

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITA' DI BOLOGNA

CAMPUS DI CESENA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN ARCHITETTURA E PROCESSO EDILIZIO

TITOLO DELL' ELABORATO FINALE

Valutazione energetica di un edificio e riqualificazione con lo  
standard passivhaus.

Elaborato finale in

Materiali Nell'architettura

Relatore

Prof. Ing. Marco Boscolo

Presentato da

Filippo Muratori

Relatore

Prof. Arch. Ernesto Antonini

Anno Accademico 2015/2016

## INDICE:

1.0 INTRODUZIONE .....	5
1.1.0 Obiettivo .....	9
2.0 GLI STANDARD DI UN EDIFICIO PASSIVO .....	8
2.1. Criteri Progettuali .....	8
2.2. Coibentazione dell'involucro.....	9
2.3 Infissi.....	10
2.4 Minimizzazione de ponti termici.....	12
2.5 Involucri ad al tenuta all'aria .....	12
2.6 Impianto di ventilazione e recupero di calore .....	13
3.0 CONFRONTO TRA CERTIFICAZIONE: CASACLIMA E LEED .....	15
3.0.1 Casaclima.....	15
3.2 LEED.....	16
4.0 ANALISI DELL'EDIFICIO PRESO COME ESEMPIO .....	28
4.1 Analisi Dell'edificio .....	28
4.2 Luogo e clima .....	28
4.3 Tipologia edilizia .....	28

4.4 Elementi visualizzati .....	28
4.5 Risultati .....	32
4.6 Stato di progetto .....	33
4.7 Analisi dei ponti termici .....	37
4.8 Dettagli costruttivi .....	41
5.0 RISULTATI .....	84
5.1 Confronto tra i risultati .....	85
BIBLIOGRAFIA .....	86

“Saranno gli edifici privati ben disposti, se dal bel principio si rifletterà agli aspetti e ai climi, nei quali si fabbrica; imperciocchè è fuori di dubbio che abbiano ad essere diverse le fabbriche si fanno nell’Egitto da quelle che si fanno nella Spagna, diverse quelle di Ponto da quelle di Roma, e così anche negli altri paesi. Giacché una parte della terra è sottoposta al corso del sole, un’altra ne resta lontana; e l’altra che è nel mezzo rimane temperata. Laonde siccome la costruzione del cielo, riguardo alla Terra, per la inclinazione dello zodiaco e per il corso del sole, è naturalmente dotata di diverse qualità, con questa regola conviene formare gli edifici secondo il temperamento dei luoghi e i vari aspetti del cielo. Sotto il settentrione si hanno fare le abitazioni a volta, il più che si può riparate, anzi rivolte agli aspetti caldi: nei luoghi meridionali all’incontro sottoposti alla veemenza del sole, perché vi si muore dal caldo, si debbono fare delle aperture e rivolte a Tramontana o a Greca. Così con l’arte si ripara al danno che farebbe da sé la natura. Si prenderà negli altri paesi della stessa maniera un temperamento corrispondente al loro clima”.

Marco Vitruvio Pollione

## CONSIDERAZIONI PRELIMINARI:

le risorse di energia fossili avranno una durata limitata perché non sono infinite e, secondo numerosi studi, siamo ormai giunti al picco di produzione di petrolio, gas e carbone. Il 40% dell'energia utilizzata in Europa è impiegata nel settore dell'edilizia abitativa e del terziario: il 70% per il riscaldamento e raffrescamento degli ambienti, il 12% per l'acqua sanitaria ed il restante per energia elettrica, illuminazione, usi di cucina (Fonte: ENEA rapporto Energia Clima Ambiente) . E' perciò necessaria un'attenta riflessione che porti a nuovi modi di progettare e vivere lo spazio che ci circonda per contrastare con forza il degrado delle risorse naturali e dell'ambiente anche in considerazione del sovraffollamento urbano. Per questo costruire un edificio ad alta efficienza energetica non è solo questione di fisica tecnica o di impiantistica ma anche di integrazione tra il progetto di architettura e l'energia. Il vero obiettivo è la costruzione di edifici autosufficienti ad emissioni di CO2 pari a zero praticando piena integrazione tra forma architettonica, involucro, e sostenibilità energetica. Peraltro esistono leggi, direttive e normative, a partire dal protocollo di Kyoto, che impegnano tutti i paesi industrializzati e quelli a economia in evoluzione a ridurre le principali emissioni di CO2. Sicurezza, benessere, fruibilità e gestione sono requisiti essenziali in ogni edificio sia

residenziale che industriale e sono da realizzare non solo nelle nuove costruzioni ma anche nelle ristrutturazioni. L'involucro edilizio ha, nel tempo, subito una lenta evoluzione sia per i materiali sia per la tipologia costruttiva utilizzata mantenendo il suo compito essenziale, da sempre, di dividere lo spazio abitato da quello esterno. Alla protezione permessa dall'involucro si sono affiancati sistemi di controllo microclimatico, strettamente legati al clima locale, per cercare di rendere le condizioni ambientali interne sempre più confortevoli. La ricerca di livelli di benessere ambientale sempre maggiori, anche se già presenti nel D.M. 181275 e completamente disattesi, affiancati da strumenti normativi, ha portato alla fine del XX secolo ad una importante evoluzione delle strategie di areazione degli edifici che da naturale è diventata meccanizzata fino ad arrivare a strategie di tipo passivo affiancate a sistemi di controllo meccanico della ventilazione anch'essi già normati nell'articolo 5.3.12 dello stesso D.M. 181275. Già dal 1970 l'Ing. Torben Esbensen pone le basi per la costruzione del primo edificio a zero consumo energetico. Negli ultimi decenni, complice l'evoluzione legislativa nel settore energetico-ambientale e i molti progetti di ricerca europei, sono nati nuovi modelli costruttivi di edifici ad alta efficienza energetica anche se la normativa vigente prevede solo requisiti minimi che molte volte sono auto certificati dal tecnico. Gli edifici passivi e gli edifici a consumo energetico zero che vantano prestazioni energetiche dell'in-

volucro ed efficienza degli impianti di livelli così elevati da ridurre sensibilmente i consumi annui di energia per il riscaldamento e conseguentemente un minor inquinamento ambientale. Il concetto della "passivhaus" tedesca è nato nel 1988 da una collaborazione tra Bo Adamson dell'Università di Lund in Svezia e Wolfgang Feist dell'Institut für Umwelt und Wohnen (Istituto per l'Ambiente e l'Edilizia) in Germania. Le prime Passivhaus sono state costruite a Darmstadt in Germania nel 1990 ottenendo risultati eccellenti dal punto di vista del risparmio energetico, ma per il costo di produzione alto non divennero popolari. Dopo lo sviluppo dell'idea, nata nel 1988 attraverso finanziamenti per la ricerca dallo stato tedesco di Hessen, nacque La Fondazione Passivhaus-Institut a Darmstadt nel 1996. Tra il 1997 e il 2001, nell'ambito del programma THERMIE della Commissione Europea, fu introdotto il progetto CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as European Standards) che portò alla costruzione di 221 edifici passivi in diverse località dell'Europa centrale e settentrionale (prevalentemente in Germania, Austria, Francia, Svizzera e Svezia). Il progetto CEPHEUS aveva diversi obiettivi: dimostrare la fattibilità tecnica in termini di consumi energetici; studiare l'accettazione da parte di investitori e acquirenti; verificare la fattibilità degli standard di Passivhaus in tutta l'Europa in particolare nel rapporto costi-efficienza e costruzione; dare impulso allo sviluppo della progettazione; introdurre sul mercato questo tipo di abitazioni.

Con programmi di misurazione dedicati è stata dimostrata scientificamente la possibilità di ridurre i consumi energetici negli edifici di oltre il 70%; è stato dimostrato che è possibile realizzare edifici passivi efficienti a costi addizionali contenuti; la valutazione finale degli è stata positiva. I progetti più recenti evidenziano chiaramente il progresso che è stato fatto negli ultimi anni soprattutto nella costruzione di edifici multipiano: è qui che il concetto di Passivhaus amplifica i vantaggi. Il quartiere "Lodenareal" a Innsbruck è il più grande insediamento passivo costruito al mondo: conta circa 354 unità abitative: Altri progetti più ambiziosi quali "Eurostadt" a Vienna e "Bahnstadt" a Heidelberg sono ancora in costruzione. Le Passivhaus non sono più un concetto "teorico" ed una opzione ambientale, ora sono investimenti convenienti per i costruttori edili. La Casa Passiva è un edificio progettato per ridurre al minimo l'intervento di impianti "attivi" (cioè azionati da energia) massimizzando il comfort abitativo. L'analisi degli standard energetici che deve rispettare un edificio passivo evidenzia che il fabbisogno termico deve essere inferiore ai 15kWh/m<sup>2</sup>anno, un valore molto basso che corrisponde circa a un risparmio di energia del 90% rispetto a quella consumata negli edifici residenziali italiani; questo fabbisogno termico consente di utilizzare solo fonti di energia rinnovabili per riscaldare l'edificio senza diminuire il comfort abitativo. Il comfort è fondamentale perché all'interno di una casa passiva devono essere minimizzati ponti termici e la temperatura della superficie interna deve es-

ser la stessa in ogni punto della casa. Gli edifici passivi non hanno una metodologia di costruzione predefinita né materiali di costruzione specifici e per questo motivo il concetto di PassivHaus può essere esportato in tutto il mondo, certo tenendo conto delle condizioni climatiche dei diversi paesi: in climi molto caldi bisognerà spostare l'attenzione sui sistemi di raffrescamento passivo, viceversa in luoghi con climi molto freddi l'attenzione sarà al riscaldamento passivo tenendo debitamente conto dell'irraggiamento del sole ma anche del calore generato dagli occupanti dell'abitazione così come del calore prodotto da lampadine ed elettrodomestici. L'ulteriore energia necessaria all'edificio viene prodotta con sistemi non convenzionali quali ad esempio: pannelli solari e pompe di calore con impianto di ventilazione meccanica controllata. Ovviamente chi progetta nel nostro paese, con le sue differenze climatologiche e meteorologiche, deve maturare considerazioni progettuali a volte diametralmente opposte in funzione della zona climatica di riferimento. Nelle regioni più settentrionali la progettazione si occuperà del controllo del riscaldamento attraverso la captazione dell'irraggiamento solare mentre nelle regioni meridionali sarà necessario progettare per proteggere dall'irraggiamento solare con l'obiettivo del raffrescamento estivo. All'interno di un complesso panorama la progettazione degli edifici passivi richiede la stesura di linee guida sia per l'elaborazione dello spazio e del suo utilizzo sia in relazione ai parametri di controllo dell'efficienza energetica.

## OBIETTIVO

L'obiettivo della tesi è quello di applicare gli standard di efficienza energetica delle tecnologie costruttive di una Passivhaus ad un edificio situato a Bologna lavorando principalmente sull'involucro per il contenimento dei consumi energetici estivi e invernali attraverso un software di progettazione.

## 2.0 GLI STANDARD DI UN EDIFICIO PASSIVO

### 2.1 Criteri Progettuali

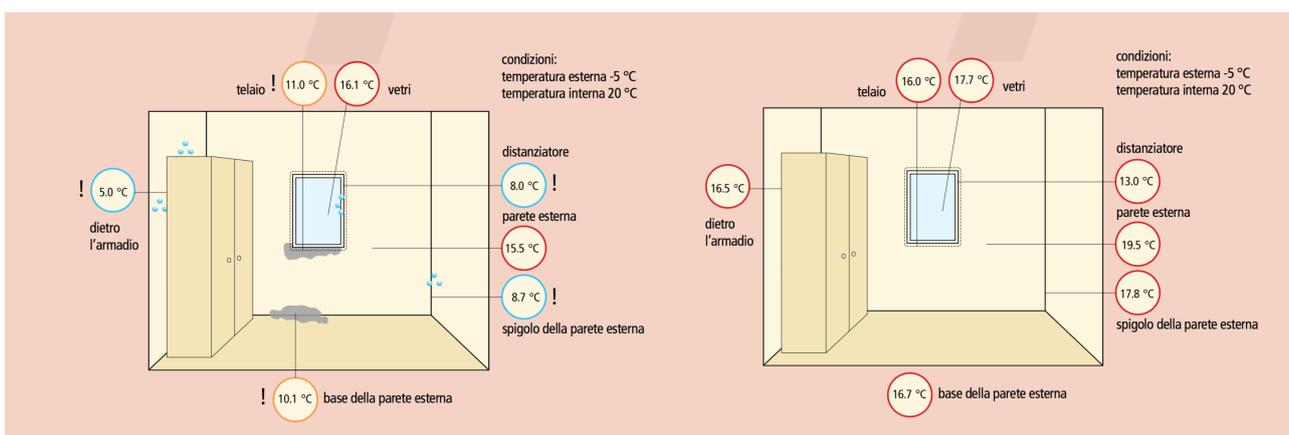
Il fulcro della PassivHaus è l'efficienza energetica da realizzare attraverso un'ottima progettazione dell'edificio. La forma e le dimensioni dell'edificio influiscono in maniera significativa sulle perdite termiche perché lo scambio termico tra interno ed esterno avviene attraverso la superficie dell'involucro: tanto più elevata è la superficie che racchiude il volume, tanto più è elevato lo scambio. Per essere energeticamente efficiente un edificio deve avere un basso indice di compattezza dato dal rapporto  $S/V$ : in un edificio passivo il rapporto deve essere minore di 0,6. Un altro elemento fondamentale per l'efficienza energetica è l'orientamento dell'edificio poiché una PassivHaus riesce a

far fronte alla maggior parte del suo fabbisogno energetico dagli apporti solari. Una buona coibentazione termica permette sia di proteggersi dal freddo ma anche, nello stesso modo, di proteggersi dal caldo. L'orientamento verso sud riceve il massimo della radiazione in inverno (quando è più richiesta) mentre in estate i raggi solari incidono sulla superficie ad angolo acuto riducendone la radiazione sulla superficie. Sotto l'aspetto architettonico, dai dati ricavati dai software, progetteremo ampie vetrate nel lato sud, il 40% della superficie totale; un aumento della superficie vetrata fino al 50% non accrescerà in modo significativo i guadagni solari in inverno ma potrebbe provocare un surriscaldamento dell'ambiente riducendo sensibilmente il benessere termico in estate; al contrario avremo aperture di ridotte dimensioni sul lato nord. Nella progettazione particolare attenzione va rivolta al lato Ovest dell'edificio: una parete vetrata in questo lato non migliora molto il bilancio energetico invernale e in estate addirittura contribuisce al surriscaldamento ancor più delle vetrate orientate verso sud, quando le vetrate fossero presenti bisognerà dotarle di ottimi sistemi di ombreggiatura. Anche la disposizione dei locali è fondamentale: le prime costruzioni passive erano villette unifamiliari dove la suddivisione dei piani per zone climatiche si è dimostrata molto utile. Nel lato sud si disponevano camere da letto e soggiorno mentre nel lato nord si posizionavano cucina, bagni e dispense. Questi locali assumevano anche la funzione di "cuscinetti termici". Grande attenzione alla posizione della scala

nell'edificio che deve trovarsi o interamente all'interno o interamente all'esterno dell'involucro termico.

## 2.2 Coibentazione dell'involucro

L'involucro della PassivHaus, attraverso un'ottima coibentazione termica, riduce le dispersioni termiche garantendo temperature superficiali interne più elevate in inverno e più contenute in estate. Per non dover ricorrere a impianti di riscaldamento e raffrescamento che superino i 15kWh/m2anno l'involucro deve avere un isolamento termico molto efficace che eviterà che le temperature superficiali interne differiscano troppo da quella dell'ambiente, si creerà così un clima interno piacevole e privo di zone più calde e più fredde evitando anche il rischio della condensa in alcune zone.



Come già detto in precedenza per costruire una PassivHaus possono essere impiegati molteplici materiali di costruzione quali mattoni, legno, acciaio sempre affiancandoli da involucri termici di altissimo livello. Tutte le superfici

esterne di una casa passiva devono possedere un elevato isolamento termico. Il tetto, il solaio e le pareti esterne devono avere valori di trasmittanza termica inferiori a  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  e devono essere adeguatamente progettati tenendo conto dei valori di irraggiamento solare e dei dati climatici del luogo di costruzione.

### 2.3 Infissi

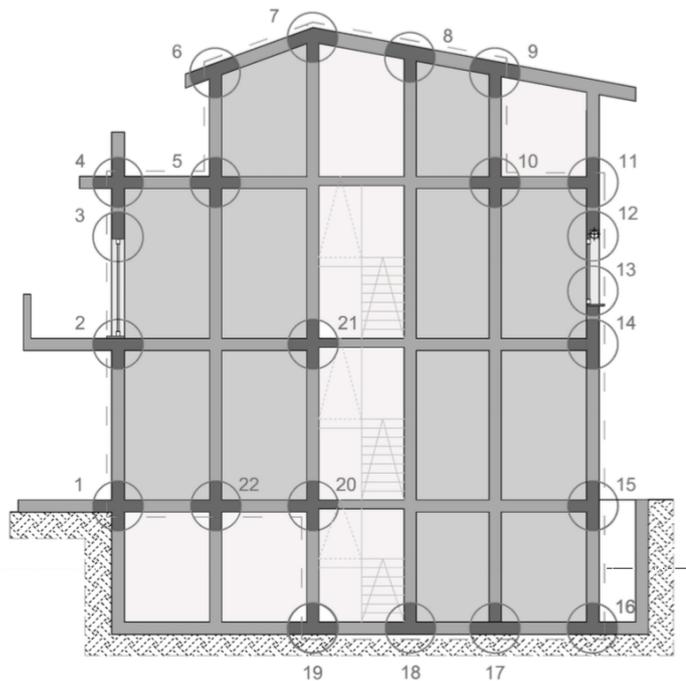
I serramenti finestra devono svolgere molteplici funzioni: devono far entrare la luce negli ambienti, impedire al calore interno di migrare all'esterno, proteggere l'ambiente interno dagli agenti atmosferici e possedere elevate caratteristiche fonoisolanti. La normale finestra utilizzata negli edifici convenzionali ha una perdita energetica pari a circa il 20% del totale. Nella costruzione di edifici passivi bisogna utilizzare infissi di altissima qualità con specifici requisiti di coibentazione termica ( $U_{w \text{ posato}} < 0.85 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ),  $g = 0,6$ ). Le perdite di energia delle finestre sono determinate dagli elementi che la compongono: telaio e vetrocamera, a sua volta composto da tipologie diverse di vetro, dimensioni delle camere e gas di riempimento, tipologia del distanziale. Il telaio è l'elemento più debole infatti negli edifici passivi si utilizzano termoisolanti multicamera in alternativa ci sono telai in legno pieno certificati phi. In sintesi si può dire che una buona finestra deve ben bilanciare i guadagni solari durante le ore diurne con le perdite termiche durante le ore notturne. Minimizzando i ponti termici lineari si può affermare che in Italia una simile finestra

procurerà apporti solari tre volte maggiori che in Germania. Infatti in Germania, gli apporti netti ottenibili da un metro quadrato di finestra sono 33 kWh/(m<sup>2</sup> anno) mentre in Italia sono 92 kWh/(m<sup>2</sup> anno) questo solo perché la radiazione solare è più consistente. Volendo ottenere apporti netti nella misura del 13-40 % lordo in una casa passiva italiana sarebbero sufficienti finestre con un valore  $U = 1,4$  o  $1.5$  W/(m<sup>2</sup> K) anche meno costose di quelle utilizzate nell'Europa centrale. Per il comfort termico all'interno è rilevante la temperatura della superficie interna del vetro ( $t_i$ ): non deve essere inferiore di 3,5 K rispetto a quella dell'aria interna ( $T_i$ ). Anche questa differenza di temperatura può essere calcolata. In condizioni di una temperatura interna di 18 °C e una esterna di -2 °C, la temperatura sulla superficie interna di una finestra con  $U = 1,4$  W/(m<sup>2</sup> K) è di 14,5 °C e quindi la differenza è proprio di 3,5 K. Quindi per una zona con un clima caldo, come il centro Italia o il sud Italia, un serramento con i doppi vetri e un telaio coibentato potrebbe esser sufficiente mentre in climi più freddi, come nella zona appenninica, si dovrà utilizzare un infisso con vetri quadrupli e una eccellente coibentazione. Anche il montaggio è fondamentale e deve esser particolarmente accurato per minimizzare i ponti termici, finestre e porte esterne devono essere inserite nell'involucro usando alcuni accorgimenti; la posizione ideale sarebbe direttamente nel piano di isolamento.

