatura dell'acqua in mandata all'impianto è regolata da una centralina comandata da una

sonda di temperatura esterna. Non ci sono sensori della temperatura interna nell'edificio. Dopo di ciò si ottiene il rendimento di regolazione.

Infine, nel paragrafo di Distribuzione utenza è possibile scegliere se eseguire il calcolo delle perdite della rete di distribuzione utenza con metodo semplificato o metodo analitico. Si è utilizzato il metodo semplificato, nel quale è stato inserito il tipo di impianto presente che è centralizzato con montanti non isolati correnti nell'intercapedine dei muri esterni. L'isolamento delle tubazioni secondo il DPR 412/93, con fattore di correzione pari ad 1. Dopo aver definito i vari campi si giunge al rendimento di distribuzione che è pari a 92,9%.

Emissione	
Altezza media locali	2,70 m
Tipo di terminale di erogazione	Radiatori su parete esterna non isolata ( $U > 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Rendimento di emissione $\eta_{H,em}$	91,3 %
Potenza nominale corpi scaldanti	68341 W
Fabbisogni elettrici	0 W
Temperatura di mandata di progetto 80,0 °C	
Unità con il ventilatore sempre in funzione <input type="checkbox"/>	
Regolazione	
Tipo	Solo climatica (compensazione con sonda esterna)
Caratteristiche	On off
Rendim. di regolazione $\eta_{H,rg}$	100,0 % $-(60 \cdot \eta_u \cdot \gamma)$
<input type="checkbox"/> Correzione del rendimento di regolazione per sbilanciamenti dell'impianto	
<input checked="" type="radio"/> metodo dettagliato <input type="radio"/> metodo forfettario	
Scostamento di temperatura per regolazione imperfetta $\Delta\theta$ 0,0 °C	
Distribuzione utenza	
<input checked="" type="radio"/> Metodo semplificato	
Tipo di impianto	Centralizzato con montanti non isolati correnti nell'intercapedine dei muri esterni
Posizione impianto	Impianto a piano terreno, su ambiente non riscaldato o terreno con distribuzione a collettori
Posizione tubazioni	Tubazioni correnti nel cantinato in vista
Isolamento tubazioni	Secondo DPR 412/93
Nr. piani	3
Fattore di correzione	1,00
Rendimento di distribuzione $\eta_{H,du}$	92,9 %
<input type="radio"/> Metodo analitico	
Rete di distribuzione	(nessuno)
Coefficiente di recupero 0,80	

Nella sezione **temperatura media acqua** si definisce il tipo di circuito, in questo caso a portata costante e poi si definiscono tutti i dati tecnici del corpo scaldante.

I dati richiesti sono:

- maggiorazione potenza corpi scaldanti: il valore di default è pari al 10% riferito agli impianti centralizzati a colonne montanti.
- $\Delta T$  nominale lato aria: sarebbe la differenza fra la temperatura media nominale del corpo scaldante e la temperatura dell'aria ambiente. Per i radiatori viene scelto il valore pari a 50 °C considerando un salto termico lato acqua 60°C/80°C e temperatura ambiente 20°C.
- esponente n del corpo scaldante: per i radiatori è 1.3
- $\Delta T$  di progetto lato acqua (°C): la differenza fra la temperatura di mandata e la temperatura di ritorno di progetto.
- portata nominale (kg/h)
- sovratemperatura minima valvola miscelatrice (°C): prescrive che, in presenza di una valvola miscelatrice nelle reti di utenza, la temperatura di

mandata minima da considerare deve essere maggiore di 5°C rispetto alla temperatura di mandata delle unità terminali.

Tipo di circuito **A portata costante**

Maggiorazione potenza corpi scaldanti  10,0 %

$\Delta t$  nominale lato aria  50,0 °C

Esponente n del corpo scaldante  1,30

$\Delta t$  di progetto lato acqua  20,0 °C

Portata nominale  3234,73 kg/h

Presenza valvola miscelatrice

Sovratemperatura minima valvola miscelatrice  5,0 °C

Nella parte generazione della sezione impianti sono presenti due campi da definire:

- Centrale termica
- Generatore

Nella prima sezione si descrive la centrale termica, se è costituita da un generatore singolo oppure un sistema con generatori multipli e inoltre viene richiesto di scegliere il tipo di generatore e il metodo di calcolo utilizzato. Nel nostro caso nello stato di fatto è presente una caldaia a condensazione e il metodo di calcolo utilizzato è quello analitico.

Nella sezione generatore, bisogna andare a definire tre sottosezioni:

- Dati principali
- Dati per generatori modulanti
- Circuito in centrale

Nel paragrafo dati generali si vanno a definire: le caratteristiche, l'installazione, il vettore energetico e i fabbisogni elettrici della mia caldaia a condensazione.

Sapendo il modello della caldaia, si va nella sezione archivio di EC700 si sceglie il medesimo modello e i dati caratteristici di potenza, perdite e rendimenti vengono automaticamente compilati.

**Caratteristiche**

Marca/serie/modello (\*)  (\*) = Dati da archivio

Potenza nominale al focolare (\*)  $\Phi_{cn}$    kW

Perdite camino bruciatore acceso (\*)   %

Perdite camino bruciatore spento (\*)   %

Perdite al mantello (\*)   %

Materiale del generatore   Circolazione permanente di acqua in caldaia

Rendimento utile - 100% (\*)  $\eta_{gn,Pn}$   %  % Efficienza energetica stagionale per riscaldamento  $\eta_s$

Rendimento utile - 30% (\*)  $\eta_{gn,Pint}$   %

Temperatura media dell'acqua  °C (in condizioni di prova)

$\Delta T$  temperatura di ritorno/fumi  $\Delta\theta_{w,fl}$    °C

Tenore di ossigeno dei fumi  $O_{2,fl,dry}$   %  %

**Dati Aggiuntivi**

**Installazione**

Ambiente  Temperatura  °C

Fattore di riduzione delle perdite  $k_{gn,env}$   Valori mensili

La potenza nominale della caldaia è di 110 kW, ma il programma propone 52,57 kW poiché se fossimo in mancanza di dati si può inserire il carico termico invernale di progetto dell'edificio. Inoltre, la parte Dati Aggiuntivi consente di visualizzare la finestra per la definizione di alcuni dati relativi al vettore energetico, all'umidità dell'aria e dei fumi.

#### Dati aggiuntivi

Volume d'aria stechiometrica secca per unità di combustibile	$V_{air,st,dry}$	<input type="text" value="9,52"/>	$Nm^3/Nm^3$
Volume fumi stechiometrici secchi per unità di combustibile	$V_{fl,st,dry}$	<input type="text" value="8,52"/>	$Nm^3/Nm^3$
Contenuto vapor d'acqua nei fumi umidi teorici	$M_{H_2O,st}$	<input type="text" value="1,65"/>	$kg/Nm^3$
Temperatura di ritorno dell'acqua in condizioni di prova	$\theta_{gn,r,test}$	<input type="text" value="60,0"/>	<input type="text" value="60,0"/> °C
Umidità relativa dell'aria comburente	HUM air	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="50"/> %
Umidità relativa dei fumi	HUM fl	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="100"/> %

Nell'installazione si va a definire l'ambiente in cui è posto il generatore, ai fini della determinazione della temperatura dell'ambiente circostante e del fattore di riduzione delle perdite, nel nostro caso la caldaia è installata in centrale termica e verranno utilizzati i 12 valori mensili, pari alla temperatura media mensile esterna + 5°C.

#### Valori mensili

Temperature ambiente di installazione [°C]	
Gennaio	<input type="text" value="6,2"/>
Febbraio	<input type="text" value="8,1"/>
Marzo	<input type="text" value="13,3"/>
Aprile	<input type="text" value="16,9"/>
Maggio	<input type="text" value="23,0"/>
Giugno	<input type="text" value="27,1"/>
Luglio	<input type="text" value="28,6"/>
Agosto	<input type="text" value="27,6"/>
Settembre	<input type="text" value="24,1"/>
Ottobre	<input type="text" value="17,3"/>
Novembre	<input type="text" value="11,8"/>
Dicembre	<input type="text" value="7,6"/>

In funzione dell'ambiente di installazione viene inoltre proposto il valore del fattore di riduzione delle perdite ovvero il fattore moltiplicativo delle perdite al mantello per tenere conto del loro recupero.

Un valore pari a 0,1 indica che tutte le perdite del generatore sono recuperate (tipico dell'installazione all'interno dello spazio riscaldato); un valore pari a 1 indica che tutte le perdite del generatore sono perse (tipico dell'installazione all'esterno).

Dopo di ciò si definiscono le caratteristiche del vettore energetico e dei fabbisogni elettrici:

Vettore energetico		Fattori di conversione in energia primaria	
Tipo (*)	Metano	fp,ren (non rinnovabile)	1.050
Potere calorifico inferiore	Hi 9.940 kWh/Nm <sup>3</sup>	fp,ren (rinnovabile)	0.000
Fattore di emissione CO <sub>2</sub>	0.2100 kgCO <sub>2</sub> /kWh	fp,tot	1.050
Fabbisogni elettrici			
Tipo di bruciatore	Ad aria soffiata		
Potenza elettrica bruciatore (*)	Wbr 430 W	Fattore di recupero Kbr	0.80
Potenza elettrica pompe circolazione	Waf 320 W	Fattore di recupero Kaf	0.80

I dati sono compilati grazie alla scheda tecnica inserita inizialmente.

Nel paragrafo dati per generatori modulanti, si inseriscono i dati del generatore a potenza minima, questi sono stati presi dalla scheda tecnica della caldaia:

Generatore modulante (dati a potenza minima)			
Potenza minima al focolare (*)	$\Phi_{cn,min}$	21.40	33.00 kW
Potenza elettrica bruciatore	W <sub>br,min</sub>	15	30 W
Perdite al camino a bruciatore acceso	P' <sub>ch,on,min</sub>	2.20	%
$\Delta T$ temperatura di ritorno/fumi a potenza minima	$\theta_{w,fl,min}$	5.0	5.00 °C
Tenore di ossigeno nei fumi secchi a potenza minima	O <sub>2,fl,dry,min</sub>	6.00	6.00 % <input checked="" type="checkbox"/> Modulazione di aria e gas
Temperatura di ritorno dell'acqua in condizioni di prova		50.0	°C

Infine, nel paragrafo circuito in centrale, si descrive il collegamento idraulico del generatore all'impianto e vengono specificati i criteri di gestione della temperatura dell'acqua nel generatore. Ciò consente di calcolare la temperatura dell'acqua nel generatore allo scopo di determinare correttamente le prestazioni del generatore di calore in funzione delle condizioni di funzionamento.

Il generatore lavora a temperatura scorrevole, quindi la temperatura di mandata sarà quella richiesta dal circuito e poi si specifica il collegamento idraulico del generatore all'impianto, nel nostro caso abbiamo un collegamento diretto e ciò indica che il generatore è collegato direttamente ai collettori di distribuzione, senza interposizione di alcun dispositivo.

### 5.4.2 Acqua calda sanitaria

In questa sezione si modella la parte dell'impianto riguardante l'acqua calda sanitaria, andando a definire le seguenti sezioni:

- Dati per zona
- Accumulo centralizzato
- Temperature acqua sanitaria

Nei dati per zona, i dati richiesti per il calcolo dei fabbisogni giornaliero di acqua calda sanitaria  $V'w$ , variano in base alla destinazione d'uso della zona (categoria DPR 412).

Secondo la Specifica Tecnica UNI/TS 11300-2, per le zone destinate ad abitazione (categoria E.1) come nel nostro caso, ad uffici (categoria E.2) e ad esercizi commerciali con l'obbligo di servizi igienici per il pubblico (categoria E.5), il calcolo si effettua in funzione della superficie utile dell'unità immobiliare.

La temperatura di erogazione è impostata a 40°C ai fini del calcolo della certificazione energetica e la temperatura di alimentazione è la temperatura dell'acqua fredda sanitaria in ingresso al sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria (tipicamente l'acquedotto). Secondo la specifica tecnica UNI/TS 11300-2, per valutazioni sul progetto (A1 - Design Rating) e per valutazioni standard (A2 - Asset Rating), si deve assumere una temperatura pari alla media annuale delle temperature medie mensili dell'aria esterna della località in cui è ubicato l'impianto.

**Fabbisogno giornaliero di acqua sanitaria**

Cat. DPR 412  Temperatura di erogazione  °C

Superficie utile  m<sup>2</sup>

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
Fabbis. giornalieri ACS <input type="text" value="Vw"/>	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113	l/g
Temp. di alimentazione <input type="text" value="θo"/>	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	°C

Successivamente in questa sezione si deve caratterizzare la rete di distribuzione dell'acqua calda sanitaria all'interno della singola zona. Viene utilizzato il metodo semplificato e le perdite della rete dell'acqua calda sanitaria nella zona verranno calcolate utilizzando il fattore di perdita tabellare definito nella specifica tecnica UNI/TS 11300-2, in funzione dell'età della rete (antecedente o meno alla Legge 373/76) e dell'ambiente di installazione. Inoltre, si definisce che è presente un accumulo centralizzato.

**Distribuzione utenza**

Metodo semplificato

Rendimento noto  %

Metodo analitico

Temperatura media della rete  °C

Numero di cicli di utilizzo giornalieri

Coefficiente di recupero

**Accumulo**

Singolo  Centralizzato

Dopo di ciò si passa alla definizione dell'accumulo, andando a definire la geometria, diametro altezza e superficie, spessore e conduttività dello strato isolante, per ottenere la dispersione termica in W/K. Inoltre, si definisce pure la temperatura media dell'accumulo e l'ubicazione.

**Accumulo centralizzato**

Dispersione termica	Kboll	<input type="text" value="3.168"/>	W/K	Temp. media dell'accumulo	<input type="text" value="60.0"/>	°C
<b>Installazione</b> ⓘ						
Ambiente	<input type="text" value="Centrale termica"/>			Temperatura	<input type="text" value="0.00"/>	°C
Fattore di recupero delle perdite	<input type="text" value="0.70"/>			Valori mensili	<input checked="" type="checkbox"/>	

Infine, nella sezione temperature acqua sanitaria, vengono richiesti i dati necessari per determinare le condizioni di funzionamento del generatore per la produzione di acqua sanitaria (temperature e potenza).

**Temperature acqua sanitaria**

Potenza scambiatore	<input type="text" value="40.00"/>		<input type="text" value="12.16"/>	kW	Temperatura di mandata	<input type="text" value="70.0"/>	°C
Δt di progetto	<input type="text" value="20.0"/>				Temperatura di ritorno	<input type="text" value="50.0"/>	°C
Portata di progetto	<input type="text" value="1721.17"/>				Temperatura media	<input type="text" value="60.0"/>	°C

## 5.5 Risultati fabbricato

Questa parte insieme alla successiva sono le parti più importanti dell'analisi dove si producono i risultati in merito alle dispersioni generali e al consumo annuo di energia dell'edificio. Il **fabbricato** è il sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito e dalle strutture interne che ripartiscono detto volume, esclusi gli impianti e i dispositivi tecnologici che si trovano al suo interno. Prima di tutto bisogna stabilire se effettuare il calcolo per singole zone oppure per l'intero edificio, nel nostro caso il calcolo è effettuato su tutto l'edificio, le altre opzioni di calcolo riguardano la presenza o meno dei vicini, nel nostro caso essendo residenziale con occupazione continuativa è stata messa la presenza dei suddetti e infine l'ultima opzione riguarda la stagione di calcolo che può essere reale oppure personalizzata, ma quest'ultima opzione è disponibile solo in caso di diagnosi energetica.

Quindi dalla modellazione fatta in precedenza, si analizzano i seguenti risultati in merito a:

- Potenza invernale
- Energia invernale
- Trasmittanze medie

Per quanto riguarda la “Potenza Invernale” si attenzionano le dispersioni per locale, per componente e in base all'orientamento.

Nella scheda “Dispersioni per locale” viene visualizzato l'elenco dei locali relativi all'intero edificio, evidenziando per ciascuno di essi i seguenti parametri:

- $\theta_i$ : Temperatura interna del locale.
- V: Volume netto del locale.
- $\Phi_{tr}$ : Potenza dispersa per trasmissione dal locale.
- $\Phi_{ve}$ : Potenza dispersa per ventilazione dal locale.
- $\Phi_{rh}$ : Potenza dispersa per intermittenza dal locale.
- $\Phi_{hl}$ : Potenza totale dispersa dal locale.
- $\Phi_{hl+ \%}$ : Potenza totale dispersa dal locale comprensiva dell'eventuale fattore di sicurezza indicato nella scheda “Dati di default”.

Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza										
Locale	Zona	Descrizione	$\theta_i$ [°C]	V [m <sup>3</sup> ]	S [m <sup>2</sup> ]	$\Phi_{tr}$ [W]	$\Phi_{ve}$ [W]	$\Phi_{rh}$ [W]	$\Phi_{hl}$ [W]	$\Phi_{hl(+10\%)} [W]$
1	1	Sub 12	20,0	215,4	71,79	5233	1005	0	6238	6862
1	2	Sub 10	20,0	229,5	76,50	5261	1162	0	6423	7066
1	3	Sub 11	20,0	226,7	75,55	5326	1147	0	6473	7121
1	4	Sub 15	20,0	214,3	71,44	3752	1085	0	4837	5321
1	5	Sub 119	20,0	173,6	57,86	3067	810	0	3877	4265
1	6	Sub 120	20,0	282,9	94,29	4269	1320	0	5589	6148
1	7	Sub 18	20,0	215,4	71,79	4046	1090	0	5136	5650
1	8	Sub 16	20,0	229,5	76,50	3980	1162	0	5142	5656
1	9	Sub 17	20,0	226,7	75,55	3921	1147	0	5068	5575

Nella sezione “Risultati”, vengono visualizzati i totali complessivi di tutti i locali relativi all’intero edificio, viene inoltre visualizzato anche il valore  $\Phi_{hl\ sic}$ , pari alla potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza eventualmente indicato nella scheda “Dati default” dei dati generali del lavoro.

Risultati				
Dettaglio dispersioni			Totali	
Potenza dispersa per trasmissione	$\Phi_{tr}$	38855 W	Volume totale	V 2013,8 m <sup>3</sup>
Potenza dispersa per ventilazione	$\Phi_{ve}$	9929 W	Potenza totale	$\Phi_{hl}$ 48784 W
Potenza dispersa per intermittenza	$\Phi_{rh}$	0 W	Potenza totale, con fattore di sicurezza	$\Phi_{hl\ sic}$ 53662 W

Dopo di ciò si passa alla scheda “Dispersioni per componente” vengono visualizzati i tre elenchi relativi alle strutture opache, ai componenti finestrati e ai ponti termici, evidenziando per ciascuno di essi i seguenti parametri:

- U: Trasmittanza termica di potenza dell’elemento disperdente.
- $\Psi$ : Trasmittanza termica lineica del ponte termico.
- $\theta_e$ : Temperatura di esposizione dell’elemento.
- Sup.Tot: Superficie totale dell’elemento disperdente su tutto l’edificio o sulla zona visualizzata.
- Lungh.Tot: Lunghezza totale del ponte termico su tutto l’edificio o sulla zona visualizzata.
- $\Phi T$ : Potenza dispersa per trasmissione dall’elemento.
- % Rapporto percentuale tra il  $\Phi T$  dell’elemento e il  $\Phi T$  totale dell’edificio o della zona visualizzata.

Dispersioni delle strutture opache							
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K]	$\theta_e$ [°C]	Sup. Tot [m <sup>2</sup> ]	$\Phi T$ [W]	%
M1	T	Parete esterna	0,975	-8,0	656,23	19998	51,5
M3	U	Parete interna verso vano scala	1,408	6,0	157,27	3101	8,0
M5	U	Porta ingresso alloggio	1,961	0,0	15,12	593	1,5
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	1,254	3,2	253,58	5341	13,7
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	0,317	-5,2	253,58	2029	5,2
<b>Totali</b>					<b>1335,78</b>	<b>31062</b>	<b>79,9</b>

Dispersioni dei componenti finestrati							
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K]	$\theta_e$ [°C]	Sup. Tot [m <sup>2</sup> ]	$\Phi T$ [W]	%
W1	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	-8,0	12,60	854	2,2
W2	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	-8,0	43,20	2827	7,3
W3	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	-8,0	17,28	1198	3,1
W4	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	-8,0	10,08	714	1,8
W5	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	-8,0	5,04	310	0,8
W7	T	Telaio in alluminio_ Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	-8,0	4,89	331	0,9
<b>Totali</b>					<b>93,09</b>	<b>6235</b>	<b>16,0</b>

Dispersioni dei ponti termici							
Cod.	Tipo	Descrizione	$\Psi$ [W/mK]	Lungh. Tot [m]	$\Phi T$ [W]	%	
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	-0,314	100,37	-530	-1,4	
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,359	283,16	2767	7,1	
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,269	103,53	855	2,2	
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,247	162,00	-1237	-3,2	
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,092	60,00	170	0,4	
Z6	-	R - Parete - Copertura	-0,374	100,37	-945	-2,4	
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,064	245,26	478	1,2	
Totali				1054,69	1558	4,0	

Infine, si passa alle “Dispersioni per componenti” vengono visualizzate le dispersioni dell’intero edificio ordinate per orientamento, evidenziando per ciascun orientamento i seguenti parametri:

- $U/\Psi$ : Trasmittanza termica dell’elemento disperdente o trasmittanza termica lineica del ponte termico.
- Sup.Tot/Lungh: Superficie totale dell’elemento disperdente o lunghezza totale del ponte termico.
- $\Phi T$ : Potenza dispersa per trasmissione dall’elemento.
- % Rapporto percentuale tra il  $\Phi T$  dell’elemento e il  $\Phi T$  totale dell’edificio.

Prospetto Nord

Tutte le esposizioni

**Dispersioni delle strutture termiche**

Cod.	Tipo	Descrizione	$U$ [W/m <sup>2</sup> K] / $\Psi$ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> ] Lungh. [m]	$\Phi T$ [W]	%	
M1	T	Parete esterna	0,975	189,69	6217	16,0	
W1	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	6,30	466	1,2	
W4	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	3,36	248	0,6	
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,359	76,16	918	2,4	
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,247	36,00	-298	-0,8	
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,092	18,00	56	0,1	
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,064	30,60	66	0,2	
Totali					7672	19,7	

Prospetto Sud

Tutte le esposizioni

**Dispersioni delle strutture termiche**

Cod.	Tipo	Descrizione	$U$ [W/m <sup>2</sup> K] / $\Psi$ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> ] Lungh. [m]	$\Phi T$ [W]	%	
M1	T	Parete esterna	0,975	166,50	4547	11,7	
W1	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	6,30	388	1,0	
W2	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	21,60	1331	3,4	
W5	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	5,04	310	0,8	
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,359	58,34	586	1,5	
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,269	26,79	201	0,5	
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,247	45,00	-311	-0,8	
Totali					7265	18,7	

Prospetto Est

Tutte le esposizioni

**Dispersioni delle strutture termiche**

Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K] / Ψ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> / Lungh. [m]	ΦT [W]	%
M1	T	Parete esterna	0,975	160,94	5055	13,0
W2	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	10,80	765	2,0
W3	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	8,64	612	1,6
W4	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	3,36	238	0,6
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,359	37,30	431	1,1
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,269	49,35	427	1,1
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,247	36,00	-286	-0,7
Totali					7405	19,1

Prospetto Ovest

Tutte le esposizioni

**Dispersioni delle strutture termiche**

Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K] / Ψ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> / Lungh. [m]	ΦT [W]	%
M1	T	Parete esterna	0,975	139,10	4179	10,8
W2	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	10,80	732	1,9
W3	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	8,64	585	1,5
W4	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	3,36	228	0,6
W7	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	2,200	4,89	331	0,9
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,359	45,46	502	1,3
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,269	27,39	227	0,6
Totali					6593	17,0

Di seguito si passa all'analisi "dell'Energia Invernale" e si attenzionano le schede: sommario, dettagli, scambi termici per componente, riassunto zone.

Anche qui bisogna stabilire se effettuare il calcolo per singole zone oppure per l'intero edificio, nel nostro caso il calcolo è effettuato anche stavolta su tutto l'edificio, si ha anche in questo caso la presenza dei vicini, essendo residenziale con occupazione continuativa e infine l'ultima opzione diversa dalla precedente riguarda la stagione di calcolo che in questo caso viene assunta convenzionale e non reale oppure personalizzata, perché queste due opzione sono disponibili solo in caso di diagnosi energetica.

Nella scheda "Sommario" viene visualizzata una tabella con i risultati mensili del calcolo dell'energia utile invernale relativi all'intero edificio, evidenziando per ciascun mese i seguenti parametri:

- $Q_{h,tr}$  Energia dispersa per trasmissione e per extraflusso verso la volta celeste, al netto degli apporti solari attraverso le strutture opache;
- $Q_{h,ve}$  Energia dispersa per ventilazione;
- $Q_{h,ht}$  Totale energia dispersa ( $= Q_{h,tr} + Q_{h,ve}$ );
- $Q_{sol,w}$  Apporti solari attraverso i componenti trasparenti;
- $Q_{int}$  Apporti interni;
- $Q_{gn}$  Totale apporti gratuiti ( $= Q_{sol,w} + Q_{int}$ );
- $Q_{h,nd}$  Energia utile richiesta per il riscaldamento invernale.

Nella sezione “Risultati stagionali (riscaldamento invernale)”, vengono visualizzate le dispersioni e gli apporti complessivi, ottenuti come somma di tutti i mesi della stagione di riscaldamento considerata e il bilancio energetico.

Dispersioni, apporti ed energia utile			Dispersioni				Apporti			
Mese	Giorni	$\theta_{e,m}$ [°C]	$Q_{h,tr}$ [kWh]	$Q_{h,r}$ [kWh]	$Q_{h,ve}$ [kWh]	$Q_{h,ht}$ [kWh]	$Q_{sol,w}$ [kWh]	$Q_{int}$ [kWh]	$Q_{gn}$ [kWh]	$Q_{h,nd}$ [kWh]
ottobre	17	10,9	4203	367	749	5319	1451	1456	2908	2439
novembre	30	6,8	11253	655	1914	13821	1586	2570	4156	9666
dicembre	31	2,6	15472	786	2607	18866	1581	2656	4236	14629
gennaio	31	1,2	16701	855	2817	20373	1766	2656	4422	15952
febbraio	28	3,1	13367	799	2287	16453	2194	2399	4593	11861
marzo	31	8,3	9884	844	1753	12481	3053	2656	5709	6790
aprile	15	11,1	3490	482	646	4619	1603	1285	2888	1788

Risultati stagionali (riscaldamento invernale)										
Dispersioni			Apporti			Bilancio energetico				
Dispersioni per trasmissione	$Q_{h,tr}$	74371 kWh	Apporti solari	$Q_{sol,w}$	13235 kWh	Energia utile	$Q_{h,nd}$	63126 kWh		
Dispersioni per extraflusso	$Q_r$	4788 kWh	Apporti interni	$Q_{int}$	15676 kWh	Consumo specifico	94,04 kWh / m <sup>2</sup>			
Dispersioni per ventilazione	$Q_{h,ve}$	12773 kWh	Apporti aggiuntivi	$Q_i$	0 kWh	Consumo specifico	23,78 kWh / m <sup>3</sup>			
Dispersioni totali	$Q_{h,ht}$	91932 kWh	Apporti totali	$Q_{gn}$	28911 kWh	Stagione di riscaldamento dal 15 ottobre al 15 aprile giorni 183				

Nella scheda “Dettagli” vengono visualizzate le tabelle relative al dettaglio dell’energia dispersa e degli apporti termici gratuiti.

Nella prima tabella, “Scambio di energia termica totale”, vengono messi in evidenza i seguenti parametri:

- $\theta_{e,m}$  Temperatura esterna media mensile del mese o della frazione di mese considerata;
- $Q_{h,trT}$  Energia dispersa per trasmissione da locale climatizzato verso esterno;
- $Q_{h,trU}$  Energia dispersa per trasmissione da locale climatizzato verso locali non climatizzati;
- $Q_{h,trN}$  Energia dispersa per trasmissione da locale climatizzato verso locali vicini, ma nel nostro caso è zero perché non viene considerato questo tipo di scambio.
- $Q_{h,rT}$  Energia dispersa per extraflusso attraverso i componenti di tipo T;
- $Q_{sol,k,c}$  Apporti solari diretti attraverso le strutture opache;
- $Q_{h,ve}$  Energia dispersa per ventilazione;
- $Q_{h,ht}$  Totale energia dispersa.

Nella seconda tabella, “Apporti termici (solari + interni)”, vengono messi in evidenza i seguenti parametri:

- $\theta_{e,m}$  Temperatura esterna media mensile del mese o della frazione di mese considerata;
- $Q_{sol,k,w}$  Apporti solari diretti attraverso gli elementi finestrati;
- $Q_{int,k}$  Apporti interni
- $Q_{gn}$  Totale apporti gratuiti

Scambio di energia termica totale			Trasmissione						
Mese	Giorni	$\theta_{e,m}$ [°C]	$Q_{h,trT}$ [kWh]	$Q_{h,trU}$ [kWh]	$Q_{h,trN}$ [kWh]	$Q_{h,rT}$ [kWh]	$Q_{sol,k,c}$ [kWh]	$Q_{h,ve}$ [kWh]	$Q_{h,ht}$ [kWh]
ottobre	17	10,9	3230	1318	0	367	346	749	5319
novembre	30	6,8	8252	3367	0	655	366	1914	13821
dicembre	31	2,6	11240	4586	0	786	354	2607	18866
gennaio	31	1,2	12144	4955	0	855	398	2817	20373
febbraio	28	3,1	9861	4024	0	799	517	2287	16453
marzo	31	8,3	7558	3084	0	844	758	1753	12481
aprile	15	11,1	2786	1137	0	482	432	646	4619
<b>Totale</b>	<b>183</b>		<b>55071</b>	<b>22472</b>	<b>0</b>	<b>4788</b>	<b>3172</b>	<b>12773</b>	<b>91932</b>

Apporti totali di energia termica					
Mese	Giorni	$\theta_{e,m}$ [°C]	$Q_{sol,k,w}$ [kWh]	$Q_{int,k}$ [kWh]	$Q_{gn}$ [kWh]
ottobre	17	10,9	1451	1456	2908
novembre	30	6,8	1586	2570	4156
dicembre	31	2,6	1581	2656	4236
gennaio	31	1,2	1766	2656	4422
febbraio	28	3,1	2194	2399	4593
marzo	31	8,3	3053	2656	5709
aprile	15	11,1	1603	1285	2888
<b>Totale</b>	<b>183</b>		<b>13235</b>	<b>15676</b>	<b>28911</b>

Nella scheda “Scambi termici per componente” vengono visualizzate le dispersioni ordinate per componente suddivise in tre diverse famiglie: opaco, trasparente e ponti termici, evidenziando per ciascun elemento i seguenti parametri:

- $U/\Psi$  Trasmittanza termica dell'elemento disperdente o trasmittanza termica lineica del ponte termico
- $S_{up,Tot}/L_{ungh}$  Superficie totale dell'elemento disperdente o lunghezza totale del ponte termico
- $Q_{h,tr}$  Energia dispersa per trasmissione dall'elemento
- %Rapporto percentuale tra il  $\Phi_{h,tr}$  dell'elemento e il  $\Phi_{h,tr}$  totale dell'edificio
- $Q_{h,r}$  Energia dispersa per extraflusso verso la volta celeste
- % $Q_{h,r}$  Rapporto percentuale tra il  $Q_{h,r}$  dell'elemento e il totale dei  $Q_{h,r}$
- $Q_{sol,k}$  Apporto solare attraverso gli elementi opachi e finestrati
- % $Q_{sol,k}$  Rapporto percentuale tra il  $Q_{sol,k}$  dell'elemento e il totale dei  $Q_{sol,k}$

Dispersioni delle strutture opache										
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	Sup. Tot [m²]	Perdite trasmissione		Perdite extraflusso		Apporti solari	
					$Q_{h,tr}$ [kWh]	%	$Q_{h,r}$ [kWh]	%	$Q_{sol,k}$ [kWh]	%
M1	T	Parete esterna	0,947	656,23	39404	50,8	3881	81,0	3172	19,3
M3	U	Parete interna verso vano scala	1,408	157,27	7025	9,1	-	-	-	-
M5	U	Porta ingresso alloggio	1,961	15,12	1343	1,7	-	-	-	-
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	1,254	253,58	12099	15,6	-	-	-	-
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	0,317	253,58	4596	5,9	-	-	-	-
<b>Totale</b>				<b>1335,78</b>	<b>64466</b>	<b>83,1</b>	<b>3881</b>	<b>81,0</b>	<b>3172</b>	<b>19,3</b>

Dispersioni dei componenti finestrati										
	Perdite trasmissione				Perdite extraflusso		Apporti solari			
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	Sup. Tot [m²]	Qh.tr [kWh]	%	Qh.r [kWh]	%	Qsol,k [kWh]	%
W1	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	1,720	12,60	1374	1,8	132	2,8	1807	11,0
W2	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	1,720	43,20	4712	6,1	409	8,6	6928	42,2
W3	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	1,720	17,28	1885	2,4	176	3,7	2030	12,4
W4	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	1,720	10,08	1099	1,4	109	2,3	1110	6,8
W5	T	Telaio in alluminio_Uw 2.2 e Ug 1.1 - ...	1,720	5,04	550	0,7	60	1,3	1125	6,9
Totali				93,09	10154	13,1	907	19,0	13235	80,7

Dispersioni dei ponti termici						
Perdite trasmissione						
Cod.	Tipo	Descrizione	ψ [W/mK]	Lungh. Tot [m]	Qh.tr [kWh]	%
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	-0,314	100,37	-1200	-1,5
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,359	283,16	5691	7,3
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,269	103,53	1763	2,3
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,247	162,00	-2535	-3,3
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,092	60,00	351	0,5
Totali				1054,69	2923	3,8

Infine, si fa un riassunto delle zone dove viene visualizzata una tabella con i risultati mensili del calcolo dell'energia utile invernale relativi all'intero edificio, dove alla fine è presente, oltre a tutti i valori già visti, il consumo specifico che è pari al rapporto tra l'energia utile richiesta dalla zona e la sua superficie netta o volume lordo.

		Dispersioni					Apporti				
Zona	Descrizione	Su [m²]	V [m³]	Qh.tr [kWh]	Qh.ve [kWh]	Qh.ht [kWh]	Qsol.w [kWh]	Qint [kWh]	Qgn [kWh]	Qh.nd [kWh]	Consumo specifico
1	Sub 12	72	285,7	10798	1366	12164	922	1719	2641	9530	133 kWh/m²
2	Sub 10	77	304,7	11149	1456	12604	1726	1776	3503	9109	119 kWh/m²
3	Sub 11	76	301,6	10878	1438	12315	1488	1765	3254	9068	120 kWh/m²
4	Sub 15	71	270,5	7438	1359	8797	958	1715	2673	6130	86 kWh/m²
5	Sub 119	58	221,4	6308	1101	7409	1252	1511	2763	4654	80 kWh/m²
6	Sub 120	94	356,3	8375	1794	10169	1997	1929	3926	6260	66 kWh/m²
7	Sub 18	72	293,0	8169	1366	9535	1144	1719	2863	6679	93 kWh/m²
8	Sub 16	77	312,5	8265	1456	9721	1953	1776	3729	6010	79 kWh/m²
9	Sub 17	76	309,3	7781	1438	9218	1793	1765	3559	5686	75 kWh/m²

Nella scheda “Trasmittanze medie” vengono visualizzate due tabelle contenenti rispettivamente la trasmittanza media delle strutture opache e il riepilogo della trasmittanza comprensiva di infisso ( $U_w$ ) e solo vetro ( $U_g$ ) delle finestre presenti all’interno della zona selezionata o dell’intero edificio.

Strutture opache				
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K]	U media* [W/m <sup>2</sup> K]
M1	T	Parete esterna	0,947	1,079
M2	N	Parete interna	2,247	2,320
M3	U	Parete interna verso vano scala	1,408	1,559
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	1,254	1,129
P2	N	Soletta interpiano	1,254	1,254
S1	N	Soletta interpiano	1,521	1,521
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	0,317	0,170

Nella colonna “ $U_{media}$ ” viene visualizzata la media pesata della trasmittanza della struttura e di tutti i componenti ad essa associati o sottratti, vale a dire:

- ponti termici sottratti alla struttura;
- altri componenti opachi sottratti alla struttura;
- cassonetti o muri sottofinestra appartenenti a finestre che sono state sottratte alla struttura.

Componenti finestrati				
Cod.	Tipo	Descrizione	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_g$ [W/m <sup>2</sup> K]
M5	U	Porta ingresso alloggio	1,961	-
W1	T	Telaio in alluminio_ $U_w$ 2.2 e $U_g$ 1.1 - ...	1,720	1,100
W2	T	Telaio in alluminio_ $U_w$ 2.2 e $U_g$ 1.1 - ...	1,720	1,100
W3	T	Telaio in alluminio_ $U_w$ 2.2 e $U_g$ 1.1 - ...	1,720	1,100
W4	T	Telaio in alluminio_ $U_w$ 2.2 e $U_g$ 1.1 - ...	1,720	1,100
W5	T	Telaio in alluminio_ $U_w$ 2.2 e $U_g$ 1.1 - ...	1,720	1,100
W7	T	Telaio in alluminio_ $U_w$ 2.2 e $U_g$ 1.1 - ...	1,720	1,100

Nella parte inferiore della maschera è presente il riquadro “Trasmittanze complessive dell’involucro”. All’interno di questo riquadro vengono visualizzate le medie pesate complessive di tutti i muri, i pavimenti, i soffitti e i componenti finestrati presenti all’interno dell’intero edificio.

I valori della prima colonna rappresentano le medie complessive comprendenti il contributo dei ponti termici; i valori della seconda colonna rappresentano lo stesso calcolo, condotto in assenza dei ponti termici.

Trasmittanze complessive dell'involucro 				
	con ponti termici		senza ponti termici	
Trasmittanza muri	1,153	W/m <sup>2</sup> K	1,036	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza pavimenti	1,129	W/m <sup>2</sup> K	1,254	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza soffitti	0,170	W/m <sup>2</sup> K	0,317	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza componenti finestrati	1,898	W/m <sup>2</sup> K	1,753	W/m <sup>2</sup> K

## 5.6 Risultati energia primaria

Se nel precedente capitolo abbiamo analizzato i risultati riguardanti l'involucro edilizio, adesso andremo ad analizzare i risultati di energia primaria dell'intero edificio, quali fabbisogni deve coprire il mio impianto e che rendimenti sono stati trovati, calcolati secondo la Specifica Tecnica UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4.

Questo capitolo sarà suddiviso in due sezioni differenti: riscaldamento e acqua calda sanitaria e infine si fa un riassunto dei risultati totali.

Per prima cosa si passa ad esaminare l'impianto idronico e i relativi rendimenti, in particolare in questa sezione si visualizzano i fabbisogni termici ed elettrici dell'impianto idronico conseguenti alla caratterizzazione del nodo "Riscaldamento" nella configurazione degli impianti calcolati per l'intera stagione.

Impianto idronico		Rendimenti (%)	
Fabbisogni termici (kWh/anno)		$\eta_{H,em}$	91,3
$Q_{H,sys,out}$	63126	$\eta_{H,rg}$	82,4
$Q'_{H,sys,out}$	62499 <input type="button" value="v"/>	$\eta_{H,du}$	92,9
$Q_{H,gen,out}$	89406	$\eta_{H,s}$	100,0
$Q_{H,gen,in}$	85921	$\eta_{H,dp}$	100,0
		$\eta_{H,gen,ut}$	104,1 (rispetto a energia utile)
		$\eta_{H,gen,p,nren}$	96,5 (rispetto a energia pr. non rinn.)
		$\eta_{H,gen,p,tot}$	95,9 (rispetto a energia pr. totale)

$Q_{H,sys,out}$  = fabbisogno effettivo (ventilazione effettiva)

$Q'_{H,sys,out}$  = fabbisogno ideale netto (dedotto dei recuperi dovuti all'impianto di acqua calda sanitaria).

$Q_{H,gen,out}$  = fabbisogno in uscita dalla generazione.

$Q_{H,gen,in}$  = fabbisogno in ingresso alla generazione.

$Q_{H,sys,out,interm}$  = fabbisogno corretto per intermittenza.

$Q_{H,sys,out,cont}$  = fabbisogno corretto per contabilizzazione.

$Q_{H,sys,out,corr}$  = fabbisogno corretto per ulteriori fattori.

$Q_{H,em,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di emissione.

$Q_{H,du,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di distribuzione di utenza.

$Q_{H,dp,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di distribuzione primaria.

$Q_{H,gen,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di generazione.

Nella medesima sezione sono inoltre indicati i “Rendimenti (%)” dell’impianto idronico:

$\eta_{H,em}$  = rendimento di emissione

$\eta_{H,rg}$  = rendimento di regolazione

$\eta_{H,du}$  = rendimento di distribuzione utenza

$\eta_{H,gen,ut}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia utile

$\eta_{H,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile

$\eta_{H,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria totale

Nella sezione “Risultati Globali (impianto idronico + impianto aeraulico)” sono indicati i valori di energia primaria (non rinnovabile e totale), i consumi dei vettori energetici e di energia elettrica, i Gradi giorno reali della località in cui è ubicato l’edificio ed il rendimento globale medio stagionale (calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile e totale).

Risultati Globali		Consumi		Rendimento globale medio stagionale (%)	
Energia primaria (kWh/anno)		Tipologia vettore energetico		$\eta_{H,g,p,nren}$	
$QH,p,nren$	92609	Metano		68,2 (rispetto a energia pr. non rinn.)	
$QH,p,tot$	93185	Consumo vettore energetico	8644 Nm <sup>3</sup> /anno	$\eta_{H,g,p,tot}$	
		Consumo energia elettrica	1226 kWh/anno	67,7 (rispetto a energia pr. totale)	
		Gradi giorno	2643 °Cg		

Dopo aver visto i risultati in maniera generale è possibile fare un’analisi più ampia sull’andamento dei fabbisogni, valutandoli mensilmente, andando ad analizzare nello specifico:

- Fabbisogni mensili
- Dettaglio impianto
- Temperature medie
- Risultati per generatore
- Ripartizione dei carichi di riscaldamento
- Firma energetica

I fabbisogni mensili sono divisi in tre parti: i fabbisogni elettrici e termici scorporati per ogni singola voce che li costituisce e poi si fa un'analisi sui consumi mensili.

Mese	Giorni	Fabbisogni Termici						
		QH.sys.out [kWh]	Q'H.sys.out [kWh]	QH.sys.out.intern [kWh]	QH.sys.out.cont [kWh]	QH.sys.out.corr [kWh]	QH.gen.out [kWh]	QH.gen.in [kWh]
gennaio	31	15952	15840	15840	15840	15840	21426	21101
febbraio	28	11861	11762	11762	11762	11762	16597	16020
marzo	31	6790	6687	6687	6687	6687	10718	10009
aprile	15	1788	1741	1741	1741	1741	3146	2907
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	2439	2385	2385	2385	2385	4072	3770
novembre	30	9666	9565	9565	9565	9565	13707	12893
dicembre	31	14629	14519	14519	14519	14519	19740	19223
<b>Totali</b>	<b>183</b>	<b>63126</b>	<b>62499</b>	<b>62499</b>	<b>62499</b>	<b>62499</b>	<b>89406</b>	<b>85921</b>

Fabbisogni Elettrici					
QH.em.aux [kWh]	QH.du.aux [kWh]	QH.dp.aux [kWh]	QH.gen.aux [kWh]	QH.aux [kWh]	QH.el [kWh]
0	0	0	271	271	271
0	0	0	230	230	230
0	0	0	157	157	157
0	0	0	46	46	46
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
0	0	0	59	59	59
0	0	0	202	202	202
0	0	0	262	262	262
0	0	0	1226	1226	1226

Consumi ed energia primaria				
QH.p.nren [kWh]	QH.p.tot [kWh]	CoH.el [kWh]	GG [°Cg]	CO2H [kgCO2]
22684	22811	271	583	4556
17270	17379	230	473	3470
10815	10888	157	363	2174
3141	3163	46	134	631
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
4073	4101	59	155	819
13931	14026	202	396	2800
20695	20818	262	539	4157
92609	93185	1226	2643	18608

La sezione “Dettagli impianto” consente di visualizzare i risultati di calcolo mensili delle principali caratteristiche dell'impianto di riscaldamento, in particolare i vari rendimenti:

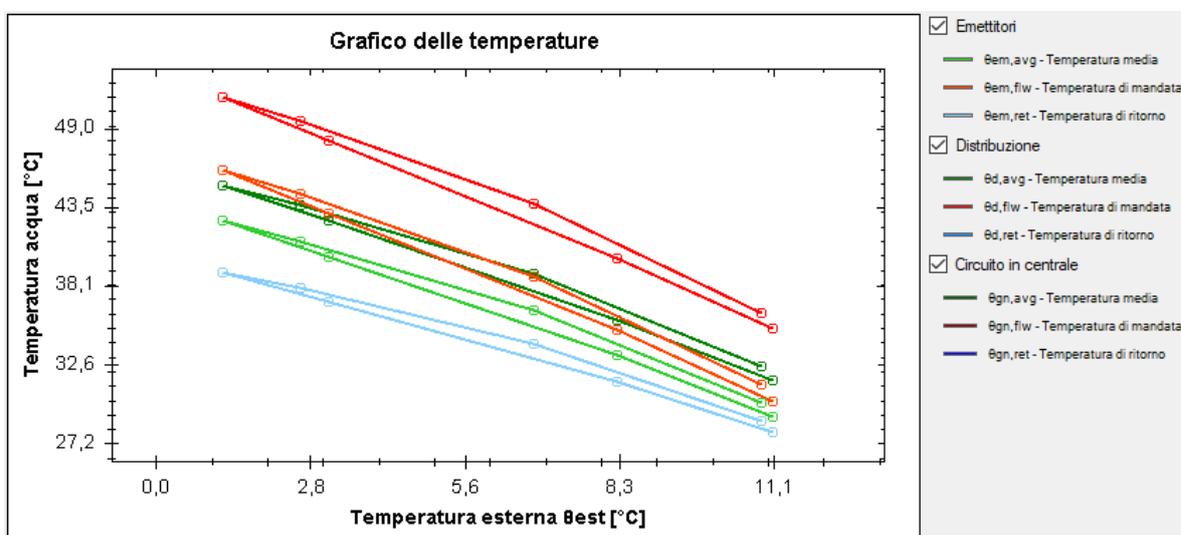
Impianto riscaldamento - dettagli mensili

Mese	Giorni	$\eta_{H,em}$ [%]	$\eta_{H,rg}$ [%]	$\eta_{H,du}$ [%]	$\eta_{H,gen,ut}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,tot}$ [%]	$\eta_{H,g,p,nren}$ [%]	$\eta_{H,g,p,tot}$ [%]	QH.p.nren [kWh]	QH.p.tot [kWh]
gennaio	31	91,3	87,1	92,9	101,5	94,5	93,9	70,3	69,9	22684	22811
febbraio	28	91,3	83,5	92,9	103,6	96,1	95,5	68,7	68,3	17270	17379
marzo	31	91,3	73,5	92,9	107,1	99,1	98,4	62,8	62,4	10815	10888
aprile	15	91,3	65,2	92,9	108,2	100,2	99,5	56,9	56,5	3141	3163
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	91,3	69,0	92,9	108,0	100,0	99,3	59,9	59,5	4073	4101
novembre	30	91,3	82,2	92,9	106,3	98,4	97,7	69,4	68,9	13931	14026
dicembre	31	91,3	86,7	92,9	102,7	95,4	94,8	70,7	70,3	20695	20818

Dopo di ciò si fa un'analisi delle temperature medie che consente di visualizzare i valori mensili di temperatura dell'acqua nell'impianto di riscaldamento idronico, sia in forma grafica che in forma tabellare.

