

I
M
P



The weight of books

Una biblioteca per Pescara: dal libro all'edificio

Gruppo 9

Filippo Costa (251050)
Gabriele Morello (250485)
Stefano Cozzi (250290)

Relatore

Tomaso Monestiroli

Correlatori

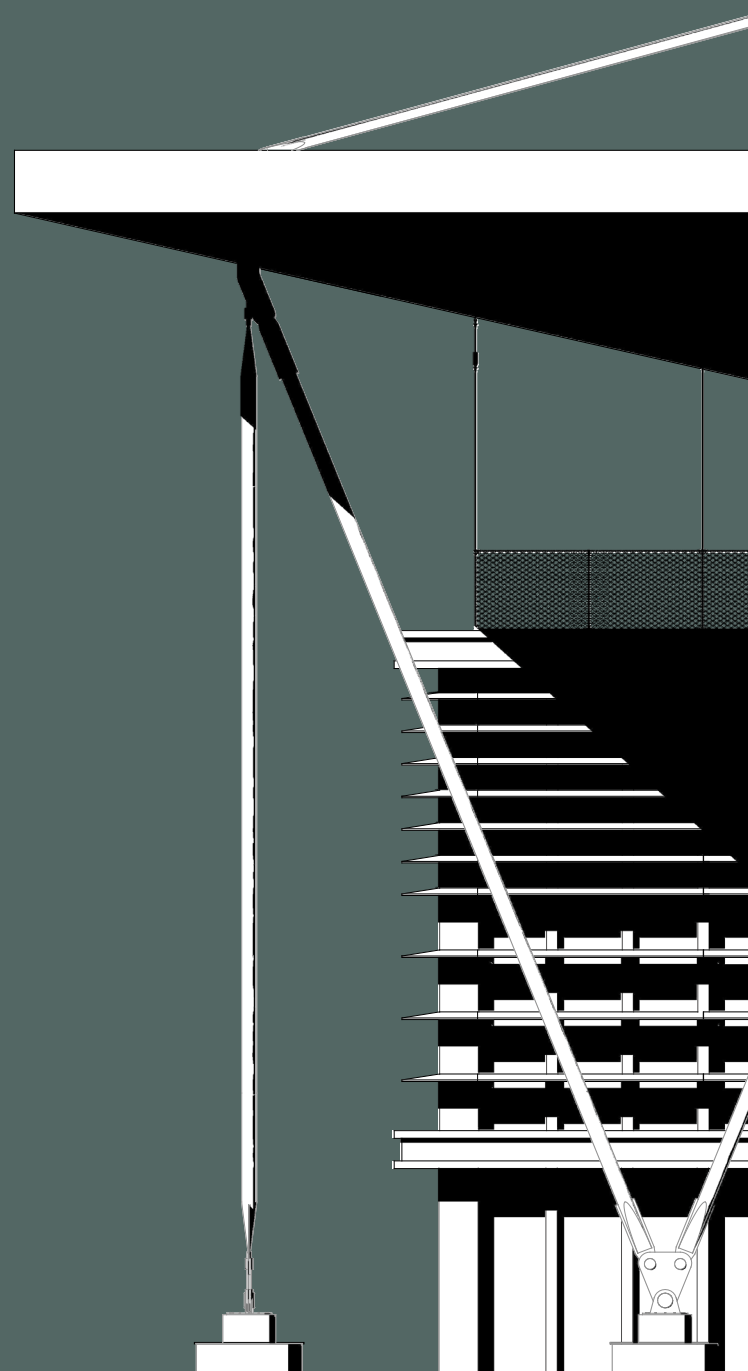
Vassilis Mpampatsikos, Paolo Oliaro,
Paola Gallo Stampino, Fulvio Re Cecconi

Tesi di laurea magistrale

Scuola di Architettura, Urbanistica e Ingegneria delle Costruzioni
Architettura delle Costruzioni - LM4
A.A. 2024/2025



POLITECNICO
MILANO 1863



Abstract

The weight of Books

Una biblioteca per Pescara: dal libro all'edificio

La tesi si inserisce all'interno di un masterplan urbano condiviso, con l'obiettivo di definire un sistema architettonico coerente capace di integrare spazi pubblici, residenziali e collettivi in un equilibrio dinamico tra composizione, tecnologia e costruzione. Il progetto approfondisce in particolare la biblioteca pubblica e il complesso residenziale/studentato/commerciale, due polarità che dialogano tra loro e con la città attraverso la grande piazza centrale.

La biblioteca, cuore simbolico e funzionale dell'intervento, è concepita come un organismo a pianta centrale articolato intorno a un grande vuoto luminoso che diventa fulcro distributivo e percettivo. Lo spazio del "peripato", reinterpretato in chiave contemporanea, organizza le funzioni in anelli concentrici, alternando zone di consultazione, archiviazione e lettura in una sequenza misurata di luce, silenzio e relazione. L'elemento del libro, assunto come matrice compositiva e metrica dell'intero impianto, ordina la struttura, determina la sezione e regola le proporzioni: la libreria diventa modulo, struttura e misura dell'architettura.

Dal punto di vista costruttivo e tecnologico, l'edificio si sviluppa come una teca trasparente sostenuta da quattro nuclei in calcestruzzo armato e da una copertura reticolare in acciaio, in grado di coprire grandi luci e ospitare un impianto fotovoltaico che garantisce l'autonomia energetica. L'involucro vetrato, protetto da brise-soleil e dalla ampia copertura in aggetto, consente un controllo calibrato della luce naturale e del comfort ambientale interno, integrando le scelte compositive con quelle impiantistiche e climatiche.

Il complesso residenziale completa il sistema urbano, reinterpretando il tema della stoà come margine abitato e permeabile tra spazio pubblico e privato. Portici, logge e corti verdi generano continuità e vita collettiva, restituendo alla città un fronte attivo e relazionale.

L'intero progetto, attraverso il dialogo tra composizione, struttura, tecnologia e sostenibilità, costruisce un'architettura che si misura con la complessità contemporanea, capace di unire rigore costruttivo e valore simbolico in uno spazio pubblico condiviso.

The weight of Books

A library for Pescara: from the book to the building

The thesis is part of a shared urban masterplan aimed at defining a coherent architectural system that integrates public, residential, and collective spaces within a dynamic balance between composition, technology, and construction. The project focuses in particular on the public library and the residential/student/commercial complex - two hubs that interact with each other and with the city through the large central square.

The library, the symbolic and functional core of the intervention, is conceived as a centrally planned organism articulated around a large luminous void that becomes the distributive and perceptive fulcrum of the space. The idea of the peripatos, reinterpreted in a contemporary key, organizes the functions in concentric rings, alternating areas for consultation, storage, and reading in a measured sequence of light, silence, and interaction.

The book, intended as the compositional and metric matrix of the entire design, defines the structure, determines the section, and regulates the proportions: the bookshelf becomes module, structure, and measure of the architecture itself.

From a constructive and technological perspective, the building appears as a transparent volume supported by four reinforced concrete cores and a reticular steel roof capable of spanning large distances and hosting a photovoltaic system ensuring energy self-sufficiency. The glazed envelope, protected by brise-soleil elements and by the large overhanging roof, allows fine-tuned control of natural light and indoor comfort, integrating compositional choices with environmental and technical considerations.

The residential complex completes the urban system, reinterpreting the theme of the stoà as an inhabited and permeable boundary between public and private space. Arcades, loggias, and green courtyards generate continuity and collective life, returning to the city an active and relational frontage.

Through the dialogue between composition, structure, technology, and sustainability, the project builds an architecture that engages with contemporary complexity—capable of uniting constructive rigor and symbolic value within a shared public space.

Contenuti

8 **Introduzione progetto**

Masterplan
Biblioteca
Residenze

20 **Normativa di riferimento**

24 **Dati generali**

Localizzazione
Clima
Condizione di progetto

30 **Biblioteca**

Impianto di climatizzazione
Pacchetti stratigrafici
Carichi termici invernali
Carichi termici estivi
Centrale termo-frigorifera
Impianto Acqua Calda Sanitaria
Impianto elettrico e d'illuminazione
Verifiche NZEB
Certificazione energetica (Termolog)

88 **Residenze**

Impianto di climatizzazione
Pacchetti stratigrafici
Carichi termici invernali
Carichi termici estivi
Centrale termo-frigorifera
Impianto Acqua Calda Sanitaria
Impianto elettrico e d'illuminazione
Verifiche NZEB

144 **Impianto fotovoltaico**

148 **Schede tecniche**

152 **Bibliografia e sitografia**

Introduzione progetto

Masterplan

Il progetto si inserisce nell'area di risulta della stazione centrale di Pescara, un vuoto urbano di grande rilevanza strategica e una delle principali criticità del centro cittadino. Formatosi a seguito dello spostamento della linea ferroviaria negli anni Ottanta, l'area è oggi occupata da parcheggi e infrastrutture per il trasporto pubblico, perdendo ogni identità urbana. Il masterplan mira a restituire coerenza e continuità, reintegrandola nel tessuto circostante e conferendole un nuovo ruolo nel sistema degli spazi pubblici.

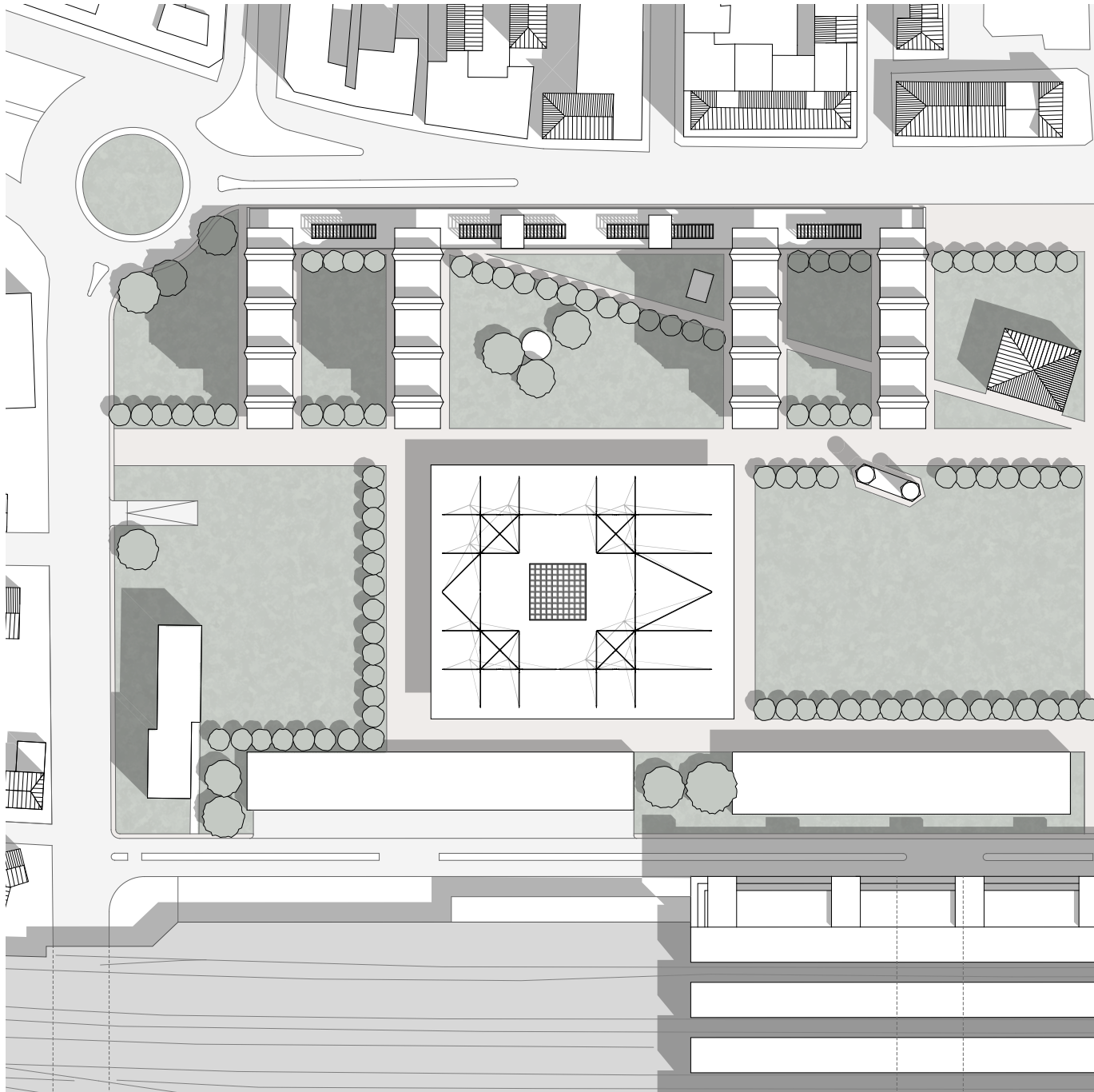
L'intervento si fonda sui principi del Piano Regolatore Generale del 1993 e del concorso internazionale del 2004, reinterpretati secondo le attuali esigenze di sostenibilità, accessibilità e qualità urbana. La proposta adotta come matrice compositiva la maglia ottocentesca del centro, basata su assi ortogonali paralleli e perpendicolari alla linea di costa, in cui si innestano due direttrici principali: Corso Umberto I e Corso Vittorio Emanuele II.

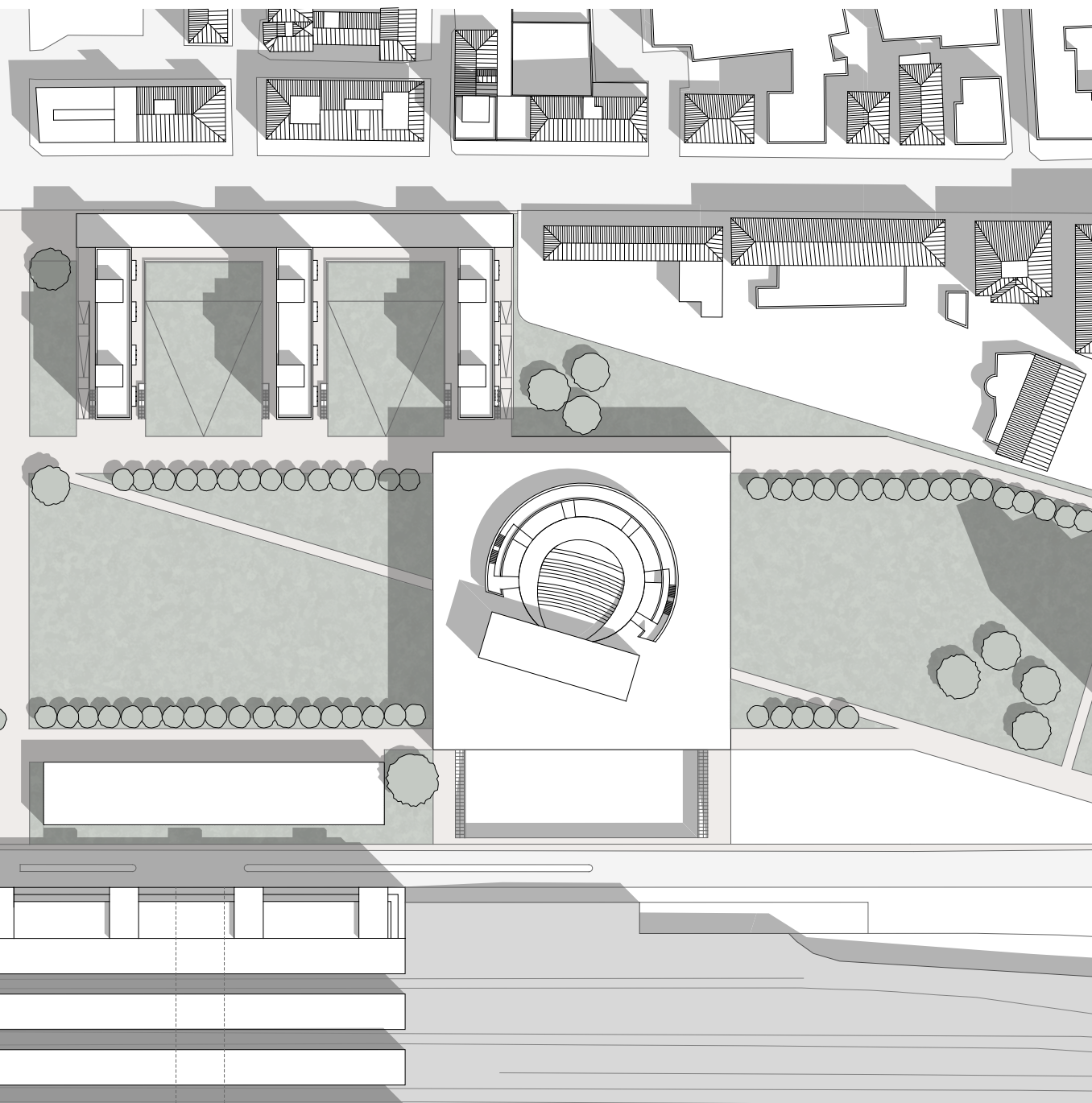
Corso Umberto I diventa asse ordinatore del masterplan, collegando idealmente la stazione

al mare e organizzando una sequenza di spazi pubblici di diversa scala. Al centro dell'area si apre una grande piazza rettangolare, fulcro del nuovo assetto urbano e nodo di connessione tra le principali funzioni collettive.

Lungo Corso Vittorio Emanuele II, nuovi edifici a stecca ricompongono la continuità del fronte urbano, integrando funzioni residenziali e miste. La rigidità della maglia è interrotta dalla diagonale dell'ex tracciato ferroviario, trasformata in asse verde ciclo-pedonale in continuità con la "Strada Parco". Due torri, collocate agli estremi del lotto, agiscono come segni verticali nel prospetto urbano e punti di riferimento visivo.

Il progetto si configura come intervento di rigenerazione urbana fondato sulla riorganizzazione degli spazi aperti, la valorizzazione delle tracce storiche e l'inserimento di nuove funzioni culturali e abitative, trasformando l'area di risulta da vuoto marginale a nuovo centro urbano.





Biblioteca

Uno degli edifici principali del masterplan è destinato a biblioteca provinciale per la città di Pescara. Si sviluppa su quattro piani fuori terra e un piano interrato e la struttura portante è realizzata interamente in calcestruzzo armato, costituita da setti e solai pieni, con l'unica eccezione della copertura, che è invece formata da travi reticolari.

La scelta di una struttura a setti ha permesso di integrare gli scaffali delle librerie direttamente agli elementi strutturali, rendendo il libro stesso elemento generatore degli spazi interni; infatti, attorno al nucleo centrale dell'edificio si articolano, le aree di consultazione: quella rapida rivolta verso l'interno, mentre quella dedicata allo studio all'esterno.

Questa disposizione nasce anche da una riflessione sulla diversa esigenza di luce naturale: gli spazi più bui sono stati destinati al deposito librario, al fine di migliorare la conservazione dei volumi, mentre quelli maggiormente illuminati sono stati riservati alla consultazione. Nello specifico le aree a

consultazione veloce si affacciano sullo spazio centrale a tripla altezza, illuminato dal grande lucernario in copertura, mentre le altre aree si affacciano sulle grandi aree verdi del parco che circonda l'edificio.

Al piano interrato si trovano gli scaffali destinati alla conservazione dei volumi interdetti al prestito e tali ambienti sono climatizzati in modo da mantenere costante temperatura e umidità durante tutto l'anno; per questa ragione si è posta particolare attenzione al corretto isolamento termico e igrometrico di questo livello.

