



Ricerca di Sistema elettrico

Catalogazione del patrimonio residenziale di Carbonia

Giuseppe Desogus, Andrea Dessì, Carlo Atzeni, Emanuela
Quaquero, Andrea Vincis

CATALOGAZIONE DEL PATRIMONIO RESIDENZIALE DI CARBONIA

G. Desogus, A. Dessì, C. Atzeni, E. Quaquero (Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura), A. Vincis (Università degli Studi di Cagliari - Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica)

Aprile 2021

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico (oggi Ministero della Transizione Ecologica) - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - II annualità

Obiettivo: *N. 1 - Tecnologie*

Progetto: *1.5 - Tecnologie, tecniche e materiali per l'efficienza energetica ed il risparmio di energia negli usi finali elettrici degli edifici nuovi ed esistenti*

Work package: *1 - Edifici ad alta efficienza energetica*

Linea di attività: *LA1.32 - Proposta di una metodologia di indagine per la tipizzazione del patrimonio costruito pubblico e residenziale e applicazione al caso studio di Carbonia*

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA

Responsabile del Work package: Domenico Iatauro, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Strumenti e metodi per la progettazione integrata (modellazione BIM)*"

Responsabile scientifico ENEA: Ing. Giovanni Puglisi

Responsabile scientifico UNICA - DICAAR: Prof. Carlo Atzeni

Indice

| | |
|--|----|
| PREMESSA..... | 4 |
| SOMMARIO..... | 5 |
| 1 INTRODUZIONE | 6 |
| 2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI..... | 6 |
| 2.1 METODOLOGIE DI CATALOGAZIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO URBANO | 6 |
| 2.2 SEGMENTAZIONE DEL PATRIMONIO EDILIZIO DI CARBONIA | 11 |
| 2.3 INDICATORI DI MIGLIORAMENTO PRESTAZIONALE | 29 |
| 3 CONCLUSIONI..... | 31 |
| 4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI | 33 |
| 5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI..... | 34 |
| 6 CURRICULUM GRUPPO DI LAVORO | 35 |
| ALLEGATO 1: SCHEDATURA MORFOLOGICA DEGLI ARCHETIPI | 37 |
| ALLEGATO 2: SCHEDATURA DEI CARATTERI COSTRUTTIVI DEGLI ARCHETIPI..... | 62 |
| ALLEGATO 3: PARAMETRI TERMICI DEI COMPONENTI EDILI DEGLI ARCHETIPI | 77 |

Premessa

Al momento della presentazione del progetto (Novembre 2019) la linea di attività 1.32 aveva due obiettivi principali: la rappresentazione di un quadro teorico di riferimento sulle metodologie per la catalogazione del patrimonio costruito, sia privato che pubblico, e l'impostazione di un modello informativo di un edificio pubblico assunto come caso di studio, finalizzato ad un'analisi approfondita della prestazione energetica e delle opzioni del suo miglioramento. Entrambi gli obiettivi avevano come ambito di studio la città di Carbonia. La sopraggiunta emergenza sanitaria ha comportato due forti ostacoli alla completa realizzazione della linea di attività. Il primo periodo di lockdown totale ha rallentato la stipula della convenzione tra ENEA e DICAAR, facendo di fatto partire le attività con sei mesi di ritardo rispetto al previsto. Il prorogarsi per tutta la fine del 2020 e l'inizio del 2021 di misure sanitarie restrittive ha inoltre fortemente rallentato le attività di scelta degli edifici pubblici da classificare e del caso di studio da analizzare approfonditamente, nonché reso pressoché impossibili le operazioni di raccolta dati e di sopralluogo presso i medesimi edifici pubblici. Conseguentemente, è in corso un aggiornamento delle linee di attività 1.32 e 1.33, che prevede lo slittamento delle operazioni sopra elencate alla III annualità (2021). Il presente report fa quindi riferimento solamente alla costruzione del quadro metodologico di indagine sul patrimonio costruito residenziale. Contestualmente verranno modificati gli output delle linee di attività spostando il modello informativo alla III annualità (LA 1.33) e aggiungendo un report sul quadro metodologico di classificazione del solo edificato pubblico.

Sommario

Le attività svolte all'interno della LA 1.32 vertono essenzialmente sulla segmentazione e classificazione del patrimonio edilizio residenziale del caso di studio, ovvero della città di Carbonia, nonché sull'identificazione di alcuni indicatori delle potenzialità di miglioramento della prestazione energetica del patrimonio in esame. Per catalogarlo sono stati preliminarmente analizzati sette studi con finalità analoghe, scelti fra i più attinenti e recenti in letteratura. La loro analisi ha permesso, anzitutto, di decidere quale approccio adottare. Tra tutti quelli possibili si è optato per un'analisi del tipo bottom-up, di tipo ingegneristico e basata su archetipi. Come evidenziato anche in altre ricerche, determinante nell'individuazione degli archetipi è lo studio storico. In questo senso, Carbonia si è rivelata un caso di studio estremamente efficace, grazie alla peculiarità di essere una città di fondazione. Il primo livello gerarchico di parametrizzazione consta di tre valori: realizzazione antecedente la fondazione, periodo di fondazione e periodo post fondazione. Questa prima classificazione ha comportato una scelta diversificata del tipo di archetipi. Come è possibile desumere dallo studio bibliografico, esistono almeno tre tipi di archetipi: edifici reali, edifici di esempio e edifici sintetici medi. La particolare storia di Carbonia ha suggerito l'utilizzo di edifici di esempio per la prima ed ultima segmentazione storica, mentre per il periodo di fondazione si è optato per l'uso di edifici reali. Sono stati individuati ventitré archetipi rappresentativi dell'intero patrimonio residenziale: uno per il periodo pre-fondazione (fino al 1937), sedici per il periodo di fondazione (dal 1937 al 1940) e sei per il periodo post-fondazione (dal 1941 in poi). Questi archetipi sono stati completamente schedati dal punto di vista morfologico (Allegato 1), sono stati definiti i caratteri costruttivi (Allegato 2) e sono stati individuati i principali parametri termici delle unità tecnologiche (Allegato 3). L'ultima fase del lavoro si è incentrata sull'individuazione di alcuni indicatori che possano rappresentare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica degli archetipi individuati. Le potenzialità sono state espresse in termini di applicabilità ed efficacia delle tecnologie attualmente più diffuse per incrementare la prestazione energetica degli edifici. Questa doppia classificazione si è resa necessaria in virtù delle particolarità del patrimonio costruito. La forte presenza di edifici tutelati rende poco applicabili tecnologie, come l'isolamento termico esterno, che dal punto di vista energetico avrebbero invece una notevole efficacia. Gli indicatori sono stati definiti per il momento in via qualitativa. È probabile che, per l'inserimento nelle schede degli archetipi che verranno caricate sul portale, si procederà ad una loro conversione in termini quantitativi.

1 Introduzione

Come specificato in premessa, l'unico obiettivo perseguibile nella seconda annualità relativo alla linea di attività 1.32 è stato lo studio di una metodologia di catalogazione del patrimonio residenziale privato nell'ambito di Carbonia. Il quadro metodologico di seguito descritto è fortemente correlato con le linee di attività 1.26 e 1.27 svolte da Sotacarbo S.p.A. In particolare, la seconda delle due linee ha avuto come obiettivo quello di analizzare e rappresentare il patrimonio edilizio della città di Carbonia e di progettare e realizzare la "versione beta" di un portale multiutente (inteso come un software client-server), che costituisce lo strumento di comunicazione e coinvolgimento degli attori locali nei processi di efficientamento energetico del patrimonio costruito. Lo sviluppo della LA 1.27 ha richiesto sia un approccio analitico di modellazione energetica urbana, che quello di rappresentazione (layer geografico del patrimonio edilizio residenziale, layer del contesto, ...), applicato ad una porzione rappresentativa della città di Carbonia (almeno 100 edifici) al fine di valutarne l'efficacia. La linea di attività 1.32 si è quindi proposta come "propedeutica" alla linea 1.27.

Inizialmente è stato strutturato un quadro teorico di riferimento sulle metodologie per la catalogazione del patrimonio costruito. Questo è stato costruito tramite un'analisi delle attività analoghe condotte sia sul piano della ricerca che sull'applicazione operativa reperibili in letteratura. Sono stati quindi definiti i principali parametri di catalogazione. È stata proposta una serie di indicatori in grado di rappresentare in via sintetica le potenzialità o i limiti dei vari tipi edilizi individuati, in termini di miglioramento della prestazione energetica. Come descritto nel seguito, questi hanno tenuto conto della predisposizione dell'involucro all'applicazione di tecnologie che migliorino l'isolamento e l'inerzia termica del medesimo, della possibilità di sostituzione degli elementi finestrati e della loro integrazione con sistemi schermanti, della predisposizione morfologico-volumetrica all'implementazione di tecniche bioclimatiche e della potenzialità delle superfici esterne di ospitare impianti alimentati da FER. In questo senso l'attività è stata correlata con la 1.34, sviluppata dal DIMCM, sempre dell'Università di Cagliari. Questa si è occupata, più nello specifico di studiare quali possibili miglioramenti impiantistici è possibile proporre sui tipi edilizi catalogati e quali sono le prestazioni energetiche complessive pre e post interventi di efficientamento.

Tornando alla presente linea di attività, i parametri di classificazione elaborati nel quadro metodologico sono stati applicati al contesto della città di Carbonia per arrivare ad una classificazione del patrimonio di edilizia residenziale privata. È importante evidenziare a questo proposito che Carbonia è una delle poche città di fondazione italiane. La sua stessa origine, che verrà brevemente illustrata nel seguito, ha comportato la realizzazione di un patrimonio residenziale pubblico molto vasto. Nel tempo però, le politiche di riscatto degli enti che si sono succeduti nella gestione del patrimonio, lo hanno parcellizzato e ne hanno trasferito la proprietà agli ex assegnatari, di fatto "privatizzandolo". Pertanto, la stragrande maggioranza degli edifici che sono stati costruiti durante il periodo di fondazione si trovano ad essere di fatto equiparabili, almeno dal punto di vista della gestione, al patrimonio realizzato a partire dal secondo dopoguerra. L'intera gamma di modelli edilizi di fondazione è stata pertanto inclusa nella classificazione. L'output finale è stato l'elaborazione di un abaco tipologico, che sarà successivamente interfacciato con il GIS previsto dalla linea di attività LA 1.27. L'abaco è stato articolato per tipologie edilizie e comprende le caratteristiche costruttive, le prestazioni termiche dei componenti dell'involucro e le tecnologie per l'intervento. L'area di studio è stata preliminarmente un campione di edifici residenziali individuati in un'area specifica del comprensorio di Carbonia. Tuttavia, l'impossibilità di catalogare in questa la totalità dei tipi edilizi che caratterizzano il patrimonio cittadino, ha portato ad individuare anche casi di studio al di fuori di essa.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Metodologie di catalogazione del patrimonio edilizio urbano

La prima fase della presente attività è stata la ricerca bibliografica dei più recenti esempi di catalogazione del patrimonio edilizio urbano a fini energetici. La letteratura in materia si è rivelata molto ampia e si è pertanto partiti dalle pubblicazioni più recenti e si è proceduto eventualmente a ritroso analizzando gli studi in esse citati. Attraverso il database Scopus sono stati individuati, attraverso opportune parole chiave, sia i lavori di literature review, sia di ricerca originale applicata a casi di studio reali. Al termine dell'indagine bibliografica sono stati presi in considerazione sette studi, che sono via via citati nella bibliografia. Attraverso questi è stato ricostruito il seguente quadro metodologico.

La prima differenziazione che viene fatta in termini di modellazione energetica di patrimoni edilizi di larga scala è la suddivisione in approcci top-down e bottom up [1]. Le tecniche utilizzate per modellare il consumo di energia del patrimonio costruito ad una data scala territoriale possono essere raggruppate in due categorie: "top-down" e "bottom-up". La terminologia fa riferimento alla posizione gerarchica degli input di dati rispetto al settore abitativo nel suo complesso. I modelli top-down utilizzano la stima del consumo totale di energia e altre variabili pertinenti per attribuire il consumo energetico alla classificazione dell'intero settore abitativo. Al contrario, i modelli dal basso verso l'alto calcolano il consumo energetico di singoli edifici o gruppi di essi e quindi estrapolano i risultati per rappresentare la scala territoriale.

L'approccio top-down interpreta il patrimonio come un dissipatore di energia e non distingue il consumo energetico dei singoli usi finali. I modelli di questo tipo determinano l'effetto sul consumo energetico dei cambiamenti o delle transizioni a lungo termine che avvengono sul patrimonio, principalmente allo scopo di determinare il fabbisogno di approvvigionamento. Le variabili comunemente utilizzate dai modelli top-down includono indicatori macroeconomici (prodotto interno lordo, tassi di occupazione e indici dei prezzi), condizioni climatiche, tassi di costruzione/demolizione di abitazioni e stime della diffusione degli apparecchi utilizzatori e del numero di unità costituenti il patrimonio.

L'approccio bottom-up comprende tutti i modelli che utilizzano dati di input da un livello gerarchico inferiore a quello del settore nel suo complesso. I modelli possono tenere conto del consumo energetico dei singoli usi finali, delle singole unità o dei gruppi di esse e quindi estrapolati per rappresentare l'ambito territoriale di riferimento in base al peso rappresentativo del campione modellato. La varietà degli input di dati si traduce nei gruppi e nei sottogruppi di catalogazione. Vengono principalmente utilizzati due categorie di metodi di analisi bottom-up: quelli statistici e quelli ingegneristici.

I metodi statistici si basano su informazioni storiche e analisi di regressione che vengono utilizzate per attribuire il consumo di energia degli edifici a particolari usi finali. Una volta stabilite le relazioni tra gli usi finali e il consumo di energia, il modello può essere utilizzato per stimare il consumo energetico delle unità rappresentative dello stock edilizio. I metodi ingegneristici tengono esplicitamente conto del consumo energetico degli usi finali in base alle loro caratteristiche e al profilo di utilizzo, attraverso relazioni deterministiche di trasferimento di calore e termodinamiche. I dati di input comuni ai modelli bottom-up includono proprietà degli edifici quali geometria, involucro, apparecchiature (impianti HVAC, illuminazione etc.), proprietà climatiche, nonché temperature interne, profili di occupazione e uso delle apparecchiature. Questo livello di dettaglio è un punto di forza di questi metodi e consente di modellare le opzioni tecnologiche e, conseguentemente, il consumo energetico di ogni uso finale e le ipotesi di miglioramento. Dal momento che il consumo energetico viene calcolato in maniera deterministica, l'approccio bottom-up può determinare il consumo totale di energia ad una data scala senza fare affidamento su dati storici. Lo svantaggio principale causato dall'alto livello di dettaglio è che la necessità di dati di input è maggiore di quello dei modelli top-down e le tecniche di calcolo o simulazione possono essere complesse. Una panoramica dei vari metodi è rappresentata in Figura 1.

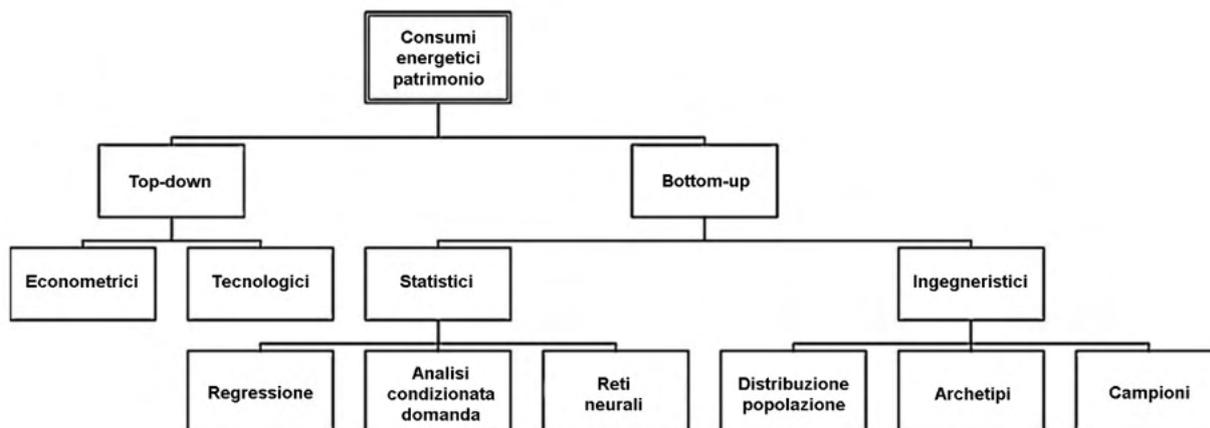


Figura 1. Panoramica sulla modellazione energetica di patrimoni edilizi a scala urbana e territoriale.

Come si dirà in seguito, per gli scopi della presente ricerca è stato adottato un metodo bottom-up di tipo ingegneristico e pertanto l'analisi bibliografica si è incentrata su questa metodologia.

I metodi ingegneristici si basano, per la valutazione dei consumi energetici degli edifici, sulla loro classificazione o sulle loro caratteristiche. Sono gli unici che possono definire il consumo energetico del patrimonio senza l'ausilio di dati storici. I modelli possono essere semplici, come una stima del fabbisogno di riscaldamento basata sui gradi giorno invernali, o dettagliata, basata su calcoli termodinamici e di trasferimento di calore. Questi metodi hanno il massimo grado di flessibilità e capacità di simulare nuove tecnologie, che non hanno dati storici sui consumi. Tuttavia, devono essere assunte ipotesi sul comportamento degli occupanti, che possono avere notevoli margini di incertezza. In [1] sono classificati tre metodi di stima ingegneristica:

- **Distribuzioni.** Questa tecnica confronta la distribuzione degli usi finali, all'interno del patrimonio individuato, con valori di consumo standard. Poiché gli usi finali vengono in genere calcolati separatamente, questa tecnica non tiene conto delle interazioni tra essi. Nonostante si basino su valutazioni nazionali della penetrazione degli usi finali e possano incorporare il consumo energetico storico, il loro livello di disaggregazione li colloca tra le metodologie bottom-up.
- **Archetipi.** Gli archetipi sono edifici rappresentativi (non necessariamente realmente esistenti) che consentono di classificare ampiamente il patrimonio in base all'annata, alle dimensioni, al tipo edilizio e così via. È possibile sviluppare definizioni di archetipo per ogni classe principale e utilizzare queste caratteristiche come dati di input per la modellazione energetica. Le stime del consumo energetico degli archetipi modellati sono scalate per essere rappresentative del patrimonio abitativo alla data scala territoriale, moltiplicando i risultati del calcolo per la numerosità della classe rappresentata dall'archetipo. A seconda del livello di dettaglio, la modellazione degli archetipi può catturare l'interconnessione degli usi finali all'interno degli edifici che sfugge ai modelli basati su distribuzioni.
- **Campioni.** Questa metodologia si riferisce all'utilizzo dei dati effettivi di edifici reali come input per il modello. Ciò consente di catturare l'ampia varietà di unità all'interno dello stock. Se il campione è rappresentativo del patrimonio costruito del territorio in esame, il consumo di energia può essere stimato applicando adeguate ponderazioni ai risultati. Poiché la varietà degli edifici può essere molto ampia, questa tecnica richiede un ampio database di campioni rappresentativi. La sua applicazione è pertanto limitata.

Per il caso di studio di Carbonia, come si dirà nel seguito, è stato scelto di adottare la metodologia basata sulla classificazione del patrimonio tramite archetipi.

Come riportato in [2], gli archetipi edilizi sono edifici teorici creati componendo diverse caratteristiche che si trovano all'interno di una categoria di edifici con attributi simili. Pertanto, un archetipo è una rappresentazione virtuale di un certo numero di edifici che condividono caratteristiche simili nello stock. Per creare gli archetipi è possibile seguire tre diverse metodologie:

- Uso di edifici reali: vengono selezionati veri e propri edifici esistenti più rappresentativi di una categoria specifica. Il processo di selezione viene eseguito attraverso un'analisi statistica al fine di individuare l'edificio reale con caratteristiche più simili a quelle medie del campione statistico (ad esempio: dimensione, layout, tecniche costruttive, ecc..).
- Uso di edifici esempio: si creano edifici virtuali che, per ogni classe di parametri, includono caratteristiche più ricorrenti, sulla base di indagini di esperti e altre fonti di informazione. Si utilizzano nel momento in cui non sono disponibili dati statistici.
- Uso di edifici sintetici medi: si creano edifici virtuali che, per ogni parametro pertinente, includono le caratteristiche più ricorrenti, utilizzando dati statistici di base. Si tratta quindi di una composizione statistica delle caratteristiche più frequenti presenti all'interno di una classe dello stock.

La descrizione di un patrimonio edilizio attraverso edifici archetipi può seguire quattro fasi: segmentazione, caratterizzazione, quantificazione e validazione della domanda finale di energia per un periodo di riferimento [3]. Nel processo di segmentazione viene determinato il numero di archetipi necessari per rappresentare lo stock edilizio dell'area di interesse. Il loro numero è ottenuto dalla combinazione dei diversi criteri di segmentazione. In genere questi possono essere: destinazione d'uso; numero di piani; relazione con gli edifici vicini/adiacenti (ad esempio case indipendenti, bifamiliari o a schiera); anno di costruzione, la cui classificazione può essere determinata in base agli aggiornamenti sulla legislazione urbanistica o di energetica, ma anche in base a eventi storici e a cambiamenti nelle tecnologie costruttive; tipo di impianto termico; zona climatica se l'area di interesse è sufficientemente vasta.

Nella fase di caratterizzazione, ogni archetipo è descritto dalle sue caratteristiche tecniche. In letteratura si trovano innumerevoli esempi di caratterizzazione archetipale per fini energetici. A titolo di esempio si riportano in Tabella 1 i parametri di caratterizzazione assunti in [3].

Tabella 1. Esempio di parametri di caratterizzazione di un archetipo.

| Categorie | Dati rilevanti dell'edificio per categoria |
|---------------------|---|
| Tipo edilizio | Capacità termica effettiva dell'edificio |
| | Superficie netta riscaldata |
| | Superficie esterna disperdente |
| | Guadagni interni |
| | Temperatura interna minima (invernale) |
| | Temperatura massima interna (estiva) |
| | Tasso di rinnovo dell'aria |
| | Superficie finestrata |
| Anno di costruzione | Valore medio di trasmittanza |
| | Tasso di ventilazione |
| Impianto termico | Temperature interne |
| | Combustibili utilizzati |
| Zona climatica | Valore medio di trasmittanza |

| | |
|--|------------------------|
| | Dati climatici esterni |
|--|------------------------|

La fase di quantificazione determina la distribuzione degli edifici rappresentati da ciascun archetipo all'interno dello stock dell'area di riferimento. I valori di prestazione desunti per ciascun archetipo vengono perciò moltiplicati per un fattore di ponderazione che rappresenta la numerosità di ciascuna classe di segmentazione.

Per convalidare il modello di aggregazione, la domanda finale di energia viene calcolata utilizzando gli archetipi e confrontando i risultati con i corrispondenti valori di consumo energetico dell'area di riferimento desunti da dati statistici. Queste operazioni costituiscono la fase di validazione.

Di tutte le fasi per la costruzione di un modello energetico a scala urbana o territoriale, sopra elencate, la presente linea di attività si è incentrata principalmente sulla segmentazione e, in parte, sulla caratterizzazione, condotta contestualmente alla linea di attività 1.27. Si è pertanto approfondita la ricerca bibliografica relativa a queste due fasi.

In [4] è riportata un'interessante catalogazione delle tecniche di segmentazione. Al di là dell'utilizzo o meno degli archetipi, l'approccio più diffuso per definire edifici rappresentativi, consiste nell'organizzarli in gruppi predefiniti chiamati anche "classi". Successivamente si procede a definire ulteriori divisioni di un set di dati, riferibile ad ogni caratteristica della classe individuata, con conseguente struttura gerarchica di gruppi e sottogruppi. I confini del gruppo sono in genere definiti manualmente (ad esempio decenni, se si tiene conto del periodo di costruzione) e gli edifici vengono assegnati a un dato gruppo a seconda dei loro valori rispetto ai confini del gruppo; tale approccio può essere definito "raggruppamento supervisionato". Questa tecnica è stata applicata a molteplici casi di studio a diverse scale spaziali, da un singolo distretto, alla scala urbana, fino a quella nazionale. I parametri più comuni considerati sono: età di costruzione, destinazione d'uso, dimensioni o parametri relativi alla forma edilizia; clima (o ubicazione), se si opera ad esempio su scala nazionale. È importante non confondere fra parametri di segmentazione e di caratterizzazione. L'attività di caratterizzazione è successiva alla fase di segmentazione ed i parametri per essa utilizzati confluiscono direttamente nel modello energetico. I parametri di segmentazione, invece, sono finalizzati esclusivamente all'individuazione delle classi e sottoclassi. La numerosità delle classi può variare considerevolmente ed in letteratura sono riscontrabili classi con un minimo di 17 fino ad un massimo di 500.000 edifici.

Un altro approccio talvolta utilizzato per la segmentazione del patrimonio costruito è il *clustering*. Si tratta di una tecnica, che può essere definita "non supervisionata" e che consiste nell'applicare un algoritmo che raggruppa gli oggetti (ovvero gli edifici), a seconda della loro posizione in uno spazio multidimensionale. Contrariamente agli approcci supervisionati, il clustering non si basa su gruppi predefiniti. Esiste un gran numero di algoritmi di clustering in letteratura. Questi differiscono in termini, ad esempio, di parametri, processo di raggruppamento o risultati (come la forma del cluster). Il numero di gruppi è in genere un risultato dell'analisi: l'algoritmo viene solitamente eseguito imponendo un range di gruppi, ad esempio da due a venti e la partizione migliore viene selezionata analizzando i risultati. Per valutare i risultati del clustering vengono utilizzati criteri grafici e/o numerici.

Approcci supervisionati e non supervisionati possono essere combinati in approcci semi-supervisionati, che comprendono il clustering semi-supervisionato e la classificazione semi-supervisionata. In genere, un primo approccio supervisionato serve per guidare il clustering basato su algoritmi automatici. Come si vedrà in seguito, data la peculiarità del patrimonio costruito di Carbonia, tra i vari approcci suggeriti in letteratura, si è optato per quello supervisionato.

Sono stati successivamente analizzati anche i parametri di segmentazione dei principali studi riscontrati in letteratura. In maniera quasi unanime, i primi parametri di classificazione individuati sono il tipo edilizio e l'età di costruzione [5]. Il tipo edilizio viene generalmente definito in termini di superficie e di aggregazione delle unità immobiliari, che sono spesso correlate. Entrambe hanno una rilevanza evidente sulla prestazione energetica: la dimensione influenza evidentemente il consumo complessivo ed il sistema aggregativo incide sul rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato. È quindi evidente che le case

indipendenti, bifamiliari o a schiera hanno fabbisogni di riscaldamento e consumo energetico diversi. L'anno di costruzione di un edificio, o l'età dell'edificio, influisce sui consumi. Secondo la Commissione europea, attualmente, oltre il 35 per cento degli edifici dell'Unione ha più di 50 anni e quasi il 75 per cento del patrimonio edilizio è inefficiente dal punto di vista energetico. Ciò dimostra che l'anno di costruzione è un parametro chiave, che ha incidenza sugli altri. Innanzitutto, le tecniche costruttive (materiali e stratigrafie) sono riferibili ad un dato periodo storico, in quanto frutto dell'evoluzione tecnologica. In tempi recenti, questa è stata anche spinta, ed è quindi riferibile, alle normative in materia di contenimento della prestazione energetica degli edifici. Gli studi storici sull'evoluzione delle città dimostrano, inoltre, che l'età di costruzione ha un'influenza anche sui tipi aggregativi. Volendo sintetizzare: nei centri storici prevalgono tipologie compatte, tipiche del tessuto costruito denso della città murata; l'espansione ottocentesca è invece caratterizzata da altri tipi ricorrenti, quale ad esempio il blocco, mentre l'espansione periferica post-bellica si articola su tipi più variegati (case in linea o a torre negli interventi pubblici), unità isolate o schiera nell'edilizia privata. L'interdipendenza tra parametro temporale e tipologico suggerisce che la scelta della priorità dell'uno o dell'altro abbia degli effetti sulla segmentazione. Prediligere acriticamente la seconda alla prima può portare, ad esempio, all'utilizzo di classi che si possono rivelare non popolate, se il tipo edilizio non è presente in una determinata fascia storica. Non bisogna inoltre sottovalutare come esista, sempre al livello urbano, una correlazione fra localizzazione geografica e fascia storica, dato che, come è noto, le città hanno, nella maggior parte dei casi, un'evoluzione centripeta a partire dal nucleo più antico. C'è anche un altro aspetto che rende imprescindibile il parametro temporale, specialmente nelle analisi condotte su patrimoni edilizi italiani, ed è quello relativo ai vincoli di intervento dovuti al carattere storico degli edifici. In alcuni studi, come in [6], la segmentazione è condotta introducendo sottoclassi che tengono conto del livello di tutela a cui sono sottoposti gli edifici. Questi si riflettono, non solo sulla prestazione energetica, ma anche, e soprattutto, sulle potenzialità di miglioramento prestazionale. Per queste ragioni, anche nel caso di Carbonia, che presenta un'evoluzione peculiare e dei vincoli di tutela particolari, è stata data precedenza, nella segmentazione, al parametro storico.

Per quanto riguarda i parametri tipologici del patrimonio edilizio italiano, sono presenti in letteratura alcuni studi che propongono una classificazione idonea allo scenario nazionale. In [7] sono proposti 4 archetipi, che differiscono per dimensioni, numero di piani e fattore di forma (S/V). Questi sono: un tipo isolato o bifamiliare a due piani, che rappresenta gli edifici tipici delle aree abitative a bassa densità, generalmente caratterizzati da un fattore di forma compreso tra 0,5 e 1; un edificio rettangolare a cinque piani, che rappresenta i blocchi di linea delle aree urbane a media-alta densità, caratterizzato da un fattore di forma medio di circa 0,4; un edificio di dieci piani, che rappresenta i blocchi a torri delle aree urbane ad alta densità, con un fattore di forma compreso tra 0,25 e 0,45 e infine un blocco a patio centrale a quattro piani tipico di abitazioni a media-alta densità che è caratterizzato da una grande "corte" e può occupare un intero blocco urbano. Questa segmentazione è stata applicata al caso di studio di Milano ed ha portato, assieme a parametri temporali e di destinazione d'uso all'individuazione di 56 classi, ognuna rappresentata da un archetipo.

2.2 Segmentazione del patrimonio edilizio di Carbonia

Metodologia

La città di Carbonia è una delle poche città di fondazione presenti in Italia. Questo significa che non ha avuto un'evoluzione storica graduale, ma parte del suo patrimonio è frutto di un atto insediativo concentrato nel tempo. Il periodo di fondazione rappresenta quindi uno spartiacque storico che individua un momento antecedente ed uno successivo l'epoca di fondazione. Questo aspetto è fortemente caratterizzante ed è stato assunto come primo principio di segmentazione. Il primo parametro è, quindi, temporale. L'atto fondativo, come si vedrà nel seguito, è stato caratterizzato da un numero limitato di tipi edilizi ricorrenti, che è più appropriato definire "modelli". La loro ripetizione seriale ha infatti dato vita al

patrimonio residenziale dell'epoca di fondazione. Su questi edifici esistono numerosi ed approfonditi studi che consentono una caratterizzazione dettagliata.

Per questi motivi, e sulla base dello studio metodologico sopraesposto, per la città di Carbonia è stato deciso di adottare un approccio, anzitutto, bottom-up di tipo ingegneristico, basato su archetipi. Questi sono del tipo, come si vedrà nel seguito, "edificio reale" ed "edificio esempio". Il raggruppamento è stato eseguito per via supervisionata attraverso una parametrizzazione innanzitutto di tipo storico, con successivamente sottoclassificazione con parametri tipologici. Lo step gerarchico successivo, valido solamente per il patrimonio post-fondativo, è stato nuovamente di tipo temporale con specifico riferimento alle tecnologie costruttive dell'involucro (per la caratterizzazione impiantistica si rimanda ad altra linea di attività a carico del DIMCM, sempre dell'università di Cagliari). La gerarchizzazione è riportata in Figura 2.

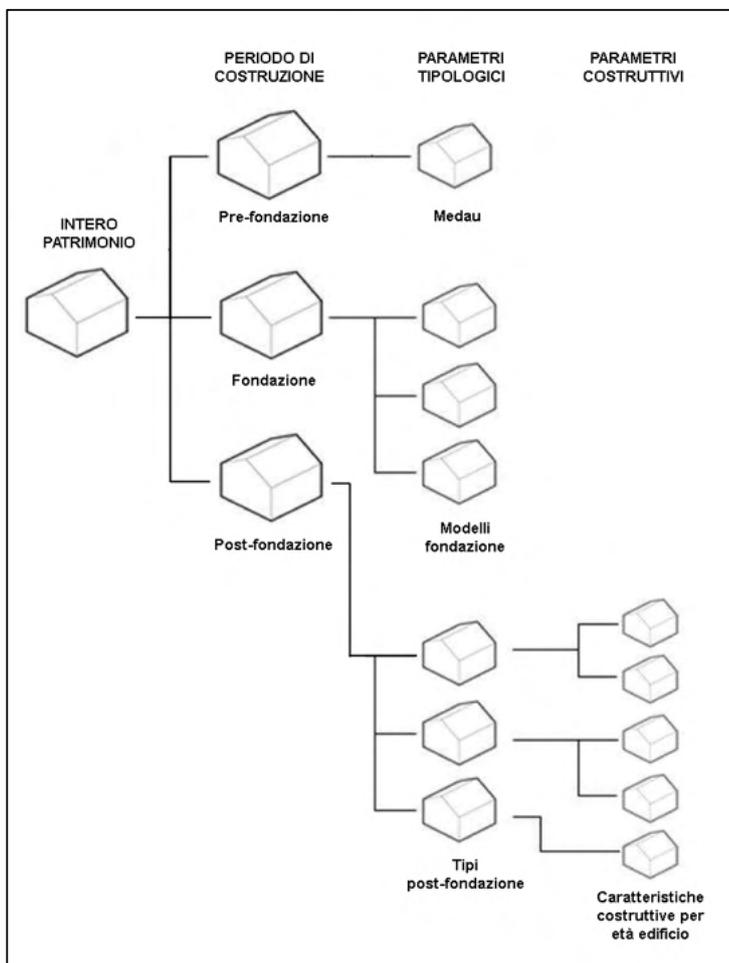


Figura 2. Gerarchizzazione dei parametri di segmentazione del patrimonio costruito di Carbonia.

Nel seguito verranno illustrati i risultati raggiunti per ogni classe storica (primo step gerarchico). Gli archetipi individuati per ogni classe saranno descritti sinteticamente, mentre si rimanda agli allegati per i relativi dettagli.

Il periodo pre-fondazione

Il Sulcis-Iglesiente coincide con il più grande bacino minerario della Sardegna ed ha costituito storicamente un'area strategica per l'estrazione di risorse tra le più ambite e pregiate del mondo antico, moderno e contemporaneo. La struttura insediativa di questo territorio è stata dunque potentemente disegnata, nel tempo, dai processi e dai sistemi di utilizzo delle sue risorse: quelle metallifere anzitutto, la cui importanza

è testimoniata dalle fonderie nuragiche così come dai pozzi medioevali. Tuttavia, la forza spesso distruttiva degli interessi connessi a queste risorse si è periodicamente abbattuta sull'insediamento stesso, la cui consistenza si è rivelata spesso comparativamente fragile, scompaginandolo e costringendolo a periodiche ristrutturazioni. In questo senso, il Sulcis è oggi un palinsesto insediativo più e più volte riscritto, e ci appare attualmente come un "territorio di fondazioni", sempre connesse in un modo o nell'altro alle crisi ed ai successivi rilanci del comparto minerario; sotto questo profilo si può affermare che per almeno 750 anni (e forse anche di più) il Sulcis-Iglesiente costituisce il luogo per eccellenza dell'innovazione, nell'ambito ed alla scala della Sardegna. La crisi del comparto industriale che ha, a partire dagli anni 60 del secolo scorso, via via sostituito l'attività estrattiva, è troppo recente per aver, per il momento, inciso sul sistema insediativo, ma ha avuto delle ripercussioni drammatiche sul tessuto economico e sociale, facendo del Sulcis-Iglesiente una delle zone più povere d'Europa.

Da quando ne abbiamo notizie dirette, attraverso le composizioni fiscali pisane, già nel XIII secolo questo territorio si presenta come uno dei poli più interessanti di quella grande ricolonizzazione successiva all'anno mille, che vede l'intera Sardegna segnata da una intensa rinascita fatta di nuclei monastici che promuovono bonifiche, di ripopolamento di vasti spazi rimasti deserti dopo la crisi della Sardegna bizantina, e soprattutto della creazione di un numero molto grande di nuovi nuclei insediativi. Nel '200 si contano circa 40 centri abitativi nel territorio; e questa fase è tanto più significativa in quanto coincide con il rilancio di alcuni nuclei più propriamente urbani, uno dei quali, Iglesias, diventa il centro dominante dell'area ed anche uno dei più importanti della Sardegna.

Lo sviluppo di Iglesias coincide con la fase di spopolamento del territorio rurale, comune in tutta Europa nel basso medioevo, che diventerà devastante nel corso del '300 e del '400. Ancora nel XVI secolo le campagne del Sulcis-iglesiente erano completamente prive di uomini e case. Così, questo grande territorio fa il suo ingresso nell'era moderna in una condizione di grande deurbanizzazione. Oltre al capoluogo e ai centri della valle del Cixerri, sopravvivono a nord di Iglesias villaggi quali Fluminimaggiore e Arbus, più legati all'economia della montagna ed alle sue risorse. A partire da un momento imprecisato, ma che dovrebbe collocarsi al passaggio tra '600 e '700, inizia la ripopolazione del contesto rurale. L'avvento della monarchia sabauda e del suo "riformismo" di matrice illuminista, porta con sé un nuovo progetto di riforma del territorio e dell'insediamento che parte anzitutto dalle aree del grande spopolamento: non è un caso che la politica delle fondazioni si realizzi anzitutto nel Sulcis, dove a partire dagli anni '30 del '700 sorgono i primi centri di origine sabauda: la ricolonizzazione dell'isola di San Pietro, con Carloforte che rafforza considerevolmente la proiezione verso il mare del territorio, a cui seguono quella di Gonnese e Calasetta ed il rilancio di S. Antioco e Portoscuso. Più in generale si dà il via ad una occupazione più stabile del grande "vuoto" del Sulcis favorendo lo stanziamento sparso e diffuso dei principali tipi edilizi rurali che sono giunti fino a noi: i *medaus* e i *furriadroxius*. È a questo periodo che risalgono i principali centri minori del territorio: Santadi, che ha funzionato a lungo da piccolo capoluogo del Sulcis, Masainas, Tratalias, che, pur ridotto ai minimi termini costituisce l'unica permanenza di un centro medioevale, Nuxis, Narcao e San Giovanni Suergiu. Infine, per gli scopi della presente ricerca è fondamentale evidenziare che la carta del La Marmora del 1839 segnala Serbariu, come polo di una delle principali concentrazioni di *medaus* e *furriadroxius* della zona, su cui nel '900 verrà fondata la città del carbone [8].