Il calcolo della temperatura dell'acqua è necessario per determinare le perdite di distribuzione e le prestazioni dei generatori di calore.

Il grafico visualizza l'andamento delle temperature medie calcolate nelle varie parti dell'impianto (asse delle ordinate) in funzione della temperatura esterna media mensile della località (asse delle ascisse). Questa presentazione consente di visualizzare il comportamento dell'impianto al variare del carico. Per ogni sezione dell'impianto vengono visualizzate la temperatura media  $\theta_{avg}$ , la temperatura di mandata  $\theta_{flw}$  e la temperatura di ritorno  $\theta_{ret}$  per la parte emettitori (pedice e), distribuzione (pedice d) e circuito in centrale (pedice gn).



Sono inoltre riportate in forma numerica le temperature calcolate per la stagione di riscaldamento.

Mese	Emettitori				Distribuzione			Circuito in centrale		
	$\theta_{best}$	$\theta_{em,avg}$	$\theta_{em,flw}$	$\theta_{em,ret}$	$\theta_{d,avg}$	$\theta_{d,flw}$	$\theta_{d,ret}$	$\theta_{gn,avg}$	$\theta_{gn,flw}$	$\theta_{gn,ret}$
gennaio	1,2	42,6	46,1	39,0	45,1	51,1	39,0	45,1	51,1	39,0
febbraio	3,1	40,1	43,1	37,0	42,6	48,1	37,0	42,6	48,1	37,0
marzo	8,3	33,3	35,0	31,5	35,8	40,0	31,5	35,8	40,0	31,5
aprile	11,1	29,0	30,1	27,9	31,5	35,1	27,9	31,5	35,1	27,9
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	10,9	30,0	31,2	28,8	32,5	36,2	28,8	32,5	36,2	28,8
novembre	6,8	36,4	38,8	34,1	38,9	43,8	34,1	38,9	43,8	34,1
dicembre	2,6	41,2	44,5	37,9	43,7	49,5	37,9	43,7	49,5	37,9

Nella sezione “Risultati per generatore” vengono sempre mostrati, per ogni mese e per ogni generatore, i seguenti risultati di calcolo:

$Q_{H,gen,out}$  = fabbisogno in uscita dal singolo generatore

$Q_{H,gen,in}$  = fabbisogno in ingresso al singolo generatore

$C_{oH}$  = consumo del vettore energetico alimentante il singolo generatore

$Q_{H,gen,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del singolo generatore

$\eta_{H,gen,ut}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia utile del singolo generatore

$\eta_{H,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$\eta_{H,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria totale del singolo generatore

$Q_{H,p,nren}$  = fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$Q_{H,p,tot}$  = fabbisogno di energia primaria totale del singolo generatore

Vengono inoltre visualizzati in tabella alcuni dei più importanti parametri di calcolo, che dipendono dalla configurazione di impianto scelta e dal tipo di generatore adottato, come per esempio:

$FC_{nom}$  = fattore di carico a potenza nominale

$FC_{min}$  = fattore di carico a potenza minima

$P_{ch,on}$  = perdite al camino a bruciatore acceso

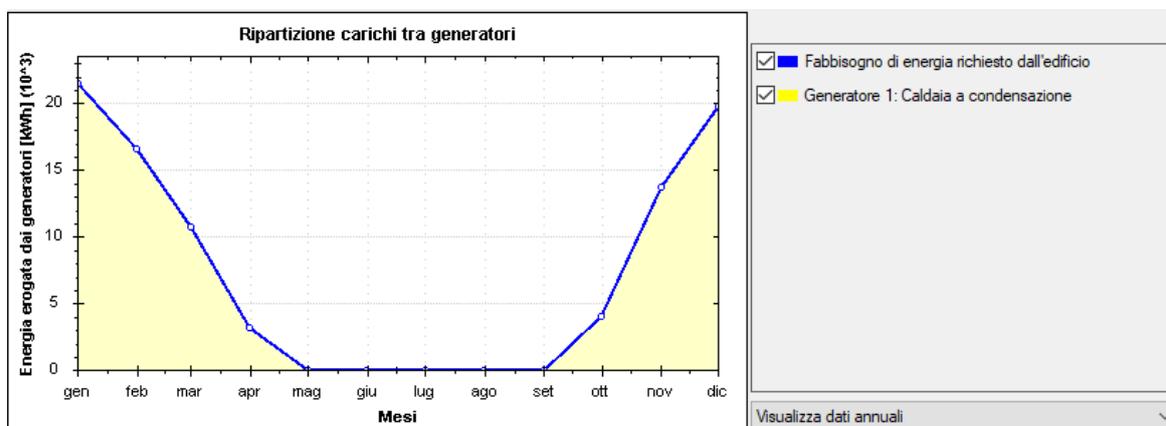
$P_{ch,off}$  = perdite al camino a bruciatore spento

$P_{gn,env}$  = perdite al mantello

$R$  = fattore percentuale di recupero di condensazione

Mese	FCmin	FCnom	Pch,on [%]	Pch,off [%]	Pgn,env [%]	R [%]	QH,gen,out [kWh]	QH,gen,in [kWh]	CoH [Nm <sup>3</sup> ]	QH,gen,aux [kWh]	$\eta_{H,gen,ut}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,tot}$ [%]	QH,p,nren [kWh]	QH,p,tot [kWh]
generaio	1,31	0,26	-1,35	0,08	0,22	3,01	21426	21101	2123	271	101,5	94,5	93,9	22684	22811
febbraio	1,12	0,22	-3,33	0,07	0,19	4,93	16597	16020	1612	230	103,6	96,1	95,5	17270	17379
marzo	0,64	0,00	-6,05	0,04	0,12	7,39	10718	10009	1007	157	107,1	99,1	98,4	10815	10888
aprile	0,38	0,00	-7,21	0,02	0,07	8,36	3146	2907	292	46	108,2	100,2	99,5	3141	3163
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	0,44	0,00	-6,99	0,03	0,08	8,18	4072	3770	379	59	108,0	100,0	99,3	4073	4101
novembre	0,85	0,00	-5,25	0,05	0,15	6,72	13707	12893	1297	202	106,3	98,4	97,7	13931	14026
dicembre	1,20	0,24	-2,45	0,08	0,20	4,08	19740	19223	1934	262	102,7	95,4	94,8	20695	20818
Totale	-	-	-	-	-	-	89406	85921	8644	1226	104,1	96,5	95,9	92609	93185

Dopo di ciò si passa ad analizzare la ripartizione dei carichi del generatore, nello stato di fatto essendo presente solo un unico generatore, non ci sarà nessuna ripartizione, ma tutto il fabbisogno sarà soddisfatto dalla caldaia a condensazione; è interessante però attenzionare l'andamento del carico che deve essere soddisfatto.



Inoltre, si può schematizzare questo andamento anche in forma tabellare, andando a visualizzare il fabbisogno di energia richiesto dell'edificio per la climatizzazione invernale ( $Q_{H,gen,out}$ ) e l'energia termica erogata dal generatore 1 per il servizio riscaldamento,  $Q_{H,gen,out,gen1}$ .

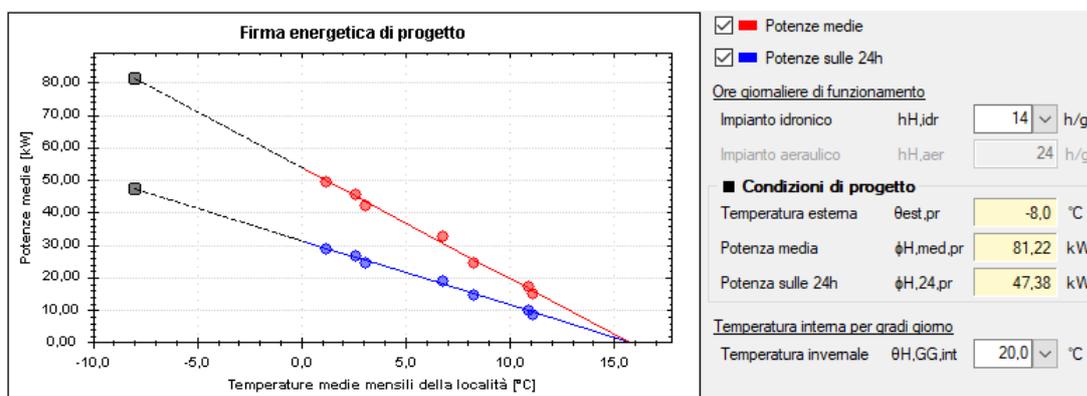
Mese	$\theta_{est}$ [°C]	$Q_{H,gen,out}$ [kWh]	$Q_{H,gen,out,g1}$ [kWh]
gennaio	1,2	21426	21426
febbraio	3,1	16597	16597
marzo	8,3	10718	10718
aprile	11,9	3146	3146
maggio	18,0	-	-
giugno	22,1	-	-
luglio	23,6	-	-
agosto	22,6	-	-
settembre	19,1	-	-
ottobre	12,3	4072	4072
novembre	6,8	13707	13707
dicembre	2,6	19740	19740
<b>Totale</b>	-	<b>89406</b>	<b>89406</b>

Dopo di ciò il programma ci fornisce pure la “Firma energetica”, dove 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.

Sul lato destro del grafico si può visualizzare:

- la potenza termica media richiesta dall'edificio nelle ore di effettivo funzionamento del generatore di calore (curva rossa);
- la potenza termica media richiesta dall'edificio ipotizzando un funzionamento continuato del generatore di calore, pari a 24 ore (curva blu).

Le ore giornaliere di funzionamento dell'impianto possono essere impostate manualmente o prelevate dall'apposita casella combinata. 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. La firma energetica riportata nel grafico viene inoltre estesa fino alla temperatura di progetto della località (vedi linea nera tratteggiata). In corrispondenza di tale temperatura, è possibile leggere la potenza massima richiesta al generatore dall'edificio considerato, nelle ore di effettivo funzionamento o ipotizzando un funzionamento continuato del generatore.



Mese	$\theta_{est}$ [°C]	Giorni	GG [°Cg]	QH <sub>gen.out</sub> [kWh]	$\phi_{H,media}$ [kW]	$\phi_{H,24h}$ [kW]
gennaio	1,2	31	583	21426	49,37	28,80
febbraio	3,1	28	473	16597	42,34	24,70
marzo	8,3	31	363	10718	24,70	14,41
aprile	11,1	15	134	3146	14,98	8,74
maggio	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-
ottobre	10,9	17	155	4072	17,11	9,98
novembre	6,8	30	396	13707	32,64	19,04
dicembre	2,6	31	539	19740	45,48	26,53
<b>Totali</b>	-	-	2643	89406	-	-

Oltre a tutte le informazioni già descritte, in condizioni di esercizio possiamo controllare le anomalie, leggere le modalità di risposta dell'impianto all'uso che l'utenza fa dell'edificio o dell'impianto stesso e verificare il corretto dimensionamento del generatore.

In conclusione, la firma energetica serve:

- Al progettista, che può valutare in prima approssimazione il comportamento dell'involucro e dell'impianto
- A chi redige la diagnosi energetica dell'edificio, per valutare il comportamento reale del generatore
- Al professionista che gestisce l'edificio, per tracciare il buon funzionamento dell'edificio negli anni a venire
- All'utente finale, per determinare anomalie o comportamenti inadeguati nella conduzione dell'impianto

Un discorso analogo viene fatto per “l'acqua calda sanitaria” andando ad esaminare anche qui i risultati globali e i risultati riferiti all'impianto di acs.

Nella sezione “Impianto acqua calda sanitaria” vengono visualizzati i fabbisogni termici ed elettrici stagionali calcolati per la produzione di acqua calda sanitaria. Il calcolo è effettuato considerando come stagione di calcolo tutti i mesi dell'anno.

$Q_{W,sys,out}$  = fabbisogno di energia termica utile dell'edificio per acqua calda sanitaria

$Q_{W,sys,out,cont}$  = fabbisogno corretto per contabilizzazione

$Q_{W,gen,out}$  = fabbisogno in uscita dalla generazione

$Q_{W,gen,in}$  = fabbisogno in ingresso alla generazione

$Q_{W,ric,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari della rete di ricircolo

$Q_{W,dp,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari della rete di distribuzione primaria

$Q_{W,gen,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del sottosistema di generazione

Nella medesima sezione sono inoltre indicati i “Rendimenti (%)” dell'impianto di acqua calda sanitaria

$\eta_{W,er}$  = rendimento di erogazione

$\eta_{W,du}$  = rendimento di distribuzione utenza

$\eta_{W,s}$  = rendimento di accumulo

$\eta_{W,gen,ut}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all'energia utile

$\eta_{W,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile

$\eta_{W,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all'energia primaria totale

Nella sezione inferiore, riguardante i “Risultati globali”, sono indicati i valori globali di energia primaria (non rinnovabile e totale), i consumi dei vettori energetici e di energia elettrica ed il rendimento globale medio stagionale (calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile e totale).

Se presente un impianto fotovoltaico, il consumo di energia elettrica terrà conto dell'energia elettrica prodotta e destinata al servizio acqua calda sanitaria, come vedremo in seguito nella "Stato di Progetto".

$Q_{W,p,nren}$  = fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per il servizio acqua calda sanitaria,

$Q_{W,p,tot}$  = fabbisogno di energia primaria totale per il servizio acqua calda sanitaria,

$\eta_{W,g,p,nren}$  = rendimento globale medio stagionale rispetto all'energia primaria non rinnovabile

$\eta_{W,g,p,tot}$  = rendimento globale medio stagionale rispetto all'energia primaria totale

Impianto acqua calda sanitaria			
Fabbisogni termici (kWh/anno)		Sottosistemi	
QW.sys.out	12144	Fabbisogni elettrici (kWh/anno)	
QW.sys.out.rec	12144	Rendimenti (%)	
QW.sys.out.cont	12144	Erogazione	-- -- $\eta_{W,er}$ 100,0
QW.gen.out	14290	Distribuzione utenza	-- -- $\eta_{W,du}$ 92,6
QW.gen.in	14498	Accumulo	-- -- $\eta_{W,s}$ 91,8
		Rete di ricircolo	QW.ric.aux <input type="text" value="0"/> $\eta_{W,ric}$ 100,0
		Distribuzione primaria	QW.dp.aux <input type="text" value="0"/> $\eta_{W,dp}$ 100,0
		Generazione	QW.gn.aux <input type="text" value="98"/> $\eta_{W,gen.ut}$ 98,6 (rispetto a energia utile)
			$\eta_{W,gen.p,nren}$ 92,7 (rispetto a energia pr. non rinn.)
			$\eta_{W,gen.p,tot}$ 92,4 (rispetto a energia pr. totale)
Risultati Globali			
Energia primaria (kWh/anno)		Consumi	
QW.p.nren	15415	Tipologia vettore energetico	Metano
QW.p.tot	15461	Consumo vettore energetico	1459 Nm <sup>3</sup> /anno
		Consumo energia elettrica	98 kWh/anno
		Rendimento globale medio stagionale (%)	
		$\eta_{W,g,p,nren}$	78,8 (rispetto a energia pr. non rinn.)
		$\eta_{W,g,p,tot}$	78,5 (rispetto a energia pr. totale)

Dopo aver visto i risultati in maniera generale, anche qui, è possibile fare un'analisi più ampia sull'andamento dei fabbisogni, valutandoli mensilmente, andando ad analizzare nello specifico:

- Fabbisogni mensili
- Dettaglio impianto
- Risultati per generatore
- Ripartizione dei carichi di riscaldamento

Come visto nella sezione Riscaldamento, i fabbisogni mensili sono divisi in tre parti: i fabbisogni elettrici e termici scorporati per ogni singola voce che li costituisce e poi si fa un'analisi sui consumi mensili.

Mese	Giorni	Fabbisogni Termici					Fabbisogni Elettrici				
		QW_sys.out [kWh]	QW_sys.out.rec [kWh]	QW_sys.out.cort [kWh]	QW_gen.out [kWh]	QW_gen.in [kWh]	QW_ric.aux [kWh]	QW_dp.aux [kWh]	QW_gen.aux [kWh]	QW_aux [kWh]	QW_el [kWh]
gennaio	31	1031	1031	1031	1241	1260	0	0	9	9	9
febbraio	28	932	932	932	1117	1133	0	0	8	8	8
marzo	31	1031	1031	1031	1224	1242	0	0	8	8	8
aprile	30	998	998	998	1176	1193	0	0	8	8	8
maggio	31	1031	1031	1031	1201	1218	0	0	8	8	8
giugno	30	998	998	998	1153	1169	0	0	8	8	8
luglio	31	1031	1031	1031	1188	1204	0	0	8	8	8
agosto	31	1031	1031	1031	1190	1207	0	0	8	8	8
settembre	30	998	998	998	1160	1176	0	0	8	8	8
ottobre	31	1031	1031	1031	1215	1232	0	0	8	8	8
novembre	30	998	998	998	1188	1206	0	0	8	8	8
dicembre	31	1031	1031	1031	1237	1256	0	0	9	9	9
<b>Totali</b>	<b>365</b>	<b>12144</b>	<b>12144</b>	<b>12144</b>	<b>14290</b>	<b>14498</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>98</b>

Consumi ed energia primaria			
QW_p.nren [kWh]	QW_p.tot [kWh]	CoW_el [kWh]	CO2W [kgCO2]
1339	1343	9	268
1205	1209	8	242
1321	1325	8	265
1269	1273	8	254
1295	1299	8	260
1243	1247	8	249
1281	1284	8	257
1283	1287	8	257
1251	1254	8	251
1310	1314	8	263
1282	1286	8	257
1336	1340	9	268
<b>15415</b>	<b>15461</b>	<b>98</b>	<b>3090</b>

La sezione “Dettagli impianto” consente di visualizzare i risultati mensili delle principali caratteristiche dell’impianto per la produzione di acqua calda sanitaria, in particolare i vari rendimenti:

giorni = numero di giorni compresi nel periodo di calcolo per acqua sanitaria

$\eta_{W,er}$  = rendimento di erogazione

$\eta_{W,du}$  = rendimento di distribuzione utenza

$\eta_{W,s}$  = rendimento di accumulo

$\eta_{W,ric}$  = rendimento della rete di ricircolo

$\eta_{W,dp}$  = rendimento della rete di distribuzione primaria

$\eta_{W,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile

$\eta_{W,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria totale

$\eta_{W,g,p,nren}$  = rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile

$\eta_{W,g,p,tot}$  = rendimento globale medio stagionale calcolato rispetto all’energia primaria totale

$Q_{W,p,nren}$  = fabbisogno di energia primaria non rinnovabile

$Q_{W,p,tot}$  = fabbisogno di energia primaria totale

Mese	Giorni	$\eta_{W,er}$ [%]	$\eta_{W,du}$ [%]	$\eta_{W,s}$ [%]	$\eta_{W,gen,ut}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,tot}$ [%]	$\eta_{W,g,p,nren}$ [%]	$\eta_{W,g,p,tot}$ [%]	$Q_{W,p,nren}$ [kWh]	$Q_{W,p,tot}$ [kWh]
gennaio	31	100,0	92,6	89,8	98,5	92,6	92,4	77,0	76,8	1339	1343
febbraio	28	100,0	92,6	90,1	98,5	92,7	92,4	77,3	77,1	1205	1209
marzo	31	100,0	92,6	91,0	98,5	92,7	92,4	78,1	77,9	1321	1325
aprile	30	100,0	92,6	91,6	98,6	92,7	92,4	78,7	78,4	1269	1273
maggio	31	100,0	92,6	92,7	98,6	92,7	92,5	79,6	79,4	1295	1299
giugno	30	100,0	92,6	93,5	98,6	92,8	92,5	80,3	80,1	1243	1247
luglio	31	100,0	92,6	93,8	98,6	92,8	92,5	80,5	80,3	1281	1284
agosto	31	100,0	92,6	93,6	98,6	92,8	92,5	80,4	80,1	1283	1287
settembre	30	100,0	92,6	92,9	98,6	92,7	92,5	79,8	79,6	1251	1254
ottobre	31	100,0	92,6	91,7	98,6	92,7	92,4	78,7	78,5	1310	1314
novembre	30	100,0	92,6	90,7	98,5	92,7	92,4	77,9	77,6	1282	1286
dicembre	31	100,0	92,6	90,0	98,5	92,7	92,4	77,2	77,0	1336	1340

Nella sezione “Risultati per generatore” vengono sempre mostrati, per ogni mese e per ogni generatore, i seguenti risultati di calcolo:

$Q_{W,gen,out}$  = fabbisogno in uscita dal singolo generatore

$Q_{W,gen,in}$  = fabbisogno in ingresso al singolo generatore

$C_{oW}$  = consumo del vettore energetico alimentante il singolo generatore

$Q_{W,gen,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del singolo generatore

$\eta_{W,gen,ut}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia utile del singolo generatore

$\eta_{W,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$\eta_{W,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria totale del singolo generatore

$Q_{W,p,nren}$  = fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$Q_{W,p,tot}$  = fabbisogno di energia primaria totale del singolo generatore

Vengono inoltre visualizzati in tabella alcuni dei più importanti parametri di calcolo, che dipendono dalla configurazione di impianto scelta e dal tipo di generatore adottato, come per esempio:

$T_{gn,W}$  = ore di effettivo funzionamento dell’impianto di produzione di acqua calda sanitaria. Tale colonna è visibile solo se la produzione di acqua calda sanitaria avviene con modalità di funzionamento in proporzione al carico

$FC_{nom}$  = fattore di carico a potenza nominale

$FC_{min}$  = fattore di carico a potenza minima

$P_{ch,on}$  = perdite al camino a bruciatore acceso

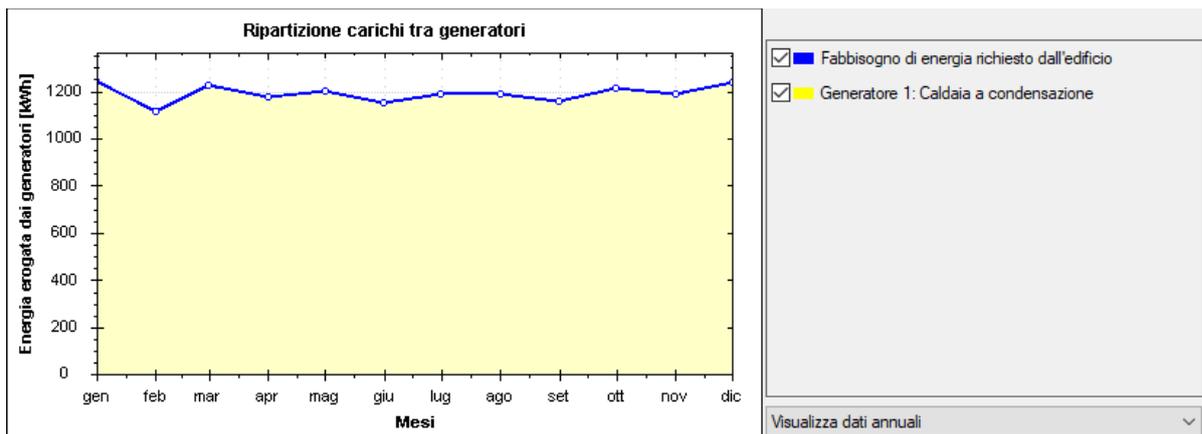
$P_{ch,off}$  = perdite al camino a bruciatore spento

$P_{gn,env}$  = perdite al mantello

R = fattore percentuale di recupero di condensazione

Mese	Tgn,W [h/g]	FCmin	FCnom	Pch,on [%]	Pch,off [%]	Pgn,env [%]	R [%]	QW_gen,out [kWh]	QW_gen,in [kWh]	CoW [Nm <sup>3</sup> ]	QW_gen,aux [kWh]	$\eta_{W,gen,ut}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,ren}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,tot}$ [%]	QW_p,ren [kWh]	QW_p,tot [kWh]
gennaio	0,4	5,20	1,02	1,74	0,11	0,30	0,00	1241	1260	127	9	98,5	92,6	92,4	1339	1343
febbraio	0,4	5,20	1,02	1,74	0,10	0,29	0,00	1117	1133	114	8	98,5	92,7	92,4	1205	1209
marzo	0,4	5,20	1,01	1,74	0,09	0,26	0,00	1224	1242	125	8	98,5	92,7	92,4	1321	1325
aprile	0,4	5,20	1,01	1,74	0,08	0,24	0,00	1176	1193	120	8	98,6	92,7	92,4	1269	1273
maggio	0,4	5,20	1,01	1,74	0,07	0,21	0,00	1201	1218	123	8	98,6	92,7	92,5	1295	1299
giugno	0,3	5,20	1,01	1,74	0,06	0,18	0,00	1153	1169	118	8	98,6	92,8	92,5	1243	1247
luglio	0,3	5,19	1,01	1,74	0,05	0,18	0,00	1188	1204	121	8	98,6	92,8	92,5	1281	1284
agosto	0,3	5,20	1,01	1,74	0,06	0,18	0,00	1190	1207	121	8	98,6	92,8	92,5	1283	1287
settembre	0,4	5,20	1,01	1,74	0,06	0,20	0,00	1160	1176	118	8	98,6	92,7	92,5	1251	1254
ottobre	0,4	5,20	1,01	1,74	0,08	0,24	0,00	1215	1232	124	8	98,6	92,7	92,4	1310	1314
novembre	0,4	5,20	1,01	1,74	0,10	0,27	0,00	1188	1206	121	8	98,5	92,7	92,4	1282	1286
dicembre	0,4	5,20	1,02	1,74	0,11	0,29	0,00	1237	1256	126	9	98,5	92,7	92,4	1336	1340
<b>Totale</b>	-	-	-	-	-	-	-	<b>14290</b>	<b>14498</b>	<b>1459</b>	<b>98</b>	<b>98,6</b>	<b>92,7</b>	<b>92,4</b>	<b>15415</b>	<b>15461</b>

Dopo di ciò, anche qui, si passa ad analizzare la ripartizione dei carichi del generatore, nello stato di fatto essendo presente solo un unico generatore, non ci sarà nessuna ripartizione, ma tutto il fabbisogno sarà soddisfatto dalla caldaia a condensazione; è interessante però attenzionare l'andamento del carico che deve essere soddisfatto



Inoltre, si può schematizzare questo andamento anche in forma tabellare, andando a visualizzare il fabbisogno di energia richiesto dell'edificio per la produzione di acqua calda sanitaria ( $Q_{W,gen,out}$ ) e l'energia termica erogata dal generatore 1 per il servizio acs,  $Q_{W,gen,out,gen1}$ .

Mese	Best [°C]	QW_gen,out [kWh]	QW_gen,out.g1 [kWh]
gennaio	1,2	1241	1241
febbraio	3,1	1117	1117
marzo	8,3	1224	1224
aprile	11,9	1176	1176
maggio	18,0	1201	1201
giugno	22,1	1153	1153
luglio	23,6	1188	1188
agosto	22,6	1190	1190
settembre	19,1	1160	1160
ottobre	12,3	1215	1215
novembre	6,8	1188	1188
dicembre	2,6	1237	1237
<b>Totale</b>	-	<b>14290</b>	<b>14290</b>

## **6 Stato di Progetto**

L'intervento è relativo al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'immobile condominiale e riguarda nello specifico:

### **- Cappotto termico sulle facciate:**

è prevista l'applicazione di uno strato di EPS in grafite di 13 cm di spessore sulle facciate esistenti dell'immobile. Se da un lato si uniforma il materiale di rivestimento delle pareti, completamente in intonaco, dall'altro si mantiene invece la dicotomia estetica grazie all'utilizzo di due tonalità differenti di vernice, tipo RAL 5014 Colore blu colomba per le porzioni attualmente rivestite di mattoni a vista e per i balconi e tipo RAL 7001 grigio argento chiaro per le parti restanti.

### **- Risanamento dei balconi:**

è previsto un isolamento sull'intradosso, frontalino ed estradosso delle solette dei balconi esistenti al fine di correggere il ponte termico tra balcone e muro, previa verifica di resistenza della soletta in cls e dello spazio necessario per aumentare lo spessore stratigrafico del balcone. Sopra lo strato isolante in estradosso è infatti presunta la posa di un nuovo massetto e di una nuova pavimentazione. A seguito di tale intervento, sarà necessaria la rimozione dei parapetti esistenti e l'installazione di nuove ringhiere, verniciate di grigio, tipo RAL 7012.

### **- Sostituzione isolamento sottotetto:**

è prevista la sostituzione dell'attuale isolante del sottotetto in lana di vetro di 10 cm con nuovi pannelli in lana di roccia a doppia densità di 12 cm ed uno strato finale di Gmix54 di 8,5 cm. Tale soluzione aumenterà notevolmente le prestazioni energetiche del fabbricato e consentirà una maggiore stabilità sul piano di calpestio per eventuali futuri interventi di manutenzione del tetto.

### **- Sostituzione dei serramenti e delle cornici:**

si prevede la rimozione degli infissi esistenti e l'installazione di nuovi serramenti doppio vetro in pvc bianco per gli ambienti riscaldati. A seguito dell'installazione del sistema a cappotto sulle facciate, al fine di correggere il ponte termico nel nodo tra i serramenti e l'isolante in facciata, sarà necessario fare un risvolto dell'isolante, demolendo dunque le attuali cornici e sostituendole con nuove più grandi, in pietra di Biancone.

### **- Sostituzione della centrale termica:**

l'attuale sistema di riscaldamento, che si compone di una caldaia a condensazione, verrà sostituito da un sistema ibrido composto da pompa di calore e caldaia a condensazione che permetterà una maggiore efficienza energetica.

### **- Installazione di un impianto fotovoltaico con relativo accumulo:**

è stata pensata l'installazione di fotovoltaici in copertura al fine di minimizzare i consumi della pompa di calore relativi al riscaldamento degli ambienti e dell'acqua calda sanitaria. Inoltre, non potendo accedere allo "scambio sul posto", è possibile installare un accumulo per poter usufruire della produzione fotovoltaica anche in tempi postumi alla produzione.

**- Sistema di regolarizzazione dell'impianto tramite domotica:**

si prevede inoltre un sistema di regolarizzazione dell'impianto termico tramite un sistema di domotica che aumenterà ulteriormente il controllo sul dispendio energetico.

A seguito dell'intervento l'edificio risulterà notevolmente più prestazionale dal punto di vista energetico ed assumerà inoltre un aspetto rinnovato e moderno, consentendo un maggiore comfort per gli abitanti, una riduzione del dispendio di risorse energetiche e un valore aggiunto all'immobile dal punto di vista estetico, nel rispetto dell'ambiente costruito circostante.

Di seguito vengono mostrate le foto realistiche di qual è la proposta di progetto da realizzare e le nuove tavole dei prospetti, mettendo in evidenza le parti che sono soggette a riqualificazione.



*Immagine 5: Facciata Ovest e Sud*

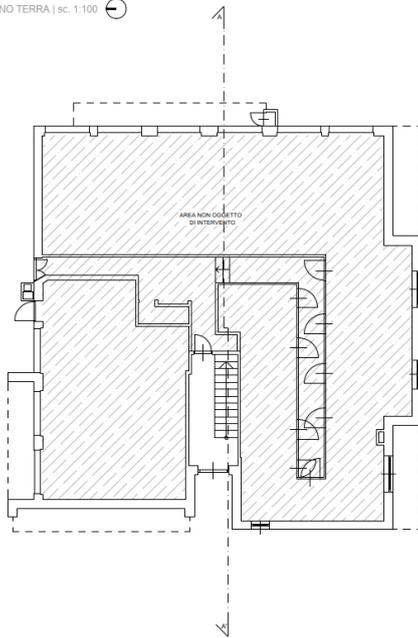


*Immagine 6: Facciata Sud*

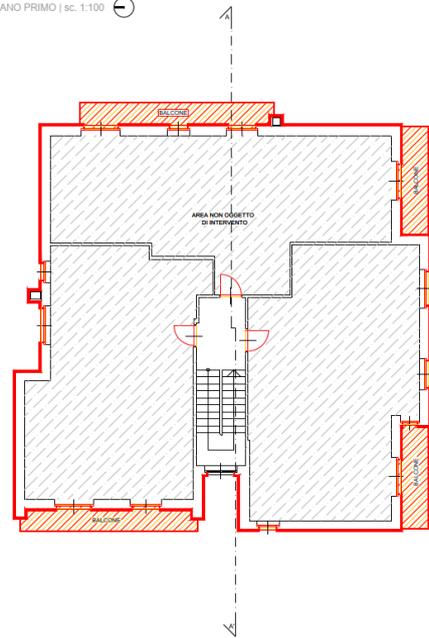


*Immagine 7: Facciate Sud e Est*

PIANTA PIANO TERRA | sc. 1:100



PIANTA PIANO PRIMO | sc. 1:100



*Pianta 7: Piano Terra (a sx) e Piano Primo (a dx)*



PROSPETTO EST | sc. 1:100



PROSPETTO OVEST | sc. 1:100



Pianta 10: Prospetto Est e Prospetto Ovest

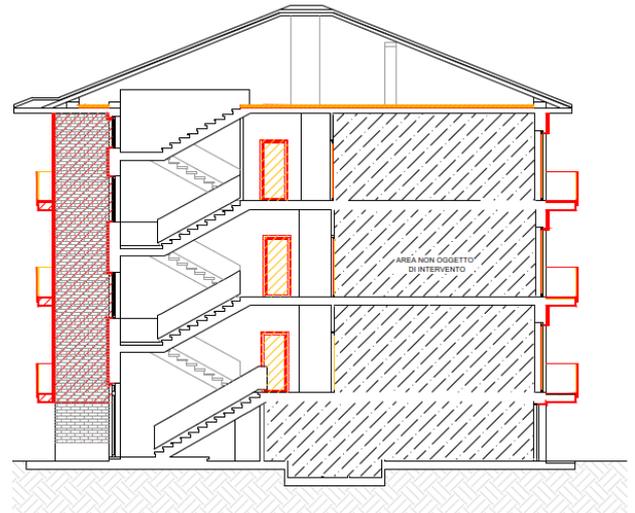
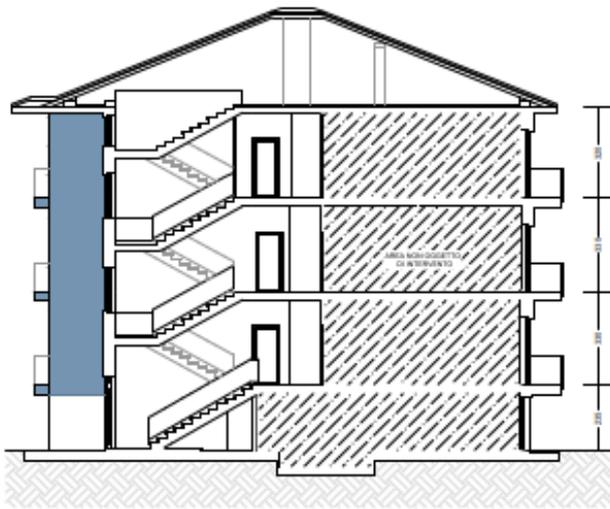
PROSPETTO SUD | sc. 1:100



PROSPETTO NORD | sc. 1:100



Pianta 11: Prospetto Sud (a sx) e Prospetto Nord (a dx)



Pianta 12: Sezione A1/A1 di progetto (a sx) Sezione A1/A1 sovrapposizioni (a dx)

In fase di progetto andremo ad attenzionare tutte le parti che sono soggette a cambiamento; quindi, ci concentreremo in particolar modo sulle stratigrafie, andando a verificare i requisiti tecnici di trasmittanza dei componenti opachi e trasparenti secondo l'allegato E del Decreto 06/08/2020 e poi ci concentreremo sulla nuova soluzione impiantistica, andando a sostituire l'attuale caldaia a condensazione con un impianto ibrido (pompa di calore + caldaia a condensazione).

Invece la parte già discussa riguardante i "Dati Generali" e "Zone e Locali Climatizzati" non verrà trattata in quanto i primi sono dati di carattere generale, climatico e normativo, invece i secondi non subiscono variazioni, in quanto non si svolgono interventi nelle parti interne, la superficie netta di ogni zona rimane invariata; l'unica cosa che cambia è la superficie e il volume lordo che aumento poiché vengono isolate le pareti esterne verticali.

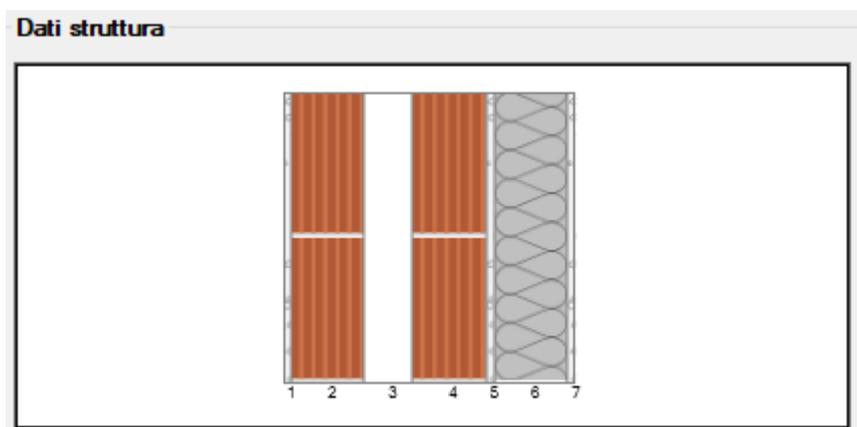
## 6.1 Componenti Involucro

Di seguito andremo ad attenzionare tutti i componenti dell'involucro opaco e trasparente che sono soggetti a cambiamento; come nello stato di fatto vedremo: muri, pavimenti, soffitti, ponti termici e componenti finestrati.

### 6.1.1 Muri

Per quanto riguarda le pareti verticali, quelle che sono soggette ad intervento sono solo quelle perimetrali esterne che vanno da un locale climatizzato verso l'esterno; come vedremo è stata modellata pure la parete esterna del vano scala, che essendo un parete che separa un ambiente non climatizzato dall'esterno, non sarebbe soggetta ad intervento, ma è possibile coibentare una parte di queste tipologie di parete per permettere la correzione del ponte termico che si verrebbe a creare fra il locale riscaldato e non.

La **parete esterna**, così come la **parete esterna del vano scala**, è stata modellata nel seguente modo:



Elenco strati (dall'interno verso l'esterno) ▶							
Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10
e1603	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,3600	0,361	1000	1,00	7
e10	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,4722	0,180	-	-	-
e1611	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	130,00	0,4700	0,277	1000	1,00	7
e1005	Intonaco di calce e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10
e1828	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	130,00	0,0310	4,194	20	1,45	60
e1012	Intonaco plastico per cappotto	15,00	0,3000	0,050	1300	0,84	30

Come si può notare il materiale scelto per l'isolamento a cappotto è il "polistirene espanso sinterizzato alla grafite". Questo prodotto innovativo additivato con grafite consente di realizzare un isolamento termico per gli edifici con spessori ridotti, avendo solamente 0.031 W/mK di conducibilità, inoltre le particelle di grafite incapsulate all'interno del materiale assorbono e riflettono gli infrarossi agendo sull'irraggiamento del calore. È resistente all'invecchiamento e al deterioramento ed è permeabile al vapore.

Di seguito vengono riportati alcuni dati inseriti secondo la UNI TS 11300-1, che servono per il calcolo delle potenze nella sezione risultanti.

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna  °C

Emissività  $\epsilon$

Fattore di assorbimento  $\alpha$

Maggiorazione per ponti termici  %

Inclinazione sull'orizzonte  $\Sigma$   deg

Per il calcolo della "verifica termoigrometrica" bisogna prima definire alcuni dati come:

- Temperatura ed umidità relativa esterna: fra le varie opzioni, il calcolo è stato svolto in base a **T e UR variabili, medie mensili**, per utilizzare nei calcoli della verifica termoigrometrica i valori di temperatura e umidità esterne variabili mensilmente (ad esempio per le strutture di tipo T). Per pareti di tipo U ed N, se si sceglie l'opzione "T e UR variabili, medie mensili" il programma esegue la verifica termoigrometrica considerando la temperatura del locale non riscaldato (o del locale vicino) variabile in funzione della temperatura media mensile dell'aria esterna.
- Criterio per l'aumento dell'umidità interna: fra le varie opzioni, il calcolo è stato svolto in base alla **classe di concentrazione del vapore** per calcolare la differenza di concentrazione del vapore tra interno ed esterno, in funzione dell'uso specifico dell'edificio secondo quanto riportato nella norma UNI EN ISO 13788. Il valore riportato nella casella combinata è la differenza di

concentrazione di vapore tra interno ed esterno quando la temperatura dell'aria esterna è minore o uguale a 0°C; per temperature maggiori, tale valore diminuisce progressivamente fino ad annullarsi per temperature dell'aria esterna maggiori o uguali da 20°C. Il valore 0.006 kg/m<sup>3</sup> è un valore medio inserito per edifici con indice di affollamento non noto.

- Resistenze superficiali interna ed esterna
- Temperatura interna periodo di riscaldamento fissata a 20°C e l'umidità relativa superficiale ammissibile fissata a 0.8.

**Temperatura ed umidità relativa esterne** ⓘ

T e UR variabili, medie mensili  
 T media annuale, UR fissa  
 T e UR fisse impostate

---

**Criterio per l'aumento dell'umidità interna** ⓘ

Umidità relativa interna costante  % + 5%  
 Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>  
 Produzione di vapore nota  
 G  kg/h    V  m<sup>3</sup>  
 Ricambio d'aria costante  
 n=(  +  T<sub>e</sub> ) h<sup>-1</sup>

---

**Resistenze superficiali**

Resistenza superficiale interna  m<sup>2</sup>K/W  
 Resistenza superficiale esterna  m<sup>2</sup>K/W

---

**Altri dati**

Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C ⓘ  
 Umidità relativa superficiale ammissibile  % ⓘ

Quindi vengono mostrati i risultati inerenti al calcolo di criticità di condensa superficiale e del rischio di condensa interstiziale.

**Verifica termoigrometrica**

**Verifica criticità di condensa superficiale**

Mese critico:

Fattore di temperatura mese critico:  $f_{R_{si}}^{max}$

Fattore di temperatura componente:  $f_{R_{si}}$

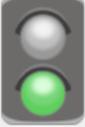
Umidità relativa superficiale accettabile:  %

Verifica fattore di temperatura:  $f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$

**Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

**Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.**

Esito della verifica termoigrometrica



**Positiva**

Per quanto riguarda la condensa superficiale, si definisce "Mese Critico" il mese con più alto fattore di temperatura superficiale interna, che viene indicato con  $f_{R_{si}}^{max}$  (il massimo dei vari mesi). Il fattore di temperatura del componente  $f_{R_{si}}$  rappresenta il valore effettivo in esercizio del fattore di temperatura in corrispondenza della superficie interna del componente, funzione unicamente della stratigrafia della struttura.