L'ingresso principale avviene dal prospetto sud. Superata la soglia, si accede a uno spazio a tripla altezza, arredato con poltrone e tavoli per la consultazione di periodici e riviste, e con un grande bancone centrale dove si possono chiedere informazioni, ritirare o restituire libri.

Dopo questa zona di accoglienza, lo spazio si comprime per poi riaprirsi nella zona centrale, dove è collocato un ambiente più

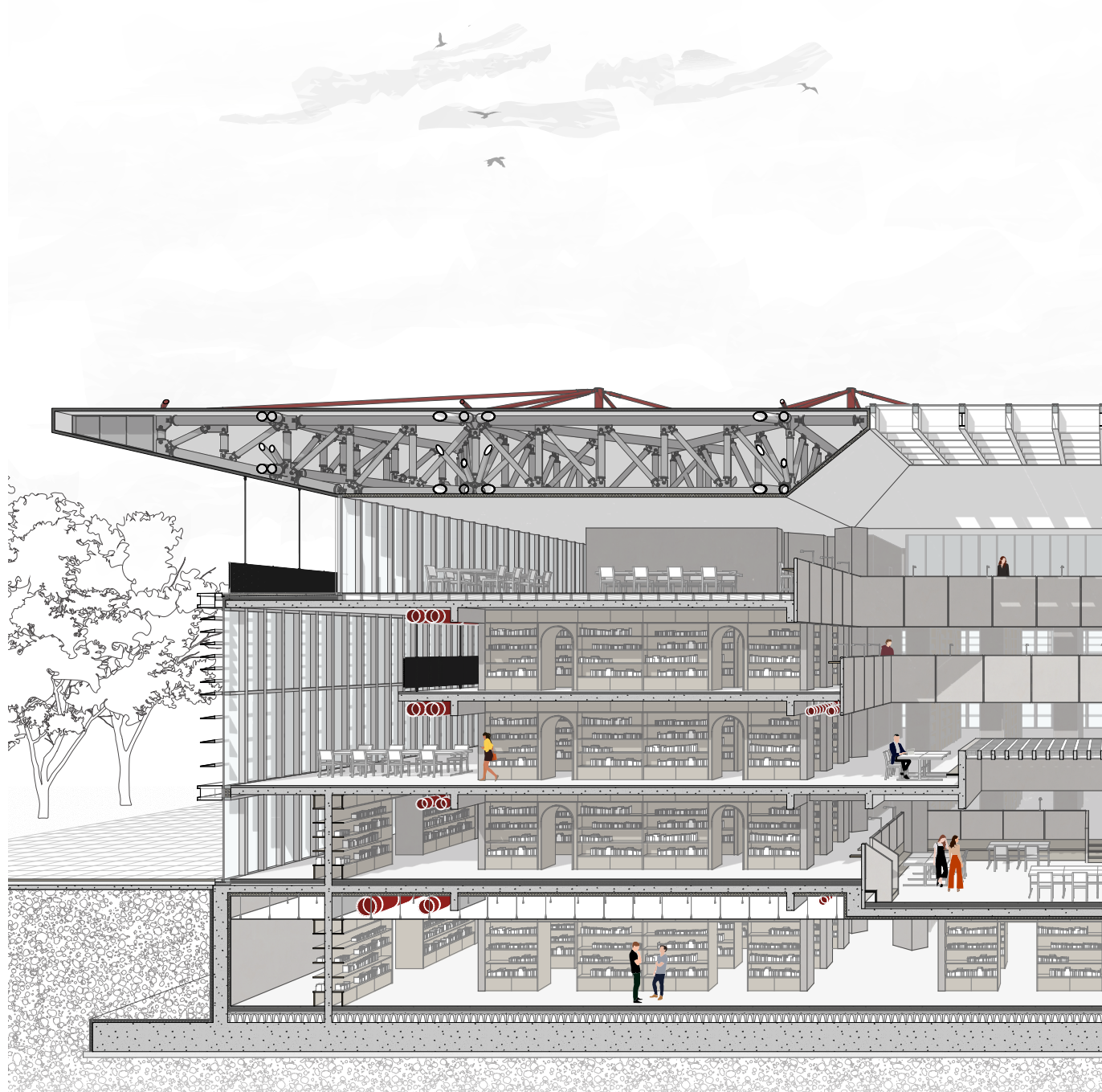
alto, dedicato alla consultazione di volumi in consultazione interna, illuminato dal lucernario in vetrocemento.

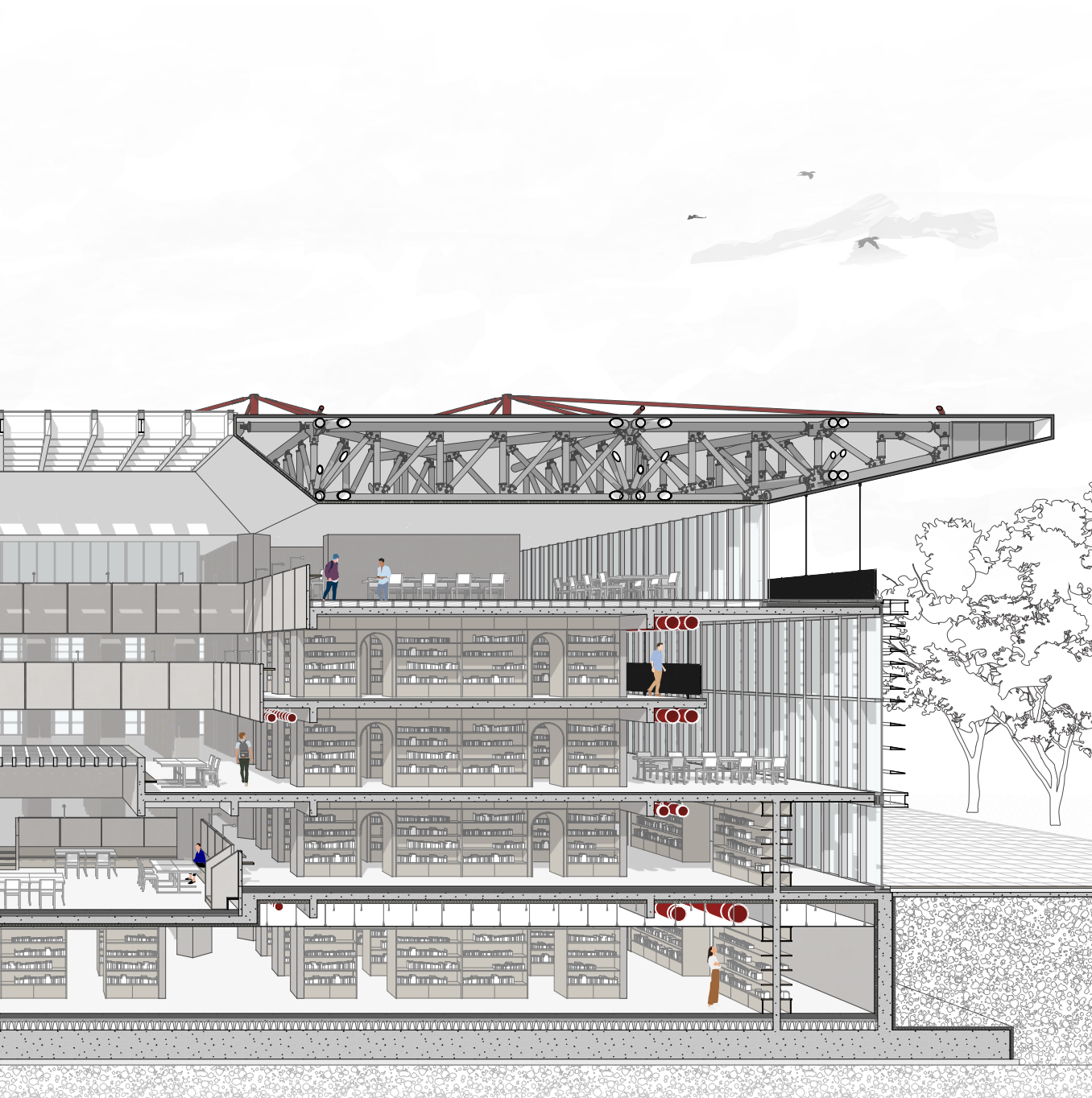
Salendo ai piani superiori, si incontra (attorno alle librerie del primo piano) uno spazio a doppia altezza dedicato allo studio e alla consultazione, dove si affaccia il secondo livello destinato esclusivamente al deposito dei volumi. L'ultimo piano dell'edificio è interamente riservato alla consultazione e allo studio individuale, e comprende anche piccole stanze private.

Il dialogo con l'esterno è garantito da una terrazza perimetrale, coperta dalla grande struttura di copertura che funge da elemento di protezione e schermatura dal sole e dagli agenti atmosferici.

Nel suo insieme, la biblioteca è concepita come un organismo unitario e permeabile, in cui la struttura, la luce e la funzione si integrano in un sistema coerente. L'impianto architettonico riflette un equilibrio tra esigenze funzionali, qualità spaziale e sostenibilità ambientale,

rendendo l'edificio non solo un luogo di conservazione del sapere, ma anche uno spazio aperto di incontro e conoscenza.





Residenze

L'edificio a destinazione residenziale si sviluppa su sei livelli fuori terra, ad eccezione del piano terreno che risulta completamente libero e permeabile. Tale scelta progettuale consente di restituire il suolo a un uso collettivo, integrando percorsi pedonali, aree verdi e spazi di relazione tra gli edifici. Il sistema si configura come un complesso a stecche disposte secondo uno schema a pettine, in cui le unità abitative sono concepite come duplex a doppia esposizione, garantendo qualità spaziale e continuità visiva verso il paesaggio circostante.

I blocchi residenziali, sospesi da terra e sorretti unicamente dai vani scala, si inseriscono in un disegno unitario che mette in relazione architettura e spazio aperto, costruendo un equilibrio tra densità edilizia e leggerezza compositiva.

All'interno del complesso trovano posto diverse tipologie abitative: monocali, bilocali, trilocali e quadrilocali, tutti organizzati in duplex, fatta eccezione per i monocali, che si sviluppano

su un unico livello. La distribuzione interna è chiara e razionale: il piano inferiore ospita la zona giorno, la cucina e i servizi, mentre il livello superiore è destinato alla zona notte, garantendo privacy. Ogni vano scala serve due unità per pianerottolo e costituisce l'unico punto di contatto tra i volumi sospesi e il terreno, divenendo elemento fondativo sia dal punto di vista strutturale che compositivo. Il sistema modulare e ripetitivo dei blocchi permette inoltre di ottenere una notevole flessibilità distributiva, adattandosi alle diverse esigenze abitative.

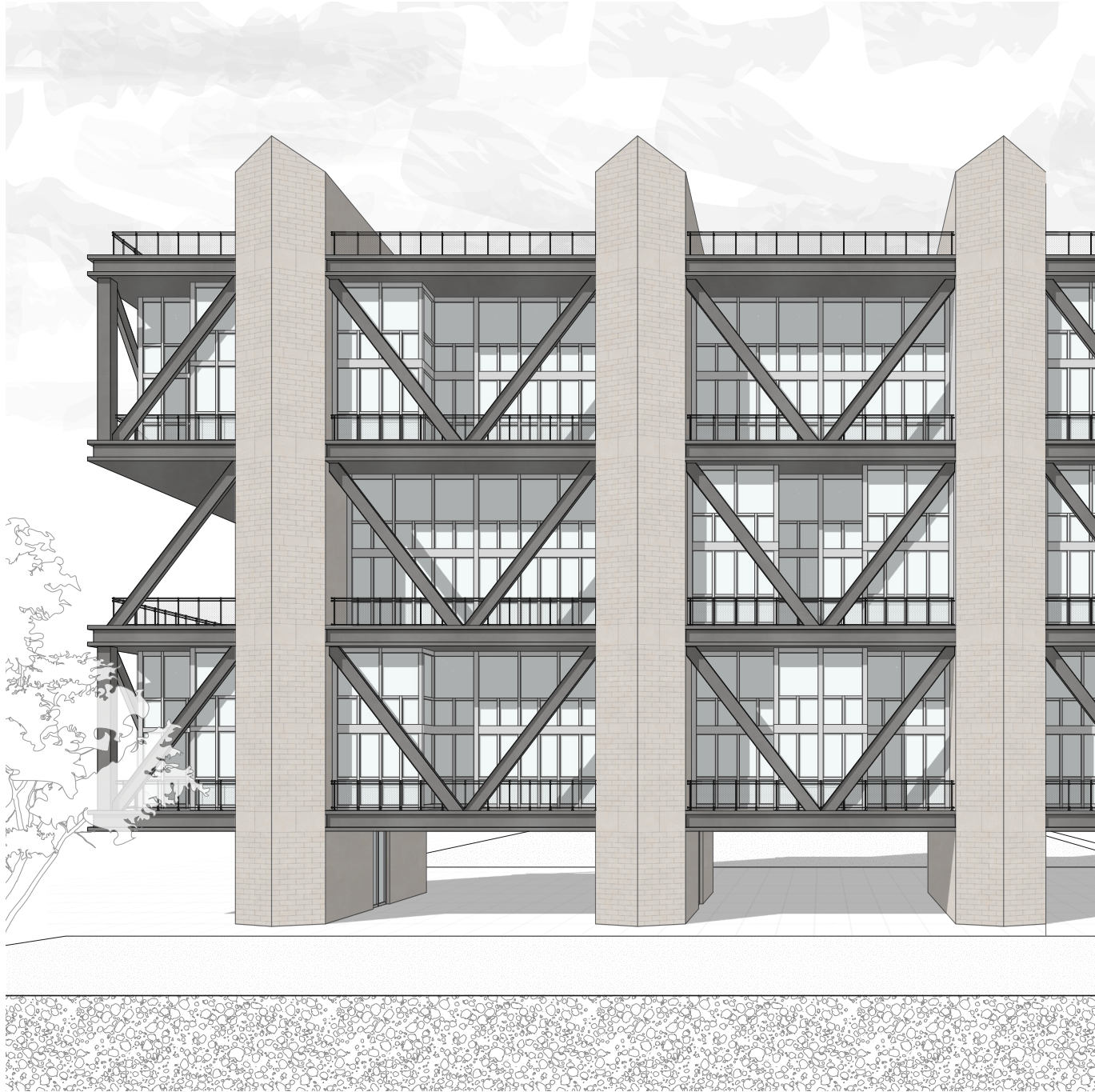
La stoà fronte strada rappresenta l'elemento di giunzione tra la città e il complesso residenziale. Essa ospita spazi commerciali e di servizio al piano terra, configurandosi come un portico continuo che media tra il tessuto urbano e il parco interno. Nei due livelli superiori si colloca lo studentato, caratterizzato da una distribuzione a ballatoio e le unità abitative sono studiate con soluzioni da due, tre e quattro camere singole, ciascuna con bagno privato e zona giorno e cucina condivisa. A completamento sono

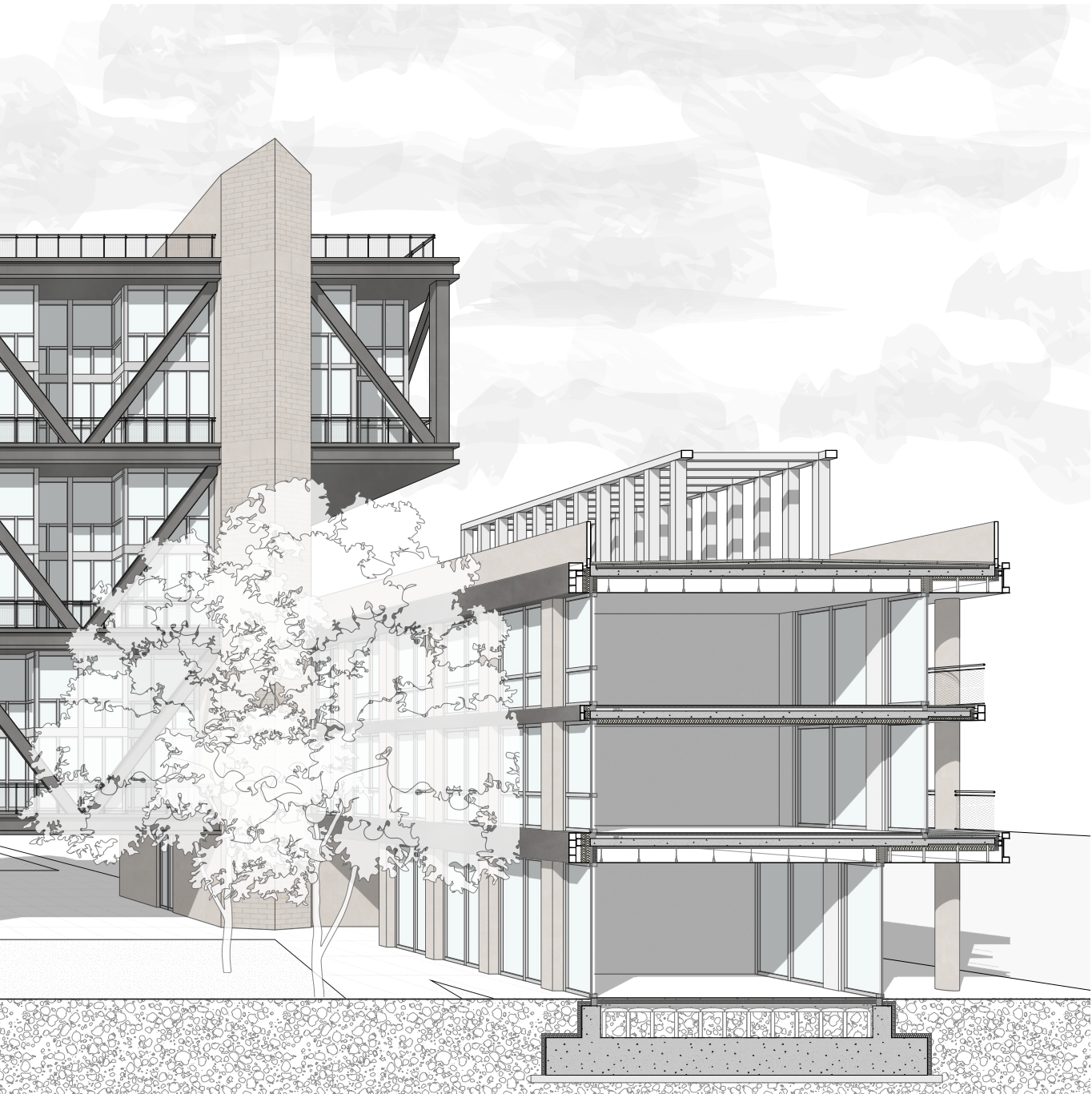
previsti ambienti comuni, sale studio e spazi ricreativi a servizio dell'intero complesso, in modo da integrare la dimensione della socialità con quella della vita privata.

La copertura della stoà è concepita come uno spazio collettivo e accessibile, pensato come estensione degli ambienti comuni. Attrezzata con pergolati e aree verdi, la terrazza funge da luogo d'incontro tra gli ospiti dello studentato e i residenti delle stecche, rafforzando la continuità tra architettura e paesaggio. In contrapposizione, la copertura delle residenze è organizzata in terrazze private, riservate esclusivamente agli utenti delle singole stecche.

Dal punto di vista costruttivo, gli edifici residenziali sono realizzati con una struttura mista in acciaio e calcestruzzo armato, in cui i vani scala sostengono le travi reticolari che collegano i vari blocchi e sorreggono i volumi sospesi. Questa soluzione consente di eliminare i pilastri intermedi e di ottenere ampie campate libere, garantendo flessibilità distributiva e continuità spaziale. Il corpo della stoà, invece,

è interamente costruito in calcestruzzo armato, con un linguaggio più massivo, coerente con il suo ruolo di elemento di margine e connessione tra città e parco.