Il fatto che il nucleo stesso della fondazione di Carbonia, ovvero la miniera di Serbariu, fosse un luogo di accentrimento di tipi edilizi pre-fondazione, in particolare di *medaus*, ha portato a considerare questa tipologia nella segmentazione del patrimonio costruito. Alcune sopravvivenze di questi edifici si trovano infatti ancora nel tessuto costruito. L'archetipo di *medaus* prescelto è stato individuato in [8] ed è del tipo "edificio esempio" [2]. I dati morfologici e costruttivi dell'archetipo sono stati desunti sempre da [8]. Nella Tabella 2 sono riepilogate le caratteristiche dell'unico archetipo di questa classe cronologica.

Tabella 2. Caratteri sintetici dell'archetipo A1 Medau.

| Tipo | Descrizione sintetica | Caratteri costruttivi sintetici | Fonti bibliografiche |
|------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|
|------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|

| | | | |
|--|---|--|-----|
| A1 – Medau - Allegato 1 – Scheda 1.1 | Medau posto su un rilievo per il controllo dei pascoli e dei coltivi a valle, costituito da corpi abitativi accessori semplicemente giustapposti con accesso da uno spazio comune e con annesse corti chiuse. | Muratura portante in pietra ad opera incerta costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in legno con travicelli ed impalcato in incannucciato, finiti con manto in tegole sarde. Chiusura di base in semplice massetto e pavimentazione in ceramica. Scheda 2.1 | [8] |
|--|---|--|-----|

Per la definizione delle caratteristiche termiche dei blocchi lapidei, è da notare che tradizionalmente nella zona di Carbonia è stata utilizzata quella che localmente viene definita “trachite”. Questo termine veniva usato in passato dai cavaatori locali per indicare tutte le rocce di origine piroclastica, ma è inappropriato da un punto di vista geologico. La “trachite” in questione ha un peso specifico elevato (2.400-2.600 kg/m³), ma una resistenza a compressione non altrettanto elevata (15-87 Mpa). Nelle annualità precedenti della ricerca RSE, ad opera di Sotacarbo, sono state eseguite delle indagini su “trachiti” estratte da cave nei pressi di Carbonia. Sono state anche condotte prove di conducibilità termica. I risultati sono elencati nella Tabella 3. Questi valori sono stati utilizzati nei calcoli illustrati nell’allegato 3. È importante evidenziare che in questo tipo di murature non è possibile trascurare l’effetto della malta [9]. Per il calcolo dei parametri termici della muratura costituita da blocchi di trachite e malta è stato assunto valori di conducibilità, di densità e di calore specifico ponderati tra quelli dei due materiali in funzione della superficie da essi occupata nella sezione riportata nell’allegato 2. Per tutti gli altri materiali è stato fatto riferimento alle norme tecniche in vigore ([10], [11], [12], [13] e [14]). Per i risultati del calcolo delle prestazioni termiche delle stratigrafie riportate in Tabella 1 si veda l’Allegato 3.

Tabella 3. Risultati delle prove sulla “trachite” locale condotte nel corso delle annualità precedenti della RSE.

| Provino | Conducibilità [W/mK] | Densità [kg/m ³] |
|-------------|-------------------------|---------------------------------|
| Monte Crobu | 1,846 | 2463 |
| Su Nuraxi | 1,662 | 2015 |

Il periodo di fondazione

L’attività estrattiva del Carbone è attiva nella zona del Sulcis fin dalla seconda metà del 1800, attorno al piccolo centro di Bacu Abis. È però solo all’inizio del 1937 che nuove prospezioni geologiche rilevano un imponente giacimento nei pressi del piccolo nucleo di case-fattoria di Serbariu. Da subito prende corpo il progetto per la realizzazione di Carbonia, la nuova capitale del distretto carbonifero sardo. Attorno al sito di Serbariu, depositario di risorse che appaiono veramente strategiche, si compone rapidamente un aggiornamento del programma insediativo già predisposto qualche anno prima da Gustavo Pulitzer Finali per l’estensione proprio del centro di Bacu Abis. Rispetto a questo intervento appare da subito necessario un salto di scala, in virtù delle potenzialità del nuovo giacimento che si misurano in milioni di tonnellate di materiale estraibile. La prima Carbonia viene concepita e realizzata sulla base di un disegno ben preciso, prodotto dell’intersezione tra una morfologia urbana di qualità ed una tipologia edilizia razionale e perfettamente adeguata alla forma della città. Il legame città – miniera era chiarito in maniera addirittura didascalica dall’asse su cui si sviluppa il primo piano, che collega la miniera con il cuore urbano di Carbonia: la Piazza Roma. Il progetto per la nuova città dichiara da subito la sua anima operaia, senza rinunciare ad essere anche e nello stesso tempo quello di una città-giardino, espressione di un approccio naturalistico, temperato dalla chiarezza razionalista e da un’ideologia igienista. Carbonia, pur progettata attraverso la

ripetizione seriale e potenzialmente indefinita del tipo edilizio della residenza popolare e operaia, assicura a ciascuna casa la sua "razione di paesaggio" e di orto-giardino.

La veloce realizzazione del primo impianto è sicuramente resa possibile dal ricorso al gruppo di progettisti collaudato nella fondazione di Arsia e Bacu Abis, che porta con sé in questa impresa il bagaglio di tipi, architetture e soluzioni urbanistiche verificate negli anni precedenti. Anche in questo caso, il rapporto tra tipologia edilizia e morfologia urbana è mediato da isolati allungati, regolari ma anche modellati sulla topografia acclive dei luoghi, formati da sequenze di ampi lotti contrapposti, sui quali sono sistemate case isolate quadrifamiliari a due piani (Figura 3).

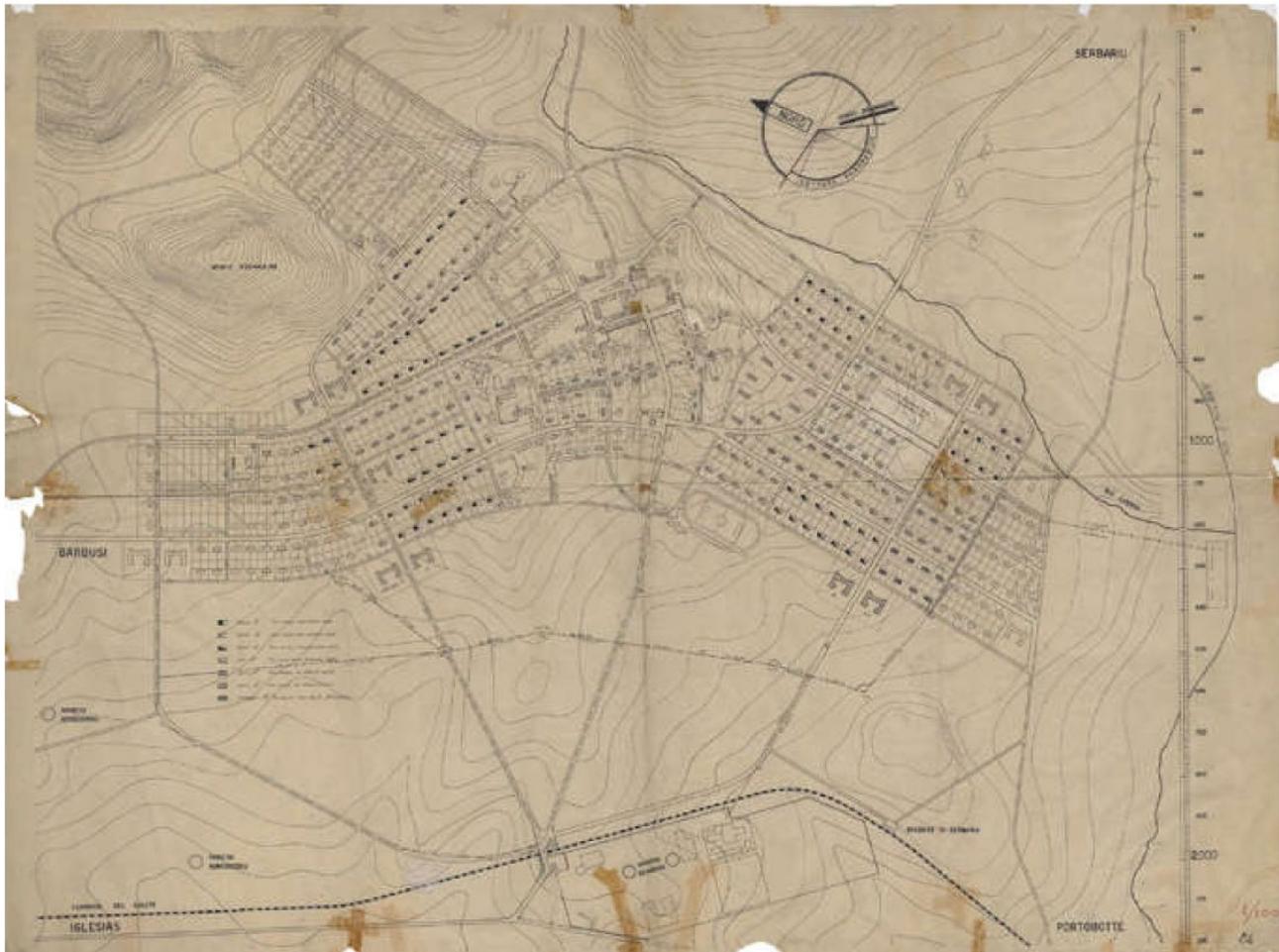


Figura 3. Piano regolatore di Carbonia del 1937

Gli alloggi popolari di questa prima fase sono attribuiti allo studio Stuard di Pulitzer-Finali, anche se solo un tipo venne indicato con il cognome di uno dei suoi collaboratori. Forse non è un caso che proprio il tipo Lacchi sia il solo a proporre i grandi archi in trachite, ritagliati nel corpo scala e nelle logge: una sorta di "marchio" che lo studio Pulitzer imprime su quasi tutte le sue architetture di Carbonia. Si tratta sempre di tipi isolati su due piani a quattro alloggi sovrapposti, che caratterizzavano già completamente il paesaggio urbano di Arsia. A questa chiara impostazione tipologica si conformano anche gli altri progettisti, tutti romani, che firmano gli altri tipi edilizi della prima fase: Lenti, Santi e D'Angelo. Sono per lo più alloggi trivani di piccola taglia, dai 35 ai 70 m², accoppiati specularmente in pianta e replicati quasi identici al piano superiore, ciascuno disimpegnato da un suo corpo scala. Ed è precisamente l'architettura di queste scale esterne, che fa da elemento caratterizzante rispetto all'essenzialità e alla ripetitività del corpo di fabbrica base. Quest'ultimo è prevalentemente costituito da un prisma coperto da un tetto a capanna, con il colmo disposto secondo l'asse maggiore, con l'eccezione del tipo Santi normale, che ruota il colmo parallelamente al lato corto. Come quest'ultimo tipo edilizio, anche il Lacchi ed il Lenti Grande hanno la distribuzione

controllata dall'accesso laterale, ciò che in generale allunga l'asse di attraversamento dell'alloggio; al contrario, i tipi Lenti Normale e Santi Ridotto sono disimpegnati in maniera più baricentrica da scale che danno sul fronte principale.

Apparentemente quindi, nell'ufficio tecnico dell'ACal (Azienda Carboni Italiani) e nell'Istituto Fascista per le Case Popolari si confrontano con un dialogo a distanza, le culture progettuali delle scuole triestina e romana. Il risultato è una peculiare unione di razionalismo e mediterraneità [15], con echi mitteleuropei. Per rintracciare la nota dominante di questo compromesso, non è certamente improprio riferirsi alla rivisitazione del cottage di Muthesius [16], ai nuovi metodi progettuali evidenziati dal principio additivo e funzionalista degli impianti distributivi delle sue case; né a quella di Tessenow [17].

La seconda fase della progettazione e realizzazione della Carbonia fascista coincide con la scomparsa dalla scena del gruppo triestino. Tra la metà del 1937 e la metà del 1938 si realizza un passaggio di consegne decisivo, che vedrà esautorati, silenziosamente quanto rapidamente, Pulitzer ed i suoi, in vista di una seconda fase tutta appannaggio dei "romani". L'ultimo atto di Pulitzer è la relazione del piano regolatore redatto alla fine del 1938, il quale, però, porta la firma di Cesare Valle e Ignazio Guidi, romani.

I titolari del gruppo romano, Valle e Guidi, in quel momento sono coinvolti anche in altre operazioni strategiche per il regime, legate soprattutto al piano coloniale e autarchico di Addis Abeba. Passano pertanto la mano ad un brillante collaboratore, Eugenio Montuori, che lascerà un'impronta decisiva sulla città nuova, a partire dal progetto per i quartieri per dirigenti e impiegati, e per le loro abitazioni. Da questo momento concentra la sua attività in una nutritissima serie di progetti per le città nuove del carbone, in relazione ai quali collabora strettamente con i tecnici di punta dell'Ufficio Tecnico dell'ACal e del suo IFCP, tra i quali l'architetto Di Tomassi (che firmerà alcune tipologie di Carbonia). Montuori si trova al posto giusto nel momento giusto, alla fine del 1938, quando si inaugura la prima Carbonia e senza soluzione di continuità se ne progettano a tamburo battente i nuovi piani di espansione (Figura 4). Alla fine di quell'anno, ha già progettato per intero e per quanto risulta in totale autonomia i quartieri per i dirigenti della Grande Miniera, nei quali cura due edifici particolarmente prestigiosi: la Villa del Direttore e l'Albergo per Impiegati Scapoli, due realizzazioni nelle quali Montuori concentra tutta la carica innovativa compatibile con le regole dell'autarchia, che in questi casi vengono decisamente allentate. I suoi temi sono certamente meno condizionati rispetto ai formalismi dei palazzi pubblici ed al costrittivo *existenz minimum* delle case operaie, e comunque Montuori dispiega senz'altro una maggiore freschezza nell'interpretazione dei vincoli autarchici, sia nell'utilizzo dei materiali locali, sia nella proposta più libera degli elementi in cemento armato.

Sebbene la guerra fermerà il progetto complessivo nella sua versione più ambiziosa, non arrestò la grande espansione ed intensificazione della residenza. Il 1939 è un anno di transizione, nel quale i progetti dell'Ufficio Tecnico provvedono a completare il Piano di prima fase espandendo - attorno al colle di Rosmarino - i quartieri dei cottages operai con le tipologie Gra-M e Gra-N che rielaborano e standardizzano i tipi base della residenza operaia. Si tratta di una sintesi aggiornata e più standardizzata, dovuta con ogni probabilità ai professionisti interni all'ufficio tecnico dell'Istituto per le Case Popolari, delle precedenti tipologie "firmate": la stessa sigla "Gra-" rimanda a più anonimi "Gruppi di abitazioni". La "normalizzazione" è nei fatti: oltre 600 blocchi di case per i soli due tipi della seconda fase contro i 220 blocchi per sette tipi della prima fase, in media 300 esemplari per ognuno dei nuovi tipi contro 30 per i precedenti. Le "nuove" case differiscono tra loro sostanzialmente solo per la diversa articolazione del corpo di fabbrica base in relazione al sistema di disimpegno, con blocchi scala laterali per il tipo Gra-N o centrali per il tipo Gra-M. Tra l'altro queste case, ripetute molte altre decine di volte, saranno incuneate tra i fabbricati originari, addensando fortemente lo spazio residenziale della città giardino di Carbonia. Ciò vuol dire che anche quelle che in un primo tempo erano state pensate come tipologie rade ed estensive sono utilizzate per costruire la città più densa e intensiva del secondo impianto: a Carbonia la densità fondiaria aumenta in media del 50% dalla prima alla seconda fase, pur con una casistica assai variabile, passando da valori minimi di circa 0,65 sino ad oltre 1,2 mc/m², mentre il rapporto di copertura passa da meno del 10% a quasi il 20%. Se tutta la città costruita del '38 e le sue immediate espansioni sono investite da questo addensamento semintensivo, realizzato intasando il tipo quadrifamiliare isolato, nel '39 -'40 la città

costruisce sui suoi margini la nuova edilizia "intensiva" con blocchi pluripiano e plurifamiliari. Montuori si dedica a completare il "progetto sociale" di Carbonia concentrandosi sugli Spacci Periferici diffusi per i quartieri operai, tutti edifici con una proiezione su uno slargo-piazza per la socializzazione, e su quei servizi sociosanitari dove si condensa il progetto istituzionale per la cura di una popolazione sicuramente ad alto rischio. Il disegno della città estesa integra e completa il preesistente, contemporaneamente ribadendone le linee fondamentali ma anche introducendovi impianti e qualità affatto nuovi. Sarà in particolare il margine orientale, segnato dal rio Cannas, a concentrare questi episodi, destinati in parte a restare tali per il ridimensionamento che la guerra imporrà alla "grande Carbonia". Questo settore diventerà campo di esercitazione privilegiato per Eugenio Montuori, che avrà anzitutto modo di sperimentare a Carbonia la tipologia a "pistoni" successivamente utilizzata per Pozzo Littorio. Si tratta di un organismo edilizio complesso, se non di una vera e propria "macchina per abitare", formato da una stecca compatta di 16 alloggi distribuiti su 4 piani serviti da due corpi scala esterni che disimpegnano ciascuno altri 4 alloggi (sfalsati di una rampa) per un totale di 24 appartamenti da 4 vani. Ben più suggestivo appare ancora oggi l'esercizio progettuale di Montuori nel suo complesso più denso, quello del tipo edilizio B1 con le case operaie a 48 appartamenti su 4 piani. Si tratta delle grandi stecche - ne furono realizzate sei in tutto - destinate a fare da battistrada alla nuova Siedlung oltre il rio Cannas, destinata a non essere mai più completata. In ciascuna stecca, tre grandi vani scala dominano l'impianto, con la rampa e il ballatoio in cemento armato distesi lungo la facciata, paralleli alla strada e tutti esterni, sorretti da due metafisici setti di trachite bucati da archi sagomati con grossi conci sbazzati, disimpegnando quattro piccoli alloggi per piano. La Siedlung di Montuori, pur urbanisticamente incompiuta, insieme ai suoi "pistoni", sancisce il declino definitivo della città giardino di Carbonia, almeno nella versione di Pulitzer. Del resto, tutta l'operazione di intensificazione della residenza ha cambiato radicalmente la qualità microurbanistica della città, alterando profondamente (pur senza distruggerlo) il paesaggio delle recinzioni basse, dello spazio interno al lotto semiaperto, occludendo molte permeabilità di visuali (anche se non tutte) [18].



Figura 4. Piano regolatore per l'espansione di Carbonia del 1941. Non sarà completamente realizzato.

Con l'espansione sul margine occidentale si arresta di fatto la fase di fondazione di Carbonia. Le vicissitudini belliche bloccano quel che resta da realizzare dei piani di fondazione. Il risultato di questa rapidissima fase costruttiva è un nucleo urbano in cui si ripetono non tanto delle "tipologie", quanto piuttosto dei "modelli" edilizi residenziali che sono oggetto del presente studio. La possibilità di attingere a studi pregressi condotti dal DICAAR sulle fasi storiche della fondazione di Carbonia, ha consentito di individuare con precisione le caratteristiche dimensionali e morfologiche di oltre il 99% del patrimonio ascrivibile a questo periodo storico.

Le informazioni reperite sono anche relative ai caratteri costruttivi. Se dal punto di vista morfologico è presente indubbiamente una grande varietà di modelli, non altrettanto può dirsi per i materiali e le tecniche costruttive. I ferrei limiti imposti dal regime autarchico hanno, di fatto, ridotto le procedure costruttive ed i materiali utilizzabili. In particolare, la scelta nazionale di limitare nel comparto edile l'uso dell'acciaio (bene di importazione, ma primario nei settori bellici) ha fatto prevalere le tecniche murarie a discapito di quelle in c.a. Solamente nella seconda fase di edificazione (dal '39 in poi), grazie alle innovazioni portate da Montuori, è possibile reperire qualche variante ai caratteri dominanti della prima fase di edificazione. Questi in sintesi sono [19]:

- Chiusure verticali in muratura portante di trachite;
- Chiusure orizzontali di base con un vespaio in pietrame ed un massetto, più la finitura;
- Chiusure intermedie in volte di muratura a botte;
- Chiusure di copertura piane in volte di muratura a botte, più massetto alleggerito con minime proprietà coibenti;
- Chiusure di copertura a falde inclinate in tavelle di laterizio e coppi.

Nella seconda fase l'apporto di Montuori si può rilevare in alcune modifiche:

- In alcuni edifici (come i tipi O/5 e I/5) viene introdotta l'intelaiatura portante in c.a.;
- Negli edifici di cui al punto precedente la chiusura verticale portata è realizzata in laterizi forati;
- Le chiusure orizzontali sia intermedie che di copertura piane sono realizzate in solai di tipo SAP (per gli edifici residenziali) e REX (per gli edifici pubblici). Le coperture presentano anche massetti alleggeriti di debole isolamento termico.

Per le murature in trachite vale quanto detto sostanzialmente per gli edifici pre-fondazione. La scelta di rifarsi alla muratura portante porta a rivalutare la tecnica tradizionale basata sull'uso della pietra locale (erroneamente definita trachite, come precedentemente evidenziato). Vengono standardizzati gli spessori e la tecnica di lavorazione dei blocchi è più precisa che nel caso degli edifici pre-fondazione. Dall'analisi della documentazione storica è stato possibile rilevare che si trattava sostanzialmente di una muratura a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco. Anche la malta, a base calce, è presumibilmente simile a quella utilizzata nel periodo precedente. Le caratteristiche termiche di questo tipo di materiale sono state stimate con una ponderazione basata sulla quantità di materiale (pietra e malta) presente nelle sezioni storiche [9]. Le proprietà termiche di base degli altri materiali e componenti edili sono state invece ricavate dalla normativa tecnica in vigore ([10], [11], [12], [13] e [14]). Per i risultati del calcolo delle prestazioni termiche delle stratigrafie riportate in Tabella 4, si veda l'Allegato 3.

Gli archetipi individuati sono riportati nella Tabella 4.

Tabella 4. Caratteri sintetici degli archetipi di fondazione.

| Tipo | Descrizione sintetica | Caratteri costruttivi sintetici | Fonti bibliografiche |
|--------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| LACCHI | Casa binata quadrifamiliare per | Muratura in pietra a due paramenti | [20] |

| | | | |
|---|---|--|-------------|
| <p>NORMALE – Allegato 1 – Scheda 1.2</p> | <p>operai, realizzate in 44 unità nella prima fase di edificazione (1938). Questo tipo è articolato su due piani e contiene in tutto 4 alloggi uguali e con ingressi indipendenti. Ogni alloggio si compone di un pranzo-soggiorno, una cucina, un servizio igienico e due camere per una superficie totale di 59 m². Le scale disposte sui lati corti fungono da contrafforti per le volte a botte.</p> | <p>con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2</p> | |
| <p>LACCHI RIDOTTA – Allegato 1 – Scheda 1.3</p> | <p>Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzate in 12 unità nella prima fase di edificazione (1938). Questo tipo è articolato su due piani e contiene in tutto 4 alloggi serviti da ingressi indipendenti. Ogni alloggio è composto da pranzo soggiorno, cucina, bagno, camera. Le scale disposte sui lati corti fungono da contrafforti per le volte a botte. a differenza della Lacchi normale è più piccolo e non è simmetrico.</p> | <p>Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2</p> | <p>[20]</p> |
| <p>LENTI – Allegato 1 – Scheda 1.4</p> | <p>Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzata nella prima fase di edificazione (1938). Il prospetto principale è attraversato nella parte centrale da un arco che permette di raggiungere i due ingressi degli alloggi al piano terra disposti nel retro. Ogni alloggio è composto da zona pranzo—soggiorno, cucina, servizio igienico, due camere. Gli ingressi agli alloggi del primo piano vengono raggiunti tramite due scale composte da una rampa ortogonale e da una parallela al prospetto longitudinale.</p> | <p>Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2</p> | <p>[20]</p> |
| <p>SANTI RIDOTTO – Allegato 1 – Scheda 1.5</p> | <p>Casa binata a due piani quadrifamiliare per operai, realizzata in 46 unità nella prima fase di edificazione. Ciascuna unità edilizia si articola su due piani con due alloggi perfettamente uguali per piano. Ogni alloggio comprende un soggiorno, una cucina, un servizio e due ripostigli.</p> | <p>Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 -</p> | <p>[20]</p> |

| | | Scheda 2.2 | |
|---|--|---|------|
| GRA_N – Allegato 1 – Scheda 1.6 | Casa binata a due piani quadrifamiliare per operai, realizzata nella seconda fase di edificazione (1940). Gli alloggi sono tutti uguali e, mentre gli ingressi del piano terra sono disposti sul prospetto longitudinale, quelli del primo piano sono raggiungibili tramite scale, localizzate sui lati corti, disposte trasversalmente rispetto al fronte strada. La variante di questa tipologia, la Gra_Nn, viene ottenuta realizzando nei due alloggi del piano terra due locali atti ad ospitare un'attività commerciale. | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in "trachite locale" e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo "Perret" e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | [20] |
| GRA_M – Allegato 1 – Scheda 1.7 | Casa binata a due piani quadrifamiliare per operai, realizzata nella seconda fase di edificazione (1940). Gli ingressi dei due alloggi del piano terra sono collocati sul lato corto, mentre agli alloggi del primo piano si accede tramite una scala, disposta nella parte centrale del prospetto longitudinale. | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in "trachite locale" e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo "Perret" e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | [20] |
| IMPIEGATI_C – Allegato 1 – Scheda 1.8 | Casa binata bifamiliare per impiegati, realizzata in 9 unità nella prima fase di edificazione (1938). Si tratta di edifici articolati su due piani con corpo scala centrale. Ogni alloggio comprende due piani ed è così composto: soggiorno – pranzo, cucina, un servizio igienico, una dispensa, un ripostiglio, tre camere un bagno ed una loggia al primo piano. Sono aggregate in gruppi di 3 su altrettanti isolati, che si susseguono. | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in "trachite locale" e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo "Perret" e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | [20] |
| IMPIEGATI_D – Allegato 1 – Scheda 1.9 | Casa binata bifamiliare per impiegati, realizzata in 4 unità durante la prima fase di edificazione (1938). È l'unica fra le tipologie per impiegati che non è simmetrica. Il fabbricato, infatti, è composto da due corpi a base rettangolare di dimensioni diverse. L'ingresso ad un alloggio è situato sotto una piccola loggia, mentre | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in "trachite locale" e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo "Perret" e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura | [20] |

| | | | |
|--|--|---|------|
| | l'altro è posizionato in corrispondenza dell'intersezione dei due corpi, entrambi gli alloggi comprendono: una zona pranzo — soggiorno, una cucina, un servizio igienico, ed una dispensa al piano terra, tre camere ed un bagno al primo piano. | di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | |
| IMPIEGATI_B – Allegato 1 – Scheda 1.10 | Casa binata bifamiliare per impiegati, realizzata in 9 unità nella prima fase di edificazione (1938). Sul lato lungo, disposto parallelamente alla strada sono localizzati i due ingressi. Ogni alloggio è composto da: pranzo—soggiorno, cucina, servizio igienico, ripostiglio al piano terra, tre camere ed un bagno al primo piano. | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadri in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | [20] |
| TIPOLOGIA A – Allegato 1 – Scheda 1.11 | Casa unifamiliare per dirigenti, realizzata in 8 unità durante la prima fase di edificazione (1938). L'edificio è articolato su due piani. La distribuzione interna comprende pranzo—soggiorno, un servizio, una cucina due camere, due servizi igienici al piano terra, tre camere che danno su due ampie terrazze e un bagno al primo piano. | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadri in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | [20] |
| TIPOLOGIA K – Allegato 1 – Scheda 1.12 | Casa unifamiliare per dirigenti, realizzata in una sola unità durante la prima fase di edificazione. L'edificio è articolato su due piani con l'ingresso disposto in posizione centrale. Rispetto alla tipologia A, di cui questa unità edilizia è un'evoluzione, il numero degli ambienti interni è aumentato: c'è un piano seminterrato ed il sottotetto è utilizzabile. | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadri in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2 | [20] |
| SANTI – Allegato 1 – Scheda 1.13 | Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzata in 47 unità nella prima fase di edificazione (1938). Si distingue dalle altre tipologie perché la copertura è a capanna e | Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadri | [20] |

| | | | |
|--|---|---|-------------|
| | <p>la muratura faccia a vista raggiunge l'altezza degli architravi delle finestre. Ciascuna unità edilizia si articola su due piani con due alloggi perfettamente uguali per piano. Ogni alloggio è composto da pranzo—soggiorno, due camere, cucina, bagno.</p> | <p>in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.2</p> | |
| <p>TIPOLOGIA E – Allegato 1 – Scheda 1.14</p> | <p>Casa semi-intensiva per impiegati, realizzata in 11 unità durante la seconda fase di edificazione (1940) nell'espansione ad est. L'edificio si articola su tre piani con due alloggi per piano. Gli alloggi del piano terra sono diversi dagli altri per l'assenza della loggia. Gli alloggi sono composti dai seguenti ambienti: pranzo—cucina, soggiorno, due camere. È inoltre presente un piano seminterrato che ospita 6 locali destinati al servizio degli alloggi.</p> | <p>Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Le chiusure orizzontali intermedie di copertura sono solai tipo SAP. Le coperture sono piane realizzate con solai tipo SAP. Allegato 2 - Scheda 2.3.</p> | <p>[20]</p> |
| <p>TIPOLOGIA B1 – Allegato 1 – Scheda 1.15</p> | <p>Casa intensiva per operai, progettata da Montuori e realizzata in 6 unità nell'espansione est. Questo tipo si sviluppa in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli: da 51 m² e doli 38 m². I corpi scala sono esterni, su rampa unica disposta parallelamente allo sviluppo dell'edificio, questo elemento si inserisce in una grande loggia comune, scavata nel volume dell'edificio e aperta verso la strada. Ogni stecca è collegata alla successiva da un corpo basso che permette l'accesso allo spazio compreso tra le due stecche</p> | <p>Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Le chiusure orizzontali intermedie sono in parte in volte di mattoni ed in parte in solai tipo SAP. Le coperture sono piane realizzate con solai tipo SAP. Allegato 2 - Scheda 2.3.</p> | <p>[20]</p> |
| <p>GRA_B – Allegato 1 – Scheda 1.16</p> | <p>Edifici ad un piano di forma parallelepipedo a base rettangolare molto allungata sormontata da copertura a capanna. Esistono due soluzioni: a tre e a quattro alloggi, quest'ultima sarebbe dovuta essere la più frequente ma, per la necessità di dare alloggio a numerosi operai senza famiglia numerose non furono ultimate e rimasero ad ambiente unico destinato a dormitorio collettivo.</p> | <p>Muratura in pietra a due paramenti con interposizione di diatoni di irrigidimento, con un limitato e sporadico riempimento a sacco, costituita da blocchi non squadrate in “trachite locale” e malta di calce. Solai di copertura in tavelle in laterizio armate tipo “Perret” e finitura in coppi. È presente un controsoffitto in tavelle. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 -</p> | <p>[20]</p> |

| | | | |
|--|---|--|------|
| | | Scheda 2.2 | |
| O/5 e I/5 – Allegato 1 – Scheda 1.17 | Casa intensiva per operai, progettata da Montuori e realizzata nella seconda fase dell'edificazione (1940). La stessa tipologia, caratterizzata da una maggiore cura nel dettaglio, viene definita I/5 quando ospita gli impiegati. L'unità edilizia è formata da un solido a pianta rettangolare, con due alloggi per piano (uguali fra loro), e da due corpi a pianta quadrata, con un alloggio per piano, disposti simmetricamente e collegati al primo mediante due vani scala. Ogni vano scala serve pertanto 12 alloggi, distribuiti su 4 piani sfalsati di una rampa. Il prospetto dell'edificio che dà su strada è quello formato dai due "piston" (i due corpi a base quadrata). | Sono stati realizzati in due configurazioni costruttive diverse. La prima consta di telaio in c.a. le murature dal secondo all'ultimo piano sono a doppia fodera di laterizio. I solai sono piani del tipo SAP con massetto alleggerito di debole isolamento termico. Allegato 2 - Scheda 2.3. Nella seconda invece le murature sono portanti in pietra trachitica come nelle tipologie precedenti, ma con uno spessore che varia da 70 a 45 cm a seconda del piano. Le coperture sono realizzate in voltine a botte di laterizi con riempimento alleggerito. Allegato 2 - Scheda 2.4 | [20] |

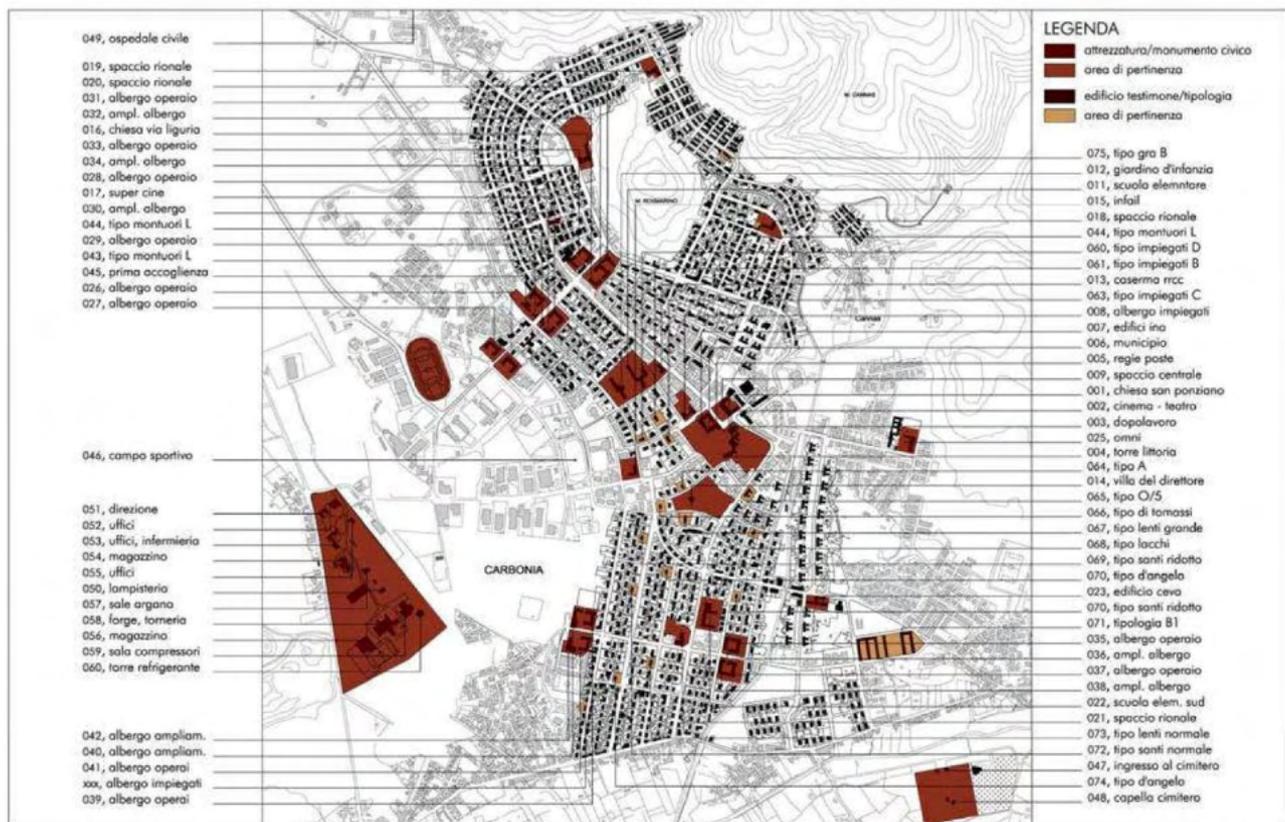


Figura 5. Planimetria di Carbonia co indicazione dei principali tipi di fondazione.

Il periodo post-fondazione

La vicenda della Carbonia contemporanea e dei suoi nuclei passa attraverso un profondo travaglio, legato anzitutto al passaggio culturale dalla condizione di grande villaggio aziendale a quella di città vera e propria. Paradossalmente, a causa della velocità con la quale si passa dall'espansione rapida alla crisi, la company town comincia a diventare città proprio quando sta per essere decretata la fine della sua originaria ragione di esistenza in vita: l'economia del carbone. Il consolidamento della sua identità coincide con la battaglia per non diventare una città fantasma. Al di là di questo, Carbonia come centro di fondazione porta ancora oggi indelebilmente impresso il marchio aziendale, che per la comunità si traduce in una difficile e contraddittoria relazione tra l'appartenenza al luogo e il conflitto per l'appropriazione del patrimonio urbano e edilizio. La dimensione da existenz minimum degli alloggi ha rivelato ben presto il suo carattere costrittivo, anche a fronte del fatto che nessun prolungamento dell'abitazione era previsto o consentito nell'universo autoritario della Società carbonifera, proprietaria di tutto, suolo e sottosuolo (comprese le reti fondamentali), case, attrezzature e spazi pubblici. La cessazione dello stretto controllo del regime, prima, e dell'attività mineraria, poi, ha fatto esplodere la conflittualità tra gli interessi più o meno elevati dei cittadini e ciò che rimaneva della proprietà pubblica degli spazi di vita di Carbonia. Il risultato è sotto gli occhi di tutti: le porzioni dei nuclei di fondazione delle quali l'Istituto delle Case Popolari (oggi AREA) detiene ancora la proprietà, specie se nelle tipologie collettive pluripiano, sono ancora del tutto riconoscibili nella loro configurazione originale. Laddove invece, nel vivo delle case quadrifamiliari, si è avviata una privatizzazione frammentata, questa ha portato con sé una serie di modificazioni caotiche, a testimonianza di una sostanziale insofferenza da parte delle famiglie rispetto alle costrizioni e ai vincoli dei contenitori originari.

Per quanto riguarda il nucleo di fondazione di Carbonia, quindi, il periodo che va dalla fine della Seconda guerra mondiale fino ad oggi (sarebbe più corretto dire fino alla data di adozione del piano particolareggiato del centro storico, risalente al 2009) è sostanzialmente una storia di modificazioni del patrimonio esistente. Queste possono essere classificate come:

1. chiusura con elementi "duri" del perimetro di recinzione delle unità;
2. intasamento del lotto con nuovi corpi per lo più utilizzati come rimesse per l'automobile o funzioni integrative della residenza; intasamento degli originari stradelli d'accesso alle unità abitative;
3. alterazione dei corpi "puri" originari mediante superfetazioni costituite da volumi per servizi igienici o vani aggiuntivi;
4. "incrostazioni" con balconi, tettoie, chiusure parziali o precarie;
5. degrado da obsolescenza dei materiali, assenza di manutenzione, riparazione e sostituzione impropria di elementi di fabbrica - infissi, gronde e pluviali.

Lo studio più dettagliato di questo tipo di superfetazioni è ancora in corso e, assieme agli altri partner del progetto, è in fase di discussione se inserirle nell'abaco geografico oppure no.

