

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
Dipartimento di Scienze e Metodi dell'Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria Gestionale

Analisi energetica di un edificio nZEB a uso pubblico

Laureando: Luca Padovani

Relatore: Prof. Diego Angeli

AA. 2022/2023

INDICE

ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	6
CAPITOLO 1 – CONTESTO NORMATIVO	9
1.1 CONTESTO EUROPEO	10
Direttiva 2002/91/CE	10
Direttiva 2010/31/UE.....	10
Direttiva 2012/27/UE.....	11
Direttiva 2018/844/CE	12
1.2 CONTESTO NAZIONALE	13
Decreto Legislativo 192/2005	13
Decreto Legislativo 311/2006.....	14
Decreto Legislativo 63/2013 e Decreto Legislativo 90/2013.....	15
Decreto Ministeriale 26/6/2015.....	15
Decreto Ministeriale 16/02/2016.....	18
Decreto Legislativo 48/2020	19
1.3 CONTESTO REGIONALE	20
Deliberazione della giunta regionale Emilia-Romagna 20/07/2015 n. 967	20
Delibera di Giunta regionale n. 1275 del 7 settembre 2015.....	21
Deliberazione della giunta regionale n. 1715 del 24 ottobre 2016.....	21
Delibera di Giunta regionale n. 1261 del 25 luglio 2022	22
CAPITOLO 2 – METODOLOGIA	24
2.1 SOFTWARE EDILCLIMA EC700	24
2.2 CASO STUDIO: ECOVILLAGGIO	28
2.3 STATO DI FATTO	30
2.4 DATI CLIMATICI	31
2.5 ELENCO COMPONENTI	37
2.6 ISOTEX	39
2.7 STRUTTURE OPACHE	40
2.7.1 PARETE ESTERNA	41
2.7.2 PAVIMENTI	42

2.7.3 SOFFITTI	43
2.8 STRUTTURE TRASPARENTI	44
2.9 PONTI TERMICI	48
2.10 MODELLAZIONE GRAFICA	50
2.11 IMPIANTI	53
2.11.1 RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO	55
2.11.2 VENTILAZIONE	59
2.11.3 ACS	61
2.11.4 FOTOVOLTAICO	62
2.12 CLASSE ENERGETICA	64
CAPITOLO 3 – RISULTATI	65
3.1 ANALISI STATO DI FATTO	65
CAPITOLO 4 – INTERVENTI	71
4.1 CAPPOTTO INTERNO	75
4.2 CAPPOTTO ESTERNO IN LANA DI ROCCIA	76
4.3 CAPPOTTO ESTERNO IN EPS	77
4.4 SOSTITUZIONE DEI SERRAMENTI	78
4.5 SOSTITUZIONE DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI	79
4.6 COMBINAZIONE DEGLI INTERVENTI	81
4.6.1 EMISSIONI DI CO₂	82
4.6.2 NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI	85
4.6.3 VALORE ATTUALE NETTO	87
CAPITOLO 5 – CONCLUSIONI	88
BIBLIOGRAFIA	90
SITOGRAFIA	90
APPENDICIE A	91

ABSTRACT

Lo scopo di questa tesi è studiare dal punto di vista energetico un edificio nZEB di nuova costruzione, suggerendo eventuali interventi migliorativi mirati alla diminuzione delle relative spese di gestione.

Inizialmente è stata realizzata l'analisi energetica, resa possibile grazie all'utilizzo di un software in grado di determinare le dispersioni dell'edificio, nonché la sua classe energetica. Quindi sono stati proposti alcuni interventi migliorativi, indirizzati alla diminuzione del fabbisogno di energia primaria richiesta per il riscaldamento e raffrescamento dell'edificio. Questi interventi sono stati esaminati dal punto di vista economico al fine di verificarne la convenienza, con la preoccupazione che il costo dell'intervento fosse coperto dopo pochi anni dai risparmi dei consumi.

Quando si costruisce un nuovo edificio, bisogna minimizzare le dispersioni di calore verso l'esterno, cercando di soddisfare i requisiti che rendono un edificio energeticamente efficiente. Tali requisiti interessano l'involucro edilizio e il sistema impiantistico, e incidono sia sul benessere termo igrometrico, sia sulle spese di gestione dell'edificio (riscaldamento, illuminazione, condizionamento estivo, ecc.).

Negli ultimi anni la costruzione di nuovi edifici ha come obiettivo principale l'ottenimento della maggior parte dell'energia necessaria dalle fonti rinnovabili: il rispetto dell'ambiente e la minore disponibilità delle risorse tradizionali impongono di modificare e ridurre i consumi energetici.

INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni, la questione dell'efficienza energetica degli edifici ha acquisito un'importanza crescente, sia nell'ambito della ricerca accademica, sia nel discorso pubblico. Ciò è in gran parte dovuto all'urgente necessità di affrontare le sfide legate al cambiamento climatico e alla sostenibilità ambientale. Un tema di particolare interesse e che rappresenta l'oggetto di questa tesi, è rappresentato dai cosiddetti edifici Nearly Zero Energy Buildings (nZEB), ovvero edifici a quasi zero consumo energetico.

Il concetto di edificio nZEB è stato introdotto per la prima volta dalla direttiva EPBD, Energy Performance of Buildings Directive, (2010/31/EU) il quale viene definito come: “un edificio ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze”. Un edificio nZEB combina soluzioni di progettazione passiva, come l'orientamento ottimale, l'isolamento termico, la ventilazione naturale e la protezione solare, con sistemi attivi, come il riscaldamento e il raffreddamento ad alta efficienza, l'illuminazione a basso consumo e l'uso di fonti rinnovabili di energia. Questo mix consente all'edificio di ridurre al minimo il suo consumo energetico e di produrre gran parte dell'energia di cui ha bisogno. Il raggiungimento dello standard nZEB richiede una progettazione e una realizzazione accurate, con attenzione all'interazione tra i diversi elementi del sistema edilizio. La certificazione energetica di un edificio nZEB, quindi, implica una valutazione complessiva del suo rendimento energetico, tenendo conto non solo delle sue caratteristiche fisiche, ma anche della gestione e dell'uso dell'edificio.

Il concetto di nZEB rappresenta un passo significativo verso la realizzazione di edifici sostenibili e resilienza climatica, contribuendo alla transizione verso un futuro a basse emissioni di carbonio. Attraverso questa tesi, si esploreranno in dettaglio le sfide e le opportunità associate alla progettazione, realizzazione e certificazione degli edifici nZEB. Ciò implica, quindi, una progettazione e una costruzione tali per cui l'edificio produca una quantità di energia quasi equivalente a quella che consuma, in modo da permettere non solo di ridurre l'impronta ecologica degli edifici, ma anche di limitare i costi energetici per gli occupanti.

Il presente progetto di tesi mira a esplorare il processo di certificazione energetica per un edificio nZEB, un passo cruciale che ne attesta l'efficienza e l'autosufficienza energetica. Ciò, oltre a garantire la conformità con le normative vigenti, è essenziale per dimostrare la sostenibilità dell'edificio e per valorizzare la sua immagine nel mercato immobiliare.

Il campo dell'efficienza energetica negli edifici è in rapida evoluzione; infatti, esistono sempre opportunità per migliorare ulteriormente le prestazioni di un edificio nZEB. Di seguito sono descritte alcune strategie per migliorare la certificazione di un edificio già nZEB:

1. Monitoraggio e controllo continuo: l'efficienza energetica di un edificio può variare nel tempo a causa di diversi fattori, come il deterioramento dei materiali o dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento, l'usura degli impianti o le modifiche all'uso dell'edificio. Pertanto, un monitoraggio e controllo continuo delle prestazioni energetiche dell'edificio può aiutare a identificare eventuali aree in cui le prestazioni potrebbero essere migliorate. Questo può includere il monitoraggio del consumo energetico, la verifica delle prestazioni dei sistemi di riscaldamento, raffreddamento e illuminazione e il controllo della qualità dell'aria interna.
2. Aggiornamenti tecnologici: con il progresso della tecnologia, nuovi prodotti o soluzioni possono contribuire a migliorare l'efficienza energetica di un edificio. Questo potrebbe includere l'aggiornamento a sistemi di riscaldamento o raffreddamento più efficienti, l'installazione di sistemi di gestione dell'energia più avanzati, l'uso di apparecchiature più efficienti dal punto di vista energetico o l'implementazione di nuove soluzioni per la produzione di energia rinnovabile.
3. Miglioramenti alla costruzione: anche se un edificio è stato progettato e costruito come nZEB, possono esistere opportunità per migliorare ulteriormente l'efficienza energetica attraverso modifiche alla costruzione. Questo potrebbe includere l'aggiunta di ulteriore isolamento, la sostituzione di finestre o porte per ridurre le perdite di calore, l'installazione di sistemi di ombreggiatura per ridurre il riscaldamento solare indesiderato, la scelta di impianti più performanti o l'implementazione di soluzioni di ventilazione naturale per ridurre la necessità di raffreddamento meccanico.

4. Educazione e formazione degli utenti: l'uso che gli occupanti fanno dell'edificio può avere un impatto significativo sull'efficienza energetica. Pertanto, educare e formare gli occupanti sull'uso efficiente dell'energia, come l'uso appropriato del riscaldamento e del raffreddamento, l'uso efficiente dell'illuminazione e delle apparecchiature, e l'importanza di spegnere le luci e gli apparecchi quando non sono necessari, può contribuire a migliorare le prestazioni energetiche dell'edificio.
5. Utilizzo di energia rinnovabile off-site: se non è possibile produrre abbastanza energia rinnovabile in loco per coprire il fabbisogno energetico dell'edificio, può essere possibile utilizzare energia rinnovabile off-site per compensare il consumo energetico. Questo potrebbe includere l'acquisto di energia rinnovabile da un fornitore di energia o la partecipazione a un progetto di energia rinnovabile comunitario.

Ogni edificio è unico, quindi le strategie specifiche per migliorare la certificazione di un edificio nZEB dipenderanno dalle caratteristiche specifiche dell'edificio e dalle circostanze locali.

In questa tesi sono stati analizzati degli scenari di ristrutturazione nel rispetto delle normative e delle direttive vigenti nel campo delle diagnosi e riqualificazioni energetiche. Per questo motivo, nella prima parte della trattazione, al fine di precisare le leggi e i valori limite cui l'edificio deve sottostare, sono state illustrate le direttive europee riguardanti l'efficienza energetica, accompagnate dalle normative nazionali e relativi decreti legislativi in vigore in Emilia-Romagna. Successivamente è stato descritto lo stato attuale dell'edificio, elencando i dati dei vari componenti dell'involucro, delle dispersioni e dei fabbisogni energetici, utili a definire l'indice di prestazione energetica globale, insieme alla classe energetica dell'edificio.

Sulla base dei risultati ottenuti per l'edificio esistente, sono stati esaminati possibili interventi di miglioramento energetico sia singoli che combinati. Per ogni proposta è stata eseguita un'analisi economica, con l'intento di quantificare il possibile risparmio sia dal punto di vista energetico sia dal punto di vista economico, rispetto alla condizione iniziale.

CAPITOLO 1

CONTESTO NORMATIVO

Nel presente capitolo sono riportate le direttive europee, i decreti legislativi e le normative italiane attualmente in vigore inerenti al contenimento dei consumi energetici nel campo dell'edilizia. Le emissioni prodotte dai combustibili fossili, utilizzati per soddisfare la crescente domanda mondiale di energia, stanno provocando un pericoloso mutamento climatico del pianeta. A questo proposito l'Unione Europea ha preso come provvedimento quello di sollecitare i Paesi membri, entro il 2020, affinché:

- le emissioni di gas serra si abbassino del 20% rispetto ai livelli del 1990;
- la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili aumenti fino al 20%;
- si adottino misure per ottenere un risparmio di energia del 20% rispetto agli attuali consumi.

Questi propositi, stabiliti nel 2007, sono stati recepiti nel 2009 nelle legislazioni nazionali, per poi essere fissati nel 2014 come obiettivi da raggiungere entro il 2030 con un miglioramento di almeno il 27% per quanto riguarda l'efficienza energetica. Il 28 ottobre 2018 la Commissione europea ha presentato una previsione a lungo termine per un'economia competitiva e climaticamente neutra entro il 2050. La strategia prevede il coinvolgimento dei cittadini ed evidenzia come l'Europa possa rivestire un ruolo guida per conseguire un impatto climatico zero. Questa previsione interessa quasi tutte le politiche dell'Unione Europea ed è in linea con l'obiettivo dell'accordo di Parigi, stabilito durante la conferenza sul clima del dicembre 2015. Quest'ultimo è stato adottato da 195 paesi e definisce un piano d'azione globale, impegnato a rimettere il mondo sulla buona strada limitando il riscaldamento globale sotto ai 2°C, così da evitare cambiamenti climatici potenzialmente pericolosi e difficilmente reversibili.

Nel corso del tempo il quadro legislativo di riferimento, in tema di prestazione e qualificazione energetica, ha portato restrizioni sempre più importanti ai consumi permessi. A questo proposito sono state emanate dal Parlamento europeo alcune importanti direttive: verranno riportati gli aspetti cruciali, sottolineando la loro progressione verso un impatto climatico nullo. Verrà inoltre analizzato come queste direttive siano state integrate nella nostra legislazione nazionale, con particolare riferimento al loro adattamento da parte della Regione Emilia-Romagna.

1.1 CONTESTO EUROPEO

Direttiva 2002/91/CE

Tale direttiva è stata emanata nel 2002 dal Parlamento Europeo. Interessa il settore residenziale e quello terziario (edifici pubblici, uffici, ecc.). Comprende quattro elementi principali:

- un metodo comune di calcolo del rendimento energetico degli edifici riguardante non solo la qualità dell'isolamento termico, ma tutti gli elementi che determinano l'efficacia energetica. Deve considerare fattori quali gli impianti di riscaldamento / raffreddamento e di illuminazione, la posizione e l'orientazione dell'edificio, il recupero di calore, ecc;
- norme minime stabilite dagli Stati membri sul rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione e già esistenti, ma in ristrutturazione;
- un sistema di certificazione degli edifici di nuova costruzione ed esistenti, nonché l'obbligo di esposizione negli edifici pubblici degli attestati di rendimento energetico e di altre informazioni pertinenti. Il Certificato deve inoltre essere stato rilasciato nel corso degli ultimi cinque anni;
- l'ispezione regolare delle caldaie e degli impianti di aria condizionata e la valutazione degli impianti di riscaldamento dotati di caldaie che abbiano più di 15 anni.

Direttiva 2010/31/UE

Il contesto normativo relativo alla certificazione energetica degli edifici a livello europeo è definito principalmente dalla Direttiva 2010/31/UE sulla Prestazione Energetica negli Edifici (EPBD), che ha sostituito la precedente Direttiva 2002/91/CE, per raggiungere l'obiettivo di abbassare del 20% il consumo dell'Unione Europea entro il 2020. La Direttiva 2010/31/UE ha segnato un punto di svolta significativo, stabilendo requisiti chiave che hanno influenzato la legislazione dei singoli stati membri dell'UE riguardo l'efficienza energetica degli edifici. Questa in particolare definisce:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo della prestazione energetica degli edifici e delle unità immobiliari;
- l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica degli edifici e unità immobiliari di nuova costruzione;
- l'applicazione di requisiti minimi alla prestazione energetica di:

- edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti
- elementi edilizi che compongono l'involucro edilizio e hanno un impatto significativo sulla prestazione energetica quando sono rinnovati o sostituiti;

Inoltre, secondo tale direttiva, gli Stati membri devono provvedere affinché:

- entro il 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero nZEB;
- a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano a energia quasi zero.

Direttiva 2012/27/UE

La Direttiva 2010/31/UE è stata poi integrata dalla Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, che fornisce un quadro per le politiche di efficienza energetica a livello nazionale e stimola l'efficienza energetica in tutta la catena energetica, dagli stadi di trasformazione, distribuzione e fornitura fino al consumo finale. Tale normativa ha l'obiettivo di raggiungere il 20% di efficienza energetica entro il 2020 attraverso la definizione di una serie di misure per la promozione dell'efficienza energetica. In particolare, viene posta l'attenzione sulla ricerca dell'efficienza in ogni fase della catena energetica, dalla produzione del combustibile fino all'utilizzo finale passando per il trasporto e la trasformazione del materiale. Sono stabiliti gli obiettivi minimi per ogni stato membro, con la possibilità di introdurre misure più rigorose se compatibili con le richieste dell'Unione.

Le novità principali possono essere così sintetizzate:

- Per gli edifici pubblici con aree calpestabili superiori ai 500 mq dotati di impianti di climatizzazione scatta l'obbligo di aumentare il grado di isolamento termico;
- Ogni 4 anni le grandi imprese sono obbligate a effettuare l'audit energetico, con esclusione delle medie e piccole aziende. Gli audit devono essere svolti in modo indipendente da esperti accreditati.
- Anche le imprese energetiche di pubblica utilità hanno il vincolo di raggiungere un risparmio energetico di almeno 1,5% per anno sul totale dell'energia venduta ai consumatori finali.

- Il risparmio energetico aggiuntivo va calcolato sulla base della media dei consumi dei 3 anni precedenti l'entrata in vigore della direttiva 2012/27/UE. Si possono omettere le vendite di energia per i trasporti.
- Introduzione entro il 31 dicembre 2016 della contabilizzazione dei consumi per il riscaldamento, la climatizzazione e ACS per impianti centralizzati o sistemi di teleriscaldamento.
- Entro il 2020 il consumo energetico dell'Unione dovrà essere inferiore a 1474 Mtep (tep= tonnellata equivalente di petrolio) di energia primaria o non superiore a 1078 Mtep di energia finale. Infine, gli Stati membri, per favorire le misure di efficienza energetica, devono impegnarsi a facilitare la costituzione di appositi strumenti di finanziamento.

Direttiva 2018/844/CE

Il 19 giugno è stata emanata la direttiva 2018/844/UE, che apporta modifiche a precedenti direttive concernenti l'efficienza energetica. Questo regolamento europeo aggiorna in particolare la direttiva 2010/31/UE, focalizzata sulla prestazione energetica degli edifici, e la direttiva 2012/27/UE riguardante l'efficienza energetica in generale. Nel 2018, con questa nuova disposizione, è stata introdotta una strategia di ristrutturazione a lungo termine, mirata a realizzare un settore immobiliare completamente decarbonizzato entro il 2050.

La direttiva cita: "Ogni Stato membro stabilisce una strategia a lungo termine per sostenere la ristrutturazione del parco nazionale di edifici residenziali e non residenziali, sia pubblici che privati, al fine di ottenere un parco immobiliare decarbonizzato e ad alta efficienza energetica entro il 2050, facilitando la trasformazione efficace in termini di costi degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero. Nella strategia di ristrutturazione a lungo termine ogni Stato membro fissa una tabella di marcia con misure e indicatori di progresso misurabili stabiliti a livello nazionale in vista dell'obiettivo di lungo termine per il 2050 di ridurre le emissioni di gas a effetto serra nell'Unione dell'80-95 % rispetto al 1990; ciò al fine di garantire un parco immobiliare nazionale ad alta efficienza energetica e decarbonizzato e di facilitare la trasformazione efficace in termini di costi degli edifici esistenti in edifici a energia quasi zero. La tabella di marcia include tappe indicative per il 2030, il 2040 e il 2050 e specifica il modo in cui esse contribuiscono al

conseguimento degli obiettivi di efficienza energetica dell'Unione conformemente alla direttiva 2012/27/UE”.

È fondamentale rafforzare i meccanismi finanziari, gli incentivi e coinvolgere attivamente le istituzioni finanziarie per assicurare interventi di ristrutturazione mirati all'ottimizzazione dell'efficienza energetica degli edifici. Questi ultimi dovrebbero occupare una posizione preminente nelle strategie di ristrutturazione a lungo termine degli stati membri. È essenziale, inoltre, promuovere prestiti ipotecari specifici per interventi su immobili che rispettano certificati di efficienza energetica.

1.2 CONTESTO NAZIONALE

In Italia, il contesto normativo relativo alla certificazione energetica degli edifici è stato definito principalmente in risposta alle direttive europee in materia di efficienza energetica. Le principali normative nazionali sono:

Decreto Legislativo 192/2005

Dal punto di vista nazionale, infatti, la direttiva del 2002/91/CE sopra citata è stata recepita nel nostro quadro normativo con il Decreto legislativo del 19 agosto 2005, n.192, dal titolo: “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia”. Infatti nell'Art. 1 Comma 1, si legge: “Il presente decreto stabilisce i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica, contribuire a conseguire gli obiettivi nazionali di limitazione delle emissioni di gas a effetto serra posti dal protocollo di Kyoto, promuovere la competitività dei comparti più avanzati attraverso lo sviluppo tecnologico”. Esso disciplina:

- “la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici;
- l'applicazione di requisiti minimi per le prestazioni energetiche degli edifici;
- i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione;
- i criteri per garantire la qualificazione e l'indipendenza degli esperti incaricati della certificazione energetica e delle ispezioni degli impianti;

- la raccolta delle informazioni e delle esperienze, delle elaborazioni e degli studi necessari all'orientamento della politica energetica del settore;
- la promozione dell'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali, la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore”.

Stabilisce i criteri, le modalità e le condizioni per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo e la valorizzazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica.

Inoltre, il Decreto può essere applicato per i seguenti interventi:

- Nuova costruzione o ristrutturazione integrale per edifici con superficie (S) > 1000 m² e per ampliamenti di volume(V) > 20%;
- Ristrutturazione integrale per edifici con S < 1000 m² o ristrutturazione parziale e manutenzione straordinaria dell'involucro indipendentemente dalla superficie;
- Sostituzione o ristrutturazione integrale dell'impianto termico.

Decreto Legislativo 311/2006

Il 02/02/2007 entra in vigore il d.lgs 311/2006 dal titolo: “Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”. Oltre all'introduzione di alcune correzioni al d.lgs 192/2005, apporta modifiche all'articolo 6: “Certificazione energetica degli edifici”. Da tale decreto entra in funzione in Italia il meccanismo di certificazione energetica degli edifici.

Decreto del Presidente della Repubblica 59/2009

Il decreto che regola quello sopra citato del 19 agosto 2005, n.192, è il D.P.R. del 2 aprile 2009, n.59. Tale disposizione individua come norme tecniche di riferimento per il calcolo delle prestazioni energetiche e dei requisiti minimi quelle riportate di seguito:

- UNI/TS 11300 – Parte 1 “Prestazioni energetiche degli edifici: determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale”;
- UNI/TS 11300 – Parte 2 “Prestazioni energetiche degli edifici: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria (ACS)”.

Decreto Legislativo 63/2013 e Decreto Legislativo 90/2013

Il decreto legislativo 63/2013 dal titolo “Disposizioni urgenti per il recepimento della direttiva 2010/31/UE del parlamento europeo e del consiglio, sulla prestazione energetica nell’edilizia per la definizione delle procedure d’infrazione avviate dalla commissione europea, nonché altre disposizioni in materia di coesione sociale”, coordinato con la legge di conversione 90/2013, entra in vigore il 06/06/2013. La principale novità riportata nel presente decreto risiede nel passaggio dall’attestato di certificazione energetica, denominato ACE, all’attestato di prestazione energetica (APE), definito come il “documento, redatto nel rispetto delle norme contenute nel presente decreto e rilasciato da esperti qualificati e indipendenti che attesta la prestazione energetica di un edificio attraverso l’utilizzo di specifici descrittori e fornisce raccomandazioni per il miglioramento dell’efficienza energetica” [d.lgs. 90/2013, articolo 2, comma 1, lettera l-bis].

L’ulteriore punto importante presente nel l d.lgs. 90/2013, è riportato nell’articolo 4-bis riferito agli edifici a energia quasi zero, in cui si richiama l’obbligo dato dalla direttiva europea 2010/31/UE per cui “a partire dal 31 dicembre 2018, gli edifici di nuova costruzione occupati da pubbliche amministrazioni e di proprietà di queste ultime, ivi compresi gli edifici scolastici, devono essere edifici a energia quasi zero. Dal 1° gennaio 2021 la disposizione è estesa a tutti gli edifici di nuova costruzione”.

Decreto Ministeriale 26/6/2015

Il 26 giugno 2015 viene aggiornato il quadro di riferimento normativo in materia di efficienza energetica in campo edile, con la pubblicazione di tre decreti, emanati in ottemperanza della direttiva europea 2010/31/UE. I decreti pubblicati sono:

- D.M. 26 giugno 2015: “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”;
- D.M. 26 giugno 2015: “Schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell’applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici”;
- D.M. 26 giugno 2015: “Adeguamento del decreto del ministero dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 – linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”.

Il primo decreto definisce i nuovi limiti di trasmittanza termica dei componenti edilizi; il secondo definisce gli schemi e le modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto, in funzione delle diverse tipologie di lavori: nuove costruzioni, ristrutturazioni importanti, interventi di riqualificazione energetica; il terzo ed ultimo invece si pone la finalità di favorire l'applicazione omogenea e coordinata dell'attestazione della prestazione energetica degli edifici e delle unità immobiliari, su tutto il territorio nazionale. Il presente decreto inoltre definisce le linee guida nazionali, per l'attestazione della prestazione energetica, comprendente i criteri generali, le metodologie per il calcolo, la classificazione degli edifici, le procedure amministrative, i format, nonché le norme per il monitoraggio e i controlli della regolarità tecnica e amministrativa.

Ai fini della classificazione, la prestazione energetica dell'immobile è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile $EP_{gl,nren}$. Tale indice tiene conto del fabbisogno di energia primaria non rinnovabile per la climatizzazione invernale ed estiva ($EP_{H,nren}$ ed $EP_{C,nren}$), per la produzione di acqua calda sanitaria ($EP_{PW,nren}$), per la ventilazione ($EP_{V,nren}$) e, nel caso del settore non residenziale, per l'illuminazione artificiale ($EP_{L,nren}$) e il trasporto di persone o cose ($EP_{T,nren}$).

L'indice $EP_{gl,nren}$ esprime la quantità annua di energia primaria non rinnovabile, calcolata secondo un uso standard del fabbricato, per unità di superficie utile dell'edificio (kWh/m^2). Le linee guida propongono 3 procedure di calcolo:

- Metodo di calcolo di progetto: Il calcolo degli indici di prestazione energetica e dei rendimenti viene eseguito secondo i seguenti metodi di calcolo:
 - a) Raccomandazione CTI 14/2013 “Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione dell'energia primaria e della prestazione energetica EP per la classificazione dell'edificio”, o normativa UNI equivalente e successive norme tecniche che ne conseguono;
 - b) UNI/TS 11300 – 1 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
 - c) UNI/TS 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, la ventilazione e l'illuminazione;

- d) UNI/TS 11300 – 3 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva;
 - e) UNI/TS 11300 – 4 Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria;
 - f) UNI EN 15193 – Prestazione energetica degli edifici – Requisiti energetici per illuminazione. Il metodo di calcolo di progetto è applicabile a tutte le tipologie edilizie, sia per gli edifici nuovi che per quelli esistenti, indipendentemente dalla loro dimensione.
- Metodo di calcolo da rilievo sull'edificio: i dati vengono reperiti dal sopralluogo, dall'analogia con edifici simili e da banche dati o abachi nazionali. Questo metodo è applicabile a tutti gli edifici esistenti, indipendentemente dalla tipologia edilizia e dalla dimensione;
 - Metodo semplificato: questo metodo è applicabile esclusivamente agli edifici residenziali esistenti, con superficie utile inferiore o uguale a 200 m², fatta eccezione in cui si rediga l'APE in conseguenza di una ristrutturazione importante.

La classe energetica dell'edificio è determinata sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio $EP_{gl,nren}$, per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate, ognuna delle quali rappresenta un intervallo di prestazione energetica definito. La scala delle classi invece è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento $EP_{gl,nren,rif,standard}$, introducendo il concetto di “edificio di riferimento” per la verifica dei requisiti di prestazione energetica dell'edificio. L'edificio di riferimento è definito come: “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”. Rappresenta dunque l'edificio target a cui deve “tendere” l'edificio reale in termini di prestazioni.

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

Figura 1: Scala delle classi energetiche

Decreto Ministeriale 16/02/2016

Il 31 maggio 2016 è entrato in vigore il D.M. 16/02/2016, noto come “Conto Termico”, recante il titolo: “Aggiornamento della disciplina per l’incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l’incremento dell’efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili”. Gli enti ammissibili agli incentivi includono sia le amministrazioni pubbliche sia soggetti privati, a condizione che soddisfino certi requisiti e tipologie di interventi previsti. Se l’incentivo totale non supera i € 5.000, il GSE (Gestore Servizi Energetici) eroga l’importo in un’unica soluzione. Se questo limite viene superato, l’incentivo riconosciuto non può in alcun caso superare il 65% delle spese sostenute, inoltre il costo massimo ammissibile è pari a 500 euro/mq e 575 euro/mq con un valore massimo dell’incentivo posto pari a 1.500.000 euro e 1.750.000 euro rispettivamente per le zone climatiche (A, B, C) e (D, E, F). Per interventi con codice di intervento 1.E (Trasformazione “edifici a energia quasi zero”) la durata dell’incentivo è pari a 5 anni.

Decreto Legislativo 48/2020

Il 10 giugno, sulla Gazzetta Ufficiale, è stato divulgato il decreto legislativo n.48/2020, “Attuazione della direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell’edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull’efficienza energetica”. Questo decreto impone al Ministro dello Sviluppo Economico (MISE) di elaborare, entro luglio 2020, una strategia a lungo termine. Questa ha lo scopo di guidare la ristrutturazione degli edifici italiani, sia pubblici che privati, per ottenere un parco edilizio ecologico ed efficiente entro il 2050. Questa trasformazione punta anche a rendere gli edifici esistenti quasi a zero consumo energetico. All’interno della strategia sono previsti obiettivi temporali per il 2030, 2040 e 2050, tra cui un tasso annuale di ristrutturazione per migliorare l’efficienza energetica di almeno il 3%. Il decreto, nel suo articolo 8, stabilisce anche la creazione, presso ENEA, di un portale dedicato all’efficienza energetica degli edifici, fornendo informazioni utili a cittadini, imprese e enti pubblici riguardanti:

- Informazioni sulla prestazione energetica degli edifici.
- Sulle migliori pratiche per le riqualificazioni energetiche efficaci in termini di costi.
- Sugli strumenti di promozione esistenti per migliorare la prestazione energetica degli edifici, ivi compresa la sostituzione delle caldaie a combustibile fossile con alternative più sostenibili.
- Sugli attestati di prestazione energetica (APE).

1.3 CONTESTO REGIONALE

Queste normative nazionali hanno poi dovuto essere attuate a livello regionale, con possibili variazioni nelle disposizioni specifiche a seconda delle diverse regioni. La certificazione energetica in Italia è quindi un processo che coinvolge diversi livelli di governo e che richiede la collaborazione di una serie di professionisti, tra cui architetti, ingegneri, termotecnici e certificatori energetici.

In Emilia-Romagna le principali delibere sono state:

Deliberazione della giunta regionale Emilia-Romagna 20/07/2015 n. 967

La delibera, dal titolo: “Approvazione dell’atto di coordinamento tecnico regionale per la definizione dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici.”, stabilisce i requisiti minimi relativi a:

- a) edifici di nuova costruzione e impianti in essi installati;
- b) nuovi impianti installati in edifici esistenti;
- c) interventi sugli edifici e sugli impianti esistenti.