Normativa di riferimento

Il presente elaborato costituisce la relazione impiantistica relativa alla progettazione e realizzazione di edifici a energia quasi zero (nZEB). Il documento comprende la descrizione generale del funzionamento dei sistemi impiantistici, i criteri di progettazione adottati e le verifiche condotte in merito ai requisiti di comfort termoigrometrico e ambientale.

Per il corretto dimensionamento e la verifica delle prestazioni degli impianti sono state assunte come riferimento le seguenti normative tecniche.

• UNI 10339¹ – *“Impianti aeraulici ai fini del benessere – Generalità, classificazione e requisiti – Regole per la richiesta di offerta”*. La norma definisce i criteri generali di progettazione, costruzione, installazione e collaudo degli impianti di ventilazione e climatizzazione destinati al benessere delle persone, con particolare attenzione alla qualità dell’aria, alla portata d’aria esterna e ai requisiti funzionali dei componenti.

• UNI/TR 10349-2:2016² – *“Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici – Parte 2: Dati di progetto”*. Il rapporto tecnico fornisce i dati climatici di riferimento necessari per il calcolo dei carichi termici invernali ed estivi, tra cui temperature di progetto, irraggiamento solare e umidità relativa. Tali parametri sono fondamentali per il dimensionamento corretto degli impianti di climatizzazione.

• Direttiva 2002/91/CE³ e D.M. 26/06/2015⁴ – *“Prestazione energetica nell’edilizia”*. La direttiva europea e il relativo

decreto di recepimento nazionale definiscono i criteri per la valutazione e il miglioramento della prestazione energetica degli edifici, introducendo il concetto di edificio a energia quasi zero (nZEB) e stabilendo i requisiti minimi di efficienza energetica per i sistemi impiantistici.

• EN 12464-1⁵ e UNI EN 12464-2⁶ – *“Illuminazione dei posti di lavoro”*. Le norme stabiliscono i requisiti illuminotecnici per gli ambienti interni ed esterni destinati ad attività lavorative, definendo i valori minimi di illuminamento, l’uniformità della luce, il controllo dell’abbagliamento e la resa cromatica delle sorgenti luminose.

• UNI/TS 11300⁷ – *“Prestazioni energetiche degli edifici”*. La specifica tecnica descrive le metodologie di calcolo per la determinazione del fabbisogno energetico degli edifici, considerando gli apporti termici, le dispersioni e il rendimento complessivo dei sistemi di generazione e distribuzione. Essa costituisce il riferimento principale per la redazione

¹ Ente italiano di normazione, 1995, Impianti aeraulici ai fini del benessere - Generalità classificazione e requisiti - Regole per la richiesta di offerta, (UNI 10339:1995), 30 Giugno 1995

² Ente italiano di normazione, 1995, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici – Parte 2, (UNI 10349-2:2016), 31 Marzo 2016

³ Parlamento e consiglio europeo, 2002, Rendimento energetico nell’edilizia, (Direttiva 2002/91/CE), 16 Dicembre 2002

⁴ Ministero dello sviluppo economico, 2015, Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici, (DM 26/06/2015), 26 Giugno 2015

dell'attestato di prestazione energetica (APE). Nel prosieguo dell'elaborato sono riportati i calcoli di dimensionamento relativi agli impianti di climatizzazione, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione e distribuzione elettrica. Tali analisi sono state condotte per ciascun edificio oggetto dell'intervento: biblioteca e residenza.

⁵ Ente italiano di normazione, 2021, Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni (UNI EN 12464-1:2021), 23 Settembre 2021

⁶ Ente italiano di normazione, 2014, Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno (UNI EN 12464-2:2021), 13 Marzo 2014

⁷ Ente italiano di normazione, 2014, Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale (UNI/TS 11300-1:2014), 2 Ottobre 2014

Dati generali

Localizzazione

L'area di progetto è situata nel comune di Pescara, in Abruzzo, a circa 4 m s.l.m. e a una distanza di circa 1 km dal mare Adriatico. L'intervento si colloca nell'area oggi destinata a parcheggio della stazione centrale. L'intorno urbano è caratterizzato da un tessuto edilizio consolidato e da infrastrutture di rilevanza regionale; non sono presenti elementi naturali o artificiali in grado di fornire ombreggiamento significativo agli edifici oggetto del progetto.

Dal punto di vista territoriale, Pescara si colloca lungo la fascia costiera dell'Abruzzo centro-settentrionale, in una posizione di transizione tra la pianura costiera e i rilievi collinari retrostanti. La città si sviluppa in corrispondenza della foce del fiume Pescara, principale elemento morfologico del territorio, che connette il sistema appenninico al mare. L'area urbana presenta una morfologia prevalentemente pianeggiante, con quote comprese tra 0 e 5 metri s.l.m., che aumentano gradualmente verso ovest, dove si sviluppano le prime colline con altitudini comprese tra 100 e 150 metri.

Il sistema idrografico è dominato dal corso del fiume Pescara e da una rete di fossi e canali di scolo che drenano le acque meteoriche verso la foce. La bassa pianura fluviale, caratterizzata da quote prossime al livello del mare, risulta potenzialmente vulnerabile a fenomeni di ristagno o esondazione. L'uso del suolo è prevalentemente antropizzato, con un'elevata densità edilizia e infrastrutturale nella fascia centrale, mentre le aree verdi e naturali sono residuali e localizzate principalmente lungo le sponde fluviali e nei tratti collinari.

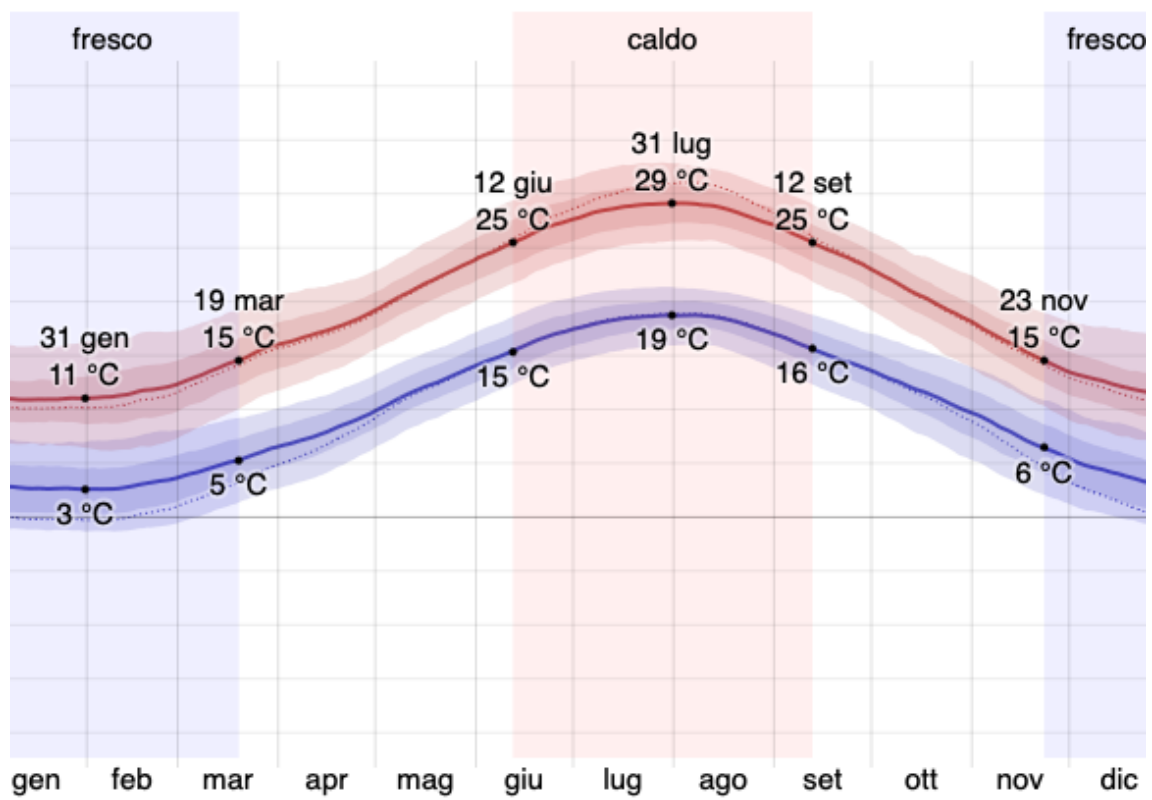
Clima

Sotto il profilo climatico, ai sensi del Decreto del Presidente della Repubblica n. 412 del 26 agosto 1993 e dei successivi aggiornamenti fino al 31 ottobre 2009, la città di Pescara rientra nella zona climatica D, con un valore di 1718 gradi giorno. Il periodo di accensione consentito per gli impianti termici è compreso tra il 1° novembre e il 15 aprile per un massimo di 12 ore giornaliere, salvo diverse disposizioni comunali.

I dati climatici di riferimento sono stati ricavati dalla norma UNI 10349-2:2016. Le condizioni estive di progetto, relative al mese di luglio, prevedono una temperatura esterna di 31,6 °C e un'umidità relativa del 55%. (UNI 10349-2:2016, Prospetto 4). Le condizioni invernali di progetto corrispondono a una temperatura esterna di 2 °C (UNI 10349-2:2016, Prospetto 9).

La radiazione globale annua sulla superficie orizzontale è pari a 1481 kWh/m². Nell'arco dell'anno la temperatura media varia

indicativamente tra 3 °C e 29 °C, con valori estremi raramente inferiori a 0 °C o superiori a 33 °C.

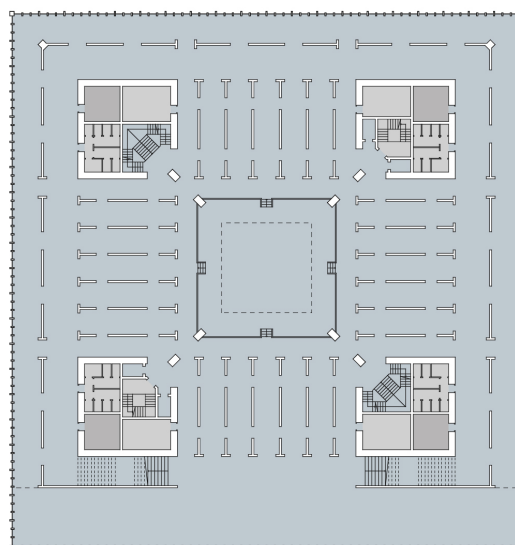


Condizione di progetto

Le condizioni interne di comfort sono state definite in base alla destinazione d'uso dei locali e in conformità alle normative vigenti. Per gli ambienti principali è stata fissata una temperatura di progetto invernale di 20 °C e una estiva di 26 °C, con umidità relativa pari al 50% in entrambi i casi. Fanno eccezione i locali interrati della biblioteca, destinati a deposito librario, per i quali sono richieste condizioni termoigrometriche costanti pari a 20 °C e 50% di umidità relativa durante tutto l'anno, al fine di garantire la corretta conservazione dei volumi. Gli spazi tecnici non sono climatizzati, mentre per i servizi igienici è prevista la sola aspirazione meccanica.

Tali condizioni di progetto, analizzate attraverso il diagramma psicrometrico, hanno consentito di determinare i valori di entalpia necessari al calcolo dei carichi termici in regime estivo e invernale, e al conseguente dimensionamento degli impianti di climatizzazione. Nelle simulazioni di riscaldamento è stato

considerato un recupero di calore pari al 70%, corrispondente all'efficienza del recuperatore installato.

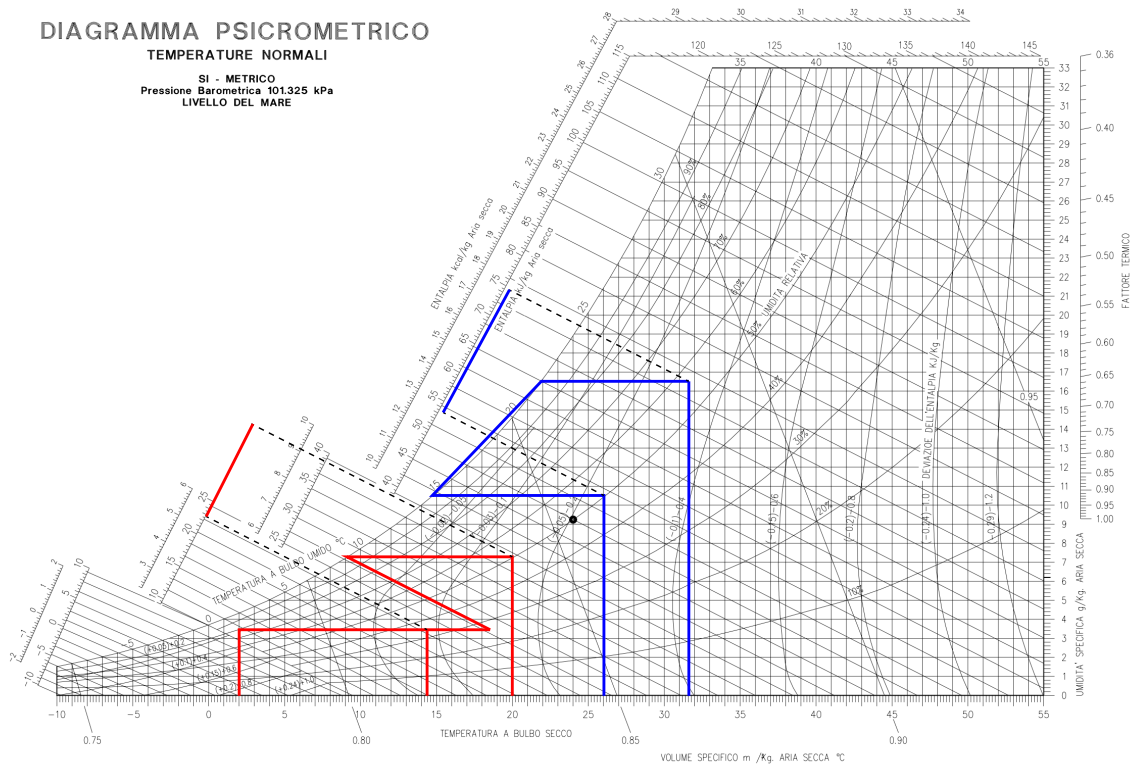


Suddivisione area: in azzurro sono indicate tutte le zone riscaldate, raffrescate e con la ventilazione meccanica, in grigio chiaro sono indicate le zone dov'è presente solo la ventilazione meccanica e in grigio scuro sono indicati i vani tecnici

DIAGRAMMA PSICROMETRICO

TEMPERATURE NORMALI

SI - METRICO
 Pressione Barometrica 101.325 kPa
 LIVELLO DEL MARE



Biblioteca

Impianto di climatizzazione

Impianto di climatizzazione e qualità dell'aria

In relazione alla destinazione d'uso dell'edificio e alla necessità di garantire condizioni di comfort termoigrometrico e adeguata qualità dell'aria interna, è stata prevista l'installazione di un sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) con funzioni integrate di climatizzazione.

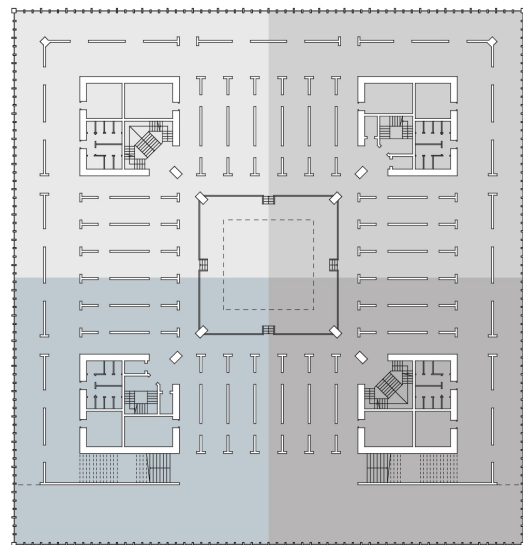
Tale soluzione

consente di assicurare un ricambio costante dell'aria negli ambienti, indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne, mantenendo al contempo un elevato livello di efficienza energetica.

L'impianto è costituito da quattro Unità di Trattamento Aria (UTA) destinate ai piani fuori terra e da una UTA dedicata al piano interrato. Tutte le macchine sono installate in copertura e ciascuna è associata a una specifica zona di controllo, in funzione della posizione e della destinazione d'uso degli ambienti serviti.

Le UTA provvedono sia alla ventilazione meccanica sia al trattamento termico dell'aria,

garantendo la filtrazione, il recupero di calore, la deumidificazione e l'umidificazione secondo le condizioni di progetto, assicurando così la stabilità dei parametri microclimatici e il benessere termoigrometrico degli occupanti.



Schema UTA: l'edificio risulta diviso in 4 zone, indicate nello schema con quattro differenti colori. Ad ogni zona è associato un macchinario

Per la distribuzione dei flussi aeraulici, ogni unità dispone di un vano tecnico verticale che attraversa l'edificio e consente la distribuzione dell'aria lungo tutti i livelli. La distribuzione orizzontale è realizzata mediante canalizzazioni in controsoffitto per il piano interrato, mentre ai piani superiori è prevista una distribuzione a vista, mediante condotte in acciaio dotate di ugelli specifici per ambienti ad altezza elevata e con gettata maggiorata, posizionati lateralmente rispetto alle tubazioni di mandata. La ripresa avviene tramite condotte parallele alla mandata, con bocchette posizionate inferiormente rispetto alle stesse.

Nei locali tecnici e nelle zone di passaggio non è previsto il controllo meccanico della ventilazione. Nei blocchi servizi è invece installato un sistema di sola aspirazione dell'aria.

La determinazione delle portate d'aria è stata eseguita in conformità alla norma UNI 10339, che definisce i criteri di calcolo in funzione della

destinazione d'uso dei locali e dell'affollamento previsto.

Per le aree della biblioteca è stato considerato un indice di affollamento di 0,4 persone/m² e una portata d'aria esterna pari a 40 m³/h per persona. Per i servizi igienici, la portata è stata calcolata moltiplicando il volume dei locali per il numero di ricambi d'aria orari richiesti dalla normativa, pari a 8 vol/h.

LOCALI PRINCIPALI					
Livelli	Area consultazione (m ²)	In. Affollamento (pers/m ²)	N. posti a sedere	Portata a persona (m ³ /h)	Portata (m ³ /h)
PT	909,7	0,4	364	40	14560
P1	1469	0,4	588	40	23520
P2	134	0,4	54	40	2160
P3	1678	0,4	671	40	2684

LOCALI ACCESSORI					
Livelli	Area (m ²)	Altezza (m)	Volume (m ³)	Ricambi orari	Portata (m ³ /h)
P-1	3220,40	3,00	9661,32	1	9661,32
Servizi	94,08	2,40	225,79	8	1806,32

TOTALE	
Livelli	Portata Totale (m ³)
Locali principali	67051,20
P-1	9661,32
Servizi	9032

Incrociando i dati di affollamento e i ricambi d'aria specifici, sono state determinate le portate d'aria complessive per ciascun ambiente, consentendo il dimensionamento delle canalizzazioni e la selezione delle UTA.

La portata totale è stata calcolata sommando i contributi delle diverse zone, ottenuti in funzione del numero di persone presenti e del fabbisogno di aria esterna associato a ciascuna destinazione d'uso.