Oltre ad una modificazione del centro originario, Carbonia ha assistito, dalla fase di fondazione in poi anche ad un'espansione territoriale, analoga ad altri centri delle medesime dimensioni. L'espansione è avvenuta principalmente nella zona sud lungo le direttrici est ed ovest, anche se in alcuni casi è stato possibile rilevare il "riempimento" di alcune zone interne al centro di fondazione lasciate inedificate dopo gli anni '40. I piani di espansione sono stati presentati sia da privati, sia dallo IACP. I primi sono caratterizzati principalmente da unità abitative singole o bifamiliari, mentre i secondi da edifici multipiano di dimensioni maggiori. Sotto il profilo tipologico, questa espansione presenta tipi che sono ricorrenti in tutte le città italiane nel medesimo periodo storico. È stato pertanto fatto riferimento a i tipi elencati in [7], con l'aggiunta del tipo a schiera non presente nella pubblicazione citata, che invece si rileva di frequente nelle zone di espansione di Carbonia. Inoltre, un'analisi del tessuto urbano condotta in concomitanza con l'LA 1.27, ha evidenziato un'evoluzione della complessità delle abitazioni mono e bifamiliari che ha richiesto la segmentazione in due tipi differenti. L'elenco degli archetipi per questa fase storica e le relative caratteristiche sono riportati in Tabella 5. Al fine di evitare possibili omonimie con i tipi di fondazione, ed

anche in considerazione del fatto che questi sono archetipi “di esempio” e non “reali” (come precedentemente definiti), è stato fatto precedere ad ogni sigla del tipo il prefisso “generale”. A differenza della segmentazione del patrimonio di fondazione, che ha un arco di realizzazione temporale molto limitato, per i tipi post-fondazione il periodo di realizzazione incide in maniera significativa sulle caratteristiche costruttive, anche, ma non solo, in virtù dell’entrata in vigore di normative in materia di risparmio energetico. Per questo motivo alcuni archetipi possono avere un’ulteriore classificazione in funzione dell’epoca di realizzazione, come già evidenziato in Figura 2. Per le caratteristiche termiche di tutti i materiali individuati è stato fatto riferimento alle norme tecniche in vigore ([10], [11], [12], [13] e [14]). Per i risultati del calcolo delle prestazioni termiche delle stratigrafie riportate in Tabella 5, si veda l’Allegato 3.

Tabella 5. Caratteri sintetici degli archetipi del periodo post-fondazione.

| Tipo | Descrizione sintetica | Caratteri costruttivi sintetici | Fonti bibliografiche |
|--|---|--|------------------------------|
| Gen. B1 – Allegato 1 – Scheda 1.18 | Edificio generico mono o plurifamiliare isolato semplice. | Muratura portante in blocchi di cemento semipieni. Solai di copertura in laterocemento non coibentati con finitura in lastre di fibrocemento o lamiera. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.5 | Analisi condotta da esperti. |
| Gen. B2 – Allegato 1 – Scheda 1.19 | Edificio generico mono o plurifamiliare isolato con maggior rapporto finestrato | Fino al 1990: Muratura portante in laterizio semipieno. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta non coibentati con finitura in tegole. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.6 1991-2000: Muratura portante in laterizio porizzato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta con 5 cm di isolamento con finitura in tegole. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.7 2001-2010: Muratura portante in laterizio porizzato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta con 10 cm di isolamento con finitura in tegole. Chiusura di base con vespaio aerato con casseforme a perdere, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.7. Dopo 2010: Muratura portante in laterizio porizzato. Solai di copertura in laterocemento tipo | Analisi condotta da esperti. |

| | | | |
|---|--|---|------------------------------|
| | | Bausta con 10 cm di isolamento con finitura in tegole con substrato di ventilazione. Chiusura di base con vespaio aerato con casseforme a perdere, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.8 | |
| Gen. C1 – Allegato 1 – Scheda 1.20/21 | Casa a schiera monofamiliare; modulo centrale e modulo caposchiera. | <p>Fino al 1990: Muratura portante in laterizio semipieno. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta non coibentati con finitura in tegole. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.6</p> <p>1991-2000: Muratura portante in laterizio porizzato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta con 5 cm di isolamento con finitura in tegole. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.7</p> <p>2001-2010: Muratura portante in laterizio porizzato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta con 10 cm di isolamento con finitura in tegole. Chiusura di base con vespaio aerato con casseforme a perdere, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.7.</p> <p>Dopo 2010: Muratura portante in laterizio porizzato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta con 10 cm di isolamento con finitura in tegole con substrato di ventilazione. Chiusura di base con vespaio aerato con casseforme a perdere, massetto di calcestruzzo e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.8</p> | Analisi condotta da esperti. |
| Gen. D1 – Allegato 1 – Scheda 1.22 | Edificio plurifamiliare a torre, isolato, eventualmente conformato anche a grappolo. | Fino al 1990: Tamponatura a cassa vuota in laterizio forato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta non coibentati con massetto di pendenza e manto impermeabile. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in | Analisi condotta da esperti. |

| | | | |
|---|---|---|-------------------------------------|
| | | <p>laterocemento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/13.</p> <p>1991-2005: Tamponatura a cassa vuota in laterizio forato con parziale coibentazione dell'intercapedine. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta leggermente coibentati con massetto di pendenza e manto impermeabile. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, leggero strato di isolamento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/10/13.</p> <p>Dal 2005: Tamponatura in laterizio forato con isolamento in intercapedine. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta coibentati con massetto di pendenza e manto impermeabile. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, leggero strato di isolamento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/10/14.</p> | |
| <p>Gen. D2 – Allegato 1 – Scheda 1.23</p> | <p>Edificio plurifamiliare pluripiano (da 4 in su) aggregato in linea, formato dall'accostamento di moduli-edilizi simili caratterizzati da un prevalente sviluppo longitudinale, dal doppio affaccio contrapposto su due fronti, in genere isorientati ed eventualmente dal piano pilotis.</p> | <p>Fino al 1990: Tamponatura a cassa vuota in laterizio forato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta non coibentati con finitura in lastre metalliche. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/11.</p> <p>1991-2005: Tamponatura a cassa vuota in laterizio forato con parziale coibentazione dell'intercapedine. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta leggermente coibentati con finitura in lastre metalliche. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in</p> | <p>Analisi condotta da esperti.</p> |

| | | | |
|---|---|--|-------------------------------------|
| | | <p>alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, leggero strato di isolamento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/10/11.</p> <p>Dal 2005: Tamponatura in laterizio forato con isolamento in intercapedine. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta coibentati con finitura in lastre metalliche. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, leggero strato di isolamento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/10/12.</p> | |
| <p>Gen. D3 – Allegato 1 – Scheda 1.24</p> | <p>Edificio plurifamiliare a blocco</p> | <p>Fino al 1990: Tamponatura a cassa vuota in laterizio forato. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta non coibentati con finitura in lastre metalliche. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/11.</p> <p>1991-2005: Tamponatura a cassa vuota in laterizio forato con parziale coibentazione dell'intercapedine. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta leggermente coibentati con finitura in lastre metalliche. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa, solaio su piano pilotis in laterocemento, leggero strato di isolamento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/10/11.</p> <p>Dal 2005: Tamponatura in laterizio forato con isolamento in intercapedine. Solai di copertura in laterocemento tipo Bausta coibentati con finitura in lastre metalliche. Chiusura di base con vespaio in pietrame scapolo, massetto di calcestruzzo e pavimentazione, in alternativa,</p> | <p>Analisi condotta da esperti.</p> |

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | solaio su piano pilotis in laterocemento, leggero strato di isolamento, massetto e pavimentazione. Allegato 2 - Scheda 2.9/10/12. | |
|--|--|---|--|

2.3 Indicatori di miglioramento prestazionale

Per ogni tipologia è stata analizzata la potenzialità di miglioramento prestazionale sotto il profilo energetico. Questa tiene conto dell'applicabilità e dell'efficacia e di tecnologie per il miglioramento della prestazione energetica. Gli indicatori individuati sono stati raggruppati in tre aree:

1. Involucro;
2. Rinnovabili
3. Strategie bioclimatiche.

Si ricorda a tal proposito che l'analisi delle ipotesi migliorative sugli impianti è delegata alla LA 1.34.

Le misure tecnologiche di efficientamento energetico prese in considerazione per l'involucro sono:

- 1.1. Applicazione di isolamento termico esterno;
- 1.2. Applicazione di isolamento termico in intercapedine;
- 1.3. Applicazione di isolamento termico interno;
- 1.4. Sostituzione di infissi.

Le misure di inserimento di energie rinnovabili prese in considerazione sono:

- 2.1. Inserimento/integrazione di collettori solari fotovoltaici;
- 2.2. Inserimento/integrazione di collettori solari termici per la produzione di ACS.

Le strategie bioclimatiche prese in considerazione sono:

- 2.1. Implementazione della ventilazione incrociata;
- 2.2. Implementazione della ventilazione verticale;
- 2.3. Inserimento di serre solari o dispositivi solari passivi (muri di Trombe, etc.);
- 2.4. Adozione di schermature solari esterne.

Per ogni tecnologia sono stati individuati due indicatori, uno relativo all'efficacia, uno relativo all'applicabilità. Per il momento gli indicatori sono stati valutati in maniera qualitativa, sulla base delle competenze del gruppo di lavoro. Se l'inserimento nel portale (di cui alla LA 1.27) lo richiederà, verranno assegnati dei punteggi numerici.

La scala di valori assegnati è riportata in Tabella 6.

Tabella 6. Criteri di valutazione degli indicatori per il potenziale miglioramento della prestazione energetica degli archetipi individuati.

| Indicatore | Livello | | | |
|------------|-----------|--|---|--|
| | Efficacia | Scarsa. L'applicazione della misura non comporta un miglioramento significativo della | Bassa. L'applicazione della misura comporta un miglioramento modesto della prestazione | Buona. L'applicazione della misura comporta un miglioramento evidente della prestazione |

| | | | | |
|---------------|---|---|--|--|
| | prestazione energetica. | energetica, al di sotto dei limiti previsti dalla normativa vigente in caso di intervento. | energetica, in linea con i limiti previsti dalla normativa vigente in caso di intervento. | energetica, al di sopra dei i limiti previsti dalla normativa vigente in caso di intervento. |
| Applicabilità | Scarsa. L'applicazione della misura è pressoché impossibile a causa di vincoli architettonici o mancanza di superfici. | Bassa. L'applicazione della misura è molto limitata a causa di vincoli architettonici o mancanza di superfici. | Bassa. L'edificio si presta all'applicazione della misura grazie all'assenza di vincoli e la presenza di superfici sufficientemente estese. | Ottima. L'edificio si presta molto bene all'applicazione della misura grazie all'assenza di vincoli e la presenza di superfici che ne consentono un esteso inserimento. |

Ad ogni archetipo il gruppo di esperti ha assegnato una valutazione di ognuno dei due indicatori. A titolo di esempio si riportano in Tabella 7 le valutazioni di applicabilità per i diversi archetipi.

Tabella 7. Valutazione dell'applicabilità di diverse tecnologie di miglioramento della prestazione energetica dei diversi archetipi individuati.

| INDICATORI DI APPLICABILITÀ | Tecnologia | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|--------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------------|
| | 1.1. Isolamento termico esterno | 1.2. Isolamento termico in intercapedine | 1.3. Isolamento termico interno | 1.4. Infissi | 2.1. Solare fotovoltaico | 2.2. Solare termico | 2.1. Ventilazione incrociata | 2.2. Ventilazione verticale | 2.3. Serre solari | 2.4. Schermature solari |
| Archetipo | | | | | | | | | | |
| A1 – Medau | Scarsa | Scarsa | Buona | Buona | Bassa | Buona | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| LACCHI NORMALE | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Bassa | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| LACCHI RIDOTTA | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| LENTI | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| SANTI RIDOTTO | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Bassa | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| GRA_N | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| GRA_M | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| IMPIEGATI_C | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Buona | Scarsa | Scarsa |
| IMPIEGATI_D | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Buona | Scarsa | Scarsa |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|
| IMPIEGATI_B | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Buona | Scarsa | Scarsa |
| TIPOLOGIA A | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Buona | Scarsa | Scarsa |
| TIPOLOGIA K | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Buona | Scarsa | Scarsa |
| SANTI | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| TIPOLOGIA E | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Buona | Ottima | Bassa | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| TIPOLOGIA B1 | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Buona | Ottima | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| GRA_B | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Bassa | Buona | Buona | Buona | Scarsa | Scarsa |
| O/5 e I/5 (muratura portante) | Scarsa | Scarsa | Buona | Ottima | Buona | Ottima | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| O/5 e I/5 (telaio portante) | Scarsa | Ottima | Buona | Ottima | Buona | Ottima | Buona | Bassa | Scarsa | Scarsa |
| Gen. B1 | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. B2 (fino al 1990) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. B2 (1990-2000) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. B2 (2001-2010) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. B2 (2011 in poi) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. C1 (fino al 1990) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. C1 (1990-2000) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. C1 (2001-2010) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. C1 (2011 in poi) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Buona | Bassa | Buona |
| Gen. D1 (fino al 1990) | Ottima | Ottima | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Bassa | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D1 (1991-2005) | Ottima | Ottima | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Bassa | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D1 (2005 in poi) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Bassa | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D2 (fino al 1990) | Ottima | Ottima | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D2 (1991-2005) | Ottima | Ottima | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D2 (2005 in poi) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D3 (fino al 1990) | Ottima | Ottima | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D3 (1991-2005) | Ottima | Ottima | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Bassa | Buona | Buona |
| Gen. D3 (2005 in poi) | Ottima | Scarsa | Buona | Ottima | Ottima | Ottima | Buona | Bassa | Buona | Buona |

3 Conclusioni

Come accennato in premessa, la LA 1.32 si è sostanzialmente incentrata sulla segmentazione e classificazione del patrimonio edilizio residenziale di Carbonia e sulla definizione degli indicatori di miglioramento prestazionale, in termini di applicabilità ed efficacia.

Per catalogare il patrimonio edilizio di Carbonia, sono stati preliminarmente analizzati sette studi con finalità analoghe, scelti fra i più attinenti e recenti in letteratura. La loro analisi ha permesso, anzitutto, di decidere se intraprendere un'analisi del tipo bottom-up o top-down. Le finalità e i dati a disposizione sul caso di studio hanno fatto propendere per la prima opzione. Successivamente, si è valutato se adottare un approccio statistico o ingegneristico. In questo caso la scelta è ricaduta sul secondo, sempre in considerazione del tipo e della quantità di dati a disposizione. Infine, fra gli approcci ingegneristici è stato prescelto quello basato sugli archetipi.

Come evidenziato anche in altre ricerche, determinante nella loro individuazione è stato lo studio storico. In questo senso, Carbonia si è rivelata un caso di studio estremamente efficace, grazie alla peculiarità di essere una città di fondazione, che ha permesso di attingere ad un'ampia raccolta di informazioni sulla sua evoluzione. L'analisi storica ha permesso di individuare un primo parametro di segmentazione che consiste nell'età di realizzazione del patrimonio. I valori di questo parametro sono tre: realizzazione antecedente la fondazione, periodo di fondazione e periodo post fondazione. Questa prima classificazione ha comportato una scelta diversificata del tipo di archetipi. Come è possibile desumere dallo studio bibliografico, esistono almeno tre tipi di archetipi: edifici reali, edifici di esempio e edifici sintetici medi. La particolare storia di Carbonia ha suggerito l'utilizzo di edifici di esempio per la prima ed ultima segmentazione storica, mentre per il periodo di fondazione si è optato per l'uso di edifici reali. Come evidente dall'analisi storica, il periodo di fondazione è stato caratterizzato da un'espansione del tessuto urbano basata principalmente su modelli, progettati da un ristretto numero di architetti e realizzati da poche imprese, sotto lo stretto controllo dell'Azienda Carboni Italiani (ACal) e quindi del regime fascista. Questo particolare sviluppo consente di lavorare, di fatto, su archetipi che sono veri e propri modelli seriali. Gli studi effettuati negli ultimi vent'anni sulla storia di Carbonia hanno recuperato l'immenso patrimonio progettuale della fondazione, con finalità principalmente legate alla sua tutela. Lo studio di questo materiale ha consentito di avere una quantità e qualità di dati tale che, applicati all'analisi della prestazione energetica, hanno consentito di classificare in maniera molto dettagliata gli archetipi. Questo consentirà una grande attendibilità degli output dell'UBEM previsto nelle LA 1.27 e seguenti.

Gli archetipi individuati sono in tutto 23:

- Uno per il periodo pre-fondazione (fino al 1937);
- Sedici per il periodo di fondazione (dal 1937 al 1940);
- Sei per il periodo post-fondazione (dal 1941 in poi).

La gerarchizzazione dei parametri di classificazione per gli archetipi non è la medesima per tutti i periodi di realizzazione del patrimonio. Se, da un lato, i tipi del periodo pre e di fondazione hanno sostanzialmente un solo livello, per quelli post-fondazione è stato necessario un ulteriore step. Ciò discende da due ragioni diverse. Per quanto riguarda il tipo premoderno la sua realizzazione, non ben definita nel tempo, ha comunque dei caratteri costruttivi invariabili che valgono per tutto l'edificato premoderno del Sulcis, come ben testimoniano gli studi su questo patrimonio. Gli edifici di fondazione, invece, sono stati il frutto di uno sforzo realizzativo fortemente concentrato nel tempo e quindi non hanno sostanzialmente alcuna necessità di ulteriore classificazione in quanto ad ogni modello morfologico corrispondono anche altri caratteri, come ad esempio quelli costruttivi. L'unica eccezione a questa regola è rappresentata dal tipo O/5 e I/5 (è stata utilizzata come nomenclatura degli archetipi la stessa utilizzata dai progettisti dell'epoca), che presenta alcuni edifici a muratura portante ed alcuni con telaio portante. Di questa diversificazione si è tenuto conto nella definizione degli indicatori di miglioramento prestazionale, così come nella rappresentazione dei caratteri costruttivi (si veda l'Allegato 2), ma, al momento della stesura del presente report, non è stata fatta una vera e propria distinzione tipologica.

Discorso diverso merita l'edificato post-fondazione. In questo caso gli archetipi sono del tipo "di esempio". Non corrispondono a edifici reali, ma sono una rielaborazione che il gruppo di lavoro ha fatto basandosi su una panoramica del tessuto edificato di questo periodo. Ciò significa che gli archetipi non hanno una collocazione temporale ristretta, come quelli di fondazione, ma, per essere rappresentativi, necessitano di

un ulteriore livello gerarchico di classificazione basato sempre sull'età realizzativa, ma che corrisponde di fatto a diversi caratteri costruttivi. Questo, come è noto, è dovuto all'evoluzione delle tecniche costruttive degli ultimi 70 anni anche sulla spinta, negli ultimi 30, delle esigenze di riduzione dei consumi energetici. L'individuazione dei caratteri costruttivi in funzione dell'età di realizzazione è stata eseguita dal gruppo di lavoro sulla base delle proprie competenze in termini di progettazione edilizia e di tecniche realizzative diffuse nel territorio di riferimento. È evidente che la segmentazione del patrimonio post fondativo ha dei margini di incertezza maggiori, ma comunque all'interno degli inevitabili limiti di indeterminazione che queste indagini hanno, come ben evidenziato anche dagli studi portati come esempio nella prima fase del lavoro.

La segmentazione fin qui condotta potrà avere alcuni sviluppi nel secondo anno di attività. Infatti, nel corso dell'indagine sono emersi alcuni aspetti che potrebbero portare ad una lieve rimodulazione. In primis, dall'analisi delle mappe GIS del PPCS sono stati individuati alcuni tipi non classificati nel materiale storico. La consistenza numerica di questi non pare trascurabile, è pertanto probabile che verrà ampliato l'elenco degli archetipi di fondazione. Il periodo post-fondazione è stato caratterizzato, oltre che dall'espansione oltre il centro matrice dell'edificato post-bellico, anche ad una alterazione del patrimonio storico. Questa è avvenuta principalmente per via spontanea da parte degli occupanti, con pratiche e procedure non autorizzate dallo IACP, che è subentrato nella proprietà dopo l'ACaI. La ragione principale è dovuta alla necessità di superare i rigidi vincoli distributivi imposti dai principi di *existens minimum* adottati soprattutto negli edifici destinati ad alloggiare gli operai delle miniere. Questa pratica è cessata nel momento in cui il patrimonio di fondazione è stato sottoposto a tutela, ma è comunque perdurata per alcuni decenni. L'analisi del GIS e delle foto storiche aeree, ha evidenziato che sono presenti numerosissime superfetazioni successive alla fondazione che hanno alterato gli edifici originali. L'entità di queste modifiche è tale che gli archetipi finora individuati non sono in alcuni casi più rappresentativi, soprattutto sotto il profilo energetico. Pertanto, è allo studio la possibilità di integrare i tipi post-fondazione con alcuni archetipi che rappresentino le modifiche a cui è stato sottoposto il patrimonio originale della fondazione, negli anni successivi alla sua realizzazione.

L'ultima fase del lavoro si è incentrata sull'individuazione di alcuni indicatori che possano rappresentare le potenzialità di miglioramento della prestazione energetica degli archetipi individuati. Le potenzialità sono state espresse in termini di applicabilità ed efficacia delle tecnologie attualmente più diffuse per incrementare la prestazione energetica degli edifici. Questa doppia classificazione si è resa necessaria, nuovamente, in virtù delle particolarità del patrimonio costruito. La forte presenza di edifici tutelati rende poco applicabili tecnologie, come l'isolamento termico esterno, che dal punto di vista energetico avrebbero invece una notevole efficacia. Gli indicatori sono stati definiti per il momento in via qualitativa. È probabile che, per l'inserimento nelle schede degli archetipi che verranno caricate sul portale, si procederà ad una loro conversione in termini quantitativi.

4 Riferimenti bibliografici

- [1] L. G. Swan and V. I. Ugursal, "Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, no. 8, pp. 1819–1835, 2009.
- [2] C. S. Monteiro *et al.*, "A Method for the Generation of Multi-Detail Building Archetype Definitions: Application To the City of Lisbon," *Proc. Int. Conf. CISBAT 2015 Futur. Build. Dist. Sustain. from Nano to Urban Scale*, no. January 2016, pp. 901–906, 2015.
- [3] É. Mata, A. Sasic Kalagasidis, and F. Johnsson, "Building-stock aggregation through archetype buildings: France, Germany, Spain and the UK," *Build. Environ.*, vol. 81, pp. 270–282, 2014.
- [4] S. Goy, V. Coors, and D. Finn, "Grouping techniques for building stock analysis: A comparative case study," *Energy Build.*, vol. 236, 2021.
- [5] U. Ali, M. H. Shamsi, C. Hoare, E. Mangina, and J. O'Donnell, "A data-driven approach for multi-scale

- building archetypes development,” *Energy Build.*, vol. 202, 2019.
- [6] E. Lucchi, D. Exner, and V. D’Alonzo, “Building stock analysis as a method to assess the heritage value and the energy performance of an Alpine historical urban settlement,” *Energy Effic. Hist. Build.* 2018, vol. 53, no. 9, pp. 482–492, 2018.
- [7] P. Caputo, G. Costa, and S. Ferrari, “A supporting method for defining energy strategies in the building sector at urban scale,” *Energy Policy*, vol. 55, pp. 261–270, 2013.
- [8] A. Sanna and G. Pietro Scanu, *I Manuali del Recupero dei Centri Storici della Sardegna. Il Sulcis e l’Iglesiente, l’edilizia diffusa ei paesi*. Roma: DEI, 2008.
- [9] G. Desogus, “The effects of mortar on the dynamic thermal performances of stone masonries,” *TEMA*, vol. 7, no. 1, pp. 77–85, 2021.
- [10] *UNI 10351:2015 - Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto.* .
- [11] *UNI 10355:1994 - Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.* .
- [12] *UNI EN ISO 10456:2008 - Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto.* .
- [13] *UNI/TR 11552:2014 - Abaco delle strutture costituenti l’involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici.* .
- [14] *UNI EN 1745:2020 - Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare le proprietà termiche.* .
- [15] C. E. Rava, “Svolta pericolosa. Situazione dell’Italia di fronte al razionalismo europeo,” *Domus*, vol. 37, pp. 205–206, 1931.
- [16] AA.VV, *Muthesius*. Firenze: Electa, 1981.
- [17] M. De Michelis, *Heinrich Tessenow 1876-1950*. Firenze: Electa, 1991.
- [18] A. Sanna and G. Monni, *Carbonia. Progetto e costruzione al tempo dell’autarchia*. Monfalcone: EdicomEdizioni, 2020.
- [19] A. Sanna, *Tipi e caratteri dell’abitazione razionale: il laboratorio Carbonia*. Cagliari: CUEC, 2004.
- [20] “Manuale del recupero del piano particolareggiato del centro storico di Carbonia.” [Online]. Available:
http://www.comune.carbonia.ci.it/urbi/progs/urp/fecore01.sto?CPT=N&DB_NAME=n200411&NDFH=839073&TDFH=ALLEGATODELIBE&PRFH=ALLEGATO&MPFH=72&AEFH=KBTOCVGNOSREEJHWWRMAIWMSVTOACTDTLEPNBELFTRPYWVDZQMGPFFOIHIBTRONTAAQFX72ZOJ_J200411H200411&NFH=Manuale del Recupero.pdf.

5 Abbreviazioni ed acronimi

ACal: Azienda Carboni Italiani

GIS: Geographic Information System

IACP: Istituto Autonomo Case Popolari

IFCP: istituto Fascista delle Case Popolari

PPCS: Piano Particolareggiato del Centro Storico

UBEM: Urban Building Energy Model

6 Curriculum gruppo di lavoro

Carlo Atzeni

PhD in Ingegneria Edile, è Professore Ordinario di Architettura Tecnica presso il DICAAR – Unica. Insegna Architettura Tecnica nel Laboratorio di Progetto e Costruzione 3 del corso di Laurea in Scienze dell'architettura, coordina con Adriano Dessì e Silvia Mocci il Laboratorio di Laurea "Margini", è direttore scientifico del Workshop Internazionale di Progetto ARCILAB. Fra le pubblicazioni di cui è autore si distinguono i manuali del recupero dei centri Storici della Sardegna e della casbah di Dellys in Algeria. Principali campi di ricerca: recupero dell'architettura storico-tradizionale, progetto contemporaneo nel costruito storico, riqualificazione dei margini di centri a prevalente carattere rurale. Principali Premi di architettura: I premio European 9 sito di Carbonia-Italia, I premio European 10 sito di Seilh Toulouse – Francia, I premio categoria Case unifamiliari al Premio del Paesaggio della Regione Sardegna – II edizione 2008 per la riqualificazione della Tonnara di Calasetta-Italia, menzione speciale nella categoria Spazi pubblici al Premio del Paesaggio della Regione Sardegna – IV edizione 2010 – per la Riqualificazione urbana degli spazi pubblici di Segariu-Italia.

Giuseppe Desogus

Nato a Cagliari nel 1975, nel 2000 consegue la Laurea con Lode in Ingegneria Civile Edile. Nel 2006 consegue il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Edile con una tesi dal titolo "Criteri progettuali e soluzioni costruttive per la riduzione dei carichi energetici degli edifici residenziali nell'ambito mediterraneo". Dal 2008 inizia a svolgere attività didattica per la Facoltà di Ingegneria e Architettura di Cagliari. Attualmente è docente del corso "L'edificio sostenibile: la progettazione bioclimatica" per il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile. È inoltre relatore e correlatore di tesi di Laurea Magistrale e di Dottorato di ricerca.

Nel 2010 vince una borsa biennale di ricerca finanziata dalla Regione Sardegna per un progetto dal titolo "Modelli bioclimatici per un'architettura ad alta efficienza energetica in Sardegna". Dal 2013 al 2019 è titolare di Assegni di Ricerca finanziati dal Progetto ENPI "FOSTER in MED – Promozione delle tecnologie solari nell'area del Mediterraneo" e dal Progetto "Studio sulla riqualificazione a nZEB degli edifici pubblici del Sulcis". Ha inoltre svolto incarichi in progetti di ricerca nazionali ed internazionali nell'ambito del monitoraggio e del miglioramento delle prestazioni energetiche di edifici pubblici residenziali e no. Nel 2018 ha conseguito l'abilitazione a professore associato nel settore concorsuale "Design e progettazione tecnologica dell'architettura" e dal 2020 è Ricercatore di Architettura Tecnica presso il Dipartimento DICAAR dell'Università di Cagliari.

Ha tenuto interventi ad invito in seminari e convegni a carattere locale e nazionale ed è autore di monografie e articoli a carattere nazionale ed internazionale su riviste ed atti di convegno.

Andrea Dessì

Nato a Cagliari 23 Settembre 1983, consegue nel 2011 la Laurea in ingegneria edile e nel 2018 la Laurea Magistrale, con relativo Master europeo, in Pianificazione e politiche per la città, l'ambiente e il paesaggio. Iscritto all'Ordine degli architetti pianificatori, paesaggisti e conservatori della città metropolitana di Cagliari e della Provincia del sud Sardegna, risulta attualmente beneficiario di una Borsa di Ricerca presso il DICAAR dell'Università degli Studi di Cagliari. Con lo stesso Dipartimento ha già collaborato per la redazione del progetto impiantistico di una scuola di nuova costruzione e per la diagnosi energetica di un edificio esistente. Dal 2019 è Tecnico dell'efficientamento energetico di edifici e impianti esistenti, a seguito di un corso di 600 ore e relativo esame, gestito dall'Ente di formazione professionale Promoform e finanziato dalla Regione Sardegna. Nel 2020 ha conseguito gli attestati di completamento dei Corsi BIM con Revit (modellazione architettonica e MEP). Dal 2011 collabora con studi tecnici privati alla redazione di progetti in ambito urbanistico (PPCS, PUC, VAS) e architettonico.

Emanuela Quaquero

Ingegnere, dottore di ricerca in Ingegneria Edile, ricercatore a tempo determinato tipologia "a" Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura (DICAAR) per il settore concorsuale 08/C1

Design e progettazione tecnologica dell'architettura (SSD ICAR 11), Facoltà di Ingegneria e Architettura dell'Università degli Studi Cagliari, abilitata al ruolo di professore associato.

La sua produzione scientifica è focalizzata sulle tematiche specifiche del SSD ICAR 11 - Produzione Edilizia, quali la digitalizzazione del cantiere e della commessa, il Building Information Modeling (BIM), i modelli del processo edilizio, project management, knowledge management, cognitive building.

Dal 2008 svolge attività di ricerca in diversi progetti di livello nazionale (PRIN 2010 e PRIN 2008) e di livello regionale (POR Sardegna FSE 2014-2020, ricerca di base 2010 e ricerca di base 2008 - L.R. 7 agosto 2007, n. 7 "Promozione della ricerca scientifica e dell'innovazione tecnologica in Sardegna").

Dall'anno accademico 2008-2009 ad oggi svolge attività di docenza presso la Facoltà di Ingegneria e Architettura di Cagliari nell'ambito del Laboratorio integrato di Costruzione e Produzione (Modulo Produzione), del Laboratorio integrato di progettazione tecnologica (Modulo BIM), del Corso di Processi e Metodi della Produzione Edilizia e del Laboratorio di progettazione integrata.

È membro del comitato editoriale della collana: "Il BIM-Modellazione Informativa per le costruzioni", Casa Editrice libraria Ulrico Hoepli editore, Milano. Svolge, inoltre, l'attività di revisore per riviste scientifiche internazionali.

Andrea Vincis

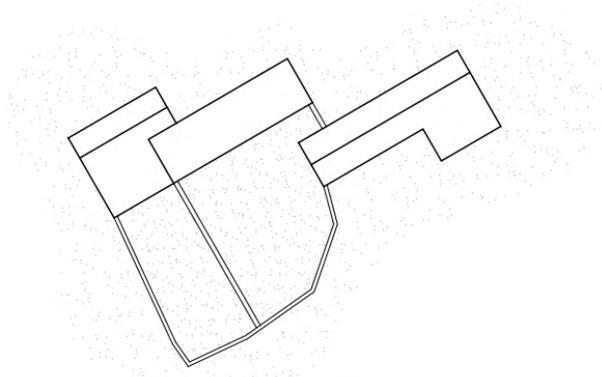
Andrea Vincis si è laureato con lode presso la Facoltà di Economia dell'Università degli Studi di Cagliari. Dal 2014 al 2019 è stato titolare di diverse borse di ricerca dapprima presso il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali e successivamente presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica dell'Università degli Studi di Cagliari, nell'ambito di progetti di ricerca su tematiche quali la supply chain di biomasse forestali, la sensoristica e l'Energy Harvesting, la gestione di processi di depurazione delle acque reflue, lo studio di volani elettromagnetici, l'analisi di sistemi per realtà aumentata. Su tali tematiche ha svolto attività di analisi e realizzazione di modelli economici legati agli aspetti di Life Cycle Costing (LCC), Life Cycle Assessment (LCA), Analisi costi/benefici (CBA), Scouting tecnologico. Attualmente riveste il ruolo di tecnologo che svolge supporto alle attività di ricerca presso l'Università degli Studi di Cagliari.

Allegato 1: schedatura morfologica degli archetipi

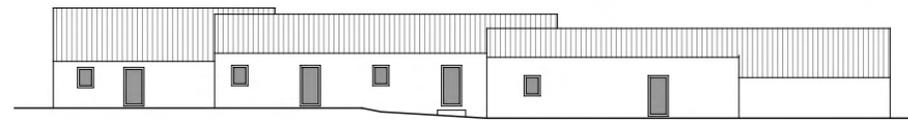
SCHEDA 1.1

Tipo A1 – MEDAU

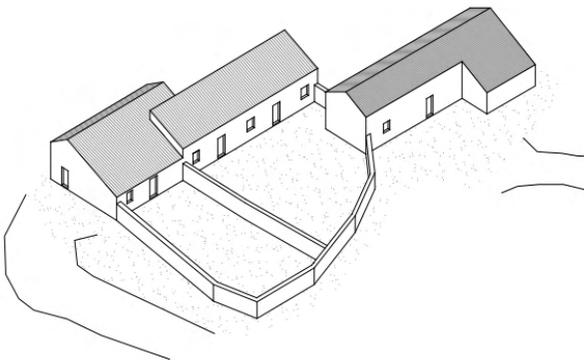
Medau posto su un rilievo per il controllo dei pascoli e dei coltivi a valle, costituito da corpi abitativi e accessori semplicemente giustapposti con accesso da uno spazio comune aperto e con annesse corti chiuse



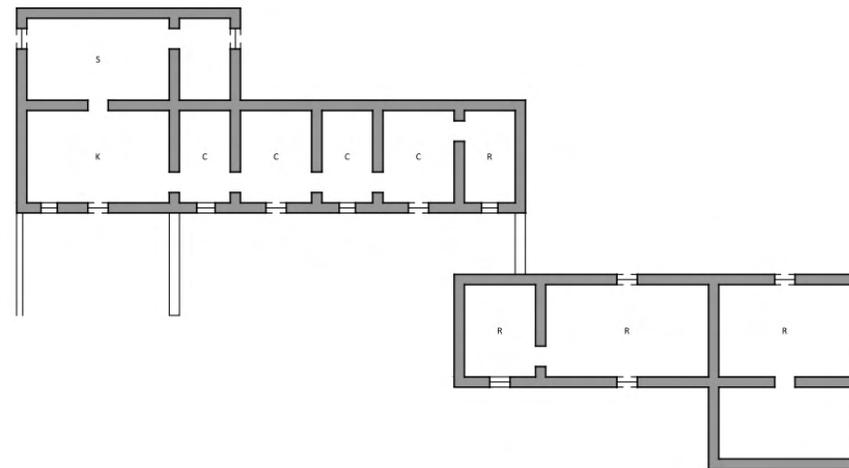
riferimento territoriale



prospetto a valle



vista assometrica



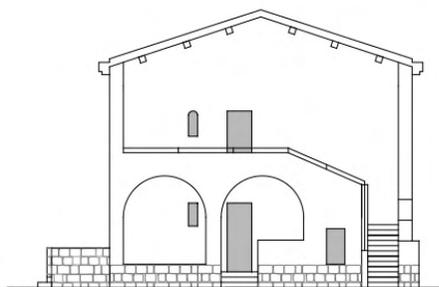
pianta livello terreno



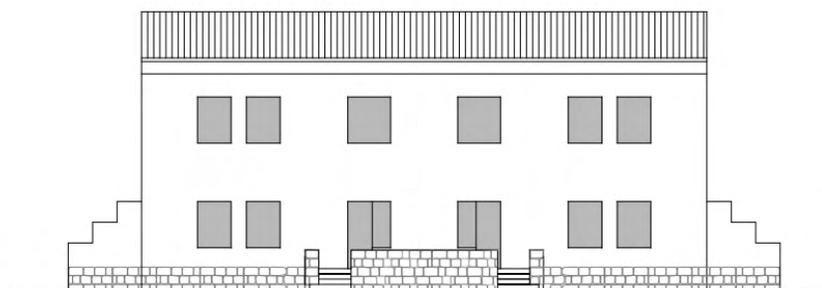
SCHEDA 1.2

Tipo "Spec_Fond_1" TIPOLOGIA LACCHI NORMALE

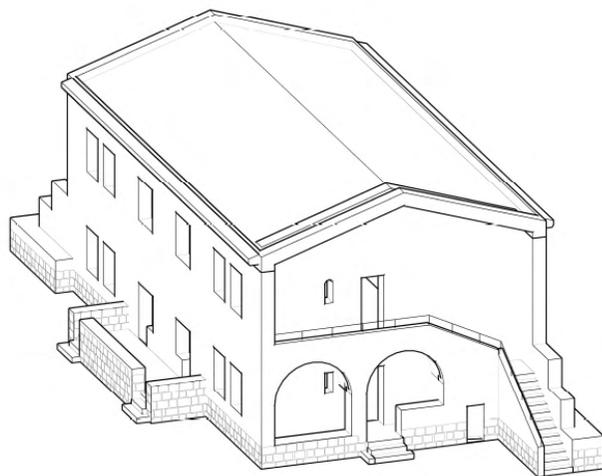
Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzate in 44 unità nella prima fase di edificazione (1938). Questo tipo è articolato su due piani e contiene in tutto 4 alloggi uguali e con ingressi indipendenti. Ogni alloggio si compone di un pranzo-soggiorno, una cucina, un servizio igienico e due camere per una superficie totale di 59 mq. Le scale disposte sui lati corti fungono da contrafforti per le volte a botte che reggono il solaio intermedio. Le murature portanti sono in trachite.



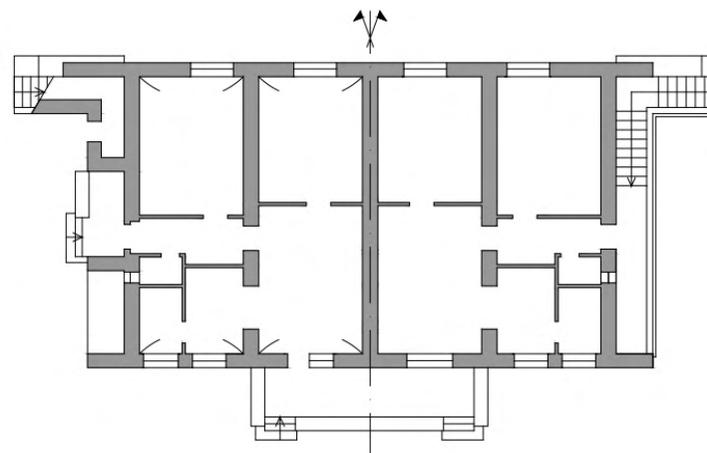
prospetto su strada



prospetto laterale



vista assonometrica



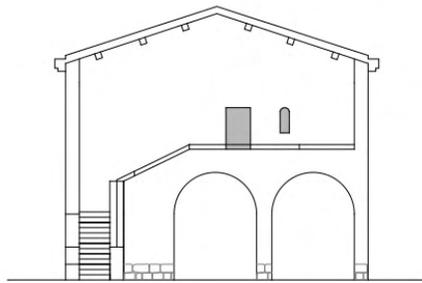
pianta piano terra/primo piano



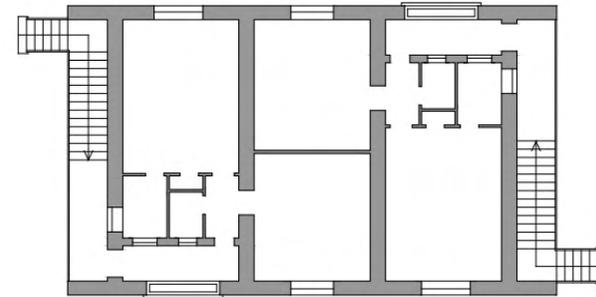
SCHEDA 1.3

Tipo "Spec_Fond_1" TIPOLOGIA LACCHI RIDOTTA

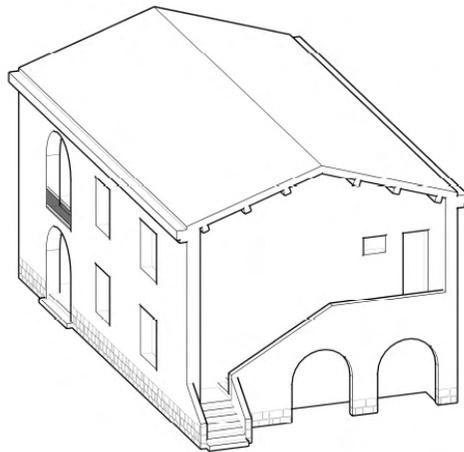
Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzate in 12 unità nella prima fase di edificazione (1938). Questo tipo è articolato su due piani e contiene in tutto 4 alloggi serviti da ingressi indipendenti. Ogni alloggio è composto da pranzo soggiorno, cucina, bagno, camera. Le scale disposte sui lati corti fungono da contrafforti per le volte a botte che reggono il solaio intermedio. Le murature portanti sono in trachite. a differenza della Lacchi normale è più piccolo e non è simmetrico.