La deliberazione si rifà alla direttiva 2010/31/UE e al DM 26/06/2015, mettendoli in atto. Dalle direttive imposte dalla deliberazione sono esclusi gli edifici di valore storico culturale tutelati dal codice dei beni culturali, edifici adibiti a luoghi di culto, edifici rurali senza impianto di climatizzazione, edifici industriali, artigianali e agricoli, edifici il cui utilizzo non prevede utilizzo di sistemi di climatizzazione. Negli allegati vengono elencati i requisiti, le prescrizioni e le verifiche da seguire in base a quattro diverse tipologie di intervento:

- 1) Nuova costruzione e assimilabili (compreso anche l’intervento di demolizione e ricostruzione e di ampliamento di almeno 15% del volume climatizzato);
- 2) Ristrutturazione importante di primo livello (interessano almeno il 50% della superficie disperdente dell’involucro edilizio, con installazione o ristrutturazione dell’impianto termico);
- 3) Ristrutturazione importante di secondo livello (interessano almeno il 25% della superficie disperdente dell’involucro edilizio, oltre che ampliamenti del volume climatizzato che non rientrano nei parametri del punto 1));
- 4) Riqualificazione energetica (hanno impatto sulle prestazioni energetiche dell’edificio ma non rientrano in nessuna delle tre tipologie precedenti).

Delibera di Giunta regionale n. 1275 del 7 settembre 2015

La deliberazione intitolata: “Approvazione delle disposizioni regionali in materia di attestazione della prestazione energetica degli edifici (certificazione energetica).”, stabilisce le funzioni dell’Organismo Regionale, le modalità da esso utilizzate per accreditare figure professionali a cui affidare le attività di attestazione della prestazione energetica degli edifici, stabilendo le procedure da rispettare per la corretta compilazione dell’APE e la relativa registrazione nei sistemi informativi. Gestisce inoltre i programmi annuali di verifica della conformità degli attestati di prestazione energetica.

L’obbligo alla compilazione dell’APE è previsto per edifici di nuova costruzione, edifici soggetti a ristrutturazioni importanti, edifici in vendita o in locazione e edifici della pubblica amministrazione con superficie maggiore di 250 m². Nell’allegato A-5 sono presenti i fattori moltiplicativi per la costruzione della scala di classificazione energetica, per la quale è indispensabile il calcolo degli indici EP_{gl,nren,rif,standard} (indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell’edificio di riferimento) e EP_{gl,nren} (indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell’edificio reale).

Deliberazione della giunta regionale n. 1715 del 24 ottobre 2016

Con questa delibera sono state apportate alcune modifiche alla vigente disciplina in materia di requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, tra cui quelle più importanti riguardano:

- modifica di alcune definizioni (per esempio “edificio a energia quasi zero”, “rete di teleriscaldamento e teleraffrescamento”, “superficie utile energetica”)
- la metodologia per la determinazione della quantità di energia da fonti rinnovabili per le pompe di calore
- l’integrazione da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) nel caso di interventi di nuova installazione di impianti termici o di ristrutturazione degli stessi in edifici esistenti
- l’adozione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione.

L’introduzione di tali modifiche è stata resa necessaria dall’evoluzione della legislazione sovraordinata e della normativa tecnica; altre modifiche sono invece funzionali alla migliore interpretazione applicativa dei requisiti, altre ancora apportano correzioni a precedenti refusi.

I requisiti per gli edifici a energia quasi zero (in particolare gli obblighi di dotazione FER) sono stati allineati con la normativa nazionale, rimarcando il fatto che le nuove costruzioni dovranno a questi conformarsi a partire dal 1° gennaio 2017 per gli edifici occupati da pubbliche amministrazioni e dal 1° gennaio 2019 per tutti gli altri edifici, anticipando di due anni le corrispondenti previsioni nazionali.

La superficie utile energetica è stata modificata in armonia con quanto riportato la normativa tecnica UNI/TS 11300-5/2016. Nella stessa norma (UNI/TS 11300-5/2016) è indicato il metodo di calcolo per il calcolo della quota di energia da fonti rinnovabili per ogni servizio energetico dell'edificio servito da uno o più impianti tecnologici, comprese le pompe di calore: è stato quindi possibile eliminare il criterio di calcolo adottato in precedenza, in assenza di riferimenti utili.

Infine, nel caso di installazione di sistemi per la contabilizzazione del calore è stata inserita la possibilità di ricorrere a metodi alternativi per la suddivisione degli importi volontari e involontari nel caso in cui la normativa tecnica UNI 10200 non sia applicabile.

Delibera di Giunta regionale n. 1261 del 25 luglio 2022

La Regione, con delibera della Giunta regionale del 25 luglio 2022 n. 1261, ha approvato le modifiche alla disciplina regionale sui requisiti di prestazione energetica in edilizia. La delibera recepisce le novità in materia di requisiti minimi di prestazione energetica introdotte dalla Direttiva Europea 2018/2001, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili. Le principali novità riguardano le percentuali minime di consumo di energia termica ed elettrica prodotta da fonti rinnovabili negli edifici privati e pubblici di nuova costruzione e in quelli esistenti soggetti a una ristrutturazione rilevante. Ulteriori novità riguardano la possibilità di soddisfare la parte di produzione di energia elettrica da rinnovabili mediante la partecipazione a una comunità energetica rinnovabile.

In particolare, la delibera 1261/2022 aggiorna la Dgr 967/2015 al fine di:

- armonizzare le disposizioni regionali in essa contenute con la disciplina nazionale sopravvenuta in materia;
- chiarire e correggere alcune criticità emerse in fase applicativa anche conseguenti a inesattezze di tipo redazionale;
- incrementare ulteriormente, rispetto a quelle fissate dalla normativa statale, a partire dal 2024, le percentuali minime di consumo di energia termica prodotta da fonti

rinnovabili negli edifici privati e pubblici di nuova costruzione e in quelli esistenti soggetti a una ristrutturazione rilevante;

- prevedere che la partecipazione a una comunità energetica rinnovabile possa, a determinate condizioni, consentire il soddisfacimento dei requisiti minimi di prestazione energetica per la parte di produzione elettrica;
- prevedere che la partecipazione a una comunità energetica rinnovabile possa, a determinate condizioni, consentire il soddisfacimento dei requisiti minimi di prestazione energetica per la parte di produzione elettrica.

CAPITOLO 2

METODOLOGIA

2.1 SOFTWARE EDILCLIMA EC700

Nel seguente paragrafo viene presentato il software utilizzato per l'analisi dell'edificio oggetto della ricerca, grazie al quale è stato possibile:

- calcolare le dispersioni termiche attraverso l'involucro edilizio;
- modellare l'impianto presente;
- stimare il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento e per la produzione di ACS;
- assegnare un indice di prestazione energetica all'edificio.

Questo tipo di analisi è stata condotta inizialmente per lo stato attuale dell'edificio e, in seguito, per gli interventi di miglioramento ipotizzati, con lo scopo di ottenere un edificio più efficiente dal punto di vista delle prestazioni energetiche.

Il software utilizzato per lo studio è EDILCLIMA EC700, il quale è progettato per valutare le prestazioni energetiche degli edifici, rispettando le quattro normative tecniche UNI/TS 11300. L'utente, attraverso un'interfaccia semplice e intuitiva, ha la possibilità di inserire tutti gli input necessari per determinare:

- potenza invernale, per il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento e la corretta valutazione dei rendimenti, secondo norma UNI EN 12831;
- energia utile invernale ed estiva secondo UNI/TS 11300-1, per la caratterizzazione dell'involucro edilizio;
- energia primaria secondo UNI/TS 11300-2 e UNI/TS 11300-4, relativamente ai servizi di riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione e ventilazione;
- energia primaria per il servizio di trasporto di persone o cose dell'edificio (ascensori, scale mobili e marciapiedi mobili) secondo UNI/TS 11300-6;
- energia primaria per la climatizzazione estiva dell'edificio secondo UNI/TS 11300-3;
- gestione di impianti a fonti rinnovabili, solare termico e fotovoltaico, secondo UNI/TS 11300-4;
- potenza estiva, per il dimensionamento dell'impianto di climatizzazione estiva.

Grazie a EC700, la definizione delle componenti strutturali dell'edificio diventa semplice: è possibile creare velocemente le strutture opache selezionando i materiali dal database integrato o configurandole manualmente, se si dispone delle informazioni dettagliate sulla loro composizione.

Il software fornisce gli strumenti per eseguire vari calcoli, tra cui:

- determinazione della trasmittanza termica di strutture opache, come stabilito dalla UNI EN ISO 6946;
- calcolo della trasmittanza termica equivalente per sistemi struttura-terreno, come previsto dalla UNI EN ISO 13370, per pareti e pavimenti adiacenti al terreno;
- le caratteristiche termiche in regime dinamico secondo UNI EN ISO 13786 (trasmittanza termica periodica, fattore di attenuazione e dello sfasamento termico).

Al contempo, i componenti finestrati, grazie a un editor grafico integrato, sono realizzabili con estremo dettaglio. Il software permette di descrivere con precisione vari tipi di serramenti, indicando anche eventuali componenti aggiuntivi come cassonetti, sottofinestre e/o sopraluci. La valutazione della trasmittanza termica dei serramenti è condotta seguendo la norma UNI EN ISO 10077, adatta per diverse configurazioni di finestre con pacchetti vetrati diversi.

La definizione dei ponti termici, invece, può essere effettuata secondo due modalità: il calcolo analitico oppure quello semplificato. Il primo prevede l'utilizzo di ponti termici lineari, selezionabili da un archivio, integrato nel software; il secondo, invece, è basato sull'utilizzo di percentuali di maggiorazione, eventualmente personalizzabili da parte dell'utente. Per questo elaborato è stato scelto il metodo di calcolo analitico, utilizzando il modulo EC709 dedicato ai ponti termici, tramite il quale è possibile valutare la trasmittanza termica lineare per un'ampia varietà di configurazioni, conformemente alle norme UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211.

Il software permette anche di calcolare i fattori di ombreggiamento basandosi sull'Appendice D della UNI/TS 11300-1, tenendo conto di eventuali ostacoli, aggetti e altre strutture.

EC700 offre inoltre la possibilità di caratterizzare ambienti non climatizzati secondo le normative UNI EN 12831 e UNI/TS 11300-1, nonché di definire le specifiche delle serre solari in accordo con la UNI EN ISO 13790. Grazie all'interfaccia grafica, è possibile delineare le superfici disperdenti e tutte le caratteristiche termiche degli spazi, sia climatizzati che non, nonché delle serre solari. Benché l'utente tracci il disegno in vista planimetrica, il software genera automaticamente una rappresentazione 3D affiancata per facilitare la verifica del design.

Un ulteriore punto di forza di EC700 è la sua capacità di modellare impianti, supportando una vasta gamma di soluzioni impiantistiche, sia per il riscaldamento e raffrescamento, che per la produzione di acqua calda, in configurazioni centralizzate, autonome o combinate.

Il programma permette, inoltre, di valutare le prestazioni energetiche degli edifici in conformità alle specifiche tecniche UNI/TS 11300, considerando tutti i servizi previsti quali la climatizzazione invernale/estiva, la produzione di ACS, la ventilazione, il trasporto di persone o cose e l'illuminazione. Tale software è dotato di un archivio di dati climatici orari, comprendente al suo interno, per ogni comune italiano, i valori orari di temperatura e umidità relativa esterna, irradianza solare diretta e diffusa, pressione di vapore e velocità media del vento. Risulta di facile utilizzo, in quanto è provvisto di un'interfaccia grafica intuitiva che permette di effettuare tramite un unico input e nel rispetto delle corrispondenti norme di riferimento UNI diversi calcoli.

Grazie a questo software è possibile redigere l'APE e le verifiche di legge e risulta, inoltre, uno strumento fondamentale al fine di eseguire una diagnosi energetica, permettendo una valutazione dei consumi dell'edificio in regime di esercizio.

Elemento qualificante del programma è, poi, la modellazione dell'impianto, la quale rende possibile la gestione di qualsiasi tipologia di impiantistica (riscaldamento/raffrescamento, ACS, centralizzati e/o autonomi). In particolare, l'impianto di ACS può essere separato o combinato con il riscaldamento. Per quanto riguarda l'impianto di riscaldamento idronico, il software consente di simulare regimi di funzionamento intermittente e gestire circuiti multipli, caratterizzati da differenti sottosistemi di regolazione ed emissione.

EC700 determina, in modo dettagliato, le temperature medie del fluido termovettore da adottare per il calcolo analitico delle perdite di distribuzione e generazione, in conformità alla Specifica Tecnica UNI/TS 11300-2. I risultati della misura di tali temperature sono mostrati sia in forma grafica che tabellare. Il programma permette di definire le perdite di generazione anche per generatori con processi differenti dalla combustione di fiamma, in sistemi sia monovalenti sia polivalenti:

- pompe di calore elettriche, ad assorbimento e azionate da motore endotermico;
- generatori a biomassa con caricamento automatico o manuale;
- reti di teleriscaldamento;
- sistemi a integrazione;
- impianti di micro e piccola cogenerazione.

2.2 CASO STUDIO: ECOVILLAGGIO

L'edificio oggetto di questa tesi fa parte di un ecovillaggio, ovvero un complesso di edifici residenziali nZEB. Pur non avendo a disposizione un conteggio preciso, in Italia è possibile stimare la presenza di un centinaio di ecovillaggi, classificati come "comunità intenzionali sostenibili". Questa definizione sottolinea l'obiettivo comune di vivere secondo principi di sostenibilità ambientale ed economica. Tali comunità si basano, infatti, su principi fondamentali quali l'utilizzo di fonti di energia rinnovabili, la scelta di uno stile di vita volto a minimizzare l'impronta ecologica e l'impatto ambientale e un'alimentazione basata sulla produzione agricola biologica. Coloro che scelgono di abitare in un ecovillaggio optano per una vita in profonda connessione con la natura, avvalendosi di energia rinnovabile e pratiche di autoproduzione ecologiche.

L'Ecovillaggio Montale, dove sorge l'edificio oggetto di questo elaborato, è un insieme di residenze ecosostenibili, frutto della progettazione di un team interdisciplinare con una forte dedizione ai principi chiave della salvaguardia ambientale e del benessere umano. Le case che costituiscono questo insieme si distinguono per l'elevato comfort ambientale e le ottime performance energetiche, raggiungendo la classe energetica A e A+. Le residenze dell'Ecovillaggio Montale sono dimore eco-compatibili ad alta efficienza energetica, che consentono di abbassare i consumi energetici dell'80% rispetto alle case tradizionali. Il design architettonico delle case e la pianificazione dell'intera area residenziale sono studiati per massimizzare l'uso dell'energia e del calore solare e per proteggere dalle intemperie invernali.

Il fulcro di questa tesi sarà il Centro Polifunzionale ad alta efficienza energetica situato all'interno dell'Ecovillaggio. È importante notare come, per la prima volta nella regione Emilia-Romagna e, in particolare, nella città di Modena, venga realizzato un edificio pubblico in grado di raggiungere la massima efficienza energetica, con classificazione A4 e nZEB. Seguendo le direttive dell'Unione Europea, la struttura utilizza l'energia solare fotovoltaica per il riscaldamento e la climatizzazione dei suoi ambienti e il 46% dei materiali utilizzati per la sua costruzione sono riciclati e/o riciclabili.



Figura 2: Rendering del Centro Servizi

Il Centro Servizi si impegna inoltre a rispondere alle sfide proposte dall'Agenda ONU 2030, contribuendo al raggiungimento degli obiettivi chiave per la transizione ecologica, come il goal 7 (Energia pulita e accessibile), il goal 3 (Salute e benessere), il goal 13 (Agire per il clima) e il goal 11 (Città e comunità sostenibili). Fin dal 2010, l'ecoquartiere ha dimostrato un'attenzione sostenibile progettando case secondo i principi della bio ed eco-sostenibilità e utilizzando materiali che rispettano la salute delle persone e l'integrità del pianeta.

La stabilità climatica rappresenta un aspetto essenziale per la prosperità del nostro pianeta e nell'ottica di questo principio, l'Ecovillaggio si è mosso seguendo tre direttive chiave:

- a) abbandono dell'utilizzo di combustibili fossili attraverso l'efficienza energetica,
- b) riduzione della produzione di rifiuti mediante l'uso di materiali riciclati e/o riciclabili,
- c) riforestazione e gestione delle acque piovane.

Su questi tre pilastri si fonda la progettazione e l'implementazione dell'intero ecoquartiere, con significativi risultati e benefici per il territorio e la comunità. Ad esempio, negli ultimi dieci anni, l'attenta riforestazione attuata nell'Ecovillaggio ha permesso di assorbire 1700 tonnellate di CO₂, mentre l'energia solare fotovoltaica ha consentito di produrre autonomamente 600 MWh di energia rinnovabile, evitando l'emissione di ulteriori 300 tonnellate di CO₂.

2.3 STATO DI FATTO

L'edificio, oggetto della presente analisi, è situato nel comune di Castelnuovo Rangone, in provincia di Modena, più precisamente a Montale, presso il quartiere denominato, come già sottolineato in precedenza, "Ecovillaggio Montale". Essendo un centro polifunzionale, l'edificio presenta zone appartenenti a classificazioni differenti, quali:

- E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini all'ingrosso e minuto, supermercati.
- E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili.
- E.4 (3) Edifici adibiti ad attività ricreative: quali bar, ristoranti, sale da ballo.
- E.6 (2) Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili

La Classificazione dell'edificio è effettuata in base alla categoria di cui all'articolo 3 del DPR 26 agosto 1993, n. 412 ed alla definizione di "Edificio" della DGR 20 luglio 2015, n. 967.



Figura 3: Rendering del quartiere Ecovillaggio

2.4 DATI CLIMATICI

La raccolta e l'analisi dei dati climatici rappresentano un elemento fondamentale per l'accurata valutazione dell'efficienza energetica di una struttura edilizia; questi dati giocano infatti un ruolo decisivo nell'incidenza delle dispersioni termiche e degli apporti di calore e sono proprio da essi che derivano le leggi e i regolamenti di riferimento. Un compendio completo di queste informazioni è disponibile nel database di Edilclima secondo la norma UNI 10349.

La classificazione della zona climatica, determinata sulla base dei gradi giorno, permette di identificare in modo inequivocabile il periodo di riscaldamento. Per il caso in esame, i dati rilevanti provengono dalla città di Montale, che è categorizzata come zona climatica E. Per quanto riguarda la classe climatica appena citata, tale periodo si estende dal 15 ottobre al 15 aprile. La zona climatica fornisce le medie termiche mensili adoperate dal software (indicate di seguito in gradi Celsius), insieme a tutti gli altri dati climatici mensili pertinenti.

Il periodo di riscaldamento, come detto, è determinato dai gradi giorno secondo quanto riportato nel Dpr 412/93 Art.2

- Zona A: comuni che presentano un numero di gradi-giorno non superiore a 600;
- Zona B: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 600 e non superiore a 900;
- Zona C: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400;
- Zona D: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;
- Zona E: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;
- Zona F: comuni che presentano un numero di gradi-giorno maggiore di 3.000.

Per “gradi-giorno” (GG) di un dato luogo, si fa riferimento all’addizione, per tutti i giorni di un anno convenzionale di riscaldamento, delle uniche differenze positive quotidiane tra la temperatura dell’ambiente, stabilizzata convenzionalmente a 20 °C, e la media della temperatura esterna giornaliera.

In particolare, in Edilclima, inserendo il comune di pertinenza, cioè Castelnuovo Rangone, otteniamo che:

Zona climatica:	E
Gradi giorno DPR 412/93:	2317
Altitudine s.l.m.:	76 m
Temperatura minima invernale di progetto:	-5,2 °C
Temperatura massima estiva di progetto:	32,2 °C
Stagione di riscaldamento convenzionale:	dal 15 ottobre al 15 aprile

Tabella 1: Dati climatici Castelnuovo Rangone

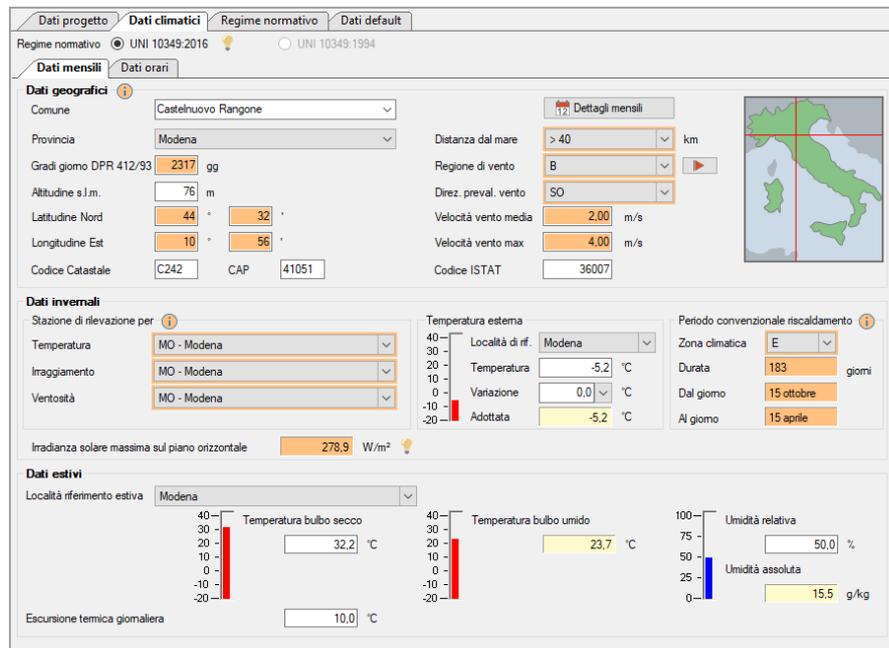


Figura 4: Schermata di Edilclima sui dati climatici

Il fabbricato è di nuova costruzione e si sviluppa complessivamente su tre piani, ospitando nei diversi spazi un supermercato, degli uffici, una palestra, un bistrot e un ristorante. Di seguito sono mostrate le planimetrie di ogni piano, dove sono stati aggiunti dettagli quali:

- tipologia di muri;
- tipologia di finestre;

- zone climatizzate e non;
- denominazione, superficie e volume netto di ogni locale;
- ponti termici;
- tetti;
- ombreggiamenti;
- pavimenti e soffitti.

Di seguito si riportano le piantine architettoniche dei diversi piani, oltre che i prospetti orientati.

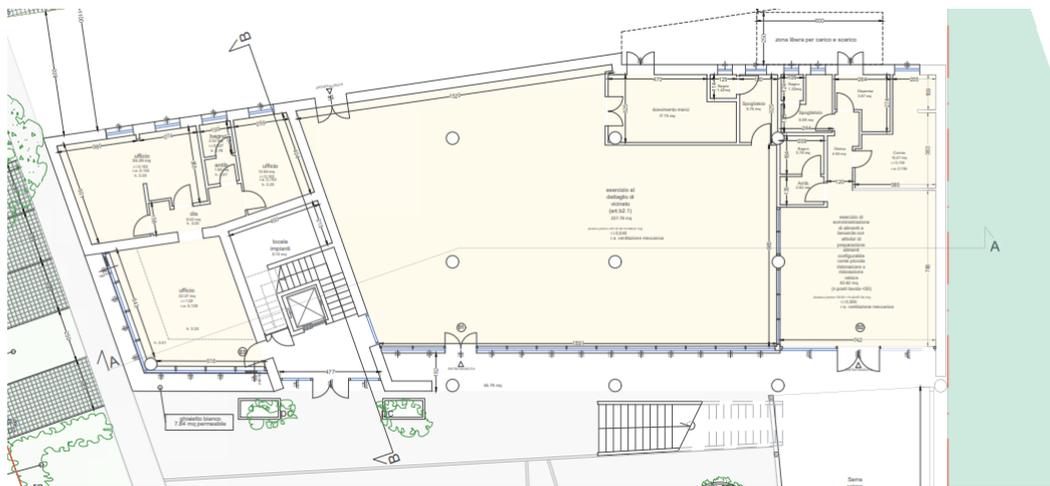


Figura 5: Piantina architettonica del piano terra

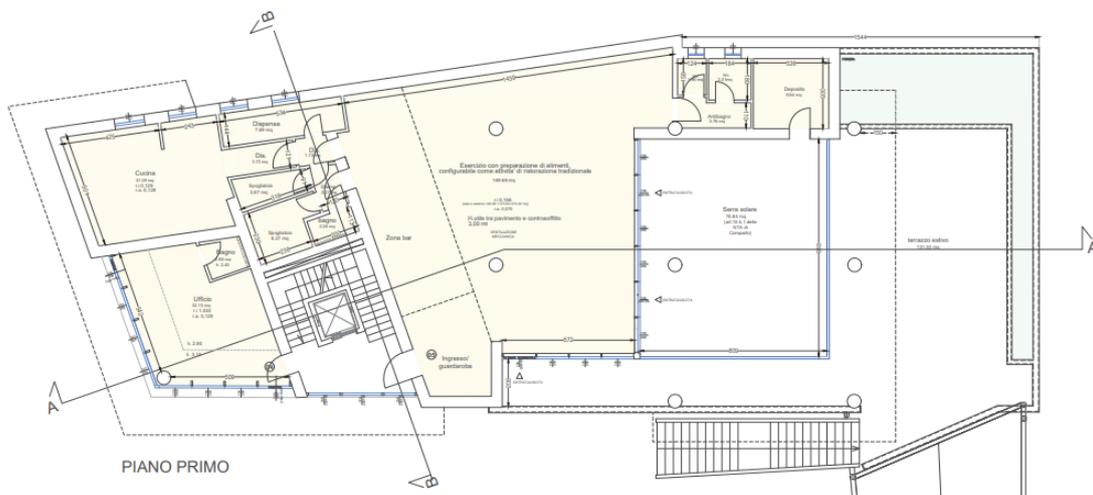


Figura 6: Piantina architettonica del primo piano

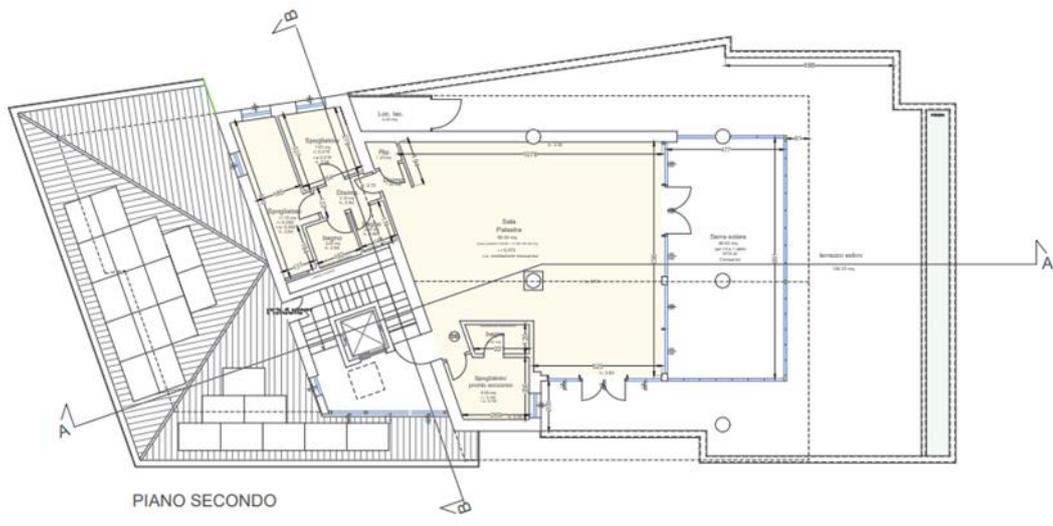


Figura 7: Piantina architettonica del secondo piano

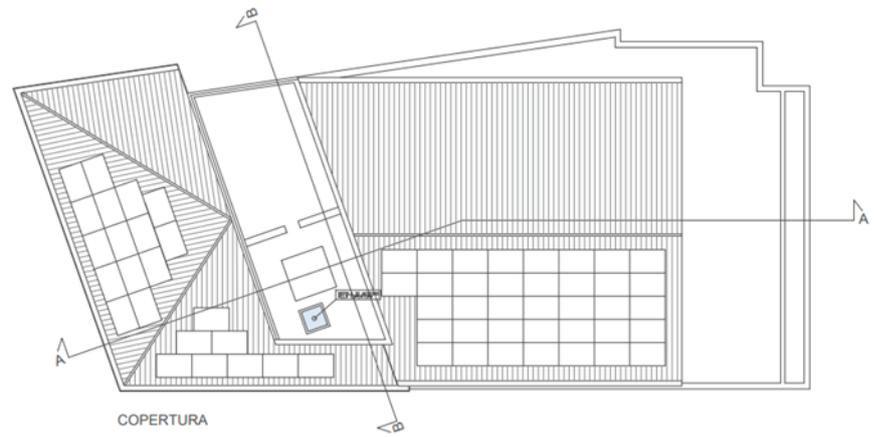


Figura 8: Piantina architettonica della copertura

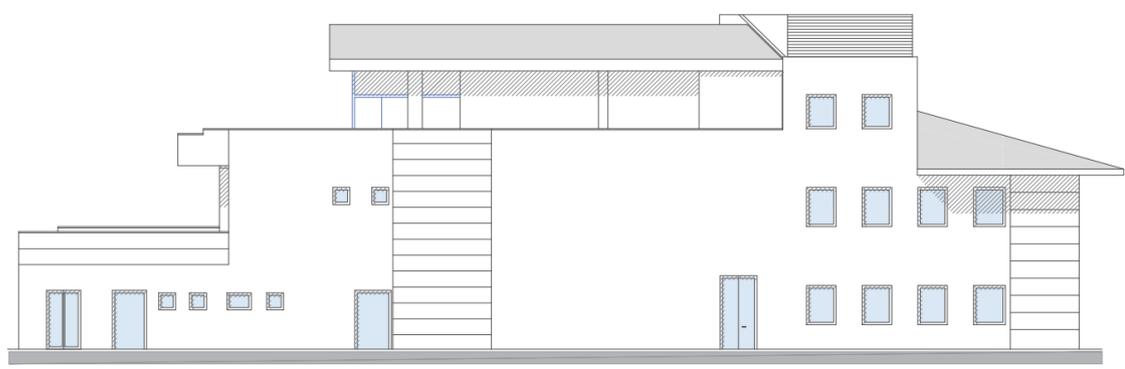


Figura 9: Prospetto nord

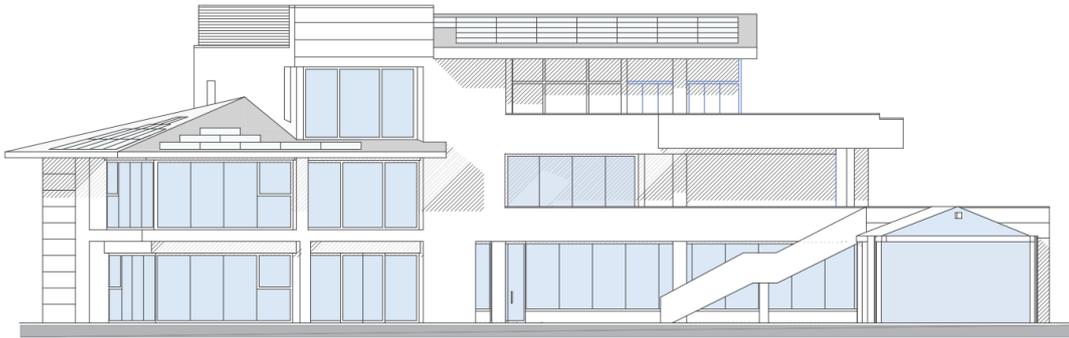


Figura 10: Prospetto sud



Figura 11: Prospetto ovest

Infine, viene riportata una foto esterna e la vista satellitare presa da Google Maps del sito in cui è stato costruito l'edificio.