## 2.4 Minimizzazione dei ponti termici

In una PassivHaus progettare e analizzare ogni possibile ponte termico è fondamentale per evitare dispersioni di calore ed è essenziale per il comfort abitativo. Il ponte termico è definito come: "la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza di innesti di elementi strutturali",

alcuni esempi di questi elementi sono i giunti, gli spigoli ma anche i balconi, le gronde e anche i collegamenti tra struttura ed infisso. Invece secondo la norma il ponte termico corretto è definito: "quando la rappresentanza termica della parete fittizia non supera di oltre



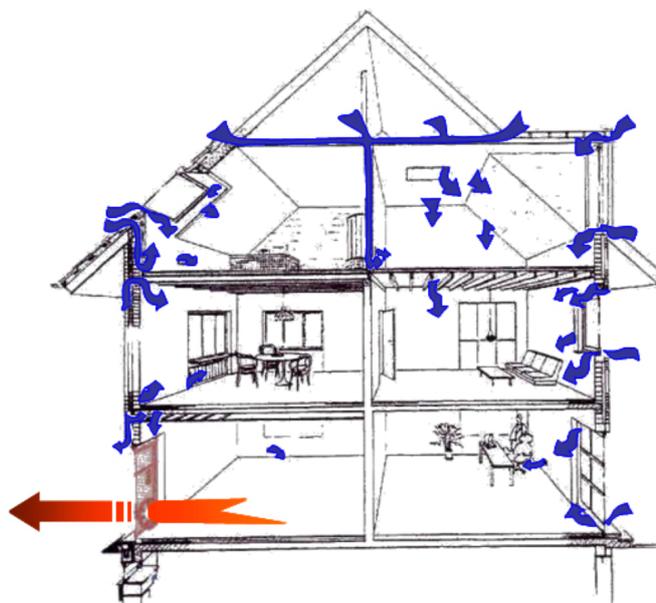
il 15% la trasmittanza termica della parete corrente"; anche se per le case passive il requisito è molto stringente. I ponti termici sono anche la principale causa delle muffe sulle pareti. Per cercare di minimizzare i ponti termici bisogna prestare molta attenzione in fase di progettazione, inoltre realizzare una costruzione priva di ponti termici non significa avere per certo dei costi aggiuntivi. Alcuni elementi costruttivi riportano i dettagli esatti dei nodi più

complicati sia per i progettisti che per la posa in opera che deve essere perfetta per aver la massima resa.

## 2.5 Tenuta all'aria dell'edificio

Migliorato l'involucro esterno e minimizzati i ponti termici la maggior dispersione è legata al ricambio di aria per ventilazione. Con un edificio ad alta tenuta dall'aria si possono evitare le infiltrazioni d'aria che possono raggiungere anche una dispersione di energia molto elevata. Queste infiltrazioni causano spifferi creano discomfort e non solo, infatti le fessure possono causare anche problemi di coibentazione acustica. Questo non significa creare ermeticità dell'involucro quanto piuttosto permettere una traspirazione uniforme. Ecco perché attraverso un'attenta progettazione è possibile realizzare edifici a tenuta d'aria. Per ottenere le certificazioni bisogna effettuare il Bower door test che consente di verificare il raggiungimento dei requisiti. Questo test consente di valutare l'impermeabilità dell'involucro di un edificio. Viene eseguito utilizzando un ventilatore che espelle all'esterno l'aria interna dell'edificio sino ad arrivare ad una pressione differenziale tra interno ed esterno. Successivamente con apposite apparecchiature si misura il volume dell'aria che affluisce all'interno dell'edificio attraverso l'involucro. Il numero di ricambi orari in tali condizioni di gradiente pressorio è indicato col simbolo n50; lo standard di

casa passiva richiede n50 minore uguale 0,6 h-l . Questo test è utile sia per verificare il lavoro svolto dal costruttore sia per intervenire su eventuali problematiche risultanti dal test.



## 2.6 Ventilazione meccanica controllata

Nella PassivHaus la ventilazione ha un ruolo fondamentale. Gli impianti di ventilazione con recupero di calore VMC, utilizzati con gli infissi chiusi, ottengono la loro massima efficienza e sono capaci di fornire all'abitazione aria pulita in tutti i momenti. Nella maggior parte delle abitazioni per cambiare l'aria siamo abituati ad aprire le finestre, invece con questa tipologia di impianto non sarà più necessario aprire le finestre per cambiar l'aria (con la conseguente elevata dispersione termica). Infatti per evitare la dispersione termica sarà installato un apposito scambiatore che recupera il calore dell'aria esausta e lo utilizza per riscaldare l'aria in entrata ovviamente più fredda. L'aria gira all'interno di canali di estrazione e viene propagata in ogni ambiente dell'abitazione. L'aria viene immessa all'interno delle zone giorno e camere da letto e viene estratta in corrispondenza della cucina e dei bagni. Ai vantaggi di questi

impianti, oltre il risparmio energetico che si testa in laboratorio intorno al 80%-90%, si aggiunge la possibilità di aver sempre aria fresca in ogni momento della giornata, aria pulita oltre che fresca grazie ai sistemi di filtraggio con una impercettibilità del ricambio dell'aria il cui livello sonoro ammesso è pari a 25 dB(A) oltre a sfavorire la formazione di muffe. In base ad alcune esperienze fatte, le perdite di calore, in caso di ventilazione regolata con un ricambio d'aria di circa 0,5/h, si aggirano attorno ai 3000 kWh/anno e scendono a circa 1800 kWh/anno quando il tasso di ricambio viene ridotto a soli 0,3/h. Fonte "La casa passiva- costruzione & struttura" .

### 3.0 CONFRONTO TRA CERTIFICAZIONE: CASACLIMA E LEED

Come già ampiamente evidenziato per dire che un sistema è passivo occorre che alla base ci sia un controllo del processo, sia quello costruttivo che quello della realizzazione, dove il vincolo è nei numeri che indicano le elevate prestazioni energetiche che gli edifici certificati passivi hanno rispetto a quelli tradizionali. Il prerequisito è la presenza di un involucro isolato ed ermetico.

In Italia lo standard PassivHaus si sta mano a mano affermando in particolare dove i fabbisogni termici e di raffreddamento sono maggiori. Lo Standard PassivHaus può ricoprire qualsiasi destinazione d'uso; il secondo hotel che è stato costruito con questi standard è situato in Italia a Torbole sul Garda,

l'Hotel Bonapace. Questa struttura ha ottenuto la certificazione dal Passiv-Haus Institut di Darmstadt, la pre-certificazione CasaClima-ClimaHotel Gold e la certificazione ARCA platinum; con la garanzia oltre ai risultati energetici di massime performance di isolamento acustico, di resistenza ai terremoti, al fuoco e nel ridotto impatto ambientale con prodotti a "chilometro zero". In Italia, a oggi, non siamo in grado di sapere l'esatto numero di PassivHaus: da uno studio del 2010 risulta ci siano molti edifici che, anche se non sono stati certificati, potrebbero rientrare in questa tipologia costruttiva.

### 3.1 Certificazione CasaClima

La sostenibilità ambientale è un aspetto molto importante e deve essere perseguito dall'intera collettività attraverso sistematiche politiche locali e nazionali. Esistono molteplici sistemi di certificazione: CasaClima, Itaca, Leed e Breeam. Il protocollo CasaClima è stato ideato e sviluppato da Norbert Lantschner per la Provincia Autonoma di Bolzano nel 2002, ed è a questo programma che, in Italia, bisogna riconoscere la diffusione della certificazione energetica. CasaClima è una delle prime certificazioni energetiche strutturate che coniuga le esigenze ambientali con quelle operative. Oggi questa certificazione è obbligatoria per le nuove costruzioni in Provincia di Bolzano, invece per gli immobili esistenti c'è casaccia R così come nel resto d'Italia. Per certi

aspetti si potrebbe anche dire che CasaClima si sia ampiamente ispirato al modello PassivHaus usando però una maggior flessibilità nel tempo e riconoscendo tre livelli qualitativi di casa. Entrambe le certificazioni mettono al centro della progettazione l'utilizzo di fonti passive, gli apporti solari e le fonti di calore interne, il tutto da preservare attraverso il potenziamento della coibentazione delle strutture e della tenuta d'aria.

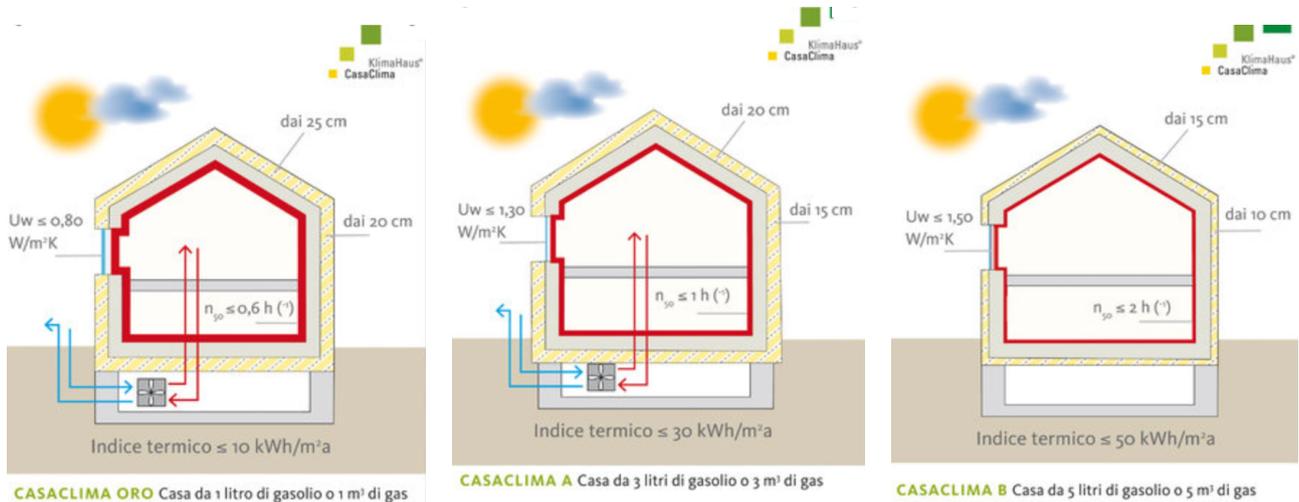
Una CasaClima non viene definita in base alla tipologia del fabbricato, ma in base alla categoria di risparmio energetico, secondo la scala di classificazione. Questa scala è valida per qualsiasi edificio a prescindere dal rapporto S/V.



La certificazione viene individuata nelle prime tre classi:

- CasaClima Oro, che richiede 10kWh/m<sup>2</sup>anno risultato che si può garantire in assenza di un sistema di riscaldamento attivo. Questa casa viene chiamata anche "casa da un litro", perché per ogni metro quadro necessita di un litro di gasolio o di un m<sup>3</sup> di gas l'anno;

- CasaClima A, che richiede 30kWh/m2anno detta casa a 3 litri;
- CasaClima B, che richiede 50kWh/m2anno detta casa a 5 litri;



Per gli edifici che oltre ad essere efficienti dal punto di vista energetico sono realizzati tenendo conto della sostenibilità esiste il certificato CasaClima Nature che considera:

- impatto ambientale in materiali utilizzati;
- impatto idrico, il requisito minimo richiesto è  $WKW \geq 35$  %;
- qualità dell'aria interna, deve essere cioè presente la ventilazione meccanica e/o utilizzo negli ambienti interni di materiali e prodotti che rispettano i limiti di emissione (VOC, formaldeide);
- illuminazione naturale, nell'ambiente principale dell'unità abitativa deve essere garantito un valore limite di fattore di luce diurna medio  $FLDm \geq 2$ %;

- comfort acustico;
- protezione dal gas radon.

Per ottenere tale certificazione l'edificio deve possedere questi prerequisiti :

- indice di efficienza dell'involucro  $\leq 50\text{kWh/m}^2\text{anno}$ ;
- indice di efficienza complessiva  $\leq 20\text{ kg CO}_2\text{ eq /m}^2\text{a}$ .

Questa certificazione può essere richiesta sia per edifici residenziali che non residenziali.

### 3.2 Certificazione Leed

Il sistema di certificazione volontaria degli edifici LEED - Leadership in Energy and Environmental Design - nasce in America e viene attualmente applicato in oltre 140 paesi. Gli standard LEED indicano i requisiti per costruire edifici caratterizzati da sostenibilità ambientale sia dal punto di vista energetico che dal punto di vista del consumo di tutte le risorse ambientali coinvolte nel processo di realizzazione. In Italia la certificazione LEED viene effettuata attraverso un'organizzazione terza e indipendente: la GBCI (Green Building Certification Institute) che coordina il lavoro degli organismi di certificazione che operano a livello mondiale con gli standard internazionali.

I protocolli di certificazione LEED si dividono in diverse versioni, a seconda della tipologia edilizia che si deve certificare:

- LEED 2009 Italia per Nuove costruzioni e Ristrutturazioni;
- LEED per Scuole;
- LEED Core & Shell;
- LEED per Commercial Interiors;
- LEED per Existing Buildings: Operations & Maintenance;
- LEED Per Neighborhood Development.

Il Sistema di certificazione LEED fonda la sua valutazione energetica sull'assegnazione di un punteggio, si struttura in 7 sezioni organizzate in "prerequisiti" e in crediti. Un credito può essere conseguito solo se in precedenza il progetto rispetta i "prerequisiti" di ogni sezione, che sono i seguenti:

- Sostenibilità del Sito ( 1 prerequisito, 8 crediti - max 26 punti): promuove uno sviluppo attento a ridurre l'impatto dell'edificio sull'ecosistema con il controllo del deflusso delle acque meteoriche per ridurre i processi di erosione;
- Gestione delle Acque ( 1 prerequisito, 3 crediti - max 10 punti): promuove un utilizzo razionale delle risorse idriche monitorando l'efficienza dei flussi

d'acqua e promuovendo la riduzione dei consumi idrici con riutilizzo delle acque meteoriche;

- Energia ed Atmosfera ( 3 prerequisito, 6 crediti - max 35 punti): viene promosso il miglioramento delle prestazioni energetiche degli edifici con l'impiego di energia proveniente da fonti rinnovabili o alternative;
- Materiali e Risorse ( 1 prerequisito, 7 crediti - max 14 punti) : promuove e incoraggia la scelta di materiali reperibili in zona e lo smaltimento dei rifiuti;
- Qualità ambientale Interna ( 2 prerequisiti, 8 crediti - max 15 punti) : promuove la qualità dell'ambiente interno facendo attenzione alla salubrità, alla sicurezza e al comfort, in consumo di energia, e al ricambio dell'aria;
- Innovazione nella Progettazione ( 2 crediti - max 6 punti) : ha come scopo di far distinguere gli edifici per le caratteristiche di innovazione per garantire un'alta efficienza e sostenibilità della struttura;
- Priorità Regionale ( 1 credito - max 4 punti) : ha come obiettivo quello di incentivare i gruppi di progettazione a focalizzare l'attenzione su caratteristiche ambientali.

Il punteggio ottenibile da un edificio viene calcolato come la somma dei punteggi parziali raggiunti in ciascuna delle sette categorie. Di seguito viene ri-

portata la tabella per il LEED 2009 Italia per le Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni.

<b>AREE</b>	<b>PUNTEGGIO MASSIMO</b>
<b>Sostenibilità del sito</b>	26
<b>Gestione delle Acque</b>	10
<b>Energia e Atmosfera</b>	35
<b>Materiali e Risorse</b>	14
<b>Qualità ambientale interna</b>	15
<b>Innovazione nelle Progettazione</b>	6
<b>Priorità Regionale</b>	8
<b>PUNTEGGIO MASSIMO CONSEGUIBILE</b>	<b>110</b>

La somma dei crediti determina il livello di certificazione ottenuto dall'edificio, il punteggio minimo per ottenere la certificazione deve essere 40. I livelli di certificazione sono 4:

- BASE: da 40 a 49 punti
- ARGENTO: da 50 a 59 punti
- ORO: da 60 a 79 punti
- PALATINO: da 80 punti ed oltre

**Base**  
(40-49 punti)



**Argento**  
(50-59 punti)



**Oro**  
(60-79 punti)



**Platino**  
(80 punti e oltre)



Il processo di certificazione si articola nelle seguenti fasi :

- REGISTRAZIONE DEI PROGETTI
- PREPARAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE
- PRESENTAZIONE DELLA DOCUMENTAZIONE
- REVISIONE DELLA DOCUMENTAZIONE
- CERTIFICAZIONE

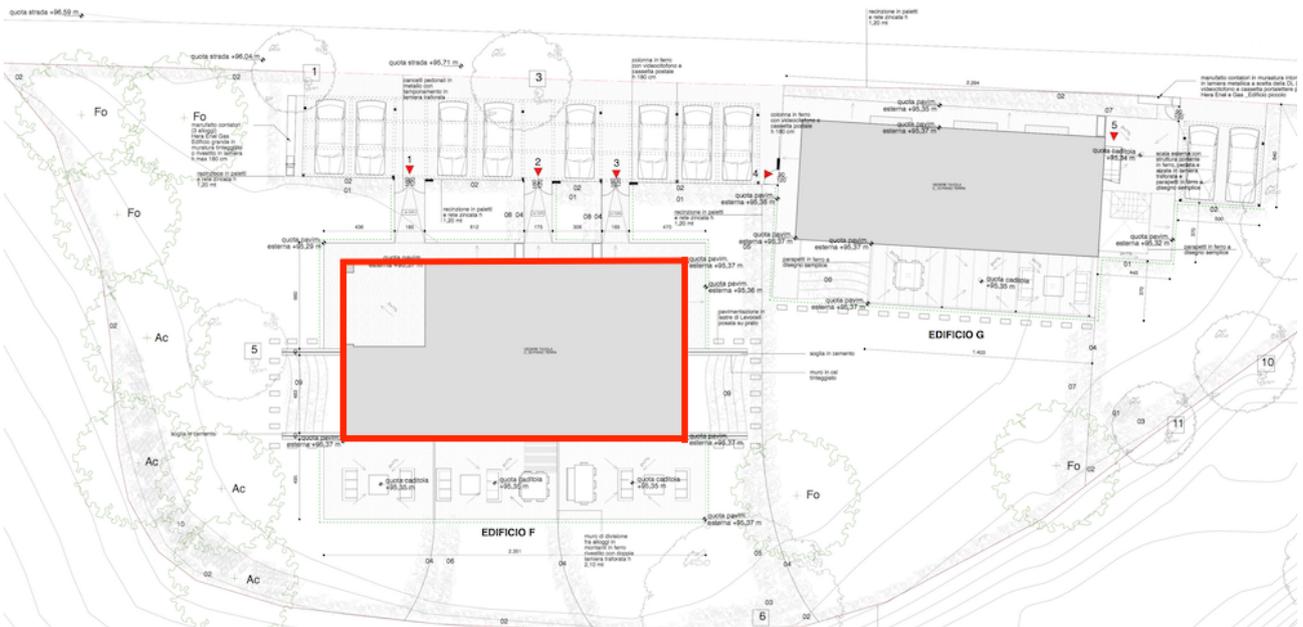


Una certificazione ambientale appare più completa di una sola certificazione energetica. Il LEED può includere una certificazione come CasaClima, infatti quest'ultima classifica gli edifici rispetto all'efficienza energetica dell'involucro con cui vengono definite poi le classi energetiche. La soluzione proposta da

LEED è un sistema, rigoroso, misurabile, internazionale, attraverso il quale è possibile promuovere la sostenibilità degli edifici; non solo considerando la classe energetica, ma anche l'impatto dell'edificio nei confronti dell'ambiente esterno che permette di valutare l'edificio nella sua globalità.

#### 4.0 ANALISI DELL'EDIFICIO PRESO COME ESEMPIO

Durante il periodo del tirocinio ho avuto l'occasione di seguire la costruzione di un lotto di edifici a Villanova di Castenaso, Bologna. Alcuni di questi edifici



sono stati solamente riqualificati, invece altri, sono stati demoliti e ricostruiti mantenendo la stessa tipologia di sagoma, e cambiando, però, il metodo costruttivo nell'ottica di una qualificazione energetica, in particolare quelli destinati ad uso abitativo. L'edificio scelto per questa analisi è denominato: CASA SUL LAGO.

