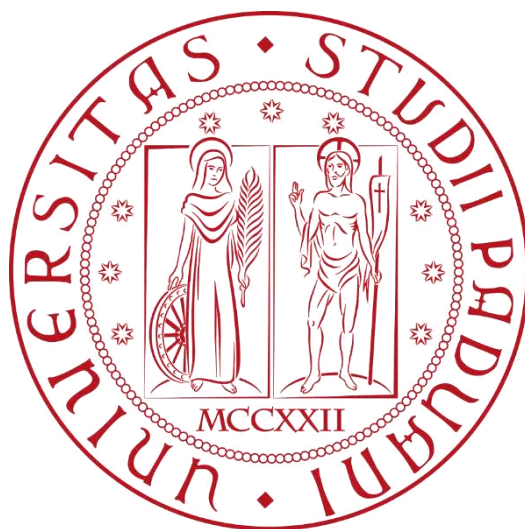


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale - DICEA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile



Tesi di laurea magistrale

**“Recupero di un edificio residenziale degli anni ‘60,
ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb”.**

Relatore:

Prof. Rossana Paparella

Correlatore:

Prof. Mauro Caini

Laureando:

Leonardo Bernardini

Matricola: 1236710

Anno accademico 2022-2023

INDICE

PREMESSA.....	1
CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE	2
1.1 LA SITUAZIONE DEL PARCO IMMOBILIARE	2
1.2 OBIETTIVI.....	3
CAPITOLO 2 – NORMATIVE SULLA CERTIFICAZIONE ENERGETICA.....	4
2.1 NORMATIVE EUROPEE	4
2.2 LA SITUAZIONE IN ITALIA.....	5
CAPITOLO 3 – STRATEGIE DI INTERVENTO	7
3.1 PERCHÉ COSTRUIRE SOSTENIBILE?	7
3.2 LE SOLUZIONI TECNOLOGICHE PIÙ FREQUENTI.....	8
CAPITOLO 4 - CASO STUDIO	12
4.1 LOCALIZZAZIONE E INFORMAZIONI SUL SITO	12
4.2 CONI VISUALI.....	13
4.3 ANALISI DELLO STATO DI FATTO: INVOLUCRO EDILIZIO.....	19
4.4 ANALISI DELLO STATO DI FATTO: PERFORMANCE ENERGETICA	23
4.5 CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI.....	26
CAPITOLO 5 – PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE E RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA.....	33
5.1 RISTRUTTURAZIONE ARCHITETTONICA	33
<i>Ricostruzione della copertura in legno</i>	<i>37</i>
5.2 RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA	46
<i>Isolamento in fondazione</i>	<i>46</i>
<i>Isolamento a cappotto delle pareti esterne.....</i>	<i>48</i>
<i>Sostituzione dei serramenti</i>	<i>50</i>
<i>Isolamento della copertura.....</i>	<i>52</i>
<i>Pompa di calore aria-acqua.....</i>	<i>54</i>
<i>Impianto di riscaldamento a pavimento.....</i>	<i>56</i>
<i>Impianto fotovoltaico</i>	<i>58</i>

5.3 BILANCIO ENERGETICO CON SOFTWARE BLUMATICA ENERGY	59
<i>Componenti opachi verticali</i>	60
<i>Componenti opachi orizzontali o inclinati</i>	65
<i>Caratteristiche termiche dei componenti finestrati</i>	77
<i>Valutazione sull'efficacia dei sistemi di schermatura solare:</i>	78
<i>Indici di prestazione energetica</i>	79
<i>Descrizione impianto termico</i>	80
<i>Impianti fotovoltaici</i>	82
5.4 APE POST INTERVENTO	82
6 COMPUTO METRICO ESTIMATIVO DELLE OPERE	84
6.1 COMPUTO METRICO	84
6.2 PROPOSTA DI INTERVENTO PIÙ CONSERVATIVO	125
6.3 TEMPO DI RITORNO DELL'INVESTIMENTO	128
7 RENDER	129
8 CONCLUSIONI	130

INDICE DELLE FIGURE E TABELLE

Tabella 1 - Edifici residenziali, numero e superficie per epoca di costruzione

Tabella 2 - Edifici residenziali, numero e superficie per zona

Figura 1 - Estratto di PRG e vista aerea

Figura 2 - Coni visuali piano terra e piano primo

Figura 3 - Cono visuale 1 - NORD

Figura 4 - Cono visuale 2 - EST

Figura 5 - Cono visuale 3 - SUD

Figura 6 - Cono visuale 4 – Deposito piano terra

Figura 7 - Cono visuale 5 – Vano scala

Figura 8 - Cono visuale 6 – Disimpegno piano primo

Figura 9 - Cono visuale 7 – Camera piano primo

Figura 10 - Cono visuale 8 – Cucinino piano primo

Figura 11 - Cono visuale 9 – Copertura

Figura 12 - Stato di fatto: piano terra

Figura 13 - Stato di fatto: piano primo

Figura 14 - Stato di fatto: piano sottotetto

Figura 15 - Stato di fatto: sezione A-A, sezione B-B

Figura 16 - Stato di fatto: Prospetti Nord e Sud

Figura 17 - Stato di fatto: Prospetti Est e Ovest

Figura 18 - Suddivisione delle zone climatiche in funzione dei gradi giorno

Figura 19 - Calcolo del volume dello stato di fatto

Figura 20 - Calcolo del volume dello stato di progetto

Figura 21 - Calcolo della cubatura ammissibile

Figura 22 - Carpenteria di copertura

Figura 23 - Particolare costruttivo del nodo trave-parete

Figura 24 - Stato di progetto: piano terra

Figura 25 - Stato di progetto: piano primo

Figura 26 - Stato di progetto: piano mansarda

Figura 27 - Stato di progetto: sezione A-A

Figura 28 - Stato di progetto: sezione B-B

Figura 29 - Stato di progetto: prospetto Est

Figura 30 - Stato di progetto: prospetto Ovest

Figura 31 - Stato di progetto: prospetto Sud

Figura 32 - Stato di progetto: prospetto Nord

Figura 33 - Stato di progetto: planimetria lotto

Figura 34 - Particolare costruttivo di fondazione

Figura 35 - Cappotto esterno in EPS

Figura 36 - Dettaglio del telaio in legno-alluminio

Figura 37 - Particolare costruttivo della Thermocassa

Figura 38 - Particolare costruttivo del serramento e sistema oscurante

Figura 39 - Particolare costruttivo del pacchetto di copertura

Figura 40- Particolare costruttivo del pacchetto di copertura con trave passafuori

Figura 41 - Dettaglio pavimento radiante

Figura 42 - Funzionamento impianto di VMC

PREMESSA

Il parco immobiliare italiano è vetusto poiché oltre i 2/3 degli edifici sono stati costruiti prima degli anni '70, antecedenti quindi all'entrata in vigore delle leggi sul risparmio energetico. La costruzione di edifici è fortemente scesa negli anni '80, con il contemporaneo fenomeno della crisi delle città del centro nord e il concentrarsi dell'edificazione nel mezzogiorno, discesa ulteriormente accelerata tra il 2011 e 2016, dove da 129.000 nuovi edifici all'anno si è passati a 32.000.

Sulla base di queste considerazioni, è evidente la necessità di intervenire al fine di contribuire al miglioramento di un patrimonio edilizio che dal punto di vista prestazionale energetico risulta scarsamente performante.

L'argomento affrontato in questa tesi riguarda il tema della riqualificazione energetica di un edificio residenziale degli anni '60, attraverso l'uso di soluzioni tecnologiche attualmente presenti nel mercato, riguardanti sia l'involucro esterno, sia la parte impiantistica.

Nello specifico il caso studio preso in considerazione riguarda un edificio residenziale edificato nel 1967, situato ad Este in provincia di Padova, costruito in muratura portante su fondazioni a travi rovesce, con due piani abitabili e una mansarda accessibile ma non riscaldata mentre la copertura a due falde è stata realizzata con travi in legno.

Il sopralluogo conoscitivo svolto ha evidenziato particolari situazioni di degrado in copertura e anche nel nodo fondazione-muratura esposto sul lato Nord, dove si è potuto osservare presenza di muffa dovuta all'umidità di risalita, da cui la necessità di prevedere importanti interventi finalizzati alla riqualificazione energetica, confermati anche dall'attestato di prestazione energetica che colloca l'edificio in classe G, ed interventi specifici mirati al miglioramento della salubrità degli ambienti interni.

Obiettivo del presente lavoro di tesi è quello di evidenziare come un intervento di riqualificazione energetica su di un immobile esistente possa dare un contributo all'ambiente, e di definire i limiti entro i quali l'intervento stesso possa essere contemporaneamente sostenibile dal punto di vista economico. A questo riguardo sono state fatte alcune considerazioni sulle classi di prestazione energetica raggiungibili e sui costi economici necessari per ottenerle.

CAPITOLO 1 – Introduzione

1.1 La situazione del parco immobiliare

Gli edifici a destinazione d'uso residenziale risultano pari a 12,42 milioni, con quasi 32 milioni di abitazioni. Oltre il 65% di tale parco edilizio ha più di 45 anni, ovvero è precedente alla legge n. 373 del 1976, la prima che affronta il tema del risparmio energetico. Di questi edifici, oltre il 25% registra consumi annuali da un minimo di 160 kWh/m² anno ad oltre 220 kWh/m² [1], quindi in termini di efficienza energetica apparterrebbero alla classe G cioè lo standard più basso attualmente esistente.

Di seguito si rappresenta la situazione del parco immobiliare del settore residenziale, con il numero di edifici e la relativa superficie utile riscaldata, divisa secondo le epoche di costruzione e zona climatica.

Epoca di costruzione	Numero edifici	Epoca di costruzione	m ²
fino al 1919	1.832.503	fino al 1945	678.743.665
1919-1945	1.327.007		
1946-1960	1.700.834	1946-1976	1.293.138.628
1961-1970	2.050.830		
1971-1980	2.117.649		
1981-1990	1.462.766	1977-1990	600.244.196
1991-2000	871.017	1991-2014	439.536.250
2001-2005	465.092		
2006-2011	359.991		
2011-2018	232.714	post 2014	38.143.445
Totale	12.420.403	Totale	3.049.806.184

Tabella 3 - Edifici residenziali, numero e superficie per epoca di costruzione (Fonte: Cresme [1])

	Numero edifici	m ²
zona A	5.217	170.118.357
zona B	710.079	
zona C	2.737.222	615.486.151
zona D	2.896.204	734.707.925
zona E	5.340.672	1.383.758.265
zona F	731.009	145.735.486
Totale	12.420.403	3.049.806.184

Tabella 4 - Edifici residenziali, numero e superficie per zona climatica (Fonte: Cresme [1])

La riqualificazione del parco edilizio costituisce una categoria di azione necessaria e che va incrementata nel presente, ma anche e soprattutto nel futuro prossimo.

1.2 Obiettivi

Come si può leggere dalla tabella 1, la maggior parte degli edifici residenziali è stata realizzata tra gli anni Sessanta e Ottanta a seguito di un aumento demografico della popolazione. La mancanza di un riferimento normativo seguita da una progettazione più concentrata sulla quantità che sulla qualità dell'edificio in sé, un utilizzo di materiali non idonei ed una scarsa manutenzione hanno determinato una situazione allarmante.

Per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione al 2030, Legambiente [2] stima che occorrerebbe intervenire in maniera strutturale per riqualificare oltre 93 mila condomini l'anno a partendo dal 2022. Se a questa riconversione si aggiungesse anche quella degli altri alloggi, tra abitazioni unifamiliari e indipendenti stimabili in oltre 900 mila case, in otto anni si ridurrebbero ben 29,2 milioni di tonnellate di CO₂ e 14,55 miliardi di metri cubi di gas fossile, pari al 19,4% degli attuali consumi totali del Paese.

Attraverso lo stesso studio inoltre, si evidenzia che quasi il 40% degli edifici residenziali ha una classe energetica G e più dell'80% di esse non utilizza fonti di energia rinnovabile.

CAPITOLO 2 – Normative sulla certificazione energetica

2.1 Normative europee

L'edilizia è considerata tra i principali responsabili delle emissioni di anidride carbonica: in tutta l'Unione Europea il 40% del consumo energetico totale è legato ai soli edifici, l'11% delle quali derivanti dalla produzione di materiali da costruzione come acciaio, cemento e vetro. [3]

E' palese che sulla base di questi presupposti sia necessario ridurre le emissioni, combattere il cambiamento climatico favorendo misure per incrementare il tasso annuo di ristrutturazione energetica degli edifici, incoraggiando ristrutturazioni importanti.

In questo scenario, il pacchetto "Fit for 55", presentato il 14 luglio 2022 dalla Commissione Europea, intende delineare i contorni della crescita e dello sviluppo per l'Europa e i suoi Stati Membri, fissando gli obiettivi in termini di sostenibilità e competitività del sistema economico per i prossimi 10/20 anni. Una sfida epocale, in grado di movimentare ingenti risorse: fino al 2030 si stima un livello di investimenti di oltre 3.500 miliardi di euro, di cui circa 600 miliardi in Italia. [4]

Il pacchetto contiene al suo interno un insieme di misure, in materia di efficienza energetica, fonti rinnovabili, ma anche meccanismi di politica fiscale, volte a favorire il processo di decarbonizzazione. L'obiettivo è quello di ottenere già al 2030 una riduzione di almeno il 55% delle emissioni di gas serra per giungere entro il 2050 alla neutralità climatica.

Gli obiettivi europei sugli edifici a emissioni zero sono chiari, per la nuova costruzione:

- Edifici di enti pubblici entro il 2028.
- Tutti gli edifici entro il 2030.

Mentre per quanto riguarda gli edifici esistenti residenziali:

- Raggiungere almeno la classe di prestazione energetica D entro il 2033.
- Tutti gli edifici entro il 2050.

Ad eccezione di: Edifici storici, luoghi di culto e destinati ad attività religiose, edifici di proprietà delle forze armate e utilizzati a scopo di difesa e siti industriali e agricoli. [5]

Esiste una Direttiva europea sulla prestazione energetica degli edifici denominata EPBD (Energy Performance of Building Directive), introdotto originariamente con la Direttiva 2002/91/CE la quale nel corso del tempo ha subito numerose modifiche ed integrazioni arrivando alla sua ultima iterazione con la Direttiva 2018/844/UE.

Questa iniziativa nasce con lo scopo di censire e monitorare il parco edifici in modo da classificare ciascun immobile sulla base della propria prestazione energetica.

Proprio in quest'ottica vige l'obbligo della certificazione: diventa necessario effettuare una diagnosi energetica, possibilmente con una modellazione di tipo dinamico-oraria attraverso appositi software di calcolo, per poi andare a proporre degli interventi migliorativi che abbassino non soltanto i fabbisogni ma anche e soprattutto i consumi.

La Direttiva EPBD è uno strumento che propone di eliminare gradualmente gli edifici che presentano prestazioni inadeguate e può avvenire in due modi:

- demolendo gli edifici privi di vincoli artistici/storici, tecnologicamente arretrati, laddove una riqualificazione non fosse conveniente.
- riqualificando gli edifici più datati, fissando soglie prestazionali atte a ridurre i fabbisogni e di conseguenza anche ad abbassarne o eliminarne le emissioni.

Per gli edifici esistenti è prevista l'introduzione di soglie minime prestazionali, basate sul parametro $E_{p,max}$, che rappresenta l'energia primaria massima che gli edifici potranno utilizzare, valutata per metro quadro di superficie annuo.

Sono già stati fissati dei check point temporali di verifica per monitorare il corretto e progressivo stato di avanzamento del retrofit del parco edifici residenziali:

- Entro il 2033: l' E_p media dell'intero parco immobiliare residenziale dovrà essere pari almeno alla Classe D;
- Entro il 2040: l' E_p media dell'intero parco immobiliare residenziale dovrà essere uguale ad un valore nazionale unificato (non ancora definito), coerente al percorso verso la conversione a ZEB di tutti gli edifici residenziali nazionali.

La novità più rilevante per gli APE (attestati di prestazione energetica) sarà la comparsa della nuova classe "A0", corrispondente agli ZEB, che si aggiungerà alle classi già note.

2.2 La situazione in Italia

In Italia con la Legge n.10 del 1991, sono state gettate le basi per una politica energetica nazionale presentando come soluzioni il risparmio, l'uso razionale dell'energia e lo sviluppo e diffusione delle fonti energetiche rinnovabili.

Con questa legge e le successive modifiche ed integrazioni, in particolare il D.P.R. 26 agosto 1993 n.412, viene introdotta la divisione in zone climatiche del territorio nazionale sulla base dei gradi giorno a cui vengono abbinate informazioni sulla durata di riscaldamento

stagionale, sulle ore giornaliere di accensione degli impianti e sulle temperature massime per gli ambienti riscaldati. Inoltre viene introdotta una classificazione degli edifici in base alla destinazione d'uso.

Il D.Lgs 192 del 2005 che recepisce la Direttiva 2002/91/CE (EPBD), con i suoi numerosi aggiornamenti negli anni, è il decreto nazionale fondamentale per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, sia di nuova costruzione che per gli interventi di riqualificazione.

Attualmente è anche in vigore il pacchetto dei D.M. 26 giugno 2015:

- Requisiti Minimi 2015 – Per gli edifici di nuova costruzione e per la riqualificazione energetica. Vengono definiti i requisiti dell'edificio nZEB.
- Linee Guida APE 2015 – Per la certificazione degli edifici. La classe energetica è calcolata secondo l'edificio di riferimento.
- Relazione Tecnica 2015 – Indicazioni sulla Relazione Energetica ex legge 10.

La normativa principale adottata dai professionisti per il calcolo delle prestazioni energetiche è la UNI TS 11300. È in attesa l'aggiornamento della normativa tecnica che dovrà seguire il calcolo dinamico previsto dall' EPBD del 2018.

In particolare in Italia, è già in vigore il D.L. 14 luglio 2020, n. 73, che attua la Direttiva Ue 2018/2002, modificando la Direttiva 2012/27/UE, nota come EED (Energy Efficiency Directive).

CAPITOLO 3 – Strategie di intervento

3.1 Perché costruire sostenibile?

Il cambiamento climatico è ormai un dato di fatto: ne sono un esempio gli incendi che recentemente hanno devastato l'Australia e il Nord America o lo scioglimento dei ghiacciai, che sta producendo un progressivo innalzamento del livello del mare. L'impegno di molti stati del mondo verso questa tematica è testimoniato dai numerosi accordi stipulati negli ultimi anni come l'Accordo di Parigi del 2015 o i più recenti accordi di novembre 2022 della COP27 di Sharm el-Sheikh, nei quali si è ribadito l'obiettivo di limitare il riscaldamento globale a 1,5 gradi centigradi rispetto ai livelli preindustriali e di raggiungere entro il 2050 le zero emissioni globali di gas serra.

È quindi evidente che il destino del pianeta dipende dal comportamento dell'essere umano e se si vuole salvarlo bisognerà ridurre in modo drastico le emissioni di gas serra, limitando in particolar modo il consumo di carbone, petrolio, gas, che rappresentano circa l'83% delle emissioni totali di CO₂ [fonte: *Report ONU sul cambiamento climatico*]. La strada da percorrere per la decarbonizzazione è chiara: il passaggio da un mix energetico incentrato unicamente sui combustibili fossili ad uno a basse o a zero emissioni di carbonio, basato sulle fonti rinnovabili.

In Italia, esiste una politica di incentivazione per il recupero edilizio e la riqualificazione energetica basata sulle detrazioni fiscali dal 1998 e la loro applicabilità è stata oggetto di numerose proroghe nel corso degli anni, nonché di modifiche che hanno inciso sulle aliquote, sui limiti massimi di spesa e sulle categorie di interventi agevolabili.

In generale, dalle stime elaborate dal CRESME [6] emerge che gli incentivi fiscali per il recupero edilizio e per la riqualificazione energetica hanno interessato dal 1998 al 2020, oltre 21 milioni di interventi. In ventidue anni le misure di incentivazione fiscale hanno attivato investimenti pari a oltre 346 miliardi di euro.

Successivamente, l'articolo 119 del decreto legge n. 34/2020 (cd. decreto Rilancio) ha introdotto una detrazione pari al 110% ("Superbonus"). Secondo i dati forniti da ENEA [7] aggiornati al 31 Gennaio 2023 si contano un totale 372.303 asseverazioni, di cui 51.247 per i condomini, 215.105 per gli edifici unifamiliari e 105.945 per le unità immobiliari indipendenti.

3.2 Le soluzioni tecnologiche più frequenti

Le soluzioni tecnologiche che il mercato offre per ridurre il fabbisogno energetico degli edifici sono numerose. I principali obiettivi sono il recupero dell'energia termica e la riduzione dell'assorbimento di energia elettrica tramite l'efficientamento dei sistemi con interventi sull'involucro dell'edificio, sulla climatizzazione e sull'illuminazione degli spazi, tutto finalizzato a migliorare il comfort ambientale degli occupanti.

Questi ambiti rappresentano il 100% dei costi correlati di approvvigionamento energetico per il settore residenziale e possono arrivare a percentuali considerevoli anche nel terziario, dove in più intervengono gli assorbimenti della apparecchiature e macchinari presenti nello stabilimento.

Nell'ambito residenziale gli interventi possibili e più frequentemente adottati sono:

- **Interventi sull'involucro opaco:**

comprendono sia le pareti verticali esterne che il tetto e il solaio contro-terra. Questi permettono di ridurre il fabbisogno di energia in inverno minimizzando le perdite di calore e l'effetto dei ponti termici nei mesi più freddi sia in estate riducendone gli apporti solari. Inoltre un maggiore isolamento termico corrisponde ad un migliore isolamento acustico con aumento del comfort abitativo. Le possibili soluzioni tecniche si distinguono in base alla posizione dell'isolante rispetto al componente massivo della parete e le principali sono:

- Parete con isolamento interno: riduce l'inerzia termica della parete e velocizza il processo di riscaldamento dell'ambiente. Viene usata quando ci sono dei vincoli che impediscono la modifica della facciata esterna e/o quando si tratta di edifici abitati saltuariamente, ad esempio case vacanze.
- Parete con isolamento in intercapedine: è la soluzione più diffusa in Italia. Molto spesso gli edifici costruiti nel dopo-guerra, realizzati con struttura portante intelaiata in c.a., hanno delle pareti perimetrali di tamponamento realizzate con intercapedine vuota e, in caso di riqualificazione, questo consente di procedere all'insufflaggio di materiale isolante sfuso nell'intercapedine, così da non dover ricorrere a metodi più invasivi.
- Parete con isolamento esterno (cappotto): è il metodo migliore per gli ambienti riscaldati in continuo. Elimina quasi del tutto i ponti termici.
- Coperture ventilate: sfruttano il flusso d'aria, dovuto solitamente alla ventilazione naturale, per evitare la condensa e smaltire i flussi di calore.

- **Interventi sugli elementi trasparenti:**

si tratta di scegliere i migliori infissi in base alla localizzazione e condizione climatica, considerando l'orientamento e la percentuale di superficie trasparente in rapporto a quella opaca. I componenti trasparenti, oltre a garantire un adeguato isolamento termico, devono essere pensati per ottimizzare gli apporti di illuminazione naturale e irraggiamento solare. Esistono numerose tecnologie sia per la parte vetrata sia per i telai. Per la prima si fa riferimento a finestre con doppi o tripli vetri con, nelle intercapedini, gas con minor conducibilità dell'aria (argon, kripton), inoltre le lastre di vetro possono subire trattamenti superficiali per ridurre l'emissività e controllare gli apporti solari. Per i telai le principali differenze sono nella scelta del materiale (PVC, legno, alluminio) e nell'utilizzo di tecnologie a taglio termico.

- **Interventi sui sistemi di ombreggiamento e schermatura solare:**

in base all'orientamento della superficie vetrata risulta fondamentale poter ricorrere a sistemi di ombreggiamento che limitino gli apporti solari in determinati periodi dell'anno e orari del giorno. I sistemi di schermatura possono essere esterni (frangisole, tapparelle, persiane, tende tecniche), interni o integrati nei serramenti. Nella maggior parte dei casi sono presenti le tapparelle avvolgibili o le persiane che possono essere utilizzate, oltre che come sistema di ombreggiamento, anche come ulteriore isolante durante il periodo invernale.

- **Interventi sulla produzione di energia termica:**

si può ri-progettare l'impianto termico decidendo di adottare le migliori tecnologie per la produzione di energia termica:

- Caldaia a condensazione: è ormai la soluzione standard minima per i nuovi edifici e per quelli che devono sostituire la vecchia caldaia quando si utilizza il combustibile gas metano.
- Pompa di calore: può estrarre calore dall'aria esterna, dall'acqua o essere di tipo geotermico. Permette di rendere l'edificio indipendente dai combustibili fossili in quanto funziona utilizzando l'energia elettrica.
- Pannelli solari termici: sono utilizzati come integrazione del sistema primario e spesso sono abbinati alla produzione di acqua calda sanitaria.

- **Interventi sui sistemi di approvvigionamento del calore:**

sono gli interventi più invasivi nel caso di una ristrutturazione perchè comportano lavori, non sempre brevi, all'interno degli appartamenti ; questo tipo di lavori è fonte di disagio e prevede lo spostamento sia degli occupanti che degli arredi.

L'adozione di tecnologie a basse temperature permette di distribuire al meglio i flussi termici prodotti dall'impianto principale, all'interno dell'abitazione. Gli interventi riguardano l'adeguamento dei radiatori, aumentandone la taglia, oppure l'installazione di pannelli radianti a pavimento o a soffitto.

In alternativa ai precedenti possono essere presi in considerazione impianti di climatizzazione estiva ed invernale aria-aria, anche con vmc integrata. In questo caso il vantaggio è di non dover sostituire i pavimenti, ma resta da verificare la possibilità di installazione delle canalizzazioni per il passaggio dell'aria.

- **Interventi sul sistema di ventilazione meccanica:**

questa tipologia di impianto in Italia è sfruttato prevalentemente nel settore terziario, ma da qualche anno si sta diffondendo anche nel residenziale.

La macchina estrae direttamente l'aria esausta da locali dove possa esservi formazione di odori sgradevoli e/o umidità. Il calore contenuto all'interno di quest'aria è poi sfruttato per scaldare l'aria di rinnovo opportunamente filtrata proveniente dall'esterno, che verrà immessa nei locali quali soggiorno e camere.

Garantisce un ricambio d'aria costante all'interno dell'abitazione con la possibilità di monitorare il livello di umidità grazie a sistemi di regolazione smart.

- **Interventi sui sistemi di Building Automation:**

L'uso di questi sistemi è indirizzato alla ottimizzazione della gestione dell'impianto. L'installazione di termovalvole e sensori ambientali di temperatura, permettono di modulare gli interventi dell'impianto termico minimizzando i cicli di accensione e spegnimento e mantenendo un comfort costante.

- **Sussidio di fonti energetiche rinnovabili:**

- Pannelli fotovoltaici: sono installati per la produzione di energia elettrica; la loro installazione non sempre è possibile, ma è condizionata dalla disponibilità di superfici idonee allo scopo.

- impianti minieolici: è necessaria una valutazione dell'idoneità del sito per la verifica della presenza delle condizioni minime utili allo scopo (presenza del vento di intensità tale da

poter avviare l'impianto e con frequenza tale da rendere l'investimento economicamente conveniente).

Entrambe le soluzioni producono energia elettrica che può essere, nel migliore dei casi, autoconsumata (per esempio da una pompa di calore) o accumulata, con l'ausilio di sistemi di accumulo.

E' evidente che per dare vita ad un edificio ad energia quasi zero (nearly Zero Energy Building - nZEB) e soddisfare gli standard richiesti è necessario l'uso combinato e sapiente di tutte queste strategie e soluzioni tecniche.

Chiaramente il percorso è più semplice nel caso di nuova costruzione, invece quando si tratta di riqualificare edifici esistenti, in particolare realizzati negli anni antecedenti all'epoca delle prime direttive contro lo spreco energetico, si dovranno raggiungere dei compromessi in base alle necessità espresse dal committente e dalle possibilità di investimento economico, nonché in base allo stato della struttura, dell'involucro e degli impianti esistenti.

CAPITOLO 4 - CASO STUDIO

4.1 Localizzazione e informazioni sul sito

Il fabbricato oggetto di studio si trova in via Sceriman 5 ad Este in provincia di Padova, sviluppato su due piani con sottotetto accessibile tramite botola posta sul vano scala, ad uso abitazione con garage esterno, con circostante area esclusiva pertinenziale, eretto sull'area descritta al catasto terreni del comune di Este al foglio 31, mappale n. 1168 di mq. 690.

I principali dati che contraddistinguono l'edificio sono di seguito riassunti:

Destinazione d'uso	A.1 – Abitazioni residenziali
Indirizzo	Via Sceriman 5, Este (PD)
Categoria Catastale	A.3 – Abitazioni economiche
Dati catastali	Foglio 31, Mappale 1168
Superficie utile (mq)	214,99
Volume riscaldato (mc)	779,29
Zona Climatica	E
Gradi Giorno	2436

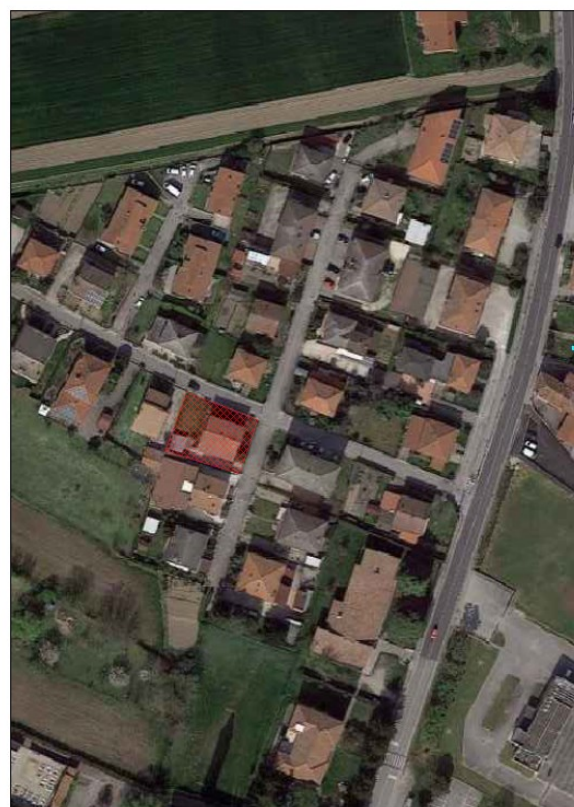


Figura 43 - Estratto di PRG e vista aerea

4.2 Coni Visuali

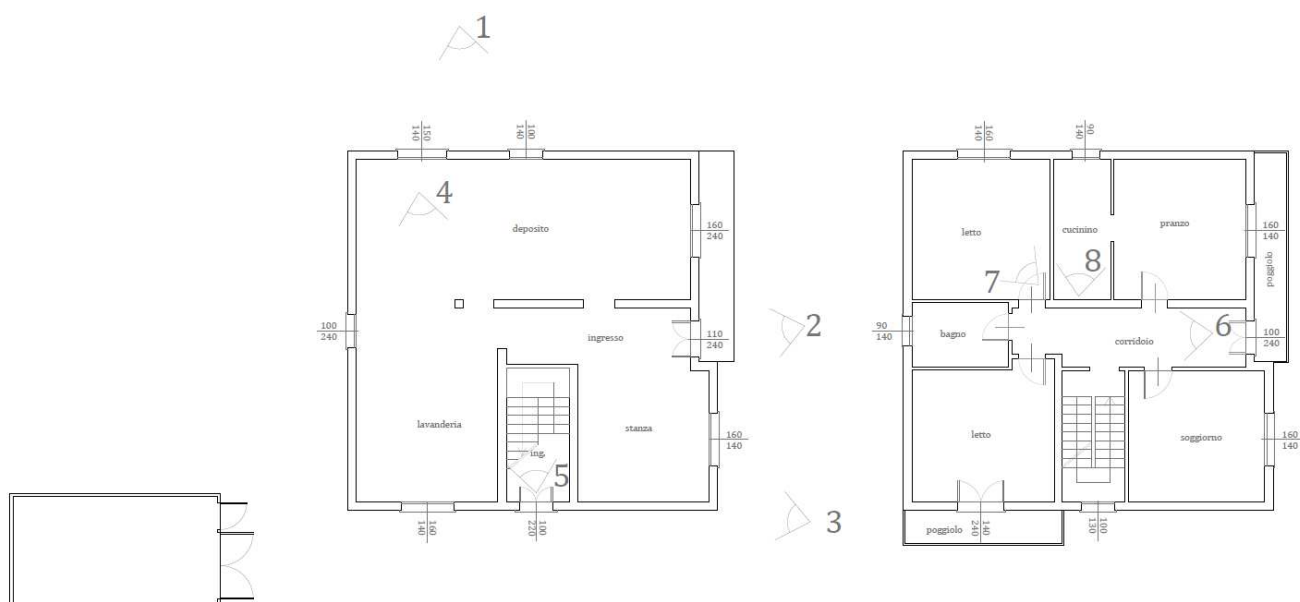


Figura 44 - Coni visuali piano terra e piano primo



Figura 45 - Cono visuale 1 - NORD



Figura 46 - Cono visuale 2 - EST



Figura 47 - Cono visuale 3 - SUD



Figura 48 - Cono visuale 4 – Deposito piano terra



Figura 49 - Cono visuale 5 – Vano scala



Figura 50 - Cono visuale 6 – Disimpegno piano primo



Figura 51 - Cono visuale 7 – Camera piano primo



Figura 52 - Cono visuale 8 – Cucinino piano primo



Figura 53 - Cono visuale 9 – Copertura

4.3 Analisi dello stato di fatto: Involucro edilizio

Nel seguente capitolo si illustrerà lo stato di fatto dell'edificio in questione, evidenziando in particolar modo limiti e criticità.

Il fabbricato è stato realizzato con una struttura portante in muratura e con solai interpiano in laterocemento di tipo Celersap; ha la copertura a due falde aventi struttura in legno e manto in coppi. L'edificio si sviluppa su due piani collegati mediante una scala interna. La superficie utile totale è pari a 214,99 m², suddivisi rispettivamente tra 97,73 m² del piano terra e 96,80 m² del primo piano e 20,46 m² del garage.

Si riportano di seguito le piante, sezioni e prospetti dell'immobile prima degli interventi effettuati.