Figura 12: Foto satellitare



Figura 13: Foto aerea del Centro polifunzionale terminato

Come già detto, la creazione del modello del Centro Servizi avviene completamente utilizzando il software Edilclima, e il lavoro viene suddiviso in tre stadi:

1. Immissione dei componenti dell'involucro edilizio;
2. Elaborazione grafica e definizione delle zone termiche;
3. Costruzione del modello dei diversi impianti presenti nell'edificio.

Dal punto di vista dell'efficienza energetica, è essenziale identificare tutte le superfici che possono disperdere calore e per fare ciò, il software classifica i componenti dell'involucro come muri, solai di fondazione, solai di copertura, solai interpiano, elementi finestrati, ecc. La categorizzazione si estende anche alla natura dell'ambiente che il componente divide, come ambiente climatizzato, ambiente non climatizzato, ambiente esterno e terreno; questa ulteriore distinzione è fondamentale per determinare i flussi di calore che escono dall'edificio.

Nel corso di questa fase, dopo avere analizzato le varie planimetrie, è stato possibile identificare i vari spessori e le dimensioni dei diversi componenti, dei quali tratteremo nel seguente paragrafo.

2.5 ELENCO COMPONENTI

Per quanto riguarda le strutture opache, possiamo suddividerle tra muri, pavimenti e soffitti. In particolare, queste ultime verranno indicate con i seguenti codici identificativi:

Muri:

- M1 Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20
- M2 Parete scale ISOTEX HDIII 44/20
- M3 Parete interna tra unità riscaldate 20 cm
- M4 Parete interna tra unità riscaldate 47 cm
- M5 Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20 Vano scale
- M6 Tramezza interna realizzata con laterizio forato (spessore totale 10 cm)
- M8 Portoncino d'ingresso opaco
- M12 Parete interna ISOTEX HDIII 33/10 stessa unità

Pavimenti:

- P1 Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS
- P2 Pavimento interpiano
- P3 Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS
- P4 Pavimento intermedio verso zona non riscaldata (Vano scale)
- P6 Pavimento intermedio verso esterno

Soffitti:

- S1 Soffitto interpiano
- S4 Copertura in legno
- S6 Tetto terrazzo
- S7 Tetto Vano scale

Per quanto riguarda i componenti finestrati invece abbiamo:

- W1 F.C. 150x240 triplo (Uffici PT, Uffici P1)
- W2 F.C. 80x240 doppio (market, bistrot PT)
- W3 F.C. 135x240 triplo (uffici PT)
- W4 F.C. 150x240 doppio (market, bistrot PT)
- W5 FINESTRA 70x70

- W6 FINESTRA 120x240
- W7 150x300 triplo (ristorante P1)
- W8 FINESTRA 100x70
- W9 F.C. 135x300 triplo (uffici P1)
- W10 FINESTRA 100x140
- W11 FINESTRA 120x140
- W12 F.C. 150x300 doppio (palestra P2)
- W13 F.C. 100x300 doppio (palestra P2)
- W14 FINESTRA 120x160
- W15 FINESTRA 130x160
- W16 F.C. 150x240 triplo (Vano scale PT)
- W17 150x300 triplo (Vano scale P1)
- W18 F.C. 150x300 doppio (Vano scale P2)

E infine i ponti termici verranno indicati con:

- Z1 W – Parete – Telaio
- Z2 R – Parete – Copertura
- Z3 B – Parete – Balcone
- Z4 GF – Parete – Solaio controterra
- Z5 C – Angolo tra pareti (Sporgente)
- Z6 C – Angolo tra pareti (Rientrante)
- Z7 IF – Parete – Solaio interpiano
- Z8 IW – Parete – Parete interna

2.6 ISOTEX

Come si può notare dalle descrizioni delle murature, tra i materiali che sono stati ampiamente utilizzati per la realizzazione dell'edificio troviamo i blocchi ISOTEX.

ISOTEX è un sistema costruttivo che coniuga il cemento armato al legno di abete mineralizzato, cioè un legno che viene impastato e impregnato con un minerale naturale, che lo rende inerte e quindi resistente al fuoco e agli agenti atmosferici. Proprio per tali motivi i blocchi ISOTEX sono anche detti di “legno cemento”.

I blocchi sono posati a secco e poi riempiti con un tipo di calcestruzzo debolmente armato, creando così una parete robusta con una straordinaria inerzia termica, capace di minimizzare le fluttuazioni di temperatura all'interno dell'edificio che normalmente avvengono nel corso della giornata. Questo aspetto ha un impatto significativo sul comfort dell'abitazione, in quanto mantiene stabile la temperatura interna sia in inverno che in estate, riducendo drasticamente l'energia consumata per il riscaldamento e il raffreddamento.

Anche sotto l'aspetto dell'isolamento termico i blocchi raggiungono valori eccellenti. Infatti, le trasmittanze oscillano da 0,34 a 0,15 W/m²K per le pareti portanti esterne e da 0,79 a 0,56 W/m²K per le pareti portanti interne.

Le ottime proprietà di trasmittanza termica, se associate a caratteristiche altamente efficienti degli altri elementi coinvolti nel calcolo energetico, permettono agli edifici di ottenere la classificazione energetica più elevata, cioè la Classe A4.

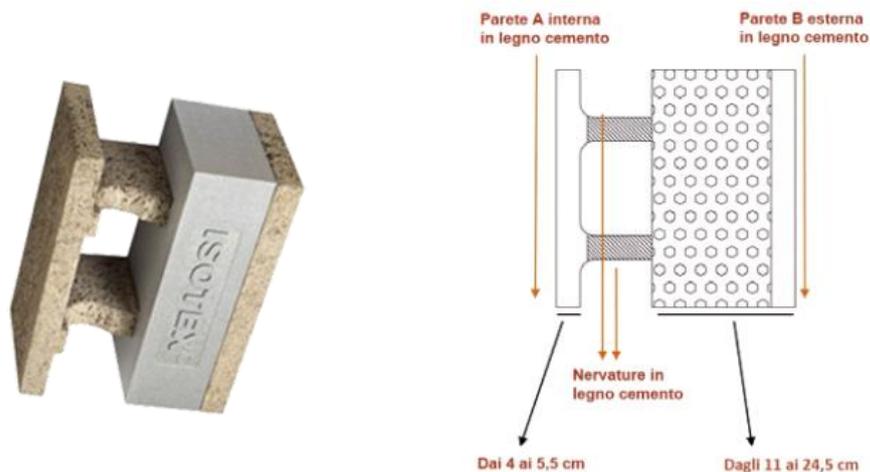


Figura 14: Dettaglio blocco ISOTEX

2.7 STRUTTURE OPACHE

Il parametro che descrive principalmente le pareti opache è la trasmittanza termica per metro quadro, una misura fisica che quantifica la potenza termica che un materiale può scambiare per unità di superficie e per unità di variazione di temperatura, quando è a contatto con fluidi su entrambe le sue superfici. Questa grandezza determina la propensione di un elemento a scambiare energia, rappresentando l'inverso della capacità isolante di un oggetto.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^N R_i + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

- R_{si} Resistenza Termica Superficiale Interna
- R_{se} Resistenza Termica Superficiale Esterna
- R_i Resistenza del componente omogeneo calcolata come

Dove $R_i = \frac{s_i}{\lambda_i} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ con s_i [m] e λ_i [W/mK] rispettivamente spessore e conducibilità termica del componente i-esimo.

Un altro parametro è la trasmittanza termica periodica (UNI EN ISO 13786), che rappresenta la capacità di un elemento costruttivo di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico che proviene dall'esterno e lo attraversa nel corso di una giornata di 24 ore. Pertanto, si tratta di un parametro dinamico dell'elemento. Viene inoltre valutato anche il Fattore di attenuazione, il quale misura quanto l'onda termica esterna viene ridotta nel suo attraversamento della parete oltre allo sfasamento dell'onda termica, in grado di indicare di quante ore viene traslata l'onda termica.

Di seguito, vengono riportate alcune delle strutture opache più significative, mentre al termine dell'elaborato nell'appendice A sono presentati in maniera dettagliata tutti gli elementi strutturali dell'edificio. Si riportano le informazioni relative a: stratigrafia, spessore, trasmittanza totale e proprietà termiche dinamiche. Questa descrizione è arricchita da una rappresentazione grafica di ciascuna struttura.

La legenda dei simboli utilizzati nella stratigrafia è:

s Spessore mm

Cond. Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi W/mK

R Resistenza termica m²K/W

M.V. Massa volumica kg/m

C.T. Capacità termica specifica kJ/kgK

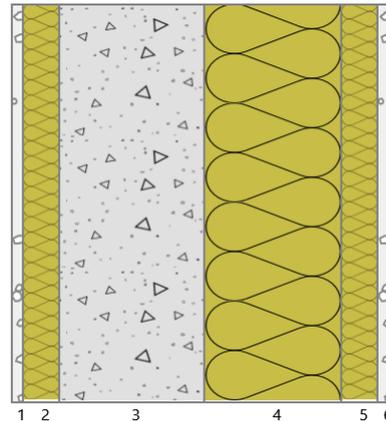
R.V. Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto -

2.7.1 PARETE ESTERNA

1. Descrizione della struttura: *Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20*

Codice: **M1**

Trasmittanza termica	0,159	W/m ² K
Spessore	470	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	4,975	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	510	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	462	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,007	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,045	-
Sfasamento onda termica	-12,5	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,0	0,700	0,021	1400	1,00	10
2	LEGNO-CEMENTO	45,0	0,104	0,433	510	1,50	70
3	C.I.s. armato (1% acciaio)	180,0	2,300	0,078	2300	1,00	130
4	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	170,0	0,033	5,152	10	1,45	60
5	LEGNO-CEMENTO	45,0	0,104	0,433	510	1,50	70
6	Intonaco di cemento e sabbia	15,0	1,000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

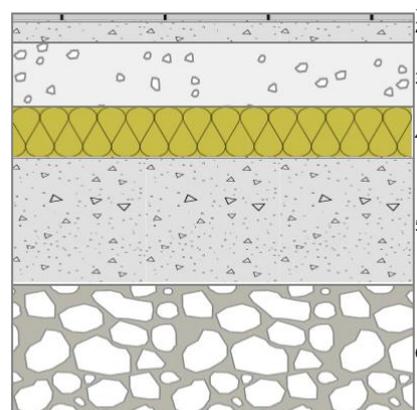
2.7.2 PAVIMENTI

La pavimentazione che incide maggiormente sulle dispersioni termiche è P1 in quanto poggia interamente sul terreno:

Descrizione della struttura: *Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS*

Codice: P1

Trasmittanza termica	0,192	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,148	W/m ² K
Spessore	940	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	1480	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	1480	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,001	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,004	-
Sfasamento onda termica	-3,9	h
Area del pavimento	192	m ²
Perimetro disperdente del pavimento	65,0	m
Spessore pareti perimetrali esterne	410	mm
Conduktività termica del terreno	2,00	W/mK



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
4	Polistirene espanso, estruso con pelle	120,00	0,0340	3,529	30	1,45	60
5	C.I.s. armato (2% acciaio)	300,00	2,5000	0,120	2400	1,00	130
6	Ghiaia grossa senza argilla (um. 5%)	300,00	1,2000	0,250	1700	1,00	5
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

2.7.3 SOFFITTI

La copertura S4 interessa principalmente l'ultimo piano della dell'edificio, in particolare la copertura è inclinata di 14 gradi rispetto l'orizzontale come rappresentato in Figura 15:

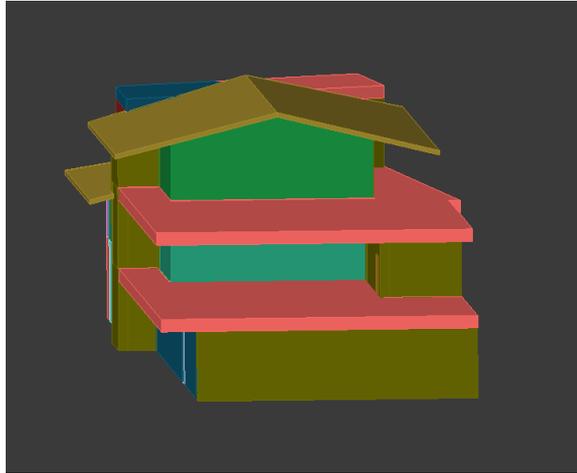
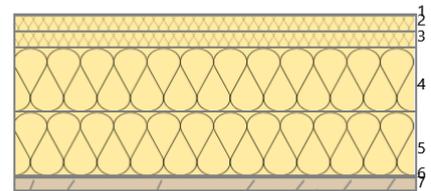


Figura 15: Modello 3D Est

Descrizione della struttura: Copertura in legno

Codice: **S4**

Trasmittanza termica	0,220	W/m ² K
Spessore	222	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	12,099	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	53	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	53	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,040	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,183	-
Sfasamento onda termica	-12,8	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-
1	DIVOROLL UNIVERSAL S	0,90	0,220	0,004	167	1,40	33
2	THERM	20,00	0,039	0,513	160	2,10	5
3	THERM	20,00	0,039	0,513	160	2,10	5
4	ISOREL	80,00	0,050	1,600	230	2,10	5
5	ISOREL	80,00	0,050	1,600	230	2,10	5
6	VAPOTECH 160	0,75	0,220	0,003	213	1,40	4000
7	Legno di abete flusso perpend. Alle fibre	20,00	0,120	0,167	450	1,60	625
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

2.8 STRUTTURE TRASPARENTI

I componenti finestrati sono composti principalmente da due elementi: il vetro e il serramento. In particolare, i dati rappresentativi di un componente finestrato sono:

- Trasmittanza termica U_w W/m^2K
- Trasmittanza solo vetro U_g W/m^2K
- Trasmittanza termica del telaio U_f W/m^2K
- Ψ_g è il valore di trasmittanza termica lineare concernente la conduzione di calore supplementare che avviene a causa dell'interazione tra telaio, vetri e distanziatore dei vetri in funzione delle proprietà termiche di ognuno di questi componenti e si rileva, secondo quanto precisato nell'Annex E della norma UNI EN ISO 10077.

Dove U_w è calcolato attraverso una media pesata sulle aree tra le trasmittanze termiche di vetro, serramento e la componente di interazione lineare data dalla discontinuità tra i due componenti e tutti i componenti necessari al sostegno della struttura vetrata:

$$U_w = \frac{U_g A_g + U_f A_f + \Psi_g L_g}{A_g + A_f}$$

Anche per i serramenti sono note la geometria, le tipologie di vetro, di telaio e le schermature utilizzate, che opportunamente inserite nel software, restituiscono i risultati riportati di seguito. Come per le strutture opache, si riporta solamente qualche esempio significativo di serramento, le restanti strutture trasparenti vengono descritte nel dettaglio in appendice A.

Descrizione della finestra: F.C. 150x240 triplo (Uffici PT, Uffici P1)

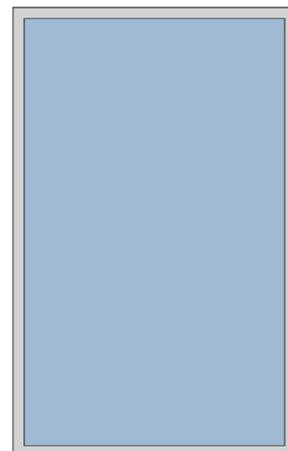
Codice: **W1**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	<i>Singolo</i>		
Classe di permeabilità	<i>Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207</i>		
Trasmittanza termica	U_{cw}	<i>0,933</i>	W/m^2K
Trasmittanza solo vetro	U_g	<i>0,553</i>	W/m^2K

Dati per il calcolo degli apporti solari e delle schermature

Emissività	ϵ	<i>0,837</i>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<i>0,290</i>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<i>1,00</i>	-



Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,10	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,283	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-
Trasmittanza serramento *	$U_{w,e}$	0,889	W/m ² K

* Valore calcolato considerando l'effetto della chiusura oscurante (UNI EN ISO 10077)

Dimensioni e caratteristiche del serramento

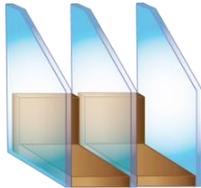
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		240,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	3,600	m ²
Area vetro	A_g	3,146	m ²
Area telaio	A_f	0,454	m ²
Fattore di forma	F_f	0,87	-
Perimetro vetro	L_g	7,320	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,061



Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conducibilità termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	0,889	W/m ² K
---------------------------------	-----	-------	--------------------

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale		7,8	m
Trasmittanza termica lineica		0,080	W/mK

Descrizione della finestra: *F.C. 150x240 doppio (market, bistrot PT)*

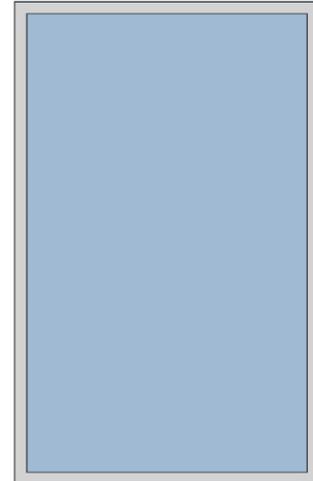
Codice: **W4**

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	<i>Singolo</i>		
Classe di permeabilità	<i>Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207</i>		
Trasmittanza termica	U_{cw}	<i>1,321</i>	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	<i>0,997</i>	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari e delle schermature

Emissività	ϵ	<i>0,837</i>	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	<i>0,360</i>	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	<i>1,00</i>	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	<i>0,35</i>	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	<i>0,354</i>	-



Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		<i>0,09</i>	m ² K/W
f shut		<i>0,6</i>	-
Trasmittanza serramento *	$U_{w,e}$	<i>1,237</i>	W/m ² K

* Valore calcolato considerando l'effetto della chiusura oscurante (UNI EN ISO 10077)

Dimensioni e caratteristiche del serramento

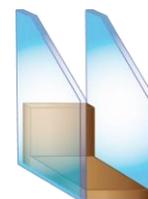
Larghezza	<i>150,0</i>	cm
Altezza H	<i>240,0</i>	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	<i>0,90</i>	W/m ² K
K distanziale	K_d	<i>0,080</i>	W/mK
Area totale	A_w	<i>3,600</i>	m ²
Area vetro	A_g	<i>3,146</i>	m ²
Area telaio	A_f	<i>0,454</i>	m ²
Fattore di forma	F_f	<i>0,87</i>	-
Perimetro vetro	L_g	<i>7,320</i>	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	<i>0,130</i>
Primo vetro	<i>6,0</i>	<i>1,00</i>	<i>0,006</i>
Intercapedine	-	-	<i>0,800</i>
Secondo vetro	<i>6,0</i>	<i>1,00</i>	<i>0,006</i>
Resistenza superficiale esterna	-	-	<i>0,061</i>



Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U 1,237 W/m²K

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale 7,8 m

Trasmittanza termica lineica 0,080 W/mK

Nella seguente tabella è riportato l'elenco di tutti i componenti finestrati, con i relativi valori di trasmittanza e i dati più significativi:

Cod	Descrizione	vetro	e	ggl,n	H [cm]	L [cm]	Ug [W/m ² K]	Uw [W/m ² K]
W1	F.C. 150x240 triplo (Uffici PT, Uffici P1)	Triplo	0,837	0,290	240,0	150,0	0,553	0,933
W2	F.C. 80x240 doppio (market bistrot PT)	Doppio	0,837	0,360	240,0	80,0	0,997	1,492
W3	F.C. 135x240 triplo (uffici PT)	Triplo	0,837	0,290	240,0	135,0	0,553	0,958
W4	F.C. 150x240 doppio (market, bistrot PT)	Doppio	0,837	0,360	240,0	150,0	0,997	1,321
W5	FINESTRA 70x70	Doppio	0,837	0,590	70,0	70,0	1,100	1,300
W6	FINESTRA 120x240	Doppio	0,837	0,590	240,0	120,0	1,100	1,300
W7	150x300 triplo (ristorante P1)	Triplo	0,837	0,290	300,0	150,0	0,553	0,905
W8	FINESTRA 100x70	Doppio	0,837	0,590	70,0	100,0	1,100	1,300
W9	F.C. 135x300 triplo (uffici P1)	Triplo	0,837	0,290	300,0	135,0	0,553	0,931
W10	FINESTRA 100x140	Doppio	0,837	0,590	140,0	100,0	1,100	1,300
W11	FINESTRA 120x140	Doppio	0,837	0,590	140,0	120,0	1,100	1,400
W12	F.C. 150x300 doppio (palestra P2)	Doppio	0,837	0,360	300,0	150,0	0,997	1,297
W13	F.C. 100x300 doppio (palestra P2)	Doppio	0,837	0,360	300,0	100,0	0,997	1,396
W14	FINESTRA 120x160	Doppio	0,837	0,590	160,0	120,0	1,100	1,400
W15	FINESTRA 130x160	Doppio	0,837	0,590	160,0	130,0	1,100	1,400
W16	F.C. 150x240 triplo (Vano scalei PT)	Triplo	0,837	0,290	240,0	150,0	0,553	0,933
W17	150x300 triplo (Vano scale P1)	Triplo	0,837	0,290	300,0	150,0	0,553	0,905
W18	F.C. 150x300 doppio (Vano scale P2)	Doppio	0,837	0,360	300,0	150,0	0,997	1,297

Tabella 2: Dettagli dei componenti finestrati

Legenda simboli

e Emissività
ggl,n Fattore di trasmittanza solare
H Altezza
L Larghezza
Ug Trasmittanza vetro
Uw Trasmittanza serramento

2.9 PONTI TERMICI

L'ultimo passaggio di questa fase consiste nell'introduzione dei ponti termici, che possono essere descritti come aree della struttura di un edificio che presentano proprietà termiche diverse rispetto alle aree adiacenti. In queste zone, i flussi di calore sono più rapidi rispetto al resto dell'edificio, portando, durante l'inverno, al trasferimento di calore dall'interno all'esterno e il contrario durante l'estate. Il software utilizzato comprende un modulo di calcolo chiamato EC709, che permette di calcolare i valori dei ponti termici in linea con le normative UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211. Per ogni ponte termico, EC709 fornisce il modello geometrico, l'analisi qualitativa delle linee di flusso e delle isoterme, i valori di trasmittanza termica lineica, calcolati sulla base dei parametri progettuali identificati in precedenza, e il fattore di temperatura f_{rsi} necessario per eseguire il controllo della temperatura critica.

Il software permette di calcolare i seguenti ponti termici:

- giunzioni tra elementi di involucro esterni (tra parete e copertura, tra parete a balcone, angolo tra pareti);
- giunzioni tra pareti esterne con solai di interpiano e pareti interne;
- giunzioni tra pareti esterne con solai rialzati o controterra;
- pilastri in pareti esterne;
- ponti termici in prossimità di porte e finestre;
- ponti termici parete-telaio e parete-balcone ricorrenti in edifici oggetto di ristrutturazione.

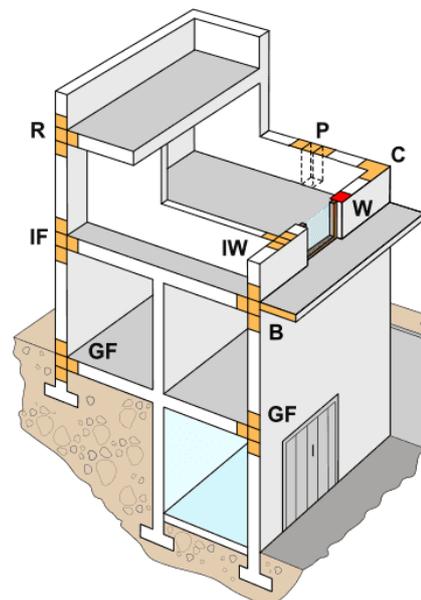
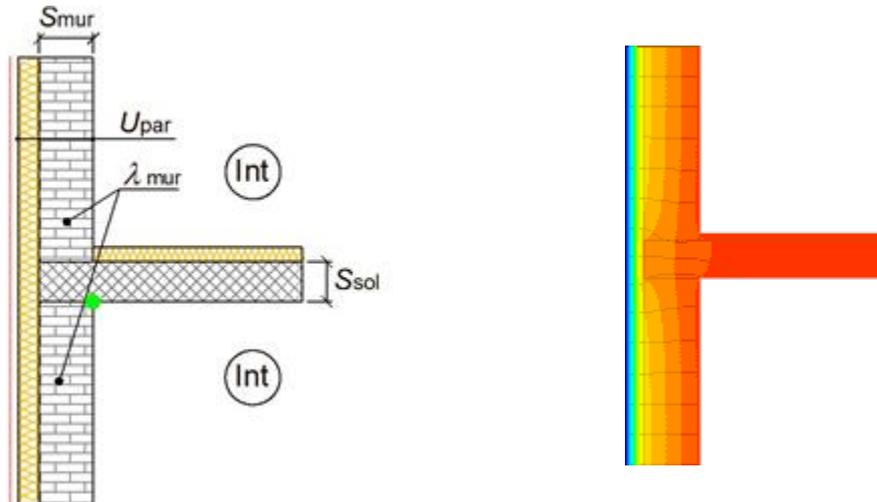


Figura 16: Tipologie di ponti termici calcolabili con EC709

Descrizione del ponte termico: *IF – Parete – Solaio interpiano*

Codice: **Z7**

Tipologia	<i>IF – Parete – Solaio interpiano</i>
Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,019 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,039 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,924 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211



Caratteristiche

Spessore solaio	Ssol	300,0	mm
Spessore muro	Smur	380,0	mm
Trasmittanza termica parete	Upar	0,210	W/m ² K
Conduttività termica muro	λmur	0,250	W/mK

Anche per i ponti termici si riportano i valori di Ψ , cioè la trasmittanza lineica di calcolo:

Cod	Descrizione	Ψ [W/mK]
Z1	W – Parete – Telaio	0,085
Z2	R – Parete – Copertura	0,011
Z3	B – Parete – Balcone	0,228
Z4	GF – Parete – Solaio controterra	-0,017
Z5	C – Angolo tra pareti (Sporgente)	-0,056
Z6	C – Angolo tra pareti (Rientrante)	0,015
Z7	IF – Parete – Solaio interpiano	0,019
Z8	IW – Parete – Parete interna	-0,007

Tabella 3: Dettagli dei ponti termici

2.10 MODELLAZIONE GRAFICA

Una volta inseriti tutti i componenti edilizi, attraverso l'input grafico è possibile procedere alla costruzione dell'edificio tramite il software, partendo dalle piante dei diversi piani, fino a ottenere l'edificio completo.



Figura 17: Input grafico piano terra



Figura 18: Input grafico primo piano



Figura 19: Input grafico secondo piano

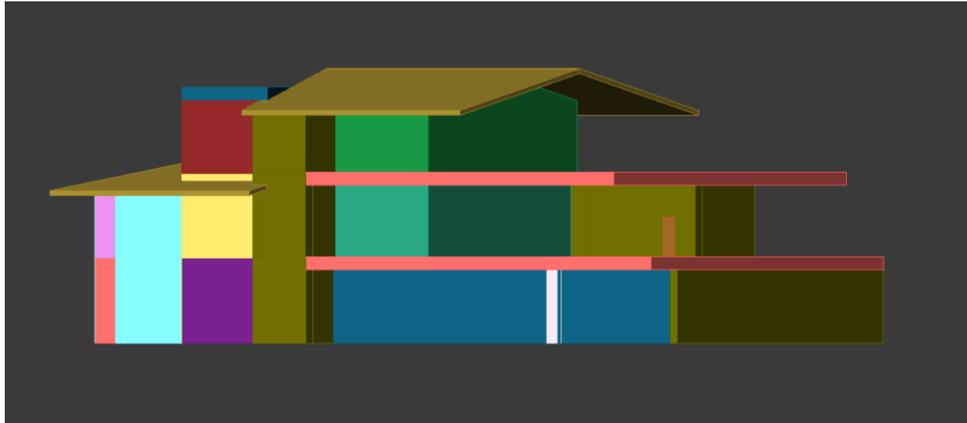


Figura 20: Modello 3D Sud-Est

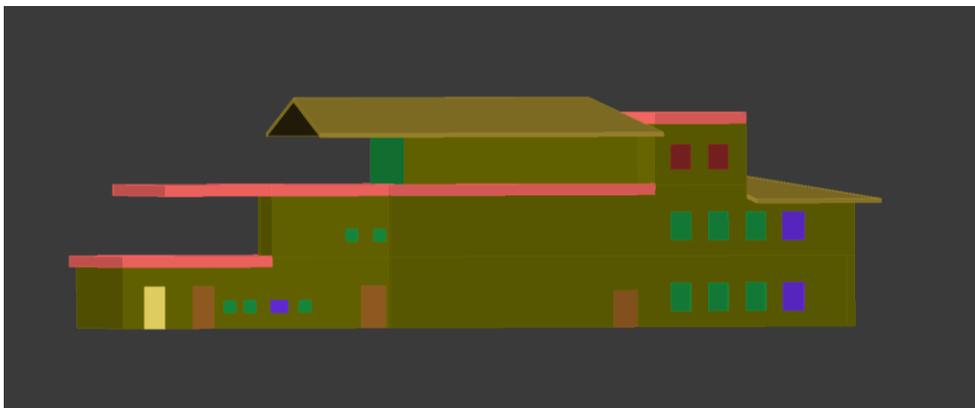


Figura 21: Modello 3D Nord

Dopo aver modellato la struttura, è necessario stabilire le zone climatizzate e non, cioè i vari volumi dell'edificio mantenuti a una temperatura specifica. Nell'analisi in questione, sono state individuate 6 aree termiche: 5 climatizzate e una, relativa al vano scale, senza climatizzazione. I dettagli principali di queste aree sono illustrati nella tabella seguente.

Zona	Descrizione	V [m ³]	V _{netto} [m ³]	S _u [m ²]	S _{lorda} [m ²]	S [m ²]	S/V [-]
1	supermercato	1390,84	929,99	265,71	288,12	623,80	0,45
2	Uffici	689,06	454,23	124,39	148,49	416,34	0,60
3	Bistrot	555,83	333,58	95,31	109,85	370,07	0,67
4	Ristorante	1145,35	823,93	233,49	273,75	508,56	0,44
5	Palestra	739,47	573,65	139,50	162,13	436,02	0,59
	Totale:	4520,54	3115,37	858,40	982,34	2354,79	0,52

Tabella 4: Dati geometrici delle zone termiche

In seguito, si identificano graficamente i diversi ambienti che appartengono alle zone termiche precedentemente stabilite. Ogni zona, in dettaglio, è stata suddivisa in diversi locali, come elencato di seguito:

Supermercato

- 1 Vendita
- 2 Magazzino
- 3 Bagno

Bistrot

- 1 Sala bistrot
- 2 Cucina
- 3 Disimpegno
- 4 Bagni
- 5 Dispensa
- 6 Spogliatoio

Uffici

- 1 Ufficio 1
- 2 Ufficio 2
- 3 Ufficio 3
- 4 Ufficio 4
- 5 Disimpegno
- 6 Bagno
- 7 Ufficio piano primo
- 8 Bagno piano primo

Ristorante

- 1 Sala ristorante
- 2 Cucina
- 3 Dispensa
- 4 Disimpegno
- 5 Spogliatoi
- 6 Bagni
- 7 Deposito

Palestra

- 1 Palestra
- 2 Spogliatoi
- 3 Bagni

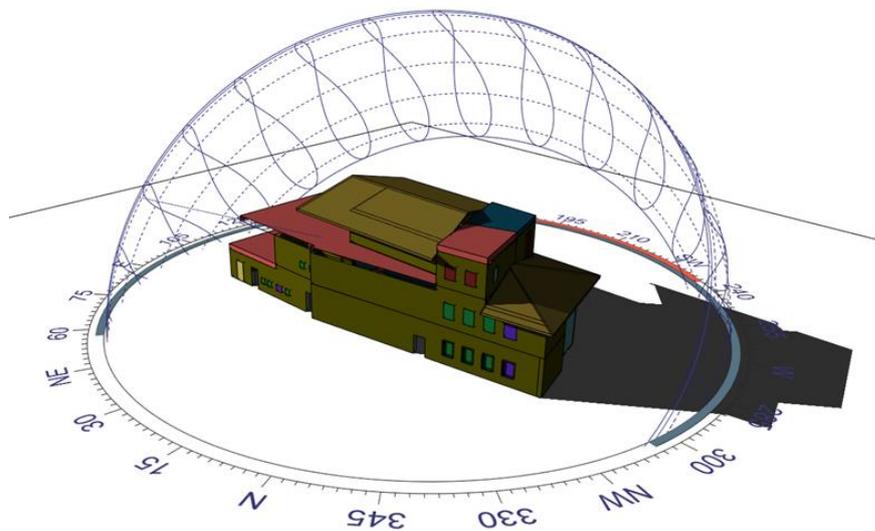


Figura 22: Rendering dell'edificio realizzato con Edilclima

2.11 IMPIANTI

Per quanto riguarda invece l'impianto termico, la scelta progettuale (per ottemperare ai requisiti sulle fonti rinnovabili per gli edifici nZEB) prevede l'attuazione di sistemi in pompa di calore coadiuvati dall'impianto fotovoltaico. In particolare, si è deciso di adottare sistemi in pompa di calore aria-aria, i quali risultano, però, tecnicamente impossibili da parzializzare per ogni attività. La scelta alternativa rappresenta quella di utilizzare un impianto centralizzato in pompa di calore aria-acqua, il quale però presenta un rendimento di generazione molto inferiore rispetto al rendimento di generazione dei sopra citati sistemi ad espansione diretta aria-aria. Per tale motivo, si è optato per l'utilizzo di impianti autonomi costituiti da pompe di calore aria-aria per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti coadiuvati da impianto fotovoltaico.