La verifica di condensa superficiale risulta POSITIVA (assenza di condensa superficiale) nel caso in cui  $f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$ ; in caso contrario la formazione di condensa sulla superficie interna della struttura può provocare il deterioramento della struttura stessa o l'insorgere di condizioni non igieniche (crescita muffe, fenomeni di corrosione, ecc.).

Per quanto riguarda la condensa interstiziale la verifica è stata condotta secondo le indicazioni della UNI EN ISO 13788 e delle FAQ ministeriali (dicembre 2018).

I valori che vengono visualizzati sono i seguenti:

- Quantità massima di condensa durante l'anno (Ma), in g/m<sup>2</sup>, pari al valore massimo della quantità di vapore mensilmente accumulata nel periodo di calcolo;
- Quantità di condensa ammissibile (Mlim), in g/m<sup>2</sup>, di default pari al 2% della massa superficiale dello strato bagnato interessato

Secondo la UNI EN ISO 13788 e la FAQ ministeriale n. 3.11 (dicembre 2018) non sempre la formazione di condensa interstiziale è condizione di assoluta inaccettabilità del manufatto. La struttura è considerata accettabile quando:

- 1) la massa di condensa accumulata nel periodo di condensazione non supera una determinata quantità ammissibile prescritta dalla UNI EN ISO 13788, al prospetto NA.1.5 dell'Appendice nazionale (di seguito riportato).

Materiale	Densità[kg/m³]	Quantità di condensa ammissibile [g/m²]
Laterizi	600 - 2000	≤ 500
Calcestruzzi	400 - 2400	≤ 500
Legnami e derivati	500 - 800	≤ 30 · ρ · d
Intonaci e malte	600 - 2000	≤ 30 · ρ · d
Fibre di natura organica: con collanti resistenti all'acqua con collanti non resistenti all'acqua	300 - 700 300 - 700	≤ 20 · ρ · d ≤ 5 · ρ · d
Fibre minerali	10 - 150	≤ 5000 · ρ · d · [ λ / ( 1 - 1,7 · λ ) ]
Materie plastiche cellulari	10 - 80	≤ 5000 · ρ · d · [ λ / ( 1 - 1,7 · λ ) ]

d = spessore dello strato in [m], ρ = densità del materiale in [kg/m³], λ = conduttività del materiale in [W/mK]

2) Il periodo di asciugatura estiva assicura la completa evaporazione della condensa.

Selezionando il pulsante tabella mensile vengono visualizzati, per ogni mese di calcolo e coerentemente con il tipo di valutazione scelta (UNI EN 13788/FAQ ministeriale (dicembre 2018), i dati relativi alle condizioni al contorno ed i risultati della verifica del rischio di condensa interstiziale.

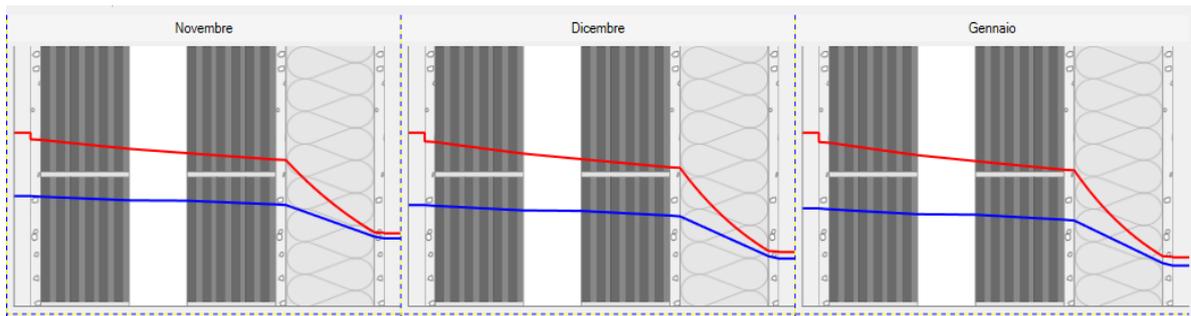
Per ogni mese di calcolo, i dati visualizzati sono i seguenti dati:

- $\theta_{int}$  = temperatura dell'ambiente interno [°C];
- $\theta_{est}$  = temperatura dell'ambiente confinante [°C];
- $\varphi_i$  = umidità relativa dell'ambiente interno [%];
- $\varphi_e$  = umidità relativa dell'ambiente confinante [%];
- $G_c$  = quantità di condensa/evaporazione mensile [g/m²];
- $M_a$  = quantità di condensa accumulata [g/m²];
- Giorni = giorni di condensa o essiccazione della struttura;
- Stato = condizione dello strato: asciutto, condensa o essiccazione.

Dettagli condensa interstiziale

	Mese	$\theta_{int}$ [°C]	$\theta_{est}$ [°C]	$\varphi_i$ [%]	$\varphi_e$ [%]	$G_c$ [g/m²]	$M_a$ [g/m²]	Giorni	Stato
✓	ottobre	20,0	12,3	66,2	82,1	0	0	30	Asciutto
✓	novembre	20,0	6,8	63,7	93,1	0	0	30	Asciutto
✓	dicembre	20,0	2,6	58,5	88,3	0	0	30	Asciutto
✓	gennaio	20,0	1,2	56,6	83,3	0	0	30	Asciutto
✓	febbraio	20,0	3,1	56,3	80,6	0	0	30	Asciutto
✓	marzo	20,0	8,3	59,8	80,7	0	0	30	Asciutto
✓	aprile	20,0	11,9	56,3	66,7	0	0	30	Asciutto
✓	maggio	18,0	18,0	73,7	65,4	0	0	30	Asciutto
✓	giugno	22,1	22,1	64,3	60,5	0	0	30	Asciutto
✓	luglio	23,6	23,6	57,6	54,2	0	0	30	Asciutto
✓	agosto	22,6	22,6	76,4	72,7	0	0	30	Asciutto
✓	settembre	19,1	19,1	80,7	74,7	0	0	30	Asciutto

Di seguito è mostrato l'andamento della pressione di vapore per i mesi più critici:



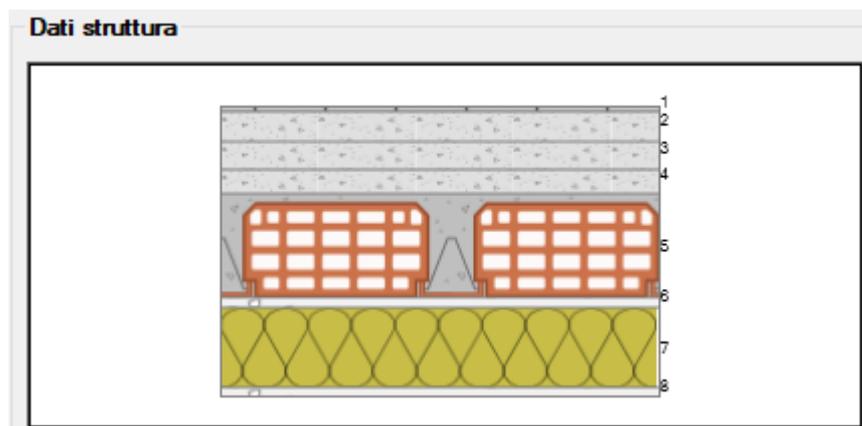
Ed infine, vengono riportati i risultati, in particolare si può notare che la trasmittanza termica  $U = 0,189 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ben al di sotto del limite richiesto dal Decreto 06/08/2020 di  $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$  e calcolato secondo la UNI EN ISO 6946.

Trasmittanza U - Potenza	0,190	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza U - Energia	0,189	W/m <sup>2</sup> K
Spessore totale	520	mm
Pemeanza	19,268	10 <sup>-1</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	330	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	263	kg/m <sup>2</sup>
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>		
Trasmittanza periodica	0,012	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	0,064	
Sfasamento dell'onda termica	-14,048	h
Capacità termica areica interna	52,764	kJ/m <sup>2</sup> K
<b>Resistenze termiche superficiali</b> ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili)		
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)
Potenza	0,130	0,040
Energia	0,130	0,071

## 6.1.2 Pavimenti

Da progetto viene coibentata la soletta interpiano verso cantine e box auto essendo una parete orizzontale che separa un ambiente riscaldato da uno non riscaldato; invece, le solette interpiano che dividono due piani climatizzati non sono soggette ad intervento.

È stata modellata nel seguente modo:



Elenco strati (dall'alto verso il basso) ▶

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
e1704	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,3000	0,008	2300	0,84	9999999
e2403	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,9000	0,056	1800	0,88	30
e224	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,6100	0,082	1500	1,00	96
e405	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti interne)	40,00	1,9100	0,021	2400	1,00	96
e2305	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180,00	0,6600	0,273	1100	0,84	7
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10
e720	Pannello in lana di roccia	140,00	0,0350	4,000	100	1,03	1
e1012	Intonaco plastico per cappotto	15,00	0,3000	0,050	1300	0,84	30

La coibentazione delle cantine è realizzata con un materiale classico per l'isolamento ovvero la lana di roccia. È uno dei due tipi lana minerale realizzata in edilizia per isolamento termico, si tratta di un materiale costituito da vetro fuso, pietra e scarti industriali che vengono filati insieme in una struttura a fibre. Le sue caratteristiche possono essere eguagliate da pochi altri materiali isolanti naturali, alcune di queste sono: l'ottima capacità di isolamento termico (conduttività termica intorno a 0,035 W/mK), è un materiale idrorepellente, è un buon materiale fonoassorbente e inoltre ha un ottimo comportamento al fuoco.

I dati e le assunzioni riguardanti il calcolo della verifica termoigrometrica sono sostanzialmente gli stessi di quelli visti per la parete esterna verticale; invece, viene riportato il calcolo della temperatura del locale non riscaldato e viene utilizzato il coeff. di correzione  $b_{tr,u}$  posto a 0.6, per ambienti con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne e quindi viene calcolata la nuova temperatura del locale non riscaldato.

**Tipo di calcolo**

Temperatura locale nota      Tu    3,2 °C  
 Coeff. correzione temperatura      btr,u    0,60

**Temperature mensili del locale non climatizzato [°C]**

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
8,7	9,9	13,0	15,1	18,8	21,3
Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
22,2	21,6	19,5	15,4	12,1	9,6

La verifica termoigrometrica anche in questo caso è verificata.

**Verifica termoigrometrica**

**Verifica criticità di condensa superficiale**

Mese critico: novembre

Fattore di temperatura mese critico:  $f_{R_{si}}^{max}$  0,656

Fattore di temperatura componente:  $f_{R_{si}}$  0,950

Umidità relativa superficiale accettabile: 80 %

Verifica fattore di temperatura:  $f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$

Tabella mensile

**Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

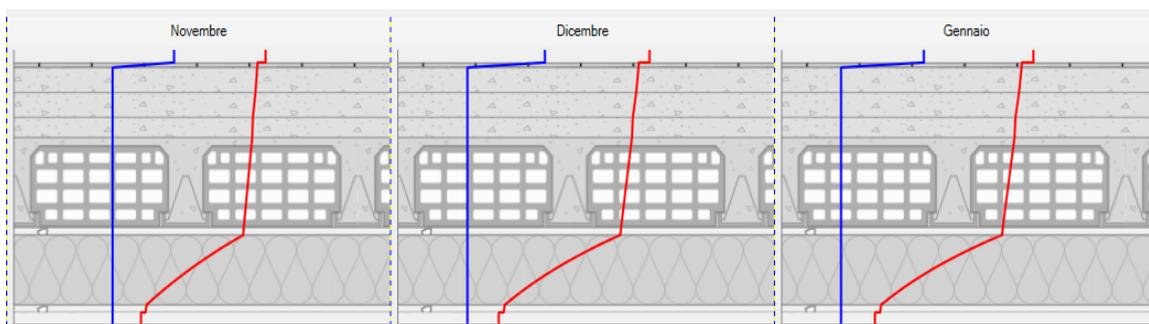
**Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.**

Tabella mensile

Esito della verifica termoigrometrica

**Positiva**

Di seguito è mostrato l'andamento della pressione di vapore per i mesi più critici:



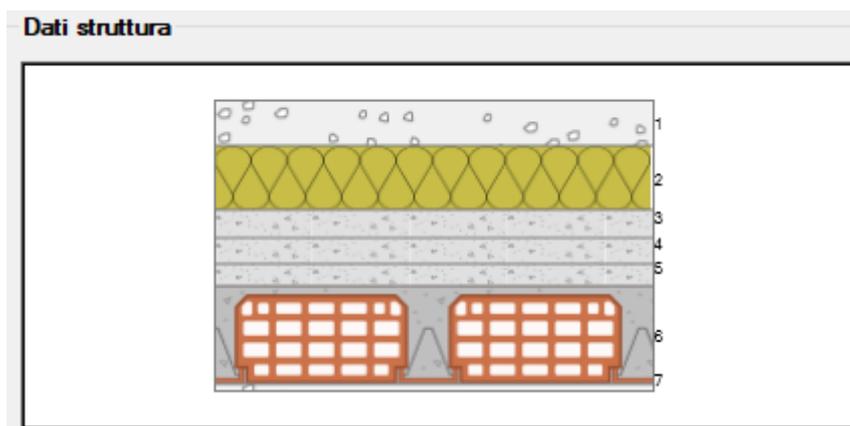
Ed infine, vengono riportati i risultati, in particolare si può notare che la trasmittanza termica  $U = 0,206 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ben al di sotto del limite richiesto dal Decreto 06/08/2020 di  $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  e calcolato secondo la UNI EN ISO 6946.

Trasmittanza U - Potenza	0,206	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza U - Energia	0,206	W/m <sup>2</sup> K 
Spessore totale	500	mm
Perneanza	0,002	10 <sup>-1</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa
Massa superficiale (con intonaci)	540	kg/m <sup>2</sup>
Massa superficiale (senza intonaci)	496	kg/m <sup>2</sup>
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>		
Trasmittanza periodica	0,012	W/m <sup>2</sup> K
Fattore di attenuazione	0,057	
Sfasamento dell'onda termica	-15,989	h
Capacità termica areica interna	55,823	kJ/m <sup>2</sup> K
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>		
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)
Potenza	0,170	0,170
Energia	0,170	0,170

### 6.1.3 Soffitti

Da progetto viene coibentata la soletta verso il sottotetto, essendo una parete orizzontale che separa un ambiente riscaldato da uno non riscaldato.

È stata modellata nel seguente modo:



Elenco strati (dall'alto verso il basso) 

Codice	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	M.V. [kg/m <sup>3</sup> ]	C.T. [kJ/kgK]	R.V.
u101	gmix54	85,00	0,0540	1,574	600	1,00	15
e722	Pannello in lana di roccia a doppia densità	120,00	0,0380	3,158	150	1,03	1
e2403	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,9000	0,056	1800	0,88	30
e224	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,6100	0,082	1500	1,00	96
e405	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti interne)	40,00	1,9100	0,021	2400	1,00	96
e2305	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	180,00	0,6600	0,273	1100	0,84	7
e1004	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,8000	0,019	1600	1,00	10

Come si può notare rispetto allo stato di fatto che nella modellazione della stratigrafia di progetto è stata rimossa la lana in feltro di vetro e sono stati posti 12 cm di un pannello in lana di roccia a doppia densità, la quale risulta particolarmente efficace nel caso di coperture sottoposte a carichi concentrati; quindi, consente un'ottimale distribuzione dei carichi ripartiti su un'area più ampia. È stata scelta questa soluzione perché l'idea è quella di rendere il sottotetto calpestabile e magari in futuro, grazie ad un intervento strutturale, renderlo abitabile. Per questo motivo è stato posto sopra la lana di roccia un materiale particolare e innovativo, il GMIX54.

Si tratta di un granulato di polimeri miscelati con curva granulometrica esclusiva, provenienti dal riciclo di materie plastiche non pericolose post-consumo, ed è impiegato come aggregato nelle malte cementizie in sostituzione dell'aggregato naturale quale la sabbia o l'argilla ecc. Il sottofondo si confeziona miscelando GMIX semplicemente con acqua e cemento fino ad ottenere una consistenza umida.

Le ragioni per utilizzarlo sono molteplici:

- Semplicità e rapidità di posa, si posa come un sottofondo tradizionale, senza necessità di macchine particolari.
- Leggerezza, il peso del sottofondo è circa 600 kg/m<sup>3</sup>, inferiore di uno tradizionale.
- Isolamento termico, il sottofondo finito in opera ha una conducibilità termica di 0,054 W/mK. Per avere lo stesso isolamento termico di 8 cm di GMIX sarebbero necessari circa 34 cm di argilla espansa e circa 18 cm di calcestruzzo.
- Isolamento acustico, è l'unico massetto cementizio elastico che abbatte rumore e vibrazioni, arrivando a ridurre il rumore di calpestio dei solai con  $\Delta L_w$  di oltre 20 db.
- Alta resistenza a compressione, con 1380 kPa di resistenza al 10% di deformazione, supera di 4 volte la resistenza dei tradizionali pannelli isolanti.
- Ecosostenibilità, proviene al 100% dal riciclo di materie plastiche non pericolose.
- Economicità
- Facile approvvigionamento.

- Lunga conservazione.
- Facile spostamento in cantiere.

I dati e le assunzioni riguardanti il calcolo della verifica termoigrometrica sono sostanzialmente gli stessi di quelli visti per la parete esterna verticale; invece, viene riportato il calcolo della temperatura del locale non riscaldato e viene utilizzato il coeff. di correzione  $b_{tr,u}$  posto a 0,9, per sottotetti non riscaldati e quindi viene calcolata la nuova temperatura del locale non riscaldato.

**Tipo di calcolo**

Temperatura locale nota      Tu    -5,2 °C  
 Coeff. correzione temperatura       $b_{tr,u}$     0,90

**Temperature mensili del locale non climatizzato [°C]**

Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu
3,1	4,8	9,5	12,7	18,2	21,9
Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
23,2	22,3	19,2	13,1	8,1	4,3

La verifica termoigrometrica anche in questo caso è verificata.

**Verifica termoigrometrica**

**Verifica criticità di condensa superficiale**

Mese critico: novembre

Fattore di temperatura mese critico:  $f_{R_{si}}^{max}$  0,695

Fattore di temperatura componente:  $f_{R_{si}}$  0,956

Umidità relativa superficiale accettabile: 80 %

Verifica fattore di temperatura:  $f_{R_{si}}^{max} \leq f_{R_{si}}$  ✓

Tabella mensile

**Verifica del rischio di condensa interstiziale (secondo UNI EN ISO 13788)**

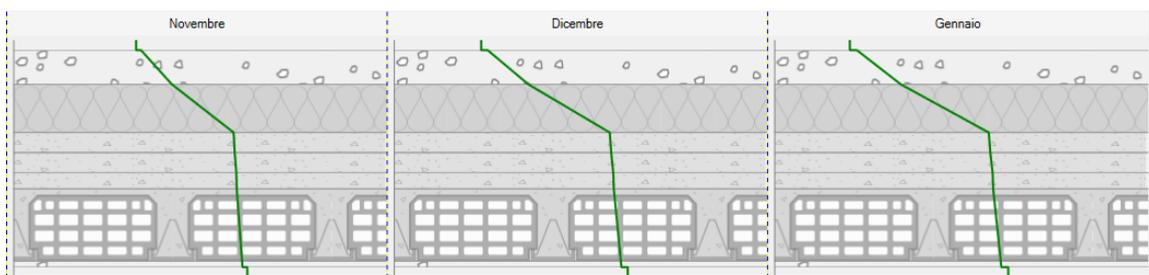
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

Tabella mensile

Esito della verifica termoigrometrica

**Positiva**

Di seguito è mostrato l'andamento della pressione di vapore per i mesi più critici:



Ed infine, vengono riportati i risultati, in particolare si può notare che la trasmittanza termica  $U = 0,186 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ben al di sotto del limite richiesto dal Decreto 06/08/2020 di  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  e calcolato secondo la UNI EN ISO 6946.

Trasmittanza U - Potenza	0,186	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza U - Energia	0,186	W/m <sup>2</sup> K 	
Spessore totale	540	mm	
Perméanza	15,450	10 <sup>-12</sup> kg/sm <sup>2</sup> Pa	
Massa superficiale (con intonaci)	552	kg/m <sup>2</sup>	
Massa superficiale (senza intonaci)	528	kg/m <sup>2</sup>	
<b>Caratteristiche termiche dinamiche</b>			
Trasmittanza periodica	0,005	W/m <sup>2</sup> K	
Fattore di attenuazione	0,026		
Sfasamento dell'onda termica	-20,748	h	
Capacità termica areica interna	61,986	kJ/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>			
	Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza	0,100	0,100	m <sup>2</sup> K/W
Energia	0,100	0,100	m <sup>2</sup> K/W

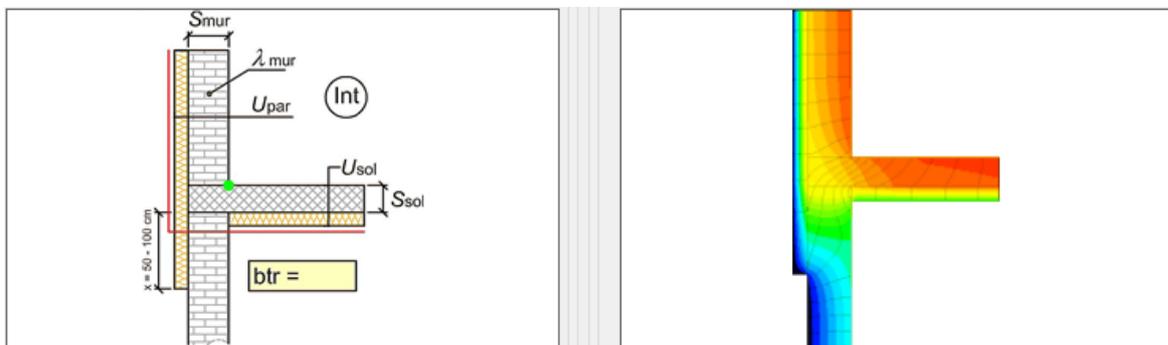
### 6.1.4 Ponti termici

Diversamente dallo stato di fatto, dove sono stati modellati i ponti termici senza l'obbligo di rispettare nessuna verifica sul rischio di formazione muffe, nello stato di progetto abbiamo l'obbligo di verificare che nella correzione del ponte termico non si verifichi nessuna formazione di muffe né superficiale né interstiziale.

Di seguito verranno mostrati i ponti termici corretti, con i relativi risultati e la verifica sul rischio di formazione muffe.

#### ❖ Pareti esterne con solai rialzati – GF:

Dalla prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo su parete esterna che scende al di sotto del solaio rialzato di 50-100 cm e un isolamento all'intradosso sull'ambiente non riscaldato, ovvero il locale cantine e box auto.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

**Parete verticale (T)** M1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm²/m	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia: 0,189 W/m²K

**Pavimento (U)** P1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'alto verso il basso)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300
2	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
3	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,610

Trasmittanza U - Energia: 0,206 W/m²K

Coeff. correzione temperatura (btr,u): 0,60

**Dati di ingresso**

Coeff. correzione temperatura: btr 0,60

Spessore solaio: Ssol 270 mm

Spessore muro: Smur 260 mm

Trasmittanza termica solaio: Usol 0,206 W/m²K

Trasmittanza termica parete: Upar 0,189 W/m²K

Conduttività termica muro: λmur 0,415 W/mK

**Risultati**

Trasmittanza termica lineica di riferimento: 0,049 W/mK

Trasmittanza termica lineica di calcolo: 0,024 W/mK

Fattore di temperatura (frsi): 0,872

Infine, in base alle assunzioni fatte sulla classe di concentrazione del vapore, la temperatura interna del periodo di riscaldamento, l'umidità relativa superficiale ammissibile e le temperature esterne prese in base alle medie mensili, si effettua il calcolo sul rischio di formazione muffa; la quale verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante  % + 5%

Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>

Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C

Umidità relativa superficiale ammissibile  %

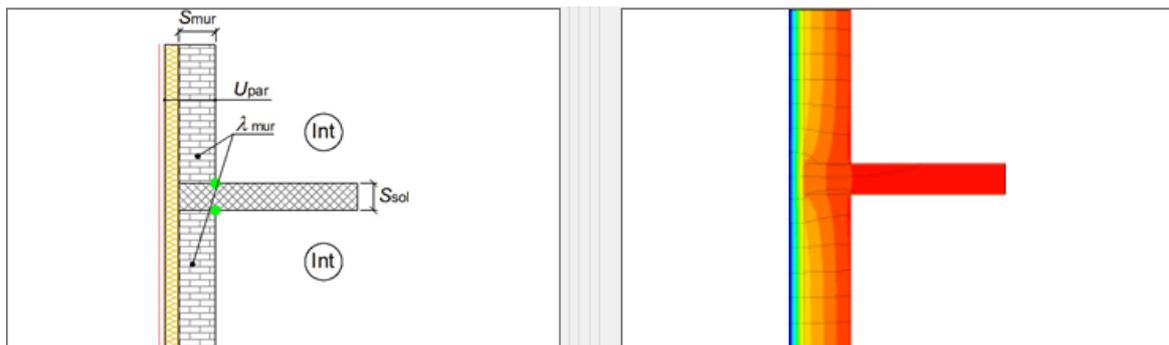
**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	15,4	19,4	17,0	✓
novembre	20,0	12,1	19,0	16,4	✓
dicembre	20,0	9,6	18,7	15,1	✓
gennaio	20,0	8,7	18,6	14,5	✓
febbraio	20,0	9,9	18,7	14,4	✓
marzo	20,0	13,0	19,1	15,4	✓
aprile	20,0	15,1	19,4	14,5	✓

### ❖ Pareti esterne con solai di interpiano IF:

Dalla prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo su parete esterna.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

**Parete verticale (T)** M1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av < 500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia  W/m<sup>2</sup>K

**Pavimento (N,D)** P2  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'alto verso il basso)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	10,00	1,300
2	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
3	C.I.s. di argilla espansa pareti interne a struttura c...	50,00	0,610

Trasmittanza U - Energia  W/m<sup>2</sup>K

**Dati di ingresso**

Spessore solaio Ssol  mm

Spessore muro Smur  mm

Trasmittanza termica parete Upar  W/m<sup>2</sup>K

Conducibilità termica muro λmur  W/mK

**Risultati**

Trasmittanza termica lineica di riferimento  W/mK

Trasmittanza termica lineica di calcolo  W/mK

Fattore di temperatura (frsi)  -

Infine, le assunzioni fatte sulla classe di concentrazione del vapore, la temperatura interna del periodo di riscaldamento, l'umidità relativa superficiale ammissibile e le temperature esterne prese in base alle medie mensili sono le stesse del caso precedente e saranno le stesse per il calcolo della verifica dei casi successivi; anche in questo caso la verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

**Verifica rischio muffa**

**Condizioni interne**

Umidità relativa interna costante  % + 5%

Classe concentrazione del vapore  kg/m<sup>3</sup>

Temperatura interna periodo di riscaldamento  °C

Umidità relativa superficiale ammissibile  %

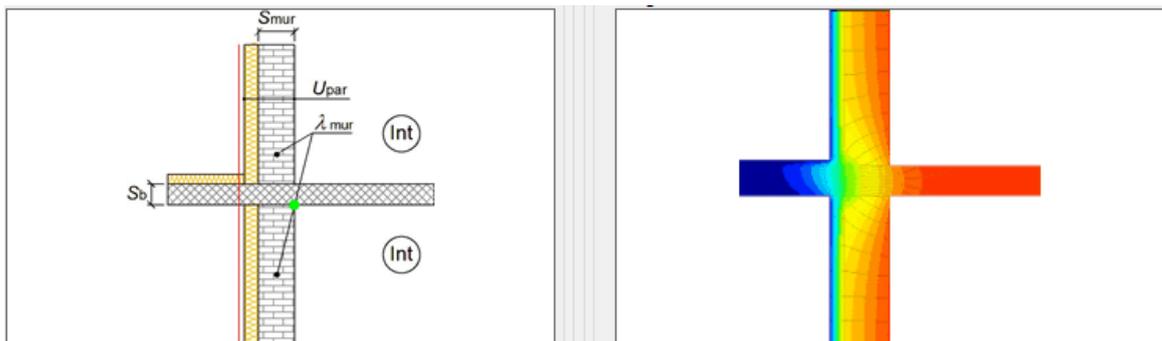
**Temperature esterne**

Medie mensili  Media annuale  Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	12,3	19,6	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	19,4	16,4	✓
dicembre	20,0	2,6	19,2	15,1	✓
gennaio	20,0	1,2	19,1	14,5	✓
febbraio	20,0	3,1	19,2	14,4	✓
marzo	20,0	8,3	19,5	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	19,6	14,5	✓

### ❖ Parete e balcone B:

Nella prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo su parete esterna, poi in prossimità dalla soletta del balcone si ha un isolamento all'estradosso, anche se in realtà verrà applicato l'isolante anche all'intradosso e nel frontalino.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

Parete verticale (T) M1  Visualizza tutti

Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)

Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av < 500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472

Trasmittanza U - Energia  W/m<sup>2</sup>K

Dati di ingresso		Risultati	
Spessore balcone	Sb	200	mm
Spessore muro	Smur	260	mm
Trasmittanza termica parete	Upar	0,189	W/m <sup>2</sup> K
Conduktività termica muro	λmur	0,415	W/mK
		Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,560 W/mK
		Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,280 W/mK
		Fattore di temperatura (frsi)	0,802 -

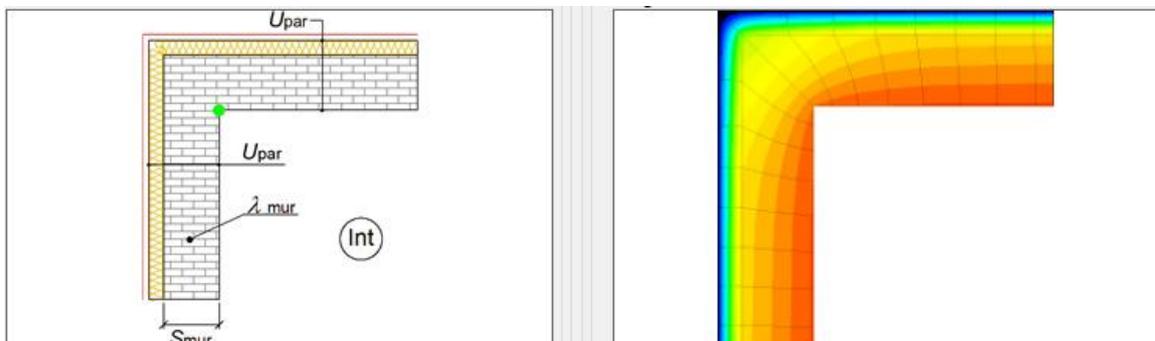
Anche in questo caso la verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

Verifica rischio muffa		Condizioni interne			
<input type="radio"/>	Umidità relativa interna costante	60	% + 5%		
<input checked="" type="radio"/>	Classe concentrazione del vapore	0,006	kg/m <sup>3</sup>		
	Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0	°C		
	Umidità relativa superficiale ammissibile	80	%		
Temperature esterne					
<input checked="" type="radio"/>	Medie mensili	<input type="radio"/>	Media annuale	<input type="radio"/>	Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	12,3	18,5	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	17,4	16,4	✓
dicembre	20,0	2,6	16,6	15,1	✓
gennaio	20,0	1,2	16,3	14,5	✓
febbraio	20,0	3,1	16,7	14,4	✓
marzo	20,0	8,3	17,7	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	18,4	14,5	✓

### ❖ Angolo tra pareti sporgente C:

Nella prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo tra le due pareti esterne che formano un angolo sporgente.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

Parete verticale (T)		M1	<input type="checkbox"/> Visualizza tutti
Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)			
Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472
Trasmittanza U - Energia		0,189	W/m <sup>2</sup> K

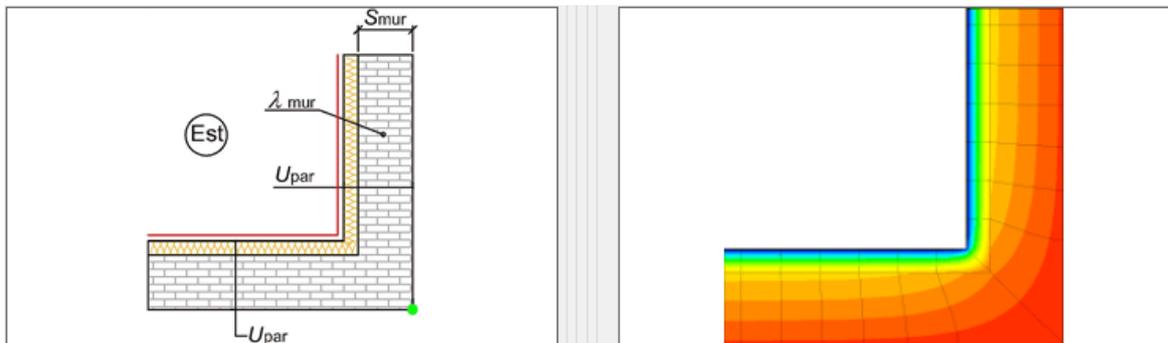
Dati di ingresso		Risultati	
Spessore muro	Smur <input type="text" value="260"/> mm	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<input type="text" value="-0,078"/> W/mK
Trasmittanza termica parete	U <sub>par</sub> <input type="text" value="0,189"/> W/m <sup>2</sup> K	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<input type="text" value="-0,039"/> W/mK
Conducibilità termica muro	λ <sub>mur</sub> <input type="text" value="0,415"/> W/mK	Fattore di temperatura (frsi)	<input type="text" value="0,890"/> -

Anche in questo caso la verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

Verifica rischio muffa		Condizioni interne				Mese					
<input type="radio"/> Umidità relativa interna costante	<input type="text" value="60"/> % + 5%	Mese	θ <sub>i</sub> [°C]	θ <sub>e</sub> [°C]	θ <sub>si</sub> [°C]	θ <sub>acc</sub> [°C]					
<input checked="" type="radio"/> Classe concentrazione del vapore	<input type="text" value="0,006"/> kg/m <sup>3</sup>	ottobre	20,0	12,3	19,2	17,0	✓				
Temperatura interna periodo di riscaldamento	<input type="text" value="20,0"/> °C	novembre	20,0	6,8	18,5	16,4	✓				
Umidità relativa superficiale ammissibile	<input type="text" value="80"/> %	dicembre	20,0	2,6	18,1	15,1	✓				
Temperature esterne		gennaio	20,0	1,2	17,9	14,5	✓				
<input checked="" type="radio"/> Medie mensili	<input type="radio"/> Media annuale	febbraio	20,0	3,1	18,1	14,4	✓				
	<input type="radio"/> Fissa impostata	marzo	20,0	8,3	18,7	15,4	✓				
		aprile	20,0	11,9	19,1	14,5	✓				

### ❖ Angolo tra pareti rientrante C:

Nella prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo tra le due pareti esterne che formano un angolo rientrante.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

Parete verticale (T)		M1	<input type="checkbox"/> Visualizza tutti
Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)			
Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472
Trasmittanza U - Energia		<input type="text" value="0,189"/> W/m <sup>2</sup> K	

Dati di ingresso		Risultati	
Spessore muro	Smur <input type="text" value="260"/> mm	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<input type="text" value="0,025"/> W/mK
Trasmittanza termica parete	Upar <input type="text" value="0,189"/> W/m <sup>2</sup> K	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<input type="text" value="0,012"/> W/mK
Conduktività termica muro	λmur <input type="text" value="0,415"/> W/mK	Fattore di temperatura (frsi)	<input type="text" value="0,954"/> -

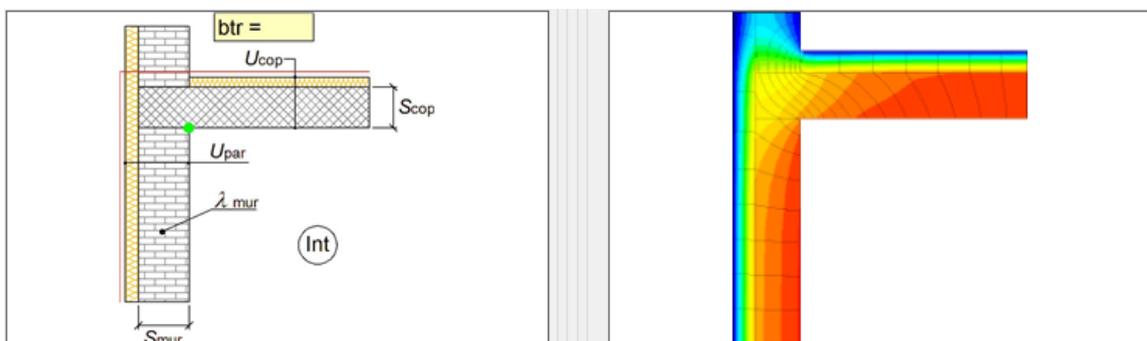
Anche in questo caso la verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

Verifica rischio muffa		Condizioni interne				
<input type="radio"/>	Umidità relativa interna costante	<input type="text" value="60"/>	% + 5%			
<input checked="" type="radio"/>	Classe concentrazione del vapore	<input type="text" value="0,006"/>	kg/m <sup>3</sup>			
	Temperatura interna periodo di riscaldamento	<input type="text" value="20,0"/>	°C			
	Umidità relativa superficiale ammissibile	<input type="text" value="80"/>	%			
Temperature esterne						
<input checked="" type="radio"/>	Medie mensili	<input type="radio"/>	Media annuale	<input type="radio"/>	Fissa impostata	

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	12,3	19,6	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	19,4	16,4	✓
dicembre	20,0	2,6	19,2	15,1	✓
gennaio	20,0	1,2	19,1	14,5	✓
febbraio	20,0	3,1	19,2	14,4	✓
marzo	20,0	8,3	19,5	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	19,6	14,5	✓

### ❖ Parete e copertura R:

Nella prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo su parete esterna che sale oltre il solaio e un isolamento all'estradosso sull'ambiente non riscaldato, ovvero il sottotetto.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

Parete verticale (T) M1				Soffitto (U) S2			
Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)				Elenco strati (dall'alto verso il basso)			
Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]	Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800	1	gmix54	85,00	0,054
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360	2	Pannello in lana di roccia a doppia densità	120,00	0,038
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472	3	Sottofondo di cemento magro	50,00	0,900
Trasmittanza U - Energia <input type="text" value="0,189"/> W/m <sup>2</sup> K				Trasmittanza U - Energia <input type="text" value="0,186"/> W/m <sup>2</sup> K			
				Coeff. correzione temperatura (btr,u) <input type="text" value="0,90"/>			

Dati di ingresso		Risultati	
Coeff. correzione temperatura	btr	0,90	-
Spessore copertura	Scop	270	mm
Spessore muro	Smur	260	mm
Trasmittanza termica copertura	Ucop	0,180	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza termica parete	Upar	0,189	W/m <sup>2</sup> K
Conduktività termica muro	λmur	0,415	W/mK
		Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,075 W/mK
		Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,038 W/mK
		Fattore di temperatura (frsi)	0,849 -

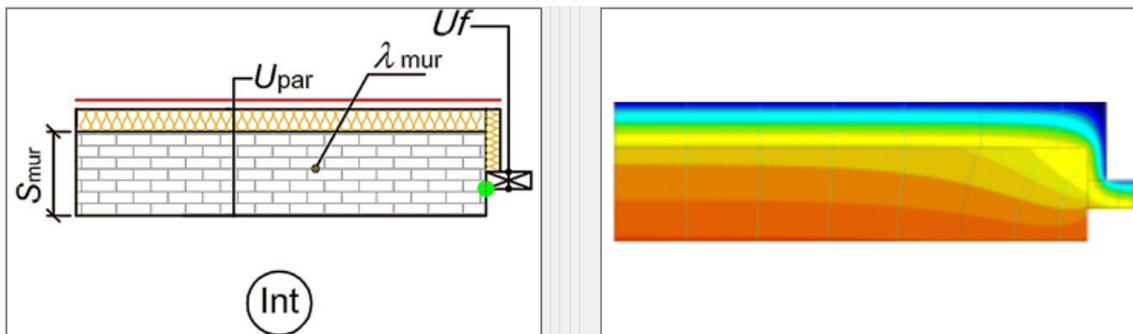
Anche in questo caso la verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

Verifica rischio muffa		Condizioni interne			
<input type="radio"/>	Umidità relativa interna costante	60	% + 5%		
<input checked="" type="radio"/>	Classe concentrazione del vapore	0,006	kg/m <sup>3</sup>		
	Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0	°C		
	Umidità relativa superficiale ammissibile	80	%		
Temperature esterne					
<input checked="" type="radio"/>	Medie mensili	<input type="radio"/>	Media annuale	<input type="radio"/>	Fissa impostata

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	13,1	19,0	17,0	✓
novembre	20,0	8,1	18,2	16,4	✓
dicembre	20,0	4,3	17,6	15,1	✓
gennaio	20,0	3,1	17,5	14,5	✓
febbraio	20,0	4,8	17,7	14,4	✓
marzo	20,0	9,5	18,4	15,4	✓
aprile	20,0	12,7	18,9	14,5	✓

### ❖ Parete e Telaio W:

Nella prima immagine si può notare come è stato applicato l'isolante per risolvere il ponte termico. In particolare, si ha un isolamento continuo su parete esterna, il telaio è posto in mezz'aria con l'isolante che segue l'andamento della parete opaca.



Di seguito sono mostrate le pareti interessate e i relativi risultati di trasmittanza termica lineica.

Parete verticale (T)		M1	<input type="checkbox"/> Visualizza tutti
Elenco strati (dall'interno verso l'esterno)			
Num	Descrizione	Spessore [mm]	Cond. [W/mK]
1	Intonaco di gesso e sabbia	15,00	0,800
2	Muratura in laterizio pareti interne (um. 0.5%)	130,00	0,360
3	Intercapedine non ventilata Av<500 mm <sup>2</sup> /m	85,00	0,472
Trasmittanza U - Energia		0,189	W/m <sup>2</sup> K

Dati di ingresso		Risultati	
Trasmittanza termica telaio	Uf <input type="text" value="1,300"/> W/m <sup>2</sup> K	Trasmittanza termica lineica di riferimento	<input type="text" value="0,056"/> W/mK
Spessore muro	Smur <input type="text" value="260"/> mm	Trasmittanza termica lineica di calcolo	<input type="text" value="0,056"/> W/mK
Trasmittanza termica parete	Upar <input type="text" value="0,189"/> W/m <sup>2</sup> K	Fattore di temperatura (frsi)	<input type="text" value="0,869"/> -
Conduktività termica muro	λmur <input type="text" value="0,415"/> W/mK		

Anche in questo caso la verifica è stata superata per ogni mese di riscaldamento.

Verifica rischio muffa		Condizioni interne				
<input type="radio"/>	Umidità relativa interna costante	<input type="text" value="60"/>	% + 5%			
<input checked="" type="radio"/>	Classe concentrazione del vapore	<input type="text" value="0,006"/>	kg/m <sup>3</sup>			
	Temperatura interna periodo di riscaldamento	<input type="text" value="20,0"/>	°C			
	Umidità relativa superficiale ammissibile	<input type="text" value="80"/>	%			
Temperature esterne						
<input checked="" type="radio"/>	Medie mensili	<input type="radio"/>	Media annuale	<input type="radio"/>	Fissa impostata	

Mese	θi [°C]	θe [°C]	θsi [°C]	θacc [°C]	
ottobre	20,0	12,3	19,0	17,0	✓
novembre	20,0	6,8	18,3	16,4	✓
dicembre	20,0	2,6	17,7	15,1	✓
gennaio	20,0	1,2	17,5	14,5	✓
febbraio	20,0	3,1	17,8	14,4	✓
marzo	20,0	8,3	18,5	15,4	✓
aprile	20,0	11,9	18,9	14,5	✓

### 6.1.5 Componenti finestrati

Anche se i serramenti sono stati sostituiti di recente, si è pensato di sostituirli nuovamente con componenti ancora più performanti.

La scelta è ricaduta su un modello FINSTRAL SLIM-LINE CRISTAL 77 PVC-PVC. Il telaio è composto da un profilo in PVC saldato negli angoli e altamente performante: isola perfettamente, è di facile manutenzione e duraturo. Il vetro è uno dei migliori in commercio, e i distanziali sono ad elevato isolamento termico saldati negli angoli. L'obiettivo è un isolamento di altissime prestazioni, massima trasmissione luminosa, estetica curata in ogni dettaglio.

- Telaio: profilo pluricamera in PVC termoisolante, valore  $U_f$  1,3 W/m<sup>2</sup>
- Vetro isolante con gas argon, bordi del vetro leggermente sfilettati
- Triplo vetro basso-emissivo, innovativo vetro altamente performante Max-Valor:  $U_g$  0,6 W/m<sup>2</sup>K,  $g$  0,60, LT 0,77; percentuale di riflesso del vetro molto bassa (meno del 15%)
- Valori d'isolamento termico: esempio di una finestra ad 1 anta secondo norma per il calcolo della  $U_w$  con dimensioni 1,23 x 1,48 m, il valore massimo per triplo vetro è  $U_w$  0,82 W/m<sup>2</sup>K. Misura finestra a 2 ante con montante mobile secondo norma per il calcolo della  $U_w$  con le stesse dimensioni, il valore massimo per triplo vetro è  $U_w$  0,95 W/m<sup>2</sup>K.