Si valuterà, attraverso il programma Wufi Passive, apporti e perdite per trasmissione, ventilazione, irraggiamento e carichi interni. Attraverso il modello dell'edificio si farà l'analisi, tramite simulazione, igrotermica dinamica calcolando i risultati delle condizioni interne e di comfort e nello specifico il surriscaldamento estivo, il fabbisogno energetico, gli indici di CO2 e le condizioni degli elementi costruttivi. Il report dei risultati permetterà di verificare se l'edificio preso in analisi può essere considerato passivo.

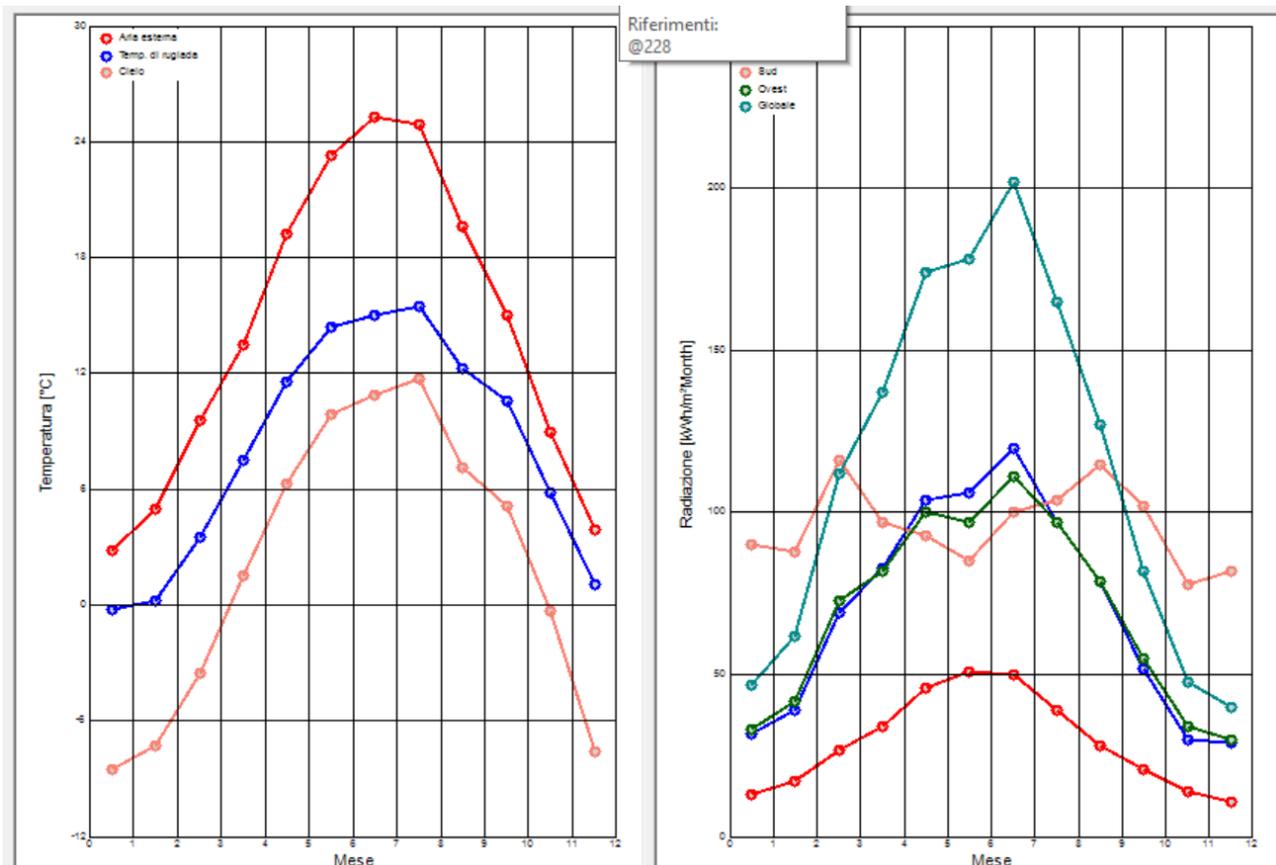
#### 4.1 Analisi dell'edificio

Dopo aver creato il 3D dell'edificio, attraverso SketchUP, specificando per ogni superficie la tipologia del materiale, opaca o trasparente, si è importato il file nel formato adatto per il programma WUFI.

#### 4.2 Luogo e clima dell'edificio

Il primo passaggio per fare l'analisi dell'edificio è decidere il posizionamento dello stesso. Una volta trovata la localizzazione geografica, alla quale corrispondono determinati valori climatici, si troveranno i rispettivi dati della tem-

peratura e dell'irraggiamento solare divisi per mensilità; in seguito bisogna selezionare il Fattore di energia primaria/CO2, nel nostro caso Italia standard.



### 4.3 TIPOLOGIA EDILIZIA

In questa fase di verifica bisogna inserire le impostazioni generali dell'edificio che si è deciso di studiare. Nel nostro progetto abbiamo una tipologia di edifi-

cio residenziale, di nuova costruzione e in fase di progetto. Una parte fondamentale è l'accoppiamento tra l'edificio e il terreno; nel nostro caso la fondazione combacia con il pavimento che poggia direttamente sul terreno.

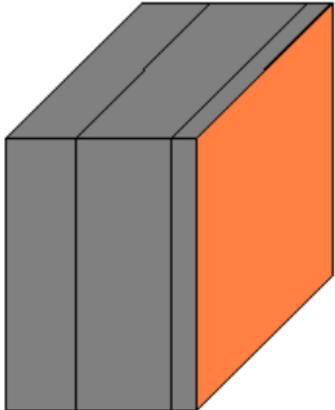
#### 4.4 ELEMENTI VISUALIZZATI

Dopo aver definito la tipologia di edificio, riportiamo le caratteristiche dei materiali indicate nel capitolato per la costruzione dell'edificio; suddivisi per tipo e per zona esterna. Il primo elemento visualizzato sono gli infissi: andando a cercare nel database del programma la tipologia di serramento indicata dal capitolato, avremmo i parametri delle principali caratteristiche della finestra e la sua schermatura solare.

Il secondo elemento studiato è il basamento dell'edificio. In questo caso bisogna modificare una tipologia preesistente nel database per ottenere quella indicata nel capitolato, in modo da poter calcolare la resistenza termica che risulta essere  $0,451 \text{ m}^2\text{K/W}$  e la trasmittanza  $U 1,61 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Strati omogenei  
 Resistenza termica: 0,451 m<sup>2</sup>K/W (without R<sub>si</sub>, R<sub>se</sub>)  
 Trasmittanza( Trasmittanza U): 1,61 W/m<sup>2</sup>K

Spessore: 0,693 m

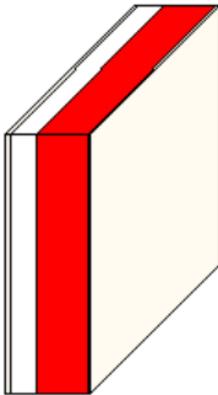


Nr.	Materiale/Strato (dall'esterno all'interno)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Spessore [m]	Colore
1	Calcestruzzo W/Z=0.5	2300	850	1,6	0,25	Grey
2	Guaina PVC	1000	1500	0,16	0,001	Blue
3	Massetto di cemento alleggerito per impianti	1990	850	1,6	0,35	Grey
4	Massetto di cemento, strato intermedio	1970	850	1,6	0,09	Grey
5	Pavimento in laminato	800	1600	0,15	0,002	Orange

Il terzo elemento studiato sono i muri esterni. Anche in questo caso bisogna modificare una tipologia preesistente nel database per ottenere quella indicata nel capitolato, composta da muratura portante e stato di isolamento esterno in EPS, in modo tale da poter calcolare la resistenza termica che risulta essere 2,902 m<sup>2</sup>K/W e la trasmittanza U 0,33 W/m<sup>2</sup>K.

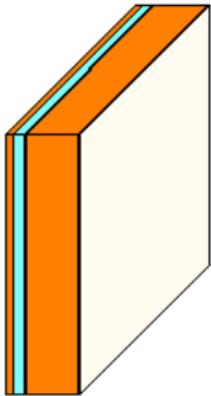
Strati omogenei  
 Resistenza termica: 2,902 m<sup>2</sup>K/W (without R<sub>si</sub>, R<sub>se</sub>)  
 Trasmittanza( Trasmittanza U): 0,33 W/m<sup>2</sup>K

Spessore: 0,325 m



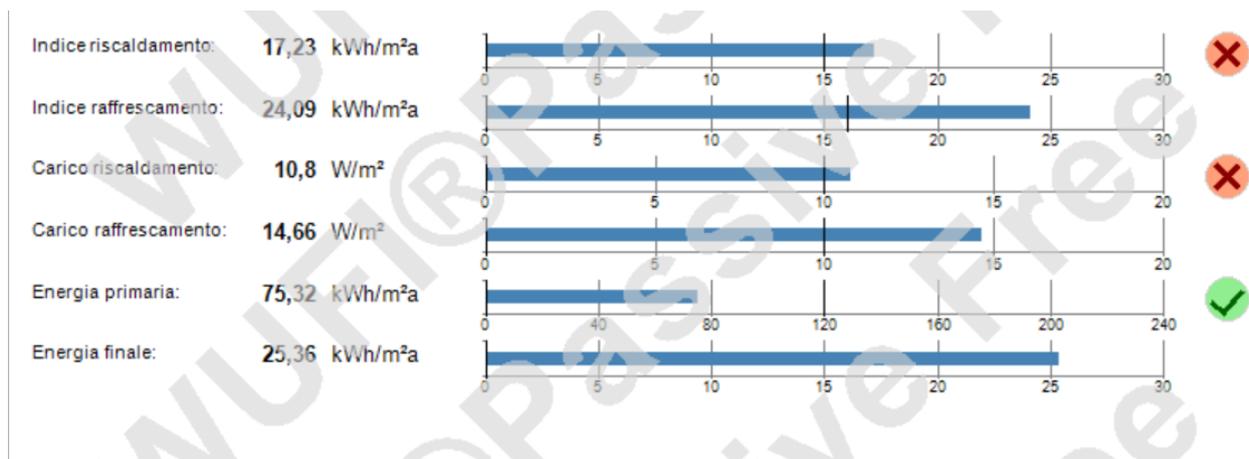
Nr.	Materiale/Strato (dall'esterno all'interno)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Spessore [m]	Colore
1	Intonaco di calce-cemento (valore w: 2.0 kg/m <sup>2</sup> h0.5)	1900	850	0,8	0,015	Yellow
2	EPS	20	1500	0,04	0,1	White
3	Muro in mattoni pieni cotti	1900	850	0,6	0,2	Red
4	Intonaco interno (gesso)	850	850	0,2	0,01	Yellow

Il quarto elemento analizzato è il tetto dell'edificio. In questa tipologia di edificio è stato predisposto un tetto inclinato, ventilato.

<p>Strati omogenei</p> <p>Resistenza termica: 2,786 m<sup>2</sup>K/W (without Rsi, Rse)</p> <p>Trasmittanza( Trasmittanza U): 0,34 W/m<sup>2</sup>K</p> <p>Spessore: 0,283 m</p>						
						
Nr.	Materiale/Strato (dall'esterno all'interno)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Spessore [m]	Colore
1	Legno tenero(μ-variabile)	400	1500	0,09	0,025	Orange
2	Guiana per tetti V13	2400	1000	0,5	0,001	Blue
3	Strato d'aria 40 mm	1,3	1000	0,523	0,04	Cyan
4	Barriera alvapore (sd=1500m)	130	2300	2,3	0,001	Blue
5	Pannello fibra di legno 1	168	1700	0,0381	0,006	Olive Green
6	Legno tenero(μ-variabile)	400	1500	0,09	0,2	Orange
7	Intonaco interno (gesso)	850	850	0,2	0,01	Yellow

#### 4.5 Risultati

I risultati della simulazione, ottenuti attraverso l'utilizzo del programma per la verifica degli standard passivi, non sono sufficienti per considerare l'edificio passivo.



Per ottenere un esito positivo è necessario migliorare le caratteristiche dell'edificio; facendo particolare attenzione alle tipologie di materiali utilizzati per gli elementi opachi e trasparenti, e cercando di ottimizzare al massimo le caratteristiche di questi materiali e degli isolanti. In questa fase non sono stati verificati i ponti termici dell'edificio, quindi le prestazioni dell'edificio sono state conteggiate senza tenere conto di essi.

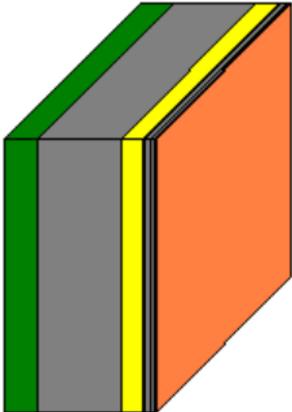
#### 4.6 Stato di progetto dell'edificio

Lavorando sui principali elementi che compongono l'edificio, si è cercato di migliorare l'involucro dello stesso per ottenere i risultati standard di un edificio passivo. In particolare sono state effettuate queste modifiche:

- Mantenendo la stessa tipologia di infisso ma modificando la schermatura solare dello stesso, si sono ottenuti notevoli vantaggi. In particolare si è utilizzato un sistema di ombreggiatura temporaneo collegato alla domotica, si sono inserite alcune sporgenze all'estradosso delle finestre di circa 20 cm in modo da non far entrare la radiazione solare nel periodo estivo. In questo modo cala l'indice di raffrescamento e il carico di raffrescamento ma, ottenendo la giusta proporzione, rimane invariato l'indice di riscaldamento e il carico di riscaldamento.
- Il secondo elemento considerato, dopo gli infissi, è il basamento dell'edificio. Dato che questo poggia direttamente sul terreno, utilizzando la stessa tipologia costruttiva ma cambiando e modificando la tipologia di isolamento, favorisce una considerevole resistenza termica. Questa è aumentata di 2,593 m<sup>2</sup>K/W e la trasmittanza diminuita di U 1,3 W/m<sup>2</sup>K.
- Il terzo punto da analizzare sono le pareti esterne. Utilizzando il Roofmate SL-AP come isolamento esterno e mantenendo la muratura portante come tipologia di costruzione, si ottengono ottimi risultati per quanto riguarda la re-

Strati omogenei  
 Resistenza termica: 3,044 m<sup>2</sup>K/W (without R<sub>si</sub>, R<sub>se</sub>)  
 Trasmittanza( Trasmittanza U): 0,31 W/m<sup>2</sup>K

Spessore: 0,549 m

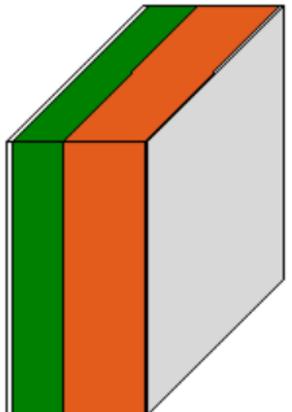


Nr.	Materiale/Strato (dall'esterno all'interno)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Spessore [m]	Colore
1	FLOORMATE™ 700-AP	2300	850	0,047	0,12	Green
2	FOGLIO IN PE			0,35	0,001	Blue
3	Calcestruzzo W/Z=0.5			1,6	0,3	Grey
4	FLOORMATE™ 300-AP	60	850	0,35	0,08	Yellow
5	Guaina Imp.	130	2300	2,3	0,001	Blue
6	Massetto di cemento, strato inferiore	1990	850	1,6	0,01	Grey
7	Massetto di cemento, strato intermedio	1970	850	1,6	0,02	Grey
8	Massetto di cemento, strato superiore	1890	850	1,6	0,01	Grey
9	Pavimento in laminato	800	1600	0,15	0,007	Orange

sistenza termica e la trasmittanza. In particolare la resistenza termica è aumentata di 4,455 m<sup>2</sup>K/W e la trasmittanza diminuita di U 0,2 W/m<sup>2</sup>K.

Strati omogenei  
 Resistenza termica: 7,357 m<sup>2</sup>K/W (without R<sub>si</sub>, R<sub>se</sub>)  
 Trasmittanza( Trasmittanza U): 0,13 W/m<sup>2</sup>K

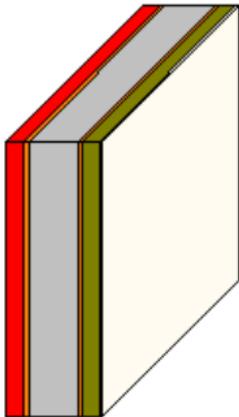
Spessore: 0,51 m



Nr.	Materiale/Strato (dall'esterno all'interno)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Spessore [m]	Colore
1	Intonaco Esterno	180	1500	0,16	0,02	
2	ROOFMATE™ SL-AP	146,7	767	0,036	0,18	Green
3	Laterizio 800 kg/m <sup>3</sup>	765	850	0,158	0,3	Orange
4	Intonaco interno	338	850	0,03	0,01	Grey

- Il quarto elemento studiato per aumentare la coibentazione dell'edificio è il tetto. Abbiamo mantenuto la stessa tipologia di tetto ma ne abbiamo utilizzato un'altra tipologia di isolante in cellulosa il KlimatecFlock con ottime caratteristiche di resistenza termica e di trasmittanza: la resistenza termica è aumentata di 4,93 m<sup>2</sup>K/W e la trasmittanza diminuita di U 0,21 W/m<sup>2</sup>K.

Strati omogenei  
 Resistenza termica: 7,722 m<sup>2</sup>K/W (without R<sub>si</sub>, R<sub>se</sub>)  
 Trasmittanza( Trasmittanza U): 0,13 W/m<sup>2</sup>K  
 Spessore: 0,349 m



Nr.	Materiale/Strato (dall'esterno all'interno)	ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Spessore [m]	Colore
1	Manto in coppi	400	1500	0,1	0,06	Red
2	Guaina Imp.			0,35	0,001	Blue
3	Legno tenero(μ-variabile)			0,09	0,019	Orange
4	KlimatecFlock Zellulosefaser	50	2000	0,034	0,18	Grey
5	Pannello OSB (densità 630 kg/m <sup>3</sup> )	630	1500	0,13	0,016	Orange
6	Pannello fibra di legno (WLG 040)	155	2000	0,042	0,06	Olive Green
7	Pannello di cartongesso	850	850	0,2	0,013	Yellow

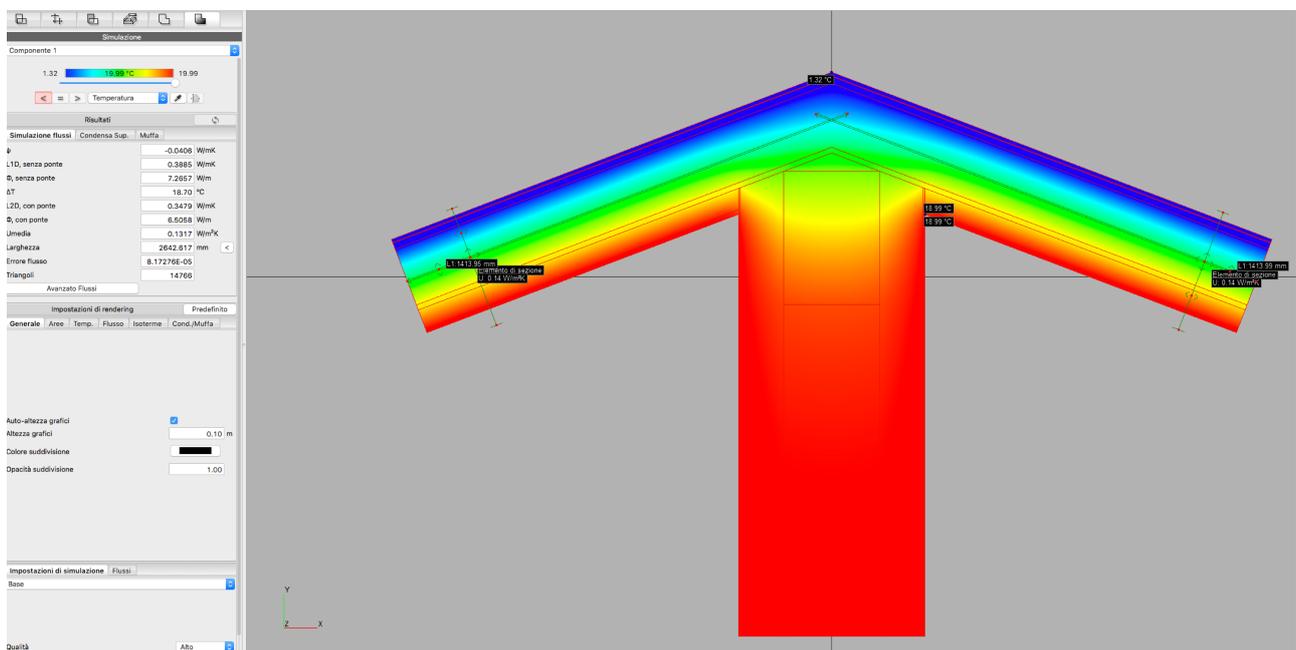
- Sono stati inseriti nel pacchetto impiantistico dell'edificio un sistema di ventilazione con pompa di calore e un sistema di pannelli solari per la produzione dell'acqua calda sanitaria, così da poter utilizzare al massimo gli apporti solari.