Il sistema impiantistico dell'edificio prevede perciò la presenza di diversi impianti di riscaldamento e raffrescamento autonomi con pompa di calore aria-aria, con un funzionamento continuato e un sistema di ventilazione meccanica bilanciata autonoma; i sistemi di produzione di acqua calda sanitaria ACS sono costituiti da pompe di calore aria-acqua autonome con bollitore incorporato coadiuvate da impianto fotovoltaico. In totale, sono state quindi utilizzate sei diverse pompe di calore, una per ogni zona e una dedicata all'ufficio al primo piano.

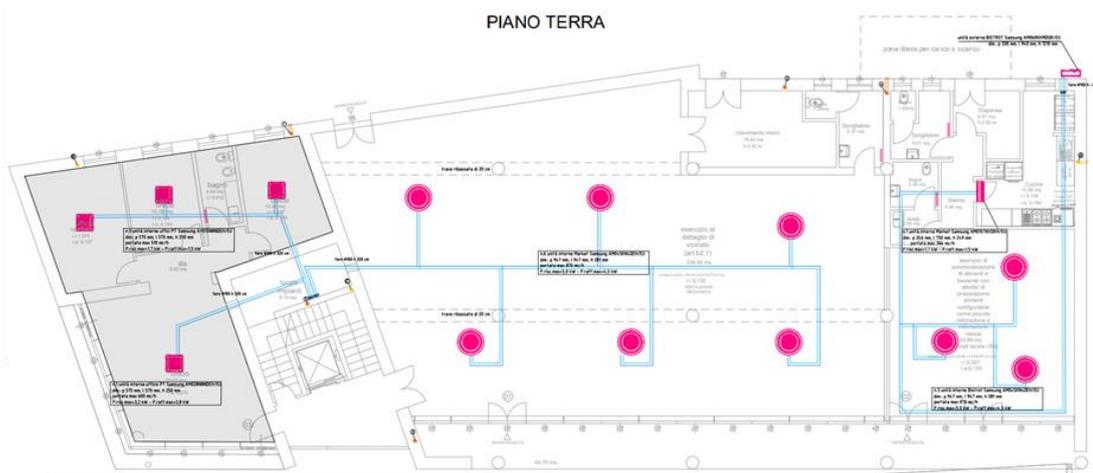


Figura 23: Piantina impianti al piano terra

PIANO PRIMO



Figura 24: Piantina impianti al primo piano

PIANO SECONDO



Figura 25: Piantina impianti al secondo piano

COPERTURA

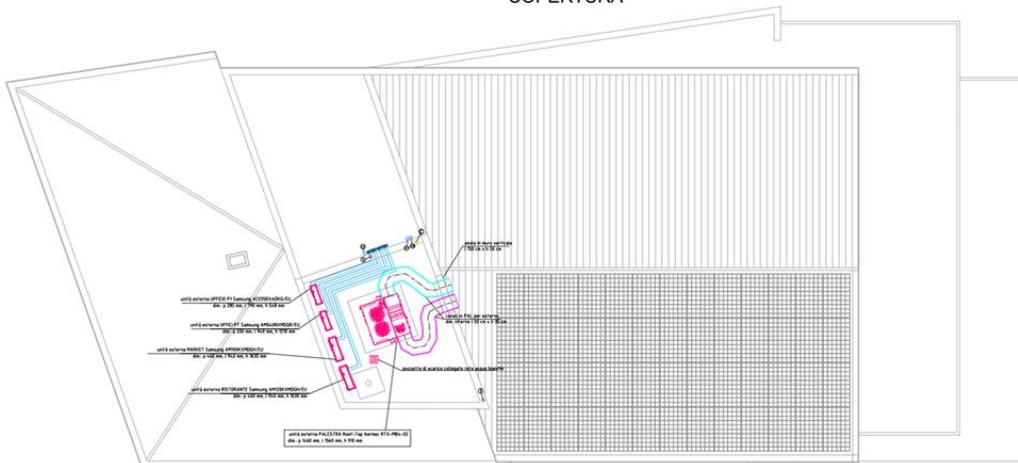


Figura 26: Piantina impianti sulla copertura

2.11.1 RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO

L' Impianto di riscaldamento e raffrescamento è composto da quattro sottosistemi:

1. Sottosistema di generazione;
2. Sottosistema di distribuzione;
3. Sottosistema di regolazione;
4. Sottosistema di emissione.

1. Generazione

Le unità esterne delle pompe di calore sono principalmente poste sulla copertura mentre le unità di Bistrot e Palestra sono state posizionate sulle pareti esterne del lato nord dell'edificio, come si può notare dalle precedenti immagini. Le caratteristiche principali dei generatori, ricavate dai libretti e dalle schede tecniche, sono illustrate nelle tabelle seguenti:

Zona	Uffici piano terra
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Samsung/AM040NXMDGR/EU
Potenza termica utile in raffrescamento	12,1 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	12,1 kW
EER	4,5
COP	4,8
Intervallo temperature sorgente fredda	-5 / 48 °C
Intervallo temperature sorgente calda	-25 / 26 °C

Tabella 5: Dati PdC Uffici piano terra

Zona	Bistrot
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Samsung/AM060NXMDGR/EU
Potenza termica utile in raffrescamento	15,5 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	15,5 kW
EER	3,8
COP	4,5
Intervallo temperature sorgente fredda	-5 / 48 °C
Intervallo temperature sorgente calda	-25 / 26 °C

Tabella 6: Dati PdC Bistrot

Zona	Supermercato
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Samsung/AM100KXMDGH/EU
Potenza termica utile in raffrescamento	28 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	31,5 kW
EER	3,8
COP	4,7
Intervallo temperature sorgente fredda	-5 / 52 °C
Intervallo temperature sorgente calda	-25 / 24 °C

Tabella 7: Dati PdC Supermercato

Zona	Ristorante
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Samsung/AM120KXMDGH/EU
Potenza termica utile in raffrescamento	33,5 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	37,5 kW
EER	3,8
COP	4,8
Intervallo temperature sorgente fredda	-5 / 52 °C
Intervallo temperature sorgente calda	-25 / 24 °C

Tabella 8: Dati PdC Ristorante

Zona	Ufficio piano primo
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Samsung/AC035RXADKG/EU
Potenza termica utile in raffrescamento	28 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	31,5 kW
EER	3,4
COP	3,3
Intervallo temperature sorgente fredda	-15 / 50 °C
Intervallo temperature sorgente calda	-20 / 24 °C

Tabella 9: Dati PdC Ufficio primo piano

Zona	Palestra
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Samsung/AC100RXADKG/EU
Potenza termica utile in raffrescamento	12 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	15,5 kW
EER	2,9
COP	3,6
Intervallo temperature sorgente fredda	-15 / 50 °C
Intervallo temperature sorgente calda	-20 / 24 °C

Tabella 10: Dati PdC palestra



Figura 27: Dettaglio PdC supermercato e uffici

Per quanto riguarda la zona della palestra, è stato implementato anche un condizionatore autonomo condensato ad aria di tipo Roof -Top (quindi posto sulla copertura) per il trattamento, la filtrazione e il rinnovo dell'aria. Le unità RTX sono progettate con l'obiettivo di ridurre i consumi energetici e vengono utilizzate per applicazioni a medio affollamento, come centri commerciali, negozi, uffici e palestre. L'unità MB4, poi, permette il recupero termodinamico dell'energia contenuta nell'aria di espulsione permettendo rese ed efficienze più elevate. Infatti, l'unità ha la funzione di recupero termodinamico, sfruttando anche l'energia contenuta nell'aria di espulsione, che altrimenti andrebbe persa.

Zona	Palestra
Tipologia	Elettrica
Marca/Modello	Aermec/RTX-MB4-02
Potenza termica utile in raffreddamento	16,3 kW
Potenza termica utile in riscaldamento	16,7 kW
EER	4,3
COP	5,2
Flusso d'aria	45 m ³ /min

Tabella 11: Dati PdC palestra sulla copertura

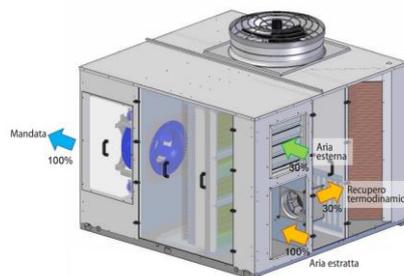


Figura 28: Dettaglio PdC sulla copertura

2. Distribuzione

La distribuzione ai terminali di emissione, dato che si tratta di un sistema a espansione diretta, avviene tramite due tubazioni, una dedicata al gas refrigerante e una al liquido refrigerante, con tubazioni che presentano un isolamento in poliuretano spesso 9 mm e con conducibilità termica λ_{is} di 0,03 W/mK. Le varie tubazioni dell'impianto di distribuzione non sono a vista, ma nascoste nel controsoffitto.

Nella palestra invece l'impianto di distribuzione dell'unità RTX-MB4-02 è a vista; sono infatti presenti due tubazioni: una di mandata e una di ripresa, entrambe capaci di movimentare fino a 2800 m³/h d'aria. In particolare, la tubazione di ripresa possiede cinque bocchette di ripresa, di cui due poste nel bagno e negli spogliatoi, dove è appunto necessario il ricambio d'aria.

3. Regolazione

La regolazione per i diversi ambienti comprende sia una configurazione per singoli ambienti + climatica, che include una sonda climatica esterna all'edificio posizionata in un'area riparata dal vento e dal sole, e sonde all'interno dei singoli vani ambiente, sia una configurazione per zona + climatica, in cui invece delle sonde interne troviamo dei cronotermostati di zona.

4. Emissione

I terminali di erogazione sono principalmente a soffitto, dove le unità interne sono del tipo a mini-cassetta a 4 vie con modalità windfree per evitare getti d'aria diretti, nel supermercato invece sono sempre a cassetta, ma circolari, permettendo una erogazione a 360°. Inoltre, nelle cucine di Bistrot e Ristorante sono presenti anche le classiche unità interne con modelli a parete, sempre con modalità windfree.



Figura 29: Terminali di erogazione

2.11.2 VENTILAZIONE

Per quanto riguarda la ventilazione, sono stati adottati impianti a ventilazione meccanica bilanciata per le diverse zone dell'edificio. Al piano terra troviamo l'unità di ventilazione Zehnder ComfoAir 160, utilizzata per il ricambio d'aria degli uffici. L'impianto garantisce livelli ottimali di qualità dell'aria interna, assicurando meccanicamente il sano equilibrio tra l'aria fresca e salubre in ingresso e quella viziata in uscita dall'abitazione. Oltre a ventilare correttamente gli ambienti indoor il ComfoAir 160, grazie allo scambiatore di calore, permette di recuperare il calore dall'aria calda e umida dei locali di servizio come il bagno, cedendolo all'aria di rinnovo immessa negli uffici, dopo averla filtrata dalle impurità dell'ambiente esterno. L'impianto è costituito da un distributore Comfowell con 5 attacchi di 90 mm di diametro, in particolare sono presenti cinque bocchette di mandata e cinque di aspirazione, ognuna capace di ricambiare fino a 30 m³/h d'aria. Come si può notare dall'immagine seguente, le bocchette di mandata sono disposte nei vari uffici, mentre quelle di ripresa sono posizionate nelle zone di disimpegno tra gli uffici e nel bagno.

Inoltre, sempre al piano terra, è presente un secondo impianto di ventilazione con recuperatore di calore per gestire lo spazio dedicato al Supermercato. In questo caso è stata utilizzata un'UTA (Unità trattamento aria) a soffitto di tipo Tecnoventil UVNReco 2000, con una portata massima di 1800 m³/h d'aria.

I recuperatori di calore serie UVNR sono in grado di coniugare un elevato confort ambientale mantenendo al contempo un sensibile risparmio energetico. L'unità è infatti dotata di recuperatore statico in alluminio a flussi incrociati controcorrente, che permette un efficace trasferimento termico dal flusso di ripresa al flusso di rinnovo, con tutte le condizioni climatiche esterne, raggiungendo un'efficienza del recuperatore di calore pari al 74,5%.

Come si può notare dalla Figura 29, sono presenti due tubazioni circolari dal diametro di 315 mm: una, quella in azzurro, è responsabile della mandata, in cui troviamo 8 diffusori lineari a canale circolare di tipo Tecnoventil DLCZ, cioè in acciaio zincato con deflettori in alluminio anodizzato nero; l'altra tubazione, in fucsia, è dedicata invece alla ripresa ed è caratterizzata da 6 bocchette a canale circolare di tipo Tecnoventil MRSV, che sono bocchette in acciaio zincato a doppio filare di alette singolarmente orientabili.

In entrambe le tubazioni è stato poi aggiunto un silenziatore circolare Tecnoventil SLC/S02; tali silenziatori sono studiati per ridurre la rumorosità negli impianti di climatizzazione e sono realizzati in lamiera d'acciaio zincato, con un elemento fonoassorbente in lana minerale.

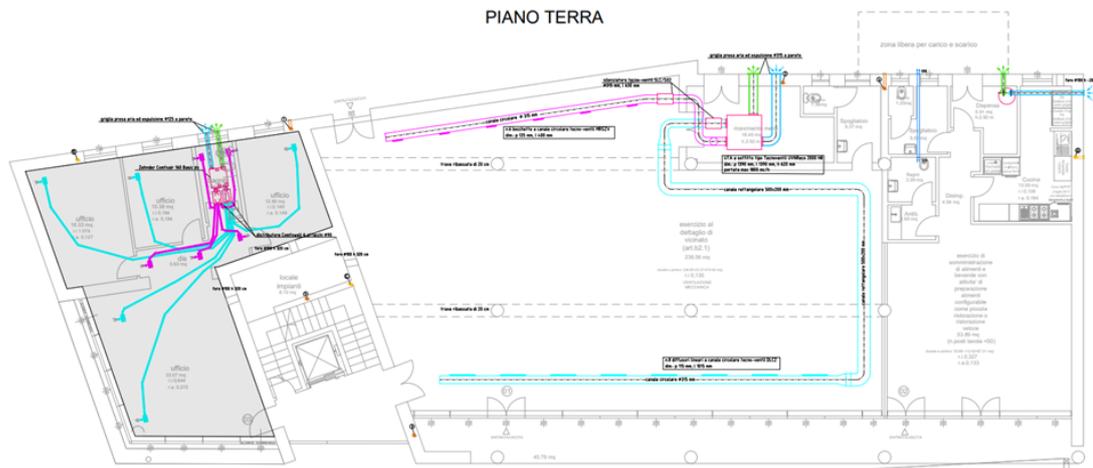


Figura 30: Piantina impianti di ventilazione PT

Lo stesso discorso vale per il primo piano, dove troviamo sempre un impianto di ventilazione Zehnder Confoair 160, utilizzato per il ricambio d'aria dell'ufficio con 3 bocchette di mandata e 3 bocchette di ripresa analoghe a quelle descritte precedentemente.

Inoltre, è presente una seconda UTA a soffitto di tipo UVRReco 2500, con la quale è possibile ricambiare una portata d'aria fino a 2500 m³/h. In questo caso le due tubazioni sono rettangolari, nello specifico di 500x200 mm, nelle quali troviamo:

- 6 griglie a schermo forellato a canale di tipo Tecnoventil BSF, in alluminio anodizzato e acciaio zincato, per la ripresa;
- 10 diffusori lineari a tre feritoie di tipo Tecnoventil DLPA203/PSI.

Anche per questo particolare impianto sono stati impiegati i silenziatori SLC/S02, come nel caso precedente.

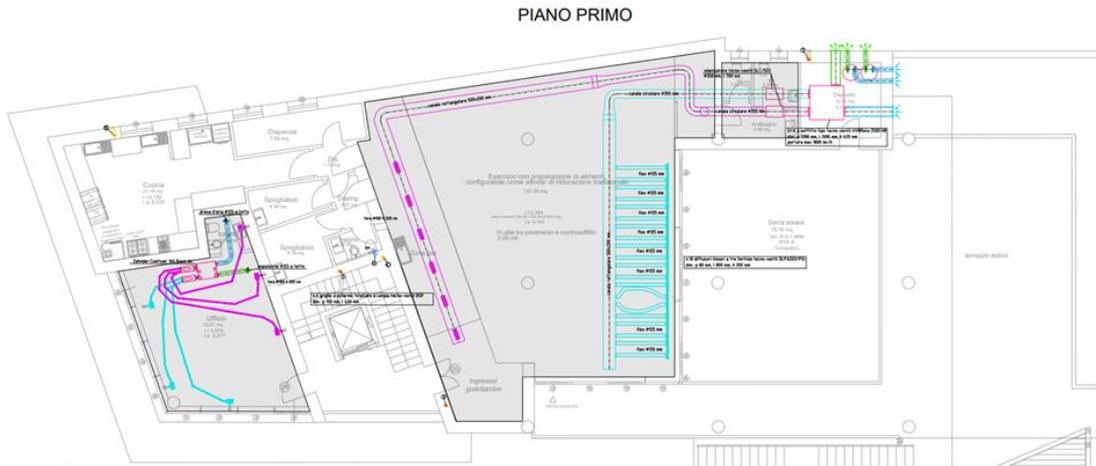


Figura 31: Piantina impianti di ventilazione P1

2.11.3 ACS

Per quanto riguarda la produzione di ACS (Acqua calda sanitaria), i sistemi sono costituiti da scaldacqua in pompe di calore aria-acqua autonome con bollitore incorporato coadiuvate da impianto fotovoltaico. In particolare, per le varie zone dell'edificio sono state impiegate delle pompe di calore Samsung ACL-300 WH da 278 litri ciascuna, mentre per i bagni degli uffici sono stati utilizzati dei boiler elettrici.

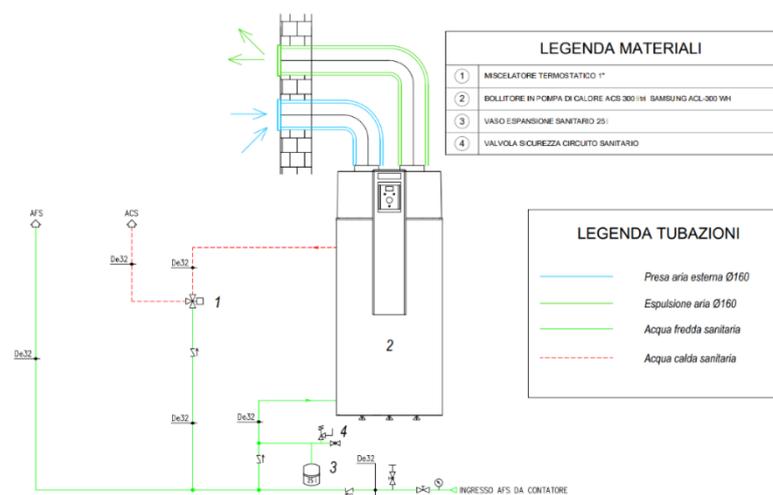


Figura 32: Dettaglio PdC per ACS

2.11.4 FOTVOLTAICO

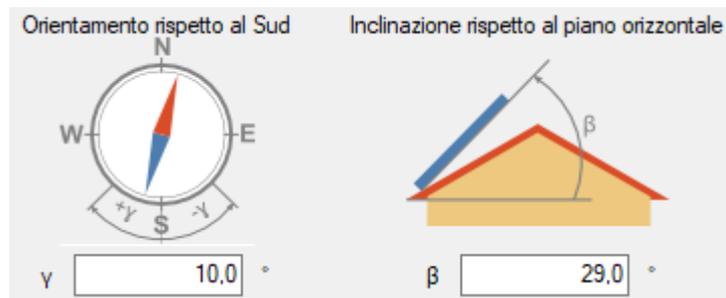


Figura 33: Maschera Edilclima sul fotovoltaico

Per la progettazione dell'edificio oggetto di studio, il quale aveva come obiettivo fondamentale quello di essere un edificio nZEB, ovvero a energia quasi zero, è stato fondamentale installare dei pannelli fotovoltaici sulla copertura. Per garantire una massima efficienza dei pannelli, questi devono essere disposti su coperture esposte a sud dell'edificio, come si può notare dall'immagine sottostante.

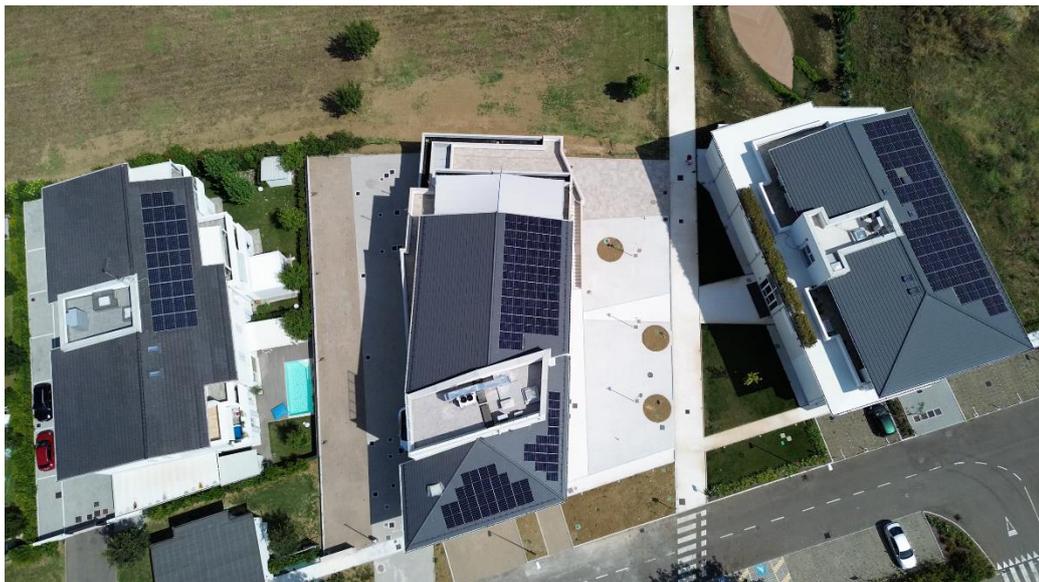


Figura 34: Foto aerea del Centro Polifunzionale terminato

I pannelli fotovoltaici utilizzati sono dei moduli PX200 prodotti da Solar Day, nella tabella seguente si riportano i dati principali:

Potenza di picco	200 W
Superficie utile singolo modulo	1.46 m ²
Efficienza nominale singolo modulo	0.14
Fattore di efficienza	0.8

Tabella 12: Dati modulo fotovoltaico PX 200

L'area della copertura è ampia ed è possibile sfruttarla per l'installazione di pannelli fotovoltaici, ciascuno con superficie pari a 1,46 m². I pannelli con annessa struttura di appoggio saranno posizionati verso sud, inclinati rispetto all'orizzonte di 29 gradi, per seguire l'inclinazione della copertura. Con questa configurazione si riesce ad ottenere una potenza di picco totale di 23 kW.

Come si può poi notare dal seguente grafico, l'energia elettrica ottenuta da produzione fotovoltaica non riesce a soddisfare completamente il fabbisogno elettrico totale, raggiungendo una percentuale di copertura del fabbisogno annuo pari al 32%, per cui sarà necessario ottenere il restante 68% dell'energia elettrica dalla rete.

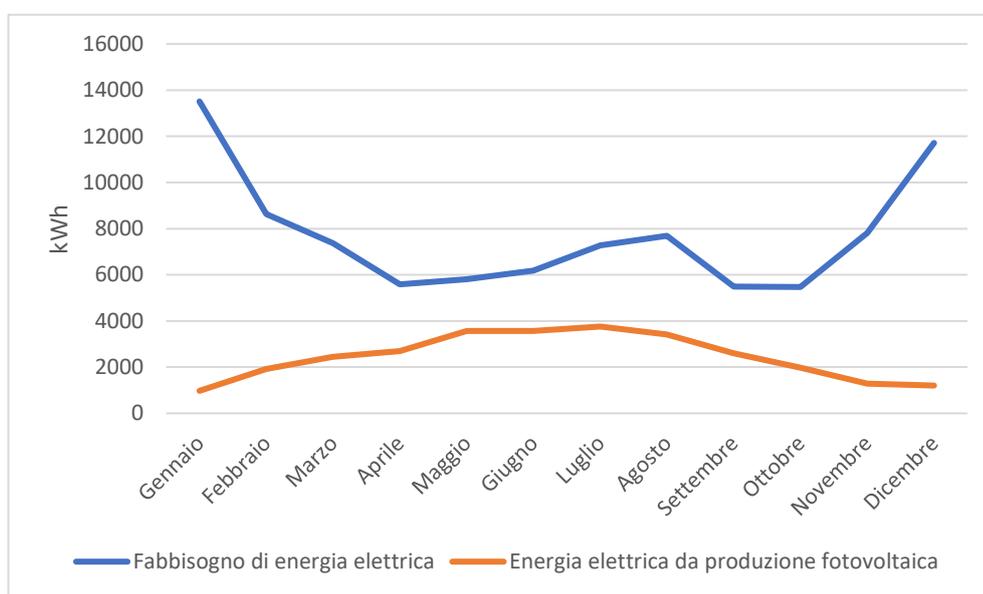


Grafico 1: Confronto fabbisogno elettrico con produzione da fotovoltaico PX200

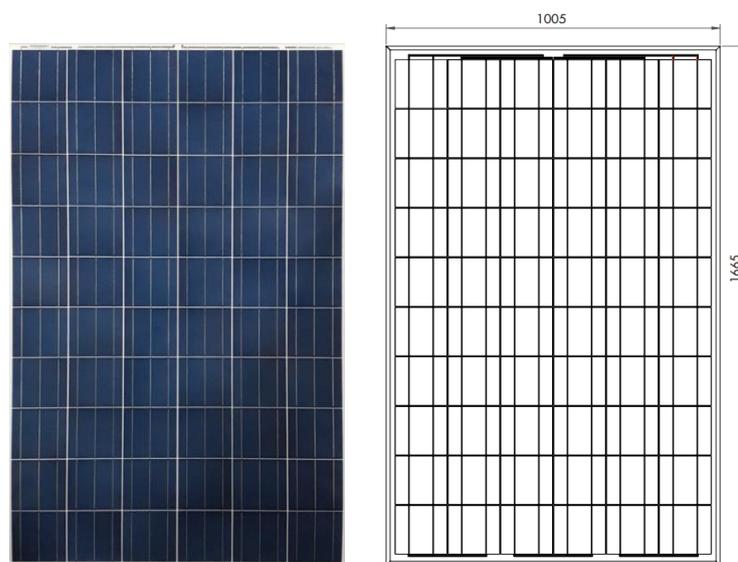


Figura 35: Pannello Solar Day PX 200

2.12 CLASSE ENERGETICA

Di seguito si riporta un estratto dell'Attestato di Prestazione Energetica (APE) calcolato dal software Edilclima, in cui si esplicita la classe energetica dell'edificio polifunzionale allo stato attuale. Grazie all'indice di prestazione energetica non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ è possibile assegnare la classe energetica all'edificio, che, essendo pari a 141.04 kWh/m²anno, determina la Classe A4, la più alta classe raggiungibile, infatti l'edificio risulta proprio essere un "edificio a energia quasi zero".

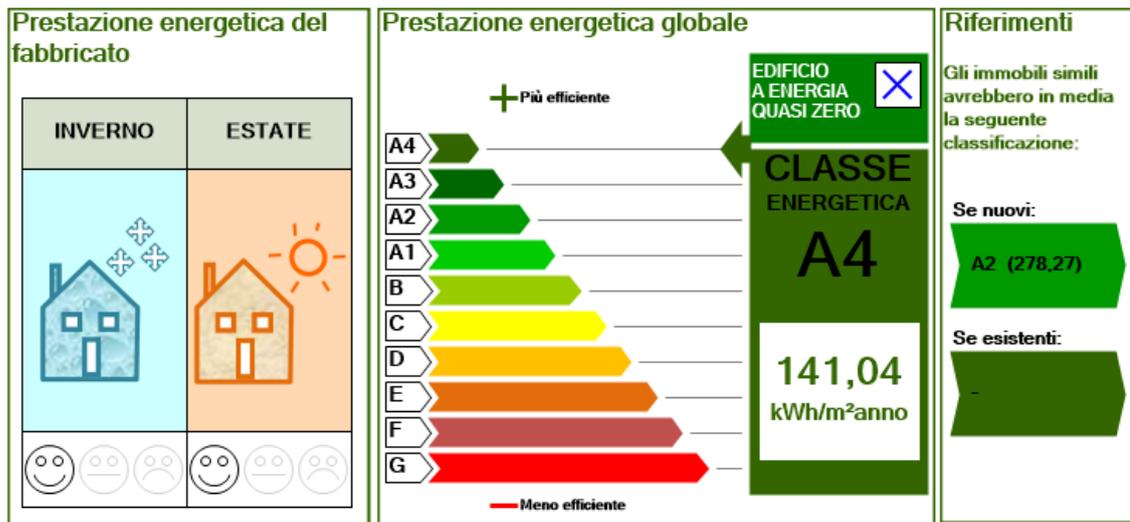


Figura 36: Attestato energetico calcolato con Edilclima

Allo stato attuale quindi l'edificio necessita di 63028 kWh/anno di energia elettrica, che sul software viene ipotizzata costare 0.25 €/kWh, ottenendo così un costo totale annuale di 15757 €/anno.

Vettore energetico	Consumo [kWh/anno]	CO ₂ [kg/anno]	Servizi
Energia elettrica	63028	28993	Riscaldamento, Acqua calda sanitaria, Raffrescamento, Ventilazione, Illuminazione

Tabella 13: Consumo vettore energetico ed emissioni di CO₂

CAPITOLO 3

RISULTATI

3.1 ANALISI STATO DI FATTO

Le prestazioni energetiche dell'edificio sono calcolate da Edilclima in rispetto con le normative vigenti. Si riportano di seguito i principali risultati ottenuti dal software.