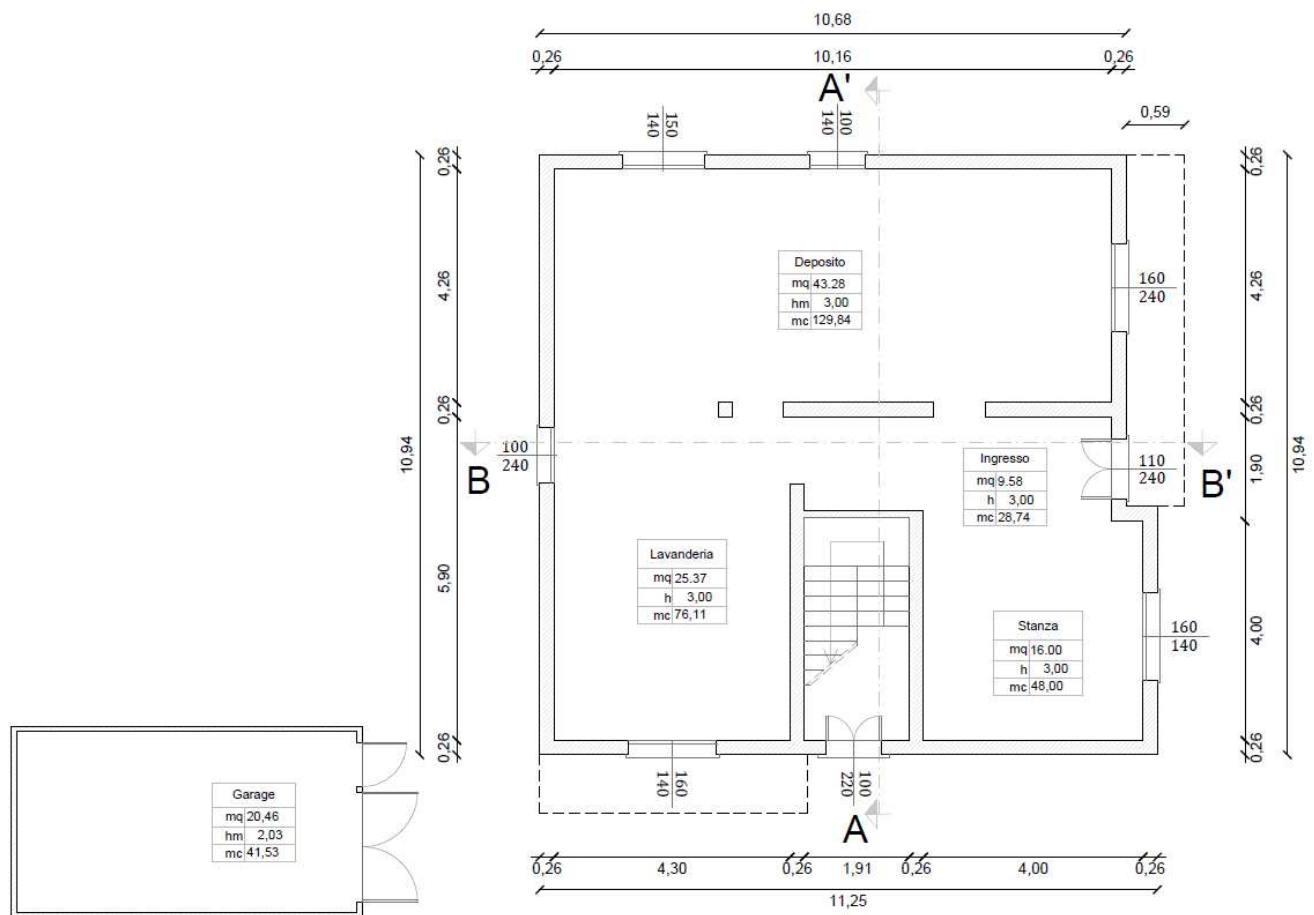


Figura 54 - Stato di fatto: piano terra



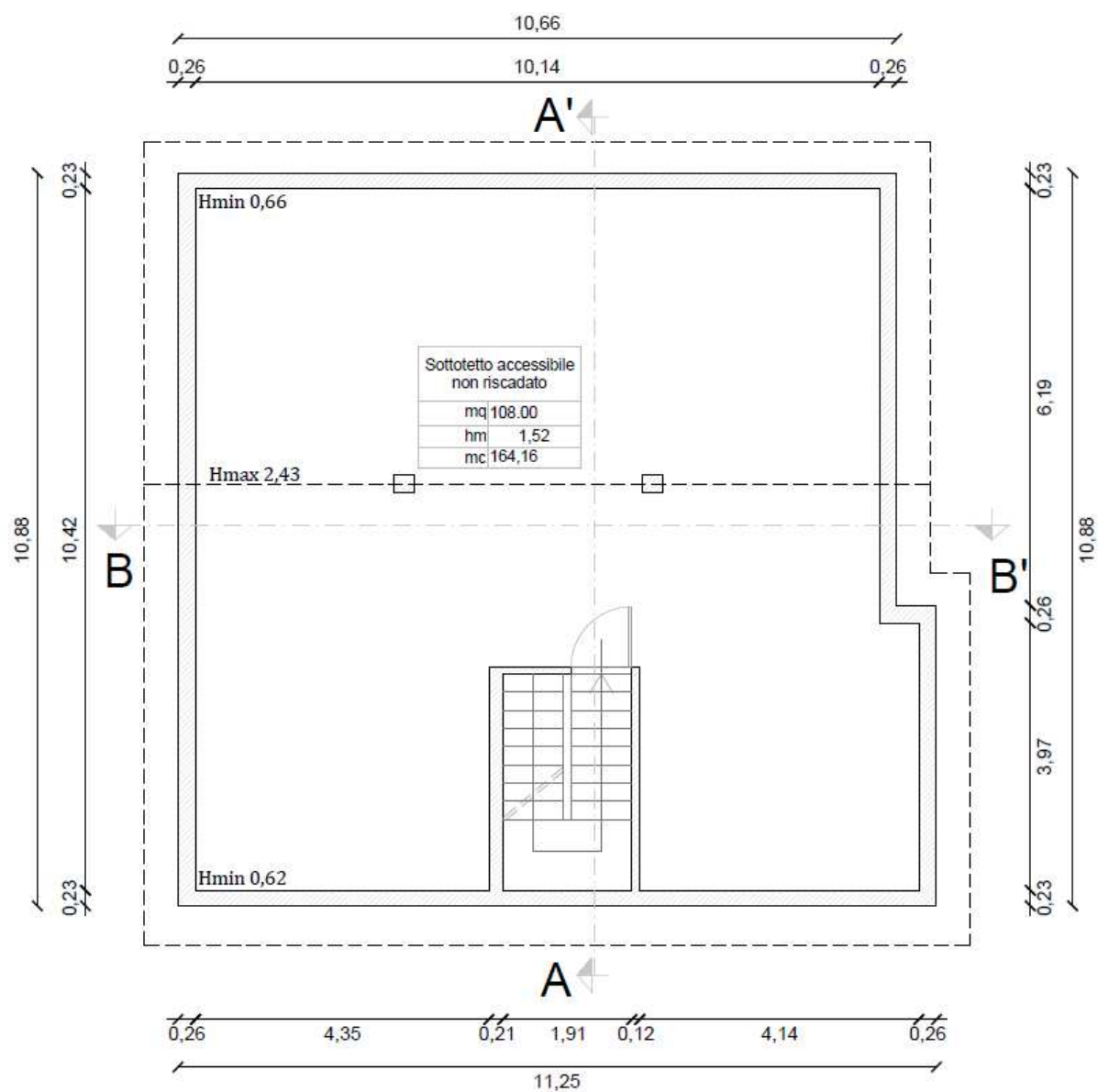


Figura 56 -Stato di fatto: piano sottotetto

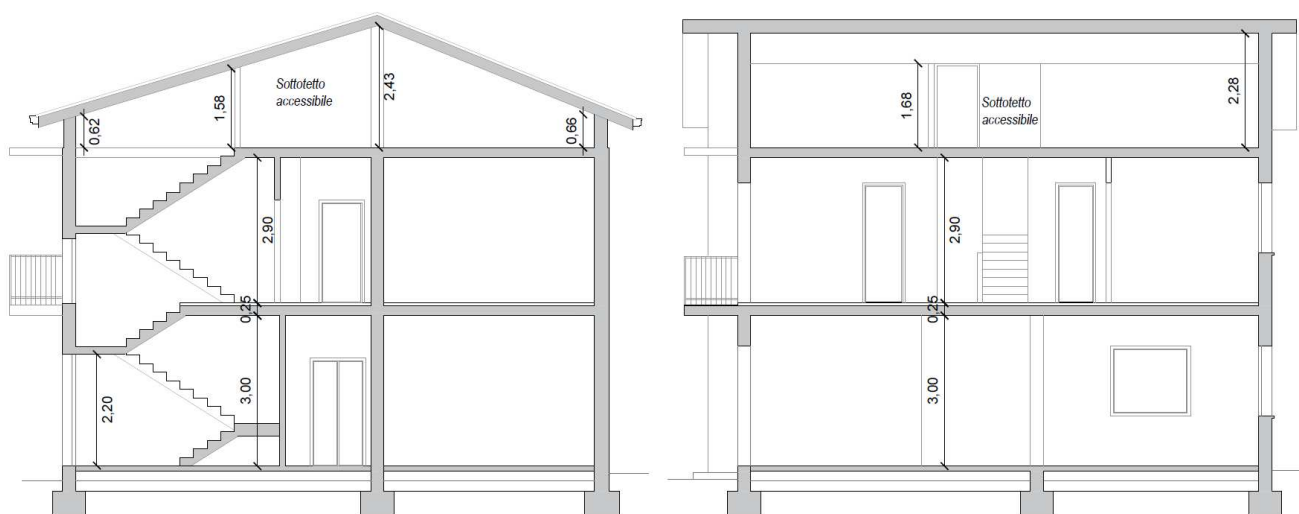


Figura 57 - Stato di fatto: sezione A-A, sezione B-B



Figura 58 - Stato di fatto: Prospetti Nord e Sud

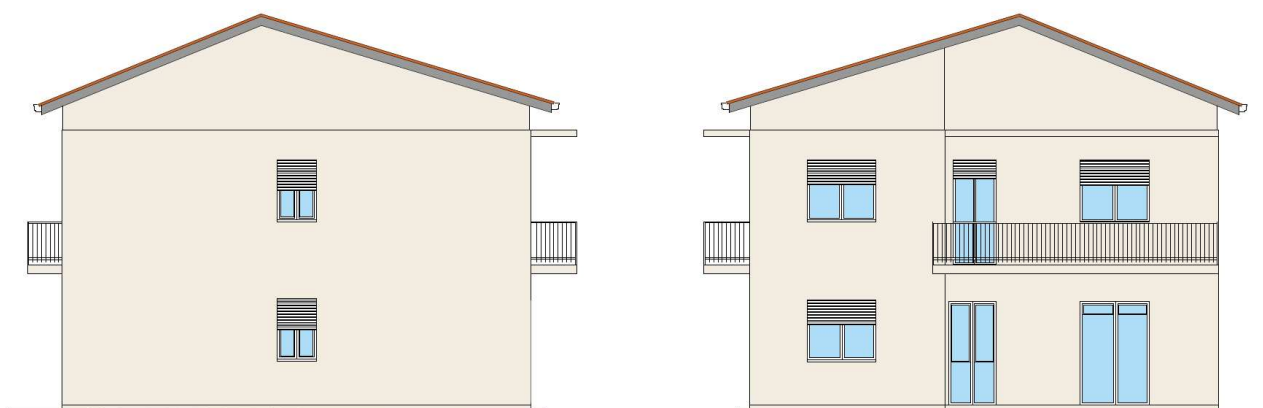


Figura 59 - Stato di fatto: Prospetti Est e Ovest

Il caso studio come abbiamo visto, è un edificio di costruzione antecedente al 1976 anno molto importante in quanto dalla Legge 373/76, "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici", si introducono per la prima volta in Italia, criteri sull'isolamento termico degli edifici e sulla progettazione degli impianti termici.

All'epoca della costruzione quindi non vi erano normative vigenti che imponessero alcun tipo di limite in merito alla dispersione energetica degli edifici: per questo motivo l'abitazione risulta sprovvista di un sistema di isolamento termico e gli impianti presenti, anche se modificati ed ammodernati nel corso del tempo, non sono affatto ad alta efficienza, soprattutto se confrontati con quelli disponibili oggi sul mercato.

I serramenti sono in legno con vetrocamera singola, ma non a taglio termico. Anche la copertura, la cui stratigrafia è facilmente osservabile ad occhio nudo accedendo al vano sottotetto, non presenta alcun tipo di isolamento e guaine impermeabilizzanti.

La climatizzazione invernale dell'abitazione è effettuata tramite un impianto a radiatori, alimentato da una caldaia di tipo tradizionale di potenza termica utile nominale pari a 27,8 kW. Il circuito dell'impianto di riscaldamento è costituito da sei radiatori in ghisa collegati in parallelo ad un collettore tramite tubazioni in multistrato.

4.4 Analisi dello stato di fatto: Performance energetica

Prima di procedere ad una analisi delle dispersioni e dell'efficienza energetica dell'abitazione nella situazione ante-intervento, è necessario comprendere cosa siano i carichi termici che si andranno a calcolare ed illustrare brevemente i parametri da cui essi dipendono.

Si definisce carico termico di un edificio il flusso termico globale che deve essere fornito o sottratto da un impianto di riscaldamento o di climatizzazione, per mantenere nell'edificio la temperatura interna di design, quando nell'ambiente esterno si hanno determinate condizioni climatiche. Il carico termico di un edificio varia istante per istante, perché sono continuamente variabili le condizioni esterne ed interne alle quali l'edificio è soggetto, come ad esempio: temperatura e umidità dell'aria esterna, velocità del vento, radiazione solare e carichi termici interni (ossia il contributo dovuto alla presenza di persone, macchinari, corpi illuminanti, etc.).

I carichi termici sono dunque legati allo scambio termico che l'edificio effettua con l'ambiente esterno, principalmente in tre modi:

- Dispersione attraverso la struttura per propagazione di calore attraverso l'involucro dell'edificio;
- Dispersione per infiltrazione o rinnovo di aria esterna;
- Flusso dovuto alla radiazione solare.

Essendo la legge per lo scambio termico attraverso le superfici (opache e vetrate) governata dalla legge riportata di seguito, risulta dunque evidente che sia necessario stabilire i parametri climatici della località che si sta considerando.

$$\dot{Q} = \sum U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

dove:

- U è la trasmittanza che viene misurata in Wm^2K e di si parlerà in modo più approfondito in seguito;
- T_i è la temperatura interna che deve essere considerata compatibile con le attività da svolgere all'interno degli ambienti (secondo norma UNI EN 12831);
- T_e è la temperatura esterna da considerare, riportata in appositi decreti e norme (es. UNI EN ISO 15927).

In Italia la temperatura esterna viene determinata in base alla suddivisione del territorio nazionale in sei zone climatiche, individuate in funzione del numero di gradi giorno (GG). Per ogni località, il numero di GG viene calcolato noto l'andamento tipico per la località considerata della temperatura media giornaliera T_{mg} come la somma, eseguita giorno per giorno lungo l'arco della stagione di riscaldamento, della differenza tra la temperatura interna T_i (posta nel caso invernale pari a 20 °C) e la T_{mg} .

Zona climatica	Gradi giorno	Alcuni esempi	Periodo di riscaldamento
 F	oltre 3000	Trento, Belluno, Cuneo	nessun limite (tutto l'anno)
E	da 2101 a 3000	Milano, Torino, Bologna	15 Ottobre - 15 Aprile
D	da 1401 a 2100	Roma, Firenze, Genova, Ancona	1 Novembre - 15 Aprile
C	da 901 a 1400	Napoli, Bari, Cagliari	15 Novembre - 31 Marzo
B	da 601 a 900	Catania, Palermo, Reggio Calabria	1 Dicembre - 31 Marzo
A	fino a 600	Lampedusa, Linosa, Porto Empedocle	1 Dicembre - 15 Marzo

Figura 60 - Suddivisione delle zone climatiche in funzione dei gradi giorno

Nella formula (1) compare il parametro U che rappresenta il coefficiente di trasmissione globale, anche detto “trasmittanza”. Per una parete piana composta da più strati omogenei in serie la trasmittanza si ricava dall'espressione generale:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \sum R + \frac{1}{C} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

dove:

- α_1 e α_2 sono i coefficienti di trasmissione superficiale (legati a convezione ed irraggiamento) nelle due facce della parete; α per una parete interna verticale si assume pari a circa $8 \text{ Wm}^2\text{K}$, mentre per una parete esterna in genere si considera $\alpha = 23 \text{ Wm}^2\text{K}$ (valori maggiori sono considerati nel caso di pareti d'angolo o in presenza di forti venti);
- $\sum \frac{s_i}{\lambda_i}$ è la somma delle resistenze termiche dei vari strati omogenei che compongono la parete (relativamente alle unità di misura ricordiamo che $[s]=\text{m}$ e $[\lambda]=\text{Wm}^2\text{K}$);
- R' è la resistenza specifica di uno strato (m^2KW);
- C' è la conduttanza specifica di uno strato (Wm^2K).

Come visibile dalla formula (1) la trasmittanza risulta direttamente proporzionale al carico termico $\dot{Q}$ dovuto alle dispersioni attraverso le pareti: dunque più U sarà elevata, più energia termica verrà dispersa attraverso l'involucro. Quindi, per poter contenere i consumi energetici finalizzati al riscaldamento degli ambienti è fondamentale l'utilizzo di pareti esterne le cui caratteristiche minimizzino il valore dotate della trasmittanza U.

4.5 Caratteristiche termiche e igrometriche dei componenti

Per redigere la relazione tecnica di calcolo (ex Legge 10) e APE dello stato di fatto, si utilizza il software Blumatica Energy (protocollato al Comitato Termotecnico Italiano secondo le UNI 10349 e le UNI/TS 11300) che consente di eseguire tutte le verifiche di legge per involucro e impianto previste dalle normative nazionali.

Componenti opachi:

Tipologia:	Pavimento Esterno	Confine:	Controtterra
Codice:	FONDAZIONE	Descrizione:	Pavimento su platea (45 cm)

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m ² K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,170
1	Piastrelle in ceramica	0,020	1,300	2300,00	840,00	200	0,015
2	Massetto in calcestruzzo alleggerito (900 kg/m ³)	0,040	0,580	900,00	1000,00	60	0,069
3	Calcestruzzo	0,200	1,150	1800,00	1000,00	100	0,174
4	Ghiaia grossa senza argilla (um. 5%)	0,200	1,200	1700,00	840,00	5	0,167
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	0,460					0,635

Legenda

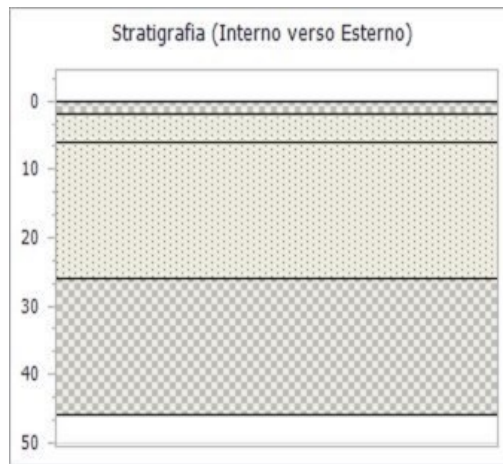
s Spessore dello strato
 ρ Massa volumica

λ Conducibilità termica del materiale
 μ Fattore di resistenza alla diffusione del vapore

c Calore specifico del materiale
R Resistenza termica degli strati

Parametri termici

Spessore	s	46	cm
Trasmittanza termica	U	1,575	W/m ² K
Resistenza termica	R	0,635	m ² K/W
Massa superficiale	M	782,00	Kg/m ²
Capacità termica	C	720,24	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,223	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	55,53	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	115,18	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,142	-
Sfasamento	ϕ	12,36	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	3,830	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	8,196	W/m ² K
Massa superficiale (esclusi intonaci)	M _s	736,00	kg/m ²



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	12,31	100,00	1430	1430	20,00	58,44	1366	2337
Febbraio	12,62	100,00	1460	1460	20,00	57,33	1340	2337
Marzo	14,96	100,00	1700	1700	20,00	59,29	1386	2337
Aprile	16,90	100,00	1924	1924	20,00	65,73	1536	2337
Maggio	19,06	100,00	2204	2204	19,06	70,84	1561	2204

Giugno	20,95	100,00	2477	2477	20,95	83,36	2065	2477
Luglio	21,76	100,00	2603	2603	21,76	88,52	2304	2603
Agosto	20,99	100,00	2484	2484	20,99	86,26	2143	2484
Settembre	19,42	100,00	2254	2254	19,42	72,04	1623	2254
Ottobre	16,94	100,00	1929	1929	20,00	73,38	1715	2337
Novembre	14,92	100,00	1695	1695	20,00	68,61	1603	2337
Dicembre	12,13	100,00	1413	1413	20,00	57,43	1342	2337

Legenda simboli

θ - Temperatura

ϕ - Umidità relativa

P - Pressione

Legenda pedici

i - Interna

e - Esterna

vap - Vapore

sat - Saturazione

Legenda unità di misura

$^{\circ}C$ - Gradi centigradi

% - Percentuale

Pa - Pascal

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1707	1675	1732	1920	1951	2581	2880	2678	2029	2144	2004	1678
$\theta_{si,min}$	$^{\circ}C$	15,02	14,73	15,25	16,86	17,12	21,62	23,42	22,22	17,74	18,61	17,54	14,75
$f_{R,si,min}$	[-]	0,353	0,286	0,057	-0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,546	0,517	0,334

Legenda

$P_{sat}(\theta_{si})$ Pressione di saturazione minima accettabile sulla superficie

$\theta_{si,min}$ Temperatura superficiale minima accettabile

$f_{R,si,min}$ Fattore di temperatura minimo accettabile sulla superficie

Mese critico:

Ottobre

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,746

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,732

Verifica muffa:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Non verificato

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1366	1340	1386	1536	1561	2065	2304	2143	1623	1715	1603	1342
$\theta_{si,min}$	$^{\circ}C$	11,60	11,32	11,82	13,39	13,64	18,02	19,77	18,61	14,25	15,10	14,05	11,34
$f_{R,si,min}$	[-]	-0,091	-0,177	-0,622	-1,127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,603	-0,169	-0,100

Legenda

$P_{sat}(\theta_{si})$ Pressione di saturazione minima accettabile sulla superficie

$\theta_{si,min}$ Temperatura superficiale minima accettabile

$f_{R,si,min}$ Fattore di temperatura minimo accettabile sulla superficie

Mese critico:

Maggio

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,750

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,732

Verifica condensa superficiale:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Non verificato

Tipologia: Parete Esterna

Confine: Esterno

Codice: PARETE

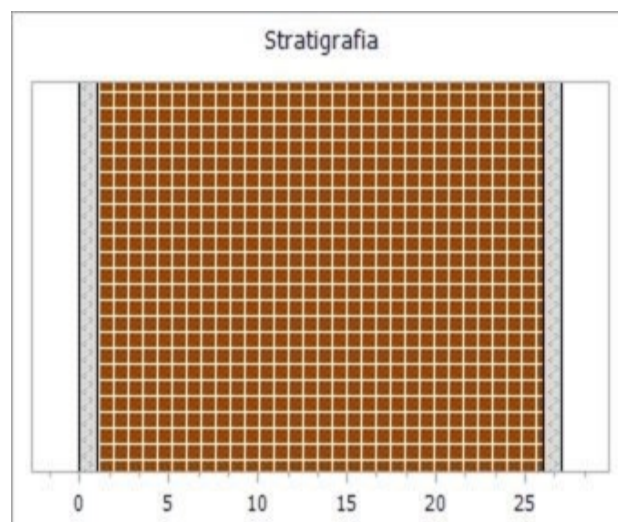
Descrizione: Muratura in Mattoni Pieni (27 cm)

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m ² K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,130
1	Intonaco di calce e gesso (interno)	0,010	0,700	1400,00	840,00	11	0,014
2	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 0,5%)	0,250	0,720	1800,00	740,00	7	0,347
3	Malta di calce o di calce e cemento	0,010	0,900	1800,00	840,00	27	0,011
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	0,270					0,543

Parametri termici

Spessore	s	27	cm
Trasmittanza termica	U	1,843	W/m ² K
Resistenza termica	R	0,543	m ² K/W
Massa superficiale	M	482,00	Kg/m ²
Capacità termica	C	359,88	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,766	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	67,51	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	103,60	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,416	-
Sfasamento	φ	7,70	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	4,319	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	6,857	W/m ² K
Massa superficiale (esclusi intonaci)	M _s	450,00	kg/m ²



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	2,90	87,58	659	752	20,00	58,44	1366	2337
Febbraio	3,60	83,22	658	790	20,00	57,33	1340	2337
Marzo	8,80	78,44	888	1132	20,00	59,29	1386	2337
Aprile	13,10	79,05	1191	1507	20,00	65,73	1536	2337
Maggio	17,90	67,64	1387	2050	18,00	75,68	1561	2063
Giugno	22,10	73,91	1965	2659	22,10	77,67	2065	2659
Luglio	23,90	74,36	2204	2964	23,90	77,73	2304	2964
Agosto	22,20	76,37	2043	2675	22,20	80,11	2143	2675
Settembre	18,70	68,54	1477	2155	18,70	75,32	1623	2155
Ottobre	13,20	90,56	1373	1517	20,00	73,38	1715	2337
Novembre	8,70	98,03	1102	1124	20,00	68,61	1603	2337
Dicembre	2,50	84,93	621	731	20,00	57,43	1342	2337

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1707	1675	1732	1920	1951	2581	2880	2678	2029	2144	2004	1678
$\theta_{si,min}$	°C	15,02	14,73	15,25	16,86	17,12	21,62	23,42	22,22	17,74	18,61	17,54	14,75
$f_{R,si,min}$	[-]	0,709	0,679	0,576	0,545	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,796	0,783	0,700

Mese critico:

Ottobre

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,796

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,760

Verifica muffa:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Non verificato

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1366	1340	1386	1536	1561	2065	2304	2143	1623	1715	1603	1342
$\theta_{si,min}$	°C	11,60	11,32	11,82	13,39	13,64	18,02	19,77	18,61	14,25	15,10	14,05	11,34
$f_{R,si,min}$	[-]	0,509	0,471	0,270	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,279	0,474	0,505

Mese critico:

Gennaio

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,709

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,760

Verifica condensa superficiale:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Tipologia: Solaio Sottotetto

Confine: Esterno

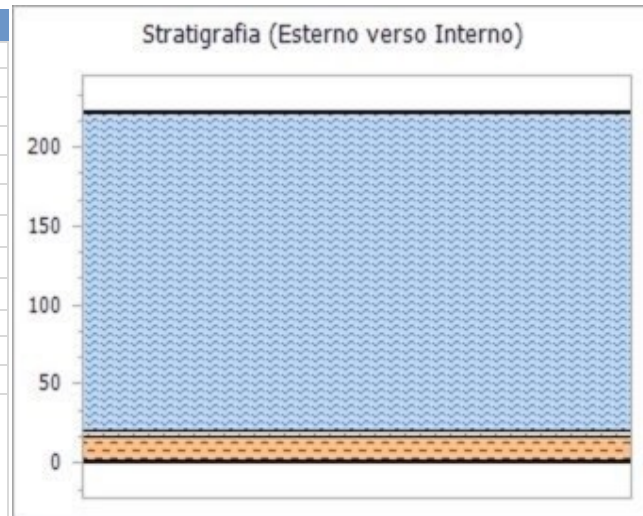
Codice: COP LAZZ

Descrizione: Copertura solaio e tavelle

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m²K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,100
1	Intonaco interno generico	0,010	0,700	1400,00	1000,00	11	0,014
2	Solaio a lastre tralicciate in c.a. (bausta) da 16 cm	0,160	-	2000,00	1000,00	100	0,340
3	Massetto in calcestruzzo alleggerito	0,040	1,080	1600,00	1000,00	60	0,037
4	Aria non ventilata 300 mm (flusso orizzontale)	2,000	-	1,30	1000,00	1	0,180
5	Tegole in terracotta	0,020	1,000	2000,00	800,00	30	0,020
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	2,230					0,731

Parametri termici			
Spessore	s	223	cm
Trasmittanza termica	U	1,367	W/m ² K
Resistenza termica	R	0,731	m ² K/W
Massa superficiale	M	440,60	Kg/m ²
Capacità termica	C	432,60	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,318	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	71,88	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	61,49	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,232	-
Sfasamento	φ	10,00	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	4,911	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	4,156	W/m ² K
Massa superficiale (esclusi intonaci)	M _s	426,60	kg/m ²



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	0,90	87,27	569	652	20,00	57,63	1347	2337
Febbraio	1,60	82,93	568	685	20,00	56,55	1322	2337
Marzo	6,80	78,18	772	988	20,00	57,37	1341	2337
Aprile	11,10	78,79	1041	1321	20,00	62,33	1457	2337
Maggio	15,90	67,43	1218	1806	18,00	70,93	1463	2063
Giugno	20,10	73,69	1733	2351	20,10	77,94	1833	2351
Luglio	21,90	74,14	1947	2626	21,90	77,95	2047	2626
Agosto	20,20	76,14	1802	2366	20,20	80,37	1902	2366
Settembre	16,70	68,33	1298	1900	18,00	73,47	1516	2063
Ottobre	11,20	90,27	1200	1330	20,00	69,00	1613	2337
Novembre	6,70	97,70	958	981	20,00	65,49	1530	2337
Dicembre	0,50	84,63	536	633	20,00	56,83	1328	2337

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1683	1652	1676	1821	1829	2291	2559	2377	1894	2016	1913	1660
$\theta_{si,min}$	°C	14,81	14,52	14,74	16,03	16,10	19,68	21,47	20,27	16,65	17,63	16,81	14,59
$f_{R,si,min}$	[-]	0,728	0,702	0,601	0,554	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,731	0,760	0,723

Mese critico:

Novembre

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,760

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,863

Verifica muffa:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1347	1322	1341	1457	1463	1833	2047	1902	1516	1613	1530	1328
$\theta_{si,min}$	°C	11,39	11,11	11,33	12,58	12,65	16,13	17,88	16,71	13,19	14,14	13,34	11,18
$f_{R,si,min}$	[-]	0,549	0,517	0,343	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,334	0,499	0,548

Mese critico:

Gennaio

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,749

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,863

Verifica condensa superficiale:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

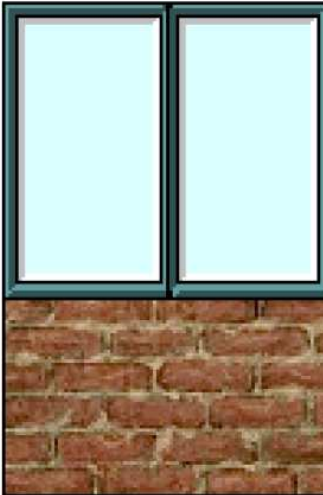
Verificato

Cod.	Tipologia serramento	Descrizione
IE06	Singolo	Legno vetro singolo

Dati vetro	
Tipo	Vetro singolo Vetro normale Gas:N.A.
Trasmittanza (U_g)	5,700 W/m ² K
Trasmittanza di energia solare ($g_{gl,n}$)	0,850

Dati telaio	
Tipo	Legno tenero (pino, abete, larice, douglas, hemlock) - spessore 50 mm
Trasmittanza (U_f)	2,000 W/m ² K

Dati infisso	
Trasmittanza (U_w)	5,000 W/m ² K
Fattore di telaio (F_f)	0,200





ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE CERTIFICATO: xxx

VALIDO FINO AL: 10 anni



DATI GENERALI

Destinazione d'uso

- ☒ Residenziale
☐ Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: E.1.1

Oggetto dell'attestato

- ☒ Intero edificio
☐ Unità immobiliare
☐ Gruppo di unità immobiliari

numero di unità immobiliari
di cui è composto l'edificio: 1

- ☐ Nuova costruzione
☐ Passaggio di proprietà
☐ Locazione
☐ Ristrutturazione importante
☐ Riqualificazione energetica
☐ Altro:

Dati identificativi



Regione: Veneto
Comune: ESTE
Indirizzo: via Sceriman, n. 5
Piano: T-1
Interno:
Coordinate GIS: 45,203507 ; 11,688064

Zona climatica: E
Anno di costruzione: 1967
Superficie utile riscaldata (m²): 196,61
Superficie utile raffrescata (m²): 0,00
Volume lordo riscaldato (m³): 820,03
Volume lordo raffrescato (m³): 0,00

Comune catastale	ESTE				Sezione	Foglio	31	Particella	1168
Subalterni	da	2	a	3	da	a		da	a
Altri subalterni									

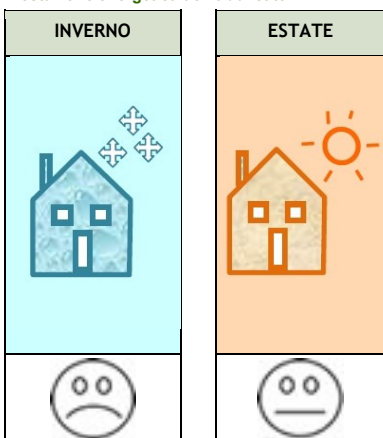
Servizi energetici presenti

- ☒ Climatizzazione invernale
☐ Ventilazione meccanica
☐ Illuminazione
☐ Climatizzazione estiva
☒ Prod. acqua calda sanitaria
☐ Trasporto di persone o cose

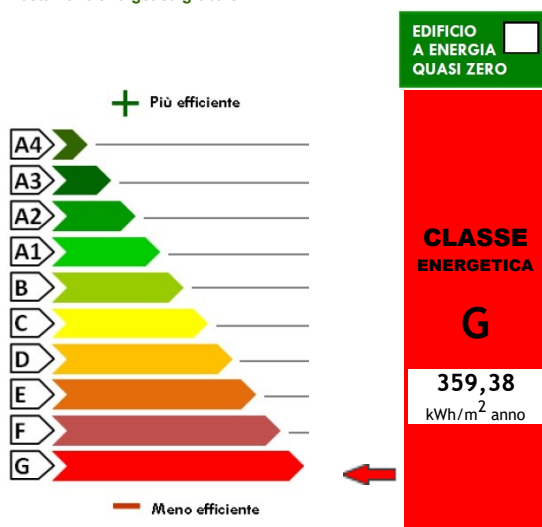
PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato



Prestazione energetica globale



Riferimenti

Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:

se nuovi:

A1

70,31

kWh/m² anno

CAPITOLO 5 – Progetto di ristrutturazione e riqualificazione energetica

5.1 Ristrutturazione architettonica

Come citato in precedenza, l'edificio è stato progettato e costruito alla fine degli anni '60, perciò con una concezione degli spazi interni molto differente da come si usa fare nei giorni odierni. Di conseguenza, ancor prima di fare considerazioni a livello di coibentazione e scelte tecnologico-impiantistiche, si è voluto riprogettare gli spazi, sia per quanto concerne i locali interni che anche quelli esterni, andando a modificare anche le forometrie e di conseguenza i prospetti dell'abitazione.

Per prima cosa si è deciso di demolire il garage inutilizzato che si trovava nel retro del lotto, la cui cubatura guadagnata verrà sfruttata per effettuare una sopraelevazione del piano sottotetto in maniera da renderlo abitabile. Col fine di ricavare un posto auto esterno ma allo stesso tempo coperto, si è realizzato un pergolato con struttura in acciaio sul prospetto Est che si affaccia proprio sulla strada principale che da accesso alla casa. Inoltre, sul prospetto Ovest che rappresenta la parte posteriore della casa, si è voluto realizzare un porticato, il quale garantisce la possibilità di stare all'aperto in comodità e nel rispetto della propria privacy.

L'altro intervento importante che si è scelto quello di demolire completamente la copertura la quale era in stato di degrado elevato per ricostruirla con materiali e tecniche nuove.

Inoltre sulla base di questa premessa si è voluto sfruttare la LR 14/2019 (nuovo Piano Casa, Veneto 2050), in particolare l'art.7 la quale afferma: *“Sono consentiti interventi di riqualificazione, sostituzione, rinnovamento e densificazione del patrimonio edilizio esistente con possibilità di incremento fino al 25 per cento del volume o della superficie esistente in presenza delle seguenti condizioni:*

- a) che per la ricostruzione vengano utilizzate tecniche costruttive che consentano di certificare la prestazione energetica dell'edificio almeno alla corrispondente classe A1;*
- b) che vengano utilizzate tecnologie che prevedono l'uso di fonti di energia rinnovabile con una potenza incrementata di almeno il 10 per cento rispetto al valore obbligatorio ai sensi dell'Allegato 3 del decreto legislativo n. 28 del 2011”.*

L'idea dunque è quella di sfruttare questo strumento urbanistico per aumentare l'altezza, e di conseguenza il volume, da quello che era il sottotetto accessibile per dare vita ad una mansarda, un locale tecnico e anche un terrazzo esterna parzialmente coperta.

Si riportano le tabelle con le superfici e volumi dello stato di fatto e dello stato di progetto per verificare che l'incremento di volume rispetta i limiti della legge regionale e dimostrare la fattibilità dell'intervento:

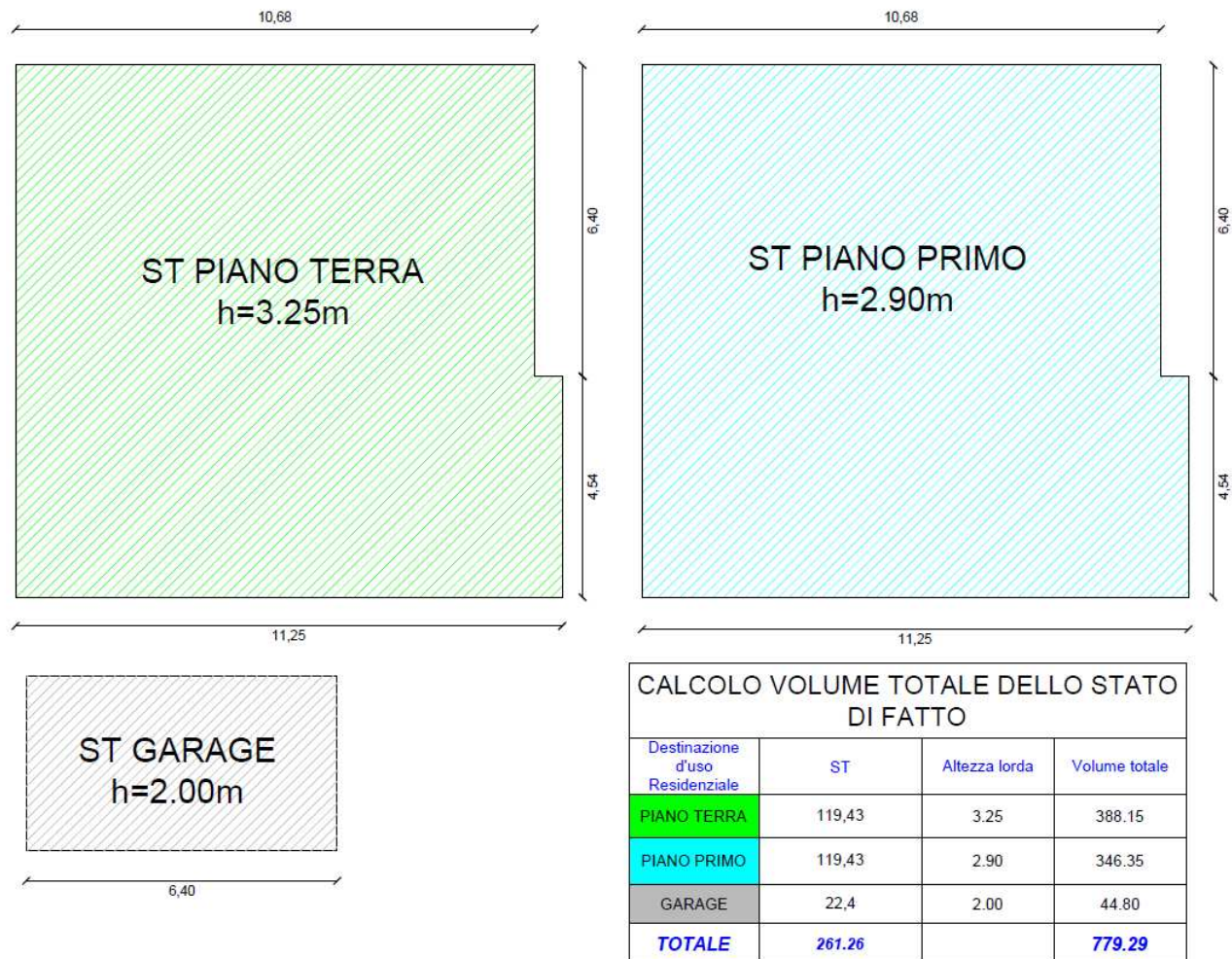


Figura 61 - Calcolo del volume dello stato di fatto

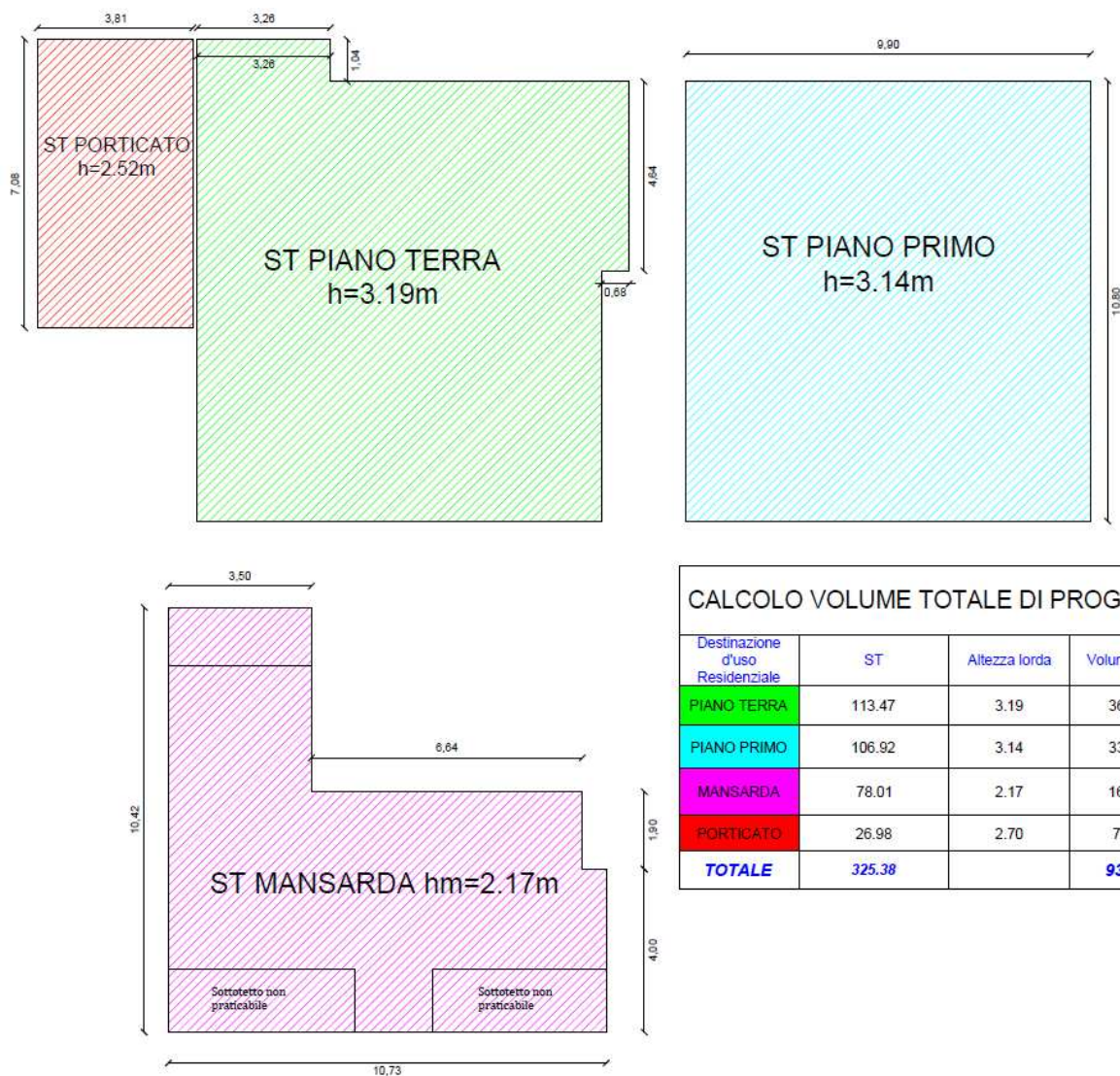


Figura 62 - Calcolo del volume dello stato di progetto

Cubatura ammessa Lg. reg. Veneto 2050				
Articolo	Percentuale ampliamento Volumetrico ammesso	Volume esistente	Incremento Volumetrico ammesso	Volume Utilizzato a progetto
Art. 7 comm. 1	25	779.29	194.82	160,53
TOTALE =			194,82	160,53
<u>TOTALE Volume residenziale esistente = MC</u>			779.29	
<u>TOTALE Volume residenziale ammesso = MC</u>			974.11	
<u>TOTALE Volume residenziale in progetto = MC</u>			939.82	
<u>TOTALE Volume residenziale UTILIZZATO = MC</u>				160.53

Figura 63 - Calcolo della cubatura ammissibile

Come evidenziato nell'ultima tabella, l'incremento di volume utilizzato a progetto (pari a 160,53 m³) rispetta il limite fissato del 25% di volume dello stato di fatto (pari a $779,29 \times 0,25 = 194,82$ m³).