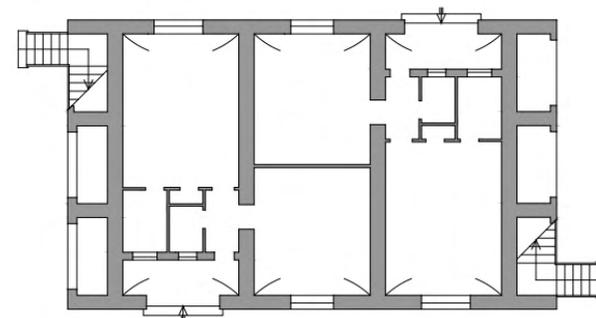
prospetto su strada



pianta piano primo



vista assonometrica



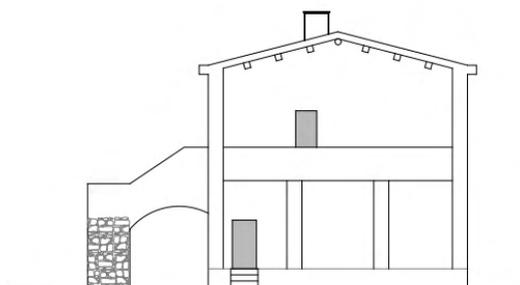
pianta piano terra



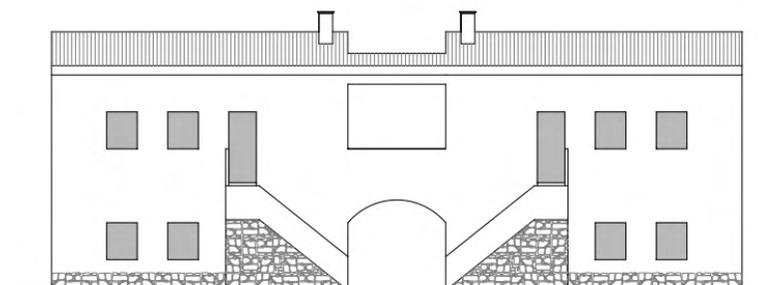
SCHEDA 1.4

Tipo "Spec_Fond_1" TIPOLOGIA LENTI

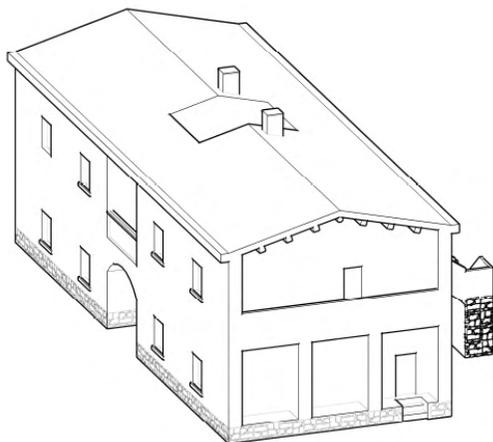
Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzata nella prima fase di edificazione (1938). Il prospetto principale è attraversato nella parte centrale da un arco che permetti di raggiungere i due ingressi degli alloggi al piano terra disposti nel retro. Ogni alloggio è composto da zona pranzo-soggiorno, cucina, servizio igienico, due camere. Gli ingressi agli alloggi del primo piano vengono raggiunti tramite due scale composte da una rampa ortogonale e da una parallela al prospetto longitudinale.



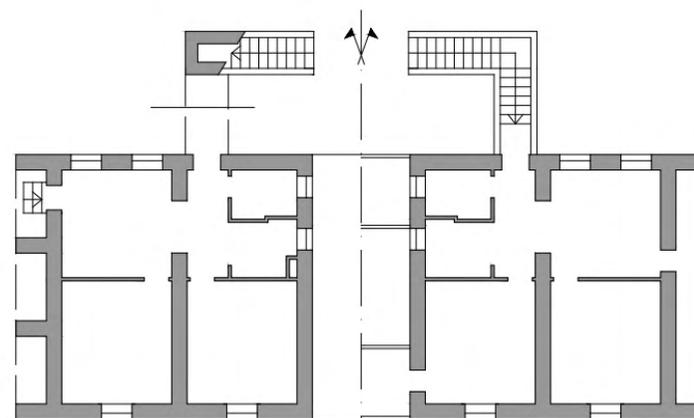
prospetto laterale



prospetto su strada



vista assonometrica



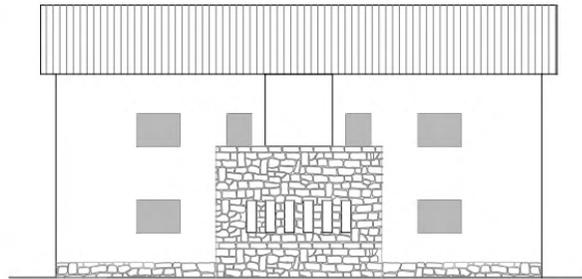
pianta piano terra / primo piano



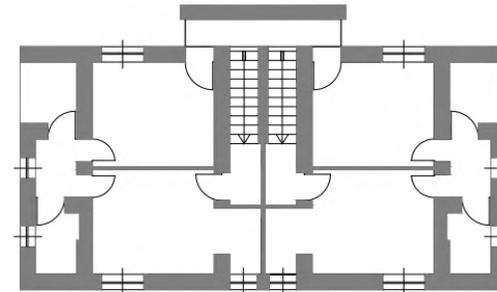
SCHEDA 1.5

Tipo "Spec_Fond_1" TIPOLOGIA SANTI RIDOTTO

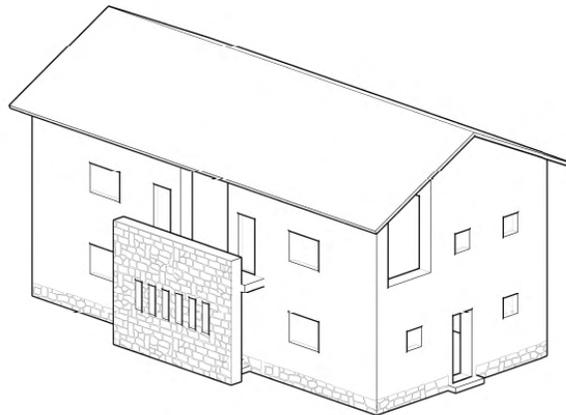
Casa binata a due piani quadrifamiliare per operai, realizzata in 46 unità nella prima fase di edificazione. Ciascuna unità edilizia si articola su due piani con due alloggi perfettamente uguali per piano. Ogni alloggio comprende un soggiorno, una cucina, un servizio e due ripostigli. dietro il setto in trachite appare il volume puro intonacato, bucato con tagli verticali e bucato con tagli verticali in modo da disarticolare modernamente la scatola muraria.



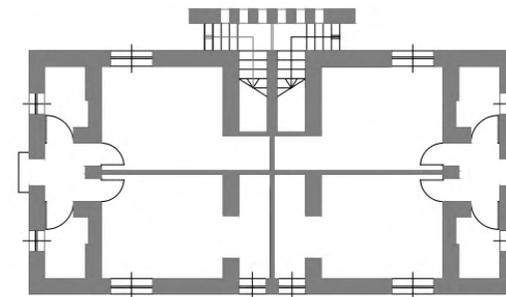
prospetto



pianta piano primo



vista assonometrica



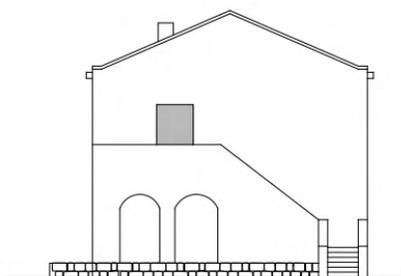
pianta piano terra



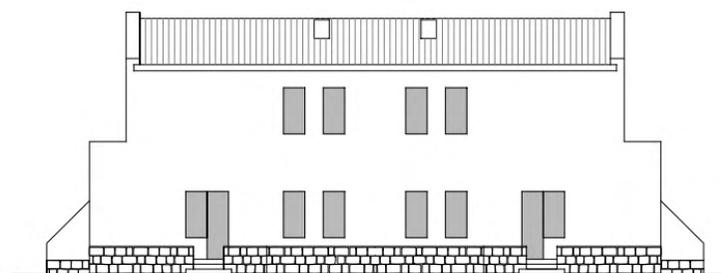
SCHEDA 1.6

Tipo "Spec_Fond_1" TIPOLOGIA GRA N

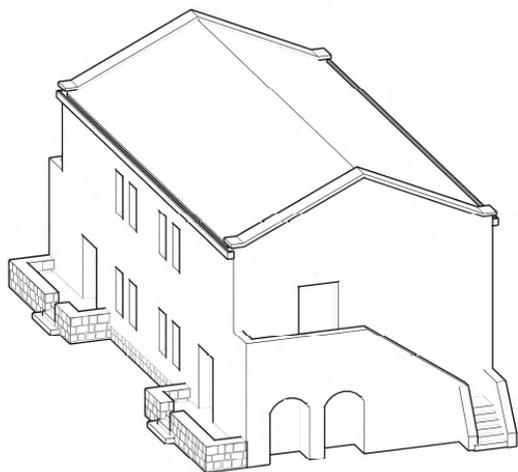
Casa binata a due piani quadrifamiliare per operai, realizzata nella seconda fase di edificazione (1940). Qui, a differenza della GraM, gli alloggi sono tutti uguali e mentre gli ingressi del piano terra sono disposti sul prospetto longitudinale, quelli del primo piano sono raggiungibili tramite delle scale, localizzate sui lati corti, disposti trasversalmente rispetto al fronte strada. La variante di questa tipologia, la GraNn, viene ottenuta realizzando nei due alloggi del piano terra due locali atti ad ospitare un'attività commerciale. Le soluzioni strutturali sono le stesse utilizzate nella tipologia Gra M.



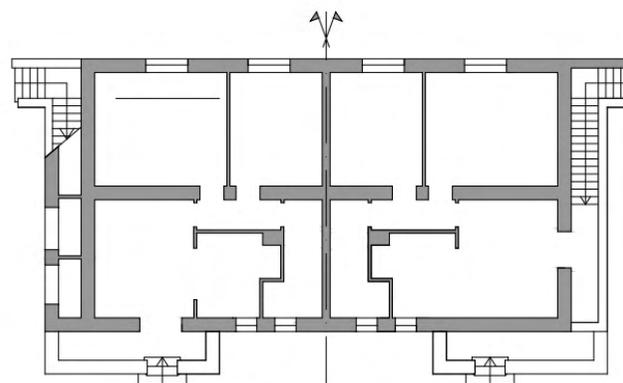
prospetto laterale



prospetto su strada



vista assonometrica



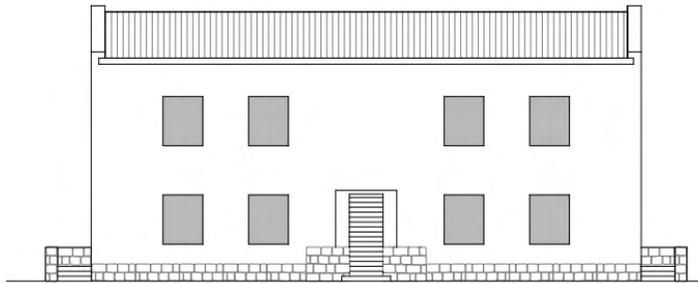
pianta piano terra / primo piano



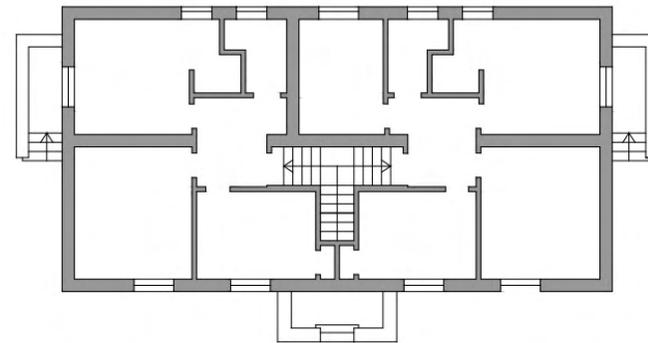
SCHEDA 1.7

Tipo "Spec_Fond_1"
TIPOLOGIA GRAM

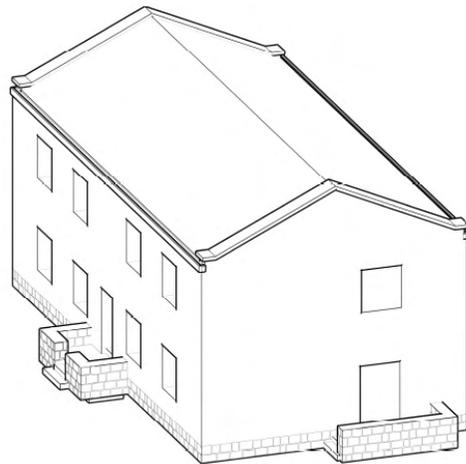
Casa binata a due piani quadrifamiliare per operai, realizzata nella seconda fase di edificazione (1940). Gli ingressi dei due alloggi del piano terra sono collocati sul lato corto, mentre agli alloggi del primo piano si accede tramite una scala, disposta nella parte centrale del prospetto longitudinale che dà sul fronte strada. La struttura portante è sempre in pietra di trachite; i solai hanno una struttura mista in laterizi e cemento armato; le divisioni interne sono realizzate con mattoni pieni uniti con malta ordinaria o con mattoni forati uniti con malta di cemento.



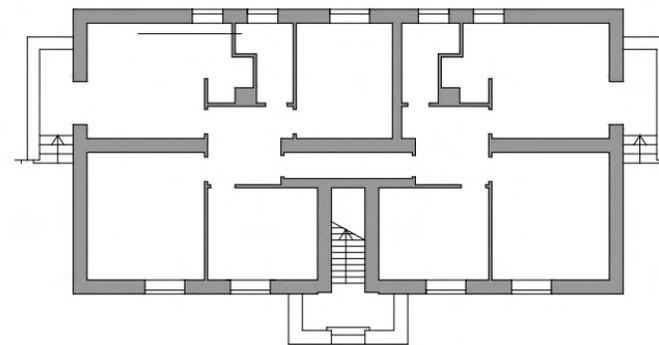
prospetto su strada



piano primo



vista assonometrica



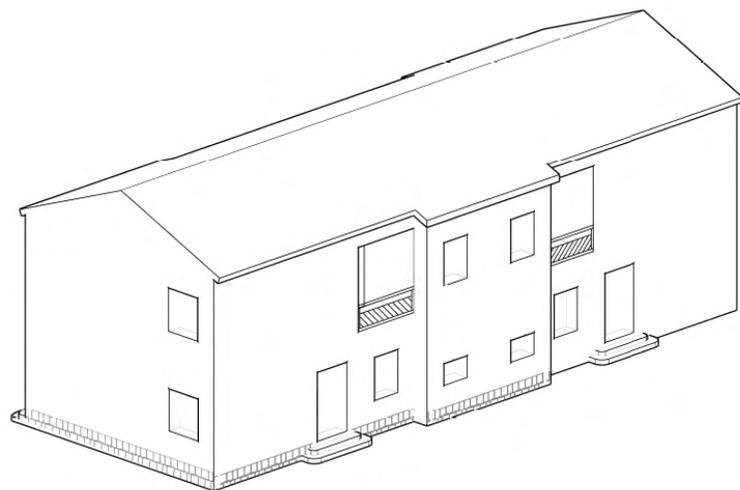
piano terra



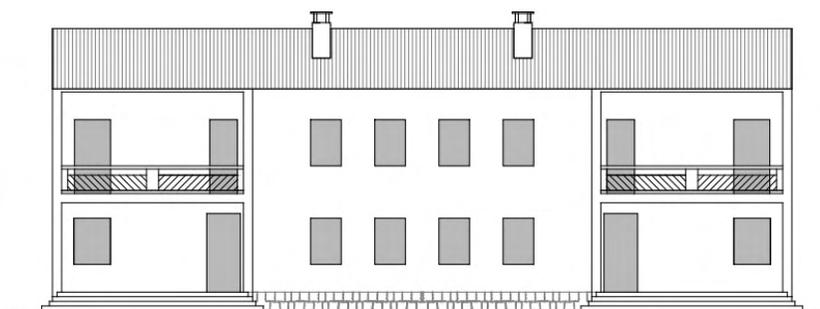
SCHEDA 1.8

Tipo "Spec_Fond_2" TIPOLOGIA IMPIEGATI C

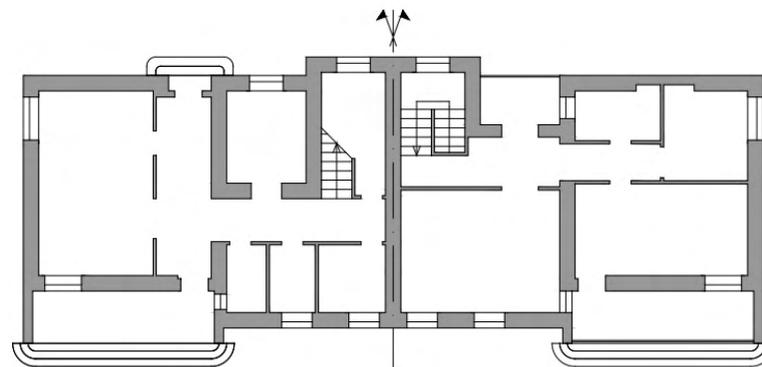
Casa binata bifamiliare per impiegati, realizzata in 9 unità nella prima fase di edificazione (1938). Si tratta di edifici articolati su due piani con corpo scala centrale. Ogni alloggio comprende due piani ed è così composto: soggiorno – pranzo, cucina, un servizio igienico, una dispensa, un ripostiglio, tre camere un bagno ed una loggia al primo piano. La struttura portante è in muratura. Sono aggregate in gruppi di 3 su altrettanti isolati, che si susseguono.



vista assonometrica



prospetto principale



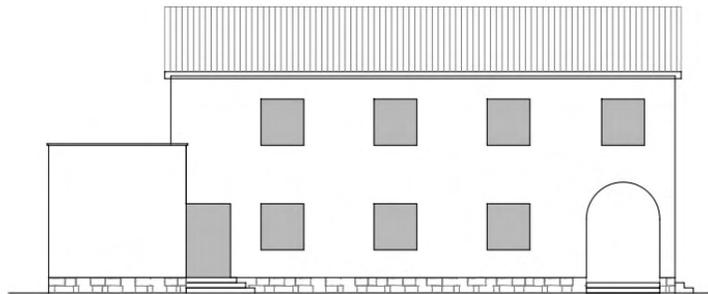
pianta piano terra/piano tipo



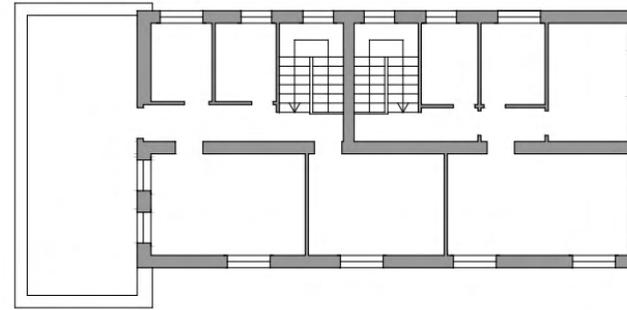
SCHEDA 1.9

Tipo "Spec_Fond_2" TIPOLOGIA IMPIEGATI D

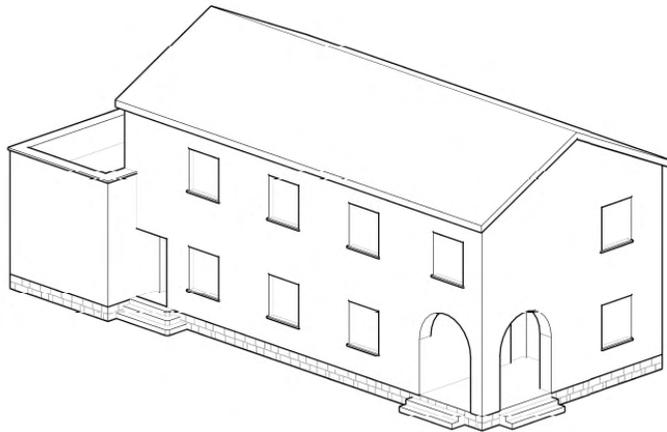
Casa binata bifamiliare per impiegati, realizzata in 4 unità durante la prima fase di edificazione (1938). È l'unica fra le tipologie per impiegati che non è simmetrica. Il fabbricato, infatti, è composto da due corpi a base rettangolare di dimensioni diverse. L'ingresso ad un alloggio è situato sotto una piccola loggia, mentre l'altro è posizionato in corrispondenza dell'intersezione dei due corpi. entrambi gli alloggi comprendono: una zona pranzo – soggiorno, una cucina, un servizio igienico, ed una dispensa al piano terra, tre camere ed un bagno al primo piano.



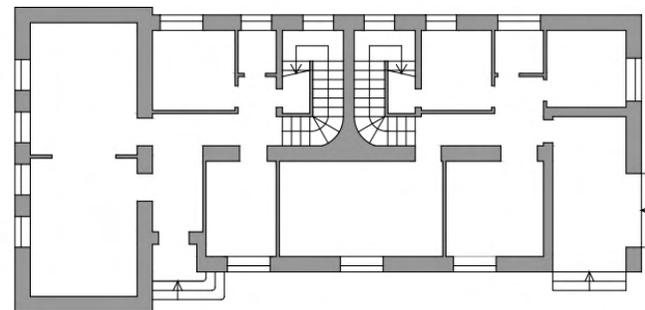
prospetto su strada



pianta piano primo



vista assonometrica



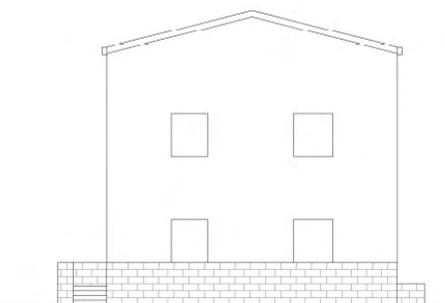
pianta piano terra



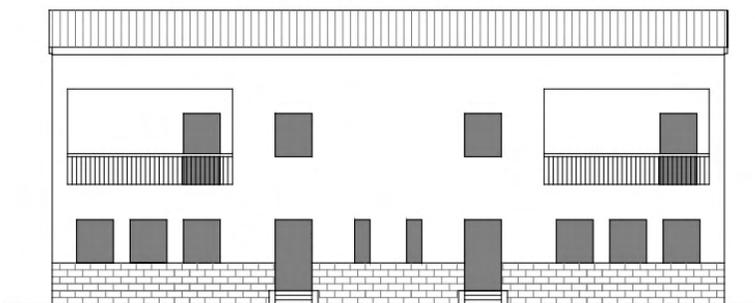
SCHEDA 1.10

Tipo "Spec_Fond_2" TIPOLOGIA IMPIEGATI B

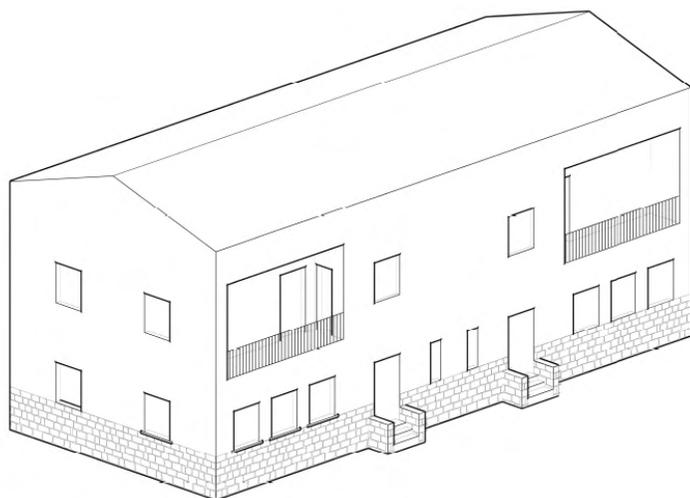
Casa binata bifamiliare per impiegati, realizzata in 9 unità nella prima fase di edificazione (1938). Sul lato lungo, disposto parallelamente alla strada sono localizzati i due ingressi. Ogni alloggio è composto da: pranzo-soggiorno, cucina, servizio igienico, ripostiglio al piano terra, tre camere ed un bagno al primo piano. La struttura portante è in muratura.



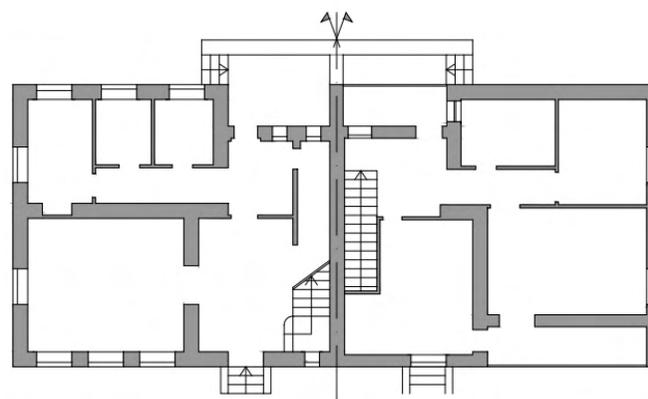
prospetto laterale



prospetto su strada



vista assonometrica



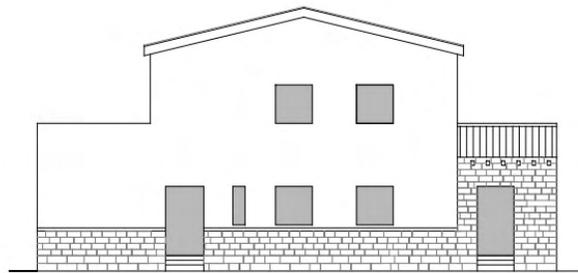
pianta piano terra / piano primo



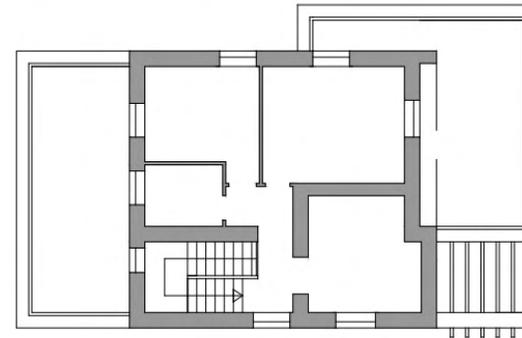
SCHEDA 1.11

Tipo "Spec_fond_3"
TIPOLOGIA A (casa per dirigenti)

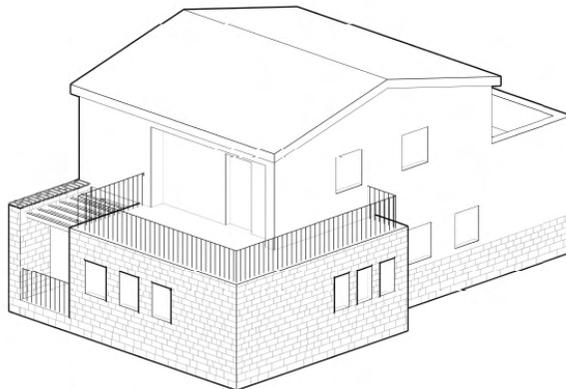
Casa unifamiliare per dirigenti, realizzata in 8 unità durante la prima fase di edificazione (1938). L'edificio è articolato su due piani. La distribuzione interna comprende pranzo-soggiorno, un servizio, una cucina due camere, due servizi igienici al piano terra, tre camere che danno su due ampie terrazze e un bagno al primo piano. La struttura è in muratura portante mentre il solaio è dato da solette in cemento armato con nervature parallele o incrociate e da mattoni speciali e forati.



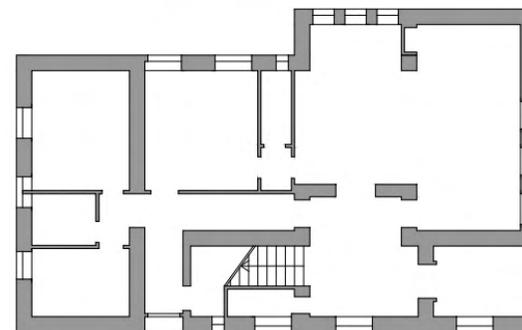
prospetto laterale



pianta piano primo



vista assonometrica



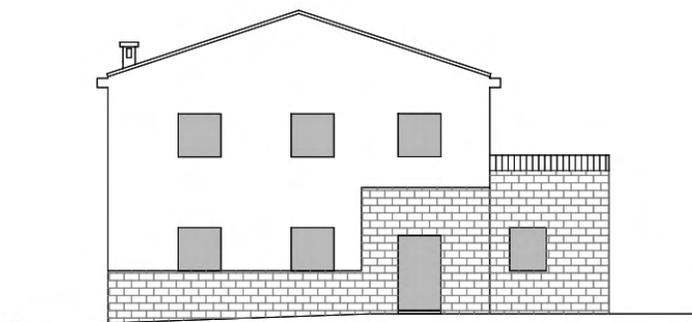
pianta piano terra



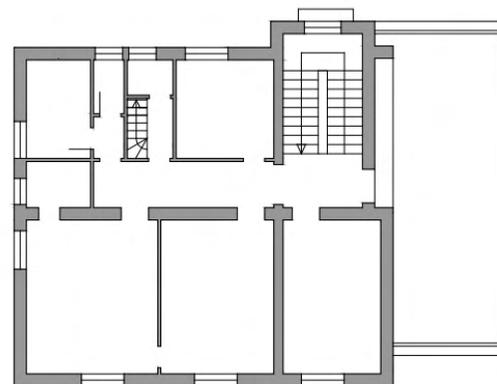
SCHEDA 1.12

Tipo "Spec_fond_3" TIPOLOGIA K

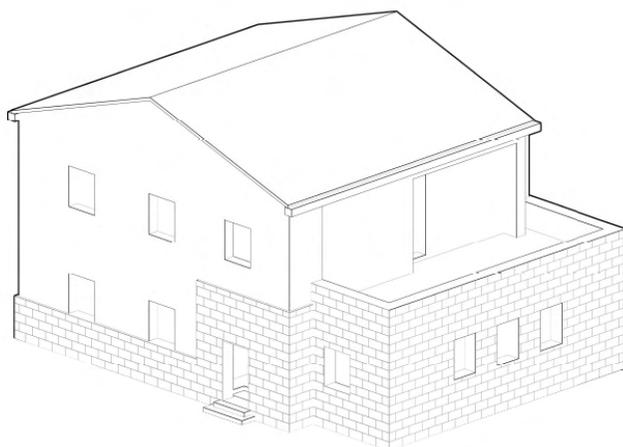
Casa unifamiliare per dirigenti, realizzata in una sola unità durante la prima fase di edificazione. L'edificio è articolato su due piani con l'ingresso disposto in posizione centrale. Rispetto alla tipologia A, di cui questa unità edilizia è un'evoluzione, il numero degli ambienti interni è aumentato: c'è un piano seminterrato ed il sottotetto è utilizzabile. La struttura è in muratura portante mentre il solaio è dato da solette in cemento armato con nervature parallele o incrociate e da mattoni speciali e forati.



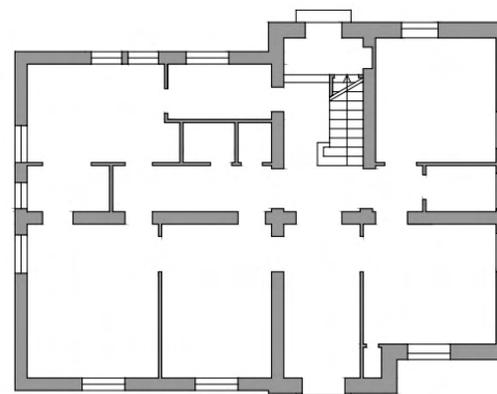
prospetto su strada



pianta piano primo



vista assonometrica



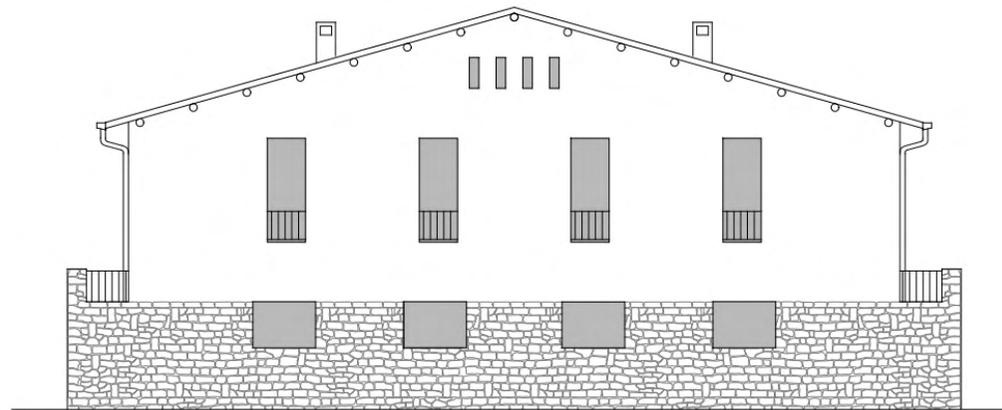
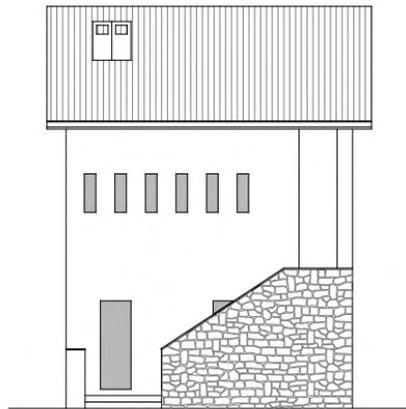
pianta piano terra



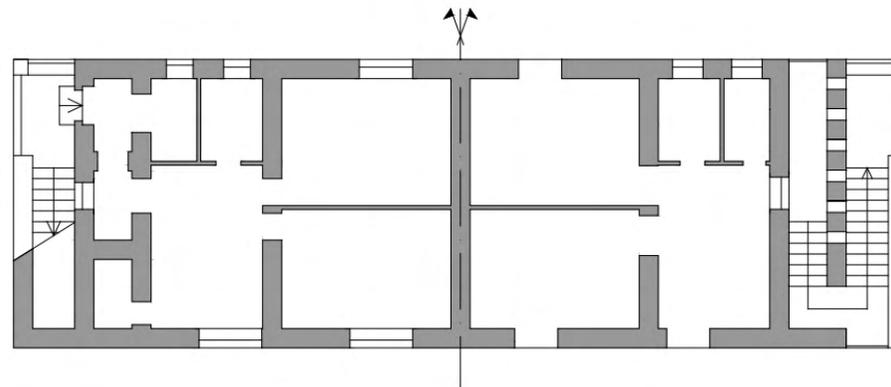
SCHEDA 1.13

Tipo "Spec_Santi":

Casa binata quadrifamiliare per operai, realizzata in 47 unità nella prima fase di edificazione (1938). Si distingue dalle altre tipologie perché la copertura è a capanna e la muratura faccia a vista raggiunge l'altezza degli architravi delle finestre. Ciascuna unità edilizia si articola su due piani con due alloggi perfettamente uguali per piano. Ogni alloggio è composto da pranzo-soggiorno, due camere, cucina, bagno. Le spinte degli archi a sesto ribassato che sostengono il solaio intermedio sono controbilanciate dalle scale formate da due rampe parallele e disposte sui lati corti dell'edificio. La presenza della scala permette, inoltre di ricavare al piano terra lo spazio per un ripostiglio.



prospetto principale



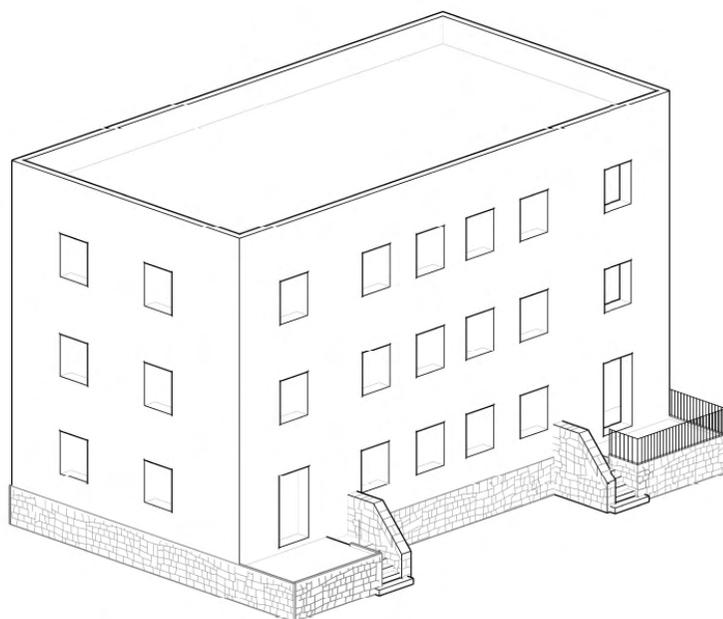
pianta piano tipo



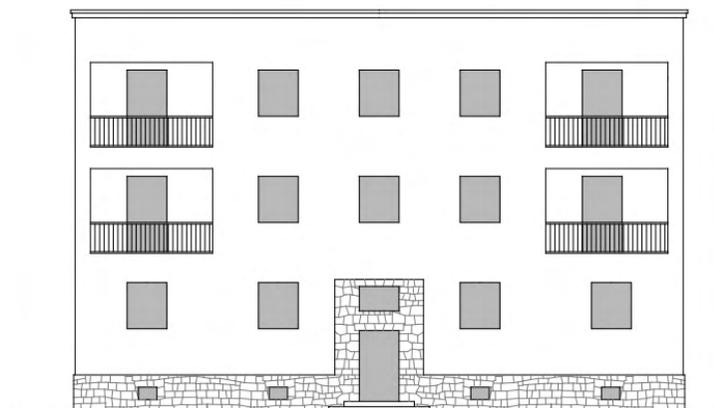
SCHEDA 1.14

Tipo "Spec_E2":

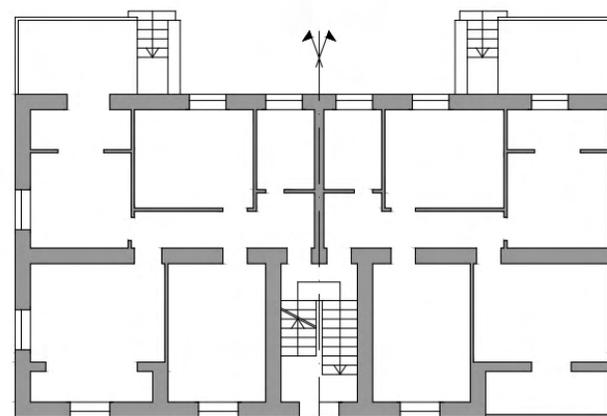
Casa semi-intensiva per impiegati, realizzata in 11 unità durante la seconda fase di edificazione (1940) nell'espansione ad est. L'edificio si articola su tre piani con due alloggi per piano. Gli alloggi del piano terra sono diversi dagli altri per l'assenza della loggia. Gli alloggi sono composti dai seguenti ambienti: pranzo-cucina, soggiorno, due camere. È inoltre presente un piano seminterrato che ospita 6 locali destinati al servizio degli alloggi. La struttura portante è in muratura mentre gli orizzontamenti sono dei solai misti. Le rampe ed i ripiani del vano scala poggiano su voltine alla romana.



vista assonometrica



prospetto su strada



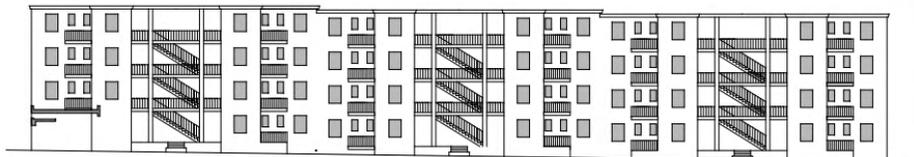
pianta piano terra / primo piano



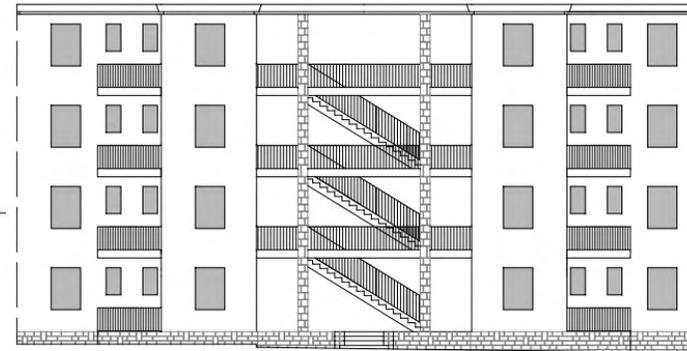
SCHEDA 1.15

Tipo "Spec_E2":
TIPOLOGIA B1

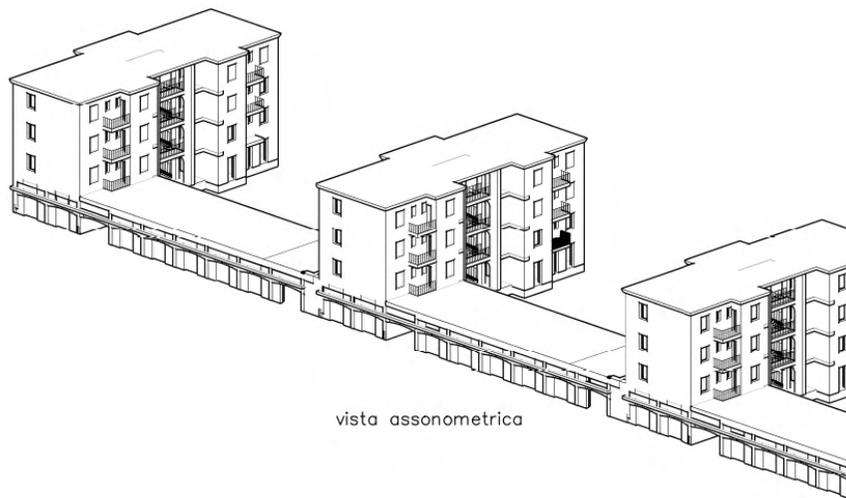
Casa intensiva per operai, progettata da Montuori e realizzata in 6 unità nell'espansione est. Questo tipo si sviluppa in linea su quattro piani con tre corpi scala che distribuiscono quattro alloggi per piano, generalmente di due tagli: da 51mq e da 38mq. I corpi scala sono esterni, su rampa unica disposta parallelamente allo sviluppo dell'edificio, questo elemento si inserisce in una grande loggia comune, scavata nel volume dell'edificio e aperta verso la strada, alla quale corrispondono piccoli slittamenti di volumi sui quali si appoggiano i balconi degli alloggi. Ogni stecca è collegata alla successiva da un corpo basso che, sventrato ai due estremi, permette l'accesso allo spazio compreso tra le due stecche.