Il fabbisogno di energia termica per il riscaldamento nel dettaglio è il seguente:

Mese	$Q_{H,tr}$ [kWh]	$Q_{H,r}$ [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{sol,k,w}$ [kWh]	Q_{int} [kWh]	Q_{gn} [kWh]	$Q_{H,nd}$ [kWh]
Ottobre	1744	463	4455	6662	3388	2835	6223	1831
Novembre	6206	674	13733	20613	5025	5002	10027	10896
Dicembre	9968	833	21286	32087	5162	5169	10331	21803
Gennaio	11269	687	23691	35647	3901	5169	9070	26591
Febbraio	7646	889	17162	25698	6790	4669	11459	14535
Marzo	5786	1021	13830	20637	7300	5169	12469	9244
Aprile	1793	443	4800	7036	3382	2501	5883	2317

Tabella 14: Fabbisogno energia termica riscaldamento

Legenda simboli

$Q_{H,tr}$	Energia dispersa per trasmissione
$Q_{H,r}$	Energia dispersa per extraflusso
$Q_{H,ve}$	Energia dispersa per ventilazione
$Q_{H,ht}$	Totale energia dispersa = $Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$
$Q_{sol,k,w}$	Apporti solari attraverso gli elementi finestrati
Q_{int}	Apporti interni
Q_{gn}	Totale apporti gratuiti = $Q_{sol} + Q_{int}$
$Q_{H,nd}$	Energia utile

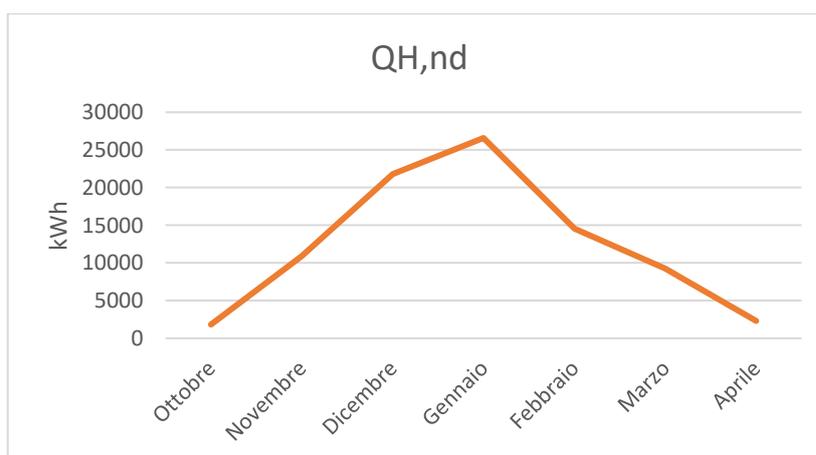


Grafico 2: Andamento mensile fabbisogno energia termica per il riscaldamento

Mentre il fabbisogno di energia termica mensile per il raffrescamento è:

Mese	$Q_{C,tr}$ [kWh]	$Q_{C,r}$ [kWh]	$Q_{C,ve}$ [kWh]	$Q_{C,ht}$ [kWh]	$Q_{sol,k,w}$ [kWh]	Q_{int} [kWh]	Q_{gn} [kWh]	$Q_{C,nd}$ [kWh]
Aprile	5536	808	9935	16279	3304	3801	7105	146
Maggio	3540	1084	9861	14485	4699	5169	9868	1028
Giugno	868	1147	4539	6553	4533	5002	9536	3736
Luglio	-224	1280	2405	3461	4511	5169	9680	6344
Agosto	280	1126	3006	4413	4098	5169	9267	5093
Settembre	3212	888	8263	12363	3558	5002	8560	768
Ottobre	4850	809	8367	14026	2763	3899	6662	128

Tabella 15: Fabbisogno energia termica per il raffrescamento

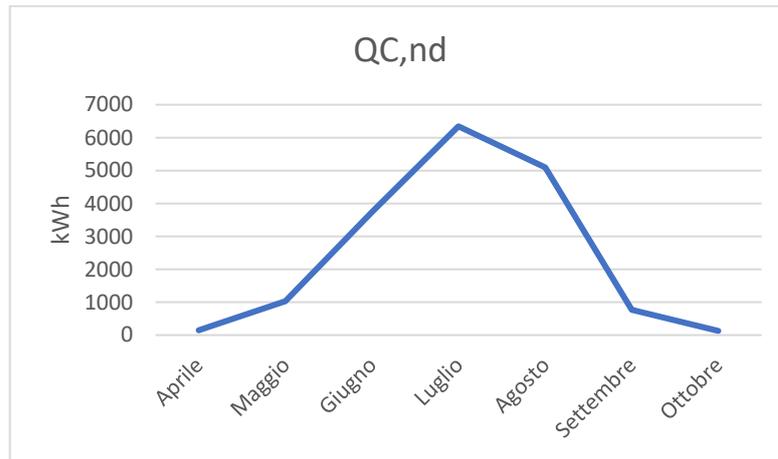


Grafico 3: Andamento mensile fabbisogno energia termica per il raffrescamento

Il fabbisogno di energia primaria, suddiviso in energia primaria non rinnovabile $Q_{p,nren}$ e energia primaria rinnovabile $Q_{p,ren}$ per i diversi servizi è:

Servizio	$Q_{p,nren}$ [kWh]	$Q_{p,ren}$ [kWh]	$Q_{p,tot}$ [kWh]
Riscaldamento	46629	51055	97684
Acqua calda sanitaria	29925	53478	83403
Raffrescamento	15417	11693	27110
Illuminazione	30565	21211	51777
TOTALE	122904	137671	260574

Tabella 16: Fabbisogno energia primaria per servizio

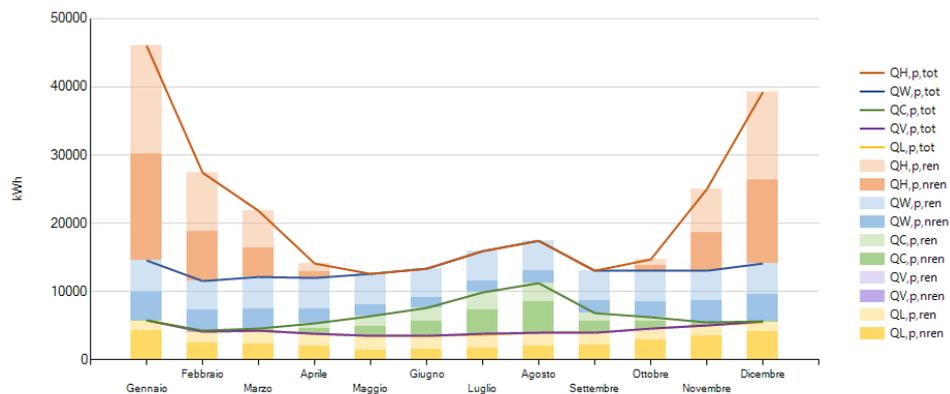


Grafico 4: Fabbisogno di energia primaria mensile

Gli indici di prestazione energetica non rinnovabile $EP_{gl,nren}$ e rinnovabile $EP_{gl,ren}$ suddivisi sempre per i diversi servizi sono:

Servizio	$EP_{gl,nren}$ [kWh/m ²]	$EP_{gl,ren}$ [kWh/m ²]	$EP_{gl,tot}$ [kWh/m ²]
Riscaldamento	53,51	58,59	112,10
Acqua calda sanitaria	34,34	61,37	95,71
Raffrescamento	17,69	13,42	31,11
Illuminazione	35,07	24,34	59,42
TOTALE	141,04	157,98	299,02

Tabella 17: Indici di prestazione energetica per servizio

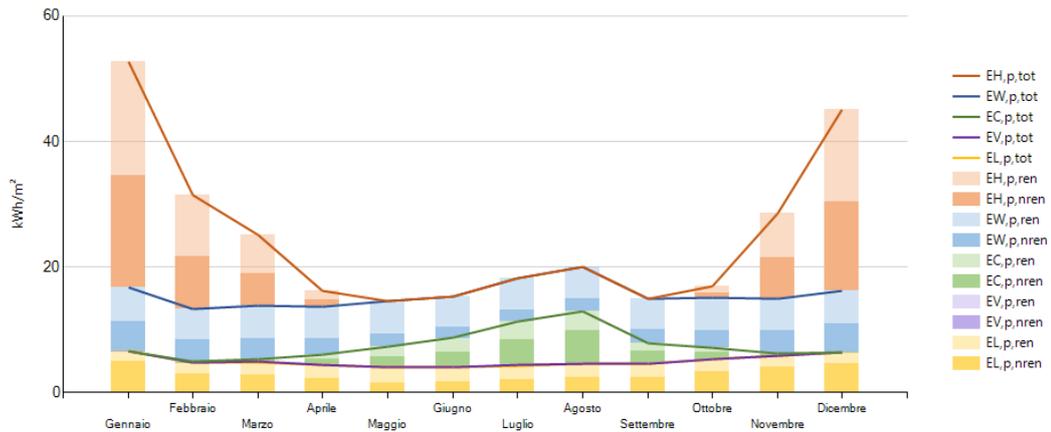


Grafico 5: Indici di prestazione energetica mensili

Analizzando dove provengono le principali dispersioni, si può notare che, per quanto riguarda i componenti opachi, la maggior parte della potenza totale dispersa per trasmissione, ventilazione e intermittenza riguarda principalmente la Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20, con il codice M1, come probabilmente ci si aspetterebbe, dal momento che è la parete che divide gli ambienti climatizzati dall'esterno e quindi anche quelle con una superficie maggiore.

Cod.	Descrizione	U [W/m ² K]	Sup. Tot [m ²]	ΦT [W]	%
M1	Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20	0,159	699,68	3221	14,3
M2	Parete scale ISOTEX HDIII 44/20	0,234	204,65	916	4,1
M8	Portoncino d'ingresso opaco	1,300	23,06	573	2,5
P1	Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS	0,148	510,95	1906	8,5
S4	Copertura in legno	0,220	205,62	1283	5,7
S6	Tetto terrazzo	0,202	317,23	1619	7,2

Tabella 18: Dispersioni dei componenti opachi

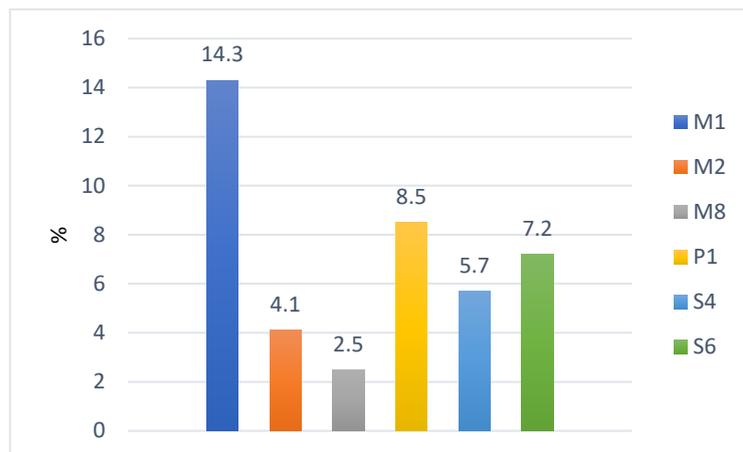


Grafico 6: Dispersione % componenti opachi

Lo stesso discorso può poi essere effettuato sia per i componenti finestrati, sia per i ponti termici. La dispersione che interessa le finestre è riportata nella tabella seguente:

Cod.	Descrizione	U [W/m ² K]	Sup. Tot [m ²]	ΦT [W]	%
W1	F.C. 150x240 triplo (Uffici PT, Uffici P1)	0,938	70,57	1808	8,0
W2	F.C. 80x240 doppio (market bistrot PT)	1,509	4,45	178	0,8
W3	F.C. 135x240 triplo (uffici PT)	0,964	6,55	167	0,7
W4	F.C. 150x240 doppio (market, bistrot PT)	1,339	112,81	3998	17,8
W5	FINESTRA 70x70	1,300	2,45	96	0,4
W6	FINESTRA 120x240	1,300	2,88	113	0,5
W7	150x300 triplo (ristorante P1)	0,911	91,75	2262	10,1
W8	FINESTRA 100x70	1,300	0,70	28	0,1
W9	F.C. 135x300 triplo (uffici P1)	0,936	5,55	137	0,6
W10	FINESTRA 100x140	1,300	1,40	50	0,2
W11	FINESTRA 120x140	1,400	3,36	142	0,6
W12	F.C. 150x300 doppio (palestra P2)	1,316	73,23	2627	11,7
W14	FINESTRA 120x160	1,400	11,52	488	2,2
W15	FINESTRA 130x160	1,400	4,16	176	0,8

Tabella 19: Dispersioni componenti finestrati

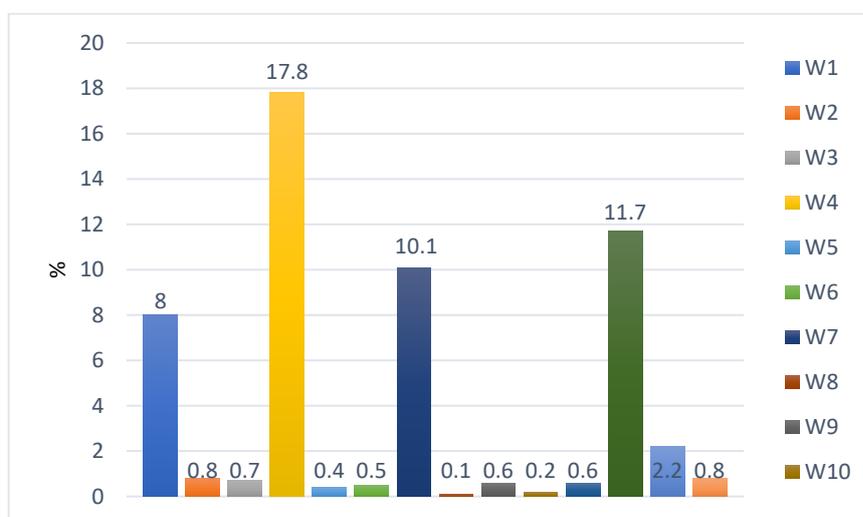


Grafico 7: Dispersione % componenti finestrati

Dal Grafico 7 si può facilmente notare come le finestre responsabili della maggior parte delle dispersioni risultano essere le finestre: W1, W4, W7 e W12.

- W1 è la finestra utilizzata negli uffici, sia al piano terra che al primo piano;
- W4 è la finestra utilizzata nella vetrata continua di supermercato e bistrot, infatti, tra i diversi componenti trasparenti è quella che disperde di più anche a causa della superficie maggiore;
- W7 è la finestra utilizzata nel locale dedicato al ristorante;
- W12 è la finestra utilizzata nella palestra al secondo piano.

Per i ponti termici invece vale che:

Cod	Descrizione	Ψ [W/m K]	L_{Tot} [m]	ΦT [W]	%
Z1	W - Parete - Telaio	0,085	85,00	217	1,0
Z2	R - Parete - Copertura	0,011	64,89	18	0,1
Z3	B - Parete - Balcone	0,228	64,33	391	1,7
Z4	GF - Parete - Solaio controterra	-0,017	-81	-0,4	
Z7	IF - Parete - Solaio interpiano	0,019	335,57	174	0,8

Tabella 20: Dispersioni ponti termici

Se si effettua un confronto tra le dispersioni derivanti da tutte le strutture sopra elencate, si ottiene il seguente grafico:

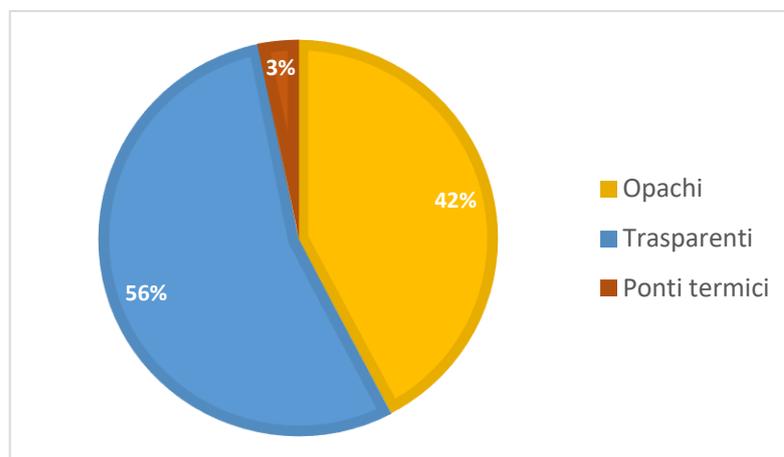


Grafico 8: Confronto dispersioni

Come si può dedurre dal Grafico 8, le principali dispersioni riguardano i componenti finestrati e i componenti opachi. Alla luce di questi dati è possibile affermare che i principali interventi dovranno basarsi sulla limitazione di tali dispersioni. In particolare, si è optato per ridurre le dispersioni con incidenze maggiori del 10%, cioè quelle dei componenti M1, W4 e W12.

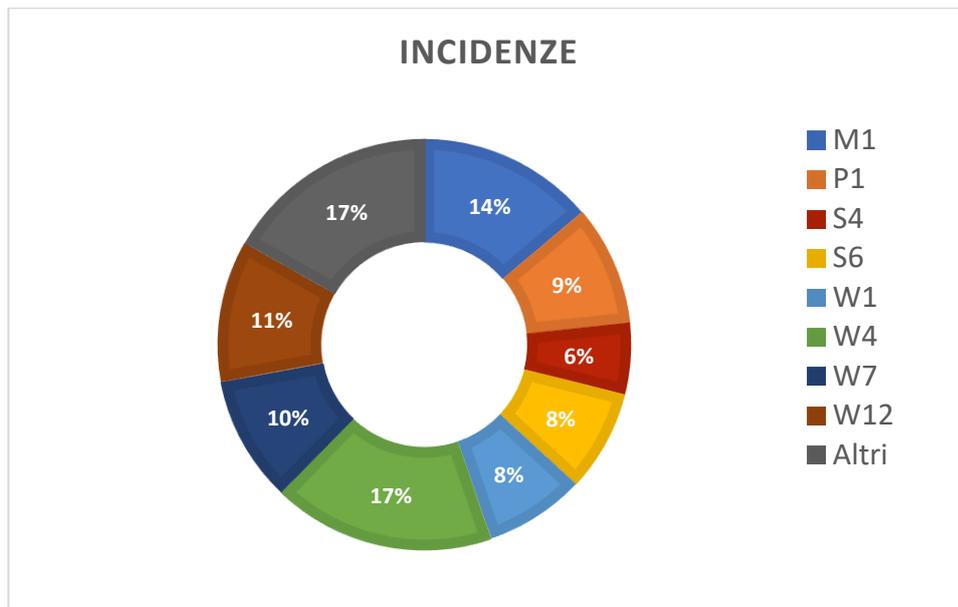


Grafico 9: Principali elementi disperdenti

CAPITOLO 4

INTERVENTI

L'involucro edilizio serve ad assicurare il comfort termoigrometrico all'interno dell'edificio, riducendo gli scambi energetici con l'esterno per ridurre i consumi. Non si limita solo a mantenere una temperatura interna gradevole, ma controlla anche il fenomeno della formazione di condensa superficiale, assicurando comfort e risparmio energetico per il riscaldamento e la climatizzazione. Le principali caratteristiche dell'involucro riguardano la sua inerzia termica, la quale indica la sua capacità di smorzare e attenuare le variazioni di carico termico, la sua permeabilità all'aria e la sua trasmittanza termica. L'inerzia termica è legata alla massa e alla capacità termica delle strutture, mentre permeabilità e trasmittanza possono essere ottimizzate con materiali isolanti e infissi ad alte prestazioni. Per quanto riguarda l'isolamento delle pareti, si distinguono tre tipologie: interno, in intercapedine ed esterno. Oltre alle pareti, è essenziale considerare anche le dispersioni termiche attraverso tetti e pavimenti, che possono essere migliorati utilizzando materiali isolanti adeguati.

Isolare le pareti dall'interno comporta l'applicazione di uno strato isolante sulle superfici interne delle pareti esterne, un'operazione che risulta semplice, veloce e conveniente, ideale per spazi usati sporadicamente. Questo approccio consente di raggiungere velocemente la temperatura desiderata all'interno, ma comporta una riduzione dello spazio abitabile e può aumentare il rischio formazione di condensa e ponti termici.

Un'alternativa è rappresentata dall'isolamento in intercapedine, dove l'isolante viene insufflato o iniettato direttamente nell'intercapedine preesistente. Tra i materiali insufflati più utilizzati troviamo il sughero, il polistirene e la vermiculite, oppure si può ricorrere all'iniezione di schiume e resine tramite fori fatti nella parte superiore del muro. Questo metodo è pratico ed economico e garantisce riparo all'isolamento dagli elementi esterni. Tuttavia, i ponti termici potrebbero non essere completamente eliminati e il rischio di condensa persiste.

Una terza alternativa riguarda l'uso di materiali isolanti sulla facciata esterna, in grado di eliminare i ponti termici e minimizzare la formazione di condensa sulla superficie del muro. Di solito, la parte esterna viene poi rivestita con specifici intonaci che non solo proteggono l'isolante dalle intemperie, ma ne rappresentano anche la finitura.

Optare per un cappotto esterno implica l'utilizzo di impalcature, oltre a modificare l'aspetto delle pareti, sia per quanto riguarda l'estetica sia per lo spessore aggiunto. Esistono diverse varietà di materiali isolanti per cappotti esterni, differenziati per prestazioni, dimensione e costo e tra i più comuni troviamo sicuramente il polistirene e il poliuretano. Uno dei principali vantaggi del cappotto esterno è che, oltre a non sottrarre spazio all'interno dell'edificio, previene efficacemente la formazione di condensa e limita significativamente i ponti termici, che potrebbero emergere con un isolamento interno, in zone come travi, pilastri e giunzioni con muri interni.

Dopo aver deciso quale soluzione utilizzare, è necessario selezionare il materiale da utilizzare. Per effettuare queste scelte ci si è basati sull'apposito "Elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della regione Emilia-Romagna". In questa lista, tra le diverse opere, vengono anche elencati i costi associati agli interventi di isolamento termico delle strutture tramite cappotto termico. Prezzi che includono già le spese medie per la manodopera, il trasporto e i materiali.

Un altro elemento essenziale dell'involucro edilizio è rappresentato dai serramenti. Questi sono caratterizzati dal tipo di telaio, vetro ed eventuali dispositivi di schermatura. I vetri, in particolare, possono essere singoli, doppi o tripli e possono anche essere soggetti a trattamenti bassoemissivi e inoltre le cavità tra i vetri possono contenere non solo aria, ma anche gas come l'Argon. I telai sono disponibili in diversi materiali, come legno, PVC e alluminio. Infine, è importante considerare le soluzioni schermanti per l'inverno e l'estate, che includono tende interne o esterne, veneziane e protezioni opache.

Infine, l'utilizzo di pannelli fotovoltaici più performanti nel processo di riqualificazione energetica di un edificio è fondamentale per diversi motivi, infatti pannelli più performanti generano maggiore energia per unità di superficie, permettendo di massimizzare la produzione di energia. Inoltre, il loro impiego permette all'edificio di ridurre ulteriormente la dipendenza dalla rete elettrica o dai combustibili fossili, con un conseguente risparmio economico a lungo termine.

Anche se i pannelli fotovoltaici più performanti possono avere un costo iniziale superiore, la loro capacità di generare più elettricità può portare a un ritorno sull'investimento più rapido, attraverso risparmi in bolletta o vendita di elettricità in eccesso alla rete. Non meno importante, tramite il loro impiego si riescono a ridurre ulteriormente le emissioni di carbonio e l'impatto ambientale complessivo dell'edificio.

Per valutare la convenienza degli interventi e il loro tempo di ritorno si sono presi a riferimento degli indici economici basati sul risparmio annuo generato dalla minore spesa rispetto allo stato attuale dell'edificio. Un primo metodo per determinare il tempo di ritorno dell'investimento può essere fatto tramite il Pay Back Time, determinato dalla seguente relazione:

$$PB = \frac{I}{R}$$

Dove:

- I è il costo dell'investimento, stimato in funzione del tipo di intervento effettuato per mezzo dei prezzi per la regione Emilia-Romagna;
- R è il risparmio annuo, valutato rispetto al costo dell'edificio allo stato attuale calcolato nel paragrafo precedente.

Il pay-back time è un indice economico facilmente calcolabile, che però non considera variabili che emergono dopo l'ammortamento dell'investimento e non dà peso al fattore tempo, il quale è fondamentale in investimenti con durate di ritorno che si estendono su diversi decenni.

Per un'analisi più dettagliata e precisa, che consideri anche il valore attualizzato dei futuri flussi di cassa, è stato utilizzato il valore attuale netto o VAN. Questo indice richiede la definizione di un tasso di attualizzazione "a", basato sul costo opportunità del denaro e sul rischio associato all'intervento. Generalmente, si stabilisce anche un periodo "n" che corrisponde alla durata dell'investimento. Il VAN può essere calcolato seguendo la formula:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{D_j}{(1+a)^j}$$

Dove:

- I_0 : è la spesa sostenuta per la realizzazione dello scenario di intervento
- D_j : è il flusso di cassa generato all'anno j-esimo
- n : è il numero di anni di vita utile
- a : è il tasso di attualizzazione

Dal momento che dopo la realizzazione di un intervento si ottiene un risparmio annuo costante nel tempo, indicato con “R”, si può di conseguenza considerare come un flusso di cassa costante e quindi la formula del VAN diventa:

$$VAN = -I_0 + R \cdot \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+a)^j}$$

Se il VAN risulta positivo significa che l’investimento è accettabile, mentre se risulta negativo non è conveniente. Il valore di “n” per cui il VAN risulta essere nullo, fissato il tasso di attualizzazione “a”, rappresenta il tempo di ritorno dell’investimento che si ottiene considerando anche fattori come il tempo e altre variabili correlate. Se ad esempio si imposta un tasso di attualizzazione pari a zero, si ottiene il tempo di ritorno calcolato con la formula del pay-back semplice. Nel valutare i tempi di ritorno e la convenienza delle diverse opzioni d’intervento proposte per l’edificio, si è impostato un tasso di attualizzazione del 3% su un periodo “n” di 50 anni. Di seguito vengono presentati i risultati dell’analisi economica per ciascuno scenario.

Per analizzare nella pratica i diversi casi di interventi identificati, è essenziale prendere come riferimento il file originale in cui è stato modellato l’edificio, che rappresenta la condizione attuale dell’immobile. Una volta ottenuto, per esaminare i vari scenari di intervento, bisogna creare delle copie di questo file e ogni copia corrisponderà a un diverso caso di intervento. Man mano che vengono apportate modifiche alle specifiche desiderate in ogni scenario, si può osservare in tempo reale come questi cambiamenti influenzano i risultati. Questo metodo consente di avere una visione chiara e comparativa delle diverse soluzioni, in modo da identificare gli interventi ottimali confrontando i risultati ottenuti nei diversi interventi.

4.1 CAPPOTTO INTERNO

Innanzitutto, si è optato per il rivestimento delle pareti perimetrali tramite un isolamento termico a cappotto interno, eseguito con pannelli di materiale isolante rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi), e lastre di finitura in cartongesso dello spessore di 12.5 mm dotate di foglio di alluminio con funzione di barriera al vapore, fissati alla muratura mediante struttura metallica. Lo strato di isolante è invece realizzato con pannelli in polistirene espanso estruso a celle chiuse XPS conforme alla norma UNI EN 13164, autoestinguente Euroclasse E secondo EN 13501-1, in lastre delle dimensioni di 1250 x 600 mm, conducibilità termica λ di 0.035 W/mK, resistenza a compressione ≥ 500 kPa secondo EN 826 e uno spessore di 100 mm.

La nuova stratigrafia della muratura M1, dopo l'isolamento a cappotto, sarà dunque:

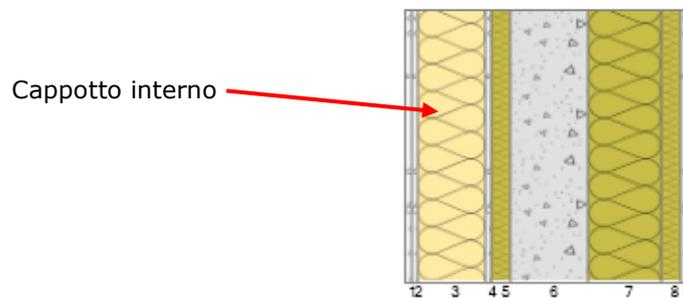


Figura 37: Stratigrafia M1 con cappotto interno

Tramite l'utilizzo del cappotto interno, si riesce ad ottenere una trasmittanza U pari a $0.091 \text{ W/m}^2\text{K}$, contro i $0.159 \text{ W/m}^2\text{K}$ precedenti. In questo modo la dispersione % della parete esterna diminuisce fino al 8.8% rispetto al 14.3% della situazione attuale.

Il prezzo ipotizzato per la realizzazione dell'intervento, stabilito tramite l'elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della regione Emilia-Romagna, è di 61.12 €/m^2 a cui va aggiunta una maggiorazione del 20% che tiene in considerazione la manodopera necessaria alla realizzazione del progetto, ottenendo così un costo complessivo di 73.4 €/m^2 . La superficie della parete M1 è pari a 699.68 m^2 ; quindi, il costo totale dell'intervento risulta essere di 51356.5 € .

Effettuando il calcolo con Edilclima dell'APE basato su questa configurazione, si ottiene un $EP_{gl,nren}$ di 139.65 kWh/m^2 all'anno, a cui corrisponde un consumo di energia elettrica annuale di 62406 kWh/anno . Per cui in questo scenario si otterrebbe un costo di 15601 €/anno , riuscendo a risparmiare solamente 156 € all'anno. Andando ora a calcolare il pay back time si ottiene un valore di PB pari a 329 anni.

4.2 CAPPOTTO ESTERNO IN LANA DI ROCCIA

Per le pareti perimetrali esterne, invece, si è scelto di intervenire tramite l'inserimento di un cappotto in lana di roccia. L'uso della lana di roccia come isolante è dovuto non solo alle sue eccellenti proprietà termiche, ma anche alla sua capacità di proteggere passivamente dal fuoco. Questo la differenzia da altri materiali come l'EPS (poliestere espanso sintetizzato) o l'XPS (poliestere espanso estruso), che mostrano minor resistenza alle fiamme. Inoltre, essendo un prodotto naturale, la lana di roccia è pienamente riciclabile.

Nello specifico il materiale selezionato dall'elenco è lana di roccia a doppia densità in pannelli rispondente ai CAM (Criteri Ambientali Minimi), avente le seguenti caratteristiche: conduttività termica $\lambda \leq 0.035$ W/mK (UNI EN 12667, 12939), classe di reazione al fuoco A1 (UNI EN 13501-1), resistenza a compressione ≥ 10 kPa (UNI EN 826), resistenza a trazione ≥ 7.5 kPa (UNI EN 1607), con il lato a densità superiore a vista. I pannelli vengono incollati al supporto murario con malta adesiva a base cemento e polimeri sintetici e tasselli meccanici, previa posa di profili di partenza fissati con adeguati tasselli al supporto stesso. La densità dei pannelli è di 80 kg/m^3 circa, con uno spessore di 100 mm.

La nuova parete così formata avrà una trasmittanza termica U di $0.108 \text{ W/m}^2\text{K}$, riuscendo a ridurre la dispersione della parete dal 14.3% al 10.2%. In questo caso il prezzo totale ipotizzato per l'intervento è pari a 119.23 €/m^2 , per cui è necessario un investimento di ben 83423 €.

Anche in questo scenario l'APE non varia però di molto, ottenendo un valore di $EP_{gl,nren}$ di $139.98 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$, con un consumo elettrico di 62553 kWh/anno , arrivando a risparmiare solamente 119 €/anno. Proprio per questi motivi, anche il PayBack Time risulta molto elevato, infatti sarebbero necessari più di 700 anni per rientrare dell'investimento iniziale.