Ricostruzione della copertura in legno

Dopo aver verificato la fattibilità dell'intervento, si è deciso di realizzare la copertura a due falde con struttura in legno ad orditura semplice, composta da travi principali in legno lamellare di classe GL24h con passo 70 cm, su cui verrà inchiodato un tavolato di 3 cm, e sopra verrà completato il pacchetto con isolamento, guaina, manto di copertura e lattonerie.

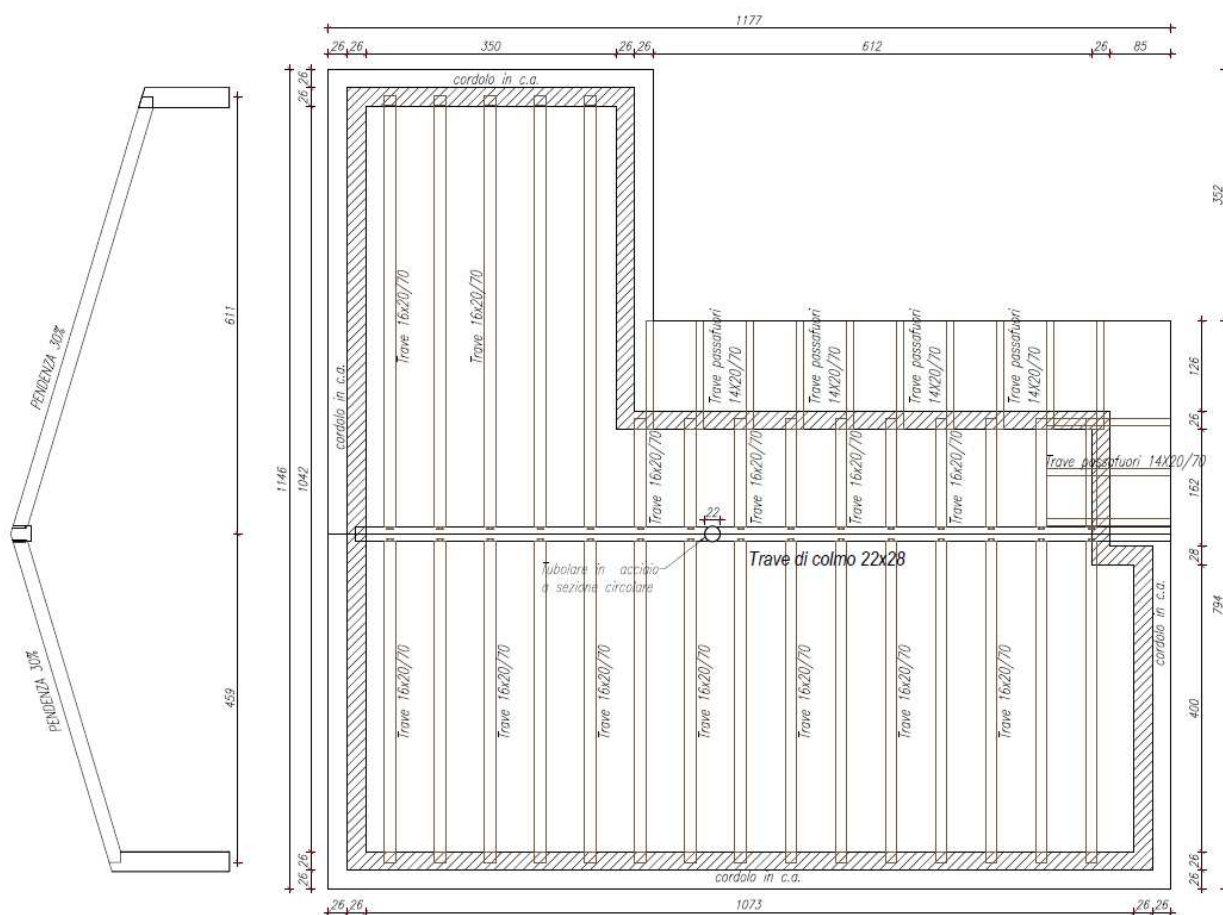


Figura 64 - Carpenteria di copertura

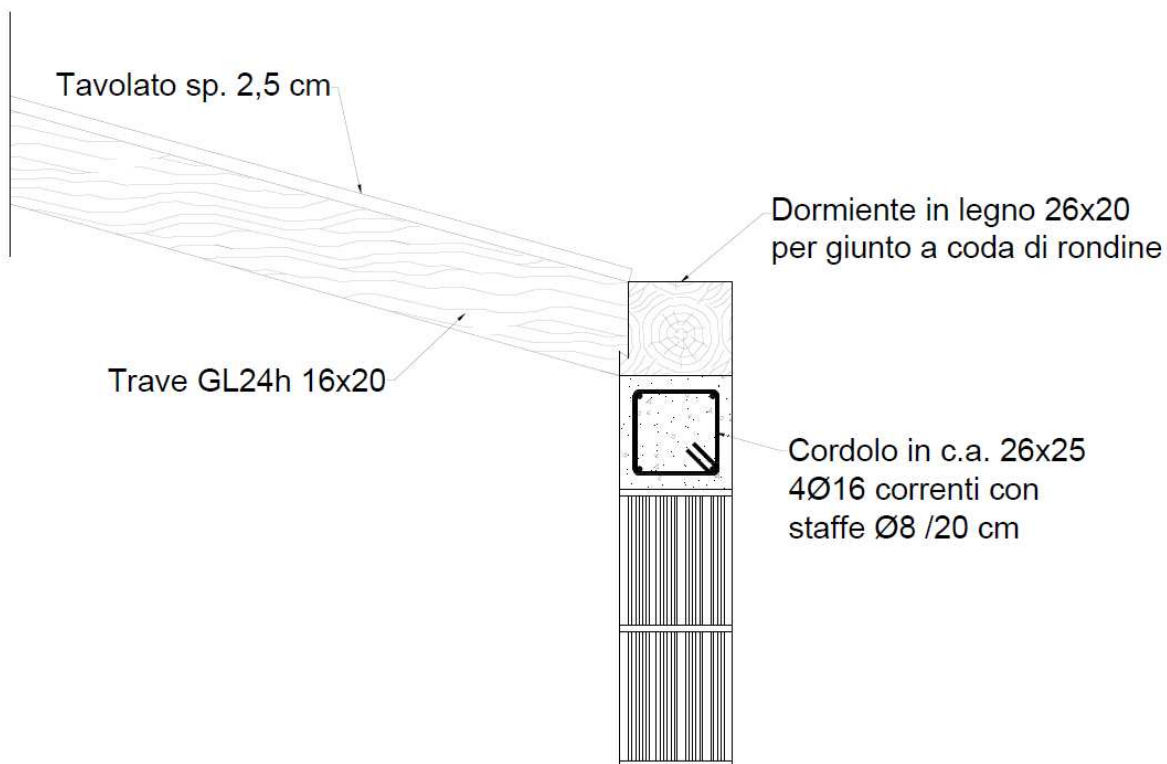


Figura 65 - Particolare costruttivo del nodo trave-parete

A seguito dei sopra citati interventi, si allegano piante prospetti e sezioni dell'edificio nello stato di progetto, tutti completi con una ipotesi di arredamento degli spazi interni, metri quadri, cubi e il valore aeroilluminante (R.A.I.) dato dal rapporto tra la superficie finestrata utile e la superficie del pavimento di ogni singolo locale.

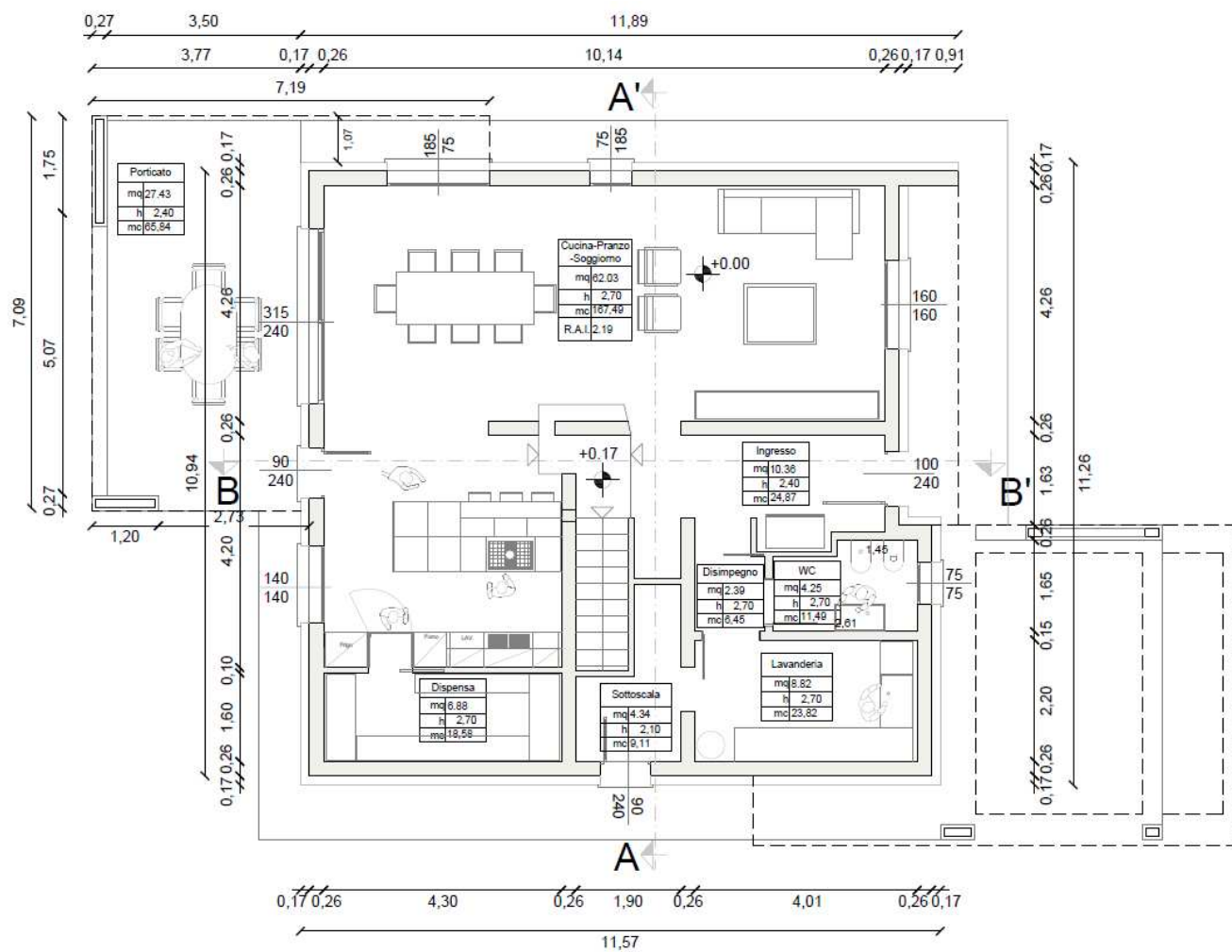


Figura 66 - Stato di progetto: piano terra

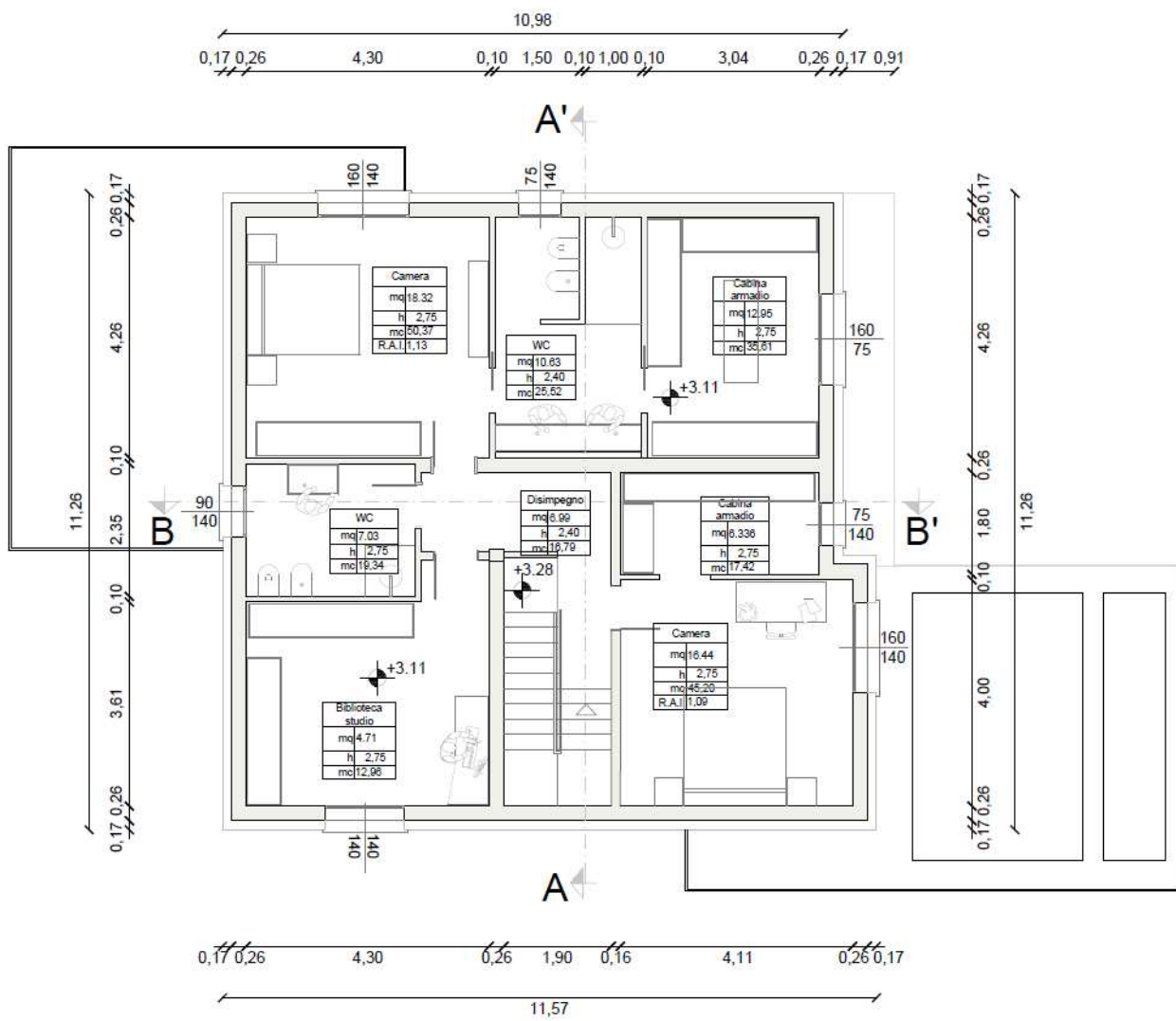


Figura 67 - Stato di progetto: piano primo

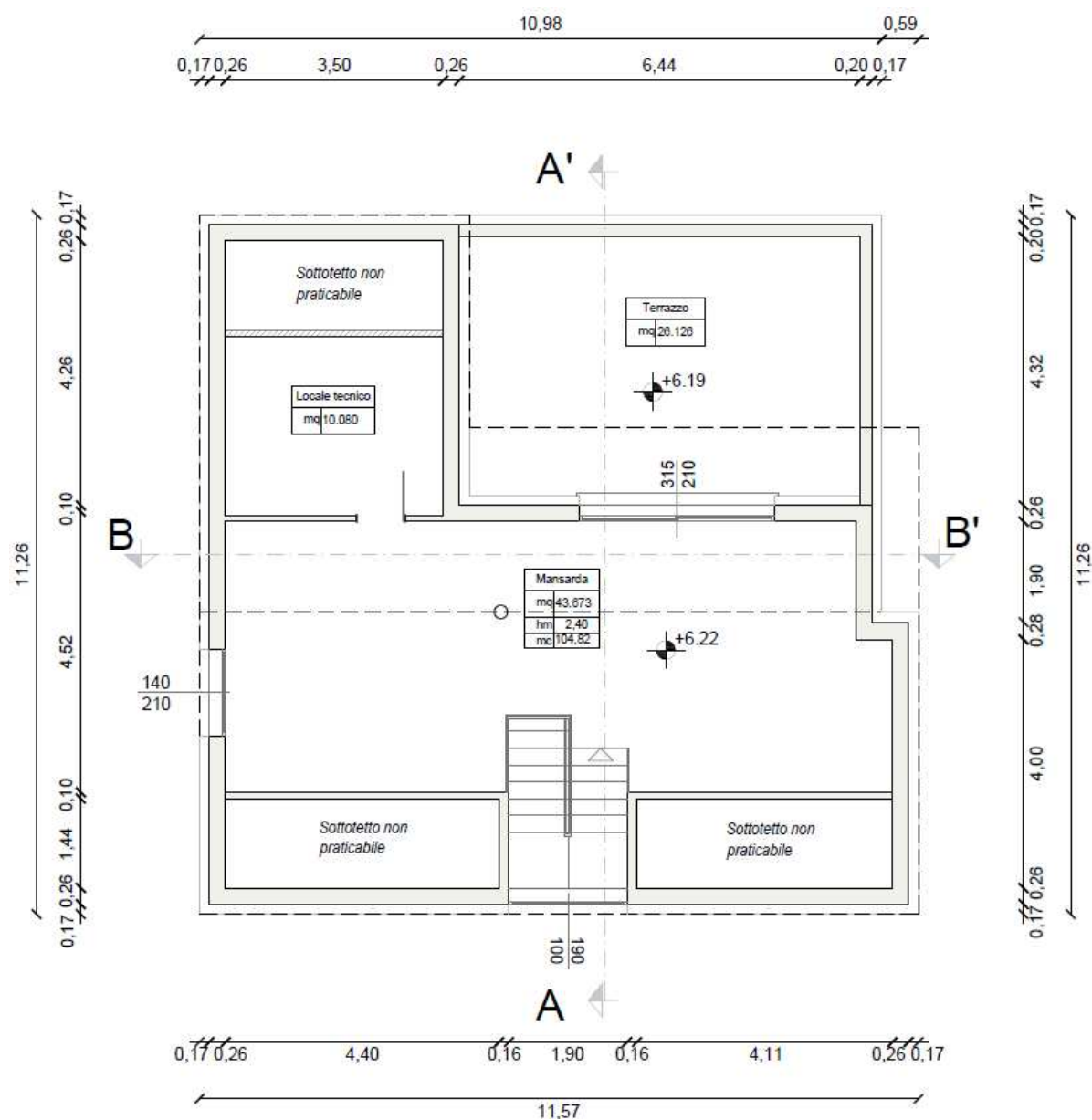


Figura 68 - Stato di progetto: piano mansarda

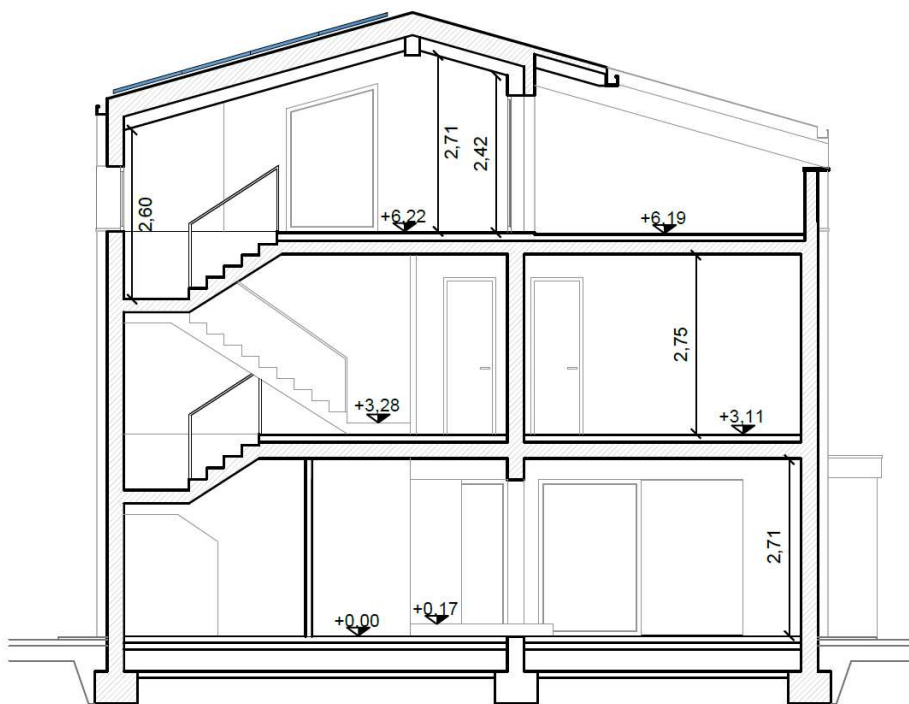


Figura 69 - Stato di progetto: sezione A-A

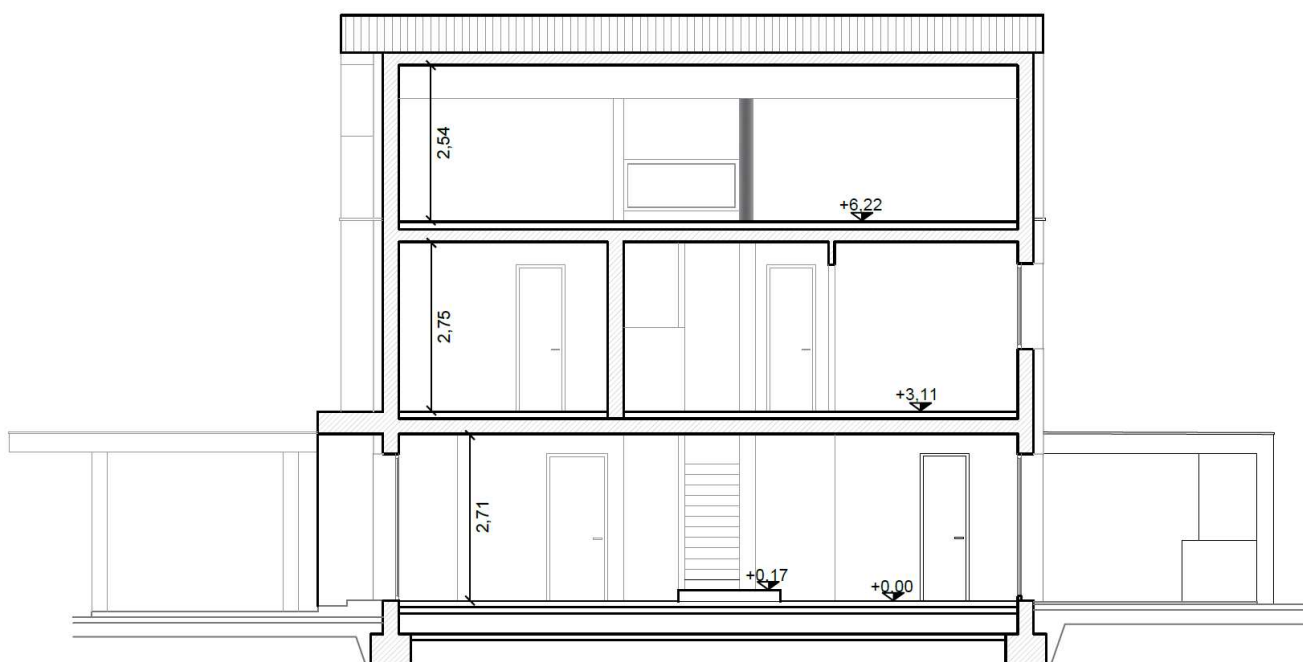


Figura 70 - Stato di progetto: sezione B-B



Figura 71 - Stato di progetto: prospetto Est



Figura 72 - Stato di progetto: prospetto Ovest

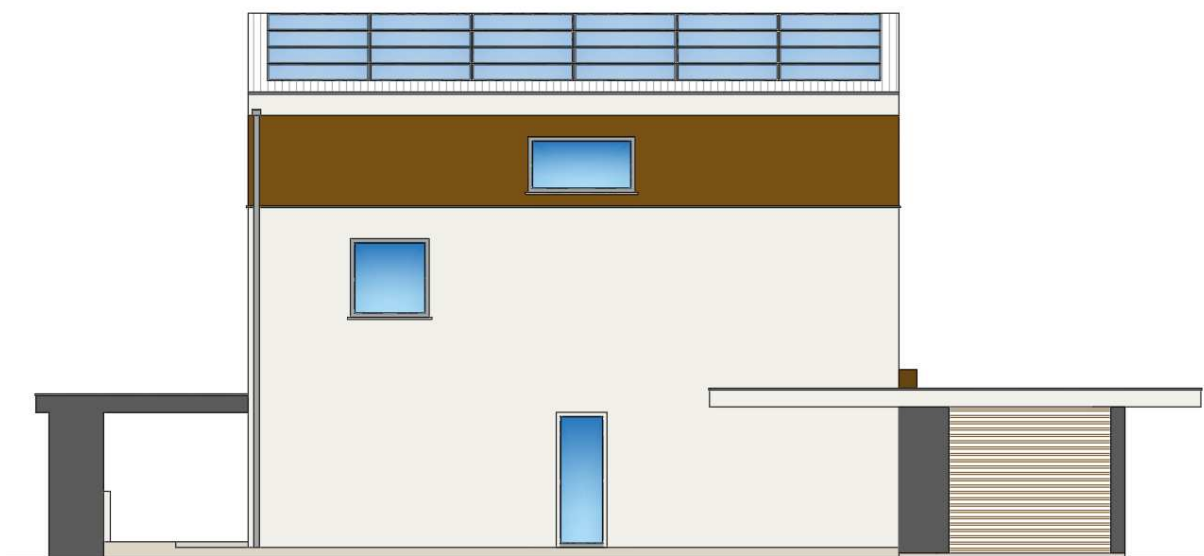


Figura 73 - Stato di progetto: prospetto Sud



Figura 74 - Stato di progetto: prospetto Nord

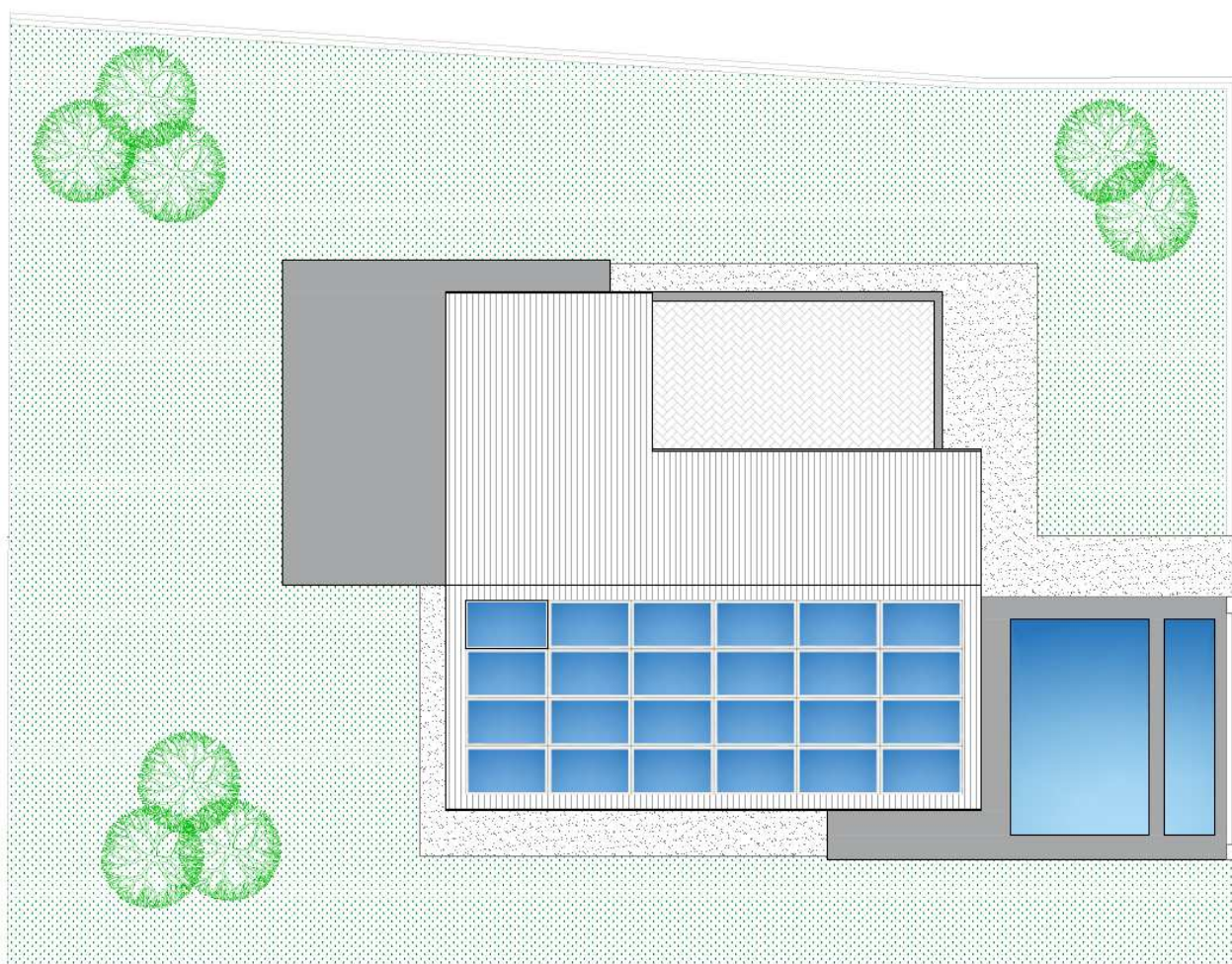


Figura 75 - Stato di progetto: planimetria lotto

5.2 Riqualificazione energetica

A seguito dell'analisi eseguita nel punto precedente, si può concludere che gli interventi di riqualificazione energetica proposti per il caso in esame sono i seguenti:

1. art. 4.12 lettera. a)

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato.

L'intervento è riferito a:

- Strutture opache orizzontali: isolamento solaio controterra, isolamento copertura.
- Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali.

2. art. 4.12 lettera. b)

Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato.

- L'intervento è stato esteso a tutti i serramenti esistenti.

3. art. 4.12 lettera. g)

Installazione di tecnologie di building automation.

- Installazione di sistemi per la regolazione delle apparecchiature in centrale termica e per la termoregolazione ambiente all'interno dei locali.

4. art. 4.12 lettera. h)

Sostituzione impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione invernali dotati di pompe di calore, elettriche o a gas, utilizzando energia aerotermica, idrotermica o geotermica.

- E' prevista la sostituzione del generatore di calore esistente con una pompa di calore Aquarea Alta Performance Split Generazione H Trifase da 9 kW.

Isolamento in fondazione

Per definire con quale strategia intervenire si è fatto riferimento alla relazione geologica, un'indagine geognostica-sismica atta alla definizione delle caratteristiche geotecniche e sismiche dei terreni. Dai risultati si legge che dalla quota del piano campagna fino a circa 5 metri di profondità sono presenti argille sabbiose compatte, da 5 a 7 metri argille e infine da

7 fino a 12 metri sabbie. Sulla base di questi dati possiamo affermare che i primi due strati di terreno sulla quale appoggia la fondazione a travi rovesce dell'edificio è di natura coesiva quindi per definizione molto spesso satura d'acqua.

Per scongiurare fenomeni di degrado causati dalla possibile umidità di risalita, si sceglie di creare un vespaio aerato attraverso un sistema ad igloo. Il vespaio aerato con igloo non è altro che una sottostruttura che viene accoppiato alla fondazione con la doppia funzione di mantenere la casa più asciutta ed allontanare l'eventuale gas Radon dagli ambienti abitativi.

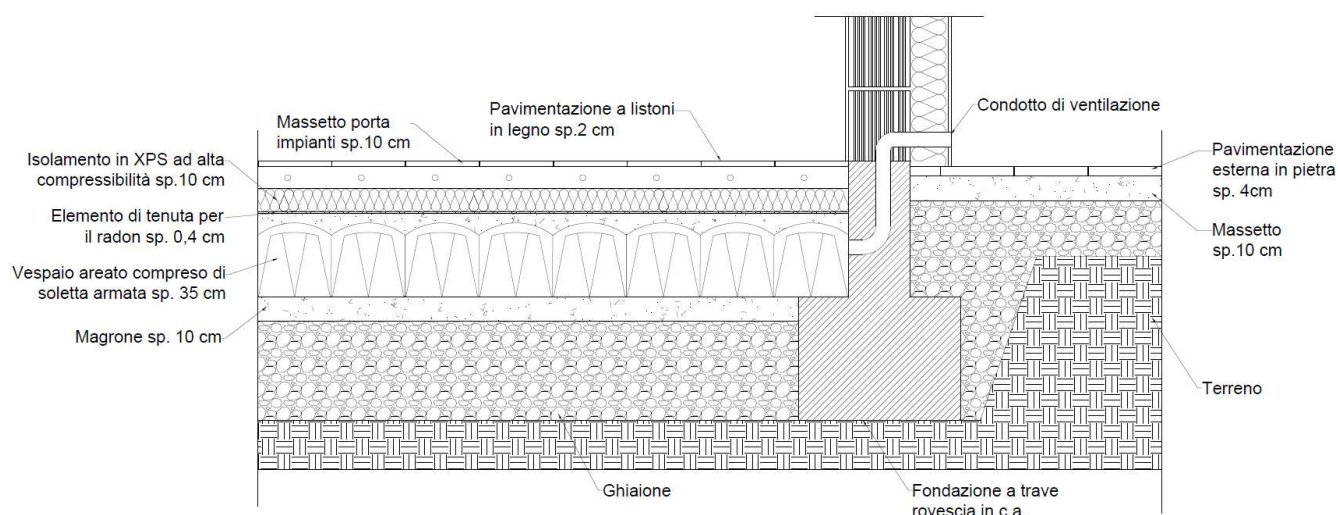


Figura 76 - Particolare costruttivo di fondazione

Si tratta di una cavità inserita a livello delle fondazioni e resa comunicante con l'esterno attraverso delle prese d'aria nella quale si instaurano dei moti convettivi che avrebbero lo scopo di allontanare l'umidità e il gas Radon. Se infatti collochiamo le prese d'aria sul lato sud il più esposte al sole possibile, l'aria presente all'interno delle prese si scalderebbe durante il giorno e tenderebbe a salire verso l'alto, creando un vuoto dietro di sé. Questo effetto di espulsione di aria calda dal lato sud provocherebbe inevitabilmente una depressione all'interno del vespaio che si risolverebbe nell'aspirazione di nuova aria da prese d'aria che si è provveduto ad inserire lungo il lato nord e in basso.

Il continuo ricircolo di aria all'interno del vespaio favorirebbe così l'espulsione dell'umidità e del gas Radon.

Isolamento a cappotto delle pareti esterne

L'intervento di riqualificazione proposto consiste nell'isolamento "a cappotto" delle pareti perimetrali mediante la posa di pannelli in polistirene additivato con grafite (aventi conducibilità termica dichiarata λ_d pari a 0,031 W/mK) di spessore pari a 16 cm.

Tale intervento è previsto per tutte le pareti perimetrali dell'edificio, fino al raccordo con la copertura. In corrispondenza delle finestre si procederà al riporto dell'isolamento verso l'interno per arrivare a battuta contro il serramento, scongiurando possibili ponti termici. Il processo di installazione del rivestimento termo-isolante è così svolto:

Fase preliminare

Accurata pulizia delle superfici in muratura, lavaggio a pressione al fine di asportare parti incoerenti della struttura, che dovrà essere trattata con apposito fissativo consolidante in miscela solvente, diluito dal 30% al 50% con apposito diluente.

Strato di EPS additivato con grafite, SP 16 cm

L'allineamento di partenza e contenimento del sistema verrà realizzato mediante l'applicazione meccanica, per mezzo di tasselli ad espansione, di un profilato in lega di alluminio (profilo di partenza) perimetralmente al piano terra dell'edificio.

Nel caso di partenze contro-terra saranno seguite le indicazioni contenute nel manuale tecnico di installazione. Applicazione di pannelli isolanti in polistirene espanso sinterizzato additivato con grafite a norma UNI EN ISO 13163, conducibilità termica 0,031 W/mK (UNI 7357), reazione al fuoco classe 1 (UNI 8457), resistenza a compressione 100/120 KPa (UNI 6350), resistenza a trazione min 170 KPa (UNI 8071) dimensione cm 100 x 50 per lo spessore previsto.

L'ancoraggio dei pannelli alle superfici di facciata (posati in orizzontale partendo dal basso e con le fughe verticali sfalsate), verrà realizzato mediante stesura di malta adesiva a base di resine sintetiche, per cordoli lungo il perimetro della lastra e per punti centrali assicurando una corretta adesione perimetrale del pannello isolante al supporto e buona planarità.

Realizzazione delle sigillature con apposito sigillante acrilico intumescente sovra verniciabile a copertura delle guarnizioni elastiche precedentemente posate per la compensazione dei movimenti di ritiro e dilatazione, in prossimità di ogni nodo critico del sistema.

Fissaggio Meccanico

Da realizzarsi con appositi tasselli ad espansione, garantendo una profondità di ancoraggio di almeno 4 cm nel supporto murario.

I tasselli dovranno essere certificati alle norme ETA, tipo NTU ad espansione con chiodo in acciaio zincato mediante galvanizzazione e testa del chiodo in materiale sintetico certificato ETA-05/009 o i tasselli C1- CF a battere in polietilene ad alta densità.

Intonaco sottile armato

I pannelli isolanti saranno rivestiti in opera con malta rasante in cui verrà annegata la rete in tessuto di fibra di vetro antialcalina e antidemagliante. La sovrapposizione dei teli di rete dovrà essere di circa 10-15 cm in prossimità dei risvolti, già protetti con profili paraspigoli.

Lo strato armato verrà completato con una successiva rasatura a completo essiccamento del primo strato di malta a completa copertura della rete.

Rivestimento di finitura

A strato completamente asciutto, verrà applicato a spatola in una sola mano e successivamente frattazzato, uno strato continuo di rivestimento granulato da 1,2 mm. E' consigliato un colore di finitura chiaro, o comunque con un indice di riflessione alla luce superiore a 25 % per spessori di isolante fino a cm 10.

Dovranno essere previste fasce di interruzione orizzontali e verticali, al fine di non evidenziare difetti derivanti da riprese di applicazioni.

Durante l'applicazione la temperatura ambiente deve essere compresa fra i +5°C ed i +35°C con umidità relativa non superiore all'80%.

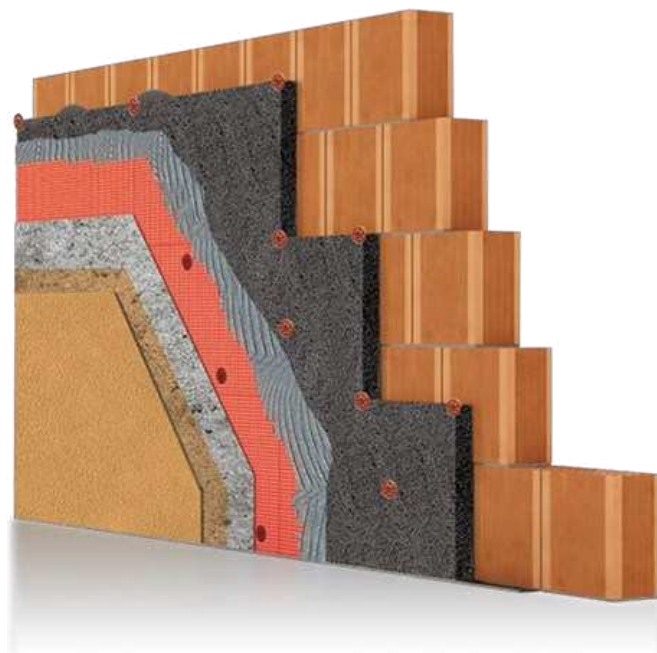


Figura 77 - Cappotto esterno in EPS

Sostituzione dei serramenti

Si effettua la sostituzione dei vecchi serramenti esistenti con serramenti in legno-alluminio accoppiati a vetrocamera con gas argon, basso emissivo per un maggior guadagno energetico dovuto all'irraggiamento solare e canalina per evitare problemi di condensa all'interno del vetro camera dovuti all'escursione termica.