#### 4.7 Analisi dei ponti termici

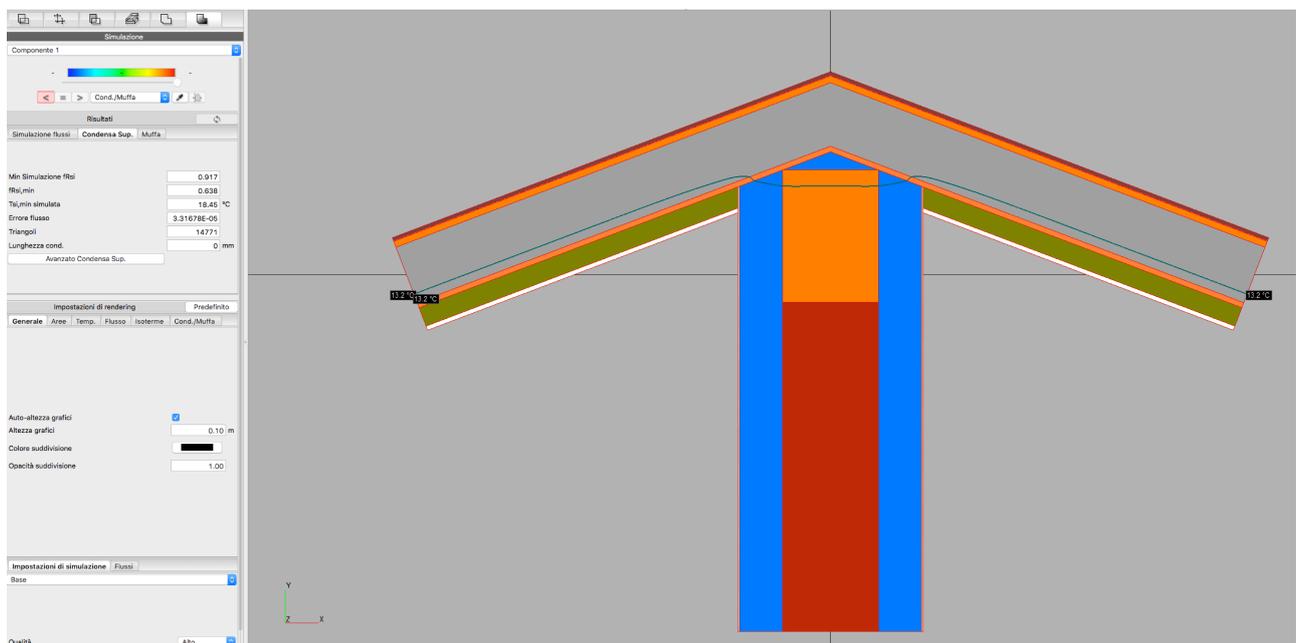
In seguito all'aggiornamento delle norme UNI TS 11300 del 2 ottobre 2014, è cambiato il modo in cui devono essere calcolati i ponti termici. Il calcolo dei ponti termici è stato eseguito con Mold Simulator, con cui è stato possibile calcolare trasmittanza lineare  $\Psi$ , la valutazione del rischio muffa sulle superfici e la condensa superficiale. Importando nel simulatore i dettagli costruttivi realizzati al cad dei vari ponti termici troveremo i dati da inserire poi nel Wufi per completare il progetto. Il primo passo è inserire nel simulatore i dati relativi alla zona geografica del luogo dove è situato l'edificio, nella seconda fase bisogna definire i materiali utilizzati nel dettaglio con i relativi valori e i con-

torni dell'edificio, interni e esterni o il contatto con il terreno. Seguendo le normative occorre specificare dove deve essere effettuato il calcolo e si avvia la simulazione che avrà i seguenti reportage con i valori richiesti.

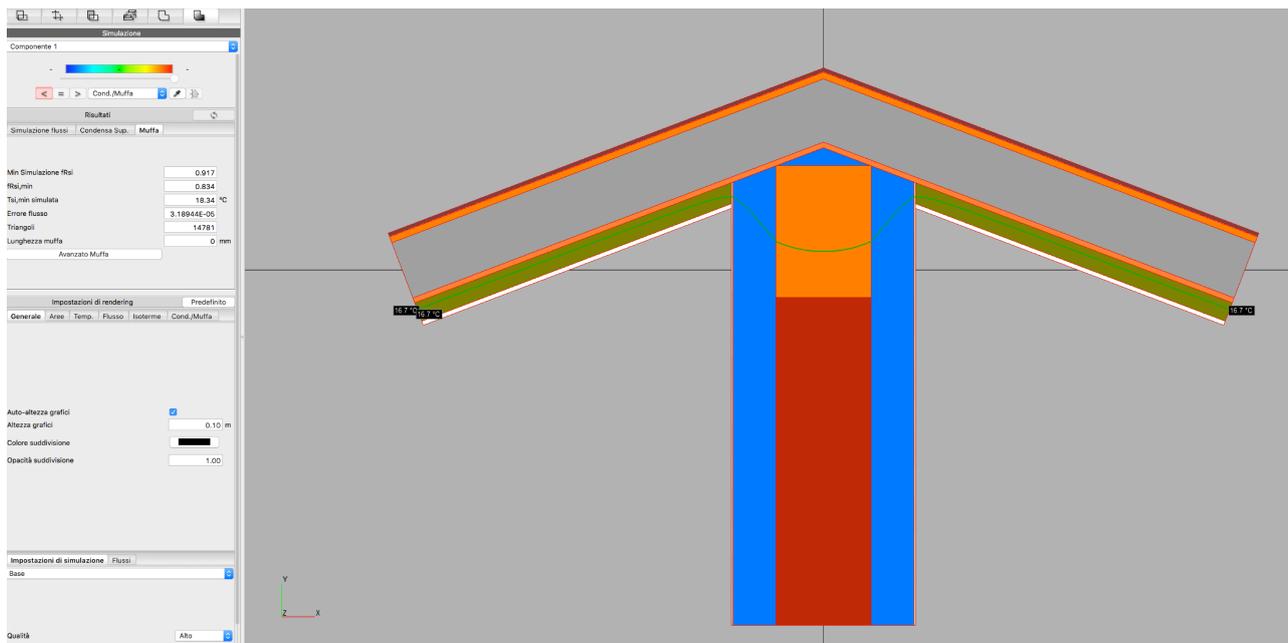
Esempio di simulazione:



Simulazione Flussi



## Simulazione Condensa Superficiale



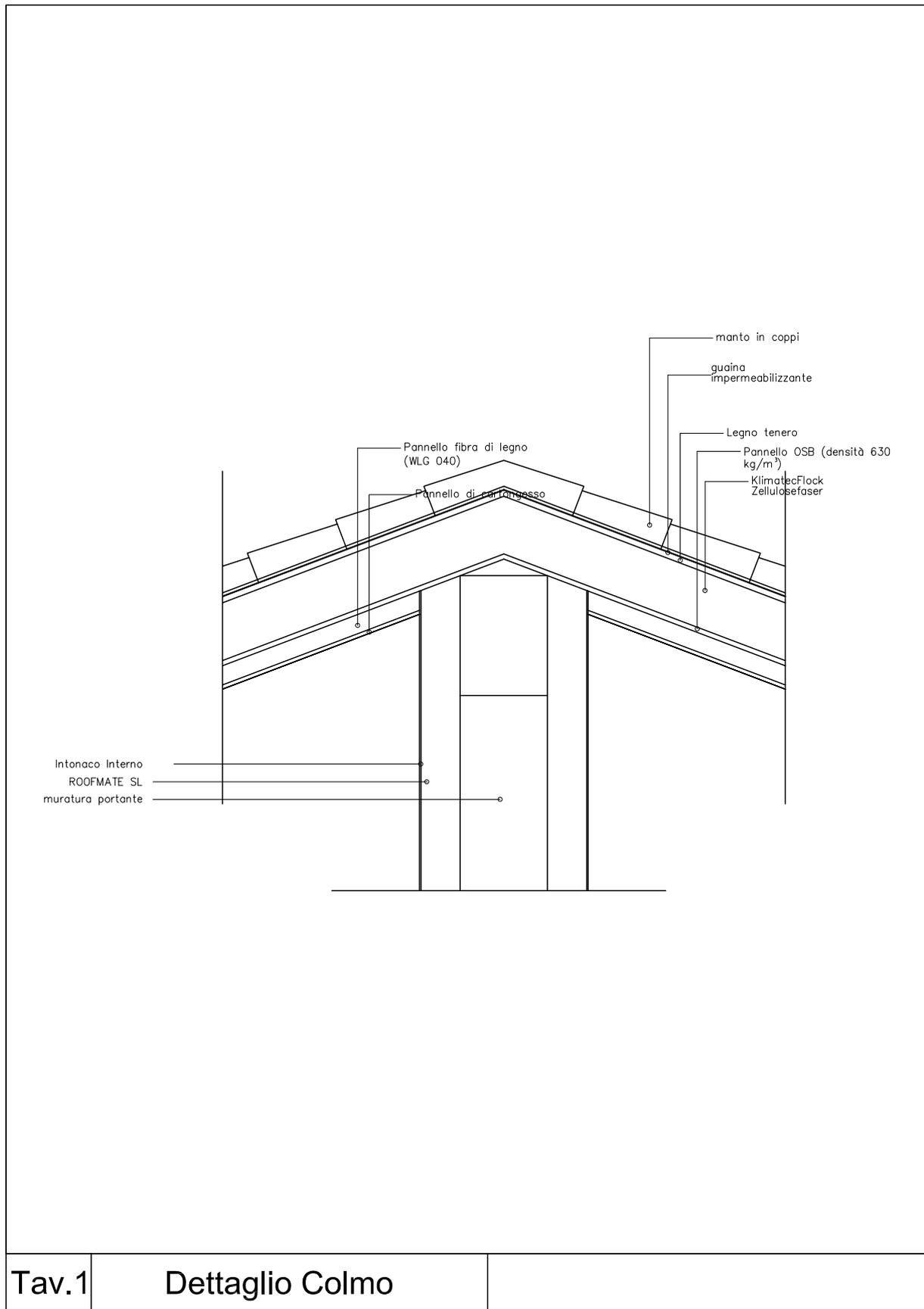
## Simulazione Muffa

Eseguendo la medesima simulazione per tutti i dettagli, sono stati riscontrati i seguenti dati:

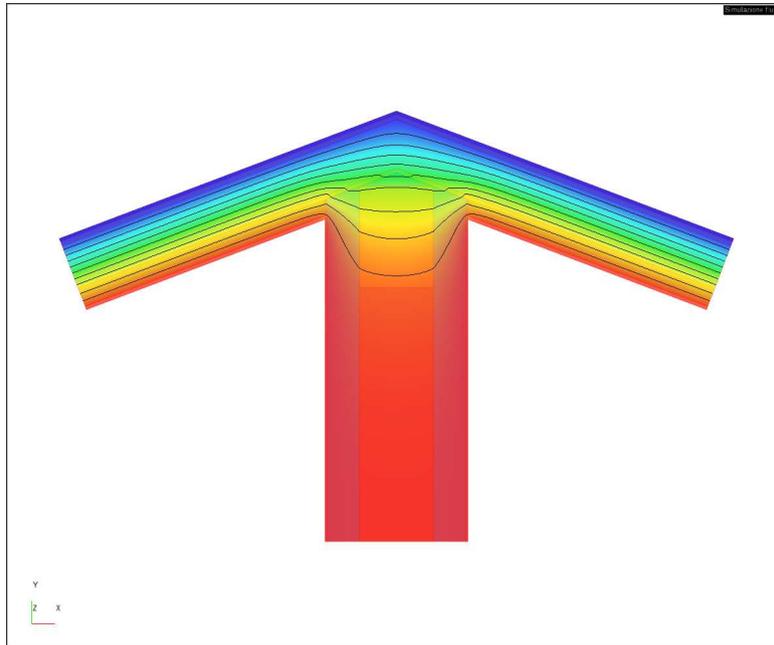
Particolare Costruttivo	Flusso $\psi$	Simulazione Condensa fRsi,min	Simulazione Muffa fRsi,min
<b>Solaio - Perimetro</b>	-0.0406 W/mK	0,638	0,834
<b>Solaio - Muro Interno</b>	-0.0823 W/mK	0,638	0,834
<b>Fondazioni - Perimetro</b>	-1.2460 W/mK	0,638	0,834
<b>Fondazioni - Interno</b>	-0.0007 W/mK	0,638	0,834

<b>Particolare Costruttivo</b>	<b>Flusso <math>\psi</math></b>	<b>Simulazione Condensa fRsi,min</b>	<b>Simulazione Muffa fRsi,min</b>
<b>Esterno - Solaio P.1</b>	0.0188 W/mK	0,638	0,834
<b>Angolo Edificio</b>	-0.0905 W/mK	0,638	0,834
<b>Sezione - Finestra</b>	0.2075 W/mK	0,638	0,834
<b>Spalla Finestra</b>	0.2158 W/mK	0,638	0,834
<b>Sezione - Porta</b>	-2.2120 W/mK	0,661	0,834
<b>Spalla Porta</b>	0.2158 W/mK	0,638	0,834

## 4.8 DETTAGLI COSTRUTTIVI

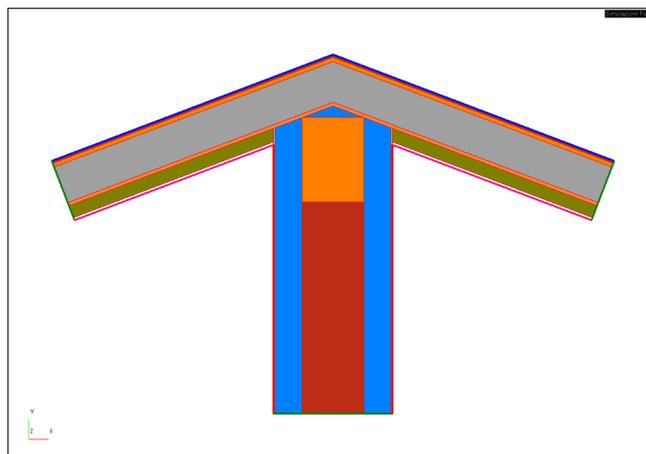


Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 01



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	
3	Soffitto Interno	Pink	0	20.000	-	Costante	0.1000	



Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

Accoppiamenti mensili - Soffitto Interno / Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

Materiali utilizzati:

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
Guaina	Standard	-		0.5000	0.5000	0.5000	0.930	100000.000	
Coppi	Standard	-		0.8064	0.8064	0.8064	0.930	10.700	
Legno tenero	Standard	-		0.0900	0.0900	0.0900	0.930	625.000	
Klimatec Flock	Standard	-		0.0340	0.0340	0.0340	0.930	1.500	
OSB	Standard	-		0.1300	0.1300	0.1300	0.930	50.000	
Fibra di legno VLG 040	Standard	-		0.0420	0.0420	0.0420	0.930	74.200	
Cartongesso	Standard	-		0.2000	0.2000	0.2000	0.930	10.700	
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : -0.0406 W/mK  
 L2D, con ponte: 0.3479 W/mK  
 L2D, senza ponte: 0.3885 W/mK  
 Delta T: 18.70 °C  
 Flusso, con ponte: 6.5058 W/m  
 Flusso, senza ponte: 7.2657 W/m

**Simulazione condensazione**

fRsi,min: 0.638  
 Min Simulazione fRsi: 0.917  
 Tsi,min simulata: 18.45 °C  
 Lunghezza condensazione: 0 mm

**Simulazione muffa**

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.917  
 Tsi,min simulata: 18.34 °C  
 Lunghezza muffa: 0 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno - Soffitto Interno [W/mK]	Esterno [W/mK]
Muro Interno - Soffitto Interno	0.0000	0.3479
Esterno	0.3479	0.0000

**Flussi**

	Muro Interno - Soffitto Interno [W/m]	Esterno [W/m]
Muro Interno - Soffitto Interno	0.0000	6.5058
Esterno	6.5058	0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	2540.96	18.989	19.994	19.947	1.0469
Esterno	2827.94	1.324	1.403	1.392	-6.5053
Adiabatico	1160.00	1.403	19.994	15.116	0.0000
Soffitto Interno	2000.03	18.989	19.743	19.727	5.4594

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno - Soffitto Interno	4540.98	18.99	19.99	19.85	6.5063
Esterno	2827.94	1.32	1.40	1.39	-6.5053

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	2540.96	18.450	19.988	19.895	1.0672	0
Esterno	2827.94	1.324	1.401	1.390	-6.3696	0
Adiabatico	1160.00	1.401	19.988	15.011	0.0000	0
Soffitto Interno	2000.03	18.450	19.371	19.337	5.3029	0

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno - Soffitto Interno	4540.98	18.45	19.99	19.65	6.3701	0
Esterno	2827.94	1.32	1.40	1.39	-6.3696	0

Elemento di sezione:  
 Lunghezza: 1.4140 m  
 UxL: 0.1943 W/mK  
 U: 0.1374 W/m²K

R: 7.2783 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Esterno

Contorno finale: Soffitto Interno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
Coppi (0.806)	0.0100	0.0124	0.1074
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Legno tenero (0.090)	0.0190	0.2111	11.8750
Klimatec Flock (0.034)	0.1800	5.2941	0.2700
OSB (0.130)	0.0160	0.1231	0.8000
Fibra di legno VLG 040 (0.042)	0.0600	1.4286	4.4520
Cartongesso (0.200)	0.0130	0.0650	0.1391
Soffitto Interno	0.0000	0.1000	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.4140 m

UxL: 0.1943 W/mK

U: 0.1374 W/m<sup>2</sup>K

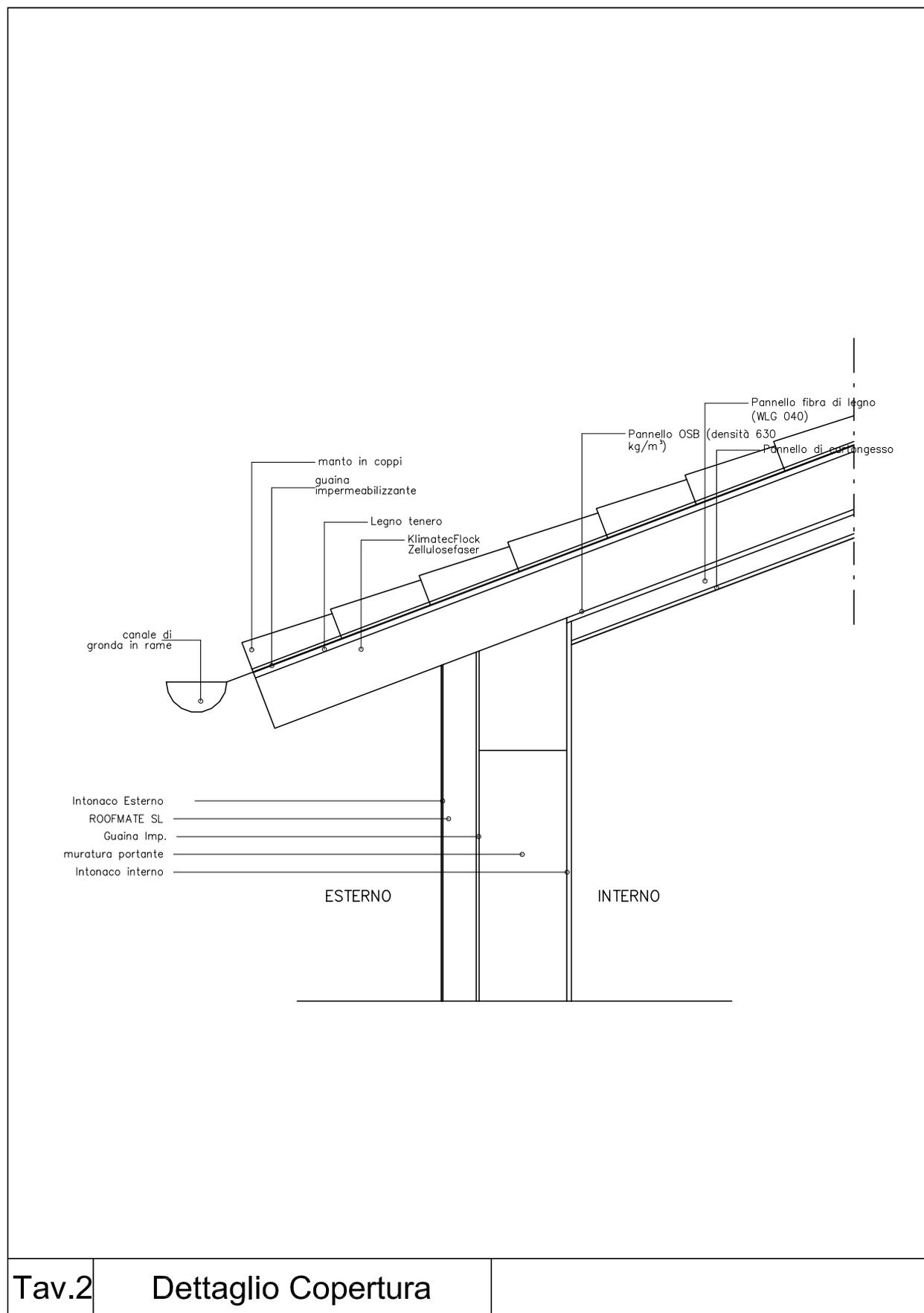
R: 7.2783 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Soffitto Interno