Quindi si sono ipotizzati tali valori di  $U_w$  per le finestre ad un'anta o a due.

Di seguito viene riportato un riepilogo dei componenti finestrati, con le relative trasmittanze termiche del modulo, inteso come raggruppamento della finestra, del cassonetto, del ponte termico e del muro sottofinestra.

Componenti finestrati - riepilogo						
Codice	Tipo	Descrizione	L [cm]	H [cm]	Ue [W/m <sup>2</sup> K]	θe [°C]
W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 - Finestra 150 x 140	150,0	140,0	0,990	-8,0
W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 - Portafinestra 150 x ...	150,0	240,0	0,957	-8,0
W3	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 - Portafinestra 120 x ...	120,0	240,0	0,976	-8,0
W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 - Finestra 80 x 140	80,0	140,0	0,952	-8,0
W5	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 - Finestra 120 x 140	120,0	140,0	1,009	-8,0
W6	E	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 - Finestra 120 x 160	120,0	124,7	0,999	-8,0
W7	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 - Portafinestra 68 x 240	68,0	240,0	0,943	-8,0
W8	E	Portafinestra 130 x 255	130,0	220,0	1,849	-8,0
W9	E	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 - Finestra 120 x 105	120,0	105,0	1,035	-8,0

**Dati serramento**

Tipologia Singolo

Facciata continua

Classe di permeabilità Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207

Resistenza termica chiusure 0,26 m<sup>2</sup>K/W

Fshut 0,6

**Dati noti**

Trasmittanza solo vetro nota U<sub>g</sub> 0,600 W/m<sup>2</sup>K

Trasmittanza solo vetro e trasmittanza serramento note  U<sub>w</sub> 0,950 W/m<sup>2</sup>K

Appendice B UNI TS 11300-1

Come si può notare anche in questo caso abbiamo i valori di  $U_g$  e  $U_w$  noti. Il fattore di trasmittanza solare è stato fissato a 0,5 poiché abbiamo un triplo vetro basso emissivo. Il fattore tendaggi è stato posto a 0,65, poiché si sono ipotizzate tende bianche sul lato interno, con proprietà ottiche della tenda pari a 0,1 come fattore di assorbimento e 0,5 come fattore di trasmissione e in base a questi due valori si ottiene quel fattore di riduzione. Questo discorso vale sia per la stagione invernale che estiva.

Potenza & Energia

**Dati UNI TS 11300-1**

Temperatura esterna -8,0 °C

Emissività  $\epsilon$  0,837

Fattore di trasmittanza solare  $g_{gl,n}$  0,500

Fattore tendaggi (energia invernale)  $fc_{inv}$  0,65

Fattore tendaggi (energia estiva)  $fc_{est}$  0,65

Inclinazione sull'orizzonte  $\Sigma$  90 deg

**Altri dati**

Struttura esistente

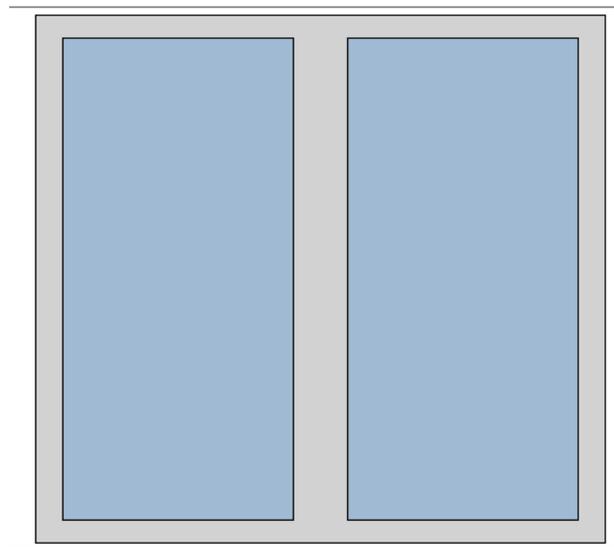
Superficie da sottrarre

Contributo Invernale/Estivo I+E

Le dimensioni dei serramenti sono le stesse dello stato di fatto.

**Dimensioni modulo vetrato**

Larghezza	L	<input type="text" value="150,0"/>	cm	Altezza	H	<input type="text" value="140,0"/>	cm
<input type="checkbox"/>	dimensioni telaio semplificate			Superficie apribile		<input type="text" value="100,0"/>	%
<b>Telaio</b>							
Spessore traverso sup.	A	<input type="text" value="6,0"/>	cm	Spessore traverso inf.	B	<input type="text" value="6,0"/>	cm
Spessore montante sx	C	<input type="text" value="7,0"/>	cm	Spessore montante dx	D	<input type="text" value="7,0"/>	cm
Numero divisori orizz.	NO	<input type="text" value="0"/>		Numero divisori vert.	NV	<input type="text" value="1"/>	
Spessore divisori orizz.	E	<input type="text" value="0,0"/>	cm	Spessore divisori vert.	F	<input type="text" value="14,0"/>	cm
K telaio	Uf	<input type="text" value="2,20"/>	W/m <sup>2</sup> K	Fattore di forma	Ff	<input type="text" value="0,74"/>	



Dopo di ciò si attribuisce al serramento il relativo ponte termico definito precedentemente nella sezione ponti termici.

**Ponte termico**

Lunghezza perimetrale	<input type="text" value="5,8"/>	<input type="checkbox"/>	m	<input type="checkbox"/>	Trascura nei calcoli della trasmittanza media	
Trasmittanza lineica $\psi$	<input type="text" value="0,056"/>		W/mK			
Struttura	<input type="text" value="Z7 - W - Parete - Telaio"/>					<input type="button" value="v"/>

Infine, in base ai dati di input inseriti si producono i risultati:

<b>Dimensioni serramento</b>				
Area totale	$A_w$	2,100	m <sup>2</sup> 	
Area vetro	$A_g$	1,562	m <sup>2</sup>	
Area telaio	$A_f$	0,538	m <sup>2</sup>	
Perimetro vetro	$L_g$	7,560	m	
Perimetro telaio	$L_f$	5,800	m	
<b>Trasmittanza serramento</b>				
Potenza	$U_{w,p}$	0,950	W/m <sup>2</sup> K	
Energia	$U_{w,e}$	0,837	W/m <sup>2</sup> K	
Trasmittanza vetro	$U_g$	0,600	W/m <sup>2</sup> K	
Ggl+sh max		0,318		
<b>Trasmittanza modulo</b>				
Potenza	$U_p$	1,103	W/m <sup>2</sup> K	
Energia	$U_e$	0,990	W/m <sup>2</sup> K	
<b>Resistenze termiche superficiali ( <input type="checkbox"/> rendi modificabili )</b>				
		Interna (Rsi)	Esterna (Rse)	
Potenza		0,130	0,040	m <sup>2</sup> K/W
Energia		0,130	0,071	m <sup>2</sup> K/W

Come per lo stato di fatto, anche per lo stato di progetto tutte le altre finestre sono state modellate nel medesimo modo, i dati generali di input sono gli stessi l'unica cosa che varia da finestra a finestra sono le dimensioni e in base al fatto che siano a singola anta oppure doppia varia la  $U_w$ , per questo motivo le altre finestre verranno inserite in allegato.

## 6.2 Impianti

La soluzione impiantistica che si intende installare è quella di un sistema ibrido, pompa di calore + caldaia a condensazione. La differenza fondamentale è che la caldaia è un “trasformatore di energia”, l’energia chimica del combustibile è convertita in calore dalla reazione di combustione e poi ceduta spontaneamente all’acqua e infine all’ambiente da riscaldare. Quindi sostanzialmente risponde al primo principio della termodinamica, non si può avere all’uscita più energia di quanta ne sia immessa, si ha quindi, un limite assoluto di rendimento.

La pompa di calore invece, è un “trasferitore di energia”, con poca spesa energetica è possibile trasferirne tanta. Quindi risponde al secondo principio della termodinamica, ovvero si può trasferire una quantità di energia superiore a quella impiegata per forzarne il trasferimento.

Il sistema ibrido non è una “nuova” tipologia di generatore, ma al suo interno sono ben identificabili i due componenti e le caratteristiche proprie. Per avere un “generatore ibrido”, la definizione legislativa richiede che l’assemblaggio della caldaia e della pompa di calore sia espressamente previsto dal costruttore; quindi, non si può realizzare in campo un “generatore ibrido” in autonomia, collegando in serie la caldaia e la pompa di calore. Naturalmente questa soluzione è ben possibile ma legalmente il risultato non è un sistema ibrido, ma sempre un impianto con caldaia e pompa di calore. Tra le varie condizioni fiscali per l’installazione di un sistema ibrido, è stato attestato che:

- Il sistema ibrido è costituito da pompa di calore e caldaia a condensazione, espressamente concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro.
- Il rapporto tra la potenza termica utile nominale della pompa di calore e la potenza termica utile nominale della caldaia è minore o uguale a 0,5 (potenza della caldaia almeno doppia di quella della pompa di calore).

Per la UNI TS 11300-4 il generatore ibrido rimane un insieme di una caldaia e di una pompa di calore, ognuna con le sue caratteristiche ed essendo un sistema con due generatori, il punto 5.4.5 della UNI TS 11300-4 prevede che la priorità sia assegnata al generatore che assicuri il minor fabbisogno di energia primaria. Come è facile constatare, in termini di energia primaria non rinnovabile, la pompa di calore assicura il minor fabbisogno; quindi, nel calcolo di prestazione energetica verrà data correttamente la precedenza alla pompa di calore, ottenendo prestazioni energetiche favorevoli rispetto alla caldaia a condensazione.

### 6.2.1 Modalità di funzionamento pompa di calore

La pompa di calore è una macchina basata su un ciclo frigorifero che trasporta calore da una sorgente fredda a una calda per mezzo dell'impiego di energia elettrica per alimentare il compressore. Il ciclo che viene compiuto è il seguente:

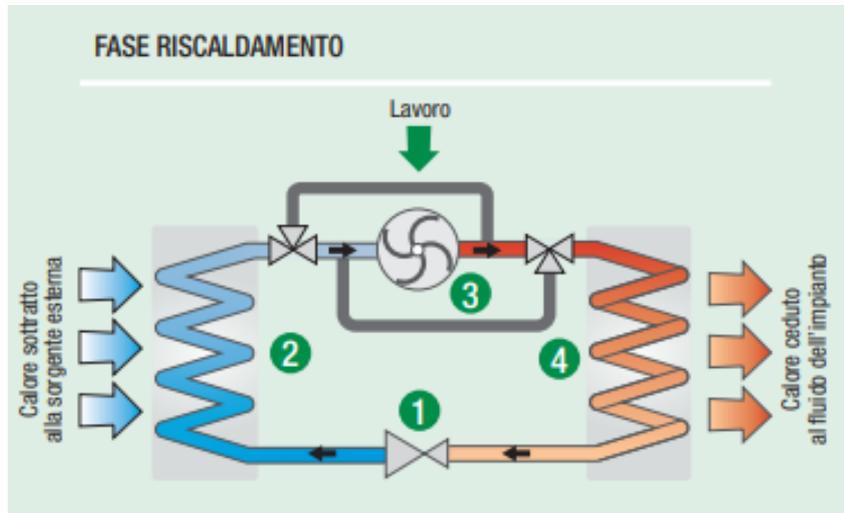


Figura 8: Principio di funzionamento pompa di calore (Fonte: idraulica 61, Caleffi)

Fase 1: il fluido gassoso viene fatto espandere tramite la valvola di espansione e fatto raffreddare in modo che possa raggiungere una temperatura inferiore a quella della sorgente esterna, per permettere lo scambio termico. Infatti, per questo motivo la pompa di calore fa più fatica a temperature più basse. In questa espansione avviene un cambiamento di fase portandosi allo stato liquido.

Fase 2: il liquido freddo, viene fatto passare attraverso uno scambiatore di calore detto evaporatore, così che il liquido che si trova al di sotto della temperatura esterna, possa sottrarre calore dalla aria esterna sino a evaporare di nuovo.

Fase 3: il fluido, di nuovo in forma gassosa, entra nel compressore e viene portato ad una pressione e temperatura elevata, maggiore di quella della sorgente interna, ovvero il fluido che gira nell'impianto.

Fase 4: il gas cede il calore, rimanendo a pressione elevata, al fluido dell'impianto attraverso un altro scambiatore di calore detto condensatore. Dopo di ciò il fluido gassoso si accinge a rientrare nella valvola di espansione e far iniziare un nuovo ciclo.

L'efficienza con la quale le pompe di calore trasferiscono il calore è definita tramite il COP. Il suo valore è definito dal rapporto tra il calore ceduto al fluido caldo (l'energia termica resa all'utenza) e il totale dell'energia elettrica assorbita (energia richiesta sia dai mezzi ausiliari integrati nella pompa di calore come, per esempio, apparecchiature di regolazione e controllo, dispositivi antigelo, ventilatori, circolatori, sia soprattutto dal compressore che ha i consumi maggiori).

$$COP = \frac{Q_c}{W_{compressore} + W_{mezzi\ ausiliari}}$$

Il produttore identifica la macchina sul mercato con un punto di funzionamento a potenza nominale, il quale, viene di solito calcolato con temperatura esterna dell'aria pari a 7°C e temperatura di mandata dell'acqua pari a 35°C (A7W35). Ad esempio, una PDC con potenza nominale dichiarata 9 kW produce circa 9 kW termici a A7W35. Naturalmente, il valore indicato per le condizioni nominali è poco rappresentativo delle effettive condizioni di funzionamento delle pompe di calore durante il loro reale esercizio in un'intera stagione di riscaldamento. Il COP/EER non è un valore immutabile, soprattutto nelle pompe di calore aria-acqua, può variare notevolmente in base a:

- temperatura dell'aria esterna;
- fattore di carico della macchina;
- temperatura di produzione dell'acqua calda o fredda;
- incidenza dei cicli di sbrinamento.

Le schede tecniche riportano, diversi valori di COP (o EER) in base alle diverse temperature sia dell'aria esterna sia dell'acqua di mandata all'impianto. La figura 9 mostra, a titolo esemplificativo, l'evoluzione del coefficiente di prestazione (COP) nelle condizioni di pieno carico di una tipica pompa di calore aria-acqua in funzione appunto della temperatura esterna e della temperatura di mandata. Naturalmente questo grafico può cambiare in base ai modelli di pompa scelti. Si possono notare diverse curve, per la mandata a 30-35°C e tipica dei pavimenti radianti invece una temperatura di mandata di 55°C è tipica dei radiatori. I radiatori sono proprio il nostro caso, infatti pur non essendo queste le curve rappresentative della pompa di calore installata, l'andamento è più o meno simile, anche se i COP della nostra pompa sono più alti.

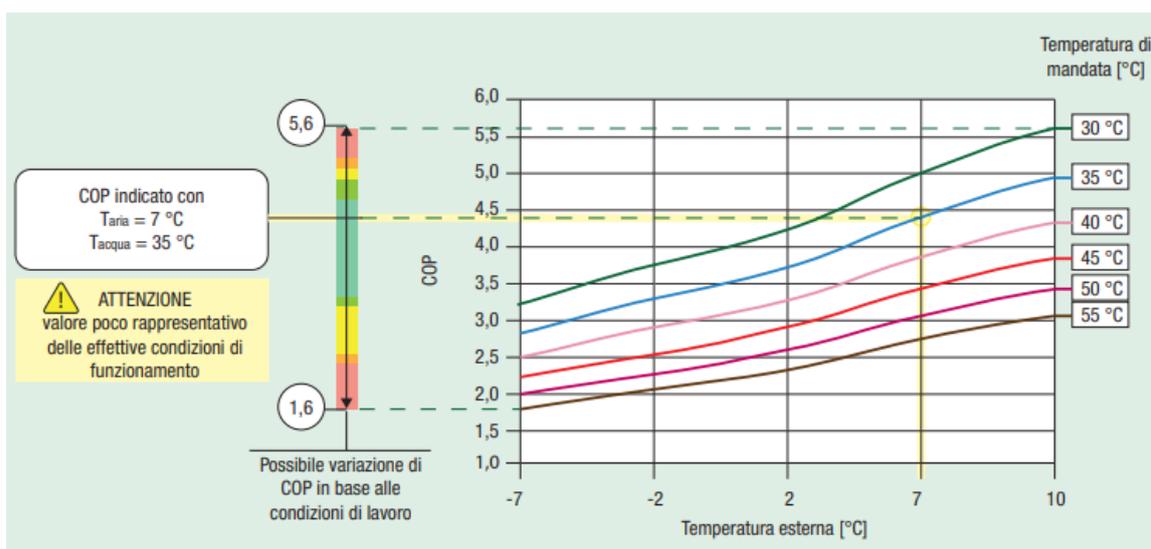


Figura 9: COP puntuale e possibili variazioni che può assumere in base alle sorgenti calde e fredde. (Fonte: idraulica 61, Caleffi)

Come si può notare, le prestazioni peggiorano in funzione della temperatura esterna; minore è la temperatura esterna e minore è il COP; le prestazioni diminuiscono anche a seconda della temperatura di mandata, come più volte detto;

maggiore è la temperatura di mandata e minore è il COP. In questo esempio, una riduzione della temperatura di mandata da 55 a 35 C (per temperature esterne superiori a 7°C) consente di migliorare il COP di oltre un punto. Tuttavia, si può effettuare una scelta diversa, cioè invece di prediligere le prestazioni energetiche, nell'utilizzo potrà essere scelto un criterio di efficienza economica che potrebbe portare a valutazioni diverse.

### **6.2.2 Risparmio energetico ed economico a confronto**

La “prestazione” di un sistema edificio/impianto può essere considerata secondo diversi aspetti:

- **Energetico:** dipende se si considera il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile oppure il fabbisogno di energia primaria totale; nel primo caso la spunta probabilmente la pompa di calore, nel secondo sicuramente la caldaia.
- **Ambientale:** dipende se si considerano le emissioni inquinanti, le emissioni di gas serra, le emissioni di gas nocivi per l'ozono oppure la produzione di rifiuti; in base a cosa si considera potrebbe spuntarla uno o l'altro.
- **Economico:** anche in questo caso dipende se si considera la gestione, l'acquisto, il ciclo di vita ecc.

In questi anni si è tendenzialmente dato più peso all'aspetto energetico e di fabbisogno di energia primaria, creando diverse aspettative che poi si sono tramutate in “delusioni”, anche con edifici di classe A. Una situazione del genere capita poiché questi edifici comportavano costi di gestione elevati e inoltre, le prestazioni calcolate erano in condizioni standard di esercizio, che differiscono, a volte anche sensibilmente, dalle reali condizioni di utilizzo incentrate magari sul risparmio economico.

Ultimamente il focus si sta lentamente spostando dal fabbisogno di energia primaria non rinnovabile verso un'ottica più green ed eco-friendly, quindi incentrato sulle emissioni di gas ad effetto serra che destano più preoccupazione.

In questo senso la rivista “Idraulica 61” della Caleffi mostra come sia importante sapere, che il risparmio energetico non implica in ogni caso un risparmio economico come già accennato precedentemente.

Il risparmio energetico, cioè il risparmio di energia da fonti primarie presenti in natura, che intercorre tra l'utilizzo di un impianto di riscaldamento tradizionale come

COP <sub>MEDIO EFFETTIVO</sub>	Rendimento di generazione
1,50	65 %
1,75	75 %
2,00	86 %
2,25	97 %
2,50	108 %
2,75	118 %
3,00	129 %
3,25	140 %
3,50	151 %
3,75	161 %
4,00	172 %
4,25	183 %
4,50	194 %
4,75	204 %
5,00	215 %

Tabella 3: Rendimento di generazione pompa di calore al variare del COP<sub>MEDIO EFFETTIVO</sub> (Fonte Caleffi, idraulica 61)

rendimenti di generazione della pompa di calore nella Tabella di fianco. Il rendimento di generazione di una pompa di calore è sempre molto elevato se paragonato con quello di una generica caldaia a gas, che si attesta sempre intorno, ad esempio, al 106% per una a condensazione. Una PDC mostra rendimenti di generazione ben più elevati già con valori di coefficiente di prestazione maggiori di 2,5. Tali valori sono ampiamente raggiunti e oltrepassati dalla gran parte delle pompe di calore presenti su mercato anche se utilizzate in condizioni di lavoro non ottimali. Se si abbina una buona regolazione dell'impianto ad un modello recente di macchina si possono raggiungere valori di efficienza tra il 130 % e il 170 %. Infine, se si installa un modello di pompa di calore abbastanza recente e si attua una sapiente gestione dell'impianto con una buona regolazione si possono conseguire dei livelli di efficienza altissimi, circa il 200 %.

Dopo di ciò la rivista prosegue con la parte economica, infatti il confronto economico tra un impianto tradizionale, per esempio una caldaia alimentata a gas ed una pompa di calore elettrica può essere valutato calcolando il costo sostenuto per produrre l'energia termica per entrambi i sistemi di produzione. Il costo di un kWh<sub>TERMICO</sub> prodotto con una caldaia a gas è calcolabile attraverso la formula:

$$\text{Costo kWh}_{\text{caldaia}} = \frac{\text{costo } SMC_{\text{gas}}}{PCI_{\text{gas}} * \eta_{\text{caldaia}}}$$

può essere quello di una caldaia alimentata a gas o con un altro tipo di vettore energetico fossile, e l'utilizzo di un impianto con pompa di calore aria-acqua, può essere calcolato effettuando un raffronto fra i relativi rendimenti di generazione. Se il rendimento di generazione di una caldaia (tradizionale o a condensazione) è facilmente calcolabile, quello di una pompa di calore dipende fortemente dalle condizioni in cui si trova ad operare, quindi di particolare importanza sono la temperatura dell'aria esterna oppure la temperatura di mandata del fluido caldo che circola nella rete di distribuzione verso i terminali. Considerando i valori del COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub>, che è il rendimento reale di una pompa di calore, inserita in un impianto specifico dotato di regolazione di funzionamento, possiamo ricapitolare i

dove:

$costo\ SMC_{gas}$  = costo metro cubo standard del gas

$PCI_{gas}$  = potere calorifico inferiore gas

$\eta_{caldaia}$  = rendimento caldaia

Considerando un valore medio del PCI del gas pari a 9,7 kWh/smc. Adesso si fa un discorso analogo per calcolare il costo del kWh<sub>TERMICO</sub> prodotto da una pompa di calore attraverso la formula:

$$Costo\ kWh_{PDC} = \frac{costo\ kWh_{elettrico}}{COP_{MEDIOEFFETTIVO}}$$

Con questo tipo di generatore, ovvero una pompa di calore, ciò che influenza maggiormente il costo di produzione dell'energia termica è il costo di acquisto dell'energia elettrica e il COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub>. Nell'esempio riportato nella rivista i costi utilizzati per i calcoli naturalmente non sono quelli attuali, che con i recenti avvenimenti hanno inevitabilmente innalzato il costo di energia elettrica e gas. In un impianto con caldaia a gas, considerando un rendimento della caldaia= 0,98, tipico di una caldaia tradizionale e un costo del gas= 0,70 €/smc, il costo del kWh<sub>TERMICO</sub> è pari a 7,36 c€/kWh. In un impianto con pompa di calore elettrica aria-acqua con i seguenti dati: COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub>= 3,5 e un costo dell'energia elettrica= 0,24 €/kWh<sub>el</sub> si ottiene un costo del kWh<sub>TERMICO</sub> pari a 6,86 c€/kWh. Confrontando i costi del kWh<sub>TERMICO</sub> si evidenzia un risparmio economico del 7 % se si utilizza la pompa di calore invece di una caldaia a gas. In modo analogo, se invece di considerare un COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub> di 3,5, consideriamo una pompa di calore con COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub> pari a 3,0 si ottiene un costo del kWh<sub>TERMICO</sub> pari a 8,00 c€/kWh. Il valore ricavato è superiore rispetto ai 7,36 c€/kWh della caldaia a gas, quindi in una situazione del genere, con queste condizioni di lavoro, l'utilizzo della pompa di calore non è più conveniente. Viste le molte variabili che influenzano questi calcoli, in primis il costo dell'energia, è possibile costruire tabelle o grafici dove, in base ai costi rispettivamente del metro cubo standard di gas e del kWh<sub>ELETTICO</sub>, si può ricavare il COP<sub>MINIMO DI CONVENIENZA</sub> come mostrato in figura:

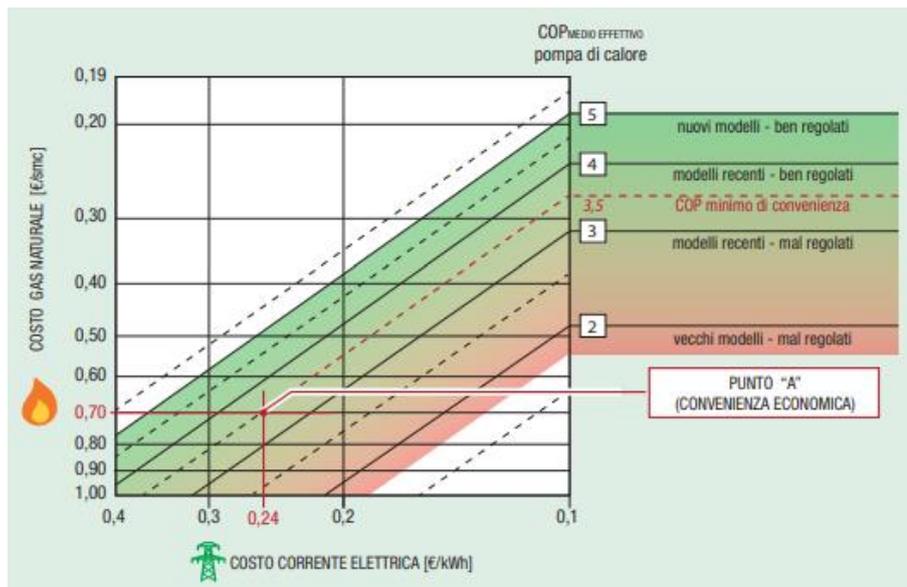


Figura 10: Convenienza economica PDC rispetto a caldaia a gas

Il punto A indica il valore di COP minimo che serve ad un impianto a pompa di calore per produrre energia termica ad un costo inferiore rispetto ad una caldaia a gas. In funzione del costo del gas (0,70€/smc) e del kWh<sub>ELETTRICO</sub> (0,24 €/kWh) che erano i costi prima dei recenti avvenimenti per il mercato italiano, una pompa di calore è economicamente più efficiente rispetto ad una caldaia a gas (cioè produce calore ad un costo inferiore) se il suo COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub> risulta maggiore di 3,5.

Quindi adesso è possibile fare un confronto fra i valori ottenuti in ambito energetico ed economico e si può facilmente notare come, a parità di COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub>, il risparmio energetico sia nettamente superiore a quello economico. Ad esempio, il rendimento di generazione di una pompa di calore con COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub> pari a 3,50 è del 151 %, a differenza del 98% di una caldaia tradizionale a gas. Il risparmio energetico di tale impianto è, quindi, del 54 %. Nello stesso impianto a pompa di calore, il costo del kWh<sub>TERMICO</sub> è pari a 6,86 c€/kWh rispetto ai 7,36 c€/kWh della caldaia tradizionale a gas. Da questi risultati possiamo osservare che questo impianto, con queste condizioni di lavoro, è economicamente più efficiente solo del 7 %. Allo stesso modo, se si considera un COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub> compreso tra 2,5 e 3,5 si ottiene comunque un risparmio energetico in quanto il rendimento di generazione è sempre superiore al 98% della caldaia, ma non economico, poiché il costo del kWh<sub>TERMICO</sub> prodotto con una caldaia è più conveniente di quello prodotto con una pompa di calore, infatti dal grafico sopra si può vedere che per esempio con un COP<sub>MEDIOEFFETTIVO</sub> di 3 il costo minimo dell'energia elettrica affinché si abbia un risparmio economico si debba abbassare a circa 0,22 €/kWh. In altre parole, è molto semplice far lavorare gli impianti a pompa di calore con un'efficienza energetica superiore di quella delle caldaie a gas, consumando meno combustibili fossili e riducendo di conseguenza le emissioni di CO<sub>2</sub>. Non è, invece, altrettanto scontato far lavorare questi impianti ottenendo un risparmio economico sulla spesa annua per il riscaldamento. Per produrre un risparmio economico sulla spesa di gestione degli impianti a pompe di calore è quindi necessaria una sapiente progettazione, che preveda temperature di esercizio dei terminali più basse possibili, ed un'opportuna regolazione, in modo da massimizzare il COP di funzionamento.

### 6.2.3 *Modello ibrido scelto e schema unifilare*

L'impianto ibrido scelto è un impianto ibrido tipo Hybridcell-LS con una pompa di calore aria-acqua Vitocal 200-S AWB-E in abbinamento a una caldaia a condensazione Vitodens 200-W B2HF per produzione sanitaria con Solarcell MAX, prodotto dal gruppo Viessmann, produttore internazionale di sistemi di riscaldamento.

La pompa di calore aria acqua Vitocal 200-S frutta il calore presente gratuitamente nell'aria. È possibile così riscaldare in modo conveniente ed ecologico. In questo modello Viessmann ha posto l'attenzione specialmente sul contenimento delle emissioni acustiche. Lo spettro di frequenze è stato ottimizzato in modo tale da spostare i picchi sonori in un campo di frequenza più alto, dove vengono percepiti come meno disturbanti e possono essere assorbiti meglio dal materiale di costruzione di porte e finestre. La potenza sonora di ventilatore e compressore può essere ulteriormente ridotta, ad esempio nelle ore notturne. Questa funzione è un valore aggiunto soprattutto laddove si devono rispettare normative di legge sulle emissioni sonore, come nel caso di quartieri con fitta urbanizzazione o agglomerati di case a schiera, arrivando a 35 dB(A) a soli 3 metri di distanza. Inoltre, è stata aumentata l'efficienza arrivando ad un COP di 5,1 con A7/W35, ovvero in condizioni nominali di funzionamento.

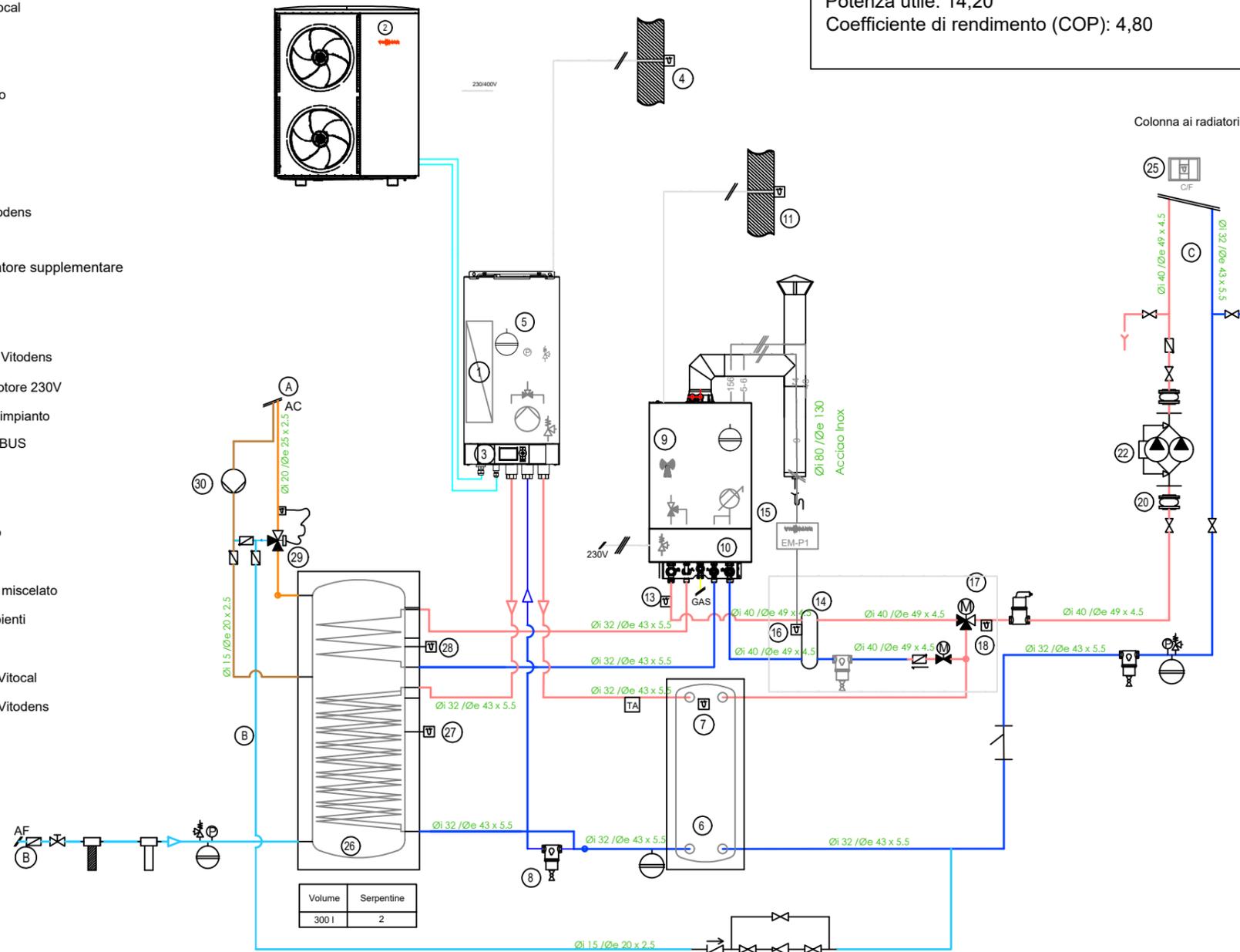
Vitodens 200-W è la caldaia murale a condensazione a gas che offre i più alti livelli di comfort e innovazioni tecniche disponibili oggi sul mercato. Il cuore delle nuove Vitodens serie 200 sono il bruciatore MatriX-Plus con Lambda Pro Plus e il corpo caldaia Inox-Radial in acciaio inossidabile con effetto autopulente.

Il riscaldamento può avvenire sia con la pompa di calore e sia con la caldaia, essendo un impianto ibrido, si cercherà di far lavorare i due generatori in modo da raggiungere il miglior fabbisogno energetico unito a quello economico. È presente un accumulo utilizzato come serbatoio inerziale termico lato riscaldamento tramite il Vitocell-E 100 per evitare troppe interruzioni dell'impianto. Anche l'acqua calda sanitaria è prodotta da entrambi i generatori. Come si può vedere dallo schema unifilare sottostante è presente un accumulo per l'acqua calda sanitaria tramite il Solarcell MAX, si può notare la differenza fra la serpentina per la caldaia e quella per la pompa di calore che ha bisogno di una serpentina più lunga per permettere un ottimo scambio termico avendo temperature più basse della caldaia.

Nello schema fornito dalla Viessman è presente una pompa di calore splittata (unità interna ed esterna) la caldaia a condensazione inoltre avremo l'acqua calda sanitaria prodotta sia dalla pompa di calore, con la serpentina in basso nell'accumulo, di fatto quando l'impianto richiederà temperature più elevate lavorerà in preriscaldamento e dalla serpentina in alto che è quella collegata alla caldaia. Quindi alta efficienza sul sanitario con la pompa di calore settata ad un set-point che possa soddisfare un discreto comfort, nel nostro caso la pompa di calore riesce a provvedere alle richieste di progetto con temperature intorno ai 45-50°C e la caldaia invece per soddisfare richieste a temperature più elevate, quindi sopra i 50°C, visto che non sempre l'utente rispetta quelle che sono le temperature fissate da progetto.

- ① Vitocal 200-S AWB-E
- ② Unità esterna Vitocal
- ③ Regolazione Vitotronic 200 WO1C
- ④ Sensore ambiente esterno Vitocal
- ⑤ Vaso d'espansione Vitocal
- ⑥ Vitocell 100-E
- ⑦ Sensore temperatura accumulo
- ⑧ Defangatore Vitocal
- ⑨ Vitodens 200-W B2HF
- ⑩ Unità di servizio HMI
- ⑪ Sensore ambiente esterno Vitodens
- ⑫ Rele comando caldaia
- ⑬ Sensore temperatura generatore supplementare
- ⑭ Compensatore idraulico
- ⑮ Completamento EM-P1
- ⑯ Sensore equilibratore idraulico Vitodens
- ⑰ Valvola estrazione con servomotore 230V
- ⑱ Sensore temperatura mandata impianto
- ⑲ Completamento miscelato KM-BUS
- ⑳ Giunto antivibrante flangiato
- ㉑ Valvola miscelatrice a tre vie
- ㉒ Pompa di circolazione impianto
- ㉓ Termostato di blocco
- ㉔ Sensore temperatura mandata miscelato
- ㉕ Termoregolazione esterna ambienti
- ㉖ Solarcell MAX R2BC-HPI
- ㉗ Sensore temperatura bollitore Vitocal
- ㉘ Sensore temperatura bollitore Vitodens
- ㉙ Valvola miscelatrice sanitario
- ㉚ Pompa ricircolo sanitario
- ㉛ Pompa di sanificazione

- A Acqua calda sanitaria
- B Acqua fredda sanitaria
- C Circuito radiante
- D Circuito termoarredi



① U.I Pompa di calore: VITOCAL 200-S AWB-E-AC 201.D3  
 Dati generali:  
 Dimensioni (HxLxP): 880x450x370 mm;  
 Peso:45 kg;  
 Potenza utile: 14,20  
 Coefficiente di rendimento (COP): 4,80

② U.I Pompa di calore: VITOCAL 200-S AWB-E-AC 201.D3  
 Dati generali:  
 Dimensioni (HxLxP): 880x450x370 mm;  
 Peso:45 kg;  
 Potenza utile: 14,20  
 Coefficiente di rendimento (COP): 4,80

⑨ Caldaia a condensazione: VITODENS 200-W B2HF  
 Potenza nominale 29,3 kW  
 Rendimento stagionale: 98% (Hs) / 109% (Hi)  
 Efficienza energetica secondo Reg. UE nr. 811/2013  
 -Riscaldamento: A / 94% (mod. 25 e 32 kW)  
 -Produzione di acqua calda sanitaria: A  
 -Sistema: A+ (con telecomando ambiente Vitotrol 200 o 300; modelli 25 e 32 kW)  
 Campo di modulazione fino a 1:20  
 Bruciatore Matrix-Plus con sistema di controllo combustione Lambda Pro Plus  
 Corpo caldaia Inox-Radial in acciaio inox  
 Display posizionabile in alto o in basso sulla caldaia  
 H2 Ready 20% : certificata per il funzionamento con il 20% di contenuto di idrogeno nel metano

SIMBOLOGIA


Tabella 1

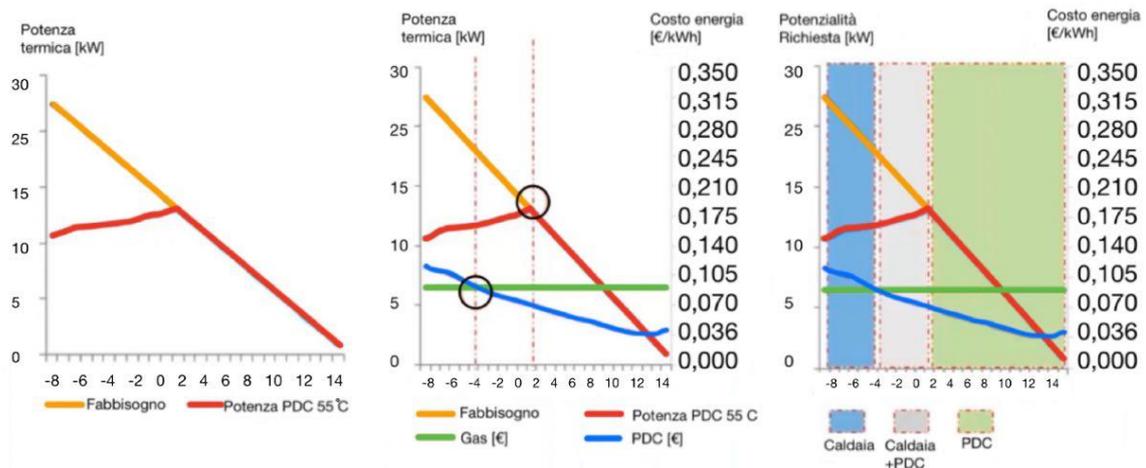
cond. term. W/m °C	diametro esterno tubazione (mm)					
	<20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	>100
0.030	13	19	26	33	37	40
0.032	14	21	29	36	40	44
0.034	15	23	31	39	44	48
0.036	17	25	34	43	47	52
0.038	18	28	37	46	51	56
0.040	20	30	40	50	55	60
0.042	22	32	43	54	59	64
0.044	24	35	46	58	63	69
0.046	26	38	50	62	68	74
0.048	28	41	54	66	72	79
0.050	30	44	58	71	77	84

L'interfaccia ibrida pensata dal fabbricante, la si vede molto bene nello schema unifilare riportato, il quale è stato rimaneggiato e reso un po' più snello, è stata tolta la parte elettrica e lato riscaldamento è stata lasciato un solo circuito per i radiatori; di conseguenza, sono stati tolti alcuni componenti impiantistici che comunque sono presenti nella descrizione a lato dello schema.

In particolare, avremo la pompa di calore che va a lavorare sul suo accumulatore inerziale, come equilibratore idraulico. La logica di lavoro si basa sulle temperature, in particolare la pompa di calore se le temperature sia esterna che di mandata sono congeniali, dal punto di vista energetico che economico, avremo che la pompa di calore va a lavorare direttamente sull'impianto. Se la pompa di calore si trova in difetto di potenza ma è ancora conveniente rispetto alla caldaia, succederà che la sonda identificata col numero 18, rileverà che la temperatura effettiva verso l'impianto non corrisponde più alla curva climatica impostata nella pompa di calore e quindi la regolazione impostata dalla pompa di calore andrà a chiedere l'intervento della caldaia, la quale interverrà sul compensatore idraulico 14 e quindi che cosa succederà? Che il ritorno dell'impianto verrà scaldato per quanto è possibile dalla pompa di calore, poi avremo una miscelazione tramite la valvola a tre vie sulla mandata all'impianto identificata 17, che parzializzerà la portata per fare in modo che quello che produce la pompa di calore vada ad essere integrato in caldaia attraverso il compensatore per poi andare a soddisfare la sonda di mandata impianto che poi manderà ai radiatori, con il rispetto della curva climatica impostata nella pompa di calore. Quello appena visto è un funzionamento bi-valente in parallelo, poiché ho il contributo di entrambi i generatori con un occhio attento alle temperature della pompa di calore e alle portate che andiamo a gestire. Nel momento in cui l'economicità del sistema viene a decadere con la pompa di calore, quindi ci troviamo in condizione di alta temperatura di mandata o basse temperature esterne o entrambe le cose, si ha che la pompa di calore di fatto si disattiva, il ritorno passa comunque dall'accumulo inerziale e la valvola miscelatrice provvederà a far soddisfare tutto il carico dalla caldaia. Questa tipologia d'impianto mi permette di lavorare nel miglior modo possibile in base alle condizioni di temperatura esterna e di mandata all'impianto, quindi lavorare con una temperatura scorrevole dell'impianto.

Per finire la sonda di cui prima, insieme alle altre presenti nel circuito, ha un compito di monitoraggio di temperatura, ma ovviamente l'inserimento del generatore supplementare avviene sempre con criterio, ovvero nel momento in cui io rilevo un abbassamento repentino di temperatura di mandata non avrò un'immediata accensione del generatore, ma avrò una certa soglia prima di far accendere il secondo generatore, questo per evitare degli on/off inutili.

Quello che possiamo provare a fare adesso è andare ad unire i ragionamenti energetici con quelli economici; quindi, andare a vedere cosa vuol dire far lavorare i generatori in modo bi-valente alternato e parallelo e quando questi si verificano.



Nel grafico a sinistra possiamo vedere una generica curva di una pompa di calore, che ho cercato di adattare ai dati prestazionali di quella installata, in arancione abbiamo il fabbisogno, come si può vedere nelle condizioni di progetto a  $-8^{\circ}\text{C}$  l'impianto richiede circa 26/27 kW, dato che sarà poi possibile vedere meglio nella firma energetica. In rosso abbiamo l'andamento della pompa di calore con temperatura di mandata di  $55^{\circ}\text{C}$ . Possiamo vedere che la pompa riesce a soddisfare il mio fabbisogno fino ad un certo valore della temperatura esterna, circa  $1-2^{\circ}\text{C}$ , valore abbastanza coerente con le prestazioni generali delle pompe di calore, dopo di ciò avremo un calo fisiologico delle prestazioni della pompa di calore.

Come interverrà la caldaia? Lo vediamo nel grafico al centro, dove bisogna fare due considerazioni:

1. Sicuramente la pompa di calore comincerà ad avere un abbassamento di potenza man mano che le temperature esterne si abbassano e di conseguenza avrò un fabbisogno maggiore che dovrà essere in qualche modo integrato, quindi la caldaia interverrà e lo farà in maniera bi-valente parallelo, cioè in aiuto alla pompa di calore.
2. Introducendo le curve blu e verde, andiamo a confrontare i costi di esercizio. Quelli della caldaia a gas, la curva verde, naturalmente sono piatti e non hanno nessun'influenza, o molto poco, alle varie temperature di lavoro. Mentre il costo della pompa di calore è un costo elettrico e ovviamente è pesato sul suo COP, quindi tanto più freddo farà fuori tanto più il COP diminuisce e di conseguenza tanto più alto sarà il costo dell'energia elettrica.