La soglia sarà a taglio termico per la tenuta all'aria ed eliminazione di ponti termici, mentre il traverso inferiore del telaio presenta scanalature che fungono da scarico acqua per cui non sarà necessario gocciolatoio.

Riassumendo le caratteristiche prestazionali:

- Trasmittanza media dei telai $U_f = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza centrale dei vetri $U_g = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza lineare del distanziale $K_d = 0,06 \text{ W/mK}$
- Potere Fonoisolante $R_w = 39 \text{ dB}$
- Permeabilità all'aria (secondo EN 1026:2001 E UNI EN 12207:2000) : 4
- Tenuta all'acqua (secondo EN 1027:2001 E UNI EN 12208:2000) : 9A
- Resistenza al vento (secondo EN 12211:2001 E UNI EN 12210:2000) : C5

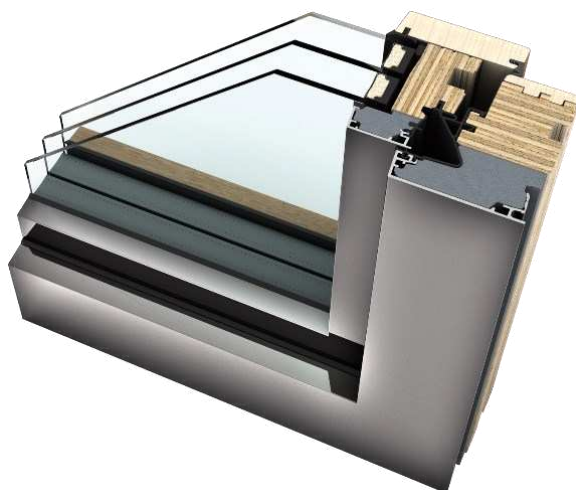


Figura 78 - Dettaglio del telaio in legno-alluminio

Per incrementare ulteriormente in modo significativo le prestazioni termiche dei serramenti è necessario intervenire non solo sulle caratteristiche del vetro, ma anche sul materiale del telaio e di tutto il giunto in generale. Proprio per questa ragione si è scelto di utilizzare la soluzione con telaio Thermocassa, il quale ha già il cassonetto per frangisole integrato.

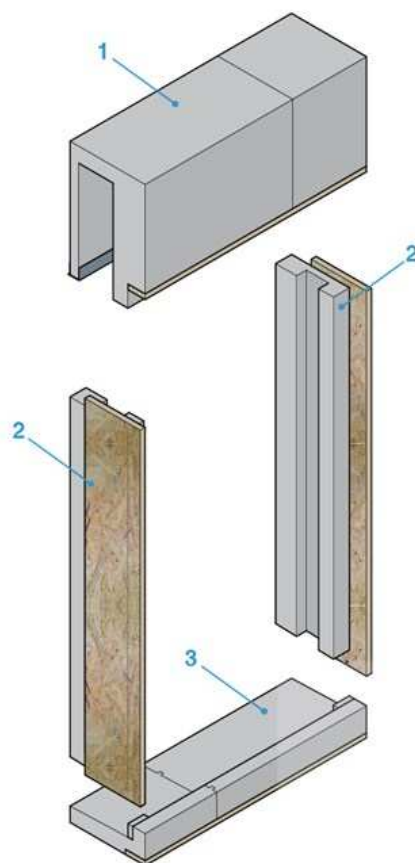


Figura 79 - Particolare costruttivo della Thermocassa

1. Cassonetto per frangisole compreso di profilo di rinforzo con veletta, pannello esterno in OSB dove alloggerà il serramento.
2. Spalle laterali in EPS comprese di guida per frangisole, retine porta intonaco e pannello esterno in OSB per sede del serramento.
3. Sottobancale con taglio termico e pannello esterno in OSB per appoggio del serramento.

Il vano dove sarà alloggiato il frangisole è situato il più possibile verso l'esterno aumentando di conseguenza la quantità di isolante nella parte interna sopra al serramento ottenendo un notevole abbassamento dei valori di trasmittanza termica dell'intero blocco. La presenza di EPS sul fronte dell'infisso, alla stessa maniera dei laterali nelle spalle, garantisce un'importante miglioria termica ed estetica in omogeneità alle costruzioni verticali.

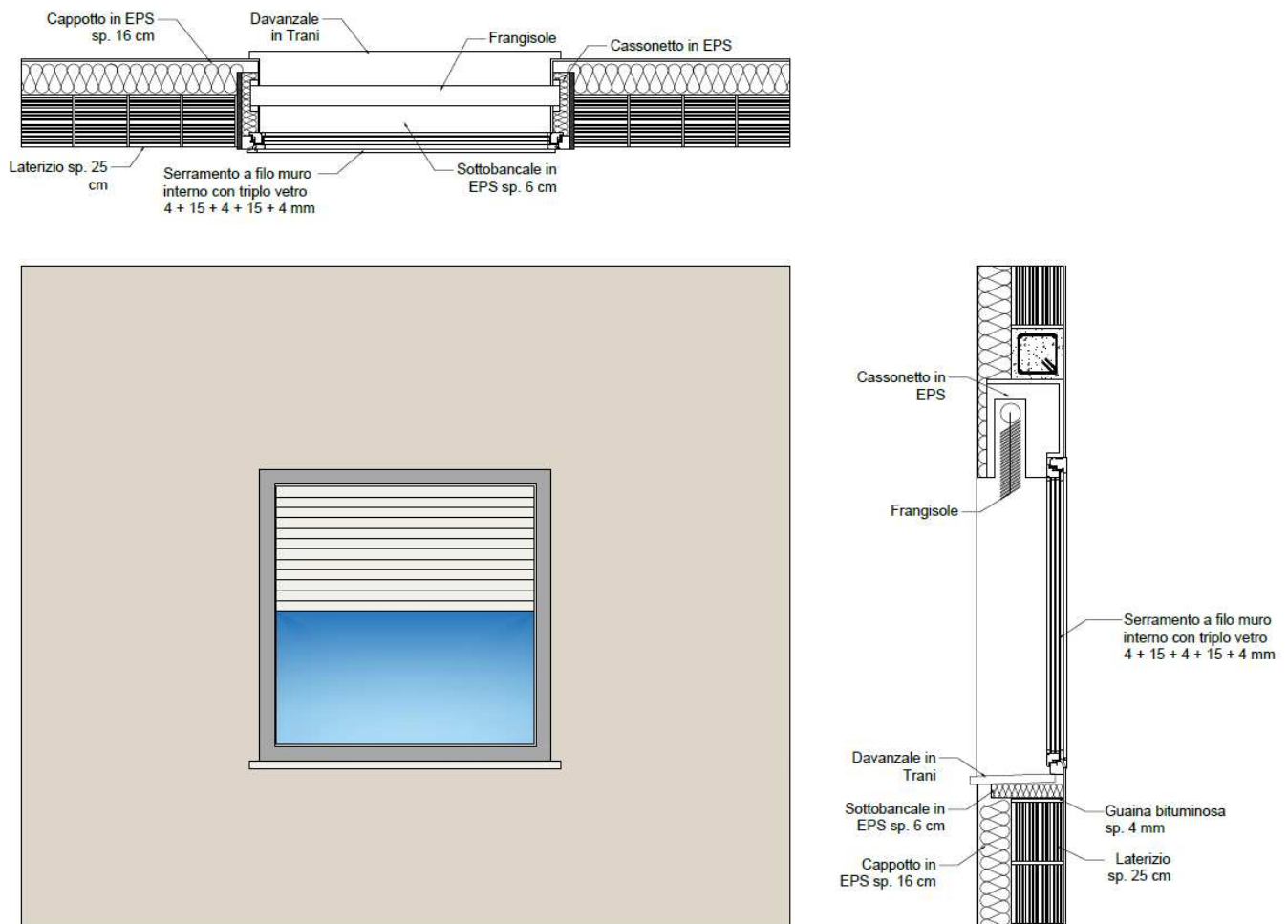


Figura 80 - Particolare costruttivo del serramento e sistema oscurante

Isolamento della copertura

Dopo aver ricostruito la struttura portante della copertura in legno con nuovi materiali, si decide di voler realizzare un tetto freddo, cioè per definizione, una copertura isolata e ventilata.

Il funzionamento base di questo tipo di copertura è semplice ma allo stesso tempo molto efficace, gli elementi che la compongono sono:

- struttura portante che è già stata analizzata nel capitolo precedente
- strato composto da un materiale isolante
- intercapedine di ventilazione, si ottiene disponendo dei listelli disposti ortogonalmente alla linea di gronda e al colmo.

Il grande vantaggio che da questo intercapedine è che agevola l'attivazione di moti convettivi ascensionali che sottraggono gran parte del calore che altrimenti si trasmetterebbe agli strati sottostanti, e permette all'umidità di fuoriuscire senza compromettere il potere termoisolante degli strati sottostanti, impedendo inoltre la formazione di fenomeni di condensa, il che è

fondamentale considerando che l'acqua e l'umidità sono le principali cause di danni alle strutture costruttive in legno.

Fatta questa premessa, per completare il pacchetto di copertura si prevede di posizionare un freno vapore sul tavolato, e successivamente posare due pannelli di fibra di legno da 10 cm ciascuno.

E' stato scelto di usare la fibra di legno perché altamente traspirante e con buona capacità di regolazione igrometrica: può assorbire in parte il vapore acqueo per poi rilasciarlo e quindi riequilibrare l'umidità presente all'interno di un ambiente. Inoltre la fibra di legno possiede un ottimo valore di sfasamento termico e di attenuazione, è in grado di accumulare energia termica e questo fa sì che la temperatura si mantenga fresca in estate. In inverno, grazie ad un valore di conducibilità termica pari a circa $0,036 \text{ W/mK}$, si comporta come un eccellente isolante garantendo elevata trasmittanza del pacchetto.

Inoltre è un materiale 100% biocompatibile: non impatta sull'ambiente e contribuisce alla realizzazione di un edificio sostenibile e a scarso impatto sull'ecosistema.

Sopra l'isolamento si creerà la camera di ventilazione coi listelli a cui sopra verrà inchiodato un altro tavolato in legno, con la funzione di piano di posa per la guaina impermeabile e infine per il manto di copertura in lamiera aggrafata.

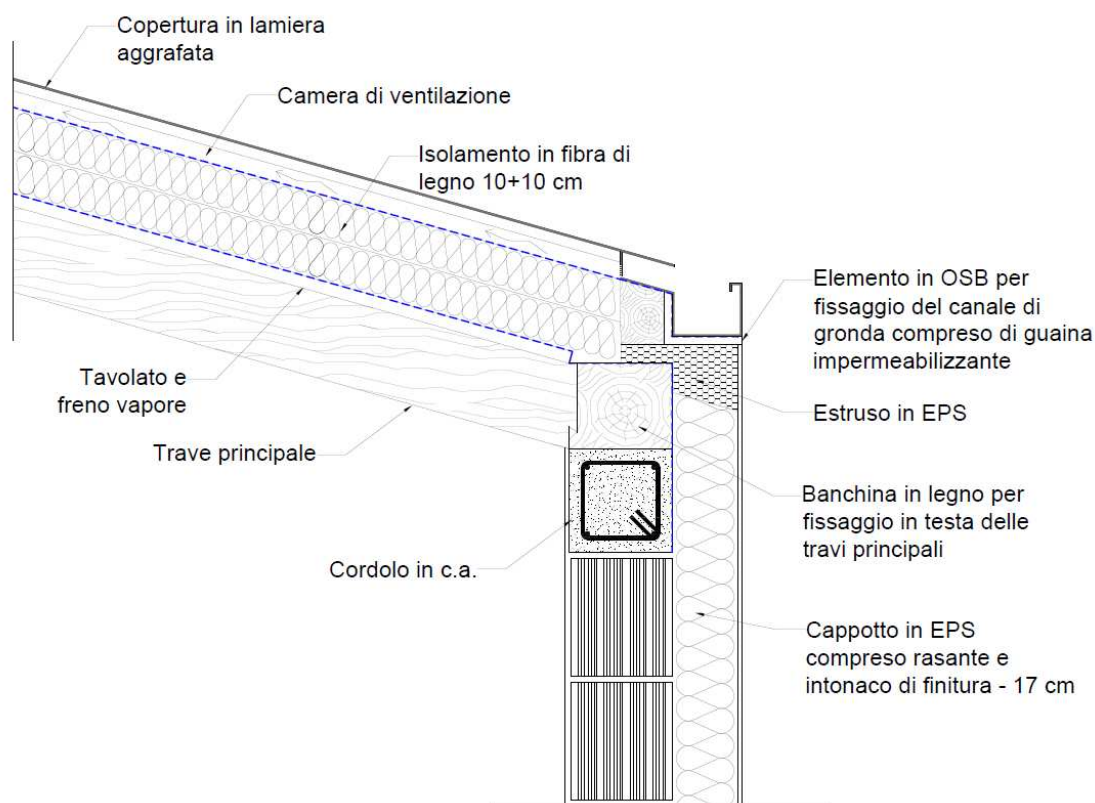


Figura 81 - Particolare costruttivo del pacchetto di copertura

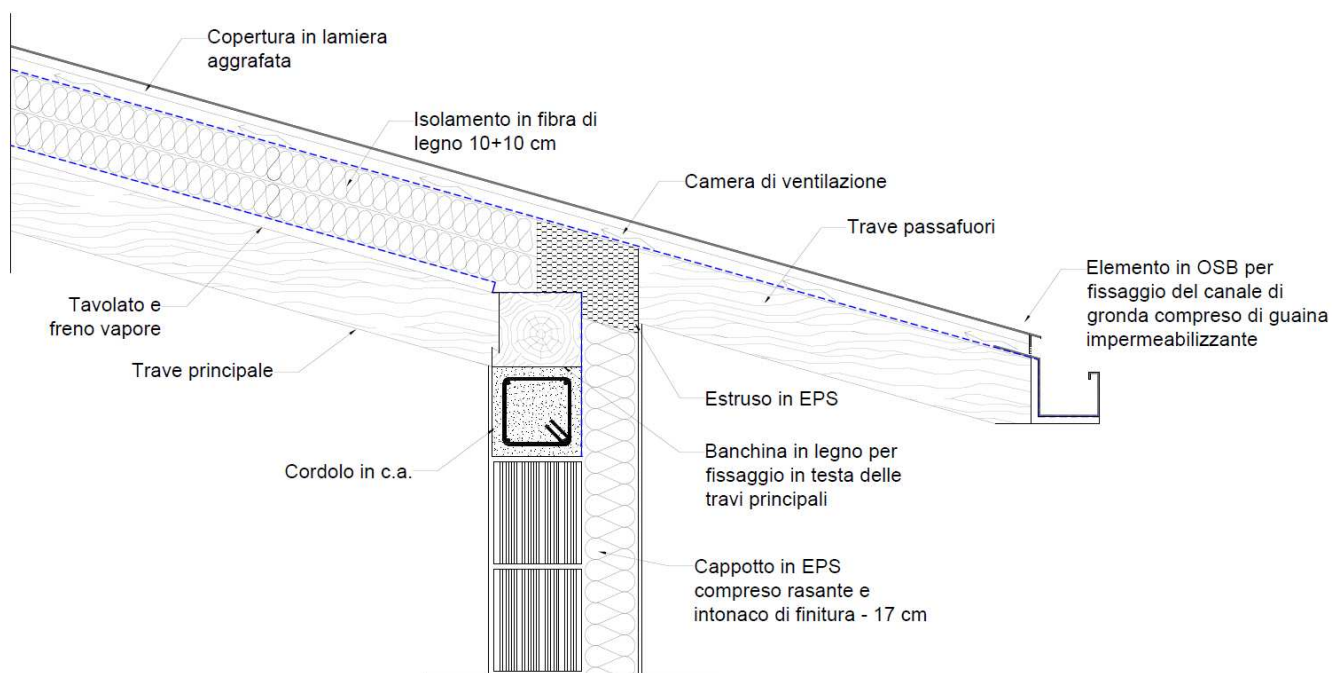


Figura 82- Particolare costruttivo del pacchetto di copertura con trave passafuori

Pompa di calore aria-acqua

Una pompa di calore è un sistema capace di estrarre e trasferire energia termica utilizzando diverse fonti di energia. A questo proposito è opportuno sottolineare come esistano differenti tipologie di pompe di calore, ciascuna delle quali sfrutta elementi naturali differenti:

- Pompa di calore aria-acqua: sfrutta l'aria esterna all'abitazione.
- Pompa di calore acqua-acqua: sfrutta l'energia proveniente da laghi e fiumi.
- Pompa di calore terra-acqua: sfrutta l'energia geotermica.

Il principio base di funzionamento è costituito dalle seguenti fasi:

- **Evaporazione:** il refrigerante presente nel circuito frigorifero della pompa di calore, nell'evaporare, assorbe il calore dall'aria, che si raffredda.
- **Compressione:** un compressore aumenta la pressione del refrigerante, alzandone conseguentemente la temperatura.
- **Condensazione:** Il refrigerante, ora in fase gassosa, avendo una pressione e temperatura elevata, nel condensare, cede calore al circuito dell'acqua calda, che andrà ad alimentare un sistema di produzione di riscaldamento e/o acqua calda sanitaria.
- **Espansione:** il gas, ormai liquido, passa attraverso una valvola di laminazione, che riduce la sua pressione, raffreddandosi.

Le pompe di calore aria-acqua possono svolgere la duplice funzione di riscaldamento e raffrescamento dell'ambiente interno a seconda delle stagioni e delle temperature esterne.

Per quanto riguarda il raffrescamento, la pompa di calore aria-acqua, utilizza i processi sopra elencati sfruttando le quattro azioni: evaporazione, compressione, condensazione ed espansione. In particolare il refrigerante, evaporando all'interno dell'evaporatore, estrae energia termica dall'ambiente interno, raffrescandolo.

Nel caso di riscaldamento, utilizza gli stessi processi del raffrescamento con la differenza che la pompa estrae energia termica dall'ambiente esterno attraverso il refrigerante che a sua volta, nel condensare, la trasferisce al sistema di riscaldamento e/o produzione di acqua calda sanitaria.

Nel caso in esame si decide di installare una pompa di calore aria-acqua Aquarea Alta Performance Split Generazione H, Trifase da 9 kW che lavora con fluido refrigerante R410A. Il sistema è composto da un'unità interna che verrà collocata nel piano mansardato, e un'unità esterna che verrà posizionata sul terrazzo.

Il parametro utilizzato per definire l'efficienza della macchina prende il nome di Coefficiente di Effetto Utile (COP) ed è pari al rapporto tra calore ceduto all'ambiente e lavoro compiuto dalla macchina.

Se invece lo scopo della macchina è il raffrescamento, si utilizza un altro parametro, l'Indice di Efficienza Energetica (EER), pari al rapporto tra calore sottratto all'ambiente da raffreddare e lavoro speso.

Le caratteristiche tecniche della macchina scelta sono le seguenti:

Capacità in riscaldamento (A +7°C, W 35°C): 9 kW e COP = 4,84.

Capacità in raffrescamento (A +7°C, W 35°C): 7 kW ed EER=3,17.

Impianto di riscaldamento a pavimento

La riduzione del fabbisogno termico netto derivante dall'intervento di isolamento termico dell'involucro edilizio giustifica l'utilizzo di un sistema di emissione a bassa temperatura per questo motivo è stato scelto un sistema radiante a pavimento.

L'impianto radiante è un sistema di tubazioni che partono da un collettore e vengono ancorate alla superficie riscaldante, ritornando infine al collettore stesso formando così dei circuiti chiusi. L'acqua calda, scorrendo all'interno dei tubi, scambia calore con l'ambiente prevalentemente per irraggiamento. Questa tipologia di impianto garantisce una distribuzione più omogenea delle temperature all'interno degli ambienti e, lavorando a basse temperature, può essere facilmente accoppiata ad impianti di generazione a fonti rinnovabili.

Si è previsto di installare Euroflex TFS Mini che è un sistema di riscaldamento e raffrescamento a pavimento composto:

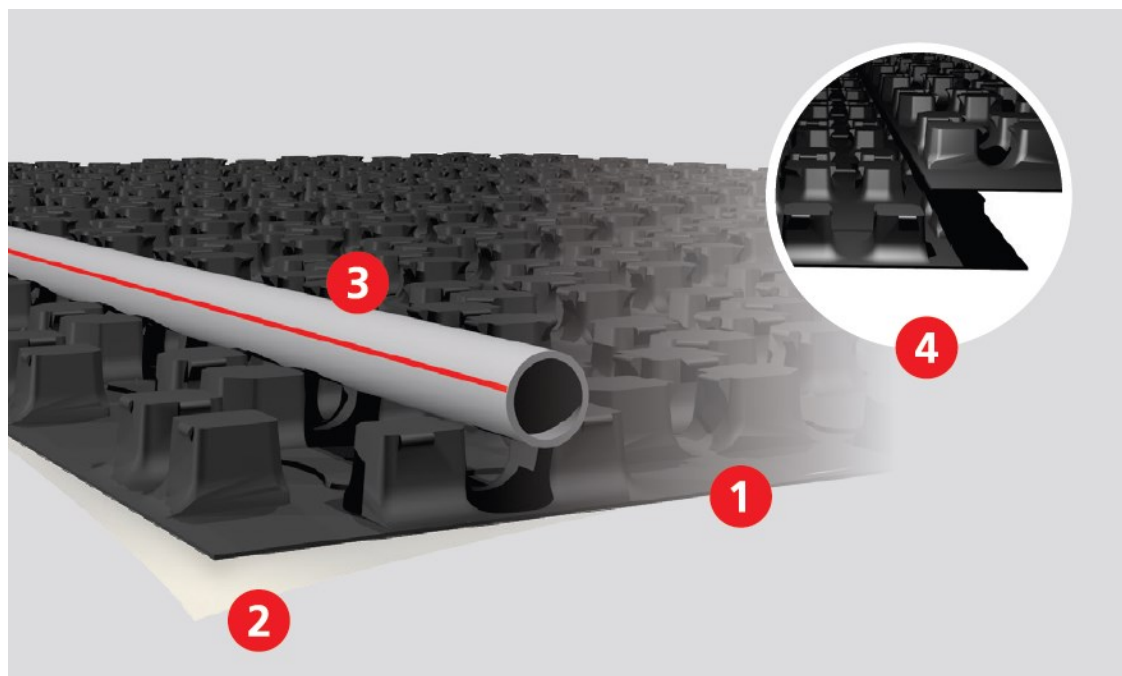


Figura 83 - Dettaglio pavimento radiante

1. Lastra isolante termoformata in Polistirene Espanso di spessore 1 mm e alta 12 mm per alloggiamento tubi.
2. Fondo adesivo autoincollante.
3. Tubazioni $\phi 12$ con interasse 10 mm.
4. Sovrapposizione per accoppiamento lastre successive.

Utilizzando una livellina speciale di completamento è possibile ottenere un sistema radiante in soli 20 mm, soluzione ideale considerando l'obiettivo di mantenere per ogni piano un'altezza utile minima di 2,70 m.

Dai dati termici del prodotto, considerando la temperatura di mandata dell'acqua pari a 44° e per una pavimentazione in legno di spessore 15 mm, la resa termica del sistema in riscaldamento è pari a 82 W/m². Mentre la resa termica del sistema in raffrescamento, considerando una temperatura di mandata dell'acqua di 15°, sarà pari a -30 W/m².

Impianto di VMC

Per garantire un adeguato ricambio dell'aria interna e quindi la rimozione dei contaminanti, si prevede l'installazione di un impianto di ventilazione meccanica controllata (VMC) con recuperatore di calore che estrae direttamente l'aria esausta da locali dove possa esservi formazione di odori sgradevoli. Il calore contenuto all'interno di quest'aria è poi sfruttato per scaldare l'aria di rinnovo proveniente dall'esterno, che verrà immessa nei locali quali soggiorno e camere.

Questo processo permette di minimizzare le perdite energetiche e allo stesso tempo di effettuare un'efficiente filtrazione.

Non solo, questa macchina per il trattamento aria permette di mantenere il livello di umidità relativa all'interno dei parametri di comfort, specialmente nel periodo estivo quando la sola ventilazione meccanica non è sufficiente.

L'impianto di ventilazione sarà composto dalle seguenti componenti:

- Bocchette d'estrazione dell'aria esterna e bocchette d'espulsione dell'aria esausta: entrambe ben coibentate per evitare fenomeni di condensa e con lamelle a maglia larga. Vanno posizionate in luoghi accessibili per facilitarne la manutenzione.
- Unità centrale con scambiatore aria-aria a flusso controcorrente (rendimento minimo del 75%): dotato di coibentazione acustica con sistema Cross-Talk (riduce i rumori fino a 25 dB), filtri per l'aria fresca che arriva dall'esterno e quella esausta dall'interno. E' bene prevedere un bypass estivo che salta il recupero di calore durante l'estate. La deumidificazione avviene tramite un ciclo frigorifero dedicato con un compressore ad alta efficienza.
- Canali: coibentati sia quelli caldi che quelli freddi, con particolare attenzione nelle giunzioni, che andranno nastrate per garantire la tenuta all'aria

- Bocchette d'immissione ed estrazione dell'aria: progettare il sistema di canali cercando di ridurne al minimo la lunghezza e trovare la posizione migliore nei vari locali, assicurandosi una facile accessibilità per poterle pulire regolarmente.
- Filtri ad elevata superficie ePM10.

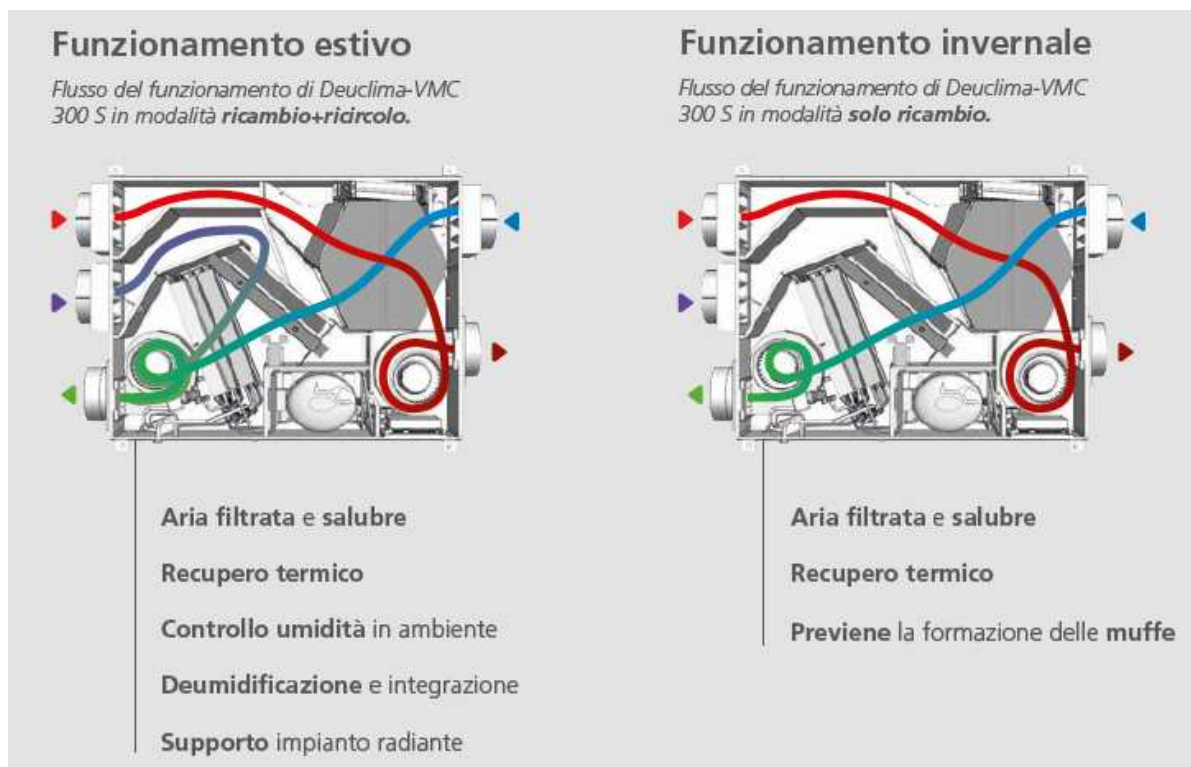


Figura 84 - Funzionamento impianto di VMC

Per raggiungere un alto livello di comfort nel caso studio in esame, considerandone la superficie utile, si dimensiona la macchina per garantire un volume di ricambio d'aria pari a 300 mc/h.

Impianto fotovoltaico

L'ultimo intervento oggetto dell'analisi effettuata sarà l'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura dell'edificio, che provvederà alla produzione di energia elettrica per l'abitazione.

Se la produzione dell'impianto sarà inferiore alle necessità dell'edificio si ricorrerà alla rete elettrica nazionale; al contrario, nel caso in cui l'energia elettrica generata risulterà superiore alla richiesta energetica dell'unità residenziale, questa verrà ceduta al G.S.E. (Gestore dei Servizi Energetici) mediante il servizio di scambio sul posto. Questo definisce il meccanismo

che regola la vendita e l'immissione in rete dell'energia prodotta dall'impianto privato e che consentirà al proprietario di trarre profitto dall'energia in eccesso.

L'impianto sarà costituito da 24 moduli da 440 W, che generano una potenza nominale pari a 10,8 kW; esso risulta inoltre abbinato ad un sistema di accumulo dotato di una capacità pari a 20 kWh (capacità utile). Dal punto di vista normativo è classificato come "Impianto su edificio" di tipo grid-connected e sfrutta la modalità di connessione "Trifase in bassa tensione".

Il circuito si collega all'inverter SolarEdge avente potenza nominale pari a 10 kW, che trasforma la corrente da continua in alternata in modo da poter essere utilizzata all'interno dell'abitazione. L'inverter risulta a sua volta connesso ad un sistema di accumulo di capacità pari a 20 kWh, costituito da due batterie al litio, che hanno lo scopo di massimizzare l'autoconsumo dell'energia elettrica prodotta. Un sistema di misurazione dell'energia immessa/prelevata consente la gestione della carica/scarica del sistema di accumulo.

5.3 Bilancio energetico con software Blumatica energy

Dopo aver descritto tutti gli interventi effettuati si provvede dunque a realizzare, sempre tramite Blumatica Energy, una seconda simulazione della prestazione energetica globale dell'edificio, questa volta però nella situazione post-intervento. È stato quindi modificato il modello dell'edificio di partenza, aggiornandone le caratteristiche secondo quanto dichiarato nei lavori di efficientamento energetico sopra descritti. La normativa di riferimento adottata dal software di calcolo è la seguente:

- D. Lgs. 199/2021 (cd. RED II)
- Decreti attuativi della Legge 90/2013:
 - Decreto 26 Giugno 2015 - Requisiti Minimi
 - Decreto 26 Giugno 2015 - Linee Guida Nazionali per la Certificazione Energetica
 - Decreto 26 Giugno 2015 - Relazioni Tecniche di Progetto
- UNI/TS 11300 parti 1-2-3-4-5-6
- Decreto Legislativo 192 del 2005, con riferimento alle modifiche apportate dalla Legge 90 del 2013
- UNI 10349:2016 parti 1-2-3.

Componenti opachi verticali

Tipologia: Parete Esterna

Confine: Esterno

Codice: PAR EST

Descrizione: Muratura in laterizio con cappotto in EPS e grafite

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m ² K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,130
1	Intonaco di calce e gesso (interno)	0,010	0,700	1400,00	840,00	11	0,014
2	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 0,5%)	0,250	0,720	1800,00	740,00	7	0,347
3	Polistirene espanso grafite sint. in lastre	0,160	0,031	20,00	1250,00	45	5,161
4	Intonaco plastico per cappotto	0,010	0,300	1300,00	840,00	30	0,033
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	0,430					5,726

Legenda

s Spessore dello strato

λ Conducibilità termica del materiale

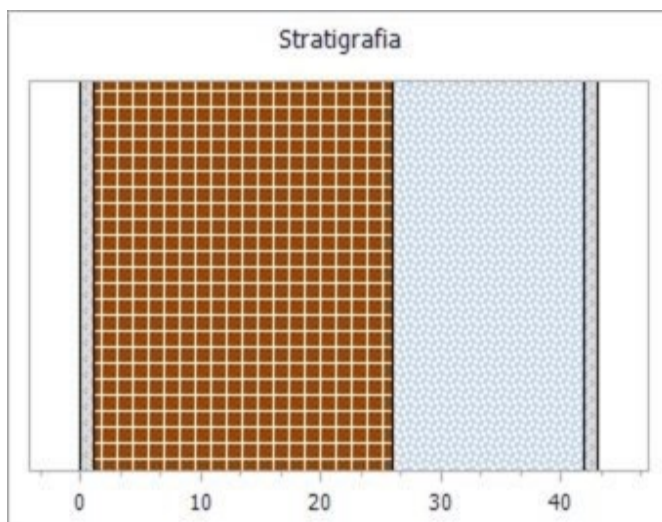
c Calore specifico del materiale

ρ Massa volumica

μ Fattore di resistenza alla diffusione del vapore

R Resistenza termica degli strati

Parametri termici			
Spessore	s	43	cm
Trasmittanza termica	U	0,175	W/m ² K
Resistenza termica	R	5,726	m ² K/W
Massa superficiale	M	480,20	Kg/m ²
Capacità termica	C	359,68	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,023	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	59,50	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	12,60	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,129	-
Sfasamento	ϕ	10,81	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	4,304	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	0,903	W/m ² K



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	2,90	87,58	659	752	20,00	58,44	1366	2337
Febbraio	3,60	83,22	658	790	20,00	57,33	1340	2337
Marzo	8,80	78,44	888	1132	20,00	59,29	1386	2337
Aprile	13,10	79,05	1191	1507	20,00	65,73	1536	2337
Maggio	17,90	67,64	1387	2050	18,00	75,68	1561	2063
Giugno	22,10	73,91	1965	2659	22,10	77,67	2065	2659
Luglio	23,90	74,36	2204	2964	23,90	77,73	2304	2964
Agosto	22,20	76,37	2043	2675	22,20	80,11	2143	2675
Settembre	18,70	68,54	1477	2155	18,70	75,32	1623	2155
Ottobre	13,20	90,56	1373	1517	20,00	73,38	1715	2337
Novembre	8,70	98,03	1102	1124	20,00	68,61	1603	2337
Dicembre	2,50	84,93	621	731	20,00	57,43	1342	2337

Legenda simboli

Legenda pedici

Legenda unità di misura

θ - Temperatura

i - Interna

°C - Gradi centigradi

φ - Umidità relativa

e - Esterna

% - Percentuale

P - Pressione

vap - Vapore

Pa - Pascal

sat - Saturazione

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1707	1675	1732	1920	1951	2581	2880	2678	2029	2144	2004	1678
$\theta_{si,min}$	°C	15,02	14,73	15,25	16,86	17,12	21,62	23,42	22,22	17,74	18,61	17,54	14,75
$f_{R,si,min}$	[-]	0,709	0,679	0,576	0,545	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,796	0,783	0,700

Legenda

$P_{sat}(\theta_{si})$ Pressione di saturazione minima accettabile sulla superficie

$\theta_{si,min}$ Temperatura superficiale minima accettabile

$f_{R,si,min}$ Fattore di temperatura minimo accettabile sulla superficie

Mese critico:

Ottobre

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,796

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,977

Verifica muffa:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1366	1340	1386	1536	1561	2065	2304	2143	1623	1715	1603	1342
$\theta_{si,min}$	°C	11,60	11,32	11,82	13,39	13,64	18,02	19,77	18,61	14,25	15,10	14,05	11,34
$f_{R,si,min}$	[-]	0,509	0,471	0,270	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,279	0,474	0,505

Legenda

$P_{sat}(\theta_{si})$ Pressione di saturazione minima accettabile sulla superficie

$\theta_{si,min}$ Temperatura superficiale minima accettabile

$f_{R,si,min}$ Fattore di temperatura minimo accettabile sulla superficie

Mese critico:

Gennaio

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,509

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,977

Verifica condensa superficiale:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Oltre a determinare la trasmittanza dei componenti, il software è in grado di eseguire le verifiche di condensa interstiziale attraverso un metodo semplificato descritto nella UNI EN ISO 13788 comunemente denominato “metodo di Glaser”. Il metodo consente, fissate le condizioni termoigrometriche interne ed esterne, di verificare se in una struttura piana, supposta inizialmente asciutta, possa verificarsi condensazione di vapore.