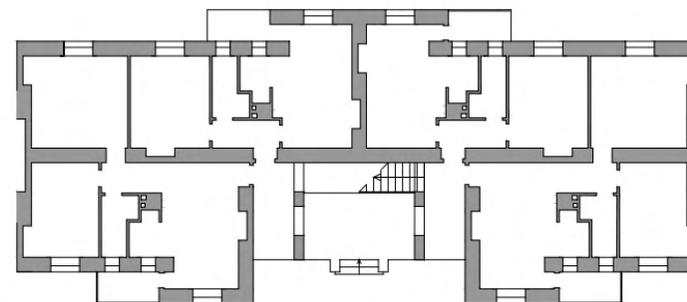
prospetto della stecca



prospetto principale



vista assonometrica



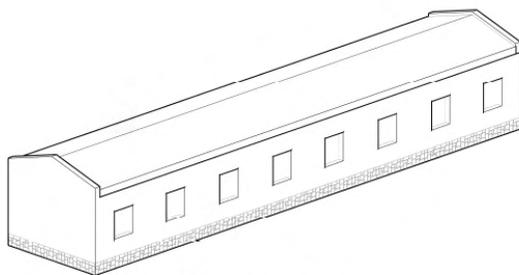
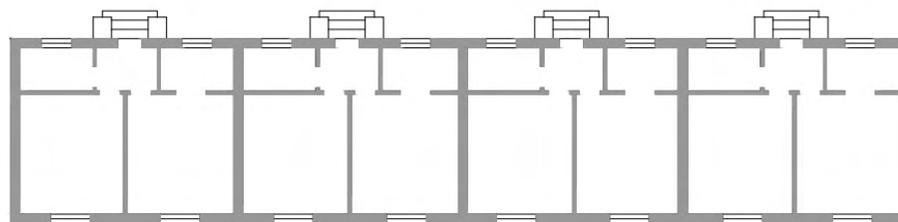
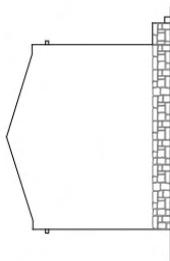
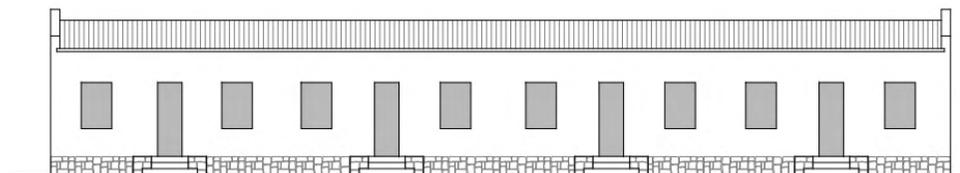
pianta piano tipo



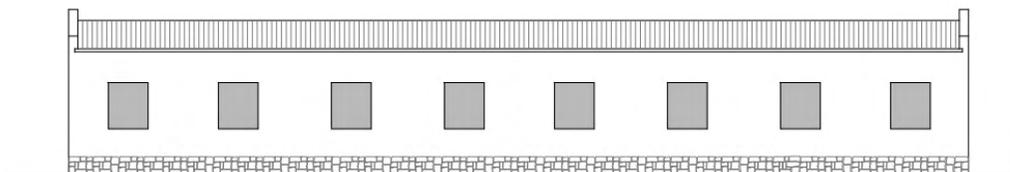
SCHEDA 1.16

Tipo "Spec_Gra_B"

Edifici ad un piano di forma parallelepipedica a base rettangolare molto allungata sormontata da copertura a capanna. Esistono due soluzioni: a tre e a quattro alloggi, quest'ultima sarebbe dovuta essere la più frequente ma, per la necessità di dare alloggio a numerosi operai senza famiglia numerose non furono ultimate e rimasero ad ambiente unico destinato a dormitorio collettivo.



vista assonometrica



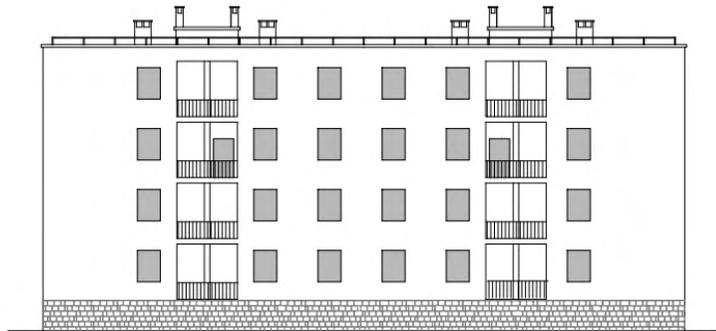
pianta e prospetti



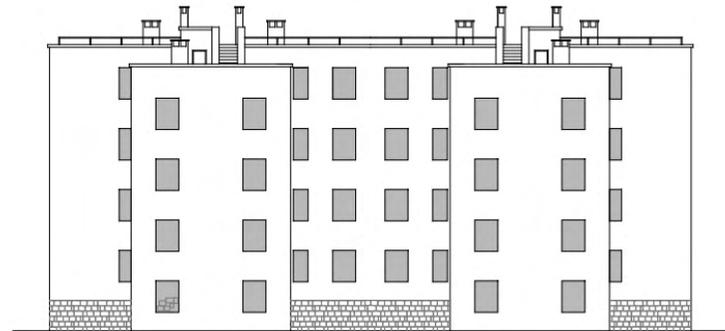
SCHEDA 1.17

Tipo "Spec_0/5"

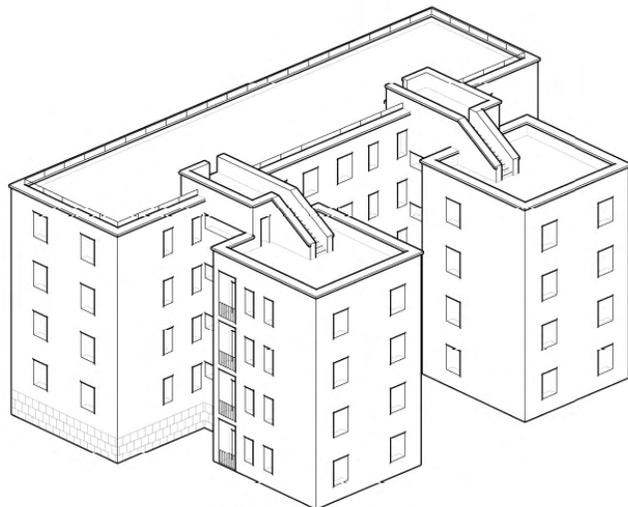
Casa intensiva per operai, progettata da Montuori e realizzata nella seconda fase dell'edificazione (1940). La stessa tipologia, caratterizzata da una maggiore cura nel dettaglio, viene definita I/5 quando ospita gli impiegati. L'unità edilizia è formata da un solido a pianta rettangolare, con due alloggi per piano (uguali fra loro), e da due corpi a pianta quadrata, con un alloggio per piano, disposti simmetricamente e collegati al primo mediante due vani scala. Ogni vano scala serve pertanto 12 alloggi, distribuiti su 4 piani sfalsati di una rampa. Il prospetto dell'edificio che dà su strada è quello formato dai due "pistoncini" (i due corpi a base quadrata). Il sistema è costituito da otto edifici disposti parallelamente lungo due file con orientamento Nord-Sud. Gli edifici sono spesso separati da spazi comuni spesso adibiti a parcheggi.



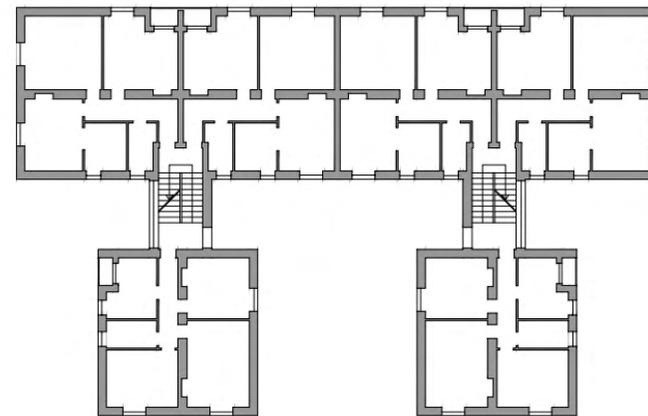
prospetto su strada



prospetto sul retro



vista assonometrica

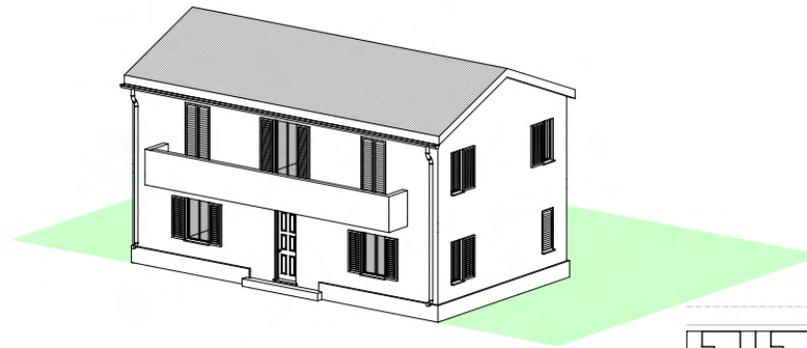


pianta piano tipo

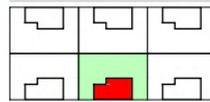


SCHEDA 1.18

Tipo GENERALE B1
Edificio generico mono o plurifamiliare isolato semplice



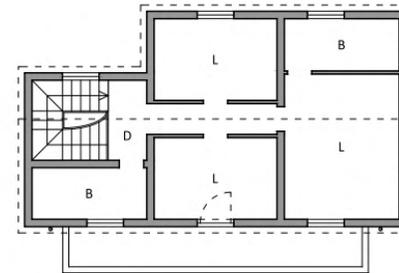
vista assonometrica



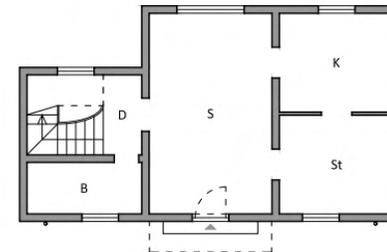
riferimento urbano



prospetto su strada



pianta piano primo



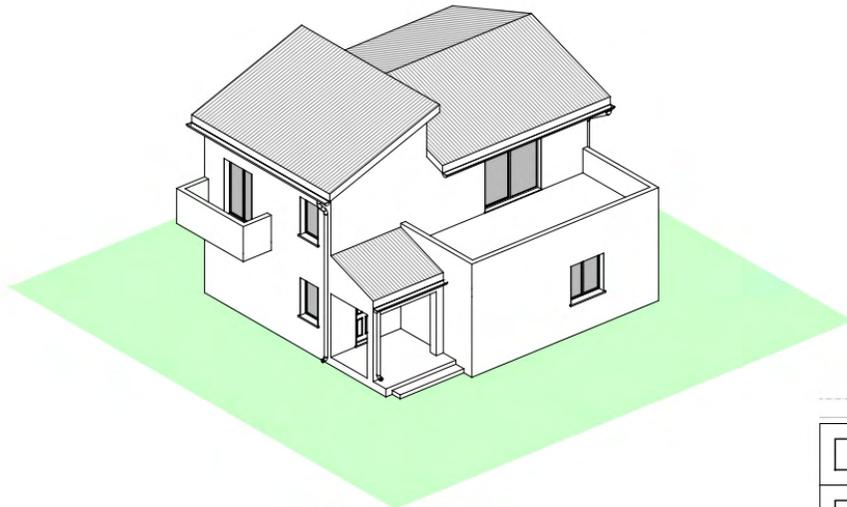
pianta piano terra



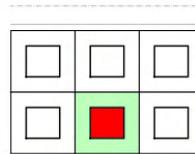
SCHEDA 1.19

Tipo GENERALE B2

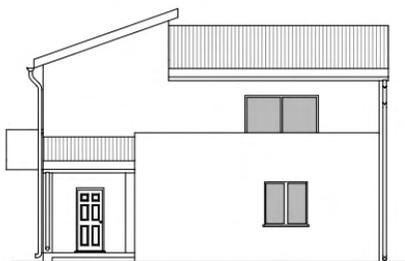
Edificio generico mono o plurifamiliare isolato con maggior rapporto finestrato



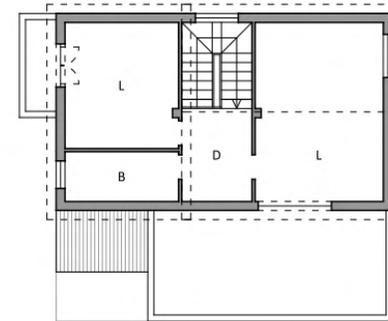
vista assonometrica



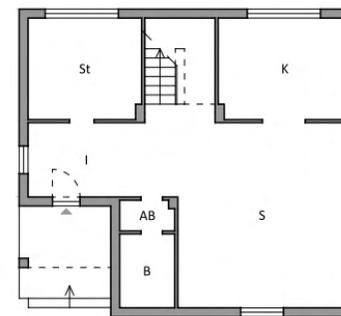
riferimento urbano



prospetto ingresso



pianta piano primo



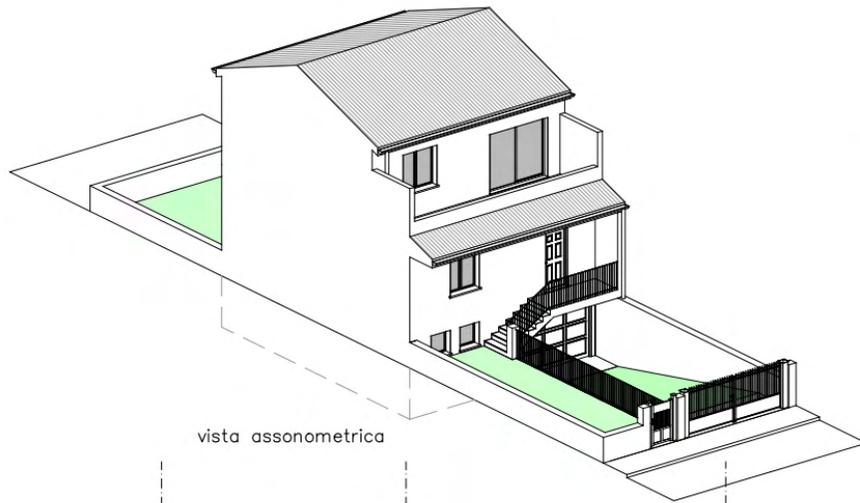
pianta piano terra



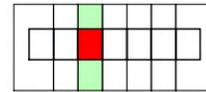
SCHEDA 1.20

Tipo GENERALE C1

Casa a schiera monofamiliare; modulo centrale



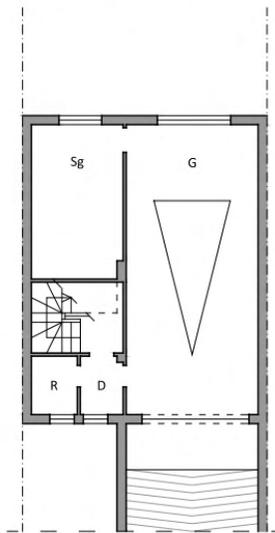
vista assonometrica



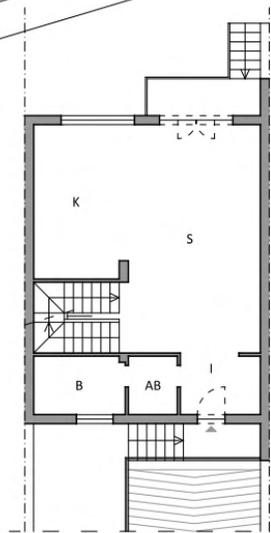
riferimento urbano



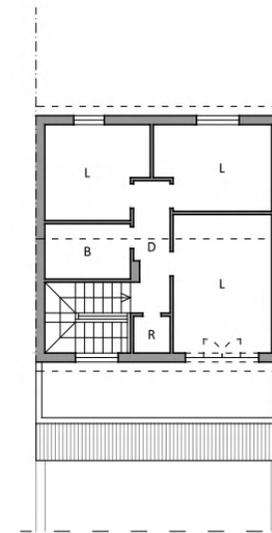
prospetto ingresso



pianta piano interrato



pianta piano rialzato



pianta piano primo

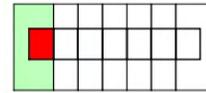
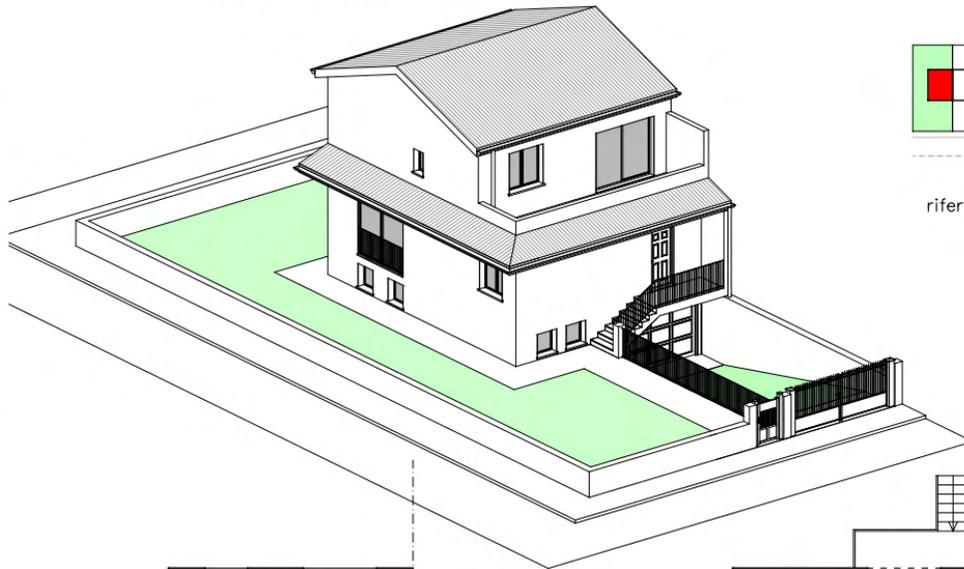


SCHEDA 1.21

TIPOLOGIA C1

Casa a schiera monofamiliare; modulo caposchiera

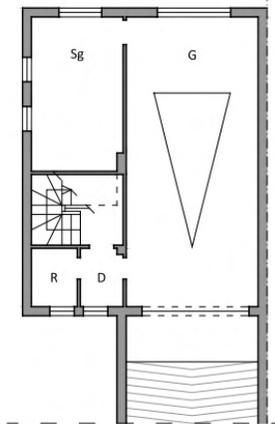
vista assonometrica



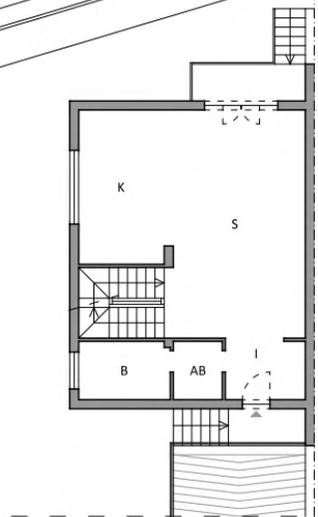
riferimento urbano



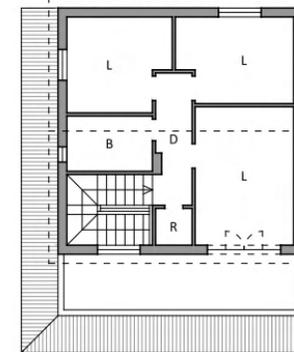
prospetto ingresso



pianta piano interrato



pianta piano rialzato



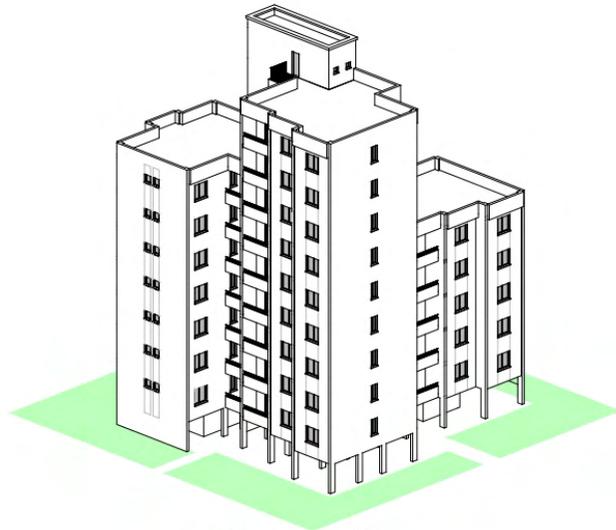
pianta piano primo



SCHEDA 1.22

Tipo GENERALE D1

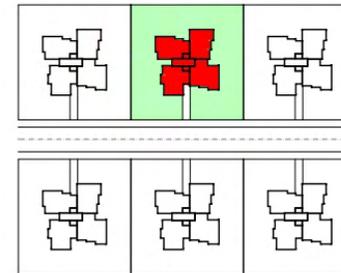
Edificio plurifamiliare a torre, isolato, eventualmente conformato anche a grappolo.



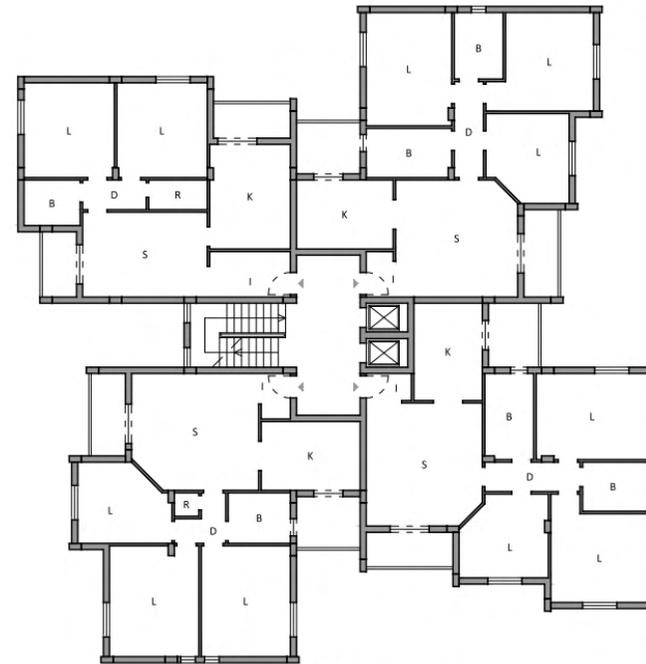
vista assonometrica



prospetto sud



riferimento urbano



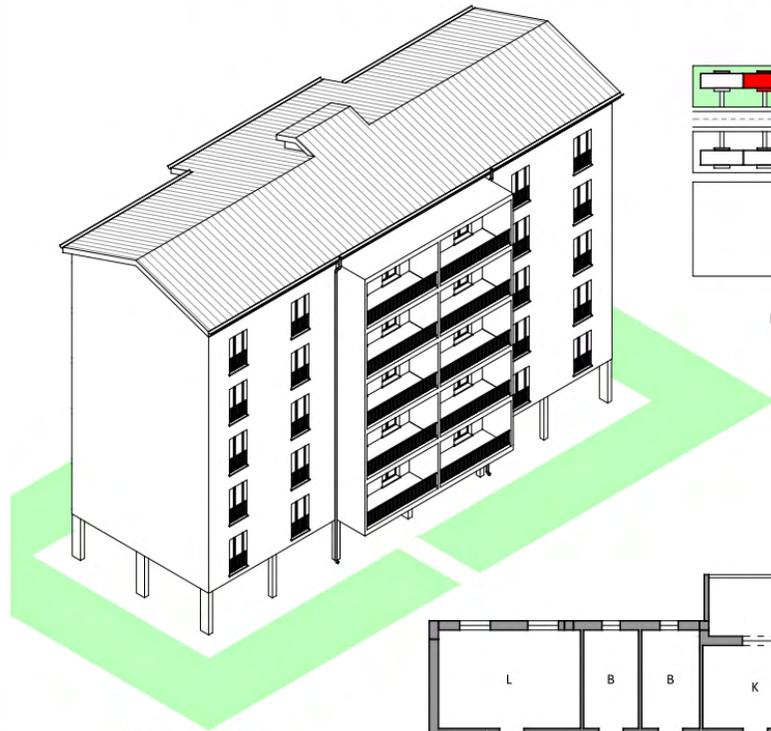
pianta piano tipo



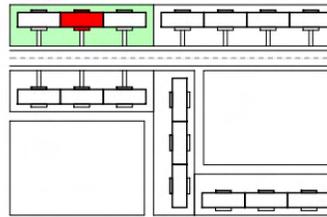
SCHEDA 1.23

Tipo GENERALE D2

Edificio plurifamiliare pluripiano (da 4 in su) aggregata in linea, formato dall'accostamento di moduli-edilizi simili caratterizzati da un prevalente sviluppo longitudinale, dal doppio affaccio contrapposto su due fronti, in genere isorientati ed, eventualmente, dal piano pilotis.