Ecco che allora avrò un funzionamento contemporaneo, pompa di calore + caldaia, fintanto che la curva blu, cioè il costo elettrico sarà inferiore alla curva verde, cioè il costo del gas. Nel momento in cui avrò la coincidenza o il superamento del costo elettrico sul gas, non avrà più senso tenere accesa la pompa di calore e quindi avremo un intervento esclusivo della caldaia e questo è il funzionamento alternato.

Quelli presi di fianco sono i costi medi dell'energia in Italia nel primo semestre del 2021 e possiamo vedere che il funzionamento esclusivo della caldaia sarà veramente relegato alle temperature più basse, cioè al di sotto dei  $-4^{\circ}\text{C}$  circa, poi naturalmente questi valori cambiano in base alle pompe di calore installate. Quindi una pompa di calore, che non è dimensionata per il picco termico, offrirà una copertura stagionale molto elevata. Naturalmente una cosa molto interessante che riguarda la regolazione degli impianti Viessmann è che il costo elettrico della pompa di calore sarà influenzato dalle tariffe elettriche, quindi dalle fasce orarie e quindi la curva blu che si alza e si abbassa e quindi andrà ad intercettare la curva verde in punti diversi che corrisponderanno a temperature esterne diverse. Quindi in funzione dei costi dell'energia e in funzione di un eventuale impianto fotovoltaico, il funzionamento della pompa di calore si correggerà per prediligere sempre il generatore in quel momento più conveniente.

Nel terzo grafico a destra andremo quindi, a definire tre zone di lavoro, che però sono di fatto dinamiche e flessibili, in base alle condizioni di lavoro precedentemente espresse, soprattutto per quanto riguarda la commutazione fra funzionamento contemporaneo dei due generatori col funzionamento alternato nel quale la caldaia si sostituisce alla pompa di calore.

#### 6.2.4 Riscaldamento

Come visto nello stato di fatto, in questa sezione si modella la parte dell'impianto di riscaldamento, andando a definire le seguenti sezioni:

- Circuiti
- Accumulo e distribuzione primaria
- Generazione

Naturalmente a differenza dello stato di fatto, andremo ad analizzare solo tutto ciò che cambia con l'inserimento del nuovo sistema di generazione del calore, tutte le assunzioni o dati di input che non variano, non verranno riportati nello stato di progetto.

Nella parte circuiti della sezione impianti sono presenti tre campi da definire:

- dati generali,
- sottosistemi
- temperatura media acqua

Anche nello stato di progetto, nella sezione dati generali, il regime di funzionamento adottato è quello "Continuo", in quanto la simulazione energetica svolta è finalizzata alla determinazione della classificazione energetica e quindi per un calcolo in regime standard, il regime di funzionamento da ipotizzare è quello che prevede un mantenimento dei 20°C interni durante tutta la stagione di riscaldamento 24 ore su 24. Naturalmente bisogna fare attenzione che nella realtà, quindi in caso di diagnosi energetica, soprattutto in un impianto a radiatori, come quello soggetto ad analisi, se si lavora con attenuazione o intermittenza, le prestazioni del sistema ibrido saranno leggermente diverse rispetto a quelle simulate per il calcolo delle prestazioni energetiche. Questo succede perché magari facendo lavorare l'impianto per un numero di ore inferiore, richiederemo ai radiatori delle temperature di mandata un po' più alte, ciò vuol dire andare a deteriorare leggermente quelle che sono le prestazioni della nostra pompa di calore oppure potremmo aumentare il carico soddisfatto dalla caldaia. La presenza di un impianto fotovoltaico può comportare una modifica nello stile di utilizzo dell'impianto, magari andando ad usufruire di più dell'apporto di pompa durante il giorno, salendo anche di temperatura oltre i 20°C così da sfruttare al massimo l'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico.

Dopo di ciò si passa alla definizione dei **Sottosistemi**, andando a specificare le seguenti sottosezioni:

- Emissione
- Regolazione
- Distribuzione utenza

Nel paragrafo Emissione si vanno a definire alcuni dati utili per il calcolo del rendimento di emissione. A differenza dello stato di fatto, il tipo di terminale di erogazione sarà sempre a radiatori ma su parete esterne isolata, con una temperatura di mandata di progetto di 55°C, poiché la nostra priorità è data alla pompa di calore. Il nostro rendimento di emissione passa da 91% a 97%.

Emissione	
Altezza media locali	3,00 m
Tipo di terminale di erogazione	Radiatori su parete esterna isolata
Rendimento di emissione $\eta_{H,em}$	97,0 %
Potenza nominale corpi scaldanti	30665 ← 25554 W
Fabbisogni elettrici	0 W <input type="checkbox"/> Unità con il ventilatore sempre in funzione
Temperatura di mandata di progetto 55,0 °C	
Regolazione	
Tipo	Per zona + climatica
Caratteristiche	PI o PID
Rendim. di regolazione $\eta_{H,rg}$	99,5 %

Inoltre, è importante definire bene la “Potenza nominale dei corpi scaldanti”, poiché più potenza avrò a disposizione per il mio impianto più la temperatura media dei corpi scaldanti sarà bassa, di conseguenza sarà più bassa la temperatura di mandata e questo ci permette di far lavorare meglio la pompa di calore. Durante i finora effettuati non sono è stato fatto, purtroppo, un rilievo dei corpi scaldanti, però è stato riferito che gli inquilini non hanno sentito freddo durante le giornate con temperature più rigide, questo vuol dire che la potenza dei corpi scaldanti è certamente, almeno, uguale a quella proposta dal software, ma di solito è ampiamente maggiore rispetto a quello proposta dal software che deriva dalla UNI 12831 per le dispersioni. Questa potenza se riferita a un  $\Delta T=60^{\circ}\text{C}$  dei corpi scaldanti, sarà all’incirca un 50% in più di quello della 12831, ma siccome il nostro impianto non lavorerà a mai a  $\Delta T=60^{\circ}\text{C}$  ma sicuramente a  $\Delta T$  minori è ragionevole aumentare la nostra potenza di un 20%.

Altra cosa fondamentale nella sezione Regolazione è quella di dotare i nostri radiatori di una termoregolazione per zona che farà funzionare meglio il nostro sistema di emissione per evitare dei surriscaldamenti di alcune stanze, utilizzando in aggiunta una sonda climatica esterna, così in questo modo andiamo a minimizzare il più possibile le temperature di mandata nei vari mesi, aiutando la nostra pompa di calore.

Infine, nella sezione Distribuzione utenza, anche qui utilizziamo il metodo semplificato:

Distribuzione utenza	
<input checked="" type="radio"/> Metodo semplificato	
Tipo di impianto	Centralizzato con montanti non isolati correnti nell’intercapedine dei muri esterni
Posizione impianto	Impianto a piano terreno, su ambiente non riscaldato o terreno con distribuzione a collettori
Posizione tubazioni	Tubazioni correnti nel cantinato in vista
Isolamento tubazioni	Secondo DPR 412/93
Nr. piani	3
Fattore di correzione	0,77
Rendimento di distribuzione $\eta_{H,du}$	94,5 %

Il fattore di correzione è posto a 0.77 poiché si è ipotizzato una temperatura di mandata e di ritorno di 55-45°C.

Dopo di ciò si passa alla definizione dell'accumulo sul riscaldamento andando a definire la dispersione termica e dove è posto l'accumulo.

**Accumulo**

Dispersione termica Kboll  W/K

**Installazione**

Ambiente

Fatt. di recupero delle perdite

Temperatura  °C

Valori mensili

Nella parte generazione della sezione impianti sono presenti due campi da definire:

- Centrale termica
- Generatore

Nella prima sezione si descrive la centrale termica, quindi a differenza dello stato di fatto dove era presente un generatore singolo, qui avremo un sistema con generatori multipli:

Priorità	Tipo di generatore	Metodo di calcolo	Sistema ibrido
1	Pompa di calore	secondo UNI/TS 11300-4	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Caldaia a condensazione	Analitico	<input checked="" type="checkbox"/>

Modalità di funzionamento

Ripartizione del carico senza priorità

Inoltre, il programma ci propone due modalità di funzionamento: “Alternato” o “Contemporaneo”. La modalità di funzionamento da utilizzare è contemporaneo perché in questo modo all’interno di un singolo mese entrambi i generatori possono entrambi lavorare per soddisfare il nostro carico energetico. Naturalmente all’interno di questo andamento contemporaneo a livello mensile ci può essere un’alternanza fra i due generatori, per esempio la pompa di calore arriva fino a una certa temperatura esterna minima oppure perché la pdc è troppo piccola e non ce la fa in potenza o perché l’impianto richiede delle temperature di mandata troppo elevate non gestibili dalla pompa di calore.

L’alternato è scarsamente utilizzato poiché è un metodo di calcolo in cui si va a vedere all’interno di un mese se il primo generatore, nel nostro caso la pompa di calore, è in grado di soddisfare l’intero carico energetico. Se per esempio il nostro carico energetico è di 100 kWh e la nostra pompa arriva a 99 kWh, questo metodo prevede che in quel mese non funzionerà mai la pompa di calore e quindi tutto il carico verrà soddisfatto dalla caldaia.

Nella sezione generatore, bisogna andare a definire tre sottosezioni:

- Dati principali
- Prestazioni dichiarate per quanto riguarda la pompa di calore, dati per generatori modulanti per quanto riguarda la caldaia
- Circuito in centrale

Come visto in precedenza nella sezione generatori si sceglie il sistema ibrido dall'archivio di EC700 e nei dati generali in automatico vengono compilati tutti i dati tecnici di input presenti sulla scheda tecnica di entrambi i generatori.

**Caratteristiche**

Marca/Serie/Modello (\*) VIESSMANN Sri/Vitocal 2xx-S/Vitocal 200-S.D13 400 V (\*) = Dati da archivio

Tipo pompa di calore (\*) Elettrica

Modalità di funzionamento (\*) Unità a potenza variabile (modulante)

Temperatura di annullamento del carico (per riscaldamento)  $\theta_{H,off}$  20,0

**Tipo sorgente fredda**

Sorgente (\*) Aria esterna

Temperatura di funzionamento (cut-off) min (\*) -2,0 °C

max (\*) 35,0 °C

**Tipo sorgente calda**

Sorgente Acqua di impianto

Temperatura di funzionamento (cut-off) min (\*) 20,0 °C

max (\*) 60,0 °C

Temperatura sorgente calda (acqua sanitaria)  $\theta_{cW}$  60,0 °C

Per la pompa di calore è fondamentale definire le temperature di funzionamento (cut off) della sorgente fredda e calda. Se il nostro obiettivo sono esclusivamente le prestazioni energetiche è conveniente far lavorare sempre la pompa di calore anche alle temperature più fredde, quindi mettere un intervallo fra  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $35^{\circ}\text{C}$  così da far lavorare sempre la pompa di calore in qualsiasi condizione dell'ambiente esterno. Se invece si vuole fare un ragionamento economico si può impostare un cut off sulla temperatura minima esterna, magari inserendo un intervallo fra  $5^{\circ}\text{C}$  e  $35^{\circ}\text{C}$ , dove sicuramente avremo COP elevati e quindi quando sarà in funzione la pompa di calore avremo sia un risparmio energetico che economico, ma a Torino in inverno capita relativamente spesso di andare sotto i  $5^{\circ}\text{C}$  e quindi così facendo daremmo molto più spazio alla caldaia a condensazione.

Il ragionamento che invece ho condotto è stato quello di cercare di trovare un buon compromesso fra aspetto energetico e aspetto economico, ipotizzando un intervallo di cut off fra  $-2^{\circ}\text{C}$  e  $35^{\circ}\text{C}$ . Questo perché vedendo l'andamento delle temperature invernali degli ultimi anni, come sarà mostrato nella sezione dei "Risultati di energia primaria", raramente si raggiungono temperature che scendono di molto sotto gli  $0^{\circ}\text{C}$ , quindi l'idea è quella di far lavorare l'impianto in maniera ibrida (ovvero entrambi i generatori insieme) in un intervallo di temperature fra  $-2^{\circ}\text{C}$  e  $2^{\circ}\text{C}$  in quanto da scheda tecnica la nostra pompa di calore permette di avere COP elevati anche a queste temperature, quindi il ruolo della caldaia è quello di aiutare la pompa di calore quando si scende sotto lo zero e poi dopo  $-2^{\circ}\text{C}$  la pompa di calore si stacca definitivamente e funzionerà solamente la caldaia a condensazione. Purtroppo, la

UNI 11300-4 non prevede un funzionamento della pompa di calore in preriscaldamento, quindi non è stato possibile modellare sul software questa funzione, ma il modello del sistema ibrido permette di fare una regolazione del genere.

Per quanto riguarda la sorgente calda dobbiamo definire qual è la temperatura massima raggiungibile dalla pompa di calore. Se la pompa di calore provvede pure alla produzione di acqua calda sanitaria le temperature di cut off per riscaldamento e ACS dovranno essere almeno uguali, in questo caso 60°C. Come vedremo nei risultati, avendo un involucro altamente performante, la pompa di calore riesce quasi sempre a soddisfare il carico termico invernale.

Una cosa molto importante per le pompe di calore risiede nel come simularle a livello di dati di input e questo lo si vede dalla sezione “prestazioni dichiarate”, utilizzando un calcolo analitico, che ci permette di definire diversi punti di lavoro della pompa di calore, mostrando il COP e la Potenza utile a diverse coppie di temperature.

**Prestazioni della pompa di calore**

Calcolo semplificato   
 Calcolo analitico

Coefficienti di prestazione (*) COP				Potenza utile Pu [kW]				Potenza assorbita Pass [kW]			
θf [°C]	θc [°C]			θf [°C]	θc [°C]			θf [°C]	θc [°C]		
	35	45	55		35	45	55		35	45	55
-7	3,00	2,47	2,21	-7	10,74	10,49	10,68	-7	3,58	4,25	4,83
2	3,69	3,04	2,72	2	10,64	10,42	10,77	2	2,88	3,43	3,96
7	4,80	3,78	3,38	7	14,20	10,90	10,77	7	2,96	2,88	3,19
12	5,33	4,39	3,93	12	15,90	15,00	14,30	12	2,98	3,42	3,64

Invece nell'immagine sottostante viene mostrato come il COP si modifica al decrescere del carico energetico. Nel nostro caso si può vedere che per un carico al 53% il COP viene corretto con un fattore di 1,07, quindi lavora leggermente meglio.

**Coefficienti correttivi della pompa di calore (\*)**

Calcolo con  fattori di correzione     clima di riferimento (UNI EN 14825)

Potenza di progetto Pdes (a -10°C)  kW

Condizioni di parzializzazione	A	B	C	D
Temperatura di riferimento [°C]	-7	2	7	12
Fattore di carico climatico (PLR) [%]	88	54	35	15
Potenza DC a pieno carico [kW]	10,74	10,64	14,20	15,90
COP a carico parziale	3,01	3,95	4,80	5,40
COP a pieno carico	3,00	3,69	4,80	5,33
Fattore di carico CR [-]	1,00	0,53	0,26	0,10
Fattore correttivo fCOP [-]	1,00	1,07	1,00	1,01

**Condizioni nominali**

Coefficiente di prestazione COP    
 Temperatura sorgente fredda θf  °C  
 Potenza utile Pu    
 Temperatura sorgente calda θc  °C

Infine, passando alla sezione circuito in centrale, si è ipotizzata la configurazione del circuito e di come il generatore è collegato al circuito di distribuzione.

In questo caso abbiamo un generatore a temperatura scorrevole, che manda il fluido alla temperatura utile per soddisfare il carico termico invece di mandare a temperatura, così da evitare sprechi inutili.

Il tipo di circuito in centrale per la generazione è formato da un collegamento con portata indipendente. Selezionando questa opzione si indica che la pompa di calore è collegata ai collettori di distribuzione tramite un compensatore idraulico oppure tramite un anello primario, come visto nello schema unifilare.

La portata nella pompa di calore è indipendente da quella nell'impianto e può essere determinata a partire dalla potenza utile della pompa di calore, che è il metodo utilizzato, oppure, se nota, può essere inserita direttamente dall'utente. La portata del circuito primario è considerata costante.

**Temperature generazione**

Generatore di calore a temperatura scorrevole  
 Generatore di calore a temperatura di mandata fissa

55,0 °C

Tipo di circuito in centrale per la generazione: Collegamento con portata indipendente

Potenza utile generatore  $\Phi_{gn,Pn}$  15,90 kW  
 Portata del generatore  $V_{gen,nom}$  2736,7 kg/h  
 Salto termico nominale in caldaia 5,0 °C

Infine, è stato ipotizzato un salto termico in centrale di 5°C.

Finora, abbiamo visto la pompa di calore, adesso osserviamo la caldaia a condensazione.

Essendo la modellazione simile a quella della caldaia a condensazione dello stato di fatto, si riportano i dati generali per osservare come cambiano le prestazioni e i dati di input, essendo questa caldaia di dimensioni più piccole.

**Caratteristiche**

Marca/serie/modello (\*) VIESSMANN Srl/Vitodens 200-W B2HF/Vitodens 200-W B2HF 32 kW (\*) = Dati da archivio

Potenza nominale al focolare (\*)  $\Phi_{cn}$  29,90 25,55 kW

Perdite camino bruciatore acceso (\*) Valore noto da costruttore o misurato P' ch,on 1,63 %

Perdite camino bruciatore spento (\*) Valore noto da costruttore o misurato P' ch,off 0,10 %

Perdite al mantello (\*) Valore noto da costruttore o misurato P' gn,env 0,18 %

Materiale del generatore Generatore a parete in alluminio  Circolazione permanente di acqua in caldaia

Rendimento utile - 100% (\*)  $\eta_{gn,Pn}$  98,2 % Efficienza energetica stagionale per riscaldamento  $\eta_s$  94,0 %

Rendimento utile - 30% (\*)  $\eta_{gn,Pint}$  109,6 %

Temperatura media dell'acqua 70,0 °C (in condizioni di prova)

$\Delta T$  temperatura di ritorno/fumi  $\Delta\theta_{w,fl}$  60,0 60,0 °C

Tenore di ossigeno dei fumi  $O2_{fl,dry}$  6,00 6,00 %

Dati Aggiuntivi

Nella sezione generatori modulanti definiamo dalla scheda tecnica altri dati di input:

**Generatore modulante (dati a potenza minima)**

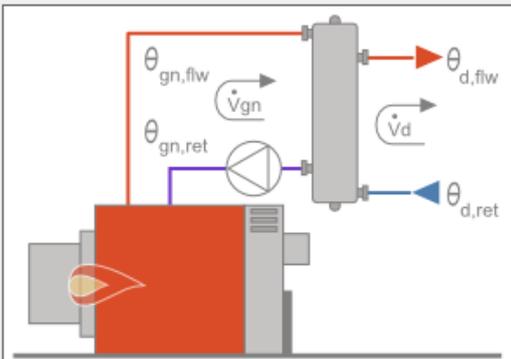
Potenza minima al focolare (*)	$\Phi_{cn,min}$	<input type="text" value="1,80"/>	<input type="text" value="8,97"/>	kW
Potenza elettrica bruciatore	$W_{br,min}$	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="25"/>	W
Perdite al camino a bruciatore acceso	$P^{ch,on,min}$	<input type="text" value="5,00"/>		%
$\Delta T$ temperatura di ritorno/fumi a potenza minima	$\theta_{w,fl,min}$	<input type="text" value="20,0"/>	<input type="text" value="5,00"/>	°C
Tenore di ossigeno nei fumi secchi a potenza minima	$O2_{fl,dry,min}$	<input type="text" value="6,00"/>	<input type="text" value="6,00"/>	% <input checked="" type="checkbox"/> Modulazione di aria e gas
Temperatura di ritorno dell'acqua in condizioni di prova		<input type="text" value="50,0"/>	<input type="text" value="50,0"/>	°C

La novità si trova nel circuito in centrale, dove anche qui abbiamo un collegamento con portata indipendente, a differenza dello stato di fatto.

**Temperature generazione**

Generatore di calore a temperatura scorrevole  
 Generatore di calore a temperatura di mandata fissa  °C

Tipo di circuito in centrale per la generazione



Potenza utile generatore  $\Phi_{gn,Pn}$   kW

Portata del generatore  $V_{gen,nom}$   kg/h

Salto termico nominale in caldaia  °C

### 6.2.5 *Acqua calda sanitaria*

In questa sezione si modella la parte dell'impianto riguardante l'acqua calda sanitaria, andando a definire le seguenti sezioni:

- Dati per zona
- Accumulo centralizzato
- Temperature acqua sanitaria

I dati per zona sono gli stessi dello stato di fatto, poiché il fabbisogno giornaliero rimane lo stesso.

Cambiano le parti di accumulo e temperatura di mandata di acqua calda sanitaria. La dispersione termica dell'accumulo sarà minore e la temperatura media al suo interno sarà di 60°C.

Accumulo centralizzato			
Dispersione termica	Kboll	2,614	W/K
		Temp. media dell'accumulo	60,0 °C
<b>Installazione</b>			
Ambiente	Centrale termica	Temperatura	0,00 °C
Fattore di recupero delle perdite	0,70	Valori mensili	<input checked="" type="checkbox"/> 12

Invece la temperatura di mandata dell'acs sarà di 55°C con un  $\Delta T$  di 20°C, e avremo una portata di progetto minore.

Temperature acqua sanitaria			
Potenza scambiatore	12,16	12,16	kW
$\Delta t$ di progetto	20,0		°C
Portata di progetto	523,24		kg/h
		Temperatura di mandata	55,0 °C
		Temperatura di ritorno	35,0 °C
		Temperatura media	45,0 °C

### 6.2.6 *Impianto Fotovoltaico*

Il Decreto 3 Marzo 2011 n°28, prevede “l’obbligo di integrazione delle fonti energetiche rinnovabili sia negli edifici di nuova costruzione che in quelli sottoposti a ristrutturazioni “rilevanti””.

Gli impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, tra i quali gli impianti solari fotovoltaici, devono coprire una potenza elettrica determinata in base alla seguente formula:

Potenza minima da installare =  $(1/k) * S$ , dove:

- la “Potenza minima da installare” è espressa in kilowatt (kW)
- S è la superficie dell'edificio (a livello del suolo) espressa in metri quadrati
- k è un valore definito in relazione alla data di presentazione del titolo edilizio in Comune.

Il coefficiente k assume i seguenti valori:

- k = 80 quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- k = 65 quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- k = 50 quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2017;

La quota deve essere incrementata del 10% nel caso di edifici pubblici. Sarà quindi realizzato, in copertura, un impianto fotovoltaico della potenza di 16,8 kWp, capace di soddisfare i requisiti minimi richiesti.

L'impianto fotovoltaico sarà costituito da due campi fotovoltaici, uno sulla falda est con 24 pannelli fotovoltaici del tipo in silicio monocristallino ad alte prestazioni della potenza di 400 Wp ciascuno e l'altro sulla falda ovest con 18 pannelli fotovoltaici del tipo in silicio monocristallino ad alte prestazioni della potenza di 400 Wp ciascuno e corredato da n° 2 inverter trifase.

Gli impianti in oggetto sono dedicati alla produzione di energia elettrica per autoconsumo ed eventualmente cessione dell'eventuale energia in esubero al GSE, mediante i meccanismi del Ritiro Dedicato.

L'impianto è realizzato sulla copertura del fabbricato.

### **Sito di installazione**

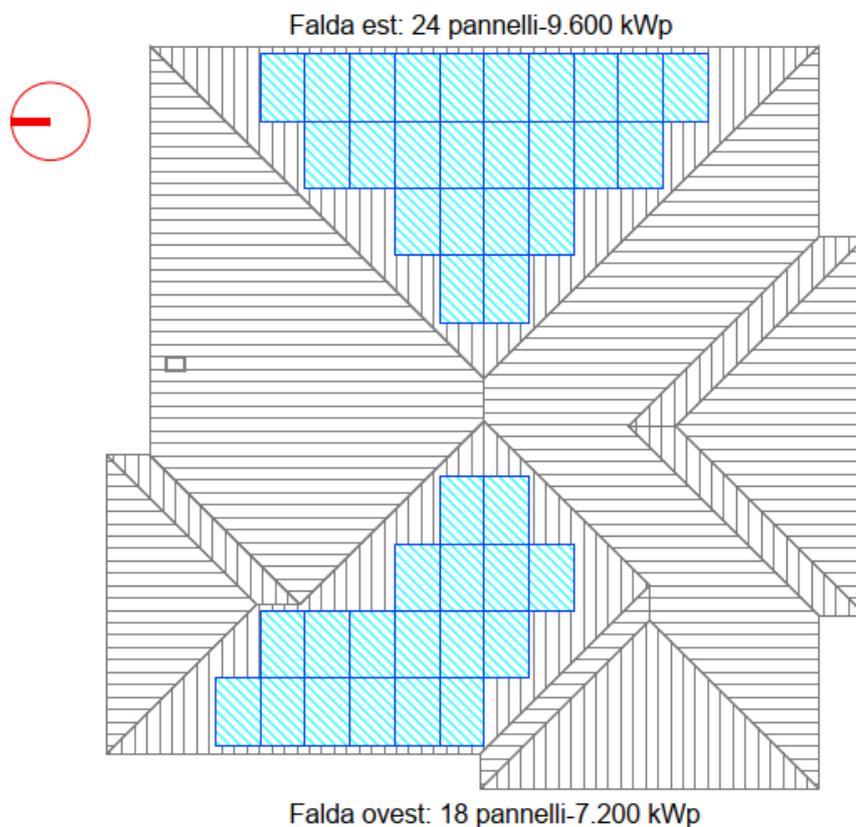
Di seguito vengono riassunte le caratteristiche principali dell'impianto elettrico in oggetto:

<b>DATI RELATIVI ALLA LOCALITÀ DI INSTALLAZIONE</b>	
Località:	Carmagnola (TO)
Latitudine:	44°84'30" Nord,
Longitudine:	7°70'10" Est
Altitudine:	242 m
Database di radiazione solare:	PVGIS-SARAH

### **Descrizione dell'impianto**

L'impianto fotovoltaico è costituito da n°2 generatori fotovoltaici composti da n°24 moduli fotovoltaici esposti ad est e da n°18 moduli fotovoltaici esposti ad ovest, con n° 2 inverter trifase. La potenza di picco è di 16.8 kWp per una produzione stimata che sarà la somma della produzione dei campi fotovoltaici, ovvero 17651 kWh annui. La presente disposizione proposta è dovuta al fatto che inseguito a sopralluogo per controllare la copertura, come già si immaginava guardando i prospetti, il posizionamento a sud è infattibile. Questo è dovuto al fatto che sulla falda a sud è

presente un'estrusione triangolare che rende l'applicazione dei pannelli fotovoltaici difficoltosa per l'impresa installatrice.



## Produzione stimata

Campo fotovoltaico sulla falda Est:

Luogo [Lat/Lon]:	44.843, 7.701
Orizzonte:	Calcolato
Database solare:	PVGIS-SARAH
Tecnologia FV:	Silicio cristallino
FV installato [kWp]:	9.6
Perdite di sistema [%]:	14
Output del calcolo:	
Angolo inclinazione [°]:	22
Angolo orientamento [°]:	-100
Produzione annuale FV [kWh]:	9721.18
Irraggiamento annuale [kWh/m2]:	1369.01
Variazione interannuale [kWh]:	330.62
Variazione di produzione a causa di:	
Angolo d'incidenza [%]:	-4.05
Effetti spettrali [%]:	0.83
Temperatura e irradianza bassa [%]:	-11,09
Perdite totali [%]:	-26.03

### Energia prodotta dal sistema FV fisso:



### PRODUZIONE STIMATA ATTESA:

Mese	Ed	Em	Hd	Hm
1	10.71	331.88	1.46	45.21
2	16.27	455.63	2.17	60.69
3	26.08	808.56	3.49	108.28
4	33.67	1010.09	4.62	138.71
5	39.48	1223.84	5.56	172.49
6	43.43	1303.0	6.28	188.41
7	44.45	1377.85	6.51	201.74
8	38.24	1185.47	5.54	171.82
9	28.76	862.85	4.05	121.44
10	18.2	564.23	2.48	76.94
11	10.96	328.79	1.52	45.49
12	8.68	268.99	1.22	37.8
Anno	26.63	810.1	3.75	114.08
<i>Ed: Produzione elettrica media giornaliera dal sistema indicata (kWh)</i>				
<i>Em: Produzione elettrica media mensile dal sistema indicata (kWh)</i>				
<i>Hd: Media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m2)</i>				
<i>Hm: Media dell'irraggiamento al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m2)</i>				
<i>Dati PVGIS Comunità europea</i>				

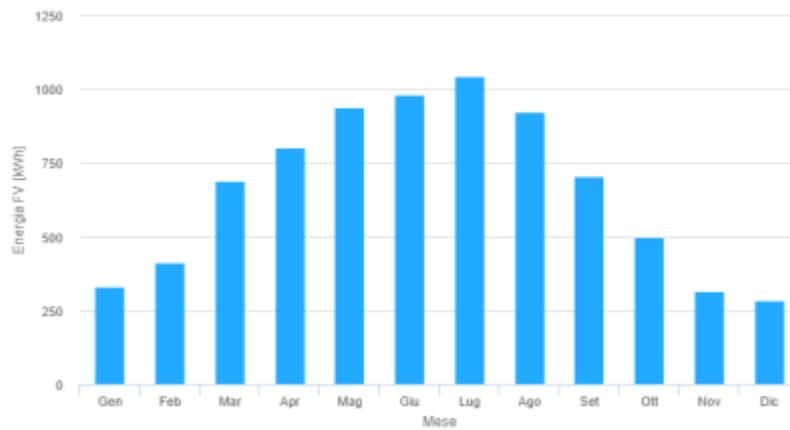
### Irraggiamento mensile sul piano fisso:



### Campo fotovoltaico sulla falda Ovest:

Luogo [Lat/Lon]:	44.843, 7.701
Orizzonte:	Calcolato
Database solare:	PVGIS-SARAH
Tecnologia FV:	Silicio cristallino
FV installato [kWp]:	7.2
Perdite di sistema [%]:	14
Output del calcolo:	
Angolo inclinazione [°]:	22
Angolo orientamento [°]:	80
Produzione annuale FV [kWh]:	7916.32
Irraggiamento annuale [kWh/m2]:	1485.68
Variazione interannuale [kWh]:	297.75
Variazione di produzione a causa di:	
Angolo d'incidenza [%]:	-3.57
Effetti spettrali [%]:	0.89
Temperatura e irradianza bassa [%]:	-11.54
Perdite totali [%]:	-25.99

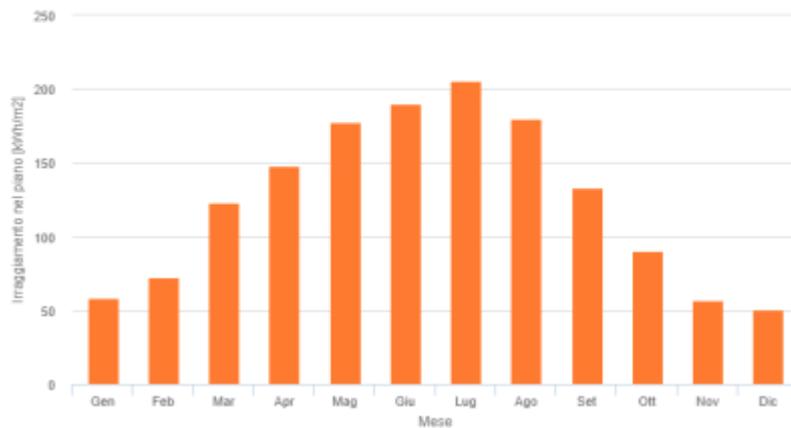
### Energia prodotta dal sistema FV fisso:



### PRODUZIONE STIMATA ATTESA:

Mese	Ed	Em	Hd	Hm
1	10.67	330.68	1.88	58.31
2	14.74	412.72	2.59	72.61
3	22.17	687.4	3.98	123.26
4	26.72	801.73	4.93	148.03
5	30.24	937.32	5.72	177.31
6	32.66	979.66	6.34	190.2
7	33.66	1043.41	6.63	205.48
8	29.71	921.13	5.8	179.79
9	23.53	705.79	4.44	133.33
10	16.12	499.59	2.91	90.36
11	10.48	314.38	1.88	56.47
12	9.11	282.51	1.63	50.54
Anno	21.69	659.69	4.07	123.81
<i>Ed: Produzione elettrica media giornaliera dal sistema indicata (kWh)</i>				
<i>Em: Produzione elettrica media mensile dal sistema indicata (kWh)</i>				
<i>Hd: Media dell'irraggiamento giornaliero al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m2)</i>				
<i>Hm: Media dell'irraggiamento al metro quadro ricevuto dai pannelli del sistema (kWh/m2)</i>				
<i>Dati PVGIS Comunità europea</i>				

### Irraggiamento mensile sul piano fisso:



### Esposizione

L'impianto fotovoltaico è composto da 2 generatore distribuito su 2 esposizione come di seguito definite:

Descrizione	Tipo realizzazione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombr.
<b>Copertura</b>	<b>Montaggio su tetto</b>	<b>Inclinazion e fissa</b>	<b>-100°</b>	<b>22°</b>	<b>0 %</b>
Descrizione	Tipo realizzazione	Tipo installazione	Orient.	Inclin.	Ombr.
<b>Copertura</b>	<b>Montaggio su tetto</b>	<b>Inclinazion e fissa</b>	<b>80°</b>	<b>22°</b>	<b>0 %</b>

### Strutture di sostegno

I moduli sono montati sopra supporti zavorrati aderenti al piano di copertura con un'inclinazione di 22° e 24 moduli avranno un'esposizione ad est e 18 avranno un'esposizione ad ovest. Gli ancoraggi della struttura devono resistere a raffiche di vento fino alla velocità di 120 km/h.

## Generatore

<b>CARATTERISTICHE GENERALE DEL GENERATORE FOTOVOLTAICO</b>	
Tipo di realizzazione:	Su tetto di edificio residenziale
Numero di moduli:	42
Numero inverter:	2
Potenza nominale:	16.8 kW
Potenza di picco:	16.8 kWp
<b>DATI COSTRUTTIVI DEI MODULI</b>	
Costruttore:	VISSMANN
Serie / Sigla:	VITOVOLT 300 - M400 WE
Tecnologia costruttiva:	Silicio monocristallino
Potenza massima:	400 W
Rendimento:	20,4 %
Tensione nominale:	37.9 V
Tensione a vuoto:	46.4 V
Corrente nominale:	10,55 A
Corrente di corto circuito:	10,7 A
Dimensioni:	1719 mm x 1140 mm x 35 mm
Peso:	22 kg

I valori di tensione alle varie temperature di funzionamento (minima, massima e d'esercizio) rientrano nel range di accettabilità ammesso dall'inverter.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici è messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

## Gruppo di conversione (inverter)

Il gruppo di conversione è composto da n°2 convertitori statici (Inverter). Il convertitore c.c./c.a. utilizzato è idoneo al trasferimento della potenza dal campo fotovoltaico al quadro elettrico generale e perfino alla rete del distributore, in conformità ai requisiti normativi tecnici e di sicurezza applicabili. I valori della tensione e della corrente di ingresso di questa apparecchiatura sono compatibili con quelli del rispettivo campo fotovoltaico, mentre i valori della tensione e della frequenza in uscita sono compatibili con quelli della rete alla quale viene connesso l'impianto.

<b>INVERTER 1 FALDA EST</b>	
Costruttore:	VISSMANN
Serie / Sigla:	HYBRID INVERTER 8.0A-3
Inseguitori:	2
Potenza nominale:	8 kW
Potenza massima:	8800 VA
Tensione nominale d'ingresso:	620 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	200 V
Tensione massima per inseguitore:	850 V
Tensione nominale di uscita:	380-400 VA
Corrente nominale:	12.5A
Corrente massima:	15.2 A
Rendimento:	97.5
<b>INVERTER 2 FALDA OVEST</b>	
Costruttore:	VISSMANN
Serie / Sigla:	HYBRID INVERTER 6.5 A-3
Inseguitori:	2
Potenza nominale:	6.5 kW
Potenza massima:	7150 VA
Tensione nominale d'ingresso:	620 V
Tensione massima:	1000 V
Tensione minima per inseguitore:	200 V
Tensione massima per inseguitore:	850 V
Tensione nominale di uscita:	380-400 VA
Corrente nominale:	12.5A
Corrente massima:	15.2 A
Rendimento:	97.2

<b>Inverter 1</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	12	12
Stringhe in parallelo:	1	1
Tensione di MPP (STC):	454.8V	454.8V
Numero di moduli:	24	

<b>Inverter 2</b>	<b>MPPT 1</b>	<b>MPPT 2</b>
Moduli in serie:	9	9
Stringhe in parallelo:	1	1
Tensione di MPP (STC):	341.1 V	341.1 V
Numero di moduli:	18	

### **Gruppo di Accumulo**

<b>ACCUMULO 1 FALDA EST</b>	
Costruttore:	VIESSMAN POWERCUBE – X14
Serie / Sigla:	X14
N° di moduli:	6
Energia Utilizzabile:	14.4 kWh
Corrente massima di uscita:	100 A
Tensione nominale:	48 V
Tensione di operazione (range):	45-54 V
Dimensioni:	600x1575x600 mm
Peso:	75 kg

<b>ACCUMULO 2 FALDA OVEST</b>	
Costruttore:	VIESSMAN POWERCUBE – X12
Serie / Sigla:	X12
N° di moduli:	5
Energia Utilizzabile:	12 kWh
Corrente massima di uscita:	100 A
Tensione nominale:	48 V
Tensione di operazione (range):	45-54 V
Dimensioni:	600x1575x600 mm
Peso:	75 kg

## Cavi elettrici e cablaggio

Il cablaggio elettrico avviene per mezzo di cavi con conduttori isolati in rame con le seguenti prescrizioni:

- Sezione delle anime in rame calcolate secondo norme CEI-UNEL/IEC
- Tipo H1Z2Z2-K per i cavi lato corrente continua
- Tipo FG16(o)M16 – FG16M16 – FG17 per i cavi lato corrente alternata

Inoltre i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL. Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

- ❑ Conduttori di protezione: giallo-verde (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di neutro: blu chiaro (obbligatorio)
- ❑ Conduttore di fase: grigio / marrone
- ❑ Conduttore per circuiti in C.C.: chiaramente siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-".

Cablaggio: Cavi solari/ Quadro DC

DESCRIZIONE	VALORE
Lunghezza complessiva:	<150 m
Lunghezza di dimensionamento:	<150 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	40°
Posa:	CEI 13 - cavi unipolari con guaina su passerelle forate
Tipo cavo:	Unipolare con guaina
Materiale:	Rame
Designazione:	H1Z2Z2-K
Formazione:	2x(1x6)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	454.8 V / 341.1 V
Corrente d'impiego:	10.55 A
Corrente di c.c. moduli	10.7 A

## Cablaggio: Inverter- Quadro AC

DESCRIZIONE	VALORE
Lunghezza complessiva:	<150 m
Lunghezza di dimensionamento:	<150 m
Circuiti in prossimità:	1
Temperatura ambiente:	40°
Posa:	CEI 13 - cavi unipolari con guaina su passerelle forate
Tipo cavo:	Unipolare con guaina
Materiale:	Rame
Designazione:	FG16(o)M16
Formazione:	2x(1x10)
N° conduttori positivo/fase:	1
Sez. positivo/fase:	6 mm <sup>2</sup>
N° conduttori negativo/neutro:	1
Sez. negativo/neutro:	6 mm <sup>2</sup>
Tensione nominale:	380/400 V
Corrente d'impiego:	13.5 A

### Messa a terra e separazione galvanica

Deve essere prevista la separazione galvanica tra la parte in corrente continua dell'impianto e la rete.

Il campo fotovoltaico è gestito come sistema IT, ovvero con nessun polo connesso a terra. Le stringhe sono costituite dalla serie di singoli moduli fotovoltaici e singolarmente sezionabili, provviste di diodo di blocco e di protezioni contro le sovratensioni.

La struttura di sostegno va regolarmente collegata all'impianto di terra previsto con cavo di sezione minima 16 mm<sup>2</sup> e in modo da rendere equipotenziale tutta la struttura, anche se formata da differenti parti.

### 6.3 Risultati fabbricato

Questa parte insieme alla successiva, come detto in precedenza, sono le parti più importanti dell'analisi dove si producono i risultati in merito alle dispersioni generali e al consumo annuo di energia dell'edificio. Anche in questo caso abbiamo effettuato il calcolo per l'intero edificio e con la presenza di vicini.

Quindi dalla modellazione fatta in precedenza, si analizzano i seguenti risultati in merito a:

- Potenza invernale
- Energia invernale
- Trasmittanze medie

Per quanto riguarda la "Potenza Invernale" si attenzionano le dispersioni per locale, per componente e in base all'orientamento.

Nella scheda "Dispersioni per locale" viene visualizzato l'elenco dei locali relativi all'intero edificio dando in output la dispersione totale del locale, e poi in basso di tutto l'edificio:

Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza										
Locale	Zona	Descrizione	$\theta_i$ [°C]	V [m³]	S [m²]	$\Phi_{tr}$ [W]	$\Phi_{ve}$ [W]	$\Phi_{rh}$ [W]	$\Phi_{hl}$ [W]	$\Phi_{hl}(+10\%)$ [W]
1	1	Sub 12	20,0	215,4	71,79	1654	1005	0	2659	2925
1	2	Sub 10	20,0	229,5	76,50	1615	1162	0	2777	3054
1	3	Sub 11	20,0	226,7	75,55	1419	1147	0	2566	2823
1	4	Sub 15	20,0	214,3	71,44	1254	1085	0	2339	2573
1	5	Sub 119	20,0	173,6	57,86	1031	810	0	1841	2025
1	6	Sub 120	20,0	282,9	94,29	1188	1320	0	2508	2759
1	7	Sub 18	20,0	215,4	71,79	1801	1090	0	2891	3180
1	8	Sub 16	20,0	229,5	76,50	1770	1162	0	2932	3226
1	9	Sub 17	20,0	226,7	75,55	1570	1147	0	2718	2989

Risultati					
Dettaglio dispersioni			Totali		
Potenza dispersa per trasmissione	$\Phi_{tr}$	13302 W	Volume totale	V	2013,8 m³
Potenza dispersa per ventilazione	$\Phi_{ve}$	9929 W	Potenza totale	$\Phi_{hl}$	23231 W
Potenza dispersa per intermittenza	$\Phi_{rh}$	0 W	Potenza totale, con fattore di sicurezza	$\Phi_{hl\ sic}$	25554 W

Come si può vedere dopo l'intervento di coibentazione delle pareti verticali e orizzontali di sottotetto e cantina/box auto, la nostra potenza termica dispersa totale è diminuita del 52,4%, quindi più della metà. Questo è un risultato importantissimo poiché ci ha permesso di dimensionare adeguatamente, senza troppi sprechi, il sistema di riscaldamento visto in precedenza.

Dopo di ciò si passa alla scheda "Dispersioni per componente" vengono visualizzati i tre elenchi relativi alle strutture opache, ai componenti finestrati e ai ponti termici.

⌵ Dispersioni delle strutture opache							
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	θ <sub>e</sub> [°C]	Sup. Tot [m²]	ΦT [W]	%
M1	T	Parete esterna	0,190	-8,0	693,56	4112	30,9
M3	U	Parete interna verso vano scala	1,408	8,8	161,53	2548	19,2
M5	U	Porta ingresso alloggio	1,961	0,0	15,12	593	4,5
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	0,206	3,2	264,08	915	6,9
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	0,186	-5,2	264,08	1237	9,3
Totali					1398,37	9404	70,7

Naturalmente avendo coibento l'involucro opaco dell'edificio con sistema a cappotto la superficie lorda dell'edificio è aumentata, ma il risultato da notare è nuovamente la potenza termica dispersa, poiché si scende ad un valore di 9404 W, con un decremento del 69,7%.

⌵ Dispersioni dei componenti finestrati							
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	θ <sub>e</sub> [°C]	Sup. Tot [m²]	ΦT [W]	%
W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	-8,0	12,60	369	2,8
W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	-8,0	43,20	1221	9,2
W3	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	-8,0	17,28	517	3,9
W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 ...	0,820	-8,0	10,08	266	2,0
W5	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	-8,0	5,04	134	1,0
W7	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 ...	0,820	-8,0	4,89	124	0,9
Totali					93,09	2630	19,8

Discorso analogo per i componenti finestrati, dove la superficie tot rimane identica, ma si ha una diminuzione percentuale della potenza termica dispersa del 57,8%.

⌵ Dispersioni dei ponti termici							
Cod.	Tipo	Descrizione	Ψ [W/mK]	Lungh. Tot [m]	ΦT [W]	%	
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	0,024	164,25	82	0,6	
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,006	303,84	45	0,3	
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,280	83,01	706	5,3	
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,039	162,00	-195	-1,5	
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,012	60,00	23	0,2	
Z6	-	R - Parete - Copertura	0,038	191,92	190	1,4	
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,056	245,26	416	3,1	
Totali					1210,28	1267	9,5

Idem per le dispersioni dovute ai ponti termici, con una diminuzione del 18,7%.