Verifica Condensa Interstiziale

Al fine di effettuare la verifica della formazione di condensa interstiziale, così come indicato nella UNI 13788, si è proceduto a suddividere gli strati che compongono la struttura in interfacce intese come substrati dello stesso materiale, verificando che non superino una resistenza termica di 0,25 m²K/W. Le interfacce, così definite, ordinate dall'esterno verso l'interno, sono dettagliate in seguito:



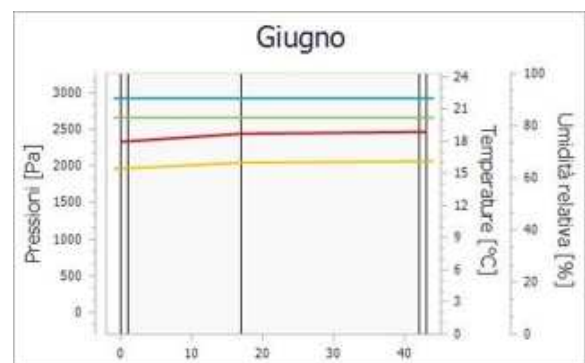
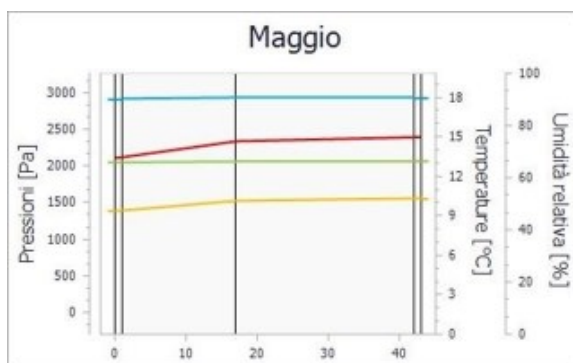
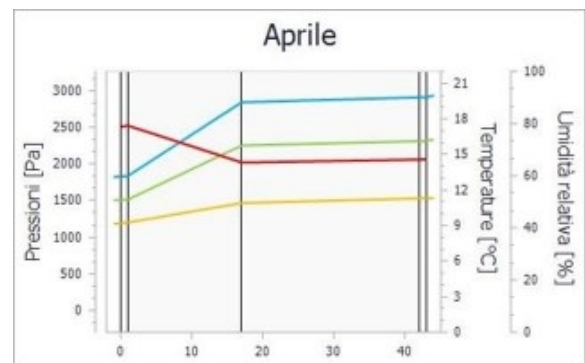
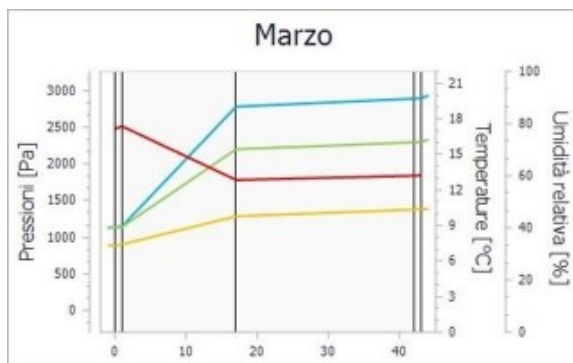
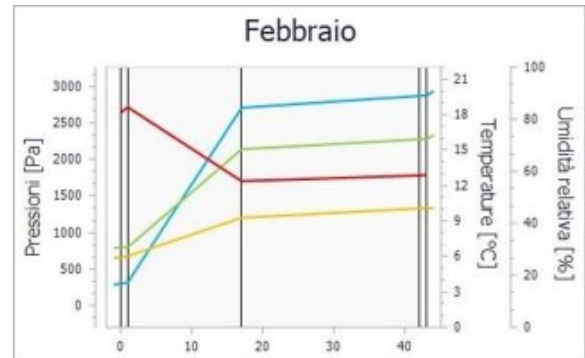
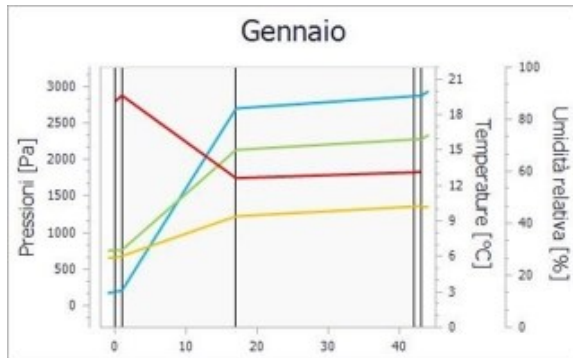
Diagrammi delle pressioni e delle temperature

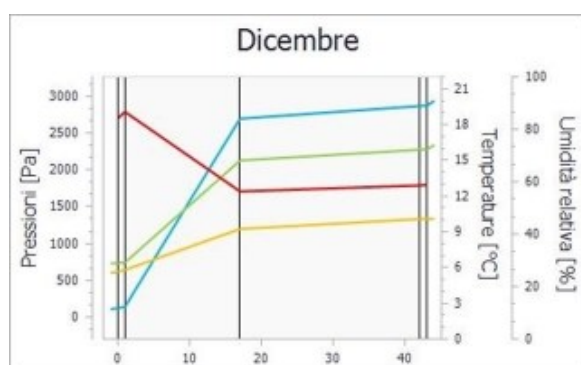
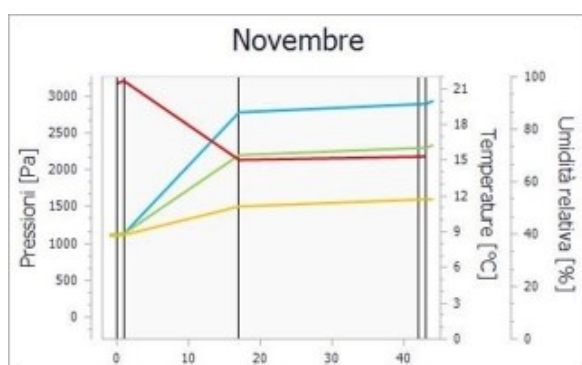
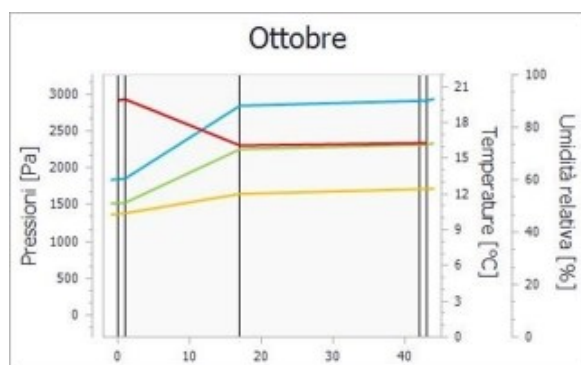
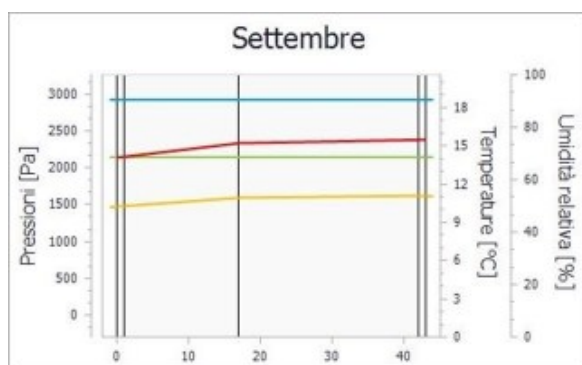
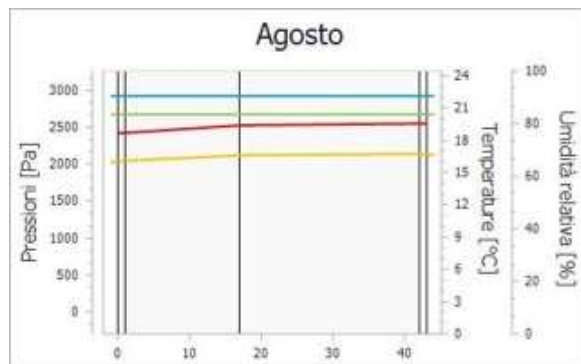
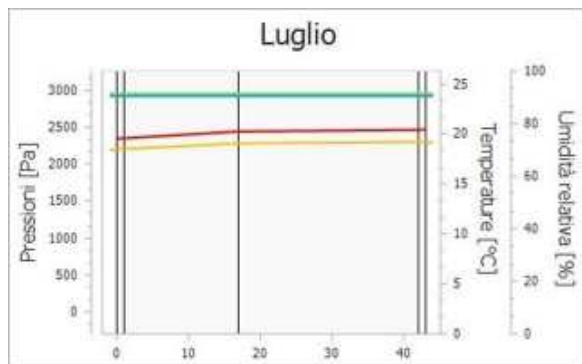
Temperatura

Pressione di vapore

Pressione di saturazione

Umidità relativa





ESITO VERIFICA: **Verificato**

La struttura non presenta condensa interstiziale

Dai grafici sopra riportati si può notare come le linee della pressione di vapore dell'interfaccia (linea gialla) e quella della pressione di saturazione (linea verde) non si intersecano: questa è la rappresentazione grafica dell'assenza di rischio di condensazione interstiziale.

Componenti opachi orizzontali o inclinati

Tipologia: Pavimento Esterno

Confine: Controterra (Btr,x: 0,45)

Codice: PRIMO SOLAIO

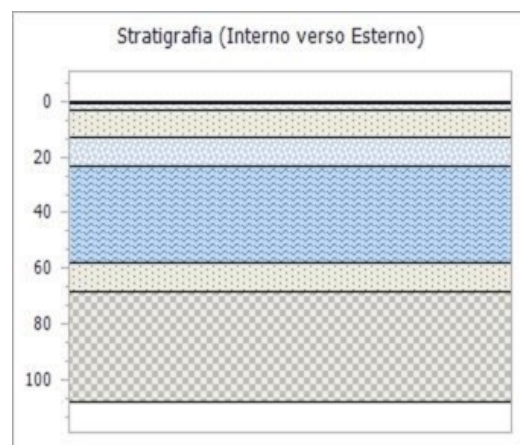
Descrizione: Pavimento su vespaio isolato con xps

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m ² K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,170
1	Pavimento in legno	0,010	0,220	850,00	2400,00	60	0,045
2	Polistirene espanso sinterizzato	0,020	0,040	30,00	1300,00	85	0,500
3	Massetto in calcestruzzo alleggerito (900 kg/m ³)	0,100	0,580	900,00	1000,00	60	0,172
4	Pannello in polistirene espanso estruso (XPS) con pelle	0,100	0,035	30,00	1450,00	50	2,857
5	Aria debolmente ventilata 300 mm (fl. disc.)	0,350	-	1,30	1000,00	1	0,115
6	Calcestruzzo	0,100	1,150	1800,00	1000,00	100	0,087
7	Ghiaia grossa senza argilla (um. 5%)	0,400	1,200	1700,00	840,00	5	0,333
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	1,080					4,320

Parametri termici

Spessore	s	108	cm
Trasmittanza termica	U	0,231	W/m ² K
Resistenza termica	R	4,320	m ² K/W
Massa superficiale	M	962,56	Kg/m ²
Capacità termica	C	867,19	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,003	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	25,22	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	113,30	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,012	-
Sfasamento	φ	21,07	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	1,837	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	8,242	W/m ² K



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	12,31	100,00	1430	1430	20,00	58,44	1366	2337
Febbraio	12,62	100,00	1460	1460	20,00	57,33	1340	2337
Marzo	14,96	100,00	1700	1700	20,00	59,29	1386	2337
Aprile	16,90	100,00	1924	1924	20,00	65,73	1536	2337
Maggio	19,06	100,00	2204	2204	19,06	70,84	1561	2204
Giugno	20,95	100,00	2477	2477	20,95	83,36	2065	2477
Luglio	21,76	100,00	2603	2603	21,76	88,52	2304	2603
Agosto	20,99	100,00	2484	2484	20,99	86,26	2143	2484
Settembre	19,42	100,00	2254	2254	19,42	72,04	1623	2254
Ottobre	16,94	100,00	1929	1929	20,00	73,38	1715	2337
Novembre	14,92	100,00	1695	1695	20,00	68,61	1603	2337
Dicembre	12,13	100,00	1413	1413	20,00	57,43	1342	2337

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1707	1675	1732	1920	1951	2581	2880	2678	2029	2144	2004	1678
$\theta_{si,min}$	°C	15,02	14,73	15,25	16,86	17,12	21,62	23,42	22,22	17,74	18,61	17,54	14,75
$f_{R,si,min}$	[-]	0,353	0,286	0,057	-0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,546	0,517	0,334

Mese critico:

Ottobre

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,546

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,961

Verifica muffa:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1366	1340	1386	1536	1561	2065	2304	2143	1623	1715	1603	1342
$\theta_{si,min}$	°C	11,60	11,32	11,82	13,39	13,64	18,02	19,77	18,61	14,25	15,10	14,05	11,34
$f_{R,si,min}$	[-]	-0,091	-0,177	-0,622	-1,127	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,603	-0,169	-0,100

Mese critico:

Maggio

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,000

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,961

Verifica condensa superficiale:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Diagrammi delle pressioni e delle temperature

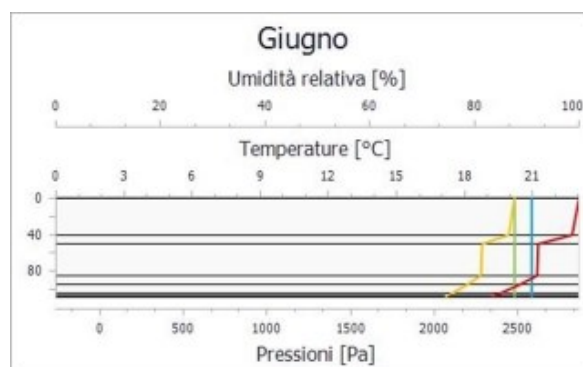
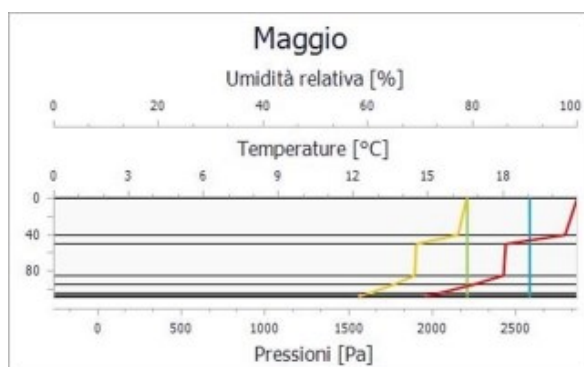
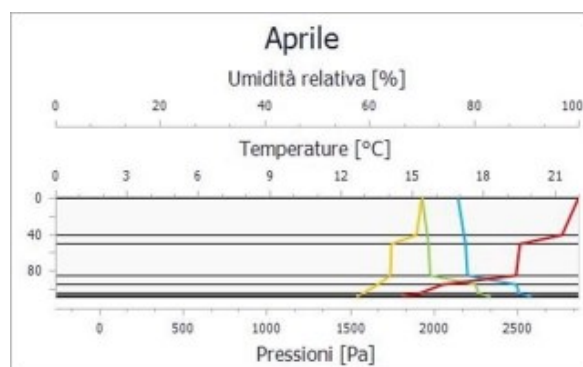
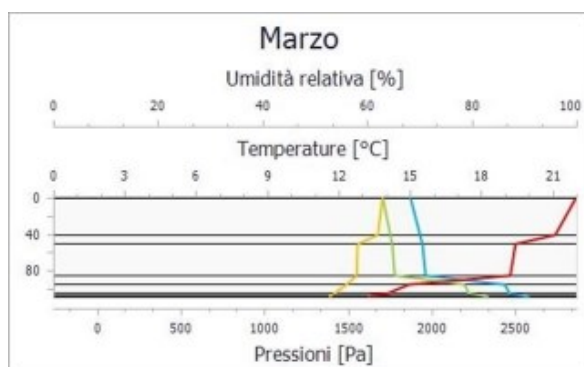
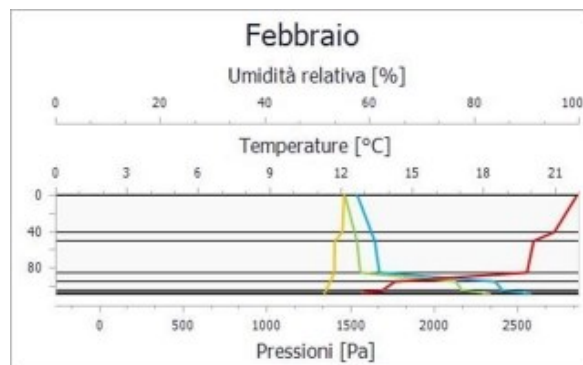
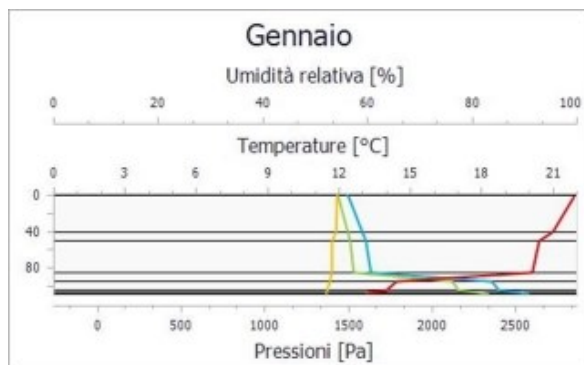
Legenda

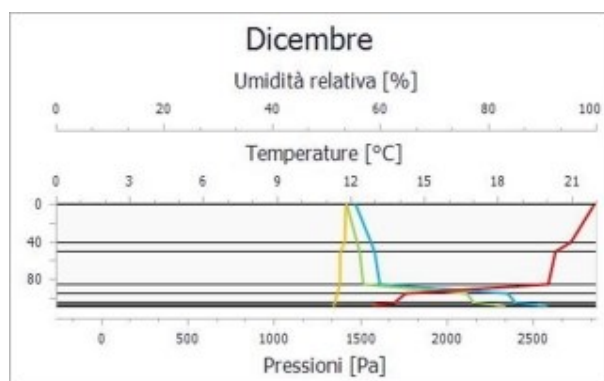
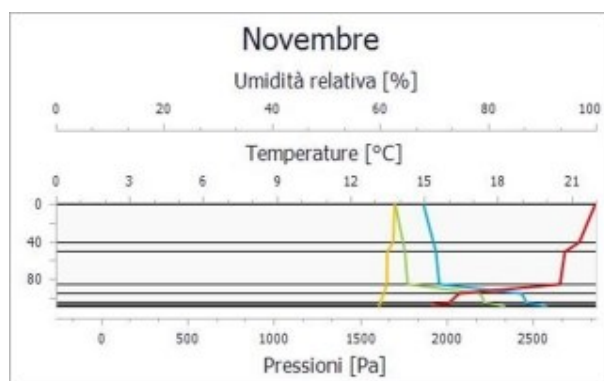
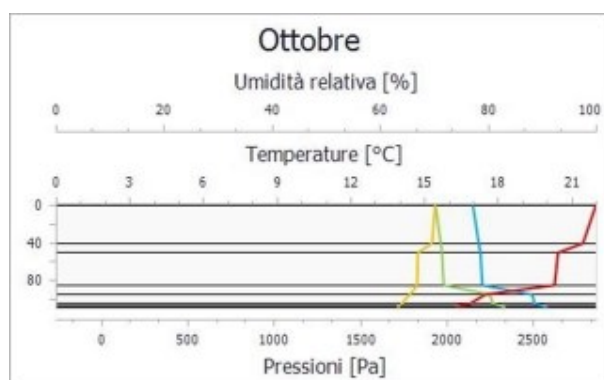
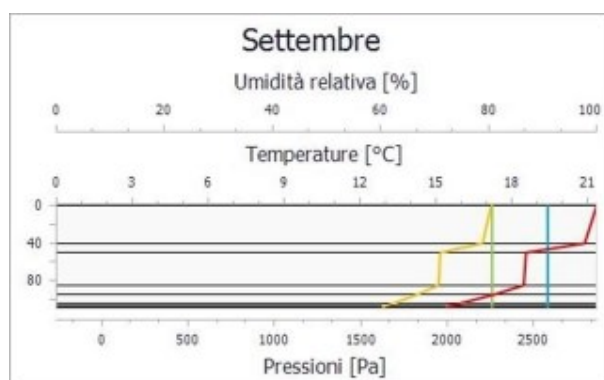
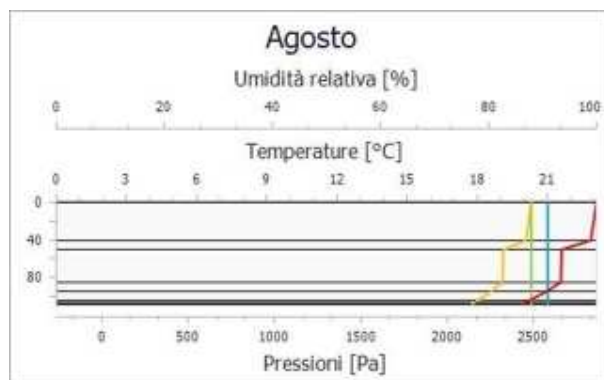
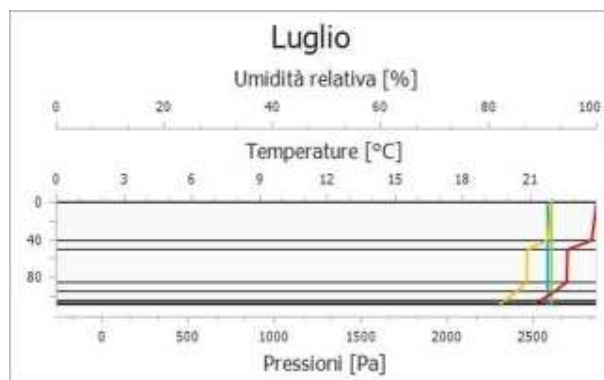
/ Temperatura

/ Pressione di vapore

/ Pressione di saturazione

/ Umidità





ESITO VERIFICA: **Verificato**
La struttura non presenta condensa interstiziale

Tipologia: Solaio Esterno

Confine: Esterno

Codice: COP TERRAZZA

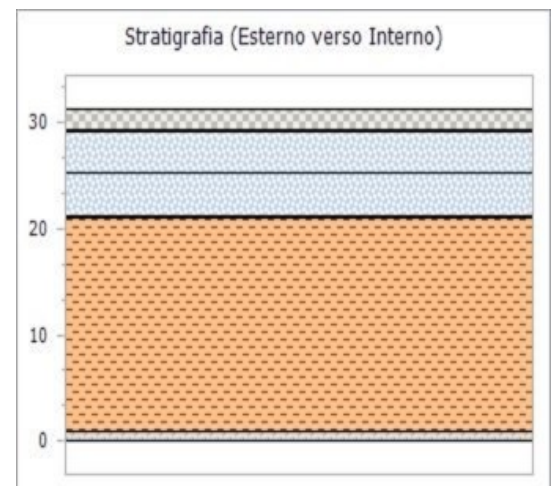
Descrizione: Copertura rovescia calpestabile con aerogel

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m ² K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,100
1	Intonaco interno generico	0,010	0,700	1400,00	1000,00	11	0,014
2	Soletta (blocchi in laterizio + travetti in calcestruzzo) (20 cm)	0,200	-	900,00	1000,00	100	0,350
3	Impermeabilizzazione con PVC in fogli	0,001	0,160	1400,00	1300,00	50000	0,006
4	Impermeabilizzazione con PVC in fogli	0,001	0,160	1400,00	1300,00	50000	0,006
5	Aerogel	0,040	0,015	1,60	1000,00	0	2,667
6	Aerogel	0,040	0,015	1,60	1000,00	0	2,667
7	Telo impermeabile traspirante	0,001	0,090	250,00	1800,00	10	0,011
8	Pavimentazione esterna - Klinker	0,020	0,700	1500,00	1000,00	300	0,029
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	0,313					5,890

Parametri termici

Spessore	s	31,3	cm
Trasmittanza termica	U	0,170	W/m ² K
Resistenza termica	R	5,890	m ² K/W
Massa superficiale	M	227,18	Kg/m ²
Capacità termica	C	228,22	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,048	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	61,93	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	30,78	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,283	-
Sfasamento	φ	7,84	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	4,464	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	2,192	W/m ² K
Massa superficiale (esclusi intonaci)	M _S	213,18	kg/m ²



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	0,90	87,27	569	652	20,00	57,63	1347	2337
Febbraio	1,60	82,93	568	685	20,00	56,55	1322	2337
Marzo	6,80	78,18	772	988	20,00	57,37	1341	2337
Aprile	11,10	78,79	1041	1321	20,00	62,33	1457	2337
Maggio	15,90	67,43	1218	1806	18,00	70,93	1463	2063
Giugno	20,10	73,69	1733	2351	20,10	77,94	1833	2351
Luglio	21,90	74,14	1947	2626	21,90	77,95	2047	2626
Agosto	20,20	76,14	1802	2366	20,20	80,37	1902	2366
Settembre	16,70	68,33	1298	1900	18,00	73,47	1516	2063
Ottobre	11,20	90,27	1200	1330	20,00	69,00	1613	2337
Novembre	6,70	97,70	958	981	20,00	65,49	1530	2337
Dicembre	0,50	84,63	536	633	20,00	56,83	1328	2337

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1683	1652	1676	1821	1829	2291	2559	2377	1894	2016	1913	1660
$\theta_{si,min}$	°C	14,81	14,52	14,74	16,03	16,10	19,68	21,47	20,27	16,65	17,63	16,81	14,59
$f_{R,si,min}$	[-]	0,728	0,702	0,601	0,554	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,731	0,760	0,723

Mese critico:

Novembre

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,760

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,983

Verifica muffa:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1347	1322	1341	1457	1463	1833	2047	1902	1516	1613	1530	1328
$\theta_{si,min}$	°C	11,39	11,11	11,33	12,58	12,65	16,13	17,88	16,71	13,19	14,14	13,34	11,18
$f_{R,si,min}$	[-]	0,549	0,517	0,343	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,334	0,499	0,548

Mese critico:

Gennaio

Fattore di temperatura del mese critico:

$f_{R,si,max}$

0,549

Fattore di temperatura del componente:

$f_{R,si}$

0,983

Verifica condensa superficiale:

$(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$

Verificato

Diagrammi delle pressioni e delle temperature

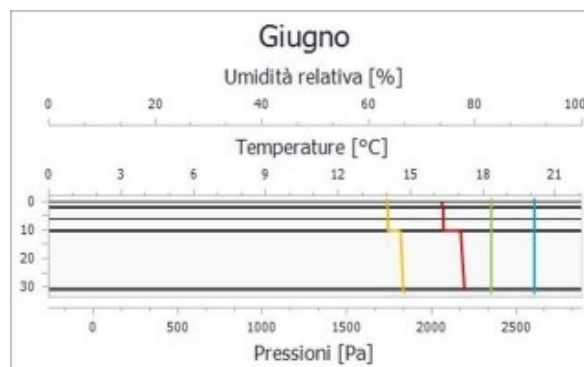
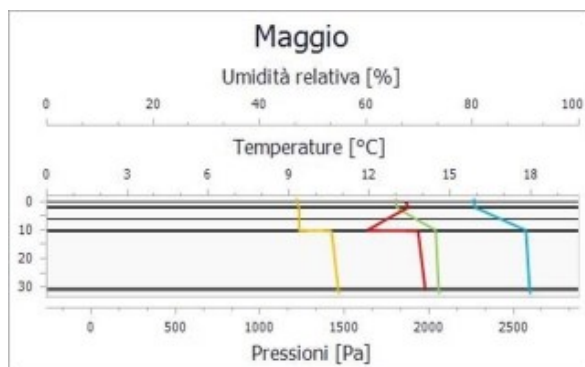
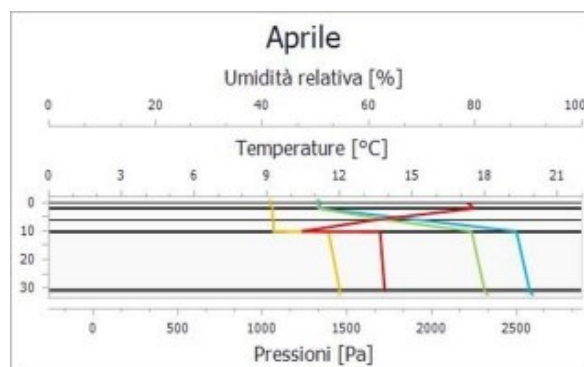
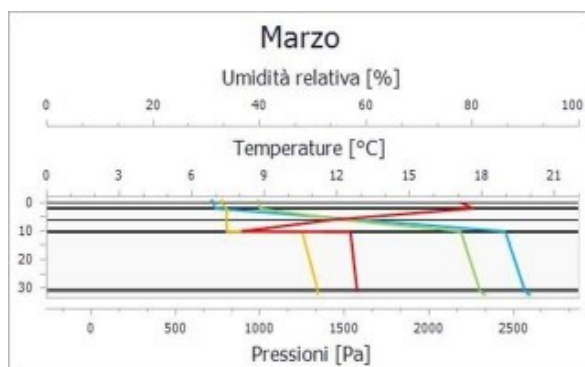
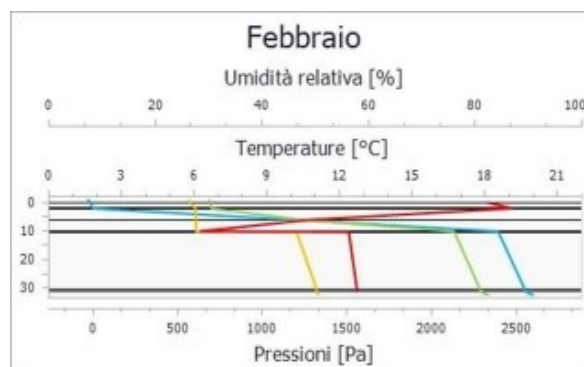
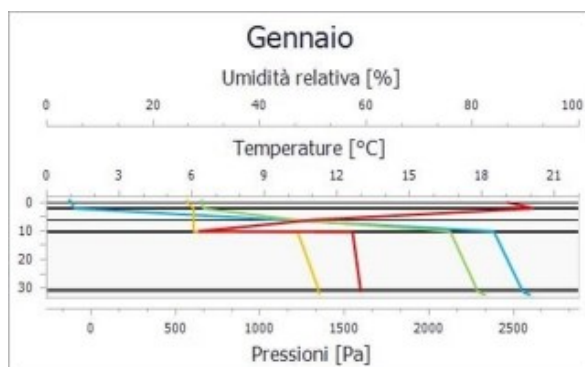
Legenda

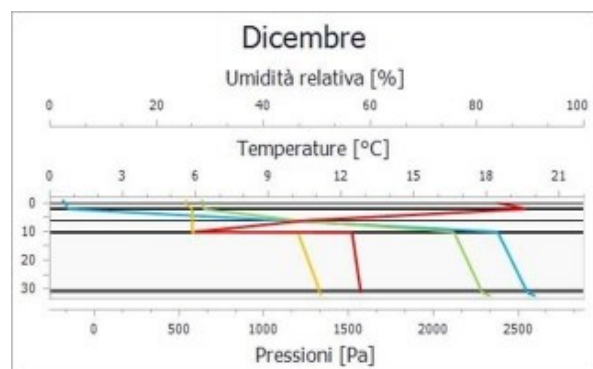
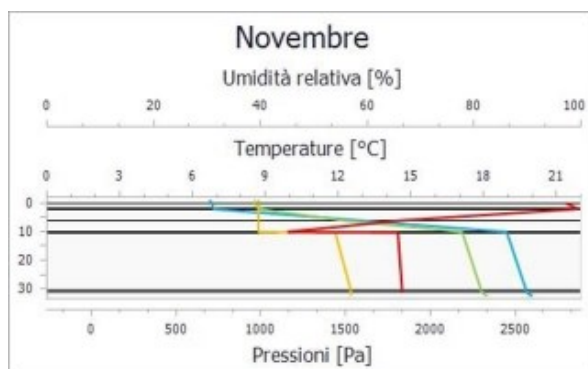
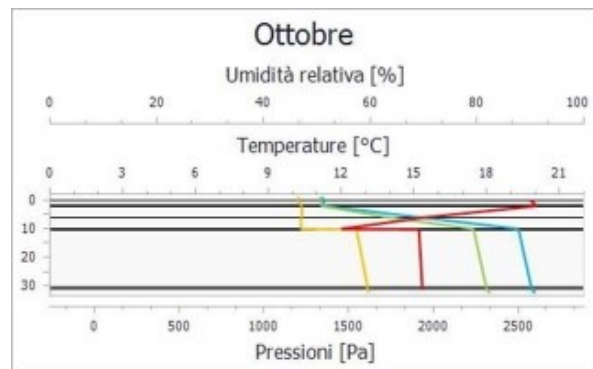
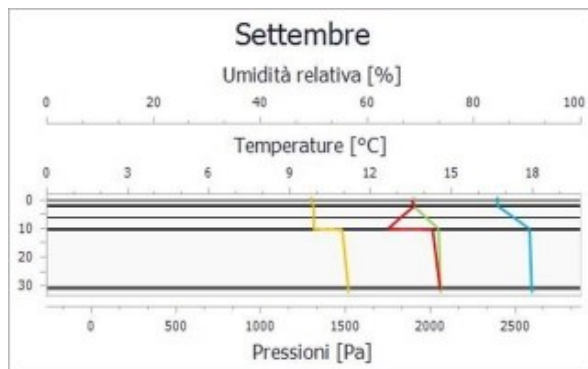
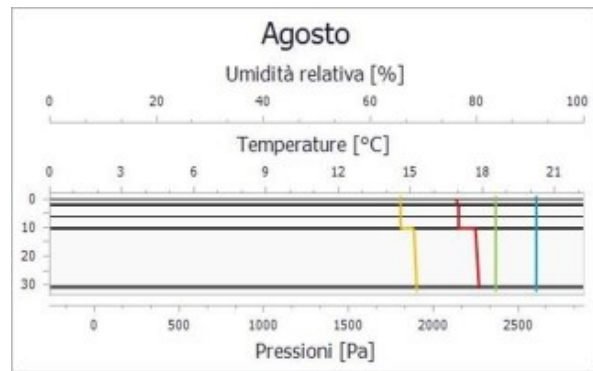
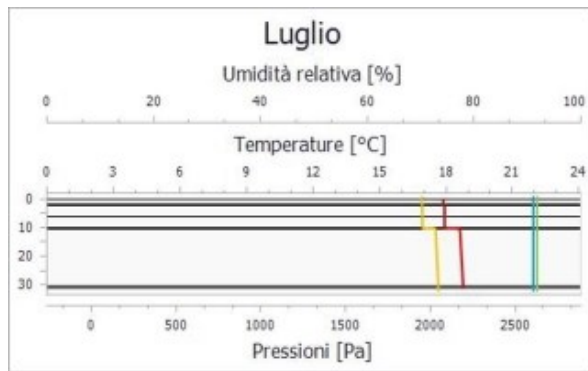
/ Temperatura

/ Pressione di vapore

/ Pressione di saturazione

/ Umidità





ESITO VERIFICA: **Verificato**
La struttura non presenta condensa interstiziale

Tipologia: Solaio Esterno

Confine: Esterno

Codice: COP ISO

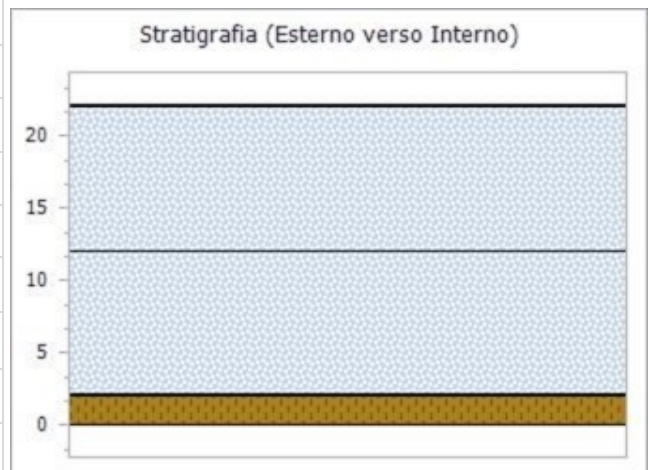
Descrizione: Tetto in legno, freddo, con isolamento in doppio pannello in fibra di legno, cm 10+10

Dettaglio componente

N.	Descrizione (dall'interno verso l'esterno)	s [m]	λ [W/mK]	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ [-]	R [m ² K/W]
	Resistenza superficiale interna						0,100
1	Assito in legno (copertura inclinata)	0,020	0,150	550,00	1600,00	74	0,133
2	Freno al vapore (gen)	0,001	0,300	300,00	1800,00	1000	0,003
3	Pannelli in fibra di legno	0,100	0,036	200,00	1900,00	6	2,778
4	Pannelli in fibra di legno	0,100	0,036	200,00	1900,00	6	2,778
5	Telo impermeabile traspirante	0,001	0,090	250,00	1800,00	10	0,011
	Resistenza superficiale esterna						0,040
	TOTALE	0,222					5,843

Parametri termici

Spessore	s	22,2	cm
Trasmittanza termica	U	0,171	W/m ² K
Resistenza termica	R	5,843	m ² K/W
Massa superficiale	M	51,55	Kg/m ²
Capacità termica	C	94,59	kJ/m ² K
Trasmittanza termica periodica	Y _{IE}	0,031	W/m ² K
Capacità termica areica interna	k ₁	24,60	kJ/m ² K
Capacità termica areica esterna	k ₂	13,73	kJ/m ² K
Fattore di attenuazione	f _d	0,183	-
Sfasamento	φ	13,38	h
Ammettenza termica interna	Y _{ii}	1,781	W/m ² K
Ammettenza termica esterna	Y _{ee}	0,985	W/m ² K



Condizioni a contorno

Mese	θ_e [°C]	φ_e [%]	$P_{vap,e}$ [Pa]	$P_{sat,e}$ [Pa]	θ_i [°C]	φ_i [%]	$P_{vap,i}$ [Pa]	$P_{sat,i}$ [Pa]
Gennaio	0,90	87,27	569	652	20,00	57,63	1347	2337
Febbraio	1,60	82,93	568	685	20,00	56,55	1322	2337
Marzo	6,80	78,18	772	988	20,00	57,37	1341	2337
Aprile	11,10	78,79	1041	1321	20,00	62,33	1457	2337
Maggio	15,90	67,43	1218	1806	18,00	70,93	1463	2063
Giugno	20,10	73,69	1733	2351	20,10	77,94	1833	2351
Luglio	21,90	74,14	1947	2626	21,90	77,95	2047	2626
Agosto	20,20	76,14	1802	2366	20,20	80,37	1902	2366
Settembre	16,70	68,33	1298	1900	18,00	73,47	1516	2063
Ottobre	11,20	90,27	1200	1330	20,00	69,00	1613	2337
Novembre	6,70	97,70	958	981	20,00	65,49	1530	2337
Dicembre	0,50	84,63	536	633	20,00	56,83	1328	2337

Verifica Muffa

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1683	1652	1676	1821	1829	2291	2559	2377	1894	2016	1913	1660
$\theta_{si,min}$	°C	14,81	14,52	14,74	16,03	16,10	19,68	21,47	20,27	16,65	17,63	16,81	14,59
$f_{R,si,min}$	[-]	0,728	0,702	0,601	0,554	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,731	0,760	0,723

Mese critico: Novembre
 Fattore di temperatura del mese critico: $f_{R,si,max}$ 0,760
 Fattore di temperatura del componente: $f_{R,si}$ 0,983
 Verifica muffa: $(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$ **Verificato**

Verifica Condensa Superficiale

		Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
$P_{sat}(\theta_{si})$	Pa	1347	1322	1341	1457	1463	1833	2047	1902	1516	1613	1530	1328
$\theta_{si,min}$	°C	11,39	11,11	11,33	12,58	12,65	16,13	17,88	16,71	13,19	14,14	13,34	11,18
$f_{R,si,min}$	[-]	0,549	0,517	0,343	0,167	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,334	0,499	0,548

Mese critico: Gennaio
 Fattore di temperatura del mese critico: $f_{R,si,max}$ 0,549
 Fattore di temperatura del componente: $f_{R,si}$ 0,983
 Verifica condensa superficiale: $(f_{R,si,max} \leq f_{R,si})$ **Verificato**