Sulla base dei risultati ottenuti, sono state individuate le unità di trattamento aria del catalogo Aermec più idonee alle esigenze di progetto. Ogni UTA è composta da moduli

funzionali, configurati in relazione alle prestazioni richieste e agli ingombri disponibili. Le sezioni costitutive comprendono:

- ventilatori di mandata e di ripresa;
- sezioni filtranti sull'aria esterna e sull'aria di ripresa;
- recuperatore di calore ad alta efficienza;
- batteria di preriscaldamento;
- batteria di raffreddamento e deumidificazione;
- sezione di umidificazione con separatore di gocce;
- batteria di post-riscaldamento.

Le unità selezionate e le relative caratteristiche sono le seguenti.

Distribuzione UTA piani fuori terra:

- UTA 1 – Aermec NCD13D – Portata: 19.980 m³/h – Dimensioni: 2.335 × 1.285 × 5.790 mm
- UTA 2 – Aermec NCD13D – Portata: 19.980 m³/h – Dimensioni: 2.335 × 1.285 × 5.790 mm
- UTA 3 – Aermec NCD13D – Portata: 19.980

m³/h – Dimensioni: 2.335 × 1.285 × 5.790 mm

- UTA 4 – Aermec NCD13D – Portata: 19.980

m³/h – Dimensioni: 2.335 × 1.285 × 5.790 mm

Distribuzione UTA piano interrato:

- UTA 5 – Aermec NCD9F – Portata: 10.070

m³/h – Dimensioni: 1.695 × 965 × 5.790 mm

Per il dimensionamento dell'impianto di ventilazione si è passati dalla portata d'aria totale all'area utile delle canalizzazioni mediante la formula:

$$A = V / (3600 \cdot v)$$

dove:

- A è l'area della sezione del condotto [m²],
- V è la portata d'aria [m³/h],
- v è la velocità dell'aria [m/s], assunta pari a 3 m/s per contenere le perdite di carico e limitare la rumorosità in esercizio.

Nei vani tecnici e di servizio è prevista la sola

aspirazione, senza mandata di aria trattata, al fine di ottimizzare il bilancio energetico dell'edificio e ridurre i consumi complessivi del sistema.

Dopo aver selezionato il produttore delle canalizzazioni, le aree calcolate sono state arrotondate alla sezione circolare immediatamente superiore tra quelle presenti a catalogo, scegliendo quindi tubazioni a sviluppo circolare.

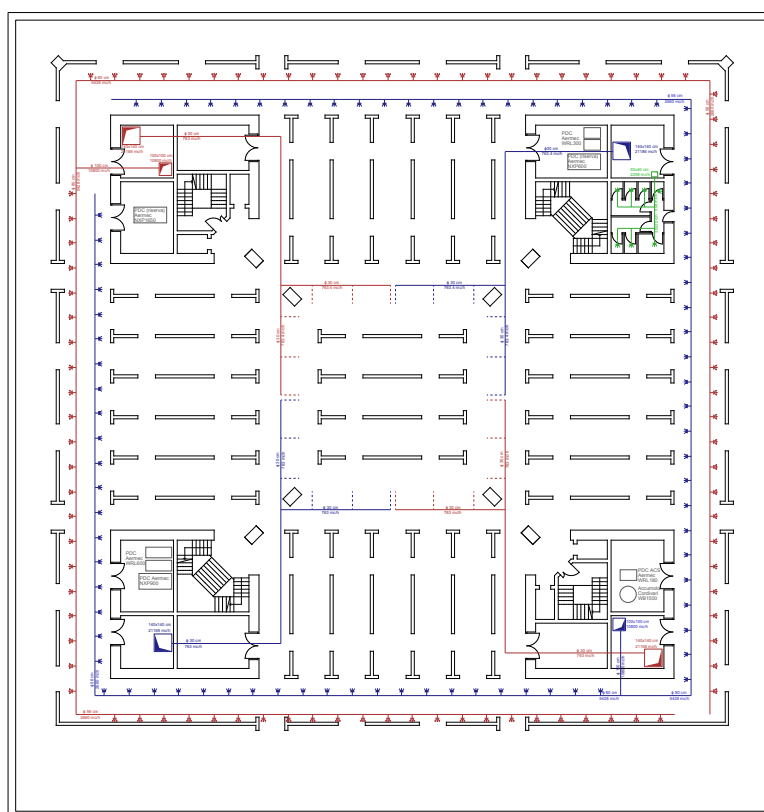
DIMENSIONAMENTO CANALI P-1									
	Area (m ²)	N. pers.	Altezza (m)	R. orari	Portata (m ³ /h)	Vel. (m/s)	Sec. (s)	A. canale (m ²)	Sez. (cm)
Zona 1	817,00	/	3,00	1	40	3	3600	0,23	56
Zona 2	817,00	/	3,00	1	40	3	3600	0,23	56
Zona 3	817,00	/	3,00	1	40	3	3600	0,23	56
Zona 4	817,00	/	3,00	1	40	3	3600	0,23	56
Servizi	23,52	/	2,40	8	40	3	3600	0,04	25

DIMENSIONAMENTO CANALI PT									
	Area (m ²)	N. pers.	Altezza (m)	R. orari	Portata (m ³ /h)	Vel. (m/s)	Sec. (s)	A. canale (m ²)	Sez. (cm)
Ingresso	225,90	26	2,90	/	40	3	3600	0,10	40
Zona ester. 1	203,90	24	2,90	/	40	3	3600	0,09	35,5
Zona ester. 2	197,60	23	2,90	/	40	3	3600	0,09	35,5
Zona ester. 3	197,60	23	2,90	/	40	3	3600	0,09	30
Zona interna	151,10	18	2,90	/	40	3	3600	0,07	30
Zona centrale	135,8	16	3,70	/	/	3	3600	0,06	30
Servizi	23,52	/	2,40	8	/	3	3600	0,04	25

DIMENSIONAMENTO CANALI P1									
	Area (m ²)	N. pers.	Altezza (m)	R. orari	Portata (m ³ /h)	Vel. (m/s)	Sec. (s)	A. canale (m ²)	Sez. (cm)
Zona scaffali	144,50	32	2,90	/	40	3	3600	0,12	50
Consult. interna	69,60	16	2,90	/	40	3	3600	0,06	30
Consult. ester. 1	200,20	45	2,90	/	40	3	3600	0,17	50
Consult. ester. 2	197,60	44	2,90	/	40	3	3600	0,16	50
Consult. ester. 3	197,60	44	2,90	/	40	3	3600	0,16	50
Servizi	23,52	/	2,40	8	/	3	3600	0,04	25

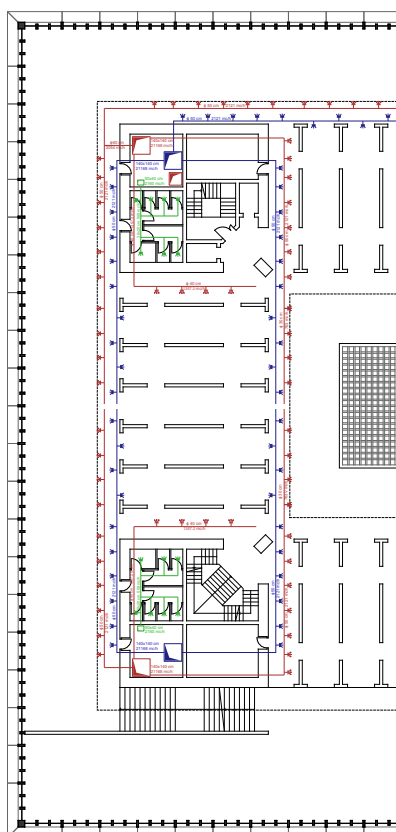
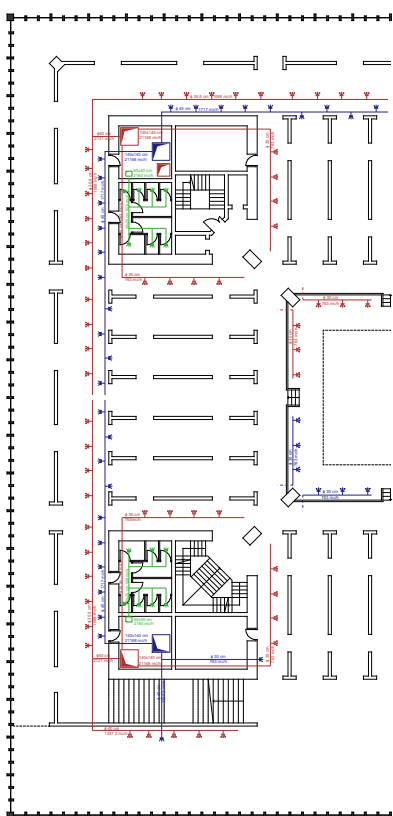
DIMENSIONAMENTO CANALI P2									
	Area (m ²)	N. pers.	Altezza (m)	R. orari	Portata (m ³ /h)	Vel. (m/s)	Sec. (s)	A. canale (m ²)	Sez. (cm)
Zona scaffali	183,80	7	2,90	/	40	3	3600	0,03	40
Servizi	23,52	/	2,40	8	/	3	3600	0,04	25

DIMENSIONAMENTO CANALI P3									
	Area (m ²)	N. pers.	Altezza (m)	R. orari	Portata (m ³ /h)	Vel. (m/s)	Sec. (s)	A. canale (m ²)	Sez. (cm)
Consilt.	211,00	84	2,90	/	40	3	3600	0,31	60
Sale studio	36,80	15	3,20	/	40	3	3600	0,05	30
Servizi	23,52	/	2,40	8	/	3	3600	0,04	25



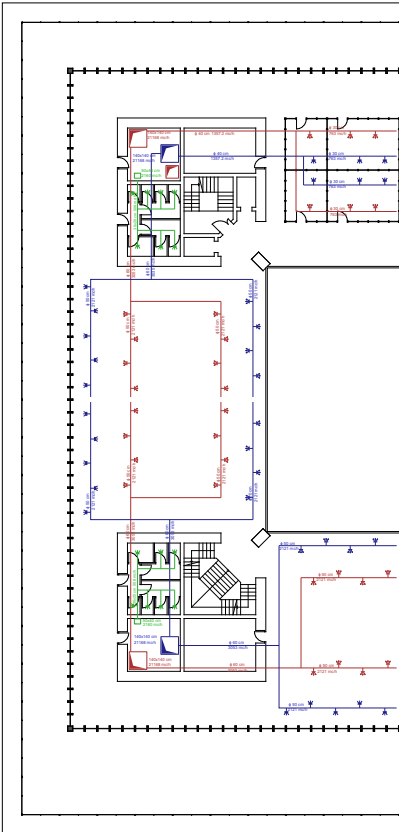
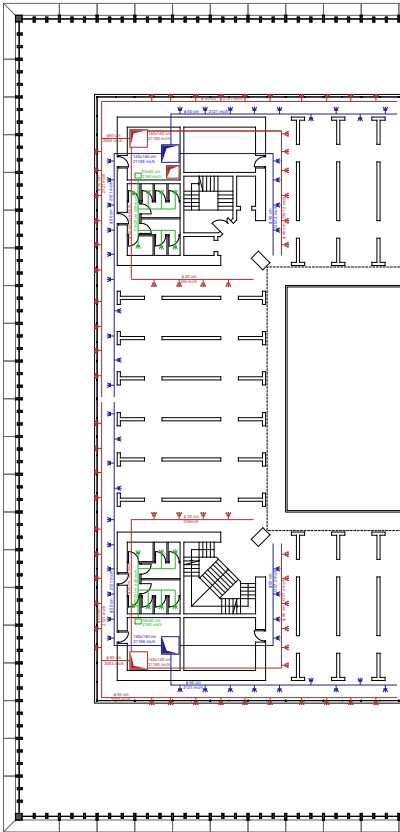
Pianta piano interrato:

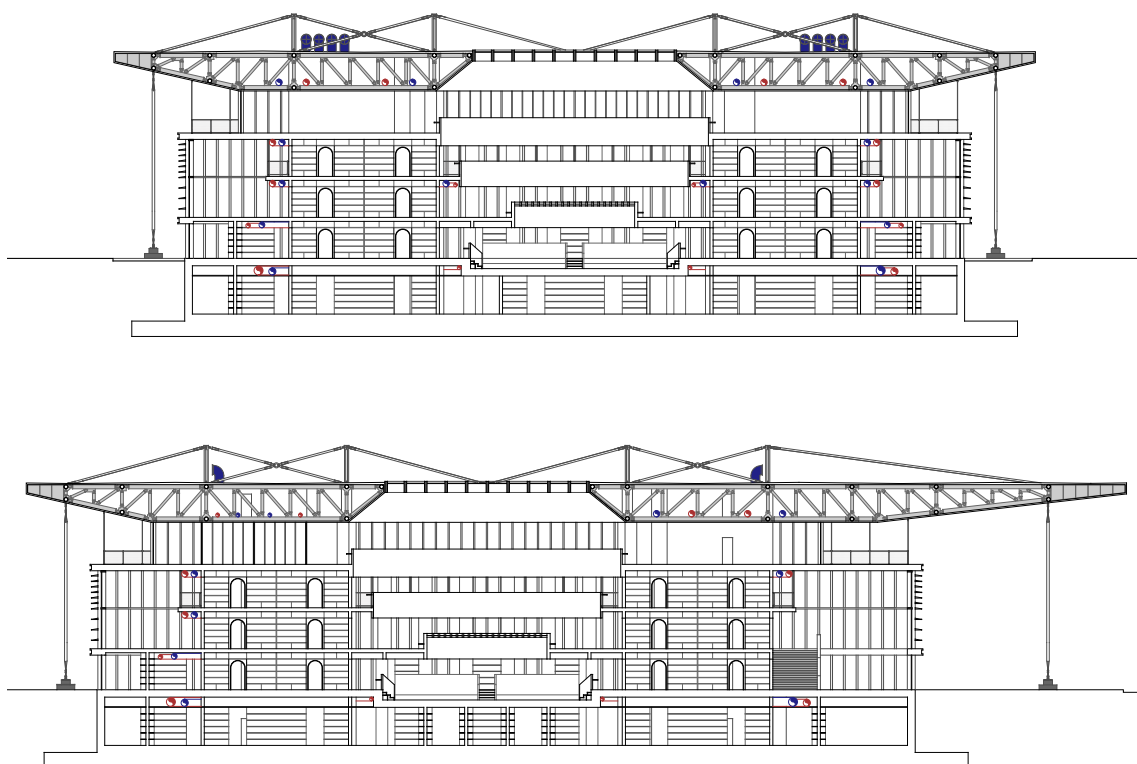
- Mandata
- Ripresa
- Aspirazione servizi



Pianta piano terra, primo, secondo e terzo:

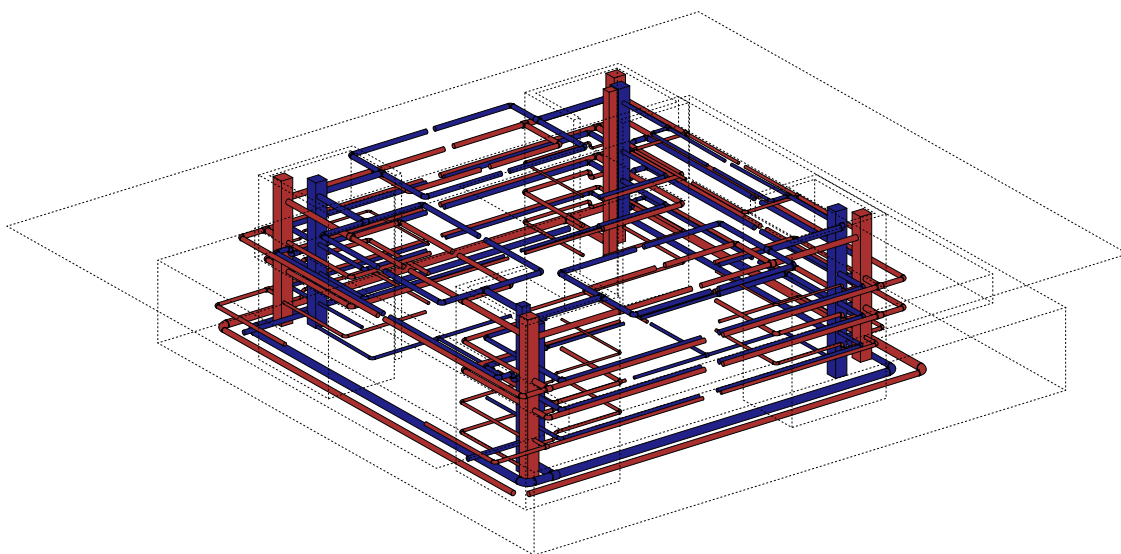
- Mandata
- Ripresa
- Aspirazione servizi





Sezione A-A', sezione B-B' e distribuzione aeraulica:

- Mandata
- Ripresa
- Aspirazione servizi



Pacchetti stratigrafici

Introduzione

La progettazione delle stratigrafie dell'involucro edilizio è orientata alla riduzione delle dispersioni termiche mediante il controllo dei valori di trasmittanza termica (U).

La diminuzione della trasmittanza consente di limitare le perdite energetiche verso l'esterno, ottenendo un duplice beneficio: una riduzione dei consumi energetici per la climatizzazione e una diminuzione dei costi di esercizio, con conseguente minor impatto ambientale in termini di emissioni di CO₂ associate alla produzione di energia.

L'obiettivo progettuale è stato quello di conseguire valori di trasmittanza termica inferiori ai limiti prescritti dal Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015, in conformità con i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici.