Infine, si passa alle "Dispersioni per componenti" vengono visualizzate le dispersioni dell'intero edificio ordinate per orientamento, evidenziando per ciascun orientamento i seguenti parametri:

- U/Ψ: Trasmittanza termica dell'elemento disperdente o trasmittanza termica lineica del ponte termico,

- Sup.Tot/Lungh: Superficie totale dell'elemento disperdente o lunghezza totale del ponte termico,
- $\Phi T$ : Potenza dispersa per trasmissione dall'elemento,
- % Rapporto percentuale tra il  $\Phi T$  dell'elemento e il  $\Phi T$  totale dell'edificio.

Si parte col prospetto Nord:

Dispersioni delle strutture termiche							
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K] / $\Psi$ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> / Lungh. [m]	$\Phi T$ [W]	%	
M1	T	Parete esterna	0,190	199,31	1271	9,6	
W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	6,30	201	1,5	
W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 ...	0,820	3,36	93	0,7	
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	0,024	19,48	16	0,1	
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,006	77,92	15	0,1	
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,039	36,00	-47	-0,4	
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,012	18,00	7	0,1	
Z6	-	R - Parete - Copertura	0,038	19,48	25	0,2	
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,056	30,60	57	0,4	
Totali					1637	12,3	

Avendo un decremento percentuale di dispersione termica per trasmissione del 78,7%.

Sud:

Dispersioni delle strutture termiche							
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K] / $\Psi$ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> / Lungh. [m]	$\Phi T$ [W]	%	
M1	T	Parete esterna	0,190	176,12	936	7,0	
W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	6,30	168	1,3	
W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	21,60	575	4,3	
W5	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	5,04	134	1,0	
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	0,024	10,56	7	0,1	
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,006	60,10	9	0,1	
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,280	26,79	210	1,6	
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,039	45,00	-49	-0,4	
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,012	27,00	9	0,1	
Z6	-	R - Parete - Copertura	0,038	19,49	21	0,2	
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,056	79,80	124	0,9	
Totali					2144	16,1	

Avendo un decremento percentuale di dispersione termica per trasmissione del 70,5%.

Est:

Dispersioni delle strutture termiche						
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K] / Ψ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> ] / Lungh. [m]	ΦT [W]	%
M1	T	Parete esterna	0,190	168,65	1031	7,7
W2	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	10,80	330	2,5
W3	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	8,64	264	2,0
W4	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.82 ...	0,820	3,36	89	0,7
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	0,024	8,52	7	0,1
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,006	52,72	9	0,1
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,280	27,96	252	1,9
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,039	36,00	-45	-0,3
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,012	15,00	6	0,0
Z6	-	R - Parete - Copertura	0,038	17,84	22	0,2
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,056	58,20	104	0,8
Totali					2069	15,6

Avendo un decremento percentuale di dispersione termica per trasmissione del 72,1%.

Ovest:

Dispersioni delle strutture termiche						
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m <sup>2</sup> K] / Ψ [W/mK]	Sup.Tot. [m <sup>2</sup> ] / Lungh. [m]	ΦT [W]	%
M1	T	Parete esterna	0,190	149,48	874	6,6
W2	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	10,80	316	2,4
W3	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.95 ...	0,950	8,64	253	1,9
W4	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.82 ...	0,820	3,36	85	0,6
W7	T	Telaio in PVC temoisolante_ Uw 0.82 ...	0,820	4,89	124	0,9
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	0,024	7,09	5	0,0
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,006	47,20	8	0,1
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,280	28,26	244	1,8
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,039	45,00	-54	-0,4
Z6	-	R - Parete - Copertura	0,038	16,51	19	0,1
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,056	76,66	131	1,0
Totali					2005	15,1

Avendo un decremento percentuale di dispersione termica per trasmissione del 78,7%.

Di seguito si passa all'analisi "dell'Energia Invernale" e si attenzionano le schede: sommario, dettagli, scambi termici per componente, riassunto zone.

Anche qui bisogna stabilire se effettuare il calcolo per singole zone oppure per l'intero edificio, nel nostro caso il calcolo è effettuato anche stavolta su tutto l'edificio, si ha anche in questo caso la presenza dei vicini, essendo residenziale con

occupazione continuativa e infine l'ultima opzione diversa dalla precedente riguarda la stagione di calcolo che in questo caso viene assunta convenzionale e non reale oppure personalizzata, perché queste due opzione sono disponibili solo in caso di diagnosi energetica.

Nella scheda “Sommario” viene visualizzata una tabella con i risultati mensili del calcolo dell'energia utile invernale relativi all'intero edificio, evidenziando per ciascun mese i seguenti parametri:

- $Q_{h,tr}$  Energia dispersa per trasmissione e per extraflusso verso la volta celeste, al netto degli apporti solari attraverso le strutture opache;
- $Q_{h,ve}$  Energia dispersa per ventilazione;
- $Q_{h,ht}$  Totale energia dispersa ( $= Q_{h,tr} + Q_{h,ve}$ );
- $Q_{sol,w}$  Apporti solari attraverso i componenti trasparenti;
- $Q_{int}$  Apporti interni;
- $Q_{gn}$  Totale apporti gratuiti ( $= Q_{sol,w} + Q_{int}$ );
- $Q_{h,nd}$  Energia utile richiesta per il riscaldamento invernale.

Nella sezione “Risultati stagionali (riscaldamento invernale)”, vengono visualizzate le dispersioni e gli apporti complessivi, ottenuti come somma di tutti i mesi della stagione di riscaldamento considerata e il bilancio energetico.

Dispersioni, apporti ed energia utile			Dispersioni				Apporti			
Mese	Giorni	$\theta_{e,m}$ [°C]	$Q_{h,tr}$ [kWh]	$Q_{h,r}$ [kWh]	$Q_{h,ve}$ [kWh]	$Q_{h,ht}$ [kWh]	$Q_{sol,w}$ [kWh]	$Q_{int}$ [kWh]	$Q_{gn}$ [kWh]	$Q_{h,nd}$ [kWh]
ottobre	17	10,9	1501	84	749	2335	586	1456	2042	369
novembre	30	6,8	4050	150	1914	6113	529	2570	3099	3014
dicembre	31	2,6	5576	180	2607	8363	437	2656	3092	5271
gennaio	31	1,2	6014	196	2817	9026	532	2656	3188	5838
febbraio	28	3,1	4796	183	2287	7266	848	2399	3246	4020
marzo	31	8,3	3513	193	1753	5459	1397	2656	4052	1439
aprile	15	11,1	1232	110	646	1988	760	1285	2045	150

Risultati stagionali (riscaldamento invernale)											
Dispersioni			Apporti			Bilancio energetico					
Dispersioni per trasmissione	$Q_{h,tr}$	26682 kWh	Apporti solari	$Q_{sol,w}$	5089 kWh	Energia utile	$Q_{h,nd}$	20101 kWh			
Dispersioni per extraflusso	$Q_r$	1095 kWh	Apporti interni	$Q_{int}$	15676 kWh	Consumo specifico			29,94 kWh / m <sup>2</sup>		
Dispersioni per ventilazione	$Q_{h,ve}$	12773 kWh	Apporti aggiuntivi	$Q_i$	0 kWh	Consumo specifico			7,09 kWh / m <sup>3</sup>		
Dispersioni totali	$Q_{h,ht}$	40550 kWh	Apporti totali	$Q_{gn}$	20765 kWh	Stagione di riscaldamento					
						dal	15 ottobre	al	15 aprile	giorni	183

Nella parte dei risultati stagionali si ha un riassunto su tutto l'edificio per tutta la stagione di riscaldamento. Rispetto allo stato di fatto si hanno delle forti diminuzioni sui kWh dispersi, in particolare dal bilancio energetico si evince che il mio impianto deve provvedere a soddisfare 20101 kWh di fabbisogno nella stagione di riscaldamento.

Nella scheda “Dettagli” vengono visualizzate le tabelle relative al dettaglio dell'energia dispersa e degli apporti termici gratuiti.

Nella prima tabella, “Scambio di energia termica totale” per trasmissione, vengono messi in evidenza i seguenti parametri:

- $\theta_{e,m}$  Temperatura esterna media mensile del mese o della frazione di mese considerata;
- $Q_{h,trT}$  Energia dispersa per trasmissione da locale climatizzato verso esterno;
- $Q_{h,trU}$  Energia dispersa per trasmissione da locale climatizzato verso locali non climatizzati;
- $Q_{h,trN}$  Energia dispersa per trasmissione da locale climatizzato verso locali vicini, ma nel nostro caso è zero perché non viene considerato questo tipo di scambio.
- $Q_{h,rT}$  Energia dispersa per extraflusso attraverso i componenti di tipo T;
- $Q_{sol,k,c}$  Apporti solari diretti attraverso le strutture opache;
- $Q_{h,ve}$  Energia dispersa per ventilazione;
- $Q_{h,ht}$  Totale energia dispersa.

Nella seconda tabella, “Apporti termici (solari + interni)”, vengono messi in evidenza i seguenti parametri:

- $\theta_{e,m}$  Temperatura esterna media mensile del mese o della frazione di mese considerata;
- $Q_{sol,k,w}$  Apporti solari diretti attraverso gli elementi finestrati;
- $Q_{int,k}$  Apporti interni
- $Q_{gn}$  Totale apporti gratuiti

Scambio di energia termica totale			Trasmissione						
Mese	Giorni	$\theta_{e,m}$ [°C]	$Q_{h,trT}$ [kWh]	$Q_{h,trU}$ [kWh]	$Q_{h,trN}$ [kWh]	$Q_{h,rT}$ [kWh]	$Q_{sol,k,c}$ [kWh]	$Q_{h,ve}$ [kWh]	$Q_{h,ht}$ [kWh]
ottobre	17	10,9	907	724	0	84	129	749	2335
novembre	30	6,8	2317	1849	0	150	116	1914	6113
dicembre	31	2,6	3155	2519	0	180	98	2607	8363
gennaio	31	1,2	3409	2721	0	196	117	2817	9026
febbraio	28	3,1	2768	2209	0	183	181	2287	7266
marzo	31	8,3	2122	1693	0	193	303	1753	5459
aprile	15	11,1	782	624	0	110	174	646	1988
<b>Totale</b>	<b>183</b>		<b>15460</b>	<b>12340</b>	<b>0</b>	<b>1095</b>	<b>1117</b>	<b>12773</b>	<b>40550</b>

Apporti totali di energia termica					
Mese	Giorni	$\theta_{e,m}$ [°C]	$Q_{sol,k,w}$ [kWh]	$Q_{int,k}$ [kWh]	$Q_{gn}$ [kWh]
ottobre	17	10,9	586	1456	2042
novembre	30	6,8	529	2570	3099
dicembre	31	2,6	437	2656	3092
gennaio	31	1,2	532	2656	3188
febbraio	28	3,1	848	2399	3246
marzo	31	8,3	1397	2656	4052
aprile	15	11,1	760	1285	2045
<b>Totale</b>	<b>183</b>		<b>5089</b>	<b>15676</b>	<b>20765</b>

Come visto in precedenza, sia nello stato di fatto che nella sezione della potenza invernale, nella scheda “Scambi termici per componente” vengono visualizzate le dispersioni ordinate per componente suddivise in tre diverse famiglie: opaco, trasparente e ponti termici; così da fare un’analisi più dettagliata dei kWh dispersi e in particolare quanti ne possiamo attribuire alle strutture opache, trasparenti e ai ponti termici.

Dispersioni delle strutture opache										
				Perdite trasmissione			Perdite extraflusso		Apporti solari	
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	Sup. Tot [m²]	Qh.tr [kWh]	%	Qh.r [kWh]	%	Qsol,k [kWh]	%
M1	T	Parete esterna	0,189	693,56	8300	29,9	732	66,8	1117	18,0
M3	U	Parete interna verso vano scala	1,408	161,53	5772	20,8	-	-	-	-
M5	U	Porta ingresso alloggio	1,961	15,12	1343	4,8	-	-	-	-
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	0,206	264,08	2073	7,5	-	-	-	-
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	0,186	264,08	2801	10,1	-	-	-	-
Totali				1398,37	20290	73,0	732	66,8	1117	18,0

Dispersioni dei componenti finestrati										
				Perdite trasmissione			Perdite extraflusso		Apporti solari	
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	Sup. Tot [m²]	Qh.tr [kWh]	%	Qh.r [kWh]	%	Qsol,k [kWh]	%
W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,837	12,60	669	2,4	48	4,4	627	10,1
W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,837	43,20	2294	8,3	164	15,0	2433	39,2
W3	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,837	17,28	917	3,3	83	7,6	1042	16,8
W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 ...	0,734	10,08	469	1,7	44	4,0	584	9,4
W5	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.95 ...	0,837	5,04	268	1,0	18	1,7	331	5,3
W7	T	Telaio in PVC termoisolante_ Uw 0.82 ...	0,734	4,89	228	0,8	5	0,5	72	1,2
Totali				93,09	4844	17,4	363	33,2	5089	82,0

Dispersioni dei ponti termici										
				Perdite trasmissione						
Cod.	Tipo	Descrizione	$\Psi$ [W/mK]	Lungh. Tot [m]	Qh.tr [kWh]					
Z1	-	GF - Parete - Solaio rialzato	0,024	164,25	176	0,6				
Z2	-	IF - Parete - Solaio interpiano	0,006	303,84	93	0,3				
Z3	-	B - Parete - Balcone	0,280	83,01	1475	5,3				
Z4	-	C - Angolo tra pareti sporgente	-0,039	162,00	-400	-1,4				
Z5	-	C - Angolo tra pareti rientrante	0,012	60,00	47	0,2				
Z6	-	R - Parete - Copertura	0,038	191,92	411	1,5				
Z7	-	W - Parete - Telaio	0,056	245,26	863	3,1				
Totali				1210,28	2665	9,6				

Infine, si fa un riassunto delle zone dove viene visualizzata una tabella con i risultati mensili del calcolo dell’energia utile invernale relativi all’intero edificio, dove alla fine è presente, oltre a tutti i valori già visti, il consumo specifico che è pari al rapporto tra l’energia utile richiesta dalla zona e la sua superficie netta o volume lordo.

Zona	Descrizione	Su [m²]	V [m³]	Dispersioni			Apporti				Consumo specifico
				Qh.tr [kWh]	Qh.ve [kWh]	Qh.ht [kWh]	Qsol.w [kWh]	Qint [kWh]	Qgn [kWh]	Qh.nd [kWh]	
1	Sub 12	72	310,2	3466	1366	4832	443	1719	2162	2682	37 kWh/m²
2	Sub 10	77	331,3	3469	1456	4925	343	1776	2119	2812	37 kWh/m²
3	Sub 11	76	328,3	2899	1438	4337	538	1765	2304	2068	27 kWh/m²
4	Sub 15	71	281,4	2585	1359	3944	506	1715	2221	1758	25 kWh/m²
5	Sub 119	58	230,9	2181	1101	3282	329	1511	1840	1472	25 kWh/m²
6	Sub 120	94	371,1	2359	1794	4153	739	1929	2668	1608	17 kWh/m²
7	Sub 18	72	313,6	3805	1366	5171	636	1719	2355	2829	39 kWh/m²
8	Sub 16	77	334,9	3779	1456	5235	740	1776	2516	2732	36 kWh/m²
9	Sub 17	76	331,9	3233	1438	4671	816	1765	2582	2141	28 kWh/m²

Nella scheda “Trasmittanze medie” vengono visualizzate due tabelle contenenti rispettivamente la trasmittanza media delle strutture opache e il riepilogo della trasmittanza comprensiva di infisso ( $U_w$ ) e solo vetro ( $U_g$ ) delle finestre presenti all’interno della zona selezionata o dell’intero edificio.

Strutture opache				
Cod.	Tipo	Descrizione	U [W/m²K]	U media* [W/m²K]
M1	T	Parete esterna	0,189	0,241
M2	N	Parete interna	2,247	2,250
M3	U	Parete interna verso vano scala	1,408	1,417
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	0,206	0,216
P2	N	Soletta interpiano	1,254	1,254
S1	N	Soletta interpiano	1,521	1,521
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	0,186	0,200

Nella colonna “ $U_{media}$ ” viene visualizzata la media pesata della trasmittanza della struttura e di tutti i componenti ad essa associati o sottratti, vale a dire:

- ponti termici sottratti alla struttura;
- altri componenti opachi sottratti alla struttura;
- cassonetti o muri sottofinestra appartenenti a finestre che sono state sottratte alla struttura.

Poi si passa ai componenti finestrati:

Componenti finestrati				
Cod.	Tipo	Descrizione	$U_w$ [W/m²K]	$U_g$ [W/m²K]
M5	U	Porta ingresso alloggio	1,961	-
W1	T	Telaio in PVC temoisolante_ $U_w$ 0.95 ...	0,837	0,600
W2	T	Telaio in PVC temoisolante_ $U_w$ 0.95 ...	0,837	0,600
W3	T	Telaio in PVC temoisolante_ $U_w$ 0.95 ...	0,837	0,600
W4	T	Telaio in PVC temoisolante_ $U_w$ 0.82 ...	0,734	0,600
W5	T	Telaio in PVC temoisolante_ $U_w$ 0.95 ...	0,837	0,600
W7	T	Telaio in PVC temoisolante_ $U_w$ 0.82 ...	0,734	0,600

Nella parte inferiore della maschera è presente il riquadro “Trasmittanze complessive dell’involucro”. All’interno di questo riquadro vengono visualizzate le medie pesate complessive di tutti i muri, i pavimenti, i soffitti e i componenti finestrati presenti all’interno dell’intero edificio.

I valori della prima colonna rappresentano le medie complessive comprendenti il contributo dei ponti termici; i valori della seconda colonna rappresentano lo stesso calcolo, condotto in assenza dei ponti termici.

Trasmittanze complessive dell'involucro				
	con ponti termici		senza ponti termici	
Trasmittanza muri	0,447	W/m <sup>2</sup> K	0,419	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza pavimenti	0,216	W/m <sup>2</sup> K	0,206	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza soffitti	0,200	W/m <sup>2</sup> K	0,186	W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza componenti finestrati	1,106	W/m <sup>2</sup> K	0,980	W/m <sup>2</sup> K

## 6.4 Risultati energia primaria

Se nel precedente capitolo abbiamo analizzato i risultati riguardanti l’involucro edilizio, adesso andremo ad analizzare i risultati di energia primaria dell’intero edificio, quali fabbisogni deve coprire il mio impianto e che rendimenti sono stati trovati, calcolati secondo la Specifica Tecnica UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4.

Questo capitolo, a differenza dello stato di fatto, sarà suddiviso in tre sezioni differenti: riscaldamento, acqua calda sanitaria e si analizzerà pure il contributo dell’impianto fotovoltaico e infine si fa un riassunto dei risultati totali.

### 6.4.1 Riscaldamento

Per prima cosa si passa ad esaminare l’impianto idronico e i relativi rendimenti, in particolare in questa sezione si visualizzano i fabbisogni termici ed elettrici dell’impianto idronico conseguenti alla caratterizzazione del nodo “Riscaldamento” nella configurazione degli impianti calcolati per l’intera stagione.

Impianto idronico				
Fabbisogni termici (kWh/anno)		Sottosistemi		
QH.sys.out	20101			
QH.sys.out	19552			
QH.gen.out	21315			
QH.gen.in	8209			
		Fabbisogni elettrici (kWh/anno)		Rendimenti (%)
Emissione	QH.em.aux	0	nH.em	98,0
Regolazione	--	--	nH.rg	99,5
Distribuzione utenza	QH.du.aux	117	nH.du	94,5
Accumulo	--	--	nH.s	99,5
Distribuzione primaria	QH.dp.aux	0	nH.dp	100,0
Generazione	QH.gen.aux	256	nH.gen.ut	259,7 (rispetto a energia utile)
			nH.gen.p.nren	155,0 (rispetto a energia pr. non rinn.)
			nH.gen.p.tot	72,6 (rispetto a energia pr. totale)

Nella prima parte sono presenti i fabbisogni termici che l’impianto di riscaldamento deve soddisfare, come si può vedere si passa da 63126 kWh a 20101 kWh quindi abbiamo ridotto del 68,2% il fabbisogno di riscaldamento che deve soddisfare il nostro impianto. Inoltre, il nostro rendimento di generazione medio stagionale

calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile sarà la media pesata sui carichi fra quello della pompa di calore e quello della caldaia e si arriva all'ottimo valore di 155%.

Se poi passiamo a riferirci al rendimento globale medio stagionale sempre calcolato rispetto all'energia primaria non rinnovabile si arriva a 220,4%, che rispetto al 68,2% del pre-intervento, vuol dire guadagnare quasi il triplo dei punti percentuali sulla generazione.

Risultati Globali		
Energia primaria (kWh/anno)		Consumi
QH.p.nren	9119	Tipologia vettore energetico
QH.p.tot	26098	Consumo vettore energetico
		Consumo energia elettrica
		Gradi giorno
		Rendimento globale medio stagionale (%)
		$\eta_{H,g,p,nren}$
		$\eta_{H,g,p,tot}$

Bisogna però ricordarsi che è presente un impianto fotovoltaico, e che ci aiuta tantissimo nel ridurre la prima non rinnovabile, poiché parte dell'energia elettrica per alimentare la pompa di calore proviene dal fotovoltaico, che è energia da fonte rinnovabile; quindi, ho compensato dell'energia da rete con dell'energia da fonte rinnovabile, migliorando ancor di più la prestazione energetica.

Possiamo vedere come cambiano i risultati globali senza la presenza di un impianto fotovoltaico:

Risultati Globali		
Energia primaria (kWh/anno)		Consumi
QH.p.nren	13982	Tipologia vettore energetico
QH.p.tot	29639	Consumo vettore energetico
		Consumo energia elettrica
		Gradi giorno
		Rendimento globale medio stagionale (%)
		$\eta_{H,g,p,nren}$
		$\eta_{H,g,p,tot}$

Come si può notare il rendimento globale medio stagionale rispetto la primaria non rinnovabile scende abbastanza, si passa da un 220,4% a un 143,8%, una riduzione di circa il 35%. Ovviamente il consumo di energia elettrica è maggiore, così come l'energia primaria non rinnovabile, cresciuti rispettivamente di circa dell'80% e del 53%.

Dopo aver visto i risultati in maniera generale è possibile fare un'analisi più ampia sull'andamento dei fabbisogni, valutandoli mensilmente, andando ad analizzare nello specifico:

- Fabbisogni mensili
- Dettaglio impianto
- Temperature medie
- Risultati per generatore, sia per la pompa di calore che per la caldaia
- Ripartizione dei carichi di riscaldamento
- Firma energetica
- Dettaglio circuiti

I fabbisogni mensili sono divisi in tre parti: i fabbisogni elettrici e termici scorporati per ogni singola voce che li costituisce e poi si fa un'analisi sui consumi mensili.

Mese	Giorni	Fabbisogni Termici						
		QH,sys,out [kWh]	Q'H,sys,out [kWh]	QH,sys,out,intem [kWh]	QH,sys,out,cont [kWh]	QH,sys,out,corr [kWh]	QH,gen,out [kWh]	QH,gen,in [kWh]
gennaio	31	5838	5738	5738	5738	5738	6251	3329
febbraio	28	4020	3932	3932	3932	3932	4285	1630
marzo	31	1439	1347	1347	1347	1347	1474	334
aprile	15	150	114	114	114	114	128	23
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	369	325	325	325	325	356	57
novembre	30	3014	2924	2924	2924	2924	3187	744
dicembre	31	5271	5172	5172	5172	5172	5635	2091
<b>Totali</b>	<b>183</b>	<b>20101</b>	<b>19552</b>	<b>19552</b>	<b>19552</b>	<b>19552</b>	<b>21315</b>	<b>8209</b>

Naturalmente il fabbisogno elettrico sarà maggiore poiché si è andati ad installare una pompa di calore, ma una parte viene attenuato dal fotovoltaico.

La cosa molto interessante riguarda i consumi e l'energia primaria, poiché i consumi in kWh di energia primaria non rinnovabile e totale sono fortemente diminuiti, rispettivamente del 90% e del 72%.

Diminuisce fortemente pure la produzione di CO<sub>2</sub> del nostro edificio passando da 18608 kg di CO<sub>2</sub> a 2049 kg di CO<sub>2</sub> con una riduzione dell'89%.

Fabbisogni Elettrici						Consumi ed energia primaria				
QH,em,aux [kWh]	QH,du,aux [kWh]	QH,dp,aux [kWh]	QH,gen,aux [kWh]	QH,aux [kWh]	QH,el [kWh]	QH,p,nren [kWh]	QH,p,tot [kWh]	CoH,el [kWh]	GG [°Cg]	CO2H [kgCO2]
0	34	0	145	1506	1506	3997	8031	971	583	867
0	23	0	55	1183	1183	1573	5159	523	473	351
0	8	0	0	342	342	0	1399	0	363	0
0	1	0	0	23	23	0	115	0	134	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0	2	0	0	59	59	0	315	0	155	0
0	17	0	0	762	762	652	3522	334	396	154
0	31	0	56	1649	1649	2898	7557	1201	539	664
<b>0</b>	<b>117</b>	<b>0</b>	<b>256</b>	<b>5525</b>	<b>5525</b>	<b>9119</b>	<b>26098</b>	<b>3031</b>	<b>2643</b>	<b>2036</b>

La sezione "Dettagli impianto" consente di visualizzare i risultati di calcolo mensili delle principali caratteristiche dell'impianto di riscaldamento, in particolare i vari rendimenti, sia per quanto riguarda la pompa di calore che la caldaia.

Da notare i valori del rendimento di generazione di energia primaria non rinnovabile, con valori scorporati mese per mese, così da vedere in che condizioni lavora il nostro impianto.

Mese	Giorni	$\eta_{H,em}$ [%]	$\eta_{H,rg}$ [%]	$\eta_{H,du}$ [%]	$\eta_{H,s}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,tot}$ [%]	$\eta_{H,g,p,nren}$ [%]	$\eta_{H,g,p,tot}$ [%]	QH,p,nren [kWh]	QH,p,tot [kWh]
gennaio	31	98,0	99,5	94,5	99,6	125,7	71,8	145,0	72,5	4027	8053
febbraio	28	98,0	99,5	94,5	99,5	152,3	70,9	249,9	77,5	1608	5185
marzo	31	98,0	99,5	94,5	99,2	226,4	79,0	0,0	102,9	0	1399
aprile	15	98,0	99,5	94,5	97,1	290,5	87,4	0,0	130,7	0	115
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	98,0	99,5	94,5	98,8	318,9	90,4	0,0	117,1	0	315
novembre	30	98,0	99,5	94,5	99,5	219,6	78,0	468,9	85,8	643	3515
dicembre	31	98,0	99,5	94,5	99,6	151,8	69,4	181,9	69,7	2898	7557

Dopo di ciò si fa un'analisi delle "Temperature medie" che consente di visualizzare i valori mensili di temperatura dell'acqua nell'impianto di riscaldamento idronico, sia in forma grafica che in forma tabellare.

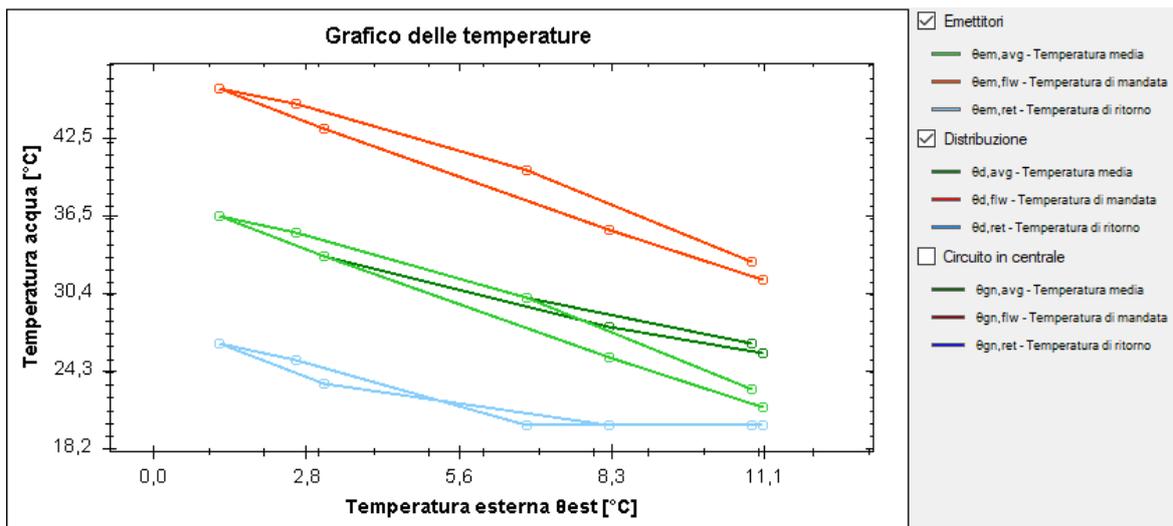
Il calcolo della temperatura dell'acqua è necessario per determinare le perdite di distribuzione e le prestazioni dei generatori di calore.

Il grafico visualizza l'andamento delle temperature medie calcolate nelle varie parti dell'impianto (asse delle ordinate) in funzione della temperatura esterna media mensile della località (asse delle ascisse). Questa presentazione consente di visualizzare il comportamento dell'impianto al variare del carico. Per ogni sezione dell'impianto vengono visualizzate la temperatura media  $\theta_{avg}$ , la temperatura di mandata  $\theta_{flw}$  e la temperatura di ritorno  $\theta_{ret}$  per la parte emettitori (pedice e), distribuzione (pedice d) e circuito in centrale (pedice gn).

L'andamento delle temperature degli emettitori della distribuzione e del circuito in centrale è uno strumento fondamentale per dimensionare il mio impianto, specialmente per dimensionare la pompa di calore, poiché insieme alla firma energetica, che ci indica la potenza che deve erogare il mio impianto nei diversi mesi e in base alle temperature del circuito in centrale riesco a verificare se la scelta dell'impianto che ho effettuato è corretta o meno.

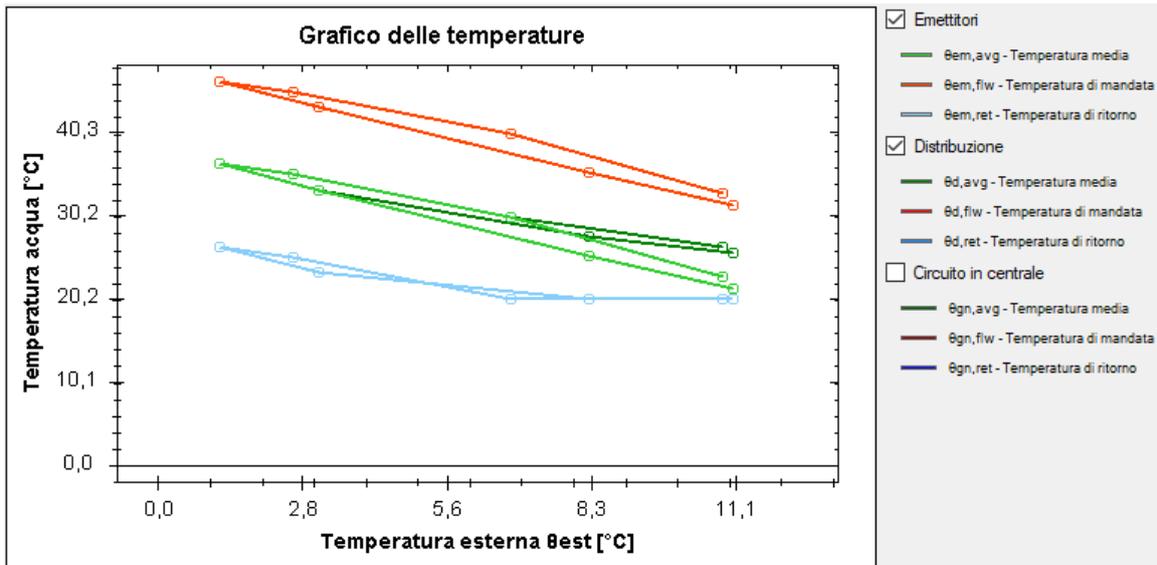
Avendo considerato che vogliamo far lavorare il più possibile la pompa di calore, abbiamo dimensionato il nostro impianto per le temperature tipiche di una pompa di calore. Infatti andando ad osservare il mese più critico, che risulta essere gennaio, abbiamo bisogno che il nostro impianto di riscaldamento produca acqua a circa 47°C, valore che la nostra pompa di calore riesce ampiamente a soddisfare. Inoltre è stato ipotizzato un  $\Delta T$  di 20°C fra mandata e ritorno degli emettitori, fissando la temperatura di ritorno non al di sotto del 20°C.

Di seguito vengono mostrate le temperature per il funzionamento della pompa di calore:



Mese	Emittitori			Distribuzione			Circuito in centrale			
	$\theta_{est}$	$\theta_{em,avg}$	$\theta_{em,flw}$	$\theta_{em,ret}$	$\theta_{d,avg}$	$\theta_{d,flw}$	$\theta_{d,ret}$	$\theta_{gn,avg}$	$\theta_{gn,flw}$	$\theta_{gn,ret}$
gennaio	1,2	36,4	46,4	26,4	36,4	46,4	26,4	43,9	46,4	41,4
febbraio	3,1	33,2	43,2	23,2	33,2	43,2	23,2	40,7	43,2	38,2
marzo	8,3	25,4	35,4	20,0	27,7	35,4	20,0	32,9	35,4	30,4
aprile	11,1	21,4	31,4	20,0	25,7	31,4	20,0	28,9	31,4	26,4
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	10,9	22,9	32,9	20,0	26,4	32,9	20,0	30,4	32,9	27,9
novembre	6,8	30,0	40,0	20,0	30,0	40,0	20,0	37,5	40,0	35,0
dicembre	2,6	35,1	45,1	25,1	35,1	45,1	25,1	42,6	45,1	40,1

Invece di seguito quello della caldaia, la cosa particolare da notare è che naturalmente i valori di temperature sono uguali, poiché per soddisfare il carico termico bastano queste, ma se osserviamo i mesi di marzo, aprile, ottobre e novembre per quanto riguarda il circuito in centrale, abbiamo un valore pari a zero. Questo perché in quelle determinate condizioni di temperatura esterna e in base al carico termico richiesto per quei mesi specifici, la pompa di calore riesce a soddisfare ampiamente la richiesta, quindi la caldaia rimane mediamente spenta, si accenderà magari qualche attimo per soddisfare qualche picco sporadico.



Mese	Emittitori				Distribuzione			Circuito in centrale		
	$\theta_{best}$	$\theta_{em,avg}$	$\theta_{em,flw}$	$\theta_{em,ret}$	$\theta_{d,avg}$	$\theta_{d,flw}$	$\theta_{d,ret}$	$\theta_{gn,avg}$	$\theta_{gn,flw}$	$\theta_{gn,ret}$
gennaio	1,2	36,4	46,4	26,4	36,4	46,4	26,4	43,9	46,4	41,4
febbraio	3,1	33,2	43,2	23,2	33,2	43,2	23,2	40,7	43,2	38,2
marzo	8,3	25,4	35,4	20,0	27,7	35,4	20,0	0,0	0,0	0,0
aprile	11,1	21,4	31,4	20,0	25,7	31,4	20,0	0,0	0,0	0,0
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	10,9	22,9	32,9	20,0	26,4	32,9	20,0	0,0	0,0	0,0
novembre	6,8	30,0	40,0	20,0	30,0	40,0	20,0	0,0	0,0	0,0
dicembre	2,6	35,1	45,1	25,1	35,1	45,1	25,1	42,6	45,1	40,1

Nella sezione “Risultati per generatore” vengono sempre mostrati, per ogni mese e per ogni generatore, i seguenti risultati di calcolo:

$Q_{H,gen,out}$  = fabbisogno in uscita dal singolo generatore

$Q_{H,gen,in}$  = fabbisogno in ingresso al singolo generatore

$C_{oH}$  = consumo del vettore energetico alimentante il singolo generatore

$Q_{H,gen,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del singolo generatore

$\eta_{H,gen,ut}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia utile del singolo generatore

$\eta_{H,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$\eta_{H,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria totale del singolo generatore

$Q_{H,p,nren}$  = fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$Q_{H,gen,in,RES}$  = contributo da fonte rinnovabile del singolo generatore

$Q_{H,p,tot}$  = fabbisogno di energia primaria totale del singolo generatore

Inoltre è riportato il COP medio mensile e si possono notare valori molto interessanti, che evidenziano il fatto che la pompa lavori in buone condizioni.

Mese	COP <sub>e,m</sub> [-]	Q <sub>H,gen,out</sub> [kWh]	Q <sub>H,gen,in</sub> [kWh]	Co <sub>H,el</sub> [kWh]	Q <sub>H,gen,aux</sub> [kWh]	η <sub>H,gen,ut</sub> [%]	η <sub>H,gen,p,ren</sub> [%]	η <sub>H,gen,p,tot</sub> [%]	Q <sub>H,p,ren</sub> [kWh]	Q <sub>H,p,tot</sub> [kWh]	Q <sub>H,gen,in,RES</sub> [kWh]
gennaio	3,20	4244	1327	1327	0	319,8	164,0	67,9	2587	6254	3043
febbraio	3,38	3738	1104	1104	0	338,4	173,6	69,8	2154	5353	2681
marzo	4,41	1474	334	334	0	441,4	226,4	79,0	651	1865	1057
aprile	5,66	128	23	23	0	566,5	290,5	87,4	44	146	92
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	6,22	356	57	57	0	621,8	318,9	90,4	112	394	256
novembre	4,28	3187	744	744	0	428,1	219,6	78,0	1451	4087	2285
dicembre	3,25	5086	1563	1563	0	325,4	166,9	68,5	3048	7429	3647
Totale	-	18213	5152	5152	0	353,5	181,3	71,3	10047	25529	13060

Vengono inoltre visualizzati in tabella alcuni dei più importanti parametri di calcolo, che dipendono dalla configurazione di impianto scelta e dal tipo di generatore adottato, in questo caso per la caldaia abbiamo in output questi ulteriori valori:

$FC_{nom}$  = fattore di carico a potenza nominale

$FC_{min}$  = fattore di carico a potenza minima

$P_{ch,on}$  = perdite al camino a bruciatore acceso

$P_{ch,off}$  = perdite al camino a bruciatore spento

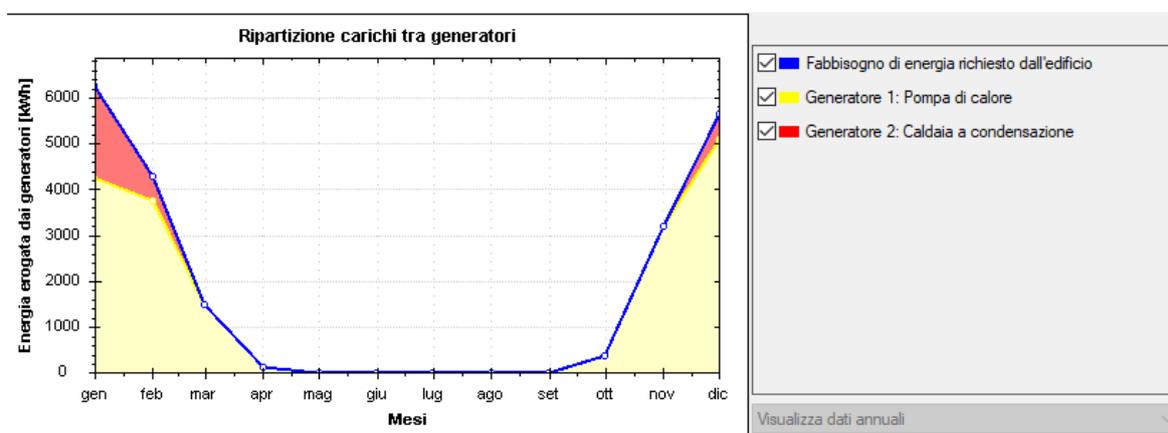
$P_{gn,env}$  = perdite al mantello

$R$  = fattore percentuale di recupero di condensazione

Interessante notare come si riducono fortemente i fabbisogni di ingresso e di uscita dalla caldaia rispetto allo stato di fatto e soprattutto diminuisce il consumo del vettore energetico alimentante il singolo generatore. Naturalmente in larghissima parte questo è dovuto al fatto che la caldaia lavora molto meno rispetto allo stato di fatto, ma anche a delle migliori prestazioni della singola caldaia.

Mese	FC <sub>min</sub>	FC <sub>nom</sub>	P <sub>ch,on</sub> [%]	P <sub>ch,off</sub> [%]	P <sub>gn,env</sub> [%]	R [%]	Q <sub>H,gen,out</sub> [kWh]	Q <sub>H,gen,in</sub> [kWh]	Co <sub>H</sub> [Nm <sup>3</sup> ]	Q <sub>H,gen,aux</sub> [kWh]	η <sub>H,gen,ut</sub> [%]	η <sub>H,gen,p,ren</sub> [%]	η <sub>H,gen,p,tot</sub> [%]	Q <sub>H,p,ren</sub> [kWh]	Q <sub>H,p,tot</sub> [kWh]
gennaio	1,46	0,09	4,49	0,09	0,09	0,00	2007	2002	201	145	100,2	84,2	81,9	2384	2452
febbraio	0,44	0,00	4,29	0,07	0,07	0,00	546	526	53	55	104,0	82,8	79,6	660	686
marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
aprile	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
dicembre	0,40	0,00	4,35	0,07	0,08	0,00	549	528	53	56	103,8	82,7	79,6	663	690
Totale	-	-	-	-	-	-	3102	3056	307	256	101,5	83,7	81,0	3708	3828

Dopo di ciò si passa ad analizzare la Ripartizione dei carichi del generatore. In questa sezione vediamo quanto ci rende il nostro sistema ibrido, vediamo quanto carico viene coperto dalla pompa di calore e quanto dalla caldaia.



Come si può vedere il totale dell'energia termica fornita dal sottosistema di generazione sono 21315 kWh e possiamo vedere che circa l'85% del carico è coperto dalla pompa e il restante 15% è coperto dalla caldaia. In particolare il mese più critico sarà gennaio dove circa un terzo del carico sarà fornito dalla caldaia, invece per i restanti mesi il contributo della caldaia è irrilevante, anzi nei mesi di marzo aprile ottobre e novembre la caldaia non entra in funzione.

Affinché il sistema ibrido abbia un senso e ci possa permettere di avere dei vantaggi significativi, anche in termini di classe energetica ai fini del doppio salto di classe del superbonus, dobbiamo avere almeno una copertura del 65% da parte della pompa di calore. Se invece la pompa di calore copre un carico inferiore al 65% i vantaggi non sono così evidenti; probabilmente se facciamo come intervento trainante la sola sostituzione della centrale termica e non facciamo nessun intervento trainato, non riusciremmo a raggiungere il doppio salto classe.

Mese	$\theta_{est}$ [°C]	QH,gen,out [kWh]	QH,gen,out.g1 [kWh]	QH,gen,out.g2 [kWh]
gennaio	1,2	6251	4244	2007
febbraio	3,1	4285	3738	546
marzo	8,3	1474	1474	0
aprile	11,9	128	128	0
maggio	18,0	-	-	-
giugno	22,1	-	-	-
luglio	23,6	-	-	-
agosto	22,6	-	-	-
settembre	19,1	-	-	-
ottobre	12,3	356	356	0
novembre	6,8	3187	3187	0
dicembre	2,6	5635	5086	549
Totale	-	21315	18213	3102

L'altra domanda fondamentale è capire con quale efficienza viene coperto questo carico, e lo si può vedere dalla seguente immagine:

Generatore	$\eta_{H,gen,ut}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{H,gen,p,tot}$ [%]
Pompa di calore	353,5	181,3	71,3
Caldaia a condensazione	101,5	83,7	81,0

Qui troviamo l'efficienza utile della pompa di calore e della caldaia. L'efficienza utile sarebbe il COP stagionale moltiplicato per cento e abbiamo 353,5% che corrisponde a un COP di 3,53 superiore a quello dell'edificio di riferimento, che ha di default un COP di 3.

Se questo COP lo esprimiamo nei confronti della primaria non rinnovabile, quindi normalizzato per essere confrontato con quello della caldaia, scendiamo a 181,3%, che è ben maggiore dell'83,7% della caldaia.

Facendo una media pesata sui carichi di questi due rendimenti, otteniamo il rendimento di generazione medio stagionale nei confronti della primaria non rinnovabile, che abbiamo visto in precedenza nella parte dell'impianto idronico, che è uguale a 155% e da lì poi si passa al rendimento globale medio stagionale che ci consente di ottenere un rendimento del 219,1%, visto anche questo in precedenza.

Dopo di ciò il programma ci fornisce pure la "Firma energetica", uno strumento fondamentale per il dimensionamento e la scelta del nostro generatore, in particolare per la pompa di calore. In particolare 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 idronici.