Diagrammi delle pressioni e delle temperature

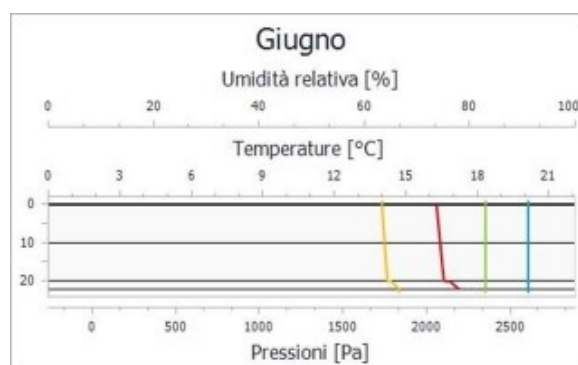
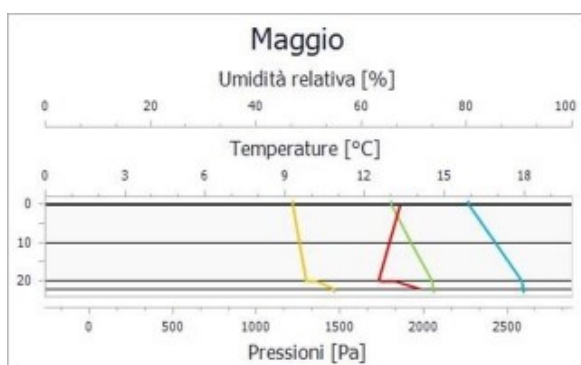
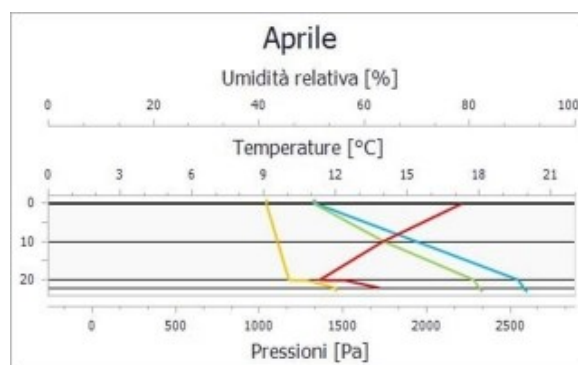
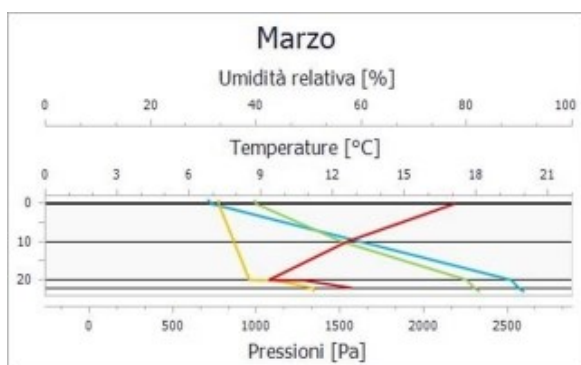
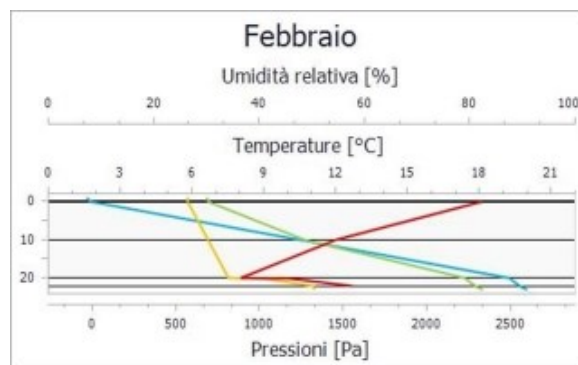
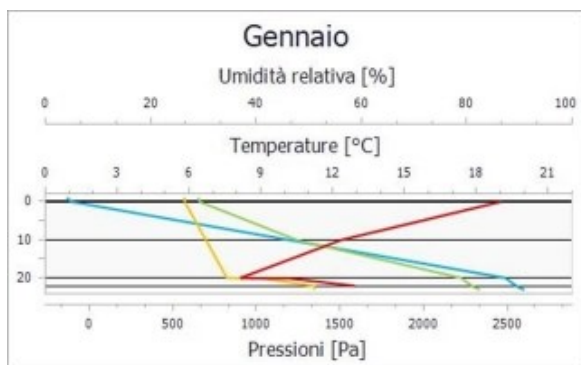
Legenda

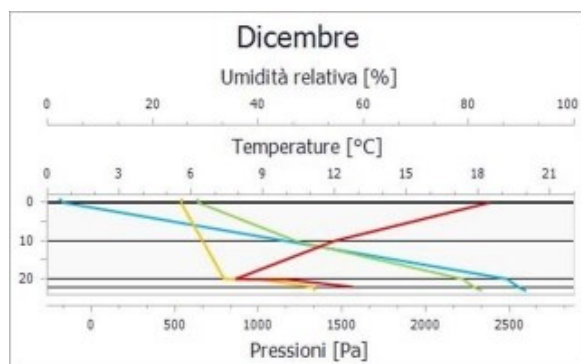
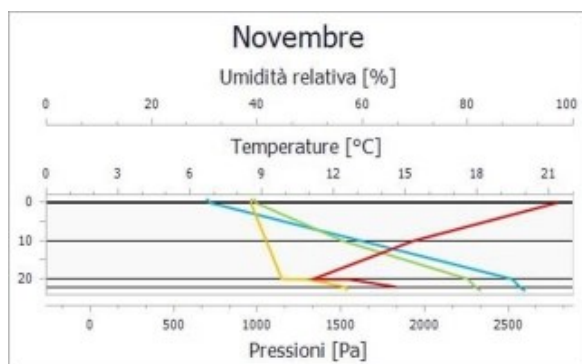
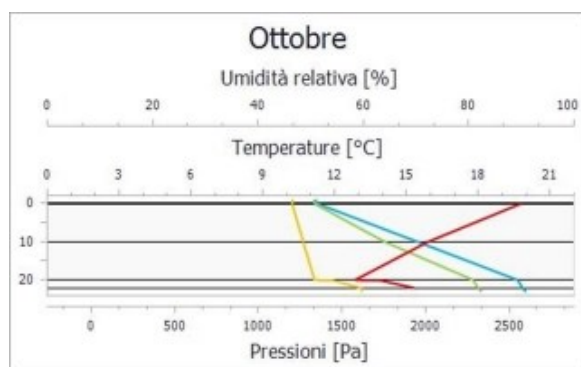
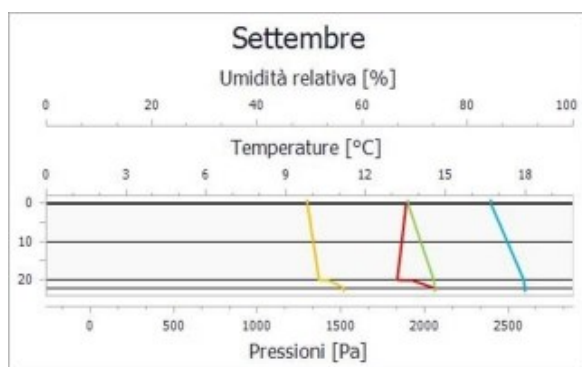
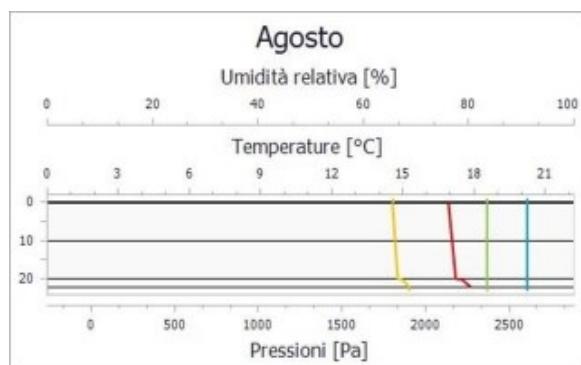
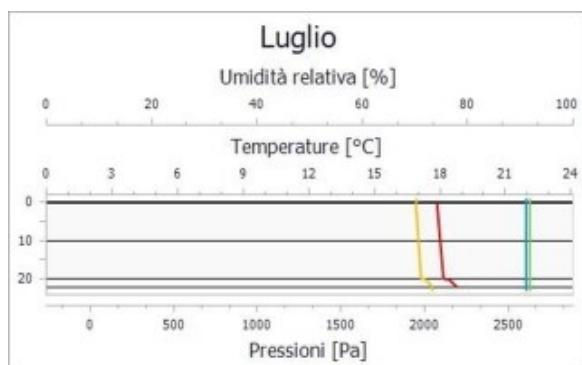
/ Temperatura

/ Pressione di vapore

/ Pressione di saturazione

/ Umidità





ESITO VERIFICA: **Verificato**
 La struttura non presenta condensa interstiziale

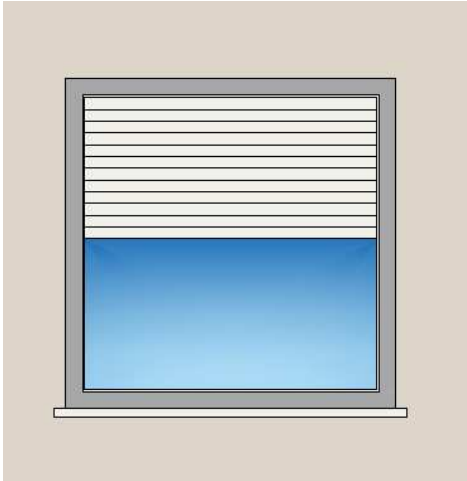
Caratteristiche termiche dei componenti finestrati

Cod.	Tipologia serramento	Descrizione
INFISSI	Singolo	Telaio legno alluminio, triplo vetro

Dati vetro	
Tipo	Vetrata tripla Due lastre con trattamento superficiale Gas:Argon
Trasmittanza (U_g)	0,600 W/m ² K
Trasmittanza di energia solare ($g_{gl,n}$)	0,500

Dati telaio	
Tipo	Metallo con taglio termico - dimensioni sezione: 90 mm, lunghezza barrette taglio termico: 52-58 mm, riempimento cavità tramite schiuma
Trasmittanza (U_f)	1,100 W/m ² K

Dati infisso	
Trasmittanza (U_w)	1,100 W/m ² K
Fattore di telaio (F_f)	0,200



Valutazione sull'efficacia dei sistemi di schermatura solare:

Soddisfacimento della verifica del valore del fattore di trasmissione solare totale g_t , per le chiusure tecniche trasparenti delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno con orientamento da Sud, Est e Ovest con il valore limite di 0,35 previsto dal Decreto Requisiti Minimi.

Valore $g_{gl}+s_h = 0,35$ (limite sul parametro di trasmittanza energetica solare totale).

Zona / Ambiente	Componente	Orientamento	Schermatura	$g_{gl}+s_h$
Piano terra <i>Sottoscala</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_OVEST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Piano terra <i>W.C.</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_EST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Piano terra <i>Cucina/ Pranzo/ Soggiorno</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_EST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Piano primo <i>Cabina armadio</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_EST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Piano primo <i>Cabin armadio</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_EST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Piano primo <i>Camera</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_EST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Piano primo <i>Studio</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_OVEST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08
Sottotetto <i>Mansarda</i>	INF LA - Telaio legno alluminio, triplo vetro BE	SUD_OVEST	Frangisole a lamelle orizzontali o verticali	0,08

Indici di prestazione energetica

Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie ($H'T$)
[W/m²K]

H'T	0,291	coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie
H'T,L	0,550	coefficiente medio globale limite di scambio termico per trasmissione per unità di superficie
<u>Verifica</u>	H'T < H'T,L	VERIFICATO

Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale (EPH,nd) [kWh/ m²]

EPH,nd	16,6	indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio
EPH,nd,li mite	24,7	indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale calcolato nell'edificio di riferimento
Verifica	QH,nd < QH,nd,limite	VERIFICATO

Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva (EPC,nd) [kWh/ m²]

EPC,nd	15,6	indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva dell'edificio
EPC,nd,li mite	21,0	indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva calcolato nell'edificio di riferimento
Verifica	QC,nd < QC,nd,limite	VERIFICATO

Indice di prestazione energetica globale dell'edificio - energia primaria totale ($EP_{gl,tot}$)
[kWh/ m²]

EP_{gl,tot}	39,3	indice di prestazione energetica globale dell'edificio
EP_{gl,tot,li mite}	86,8	indice di prestazione energetica globale dell'edificio calcolato nell'edificio di riferimento
Verifica	EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,li mite}	VERIFICATO

Indice di prestazione energetica globale dell'edificio - energia primaria non rinnovabile ($EP_{gl,nr}$)

$EP_{gl,nr}$	2,9	indice di prestazione energetica globale dell'edificio
$EP_{gl,nr,limite}$	28,2	indice di prestazione energetica globale dell'edificio calcolato nell'edificio di riferimento
Verifica $EP_{gl,nr} < EP_{gl,nr,limite}$ VERIFICATO		

Descrizione impianto termico

Dettaglio delle destinazioni d'uso previste nel progetto corrente:

DENOMINAZIONE ZONA TERMICA	DESTINAZIONE D'USO DPR 412/93	VOLUME m^3
Piano terra	E.1.1	471,18
Piano primo	E.1.1	375,79
Sottotetto	E.1.1	263,40

I dati di progetto per la climatizzazione:

Climatizzazione	invernale	estiva	u.m.
Volume lordo climatizzato dell'edificio (V)	1110,37	1110,37	m^3
Superficie esterna che delimita il volume climatizzato (S)	529,16	529,16	m^2
Rapporto S/V	0,48		
Superficie utile energetica dell'edificio	280,79	280,79	m^2
Valore di progetto della temperatura interna	20,0	26,0	$^{\circ}C$
Valore di progetto dell'umidità relativa interna	50,0	50,0	%

Utilizzo di fonti di energia rinnovabili per la copertura dei consumi di calore, elettricità e per il raffrescamento secondo i principi minimi di integrazione, le modalità e le decorrenze di cui all'allegato 3, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

Verifica (D. Lgs. 28/2011)	Percentuale di copertura del fabbisogno [%]
Verifica della copertura di almeno il 50% del fabbisogno derivante da fonti rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria	96,5 %
Verifica della copertura di almeno il 50% del fabbisogno derivante da fonti rinnovabili per la produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento	92,9 %
Potenza di picco installata sull'edificio [kW]	10,8
Potenza minima di legge $[(1/K) * Sup = (1/50) * 127,01]$ [kW]	2,5
Verifica della potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili	VERIFICATO

Tipologia impianto	Pompa di calore		
	Riscaldamento	ACS	Raffrescamento
Energia primaria rinnovabile (kWh anno)	2889,79	3363,21	0,000
Fabbisogno totale di energia primaria (kWh anno)	5395,37	5668,93	0,000

Percentuale di copertura del fabbisogno annuo	53,5 %	59,32 %	0,00 %
---	--------	---------	--------

Tipologia impianto	Fotovoltaico		
	Riscaldamento	ACS	Raffrescamento
Energia primaria rinnovabile (kWh anno)	1009,28	1100,30	800,45

Percentuale di copertura del fabbisogno annuo	78,55 %	93,05 %	100 %
---	---------	---------	-------

Dettaglio del sistema di emissione delle singole zone termiche:

Zona Termica	Tipologia locali	Terminali di erogazione	Potenza termica nominale [W]
Piano terra	Fino a 4 metri	Pannelli annegati a pavimento	1874,05
Piano primo	Fino a 4 metri	Pannelli annegati a pavimento	1761,42
Sottotetto	Fino a 4 metri	Pannelli annegati a pavimento	1306,22

Impianti fotovoltaici

Tipo di modulo fotovoltaico:	Silicio mono cristallino
Superficie di captazione:	43,20 m ²
Orientamento rispetto al SUD (Y) - Azimut:	30 °

Energia irraggiata sul piano dei moduli [kWh/m²]

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
E	54,44	75,31	125,92	142,56	174,30	193,14	202,83	178,91	151,39	90,14	48,80	47,21

Totale Irradiazione: **1484,92 kWh/m²**

Energia elettrica prodotta (E_{el,pv,out}) [kWh]

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
E _{el,pv}	440,94	609,97	1019,93	1154,75	1411,82	1564,40	1642,90	1449,16	1226,26	730,12	395,26	382,38

Totale Energia prodotta: **12027,89 kWh**

5.4 APE post intervento

Si dichiara che l'edificio oggetto della presente relazione può essere definito “edificio ad energia quasi zero” in quanto sono contemporaneamente rispettati:

- Tutti i requisiti previsti dalla lettera b), del comma 2, del paragrafo 3.3 del decreto di cui all'articolo 4, comma 1 del decreto legislativo, secondo i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;
- Gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n.28.



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE CERTIFICATO:

VALIDO FINO AL: 2033 anni



DATI GENERALI

Destinazione d'uso

☒ Residenziale

☐ Non residenziale

Classificazione D.P.R. 412/93: E.1.1

Oggetto dell'attestato

☒ Intero edificio

☐ Unità immobiliare

☐ Gruppo di unità immobiliari

numero di unità immobiliari
di cui è composto l'edificio: 1

☐ Nuova costruzione

☐ Passaggio di proprietà

☐ Locazione

☒ Ristrutturazione importante

☐ Riqualificazione energetica

☐ Altro:

Dati identificativi

Regione: Veneto
Comune: ESTE
Indirizzo: via Sceriman, n. 5
Piano: T, 1
Interno:
Coordinate GIS: 45,203504 ; 11,688115

Zona climatica: E
Anno di costruzione: 1967
Superficie utile riscaldata (m²): 280,79
Superficie utile raffrescata (m²): 280,79
Volume lordo riscaldato (m³): 1110,37
Volume lordo raffrescato (m³): 1110,37

Comune catastale	ESTE	Sezione	U	Foglio	31	Particella	1168
Subalterni	da 2 a 2	da a		da a		da a	
Altri subalterni							

Servizi energetici presenti



Climatizzazione invernale



Ventilazione meccanica



Illuminazione



Climatizzazione estiva



Prod. acqua calda sanitaria



Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del fabbricato

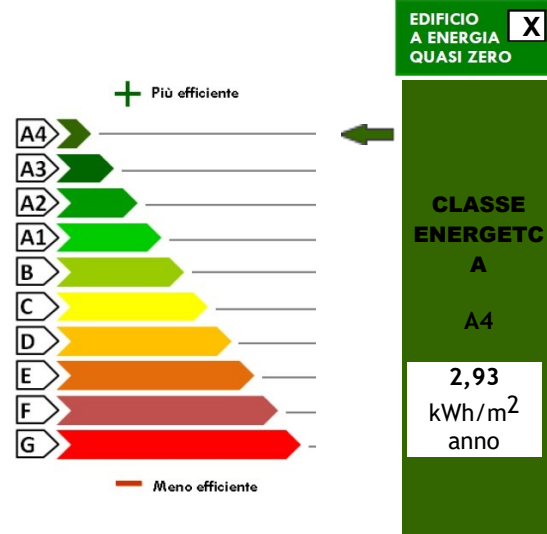
INVERNO



ESTATE



Prestazione energetica globale



Riferimenti

Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:

se nuovi:

A4

28,17
kWh/m² anno

6 Computo metrico estimativo delle opere

Il computo metrico estimativo è il documento redatto dal progettista per stimare il costo di esecuzione dei lavori di realizzazione di un'opera edile.

È un elaborato obbligatorio del progetto definitivo ed esecutivo in materia di lavori pubblici (Codice appalti, dlgs 18 aprile 2016, n. 50) ma è largamente diffuso anche nei lavori privati come strumento contrattuale per la regolazione dei rapporti tra committente ed impresa esecutrice.

Il computo metrico estimativo è il risultato di un procedimento analitico finalizzato a determinare l'importo delle singole lavorazioni e di conseguenza l'importo totale dei lavori.

Consiste nel moltiplicare le quantità ottenute per ciascuna lavorazione con il corrispondente prezzo unitario presente nell'elenco prezzi, ottenendo così l'importo parziale di ogni singola lavorazione; infine la somma degli importi di ogni lavorazione fornisce l'importo totale dell'opera.

6.1 Computo metrico

Servendosi del software Blumatica Pitagora, basandosi sul prezziario DEI 2022 della regione Veneto, si è svolto il computo metrico di tutte le opere sopra descritte.

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./P esi			
	Capitolo - 1.1. Strutture opache Sottocapitolo - 1.1.1 Cappotti e tinteggiature							
1 NP 6-1 (M)	Idrolavaggio completo delle facciate e raschiatura della muratura per rimozione colore e intonaco non bene aderito, valutato al metro quadro di superficie							
	Idrolavaggio delle pareti esterne	353,200				353,20		
	Sommano (mq)					353,20	7,50 €	2.649,00 €
2 B15090 e (M)	[B15090] Polistirene espanso sinterizzato EPS bianco conforme alla norma UNI EN 13163, avente valore ... gocciolatoi, compreso primer e rivestimento di finitura adeguato all'ETA del produttore del sistema: pannelli con superficie liscia: [B15090e] 160 mm							
	Cappotto esterno EPS 16 cm	353,200				353,20		
	Sommano (mq)					353,20	104,98 €	37.078,94 €

3 B15109 (M)	[B15109] Rivestimento metilsiliconico ad effetto minerale, a base di particelle di nanoquarzo, ad el ... atalitico, densità 1,3 kg/l, diffusione del vapore classe V1 secondo EN 1062, permeabilità all'acqua classe W3 secondo EN 1062, ad alta resa cromatica							
	Tinteggiatura di finitura esterna	353,200				353,20		
	Sommano (mq)					353,20	23,54 €	8.314,33 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./P esi			
	Capitolo - 1.1. Strutture opache Sottocapitolo - 1.1.2 Isolamenti e impermeabilizzazioni copertura							
4 B3504 1c (M)	[B35041] Copertura realizzata su strutture discontinue e continue (non incluse) con lastre di acciai ... etallo in acciaio inox; comprese lattonerie di copertura e esclusi canali di gronda: [B35041c] con lamiera di acciaio zincato dello spessore di 0,8 mm							
	Manto di copertura in lamiera	112,000				112,00		
	Sommano (mq)					112,00	72,78 €	8.151,36 €
5 E.15.07 .00 (M)	Fornitura e posa in opera di tavolato in legno di abete eseguito con tavole segate su quattro lati, ... ltro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. TAVOLATO PIALATO IN LEGNO DI ABETE Fornitura e posa in opera di tavolato in legno di abete							
	Doppio tavolato legno 2 cm	112,000			2,000	224,00		
	Sommano (m²)					224,00	11,10 €	2.486,40 €
7 B2505 6a (M)	Barriera al vapore costituita da una membrana bitume distillato-polimero elastoplastomerica armata, dello spessore di 3 mm, posta su massetto di sottofondo escluso, inclusa mano di primer bituminoso, con giunti sovrapposti: con velo vetro rinforzato							
	Freno vapore	112,000				112,00		
	Sommano (mq)					112,00	24,59 €	2.754,08 €
8 B1503 9a (M)	Coibentazione termica in estradosso di strutture inclinate, già preparate con orditura in legno, ris ... EN 13168, in pannelli di spessore 5 mm preassemblati con polistirene espanso, reazione al fuoco Euroclasse E, dimensioni 600 x 2000 mm: spessore 50 mm							
	Isolamento in fibra di legno 20 cm	4,000		112,000		448,00		
	Sommano (mq)					448,00	32,83 €	14.707,84 €
9 E.20.09 .b	Fornitura e posa in opera di listoni in legno di abete segato, posati nel senso della linea							

(M)	di massi ... rio per dare il lavoro finito a regola d'arte e conforme al dettaglio fornito dalla D.L. FORNITURA E POSA IN OPERA DI LISTELLI IN LEGNO sezioni 5x3 cm							
	Listelli per ventilazione	180,000				180,00		
	Sommano (m)					180,00	2,52 €	453,60 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lungh.	Largh.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 1.1. Strutture opache Sottocapitolo - 1.1.3 Lattonerie							
10 B35101b (M)	[B35101] Canali di gronda, converse e scossaline montate in opera compreso pezzi speciali ed ogni al ... ita a regola d'arte con esclusione delle sole cicogne di sostegno per i canali di gronda: sviluppo fino a cm 100: [B35101b] in acciaio zincato da 8/10							
	Canali di gronda		23,200			23,20		
	Scossaline		23,600			23,60		
	Sommano (m)					46,80	42,04 €	1.967,47 €
11 B35106b (M)	[B35106] Cicogne per sostegno di canali di gronda, montate in opera compreso fissaggio al supporto ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a regola d'arte: [B35106b] in rame o acciaio inox							
	Cicogne per sostegno gronde	2,000	23,200			46,40		
	Sommano (cad)					46,40	5,80 €	269,12 €
12 B35108b (M)	[B35108] Discendenti montati in opera compreso pezzi speciali ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a regola d'arte con esclusione dei soli collari di sostegno: Ø fino a 100 mm: [B35108b] in acciaio zincato da 8/10							
	Pluviali	4,000			7,200	28,80		
	Sommano (m)					28,80	18,37 €	529,06 €
13 B35110a (M)	[B35110] Collari per sostegno di discendenti, montate in opera compreso fissaggio al supporto ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a regola d'arte: [B35110a] in acciaio zincato							
	Collari per sostegno pluviali	2,000	28,800			57,60		
	Sommano (cad)					57,60	5,04 €	290,30 €
14 B35111c (M)	[B35111] Terminali per pluviali e colonne di scarico, per diametri fino a 100 mm e lunghezza 2,00 m, posti in opera compreso grappe, pezzi speciali, opere murarie, ecc.: [B35111c] in acciaio 12/10							
	Terminali pluviali	4,000				4,00		

	Sommano (cad)					4,00	38,85 €	155,40 €
--	---------------	--	--	--	--	------	---------	----------

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./P esi			
	Capitolo - 1.1. Strutture opache Sottocapitolo - 1.1.4 Fondazione							
15 M01003b (M)	[M01003] Edile qualificato: [M01003b] prezzo comprensivo di spese generali ed utili d'impresa pari al 28,70%							
	Posa xps	8,00 0				8,00		
	Sommano (ora)					8,00	34,85 €	278,80 €
16 B13003b (M)	[B13003] Polistirene espanso estruso a celle chiuse XPS, rispondente ai requisiti CAM (Criteri Ambie ... bordi sagomati o dritti, resistenza a compressione >= 700 KPa secondo EN 826: [B13003b] conducibilità termica lambda 0,035 W/mK, spessore 80 ÷ 100 mm							
	XPS su fondazione esistente	119, 300			10,0 00	1193,00		
	Sommano (mq/cm)					1193,00	4,16 €	4.962,88 €
17 B45001 (M)	Massetto di sottofondo in conglomerato cementizio, dello spessore non inferiore a 4 cm							
	Massetto 10 cm	2,00 0		98,6 00		197,20		
	Sommano (mq)					197,20	23,45 €	4.624,34 €
18 A65111 (M)	Vespaio areato realizzato con casseri modulari a perdere in polipropilene riciclato autoportanti, im ... meno 4 cm e l'armatura costituita da rete elettrosaldata Ø 6 mm maglia 200 x 200 mm: base rettangolare, delle dimensioni di 100 x 75 cm, altezza 40 cm							
	Vespaio areato	108, 000				108,00		
	Sommano (mq)					108,00	39,06 €	4.218,48 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung. h.	Larg. h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 1.2. Impianti Sottocapitolo - 1.2.1. Impianto termico							
19 033026b (M)	[033026] Serbatoio di accumulo di acqua tecnica in plastica per la produzione istantanea di acqua calda sanitaria con possibilità di abbinamento con pannelli solari termici, collegato all'unità interna dedicata, della capacità di: [033026b] 500 l							
	Serbatoio di accumulo	1,000				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	1.681,50 €	1.681,50 €
20 M01001b (M)	[M01001] Edile IV livello (caposquadra): [M01001b] prezzo comprensivo di spese generali ed utili d'impresa pari al 28,70%							
	Manodopera per collegamenti elettrici e collaudo	8,000				8,00		
	Sommano (ora)					8,00	39,23 €	313,84 €
21 025110c (M)	[025110] Collettore complanare costituito da moduli in ottone stampato con attacchi per adattatore t ... assetta di contenimento in lamiera verniciata RAL 9010, con esclusione delle opere murarie: 3/4"x 16 mm: [025110c] lunghezza 210 mm, attacchi n. 6 + 6							
	Collettore di distribuzione da 12 circuiti	3,000				3,00		
	Sommano (cad)					3,00	348,05 €	1.044,15 €
22 015068a (M)	[015068] Miscelatore termostatico regolabile con corpo in ottone cromato, campo di regolazione 40 ÷ 60 °C, attacchi filettati dei seguenti diametri: [015068a] 1/2", kVs 1,3 mc/h							
	Miscelatore termostatico	1,000				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	187,28 €	187,28 €
23 025110a (M)	[025110] Collettore complanare costituito da moduli in ottone stampato con attacchi per adattatore t ... cassetta di contenimento in lamiera verniciata RAL 9010, con esclusione delle opere murarie:							

	3/4"x 16 mm: [025110a] lunghezza 70 mm, attacchi n. 2 + 2							
	Collettore a 2 vie	1,000				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	286,68 €	286,68 €
24 025242c (M)	[025242] Impianto di riscaldamento a pavimento a basso spessore, dimensionato in funzione del fabbis ... al mq: [025242c] con pannello portatubi con isolamento acustico integrato applicato su massetti e con tubi Ø 12 mm, passo 50 mm, spessore totale 31 mm							
	Pannello radiante a pavimento					0,00		
	Piano terra	99,100				99,10		
	Piano primo	95,300				95,30		
	Mansarda	53,700				53,70		
	Sommano (mq)					248,10	97,80 €	24.264,18 €
25 035064b (M)	[035064] Pompa di calore aria/acqua, tecnologia DC inverter, con unità interna pensile per produzion ... collegamento alla rete idraulica: gas refrigerante R410A, alimentazione elettrica 230 V-1-50 Hz: [035064b] resa frigorifera 10 kW, resa termica 11 kW							
	Pompa di calore 9 kW	1,000				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	8.756,07 €	8.756,07 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 1.2. Impianti Sottocapitolo - 1.2.2. Ventilazione meccanica							
26 035021a (M)	Recuperatore di calore compatto con scambiatore di calore statico a flussi incrociati, completo di f... a 230 V-1-50 grado di protezione IP 20, classe d'isolamento F, sono esclusi gli eventuali staffaggi e supporti antivibranti: portata nominale 300 mc/h							
	Recuperatore di calore	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	1.497,27 €	1.497,27 €
27 035206b (M)	[035206] Tubo flessibile in alluminio rinforzato doppio strato ad alta flessibilità con inclusione d... o, grado di igroscopicità 0,03%, posto in opera ad un'altezza massima di 4,00 m dal piano di calpestio, esclusi staffaggi: [035206b] Ø nominale 127 mm							
	Tubazioni	80,0 00				80,00		
	Sommano (m)					80,00	9,23 €	738,40 €
28 035274a (M)	[035274] Diffusore quadrato con griglia forellinata multidirezionale di mandata o di ripresa dell'ar... elle seguenti dimensioni e caratteristiche: diffusore di mandata: [035274a] dimensione esterna 350 x 350 mm, Ø nominale attacco tubo flessibile 160 mm							
	Diffusore di mandata e ripresa aria	9,00 0				9,00		
	Sommano (cad)					9,00	152,82 €	1.375,38 €
29 035113b (M)	Ventilconvettore canalizzabile con ventilatori centrifughi a doppia aspirazione, struttura portante... elocità massima con acqua entrante a 7 °C, DT 5 °C, aria entrante a 27 °C: con una batteria a 3 ranghi: resa frigorifera 3,42 kW, resa termica 4,25 kW							
	Ventilconvettore	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	933,14 €	933,14 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./P esi			
	Capitolo - 2.1. Strutture opache – Infissi Sottocapitolo - 2.2.1 Ponti termici							
30 B45246e (M)	[B45246] Soglie lisce e sottogradi di gradini rettangolari o simili in lastre di pietra naturale o m ... era con malta bastarda, compreso le occorrenti murature, beveroni, stuccature, stilatura, sigillatura dei giunti e grappe: [B45246e] granito nazionale							
	Nuove soglie e davanzali in granito	12,500				12,50		
	Sommano (mq)					12,50	175,54 €	2.194,25 €
31 C15080f (M)	[C15080] Cassonetto monoblocco isolante prefabbricato, realizzato con l'assemblaggio di un cassonett ... r dare il lavoro fornito a regola d'arte, dimensione foro finestra finito, incluso il trasporto, escluso il tiro ai piani: [C15080f] da 2,65 a 4,50 mq							
	Thermocasse porte finestre	4,000				4,00		
	Sommano (cad)					4,00	420,97 €	1.683,88 €
32 C15080c (M)	[C15080] Cassonetto monoblocco isolante prefabbricato, realizzato con l'assemblaggio di un cassonett ... r dare il lavoro fornito a regola d'arte, dimensione foro finestra finito, incluso il trasporto, escluso il tiro ai piani: [C15080c] da 1,10 a 1,70 mq							
	Thermocasse finestre	14,000				14,00		
	Sommano (mq)					14,00	500,95 €	7.013,30 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 2.1. Strutture opache – Infissi Sottocapitolo - 2.2.2 Nuovi infissi							
33 A25114 (M)	Smontaggio di infissi esterni in legno come finestre, sportelli a vetri, persiane ecc., calcolato su ... l'eventuale parte vetrata, compreso telaio, controtelaio, smuratura delle grappe o dei tasselli di tenuta ed eventuale taglio a sezione degli elementi							
	Smontaggio vecchi infissi	35,3 60				35,36		
	Sommano (mq)					35,36	19,68 €	695,88 €
34 A25135b (M)	[A25135] Tiro in alto o calo in basso di materiali a mezzo di elevatore meccanico compreso l'onere di carico e scarico dei materiali: [A25135b] valutazione a volume							
	Calo in basse vecchi serramenti	35,3 60		0,10 0		3,54		
	Calo in alto nuovi serramenti e themocasse	42,2 00		0,10 0		4,22		
	Sommano (mc)					7,76	34,82 €	270,20 €
35 np 6-2 (M)	Trasporto e oneri per scarica autorizzata							
	Trasporto a scarica e oneri	7,76 0				7,76		
	Sommano (mc)					7,76	94,46 €	733,01 €
36 C25104a (M)	Serramento realizzato in legno lamellare di abete dal lato interno e alluminio dal lato esterno con ... icazione in zona climatica F); prestazione acustica del serramento: indice di valutazione del potere fonoisolante Rw = 36 dB: finestra, a telaio fisso							
	Fin 75x185			0,75 0	1,85 0	1,39		
	Fin 140x210			1,40 0	2,10 0	2,94		
	Fin 100x190			1,00 0	1,90 0	1,90		
	Sommano (mq)					6,23	795,00 €	4.952,85 €
37 C25104b	Serramento realizzato in legno lamellare							

(M)	di abete dal lato interno e alluminio dal lato esterno con ... one in zona climatica F); prestazione acustica del serramento: indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w = 36$ dB: finestra a 1 anta, a battente							
	Fin 90x140			0,90 0	1,40 0	1,26		
	Fin 160x75			1,60 0	0,75 0	1,20		
	Fin 75x75			0,75 0	0,75 0	0,56		
	Fin 140x140	2,00 0		1,40 0	1,40 0	3,92		
	Fin 185x75			1,85 0	0,75 0	1,39		
	Fin 160x160			1,60 0	1,60 0	2,56		
	Fin 160x140	2,00 0		1,60 0	1,40 0	4,48		
	Fin 75x140	2,00 0		0,75 0	1,40 0	2,10		
	Sommano (mq)					17,47	1.040,00 €	18.168,8 0 €
38 C25108b (M)	Serramento scorrevole in legno lamellare di abete dal lato interno e alluminio dal lato esterno, con ... ione acustica del serramento: indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w = 36$ dB: portafinestra scorrevole complanare (ribalta-scorri) a 2 ante							
	Porta finestra 315x240			3,15 0	2,40 0	7,56		
	Porta finestra 315x210			3,15 0	2,10 0	6,62		
	Sommano (mq)					14,18	1.220,00 €	17.299,6 0 €
39 C25104d (M)	Serramento realizzato in legno lamellare di abete dal lato interno e alluminio dal lato esterno con ... na climatica F); prestazione acustica del serramento: indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w = 36$ dB: portafinestra a 1 o 2 ante, a battente							
	Porta finestra 90x240	2,00 0		0,90 0	2,40 0	4,32		
	Sommano (mq)					4,32	965,00 €	4.168,80 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 2.2. Schermature solari Sottocapitolo - 2.2.1 Opere edili							
40 C15077a (M)	Frangisole a pale orizzontali o verticali di larghezza 200 ÷ 300 mm costituite da lamiera in alluminio, fissati ad apposite staffe in acciaio zincato, incluso il trasporto, escluso il tiro ai piani ed eventuali assistenze murarie: lunghezza pala 1 m							
	Frangisole schermature solari	42,200				42,20		
	Sommano (mq)					42,20	220,00 €	9.284,00 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 2.2. Schermature solari Sottocapitolo - 2.2.2. Automazione							
41 C25091e (M)	[C25091] Sovrapprezzi per l'installazione di: [C25091e] motore elettrico fino a 60 kg							
	Motore elettrico per FRANGISOLE	19,000				19,00		
	Sommano (cad)					19,00	198,00 €	3.762,00 €
42 015059a (M)	[015059] Comando a due pulsanti semplici, configurabili passo-passo, ON/OFF, pulsante, attivazione s ... asti, morsetti per il collegamento BUS, pulsante di configurazione e led, compresa la programmazione e l'attivazione dell'impianto: [015059a] standard							
	PUNTO DI COMANDO APULSANTE DOPPIO PER MOTORE FRANGISOLE	13,000				13,00		
	Sommano (cad)					13,00	125,70 €	1.634,10 €
43 035034a (M)	[035034] Scatola da parete, in tecnopolimero, per inserimento delle prese da incasso del tipo con cu ... nza al «filo incandescente» 650 °C, grado di protezione per 16 ÷ 32 A: IP 44; per 63 A: IP 67: [035034a] per prese da 16 A, uscita diritta o inclinata							
	PREDISPOSIZIONE SCATOLA E TUBAZIONE PER ALIMENTAZIONE E COMMANDO FRANGISOLE	13,000				13,00		
	Sommano (cad)					13,00	11,81 €	153,53 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 2.5 Colonnina di ricarica Sottocapitolo - 2.5.1 Opere elettriche							
44 035052c (M)	[035052] Interruttore automatico magnetotermico, serie modulare, tensione nominale 230/400 V c.a.: potere d'interruzione 10 kA, curva caratteristica di intervento tipo "C" (CEI-EN 60947-2): [035052c] unipolare 40 ÷ 63 A							
	Interruttore automatico	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	61,78 €	61,78 €
45 025002d (M)	[025002] Cavo flessibile unipolare FG17-450/750 V, isolato con HEPR, tensione nominale 450-750 V, a ... iti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35716, classe Cca-s1b,d1,a1: [025002d] sezione 6 mmq							
	Cavo flessibile	20,0 00				20,00		
	Sommano (m)					20,00	3,10 €	62,00 €
46 035339b (M)	[035339] Quadro da parete e da incasso con portello trasparente, equipaggiato con guida DIN35: in lamiera verniciata con resine epossidiche: [035339b] per 24 moduli disposti su due file							
	Quadro elettrico	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	243,53 €	243,53 €
47 215002d (M)	[215002] Stazione di ricarica, tipo residenziale, a parete per veicoli elettrici, alimentazione trif ... ita su prese 3P+N tipo T1 o T2, compresa l'attivazione dell'impianto: [215002d] 22 kW, con cavo di alimentazione lunghezza 4 m e presa mobile, In 32 A							
	colonnina	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	1.735,60 €	1.735,60 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 2.7 Fotovoltaico							
	Sottocapitolo - Opere elettriche							
48 103007h (M)	[103007] Inverter trifase conforme alla norma CEI 0-21 per impianti connessi in rete (grid connected ... 5, involucro in materiale metallico con grado di protezione IP 65, potenza nominale in corrente alternata, potenza nominale in c.a.: [103007h] 10,0 kW							
	Inverter trifase	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	2.379,37 €	2.379,37 €
49 105001c (M)	[105001] Modulo fotovoltaico a struttura rigida con celle al silicio monocristallino, tensione massi ... tto piano con inclinazione variabile, misurato per Watt di picco di potenza: [105001c] potenza di picco maggiore di 350 W, efficienza del modulo > 20%							
	Impianto fotovoltaico 10,8 kW	10,8 00			1000 ,000	10800,0 0		
	Sommano (W)					10800,0 0	1,77 €	19.116,0 0 €
50 B35127b (M)	Dispositivo anticaduta TIPO C costituito da un sistema di ancoraggio (linea vita) contro le cadute d ... n. 1 targhetta di accesso alla copertura in alluminio: dispositivi in alluminio 6082 di altezza 200 mm, Ø 50 mm e fune delle seguenti lunghezze: 20 m							
	Linea vita	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	2.342,81 €	2.342,81 €
51 B35129b (M)	Dispositivi anticaduta TIPO A secondo le normative UNI EN 795:2012, UNI EN CEN/TS 16415:2013 e UNI 11578:2015 con punti di ancoraggio per coperture in lamiera: per lamiere grecate passo forature: 226 mm; 250 mm; 274 mm							
	Dispositivi di ancoraggi in classe A	8,00 0				8,00		
	Sommano (cad)					8,00	186,44 €	1.491,52 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 2.8 Accumulo fotovoltaico Sottocapitolo - Sistema di accumulo							
52 105023c (M)	[105023] Sistema di accumulo energia con tecnologia ioni Litio, in involucro da parete grado di prot ... oD, tensione nominale 48V, compresa l'attivazione dell'impianto, energia totale accumulabile: [105023c] 9,8 kWh, capacità 189 Ah, potenza massima 5 kW							
	Sistema di accumulo da 20 kW	4,000				4,00		
	Sommano (cad)					4,00	5.767,91 €	23.071,64 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lun gh.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Supercapitolo - 3. Opere strutturali Capitolo - 3.1. Strutture in fondazione Sottocapitolo - 3.1.1 Fondazione e marciapiede							
53 A25051 (M)	[A25051] Demolizione di pavimento in conglomerato con leganti e inerti locali, battuto, tipo cocchiopesto alla romana, acciottolato, pavimento alla veneziana e simili, compreso il sottofondo dello spessore fino a 5 cm							
	Demolizione pavimento porzione porticato	40,00				40,00		
	Sommano (mq)					40,00	14,10 €	564,00 €
54 A25015a (M)	[A25015] Scavo a sezione obbligata eseguito in zona molto ristretta con disposizione del materiale di risulta in cumulo di fianco allo scavo: per profondità fino a 1,5 m: [A25015a] in terra vegetale, terreno naturale incoerente o poco coerente							
	Scavo fondazione platea	27,40			0,400	10,96		
	Sommano (mc)					10,96	21,85 €	239,48 €
55 np 6-2 (M)	Trasporto e oneri per discarica autorizzata							
	Discarica	12,960				12,96		
	Sommano (mc)					12,96	94,46 €	1.224,20 €
56 A63001c (M)	Materiale da sottofondo (franco cava): ghiaione							
	Ghiaione marciapiede e portico	74,200			0,200	14,84		
	Sommano (mc)					14,84	14,75 €	218,89 €
57 B45001 (M)	Massetto di sottofondo in conglomerato cementizio, dello spessore non inferiore a 4 cm							
	Massetto 10 cm marciapiede e portico	74,200				74,20		