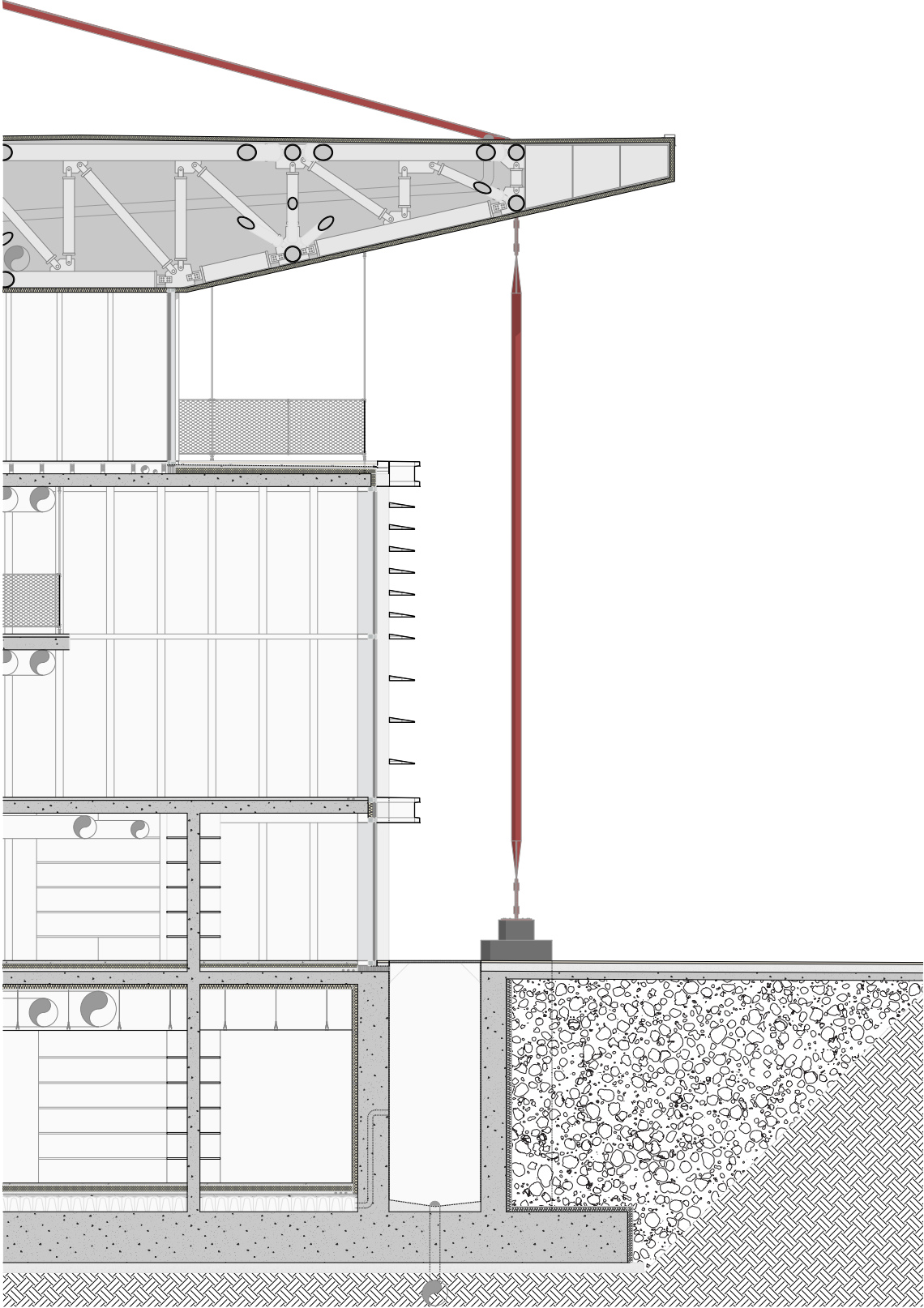
I valori limite di riferimento, riportati nell'Appendice A (Allegato 1, Capitolo 3) del medesimo decreto, sono i seguenti:

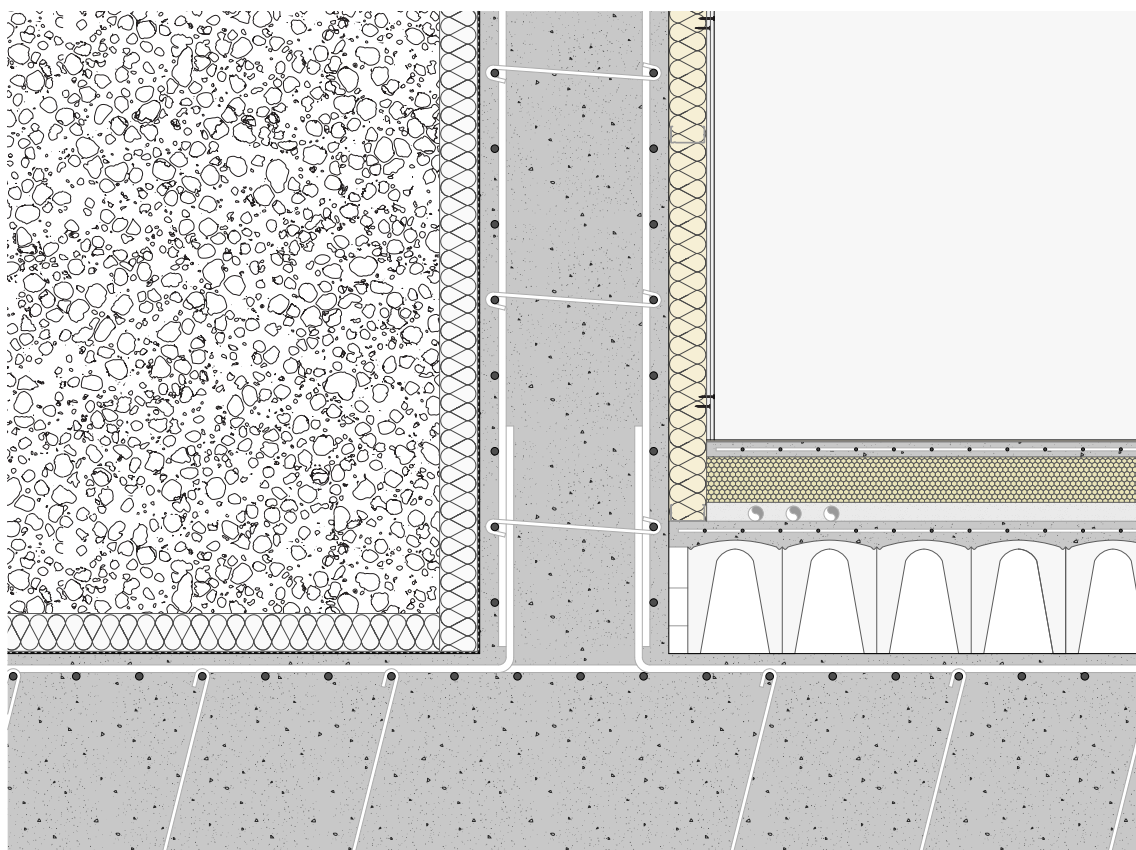
- Strutture opache verticali verso l'esterno: $U < 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura: $U < 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Strutture opache orizzontali di pavimento verso l'esterno o locali non riscaldati: $U < 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Chiusure trasparenti e opache (infissi): $U < 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Il calcolo delle trasmittanze termiche di progetto è stato eseguito secondo la metodologia indicata dalle norme UNI EN ISO 6946 e UNI 10355.

Il calcolo è stato condotto considerando tutte le stratigrafie degli elementi opachi e trasparenti dell'involucro, in regime stazionario, con valori di conducibilità termica riferiti alle condizioni standard di temperatura e umidità.

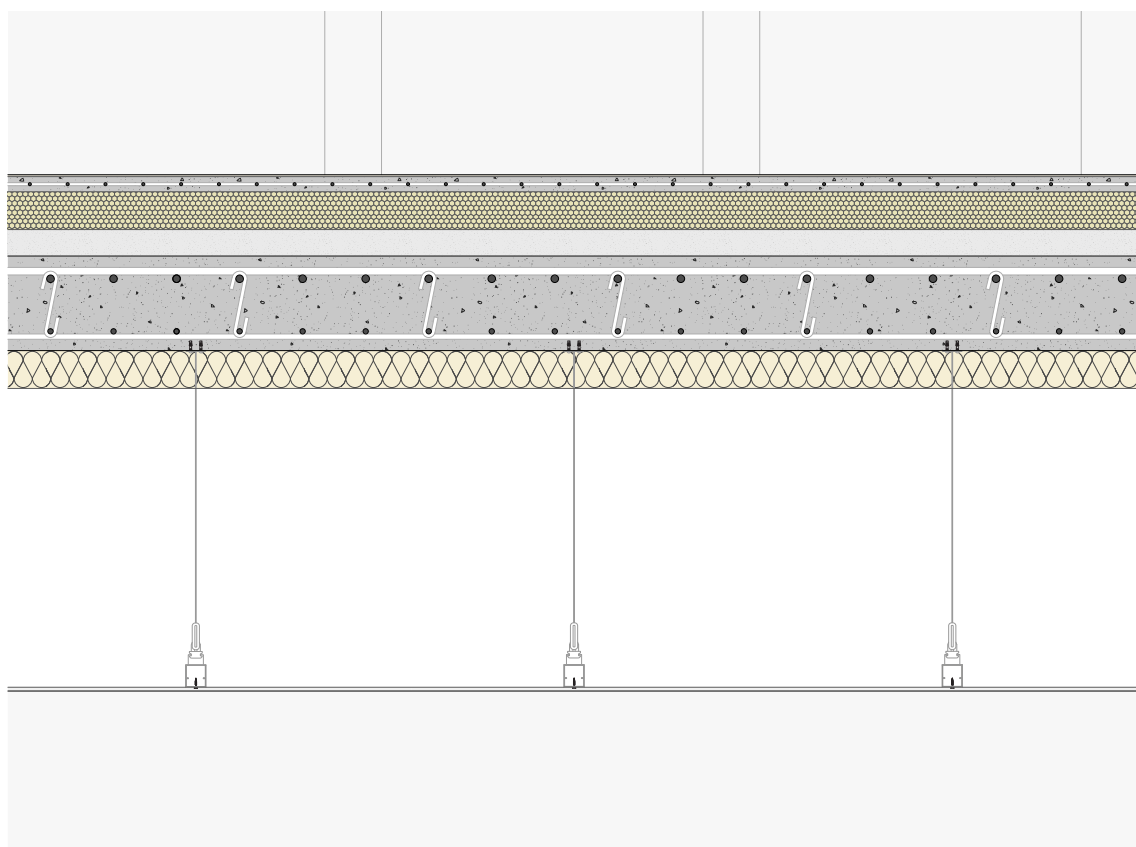
Di seguito sono riportati i pacchetti stratigrafici verticali e orizzontali previsti in progetto, con i relativi valori caratteristici di trasmittanza termica (U), determinati in base ai materiali costituenti e agli spessori adottati.





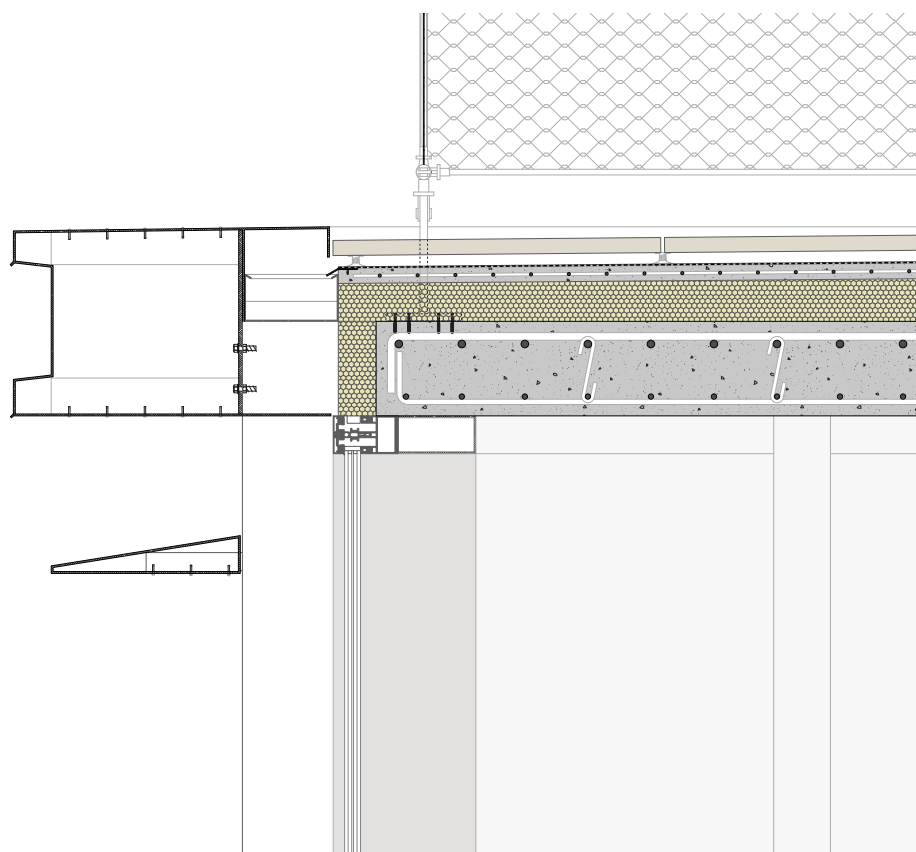
Chiusura orizzontale controterra: Pavimento in sistema cementizio sp. 2 mm - Massetto di ripartizione dei carichi sp. 40 mm - Pannello isolante in lana di roccia a doppia densità sp. 120 mm - Massetto alleggerito per impianti sp. 50 mm - Massetto di ripartizione dei carichi per igloo sp. 40 mm - Vespaio aerato sp. 300 mm - Platea di fondazione in C.A. C35/45 sp. 1000 mm - Magrone sp. 200 mm

SOLAIO CONTRO TERRA				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare interna			0,130	0,057
Finitura pavimento	2	1,400	0,001	
Rip. dei carichi	40	0,350	0,114	
Lana di roccia d.d.	120	0,036	3,333	
Massetto imp.	50	0,070	0,714	
Rip. dei carichi	40	0,350	0,114	
Vespaio	300	0,026	11,538	
Platea in CA	1000	1,400	1,071	
R. l. esterna terreno			0,400	



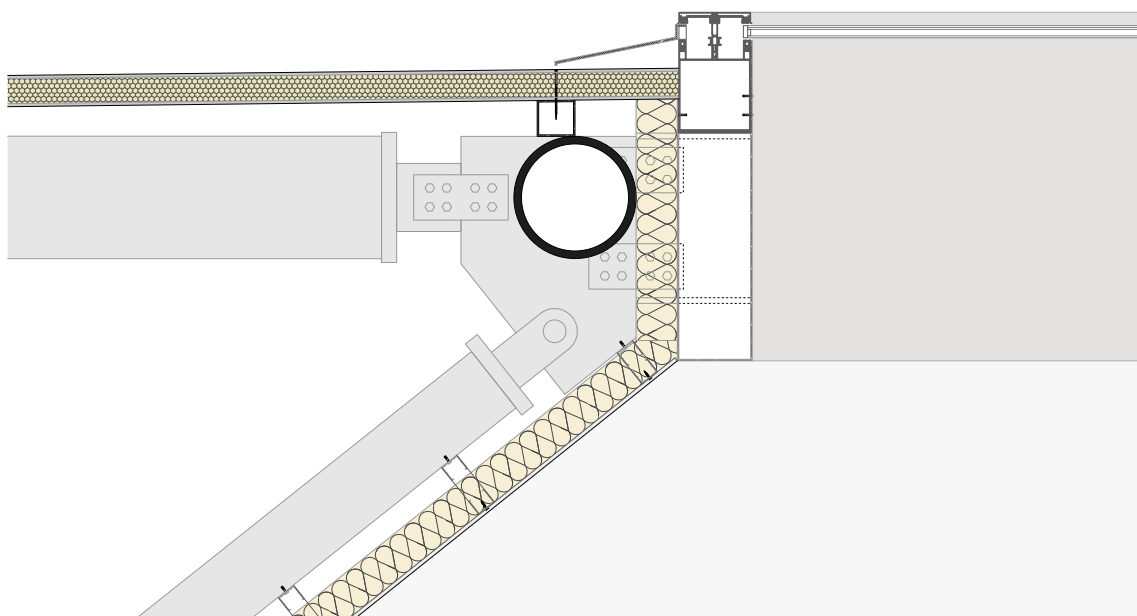
Partizione interna orizzontale piano terra: Pavimento in sistema cementizio sp. 2 mm - Massetto di ripartizione dei carichi sp. 40mm - Pannello isolante in lana di roccia a doppia densità sp. 120 mm - Massetto alleggerito per impianti sp. 50 mm - Soletta piena in CA C35/45 sp. 250 mm - Pannello isolante in lana minerale sp. 100 mm - Supporto a soffitto per lastre - Lastre in gesso rivestito GKFI altamente prestazionali sp.12.5 mm

PRIMO SOLAIO				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare interna			0,130	0,134
Finitura pavimento	2	1,400	0,001	
Rip. dei carichi	40	0,350	0,114	
Lana di roccia d.d.	120	0,036	3,333	
Massetto imp.	50	0,070	0,714	
Soletta in CA	250	1,400	0,179	
Lana di roccia	100	0,035	2,857	
Lastra in gesso	12,5	0,250	0,050	
R. lineare esterna			0,100	



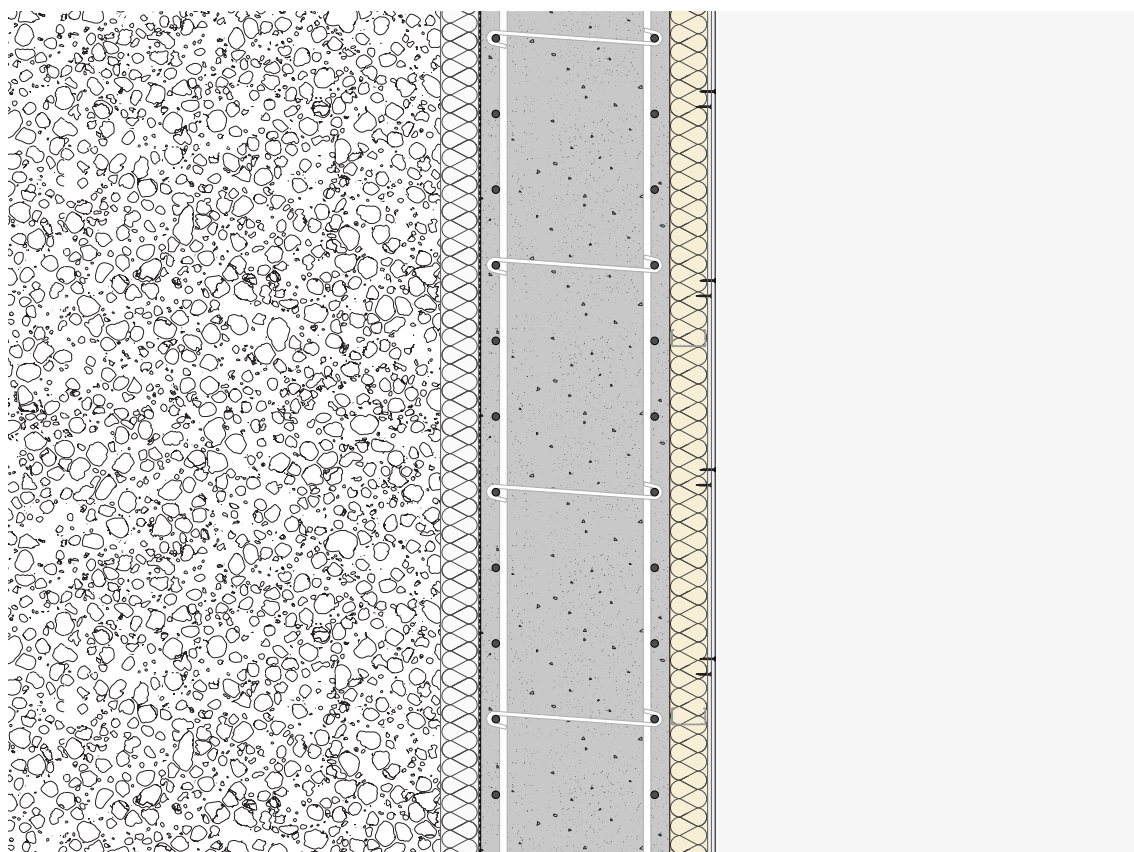
Chiusura orizzontale su spazi esterni: Impalcato in doghe di legno Accoya 1500x150x40mm - Struttura di supporto sp. 30 mm - Guaina bituminosa sp. 4 mm - Masseto di ripartizione dei carichi sp. 40 mm - Isolante pendenziato in lana di roccia ad alta densità da sp. 100-140 mm - Soletta piena in CA C35/45 sp. 250 mm

SOLAIO P3 ESTERNO				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare esterna			0,040	0,188
Legno di Accoya	40	0,130	0,308	
Sistema pavimento	30	0,026	1,154	
Guaina bituminosa	4	0,260	0,015	
Mass. di pendenza	40-70	0,350	0,171	
Lana di roccia d.d.	120	0,036	3,333	
Soletta in CA	250	1,400	0,179	
R. lineare interna			0,130	



Chiusura superiore: Pannello sandwich sp. 100 mm - Supporto per lastre - Pannello isolante in lana minerale sp. 100 mm
- Lastre in gesso rivestito GKFI altamente prestazionali sp.12.5 mm

SOLAIO COPERTURA				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare esterna			0,040	0,010
P. sandwich	100	0,200	0,500	
Trave reticolare	2500	0,026	96,154	
Lana di roccia	100	0,035	2,857	
Lastra in gesso	12,5	0,250	0,050	
R. lineare interna			0,130	



Chiusura verticale controterra: Pannello in polistirene espanso sinterizzato sp. 100 mm - Guaina bugnata sp. 0,5 mm - Guaina bituminosa sp. 4 mm - Setto in C.A. C35/45 sp. 600 mm - Supporto per lastre profilo C 50/100/50, sp.0.6 mm - doppia lastra in gesso rivestito GKFI altamente prestazionali sp.12.5*2 mm

MURO CONTRO TERRA				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare interna			0,130	0,152
Lastra in gesso	12,5	0,250	0,050	
Lana di roccia	100	0,035	2,857	
Setto in CA	600	1,400	0,357	
Guaina bituminosa	4	0,260	0,015	
Guaina buganta	0,5	0,260	0,002	
Polistirene espanso	100	0,036	2,778	
R. l. esterna terreno			0,400	



Chiusura verticale trasparente: Schüco FW 50+.SI - Schüco ASS 77 PD.SI

SERRAMENTI	
	U (W/m ² K)
Schuco FW _{50+SI}	0,800
Schuco ASS _{PDSI}	0,800

Carichi termici invernali

Introduzione

Per il calcolo dei carichi termici invernali è necessario considerare le condizioni esterne di progetto più gravose in termini di temperatura e umidità relativa, al fine di garantire il corretto dimensionamento dell'impianto di climatizzazione in modalità riscaldamento.