4.3 CAPPOTTO ESTERNO IN EPS

Si è poi valutato lo scenario in cui al posto della lana di roccia venga utilizzato un cappotto esterno in polistirene espanso sinterizzato autoestinguente in pannelli armati con rete elettrosaldata sui lati interno ed esterno e sagomato a profilo greco, di larghezza standard e trasmittanza termica $\leq 0.120 \text{ W/m}^2\text{K}$, rispondente ai requisiti CAM (Criteri Ambientali Minimi), di 16 cm di spessore.

La stratigrafia della muratura M1, dopo l'isolamento esterno a cappotto, diventa così:

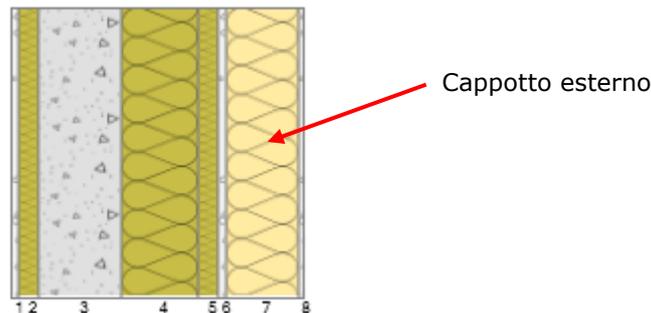


Figura 38: Stratigrafia parete M1 con cappotto esterno in EPS

Con quest'ultima conformazione la U della parete M1 risulta di $0.086 \text{ W/m}^2\text{K}$, ottenendo un APE di $139.54 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$. L'investimento per l'intervento costerebbe 54.51 €/m^2 al quale va aggiunta una maggiorazione del 18% per la manodopera, ottenendo un costo complessivo di 63.32 €/m^2 . Il costo totale per la realizzazione del cappotto esterno sarebbe quindi di 44304 € . Il consumo di energia elettrica invece risulta di 62360 kWh/anno , riuscendo a risparmiare circa 250 €/anno . Anche quest'ultimo è caratterizzato da un PB ancora troppo elevato, cioè di 177 anni.

4.4 SOSTITUZIONE DEI SERRAMENTI

Tra le diverse tipologie di serramenti, come visto nel capitolo precedente, le più disperdenti risultano essere W4 e W12, cioè le finestre con doppio vetro in facciata continua, rispettivamente dei locali supermercato e palestra. Proprio per questo motivo si potrebbe valutare lo scenario in cui al posto di doppi vetri vengano impiegati tripli vetri, come già avviene allo stato attuale per componenti finestrati di altri locali dell'edificio.

Per l'installazione dei serramenti è stato necessario l'utilizzo di un robot sollevatore oltre che degli addetti specializzati, risultando in un costo di circa 350 €/m² per le finestre doppie e di circa 570 €/m² per quelle con triplo vetro, incluso anche il prezzo delle singole finestre. Ipotizzando di sostituire quindi le finestre W4 e W12, con delle finestre che impiegano un triplo vetro, mantenendo il resto delle caratteristiche invariate, si riuscirebbe ad ottenere un EP_{gl,nren} di 135.63 kWh/m²anno, a cui corrisponde un consumo elettrico di 60613 kWh/anno.

In questo caso si riuscirebbero a risparmiare fino a 604 € ogni anno, ma l'investimento per il cambio dei serramenti risulterebbe essere ancora molto cospicuo. Infatti, la superficie totale finestrata da sostituire risulta essere di circa 185 m², comportando un investimento di 105450 € e quindi un PB di 174 anni, senza considerare il costo necessario alla rimozione e smaltimento delle finestre attualmente impiegate. Ugualmente agli scenari precedenti, anche in questo caso non converrebbe cambiare solamente i serramenti più disperdenti.

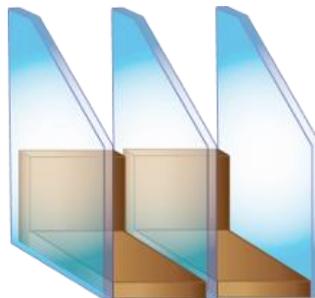


Figura 39: Dettaglio serramento con triplo vetro

4.5 SOSTITUZIONE DEI PANNELLI FOTOVOLTAICI

Un altro scenario preso in considerazione riguarda la sostituzione dei pannelli FV attualmente in uso con pannelli più performanti, sempre prodotti dalla Solar Day. Nello specifico si è optato per pannelli PX230 con le seguenti caratteristiche:

Potenza di picco	230 W
Superficie utile singolo modulo	1.46 m ²
Efficienza nominale singolo modulo	0.16
Fattore di efficienza	0.8

Tabella 21: Dati modulo fotovoltaico PX 230

Tramite il loro utilizzo è possibile quindi ottenere una potenza di picco totale di 26.45 kW, riuscendo così a produrre 34309 kWh/anno. Con questa configurazione si raggiunge una percentuale di copertura del fabbisogno annuo pari al 37.3%, maggiore di quella allo stato attuale che risulta del 32%.

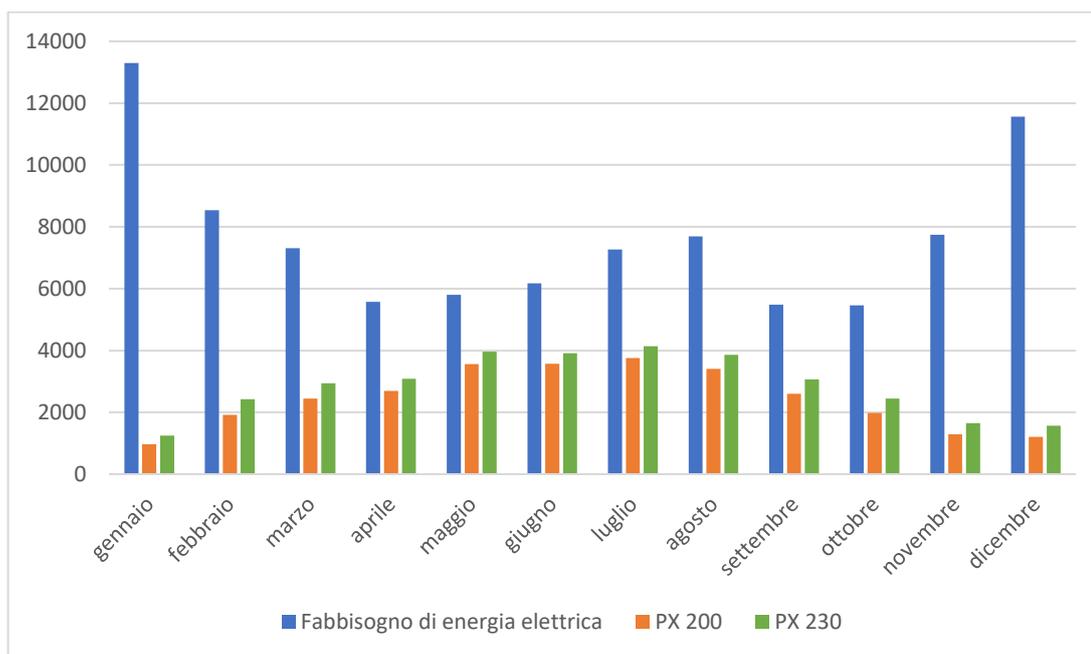


Grafico 10: Confronto copertura del fabbisogno di energia elettrica tramite FV

Calcolando con Edilclima l'APE che si raggiunge sostituendo i pannelli fotovoltaici, si ottiene un valore di $EP_{gl,nren}$ pari a 130.6 kWh/m²anno, arrivando a consumare 58365 kWh/anno di energia elettrica. Tale consumo equivale ad un costo di 14591 €/anno, per cui si riuscirebbero a risparmiare 1166 € ogni anno.

Dal prezzario degli interventi si può osservare come per pannelli fotovoltaici con potenza di picco fino a 250 W ed efficienza del modulo maggiore del 14%, il costo risulta essere

di 1.97 €/W, a cui va aggiunto un 24% per la manodopera. In questo contesto quindi il costo totale per l'installazione dei nuovi pannelli FV è di 64612 €, con un pay back time dell'investimento di circa 55 anni. In questo calcolo però non è stato considerato il costo necessario alla rimozione degli attuali pannelli, che ovviamente andrebbe ad aumentare ulteriormente l'investimento totale necessario.

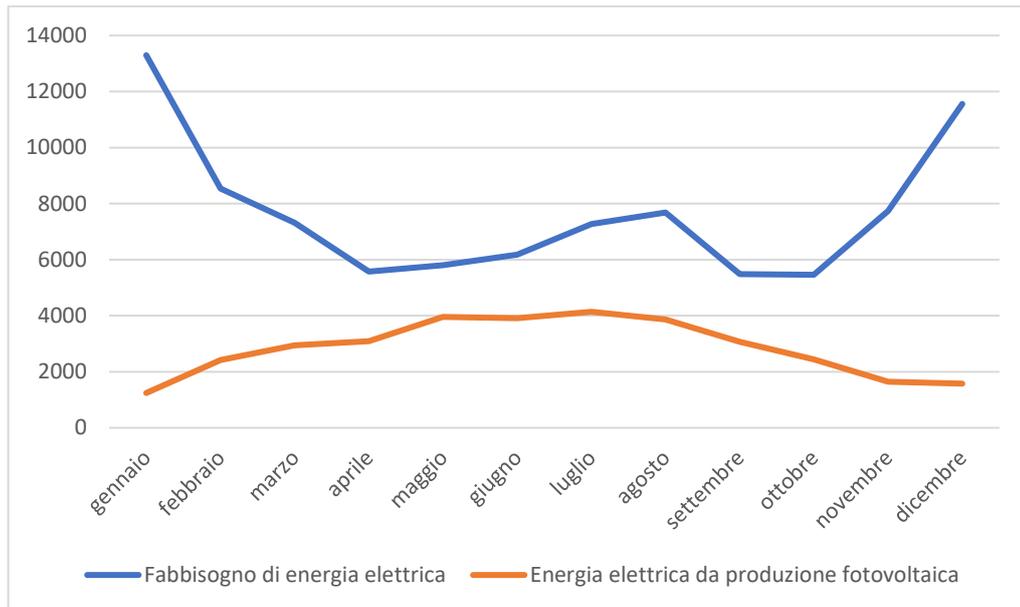


Grafico 11: Confronto fabbisogno elettrico con produzione da fotovoltaico PX230

4.6 COMBINAZIONE DEGLI INTERVENTI

A questo punto si è valutato quale fosse la migliore combinazione di interventi dal punto di vista economico e quindi con il PB minore. Per farlo si sono combinati gli interventi che risultano essere caratterizzati dal pay back più basso, cioè gli scenari di cappotto esterno in EPS, sostituzione dei serramenti più disperdenti e sostituzione dei pannelli fotovoltaici con moduli più performanti. Unendo queste tre tipologie di interventi, si ottengono quattro nuovi diversi scenari possibili:

1. Cappotto esterno e serramenti;
2. Cappotto esterno e fotovoltaico;
3. Serramenti e fotovoltaico;
4. Cappotto esterno, serramenti e fotovoltaico, indicato con “Combinazione totale”.

Di seguito si riporta il grafico riassuntivo di ognuno dei possibili scenari, dal quale si può osservare come, nonostante tramite la combinazione di tutti e tre gli interventi si riesca a raggiungere un $EP_{gl,nren}$ di 122.11 kWh/m²anno e un risparmio annuo di più di duemila €, l’investimento totale necessario sarebbe comunque troppo elevato, si parla infatti di circa 215 k€, risultando in un ritorno dell’investimento di 101 anni.

Lo scenario migliore, considerando solamente il PB, è quello relativo alla sola sostituzione dei pannelli fotovoltaici, installando moduli più efficienti che permettono di raggiungere una maggior copertura del fabbisogno elettrico annuale. Ciononostante, anche in questo scenario il pay back time rimane comunque ancora troppo elevato, 55 anni, perché si possa considerare effettivamente considerare come possibile intervento per migliorare la situazione allo stato attuale.

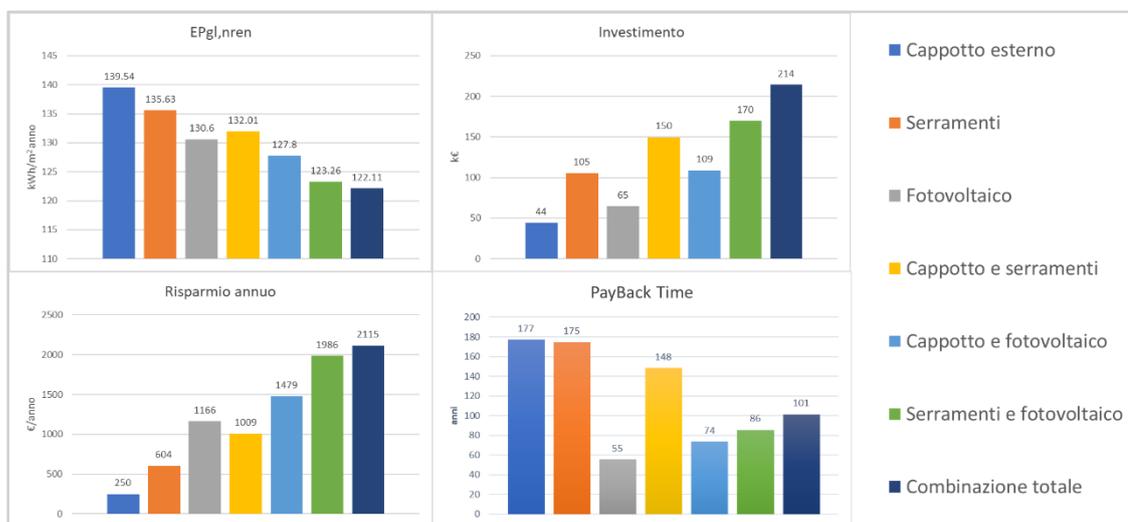


Grafico 12: Confronto possibili interventi e loro combinazioni

4.6.1 EMISSIONI DI CO₂

Un ultimo parametro molto importante è rappresentato dalla quantità di emissioni di CO₂ che vengono rilasciate nell'atmosfera per l'utilizzo del vettore energetico relativo ai singoli servizi presenti nell'edificio. Ridurre le emissioni di CO₂ durante il processo di riqualificazione energetica di un edificio è fondamentale per diverse ragioni, la CO₂ è infatti uno dei principali gas serra responsabili dei cambiamenti climatici. Riducendo le emissioni di CO₂, si può contribuire a limitare il riscaldamento globale e i suoi effetti dannosi sull'ambiente, come l'innalzamento del livello del mare, le ondate di calore e le alterazioni dei sistemi meteorologici. Oltre agli impatti sui cambiamenti climatici, le emissioni elevate di CO₂ possono avere effetti negativi sull'ecosistema locale, compresa la qualità dell'aria. Un'aria pulita è essenziale per la salute pubblica e per la preservazione della flora e della fauna.

Un edificio riqualificato dal punto di vista energetico permette, quindi, non solo di ridurre le emissioni di CO₂, ma anche di limitare i costi energetici. Gli edifici efficienti dal punto di vista energetico richiedono meno energia per il riscaldamento, il raffreddamento e l'illuminazione, il che significa meno energia impiegata e, di conseguenza, minori emissioni di CO₂.

Ogni diversa tipologia di vettore energetico è caratterizzata da un fattore di conversione in energia primaria. Questo è essenzialmente un rapporto adimensionale che rappresenta l'energia primaria utilizzata per generare un'unità di energia erogata, specifica per ciascun vettore energetico. Considera l'energia impiegata in tutte le fasi, dalla estrazione alla produzione, passando per l'elaborazione, lo stoccaggio e il trasporto. Per l'energia elettrica, si tiene conto anche del rendimento medio del sistema di generazione e delle perdite medie di trasmissione nel sistema elettrico nazionale. Questo fattore può riferirsi all'energia primaria non rinnovabile, all'energia primaria rinnovabile o all'energia primaria totale:

- $f_{P,nren}$: fattore di conversione in energia primaria non rinnovabile, utilizzato per determinare il fabbisogno di energia primaria ed il relativo indicatore di prestazione energetica impiegato per le verifiche di legge e gli attestati di prestazione energetica;

- $f_{P,ren}$: fattore di conversione in energia primaria rinnovabile, utilizzato invece per determinare l'energia primaria rinnovabile impiegata per il calcolo delle quote rinnovabili;
- $f_{P,tot}$: fattore di conversione in energia primaria totale, calcolato come la somma dei due fattori precedenti, in base al vettore energetico utilizzato.

$$f_{P,tot} = f_{P,nren} + f_{P,ren}$$

Vettore energetico	$f_{P,nren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale ⁽¹⁾	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide ⁽²⁾	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose ⁽²⁾	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete ⁽³⁾	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento ⁽⁴⁾	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento ⁽⁴⁾	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore ⁽⁵⁾	0	1,00	1,00

⁽¹⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁽²⁾ Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.
⁽³⁾ I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.
⁽⁴⁾ Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.
⁽⁵⁾ Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

Figura 40: Fattori di conversione in energia primaria, da DM 26/06/2015

Nel caso di studio l'unico vettore energetico utilizzato dai diversi servizi è la sola energia elettrica, per la quale quindi vale che:

Vettore energetico:

Tipo	Energia elettrica		
Fattore di conversione in energia primaria (rinnovabile)	$f_{p,ren}$	0,47	-
Fattore di conversione in energia primaria (non rinnovabile)	$f_{p,nren}$	1,95	-
Fattore di conversione in energia primaria	$f_{p,tot}$	2,42	-
Fattore di emissione di CO ₂		0,460	kgCO ₂ /kWh

Il fattore di emissione di CO₂ viene calcolato in automatico dal software in base ai coefficienti forniti da ENEA, cioè l'agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. Moltiplicando tale fattore per i kilowattora di energia elettrica consumata annualmente nei diversi scenari identificati precedentemente, si ottiene il seguente grafico.

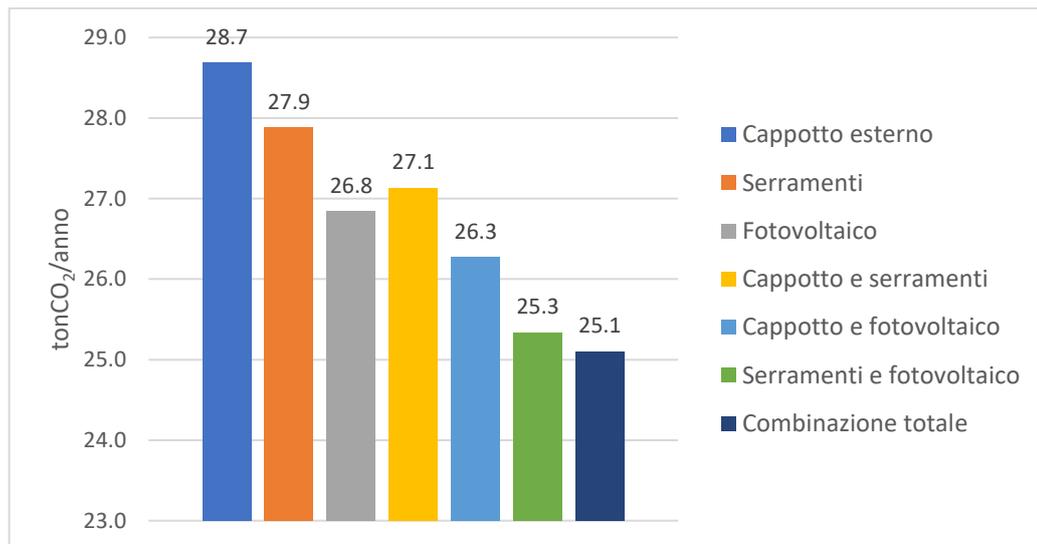


Grafico 13: Confronto emissioni di CO₂ nei diversi scenari

4.6.2 NORMALIZZAZIONE DEI RISULTATI

A questo punto non resta che determinare quale dei possibili scenari risulti essere il migliore. Per farlo si sono innanzitutto definiti tre parametri chiave che influenzano simultaneamente la decisione:

- Risparmio energetico in termini di kWh/m²anno consumati;
- Ritorno dell'investimento in anni necessari per raggiungere il PB Time;
- Riduzione di emissioni di CO₂ rilasciate in atmosfera in termini di tonCO₂/anno.

L'obiettivo consiste proprio nell'elaborazione di una soluzione in grado di ottimizzare l'efficienza energetica integrando questi tre elementi, considerato che ciascuno contribuisce alla definizione del miglior intervento. Tuttavia, per confrontarli efficacemente, è necessario normalizzarli rispetto a dei valori di riferimento. L'approccio proposto assegna un punteggio da 1 a 10 per ciascun parametro, dove 1 equivale al caso peggiore e 10 a quello migliore, e successivamente si calcola una media per stabilire il voto complessivo dell'intervento.

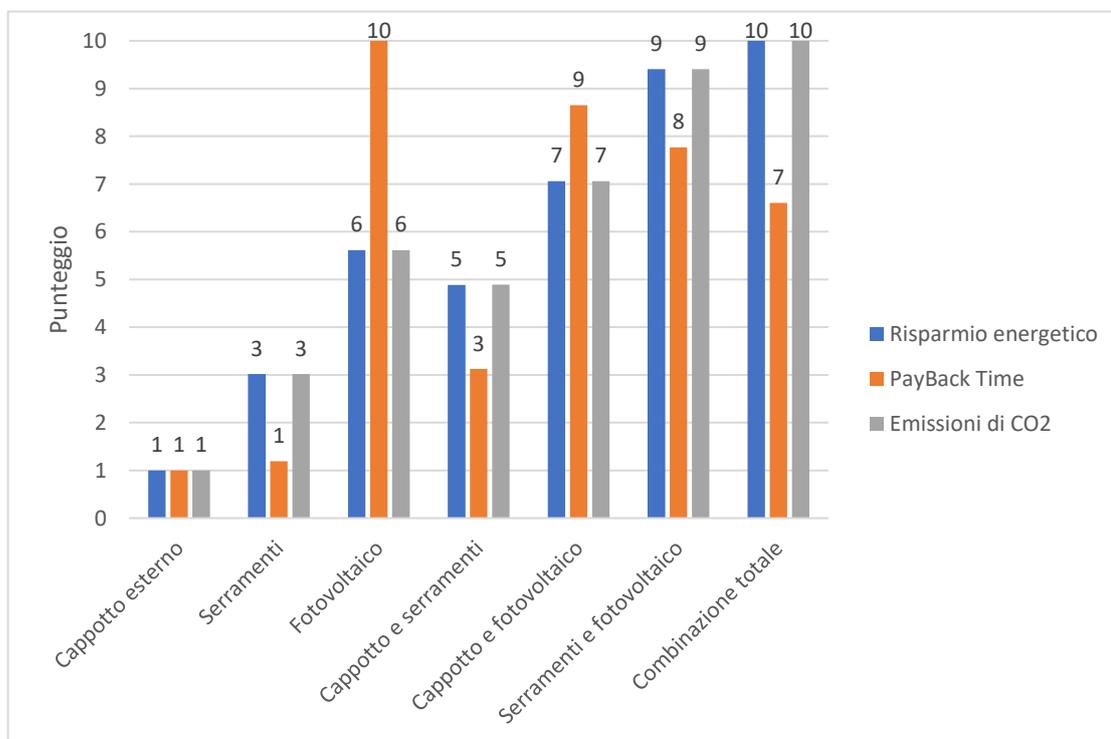


Grafico 14: Singoli punteggi dei tre parametri

Il voto finale che si ottiene appunto effettuando la media dei singoli punteggi, calcolato per ciascun intervento, è di conseguenza il seguente:

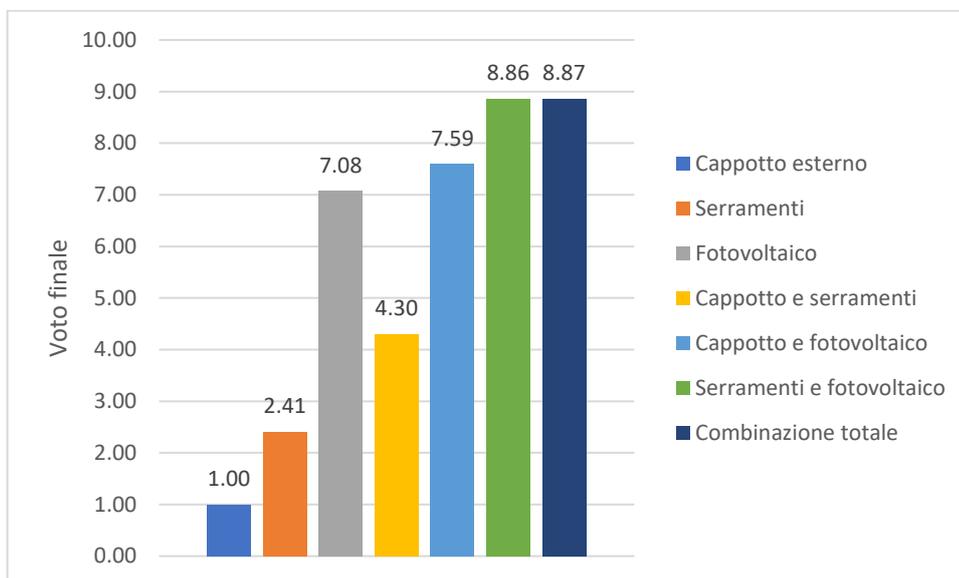


Grafico 15: Voto finale di ogni intervento

Come si può notare facilmente dal Grafico 15, l'intervento che risulta essere migliore, considerando tutti i tre parametri, è quello relativo alla combinazione totale dei diversi interventi, seguito subito da quello in cui si sostituiscono sia i serramenti che l'impianto fotovoltaico.

4.6.3 VALORE ATTUALE NETTO

Andando però ad analizzare più nel dettaglio il VAN di ciascuno dei diversi scenari individuati, possiamo osservare come per nessun intervento si ottenga un valore positivo, nemmeno andando ad estendere il periodo di osservazione ipoteticamente fino a 200 anni.

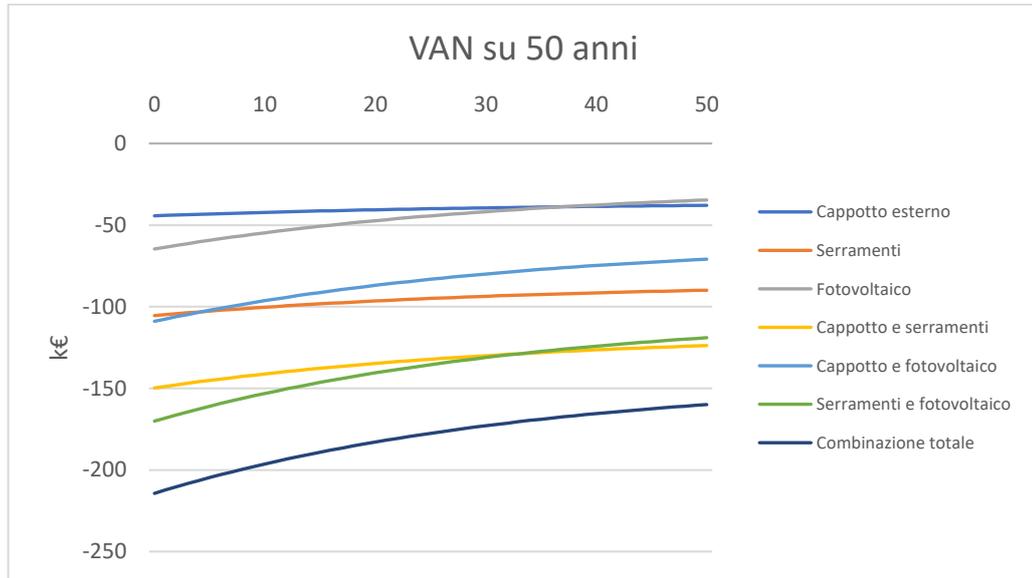


Grafico 16: Valore attuale netto calcolato su un periodo di 50 anni

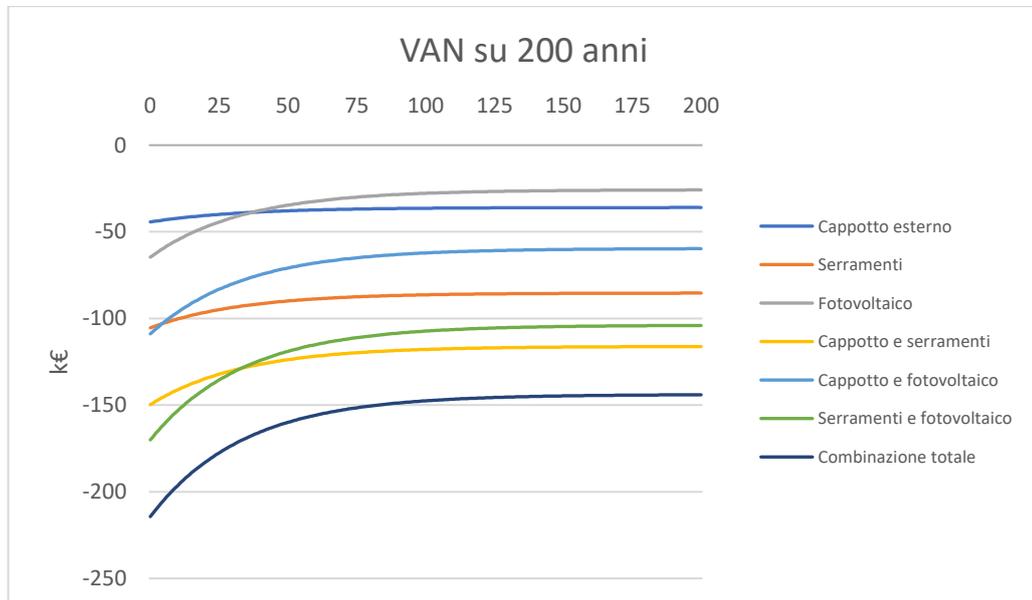


Grafico 17: Valore attuale netto calcolato su un periodo di 200 anni

CAPITOLO 5

CONCLUSIONI

Per concludere, un edificio NZEB rappresenta l'apice degli standard costruttivi, diventando una meta imprescindibile sia per riqualificazioni esistenti sia per nuove realizzazioni, come sottolineato anche dalle normative in vigore. Questo standard promette un eccellente comfort termico sia in inverno che in estate, una drastica riduzione delle emissioni di CO₂ grazie al limitato o inesistente utilizzo di combustibili fossili, e una considerevole produzione di energia derivante da fonti rinnovabili. Per raggiungere tali risultati è necessario progettare un involucro dell'edificio, compresi i serramenti, ottimizzato al fine di minimizzare le perdite termiche, favorendo l'impiego di tecnologie come il solare termico e i pannelli fotovoltaici che utilizzano l'energia solare per generare energia.

Nell'ambito della presente ricerca, si è andati ad esplorare in profondità il concetto di efficienza energetica nel settore edile, utilizzando il software Edilclima, comunemente adottato nei contesti professionali. La riqualificazione energetica di un edificio non solo evidenzia potenziali risparmi energetici dal punto di vista economico, ma identifica anche le strategie ottimali per ridurre i consumi e calcolare il ritorno sull'investimento.

Ottimizzare le prestazioni energetiche e ambientali di una costruzione può:

- Elevare il comfort degli occupanti;
- Diminuire le emissioni di gas serra, mitigando il riscaldamento globale e abbattendo i costi di gestione.