	Sommano (mq)					74,20	23,45 €	1.739,99 €
58 B45221 (M)	Rivestimento in quarzite grigio argento in frammenti di lastre di colore grigio, spessore 1,0 ÷ 2,0 cm, posto in opera con idoneo collante, compresi sfridi, suggellatura dei giunti e pulizia finale							
	Pavimentazione esterna in pietra	74,200				74,20		
	Sommano (mq)					74,20	72,23 €	5.359,47 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 3.2. Strutture in elevazione Sottocapitolo - 3.2.1 Demolizioni e scarica							
59 A25034a (M)	[A25034] Demolizione di struttura in calcestruzzo di qualsiasi forma o spessore, compreso l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio in attesa del trasporto allo scarico: [A25034a] non armato, eseguita con l'ausilio di martello demolitore manuale							
	Demolizione poggiolo	5,16 0			0,21 0	1,08		
	Demolizione poggiolo	5,16 0			0,15 0	0,77		
	Sommano (mc)					1,85	215,81 €	399,25 €
60 A25093 (M)	[A25093] Rimozione di discendenti e canali di gronda in lamiera o pvc, compresa la rimozione di grappe e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio, in attesa del trasporto allo scarico ed escluso il solo calo in basso							
	Rimozione scossaline		25,2 00			25,20		
	Rimozione pluviali	4,00 0			7,20 0	28,80		
	Sommano (m)					54,00	7,83 €	422,82 €
61 A25093 (M)	[A25093] Rimozione di discendenti e canali di gronda in lamiera o pvc, compresa la rimozione di grappe e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio, in attesa del trasporto allo scarico ed escluso il solo calo in basso							
	Rimozione gronde		24,5 00			24,50		
	Sommano (m)					24,50	7,83 €	191,84 €
62 np 6-2 (M)	Trasporto e oneri per scarica autorizzata							
	Trasporto scarica e oneri	16,0 00				16,00		
	Sommano (mc)					16,00	94,46 €	1.511,36 €
63 A25060 (M)	[A25060] Demolizione di massetto in calcestruzzo alleggerito, compreso							

	l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio, in attesa del trasporto allo scarico							
	Rimozione massetto piano primo	95,9 00			0,06 0	5,75		
	Sommano (mc)					5,75	172,36 €	991,07 €
64 A25090a (M)	[A25090] Smontaggio della grossa armatura in legno di tetto, compresi ferramenta, smuratura delle st ... abile e l'avvicinamento al luogo di deposito provvisorio; escluso il solo calo in basso: [A25090a] per strutture semplici quali arcarecci, travi, ecc.							
	Demolizione totale struttura legno copertura	136, 200			0,15 0	20,43		
	Sommano (mc)					20,43	131,62 €	2.689,00 €
65 np2 (M)	Demolizione di scala esistente in calcestruzzo, con deposito del materiale di risulta in attesa di depositarlo in discarica.							
	Demolizione scala esistente	1,00 0				1,00		
	Sommano (cad)					1,00	700,00 €	700,00 €
66 A25136a (M)	[A25136] Compenso alle discariche autorizzate e realizzate secondo il DLgs 13 gennaio 2003, n. 36, p ... escluso il costo relativo alla caratterizzazione del rifiuto: [A25136a] rifiuti ammissibili in discarica per rifiuti inerti (art. 5 DM 24 giugno 2015)							
	Oneri discarica	38,0 30			2,00 0	76,06		
	Sommano (t)					76,06	18,00 €	1.369,08 €
67 A25029a (M)	[A25029] Demolizione di muratura, anche voltata, di spessore superiore ad una testa, eseguita a mano, compresa la cernita ed accantonamento del materiale di recupero da riutilizzare: [A25029a] muratura in mattoni							
	Demolizione muraure esterne per fori finestra	15,8 00		0,26 0		4,11		
	Sommano (mc)					4,11	163,72 €	672,89 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Supercapitolo - 3. Opere strutturali Capitolo - 3.2. Strutture in elevazione Sottocapitolo - 3.2.2 Opere murarie							
68 Np 6 (M)	Posa in opera di scala in calcestruzzo, comprensiva delle 4 rampe, realizzata a regola d'arte e valutata a corpo.							
	Scala in cls (4 rampe)	4,00 0				4,00		
	Sommano (cad)					4,00	0,00 €	0,00 €
69 A33033a (M)	[A33033] Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica e classe di esposizione ... re franco cantiere: classe di esposizione XC1-XC2 con rapporto A/C massimo 0,60, classe di resistenza a compressione: [A33033a] C 25/30 (Rck 30 N/mmq)							
	Cordolo su copertura 25x30		44,4 00	0,30 0	0,25 0	3,33		
	Pilastro sostegno colmo		0,25 0	0,25 0	6,30 0	0,39		
	Sommano (mc)					3,72	119,82 €	445,73 €
70 C15009c (M)	Carpenteria in acciaio per travi e colonne, realizzate in profilati tubolari di qualsiasi sezione, l ... er dare l'opera finita, esclusi trattamenti protettivi e verniciature: tubolari senza saldatura: in acciaio S275 JR - Classe di esecuzione EXC1 o EXC2							
	Pilastro in acciaio piano sottotetto (d=22 cm)	21,4 00			2,80 0	59,92		
	Sommano (kg)					59,92	6,42 €	384,69 €
71 A35062b (M)	[A35062] Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelaborato e pretagliato a misura ... rale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., in barre: [A35062b] per strutture complesse (100 ÷ 150 kg di acciaio per mc di calcestruzzo)							
	Armatura cordolo	90,0 00			3,72 0	334,80		
	Sommano (kg)					334,80	2,75 €	920,70 €

72 A35057b (M)	[A35057] Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso ... do la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo: per solai e solette piene con travi ribassate: [A35057b] pannelli di legno							
	Casseformi per cordolo	2,00 0	2,64 0	0,30 0		1,58		
	Casseformi per pilastro	4,00 0	0,25 0	0,25 0	6,30 0	1,58		
	Sommano (mq)					3,16	42,51 €	134,33 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./P esi			
	Capitolo - 3.2. Strutture in elevazione Sottocapitolo - 3.2.3 Solai							
74 E.13.12.0 0 (M)	Fornitura e posa in opera di massetto alleggerito praticabile dello spessore di 6 cm per adeguamento ... o, la tiratura a livello e quanto altro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. FORNITURA E POSAFORNITURA E POSA ALLEGGERITO ALLEGGERITO							
	Alleggerito secondo solaio	95,9 00			0,10 0	9,59		
	Sommano (m²)					9,59	17,97 €	172,33 €
75 B45001 (M)	Massetto di sottofondo in conglomerato cementizio, dello spessore non inferiore a 4 cm							
	Massetto secondo solaio	95,9 00				95,90		
	Sommano (mq)					95,90	23,45 €	2.248,86 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lungh.	Largh.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 3.2. Strutture in elevazione Sottocapitolo - 3.2.4 Copertura in legno							
76 A33033a (M)	[A33033] Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica e classe di esposizione ... re franco cantiere: classe di esposizione XC1-XC2 con rapporto A/C massimo 0,60, classe di resistenza a compressione: [A33033a] C 25/30 (Rck 30 N/mmq)							
	Cordolo collegamento copertura 25x30		44,400	0,300	0,250	3,33		
	Sommano (mc)					3,33	119,82 €	399,00 €
77 A35062b (M)	[A35062] Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavato e pretagliato a misura ... rale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., in barre: [A35062b] per strutture complesse (100 ÷ 150 kg di acciaio per mc di calcestruzzo)							
	Armatura cordolo	100,000			3,330	333,00		
	Sommano (kg)					333,00	2,75 €	915,75 €
78 A35057b (M)	[A35057] Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso ... do la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo: per solai e solette piene con travi ribassate: [A35057b] pannelli di legno							
	Casseformi per cordolo	2,000	44,400	0,300		26,64		
	Sommano (mq)					26,64	42,51 €	1.132,47 €
79 M01003b (M)	[M01003] Edile qualificato: [M01003b] prezzo comprensivo di spese generali ed utili d'impresa pari al 28,70%							
	Manodopera per posa impalcato e opere provvisorie	8,000				8,00		
	Sommano (ora)					8,00	34,85 €	278,80 €
80 C35019	[C35019] Elementi portanti orizzontali							

m (M)	a sezione rettangolare di legno massello o lamellare, con sup ... ro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: [C35019m] larice lamellare incollato							
	Travi legno lamellare copertura 16x20	16,0 00	4,65 0	0,16 0	0,20 0	2,38		
	Travi legno lamellare copertura 16x20	15,0 00	6,42 0	0,16 0	0,20 0	3,08		
	Trave colmo 22x28	10,6 00		0,22 0	0,28 0	0,65		
	Sommano (mc)					6,11	2.518,3 6 €	15.387, 18 €
81 C35004a (M)	[C35004] Piccola orditura, fornita e posta in opera compresa l'intestatura, la muratura delle testate e la chiodatura alla struttura sottostante: [C35004a] in legname di abete							
	Travi passafuori 8x14	11,0 00	1,75 0	0,08 0	0,14 0	0,22		
	Sommano (mc)					0,22	1.434,7 5 €	315,65 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 3.2. Strutture in elevazione Sottocapitolo - 3.2.5 Opere in acciaio							
82 C15005c (M)	[C15005] Carpenteria in acciaio in profilati laminati a caldo della serie IPE, HEA, HEB, HEM, UPN, a ... l'opera finita, esclusi trattamenti protettivi e verniciature: per strutture semplici: [C15005c] in acciaio S275 JR - classe di esecuzione EXC1 o EXC2							
	Profilo HEA180							
	Cerchiatura		16,0 50		35,5 00	569,78		
	Tubolare 219,1 x6		2,95 0		31,5 00	92,93		
	Sommano (kg)					662,71	4,58 €	3.035,21 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 3.2. Strutture in elevazione Sottocapitolo - 3.2.6 Accantieramento							
83 A15023a (M)	[A15023] Ponteggio in tubolari metallici (sistema a elementi tubolari zincati a caldo con collegamen ... facciata: [A15023a] montaggio comprensivo di trasporto, approvvigionamento, scarico avvicinamento e tiro in alto dei materiali, per i primi 30 giorni							
	Ponteggio facciata NORD		14,6 00		8,00 0	116,80		
	Ponteggio facciata SUD		14,6 00		8,00 0	116,80		
	Ponteggio facciata OVEST		14,3 00		8,00 0	114,40		
	Ponteggio facciata EST		14,3 00		8,00 0	114,40		
	Sommano (mq)					462,40	14,20 €	6.566,08 €
84 A15023b (M)	[A15023] Ponteggio in tubolari metallici (sistema a elementi tubolari zincati a caldo con collegamen ... comprendente il controllo degli ancoraggi, la manutenzione ordinaria e quanto altro occorrente per il mantenimento della sicurezza delle opere finite							
	Sovrapprezzo per 3 mesi	462, 400			3,00 0	1387,20		
	Sommano (mq)					1387,20	2,85 €	3.953,52 €
85 A15023c (M)	[A15023] Ponteggio in tubolari metallici (sistema a elementi tubolari zincati a caldo con collegamen ... lla facciata: [A15023c] smontaggio a fine lavoro compreso calo in basso, accantonamento provvisorio, carico e trasporto di allontanamento dal cantiere							
	Smontaggio dei ponteggi	462, 400			1,00 0	462,40		
	Sommano (mq)					462,40	5,97 €	2.760,53 €
86 A15024a (M)	[A15024] Piano di lavoro per ponteggi costituito da tavole metalliche prefabbricate od in legno di a ... per i primi 30 giorni, compreso ogni onere e magistero di approvvigionamento, montaggio, manutenzione, smontaggio e ritiro dal cantiere a fine lavori							

	Piano di lavoro per ponteggio (3 piani)	3,00 0		82,6 00	1,00 0	247,80		
	Sommano (mq)					247,80	6,52 €	1.615,66 €
87 A15024b (M)	[A15024] Piano di lavoro per ponteggi costituito da tavole metalliche prefabbricate od in legno di a ... ato a mq di superficie del piano di lavoro (proiezione orizzontale): [A15024b] per ogni mese o frazione di mese successivo (non inferiore a 25 giorni)							
	Sovrapprezzo 6 mesi per piano di lavoro	3,00 0		247, 800	1,00 0	743,40		
	Sommano (mq)					743,40	1,82 €	1.352,99 €
88 A15028a (M)	[A15028] Scala da cantiere esterne alla struttura del ponteggio, composta da elementi tubolari zinca ... per i primi 30 giorni, compreso ogni onere e magistero di approvvigionamento, montaggio, manutenzione, smontaggio e ritiro dal cantiere a fine lavori							
	Scale per ponteggi	4,00 0				4,00		
	Sommano (m)					4,00	121,73 €	486,92 €
89 SR5016 (M)	[SR5016] Bagno chimico portatile, realizzato in materiale plastico antiurto, delle dimensioni di 110 ... cabina, immissione acqua pulita con disgregante chimico, fornitura carta igienica, trasporto e smaltimento rifiuti speciali, costo di utilizzo mensile							
	WC	6,00 0			1,00 0	6,00		
	Sommano (cad)					6,00	132,26 €	793,56 €
90 SR5013h (M)	[SR5013] Prefabbricato monoblocco con pannelli di tamponatura strutturali, tetto in lamiera grecata ... o semivetrato; costo di utilizzo della soluzione per ogni mese (esclusi gli arredi): [SR5013h] dimensioni 6.000 x 2.400 mm con altezza pari a 2.700 mm							
	Baracca	6,00 0			1,00 0	6,00		
	Sommano (cad)					6,00	58,88 €	353,28 €

91 SR5001 (M)	[SR5001] Manutenzione e pulizia di alloggiamenti, baraccamenti e servizi, valutata al mq/mese							
	Manutenzione e pulizia	3,00 0		6,00 0	1,00 0	18,00		
	Sommano (mq)					18,00	17,31 €	311,58 €
92 N04162c (M)	[N04162] Gru a torre: sbraccio 31 m, portata 2.400 kg, altezza 37 m, esclusi montaggio, smontaggio e opere provvisorie (binari, ballast, ecc.): [N04162c] a freddo senza operatore							
	Gru a torre 3 mesi (450 ore) compreso montaggio e smontaggio	450, 000			1,00 0	450,00		
	Sommano (ora)					450,00	7,27 €	3.271,50 €
93 SR5021c (M)	[SR5021] Recinzione realizzata con rete in polietilene alta densità, peso 240 g/mq, resistente ai ra ... tegno in ferro zincato fissati nel terreno a distanza di 1 m: [SR5021c] altezza 1,80 m, costo di utilizzo dei materiali per tutta la durata dei lavori							
	Recinzione di cantiere	95,0 00			1,00 0	95,00		
	Sommano (m)					95,00	2,07 €	196,65 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 5.1 Ristrutturazione Sottocapitolo - 5.1.1 Opere edili							
94 B45137a (M)	Pavimento in listoni di legno stagionati ed essiccati, di 7 ÷ 9 cm di larghezza, 10 mm di spessore, ... lunghezza, grado igrometrico 9% ± 2%, scelta standard, posti in opera su adeguato piano di posa compreso tagli, sfridi, lamatura e laccatura: ciliegio							
	Pavimento in legno piano terra	93,4 00				93,40		
	Pavimento in legno primo piano	76,0 00				76,00		
	Pavimento in legno piano mansarda	37,9 00				37,90		
	Sommano (mq)					207,30	106,89 €	22.158,30 €
95 A75024 (M)	[A75024] Intonaco premiscelato di fondo per interni ed esterni di pura calce idraulica naturale NHL ... a traspirabilità ed igroscopicità, reazione al fuoco classe A1 applicato a mano su supporto in laterizio, in spessore di 2 cm, livellato e frattazzato							
	Intonaco grezzo mansarda	37,4 00				37,40		
	Intonaco grezzo soffitto (pt e p1)	194, 000				194,00		
	Sommano (mq)					231,40	28,05 €	6.490,77 €
96 A75036 (M)	[A75036] Finitura con intonaco premiscelato per interni ed esterni, di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 conforme alla norma UNI EN 459-1, ed inerti ad alta traspirabilità e igroscopicità, applicato a mano, reazione al fuoco classe A1							
	Finitura del soffitto	194, 500				194,50		
	Finitura soffitto mansarda	37,4 00				37,40		
	Sommano (mq)					231,90	10,66 €	2.472,05 €
97 A75024 (M)	[A75024] Intonaco premiscelato di fondo per interni ed esterni di pura calce idraulica naturale NHL ... a traspirabilità ed igroscopicità, reazione al fuoco classe A1 applicato a mano su supporto in laterizio, in spessore di 2 cm, livellato e frattazzato							
	Intonaco grezzo pareti interne					0,00		

	Piano terra		115,200		2,700	311,04		
	Piano primo		124,200		2,700	335,34		
	Sommano (mq)					646,38	28,05 €	18.130,96 €
98 A75036 (M)	[A75036] Finitura con intonaco premiscelato per interni ed esterni, di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 conforme alla norma UNI EN 459-1, ed inerti ad alta traspirabilità e igroscopicità, applicato a mano, reazione al fuoco classe A1							
	Intonaco di finitura pareti interne	646,400				646,40		
	Sommano (mq)					646,40	10,66 €	6.890,62 €
99 B55062b (M)	[B55062] Pareti divisorie in lastre di cartongesso dello spessore di 12,5 mm fissate mediante viti a ... con i contorni dotati di profilati metallici per il fissaggio dei serramenti: [B55062b] con due lastre di cartongesso su entrambi i lati della parete							
	Pareti in cartongesso	156,900				156,90		
	Sommano (mq)					156,90	57,14 €	8.965,27 €
100 015198 (M)	[015198] Bagno completo composto da: rete di scarico realizzata con tubazioni in pvc tipo 302 a norm ... resi gli accessori per la posa e il collegamento alla rete idrica e di scarico con la sola esclusione delle opere murarie e della colonna di adduzione							
	Nuovi bagni + lavanderia	4,000				4,00		
	Sommano (cad)					4,00	3.106,60 €	12.426,40 €
101 A25032a (M)	[A25032] Demolizione di muratura di qualsiasi genere, anche voltata, di spessore fino ad una testa, eseguita a mano, compresa la cernita ed accantonamento del materiale di recupero da riutilizzare: [A25032a] muratura in mattoni pieni							
	Demolizione tramezze interne		25,100		2,900	72,79		
	Sommano (mq)					72,79	10,97 €	798,51 €

102 C23032b (M)	[C23032] Porta in legno scorrevole interno muro con anta tamburata e bordi impiallacciati, spessore ... ro in multistrato, serratura a gancio con nottolino e maniglia ad incasso, dimensioni 210 x 60 ÷ 90 cm: cieca liscia, anta singola: [C23032b] ciliegio							
	Porta scorrevole	4,00 0				4,00		
	Sommano (cad)					4,00	411,90 €	1.647,60 €
103 C25028b (M)	[C25028] Porta interna in legno con anta mobile tamburata e con bordi impiallacciati, completa di te ... ferramenta necessaria per il fissaggio, movimento e chiusura, delle dimensioni standard di 210 x 60 ÷ 90 cm: con anta cieca liscia: [C25028b] ciliegio							
	Porta interna	7,00 0				7,00		
	Sommano (cad)					7,00	418,31 €	2.928,17 €
104 C23023c (M)	[C23023] Controtelaio in lamiera zincata per alloggiamento porta singola scorrevole a scomparsa del ... li: per parete interna divisoria formata da laterizi forati di spessore 90 ÷ 108 mm con sede interna 54 ÷ 72 mm: [C23023c] luce 800 x 2.000 ÷ 2.100 mm							
	Controtelaio per scorrevole	4,00 0				4,00		
	Sommano (cad)					4,00	193,41 €	773,64 €
105 A65048b (M)	[A65048] Muratura in elevazione realizzata con blocchi di laterizio alleggerito in pasta di cui alla ... cce lisce aventi giacitura dei fori verticali e percentuale di foratura <= 45%, per costruzioni di murature portanti simiche: [A65048b] spessore 25 cm							
	Nuove murature portanti per chiusura fori finestra	15,8 00				15,80		
	Sommano (mq)					15,80	54,40 €	859,52 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Supercapitolo - 6. Nuova costruzione Capitolo - 6.1. Opere edili Sottocapitolo - 6.1.1. Portico							
106 A35031a (M)	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura con i seguenti dosaggi: 150 kg/mc							
	Magrone platea	27,400			0,100	2,74		
	Sommano (mc)					2,74	109,48 €	299,98 €
107 A35032b (M)	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica e classe di esposizione XC1-XC2, ... esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per fondazione di muri di sostegno, di sottoscarpa, di controripa: C 28/35 (Rck 35 N/mm ²)							
	Platea	25,600			0,300	7,68		
	Calcestruzzo per marciapiede	41,300			0,120	4,96		
	Sommano (mc)					12,64	174,09 €	2.200,50 €
108 A35036b (M)	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica e classe di esposizione XC1-XC2, ... a opera d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per pilastri di superficie trasversale >= 800 cmq: C 28/35 (Rck 35 N/mm ²)							
	Setti in c.a. portico		2,960	0,150	2,400	1,07		
	Sommano (mc)					1,07	195,79 €	209,50 €
109 A35062b (M)	[A35062] Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavato e pretagliato a misura ... ale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., in barre: [A35062b] per strutture complesse (100 ÷ 150 kg di acciaio per mc di calcestruzzo)							
	Acciaio da armatura	13,710			100,000	1371,00		

	Sommano (kg)					1371,00	2,75 €	3.770,25 €
110 A35057b (M)	[A35057] Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso ... do la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo: per solai e solette piene con travi ribassate: [A35057b] pannelli di legno							
	Casseri per platea		22,3 00		0,40 0	8,92		
	Casseri per marciapiede		28,3 00		0,12 0	3,40		
	Casseri per setti		6,52 0		2,40 0	15,65		
	Sommano (mq)					27,97	42,51 €	1.189,00 €
111 B45003a (M)	Massetto pronto ad alta resistenza, adatto per la posa di pavimenti con adesivo (piastrelle ceramiche ... ellanato, pietre naturali, parquet e piastrelle resilienti), dello spessore di 20 ÷ 80 mm, dato in opera battuto, livellato e lisciato: spessore 20 mm							
	Massetto portico	27,4 00				27,40		
	Massetto marciapiede	41,3 00				41,30		
	Sommano (mq)					68,70	14,51 €	996,84 €
112 B45003b (M)	Massetto pronto ad alta resistenza, adatto per la posa di pavimenti con adesivo (piastrelle ceramiche ... i, parquet e piastrelle resilienti), dello spessore di 20 ÷ 80 mm, dato in opera battuto, livellato e lisciato: per ogni centimetro in più di spessore							
	Sovrapprezzo 6 cm massetto	68,7 00				68,70		
	Sommano (mq)					68,70	6,07 €	417,01 €
113 C35019m (M)	[C35019] Elementi portanti orizzontali a sezione rettangolare di legno massello o lamellare, con sup ... ro per dare il lavoro finito a regola d'arte secondo i protocolli di montaggio stabiliti nel C.S.A o dalla D.L.: [C35019m] larice lamellare incollato							
	Travi legno 14x16	13,0 00	3,45 0	0,14 0	0,16 0	1,00		

	Sommano (mc)				1,00	2.518,36 €	2.518,36 €
114 C15005c (M)	[C15005] Carpenteria in acciaio in profilati laminati a caldo della serie IPE, HEA, HEB, HEM, UPN, a ... l'opera finita, esclusi trattamenti protettivi e verniciature: per strutture semplici: [C15005c] in acciaio S275 JR - classe di esecuzione EXC1 o EXC2						
	Profili in acciaio						
	HEA 180		8,40 0		35,5 00	298,20	
	UPN 180		9,80 0		22,0 00	215,60	
	Sommano (kg)				513,80	4,58 €	2.353,20 €
115 C35167a (M)	Tirafondo zincato in classe d'acciaio 4,8 con fu,k = 400 N/mm ² con parte filettata in proporzione < ... ionamento e della battitura e, successivamente all'indurimento della resina, di posizionamento della rondella e del serraggio: Ø 12, lunghezza: 100 mm						
	Barra filettata tra HEA e muro esistente	14,0 00			14,00		
	Sommano (cad)				14,00	0,27 €	3,78 €
116 C15013 (M)	Manufatti in acciaio per irrigidimenti verticali e orizzontali realizzati con tondi di acciaio compresi: tenditori e piastre, taglio a misura, filettatura e quanto altro occorre per dare l'opera finita						
	Piastre HEA-HEA	40,0 00			40,00		
	Piastre HEA-legno	30,0 00			30,00		
	Angolari UPN-HEA	2,00 0			2,00		
	Bulloni M12	20,0 00			20,00		
	Sommano (kg)				92,00	4,98 €	458,16 €
117 E.15.07.0 0 (M)	Fornitura e posa in opera di tavolato in legno di abete eseguito con tavole segate su quattro lati, ... l'ro necessario per dare il lavoro finito a regola d'arte. TAVOLATO PIALATO IN LEGNO DI ABETE Fornitura e posa in opera di tavolato in legno di abete						
	Tavolato per posa guaina	27,7 00			27,70		

	Sommano (m²)					27,70	11,10 €	307,47 €
118 B25051a (M)	Manto impermeabile prefabbricato costituito da membrana bitume distillato-polimero elastomerica auto ... udinale e di almeno 15 cm alle testate dei teli: spessore 2 mm, armata con tessuto non tessuto di poliestere composito stabilizzato con fibra di vetro							
	Guaina impermeabile portico	27,7 00				27,70		
	Sommano (mq)					27,70	17,90 €	495,83 €
119 B35104b (M)	Converse e scossaline in alluminio montate in opera compreso pezzi speciali ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a regola d'arte: sviluppo fino a cm 100: in alluminio da 10/10							
	Scossalina portico		27,3 00			27,30		
	Sommano (m)					27,30	29,25 €	798,53 €
120 B45015a (M)	Pavimento in quarzite grigio argento in piastrelle squadrate, con piano superiore ed inferiore a spa ... a parte, compresi sfridi, suggellatura dei giunti e pulizia finale, delle seguenti dimensioni: altezza 20 cm per fascia a correre, lunghezza variabile							
	Pavimentazione esterna	68,7 00				68,70		
	Sommano (mq)					68,70	108,37 €	7.445,02 €

Numero e codice	Descrizione	MISURE				Quantità	Prezzo (€)	Totale (€)
		N° parti	Lung h.	Larg h.	Alt./Pesi			
	Capitolo - 6.1. Opere edili Sottocapitolo - 6.1.2. Pergolato posto auto							
121 A35031a (M)	Magrone di sottofondazione eseguito mediante getto di conglomerato cementizio preconfezionato a dosaggio ... rio per dare un'opera eseguita a perfetta regola d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura con i seguenti dosaggi: 150 kg/mc							
	Magrone platea	34,800			0,100	3,48		
	Sommano (mc)					3,48	109,48 €	380,99 €
122 A35032b (M)	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica e classe di esposizione XC1-XC2, ... esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per fondazione di muri di sostegno, di sottoscampa, di controripa: C 28/35 (Rck 35 N/mm ²)							
	Platea	34,800			0,300	10,44		
	Sommano (mc)					10,44	174,09 €	1.817,50 €
123 A35036b (M)	Conglomerato cementizio preconfezionato a resistenza caratteristica e classe di esposizione XC1-XC2, ... a opera d'arte, esclusi i soli ponteggi, casseforme e l'acciaio di armatura: per pilastri di superficie trasversale >= 800 cmq: C 28/35 (Rck 35 N/mm ²)							
	Setti in c.a. portico		3,200	0,150	2,600	1,25		
	Sommano (mc)					1,25	195,79 €	244,74 €
124 A35062b (M)	[A35062] Acciaio in barre per armature di conglomerato cementizio prelavorato e pretagliato a misura ... ale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP., in barre: [A35062b] per strutture complesse (100 ÷ 150 kg di acciaio per mc di calcestruzzo)							
	Acciaio da armatura	13,710			90,000	1233,90		
	Sommano (kg)					1233,90	2,75 €	3.393,23 €

125 A35057b (M)	[A35057] Casseforme rette o centinate per getti di conglomerati cementizi semplici o armati compreso ... do la superficie effettiva delle casseforme a contatto con il calcestruzzo: per solai e solette piene con travi ribassate: [A35057b] pannelli di legno							
	Casseri per platea		21,0 00		0,40 0	8,40		
	Casseri per setti		25,0 00		2,40 0	60,00		
	Sommano (mq)					68,40	42,51 €	2.907,68 €
126 B45003a (M)	Massetto pronto ad alta resistenza, adatto per la posa di pavimenti con adesivo (piastrelle ceramiche ... ellanato, pietre naturali, parquet e piastrelle resilienti), dello spessore di 20 ÷ 80 mm, dato in opera battuto, livellato e lisciato: spessore 20 mm							
	Massetto portico	34,8 00				34,80		
	Sommano (mq)					34,80	14,51 €	504,95 €
127 B45003b (M)	Massetto pronto ad alta resistenza, adatto per la posa di pavimenti con adesivo (piastrelle ceramiche ... i, parquet e piastrelle resilienti), dello spessore di 20 ÷ 80 mm, dato in opera battuto, livellato e lisciato: per ogni centimetro in più di spessore							
	Sovrapprezzo 6 cm massetto	34,8 00				34,80		
	Sommano (mq)					34,80	6,07 €	211,24 €
128 C15005c (M)	[C15005] Carpenteria in acciaio in profilati laminati a caldo della serie IPE, HEA, HEB, HEM, UPN, a ... l'opera finita, esclusi trattamenti protettivi e verniciature: per strutture semplici: [C15005c] in acciaio S275 JR - classe di esecuzione EXC1 o EXC2							
	Profili in acciaio							
	HEA 180		27,1 00		35,5 00	962,05		
	Sommano (kg)					962,05	4,58 €	4.406,19 €
129 B15054c	Isolamento termico portante strutturale							

(M)	per tetti in legno o acciaio realizzato con pannelli sandwic ... anti resistenti all'umidità, rispondente ai requisiti CAM (Criteri Ambientali Minimi), delle dimensioni di 2400 x 1200 mm: spessore 120 mm (10+100+10)							
	Copertura pergolato	36,0 00				36,00		
	Sommano (mq)					36,00	69,79 €	2.512,44 €
130 C15013 (M)	Manufatti in acciaio per irrigidimenti verticali e orizzontali realizzati con tondi di acciaio compresi: tenditori e piastre, taglio a misura, filettatura e quanto altro occorre per dare l'opera finita							
	Piastre HEA-HEA	60,0 00				60,00		
	Bulloni M12	20,0 00				20,00		
	Sommano (kg)					80,00	4,98 €	398,40 €
131 B35104b (M)	Converse e scossaline in alluminio montate in opera compreso pezzi speciali ed ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita a regola d'arte: sviluppo fino a cm 100: in alluminio da 10/10							
	Scossalina portico		21,3 00			21,30		
	Sommano (m)					21,30	29,25 €	623,03 €
	TOTALE : 448.619,68 €							

La spesa totale per effettuare tutti gli interventi di ristrutturazione, ampliamento e riqualificazione energetica, in rapporto ai prezzi di mercato attuali, è pari a **448.619,68 €**. Considerando la superficie utile totale di progetto pari a 298,40 m², il costo dell'intervento rapportato a metro quadro è pari a 1503 €.

6.2 Proposta di intervento più conservativo

Alla luce di tutti gli interventi proposti, analizzati e stimati economicamente, è evidente che il raggiungimento della classe nZEB, specie intervenendo su un edificio particolarmente carente sotto l'aspetto dell'efficienza energetica, diventa molto oneroso economicamente e decisamente non alla portata di chiunque.

E' chiaro che nella grande maggioranza dei casi, in fase di progetto preliminare, bisogna confrontarsi con una committenza che deve rientrare in certi parametri che il più delle volte si basano sull'aspetto prettamente economico. Fatta questa premessa, si vuole proporre come intervento alternativo a quello sopra descritto, uno di tipo più conservativo, andando a considerare solo i lavori strettamente necessari sull'involucro edilizio e sull'impiantistica, con l'obiettivo di rientrare almeno nella classe energetica D.

Per quanto riguarda l'involucro si ritiene necessario:

- demolire, ricostruire e isolare la copertura esattamente come descritto nel capitolo 5.2.
- Isolare le pareti con sistema a cappotto esterno con 12 cm di EPS.
- Sostituire i serramenti con altri in PVC con sistemi oscuranti avvolgibili.
- Isolare la fondazione con 10 cm di XPS e rifare il massetto.
- Ritinteggiare completamente le pareti esterne, interne e i soffitti.
- Rifacimento dei due bagni e dell'intera pavimentazione compreso marciapiede.
- Sostituire i serramenti interni.

Per quanto riguarda l'impiantistica si ritiene necessario:

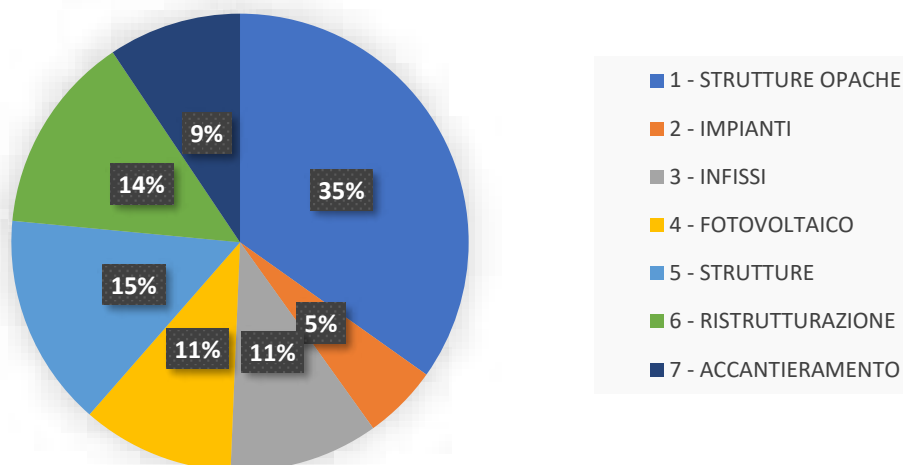
- Sostituire la vecchia caldaia con una pompa di calore aria/acqua da 6 kW e sostituire i vecchi radiatori con altri di nuova generazione.
- Installare pannelli fotovoltaici per 4 kW di potenza comprensivi di inverter e accumulo da 8 kW.

Infine attraverso il software Blumatica Pitagora, basandosi sul prezzario DEI 2022 della regione Veneto, si è effettuato il computo metrico di questo secondo intervento, ricapitolando:

1 - STRUTTURE OPACHE	1.1	Cappotti e tinteggiature	46.421,00 €	
	1.2	Isolamento copertura	23.100,00 €	
	1.3	Lattonomie	3.211,00 €	
	1.4	Isolamento fondazione	7.553,80 €	80.285,80 €
2 - IMPIANTI	2.1	Impianto termico	12.182,00 €	12.182,00 €
3 - INFISSI	3.1	Finestre e frangisole	24.326,00 €	24.326,00 €
4 - FOTOVOLTAICO	4.1	Fotovoltaico	24.828,00 €	24.828,00 €
5 - STRUTTURE	5.1	Demolizioni e discariche	6.184,00 €	
	5.2	Fondazione e marciapiede	7.099,00 €	
	5.3	Copertura in legno	18.428,00 €	
	5.4	Opere in acciaio	3.035,00 €	34.746,00 €
6 - RISTRUTTURAZIONE	6.1	Pavimenti, cartongessi, finiture	32.518,00 €	32.518,00 €
7 - ACCANTIERAMENTO	7.1	Accantieramento e sicurezza	21.662,00 €	21.662,00 €
TOTALE				230.547,80 €

Come si può osservare, la spesa totale è pari a **230.547,80 €**, che rispetto all'importo della prima proposta risulta essere il 49% in meno. Considerando la superficie utile totale dello stato di fatto (quindi senza ampliamento e sopraelevazione) pari a 261,2 m², il costo dell'intervento rapportato a metro quadro è pari a 882 €/m².

INCIDENZA DELLE LAVORAZIONI



L'attestato di prestazione energetica, a seguito degli interventi sopra schematizzati, colloca l'edificio in classe C, quindi l'obiettivo di rientrare almeno nella classe D è ampiamente soddisfatto.



DATI GENERALI

Destinazione d'uso

☒ Residenziale☐ Non residenzialeClassificazione D.P.R. 412/93: E.1.1

Oggetto dell'attestato

☒ Intero edificio☐ Unità immobiliare☐ Gruppo di unità immobiliarinumero di unità immobiliari
di cui è composto l'edificio: 1☐ Nuova costruzione☐ Passaggio di proprietà☐ Locazione☐ Ristrutturazione importante☐ Riqualificazione energetica☐ Altro:

Dati identificativi



Regione: Veneto

Comune: ESTE

Indirizzo: via Sceriman, n. 5

Piano: T-1

Interno:

Coordinate GIS: 45,203507 ; 11,688064

Zona climatica:

E

Anno di costruzione:

1967

Superficie utile riscaldata (m²):

196,61

Superficie utile raffrescata (m²):

0,00

Volume lordo riscaldato (m³):

820,03

Volume lordo raffrescato (m³):

0,00

Comune catastale

ESTE

Sezione

Foglio

31

Particella

1168

Subalterni

da

2

a

3

da

a

da

a

da

a

Altri subalterni

Servizi energetici presenti

☒

Climatizzazione invernale

☐

Ventilazione meccanica

☐

Illuminazione

☐

Climatizzazione estiva

☒

Prod. acqua calda sanitaria

☐

Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

Prestazione energetica del
fabbricato

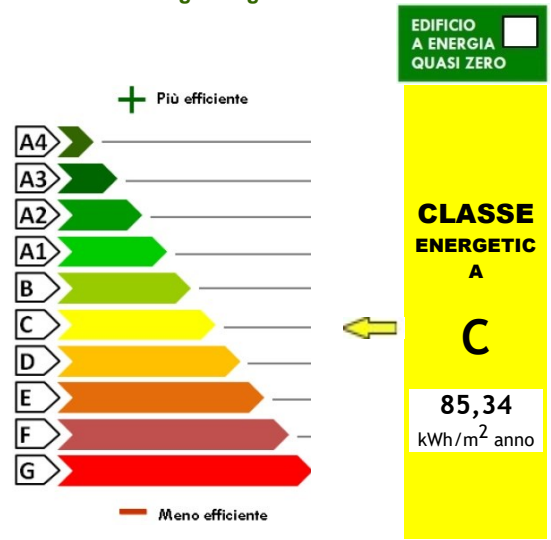
INVERNO



ESTATE



Prestazione energetica globale



Riferimenti

Gli immobili simili a questo avrebbero in media la seguente classificazione:

se nuovi:

A1**70,77**kWh/m² anno

6.3 Tempo di ritorno dell'investimento

Il tempo di ritorno semplice o payback (T_R) definisce, in modo semplificato, la redditività dell'investimento. Individua, cioè, il numero di anni necessari per recuperare il capitale inizialmente investito ed è calcolato come il rapporto tra l'importo dell'investimento (I_0) e il flusso di cassa previsto (FC). Come flusso di cassa si considera il risparmio economico conseguente dall'intervento, calcolato come il prodotto fra il prezzo unitario del vettore energetico (€/kWh) il risparmio energetico conseguito a seguito della riqualificazione [8].