Sul lato destro del grafico si può visualizzare:

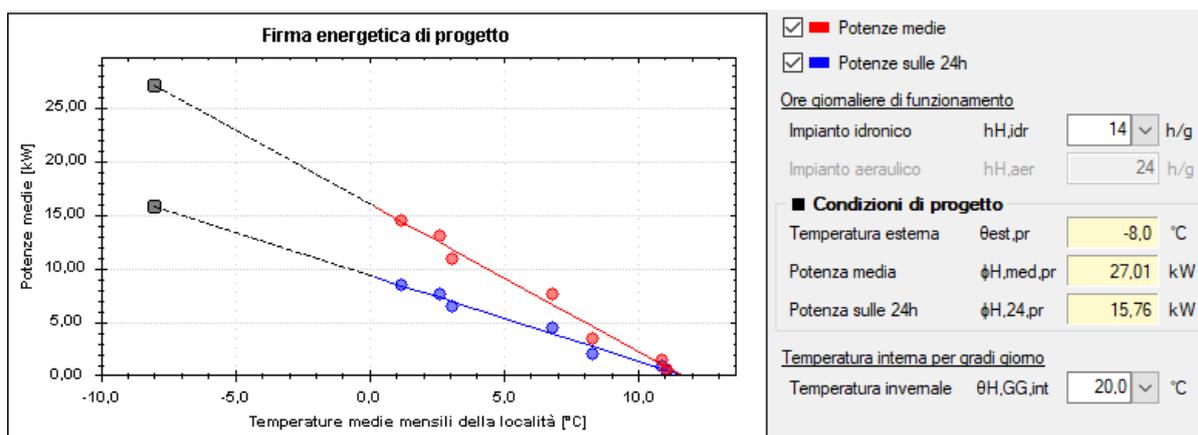
- la potenza termica media richiesta dall'edificio nelle ore di effettivo funzionamento del generatore di calore (curva rossa);
- la potenza termica media richiesta dall'edificio ipotizzando un funzionamento continuato del generatore di calore, pari a 24 ore (curva blu).

Le ore giornaliere di funzionamento dell'impianto possono essere impostate manualmente o prelevate dall'apposita casella combinata. 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. La firma energetica riportata nel grafico viene inoltre estesa fino alla temperatura di progetto della località (vedi linea nera tratteggiata). In corrispondenza di tale temperatura, è possibile leggere la potenza massima richiesta al generatore dall'edificio considerato, nelle ore di effettivo funzionamento o ipotizzando un funzionamento continuato del generatore.

Nel nostro caso specifico nelle condizioni di progetto avremmo bisogno di 27 kW a -8°C, se abbiamo un funzionamento intermittente o attenuato dell'impianto, oppure 15,76 kW se siamo in funzionamento continuo. Questi valori si hanno per le condizioni di progetto, di picco, che a noi non interessa coprire con la pompa di calore, perché stiamo parlando di un sistema ibrido e i picchi li lasciamo coprire dalla caldaia. A noi interessa coprire con la pompa di calore la maggior parte del carico termico nella maniera più efficiente possibile, tenendo sempre a mente l'obiettivo di un buon compromesso fra il risparmio energetico ed economico.

Possiamo quindi ipotizzare di provare a ricoprire il carico del mese di gennaio o la gran parte, visto che è il mese più gravoso. Se riusciamo a ricoprire il mese di gennaio riusciamo di conseguenza a ricoprire il carico di tutti gli altri mesi della stagione di riscaldamento.

Possiamo vedere che nel mese di gennaio il carico che deve provare a ricoprire la nostra pompa è di 14,4 kW, e bisogna ricordare dal grafico delle temperature medie visto in precedenza, che a gennaio abbiamo bisogno di una temperatura media di mandata di 46,4°C, che vuol dire non essere di fronte ad una temperatura media ingestibile dalla pompa di calore.



Mese	$\theta_{est}$ [°C]	Giorni	GG [°Cg]	QH,gen,out [kWh]	$\phi H,media$ [kW]	$\phi H,24h$ [kW]
gennaio	1,2	31	583	6251	14,40	8,40
febbraio	3,1	28	473	4285	10,93	6,38
marzo	8,3	31	363	1474	3,40	1,98
aprile	11,1	15	134	128	0,61	0,36
maggio	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-
ottobre	10,9	17	155	356	1,50	0,87
novembre	6,8	30	396	3187	7,59	4,43
dicembre	2,6	31	539	5635	12,98	7,57
<b>Totali</b>	-	-	2643	21315	-	-

Quindi per verificare che abbiamo scelto bene il nostro generatore, dobbiamo andare a vedere dalle schede tecniche che potenza è in grado di fornire la mia pompa di calore ad una temperatura esterna di circa 1°C. Se andiamo a rivedere i dati tabellari della pompa di calore, dove si hanno le potenze in funzione delle temperature esterne, possiamo vedere che a circa 2°C con una sorgente calda di circa 45°C abbiamo una potenza di 10,42 kW, che è coerente con il grafico della ripartizione dei carichi del generatore. Ciò vuol dire che la nostra pompa di calore nel mese più gravoso funzionerà per il 68% e per il restante tempo sarà aiutata dalla caldaia. Passiamo al mese di febbraio, si può già vedere che a circa 3,1°C di temperatura esterna il nostro generatore deve soddisfare 10,93 kW e andando a vedere le stesse condizioni del mese di gennaio vediamo che la nostra pompa ci fornisce sempre quei 10,42 kW di potenza, in questo modo lavorerà prevalentemente la pompa di calore.

La schermata “dettagli circuito” consente di visualizzare i risultati di calcolo mensili dei circuiti presenti nel progetto, in particolare vengono riportati nuovamente i fabbisogni i rendimenti e un riassunto mensile dei dati generali.

Mese	Dati generali					Fabbisogni					Rendimenti		
	gg	Best [°C]	γ [-]	η <sub>u</sub> γ [-]	tcirc [h/g]	QH.sys.out [kWh]	Q'H.sys.out [kWh]	QH.sys.out.inter [kWh]	QH.sys.out.cont [kWh]	QH.sys.out.corr [kWh]	ηH.em [-]	ηH.rg [-]	ηH.du [-]
gennaio	31	1,2	0,35	0,35	24,0	5838	5738	5738	5738	5738	98,0	99,5	94,5
febbraio	28	3,1	0,44	0,44	24,0	4020	3932	3932	3932	3932	98,0	99,5	94,5
marzo	31	8,3	0,70	0,70	24,0	1439	1347	1347	1347	1347	98,0	99,5	94,5
aprile	15	11,1	0,89	0,86	24,0	150	114	114	114	114	98,0	99,5	94,5
maggio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
giugno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
luglio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
settembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ottobre	17	10,9	0,80	0,79	24,0	369	325	325	325	325	98,0	99,5	94,5
novembre	30	6,8	0,50	0,50	24,0	3014	2924	2924	2924	2924	98,0	99,5	94,5
dicembre	31	2,6	0,37	0,37	24,0	5271	5172	5172	5172	5172	98,0	99,5	94,5
Totale						20101	19552	19552	19552	19552			

## 6.4.2 Acqua calda sanitaria

Un discorso analogo viene fatto per “l’acqua calda sanitaria” andando ad esaminare anche qui i risultati globali e i risultati riferiti all’impianto di acs.

Nella sezione “Impianto acqua calda sanitaria” vengono visualizzati i fabbisogni termici ed elettrici stagionali calcolati per la produzione di acqua calda sanitaria. Il calcolo è effettuato considerando come stagione di calcolo tutti i mesi dell’anno.

Come si può notare il fabbisogno da soddisfare per la produzione dell’acqua calda sanitaria è sempre lo stesso, cambiano fortemente i rendimenti di generazione rispetto la prima non rinnovabile e rispetto alla totale, questo poiché la pompa di calore e il fotovoltaico ci aiutano molto in questo senso.

Impianto acqua calda sanitaria			
Fabbisogni termici (kWh/anno)		Sottosistemi	
QW_sys.out	12144	Fabbisogni elettrici (kWh/anno)	
QW_sys.out.rec	12144	Erogazione	ηW.er 100,0
QW_sys.out.cort	12144	Distribuzione utenza	ηW.du 92,6
QW_gen.out	14085	Accumulo	ηW.s 93,1
QW_gen.in	4346	Rete di ricircolo	ηW.ric 100,0
		Distribuzione primaria	ηW.dp 100,0
		Generazione	ηW.gen.ut 324,1 (rispetto a energia utile)
			ηW.gen.p.nren 174,0 (rispetto a energia pr. non rinn.)
			ηW.gen.p.tot 71,6 (rispetto a energia pr. totale)

Generatore	ηW.gen.ut [%]	ηW.gen.p.nren [%]	ηW.gen.p.tot [%]
Pompa di calore	348,8	178,9	71,1
Caldaia a condensazione	100,4	93,4	92,8

Qui troviamo l’efficienza utile della pompa di calore e della caldaia per la produzione dell’acqua calda sanitaria. Si può fare un discorso analogo a quello fatto per il riscaldamento, l’efficienza utile sarebbe il COP stagionale moltiplicato per cento e abbiamo 348% che corrisponde a un COP di 3,48 superiore a quello dell’edificio di riferimento, che ha di default un COP di 3.

Se questo COP lo esprimiamo nei confronti della primaria non rinnovabile, quindi normalizzato per essere confrontato con quello della caldaia, scendiamo a 178,9%, che è ben maggiore dell’93,4% della caldaia.

Risultati Globali			
Energia primaria (kWh/anno)		Consumi	
QW.p.nren	2171	Tipologia vettore energetico	-
QW.p.tot	15361	Consumo vettore energetico	0
		Consumo energia elettrica	881 kWh/anno
		Rendimento globale medio stagionale (%)	
		ηW.g.p.nren	559,3 (rispetto a energia pr. non rinn.)
		ηW.g.p.tot	79,1 (rispetto a energia pr. totale)

Facendo una media pesata sui carichi di questi due rendimenti, otteniamo il rendimento di generazione medio stagionale nei confronti della primaria non rinnovabile, che è uguale a 174% e da lì poi si passa al rendimento globale medio stagionale che ci consente di ottenere un rendimento del 559,3%. Un valore così elevato è giustificato dal fatto che la pompa di calore riesce a soddisfare praticamente tutto il carico in maniera molto efficiente e che il fotovoltaico soddisfa ampiamente

il fabbisogno di energia elettrica per la produzione di acqua calda sanitaria, come vedremo in dettaglio nella sezione dell'impianto fotovoltaico.

Possiamo vedere come cambiano i risultati globali senza la presenza di un impianto fotovoltaico:

Risultati Globali					
Energia primaria (kWh/anno)		Consumi	Rendimento globale medio stagionale (%)		
QW.p.nren	8097	Tipologia vettore energetico	-	$\eta_{W.g.p.nren}$	150,0 (rispetto a energia pr. non rinn.)
QW.p.tot	19676	Consumo vettore energetico	0	$\eta_{W.g.p.tot}$	61,7 (rispetto a energia pr. totale)
		Consumo energia elettrica	3920 kWh/anno		

I risultati sono simili a quelli visti per il riscaldamento, si ha una fortissima diminuzione del rendimento globale medio stagionale rispetto la primaria non rinnovabile, un elevato aumento dei consumi di energia elettrica per la produzione di acqua calda sanitaria e un elevato aumento dell'energia primaria non rinnovabile.

Come visto nella sezione Riscaldamento, i fabbisogni mensili sono divisi in tre parti: i fabbisogni elettrici e termici scorporati per ogni singola voce che li costituisce e poi si fa un'analisi sui consumi mensili.

Mese	Giorni	Fabbisogni Termici				
		QW.sys.out [kWh]	QW.sys.out.rec [kWh]	QW.sys.out.cont [kWh]	QW.gen.out [kWh]	QW.gen.in [kWh]
gennaio	31	1031	1031	1031	1219	629
febbraio	28	932	932	932	1097	460
marzo	31	1031	1031	1031	1205	381
aprile	30	998	998	998	1159	330
maggio	31	1031	1031	1031	1186	291
giugno	30	998	998	998	1140	252
luglio	31	1031	1031	1031	1175	250
agosto	31	1031	1031	1031	1177	257
settembre	30	998	998	998	1146	272
ottobre	31	1031	1031	1031	1197	336
novembre	30	998	998	998	1169	384
dicembre	31	1031	1031	1031	1216	503
<b>Totali</b>	<b>365</b>	<b>12144</b>	<b>12144</b>	<b>12144</b>	<b>14085</b>	<b>4346</b>

Si può notare che è diminuito sensibilmente il fabbisogno in ingresso al generatore, i fabbisogni elettrici sono più alti per lo stesso motivo visto nella sezione riscaldamento, da notare inoltre, il consumo di CO<sub>2</sub> che passa 3090 kgCO<sub>2</sub> a 499 kgCO<sub>2</sub> diminuendo le emissioni di circa 84%.

Fabbisogni Elettrici				
QW,ric,aux [kWh]	QW,dp,aux [kWh]	QW,gen,aux [kWh]	QW,aux [kWh]	QW,el [kWh]
0	0	4	362	362
0	0	1	374	374
0	0	0	381	381
0	0	0	330	330
0	0	0	291	291
0	0	0	252	252
0	0	0	250	250
0	0	0	257	257
0	0	0	272	272
0	0	0	336	336
0	0	0	384	384
0	0	1	430	430
0	0	6	3920	3920

Consumi ed energia primaria			
QW,p,nren [kWh]	QW,p,tot [kWh]	CoW,el [kWh]	CO2W [kgCO2]
740	1653	233	164
414	1420	165	94
0	1240	0	0
0	1157	0	0
0	1137	0	0
0	1065	0	0
0	1088	0	0
0	1096	0	0
0	1090	0	0
0	1190	0	0
329	1458	169	78
689	1767	313	160
2171	15361	881	496

La sezione “Dettagli impianto” consente di visualizzare i risultati di calcolo mensili delle principali caratteristiche dell’impianto di riscaldamento, in particolare i vari rendimenti, sia per quanto riguarda la pompa di calore che la caldaia.

Da notare i valori del rendimento di generazione di energia primaria non rinnovabile, con valori scorporati mese per mese, così da vedere in che condizioni lavora il nostro impianto.

Mese	Giorni	$\eta_{W,er}$ [%]	$\eta_{W,du}$ [%]	$\eta_{W,s}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,tot}$ [%]	$\eta_{W,g,p,nren}$ [%]	$\eta_{W,g,p,tot}$ [%]	QW,p,nren [kWh]	QW,p,tot [kWh]
gennaio	31	100,0	92,6	91,4	123,1	66,4	138,0	62,2	747	1658
febbraio	28	100,0	92,6	91,7	133,8	63,9	219,2	65,2	425	1428
marzo	31	100,0	92,6	92,5	162,1	67,6	0,0	83,1	0	1240
aprile	30	100,0	92,6	93,0	179,9	71,3	0,0	86,3	0	1157
maggio	31	100,0	92,6	93,9	209,2	76,5	0,0	90,8	0	1137
giugno	30	100,0	92,6	94,6	231,9	80,1	0,0	93,7	0	1065
luglio	31	100,0	92,6	94,8	241,5	81,5	0,0	94,8	0	1088
agosto	31	100,0	92,6	94,6	235,1	80,6	0,0	94,1	0	1096
settembre	30	100,0	92,6	94,1	215,6	77,6	0,0	91,6	0	1090
ottobre	31	100,0	92,6	93,1	182,4	71,8	0,0	86,7	0	1190
novembre	30	100,0	92,6	92,2	155,9	66,3	307,7	68,6	324	1454
dicembre	31	100,0	92,6	91,6	132,7	62,9	149,8	58,4	689	1767

Nella sezione “Risultati per generatore” vengono sempre mostrati, per ogni mese e per ogni generatore, i seguenti risultati di calcolo:

$Q_{W,gen,out}$  = fabbisogno in uscita dal singolo generatore

$Q_{W,gen,in}$  = fabbisogno in ingresso al singolo generatore

$C_{oW}$  = consumo del vettore energetico alimentante il singolo generatore

$Q_{W,gen,aux}$  = fabbisogno elettrico degli ausiliari del singolo generatore

$\eta_{W,gen,ut}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia utile del singolo generatore

$\eta_{W,gen,p,nren}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all’energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$\eta_{W,gen,p,tot}$  = rendimento di generazione calcolato rispetto all'energia primaria totale del singolo generatore

$Q_{W,p,nren}$  = fabbisogno di energia primaria non rinnovabile del singolo generatore

$Q_{W,p,tot}$  = fabbisogno di energia primaria totale del singolo generatore

Inoltre è riportato il COP medio mensile e si possono notare valori molto interessanti, che evidenziano il fatto che la pompa lavori in buone condizioni.

Mese	T <sub>gn,W</sub> [h/g]	COP <sub>e,m</sub> [-]	Q <sub>W,gen,out</sub> [kWh]	Q <sub>W,gen,in</sub> [kWh]	Co <sub>W,el</sub> [kWh]	Q <sub>W,gen,aux</sub> [kWh]	$\eta_{W,gen,ut}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,tot}$ [%]	Q <sub>W,p,nren</sub> [kWh]	Q <sub>W,p,tot</sub> [kWh]	Q <sub>W,gen,in,RES</sub> [kWh]
gennaio	0,0	2,64	946	358	358	0	264,1	135,4	61,4	699	1542	675
febbraio	0,0	2,71	1010	373	373	0	271,1	139,0	62,3	726	1622	720
marzo	0,0	3,16	1205	381	381	0	316,1	162,1	67,6	743	1782	859
aprile	0,0	3,51	1159	330	330	0	350,9	179,9	71,3	644	1626	827
maggio	0,0	4,08	1186	291	291	0	408,0	209,2	76,5	567	1549	846
giugno	0,0	4,52	1140	252	252	0	452,3	231,9	80,1	491	1423	813
luglio	0,0	4,71	1175	250	250	0	470,9	241,5	81,5	487	1442	838
agosto	0,0	4,58	1177	257	257	0	458,3	235,1	80,6	501	1461	839
settembre	0,0	4,21	1146	272	272	0	420,5	215,6	77,6	531	1476	817
ottobre	0,0	3,56	1197	336	336	0	355,7	182,4	71,8	656	1668	854
novembre	0,0	3,04	1169	384	384	0	304,0	155,9	66,3	750	1764	834
dicembre	0,0	2,66	1142	429	429	0	265,9	136,4	61,6	837	1853	814
<b>Totali</b>	-	-	13651	3914	3914	0	348,8	178,9	71,1	7632	19209	9737

Vengono inoltre visualizzati in tabella alcuni dei più importanti parametri di calcolo, che dipendono dalla configurazione di impianto scelta e dal tipo di generatore adottato, in questo caso per la caldaia abbiamo in output questi ulteriori valori:

$T_{gn,W}$  = ore di effettivo funzionamento dell'impianto di produzione di acqua calda sanitaria. Tale colonna è visibile solo se la produzione di acqua calda sanitaria avviene con modalità di funzionamento in proporzione al carico

$FC_{nom}$  = fattore di carico a potenza nominale

$FC_{min}$  = fattore di carico a potenza minima

$P_{ch,on}$  = perdite al camino a bruciatore acceso

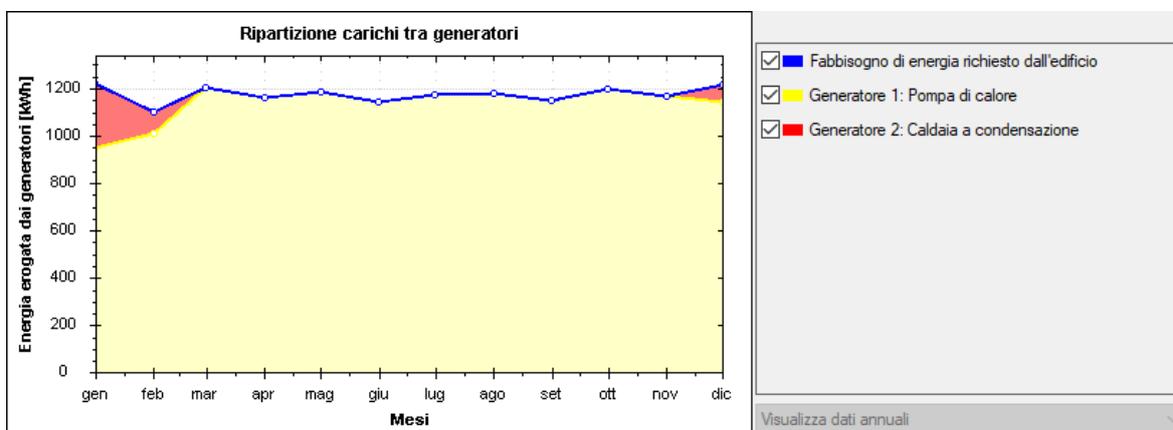
$P_{ch,off}$  = perdite al camino a bruciatore spento

$P_{gn,env}$  = perdite al mantello

$R$  = fattore percentuale di recupero di condensazione

Mese	T <sub>gn,W</sub> [h/g]	FC <sub>min</sub>	FC <sub>nom</sub>	P <sub>ch,on</sub> [%]	P <sub>ch,off</sub> [%]	P <sub>gn,env</sub> [%]	R [%]	Q <sub>W,gen,out</sub> [kWh]	Q <sub>W,gen,in</sub> [kWh]	Co <sub>W</sub> [Nm <sup>3</sup> ]	Q <sub>W,gen,aux</sub> [kWh]	$\eta_{W,gen,ut}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,nren}$ [%]	$\eta_{W,gen,p,tot}$ [%]	Q <sub>W,p,nren</sub> [kWh]	Q <sub>W,p,tot</sub> [kWh]
gennaio	0,3	16,04	1,00	0,52	0,07	0,10	0,00	272	271	27	4	100,4	93,4	92,8	291	293
febbraio	0,1	16,04	1,00	0,52	0,07	0,09	0,00	87	87	9	1	100,4	93,4	92,9	94	94
marzo	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
aprile	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
maggio	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
giugno	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
luglio	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
agosto	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
settembre	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
ottobre	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
novembre	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0	0
dicembre	0,1	16,04	1,00	0,52	0,07	0,09	0,00	74	74	7	1	100,4	93,4	92,8	79	80
<b>Totali</b>	-	-	-	-	-	-	-	434	432	43	6	100,4	93,4	92,8	465	467

Dopo di ciò, anche qui, si passa ad analizzare la ripartizione dei carichi del generatore. In questa sezione vediamo quanto ci rende il nostro sistema ibrido nella produzione di acqua calda sanitaria, vediamo quanto carico viene coperto dalla pompa di calore e quanto dalla caldaia.



Come si può vedere il totale dell'energia termica fornita dal sottosistema di generazione sono 14085 kWh e possiamo vedere che circa il 97% del carico è coperto dalla pompa e il restante 3% è coperto dalla caldaia. Quindi sostanzialmente tutto il carico per la produzione di acqua calda sanitaria è soddisfatto dalla caldaia. In particolare il mese più "critico" sarà gennaio dove circa 78% del carico sarà fornito dalla pompa, invece per i restanti mesi il contributo della caldaia è irrisorio, anzi nei mesi di marzo aprile ottobre e novembre la caldaia non entra in funzione.

Mese	$\theta_{est}$ [°C]	QW.gen.out [kWh]	QW.gen.out.g1 [kWh]	QW.gen.out.g2 [kWh]
gennaio	1,2	1219	946	272
febbraio	3,1	1097	1010	87
marzo	8,3	1205	1205	0
aprile	11,9	1159	1159	0
maggio	18,0	1186	1186	0
giugno	22,1	1140	1140	0
luglio	23,6	1175	1175	0
agosto	22,6	1177	1177	0
settembre	19,1	1146	1146	0
ottobre	12,3	1197	1197	0
novembre	6,8	1169	1169	0
dicembre	2,6	1216	1142	74
Totale	-	14085	13651	434

### 6.4.3 Fotovoltaico

In questa sezione andremo ad analizzare l'impianto fotovoltaico progettato, vedendo innanzitutto la producibilità e il fabbisogno che riesce a ricoprire, quindi quanta energia elettrica è stata presa da rete e quanta ne è stata prodotta e non consumata.

Energia elettrica da produzione fotovoltaica	17651	kWh/anno
Fabbisogno elettrico totale dell'impianto	9444	kWh/anno
Percentuale di copertura del fabbisogno annuo	58,6	%
Energia elettrica da rete	3912	kWh/anno
Energia elettrica prodotta e non consumata	12118	kWh/anno

Nell'immagine sopra sono riassunti tutti i dati più importanti, che ci fanno capire l'importanza del fotovoltaico installato. Il primo dato significativo è la percentuale di copertura del fabbisogno annuo, oltre il 58%, percentuale più che soddisfacente. Il secondo dato che ci piace un po' meno è l'energia elettrica prodotta e non consumata, oltre 12 kWh/anno. Questo poiché la massima produzione l'abbiamo nei mesi estivi dove non è presente il riscaldamento; quindi, questa energia viene reimpressa in rete per un costo irrisorio. Alla fine dell'analisi dello stato di progetto faremo una valutazione economica in merito alla produzione del fotovoltaico, provando a trovare una soluzione per non sprecare quei 12 kWh immessi in rete.

In "dettagli impianto" vengono mostrati i seguenti valori mensili:

- $Q_{fv}$ : energia elettrica prodotta mensilmente dall'impianto.
- $Q_{aux}$ : fabbisogno elettrico totale mensile dei servizi.
- Copertura: copertura percentuale dell'energia elettrica prodotta mensilmente dall'impianto rispetto al fabbisogno elettrico totale mensile dei servizi
- E.E. da rete: energia elettrica mensile prelevata dalla rete elettrica.
- E.E. non consumata: energia elettrica mensile prodotta dall'impianto e non consumata.

Come si può osservare, nella presente, sono riportati i risultati visti in precedenza ma dettagliati per ogni mese. Come si ci poteva aspettare i mesi più critici sono dicembre e gennaio, le giornate sono molto corte e magari le condizioni meteo non saranno ideali. Infatti in quei mesi abbiamo una copertura del 34% e del 27%, quindi dobbiamo ricorrere all'aiuto da rete.

Mese	Q <sub>fv</sub> [kWh]	Q <sub>aux</sub> [kWh]	Copertura [%]	E.E. da rete [kWh]	E.E. non consumata [kWh]
gennaio	663	1868	35,5	1205	0
febbraio	868	1557	55,8	689	0
marzo	1496	723	100,0	0	773
aprile	1812	354	100,0	0	1458
maggio	2161	291	100,0	0	1871
giugno	2283	252	100,0	0	2031
luglio	2421	250	100,0	0	2172
agosto	2107	257	100,0	0	1850
settembre	1569	272	100,0	0	1296
ottobre	1064	396	100,0	0	668
novembre	643	1146	56,1	503	0
dicembre	565	2080	27,2	1515	0
	17651	9444		3912	12118

In ripartizione fra servizi vengono mostrati i seguenti valori mensili:

- $Q_{el,prod,fv}$ : energia elettrica mensile prodotta dall'impianto fotovoltaico al netto del fabbisogno elettrico dello stesso.
- $Q_{el,used,H}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica destinata a coprire i fabbisogni elettrici del servizio riscaldamento.
- $Q_{el,used,W}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica destinata a coprire i fabbisogni elettrici del servizio acqua calda sanitaria.
- $Q_{el,used,C}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica destinata a coprire i fabbisogni elettrici del servizio raffrescamento.
- $Q_{el,used,V}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica destinata a coprire i fabbisogni elettrici del servizio di ventilazione meccanica.
- $Q_{el,used,L}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica destinata a coprire i fabbisogni elettrici del servizio di illuminazione.
- $Q_{el,used,T}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica destinata a coprire i fabbisogni elettrici del servizio di trasporto.
- $Q_{el,surplus}$ : energia elettrica mensile da produzione fotovoltaica non consumata.

Mese	Qel,prod,fv [kWh]	Qel,used,H [kWh]	Qel,used,W [kWh]	Qel,used,C [kWh]	Qel,used,V [kWh]	Qel,used,L [kWh]	Qel,used,T [kWh]	Qel,surplus [kWh]
gennaio	663	534	128	0	0	0	0	0
febbraio	868	660	208	0	0	0	0	0
marzo	1496	342	381	0	0	0	0	773
aprile	1812	23	330	0	0	0	0	1458
maggio	2161	0	291	0	0	0	0	1871
giugno	2283	0	252	0	0	0	0	2031
luglio	2421	0	250	0	0	0	0	2172
agosto	2107	0	257	0	0	0	0	1850
settembre	1569	0	272	0	0	0	0	1296
ottobre	1064	59	336	0	0	0	0	668
novembre	643	427	216	0	0	0	0	0
dicembre	565	448	117	0	0	0	0	0
	17651	2494	3039	0	0	0	0	12118

## 7 Verifiche di legge

Nella seguente sezione si vanno a verificare i risultati dal punto di vista normativo, passaggio fondamentale per l'ammissione alla detrazione fiscale.

Le verifiche di legge secondo il **decreto 26.6.2015 Requisiti minimi** vengono eseguite confrontando i parametri calcolati sull'edificio reale con i parametri determinati sull'edificio di riferimento.

L'edificio di riferimento, definito dal decreto 26.6.2015 (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. Accedendo alla maschera delle verifiche di legge, il software esegue in automatico tutti i calcoli dell'edificio reale e la simulazione dell'edificio di riferimento e dopo di ciò si effettua la verifica, che può essere effettuata sull'intero edificio o zona per zona. Nel nostro caso, ai fini di una classificazione energetica unica del nostro edificio, abbiamo effettuato la verifica sull'intero edificio.

Verifiche di legge D.Interm. 26.06.15 Verifiche di legge DLgs 3 Marzo 2011 n.28

Fase Fase II - 1 Gennaio 2019 edifici pubblici e 1 Gennaio 2021 al...  Edificio ad energia quasi zero

Edificio << < Condominio > >>

Ristrutturazione importante (di primo livello) superiore al 50% della superficie disperdente con rifacimento dell'impianto tem...

Impianto di riscaldamento esistente

Impianto produzione acqua calda sanitaria esistente

Impianto di raffrescamento esistente

Tipo di verifica	Esito	Valore ammissibile		Valore calcolato	u.m.
Verifica termoisometrica	Positiva				
Trasmittanza media divisori e strutture locali non climatizzati	Positiva				
Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile	Positiva				
Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione (Ht)	Positiva				
Indice di prestazione termica utile per riscaldamento	Positiva	33,16	>	29,94	kWh/m²
Indice di prestazione termica utile per il raffrescamento	Positiva	17,94	>	16,84	kWh/m²
Indice di prestazione energetica globale	Positiva	81,44	>	61,84	kWh/m²
Efficienza media stagionale dell'impianto per servizi riscaldamento, acqua calda s...	Positiva				

Come si può osservare tutte le tipologie di verifica richieste sono soddisfatte. Inoltre si effettua un'ulteriore verifica termoisometrica:

⚡ Verifica termoisometrica delle strutture opache				
Cod.	Tipo	Descrizione	Condensa superficiale	Condensa interstiziale
M1	T	Parete esterna	Positiva	Positiva
P1	U	Soletta interpiano verso cantina	Positiva	Positiva
S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	Positiva	Positiva

## 8 Quadro economico e SPB

Nel presente paragrafo viene presentato un quadro economico preliminare, dove nella prima parte viene fatto un quadro generale degli importi dei lavori. Sono presenti tutti gli interventi trainanti e trainati con i relativi massimali, in particolare per la centrale termica il massimale è calcolato considerando le prime 8 unità immobiliari con 20.000,00€ invece da 9 in poi con 15.000,00€ per unità immobiliare, da qui si ha quel 355.000,00€ di massimale per la sostituzione della centrale termica. Inoltre bisogna considerare che nei calcoli del massimale per gli interventi trainanti bisogna considerare sia le unità abitative sia le unità immobiliari facenti parte del complesso edificio-impianto, quindi tutte le pertinenze come cantine/box auto, locali di disimpegno, magazzini ecc. ecc., che siano accatasti C2 e C6, come riportato nella circolare 24/E dell'8 agosto 2020, punto 2.1.4, che afferma: "L'ammontare massimo di spesa ammessa alla detrazione va riferito all'unità abitativa e alle sue pertinenze unitariamente considerate, anche se accatastate separatamente." Quindi è presente l'importo lavori iva esclusa, questo importo è stato preso da computo e da prezziari DEI, e accanto l'importo iva. Inoltre, sono presenti lavori al 50%, poiché i proprietari intendono coibentare anche le parti non riscaldate, quindi prolungare il cappotto fino alla quota del terreno.

Nel secondo documento invece si ha il quadro economico vero e proprio. Dove è riportato pure qui il massimo lordo detraibile, l'importo iva inclusa di ogni singolo intervento e le relative spese tecniche. Infatti, è proprio qui che si va a decidere se ci sono soldi che i condomini devono pagare o meno, a prescindere dei lavori che vanno al 50%. Quindi nella parte "totale lavori + spese tecniche" è presente il valore finale detraibile che corrisponde a 712.375,62 €, ed è presente un'ulteriore riga dove è presente il "totale extra da pagare", che non è sempre zero e per esempio in questo caso abbiamo delle spese dovute al fotovoltaico e all'accumulo che non sono coperte dai massimali del 110% e ovviamente la parte riguardante l'intervento al 50% che corrisponde a 39.200,33 €.

**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO ENERGETICO E RISTRUTTURAZIONE CONDOMINIO - Via Crissolo 3-5 - CARMAGNOLA (TO)**

**INTERVENTO EDILIZIO DI CATEGORIA (DPR 380/2001) : C**

**TIPOLOGIA DI EDIFICIO: CONDOMINIO**

n°di unità immobiliari 21

TIPOLOGIA DI INTERVENTO		IMPORTO MASSIMO BONUS			IMPORTO LAVORI	
N.	(A) - INTERVENTI DI COMPETENZA DEL 110%	Massimale per UI/kW	n. UI/kW	MASSIMO DETRAIBILE	IMPORTO LAVORI IVA ESCLUSA	IMPORTO LAVORI IVA INCLUSA (10%)
1	TRAINANTE 1: CAPPOTTO ISOLAMENTO INVOLUCRO E OPERE ACCESSORIE	30 000,00 €	21	710 000,00 €	237 598,22 €	261 358,04 €
2	TRAINANTE 2: SOSTITUZIONE CENTRALE TERMICA	15 000,00 €	21	355 000,00 €	48 000,00 €	52 800,00 €
3	TRAINANTE 3: SISMABONUS	96 000,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
4	INTERVENTO TRAINATO 1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI	54 545,45 €	9	490 909,05 €	81 195,32 €	89 314,85 €
5	INTERVENTO TRAINATO 2: INSTALLAZIONE CHIUSURE TECNICHE	54 545,45 €	9	490 909,05 €	20 406,70 €	22 447,37 €
6	INTERVENTO TRAINATO 4: IMPIANTO FOTOVOLTAICO	2 400,00 €	16,8	40 320,00 €	39 000,00 €	42 900,00 €
7	INTERVENTO TRAINATO 5: ACCUMULO	1 000,00 €	26,4	26 400,00 €	24 000,00 €	26 400,00 €
8	INTERVENTO TRAINATO 6: COLONNINA	1 500,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
9	INTERVENTO TRAINATO 7: ASCENSORE	96 000,00 €	0	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>VALORE DELL'OPERA (A)</b>				<b>2 113 538,10 €</b>	<b>450 200,24 €</b>	<b>495 220,26 €</b>

N.	(B) - INTERVENTI DI COMPETENZA DEL 50%	Massimale %	n.	MASSIMO DETRAIBILE	IMPORTO LAVORI IVA ESCLUSA	IMPORTO LAVORI IVA INCLUSA (10%)
1	RISTRUTTURAZIONE	50,00%	9	39 200,33 €	51 687,33 €	56 856,06 €
<b>VALORE DELL'OPERA (B)</b>				<b>39 200,33 €</b>	<b>51 687,33 €</b>	<b>56 856,06 €</b>

N.	(C) - INTERVENTI DI COMPETENZA DEL 60%	Massimale %		MASSIMO DETRAIBILE	IMPORTO LAVORI IVA ESCLUSA	IMPORTO LAVORI IVA INCLUSA (10%)
1	RISTRUTTURAZIONE FACCIATA	90,00%	6	0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>VALORE DELL'OPERA (B)</b>				<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>

N.	(D) - INTERVENTI DI COMPETENZA NUOVA COSTRUZIONE	Massimale %		MASSIMO DETRAIBILE	IMPORTO LAVORI IVA ESCLUSA	IMPORTO LAVORI IVA INCLUSA (10%)
1	NUOVE COSTRUZIONI	0,00%		0,00 €	0,00 €	0,00 €
<b>VALORE DELL'OPERA (C)</b>				<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>

<b>VALORE COMPLESSIVO DELL'OPERA (A + B + C)</b>				<b>2 152 738,43 €</b>	<b>501 887,57 €</b>	<b>552 076,33 €</b>
--	--	--	--	-----------------------	---------------------	---------------------

**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO ENERGETICO E RISTRUTTURAZIONE CONDOMINIO - Via Crissolo 3-5 - CARMAGNOLA (TO)**

**SCHEMA QUADRO ECONOMICO DELL'INTERVENTO**

	TRAINANTE 1: ISOLAMENTO INVOLUCRO	TRAINANTE 2: SOSTITUZIONE GENERATORE	TRAINANTE 3: SISMABONUS	INTERVENTO TRAINATO 1: SOSTITUZIONE SERRAMENTI	INTERVENTO TRAINATO 2: INSTALLAZIONE CHIUSURE TECNICHE	INTERVENTO TRAINATO 4: IMPIANTO FOTOVOLTAICO	INTERVENTO TRAINATO 5: ACCUMULO	INTERVENTO TRAINATO 6: COLONNINA	INTERVENTO TRAINATO 7: ASCENSORE	INTERVENTO RISTRUTTURAZIONE 50%	INTERVENTO BONUS FACCIAE 60%	INTERVENTO NUOVA COSTRUZIONE		
<b>IMPORTO MASSIMO DETRAIBILE/CEDIBILE</b>														
	Massimale per unità immobiliare	30 000,00 €	20 000,00 €	96 000,00 €	54 545,45 €	54 545,45 €				96 000,00 €	51 687,33 €	0,00 €	0,00 €	
	Unità immobiliari ammesse alle detrazioni UI	21	21	0	9	9	-	-	-	0	9			
	Massimale per kWp					2 400,00 €	1 000,00 €	1 500,00 €						
	n° kWp					16,80	26,40	0,00						
<b>a</b>	<b>MASSIMO LORDO DETRAIBILE</b>	<b>710 000,00 €</b>	<b>355 000,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>490 909,05 €</b>	<b>490 909,05 €</b>	<b>40 320,00 €</b>	<b>26 400,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>39 200,33 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>2 152 738,43 €</b>
<b>IMPORTO LAVORI</b>														
<b>b</b>	<b>IMPORTO LAVORI IVA ESCLUSA</b>	<b>237 598,22 €</b>	<b>48 000,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>81 195,32 €</b>	<b>20 406,70 €</b>	<b>39 000,00 €</b>	<b>24 000,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>51 687,33 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>501 887,57 €</b>
<b>c</b>	<b>IMPORTO IVA INCLUSA (IVA 10%)</b>	<b>261 358,04 €</b>	<b>52 800,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>89 314,85 €</b>	<b>22 447,37 €</b>	<b>42 900,00 €</b>	<b>26 400,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>56 856,06 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>552 076,33 €</b>
<b>SPESE TECNICHE</b>														
<b>d.1</b>	<b>TOTALE SPESE TECNICHE CASSA E IVA ESCLUSE</b>	<b>43 203,84 €</b>	<b>12 095,05 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>20 325,99 €</b>	<b>7 518,21 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>14 946,95 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>98 090,04 €</b>
<b>d.2</b>	<b>NOMINA Responsabile tecnico</b>	<b>4 751,96 €</b>	<b>960,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>1 623,91 €</b>	<b>408,13 €</b>	<b>780,00 €</b>	<b>480,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>1 137,12 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>10 037,75 €</b>
<b>e</b>	CONTRIBUTO 4% (su d)	1 918,23 €	522,20 €	0,00 €	878,00 €	317,05 €	31,20 €	19,20 €	0,00 €	0,00 €	643,36 €	0,00 €	0,00 €	4 325,11 €
<b>f</b>	IVA AL 22% (d + e)	10 972,29 €	2 987,00 €	0,00 €	5 022,14 €	1 813,55 €	178,46 €	109,82 €	0,00 €	0,00 €	3 680,04 €	0,00 €	0,00 €	24 763,29 €
<b>g</b>	<b>SPESE TECNICHE CASSA E IVA INCLUSE (d + e + f)</b>	<b>60 846,32 €</b>	<b>16 564,25 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>27 850,03 €</b>	<b>10 056,95 €</b>	<b>989,66 €</b>	<b>609,02 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>19 270,35 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>137 216,20 €</b>
	Asseverazione fiscale (IVA 4% + 22%)	6 949,82 €	1 496,16 €	0,00 €	13 500,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	1 137,12 €	0,00 €	0,00 €	23 083,10 €
<b>h</b>											<b>% SPESE TECNICHE SUI LAVORI (d/b)</b>		<b>19,54%</b>	
<b>i</b>	<b>TOTALE LAVORI + SPESE TECNICHE E VERIFICA MASSIMALI (c + g)</b>	<b>329 154,18 €</b>	<b>70 860,41 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>130 664,89 €</b>	<b>32 504,32 €</b>	<b>43 889,66 €</b>	<b>27 009,02 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>78 400,65 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>712 375,62 €</b>
	<b>TOTALE EXTRA DA PAGARE (i - a)</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>3 569,66 €</b>	<b>609,02 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>39 200,33 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>	<b>43 379,01 €</b>

Dopo aver visto i vari importi da computo, è importante capire, a prescindere di “chi paga cosa”, la somma che dovrebbe sborsare il comune cittadino se intendesse riqualificare in maniera massiccia la propria abitazione e quanto tempo debba passare prima di rientrare dall’investimento. Per far ciò abbiamo bisogno di sapere i consumi e le spese in termini di euro stimati fra pre e post-intervento, così da poter svolgere il calcolo del tempo di ritorno semplice. Infatti, nella sezione “consumi” del software, vengono mostrati i consumi dei singoli vettori energetici dello stato di fatto e dello scenario di progetto oltreché alla loro variazione.

Consumi (Co)

Vettore energetico: Metano

	Servizio	Stato di fatto [Sm <sup>3</sup> ]	Scenario [Sm <sup>3</sup> ]	Δ [%]	
Grafici	Riscaldamento (H)	9037	324	-96.4	↓
	Acqua calda sanitaria (W)	1539	46	-97.0	↓
	Raffrescamento (C)	0	0	0.0	
Valori tabellati	Ventilazione (V)	0	0	0.0	
	Illuminazione (L)	0	0	0.0	
	Trasporto (T)	0	0	0.0	
	Globale (GI)	10575	370	-96.5	↓

Consumi (Co)

Vettore energetico: Energia elettrica

	Servizio	Stato di fatto [kWh]	Scenario [kWh]	Δ [%]	
Grafici	Riscaldamento (H)	1220	3031	148.4	↑
	Acqua calda sanitaria (W)	98	881	795.2	↑
	Raffrescamento (C)	0	0	0.0	
Valori tabellati	Ventilazione (V)	0	0	0.0	
	Illuminazione (L)	0	0	0.0	
	Trasporto (T)	0	0	0.0	
	Globale (GI)	1318	3912	196.7	↑

Nella sezione “spese” viene mostrata una tabella contenente le spese annue, relative ai singoli servizi ed al globale, in riferimento allo stato di fatto ed allo scenario di progetto.

Spese (S)				
Vettore energetico: Energia elettrica <input checked="" type="checkbox"/> Spesa totale				
	Servizio	Stato di fatto [€]	Scenario [€]	Δ [%]
Grafici	Riscaldamento (H)	7715,20	1023,63	86.7 ↓
	Acqua calda sanitaria (W)	1286,25	257,81	80.0 ↓
	Raffrescamento (C)	0,00	0,00	0.0
Valori tabellati	Ventilazione (V)	0,00	0,00	0.0
	Illuminazione (L)	0,00	0,00	0.0
	Trasporto (T)	0,00	0,00	0.0
	Globale (GI)	9001,45	1281,44	85.8 ↓

Dopo di ciò nella sezione “valutazione economica” viene inoltre mostrato il costo totale dell’investimento [€], costo che, come si può vedere, corrisponde all’importo lavori iva esclusa, quindi senza mettere alcuna spesa tecnica. Questa è una scelta voluta per far vedere il tempo di ritorno semplice sulla sola somma degli interventi veri e propri; ciò vuol dire che se si considerasse il totale costo dei lavori + spese tecniche, il tempo di ritorno sarebbe ancora maggiore. Poi è presente il risparmio annuo conseguibile [€/anno] e il tempo di ritorno semplice dell’intervento [anni].

Valutazione economica			
Costo totale dell’investimento	Ctot	450200,22	€
Risparmio annuo conseguibile	ΔSgl	7720,01	€/anno
Tempo di ritorno semplice	tr	58,3	anni

Il calcolo dei dati economici avviene utilizzando le seguenti relazioni di calcolo:

$$\text{Spesa annua per riscaldamento} = (\text{consumo combustibile risc} \cdot \text{costo vettore energetico}) + (\text{consumo energia elettrica risc} \cdot \text{costo vettore energetico})$$

$$\text{Spesa annua per ACS} = (\text{consumo combustibile ACS} \cdot \text{costo vettore energetico}) + (\text{consumo energia elettrica ACS} \cdot \text{costo vettore energetico})$$

Nel medesimo modo vengono valutate le spese relative ad ulteriori servizi. I costi dei singoli vettori energetici sono visibili, oltre che modificabili, attraverso la finestra “prezzari” del software, posto nella barra multifunzione. La spesa annua globale è infine data dalla sommatoria delle spese relative ai singoli servizi mentre il tempo di ritorno è dato dal rapporto tra il costo complessivo ed il miglioramento conseguito.

$$\text{Spesa annua complessiva} = \text{Spesa annua per riscaldamento} + \text{Spesa annua per ACS}$$

$$\text{Tempo di ritorno} = \text{Costo complessivo scenario} / \text{Miglioramento spesa annua complessiva}$$

Il “miglioramento spesa annua complessiva” rappresenta la differenza tra la spesa annua complessiva relativa allo stato di fatto ed allo scenario.