Contorno finale: Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Soffitto Interno	0.0000	0.1000	0.0000
Cartongesso (0.200)	0.0130	0.0650	0.1391
Fibra di legno VLG 040 (0.042)	0.0600	1.4286	4.4520
OSB (0.130)	0.0160	0.1231	0.8000
Klimatec Flock (0.034)	0.1800	5.2941	0.2700
Legno tenero (0.090)	0.0190	0.2111	11.8750
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Coppi (0.806)	0.0100	0.0124	0.1073
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000



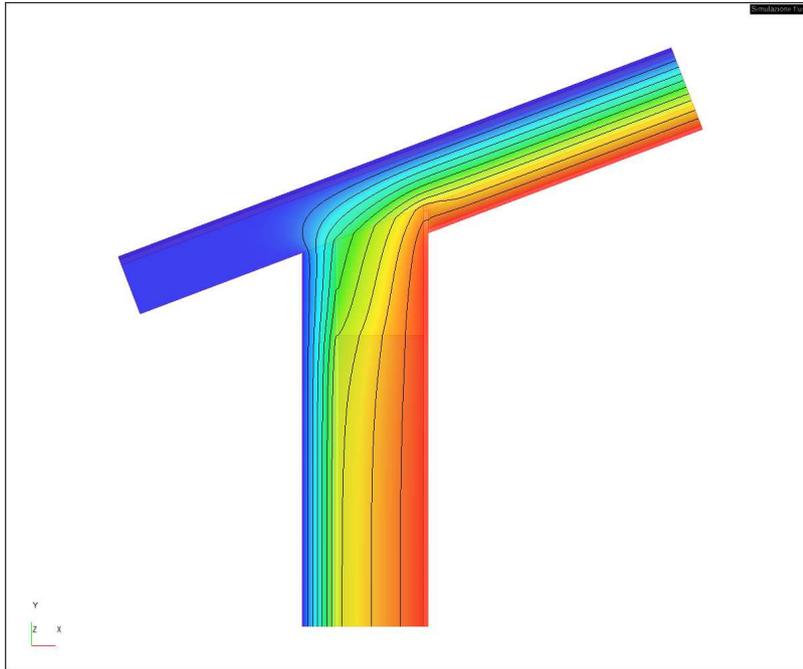
Tav.2

Dettaglio Copertura

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 02

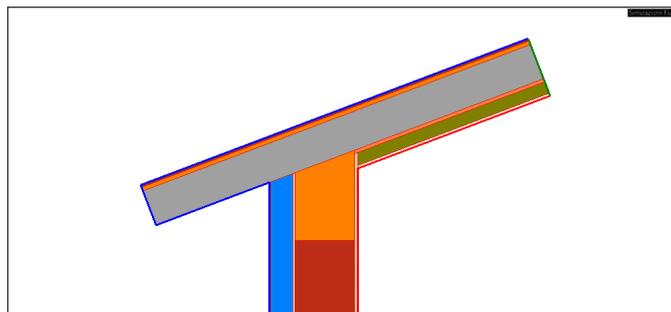


Mold  
 Simulator



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	
3	Soffitto Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1000	



Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

Accoppiamenti mensili - Soffitto Interno / Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

Materiali utilizzati:

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
Guaina	Standard	-		0.5000	0.5000	0.5000	0.930	100000.000	
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Legno tenero	Standard	-		0.0900	0.0900	0.0900	0.930	625.000	
Cartongesso	Standard	-		0.2000	0.2000	0.2000	0.930	10.700	
Fibra di legno VLG 040	Standard	-		0.0420	0.0420	0.0420	0.930	74.200	
OSB	Standard	-		0.1300	0.1300	0.1300	0.930	50.000	
Klimatec Flock	Standard	-		0.0340	0.0340	0.0340	0.930	1.500	
Coppi	Standard	-		0.8064	0.8064	0.8064	0.930	10.700	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : -0.0823 W/mK  
 L2D, con ponte: 0.4427 W/mK  
 L2D, senza ponte: 0.5250 W/mK  
 Delta T: 18.70 °C  
 Flusso, con ponte: 8.2780 W/m  
 Flusso, senza ponte: 9.8167 W/m

#### Simulazione condensazione

fRsi,min: 0.638  
 Min Simulazione fRsi: 0.906  
 Tsi,min simulata: 18.23 °C  
 Lunghezza condensazione: 0 mm

#### Simulazione muffa

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.906  
 Tsi,min simulata: 18.11 °C  
 Lunghezza muffa: 0 mm

#### L - coefficienti di accoppiamento termico

	Muro Interno - Soffitto Interno [W/mK]	Esterno [W/mK]
Muro Interno - Soffitto Interno	0.0000	0.4427
Esterno	0.4427	0.0000

#### Flussi

	Muro Interno - Soffitto Interno [W/m]	Esterno [W/m]
Muro Interno - Soffitto Interno	0.0000	8.2781
Esterno	8.2781	0.0000

#### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	1351.56	18.876	19.627	19.462	5.5988
Esterno	4099.69	1.300	1.512	1.381	-8.2784
Adiabatico	730.24	1.403	19.743	12.784	-0.0000
Soffitto Interno	1000.00	18.876	19.761	19.731	2.6789

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno - Soffitto Interno	2351.56	18.88	19.76	19.58	8.2777
Esterno	4099.69	1.30	1.51	1.38	-8.2784

#### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	1351.56	18.234	19.244	18.991	5.4573	0
Esterno	4099.69	1.300	1.506	1.379	-8.0707	0
Adiabatico	730.24	1.401	19.371	12.510	-0.0000	0
Soffitto Interno	1000.00	18.234	19.387	19.345	2.6160	0

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno - Soffitto Interno	2351.56	18.23	19.39	19.14	8.0733	0
Esterno	4099.69	1.30	1.51	1.38	-8.0707	0

Elemento di sezione:  
 Lunghezza: 1.4262 m  
 UxL: 0.1959 W/mK  
 U: 0.1374 W/m²K

R: 7.2785 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Esterno

Contorno finale: Soffitto Interno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
Coppi (0.806)	0.0102	0.0127	0.1093
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Legno tenero (0.090)	0.0190	0.2111	11.8750
Klimattec Flock (0.034)	0.1800	5.2941	0.2700
OSB (0.130)	0.0160	0.1231	0.8000
Fibra di legno VLG 040 (0.042)	0.0600	1.4286	4.4520
Cartongesso (0.200)	0.0130	0.0650	0.1391
Soffitto Interno	0.0000	0.1000	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.5088 m

UxL: 0.3290 W/mK

U: 0.2181 W/m<sup>2</sup>K

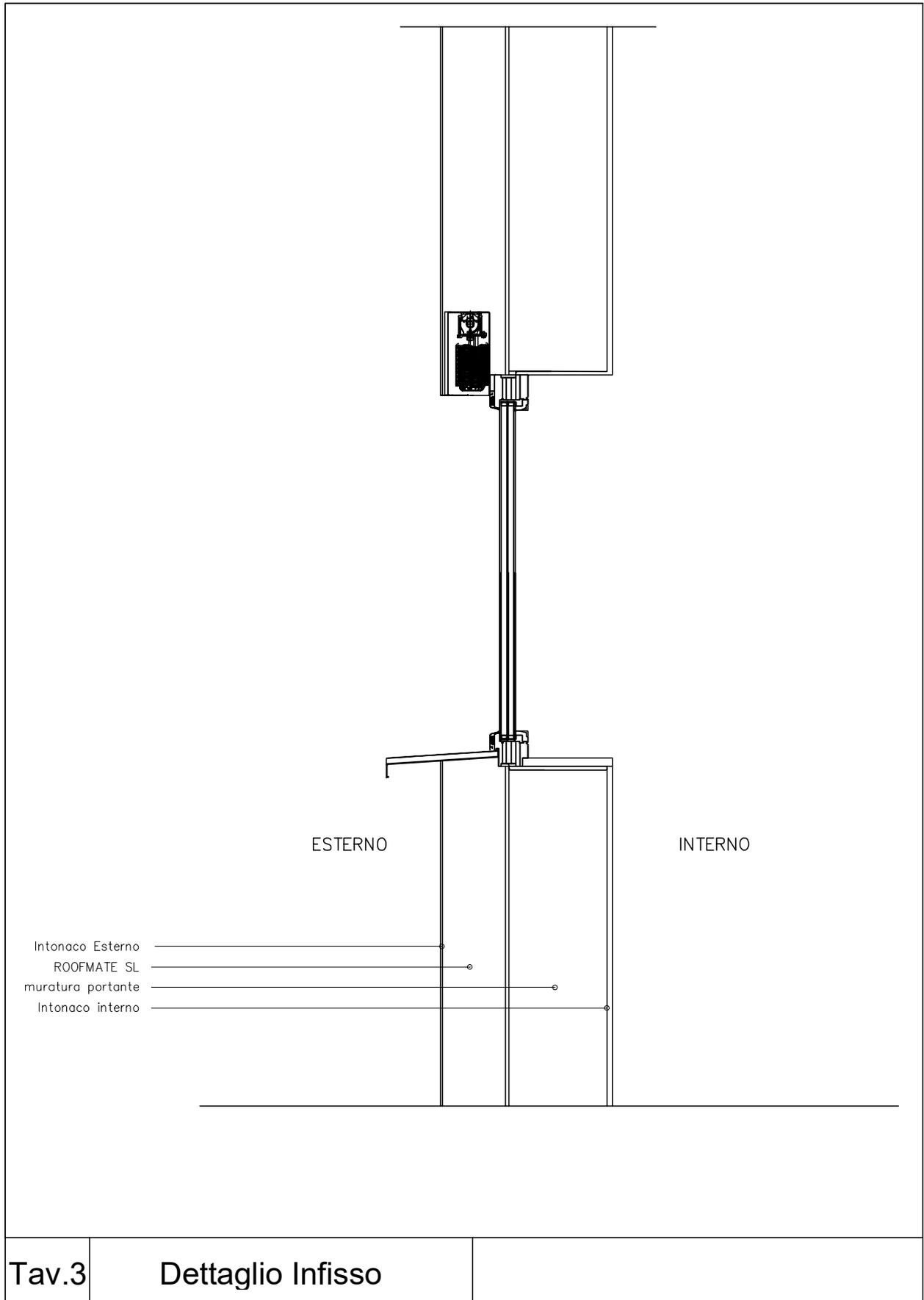
R: 4.5859 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Esterno

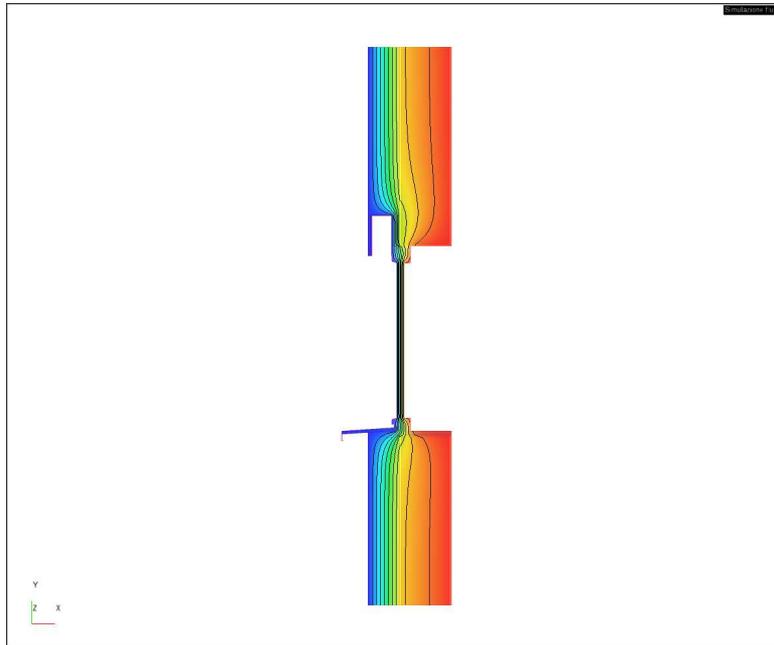
Contorno finale: Muro Interno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1100	3.0556	16.5000
Guaina (0.500)	0.0100	0.0200	999.9902
Muro portante (0.220)	0.2900	1.3182	2.0300
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000

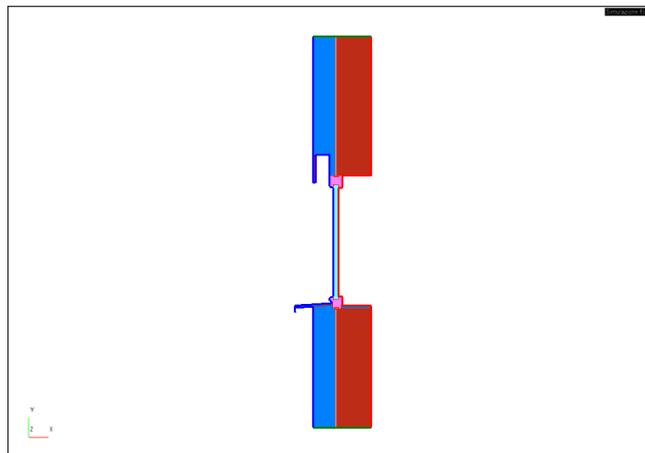


Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 07



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Muro Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	



Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Muro Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

#### Materiali utilizzati:

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
Bancale	Standard	-		0.2800	0.2800	0.2800	0.930	0.000	
Legno tenero	Standard	-		0.0900	0.0900	0.0900	0.930	625.000	
Telaio finestra	Standard	-		0.1600	0.1600	0.1600	0.930	0.000	
Vetro finestra	Standard	-		0.0396	0.0396	0.0396	0.930	100000.000	
Lamiera	Standard	-		220.0000	220.0000	220.0000	0.930	0.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Malta	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.930	38.600	

#### RISULTATI

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : 0.2075 W/mK  
L2D, con ponte: 1.4082 W/mK  
L2D, senza ponte: 1.2007 W/mK  
Delta T: 18.70 °C  
Flusso, con ponte: 26.3340 W/m  
Flusso, senza ponte: 22.4531 W/m

#### Simulazione condensazione

fRsi,min: 0.638  
Min Simulazione fRsi: 0.769  
Tsi,min simulata: 15.67 °C  
Lunghezza condensazione: 0 mm

#### Simulazione muffa

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.769  
 Tsi,min simulata: 15.37 °C  
 Lunghezza muffa: 1126 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno [W/mK]	Muro Esterno [W/mK]
Muro Interno	0.0000	1.4080
Muro Esterno	1.4080	0.0000

**Flussi**

	Muro Interno [W/m]	Muro Esterno [W/m]
Muro Interno	0.0000	26.3301
Muro Esterno	26.3301	0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	3865.58	16.830	19.926	19.114	26.3325
Muro Esterno	4520.99	1.304	2.200	1.533	-26.3356
Adiabatico	979.99	1.415	19.622	14.238	0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	3865.58	15.674	19.756	18.410	24.5664	0
Muro Esterno	4520.99	1.304	2.127	1.518	-24.5724	0
Adiabatico	979.99	1.413	19.285	13.994	0.0000	0

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.1000 m

UxL: 0.8586 W/mK

U: 0.7805 W/m²K

R: 1.2812 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Muro Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
Vetro finestra (0.040)	0.0440	1.1112	4400.3348
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.1806 m

UxL: 0.1823 W/mK

U: 0.1544 W/m²K

R: 6.4760 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Muro Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro portante (0.220)	0.2800	1.2727	1.9600
Malta (0.900)	0.0100	0.0111	0.3860

Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1800	5.0000	27.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.0350 m

UxL: 0.1598 W/mK

U: 0.1544 W/m<sup>2</sup>K

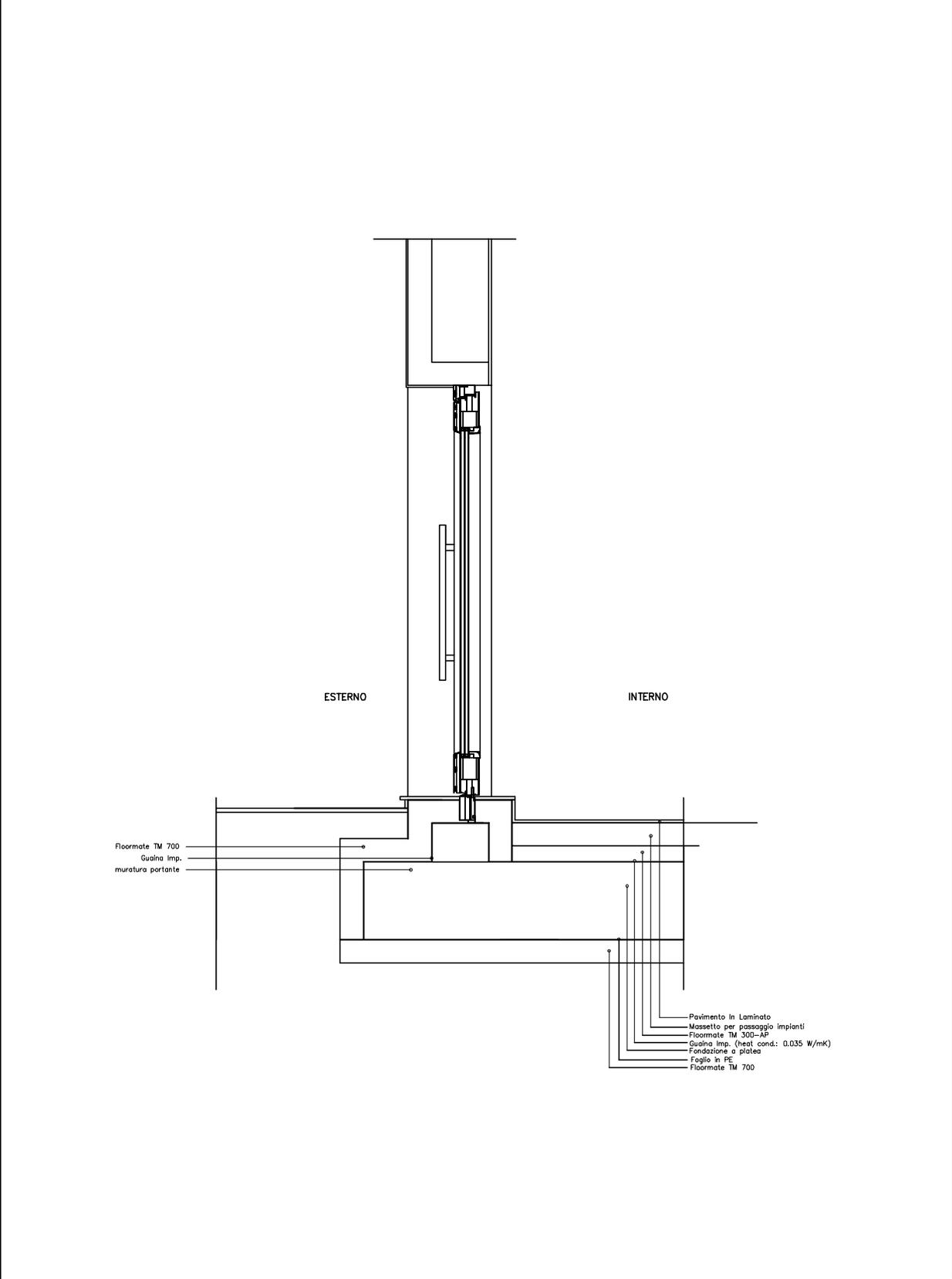
R: 6.4760 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Muro Esterno