Nel contesto di questa tesi, dopo aver delineato il panorama legislativo e descritto il software adottato, si è proceduto all'analisi di tutte le componenti dell'involucro edilizio, inclusi gli impianti di riscaldamento, raffreddamento, produzione di acqua calda, ventilazione e fotovoltaici. Questo percorso ha richiesto un'analisi energetica rigorosa per comprendere il comportamento energetico dell'edificio. La profonda comprensione delle sue caratteristiche ha guidato poi la fase successiva, caratterizzata dalla proposta di soluzioni mirate a ridurre efficacemente le esigenze energetiche dell'edificio in esame; attenuare le dispersioni termiche permette, infatti, il miglioramento del comfort abitativo, riducendo le emissioni di CO₂ e, di conseguenza, combattere l'inquinamento.

In questa direzione, sono stati ipotizzati i seguenti interventi:

- la realizzazione di un cappotto termico esterno e interno;
- la sostituzione dei serramenti;
- la sostituzione dei pannelli fotovoltaici;
- i diversi interventi combinati.

Per ogni intervento proposto è stata effettuata una simulazione su Edilclima, riuscendo così a determinare gli eventuali risparmi energetici, e quindi economici, di ogni scenario. È stata poi eseguita un'analisi economica, calcolando nello specifico il PayBack Time di ogni progetto e osservando per quale scenario si otteneva il PB minore. Successivamente sono state analizzate le emissioni di CO₂ in atmosfera, parametro che nella realizzazione di edifici nZEB non è trascurabile. I risultati così ottenuti concorrono tutti alla determinazione dell'intervento migliore, ma per essere paragonati tra loro è stato prima necessario normalizzarli rispetto a dei valori di riferimento. Così facendo è stato possibile assegnare ad ogni scenario di intervento un punteggio finale, un voto compreso tra 1 e 10, in grado di stabilire facilmente il progetto migliore.

L'intervento più efficiente risulta essere la combinazione totale dei diversi interventi ipotizzati, nonostante sia necessario un investimento elevato per la sua realizzazione.

L'intervento peggiore invece è quello relativo alla sola realizzazione del cappotto esterno in polistirene espanso sinterizzato, tramite il quale si riesce a ridurre l'attestato di prestazione energetica dell'edificio solamente del 1.06%.

Nonostante ciò, una volta calcolato anche il VAN di ogni scenario come si può osservare dai grafici 16 e 17, per nessuna ipotesi di intervento si riesce ad ottenere un valore attuale netto positivo. Di conseguenza nessuno scenario risulta essere economicamente conveniente, neppure su un tempo di osservazione di 200 anni; perciò, si può concludere che l'edificio allo stato attuale rappresenti la miglior alternativa tra quelle analizzate, senza quindi realizzare opere mirate all'efficientamento energetico dell'immobile. Infatti, un edificio nZEB di nuova costruzione ha proprio l'obiettivo di raggiungere la massima efficienza energetica possibile, pertanto non conviene migliorarla ulteriormente. Tali edifici quindi rappresentano la miglior soluzione per raggiungere gli obiettivi per lo sviluppo sostenibile entro il 2030.

BIBLIOGRAFIA

- Direttiva 2002/91/CE;
- Direttiva 2010/31/UE;
- Direttiva 2012/27/UE;
- Direttiva 2018/844/CE;
- Decreto Legislativo 192/2005;
- Decreto Legislativo 311/2006;
- Decreto Legislativo 63/2013 e Decreto Legislativo 90/2013;
- Decreto Ministeriale 26/6/2015;
- Decreto Ministeriale 16/02/2016;
- Decreto Legislativo 48/2020;
- Deliberazione della giunta regionale Emilia-Romagna 20/07/2015 n. 967;
- Delibera di Giunta regionale n. 1275 del 7 settembre 2015;
- Deliberazione della giunta regionale n. 1715 del 24 ottobre 2016;
- Delibera di Giunta regionale n. 1261 del 25 luglio 2022;
- Norma UNI TS 11300 parte 1 – Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva e invernale;
- Norma UNI TS 1130 parte 2 - Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;
- Manuale d’uso EC700, Edilclima 2015;
- Elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della regione Emilia-Romagna.

SITOGRAFIA

- <https://www.ecovillaggiomontale.it/>

APPENDICIE A

Caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti opachi 92

Caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti finestrati ... 125

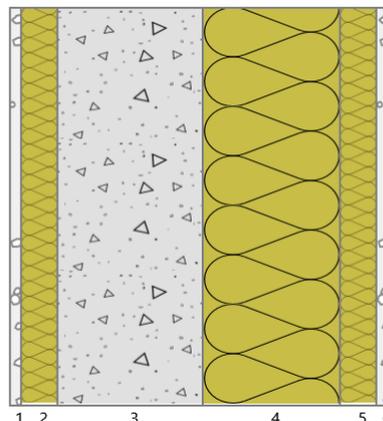
Caratteristiche termiche e igrometriche dei ponti termici..... 154

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20

Codice: M1

Trasmittanza termica	0,159	W/m ² K
Spessore	470	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	4,975	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	510	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	462	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,007	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,045	-
Sfasamento onda termica	-12,5	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
2	LEGNO-CEMENTO	45,00	0,1040	0,433	510	1,50	70
3	C.l.s. armato (1% acciaio)	180,00	2,3000	0,078	2300	1,00	130
4	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	170,00	0,0330	5,152	10	1,45	60
5	LEGNO-CEMENTO	45,00	0,1040	0,433	510	1,50	70
6	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20*

Codice: *M1*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,632
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,961
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

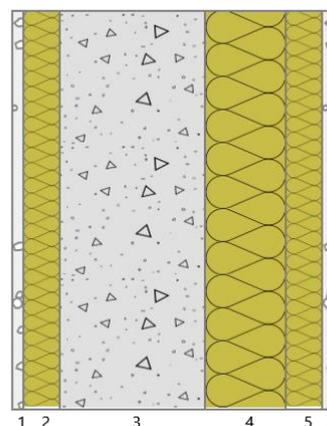
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Parete scale ISOTEX HDIII 44/20

Codice: M2

Trasmittanza termica	0,234	W/m ² K
Spessore	400	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	0,9	°C
Permeanza	5,556	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	509	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	461	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,010	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,043	-
Sfasamento onda termica	-12,8	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
2	LEGNO-CEMENTO	45,00	0,1040	0,433	510	1,50	70
3	C.I.s. armato (1% acciaio)	180,00	2,3000	0,078	2300	1,00	130
4	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	100,00	0,0330	3,030	10	1,45	60
5	LEGNO-CEMENTO	45,00	0,1040	0,433	510	1,50	70
6	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Parete scale ISOTEX HDIII 44/20*

Codice: *M2*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$) **Positiva**

Mese critico **gennaio**

Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$ **0,515**

Fattore di temperatura del componente f_{RSI} **0,945**

Umidità relativa superficiale accettabile **80 %**

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

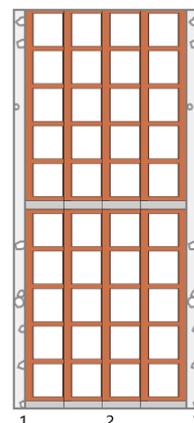
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Parete interna tra unità riscaldate 20 cm

Codice: M3

Trasmittanza termica	0,785	W/m ² K
Spessore	230	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	18,7	°C
Permeanza	111,11 1	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	322	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	280	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,146	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,186	-
Sfasamento onda termica	-12,4	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
2	LECABLOCCO FONOISOLANTE 20x20x25	200,00	0,2060	0,971	1400	1,00	8
3	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduktività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Parete interna tra unità riscaldate 20 cm*

Codice: *M3*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	-
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ -1,000
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,835
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

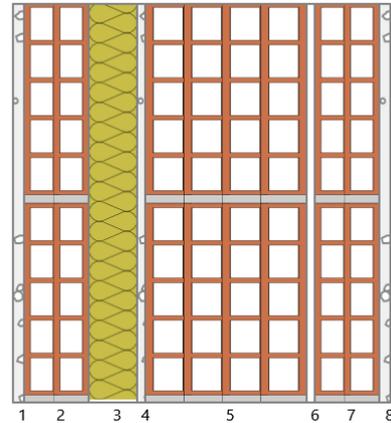
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Parete interna tra unità riscaldate 47 cm

Codice: M4

Trasmittanza termica	0,282	W/m ² K
Spessore	470	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	18,7	°C
Permeanza	58,651	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	462	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	406	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,006	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,023	-
Sfasamento onda termica	-20,6	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
2	Mattone forato	80,00	0,4000	0,200	775	0,84	9
3	Pannello in Lana di Roccia 211	60,00	0,0350	1,714	40	1,03	1
4	Intonaco di calce e gesso	10,00	0,7000	0,014	1400	1,00	10
5	LECABLOCCO FONOISOLANTE 20x20x25	200,00	0,2060	0,971	1400	1,00	8
6	Intercapedine non ventilata Av<500 mm ² /m	10,00	0,0667	0,150	-	-	-
7	Mattone forato	80,00	0,4000	0,200	775	0,84	9
8	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Parete interna tra unità riscaldate 47 cm*

Codice: *M4*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	-
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ -1,000
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,934
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

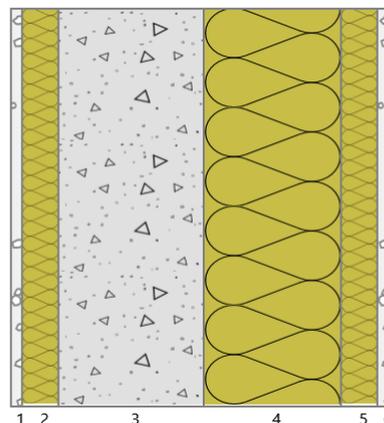
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20 Vano
scale

Codice: M5

Trasmittanza termica	0,159	W/m ² K
Spessore	470	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	4,975	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	510	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	462	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,007	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,045	-
Sfasamento onda termica	-12,5	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
2	LEGNO-CEMENTO	45,00	0,1040	0,433	510	1,50	70
3	C.I.S. armato (1% acciaio)	180,00	2,3000	0,078	2300	1,00	130
4	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	170,00	0,0330	5,152	10	1,45	60
5	LEGNO-CEMENTO	45,00	0,1040	0,433	510	1,50	70
6	Intonaco di cemento e sabbia	15,00	1,0000	0,015	1800	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Parete esterna ISOTEX HDIII 44/20 Vano scale*

Codice: *M5*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$) **Positiva**

Mese critico **gennaio**

Fattore di temperatura del mese critico $f_{RSI,max}$ **0,632**

Fattore di temperatura del componente f_{RSI} **0,961**

Umidità relativa superficiale accettabile **80 %**

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

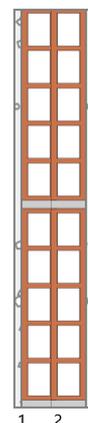
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Tramezza interna realizzata con laterizio forato (spessore totale 10 cm)*

Codice: *M6*

Trasmittanza termica	1,703	W/m ² K
Spessore	100	mm
Permeanza	333,33 3	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	101	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	73	kg/m ²
Trasmittanza periodica	1,426	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,837	-
Sfasamento onda termica	-3,3	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	10,00	0,7000	0,014	1400	1,00	10
2	8 - 50 - 19	80,00	0,2680	0,299	910	1,00	5
3	Intonaco di calce e gesso	10,00	0,7000	0,014	1400	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conducibilità termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Portoncino d'ingresso opaco*

Codice: *M8*

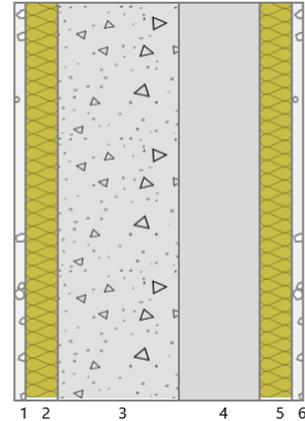
Trasmittanza termica	1,300	W/m ² K
Spessore	100	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	0,9	°C
Massa superficiale (con intonaci)	200	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	200	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,220	W/m ² K

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Parete interna ISOTEX HDIII 33/10 stessa unità

Codice: M12

Trasmittanza termica	0,270	W/m ² K
Spessore	360	mm
Permeanza	7,042	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	429	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	387	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,017	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,063	-
Sfasamento onda termica	-11,5	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
2	LEGNO-CEMENTO	40,00	0,1040	0,385	510	1,50	70
3	C.I.s. armato (1% acciaio)	150,00	2,3000	0,065	2300	1,00	130
4	POLISTIRENE CON GRAFITE	100,00	0,0390	2,564	15	1,21	30
5	LEGNO-CEMENTO	40,00	0,1040	0,385	510	1,50	70
6	Intonaco di calce e gesso	15,00	0,7000	0,021	1400	1,00	10
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,130	-	-	-

Legenda simboli

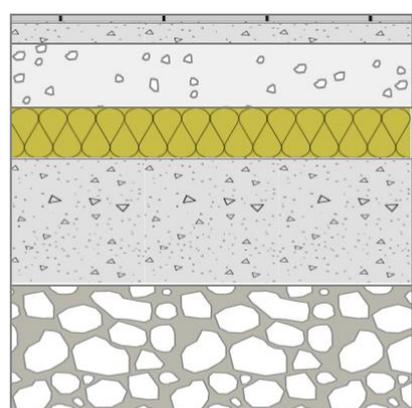
s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS

Codice: P1

Trasmittanza termica	0,192	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,148	W/m ² K
Spessore	940	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	1480	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	1480	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,001	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,004	-
Sfasamento onda termica	-3,9	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
4	Polistirene espanso, estruso con pelle	120,00	0,0340	3,529	30	1,45	60
5	C.l.s. armato (2% acciaio)	300,00	2,5000	0,120	2400	1,00	130
6	Ghiaia grossa senza argilla (um. 5%)	300,00	1,2000	0,250	1700	1,00	5
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

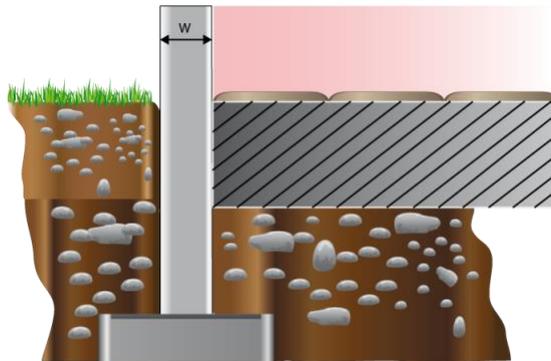
CALCOLO DELLA TRASMITTANZA CONTROTERRA secondo UNI EN ISO 13370

Pavimento appoggiato su terreno:

Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS

Codice: P1

Area del pavimento	192,00 m ²
Perimetro disperdente del pavimento	65,00 m
Spessore pareti perimetrali esterne	410 mm
Conduttività termica del terreno	2,00 W/mK



Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS*

Codice: *P1*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperatura esterna fissa, pari a	13,1 °C (media annuale)
Umidità relativa esterna fissa, pari a	100,0 %
Temperatura interna nel periodo di riscaldamento	20,0 °C
Criterio per l'aumento dell'umidità interna	Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	novembre
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,191
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,953
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

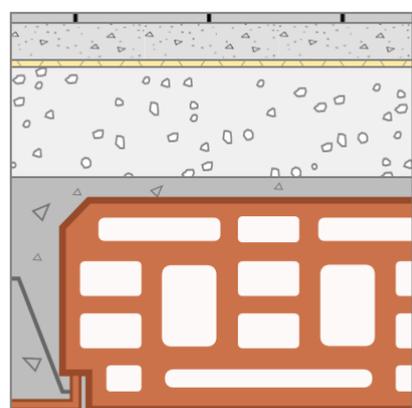
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Pavimento interpiano

Codice: P2

Trasmittanza termica	0,486	W/m ² K
Spessore	545	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	18,7	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	681	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	681	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,016	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,034	-
Sfasamento onda termica	-19,5	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	1,3000	0,012	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Calpestop Super	10,00	0,0370	0,270	30	1,40	12918
4	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
5	Solaio tipo predalles	320,00	0,8890	0,360	1394	0,84	9
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Pavimento interpiano*

Codice: *P2*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	-
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ -1,000
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,887
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

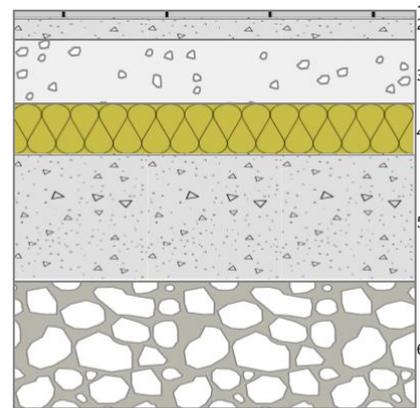
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS

Codice: P3

Trasmittanza termica	0,192	W/m ² K
Trasmittanza controterra	0,148	W/m ² K
Spessore	940	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	1480	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	1480	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,001	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,004	-
Sfasamento onda termica	-3,9	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
4	Polistirene espanso, estruso con pelle	120,00	0,0340	3,529	30	1,45	60
5	C.l.s. armato (2% acciaio)	300,00	2,5000	0,120	2400	1,00	130
6	Ghiaia grossa senza argilla (um. 5%)	300,00	1,2000	0,250	1700	1,00	5
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

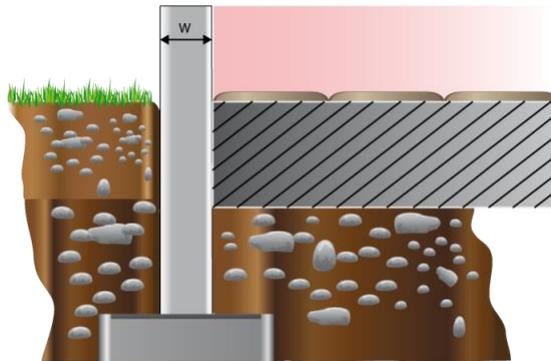
CALCOLO DELLA TRASMITTANZA CONTROTERRA secondo UNI EN ISO 13370

Pavimento appoggiato su terreno:

Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS

Codice: P3

Area del pavimento	192,00 m ²
Perimetro disperdente del pavimento	65,00 m
Spessore pareti perimetrali esterne	410 mm
Conduttività termica del terreno	2,00 W/mK



Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Pavimento su terreno in CLS isolato con Pannello XPS*

Codice: *P3*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0** °C

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	aprile
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,325
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,953
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

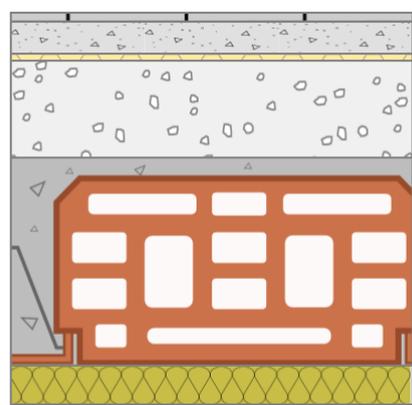
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Pavimento intermedio verso zona non riscaldata (Vano scale)*

Codice: P4

Trasmittanza termica	0,256	W/m ² K
Spessore	615	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	0,9	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	696	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	683	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,002	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,008	-
Sfasamento onda termica	-21,3	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	1,3000	0,012	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Calpestop Super	10,00	0,0370	0,270	30	1,40	12918
4	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
5	Solaio tipo predalles	320,00	0,8890	0,360	1394	0,84	9
6	Polistirene espanso, estruso con pelle	60,00	0,0330	1,818	35	1,45	60
7	Intonaco plastico per cappotto	10,00	0,3000	0,033	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Pavimento intermedio verso zona non riscaldata
(Vano scale)*

Codice: *P4*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,515
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,939
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

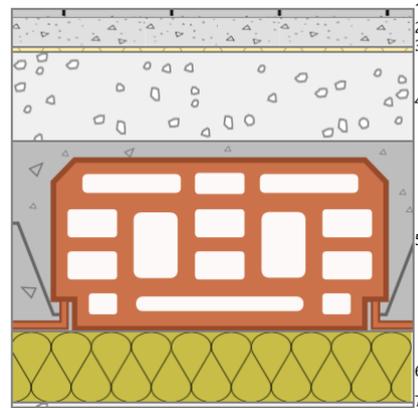
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: *Pavimento intermedio verso esterno*

Codice: *P6*

Trasmittanza termica	0,179	W/m ² K
Spessore	675	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	698	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	685	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,001	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,006	-
Sfasamento onda termica	-21,9	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	1,3000	0,012	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Calpestop Super	10,00	0,0370	0,270	30	1,40	12918
4	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
5	Solaio tipo predalles	320,00	0,8890	0,360	1394	0,84	9
6	Polistirene espanso, estruso con pelle	120,00	0,0330	3,636	35	1,45	60
7	Intonaco plastico per cappotto	10,00	0,3000	0,033	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Pavimento intermedio verso esterno*

Codice: *P6*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,632
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,956
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

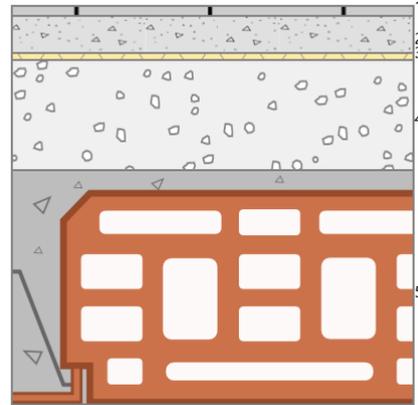
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Soffitto interpiano

Codice: S1

Trasmittanza termica	0,522	W/m ² K
Spessore	545	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	18,7	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	681	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	681	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,029	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,056	-
Sfasamento onda termica	-18,3	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	1,3000	0,012	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Calpestop Super	10,00	0,0370	0,270	30	1,40	12918
4	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	150,00	0,1440	1,042	600	1,00	4
5	Solaio tipo predalles	320,00	0,8890	0,360	1394	0,84	9
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Soffitto interpiano*

Codice: *S1*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	-
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ -1,000
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,887
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

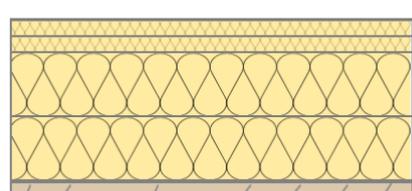
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Copertura in legno

Codice: S4

Trasmittanza termica	0,220	W/m ² K
Spessore	222	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	12,099	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	53	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	53	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,040	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,183	-
Sfasamento onda termica	-12,8	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-
1	DIVOROLL UNIVERSAL S	0,90	0,2200	0,004	167	1,40	33
2	THERM	20,00	0,0390	0,513	160	2,10	5
3	THERM	20,00	0,0390	0,513	160	2,10	5
4	ISOREL	80,00	0,0500	1,600	230	2,10	5
5	ISOREL	80,00	0,0500	1,600	230	2,10	5
6	VAPOTECH 160	0,75	0,2200	0,003	213	1,40	4000
7	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	20,00	0,1200	0,167	450	1,60	625
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Copertura in legno*

Codice: S4

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0 °C**

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,632
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,947
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

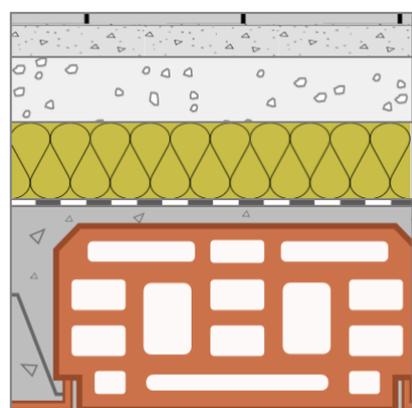
Non si verifica formazione di condensa interstiziale nella struttura durante tutto l'arco dell'anno.

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Tetto terrazzo

Codice: S6

Trasmittanza termica	0,202	W/m ² K
Spessore	620	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	678	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	678	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,011	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,053	-
Sfasamento onda termica	-18,6	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	100,00	0,1440	0,694	600	1,00	4
4	Polistirene espanso, estruso con pelle	120,00	0,0330	3,636	35	1,45	60
5	Impermeabilizzazione con bitume	10,00	0,1700	0,059	1200	1,00	188000
6	Solaio tipo predalles	320,00	0,8890	0,360	1394	0,84	9
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Tetto terrazzo*

Codice: S6

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0** °C

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,632
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,951
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

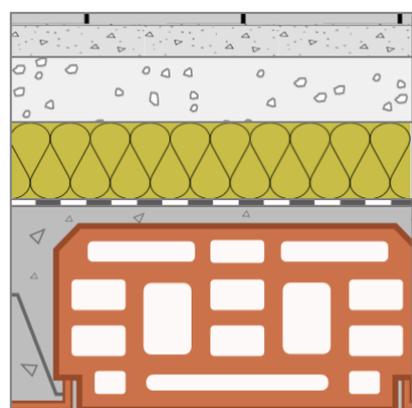
Verifica condensa interstiziale	Positiva
Quantità massima di condensa durante l'anno	M_a 0 g/m ²
Quantità di condensa ammissibile	M_{lim} 100 g/m ²
Verifica di condensa ammissibile ($M_a \leq M_{lim}$)	Positiva
Mese con massima condensa accumulata	febbraio
L'evaporazione a fine stagione è	Completa

CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI
secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 13370

Descrizione della struttura: Tetto terrazzo Vano scale

Codice: S7

Trasmittanza termica	0,202	W/m ² K
Spessore	620	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,2	°C
Permeanza	0,001	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	678	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	678	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,011	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,053	-
Sfasamento onda termica	-18,6	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	20,00	1,3000	0,015	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	1,4900	0,034	2200	0,88	70
3	Sottofondo Alleggerito LECACEM CLASSIC	100,00	0,1440	0,694	600	1,00	4
4	Polistirene espanso, estruso con pelle	120,00	0,0330	3,636	35	1,45	60
5	Impermeabilizzazione con bitume	10,00	0,1700	0,059	1200	1,00	188000
6	Solaio tipo predalles	320,00	0,8890	0,360	1394	0,84	9
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Caratteristiche igrometriche dei componenti opachi secondo UNI EN ISO 13788

Descrizione della struttura: *Tetto terrazzo Vano scale*

Codice: *S7*

- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale.
- La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale.
- La struttura è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale, ma la quantità è rievaporabile durante la stagione estiva.

Condizioni al contorno

Temperature e umidità relativa esterne variabili, medie mensili

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento **20,0** °C

Criterio per l'aumento dell'umidità interna **Classe di concentrazione del vapore (0,004 kg/m³)**

Verifica criticità di condensa superficiale

Verifica condensa superficiale ($f_{RSI,max} \leq f_{RSI}$)	Positiva
Mese critico	gennaio
Fattore di temperatura del mese critico	$f_{RSI,max}$ 0,632
Fattore di temperatura del componente	f_{RSI} 0,951
Umidità relativa superficiale accettabile	80 %

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

Verifica condensa interstiziale	Positiva
Quantità massima di condensa durante l'anno	M_a 0 g/m ²
Quantità di condensa ammissibile	M_{lim} 100 g/m ²
Verifica di condensa ammissibile ($M_a \leq M_{lim}$)	Positiva
Mese con massima condensa accumulata	febbraio
L'evaporazione a fine stagione è	Completa

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

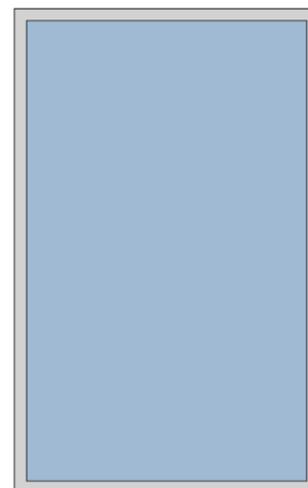
Descrizione della finestra: *F.C. 150x240 triplo (Uffici PT, Uffici P1)*

Codice: *W1*

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	0,938	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,559	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,10	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,290	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,283	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

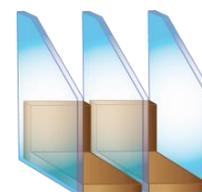
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		240,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	3,600	m ²
Area vetro	A_g	3,146	m ²
Area telaio	A_f	0,454	m ²
Fattore di forma	F_f	0,87	-
Perimetro vetro	L_g	7,320	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduktività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **0,938** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore S_t **0,0** cm

Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore S_m **0,0** cm

Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **7,8** m

Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

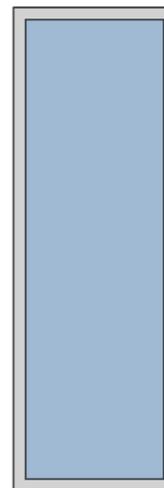
Descrizione della finestra: F.C. 80x240 doppio (market bistrot PT)

Codice: W2

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	1,509	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,018	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,360	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,354	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

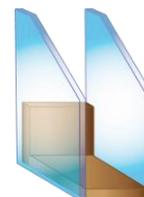
Larghezza		80,0	cm
Altezza H		240,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	1,920	m ²
Area vetro	A_g	1,550	m ²
Area telaio	A_f	0,370	m ²
Fattore di forma	F_f	0,81	-
Perimetro vetro	L_g	5,920	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduttività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **1,509** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica	U	1,500	W/m ² K
Spessore	s _t	0,0	cm
Area	A _t	0,00	m ²

Montanti

Trasmittanza termica	U	1,500	W/m ² K
Spessore	s _m	0,0	cm
Area	A _m	0,00	m ²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale		6,4	m
Trasmittanza termica lineica		0,080	W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: F.C. 135x240 triplo (uffici PT)

Codice: W3

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	0,964	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,559	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,290	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,283	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

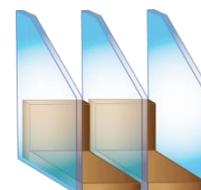
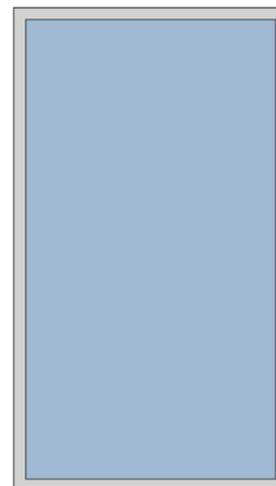
Larghezza		135,0	cm
Altezza H		240,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	3,240	m ²
Area vetro	A_g	2,804	m ²
Area telaio	A_f	0,436	m ²
Fattore di forma	F_f	0,87	-
Perimetro vetro	L_g	7,020	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduktività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **0,964** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K
Spessore S_t **0,0** cm
Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K
Spessore S_m **0,0** cm
Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **7,5** m
Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

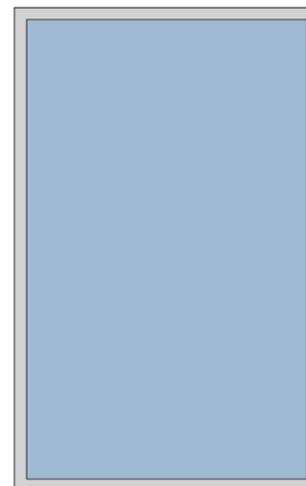
Descrizione della finestra: F.C. 150x240 doppio (market, bistrot PT)

Codice: W4

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	1,339	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,018	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,360	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,354	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

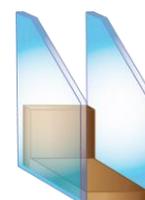
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		240,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	3,600	m ²
Area vetro	A_g	3,146	m ²
Area telaio	A_f	0,454	m ²
Fattore di forma	F_f	0,87	-
Perimetro vetro	L_g	7,320	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduttività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **1,339** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_t **0,0** cm

Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_m **0,0** cm

Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **7,8** m

Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: FINESTRA 70x70

Codice: W5

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

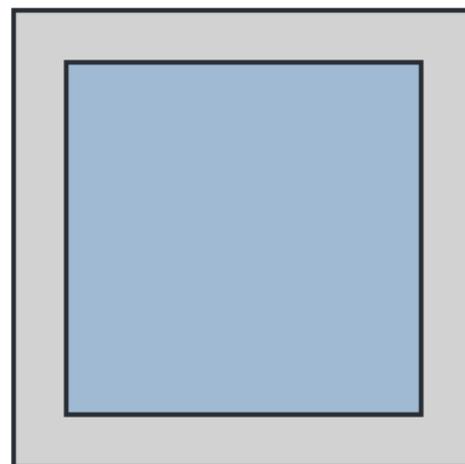
Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		70,0	cm
Altezza H		70,0	cm



Caratteristiche del telaio

K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	0,490	m ²
Area vetro	A_g	0,292	m ²
Area telaio	A_f	0,198	m ²
Fattore di forma	F_f	0,60	-
Perimetro vetro	L_g	2,160	m
Perimetro telaio	L_f	2,800	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,784	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		2,80	m

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: *FINESTRA 120x240*

Codice: *W6*

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

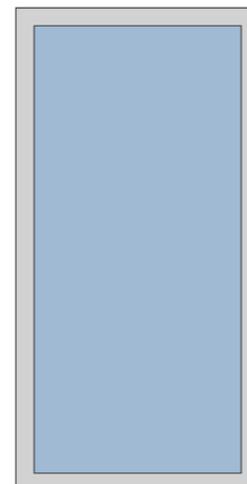
Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		120,0	cm
Altezza H		240,0	cm



Caratteristiche del telaio

K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	2,880	m ²
Area vetro	A_g	2,264	m ²
Area telaio	A_f	0,616	m ²
Fattore di forma	F_f	0,79	-
Perimetro vetro	L_g	6,480	m
Perimetro telaio	L_f	7,200	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,512	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		7,20	m

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: 150x300 triplo (ristorante P1)

Codice: W7

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	0,911	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,559	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,290	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,283	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

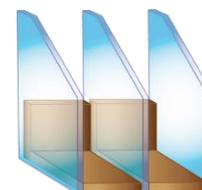
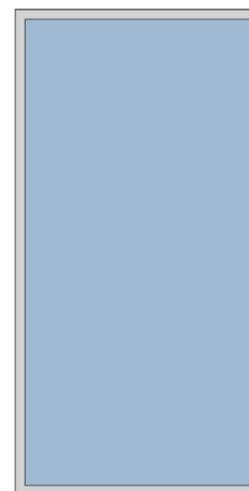
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		300,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	4,500	m ²
Area vetro	A_g	3,974	m ²
Area telaio	A_f	0,526	m ²
Fattore di forma	F_f	0,88	-
Perimetro vetro	L_g	8,520	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conducibilità termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **0,911** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica	U	1,500	W/m ² K
Spessore	S _t	0,0	cm
Area	A _t	0,00	m ²

Montanti

Trasmittanza termica	U	1,500	W/m ² K
Spessore	S _m	0,0	cm
Area	A _m	0,00	m ²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale		9,0	m
Trasmittanza termica lineica		0,080	W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: FINESTRA 100x70

Codice: W8

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-



Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		100,0	cm
Altezza H		70,0	cm

Caratteristiche del telaio

K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	0,700	m ²
Area vetro	A_g	0,454	m ²
Area telaio	A_f	0,246	m ²
Fattore di forma	F_f	0,65	-
Perimetro vetro	L_g	2,760	m
Perimetro telaio	L_f	3,400	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,712	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		3,40	m

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

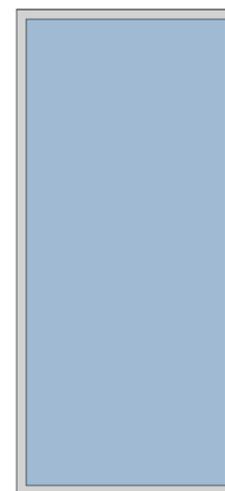
Descrizione della finestra: F.C. 135x300 triplo (uffici P1)

Codice: W9

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	0,936	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,559	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,290	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,283	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

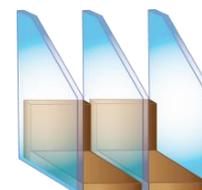
Larghezza		135,0	cm
Altezza H		300,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	4,050	m ²
Area vetro	A_g	3,542	m ²
Area telaio	A_f	0,508	m ²
Fattore di forma	F_f	0,87	-
Perimetro vetro	L_g	8,220	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduktività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **0,936** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore S_t **0,0** cm

Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore S_m **0,0** cm

Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **8,7** m

Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: *FINESTRA 100x140*

Codice: *W10*

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,300	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		100,0	cm
Altezza H		140,0	cm

Caratteristiche del telaio

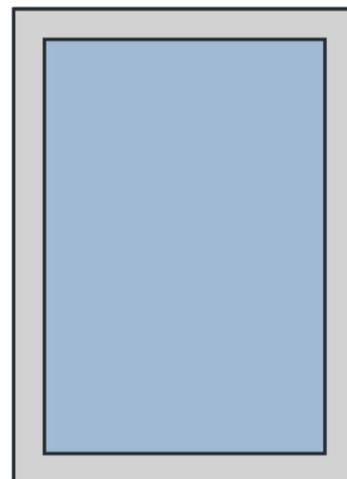
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	1,400	m ²
Area vetro	A_g	1,000	m ²
Area telaio	A_f	0,400	m ²
Fattore di forma	F_f	0,71	-
Perimetro vetro	L_g	4,080	m
Perimetro telaio	L_f	4,800	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,591	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		4,80	m



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: *FINESTRA 120x140*

Codice: *W11*

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,400	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		120,0	cm
Altezza H		140,0	cm

Caratteristiche del telaio

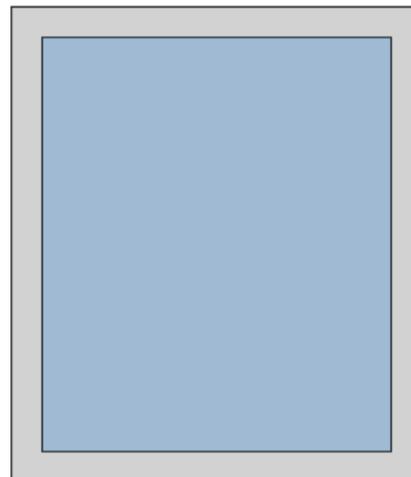
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	1,680	m ²
Area vetro	A_g	1,244	m ²
Area telaio	A_f	0,436	m ²
Fattore di forma	F_f	0,74	-
Perimetro vetro	L_g	4,480	m
Perimetro telaio	L_f	5,200	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,662	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		5,20	m



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

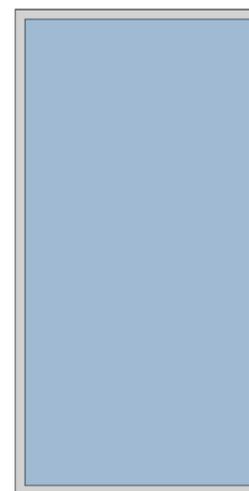
Descrizione della finestra: F.C. 150x300 doppio (palestra P2)

Codice: W12

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	1,316	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,018	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,360	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,354	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

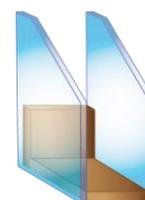
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		300,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	4,500	m ²
Area vetro	A_g	3,974	m ²
Area telaio	A_f	0,526	m ²
Fattore di forma	F_f	0,88	-
Perimetro vetro	L_g	8,520	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduttività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **1,316** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_t **0,0** cm

Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_m **0,0** cm

Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **9,0** m

Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: F.C. 100x300 doppio (palestra P2)

Codice: W13

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	1,414	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,018	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,360	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,354	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

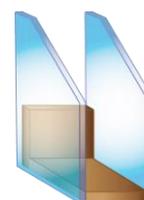
Larghezza		100,0	cm
Altezza H		300,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	3,000	m ²
Area vetro	A_g	2,534	m ²
Area telaio	A_f	0,466	m ²
Fattore di forma	F_f	0,84	-
Perimetro vetro	L_g	7,520	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore	mm
λ	Conduttività termica	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **1,414** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_t **0,0** cm

Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_m **0,0** cm

Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **8,0** m

Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: *FINESTRA 120x160*

Codice: *W14*

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,400	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		120,0	cm
Altezza H		160,0	cm

Caratteristiche del telaio

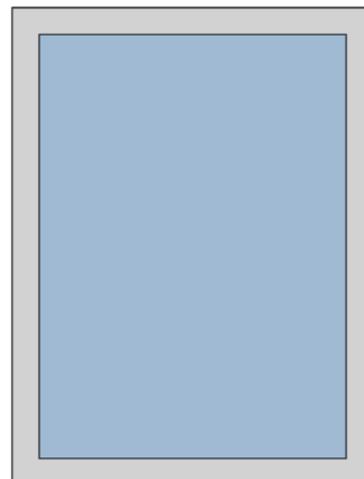
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	1,920	m ²
Area vetro	A_g	1,448	m ²
Area telaio	A_f	0,472	m ²
Fattore di forma	F_f	0,75	-
Perimetro vetro	L_g	4,880	m
Perimetro telaio	L_f	5,600	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,647	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		5,60	m



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINESTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: *FINESTRA 130x160*

Codice: *W15*

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	-		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_w	1,400	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,100	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	0,60	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,25	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,590	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	0,348	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,12	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

Larghezza		130,0	cm
Altezza H		160,0	cm

Caratteristiche del telaio

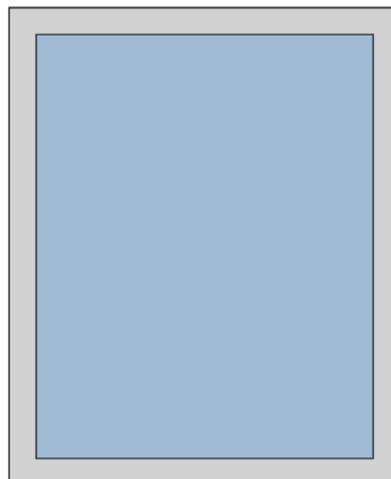
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	2,080	m ²
Area vetro	A_g	1,590	m ²
Area telaio	A_f	0,490	m ²
Fattore di forma	F_f	0,76	-
Perimetro vetro	L_g	5,080	m
Perimetro telaio	L_f	5,800	m

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo	U	1,636	W/m ² K
---------------------------------	-----	--------------	--------------------

Ponte termico del serramento

Ponte termico associato	Z1	W - Parete - Telaio	
Trasmittanza termica lineica	Ψ	0,085	W/mK
Lunghezza perimetrale		5,80	m



CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

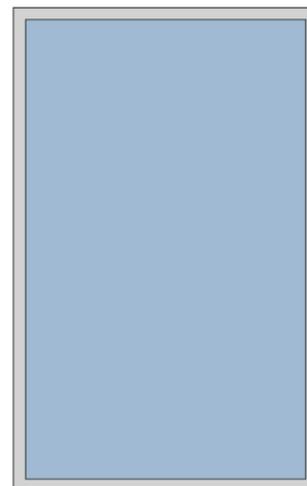
Descrizione della finestra: F.C. 150x240 triplo (Vano scale PT)

Codice: W16

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	0,938	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,559	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,10	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,290	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	-	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

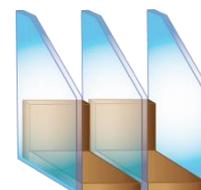
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		240,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	3,600	m ²
Area vetro	A_g	3,146	m ²
Area telaio	A_f	0,454	m ²
Fattore di forma	F_f	0,87	-
Perimetro vetro	L_g	7,320	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduktività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **0,938** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K
Spessore S_t **0,0** cm
Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K
Spessore S_m **0,0** cm
Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **7,8** m
Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

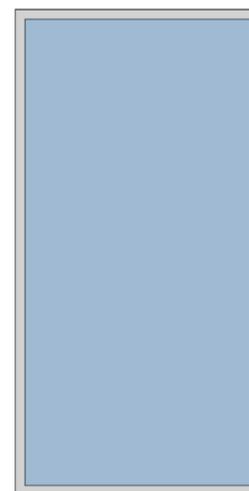
Descrizione della finestra: 150x300 triplo (Vano scale P1)

Codice: W17

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	0,911	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	0,559	W/m ² K



Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,290	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	-	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

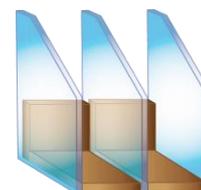
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		300,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	4,500	m ²
Area vetro	A_g	3,974	m ²
Area telaio	A_f	0,526	m ²
Fattore di forma	F_f	0,88	-
Perimetro vetro	L_g	8,520	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Terzo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduktività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **0,911** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica	U	1,500	W/m ² K
Spessore	S _t	0,0	cm
Area	A _t	0,00	m ²

Montanti

Trasmittanza termica	U	1,500	W/m ² K
Spessore	S _m	0,0	cm
Area	A _m	0,00	m ²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale		9,0	m
Trasmittanza termica lineica		0,080	W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI FINISTRATI secondo UNI EN 12831 - UNI EN ISO 6946 - UNI EN ISO 10077

Descrizione della finestra: F.C. 150x300 doppio (Vano scale P2)

Codice: W18

Il serramento è un modulo di facciata continua.

Caratteristiche del serramento

Tipologia di serramento	Singolo		
Classe di permeabilità	Classe 4 secondo Norma UNI EN 12207		
Trasmittanza termica	U_{cw}	1,316	W/m ² K
Trasmittanza solo vetro	U_g	1,018	W/m ² K

Dati per il calcolo degli apporti solari

Emissività	ϵ	0,837	-
Fattore tendaggi (invernale)	$f_{c\ inv}$	1,00	-
Fattore tendaggi (estivo)	$f_{c\ est}$	0,35	-
Fattore di trasmittanza solare	$g_{gl,n}$	0,360	-
Fattore trasmissione solare totale	g_{gl+sh}	-	-

Caratteristiche delle chiusure oscuranti

Resistenza termica chiusure		0,09	m ² K/W
f shut		0,6	-

Dimensioni e caratteristiche del serramento

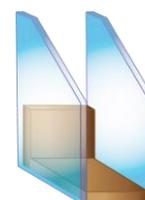
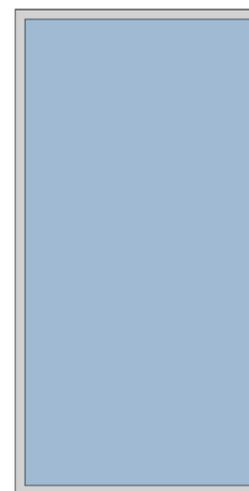
Larghezza		150,0	cm
Altezza H		300,0	cm

Caratteristiche del telaio

Trasmittanza termica del telaio	U_f	0,90	W/m ² K
K distanziale	K_d	0,080	W/mK
Area totale	A_w	4,500	m ²
Area vetro	A_g	3,974	m ²
Area telaio	A_f	0,526	m ²
Fattore di forma	F_f	0,88	-
Perimetro vetro	L_g	8,520	m

Stratigrafia del pacchetto vetrato

Descrizione strato	s	λ	R
Resistenza superficiale interna	-	-	0,130
Primo vetro	6,0	1,00	0,006
Intercapedine	-	-	0,800
Secondo vetro	6,0	1,00	0,006
Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040



Legenda simboli

s	Spessore		mm
λ	Conduttività termica		W/mK
R	Resistenza termica		m ² K/W

Caratteristiche del modulo

Trasmittanza termica del modulo U **1,316** W/m²K

Traversi e montanti del modulo di facciata continua

Traversi

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_t **0,0** cm

Area A_t **0,00** m²

Montanti

Trasmittanza termica U **1,500** W/m²K

Spessore s_m **0,0** cm

Area A_m **0,00** m²

Ponte termico tra montante/traverso e infisso

Lunghezza perimetrale **9,0** m

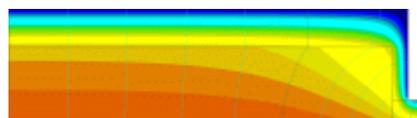
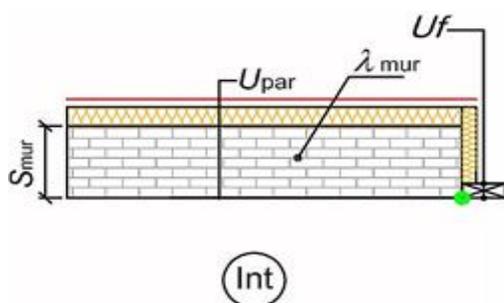
Trasmittanza termica lineica **0,080** W/mK

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: W - Parete - Telaio

Codice: Z1

Tipologia	W - Parete - Telaio
Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,085 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,085 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,817 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211
Note	W19 - Giunto parete con isolamento esterno continuo - telaio posto a filo interno con protezione isolante Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = 0,085 W/mK.



Caratteristiche

Trasmittanza termica telaio	U _f	1,500	W/m ² K
Spessore muro	S _{mur}	430,0	mm
Trasmittanza termica parete	U _{par}	0,210	W/m ² K
Conducibilità termica muro	λ _{mur}	0,250	W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004	kg/m ³
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0	°C
Umidità relativa superficiale ammissibile	80	%

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ _i	θ _e	θ _{si}	θ _{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	19,1	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	17,8	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	16,8	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	16,4	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	17,1	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	17,9	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	18,7	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

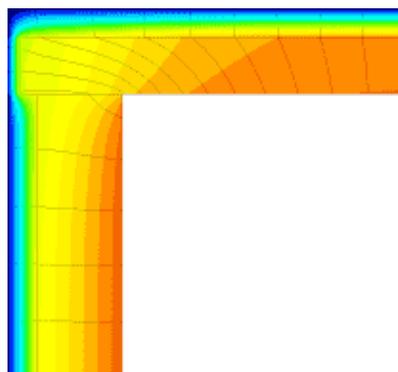
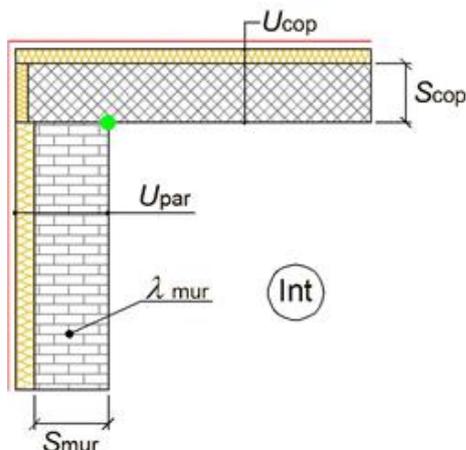
θ _i	Temperatura interna al locale	°C
θ _e	Temperatura esterna	°C
θ _{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ _{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: *R - Parete - Copertura*

Codice: Z2

Tipologia	<i>R - Parete - Copertura</i>
Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,011 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,021 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,818 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211
Note	<i>R1b - Giunto parete con isolamento esterno - copertura con correzione</i> Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = 0,021 W/mK.



Caratteristiche

Spessore copertura	Scop	200,0 mm
Spessore muro	Smur	380,0 mm
Trasmittanza termica copertura	Ucop	0,220 W/m ² K
Trasmittanza termica parete	Upar	0,213 W/m ² K
Conduttività termica muro	λmur	0,250 W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004 kg/m ³
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa superficiale ammissibile	80 %

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	19,1	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	17,9	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	16,8	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	16,4	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	17,1	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	17,9	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	18,7	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

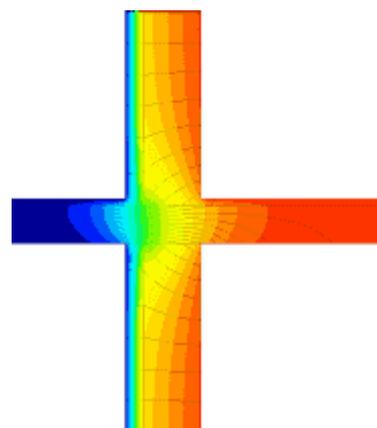
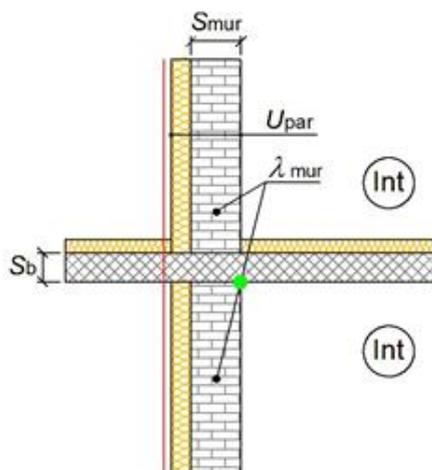
θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: **B - Parete - Balcone**

Codice: Z3

Tipologia	B - Parete - Balcone
Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,228 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,456 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,773 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211
Note	B14 - Giunto parete con isolamento esterno - balcone con isolamento a solaio + correzione termica tipo 2 Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = 0,456 W/mK.



Caratteristiche

Spessore balcone	S _b	200,0	mm
Spessore muro	S _{mur}	380,0	mm
Trasmittanza termica parete	U _{par}	0,213	W/m ² K
Conduttività termica muro	λ _{mur}	0,250	W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004	kg/m ³	
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0	°C	
Umidità relativa superficiale ammissibile	80	%	

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	18,9	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	17,3	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	16,0	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	15,5	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	16,4	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	17,4	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	18,3	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

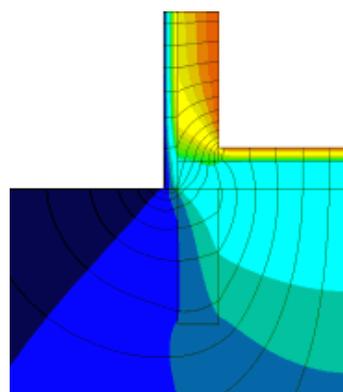
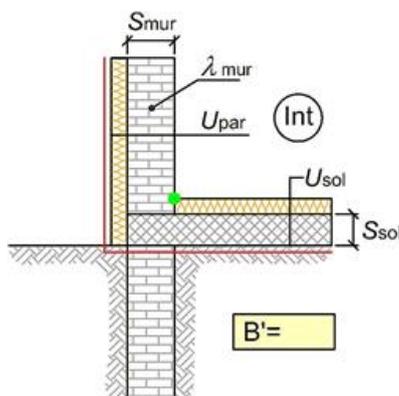
Descrizione del ponte termico: *GF - Parete - Solaio controterra*

Codice: Z4

Tipologia	GF - Parete - Solaio controterra
Trasmittanza termica lineica di calcolo	-0,017 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	-0,035 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,771 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211

Note **GF5 - Giunto parete con isolamento esterno - solaio controterra con isolamento all'estradosso**

Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = -0,035 W/mK.



Caratteristiche

Dimensione caratteristica del pavimento	B'	2,00 m
Spessore solaio	Ssol	200,0 mm
Spessore muro	Smur	380,0 mm
Trasmittanza termica solaio	U _{sol}	0,130 W/m ² K
Trasmittanza termica parete	U _{par}	0,210 W/m ² K
Conduttività termica muro	λ _{mur}	0,250 W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004 kg/m ³
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa superficiale ammissibile	80 %

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	16,0	19,1	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	14,1	18,6	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	10,7	17,9	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	7,7	17,2	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	6,7	17,0	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,7	17,4	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	10,8	17,9	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

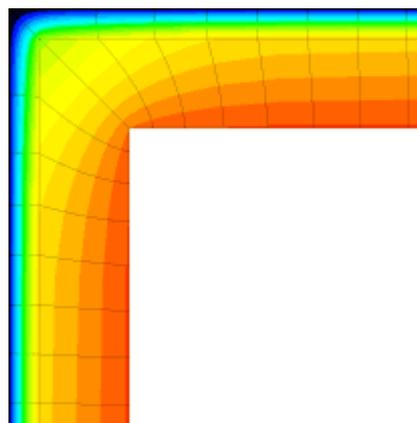
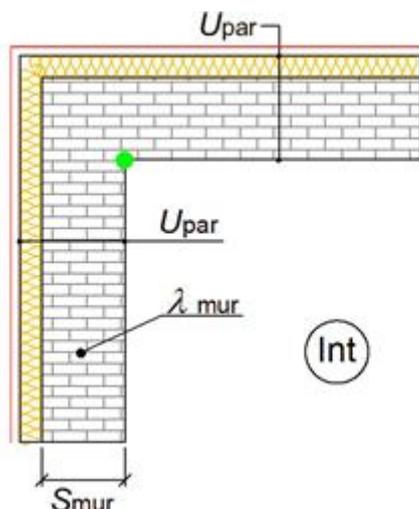
CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: C - Angolo tra pareti (Sporgente)

Codice: Z5

Tipologia	C - Angolo tra pareti
Trasmittanza termica lineica di calcolo	-0,056 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	-0,113 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,867 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211

Note **C1 - Giunto tre due pareti con isolamento esterno (sporgente)**
Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = -0,113 W/mK.



Caratteristiche

Spessore muro	Smur	380,0 mm
Trasmittanza termica parete	Upar	0,210 W/m ² K
Conduttività termica muro	λ_{mur}	0,250 W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004 kg/m ³
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa superficiale ammissibile	80 %

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	19,3	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	18,4	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	17,6	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	17,4	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	17,9	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	18,5	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	19,0	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

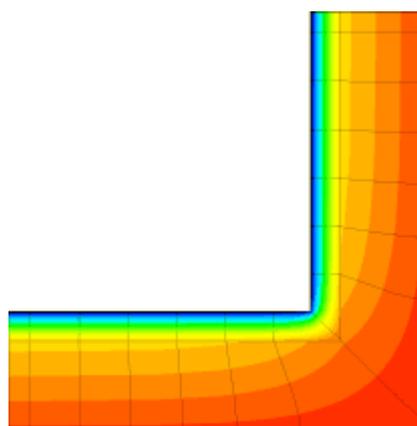
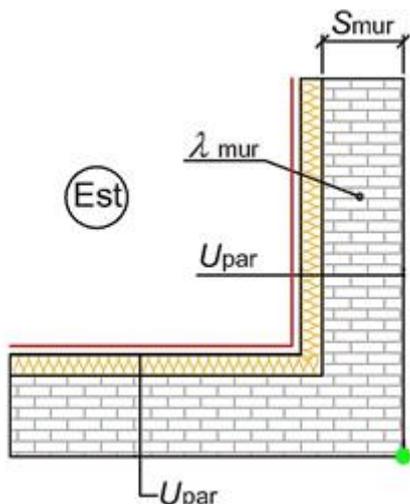
θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: C - Angolo tra pareti (Rientrante)

Codice: Z6

Tipologia	C - Angolo tra pareti
Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,015 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,029 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,949 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211
Note	C5 - Giunto tre due pareti con isolamento esterno (rientrante) Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = 0,029 W/mK.



Caratteristiche

Spessore muro	Smur	380,0 mm
Trasmittanza termica parete	Upar	0,210 W/m ² K
Conduktività termica muro	λmur	0,250 W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004 kg/m ³
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0 °C
Umidità relativa superficiale ammissibile	80 %

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	19,7	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	19,4	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	19,1	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	19,0	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	19,2	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	19,4	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	19,6	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

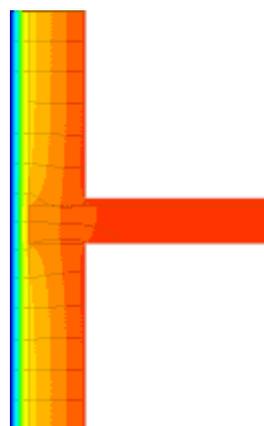
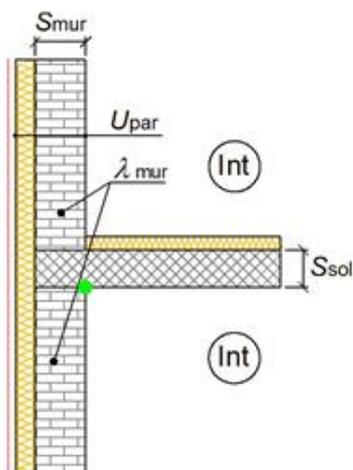
Descrizione del ponte termico: IF - Parete - Solaio interpiano

Codice: Z7

Tipologia	IF - Parete - Solaio interpiano	
Trasmittanza termica lineica di calcolo	0,019	W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	0,039	W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,924	-
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211	

Note **IF8 - Giunto parete con isolamento esterno continuo - solaio interpiano con isolamento superiore**

Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = 0,039 W/mK.



Caratteristiche

Spessore solaio	Ssol	300,0 mm
Spessore muro	Smur	380,0 mm
Trasmittanza termica parete	Upar	0,210 W/m ² K
Conduttività termica muro	λ_{mur}	0,250 W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004	kg/m ³	
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0	°C	
Umidità relativa superficiale ammissibile	80	%	

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	19,6	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	19,1	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	18,7	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	18,5	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	18,8	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	19,1	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	19,4	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C

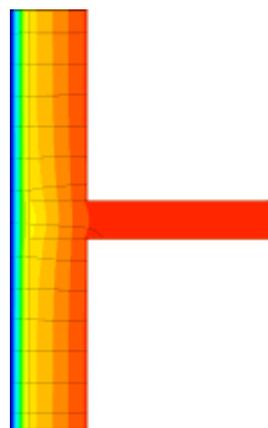
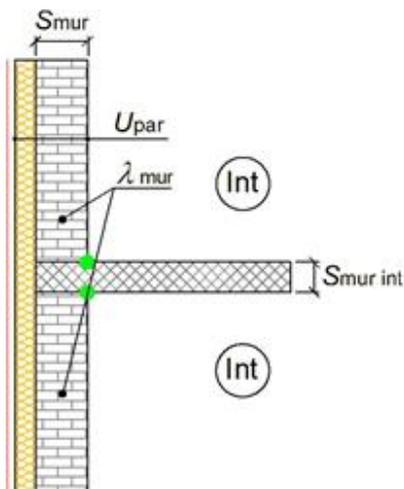
CARATTERISTICHE TERMICHE DEI PONTI TERMICI

Descrizione del ponte termico: IW - Parete - Parete interna

Codice: Z8

Tipologia	<i>IW - Parete - Parete interna</i>
Trasmittanza termica lineica di calcolo	-0,007 W/mK
Trasmittanza termica lineica di riferimento	-0,014 W/mK
Fattore di temperature f_{rsi}	0,811 -
Riferimento	UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211

Note ***IW1 - Giunto parete con isolamento esterno continuo - parete interna***
Trasmittanza termica lineica di riferimento (φ_e) = -0,014 W/mK.



Caratteristiche

Spessore muro interno	Smur int	330,0 mm
Spessore muro	Smur	380,0 mm
Trasmittanza termica parete	Upar	0,700 W/m ² K
Conducibilità termica muro	λmur	0,250 W/mK

Verifica temperatura critica

Condizioni interne:

Classe concentrazione del vapore	0,004 kg/m ³	
Temperatura interna periodo di riscaldamento	20,0 °C	
Umidità relativa superficiale ammissibile	80 %	

Condizioni esterne:

Temperature medie mensili - °C

Mese	θ_i	θ_e	θ_{si}	θ_{acc}	Verifica
ottobre	20,0	15,0	19,1	14,3	POSITIVA
novembre	20,0	8,2	17,8	14,4	POSITIVA
dicembre	20,0	2,3	16,7	11,8	POSITIVA
gennaio	20,0	0,3	16,3	12,7	POSITIVA
febbraio	20,0	4,2	17,0	10,8	POSITIVA
marzo	20,0	8,5	17,8	11,4	POSITIVA
aprile	20,0	12,7	18,6	13,2	POSITIVA

Legenda simboli

θ_i	Temperatura interna al locale	°C
θ_e	Temperatura esterna	°C
θ_{si}	Temperatura superficiale interna in luogo del ponte termico	°C
θ_{acc}	Temperatura minima accettabile per scongiurare il fenomeno di condensa	°C