Condizioni di progetto:

$T_i (P-1) = 20 \text{ °C} - 50\% \text{ U.R.}$

$T_i (PT, P1, P2 \text{ e } P3) = 20 \text{ °C} - 50\% \text{ U.R.}$

$T_e = 2 \text{ °C} - 80\% \text{ U.R.}$

$\Delta H = 11 \text{ kJ/kg}$

$\Delta T = 38,5 \text{ kJ/kg}$

La potenza termica massima richiesta in regime invernale è data dalla somma del carico di trasmissione e di quello dovuto alla ventilazione:

$$Q_{\text{riscaldamento}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ventilazione}}$$

Carico per trasmissione

Il carico per trasmissione termica attraverso l'involucro edilizio è determinato dalla sommatoria dei prodotti tra la trasmittanza termica U e la superficie S di ciascun elemento dell'involucro, opaco o trasparente, moltiplicati per la differenza tra la temperatura interna T_i e la temperatura esterna T_e di progetto.

$$Q_{\text{trasm.}} = \sum z (U_z \cdot S_z)_{\text{trasp.}} + \sum j (U_j \cdot S_j)_{\text{opachi}} \cdot (T_i - T_e)$$

CARICO PER TRASMISSIONE P-1					
	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt (kW)
Solaio contro terra	3768,00	2	20	18	4,14
Parete contro terra	540,00	14	20	6	0,85

CARICO PER TRASMISSIONE PT-P1-P2-P3					
	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt (kW)
Solaio P3	991,00	2	20	18	3,35
Solaio copertura	2777,00	2	20	18	0,51
Vetrate PT-P1-P2	2326,00	2	20	18	33,49
Vetrate P3	670,00	2	20	18	9,65

Carico per ventilazione

I carichi termici dovuti alla ventilazione vengono stimati per entrambe le condizioni stagionali, rappresentando l'energia necessaria per trattare l'aria di rinnovo introdotta negli ambienti. Essi si ottengono dal prodotto tra la massa d'aria movimentata e la differenza di entalpia tra l'aria esterna e quella interna:

$$Q_{\text{ventilazione}} = m_{\text{vent}} \cdot \Delta H$$

La massa d'aria è determinata secondo la relazione:

$$m_{\text{vent}} = V \cdot d / 3600$$

dove:

- V è la portata d'aria di rinnovo [m³/h];
- d è la densità dell'aria, assunta pari a 1,225 kg/m³;
- il coefficiente 3600 consente la conversione delle ore in secondi.

Nel periodo invernale, durante la fase di

umidificazione, la temperatura dell'aria tende a diminuire a causa del processo stesso. Per compensare tale effetto, l'aria viene preriscaldata fino a un valore superiore rispetto alla temperatura di comfort interna. Successivamente, nella fase di post-riscaldamento, si utilizza parte del calore in eccesso accumulato nella fase di preriscaldamento, ottimizzando così il bilancio energetico del sistema.

In questa configurazione, il recuperatore di calore integrato nell'Unità di Trattamento Aria (UTA) assume un ruolo fondamentale, consentendo di recuperare energia termica dall'aria espulsa e ridurre il fabbisogno energetico complessivo dell'impianto.

CARICO PER VENTILAZIONE P-1					
T° Recuperatore	ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	ΔH recuperatore (KJ/kg)	m_{vent} (Kg/s)	Q_v (kW)
14,60	11	38,50	23	3,40	94,20

CARICO PER VENTILAZIONE PT-P1-P2-P3					
T° Recuperatore	ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	ΔH recuperatore (KJ/kg)	m_{vent} (Kg/s)	Q_v (kW)
14,60	11	38,50	23	25,90	401,30

CARICO INVERNALE TOTALE P-1				
$Q_{trasmissione}$ (kW)	$Q_{ventilazione}$ (kW)	$Q_{endogeni}$ (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{riscaldamento}$ (kW)
94,20	5,00	0,00	0,00	99,20

CARICO INVERNALE TOTALE PT-P1-P2-P3				
$Q_{trasmissione}$ (kW)	$Q_{ventilazione}$ (kW)	$Q_{endogeni}$ (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{riscaldamento}$ (kW)
401,30	47,00	0,00	0,00	448,3

Carichi termici estivi

Introduzione

Per il calcolo dei carichi termici estivi è necessario considerare le condizioni esterne più gravose in termini di temperatura e umidità relativa. I parametri di riferimento assunti per la località di Pescara sono:

T_i (P-1) = 20°C - 50% UR
 T_e = 31,6°C - 80% UR
 ΔH = 38,5 KJ/Kg ΔT = 75,5 KJ/Kg

T_i (PT, P1, P2 e P3) = 26°C - 50% UR
 T_e = 31,6°C - 80% UR
 ΔH = 63 KJ/Kg ΔT = 75,5 KJ/Kg

La potenza termica di raffrescamento massima è data dalla seguente relazione:

$$Q_{\text{raffresc.}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ventilazione}} + Q_{\text{endogeni}} + Q_{\text{solare}}$$

Nel periodo estivo, oltre ai carichi di trasmissione e ventilazione, si considerano anche i carichi endogeni e solari. Questi ultimi determinano un incremento del carico totale di raffrescamento poiché contribuiscono

all'aumento della temperatura interna degli ambienti. Al contrario, nella stagione invernale tali contributi non vengono conteggiati in quanto hanno effetto favorevole, riducendo il fabbisogno termico di riscaldamento. Tuttavia, ai fini del dimensionamento impiantistico, si fa sempre riferimento alle condizioni di massimo carico, adottando quindi l'ipotesi più gravosa per garantire la corretta efficienza e continuità di esercizio del sistema.

Per il calcolo dei carichi per trasmissione e ventilazione si adottano gli stessi procedimenti utilizzati per il periodo invernale, variando unicamente i parametri di temperatura e umidità in funzione delle condizioni estive di progetto. Tali calcoli consentono di determinare le dispersioni termiche attraverso l'involucro e le variazioni entalpiche dovute ai ricambi d'aria, costituendo la base per la valutazione complessiva del carico termico di raffrescamento.

Carichi per trasmissione e ventilazione

CARICO PER TRASMISSIONE P-1					
	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt (kW)
Solaio contro terra	3768,00	31,6	20	11,6	2,67
Parete contro terra	540,00	14	20	6	0,85

CARICO PER TRASMISSIONE PT-P1-P2-P3					
	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt (kW)
Solaio P3	991,00	31,6	26	5,6	1,04
Solaio copertura	2777,00	31,6	26	5,6	0,16
Vetrate PT-P1-P2	2326,00	31,6	26	5,6	10,42
Vetrate P3	670,00	31,6	26	5,6	3,00

CARICO PER VENTILAZIONE P-1			
ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	m _{vent} (Kg/s)	Qv (kW)
75,50	38,50	3,40	126,80

CARICO PER VENTILAZIONE PT-P1-P2-P3			
ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	m _{vent} (Kg/s)	Qv (kW)
75,50	63	25,90	323,60

Carico termico endogeno

La componente dei carichi endogeni è data dalla sommatoria del calore sensibile e latente generato dagli occupanti, dai corpi illuminanti e dalle apparecchiature elettriche presenti negli ambienti.

$$Q_{\text{endogeni}} = Q_{\text{persone}} + Q_{\text{illuminazione}} + Q_{\text{macchinari}}$$

Per quanto riguarda il contributo dovuto alla presenza degli utenti, si assume un apporto termico medio pari a 50 W per persona, valore di riferimento comunemente utilizzato per ambienti di tipo terziario o pubblico:

$$Q_{\text{persone}} = N^{\circ} \text{ persone} \cdot 50 \text{ W/persona}$$

CARICO PERSONE P-1		
N. Persone	W/persona	Qpersone (kW)
10	50	0,50

CARICO PERSONE PT-P1-P2-P3		
N. Persone	W/persona	Qpersone (kW)
1676	50	83,81

La componente relativa all'illuminazione è determinata in conformità alla norma UNI EN 12464-1, che definisce i valori minimi di illuminamento ($L_{m,ex}$) in funzione della destinazione d'uso degli ambienti. Conoscendo l'area dei locali e il livello di illuminamento richiesto, si calcola il flusso luminoso complessivo:

$$Fl = L_{m,ex} \cdot Sup$$

Da tale valore si ricava la potenza elettrica associata (E_l), rapportando il flusso luminoso all'efficienza luminosa delle sorgenti scelte. In questo progetto sono stati selezionati apparecchi Philips TrueLine per gli ambienti principali e Philips LuxSpace per gli spazi accessori.

Il calcolo tiene inoltre conto dei fattori di manutenzione (f_m) e di utilizzazione (f_u):

- F_m considera la riduzione del flusso luminoso dovuta all'invecchiamento e all'accumulo di polvere sulle lampade;

- F_u tiene conto della frazione di flusso effettivamente utilizzata nell'illuminamento della superficie di lavoro, in funzione della geometria dell'ambiente e della riflettanza delle superfici.

$$Q_{\text{illuminazione}} = Fl / (E_l \cdot f_m \cdot f_u)$$

CARICO ILLUMINAZIONE P-1			
Funzione	Area (m ²)	L _{m,ex} (lux)	F _i (lm)
Deposito scaffale chiuso	3220,44	150	483066
Locali accessori	547,56	150	82134

CARICO ILLUMINAZIONE PT-P1-P2-P3			
Funzione	Area (m ²)	L _{m,ex} (lux)	F _i (lm)
Consultazione	4190,70	500	2095350
Deposito scaffale aperto	4998,80	200	999760
Locali accessori	2737,80	150	410670

CARICO ILLUMINAZIONE P-1					
F _i (lm)	Lampada	E _i (lm/W)	f _m	f _u	Qill. (kW)
483066	P. Trueline	121	0,7	0,5	11,41
82134	P. LuxSpace	133	0,7	0,5	1,76

CARICO ILLUMINAZIONE P-1					
F _i (lm)	Lampada	E _i (lm/W)	f _m	f _u	Qill. (kW)
2095350	P. Trueline	121	0,7	0,5	49,48
999760	P. Trueline	121	0,7	0,5	23,61
410670	P. LuxSpace	133	0,7	0,5	8,82

Infine, il contributo termico derivante dalle apparecchiature elettriche è calcolato sulla base delle potenze nominali delle singole macchine, moltiplicate per un coefficiente di riduzione che rappresenta la non simultaneità del loro utilizzo:

$$Q_{\text{macchinari}} = \text{coeff. riduzione} \cdot \text{Potenza W unitaria}$$

CARICO MACCHINARI P-1				
Macchinari	Quantità	Coeff. riduzione	Poten. Unitaria (w)	Qmacchinari (kW)
Ascensore	4	0,1	3000	1,20
Computer	4	0,1	200	0,08

CARICO MACCHINARI P-1				
Macchinari	Quantità	Coeff. riduzione	Poten. Unitaria (w)	Qmacchinari (kW)
Ascensore	20	0,1	3000	6,00
Computer	4	0,1	200	0,08
Asciugamani	40	0,1	700	2,80
Distributori	8	0,1	700	0,56

CARICO TERMICO ENDOGENO P-1			
Qpersone (kW)	Qilluminazione (kW)	Qmacchinari (kW)	Qtot (kW)
0,50	13,17	1,28	14,95

CARICO TERMICO ENDOGENO PT-P1-P2-P3			
Qpersone (kW)	Qilluminazione (kW)	Qmacchinari (kW)	Qtot (kW)
83,81	81,91	9,44	175,16

Carico solare

I carichi solari rappresentano l'apporto termico dovuto all'irraggiamento solare diretto e indiretto, costituendo un fattore peggiorativo per la climatizzazione estiva. Tale contributo è particolarmente rilevante per gli ambienti esposti con superfici vetrate, mentre nel piano interrato, privo di aperture verso l'esterno, esso non viene considerato.

La componente solare è calcolata mediante la seguente espressione:

$$Q_{\text{solare}} = I_{t_{\text{max}}} \cdot S_{\text{vetrate}} \cdot FS_{\text{tot}} \cdot f_{\text{accumulo}}$$

dove:

- $I_{t_{\text{max}}}$ è il valore massimo giornaliero dell'irradianza solare incidente sull'elemento nel mese di luglio, espresso in $[W/m^2]$, determinato in base alla norma UNI 10349-2:2016 (Prospetto 5);

- S_{vetrate} è l'area totale delle porzioni vetrate esposte nell'orientamento considerato $[m^2]$;

- FS_{tot} è il fattore solare complessivo, che tiene conto delle caratteristiche del vetro e delle eventuali schermature o oggetti. È espresso come:

$$FS_{\text{tot}} = g_{\text{gl,n}} \cdot f_{\text{v+s}} \cdot \% \text{ vetro non ombreggiato}$$

dove:

- $g_{\text{gl,n}}$ è il valore di trasmittanza totale dell'energia solare, definito nella UNI/TS 11300-1 (Appendice B, Prospetto B.5, Tabella 2);

- $f_{\text{v+s}}$ è il fattore di schermatura, funzione del tipo di protezione solare adottata;

- f_{accumulo} è il fattore di accumulo termico, che dipende dal rapporto tra la massa dell'edificio e la superficie di pavimento. Nel caso in esame, l'edificio rientra nella categoria "pesante", caratterizzata da un'elevata inerzia termica, con conseguente attenuazione e sfasamento del carico solare.

FATTORE SOLARE COMPLESSIVO				
	$g_{gl,n}$	f_{v+s}	% non ombreggiata	FS,tot
Nord-Est	0,5	0,2	0,65	0,065
Sud-Est	0,5	0,2	0,05	0,005
Nord-Ovest	0,5	0,2	0,63	0,063
Sud-Ovest	0,5	0,2	0,63	0,063

FATTORE DI ACCUMULO TERMICO		
massa totale (kg)	Sup. calpestabile (m ²)	massa per sup. di pav. (kg/m ²)
34097070,50	14990,50	2274,58

CARICO SOLARE					
	$I_{t,max}$ (W/m ²)	$S_{vetrate}$ (m ²)	FS,tot	$f_{accumolo}$	Qsolare (kW)
Nord-Est	606	762	0,065	0,22	6,60
Sud-Est	651	735	0,005	0,35	0,35
Nord-Ovest	651	762	0,063	0,43	13,44
Sud-Ovest	606	735	0,063	0,17	4,77

CARICO ESTIVO TOTALE P-1				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)
126,80	3,50	15,00	0,00	145,30

CARICO ESTIVO TOTALE PT-P1 -P2-P3				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)
323,60	14,60	175,20	25,60	539,00

Centrale termo-frigorifera

L'impianto di generazione termica previsto per il progetto si basa sull'utilizzo di pompe di calore, soluzione che consente una significativa riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto ai tradizionali sistemi a combustione. In particolare, sono state selezionate pompe di calore geotermiche di tipo acqua-acqua, operanti a circuito aperto.

Il principio di funzionamento di queste macchine termiche si fonda sullo scambio di calore tra due fluidi vettori. In sintesi, il sistema preleva acqua dalla falda, la quale trasferisce energia termica a un fluido termovettore tramite uno scambiatore interposto tra la sorgente e la pompa di calore. Tale soluzione è stata adottata per motivi manutentivi: in caso di guasto, la sostituzione dello scambiatore risulta più semplice ed economicamente sostenibile rispetto all'intervento diretto sulla pompa.

L'acqua prelevata, dopo lo scambio termico, viene reimpressa nel sottosuolo attraverso un pozzo dedicato, collocato a distanza adeguata da quello di prelievo, nel rispetto delle normative ambientali.

La pompa di calore è di tipo reversibile,

ovvero in grado di operare sia in modalità di riscaldamento invernale che di raffrescamento estivo, garantendo il comfort termico in ogni stagione. In fase di dimensionamento si è fatto quindi attenzione al soddisfacimento delle potenze richieste in entrambe le stagioni.

La centrale termica è stata posizionata al piano interrato dell'edificio, nei quattro vani tecnici presenti a fianco delle scale.

Si è scelto di installare più pompe di calore, in modo da consentirne l'attivazione modulata in funzione delle effettive richieste termiche stagionali. Tale configurazione permette di ottimizzare il funzionamento dell'impianto, riducendo i consumi energetici complessivi e garantendo al contempo la continuità di servizio grazie alla presenza di un'unità di riserva, prevista per sopperire a eventuali guasti o interventi di manutenzione.

Di seguito si riportano le scelte progettuali effettuate, suddivise tra il piano interrato (P-1) e i piani fuori terra (PT, P1, P2 e P3), in relazione ai rispettivi fabbisogni termici e frigoriferi.

CARICO INVERNALE TOTALE P-1				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{riscaldamento}}$ (kW)
94,20	5,00	0,00	0,00	99,20

CARICO ESTIVO TOTALE P-1				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)
126,80	3,50	15,00	0,00	145,30

POMPE DI CALORE P-1					
Modello	N. macchine	$Q_{\text{frigorifera}}$ (kW)	Q_{termica} (kW)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Aermec WRL300	2	74,4	84,1	18,65	84,5x138x132
Aermec NXP600 (riserva)	1	141,1	158,2	34,7	125x198x260

CARICO INVERNALE TOTALE PT-P1-P2-P3				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{riscaldamento}}$ (kW)
401,30	47,00	0,00	0,00	448,3

CARICO ESTIVO TOTALE PT-P1-P2-P3				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)
323,60	14,60	175,20	25,60	539,00

POMPE DI CALORE PT-P1-P2-P3					
Modello	N. macchine	$Q_{\text{frigorifera}}$ (kW)	Q_{termica} (kW)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Aermec WRL600	2	150,10	166,10	33,50	84,5x138x206
Aermec NXP900	1	281	320,90	70,90	125x202x260
Aermec NXP1650 (riserva)	1	502,40	549,40	121,20	125x202x260

Impianto acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è stato dimensionato associando a una pompa di calore un sistema di accumulo di acqua tecnica, in modo da prevenire la formazione di batteri potenzialmente nocivi per la salute. Questa configurazione consente l'utilizzo di una pompa di calore di dimensioni ridotte, poiché l'accumulo garantisce il mantenimento della temperatura del fluido tecnico. I calcoli sono stati eseguiti mediante una tabella di dimensionamento fornita.

L'impianto è stato realizzato separatamente rispetto al sistema di climatizzazione.

In fase di progetto è stato individuato il numero di utenze presenti nell'edificio, pari a 96 lavandini. Considerando un utilizzo medio orario pari a 1 utilizzo e un consumo di 10 litri per ogni uso, è stato determinato il fabbisogno orario complessivo.