## 9 Consumi e risparmi: Pompa di calore e Fotovoltaico

In questo paragrafo andremo a fare una valutazione in merito ai possibili consumi e i relativi risparmi; quindi, vedere quali sono i benefici economici della pompa di calore e del fotovoltaico e vedere se ha davvero senso abbinare questi due prodotti.

Partendo con la pompa di calore, andando a vedere nella sezione “Risultati Energia Primaria” in particolare nel paragrafo dove vengono forniti i “risultati del singolo generatore” è possibile andare a vedere una previsione dei kWh consumati dalla pompa di calore per il riscaldamento e l’acqua calda sanitaria in condizioni standard di funzionamento, dati che con molta probabilità saranno diversi dai reali consumi della macchina, in quanto magari la pompa di calore si troverà a lavorare in condizioni diverse da quelle di progetto.

I valori dei kWh<sub>t</sub> prodotti dalla pompa per soddisfare i fabbisogni e dei kWh<sub>e</sub> consumati dalla medesima per produrre quei kWh<sub>t</sub>, con i relativi COP stagionali sono riassunti in questa tabella:

PDC			
	Riscaldamento	Acs	tot
kWh <sub>t</sub>	18213	13651	31864
kWh <sub>e</sub>	5152	3914	9066
SCOP	3.53	3.48	

Questi valori di SCOP, che corrispondono a quelli visti in precedenza, sono valori accettabili se consideriamo che siamo in presenza di un condominio con 9 unità abitative e con temperature di mandata quasi al limite per una pompa di calore.

Quindi se considero un costo dell’energia elettrica di 0,25 €/kWh<sub>e</sub> la spesa per riscaldamento e acqua calda sanitaria risulta essere:

$$spesa = 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}_e} * 9066 \text{ kWh}_e = 2266,5 \text{ €}$$

È possibile fare un confronto con altri generatori che usano vettori energetici diversi, come per esempio metano e gasolio, e vedere quanto risparmiamo:

Metano: con un PCI= 10 kWh/m<sup>3</sup> e un costo del gas metano che è stato convenzionalmente scelto intorno ai 0,90 €/m<sup>3</sup> si ottiene:

$$spesa = \frac{31864 \text{ kWh}_t}{10 \text{ kWh}_t/\text{m}^3} * 0,9 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} = 2867,76 \text{ €}$$

Producendo un risparmio del 21%, stiamo parlando di circa 600 € di risparmio e non stiamo inserendo i benefici del fotovoltaico.

Gasolio per riscaldamento: con un PCI= 10,7 kWh/litro e un costo di 1.7 €/litro, preso dal sito del MISE, otteniamo:

$$spesa = \frac{31864 \text{ kWh}_t}{10,7 \text{ kWh}_t/\text{litro}} * 1,7 \frac{\text{€}}{\text{litro}} = 5062,5 \text{ €}$$

Producendo un risparmio del 55%, quindi circa 2796€ di risparmio, sempre senza contare i benefici del fotovoltaico.

Adesso passiamo all'impianto fotovoltaico e nella sezione dedicata ai risultati del mio impianto fotovoltaico ci sono già riassunti tutti i dati che ci servono per fare i nostri ragionamenti e che riporto nella tabella seguente:

Dati fotovoltaico		
Produzione	17651	kWhe
Immissione	12118	kWhe
En. Elettrica prelevata da rete	3912	kWhe
En. Elettrica autoconsumata	5533	kWhe
Consumo totale dell'edificio	9445	kWhe

La percentuale di autoconsumo sarà:

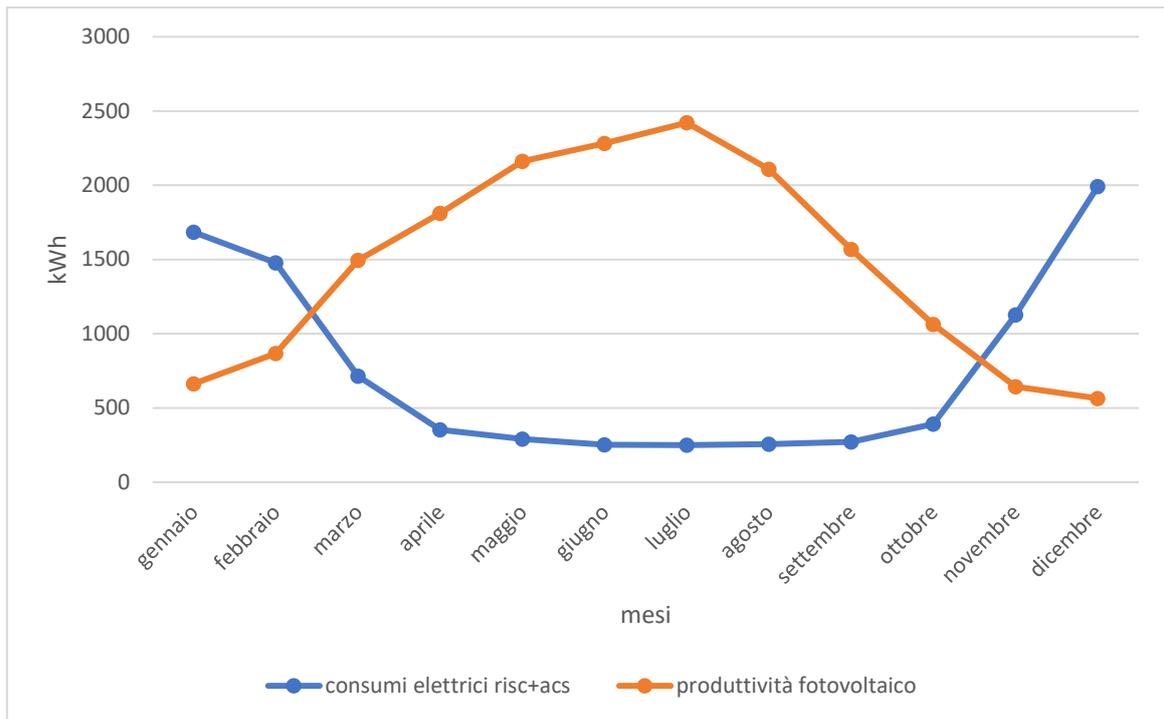
$$\%autoconsumo = \frac{autoconsumo}{produzione} = 31,34\%$$

Cioè circa un terzo dell'energia prodotta è stata autoconsumata e il restante è stato immesso in rete. Questo è spiegabile dalla seguente tabella e il relativo grafico:

mesi	consumi risc [kWhe]	consumi acs [kWhe]	tot	produttività fotovoltaico [kWh]
gennaio	1327	358	1685	663
febbraio	1104	373	1477	868
marzo	334	381	715	1496
aprile	23	330	353	1812
maggio		291	291	2161
giugno		252	252	2283
luglio		250	250	2421
agosto		257	257	2107
settembre		272	272	1569
ottobre	57	336	393	1064
novembre	744	384	1128	643
dicembre	1563	429	1992	565

Questi valori sono stati presi sempre dalla sezione risultati di energia primaria nel paragrafo risultato per generatore, dove ci vengono forniti i consumi elettrici della pompa di calore sia per il riscaldamento che per l'acqua calda sanitaria.

La spiegazione di quel 31,34% di autoconsumo è ben visibile in questo grafico, poiché la produttività del fotovoltaico è molto elevata nei mesi estivi, con condizioni climatiche favorevoli e giornate più lunghe. Mentre i consumi hanno un andamento che è esattamente l'opposto, sono molto più alti nei mesi invernali quando abbiamo il riscaldamento.



Tuttavia, questo autoconsumo ha generato un risparmio, identificabile come:

$$\frac{\text{autoconsumo}}{\text{consumi tot dell'edificio}} = 58,6\%$$

ciò sarebbe la percentuale di energia elettrica gratis che ha assorbito l'edificio. Possiamo vedere inoltre che quasi il 100% dei consumi elettrici sono imputati alla pompa di calore. Inoltre, è possibile quantificare il risparmio in termini economici andando a fare:

$$5533 \text{ kWh}_{el} * 0,25 \frac{\text{€}}{\text{kWh}_{el}} = 1383,25 \text{ €}$$

Quindi con l'aiuto del fotovoltaico io risparmio quei 1383,25 €, andando effettivamente a pagare circa 883,25 € in anno di funzionamento tipo. Naturalmente non sono stati considerati gli accumuli sul fotovoltaico e nemmeno il ritiro dedicato sull'energia elettrica non consumata e immessa in rete.

Dal grafico sopra possiamo vedere che la maggior parte dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico viene prodotta nei mesi in cui la pompa di calore praticamente non lavora; quindi, quei 12 kWh vengono sprecati immettendoli in rete in favore del GSE. Questo perché con il superbonus la produzione del fotovoltaico è a servizio dei consumi delle parti comuni dell'edificio, quindi i consumi della pompa di calore essendo un impianto centralizzato e poi per l'illuminazione del vano scala e delle zone comuni condominiali. Quindi i condòmini non possono utilizzare l'energia in eccesso per soddisfare i consumi delle utenze private.

Tuttavia, è possibile ovviare a questa situazione, instaurando una “**Comunità Energetica Di Autoconsumo**”. L’Agenzia delle Entrate con la Risoluzione n. 18/E del 12 marzo 2021 ha specificato che l’installazione degli impianti solari fotovoltaici fino a 200 kW da parte di comunità energetiche rinnovabili costituite in forma di enti non commerciali o da parte di condomini che aderiscono alle configurazioni di cui all’art. 42-bis del D.L. n. 162/2019, rientra tra gli interventi ammessi al superbonus.

L’ENEA ha diramato un vademecum proprio sulle comunità energetiche (La comunità energetica – Vademecum 2021) nel quale rispondendo alle classiche domande:

WHAT - Che cosa è la comunità energetica?

HOW - Come si fa una comunità energetica?

WHY - Perché una comunità energetica? Vantaggi economici ed ambientali.

WHERE - Dove sono le comunità energetiche?

WHICH - Quale supporto per la comunità energetica?

WHO - Chi fa la comunità energetica?

ha fornito uno strumento valido per capire come funziona una comunità energetica.

L’autoconsumo di energia è una coalizione di utenti che, tramite la volontaria adesione ad un soggetto giuridico, collaborano con l’obiettivo di produrre, consumare e gestire l’energia attraverso uno più impianti energetici locali. Ogni comunità ha le proprie caratteristiche specifiche, ma tutte sono accomunate da uno stesso obiettivo: autoprodurre e fornire energia rinnovabile a prezzi accessibili ai propri membri.

Per definizione l’autoconsumo è “la possibilità di consumare in loco l’energia elettrica prodotta da un impianto di generazione locale per far fronte ai propri fabbisogni energetici”.

L’autoconsumo di energia si può realizzare a tre livelli: individuale, collettivo e di comunità. Nel nostro caso si parla di autoconsumo collettivo, ovvero è composto da una pluralità di consumatori ubicati all’interno di un edificio in cui sono presenti uno o più impianti alimentati esclusivamente da fonti rinnovabili. Gli impianti possono essere di proprietà di soggetti terzi e usufruire di specifici benefici, come le detrazioni fiscali. Il tipico esempio è quello del condominio con un impianto fotovoltaico sul tetto che fornisce elettricità alle utenze condominiali ed alle unità abitative di coloro che aderiscono.

Un cittadino, un condominio, una Pubblica Amministrazione o un'impresa che scelga di autoconsumare l'energia elettrica prodotta da un impianto fotovoltaico accede ad una serie di vantaggi economici:

- **Risparmio in bolletta:** più energia si autoconsuma direttamente e più si riducono i costi delle componenti variabili della bolletta (quota energia, oneri di rete e relative imposte).
- **Guadagno sull'energia prodotta:** produrre energia con un impianto fotovoltaico può rappresentare una fonte di guadagno grazie ai meccanismi incentivanti.
- **Agevolazioni fiscali (detrazioni o superammortamento):** recupero del 50% dei costi di realizzazione per i privati che realizzino un impianto fotovoltaico sul tetto di un edificio. Per le imprese è previsto il superammortamento del 130% del valore dell'investimento e infine, la detrazione al 110%, con tutte le modalità per accedere al superbonus che sono state ampiamente dette. Oltre a ciò è presente pure un fattore ambientale, poiché in una comunità energetica l'energia viene prodotta da fotovoltaico, si riducono le emissioni di CO<sub>2</sub> e di altri gas climalteranti.

## 10 Confronto classe energetica

In questa fase andremo a definire la nostra classe energetica finale dopo gli interventi. Per prima cosa dobbiamo definire che questa pratica è riferita all'intero edificio e che gli interventi trainanti sono effettuati su un edificio condominiale.

**Pratica riferita a**

Intero edificio  Gruppo zone   Singola zona:

**Descrizione sintetica dell'edificio**

riqualificazione energetica superbonus

**Intervento trainante su**

Edificio condominiale  
 Edificio unifamiliare  
 Unità immobiliare situata all'interno di edifici plurifamiliari, funzionalmente indipendenti e con accesso autonomo

Quindi si definiscono gli interventi, suddividendoli fra: trainanti e trainati.

**Interventi trainanti**

Isolamento termico delle superfici verticali, orizzontali e inclinate > 25% superficie disperdente  
 Sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale  
 Solare termico  
 Generatore a biomassa (esclusivamente per le aree non metanizzate nei comuni non interessati dalle procedure di infrazione comunitaria)   
 Allaccio teleriscaldamento (esclusivamente per i comuni montani non interessati dalle procedure di infrazione comunitaria)

**Interventi trainati**

345 A) Interventi sull'involucro:  Strutture opache  Serramenti e infissi    
 345 B) Schemature solari    
 346 Solare termico   
 347 A) Sostituzione integrale o parziale di impianti di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria   
 347 B) Installazione di impianti a biomassa   
 B.A. Installazione di sistemi di building automation    
 Installazione impianto fotovoltaico e sistema di accumulo

Fra i trainanti abbiamo naturalmente sia il cappotto delle strutture disperdenti e sia la sostituzione dell'impianto di riscaldamento e questo, come vedremo successivamente, ci permette di risparmiare tantissima energia primaria non rinnovabile, grazie anche ad un buon dimensionamento della pompa di calore.

**Risparmio di energia primaria**

Risparmio di energia primaria non rinnovabile di progetto  kWh/anno

PV. Pareti verticali												
	Cod.	Tipo	Descrizione	Confine	Superficie [m <sup>2</sup> ]	YIE [W/m <sup>2</sup> K]	Upre [W/m <sup>2</sup> K]		Umax [W/m <sup>2</sup> K]	Upost [W/m <sup>2</sup> K]	Verifica pre intervento	Verifica post intervento
<input checked="" type="checkbox"/>	M1	T	Parete esterna	verso esterno	693,56	0,012	0,993	>	0,230	0,189	Positiva	Positiva
PO. Strutture orizzontali o inclinate (Coperture)												
	Cod.	Tipo	Descrizione	Confine	Superficie [m <sup>2</sup> ]	YIE [W/m <sup>2</sup> K]	Upre [W/m <sup>2</sup> K]		Umax [W/m <sup>2</sup> K]	Upost [W/m <sup>2</sup> K]	Verifica pre intervento	Verifica post intervento
<input checked="" type="checkbox"/>	S2	U	Soletta interpiano verso sottotetto	zona non riscaldata	264,08	0,005	0,317	>	0,200	0,186	Positiva	Positiva
PS. Pavimenti												
	Cod.	Tipo	Descrizione	Confine	Superficie [m <sup>2</sup> ]	YIE [W/m <sup>2</sup> K]	Upre [W/m <sup>2</sup> K]		Umax [W/m <sup>2</sup> K]	Upost [W/m <sup>2</sup> K]	Verifica pre intervento	Verifica post intervento
<input checked="" type="checkbox"/>	P1	U	Soletta interpiano verso cantina	zona non riscaldata	264,08	0,012	1,254	>	0,250	0,206	Positiva	Positiva

Pompe di calore							
	Impianto	Servizi	Marca/Serie/Modello	Pn [kW]	Verifica	COP/GUE/EER min [-]	COP/GUE/EER [-]
<input checked="" type="checkbox"/>	Centralizzato	Riscaldamento e acqua calda sanitaria	VISSMANN St/Vitocal 2xx-S/Vitocal...	14,20	Positiva	3,90 ≤	4,80

Caldaie a condensazione							
	Impianto	Servizi	Marca/Serie/Modello	Pn [kW]	Verifica	ηu100% min [%]	ηu100% [%]
<input checked="" type="checkbox"/>	Centralizzato	Riscaldamento e acqua calda sanitaria	VISSMANN St/Vitodens 200-W B2H...	29,36	Positiva	95,9 ≤	98,2

Come si può vedere le verifiche sulle trasmittanze, sui COP e sul rendimento della caldaia è ampiamente soddisfatto.

Negli interventi trainati abbiamo, la sostituzione degli infissi e delle schermature solari, l'installazione di building automation che ti permette di ottimizzare al meglio le prestazioni della centrale termica e infine l'installazione dell'impianto fotovoltaico con relativo accumulo.

**Risparmio di energia primaria**

Risparmio di energia primaria non rinnovabile di progetto  kWh/anno

**IN. Infissi**

	Cod.	Tipo	Descrizione	Confine	Superficie [m²]	Upre [W/m²K]	Umax [W/m²K]	Upost [W/m²K]	Verifica pre intervento	Verifica post intervento
<input checked="" type="checkbox"/>	W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	verso esterno	12,60	2,200	1,300 ≥	0,950	Positiva	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	verso esterno	43,20	2,200	1,300 ≥	0,950	Positiva	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W3	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	verso esterno	17,28	2,200	1,300 ≥	0,950	Positiva	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	verso esterno	10,08	2,200	1,300 ≥	0,820	Positiva	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W5	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	verso esterno	5,04	2,200	1,300 ≥	0,950	Positiva	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W7	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	verso esterno	4,89	2,200	1,300 ≥	0,820	Positiva	Positiva

**Risparmio di energia primaria**

Risparmio di energia primaria non rinnovabile di progetto  kWh/anno

**SS. Schermature solari**

	Cod.	Tipo	Descrizione	Esposizione	Superficie [m²]	Ggl,sh [-]	Ggl,sh amm. [-]	Verifica
<input checked="" type="checkbox"/>	W1	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	S	6,30	0,318 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	S	21,60	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	E	10,80	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W2	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	O	10,80	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W3	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	E	8,64	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W3	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	O	8,64	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	E	3,36	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W4	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	O	3,36	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W5	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	S	5,04	0,319 ≤	0,350	Positiva
<input checked="" type="checkbox"/>	W7	T	Telaio in PVC termoisolante_ U...	O	4,89	0,319 ≤	0,350	Positiva

Sia i valori delle schermature che degli infissi sono ampiamente soddisfatti.

Per quanto riguarda la building automation il software di calcolo ci permette di stimare quanta energia prima non rinnovabile andiamo a risparmiare utilizzando un sistema ottimizzazione automatizzato. Naturalmente si parte da una classe D ovvero, che non è presente nessun tipo di BACS. Andando a definire per il riscaldamento, quale livello di automazione vogliamo fornire, e di seguito sono riportate alcune ipotesi.

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo di emissione</b>
		<i>Il sistema di controllo è installato sul terminale o nel relativo ambiente; per il caso 1 il sistema può controllare diversi ambienti</i>
<input type="radio"/>	0	Nessun controllo automatico
<input type="radio"/>	1	Controllo automatico centralizzato
<input type="radio"/>	2	Controllo automatico di ogni ambiente (mediante valvole termostatiche o regolatori elettronici)
<input checked="" type="radio"/>	3	Controllo automatico di ogni ambiente e con comunicazione (tra regolatori e BACS)
<input type="radio"/>	4	Controllo integrato di ogni locale con comunicazione e rilevatore di presenza

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo della temperatura dell'acqua calda all'interno della rete di distribuzione (mandata o ritorno)</b>
		<i>Funzioni simili possono essere applicate al riscaldamento elettrico</i>
<input type="radio"/>	0	Nessun controllo automatico
<input type="radio"/>	1	Controllo con compensazione con temperatura esterna
<input checked="" type="radio"/>	2	Controllo basato sulla richiesta termica

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo delle pompe di distribuzione in rete</b>
		<i>Le pompe controllate possono essere installate a diversi livelli nella rete di distribuzione</i>
<input type="radio"/>	0	Nessun controllo automatico
<input type="radio"/>	1	Controllo On-Off
<input type="radio"/>	2	Controllo pompa multi-stadio
<input checked="" type="radio"/>	3	Controllo pompa a velocità variabile

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo intermittente dell'emissione e/o distribuzione</b>
		<i>Un solo regolatore può controllare diversi ambienti/zone aventi lo stesso profilo di occupazione</i>
<input type="radio"/>	0	Nessun controllo automatico
<input type="radio"/>	1	Controllo automatico con programma orario fisso
<input type="radio"/>	2	Controllo automatico con partenza/arresto ottimizzato
<input checked="" type="radio"/>	3	Controllo automatico con calcolo della richiesta termica

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo del generatore (a combustione e teleriscaldamento)</b>
<input type="radio"/>	0	Controllo a temperatura costante
<input type="radio"/>	1	Controllo a temperatura variabile in dipendenza di quella esterna
<input checked="" type="radio"/>	2	Controllo a temperatura variabile in dipendenza dal carico
<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo del generatore (per pompe di calore)</b>
<input type="radio"/>	0	Controllo a temperatura costante
<input type="radio"/>	1	Controllo a temperatura variabile in dipendenza di quella esterna
<input checked="" type="radio"/>	2	Controllo a temperatura variabile in dipendenza del carico o della richiesta
<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo sequenziale di differenti generatori</b>
<input type="radio"/>	0	Priorità basate solo sul tempo di funzionamento
<input type="radio"/>	1	Priorità basate solo sui carichi
<input type="radio"/>	2	Priorità basate sui carichi e sulla richiesta termica
<input checked="" type="radio"/>	3	Priorità basate sull'efficienza dei generatori

Poi si passa alle ipotesi per l'acqua calda sanitaria:

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo della temperatura nel serbatoio di accumulo con integrazione di riscaldamento elettrico o con pompa di calore elettrica</b>
<input type="radio"/>	0	Controllo automatico On-Off
<input type="radio"/>	1	Controllo automatico On-Off e controllo temporale
<input checked="" type="radio"/>	2	Controllo automatico On-Off, controllo temporale e gestione con sensori multipli di temperatura

Dopo di ciò si passa alle schermature solari e alla gestione impianto:

<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Controllo schemature solari</b>
<input type="radio"/>	0	Funzionamento manuale
<input type="radio"/>	1	Funzionamento motorizzato con azionamento manuale
<input checked="" type="radio"/>	2	Funzionamento motorizzato con azionamento automatico
<input type="radio"/>	3	Regolazione combinata luce/oscuranti/HVAC

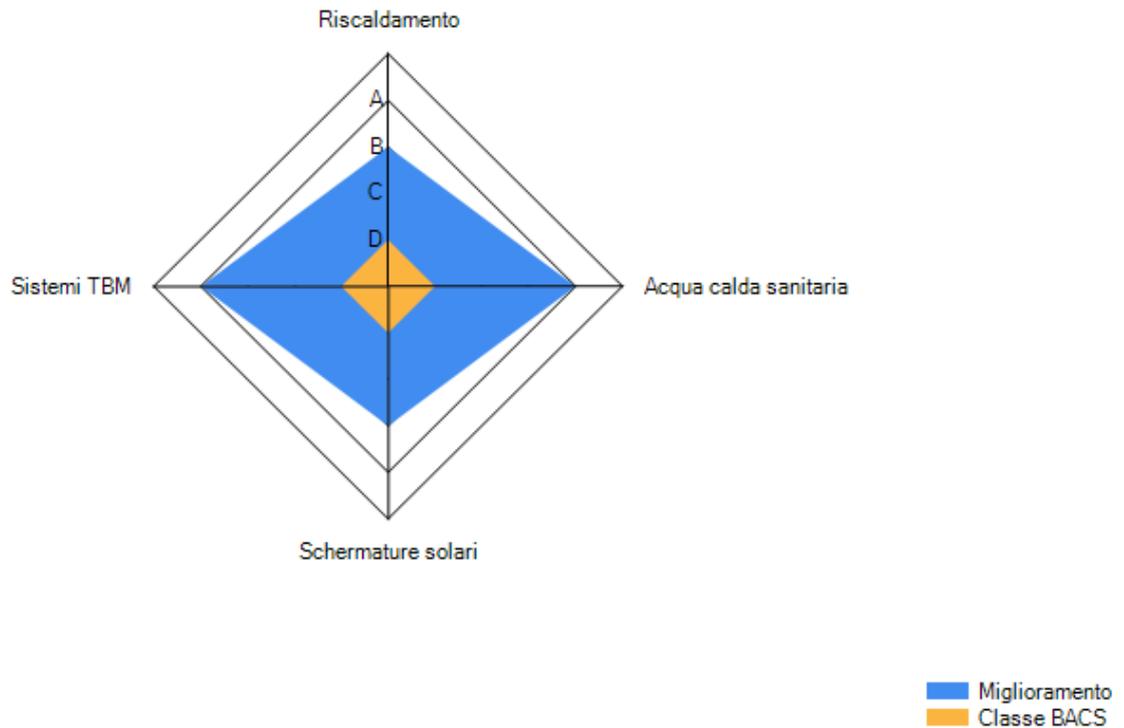
<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Rilevamento dei guasti, diagnostica e supporto nella diagnosi dei guasti</b>
<input type="radio"/>	0	No
<input checked="" type="radio"/>	1	Si
<input checked="" type="checkbox"/>		<b>Reportistica riguardante i consumi energetici, le condizioni interne</b>
<input type="radio"/>	0	No
<input checked="" type="radio"/>	1	Si

Questi sono i risultati dalle ipotesi precedentemente esposte, come si può vedere si parte da una classe D, e si passa ad una classe totale B, con i relativi miglioramenti e il risparmio di energia primaria non rinnovabile.

Tipo controllo	Punteggio medio	Classe BACS	Miglioramento	% Miglioramento	Risparmio EPnren [kWh]
Riscaldamento	0,00	D	B	18,10	4927
Acqua calda sanitaria	0,00	D	A	25,92	4096
Raffrescamento	0,00			0,00	0
Ventilazione e condizionamento	0,00			0,00	0
Illuminazione	0,00			0,00	0
Schemature solari	0,00	D	B	-	-
Gestione impianti tecnici (TBM)	0,00	D	A	-	-
<b>TOTALE</b>	<b>0,00</b>	<b>D</b>	<b>B</b>	<b>20,97</b>	<b>9023</b>

E di seguito è riportato un grafico fra la classe attuale senza building automation e i vari interventi migliorativi.

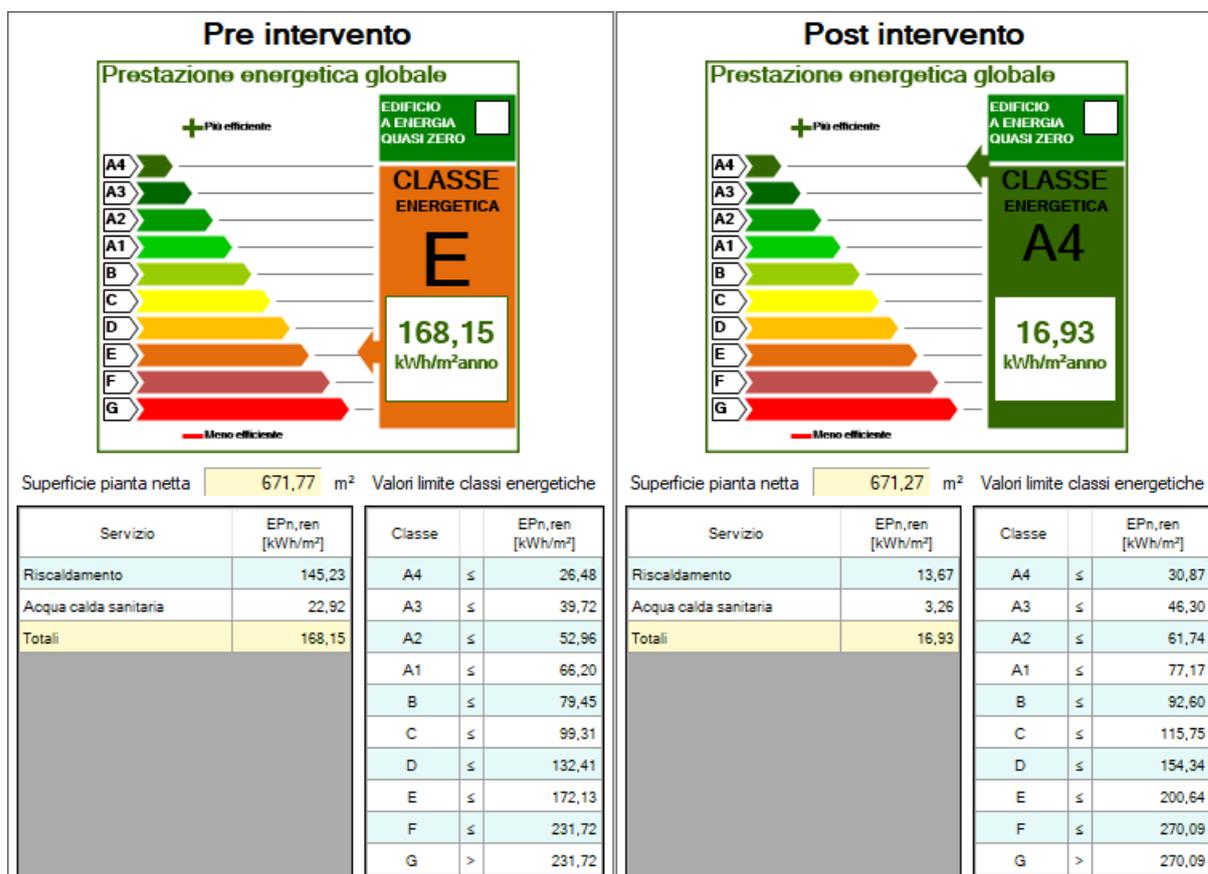
## Classificazione



Riassunto della potenza installata per l'impianto fotovoltaico e il relativo accumulo, questo valore è stato scelto innanzitutto in base alla capienza del tetto e poi con l'obiettivo di raggiungere il più alto tasso di autoconsumo; dopo abbiamo dimensionato inverte ed accumulo in base alla potenza installata del fotovoltaico.

Impianti					
	Impianto	Potenza di picco [kW]	Codice POD	Sistema di accumulo	Capacità accumulo [kWh]
<input checked="" type="checkbox"/>	Centralizzato	16,80		Presente	26,40

Dopo ciò si passa al confronto fra lo stato pre-intervento e il post-intervento attraverso gli APE convenzionali:



Possiamo vedere che pre-intervento si partiva da una classe E con 168,15 kWh/m<sup>2</sup>anno; quindi, diciamo che siamo molto vicini al limite inferiore della Classe E. Con gli interventi migliorativi riusciamo a raggiungere la massima classe, Classe A4, e direi anche con buon margine sul limite inferiore per il passaggio in A3, quindi una Classe A4 piena. Questo risultato è stato raggiunto grazie alla combinazione di, praticamente, tutti gli interventi di efficientamento energetico disponibili in ambito superbonus. Infatti, la sola installazione di un sistema ibrido, ben dimensionato, senza inserire un impianto fotovoltaico e il cappotto delle pareti esterne, permette di raggiungere nella maggior parte dei casi un doppio salto di classe.

Inoltre, per terminare, è possibile fare un confronto sull'andamento della CO<sub>2</sub> fra lo stato di fatto, quello di progetto e il caso in cui non è presente il fotovoltaico.

Si parte dalla condizione pre-intervento:

Fabbisogni di energia primaria e indici di prestazione				<input checked="" type="radio"/> Energia primaria	<input type="radio"/> Indici di prestazione energetica
Servizio	Qp,nren [kWh]	Qp,ren [kWh]	Qp,tot [kWh]		
Riscaldamento	91788	573	92361		
Acqua calda sanitaria	15415	46	15461		
Globale	107202	620	107822		

Vettori energetici ed emissioni di CO <sub>2</sub>				
Vettore energetico	Consumo	U.M.	CO <sub>2</sub> [kg/anno]	Servizi
Metano	10025	Nm <sup>3</sup> /anno	20926	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria
Energia elettrica	1318	kWh <sub>el</sub> /anno	607	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria

Sapendo che un m<sup>3</sup> di metano produce circa 1,8-2 kg di CO<sub>2</sub>, ecco nelle condizioni attuali il mio edificio produce circa 20926 kg/anno di CO<sub>2</sub>. Invece, sapendo che 1 kWh<sub>el</sub> comporta la produzione di circa 0,4-0,46 kg di CO<sub>2</sub>, ricaviamo quei 607 kg/anno di CO<sub>2</sub>, per un totale di 21533 kg/anno di CO<sub>2</sub>.

Nella condizione senza fotovoltaico:

Fabbisogni di energia primaria e indici di prestazione				<input checked="" type="radio"/> Energia primaria	<input type="radio"/> Indici di prestazione energetica
Servizio	Qp,nren [kWh]	Qp,ren [kWh]	Qp,tot [kWh]		
Riscaldamento	13982	15657	29639		
Acqua calda sanitaria	8097	11579	19676		
Globale	22079	27236	49315		

Vettori energetici ed emissioni di CO <sub>2</sub>				
Vettore energetico	Consumo	U.M.	CO <sub>2</sub> [kg/anno]	Servizi
Metano	351	Nm <sup>3</sup> /anno	733	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria
Energia elettrica	9444	kWh <sub>el</sub> /anno	4344	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria

Con gli stessi valori, possiamo notare che diminuiscono sensibilmente i consumi di metano e aumentano quelli dell'energia elettrica, questo mette in evidenza la sola sostituzione della centrale termica, passando da una caldaia a un impianto ibrido con un funzionamento per la maggior parte del tempo della pompa di calore. Questo

comporta ad avere un totale di 5077 kg/anno di CO<sub>2</sub> prodotta, con una quantità di CO<sub>2</sub> evitata del 76,4%.

Per concludere si prende in considerazione il caso di progetto effettivo, quindi si inserisce l'apporto del fotovoltaico:

Fabbisogni di energia primaria e indici di prestazione				<input checked="" type="radio"/> Energia primaria	<input type="radio"/> Indici di prestazione energetica
Servizio	Qp.nren [kWh]	Qp.ren [kWh]	Qp.tot [kWh]		
Riscaldamento	9119	16979	26098		
Acqua calda sanitaria	2171	13190	15361		
Globale	11290	30168	41458		

Vettori energetici ed emissioni di CO <sub>2</sub>				
Vettore energetico	Consumo	U.M.	CO <sub>2</sub> [kg/anno]	Servizi
Metano	351	Nm <sup>3</sup> /anno	733	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria
Energia elettrica	3912	kWhel/anno	1799	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria

La parte riguardante il metano rimane la stessa e sarebbe la quota che ricopre la caldaia quando è chiamata in causa, i kWh<sub>el</sub> sono diminuiti naturalmente, poiché una buona fetta è stata fornita dal mio impianto fotovoltaico, che corrisponde alla quota di autoconsumo vista precedentemente. Questo comporta un totale di 2532 kg/anno di CO<sub>2</sub> prodotta, con una quantità di CO<sub>2</sub> evitata del 88.24%.

## ***11 Conclusione***

Il lavoro svolto mi ha permesso di mettere in pratica ciò che è stato studiato negli anni di magistrale e avere una più chiara idea dell'importanza della riqualificazione energetica degli edifici di vecchia costruzione. La riduzione delle dispersioni e le scelte impiantistiche da effettuare per ottenere un risparmio energetico, non rappresentano solo la mera risposta alle direttive europee in materia di efficientamento degli edifici, ma costituiscono l'impegno che ciascun cittadino prende, quando decide di investire per riqualificare casa, nei confronti di un'epoca in cui i problemi legati all'inquinamento e all'incontrollato uso delle risorse primarie sono all'ordine del giorno.

E in quest'ottica, l'ecoincentivo introdotto dal decreto Rilancio rappresenta un'occasione imperdibile per il rinnovo del parco edilizio italiano, l'efficienza energetica è un tema di vitale importanza per l'Italia e per il mondo in generale, se si vuole rispettare quanto firmato nei trattati, quindi gli obiettivi al 2030 e al 2050. Ciò che deriva dall'incentivo del 110% è che si deve fare di tutto per sfruttare a pieno questa opportunità, e non limitarsi solamente al passaggio di due classi. Lo scopo del progettista che realizza gli interventi di miglioramento deve essere di fare il possibile per migliorare energeticamente l'edificio e la vita dei suoi occupanti, il più vicino possibile al concetto di edificio a energia zero, criterio che adesso è obbligatorio per la realizzazione di edifici di nuova costruzione per la pubblica amministrazione e per le scuole. Questo concetto dovrebbe essere anche esteso a tutto il parco edilizio, anche se le difficoltà non sarebbero limitate, poiché non tutti gli edifici possono diventare nzeb, basti pensare all'enorme patrimonio culturale di musei e palazzi antichi che caratterizzano il nostro paese, i quali non hanno l'obbligo di attestare la loro efficienza energetica. A mio parere per diminuire la nostra impronta ecologica bisogna cercare di estendere tutte le migliorie possibili e compatibili a tutti gli edifici del nostro parco edilizio, senza esentare abitazioni e/o uffici che sono in luoghi come centri storici o di importanza di patrimonio culturale. Per migliorie non si intende interventi che modificano le componenti strutturali di tali edifici, ma il cambio di una centrale termica ben dimensionata, la sostituzione dei serramenti e l'installazione di pannelli FV, possono essere soluzioni valide per ridurre il fabbisogno di energia primaria non rinnovabile dell'edificio. Questo discorso vale comunque in compresenza di incentivi da parte dello stato poiché come si è visto dall'analisi economica degli scenari la spesa economica non è trascurabile per i cittadini che decidono di aumentare l'efficienza energetica delle proprie abitazioni, in quanto le cifre da investire sono considerevoli. Un grande passo avanti è stato il prolungamento al 2025 del superbonus, anche se con una quota incentivante che dal 2024 sarà al 70% e nel 2025 sarà al 65%. Infatti, un'altra soluzione possibile per incentivare l'efficienza energetica degli edifici potrebbe essere quella di tassare ulteriormente la CO<sub>2</sub> prodotta dagli impianti con un conseguente aumento del costo dell'energia elettrica, così da indurre gli utenti a consumare in maniera più responsabile l'energia. Questo processo si chiama induced energy saving, questo metodo porta i consumatori (cittadini e industrie) ad apportare politiche di risparmio

energetico e di conseguenza i produttori sarebbero orientati a far scendere il prezzo a un livello più competitivo e investirebbero sulle rinnovabili per non pagare ulteriori tasse sulle emissioni. Per arginare i cambiamenti climatici bisogna che ognuno faccia la sua parte; quindi, secondo la possibile soluzione esposta in precedenza bisognerebbe sia tassare sulle emissioni sia che lo stato aiuti le imprese e i cittadini a finanziare lo sviluppo di un'economia sostenibile.

In un periodo storico come quello attuale, in cui si è quasi usciti da una pandemia e l'ombra cupa di un possibile conflitto mondiale avanza inesorabile di giorno in giorno, il nostro sistema energetico nazionale è stato già messo ampiamente in crisi, poiché fonti primarie come gas naturale, petrolio e carbone sono importati quasi totalmente da paesi esteri, in primis proprio dalla Russia, questo ovviamente contribuisce al debito pubblico dello stato e alla sua dipendenza energetica da altre nazioni. Diminuire quindi la nostra spesa energetica non è solo una questione di sostenibilità, ma è anche una questione di indipendenza energetica per arrivare in futuro a soddisfare il fabbisogno energetico del paese tramite un mix energetico ampio e diversificato in cui le fonti rinnovabili possano essere protagoniste.

## 12 Bibliografia e sitografia

- [1] Ministero dello Sviluppo Economico, *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima*, 21/01/2020.
- [2] Ministero della Transizione Ecologica, *Strategia Italiana Di Lungo Termine Sulla Riduzione Delle Emissioni Dei Gas A Effetto Serra*, 01/01/2021.
- [3] Ministero dello Sviluppo Economico, *STREPIN 2020-Strategia Per La Riqualificazione Energetica Del Parco Immobiliare Nazionale*, 25/11/2020.
- [4] Agenzia delle Entrate, *SUPERBONUS 110%, detrazioni per interventi di efficientamento energetico, sisma bonus, fotovoltaico, colonnine di ricarica di veicoli elettrici, eliminazione delle barriere architettoniche*, settembre 2021.
- [5] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D.L. Rilancio n°34, Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19*, 19/05/2020, art. 119
- [6] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D.L. Rilancio n°34, Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19*, 19/05/2020, art. 121
- [7] Agenzia delle Entrate, Circolare 24/E, *Detrazione per interventi di efficientamento energetico e di riduzione del rischio sismico degli edifici, nonché opzione per la cessione o per lo sconto in luogo della detrazione previste dagli articoli 119 e 121 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 (Decreto Rilancio) convertito con modificazione dalla legge 17 luglio 2020, n. 77– Primi chiarimenti*, 08/07/2020.
- [8] Agenzia delle Entrate, Circolare 30/E, *Detrazione per interventi di efficientamento energetico e di riduzione del rischio sismico degli edifici prevista dall'articolo 119 del decreto-legge 19 maggio 2020, n. 34 (Decreto Rilancio) – Risposte a quesiti*, 22/12/2020.
- [9] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *L. n. 178, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2021 e bilancio pluriennale per il triennio 2021-2023*. 30/12/2020.
- [10] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *L. n. 234, Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2022 e bilancio pluriennale per il triennio 2022-2024*. 31/12/2021
- [11] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *L. n°10, Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*, 09/01/1991.
- [12] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D.L. n°192, Attuazione della direttiva (UE) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*, 19/08/2005, art. 3.

[13] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *L. n°90, 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*, 03/08/2013, art. 1.

[14] Ministero dello Sviluppo Economico, *D.I 26/06/2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*, 26/06/2015, art. 4. 74

[15] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D.L n°48, 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*, 10/06/2020, art. 3.

[16] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D. Requisiti tecnici, Requisiti tecnici per l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici - cd. Ecobonus*, 6/08/2020.

[17] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D. Asseverazioni, Requisiti delle asseverazioni per l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici - cd. Ecobonus*, 6/08/2020

[18] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D. Requisiti tecnici, Requisiti tecnici per l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici - cd. Ecobonus*, 6/08/2020.

[19] Gazzetta ufficiale della Repubblica Italiana, *D. Requisiti tecnici, Requisiti tecnici per l'accesso alle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici - cd. Ecobonus*, 6/08/2020, allegato I.

[20] Idraulica Caleffi, *Idraulica n°61: Gli Impianti A Pompa Di Calore Aria-Acqua*, dicembre 2021.

[21] Ente nazionale italiano di unificazione, *UNI EN ISO 6946:2018, Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodi di calcolo*, 01/03/2018.

[22] Ente nazionale italiano di unificazione, *UNI ISO 9869:2015, Isolamento termico - Elementi per l'edilizia - Misurazione in situ della resistenza termica e della trasmittanza termica - Parte 1: Metodo del termoflussimetro*, 22/10/25.

[23] Ente nazionale italiano di unificazione, *UNI/TS 11300-1:2014, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*, 02/10/2014.

[24] Ente nazionale italiano di unificazione, *UNI T/S 11300-2, Prestazioni energetiche degli edifici Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali*, 07/02/2019.

[25] Ente nazionale italiano di unificazione, UNI/TS 11300-4:2016, *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*, 31/03/2016

[26] Ente nazionale italiano di unificazione, UNI EN ISO 10077:2018, *Prestazione termica di finestre, porte e chiusure oscuranti - Calcolo della trasmittanza termica*, 01/03/2018.

[27] Ente nazionale italiano di unificazione, UNI EN ISO 10211:2018, *Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati*, 01/03/2018.

[28] Ente nazionale italiano di unificazione, UNI EN ISO 14683:2018, *Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento*, 01/03/2018

[29] Ente nazionale italiano di unificazione, UNI 10389-1:2019, *Misurazioni in campo - Generatori di calore - Parte 1: Apparecchi alimentati a combustibile liquido e/o gassoso*. 27/06/2019.

[30] Ente nazionale italiano di unificazione, UNI EN ISO 13370:2018, *Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo*, 01/03/2018.

[31] La comunità energetica – Vademecum2021:

<https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/2021/opuscolo-comunita-energetica.pdf>

[32] Marc Hafstead, *Can Induced Energy Efficiency Save the Planet?* Joule, Volume 3, Issue 9, 2019, Pages 2067-2069.