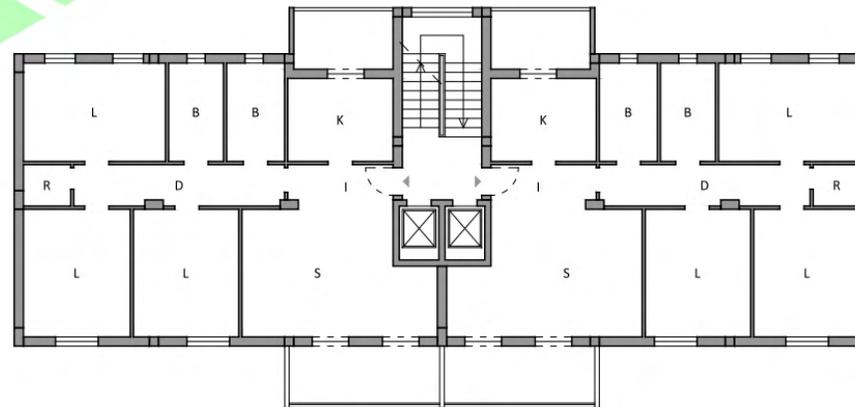
vista assonometrica



riferimento urbano



prospetto tipo



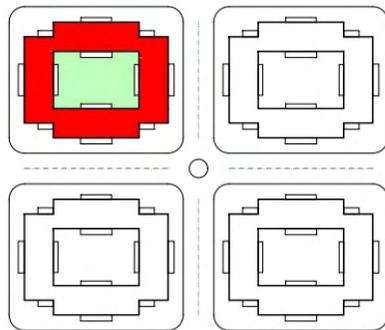
pianta piano tipo



SCHEDA 1.24

Tipo GENERALE D3

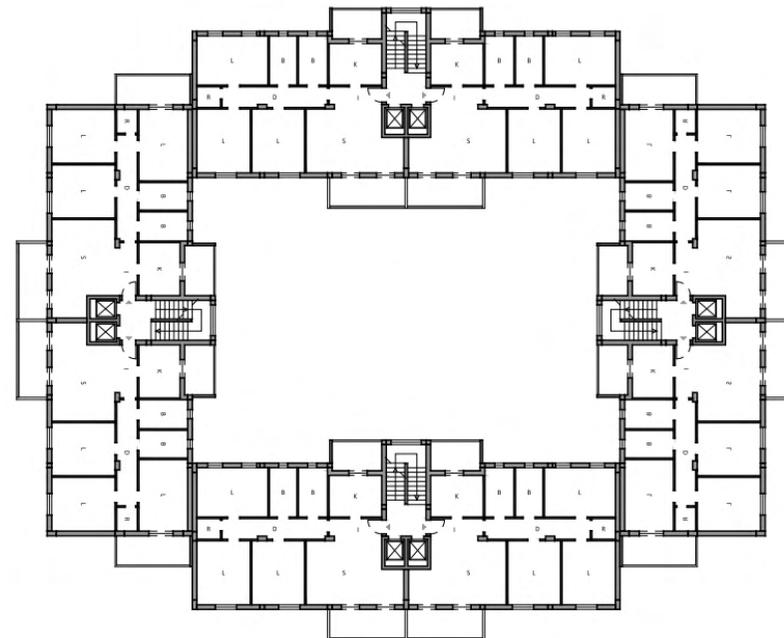
Edificio plurifamiliare a blocco



riferimento urbano



prospetto sud



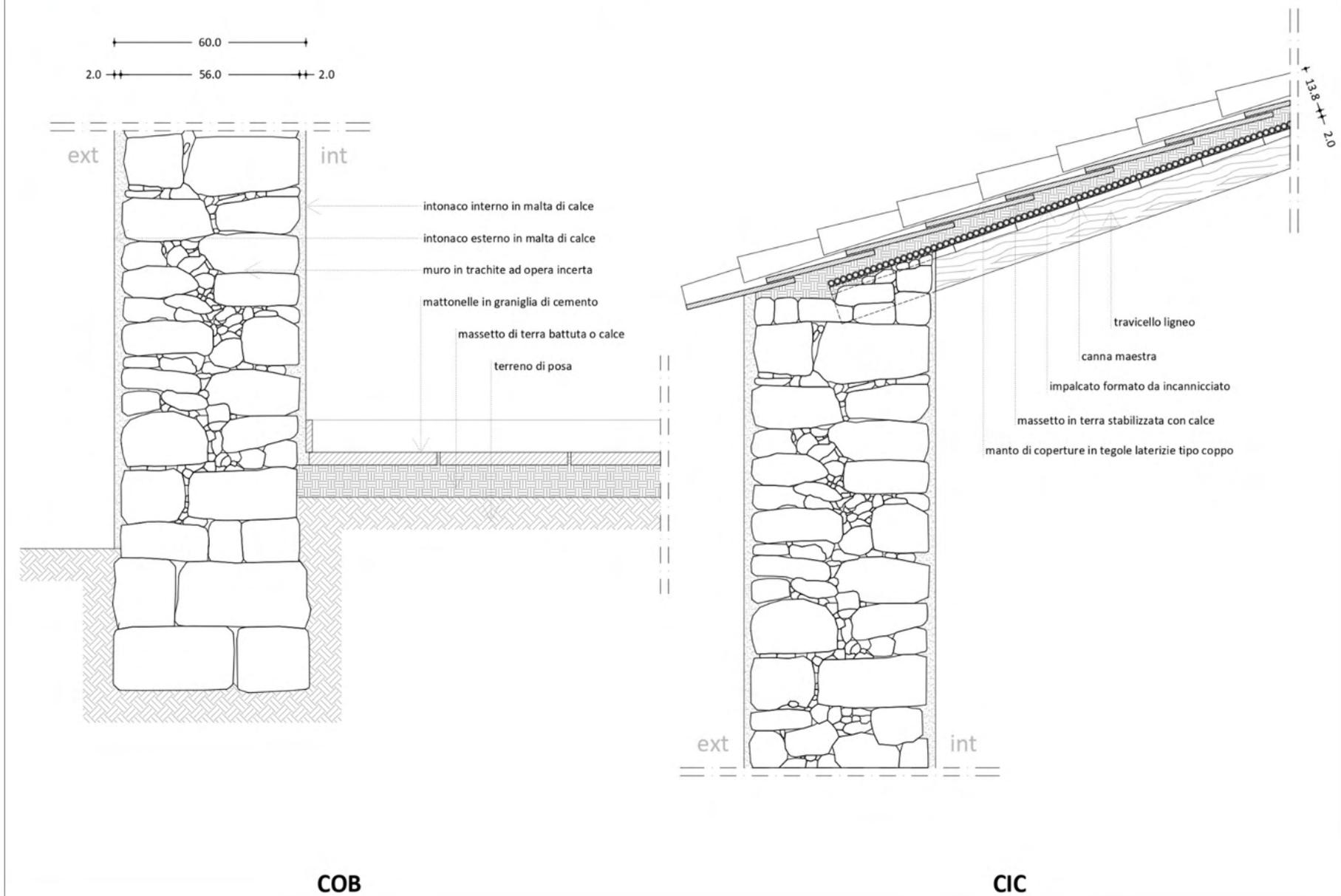
pianta piano tipo

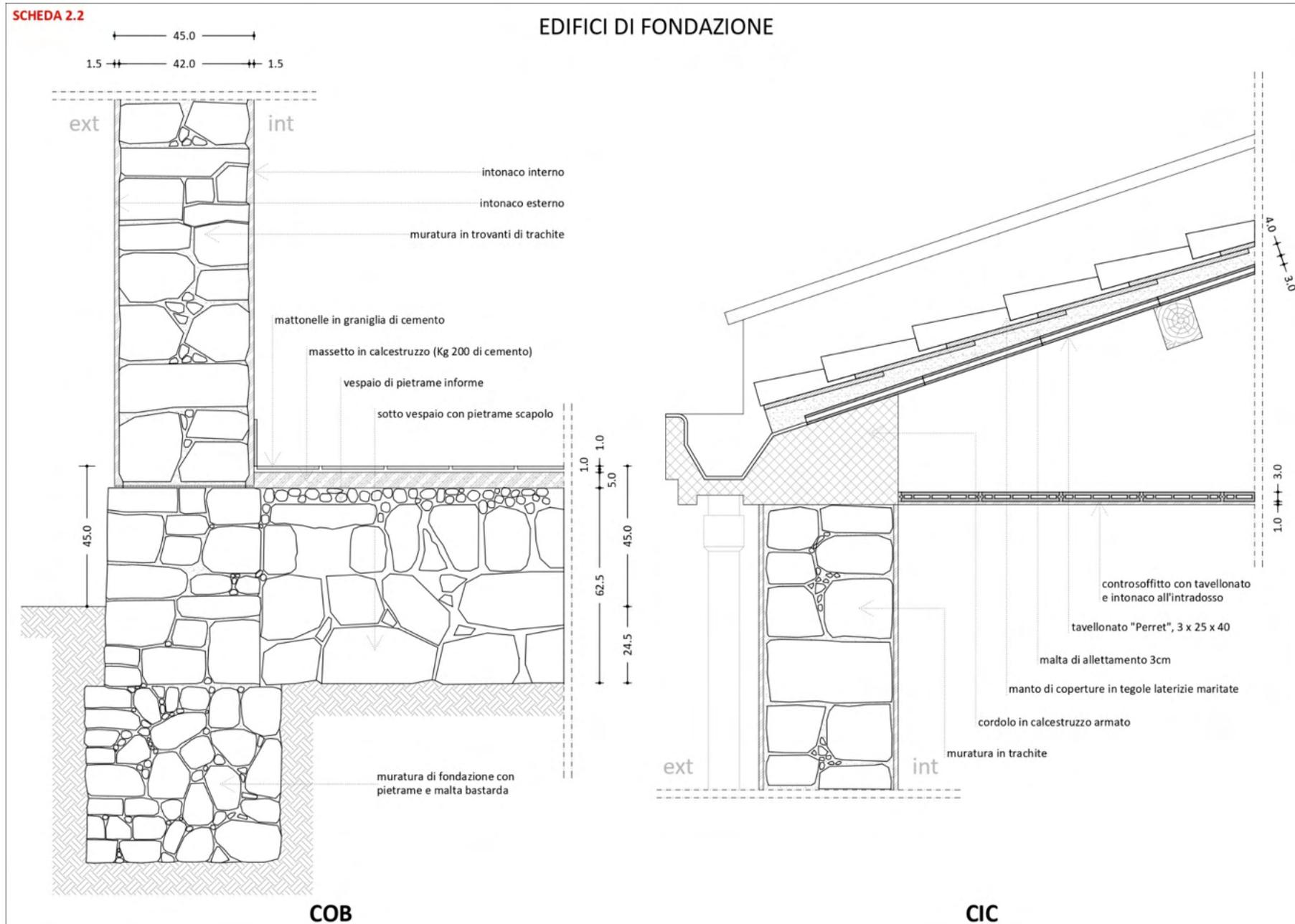


Allegato 2: schedatura dei caratteri costruttivi degli archetipi

SCHEDA 2.1

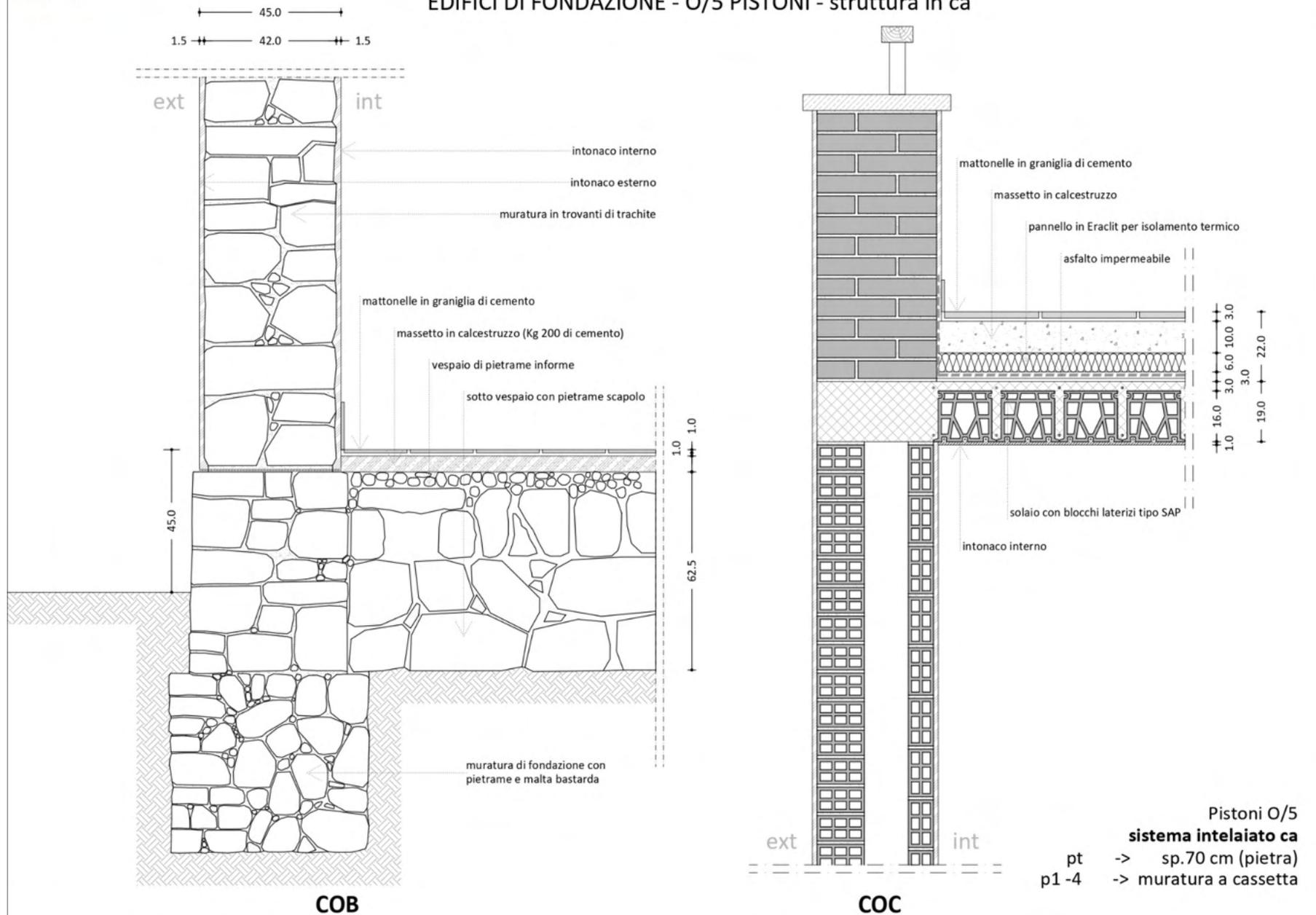
A1 - Medau





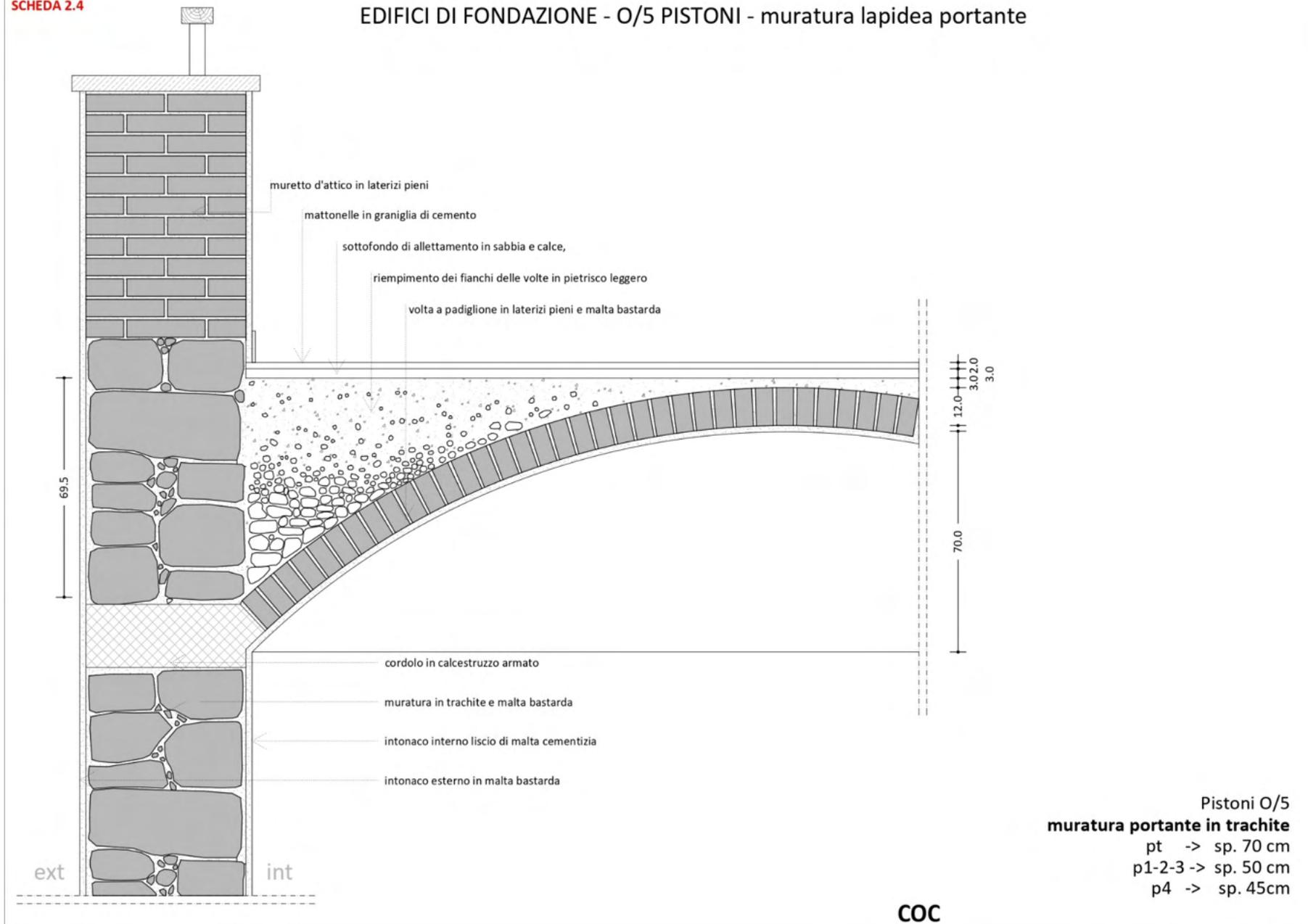
SCHEDA 2.3

EDIFICI DI FONDAZIONE - O/5 PISTONI - struttura in ca



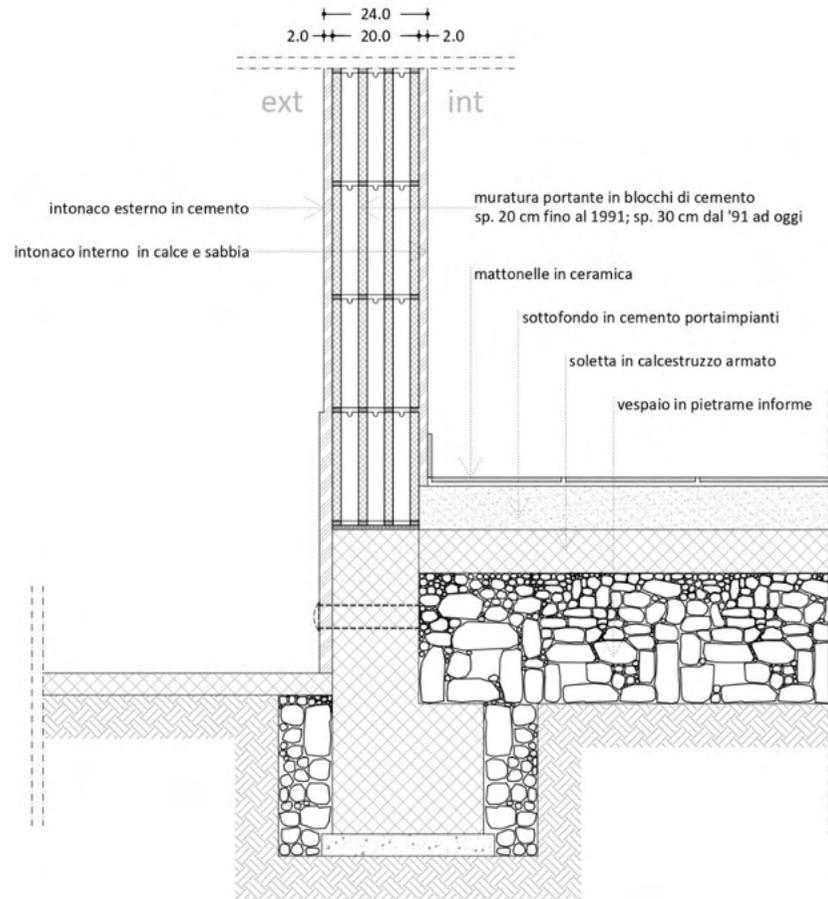
SCHEDA 2.4

EDIFICI DI FONDAZIONE - O/5 PISTONI - muratura lapidea portante



SCHEDA 2.5

GENERICO B1



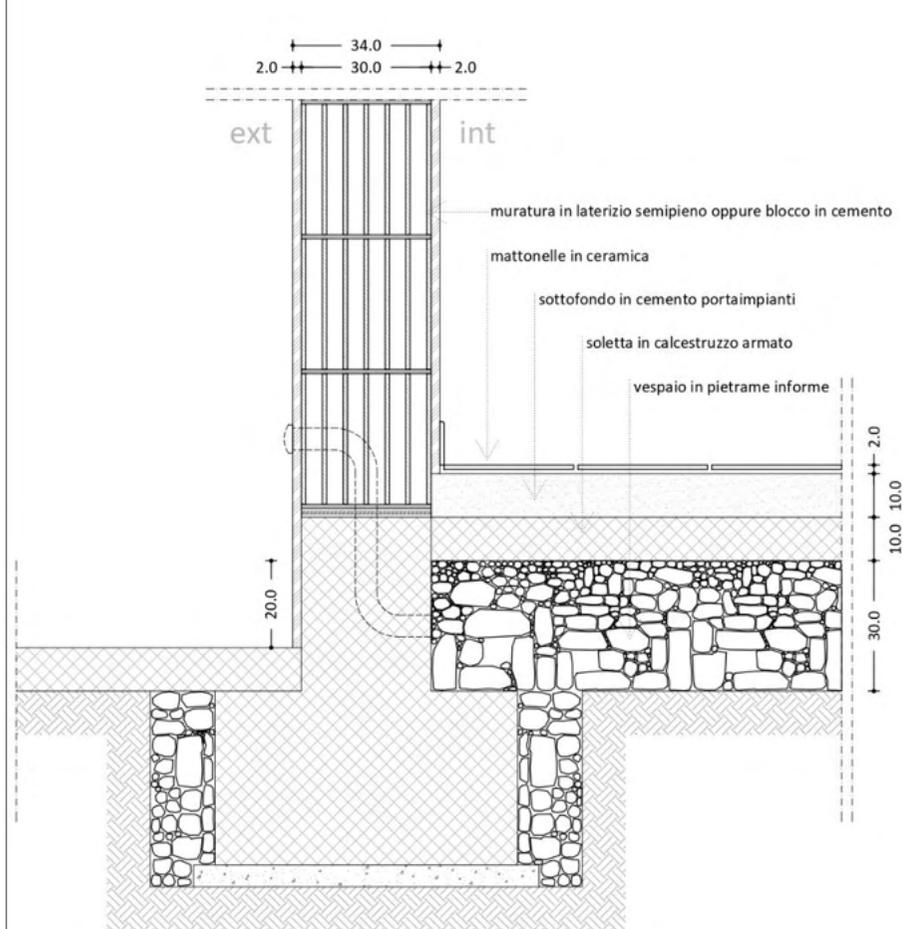
COB



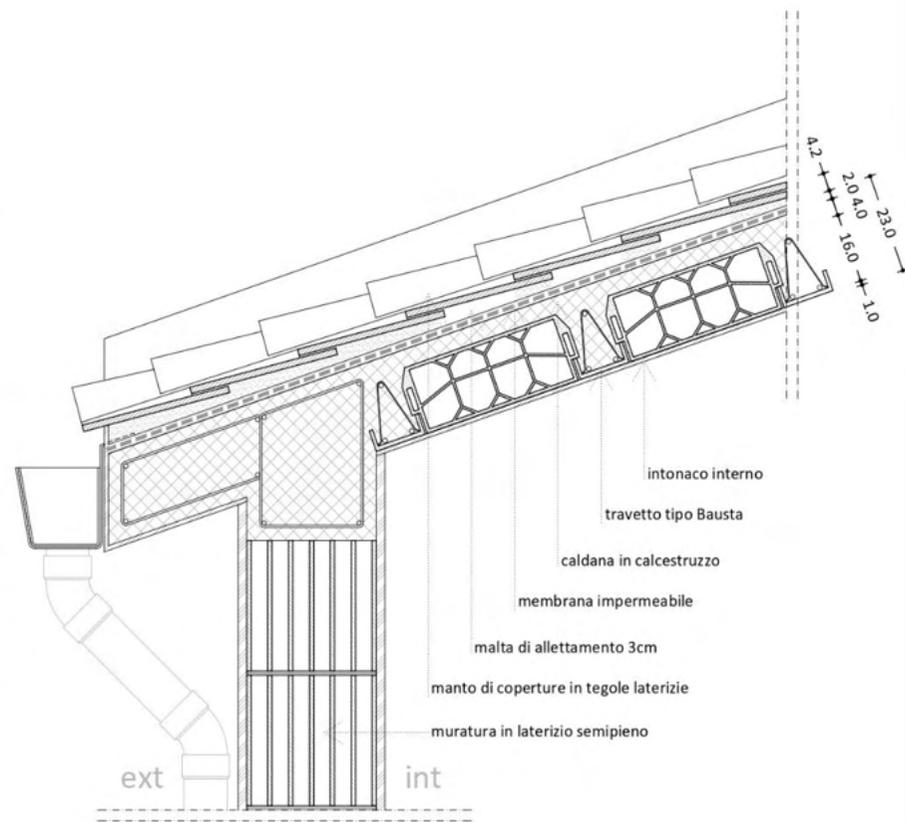
COC

SCHEDA 2.6

B2: Mono o plurifamiliare isolato con maggior rapporto finestrato
C2: Edifici a schiera



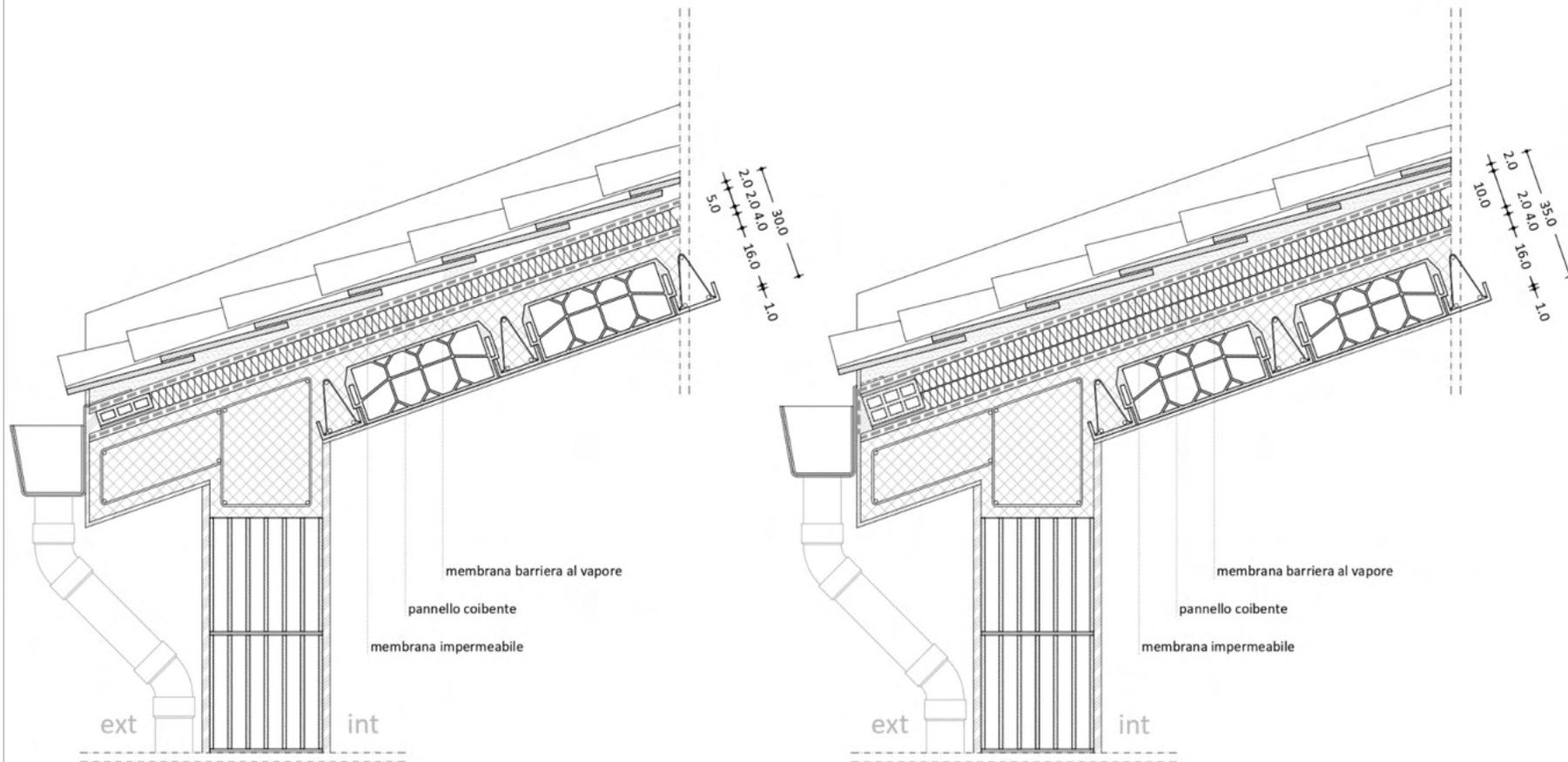
COB



CIC - fino 1991

SCHEDA 2.7

B2: Mono o plurifamiliare isolato con maggior rapporto finestrato
C2: Edifici a schiera

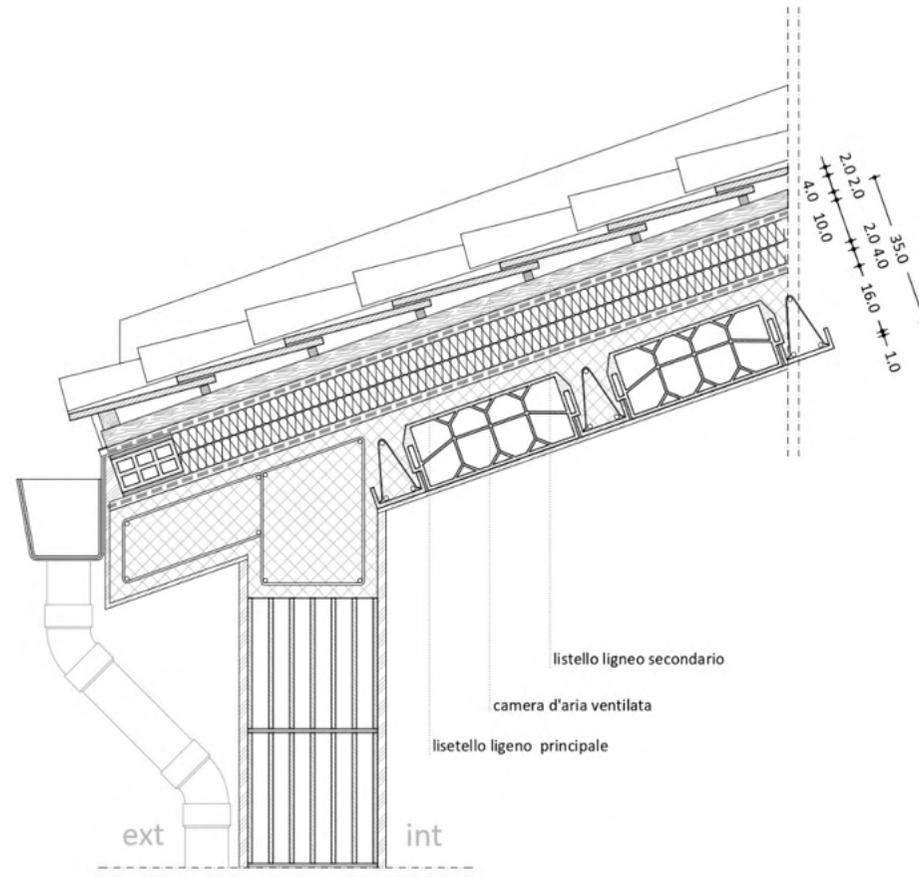


CIC - 1991 - 2000

CIC - dopo anno 1999 - 10 cm d'isolante

SCHEDA 2.8

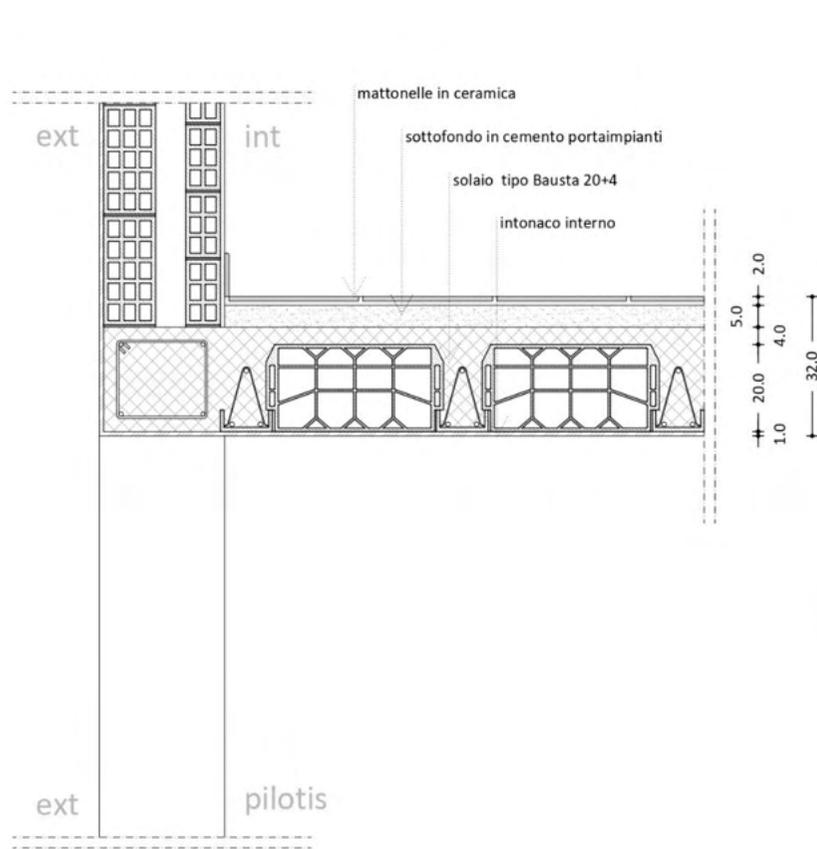
B2: Mono o plurifamiliare isolato con maggior rapporto finestrato
C2: Edifici a schiera