In base ai risultati, si è scelta una pompa di calore Aermec WRL180 abbinata a un sistema di accumulo Cordivari Combi1 WB1500.

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ACS	
Temperatura acqua fredda (Tf)	10°C
Temperatura acqua calda sanitaria (Tm)	45°C
Temperatura acqua nell'accumulo (Tc)	60°C
Durata pre-riscaldamento (Pr)	1 h
Volume dell'accumolo	350 lt
Potenzialità termica del serpentino	19,50 kW
Potenzialità termica istantanea richiesta	39,10 kW

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ACS				
Apparecchi	N. apparecchi	Usi orari (n/h)	litri/uso	Consumo orario (l/h)
Lavabo	96	1,0	10,00	960,00
			f1	1
			f2	1
			f3	1
Massimo consumo orario contemporaneo di acqua calda 40°C				960,00

POMPE DI CALORE ACS					
Modello	N. macchine	$Q_{\text{frigorifera}}$ (kW)	Q_{termica} (kW)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Aermec WRL180	1	49,70	55,80	12	84,5x138x132

ACCUMULO ACS				
Modello	N. macchine	Volume (lt)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Cordivari combi 1 WB 150	1	412	/	130x234,5

Impianto elettrico e d'illuminazione

Impianto elettrico

Per la determinazione del fabbisogno elettrico dell'edificio sono stati considerati tutti i componenti presenti all'interno della biblioteca, a partire dalle apparecchiature impiantistiche. Il calcolo è stato condotto individuando la potenza elettrica assorbita da ciascun elemento, sulla base delle schede tecniche e dei valori di progetto ottenuti in fase di pre-dimensionamento. Successivamente, la potenza è stata moltiplicata per le ore di utilizzo annuali, ricavando così il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio.

Per le Unità di Trattamento Aria (UTA) è stato previsto un funzionamento continuo di 24 ore giornaliere, in quanto devono garantire il ricambio d'aria anche durante le ore di chiusura al pubblico. Le pompe di calore dedicate alla climatizzazione sono state considerate operative per 14 ore al giorno, includendo un periodo di preaccensione necessario a riportare l'ambiente alle condizioni di comfort prima dell'apertura della biblioteca. La pompa di calore destinata alla produzione di acqua

calda sanitaria, grazie alla presenza del sistema di accumulo, è prevista in funzione per 12 ore al giorno, poiché non richiede un periodo di preriscaldamento in quanto è presente un accumulo di acqua tecnica.

Oltre agli impianti principali, sono stati inseriti nel calcolo anche gli altri dispositivi elettrici presenti, come l'ascensore, i computer, i distributori automatici e le apparecchiature ausiliarie, considerando il loro funzionamento limitato alle ore di apertura dell'edificio.

FABBISOGNO ENERGETICO U.T.A.				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Aermec NCD13D	4	7	8760	245280
Aermec NCD9F	1	3,2	8760	28032

FABBISOGNO ENERGETICO POMPA DI CALORE				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Aermec WRL600	2	33,50	5110	342370
Aermec NXP900	1	70,90	5110	362299
Aermec NXP1650 (riserva)	1	121,20	365	44238
Aermec WRL300	2	18,65	5110	190603
Aermec NXP600 (riserva)	1	34,70	365	12665,50

FABBISOGNO ENERGETICO POMPA DI CALORE A.C.S.				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Aermec WRL180	1	12	4380	52560

FABBISOGNO ENERGETICO MACCHINARI				
Funzione	Quantità	Qmacchinari(kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Ascensore	20	6,00	4380	26280
Computer	4	0,08	4380	350,40
Asciugamani	40	2,80	4380	12264
Distributore	8	0,56	4380	2452,80

Impianto d'illuminazione

Per l'impianto di illuminazione il dimensionamento è stato effettuato secondo la norma UNI EN 12464-1, che definisce i livelli minimi di illuminamento in funzione della destinazione d'uso dei locali. Sono state considerate le superfici dedicate alla consultazione, ai depositi a scaffale aperto e chiuso e ai locali tecnici, determinando per ciascuna di esse il flusso luminoso richiesto. Gli ambienti destinati alla consultazione, in particolare, necessitano di valori di illuminamento più elevati per garantire un adeguato comfort visivo.

Il carico elettrico di illuminazione è stato calcolato rapportando il flusso luminoso all'efficienza luminosa delle sorgenti scelte. Sono stati selezionati apparecchi Philips TrueLine per le aree principali e Philips LuxSpace per gli spazi accessori. Nel calcolo sono stati inclusi il fattore di manutenzione (fm), che tiene conto della riduzione del flusso luminoso nel tempo, e il fattore di utilizzazione (fu), che considera la distribuzione effettiva della luce sulle superfici di lavoro.

Per ridurre i consumi energetici è stato previsto un sistema di regolazione automatica DALI, in grado di modulare l'intensità luminosa in funzione della luce naturale e della presenza di persone, ottimizzando il funzionamento dell'impianto e riducendo le ore effettive di utilizzo.

FABBISOGNO ENERGETICO ILLUMINAZIONE				
Funzione	Modello	Qilluminazione (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Deposito scaffale chiuso	Philips TrueLine	11,41	2190	24980,27
Locali accessori	Philips LuxSpace	1,76	2190	3864,09
Consultazione	Philips TrueLine	49,48	2190	108354,58
Deposito scaffale aperto	Philips TrueLine	23,61	2190	51699,51
Locali accessori	Philips LuxSpace	8,82	2190	19320,46

Verifiche NZEB

Coefficiente globale di scambio termico

Il DM 26 giugno 2015 specifica «le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche» che devono essere soddisfatte dagli edifici. In particolare, i valori da verificare sono: il Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente $H'T$ - $[W/(m^2K)]$ e il parametro della penetrazione media della radiazione solare attraverso i serramenti ($A_{sol,est} / A_{sup,utile}$).

Il valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico $H'T$ è indicato in normativa e si differenzia in base della zona climatica di riferimento (nel nostro caso D). Inoltre, si diversifica dal rapporto tra la superficie ed il volume dell'edificio.

Il rapporto tra la superficie ed il volume è di 0,335. Secondo la normativa questo ci riporta ad avere un valore massimo di $H'T$ di 0,80.

Per calcolare il Coefficiente medio globale di scambio termico $H'T$ $[W/m^2K]$ dell'edificio si

è calcolata la trasmittanza termica di tutti gli elementi dell'involucro (opachi e trasparenti), moltiplicati per l'area degli stessi. Il valore ottenuto è pari a 0,270 è quindi verificato.

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	
Superficie (m ²)	14984
Volume (m ³)	44727,90
S/V	0,335
H'T (W/k)	0,80

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	
Area (m ²)	11072
Trasmittanza (W/m ² K)	2909,54
H'T (W/k)	0,26

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO			
	Superficie (m ²)	Altezza piano (m)	Volume (m ³)
Piano interrato	3767	3,00	11301
Piano terra	3767	2,90	10924,30
Piano primo	3190	2,90	9251
Piano secondo	2016	2,90	5846,40
Piano terzo	2244	3,30	7405,20

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO			
	Area (m ²)	Trasmittanza (W/m ² K)	AxU
Solaio contro terra	3768	0,057	216,33
Parete contro terra	540	0,152	81,95
Vetrate PT-P1-P2	2326	0,800	1860,80
Vetrate P3	670	0,800	536,00
Solaio esterno P3	991	0,188	185,92
Solaio di copertura	2770	0,010	28,53

Penetrazione media della radiazione solare attraverso i serramenti

Per quanto riguarda il valore massimo per il parametro $A_{sol,est} / A_{sup,utile}$ esso varia in funzione della categoria d'uso dell'edificio. Nel nostro caso equivale a 0,04. Il calcolo si basa sulla superficie utile esterna, sulle caratteristiche dei serramenti (area vetrata e fattore solare) e della presenza di schermature o ombreggiamenti.

- $F_{sh,ob}$: fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k-esima, riferito al mese di luglio, ed è pari a 0,20;

- g_{gl+sh} : trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata, ed è pari a 0,50;

- F_F : frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato, ed è pari a 0,26;

- $A_{w,p}$: area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);

- $F_{sol,est}$: fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale.

Il risultato è 0,04 è quindi verificato.

FATTORE $A_{w,p}$			
	$S_{\text{vetrate}} \text{ (m}^2\text{)}$	% non ombreggiata	
Nord-Est	762	0,65	495,30
Sud-Est	735	0,05	36,75
Nord-Ovest	762	0,63	480,06
Sud-Ovest	735	0,63	463,05

FATTORE $F_{\text{sol,est.}}$	
	$I_{l,\text{max}} \text{ (W/m}^2\text{)}$
Pescara (sud)	486
Roma (sud)	424

FATTORE $A_{\text{sol,est}}/A_{\text{sup.utile}}$			
Superficie utile (m ²)	$A_{\text{sol,est}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$A_{\text{sol,est}}/A_{\text{sup.utile}}$	Valore limite
2996	125,41	0,04	0,04

Sintesi

Le soluzioni progettuali e impiantistiche sono state orientate al raggiungimento degli obiettivi europei in materia di efficienza energetica.

Le scelte di utilizzare pompe di calore geotermiche a circuito aperto, sistemi di ventilazione meccanica controllata ad alta efficienza, e un impianto di climatizzazione integrato con recupero di calore, sono state volte a una riduzione dei consumi energetici e delle emissioni.

Le verifiche svolte, in particolare il rispetto dei limiti normativi relativi al coefficiente globale di scambio termico e al parametro relativo all'area solare equivalente estiva, confermano il buon comportamento dell'involucro edilizio e la corretta gestione del contributo solare. Inoltre, l'integrazione di accumuli tecnici per l'impianto ACS e l'adozione di sistemi distribuiti e flessibili per la produzione e gestione del comfort termico, sono stati pensati in funzione del contenimento del fabbisogno energetico.

Tutti questi elementi, concorrono a posizionare l'edificio in linea con i requisiti previsti per gli edifici a energia quasi zero (nZEB), secondo quanto stabilito dal DM 26 giugno 2015. Ciò dimostra come, attraverso un'attenta progettazione integrata e una consapevole selezione tecnologica, sia possibile realizzare spazi pubblici efficienti, confortevoli e pienamente sostenibili dal punto di vista ambientale ed energetico.

SUN POWER MAXEON 3				
Potenza nominale (W)	Ore equivalenti/ anno applicate alla potenza di picco (h)	Produzione annua di energia elettrica da singolo pannello (kWh)	HxB (mm)	Area pannello (m ²)
430	1600	688	1046x1812	1,90

DIMENSIONAMENTO PANNELLI DA INSTALLARE				
Fabbisogno reale (kWh)	Fabbisogno richiesto ai pannelli 70%(kWh)	N. pannelli da installare	Sup. coperta da impianto fotovoltaico (m ²)	Sup. copertura edificio (m ²)
1498769,3	1049138,48	1525	2890,20	5934,36

Residenze

Impianto di climatizzazione

Impianto di climatizzazione e qualità dell'aria

Il blocco residenziale è stato concepito come unità autonoma rispetto al sistema impiantistico della biblioteca, fatta eccezione per l'impianto fotovoltaico, che serve entrambe le strutture. L'edificio è stato suddiviso in tre corpi principali: due blocchi residenziali identici, ciascuno dotato di spazi ricreativi annessi, e una stecca lungo la strada principale, destinata a studentato con funzioni commerciali al piano terra. Tale articolazione è stata definita al fine di garantire condizioni di comfort termoigrometrico adeguate alle differenti destinazioni d'uso previste dal progetto.

Per le unità abitative è stato previsto un sistema di climatizzazione invernale a pannelli radianti, che assicura un'elevata uniformità termica e un buon livello di efficienza energetica. La climatizzazione estiva, invece, è affidata a termoconvettori installati nel controsoffitto della zona d'ingresso e nel corridoio del piano superiore. Analoga soluzione è stata adottata per il sistema di Ventilazione Meccanica Controllata (VMC) con recuperatore di calore, al fine di mantenere un'elevata qualità dell'aria

interna e limitare le dispersioni energetiche. Le medesime scelte impiantistiche sono state estese anche alle camere dello studentato.

Per gli ambienti a uso collettivo, come le aree ricreative delle residenze, gli spazi comuni dello studentato e le zone commerciali al piano terra, si è optato per l'impiego di termoconvettori sia per il riscaldamento che per il raffrescamento. Questa scelta è motivata dalla discontinuità di utilizzo di tali ambienti, che rende meno efficiente l'adozione di un sistema radiante, il quale necessita di tempi di risposta più lunghi per raggiungere le condizioni di comfort.

La distribuzione dei canali aerulici è stata progettata prevedendo, per ogni macchina, un vano tecnico che attraversa verticalmente l'intero edificio, collocato in prossimità dei vani scala, così da agevolare la manutenzione e ridurre l'impatto architettonico degli impianti.

Il dimensionamento dei sistemi di ventilazione è stato condotto a partire dal calcolo del numero

di occupanti per ciascun appartamento, suddiviso sui due livelli dei duplex. È stata considerata una portata d'aria esterna pari a 40 m³/h per persona, determinando così

la portata complessiva richiesta per ogni unità abitativa. Lo stesso procedimento è stato applicato ai locali ricreativi e agli spazi del corpo su strada.

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA STUDENTATO E COMMERCIALE					
Unità abitativa	N. persone	Portata a persona (m ³ /h)	Portata massima (m ³ /h)	Scelta macchinario per piano	Sezione canale (cm)
Locali commerciali	10	40	400	Daikin VAM500J8	20
2 stanze	2	40	80	Daikin VAM150FC9	10
3 stanze	3	40	120	Daikin VAM150FC9	10
4 stanze	4	40	160	Daikin VAM150FC9	10
Locali comuni	10	40	400	Daikin VAM500J8	20

VENTILAZIONE MECCANICA CONTROLLATA STECCA E CORPO RICREATIVO					
Unità abitativa	N. persone	Portata a persona (m ³ /h)	Portata massima (m ³ /h)	Scelta macchinario per piano	Sezione canale (cm)
Monolocale	1	40	40	Daikin VAM150FC9	10
Bilocale	2	40	80	Daikin VAM150FC9	10
Bilocale d'angolo	2	40	80	Daikin VAM150FC9	10
Trilocale	3	40	120	Daikin VAM150FC9	15
Quadrilocale	5	40	200	Daikin VAM250FC9	15
Locale ricreativo	20	40	800	Daikin VAM1000J8	30

Per la ventilazione meccanica con recuperatore di calore sono stati selezionati i seguenti modelli Daikin:

- VAM 150FC9 (Portata: 130 m³/h; Dimensioni: 285×776×525 mm)
- VAM 250FC9 (Portata: 210 m³/h; Dimensioni: 285×776×525 mm)
- VAM 500J8 (Portata: 500 m³/h; Dimensioni: 301×1.113×886 mm)
- VAM 1000J8 (Portata: 800 m³/h; Dimensioni: 368×1.354×1.172 mm)

Per il dimensionamento dell'impianto di ventilazione si è passati dalla portata d'aria totale all'area utile delle canalizzazioni mediante la formula:

$$A = V / (3600 \cdot v)$$

dove:

- A è l'area della sezione del condotto [m²],
- V è la portata d'aria [m³/h],
- v è la velocità dell'aria [m/s], assunta pari

a 3 m/s per contenere le perdite di carico e limitare la rumorosità in esercizio.

L'aria di rinnovo viene prelevata dall'esterno tramite bocchette collocate nei vani scala delle residenze e negli elementi di facciata della stoa, garantendo così un efficace ricambio d'aria e una distribuzione omogenea della ventilazione nei diversi ambienti.

Pacchetti stratigrafici

Introduzione

La progettazione delle stratigrafie dell'involucro edilizio è orientata alla riduzione delle dispersioni termiche mediante il controllo dei valori di trasmittanza termica (U).

La diminuzione della trasmittanza consente di limitare le perdite energetiche verso l'esterno, ottenendo un duplice beneficio: una riduzione dei consumi energetici per la climatizzazione e una diminuzione dei costi di esercizio, con conseguente minor impatto ambientale in termini di emissioni di CO₂ associate alla produzione di energia.

L'obiettivo progettuale è stato quello di conseguire valori di trasmittanza termica inferiori ai limiti prescritti dal Decreto Ministeriale del 26 giugno 2015, in conformità con i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici.

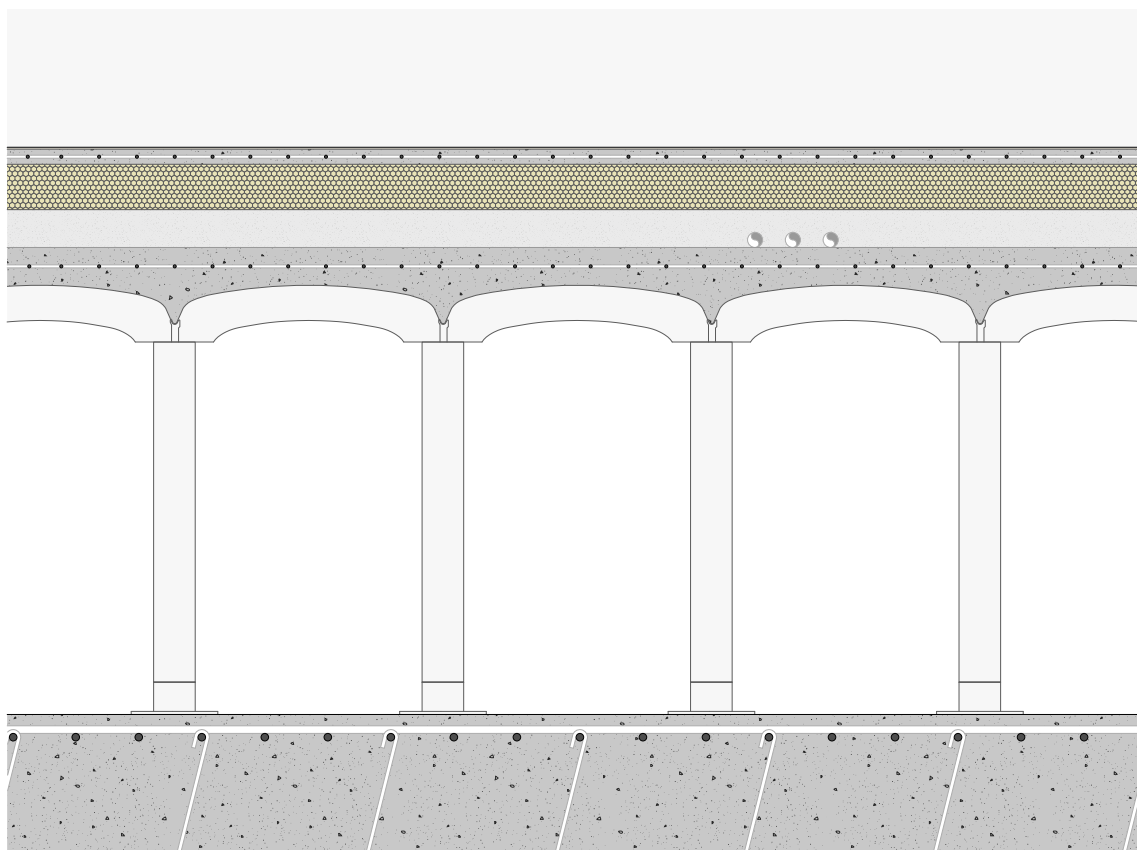
I valori limite di riferimento, riportati nell'Appendice A (Allegato 1, Capitolo 3) del medesimo decreto, sono i seguenti:

- Strutture opache verticali verso l'esterno: $U < 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura: $U < 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Strutture opache orizzontali di pavimento verso l'esterno o locali non riscaldati: $U < 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Chiusure trasparenti e opache (infissi): $U < 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Il calcolo delle trasmittanze termiche di progetto è stato eseguito secondo la metodologia indicata dalle norme UNI EN ISO 6946 e UNI 10355.