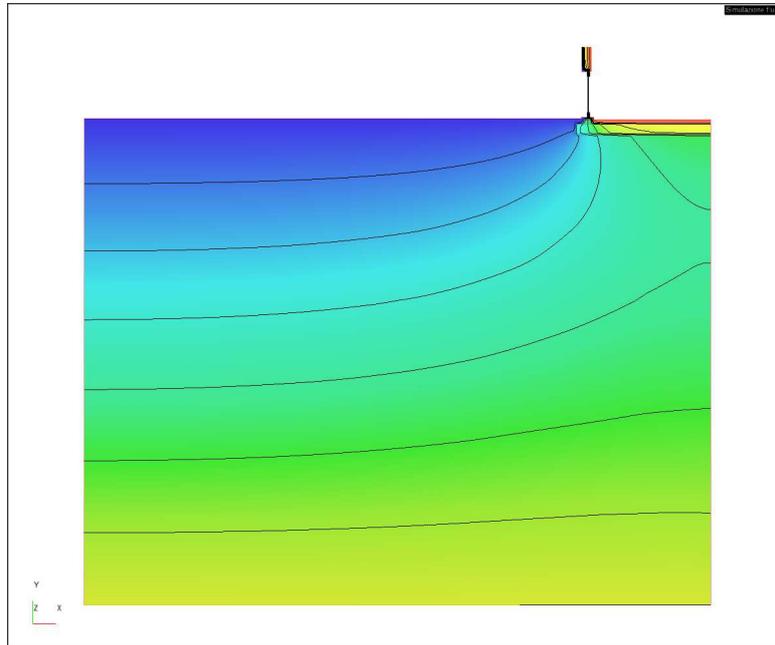
Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro portante (0.220)	0.2800	1.2727	1.9600
Malta (0.900)	0.0100	0.0111	0.3860
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1800	5.0000	27.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000



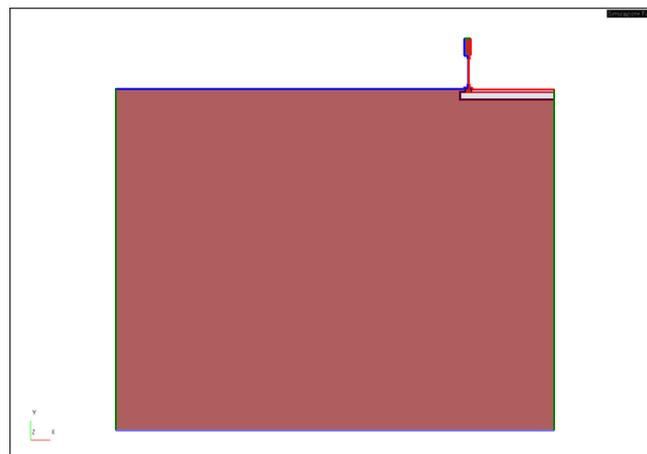
Tav.4      Dettaglio Porta

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 08



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Esterno	Blue	0	0.000	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	
3	Pavimento Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1700	
4	Terreno	Blue	0	14.000	-	Costante	0.0400	



**Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Esterno**

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	-	20.000	0.000

**Materiali utilizzati:**

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
Telaio finestra	Standard	-		0.1600	0.1600	0.1600	0.930	0.000	
Vetro finestra	Standard	-		0.0396	0.0396	0.0396	0.930	100000.000	
Guaina	Standard	-		0.5000	0.5000	0.5000	0.930	100000.000	
Isolante FLOORMA TE 700	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Isolante FLOORMA TE 300	Standard	-		0.0340	0.0340	0.0340	0.930	150.000	
Cis alleggerito	Standard	-		0.2000	0.2000	0.2000	0.930	7.000	
Pavim laminato	Standard	-		0.2160	0.2160	0.2160	0.930	42.900	
Bancale	Standard	-		0.2800	0.2800	0.2800	0.930	0.000	
Legno tenero	Standard	-		0.0900	0.0900	0.0900	0.930	625.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
Cis strutturale	Standard	-		1.6000	1.6000	1.6000	0.930	148.500	
Terreno	Standard	-		2.0000	2.0000	2.0000	0.930	0.000	
intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : -2.2120 W/mK  
 L2D, con ponte: -  
 L2D, senza ponte: 2.2120 W/mK  
 Delta T: -  
 Flusso, con ponte: -  
 Flusso, senza ponte: -

**Simulazione condensazione**

fRsi,min: 0.661  
 Min Simulazione fRsi: 0.622  
 Tsi,min simulata: 12.45 °C  
 Lunghezza condensazione: 14 mm

**Simulazione muffa**

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.619  
 Tsi,min simulata: 12.39 °C  
 Lunghezza muffa: 2136 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno - Pavimento Interno [W/mK]	Esterno [W/mK]	Terreno [W/mK]
Muro Interno - Pavimento Interno	0.0000	2.5954	0.1568
Esterno	2.5954	0.0000	2.2782
Terreno	0.1568	2.2782	0.0000

**Flussi**

	Muro Interno - Pavimento Interno [W/m]	Esterno [W/m]	Terreno [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno	0.0000	51.9087	0.9408
Esterno	51.9087	0.0000	31.8945
Terreno	0.9408	31.8945	0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	3829.66	14.175	19.967	18.521	43.4888
Esterno	26920.77	0.001	3.076	0.125	-83.6650
Adiabatico	45359.41	0.054	19.754	8.681	-0.0088
Pavimento Interno	5365.00	19.073	19.754	19.700	9.4605
Terreno	28762.00	13.952	13.966	13.957	31.0141

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno	9194.66	14.17	19.97	19.21	52.9493
Esterno	26920.77	0.00	3.08	0.12	-83.6650
Terreno	28762.00	13.95	13.97	13.96	31.0141

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	3829.66	12.447	19.794	17.392	39.9084	14
Esterno	26920.77	0.001	2.741	0.119	-80.0543	0
Adiabatico	45359.41	0.054	19.641	8.669	-0.0057	0
Pavimento Interno	5365.00	18.682	19.641	19.562	9.3952	0
Terreno	28762.00	13.952	13.966	13.957	31.0393	0

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno - Pavimento Interno	9194.66	12.45	19.79	18.66	49.3036	14
Esterno	26920.77	0.00	2.74	0.12	-80.0543	0
Terreno	28762.00	13.95	13.97	13.96	31.0393	0

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.1200 m

UxL: 0.2279 W/mK

U: 0.2035 W/m²K

R: 4.9139 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro portante (0.220)	0.2920	1.3273	2.0440
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1220	3.3889	18.3000
intonaco esterno (0.900)	0.0100	0.0111	0.0000
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 2.1205 m

UxL: 1.6552 W/mK

U: 0.7806 W/m²K

R: 1.2811 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
Vetro finestra (0.040)	0.0440	1.1111	4400.0002
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 0.0600 m

UxL: 0.0045 W/mK

U: 0.0749 W/m²K

R: 13.3559 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
Pavim laminato (0.216)	0.0150	0.0694	0.6435
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Isolante FLOORMATE 700 (0.036)	0.1895	5.2639	28.4249
Telaio finestra (0.160)	0.0175	0.1093	0.0000
Telaio finestra (0.160)	0.0080	0.0500	0.0000
Telaio finestra (0.160)	0.0250	0.1562	0.0000
Telaio finestra (0.160)	0.0255	0.1594	0.0000
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.4998
Isolante FLOORMATE 700 (0.036)	0.2625	7.2916	39.3747
Cavità 6946	0.0020	0.0613	0.0100
intonaco esterno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 5.9290 m

UxL: 0.3244 W/mK

U: 0.0547 W/m²K

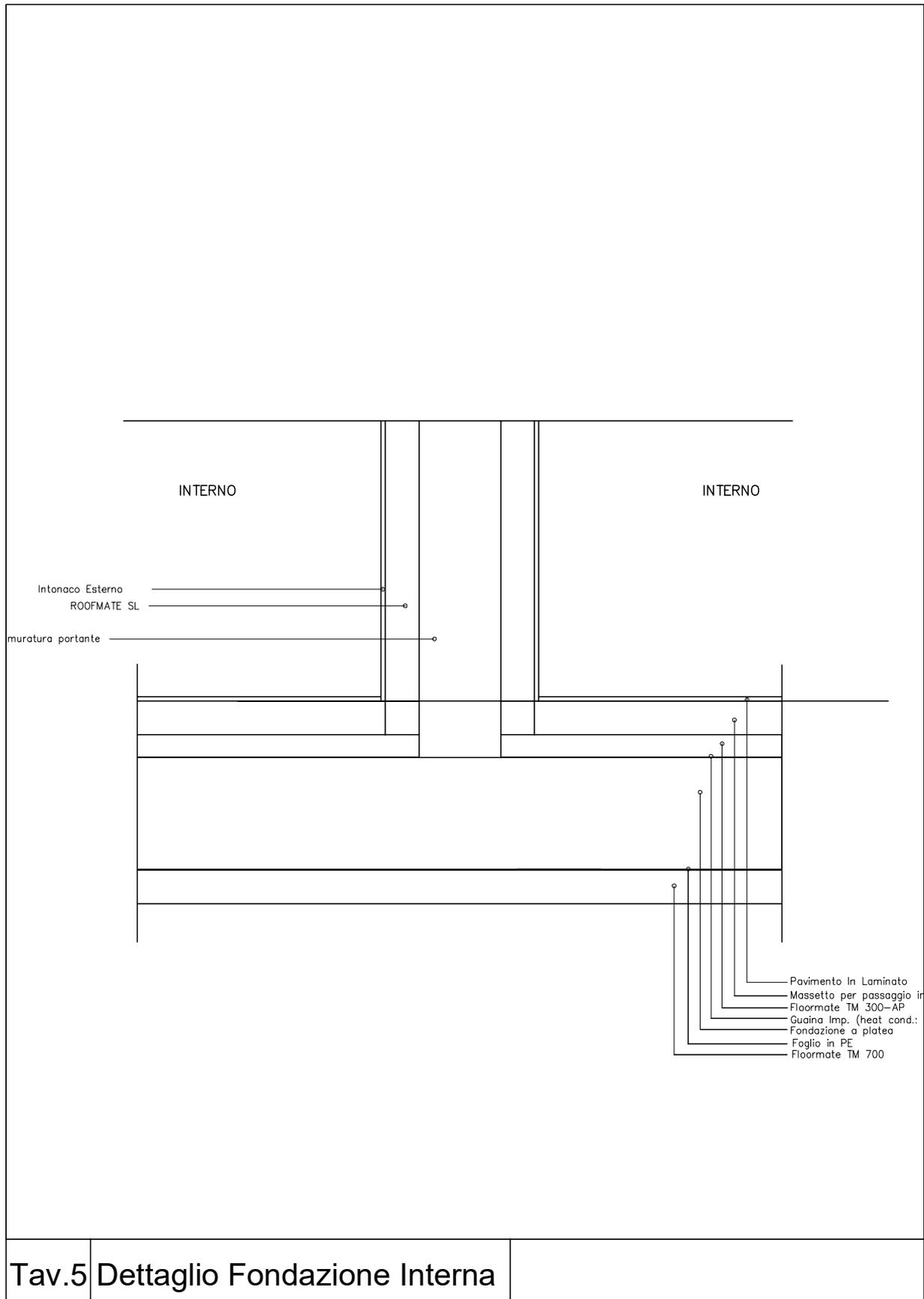
R: 18.2760 m²K/W

Contorno iniziale: Pavimento Interno

Contorno finale: Terreno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Pavimento Interno	0.0000	0.1700	0.0000
Pavim laminato (0.216)	0.0150	0.0694	0.6435
Cis alleggerito (0.200)	0.1200	0.6000	0.8400
Isolante FLOORMATE 300 (0.034)	0.0800	2.3529	12.0000
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Guaina (0.500)	0.4000	0.8000	40000.0000
Isolante FLOORMATE 700 (0.036)	0.1220	3.3889	18.3000
Terreno (2.000)	21.7014	10.8507	0.0000
Terreno	0.0000	0.0400	0.0000

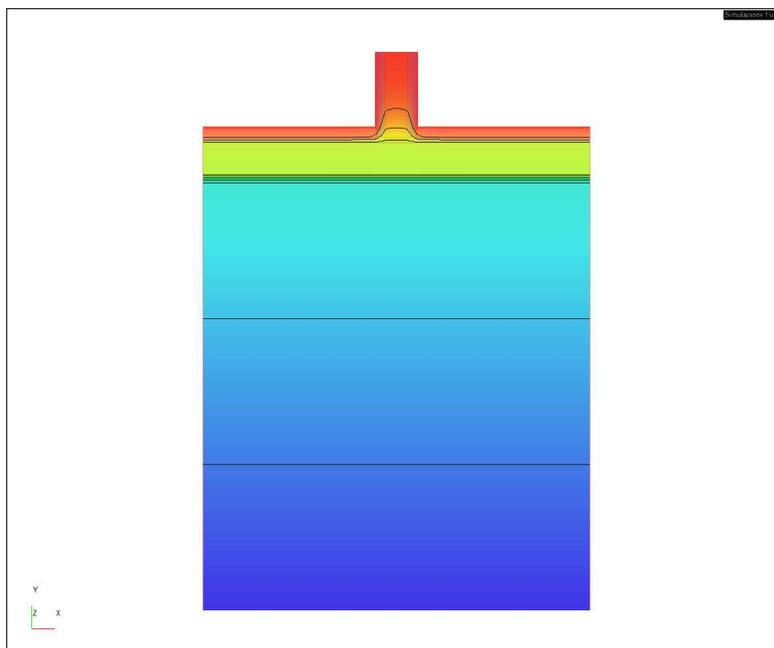


Tav.5 Dettaglio Fondazione Interna

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 03

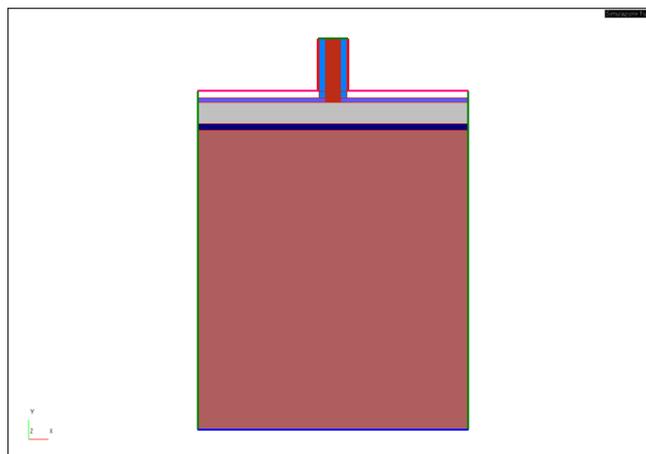


Mold  
 Simulator



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Terreno	Blue	0	14.000	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	
3	Pavimento Interno	Pink	0	20.000	-	Costante	0.1700	



**Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Terreno**

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	-	20.000	14.000

**Accoppiamenti mensili - Pavimento Interno / Terreno**

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	-	20.000	14.000

**Materiali utilizzati:**

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
Cls alleggerito	Standard	-		0.2000	0.2000	0.2000	0.930	7.000	
Pavim laminato	Standard	-		0.2160	0.2160	0.2160	0.930	42.900	
Isolante FLOORMATE SL-A	Standard	-		0.0340	0.0340	0.0340	0.930	150.000	
Cls strutturale	Standard	-		1.6000	1.6000	1.6000	0.930	148.500	
Guaina	Standard	-		0.5000	0.5000	0.5000	0.930	100000.000	
Isolante FLOORMATE 700	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Terreno	Standard	-		2.0000	2.0000	2.0000	0.930	0.000	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : -0.0007 W/mK  
 L2D, con ponte: 0.5243 W/mK  
 L2D, senza ponte: 0.5250 W/mK  
 Delta T: 6.00 °C  
 Flusso, con ponte: 3.1457 W/m  
 Flusso, senza ponte: 3.1498 W/m

**Simulazione condensazione**

fRsi,min: -  
 Min Simulazione fRsi: 0.967  
 Tsi,min simulata: 19.80 °C  
 Lunghezza condensazione: 0 mm

**Simulazione muffa**

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.967  
 Tsi,min simulata: 19.33 °C  
 Lunghezza muffa: 0 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno - Pavimento Interno [W/mK]	Terreno [W/mK]
Muro Interno - Pavimento Interno	0.0000	0.5244
Terreno	0.5244	0.0000

#### Flussi

	Muro Interno - Pavimento Interno [W/m]	Terreno [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno	0.0000	3.1464
Terreno	3.1464	0.0000

#### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	1970.00	19.862	19.995	19.981	0.2874
Terreno	5060.00	14.025	14.025	14.025	-3.1475
Adiabatico	13298.00	14.025	19.995	15.473	-0.0000
Pavimento Interno	4500.00	19.862	19.894	19.892	2.8565

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno	6470.00	19.86	19.99	19.92	3.1438
Terreno	5060.00	14.02	14.02	14.02	-3.1475

#### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	1970.00	19.799	19.990	19.963	0.2863	0
Terreno	5060.00	14.025	14.025	14.025	-3.1216	0
Adiabatico	13298.00	14.025	19.990	15.462	-0.0000	0
Pavimento Interno	4500.00	19.799	19.846	19.843	2.8322	0

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno - Pavimento Interno	6470.00	19.80	19.99	19.88	3.1185	0
Terreno	5060.00	14.02	14.02	14.02	-3.1216	0

Elemento di sezione:

Lunghezza: 5.0600 m

UxL: 0.5250 W/mK

U: 0.1037 W/m²K

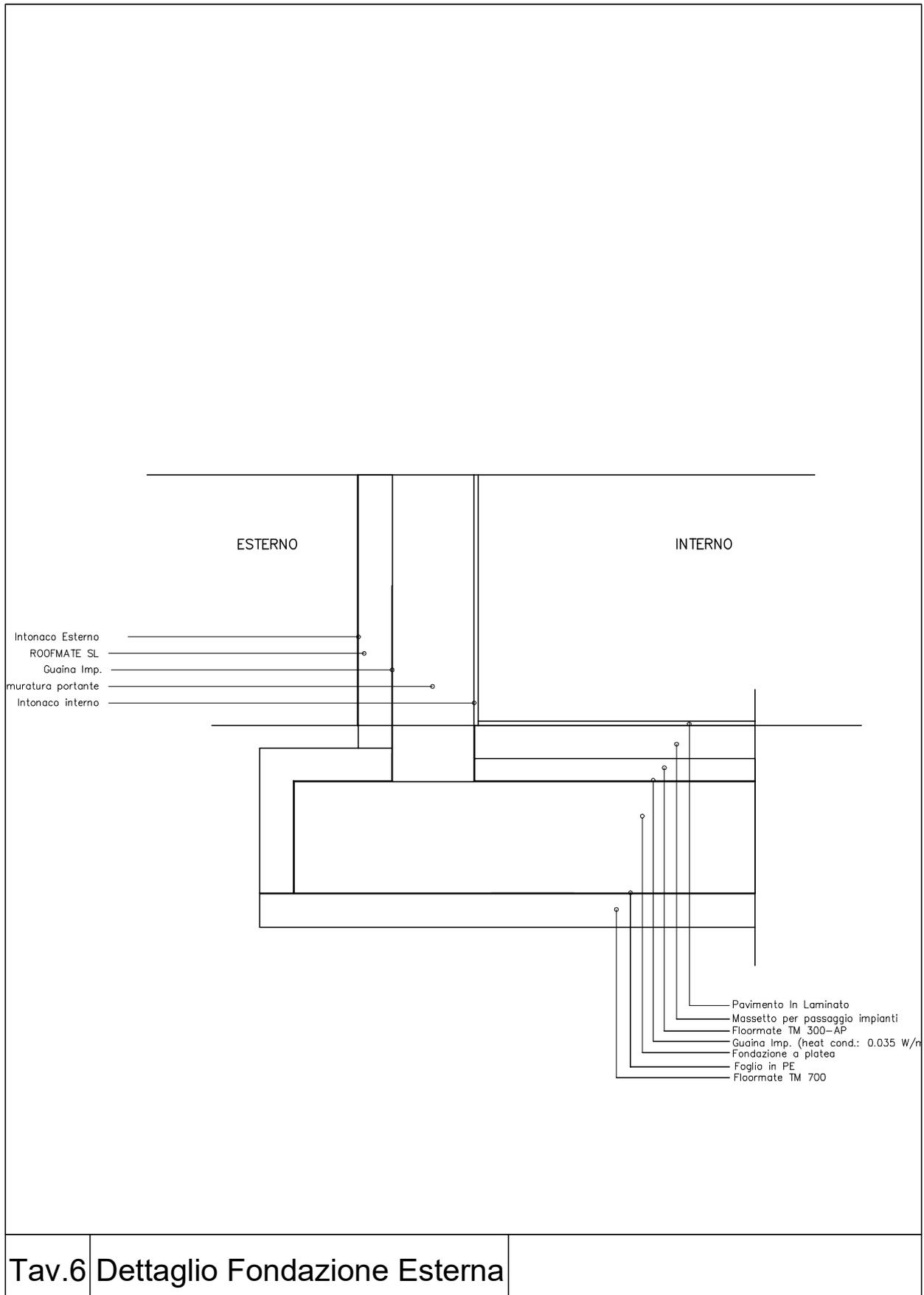
R: 9.6387 m²K/W

Contorno iniziale: Pavimento Interno

Contorno finale: Terreno

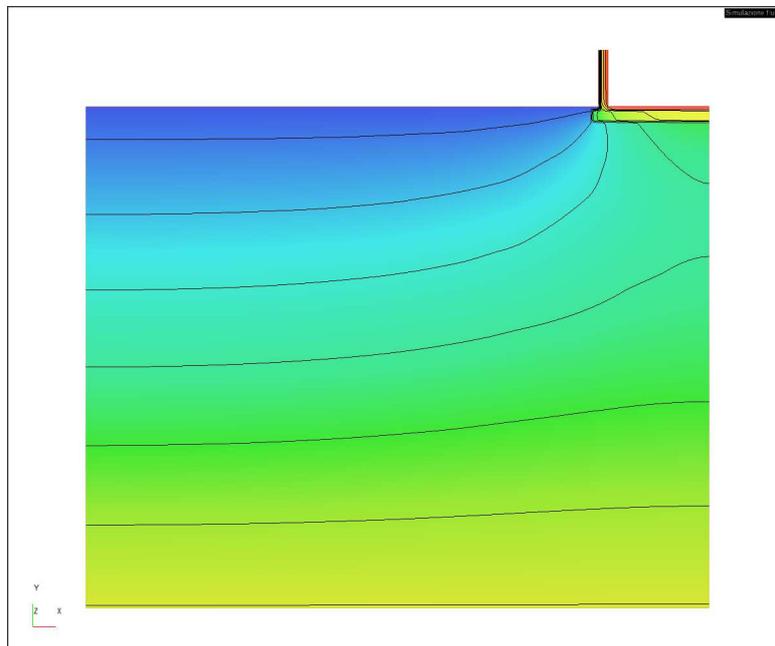
Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Pavimento Interno	0.0000	0.1700	0.0000
Pavim laminato (0.216)	0.0150	0.0694	0.6435
Cls alleggerito (0.200)	0.1200	0.6000	0.8400
Isolante FLOORMATE SL-A (0.034)	0.0800	2.3529	12.0000
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Cls strutturale (1.600)	0.4000	0.2500	59.4000
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Isolante FLOORMATE 700 (0.036)	0.1200	3.3333	18.0000
Terreno (2.000)	5.6300	2.8150	0.0000
Terreno	0.0000	0.0400	0.0000



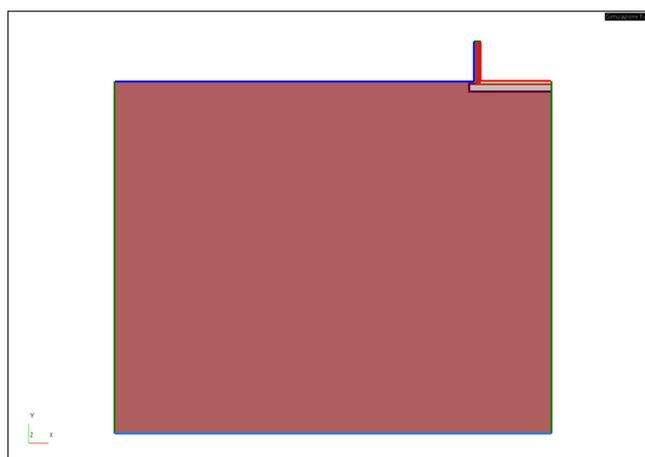
Tav.6 Dettaglio Fondazione Esterna

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 04



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	
3	Pavimento Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1700	
4	Terreno	Blue	0	14.000	-	Costante	0.0400	



Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

**Materiali utilizzati:**

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Guaina	Standard	-		0.5000	0.5000	0.5000	0.930	100000.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
Isolante FLOORMATE 700	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Terreno	Standard	-		2.0000	2.0000	2.0000	0.930	0.000	
Cls strutturale	Standard	-		1.6000	1.6000	1.6000	0.930	148.500	
Isolante FLOORMATE 300	Standard	-		0.0340	0.0340	0.0340	0.930	150.000	
Cls alleggerito	Standard	-		0.2000	0.2000	0.2000	0.930	7.000	
Pavim laminato	Standard	-		0.2160	0.2160	0.2160	0.930	42.900	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : -1.2460 W/mK  
L2D, con ponte: -  
L2D, senza ponte: 1.2460 W/mK  
Delta T: -  
Flusso, con ponte: -  
Flusso, senza ponte: -

**Simulazione condensazione**

fRsi,min: 0.638  
 Min Simulazione fRsi: 0.878  
 Tsi,min simulata: 17.72 °C  
 Lunghezza condensazione: 0 mm

**Simulazione muffa**

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.869  
 Tsi,min simulata: 17.39 °C  
 Lunghezza muffa: 0 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno - Pavimento Interno [W/mK]	Esterno [W/mK]	Terreno [W/mK]
Muro Interno - Pavimento Interno	0.0000	1.0200	0.1309
Esterno	1.0200	0.0000	2.2491
Terreno	0.1309	2.2491	0.0000

**Flussi**

	Muro Interno - Pavimento Interno [W/m]	Esterno [W/m]	Terreno [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno	0.0000	19.0749	0.7857
Esterno	19.0749	0.0000	28.5638
Terreno	0.7857	28.5638	0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	2529.35	18.377	19.503	19.457	10.5685
Esterno	25392.35	1.344	1.553	1.374	-47.7387
Adiabatico	45444.00	1.352	19.723	9.014	-0.4037
Pavimento Interno	4500.00	18.377	19.723	19.661	8.9630
Terreno	27777.00	13.956	13.965	13.960	27.6879

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno	7029.35	18.38	19.72	19.59	19.5315
Esterno	25392.35	1.34	1.55	1.37	-47.7387
Terreno	27777.00	13.96	13.96	13.96	27.6879

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	2529.35	17.717	19.068	18.991	10.2157	0
Esterno	25392.35	1.344	1.547	1.374	-47.3682	0
Adiabatico	45444.00	1.352	19.595	9.002	-0.4013	0
Pavimento Interno	4500.00	17.717	19.595	19.504	8.9244	0
Terreno	27777.00	13.956	13.964	13.960	27.7141	0

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno - Pavimento Interno	7029.35	17.72	19.60	19.32	19.1401	0
Esterno	25392.35	1.34	1.55	1.37	-47.3682	0
Terreno	27777.00	13.96	13.96	13.96	27.7141	0

Elemento di sezione:  
 Lunghezza: 4.9270 m  
 UxL: 0.7263 W/mK  
 U: 0.1474 W/m²K  
 R: 6.7837 m²K/W

Contorno iniziale: Pavimento Interno

Contorno finale: -

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Pavimento Interno	0.0000	0.1700	0.0000
Pavim laminato (0.216)	0.0150	0.0694	0.6435
Cls alleggerito (0.200)	0.1200	0.6000	0.8400
Isolante FLOORMATE 300 (0.034)	0.0800	2.3529	12.0000
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Cls strutturale (1.600)	0.4000	0.2500	59.4000
Guaina (0.500)	0.0020	0.0040	200.0000
Isolante FLOORMATE 700 (0.036)	0.1200	3.3333	18.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 2.5443 m

UxL: 0.5197 W/mK

U: 0.2043 W/m<sup>2</sup>K

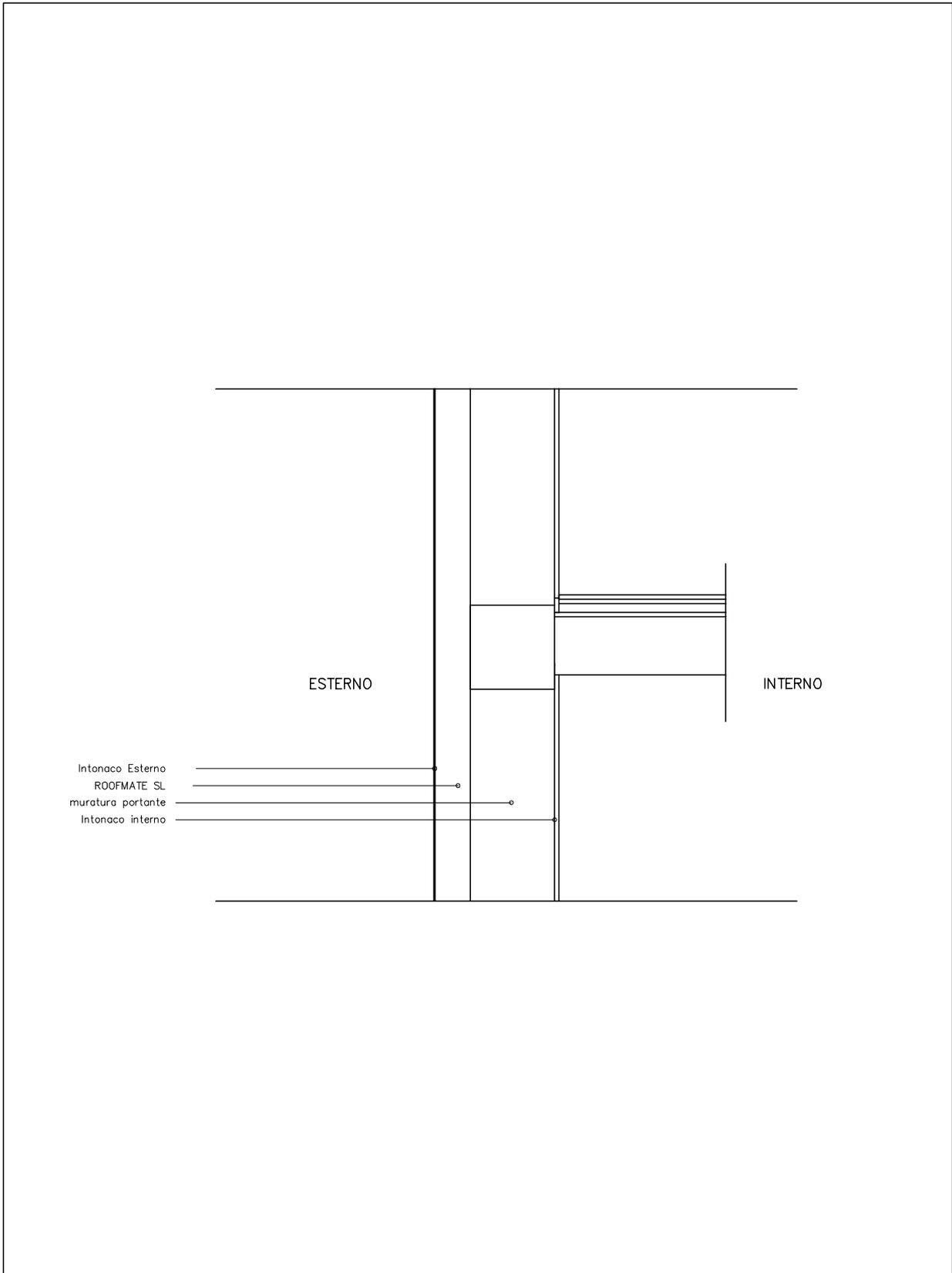
R: 4.8959 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Esterno

Contorno finale: Muro Interno

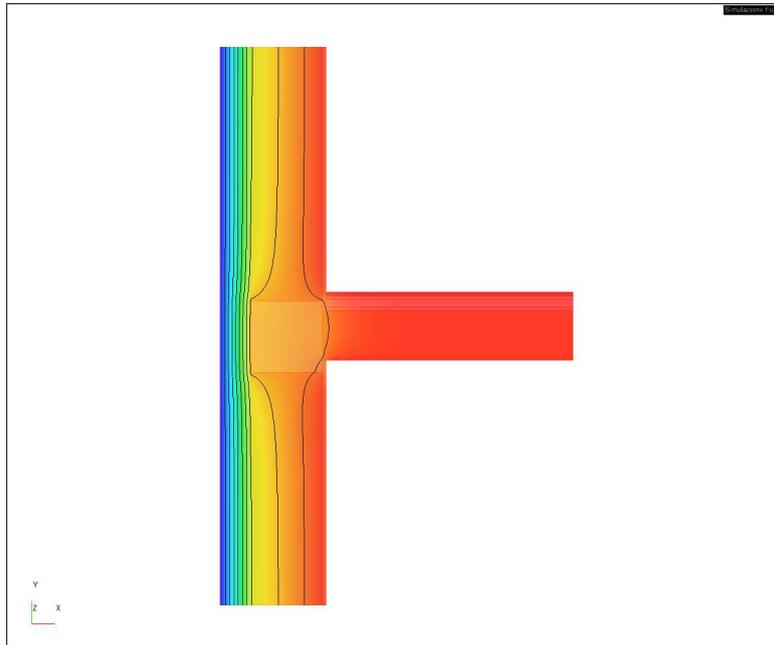
Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0020	0.0022	0.0000
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1220	3.3889	18.3000
Muro portante (0.220)	0.2900	1.3182	2.0300
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000



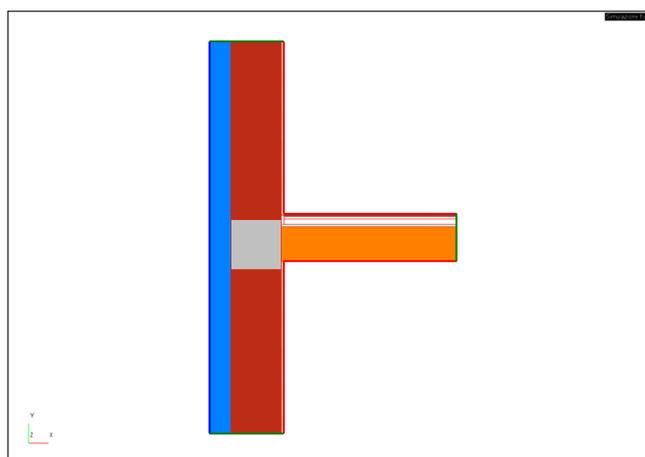
Tav.7	Dettaglio Solaio P.1	
-------	----------------------	--

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 06



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Muro Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	
3	Pavimento Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1700	
4	Soffitto Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1000	



Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Muro Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

Accoppiamenti mensili - Pavimento Interno / Muro Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

Accoppiamenti mensili - Soffitto Interno / Muro Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

**Materiali utilizzati:**

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
Cls strutturale	Standard	-		1.6000	1.6000	1.6000	0.930	148.500	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	

intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Pavim laminato	Standard	-		0.2160	0.2160	0.2160	0.930	42.900	
Legno tenero	Standard	-		0.0900	0.0900	0.0900	0.930	625.000	
Cls alleggerito	Standard	-		0.2000	0.2000	0.2000	0.930	7.000	

### RISULTATI

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione:	Gennaio (peggiore)
$\psi$ :	0.0188 W/mK
L2D, con ponte:	0.4889 W/mK
L2D, senza ponte:	0.4701 W/mK
Delta T:	18.70 °C
Flusso, con ponte:	9.1416 W/m
Flusso, senza ponte:	8.7907 W/m

#### Simulazione condensazione

fRsi,min:	0.638
Min Simulazione fRsi:	0.884
Tsi,min simulata:	17.82 °C
Lunghezza condensazione:	0 mm

#### Simulazione muffa

fRsi,min:	0.834
Min Simulazione fRsi:	0.884
Tsi,min simulata:	17.67 °C
Lunghezza muffa:	0 mm

#### L - coefficienti di accoppiamento termico

	Muro Interno - Pavimento Interno - Soffitto Interno [W/mK]	Muro Esterno [W/mK]
Muro Interno - Pavimento Interno - Soffitto Interno	0.0000	0.4889
Muro Esterno	0.4889	0.0000

#### Flussi

	Muro Interno - Pavimento Interno - Soffitto Interno [W/m]	Muro Esterno [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno - Soffitto Interno	0.0000	9.1416
Muro Esterno	9.1416	0.0000

#### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	2000.00	18.495	19.521	19.455	8.4333
Muro Esterno	2277.00	1.454	1.482	1.461	-9.1377
Adiabatico	1136.99	1.454	20.000	15.688	0.0000
Pavimento Interno	1000.00	19.051	20.000	19.931	0.4020
Soffitto Interno	1000.00	18.634	20.000	19.965	0.3101

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno - Pavimento Interno - Soffitto Interno	4000.00	18.49	20.00	19.70	9.1454
Muro Esterno	2277.00	1.45	1.48	1.46	-9.1377

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	2000.00	17.822	19.077	18.992	8.1090	0
Muro Esterno	2277.00	1.451	1.477	1.456	-8.8921	0
Adiabatico	1136.99	1.451	20.000	15.451	0.0000	0
Pavimento Interno	1000.00	18.551	20.000	19.882	0.4674	0
Soffitto Interno	1000.00	17.945	20.000	19.911	0.3256	0

Nome	Lunghezza [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno - Pavimento Interno - Soffitto Interno	4000.00	17.82	20.00	19.44	8.9021	0
Muro Esterno	2277.00	1.45	1.48	1.46	-8.8921	0

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.1810 m

UxL: 0.2438 W/mK

U: 0.2065 W/m²K

R: 4.8437 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Esterno

Contorno finale: Muro Interno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1200	3.3333	18.0000
Muro portante (0.220)	0.2900	1.3182	2.0300
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.0960 m

UxL: 0.2263 W/mK

U: 0.2065 W/m²K

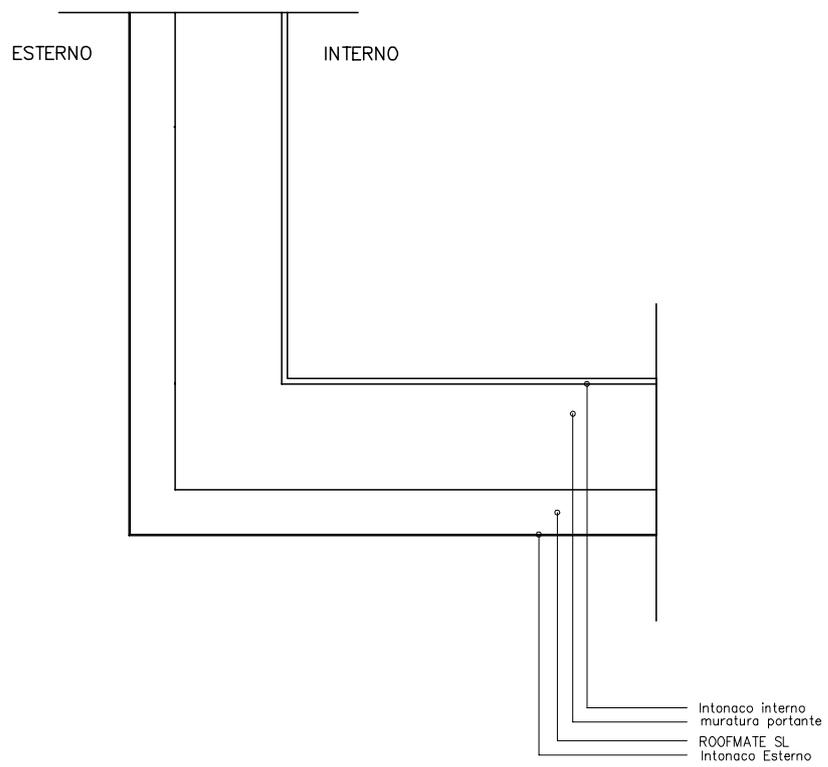
R: 4.8437 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Esterno