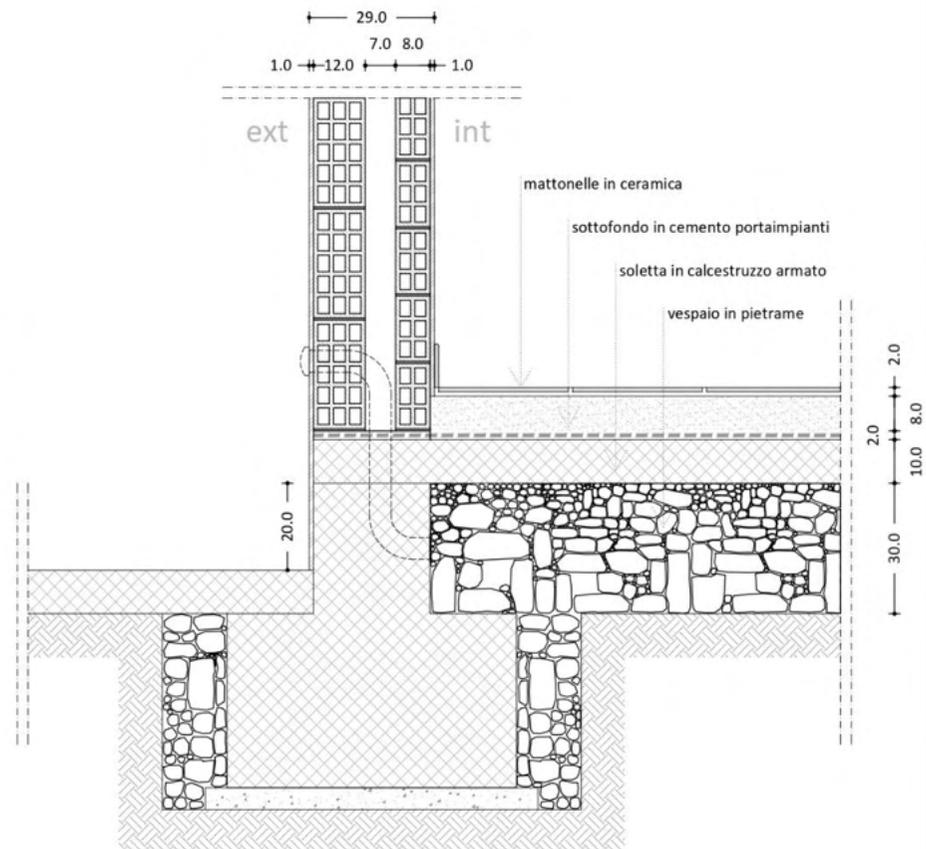
CIC - dopo anno 1999 - tetto ventilato

SCHEDA 2.9

D1: Torre, D2: Linea, D3: Blocco



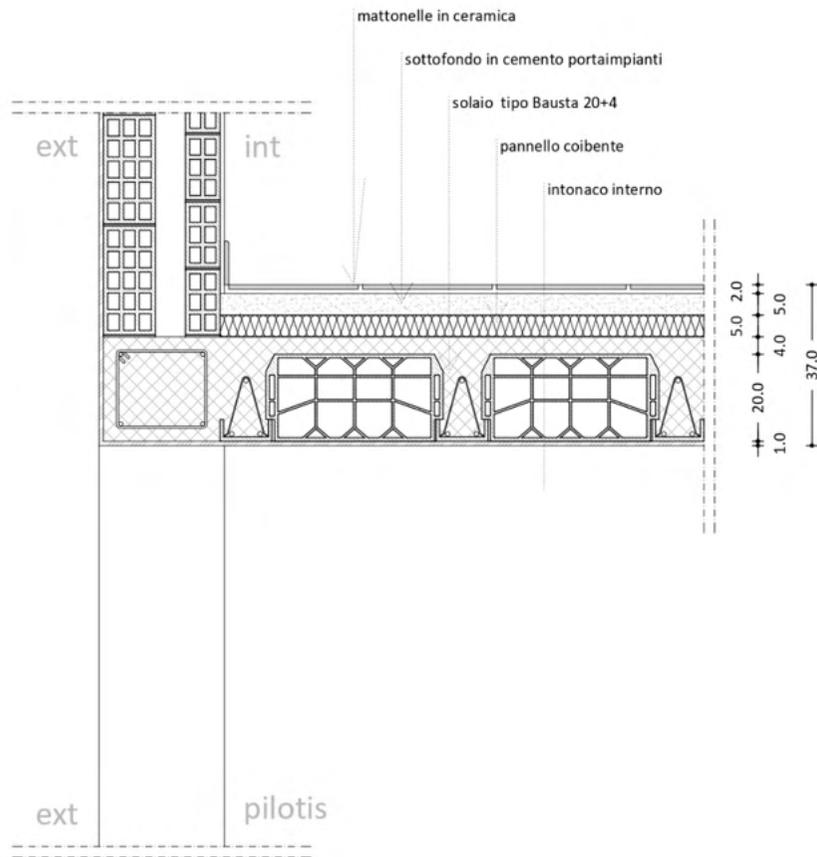
COB - con pilotis - fino al 1991



COB - senza pilotis

SCHEDA 2.10

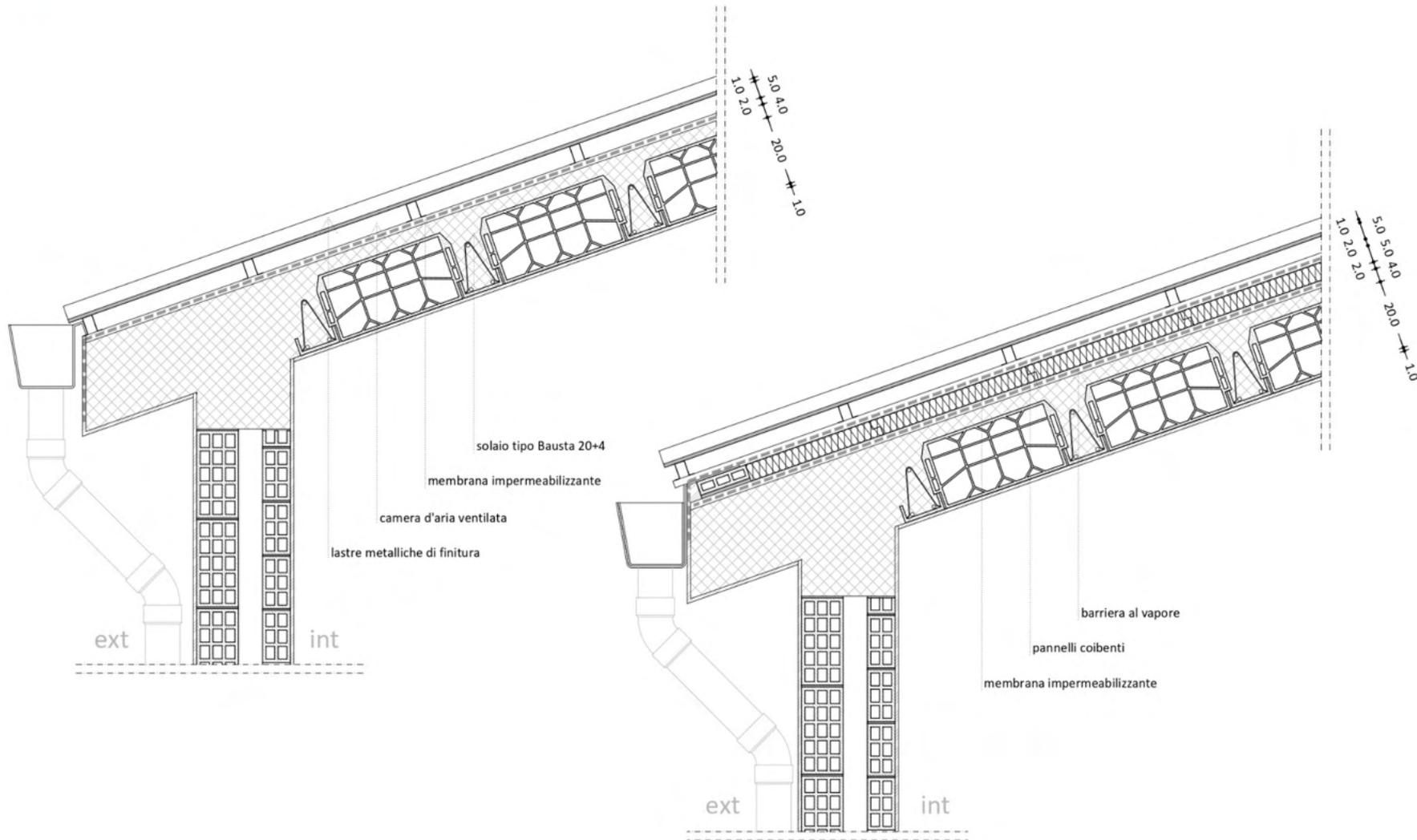
D1: Torre, D2: Linea, D3: Blocco



COB - con pilotis - dal 1991

SCHEDA 2.11

D3: Blocco, D2: Linea

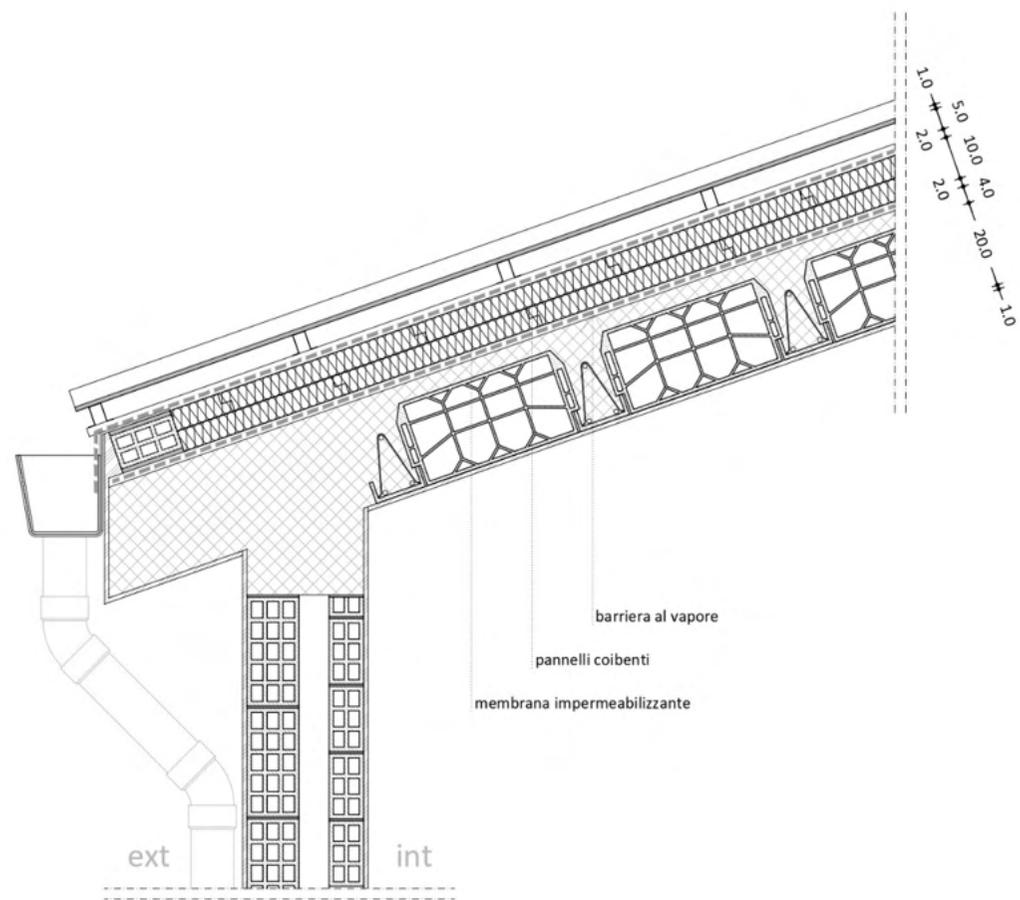


CIC - fino al 1991

CIC - dal 1991 al 2005

SCHEDA 2.12

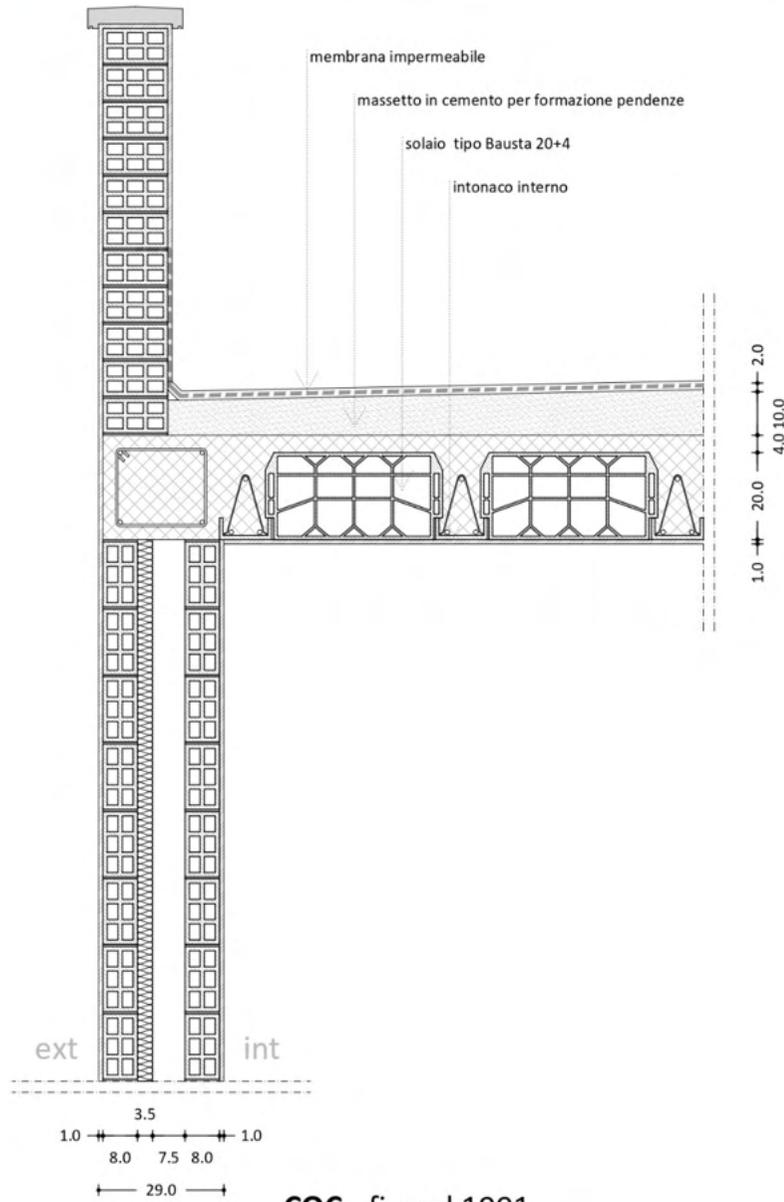
D3: Blocco, D2: Linea



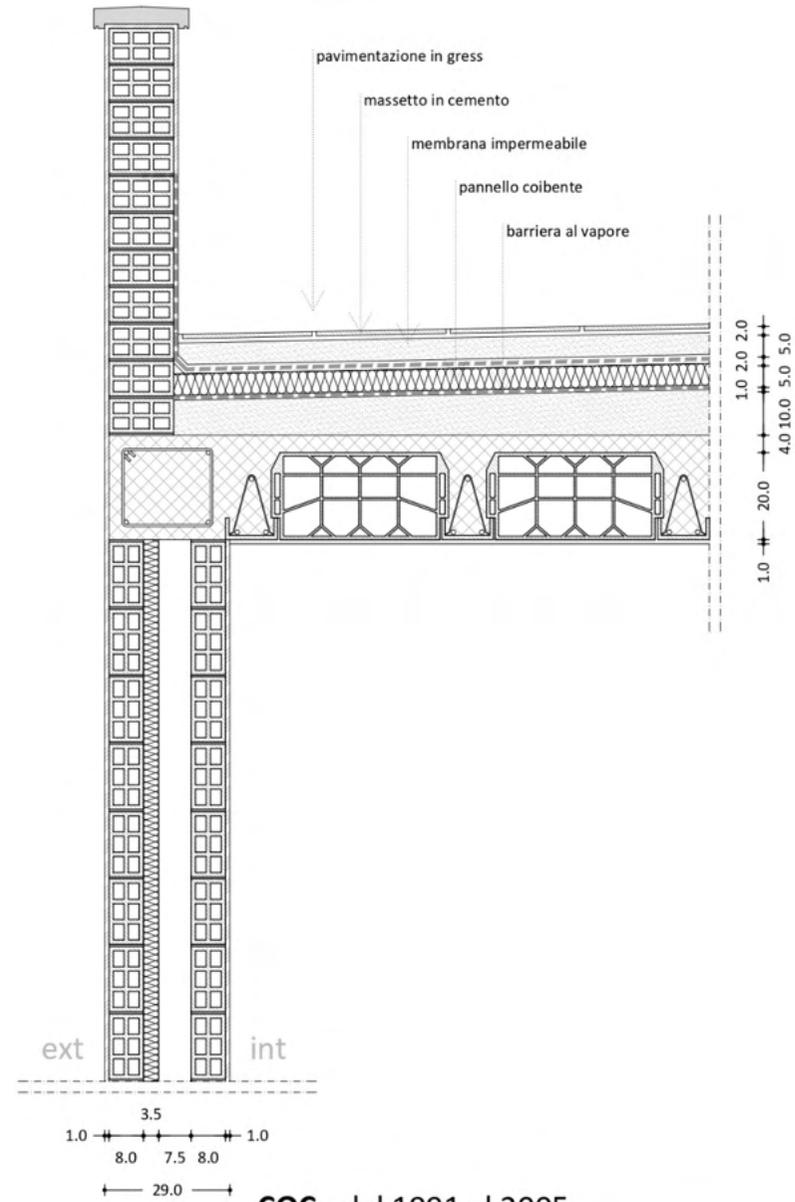
CIC - dal 2005 a oggi

SCHEDA 2.13

D1: Torre



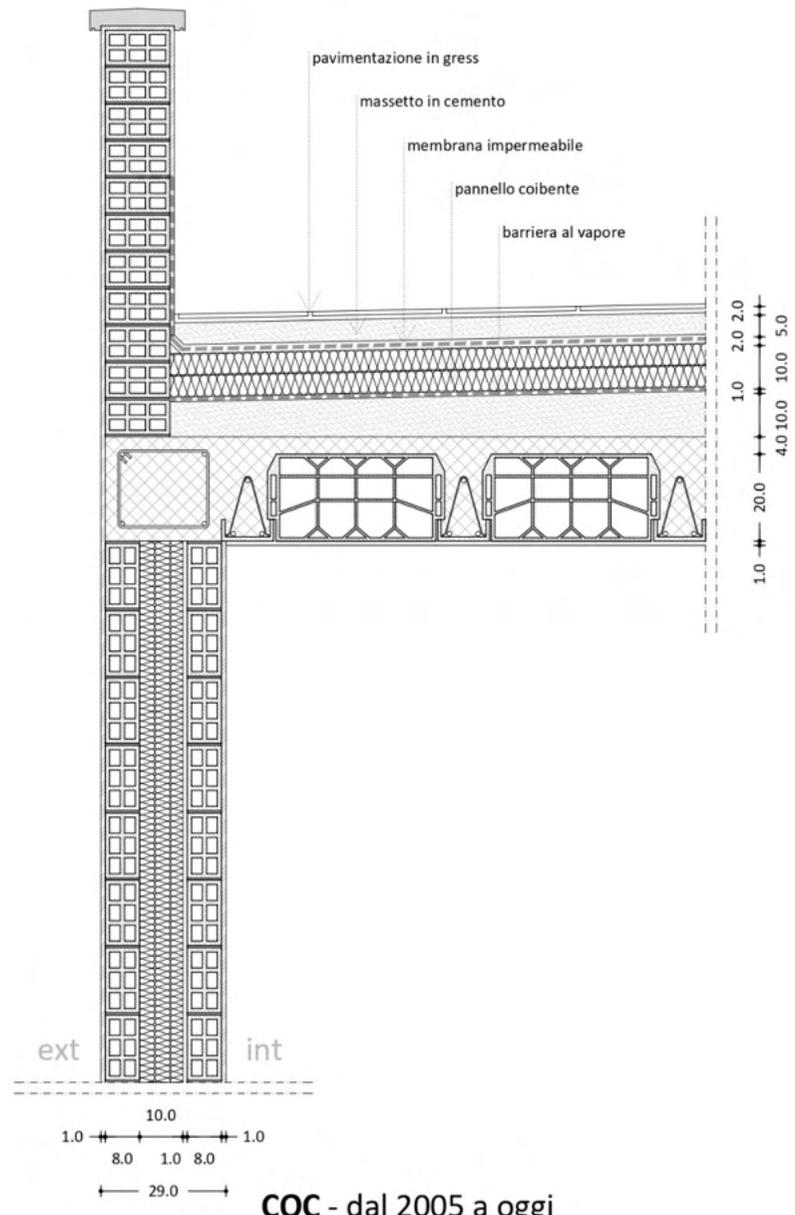
COC - fino al 1991



COC - dal 1991 al 2005

SCHEDA 2.14

D1: Torre



Allegato 3: parametri termici dei componenti edili degli archetipi

Progetto: RSE 2020 - ALLEGATO 3 - Stratigrafie stato di fatto

Committente
Indirizzo
Telefono
E-mail
Calcolo eseguito da
Commento

Località: Carbonia (CI)

| | Descrizione | Trasmittanza stazionaria [W/m²K] | Trasmittanza periodica [W/m²K] | Rischio muffa superficiale | Rischio condensa interstiziale |
|----|---|---|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | SCHEDA 2.3 - Muro in trachite Edifici di fondazione - Pistoni - Piano terra | 1,628 | 0,034 | ✓ | ✓ |
| 2 | SCHEDA 2.1 - Muro in trachite_MADAU_60 cm | 1,898 | 0,074 | ✓ | ✓ |
| 3 | SCHEDA 2.2 - Muro in trachite_SP FOND 2_45 cm | 2,162 | 0,204 | ✓ | ✓ |
| 4 | SCHEDA 2.3 - Muro cassavuota in laterizio_ Pistoni O/5_ Piani alti | 0,960 | 0,418 | ✓ | ✓ |
| 5 | SCHEDA 2.5 - Muro in blocchi di cemento - B1 | 1,611 | 0,564 | ✓ | ✓ |
| 6 | SCHEDA 2.6 - Muratura in laterizio semipieno - B2 | 0,900 | 0,175 | ✓ | ✓ |
| 7 | SCHEDA 2.9 - 12 - Muratura cassa vuota senza isolante - D1, D2, D3 | 1,125 | 0,626 | ✓ | ✓ |
| 8 | SCHEDA 2.13 - Muratura cassa vuota con poco isolante - D1, D2, D3 | 0,562 | 0,335 | ✓ | ✓ |
| 9 | SCHEDA 2.1 - CIC - Medau | 1,747 | 1,131 | ✓ | ✓ |
| 10 | SCHEDA 2.1 - COB - Medau | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | ✓ | ⚠ |
| 11 | SCHEDA 2.2 - COB - Edifici di fondazione | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | ✓ | ✓ |
| 12 | SCHEDA 2.2 - COI - Edifici di fondazione con sottotetto | 2,975 | 2,123 | ✓ | ✓ |
| 13 | SCHEDA 2.3 - COC - Edifici di fondazione_ Pistoni | 0,343 | 0,002 | ✓ | ⚠ |
| 14 | SCHEDA 2.14 - Muratura cassa vuota con 10 cm isolante | 0,278 | 0,150 | ✓ | ✓ |
| 15 | SCHEDA 2.5 - COB - Edificio generico B1 | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | ✓ | ✓ |
| 16 | SCHEDA 2.5 - CIC - Edificio generico - B1 | 1,225 | 0,254 | ✓ | ✓ |

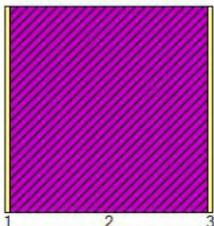
Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

1

| | | | | | | |
|----|---|---|-------|--|---|---|
| 17 | SCHEDA 2.6 - COB - Edificio generico B2 | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | | ✓ | ✓ |
| 18 | SCHEDA 2.6 - CIC - Edificio generico - B2 - fino '91 | 1,652 | 1,321 | | ✓ | ✓ |
| 19 | SCHEDA 2.7 - CIC - Edificio generico - B2 - '91 - 2000 | 0,468 | 0,367 | | ✓ | ⚠ |
| 20 | SCHEDA 2.7 - CIC - Edificio generico - B2 - 2000-2005 | 0,277 | 0,212 | | ✓ | ⚠ |
| 21 | SCHEDA 2.8 - CIC - Edificio generico - B2 - dal 2005 | 0,266 | 0,188 | | ✓ | ⚠ |
| 22 | SCHEDA 2.9 - COB - D1, D2, D3 - Pilotis - fino 1991 | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | | ✓ | ✓ |
| 23 | SCHEDA 2.9 - COB - D1, D2, D3 - Senza pilotis | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | | ✓ | ✓ |
| 24 | SCHEDA 2.10 - COB - D1, D2, D3 - Pilotis isolato - dopo 1991 | Calcolo come da UNI 13770UNI EN ISO 13770 | | | ✓ | ✓ |
| 25 | SCHEDA 2.11 . CIC - D2, D3, - fino 1991 | 1,672 | 0,359 | | ✓ | ⚠ |
| 26 | SCHEDA 2.11 . CIC - D2, D3, - dal1991 al 2005 | 0,470 | 0,061 | | ✓ | ⚠ |
| 27 | SCHEDA 2.12 . CIC - D2, D3, - dal 2005 | 0,278 | 0,033 | | ✓ | ⚠ |
| 28 | SCHEDA 2.13 . CIC - D1 - fino al 1991 | 1,415 | 0,347 | | ✓ | ⚠ |
| 29 | SCHEDA 2.13 . CIC - D1 - dal 1991 al 2005 | 0,437 | 0,035 | | ✓ | ⚠ |
| 30 | SCHEDA 2.14 . CIC - D1 - dopo il 2005 | 0,266 | 0,019 | | ✓ | ⚠ |
| 31 | SCHEDA 2.4 - COC - Edifici di fondazione - Pistoni - Solai a volta | 1,004 | 0,135 | | ✓ | ✓ |
| 32 | SCHEDA 2.3 - Muro in trachite Edifici di fondazione - Pistoni - Piano 1,2,3 | 1,978 | 0,139 | | ✓ | ✓ |
| 33 | SCHEDA 2.3 - Muro in trachite Edifici di fondazione - Pistoni - Piano 4 | 2,110 | 0,199 | | ✓ | ✓ |

Struttura 1: SCHEDA 2.3 - Muro in trachite_ Edifici di fondazione - Pistoni - Piano terra

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | VAR | Muro in Trachite (comprensivo dei giunti in malta) |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,015 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 27,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| 2 | 0,670 | 2334,3 | 1,650 | 1000,0 | 27,0 | 1564,0 | 0,41 | 18,09 | 0,707 |
| 3 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Spessore totale | 0,700 m |
| Massa superficiale | 1612,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 1564,0 kg/m ² |
| Resistenza | 0,61 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,63 W/m ² K |

Parametri dinamici

| | | | | |
|--|-------------------------|------------------|-------------------------|---------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,04 W/m ² K | Valori invernali | 0,03 W/m ² K | Valori estivi |
| Fattore di attenuazione | 0,03 | | 0,02 | |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

| | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sfasamento | 19h 27' | 19h 50' |
| Capacità interna | 71,2 kJ/m ² K | 73,1 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 136,1 kJ/m ² K | 103,6 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 5,20 W/m ² K | 5,34 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,93 W/m ² K | 7,56 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,628 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di 268,2 W/m² < 290 W/m²
massima insolazione

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

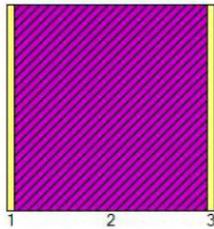
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,61 m ² K/W | Verifica superata |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 2: SCHEDA 2.1 - Muro in trachite_MADAU_60 cm

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|------------------|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | VAR | Muro in Trachite |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 36,0 | 0,02 | 0,20 | 0,500 |
| 2 | 0,560 | 2452,8 | 1,830 | 1000,0 | 27,0 | 1373,6 | 0,31 | 15,12 | 0,746 |
| 3 | 0,020 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 28,0 | 0,03 | 0,20 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Spessore totale | 0,600 m |
| Massa superficiale | 1437,6 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 1373,6 kg/m ² |
| Resistenza | 0,53 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,90 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,09 W/m ² K | 0,07 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,05 | 0,04 |
| Sfasamento | 16h 23' | 16h 45' |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

6

| | | |
|--------------------|--------------|--------------|
| Capacità interna | 71,2 kJ/m²K | 72,8 kJ/m²K |
| Capacità esterna | 137,0 kJ/m²K | 104,0 kJ/m²K |
| Ammettenza interna | 5,15 W/m²K | 5,29 W/m²K |
| Ammettenza esterna | 9,96 W/m²K | 7,56 W/m²K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|-------------|
| Trasmittanza | 1,898 W/m²K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m²K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m²K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

Rischio condensa Rischio formazione muffe

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

7

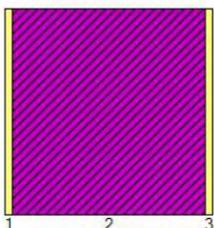
| | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,53 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 3: SCHEDA 2.2 - Muro in trachite_SP FOND 2 _ 45 cm

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | VAR | Muro in Trachite (comprensivo dei giunti in malta) |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,015 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 27,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| 2 | 0,420 | 2334,3 | 1,650 | 1000,0 | 27,0 | 980,4 | 0,25 | 11,34 | 0,707 |
| 3 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Spessore totale | 0,450 m |
| Massa superficiale | 1028,4 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 980,4 kg/m ² |
| Resistenza | 0,46 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 2,16 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Trasmittanza periodica Yie | 0,26 W/m ² K | 0,20 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,12 | 0,10 |
| Sfasamento | 12h 36' | 12h 59' |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

| | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Capacità interna | 74,9 kJ/m ² K | 75,9 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 139,3 kJ/m ² K | 106,2 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 5,20 W/m ² K | 5,34 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,91 W/m ² K | 7,55 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 2,162 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

Rischio condensa Rischio formazione muffe

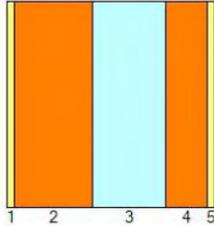
| | | |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,46 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 4: SCHEDA 2.3 - Muro cassavuota in laterizio _ Pistoni O/5 _ Piani alti

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | MUR | Struttura in blocchi forati 15x25x25cm rif 1.1.11 - sp.parete 15cm |
| 3 | INA | Camera non ventilata |
| 4 | MUR | Mattoni forati 1 - spessore 8 cm (conduttività eq. 0,400 W/mK) |
| 5 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,015 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 27,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| 2 | 0,150 | 760,0 | 0,333 | 1000,0 | 10,0 | 114,0 | 0,45 | 1,50 | 0,439 |
| 3 | 0,140 | 1,0 | 0,764 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,18 | 0,14 | 0,000 |
| 4 | 0,080 | 800,0 | 0,400 | 1000,0 | 10,0 | 64,0 | 0,20 | 0,80 | 0,500 |
| 5 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduttività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,400 m |
| Massa superficiale | 226,1 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 178,1 kg/m ² |
| Resistenza | 1,04 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,96 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

12

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,45 W/m ² K | 0,42 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,47 | 0,44 |
| Sfasamento | 8h 8' | 8h 27' |
| Capacità interna | 55,1 kJ/m ² K | 55,6 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 74,7 kJ/m ² K | 66,7 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 3,59 W/m ² K | 3,64 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 4,99 W/m ² K | 4,44 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,960 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

13

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

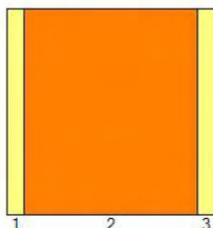
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 1,04 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 5: SCHEDA 2.5 - Muro in blocchi di cemento - B1

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|----------------------------|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | MUR | Muro di blocchi di cemento |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 36,0 | 0,02 | 0,20 | 0,500 |
| 2 | 0,200 | 1400,0 | 0,500 | 1000,0 | 10,0 | 280,0 | 0,40 | 2,00 | 0,357 |
| 3 | 0,020 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 28,0 | 0,03 | 0,20 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | | |
|-------------------------------------|-------|--------------------|
| Spessore totale | 0,240 | m |
| Massa superficiale | 344,0 | kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 280,0 | kg/m ² |
| Resistenza | 0,62 | m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,61 | W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,66 W/m ² K | 0,56 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,41 | 0,37 |
| Sfasamento | 8h 8' | 8h 33' |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

15

| | | |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|
| Capacità interna | 65,1 kJ/m ² K | 65,5 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 100,6 kJ/m ² K | 84,9 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,18 W/m ² K | 4,26 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 6,69 W/m ² K | 5,64 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,611 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

Rischio condensa Rischio formazione muffe

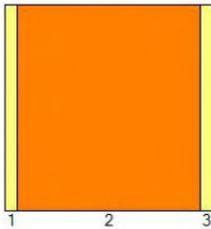
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,62 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 6: SCHEDA 2.6 - Muratura in laterizio semipieno - B2

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|----------------------------------|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | MUR | Mattoni semipieni spessore 30 cm |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 36,0 | 0,02 | 0,20 | 0,500 |
| 2 | 0,300 | 1000,0 | 0,337 | 1000,0 | 10,0 | 300,0 | 0,89 | 3,00 | 0,337 |
| 3 | 0,020 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 28,0 | 0,03 | 0,20 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,340 m |
| Massa superficiale | 364,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 300,0 kg/m ² |
| Resistenza | 1,11 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,90 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,20 W/m ² K | 0,18 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,22 | 0,20 |
| Sfasamento | 11h 57' | 12h 22' |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

18

| | | |
|--------------------|-------------|-------------|
| Capacità interna | 53,7 kJ/m²K | 54,1 kJ/m²K |
| Capacità esterna | 79,0 kJ/m²K | 69,2 kJ/m²K |
| Ammettenza interna | 3,73 W/m²K | 3,79 W/m²K |
| Ammettenza esterna | 5,60 W/m²K | 4,90 W/m²K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|-------------|
| Trasmittanza | 0,900 W/m²K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m²K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m²K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

Rischio condensa Rischio formazione muffe

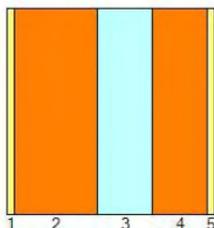
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 1,11 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 7: SCHEDA 2.9 - 12 - Muratura cassa vuota senza isolante - D1, D2, D3

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | MUR | Mattoni forati 2 - spessore 12 cm (conduttività eq. 0,387 W/mK) |
| 3 | INA | Camera non ventilata |
| 4 | MUR | Mattoni forati 1 - spessore 8 cm (conduttività eq. 0,400 W/mK) |
| 5 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 18,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| 2 | 0,120 | 800,0 | 0,387 | 1000,0 | 10,0 | 96,0 | 0,31 | 1,20 | 0,484 |
| 3 | 0,080 | 1,0 | 0,436 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,18 | 0,08 | 0,000 |
| 4 | 0,080 | 800,0 | 0,400 | 1000,0 | 10,0 | 64,0 | 0,20 | 0,80 | 0,500 |
| 5 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduttività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,300 m |
| Massa superficiale | 192,1 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 160,1 kg/m ² |
| Resistenza | 0,89 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,13 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

21

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,67 W/m ² K | 0,63 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,59 | 0,56 |
| Sfasamento | 6h 31' | 6h 49' |
| Capacità interna | 53,5 kJ/m ² K | 54,2 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 75,4 kJ/m ² K | 67,3 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 3,40 W/m ² K | 3,45 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 4,92 W/m ² K | 4,38 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,125 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

| | |
|--|---|
| Irradianza media del mese di massima insolazione | 268,2 W/m ² < 290 W/m ² |
|--|---|

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

22

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

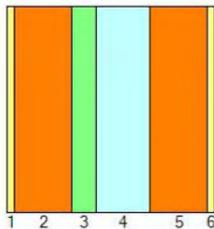
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,89 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 8: SCHEDA 2.13 - Muratura cassa vuota con poco isolante - D1, D2, D3

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | MUR | Mattoni forati 1 - spessore 8 cm (conduttività eq. 0,400 W/mK) |
| 3 | ISO | PUR Poliuretano espanso in situ |
| 4 | INA | Camera non ventilata |
| 5 | MUR | Mattoni forati 1 - spessore 8 cm (conduttività eq. 0,400 W/mK) |
| 6 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 18,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| 2 | 0,080 | 800,0 | 0,400 | 1000,0 | 10,0 | 64,0 | 0,20 | 0,80 | 0,500 |
| 3 | 0,035 | 37,0 | 0,035 | 1401,6 | 70,0 | 1,3 | 1,00 | 2,45 | 0,675 |
| 4 | 0,075 | 1,0 | 0,409 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,18 | 0,08 | 0,000 |
| 5 | 0,080 | 800,0 | 0,400 | 1000,0 | 10,0 | 64,0 | 0,20 | 0,80 | 0,500 |
| 6 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduttività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,290 m |
| Massa superficiale | 161,4 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 129,4 kg/m ² |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

24

Resistenza 1,78 m²K/W
 Trasmittanza U 0,56 W/m²K

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Yie | 0,36 W/m ² K | 0,33 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,63 | 0,60 |
| Sfasamento | 6h 9' | 6h 35' |
| Capacità interna | 53,0 kJ/m ² K | 53,8 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 71,0 kJ/m ² K | 64,8 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 3,60 W/m ² K | 3,65 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 4,85 W/m ² K | 4,42 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

Provincia CARBONIA - IGLESIAS
 Comune Carbonia
 Gradi giorno 922
 Zona C

Verifica invernale

Trasmittanza 0,562 W/m²K
 Trasmittanza di riferimento 0,34 W/m²K
 Trasmittanza limite per edifici esistenti 0,36 W/m²K

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

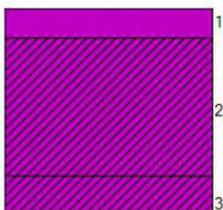
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 1,78 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 9: SCHEDA 2.1 - CIC - Medau

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | VAR | Tegole in argilla |
| 2 | VAR | Terra cruda (fonte dati: http://www.sardegna.territorio.it/documenti/6_288_20121227102719.pdf) |
| 3 | VAR | Cannicciato (fonte: Thermal properties of local Sardinian masonry and insulation materials: experimental assessment on full-scale models + https://issuu.com/ff-buildingprojets/docs/costruzioni_in_cannicciato_e_argill) |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,015 | 2000,0 | 1,000 | 799,1 | 30,0 | 30,0 | 0,02 | 0,45 | 0,626 |
| 2 | 0,070 | 1600,0 | 0,700 | 1000,0 | 5,0 | 112,0 | 0,10 | 0,35 | 0,438 |
| 3 | 0,020 | 150,0 | 0,063 | 1000,0 | 4,0 | 3,0 | 0,32 | 0,08 | 0,420 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

- Spessore totale 0,105 m
- Massa superficiale 145,0 kg/m²
- Massa superficiale esclusi intonaci 145,0 kg/m²
- Resistenza 0,57 m²K/W

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

Trasmittanza U 1,75 W/m²K

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 1,48 W/m ² K | 1,13 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,85 | 0,75 |
| Sfasamento | 2h 46' | 3h 25' |
| Capacità interna | 20,5 kJ/m ² K | 21,1 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 97,8 kJ/m ² K | 84,5 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 1,92 W/m ² K | 1,73 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 6,97 W/m ² K | 6,01 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

Provincia CARBONIA - IGLESIAS
Comune Carbonia
Gradi giorno 922
Zona C

Verifica invernale

Trasmittanza 1,747 W/m²K
Trasmittanza di riferimento 0,33 W/m²K
Trasmittanza limite per edifici esistenti 0,32 W/m²K

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

28

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

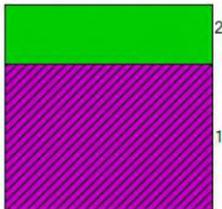
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,57 m ² K/W | |
| | | Verifica non superata |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 10: SCHEDA 2.1 - COB - Medau

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | VAR | Terra cruda (fonte dati: http://www.sardegna.territorio.it/documenti/6_288_20121227102719.pdf) |
| 2 | PAV | Piastrelle in ceramica / porcellana |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,100 | 1600,0 | 0,700 | 1000,0 | 5,0 | 160,0 | 0,14 | 0,50 | 0,438 |
| 2 | 0,040 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 92,0 | 0,03 | 80000,00 | 0,672 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

Spessore totale 0,140 m

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Parametri dinamici **Valori invernali** **Valori estivi**

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

30

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,7 | 2153 | 100,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 19,5 | 2264 | 100,0 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 18,9 | 2181 | 100,0 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 18,6 | 2141 | 100,0 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 18,6 | 2141 | 100,0 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 18,6 | 2144 | 100,0 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 17,2 | 1956 | 100,0 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 17,8 | 2036 | 100,0 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 21,1 | 2502 | 100,0 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 23,2 | 2848 | 100,0 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 24,1 | 3007 | 100,0 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,5 | 2566 | 100,0 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

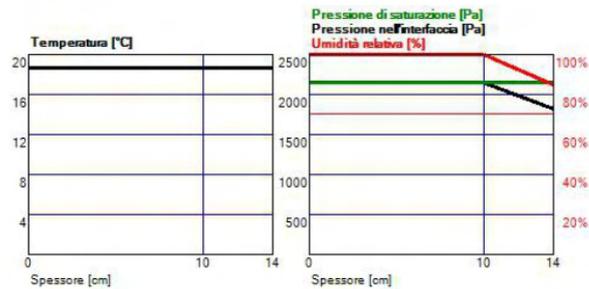
Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | -12,457 | 16,6 | -5,664 |
| dicembre | 12,0 | -6,188 | 15,5 | -3,094 |
| gennaio | 12,0 | -4,660 | 15,5 | -2,219 |
| febbraio | 12,0 | -4,660 | 15,5 | -2,222 |
| marzo | 11,4 | -5,168 | 14,9 | -2,705 |

| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|
| Mese critico | | |
| Fattore di temperatura | 0,000 | 0,000 |
| Resistenza minima accettabile | 0,25 m²K/W | 0,25 m²K/W |
| Resistenza dell'elemento | | 0,38 m²K/W |
| | | Verifica superata |

Verifica della condensa interstiziale

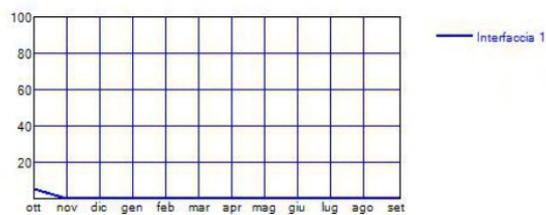
OTTOBRE



Condensa accumulata



| Mese | Interfaccia 1 | |
|-----------|--|---|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 5,1 | 5,1 |
| novembre | -26,0 | 0,0 |
| dicembre | 0,0 | 0,0 |
| gennaio | 0,0 | 0,0 |
| febbraio | 0,0 | 0,0 |
| marzo | 0,0 | 0,0 |
| aprile | 0,0 | 0,0 |
| maggio | 0,0 | 0,0 |
| giugno | 0,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 11: SCHEDA 2.2 - COB - Edifici di fondazione

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | CLS | Massetto in calcestruzzo ordinario densità 1500 kg/m ³ |
| 2 | INT | Cemento, sabbia |
| 3 | PAV | Pavimentazione interna - gres |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,17 | | |
| 1 | 0,050 | 1500,0 | 1,060 | 1000,0 | 80,0 | 75,0 | 0,05 | 4,00 | 0,707 |
| 2 | 0,010 | 1800,0 | 1,000 | 1000,0 | 6,0 | 18,0 | 0,01 | 0,06 | 0,556 |
| 3 | 0,010 | 1700,0 | 1,470 | 711,3 | 2000000,0 | 17,0 | 0,01 | 20000,00 | 1,216 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

Spessore totale 0,070 m

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Parametri dinamici Valori invernali Valori estivi

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

33

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

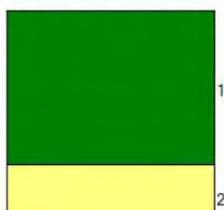
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,40 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 12: SCHEDA 2.2 - COI - Edifici di fondazione con sottotetto

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|-------------------------------------|
| 1 | SOL | Tavelloni in laterizio |
| 2 | INT | Malta di calce o di calce e cemento |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,10 | | |
| 1 | 0,030 | 600,0 | 0,240 | 1000,0 | 5,0 | 18,0 | 0,13 | 0,15 | 0,400 |
| 2 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 16,0 | 18,0 | 0,01 | 0,16 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | | |
|-------------------------------------|-------|--------------------|
| Spessore totale | 0,040 | m |
| Massa superficiale | 36,0 | kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 18,0 | kg/m ² |
| Resistenza | 0,34 | m ² K/W |
| Trasmittanza U | 2,98 | W/m ² K |

Parametri dinamici

| | Valori invernali | Valori estivi |
|--|---------------------|---------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 2,94 | 2,12 |
| Fattore di attenuazione | 0,99 | 0,97 |
| Sfasamento | 0h 45' | 1h 4' |
| Capacità interna | 20,8 | 19,7 |
| | kJ/m ² K | kJ/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

35

| | | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| Capacità esterna | 14,8 kJ/m ² K | 15,3 kJ/m ² K |
| Ammetenza interna | 3,25 W/m ² K | 2,50 W/m ² K |
| Ammetenza esterna | 3,08 W/m ² K | 2,35 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 2,975 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 20,0 | 1153 | 49,3 | 20,0 | 1253 | 53,6 |
| dicembre | 20,0 | 943 | 40,4 | 20,0 | 1043 | 44,6 |
| gennaio | 20,0 | 944 | 40,4 | 20,0 | 1044 | 44,7 |
| febbraio | 20,0 | 950 | 40,7 | 20,0 | 1050 | 44,9 |
| marzo | 20,0 | 943 | 40,4 | 20,0 | 1043 | 44,6 |
| aprile | 18,0 | 1053 | 51,0 | 18,0 | 1224 | 59,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 10,3 | -96,940 | 13,7 | -63,099 |
| dicembre | 7,6 | -123,989 | 10,9 | -90,889 |
| gennaio | 7,6 | -123,898 | 10,9 | -90,796 |
| febbraio | 7,7 | -123,008 | 11,0 | -89,881 |
| marzo | 7,6 | -124,007 | 10,9 | -90,907 |

Rischio condensa Rischio formazione muffe

| | | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Mese critico | | |
| Fattore di temperatura | 0,000 | 0,000 |
| Resistenza minima accettabile | 0,25 m ² K/W | 0,25 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,34 m ² K/W | |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

36

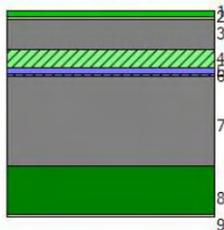
Verifica superata

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 13: SCHEDA 2.3 - COC - Edifici di fondazione _ Pistoni

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | PAV | Piastrelle in ceramica / porcellana |
| 2 | INT | Malta di cemento |
| 3 | CLS | Massetto in calcestruzzo ordinario densità 1500 kg/m ³ |
| 4 | ISO | Cellulite - Calcestruzzo di cemento poroso (Fonte: Gli isolanti termici (1920-1940): Tecniche e materiali nella costruzione italiana. Pag. 136-137) |
| 5 | IMP | Membrana impermeabilizzante bituminosa |
| 6 | IMP | Barriera al vapore |
| 7 | CLS | Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 2%) |
| 8 | SOL | Soletta (blocchi in laterizio+travetti in cls) sp.16 cm, densità 900 kg/m ³ |
| 9 | INT | Malta di calce o di calce e cemento |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 46,0 | 0,02 | 40000,00 | 0,672 |
| 2 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 20,0 | 20,0 | 0,01 | 0,20 | 0,700 |
| 3 | 0,100 | 1500,0 | 1,060 | 1000,0 | 80,0 | 150,0 | 0,09 | 8,00 | 0,707 |
| 4 | 0,060 | 1100,0 | 0,029 | 1000,0 | 7,0 | 66,0 | 2,07 | 0,42 | 0,026 |
| 5 | 0,020 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 24,0 | 0,12 | 1000,00 | 0,142 |
| 6 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 7 | 0,300 | 2400,0 | 2,500 | 1000,0 | 80,0 | 720,0 | 0,12 | 24,00 | 1,042 |
| 8 | 0,160 | 900,0 | 0,559 | 1000,0 | 15,0 | 144,0 | 0,29 | 2,40 | 0,621 |
| 9 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 16,0 | 18,0 | 0,01 | 0,16 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

38

a Diffusività

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Spessore totale | 0,690 m |
| Massa superficiale | 1200,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 1162,0 kg/m ² |
| Resistenza | 2,92 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,34 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Trasmittanza periodica Yie | 0,00 W/m ² K | 0,00 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,01 | 0,01 |
| Sfasamento | 0h 12' | 1h 15' |
| Capacità interna | 57,5 kJ/m ² K | 46,8 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 132,2 kJ/m ² K | 104,6 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,19 W/m ² K | 3,41 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,62 W/m ² K | 7,61 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,343 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

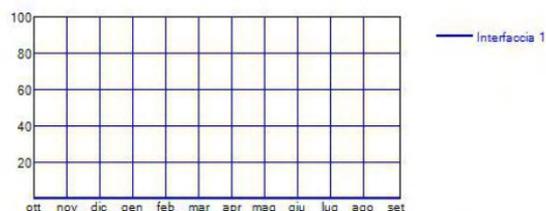
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 2,92 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



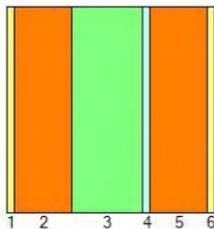
| Mese | Interfaccia 1 | |
|-----------|--|---|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,0 | 0,0 |
| dicembre | 0,1 | 0,1 |
| gennaio | 0,1 | 0,2 |
| febbraio | 0,1 | 0,3 |
| marzo | 0,0 | 0,3 |
| aprile | 0,0 | 0,3 |
| maggio | -0,1 | 0,2 |
| giugno | -0,4 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 14: SCHEDA 2.14 - Muratura cassa vuota con 10 cm isolante

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | MUR | Mattoni forati 1 - spessore 8 cm (conduttività eq. 0,400 W/mK) |
| 3 | ISO | PUR Poliuretano espanso in situ |
| 4 | INA | Camera non ventilata |
| 5 | MUR | Mattoni forati 1 - spessore 8 cm (conduttività eq. 0,400 W/mK) |
| 6 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 18,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| 2 | 0,080 | 800,0 | 0,400 | 1000,0 | 10,0 | 64,0 | 0,20 | 0,80 | 0,500 |
| 3 | 0,100 | 37,0 | 0,035 | 1401,6 | 70,0 | 3,7 | 2,86 | 7,00 | 0,675 |
| 4 | 0,010 | 1,0 | 0,067 | 1004,2 | 1,0 | 0,0 | 0,15 | 0,01 | 0,000 |
| 5 | 0,080 | 800,0 | 0,400 | 1000,0 | 10,0 | 64,0 | 0,20 | 0,80 | 0,500 |
| 6 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduttività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,290 m |
| Massa superficiale | 163,7 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 131,7 kg/m ² |
| Resistenza | 3,60 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,28 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

42

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,16 W/m ² K | 0,15 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,58 | 0,54 |
| Sfasamento | 7h 12' | 7h 40' |
| Capacità interna | 53,3 kJ/m ² K | 54,0 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 71,2 kJ/m ² K | 65,1 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 3,73 W/m ² K | 3,79 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 5,02 W/m ² K | 4,59 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,278 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

43

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

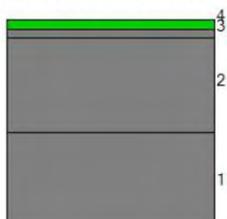
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 3,60 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 15: SCHEDA 2.5 - COB - Edificio generico B1

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | CLS | Calcestruzzo - 1800 kg/m ³ |
| 2 | CLS | Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 1600 kg/m ³ |
| 3 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 4 | PAV | Piastrelle in ceramica/porcellana |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,17 | | |
| 1 | 0,100 | 1800,0 | 1,150 | 1000,0 | 60,0 | 180,0 | 0,09 | 6,00 | 0,639 |
| 2 | 0,100 | 1600,0 | 1,080 | 1000,0 | 80,0 | 160,0 | 0,09 | 8,00 | 0,675 |
| 3 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 4 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

Spessore totale 0,220 m

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

45

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,58 W/m ² K | 1,21 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,31 | 0,47 |
| Sfasamento | 7h 24' | 6h 29' |
| Capacità interna | 64,2 kJ/m ² K | 93,9 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 64,5 kJ/m ² K | 94,5 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,30 W/m ² K | 6,15 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 4,32 W/m ² K | 6,20 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,000 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,38 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,38 W/m ² K |

Verifica superata

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

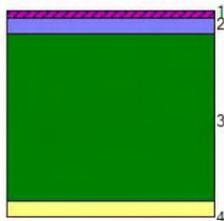
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,53 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 16: SCHEDA 2.5 - CIC - Edificio generico - B1