CALCOLO SEMPLIFICATO DEL TEMPO DI RITORNO $TR = \frac{I_0}{RC}$

caso studio	consumi [kWh/m ² anno]	sup. riscaldata [m ²]	€/kWh	COSTO
STATO DI FATTO	359,38	238,8	0,225	19.309,49 €
PROGETTO NZEB	2,93	298,4	0,225	196,72 €
PROGETTO CLASSE C	85,34	238,8	0,225	4.585,32 €

VALUTAZIONE 1

risparmio annuo (RC)	investimento (involucro+imp) I_0	tempo di ritorno [anni]
19.112,77 €	301.544,68 €	16

VALUTAZIONE 2

risparmio annuo	investimento	tempo di ritorno
14.724,17 €	176.367,80 €	12

Considerando esclusivamente le spese per il miglioramento dell'involucro e impianti, per passare da classe G a nZEB il tempo di ritorno dell'investimento è pari a 16 anni mentre il tempo di ritorno della seconda proposta più economica sarebbe pari a 12 anni.

7 Render

E' stato creato il modello tridimensionale su SketchUp e poi si è usato V-Ray per renderizzare le immagini.





8 Conclusioni

Nel caso studio analizzato, grazie alle modifiche apportate è stato possibile ridurre enormemente le dispersioni di calore dell'edificio, cambiare il generatore di calore con uno alimentato elettricamente, riducendo così di conseguenza le emissioni dei gas serra prodotti nella reazione di combustione ed è stata prevista anche l'installazione di un impianto fotovoltaico completo di sistema di accumulo per l'autoproduzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Intervenendo con una proposta progettuale che ha previsto la sostituzione delle parti degradate, proposto una diversa distribuzione degli spazi interni ed esterni, in relazione a mutate esigenze dell'utente, è stato possibile ammodernare un edificio che ha 56 anni di vita alle spalle.

Risulta chiaro che, questo tipo di intervento, piuttosto invasivo, è anche dispendioso come evidenziato dal computo metrico estimativo e quindi poco sostenibile sotto l'aspetto economico.

Sulla base di quest'ultima considerazione è stata avanzata una seconda proposta progettuale più conservativa che si limita ad effettuare solo gli interventi indispensabili, con l'obiettivo di rientrare almeno nella classe D. Questo perché, come già illustrato nel capitolo 2.1, gli edifici esistenti residenziali dovranno raggiungere almeno la classe di prestazione energetica D entro il 2033, quindi nei prossimi 10 anni è prevedibile che bisognerà

intervenire su un gran numero di edifici con tecniche e strategie analoghe a quelle discusse in questa tesi.

L'aspetto positivo è che in questo settore ci sarà certamente ancora lavoro per lungo tempo per studi tecnici, imprese, artigiani e produttori di materie prime.

Si segnala anche un aspetto negativo emerso negli ultimi anni in concomitanza con l'entrata in vigore del Superbonus grazie al quale il mercato dell'edilizia ha subito un vero effetto distorsivo, in particolare l'eccessivo aumento dei prezzi delle materie prime, il cui rincaro è strettamente correlato alla difficoltà di reperire i componenti sul mercato[9].

Molte questioni aperte ad ora sono relative alla politica che adotterà l'Unione Europea e per estensione, l'Italia: come verranno stanziati i fondi e quali saranno gli incentivi a sostegno della realizzazione di questi interventi? E quali eventualmente saranno, se previste, le modalità per avere accesso al credito?

La strada per la riconversione del parco immobiliare italiano è chiara, le conoscenze e le tecniche per attuarla ci sono, resta da capire come rendere questo processo sostenibile, ambientale ed economico per chiunque.

Bibliografia e sitografia

- [1] Ministero dello sviluppo economico, (25/11/2020): “Strategia per la riqualificazione energetica del parco immobiliare nazionale, documento per la consultazione pubblica”.
- [2] Legambiente, “La decarbonizzazione nel Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza” <https://www.legambiente.it/wp-content/uploads/2021/03/PNRR-Associazioni-su-decarbonizzazione.pdf>
- [3] European Commission, A European Green Deal. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
- [4] Consiglio dell'Unione europea, <https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition>.
- [5] Consiglio dell'Unione europea, <https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>
- [6] Camera dei deputati: “Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione Rapporto 2020”.
- [7] Dati di utilizzo del Superbonus 110%, ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile. <https://www.efficienzaenergetica.enea.it/detrazioni-fiscali/superbonus/risultati-superbonus.html>
- [8] <https://www.ingenio-web.it/articoli/come-valutare-la-convenienza-economica-di-un-intervento-di-riqualificazione-energetica/>
- [9] https://bonuscasa.ecodibergamo.it/stories/quadro-normativo/bonus-110-allarme-prezzi-e-preventivi-da-rifare-questa-sera-la-trasmissione-s_1393352_11/

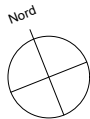
Università degli Studi di Padova



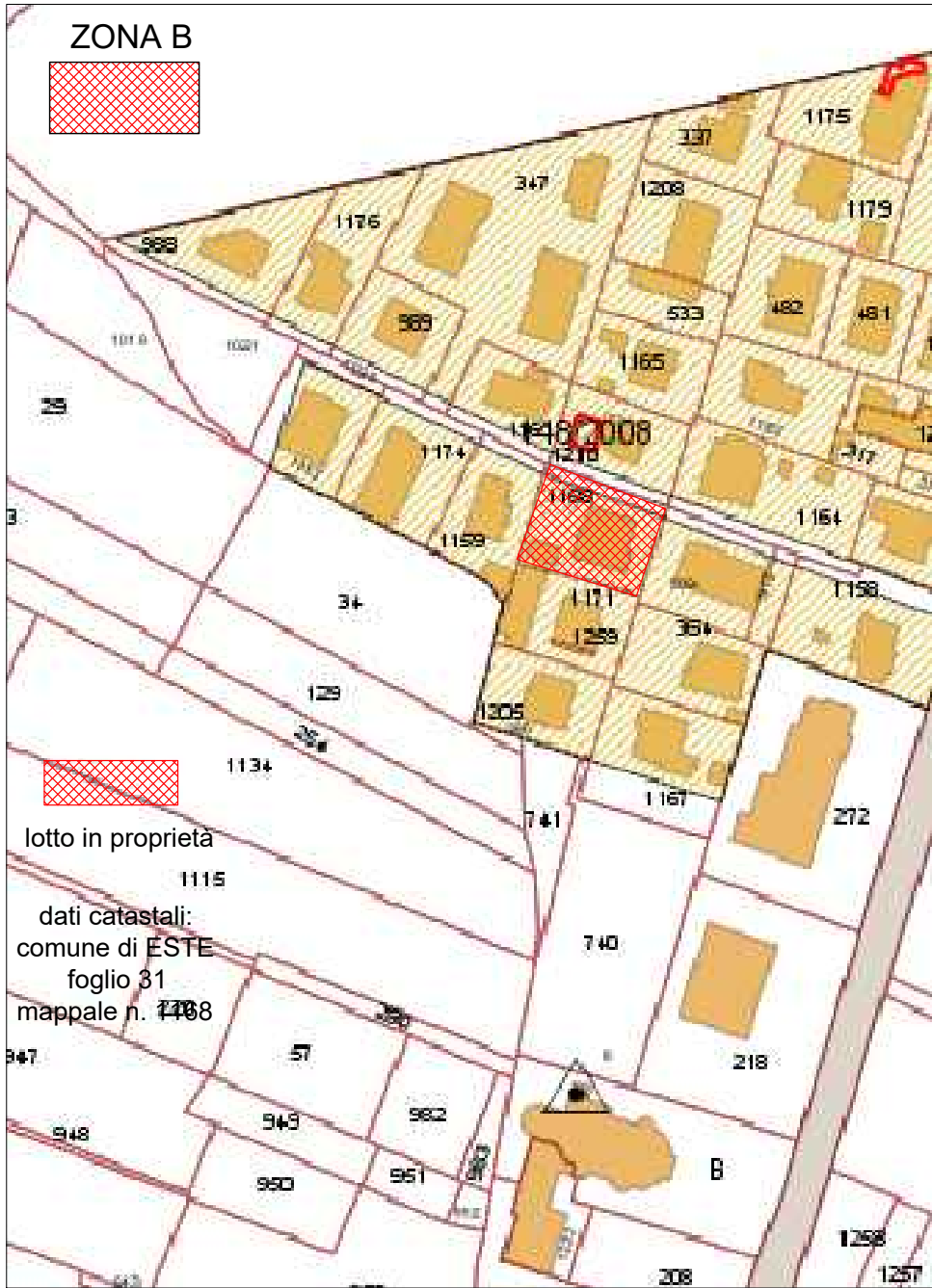
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, AMBIENTALE

A.A. 2022/2023

Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb



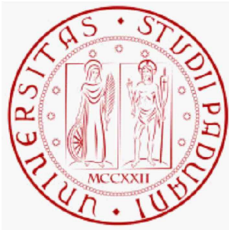
Studente :	Relatori:
Bernardini Leonardo 1236710	Rossana Paparella Mauro Caini
Titolo tavola:	Data :
VISTA AEREA	Aprile 2023
Elaborato:	Tavola :
Scala 1:100	0



ESTRATTO DI PRG

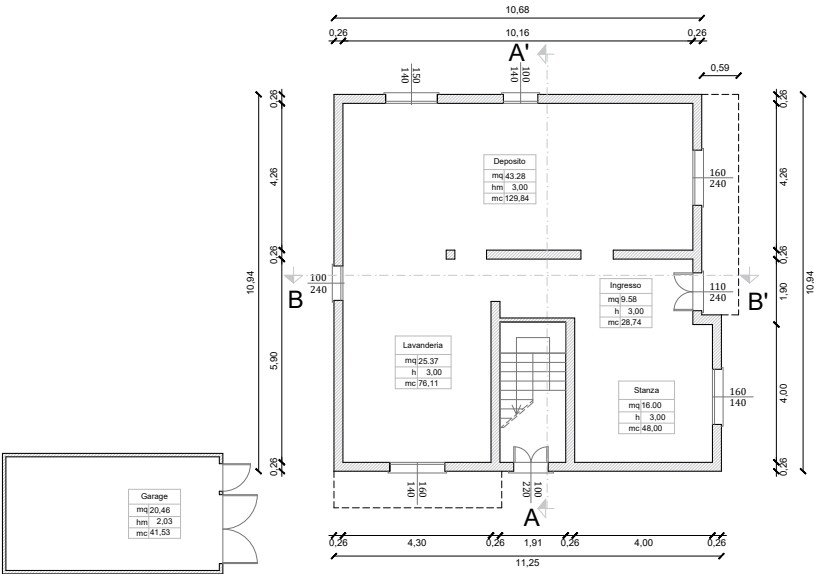


VISTA AEREA

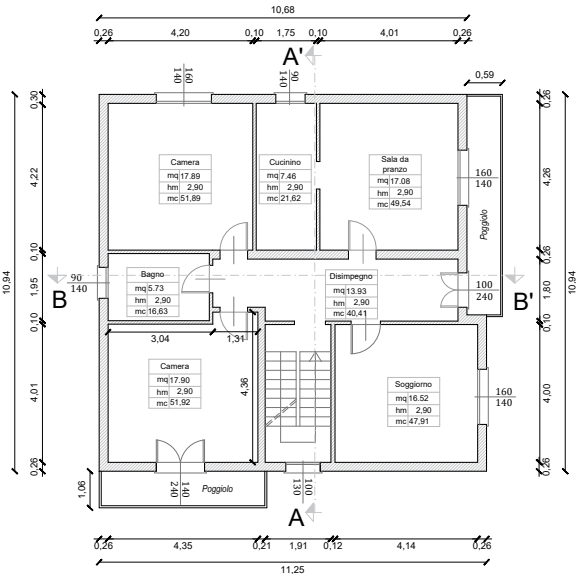


Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb

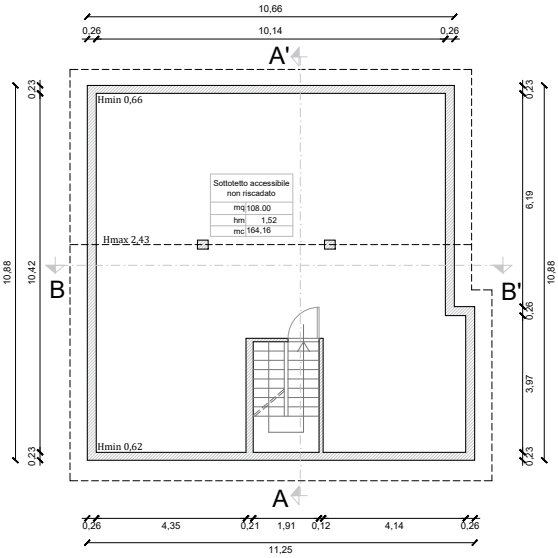
Studente:	Relatori:
Bernardini Leonardo 1236710	Rossana Paparella Mauro Caini
Titolo tavola:	Data:
STATO DI FATTO	Aprile 2023
Elaborato:	Tavola:
Scala 1:100	1



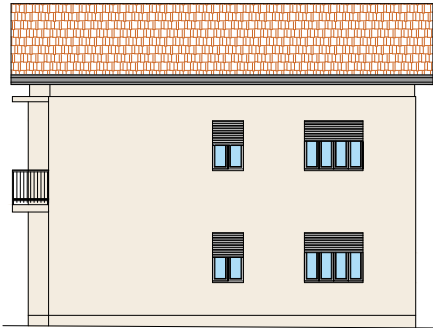
PIANTA PIANO TERRA



PIANTA PIANO PRIMO



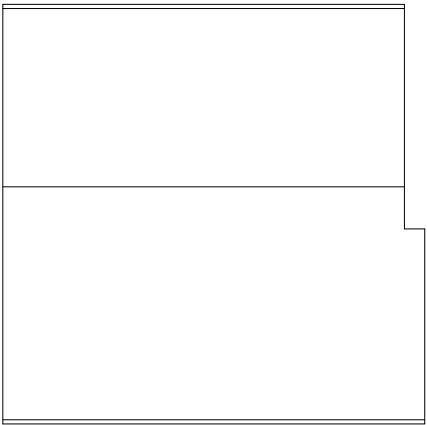
PIANTA SOTTOTETTO



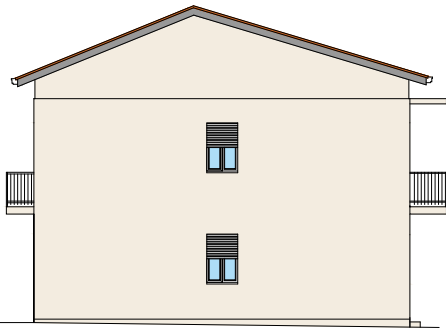
PROSPETTO NORD



PROSPETTO SUD



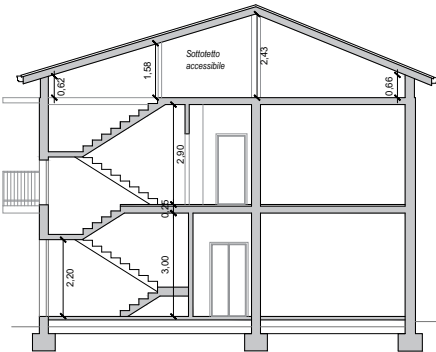
PIANTA COPERTURA



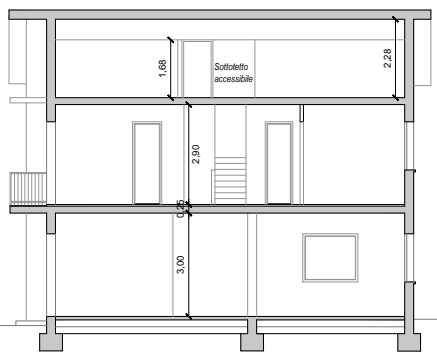
PROSPETTO OVEST



PROSPETTO EST



SEZIONE A - A'

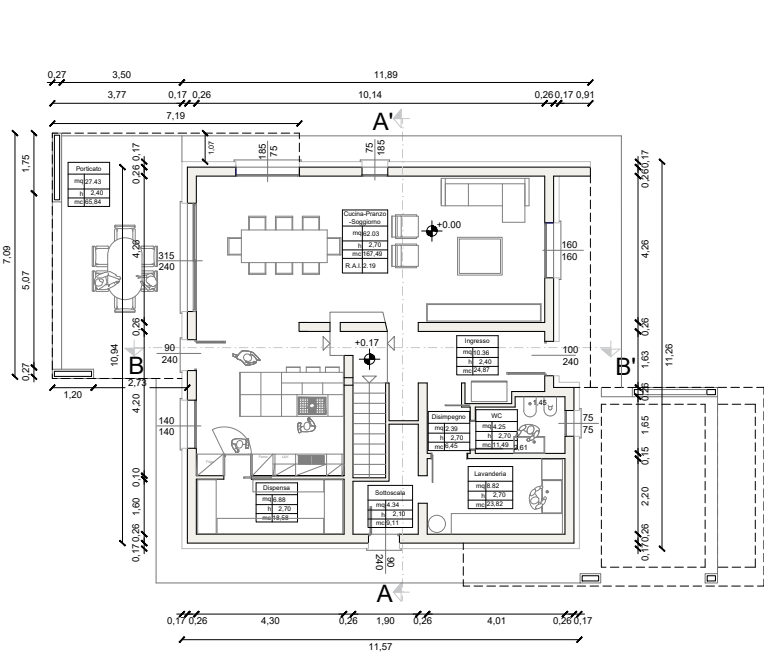


SEZIONE B - B'

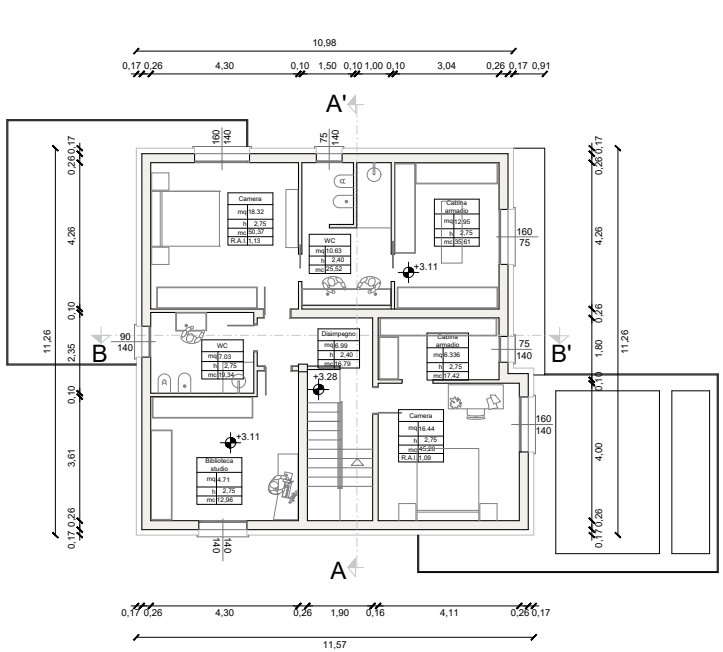


Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb

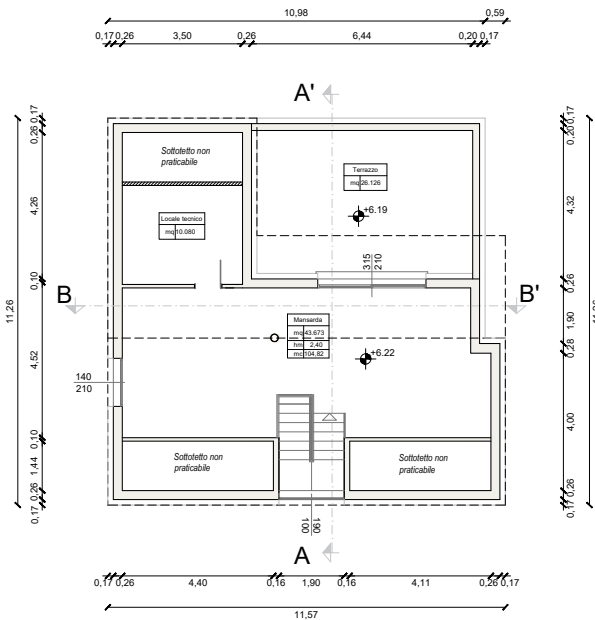
Studente:	Relatori:
Bernardini Leonardo 1236710	Rossana Paparella Mauro Caini
Titolo tavola:	Data:
STATO DI PROGETTO	Aprile 2023
Elaborato:	Tavola:
Scala 1:100	2



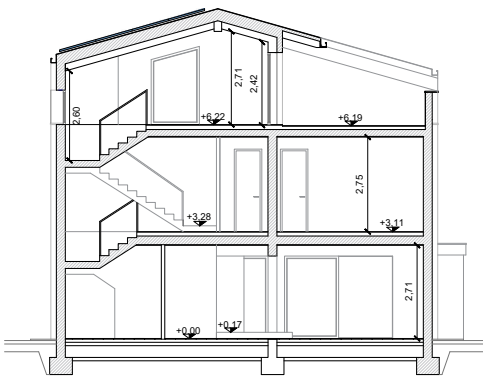
PIANTA PIANO TERRA



PIANTA PIANO PRIMO



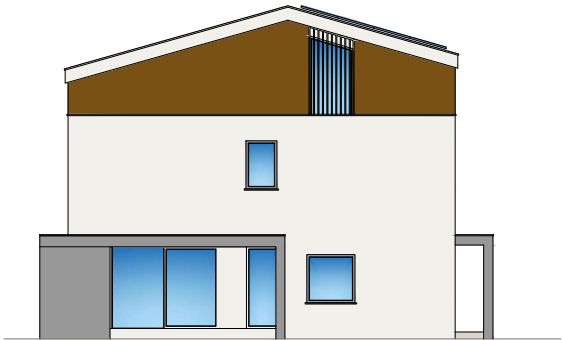
PIANTA SOTTOTETTO



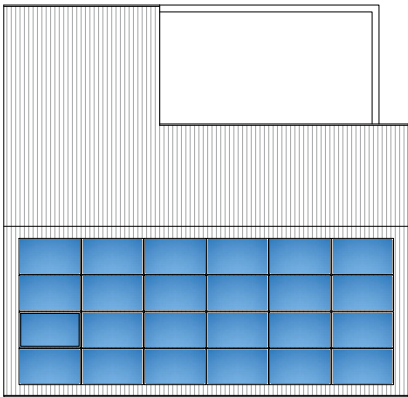
SEZIONE A - A'



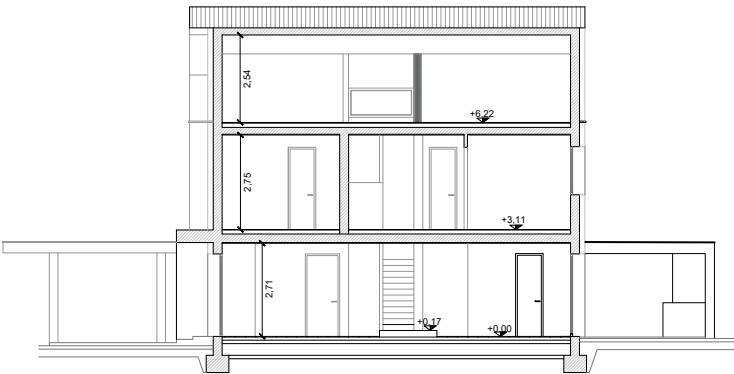
PROSPETTO EST



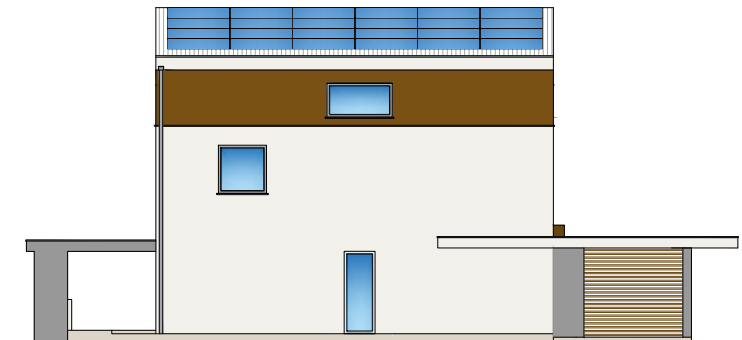
PROSPETTO OVEST



PIANTA COPERTURA



SEZIONE B - B'



PROSPETTO SUD



PROSPETTO NORD

Università degli Studi di Padova



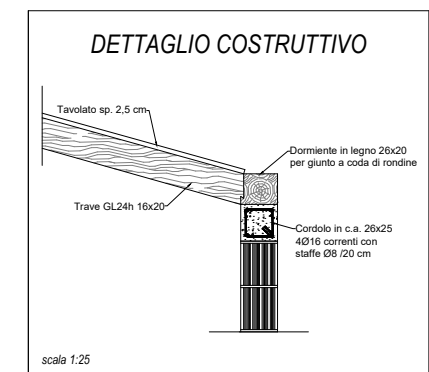
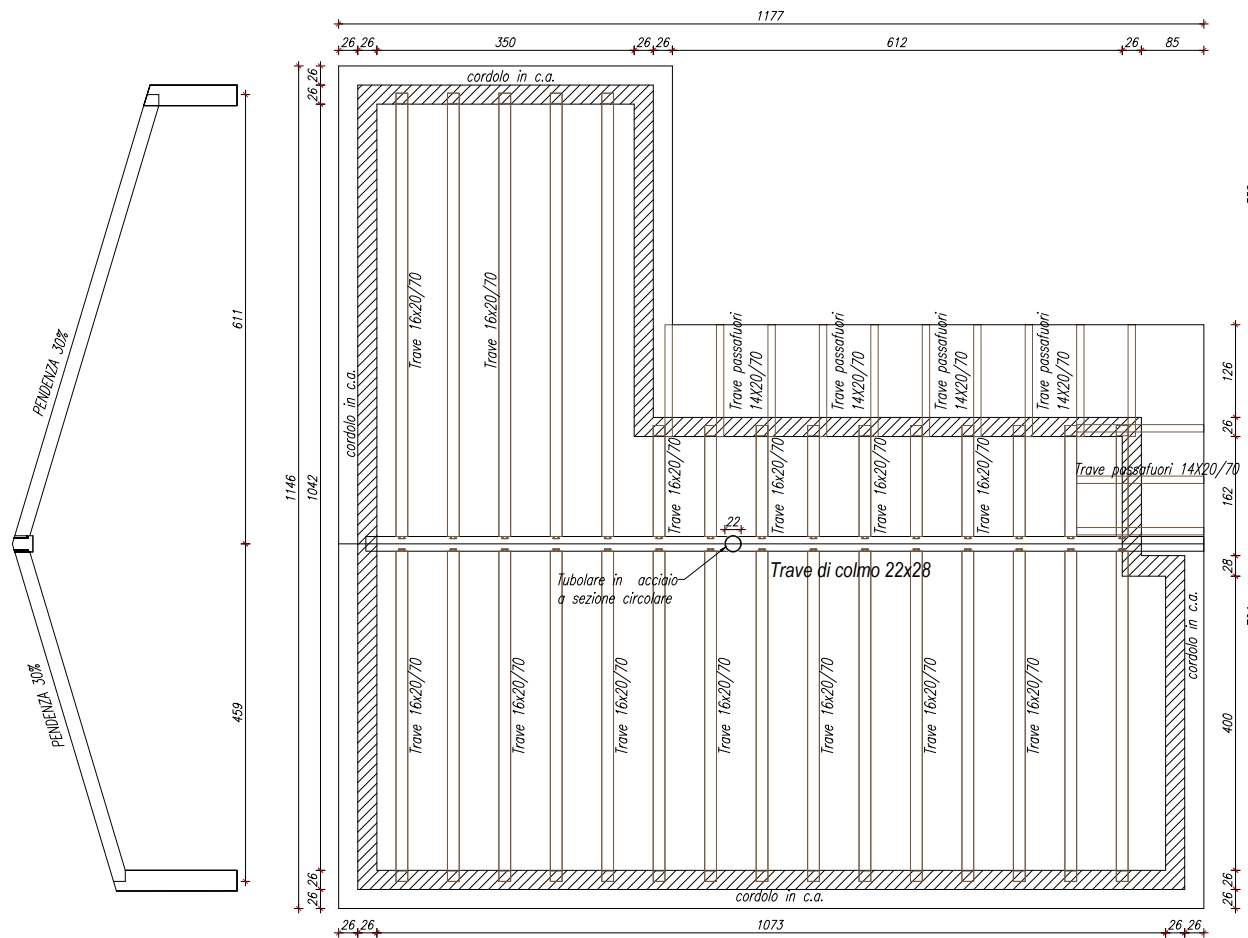
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, AMBIENTALE

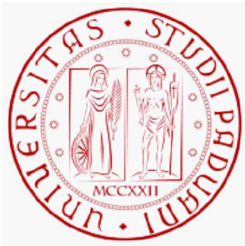
A.A. 2022/2023

**Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb**



Studente : Bernardini Leonardo 1236710	Relatori: Rossana Paparella Mauro Caini
TITOLO tavola: COPERTURA IN LEGNO	Data : Aprile 2023
Elaborato: Scala 1:50; 1:25	Tavola : 3



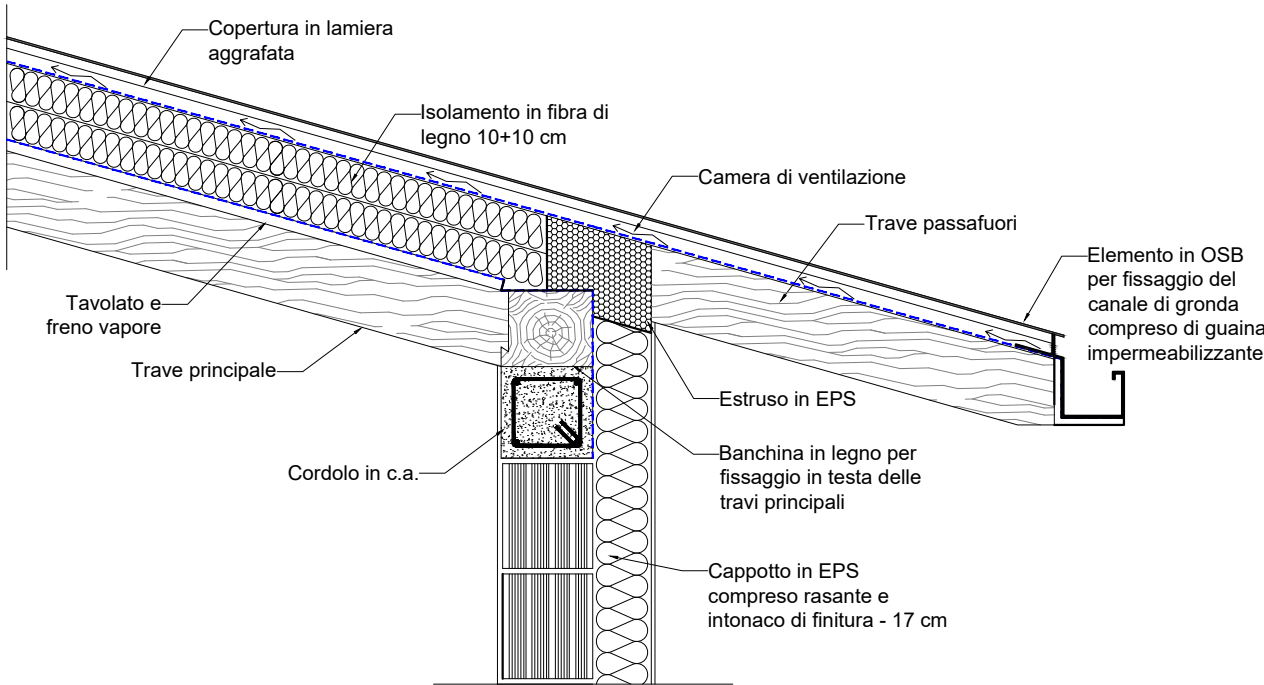
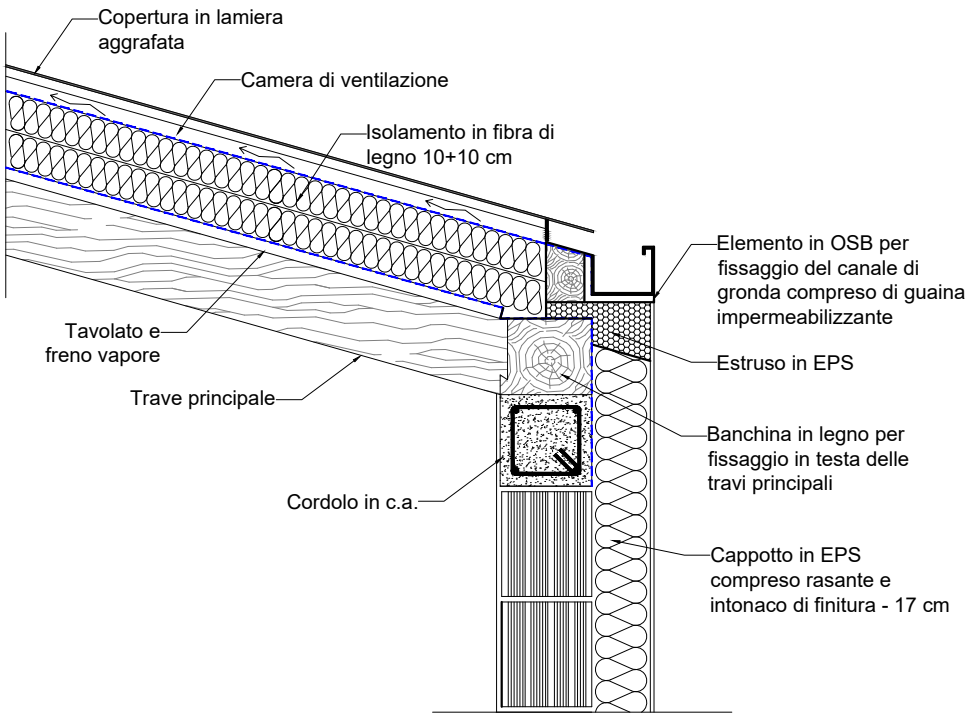


DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, AMBIENTALE
A.A. 2022/2023

Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb



Studente:	Relatori:
Bernardini Leonardo 1236710	Rossana Paparella Mauro Caini
Titolo tavola:	Data:
PACCHETTO DI COPERTURA	Aprile 2023
Elaborato:	Tavola:
Scala 1:10	4



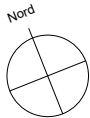
Università degli Studi di Padova



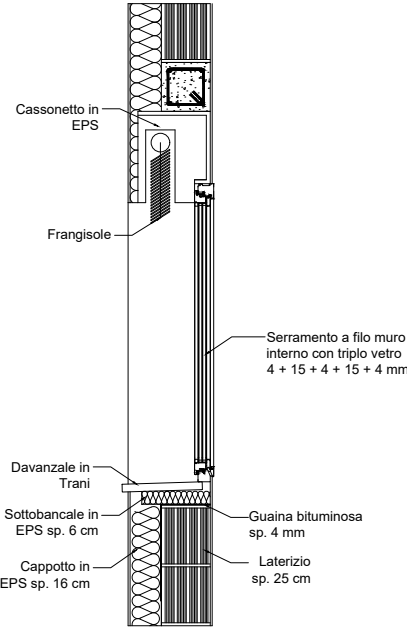
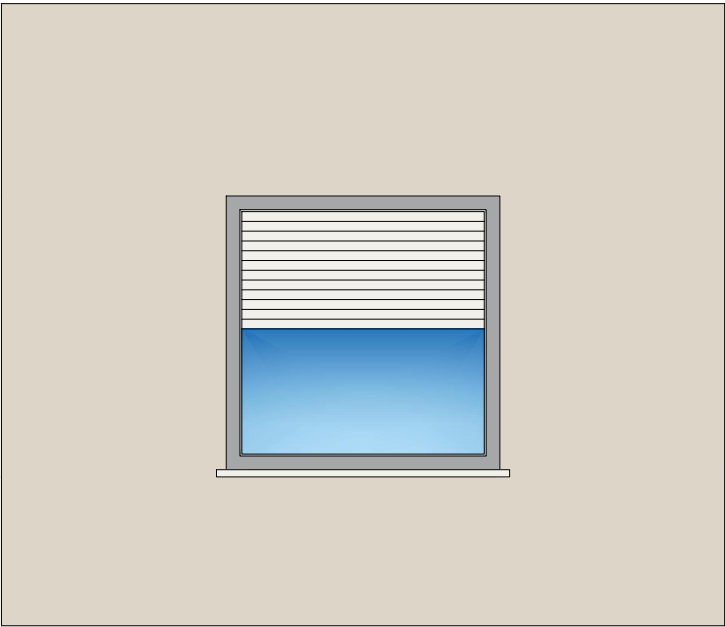
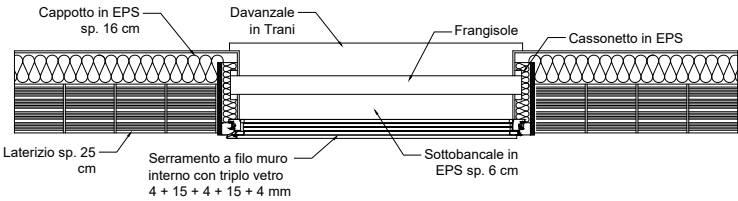
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, AMBIENTALE

A.A. 2022/2023

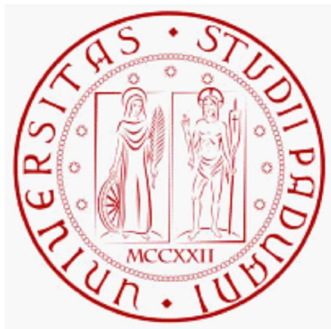
Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb



Studente :	Relatori:
Bernardini Leonardo 1236710	Rossana Paparella Mauro Caini
Titolo tavola:	Data :
SERRAMENTO	Aprile 2023
Elaborato:	Tavola :
Scala 1:25	5



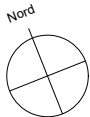
Università degli Studi di Padova



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, AMBIENTALE

A.A. 2022/2023

Recupero di un edificio residenziale degli
anni '60, ubicato ad Este (PD), con strategie di
riqualificazione energetica nZeb



Studente :	Relatori:
Bernardini Leonardo 1236710	Rossana Paparella Mauro Caini
Titolo tavola:	Data :
FONDAZIONE	Aprile 2023
Elaborato:	Tavola :
Scala 1:25	6