Contorno finale: Muro Interno

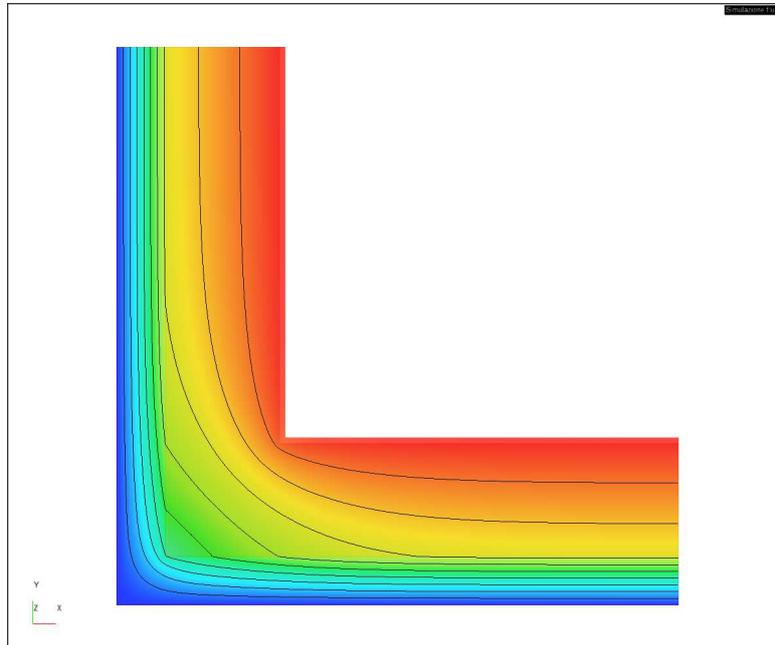
Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1200	3.3333	18.0000
Muro portante (0.220)	0.2900	1.3182	2.0300
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000



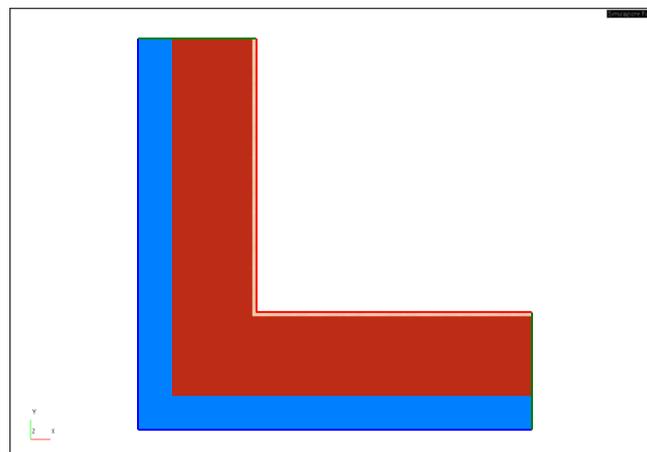
Tav.8 Dettaglio Angolo Edificio

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 05



**Lista di condizioni al contorno:**

ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Muro Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	



Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Muro Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

**Materiali utilizzati:**

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : -0.0905 W/mK  
 L2D, con ponte: 0.4932 W/mK  
 L2D, senza ponte: 0.5837 W/mK  
 Delta T: 18.70 °C  
 Flusso, con ponte: 9.2233 W/m  
 Flusso, senza ponte: 10.9161 W/m

**Simulazione condensazione**

fRsi,min: 0.638  
 Min Simulazione fRsi: 0.883  
 Tsi,min simulata: 17.81 °C  
 Lunghezza condensazione: 0 mm

**Simulazione muffa**

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.883  
 Tsi,min simulata: 17.66 °C  
 Lunghezza muffa: 0 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno [W/mK]	Muro Esterno [W/mK]
Muro Interno	0.0000	0.4932
Muro Esterno	0.4932	0.0000

### Flussi

	Muro Interno [W/m]	Muro Esterno [W/m]
Muro Interno	0.0000	9.2232
Muro Esterno	9.2232	0.0000

### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	2000.00	18.600	19.500	19.401	9.2235
Muro Esterno	2857.99	1.304	1.453	1.429	-9.2230
Adiabatico	857.99	1.453	19.500	14.369	-0.0000

### Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	2000.00	17.815	19.059	18.882	8.9429	0
Muro Esterno	2857.99	1.304	1.449	1.425	-8.9406	0
Adiabatico	857.99	1.449	19.059	14.048	-0.0000	0

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.4290 m

UxL: 0.2919 W/mK

U: 0.2043 W/m²K

R: 4.8959 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Muro Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro portante (0.220)	0.2900	1.3182	2.0300
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1220	3.3889	18.3000
intonaco esterno (0.900)	0.0020	0.0022	0.0000
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.4290 m

UxL: 0.2919 W/mK

U: 0.2043 W/m²K

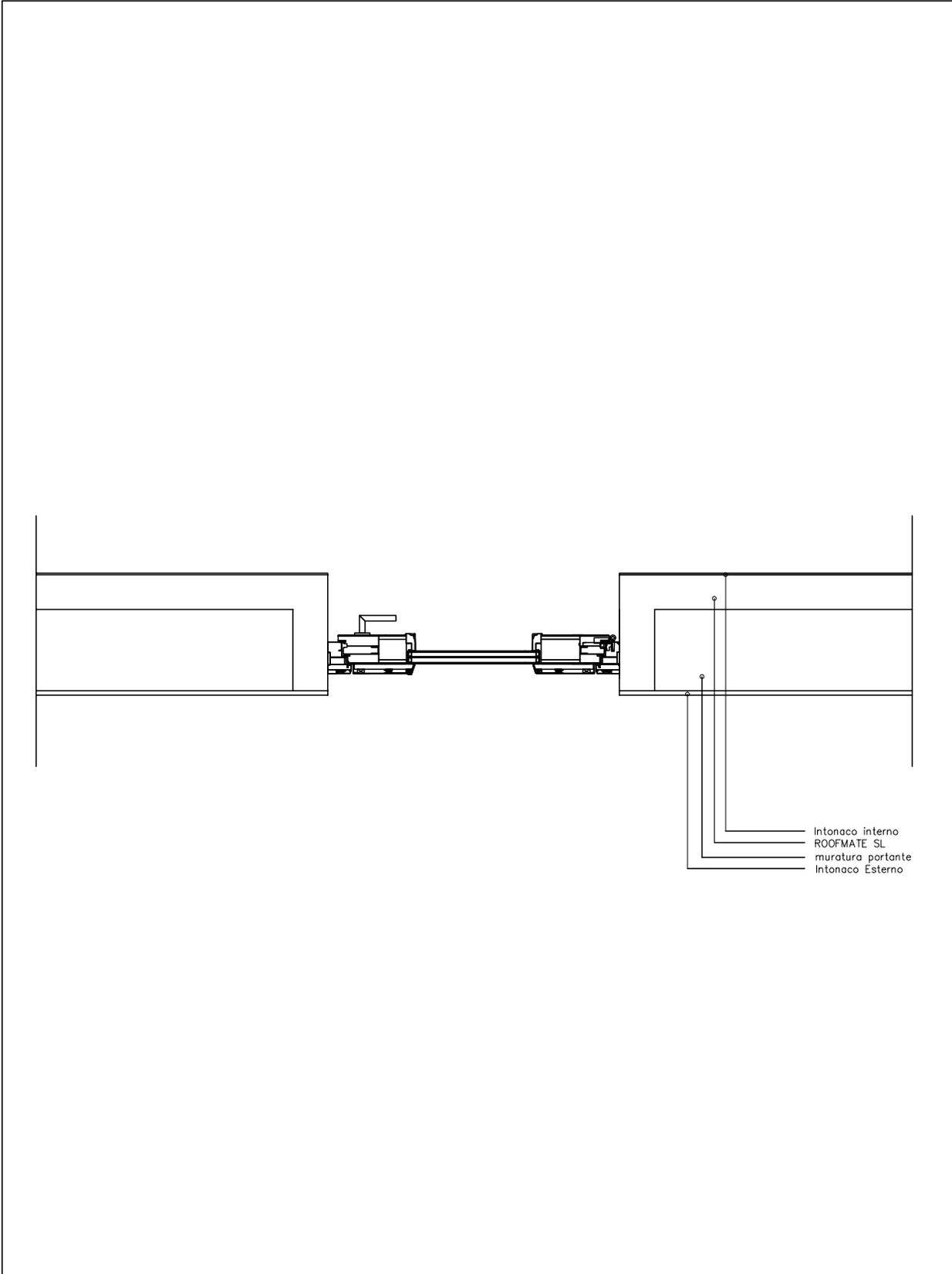
R: 4.8959 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Esterno

Contorno finale: Muro Interno

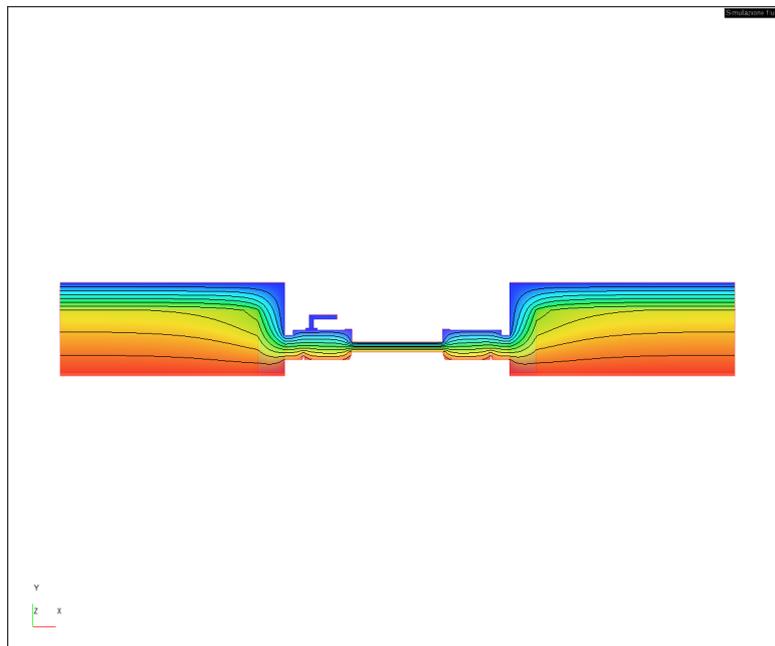
Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0020	0.0022	0.0000
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1220	3.3889	18.3000
Muro portante (0.220)	0.2900	1.3182	2.0300
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000



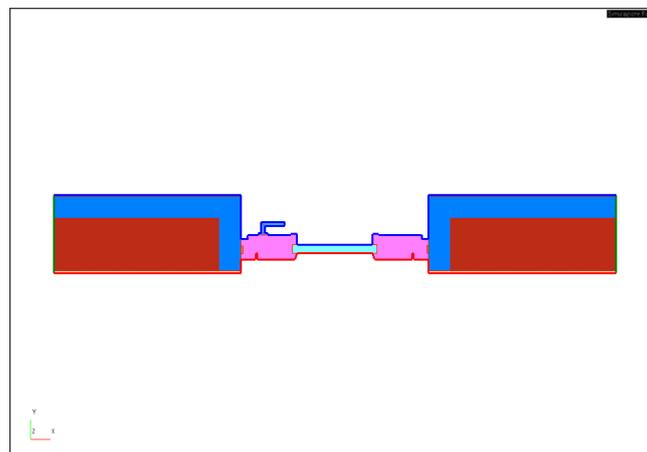
Tav.9	Dettaglio Pianta Porta	
-------	------------------------	--

Progetto simulato con il metodo agli elementi finiti  
 Nome progetto: PT 09



**Lista di condizioni al contorno:**

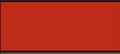
ID	Nome	Col.	Gruppo	T Aria [°C]	T contorno [°C]	Tipo R	R [m²K/W]	Gruppo di analisi
0	Muro Interno	Red	0	20.000	-	Costante	0.1300	
1	Muro Esterno	Blue	0	1.300	-	Costante	0.0400	
2	Adiabatico	Green	0	-	0.000	Costante	-	



Accoppiamenti mensili - Muro Interno / Muro Esterno

Periodo #	Periodo	In. T [°C]	Ex. T [°C]
1	Gennaio	20.000	1.300
2	Febbraio	20.000	5.400
3	Marzo	20.000	9.600
4	Aprile	20.000	13.600
5	Maggio	20.000	17.700
6	Giugno	20.000	22.200
7	Luglio	20.000	24.800
8	Agosto	20.000	21.600
9	Settembre	20.000	19.300
10	Ottobre	20.000	15.600
11	Novembre	20.000	9.300
12	Dicembre	20.000	3.800

**Materiali utilizzati:**

Nome	Tipo	Tipo cavità	Direzione flusso	$\lambda_x$ [W/mK]	$\lambda_y$ [W/mK]	$\lambda_z$ [W/mK]	$\epsilon$	$\mu$	Colore
Isolante ROOFMATE SL-A	Standard	-		0.0360	0.0360	0.0360	0.930	150.000	
Muro portante	Standard	-		0.2200	0.2200	0.2200	0.930	7.000	
intonaco esterno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
intonaco interno	Standard	-		0.9000	0.9000	0.9000	0.900	0.000	
Telaio finestra	Standard	-		0.1600	0.1600	0.1600	0.930	0.000	
Lamiera	Standard	-		220.0000	220.0000	220.0000	0.930	0.000	
Legno tenero	Standard	-		0.0900	0.0900	0.0900	0.930	625.000	
Vetro finestra	Standard	-		0.0396	0.0396	0.0396	0.930	100000.000	

**RISULTATI**

*I risultati termici sono stati calcolati secondo la norma ISO 10211:2008, mentre la condensazione è stata determinata secondo la norma ISO 13788:2013.*

Periodo di simulazione: Gennaio (peggiore)  
 $\psi$ : 0.2158 W/mK  
L2D, con ponte: 1.4138 W/mK  
L2D, senza ponte: 1.1980 W/mK  
Delta T: 18.70 °C  
Flusso, con ponte: 26.4381 W/m  
Flusso, senza ponte: 22.4030 W/m

**Simulazione condensazione**

fRsi,min: 0.638  
Min Simulazione fRsi: 0.693  
Tsi,min simulata: 14.26 °C  
Lunghezza condensazione: 0 mm

**Simulazione muffa**

fRsi,min: 0.834  
 Min Simulazione fRsi: 0.693  
 Tsi,min simulata: 13.86 °C  
 Lunghezza muffa: 1001 mm

**L - coefficienti di accoppiamento termico**

	Muro Interno [W/mK]	Muro Esterno [W/mK]
Muro Interno	0.0000	1.4138
Muro Esterno	1.4138	0.0000

**Flussi**

	Muro Interno [W/m]	Muro Esterno [W/m]
Muro Interno	0.0000	26.4385
Muro Esterno	26.4385	0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione flussi**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]
Muro Interno	3330.96	15.853	19.955	18.963	26.3916
Muro Esterno	3992.32	1.306	2.818	1.566	-26.4845
Adiabatico	839.99	1.455	19.487	14.266	-0.0000

**Analisi delle condizioni al contorno, simulazione condensazione**

Nome	L. [mm]	T. min [°C]	T. max [°C]	T. med. [°C]	Q [W/m]	Condensa [mm]
Muro Interno	3330.96	14.262	19.762	18.147	24.5625	0
Muro Esterno	3992.32	1.306	2.683	1.547	-24.6299	0
Adiabatico	839.99	1.451	19.035	13.939	-0.0000	0

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.0000 m

UxL: 0.2084 W/mK

U: 0.2084 W/m²K

R: 4.7983 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Interno

Contorno finale: Muro Esterno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m²K/W]	Sd [m]
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro portante (0.220)	0.2800	1.2727	1.9600
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1200	3.3334	18.0001
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.0030 m

UxL: 0.2090 W/mK

U: 0.2084 W/m²K

R: 4.7983 m²K/W

Contorno iniziale: Muro Esterno

Contorno finale: Muro Interno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
intonaco esterno (0.900)	0.0050	0.0056	0.0000
Isolante ROOFMATE SL-A (0.036)	0.1200	3.3333	18.0000
Muro portante (0.220)	0.2800	1.2727	1.9600
intonaco interno (0.900)	0.0150	0.0167	0.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000

Elemento di sezione:

Lunghezza: 1.0000 m

UxL: 0.7806 W/mK

U: 0.7806 W/m<sup>2</sup>K

R: 1.2811 m<sup>2</sup>K/W

Contorno iniziale: Muro Esterno

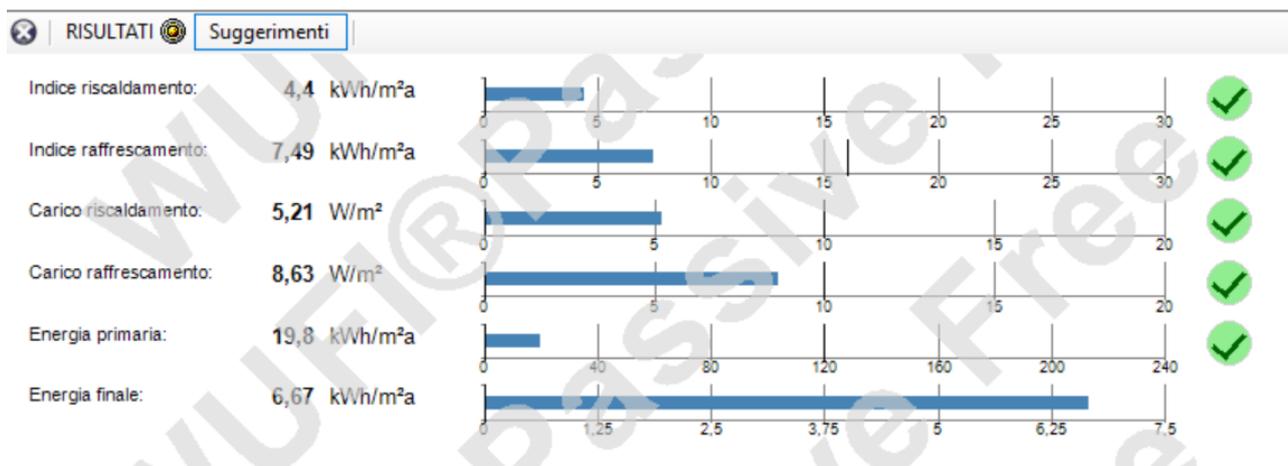
Contorno finale: Muro Interno

Sezione:

Nome	Spessore [m]	R [m <sup>2</sup> K/W]	Sd [m]
Muro Esterno	0.0000	0.0400	0.0000
Vetro finestra (0.040)	0.0440	1.1111	4400.0000
Muro Interno	0.0000	0.1300	0.0000

## 5.0 RISULTATI FINALI

I risultati ottenuti, modificando e ricercando materiali di costruzioni diversi da quelli indicati nel capitolato e utilizzando dei piccoli accorgimenti sulle parti trasparenti dell'edificio, hanno apportato notevoli miglioramenti a partire dall'indice di riscaldamento, raffrescamento, al carico per il riscaldamento, raffrescamento e infine all'utilizzo di energia primaria e finale.



## 5.1 CONFRONTO TRA I RISULTATI

	<b>STATO DI FATTO</b>	<b>STATO DI PROGETTO</b>	<b>DIFFERENZA</b>
<b>INDICE DI RISCALDAMENTO</b>	2	2	2
	19,5 kWh/m a	6,64 kWh/m a	12,86 kWh/m a
<b>INDICE DI RAFFRESCAMENTO</b>	2	2	2
	24,23 kWh/m a	7,14 kWh/m a	17,09 kWh/m a
<b>CARICO DI RISCALDAMENTO</b>	2	2	2
	11,43 W/m	6,26 W/m	5,17 W/m
<b>CARICO DI RAFFRESCAMENTO</b>	2	2	2
	14,62 W/m	8,5 W/m	6,12 W/m
<b>ENERGIA PRIMARIA</b>	2	2	2
	78,69 kWh/m a	19,86 kWh/m a	58,83 kWh/m a
<b>ENERGIA FINALE</b>	2	2	2
	26,5 kWh/m a	6,69 kWh/m a	19,81 kWh/m a

I risultati ottenuti sono sufficienti per certificare l'edificio come passivo.

## BIBLIOGRAFIA

L'architettura di M. Vitruvius Pollio

Di Marcus Vitruvius Pollio, B. Galiani

<http://www.cepheus.de>

La casa passiva Costruzione&Struttura Attilio Carotti

PassivHaus evoluzione energetica e comfort ambientale negli edifici italiani

<http://www.zephir.ph>