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | VAR | Lastre ondulate in amianto |
| 2 | IMP | Membrana impermeabilizzante bituminosa |
| 3 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 16x49,5x25cm e caldaia cls 6cm rif 2.1.03b - sp.solaio 22cm |
| 4 | INT | Intonaco di calce e gesso |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 135,0 | 0,050 | 1000,0 | 64,0 | 1,4 | 0,20 | 0,64 | 0,370 |
| 2 | 0,020 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 24,0 | 0,12 | 1000,00 | 0,142 |
| 3 | 0,220 | 1214,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 267,1 | 0,33 | 3,30 | 0,549 |
| 4 | 0,020 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 28,0 | 0,03 | 0,20 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduktività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,270 m |
| Massa superficiale | 320,4 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 292,4 kg/m ² |
| Resistenza | 0,82 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,23 W/m ² K |

Parametri dinamici Valori invernali Valori estivi

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

48

| | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,35 W/m ² K | 0,25 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,28 | 0,23 |
| Sfasamento | 8h 44' | 9h 12' |
| Capacità interna | 70,9 kJ/m ² K | 55,5 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 37,4 kJ/m ² K | 33,9 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,84 W/m ² K | 3,80 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 2,42 W/m ² K | 2,24 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,225 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

49

| | | | | |
|-------|------|-------|------|-------|
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |
|-------|------|-------|------|-------|

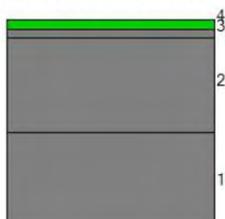
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,82 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 17: SCHEDA 2.6 - COB - Edificio generico B2

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | CLS | Calcestruzzo - 1800 kg/m ³ |
| 2 | CLS | Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 1600 kg/m ³ |
| 3 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 4 | PAV | Piastrelle in ceramica/porcellana |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,100 | 1800,0 | 1,150 | 1000,0 | 60,0 | 180,0 | 0,09 | 6,00 | 0,639 |
| 2 | 0,100 | 1600,0 | 1,080 | 1000,0 | 80,0 | 160,0 | 0,09 | 8,00 | 0,675 |
| 3 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 4 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

Spessore totale 0,220 m

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

51

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

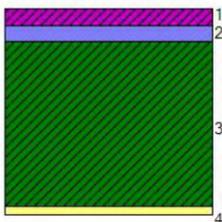
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m²K/W | 0,56 m²K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,40 m²K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 18: SCHEDA 2.6 - CIC - Edificio generico - B2 - fino '91

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | VAR | Tegole e coppi in laterizio (UNI EN 1745) |
| 2 | IMP | Membrana impermeabilizzante bituminosa |
| 3 | SOL | Solaio laterocemento 16+4 da UNI 10355 |
| 4 | INT | Intonaco di calce e gesso |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1600,0 | 0,470 | 1000,0 | 10,0 | 32,0 | 0,04 | 0,20 | 0,294 |
| 2 | 0,020 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 24,0 | 0,12 | 1000,00 | 0,142 |
| 3 | 0,200 | 37,2 | 0,688 | 840,0 | 9,0 | 7,4 | 0,29 | 1,80 | 22,012 |
| 4 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,250 m |
| Massa superficiale | 77,4 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 63,4 kg/m ² |
| Resistenza | 0,61 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,65 W/m ² K |

Parametri dinamici

| | Valori invernali | Valori estivi |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 1,59 W/m ² K | 1,32 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,96 | 0,93 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

| | | |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Sfasamento | 1h 45' | 2h 19' |
| Capacità interna | 23,2 kJ/m ² K | 22,9 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 50,6 kJ/m ² K | 48,4 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 2,04 W/m ² K | 1,83 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 3,69 W/m ² K | 3,45 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,652 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di 268,2 W/m² < 290 W/m²
massima insolazione

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

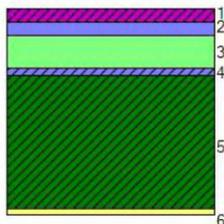
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,61 m ² K/W | Verifica superata |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 19: SCHEDA 2.7 - CIC - Edificio generico - B2 - '91 - 2000

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | VAR | Tegole e coppi in laterizio (UNI EN 1745) |
| 2 | IMP | Membrana impermeabilizzante bituminosa |
| 3 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 4 | IMP | Barriera al vapore |
| 5 | SOL | Solaio laterocemento 16+4 da UNI 10355 |
| 6 | INT | Intonaco di calce e gesso |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1600,0 | 0,470 | 1000,0 | 10,0 | 32,0 | 0,04 | 0,20 | 0,294 |
| 2 | 0,020 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 24,0 | 0,12 | 1000,00 | 0,142 |
| 3 | 0,050 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 1,3 | 1,47 | 4,50 | 0,970 |
| 4 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 5 | 0,200 | 37,2 | 0,688 | 840,0 | 9,0 | 7,4 | 0,29 | 1,80 | 22,012 |
| 6 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduttività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,310 m |
| Massa superficiale | 90,7 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 76,7 kg/m ² |
| Resistenza | 2,13 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,47 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,41 W/m ² K | 0,37 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,88 | 0,82 |
| Sfasamento | 3h 27' | 4h 14' |
| Capacità interna | 29,0 kJ/m ² K | 27,6 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 55,1 kJ/m ² K | 52,5 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 1,93 W/m ² K | 1,82 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 3,79 W/m ² K | 3,60 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,468 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

57

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

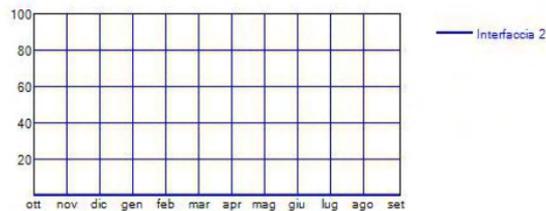
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 2,13 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



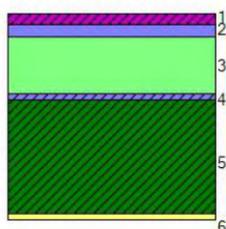
| Interfaccia 2 | | |
|---------------|--|---|
| Mese | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,0 | 0,0 |
| dicembre | 0,0 | 0,0 |
| gennaio | 0,1 | 0,1 |
| febbraio | 0,0 | 0,1 |
| marzo | -0,2 | 0,0 |
| aprile | 0,0 | 0,0 |
| maggio | 0,0 | 0,0 |
| giugno | 0,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 20: SCHEDA 2.7 - CIC - Edificio generico - B2 - 2000-2005

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | VAR | Tegole e coppi in laterizio (UNI EN 1745) |
| 2 | IMP | Membrana impermeabilizzante bituminosa |
| 3 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 4 | IMP | Barriera al vapore |
| 5 | SOL | Solaio laterocemento 16+4 da UNI 10355 |
| 6 | INT | Intonaco di calce e gesso |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1600,0 | 0,470 | 1000,0 | 10,0 | 32,0 | 0,04 | 0,20 | 0,294 |
| 2 | 0,020 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 24,0 | 0,12 | 1000,00 | 0,142 |
| 3 | 0,100 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 2,5 | 2,94 | 9,00 | 0,970 |
| 4 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 5 | 0,200 | 37,2 | 0,688 | 840,0 | 9,0 | 7,4 | 0,29 | 1,80 | 22,012 |
| 6 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,360 m |
| Massa superficiale | 91,9 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 77,9 kg/m ² |
| Resistenza | 3,61 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,28 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

59

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,24 W/m ² K | 0,21 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,86 | 0,79 |
| Sfasamento | 4h 3' | 4h 54' |
| Capacità interna | 29,8 kJ/m ² K | 28,2 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 55,4 kJ/m ² K | 52,7 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 2,03 W/m ² K | 1,91 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 3,87 W/m ² K | 3,68 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,277 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

60

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

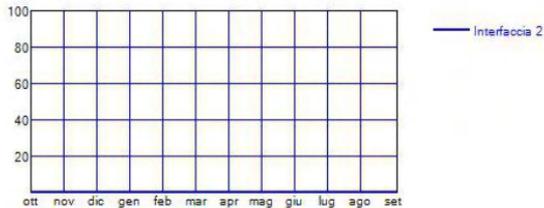
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 3,61 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



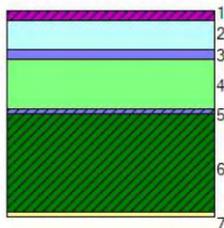
| Interfaccia 2 | | |
|---------------|--|---|
| Mese | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,0 | 0,0 |
| dicembre | 0,1 | 0,1 |
| gennaio | 0,1 | 0,2 |
| febbraio | 0,1 | 0,3 |
| marzo | -0,1 | 0,2 |
| aprile | -0,3 | 0,0 |
| maggio | 0,0 | 0,0 |
| giugno | 0,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 21: SCHEDA 2.8 - CIC - Edificio generico - B2 - dal 2005

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | VAR | Tegole e coppi in laterizio (UNI EN 1745) |
| 2 | INA | Camera debolmente ventilata |
| 3 | IMP | Membrana impermeabilizzante bituminosa |
| 4 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 5 | IMP | Barriera al vapore |
| 6 | SOL | Solaio laterocemento 16+4 da UNI 10355 |
| 7 | INT | Intonaco di calce e gesso |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M_s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S_D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1600,0 | 0,470 | 1000,0 | 10,0 | 32,0 | 0,04 | 0,20 | 0,294 |
| 2 | 0,060 | 1,0 | 0,578 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,16 | 0,06 | 0,000 |
| 3 | 0,020 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 24,0 | 0,12 | 1000,00 | 0,142 |
| 4 | 0,100 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 2,5 | 2,94 | 9,00 | 0,970 |
| 5 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 6 | 0,200 | 37,2 | 0,688 | 840,0 | 9,0 | 7,4 | 0,29 | 1,80 | 22,012 |
| 7 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|-----------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduktività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M_s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S_D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,420 m |
| Massa superficiale | 92,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 78,0 kg/m ² |
| Resistenza | 3,75 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,27 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

62

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,24 W/m ² K | 0,19 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,89 | 0,69 |
| Sfasamento | 4h 3' | 5h 43' |
| Capacità interna | 29,8 kJ/m ² K | 28,4 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 55,4 kJ/m ² K | 48,4 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 2,03 W/m ² K | 1,92 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 3,87 W/m ² K | 3,37 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,266 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

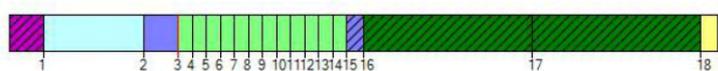
63

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

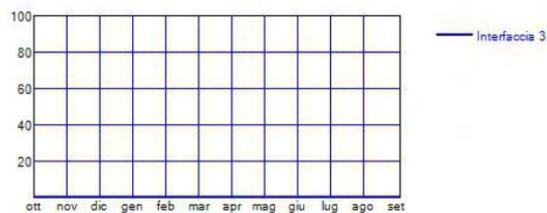
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 3,75 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



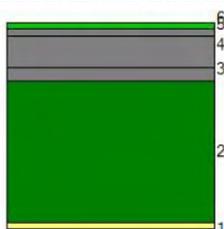
| Interfaccia 3 | | |
|---------------|--|---|
| Mese | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,0 | 0,0 |
| dicembre | 0,0 | 0,0 |
| gennaio | 0,0 | 0,1 |
| febbraio | 0,0 | 0,1 |
| marzo | -0,2 | 0,0 |
| aprile | 0,0 | 0,0 |
| maggio | 0,0 | 0,0 |
| giugno | 0,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 22: SCHEDA 2.9 - COB - D1, D2, D3 - Pilotis - fino 1991

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldana cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 3 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 4 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 5 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 6 | PAV | Piastrelle in ceramica / porcellana |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 18,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| 2 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 3 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 4 | 0,050 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 100,0 | 0,04 | 0,05 | 0,700 |
| 5 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 6 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

Spessore totale 0,320 m

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | | 0,61 m ² K/W |
| | | Verifica superata |

Verifica della condensa interstiziale

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

66

Verifica superata

Struttura 23: SCHEDA 2.9 - COB - D1, D2, D3 - Senza pilotis

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---------------------------------------|
| 1 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 2 | IMP | Cartone catramato |
| 3 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 4 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 5 | PAV | Piastrelle in ceramica / porcellana |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,17 | | |
| 1 | 0,100 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 240,0 | 0,05 | 8,00 | 0,833 |
| 2 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 3 | 0,080 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 160,0 | 0,06 | 0,08 | 0,700 |
| 4 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 5 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

Spessore totale 0,220 m

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

68

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

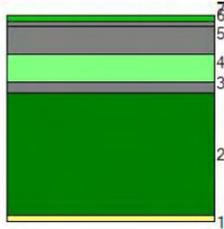
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m²K/W | 0,56 m²K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,50 m²K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 24: SCHEDA 2.10 - COB - D1, D2, D3 - Pilotis isolato - dopo 1991

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldana cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 3 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 4 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 5 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 6 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 7 | PAV | Piastrelle in ceramica / porcellana |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 18,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| 2 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 3 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 4 | 0,050 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 1,3 | 1,47 | 4,50 | 0,970 |
| 5 | 0,050 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 100,0 | 0,04 | 0,05 | 0,700 |
| 6 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 7 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| | | | | | | | 0,17 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduktività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

Spessore totale 0,370 m

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

70

Calcolo trasmittanza come da UNI EN ISO 13770

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m²K/W | 0,56 m²K/W |
| Resistenza dell'elemento | 2,08 m²K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

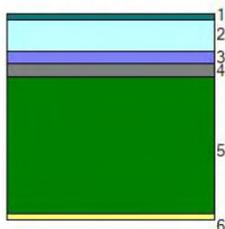
Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

71

Verifica superata

Struttura 25: SCHEDA 2.11 . CIC - D2, D3, - fino 1991

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | MET | Alluminio |
| 2 | INA | Camera fortemente ventilata |
| 3 | IMP | Cartone catramato |
| 4 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 5 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldaia cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 6 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|-------|-----------------------------|------------------|-----------|-----------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 2700,0 | 220,000 | 878,6 | 2000000,0 | 27,0 | 0,00 | 20000,00 | 92,736 |
| 2 | 0,050 | 1,0 | 0,481 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,10 | 0,05 | 0,000 |
| 3 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 4 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 5 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 6 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,330 m |
| Massa superficiale | 323,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 309,0 kg/m ² |
| Resistenza | 0,60 m ² K/W |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

Trasmittanza U 1,67 W/m²K

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,62 W/m ² K | 0,36 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,37 | 0,26 |
| Sfasamento | 7h 55' | 8h 52' |
| Capacità interna | 68,4 kJ/m ² K | 53,6 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 77,8 kJ/m ² K | 56,6 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,45 W/m ² K | 3,57 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 5,10 W/m ² K | 3,77 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

Provincia CARBONIA - IGLESIAS
Comune Carbonia
Gradi giorno 922
Zona C

Verifica invernale

Trasmittanza 1,672 W/m²K
Trasmittanza di riferimento 0,33 W/m²K
Trasmittanza limite per edifici esistenti 0,32 W/m²K

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

74

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

| | | |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,60 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



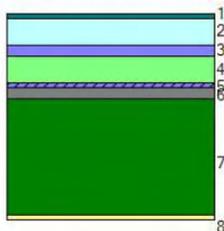
| Mese | Interfaccia 1 | | Interfaccia 2 | |
|-----------|--|---|--|---|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| dicembre | 5,4 | 5,4 | 2,5 | 2,5 |
| gennaio | 5,4 | 10,8 | 2,8 | 5,3 |
| febbraio | 4,9 | 15,7 | 0,7 | 6,0 |
| marzo | 5,1 | 20,8 | -19,5 | 0,0 |
| aprile | -15,8 | 4,9 | 0,0 | 0,0 |
| maggio | -47,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| giugno | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 26: SCHEDA 2.11 . CIC - D2, D3, - dal1991 al 2005

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | MET | Alluminio |
| 2 | INA | Camera fortemente ventilata |
| 3 | IMP | Cartone catramato |
| 4 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 5 | IMP | Barriera al vapore |
| 6 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 7 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldaia cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 8 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 2700,0 | 220,000 | 878,6 | 2000000,0 | 27,0 | 0,00 | 20000,00 | 92,736 |
| 2 | 0,050 | 1,0 | 0,481 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,10 | 0,05 | 0,000 |
| 3 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 4 | 0,050 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 1,3 | 1,47 | 4,50 | 0,970 |
| 5 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 6 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 7 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 8 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Parametri stazionari

Spessore totale 0,390 m

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

76

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Massa superficiale | 336,3 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 322,3 kg/m ² |
| Resistenza | 2,13 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,47 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Yie | 0,09 W/m ² K | 0,06 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,18 | 0,14 |
| Sfasamento | 10h 19' | 11h 26' |
| Capacità interna | 62,6 kJ/m ² K | 50,0 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 50,8 kJ/m ² K | 45,2 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,47 W/m ² K | 3,58 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 3,63 W/m ² K | 3,25 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,470 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| | | |
|--|------------------|--------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--|------------------|--------------------------|

| Mese | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

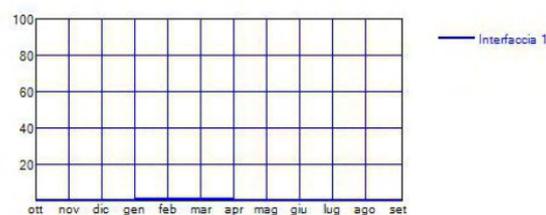
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 2,13 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



| Mese | Interfaccia 1 | |
|-----------|--|---|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,0 | 0,0 |
| dicembre | 0,2 | 0,2 |
| gennaio | 0,2 | 0,4 |
| febbraio | 0,2 | 0,6 |
| marzo | 0,0 | 0,6 |
| aprile | -0,1 | 0,5 |
| maggio | -0,5 | 0,0 |
| giugno | 0,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



Condensa presente ma entro i limiti.

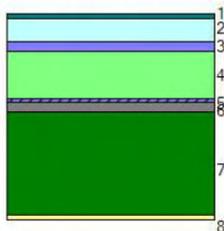
Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

78

Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).

Struttura 27: SCHEDA 2.12 . CIC - D2, D3, - dal 2005

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | MET | Alluminio |
| 2 | INA | Camera fortemente ventilata |
| 3 | IMP | Cartone catramato |
| 4 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 5 | IMP | Barriera al vapore |
| 6 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 7 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldaia cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 8 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 2700,0 | 220,000 | 878,6 | 2000000,0 | 27,0 | 0,00 | 20000,00 | 92,736 |
| 2 | 0,050 | 1,0 | 0,481 | 1004,2 | 1,0 | 0,1 | 0,10 | 0,05 | 0,000 |
| 3 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 4 | 0,100 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 2,5 | 2,94 | 9,00 | 0,970 |
| 5 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 6 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 7 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 8 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

Spessore totale 0,440 m

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

80

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Massa superficiale | 337,5 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 323,5 kg/m ² |
| Resistenza | 3,60 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,28 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Yie | 0,05 W/m ² K | 0,03 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,17 | 0,12 |
| Sfasamento | 10h 52' | 12h 3' |
| Capacità interna | 62,0 kJ/m ² K | 49,6 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 51,7 kJ/m ² K | 46,5 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,46 W/m ² K | 3,57 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 3,73 W/m ² K | 3,37 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,278 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

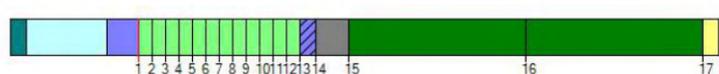
| | | |
|--|------------------|--------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--|------------------|--------------------------|

| Mese | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

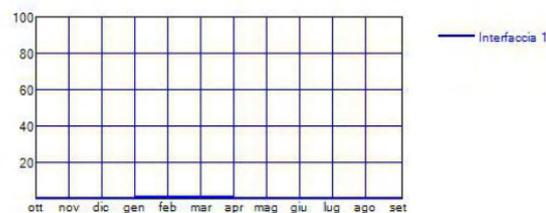
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 3,60 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



| Mese | Interfaccia 1 | |
|-----------|--|---|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,1 | 0,1 |
| dicembre | 0,2 | 0,3 |
| gennaio | 0,2 | 0,5 |
| febbraio | 0,2 | 0,7 |
| marzo | 0,0 | 0,7 |
| aprile | -0,1 | 0,6 |
| maggio | -0,5 | 0,1 |
| giugno | -1,2 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



Condensa presente ma entro i limiti.

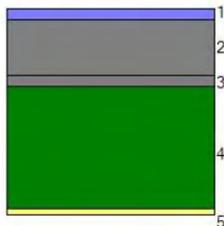
Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

82

Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).

Struttura 28: SCHEDA 2.13 . CIC - D1 - fino al 1991

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|---|
| 1 | IMP | Cartone catramato |
| 2 | CLS | Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 400 kg/m ³ |
| 3 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 4 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldana cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 5 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 2 | 0,100 | 400,0 | 0,580 | 1000,0 | 20,0 | 40,0 | 0,17 | 2,00 | 1,450 |
| 3 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 4 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 5 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduktività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,370 m |
| Massa superficiale | 336,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 322,0 kg/m ² |
| Resistenza | 0,71 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,42 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

84

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,49 W/m ² K | 0,35 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,35 | 0,28 |
| Sfasamento | 8h 40' | 9h 23' |
| Capacità interna | 67,6 kJ/m ² K | 53,7 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 73,4 kJ/m ² K | 63,5 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,46 W/m ² K | 3,57 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 4,86 W/m ² K | 4,27 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,415 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

85

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,71 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



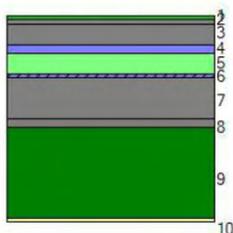
| Interfaccia 1 | | |
|---------------|--|---|
| Mese | Condensa prodotta nel mese [g/m ²] | Condensa accumulata [g/m ²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 3,9 | 3,9 |
| dicembre | 13,7 | 17,7 |
| gennaio | 13,9 | 31,5 |
| febbraio | 11,5 | 43,1 |
| marzo | 2,3 | 45,3 |
| aprile | -6,0 | 39,3 |
| maggio | -32,1 | 7,2 |
| giugno | -75,8 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 29: SCHEDA 2.13 . CIC - D1 - dal 1991 al 2005

Descrizione struttura



| | | |
|----|-----|---|
| 1 | PAV | Piastrelle in ceramica/porcellana |
| 2 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 3 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 4 | IMP | Cartone catramato |
| 5 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 6 | IMP | Barriera al vapore |
| 7 | CLS | Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 400 kg/m ³ |
| 8 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 9 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldana cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 10 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|----|----------|---------------------------|-------------|--------------|-----------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| 2 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 3 | 0,050 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 100,0 | 0,04 | 0,05 | 0,700 |
| 4 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 5 | 0,050 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 1,3 | 1,47 | 4,50 | 0,970 |
| 6 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 7 | 0,100 | 400,0 | 0,580 | 1000,0 | 20,0 | 40,0 | 0,17 | 2,00 | 1,450 |
| 8 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 9 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 10 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,500 m |
| Massa superficiale | 492,2 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 478,2 kg/m ² |
| Resistenza | 2,29 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,44 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,05 W/m ² K | 0,03 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,12 | 0,08 |
| Sfasamento | 13h 18' | 14h 29' |
| Capacità interna | 61,4 kJ/m ² K | 49,1 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 131,8 kJ/m ² K | 107,1 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,43 W/m ² K | 3,55 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,56 W/m ² K | 7,78 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,437 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

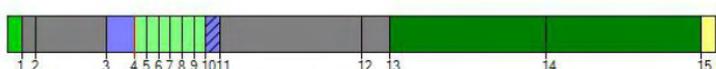
88

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

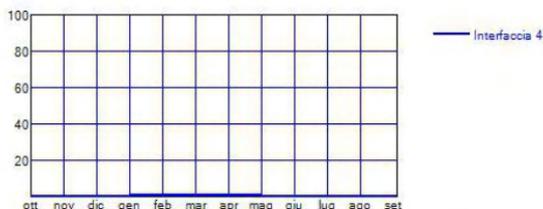
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m²K/W | 0,60 m²K/W |
| Resistenza dell'elemento | 2,29 m²K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



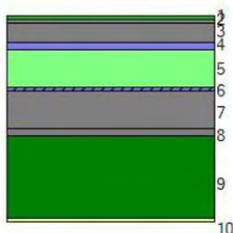
| Mese | Interfaccia 4 | |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m²] | Condensa accumulata [g/m²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,1 | 0,1 |
| dicembre | 0,2 | 0,3 |
| gennaio | 0,2 | 0,6 |
| febbraio | 0,2 | 0,8 |
| marzo | 0,1 | 0,8 |
| aprile | -0,1 | 0,8 |
| maggio | -0,4 | 0,3 |
| giugno | -1,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 30: SCHEDA 2.14 . CIC - D1 - dopo il 2005

Descrizione struttura



| | | |
|----|-----|---|
| 1 | PAV | Piastrelle in ceramica/porcellana |
| 2 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 3 | CLS | Sottofondo in cls - malta di cemento |
| 4 | IMP | Cartone catramato |
| 5 | ISO | PUR Poliuretano in lastre ricavate da blocchi |
| 6 | IMP | Barriera al vapore |
| 7 | CLS | Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 400 kg/m ³ |
| 8 | CLS | Calcestruzzo - 2400 kg/m ³ |
| 9 | SOL | Solaio in laterocemento con blocchi 20x49,5x25cm e caldana cls 2cm rif 2.1.04a - sp.solaio 22cm |
| 10 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|----|----------|---------------------------|-------------|--------------|-----------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,010 | 2300,0 | 1,300 | 841,0 | 2000000,0 | 23,0 | 0,01 | 20000,00 | 0,672 |
| 2 | 0,010 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 20,0 | 0,01 | 0,01 | 0,700 |
| 3 | 0,050 | 2000,0 | 1,400 | 1000,0 | 1,0 | 100,0 | 0,04 | 0,05 | 0,700 |
| 4 | 0,020 | 1600,0 | 0,500 | 1000,0 | 187520,0 | 32,0 | 0,04 | 3750,40 | 0,313 |
| 5 | 0,100 | 25,0 | 0,034 | 1401,6 | 90,0 | 2,5 | 2,94 | 9,00 | 0,970 |
| 6 | 0,010 | 1200,0 | 0,170 | 1000,0 | 50000,0 | 12,0 | 0,06 | 500,00 | 0,142 |
| 7 | 0,100 | 400,0 | 0,580 | 1000,0 | 20,0 | 40,0 | 0,17 | 2,00 | 1,450 |
| 8 | 0,020 | 2400,0 | 2,000 | 1000,0 | 80,0 | 48,0 | 0,01 | 1,60 | 0,833 |
| 9 | 0,220 | 918,0 | 0,667 | 1000,0 | 15,0 | 202,0 | 0,33 | 3,30 | 0,726 |
| 10 | 0,010 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 14,0 | 0,01 | 0,10 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

- s Spessore
- ρ Densità
- λ Conduttività
- c Calore specifico
- μ Fattore di resistenza al vapore
- M_s Massa superficiale
- R Resistenza termica
- S_D Spessore equivalente d'aria
- a Diffusività

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

91

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,550 m |
| Massa superficiale | 493,5 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 479,5 kg/m ² |
| Resistenza | 3,76 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 0,27 W/m ² K |

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,03 W/m ² K | 0,02 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,11 | 0,07 |
| Sfasamento | 13h 53' | 15h 4' |
| Capacità interna | 61,1 kJ/m ² K | 48,9 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 133,3 kJ/m ² K | 108,3 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 4,42 W/m ² K | 3,55 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,69 W/m ² K | 7,88 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 0,266 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

92

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

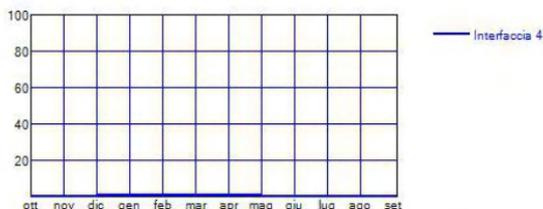
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m²K/W | 0,60 m²K/W |
| Resistenza dell'elemento | 3,76 m²K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Condensa accumulata



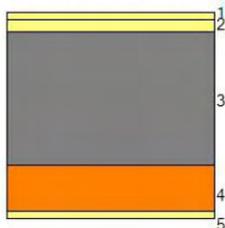
| Mese | Interfaccia 4 | |
|-----------|-----------------------------------|----------------------------|
| | Condensa prodotta nel mese [g/m²] | Condensa accumulata [g/m²] |
| ottobre | 0,0 | 0,0 |
| novembre | 0,1 | 0,1 |
| dicembre | 0,3 | 0,4 |
| gennaio | 0,3 | 0,6 |
| febbraio | 0,2 | 0,8 |
| marzo | 0,1 | 0,9 |
| aprile | 0,0 | 0,9 |
| maggio | -0,4 | 0,4 |
| giugno | -1,0 | 0,0 |
| luglio | 0,0 | 0,0 |
| agosto | 0,0 | 0,0 |
| settembre | 0,0 | 0,0 |



**Condensa presente ma entro i limiti.
Verifica superata (secondo FAQ ministeriale 3.11 di dicembre 2018).**

Struttura 31: SCHEDA 2.4 - COC - Edifici di fondazione - Pistoni - Solai a volta

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Cemento, sabbia |
| 2 | INT | Calce, sabbia |
| 3 | CLS | Massetto in calcestruzzo alleggerito densità 400 kg/m ³ |
| 4 | MUR | Mattoni pieni |
| 5 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,020 | 1800,0 | 1,000 | 1000,0 | 6,0 | 36,0 | 0,02 | 0,12 | 0,556 |
| 2 | 0,030 | 1600,0 | 0,800 | 1000,0 | 6,0 | 48,0 | 0,04 | 0,18 | 0,500 |
| 3 | 0,350 | 400,0 | 0,580 | 1000,0 | 20,0 | 140,0 | 0,60 | 7,00 | 1,450 |
| 4 | 0,120 | 1800,0 | 0,720 | 1000,0 | 10,0 | 216,0 | 0,17 | 1,20 | 0,400 |
| 5 | 0,020 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 28,0 | 0,03 | 0,20 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,10 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conduttività |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Spessore totale | 0,540 m |
| Massa superficiale | 468,0 kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 356,0 kg/m ² |
| Resistenza | 1,00 m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,00 W/m ² K |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

95

| Parametri dinamici | Valori invernali | Valori estivi |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trasmittanza periodica Y_{ie} | 0,21 W/m ² K | 0,13 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,20 | 0,15 |
| Sfasamento | 12h 13' | 13h 9' |
| Capacità interna | 76,0 kJ/m ² K | 57,8 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 95,6 kJ/m ² K | 81,4 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 5,34 W/m ² K | 4,09 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 6,82 W/m ² K | 5,85 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,004 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,33 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,32 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 16,6 | 1472 | 78,0 | 18,6 | 1693 | 79,1 |
| novembre | 10,7 | 1010 | 78,4 | 20,0 | 1439 | 61,6 |
| dicembre | 7,8 | 824 | 77,8 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| gennaio | 7,8 | 825 | 77,9 | 20,0 | 1357 | 58,1 |
| febbraio | 8,0 | 830 | 77,4 | 20,0 | 1356 | 58,0 |
| marzo | 9,3 | 825 | 70,4 | 20,0 | 1304 | 55,8 |
| aprile | 11,4 | 923 | 68,5 | 18,0 | 1329 | 64,4 |
| maggio | 16,5 | 1237 | 65,8 | 18,5 | 1460 | 68,5 |
| giugno | 20,0 | 1184 | 50,5 | 22,0 | 1284 | 48,5 |
| luglio | 22,3 | 1401 | 52,2 | 24,3 | 1501 | 49,6 |
| agosto | 23,1 | 1465 | 51,8 | 25,1 | 1565 | 49,1 |
| settembre | 19,7 | 1339 | 58,3 | 21,7 | 1449 | 55,8 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 12,4 | 0,180 | 15,8 | 0,551 |
| dicembre | 11,5 | 0,301 | 14,9 | 0,582 |
| gennaio | 11,5 | 0,303 | 14,9 | 0,584 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

96

| | | | | |
|----------|------|-------|------|-------|
| febbraio | 11,5 | 0,290 | 14,9 | 0,575 |
| marzo | 10,9 | 0,149 | 14,3 | 0,467 |

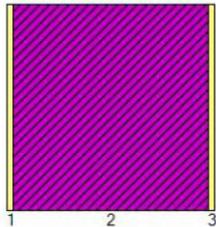
| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,303 | 0,584 |
| Resistenza minima accettabile | 0,36 m ² K/W | 0,60 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 1,00 m ² K/W | |
| | Verifica superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 32: SCHEDA 2.3 - Muro in trachite_ Edifici di fondazione - Pistoni - Piano 1,2,3

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | VAR | Muro in Trachite (comprensivo dei giunti in malta) |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,015 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 27,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| 2 | 0,470 | 2289,0 | 1,580 | 1000,0 | 27,0 | 1075,8 | 0,30 | 12,69 | 0,690 |
| 3 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | | |
|-------------------------------------|--------|--------------------|
| Spessore totale | 0,500 | m |
| Massa superficiale | 1123,8 | kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 1075,8 | kg/m ² |
| Resistenza | 0,51 | m ² K/W |
| Trasmittanza U | 1,98 | W/m ² K |

Parametri dinamici

| | Valori invernali | Valori estivi |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,18 W/m ² K | 0,14 W/m ² K |
| Fattore di attenuazione | 0,09 | 0,07 |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

98

| | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sfasamento | 14h 5' | 14h 29' |
| Capacità interna | 72,8 kJ/m ² K | 74,1 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 135,9 kJ/m ² K | 104,0 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 5,17 W/m ² K | 5,30 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,79 W/m ² K | 7,48 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 1,978 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

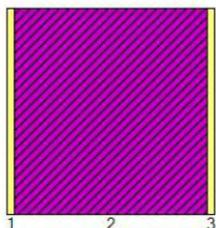
| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,51 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata

Struttura 33: SCHEDA 2.3 - Muro in trachite_ Edifici di fondazione - Pistoni - Piano 4

Descrizione struttura



| | | |
|---|-----|--|
| 1 | INT | Intonaco esterno |
| 2 | VAR | Muro in Trachite (comprensivo dei giunti in malta) |
| 3 | INT | Intonaco interno |

| | s [m] | ρ [kg/m ³] | λ [W/mK] | c [J/kgK] | μ [-] | M _s [kg/m ²] | R [m ² K/W] | S _D [m] | a [m ² /Ms] |
|---|----------|--------------------------------|---------------------|--------------|--------------|--|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | | 0,04 | | |
| 1 | 0,015 | 1800,0 | 0,900 | 1000,0 | 10,0 | 27,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| 2 | 0,420 | 2289,0 | 1,580 | 1000,0 | 27,0 | 961,4 | 0,27 | 11,34 | 0,690 |
| 3 | 0,015 | 1400,0 | 0,700 | 1000,0 | 10,0 | 21,0 | 0,02 | 0,15 | 0,500 |
| | | | | | | | 0,13 | | |

Elenco simboli

| | |
|----------------|---------------------------------|
| s | Spessore |
| ρ | Densità |
| λ | Conducibilità |
| c | Calore specifico |
| μ | Fattore di resistenza al vapore |
| M _s | Massa superficiale |
| R | Resistenza termica |
| S _D | Spessore equivalente d'aria |
| a | Diffusività |

Parametri stazionari

| | | |
|-------------------------------------|--------|--------------------|
| Spessore totale | 0,450 | m |
| Massa superficiale | 1009,4 | kg/m ² |
| Massa superficiale esclusi intonaci | 961,4 | kg/m ² |
| Resistenza | 0,47 | m ² K/W |
| Trasmittanza U | 2,11 | W/m ² K |

Parametri dinamici

| | | | | | | |
|--|------|--------------------|------------------|------|--------------------|---------------|
| Trasmittanza periodica Y _{ie} | 0,25 | W/m ² K | Valori invernali | 0,20 | W/m ² K | Valori estivi |
| Fattore di attenuazione | 0,12 | | | 0,10 | | |

Calcoli eseguiti con il software PAN 7.1

101

| | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| Sfasamento | 12h 42' | 13h 6' |
| Capacità interna | 74,3 kJ/m ² K | 75,3 kJ/m ² K |
| Capacità esterna | 137,3 kJ/m ² K | 105,1 kJ/m ² K |
| Ammettenza interna | 5,17 W/m ² K | 5,30 W/m ² K |
| Ammettenza esterna | 9,78 W/m ² K | 7,48 W/m ² K |

Verifica trasmittanza

| | |
|--------------|---------------------|
| Provincia | CARBONIA - IGLESIAS |
| Comune | Carbonia |
| Gradi giorno | 922 |
| Zona | C |

Verifica invernale

| | |
|---|--------------------------|
| Trasmittanza | 2,110 W/m ² K |
| Trasmittanza di riferimento | 0,34 W/m ² K |
| Trasmittanza limite per edifici esistenti | 0,36 W/m ² K |

Verifica non superata

Verifica estiva

Irradianza media del mese di massima insolazione 268,2 W/m² < 290 W/m²

Verifica inerziale non richiesta

Condizioni esterne e interne

| Mese | Temperatura esterna [°C] | Pressione esterna [Pa] | Umidità relativa esterna [%] | Temperatura interna [°C] | Pressione interna [Pa] | Umidità relativa interna [%] |
|-----------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| ottobre | 18,6 | 1669 | 78,0 | 18,6 | 1820 | 85,1 |
| novembre | 12,7 | 1153 | 78,4 | 20,0 | 1511 | 64,6 |
| dicembre | 9,8 | 943 | 77,8 | 20,0 | 1404 | 60,1 |
| gennaio | 9,8 | 944 | 77,9 | 20,0 | 1406 | 60,1 |
| febbraio | 10,0 | 950 | 77,4 | 20,0 | 1405 | 60,1 |
| marzo | 11,3 | 943 | 70,4 | 20,0 | 1351 | 57,8 |
| aprile | 13,4 | 1053 | 68,5 | 18,0 | 1387 | 67,3 |
| maggio | 18,5 | 1404 | 65,8 | 18,5 | 1556 | 72,9 |
| giugno | 22,0 | 1339 | 50,5 | 22,0 | 1439 | 54,3 |
| luglio | 24,3 | 1581 | 52,2 | 24,3 | 1681 | 55,5 |
| agosto | 25,1 | 1652 | 51,8 | 25,1 | 1752 | 55,0 |
| settembre | 21,7 | 1514 | 58,3 | 21,7 | 1614 | 62,2 |

Verifica del rischio di formazione di muffe superficiali

Fattore di temperatura

| Mese | Rischio condensa | | Rischio formazione muffe | |
|----------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura | Temperatura minima superficiale [°C] | Fattore di temperatura |
| novembre | 13,1 | 0,056 | 16,6 | 0,533 |
| dicembre | 12,0 | 0,216 | 15,5 | 0,554 |
| gennaio | 12,0 | 0,219 | 15,5 | 0,556 |
| febbraio | 12,0 | 0,202 | 15,5 | 0,546 |
| marzo | 11,4 | 0,014 | 14,9 | 0,408 |

| | Rischio condensa | Rischio formazione muffe |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Mese critico | gennaio | gennaio |
| Fattore di temperatura | 0,219 | 0,556 |
| Resistenza minima accettabile | 0,32 m ² K/W | 0,56 m ² K/W |
| Resistenza dell'elemento | 0,47 m ² K/W | |
| | Verifica non superata | |

Verifica della condensa interstiziale

Verifica superata