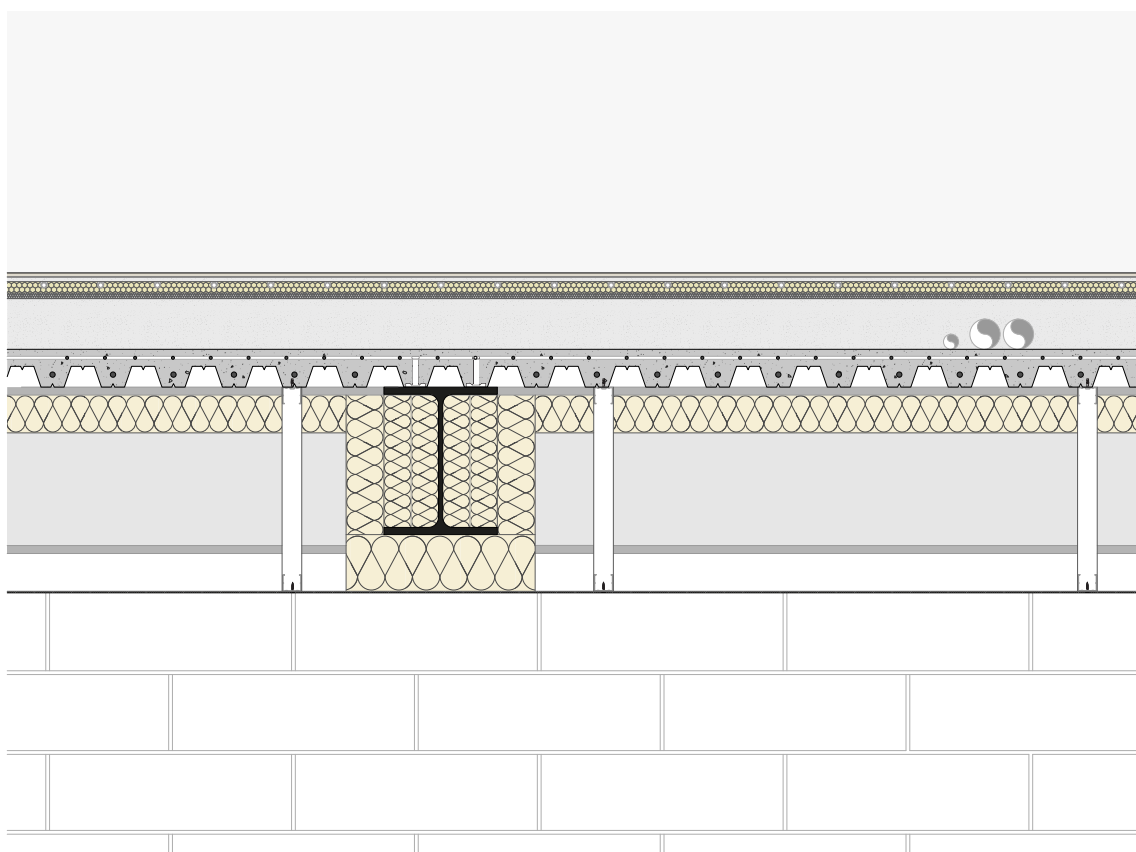
Il calcolo è stato condotto considerando tutte le stratigrafie degli elementi opachi e trasparenti dell'involucro, in regime stazionario, con valori di conducibilità termica riferiti alle condizioni standard di temperatura e umidità.

Di seguito sono riportati i pacchetti stratigrafici verticali e orizzontali previsti in progetto, con i relativi valori caratteristici di trasmittanza termica (U), determinati in base ai materiali costituenti e agli spessori adottati.



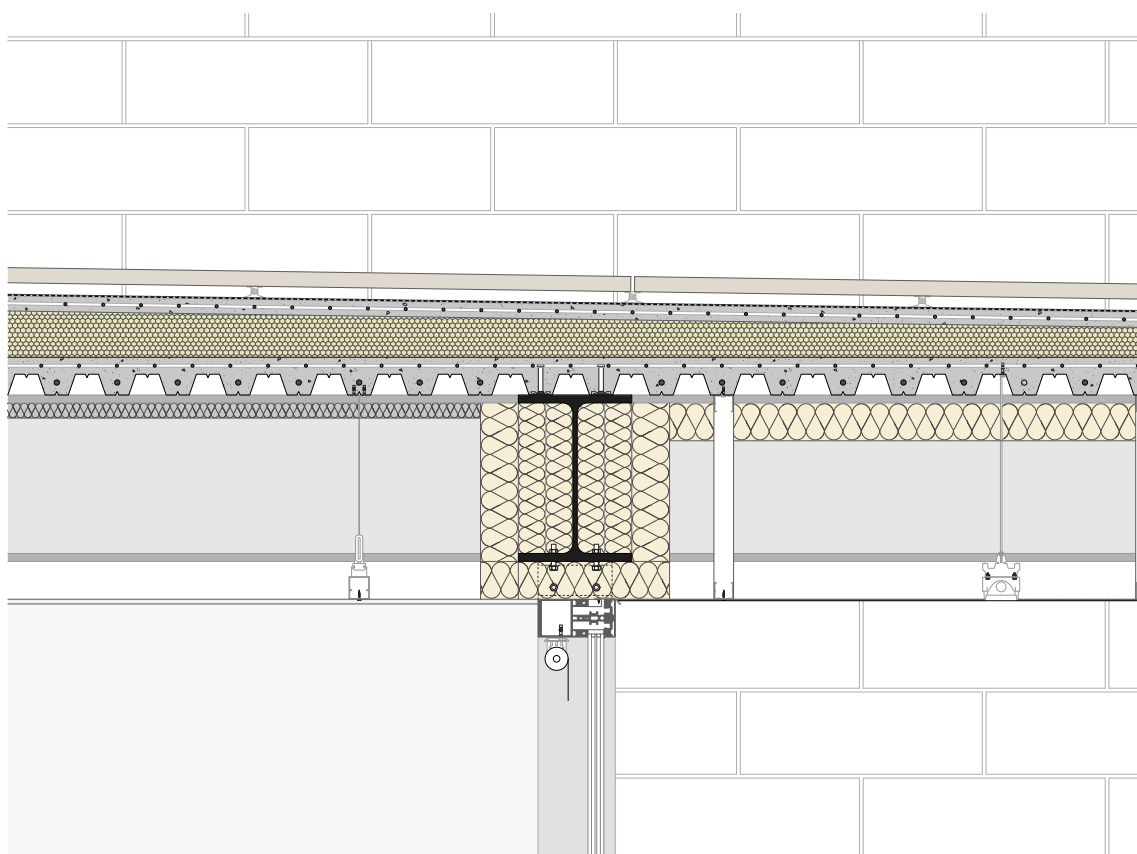
Chiusura orizzontale controterra: Pavimento in sistema cementizio sp. 2 mm - Massetto di ripartizione dei carichi sp. 40mm - Pannello isolante in lana di roccia a doppia densità sp. 120 mm - Massetto alleggerito per impianti sp. 100 mm - Massetto di ripartizione dei carichi per igloo sp. 100 mm - Vespaio aerato sp. 1000 mm - Platea di fondazione in C.A. C35/45 sp. 1500 mm - Magrone sp. 200 mm

SOLAIO CONTRO TERRA				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare interna			0,130	0,057
Finitura pavimento	2	1,400	0,001	
Rip. dei carichi	40	0,350	0,114	
Iso. ventre cellulare	120	0,036	3,333	
Massetto imp.	100	0,070	0,714	
Rip. dei carichi	100	0,350	0,114	
Vespaio	1000	0,026	11,538	
Platea in CA	1500	1,400	1,071	
R. l. esterna terreno			0,400	



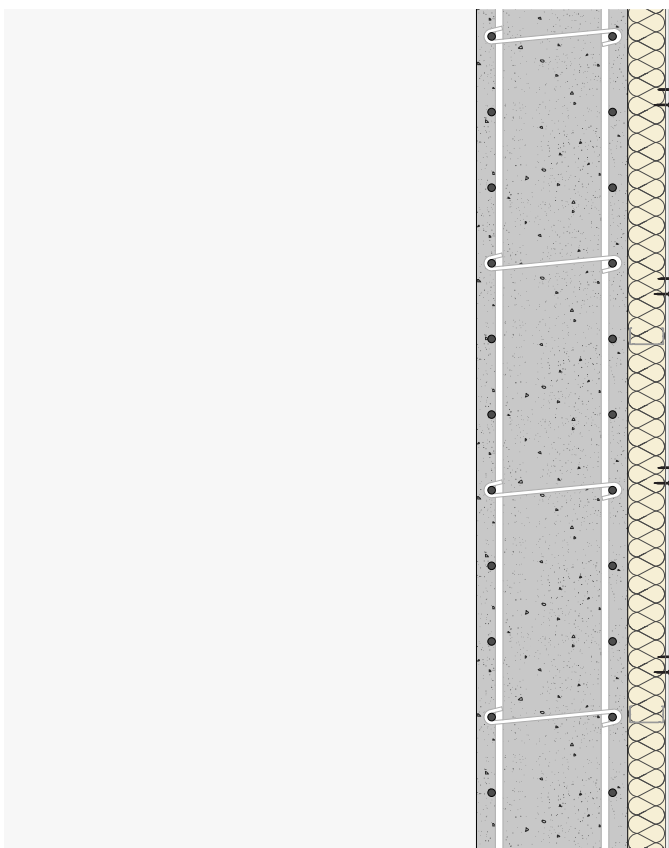
Chiusura orizzontale su spazi esterni: Finitura sp. 10 mm - Strato di ripartizione in fibrocemento sp. 12 mm - Pannello isolante eco dry Floortech sp. 30 mm - Pannello in lana di roccia ad alta densità per l'isolamento acustico sp. 20 mm - Massetto alleggerito per impianti sp. 130 mm - Solaio armato con lamiera grecata hi-bond a55/p600 sp. 100 mm - Travi principali HEA450 - Travi secondarie HEA400 - Pannello isolante in lana di roccia a doppia densità sp. 100 mm - Lastra di alluminio Alucobond

PRIMO SOLAIO				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare interna			0,130	0,249
Pavimento	10	1,400	0,007	
Rip. dei carichi	12	0,350	0,034	
Pannello isolante	30	0,036	0,833	
Solaio in C.A. con lamiera grecata	50	1,400	0,036	
Trave HEA600	590	/	/	
Lana di roccia	100	0,034	2,941	
Lastra in alluminio	3	/	/	
R. lineare esterna			0,040	



Chiusura superiore: Impalcato in doghe di legno Accoya 1500x150x40 mm - Struttura di supporto sp. 30 mm - Guaina bituminosa sp. 4mm - Masseto di ripartizione dei carichi sp. 40 mm - Isolante pendenziato in lana di roccia ad alta densità da sp. 80-160 mm - Solaio armato con lamiera grecata hi-bond a55/p600 sp.100 mm - Pannello isolante in lana di roccia a doppia densità sp.100 mm - Sistema esterno a controsoffitto con lastra di alluminio

SOLAIO COPERTURA				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare esterna			0,040	0,188
Legno di Accoya	40	0,130	0,308	
Sistema pavimento	30	0,026	1,154	
Guaina bituminosa	4	0,260	0,015	
Mass. di pendenza	40-70	0,350	0,171	
Iso. ventre cellulare	120	0,036	3,333	
Solaio in C.A. con lamiera grecata	50	1,400	0,036	
Trave HEA600	590	/	/	
Lastra in gesso	12,5	0,250	0,050	
R. lineare interna			0,130	



Partizione interna verticale vano scale: Setto in C.A. C35/45 sp. 400 mm - Pannello isolante in lana minerale sp. 100mm
- Supporto per lastre profilo C 50/100/50, sp.0.6 mm - Doppia Lastra in gesso rivestito GKFI altamente prestazionali sp.
12.5 mm

MURO VANO SCALE				
	s (mm)	λ (W/mk)	R (m ² k/W)	U (W/m ² K)
R. lineare interna			0,130	0,186
Facciata ventilata	100	0,026	1,923	
Lana di roccia	100	0,034	2,941	
Setto in CA	400	1,400	0,286	
R. lineare esterna			0,100	

SERRAMENTI	
	U (W/m ² K)
Schuco FW _{50+SI}	0,800

Carichi termici invernali

Introduzione

Per il calcolo dei carichi termici invernali è necessario considerare le condizioni esterne di progetto più gravose in termini di temperatura e umidità relativa, al fine di garantire il corretto dimensionamento dell'impianto di climatizzazione in modalità riscaldamento.

Condizioni di progetto:

$T_i = 20 \text{ °C} - 50\% \text{ U.R.}$

$T_e = 2 \text{ °C} - 80\% \text{ U.R.}$

$\Delta H = 11 \text{ kJ/kg}$

$\Delta T = 38,5 \text{ kJ/kg}$

La potenza termica massima richiesta in regime invernale è data dalla somma del carico di trasmissione e di quello dovuto alla ventilazione:

$$Q_{\text{riscaldamento}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ventilazione}}$$

Carico per trasmissione

Il carico per trasmissione termica attraverso l'involucro edilizio è determinato dalla sommatoria dei prodotti tra la trasmittanza termica U e la superficie S di ciascun elemento dell'involucro, opaco o trasparente, moltiplicati per la differenza tra la temperatura interna T_i e la temperatura esterna T_e di progetto.

$$Q_{\text{trasm.}} = \sum (U_z \cdot S_z)_{\text{trasp.}} + \sum (U_j \cdot S_j)_{\text{opachi}} \cdot (T_i - T_e)$$

CARICO PER TRASMISSIONE STECCA E CORPO RICREATIVO						
U. abitativa	Stratigrafia	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt app. (kW)
Monolocale A	solaio inferiore	50,4	2	20	18	0,7
	muro vano scale	35,8	16	20	4	
	vetrata	33,6	2	20	18	
Monolocale B	muro vano scale	35,8	16	20	4	0,50
	vetrata	33,6	2	20	18	
Bilocale A	solaio inferiore	50,4	2	20	18	1,20
	muro vano scale	71,7	16	20	4	
	vetrata	67,2	2	20	18	
Bilocale B	muro vano scale	71,7	16	20	4	1,00
	vetrata	67,2	2	20	18	
Bilocale C	solaio copertura	50,4	2	20	18	1,20
	muro vano scale	71,7	16	20	4	
	vetrata	67,2	2	20	18	
Trilocale A	solaio inferiore	50,4	2	20	18	2,50
	muro vano scale	71,7	16	20	4	
	vetrata	67,2	2	20	18	
Trilocale B	muro vano scale	71,7	16	20	4	2,00
	vetrata	67,2	2	20	18	
Trilocale C	solaio copertura	50,4	2	20	18	2,40
	muro vano scale	71,7	16	20	4	
	vetrata	67,2	2	20	18	
Quadrilocale A	solaio inferiore	50,4	2	20	18	1,50
	muro vano scale	107,5	16	20	4	
	vetrata	84,0	2	20	18	

Quadrilocale B	muro vano scale	107,5	16	20	4	0,20
	vetrata	84,0	2	20	2	
Quadrilocale C	solaio copertura	100,8	2	20	18	1,60
	muro vano scale	107,5	16	20	4	
	vetrata	84,0	2	20	18	
Locale ricreativo	vetrata	210	2	20	18	4,80
	muro vano scale	71,68	16	20	4	
	solaio copertura	502,9	2	20	18	

CARICO PER TRASMISSIONE STUDENTATO E COMMERCIALE						
U. abitativa	Stratigrafia	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt app. (kW)
Locali commerciali	solaio contro terra	41,0	2	20	18	0,60
	vetrata	36,0	2	20	18	
Locali comuni A	solaio copertura	48,9	2	20	18	0,60
	vetrata	30,0	2	20	18	
Locali comuni B	vetrata	30,0	2	20	18	0,40
2 Stanze A	solaio copertura	48,9	2	20	18	0,60
	vetrata	30,0	2	20	18	
2 Stanze B	vetrata	30,0	2	20	18	0,40
3 Stanze A	solaio copertura	75,5	2	20	18	0,90
	vetrata	45,0	2	20	18	
3 Stanze B	vetrata	45,0	2	20	18	0,60
4 Stanze A	solaio copertura	99,5	2	20	18	1,20
	vetrata	60,0	2	20	18	
4 Stanze B	vetrata	60,0	2	20	18	0,90

Carico per ventilazione

I carichi termici dovuti alla ventilazione vengono stimati per entrambe le condizioni stagionali, rappresentando l'energia necessaria per trattare l'aria di rinnovo introdotta negli ambienti. Essi si ottengono dal prodotto tra la massa d'aria movimentata e la differenza di entalpia tra l'aria esterna e quella interna:

$$Q_{\text{ventilazione}} = m_{\text{vent}} \cdot \Delta H$$

La massa d'aria è determinata secondo la relazione:

$$m_{\text{vent}} = V \cdot d / 3600$$

dove:

- V è la portata d'aria di rinnovo [m³/h];
- d è la densità dell'aria, assunta pari a 1,225 kg/m³;
- il coefficiente 3600 consente la conversione delle ore in secondi.

È stato così ottenuto il dimensionamento

invernale per ogni singola unità abitativa con la quale si è potuto dimensionare la pompa di calore per ogni blocco.

CARICO PER VENTILAZIONE STECCA E CORPO RICREATIVO						
U. abitativa	T° Recuperatore	ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	ΔH recuperatore (KJ/kg)	m_{vent} (Kg/s)	Qv (kW)
Monolocale	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70
Bilocale	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70
Bilocale d'angolo	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70
Trilocale	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70
Quadrilocale	14,60	11	38,50	23	0,07	1,10
Locale ricreativo	14,60	11	38,50	23	0,27	4,20

CARICO PER VENTILAZIONE STUDENTATO E COMMERCIALE						
U. abitativa	T° Recuperatore	ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	ΔH recuperatore (KJ/kg)	m_{vent} (Kg/s)	Qv (kW)
Locali commerciali	14,60	11	38,50	23	0,17	2,60
Locali comuni	14,60	11	38,50	23	0,17	2,60
2 stanze	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70
3 stanze	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70
4 stanze	14,60	11	38,50	23	0,04	0,70

CARICO INVERNALE TOTALE STECCA E CORPO RICREATIVO				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{riscaldamento}}$ (kW)
92,30	54,90	0,00	0,00	99,20

CARICO INVERNALE TOTALE STUDENTATO E COMMERCIALE				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{riscaldamento}}$ (kW)
83,40	25,90	0,00	0,00	448,3

Carichi termici estivi

Introduzione

Per il calcolo dei carichi termici estivi è necessario considerare le condizioni esterne più gravose in termini di temperatura e umidità relativa. I parametri di riferimento assunti per la località di Pescara sono:

$T_i = 26^\circ\text{C} - 50\% \text{ UR}$

$T_e = 31,6^\circ\text{C} - 80\% \text{ UR}$

$\Delta H = 63 \text{ KJ/Kg}$ $\Delta T = 75,5 \text{ KJ/Kg}$

La potenza termica di raffrescamento massima è data dalla seguente relazione:

$$Q_{\text{raffresc.}} = Q_{\text{trasmissione}} + Q_{\text{ventilazione}} + Q_{\text{endogeni}} + Q_{\text{solare}}$$

Nel periodo estivo, oltre ai carichi di trasmissione e ventilazione, si considerano anche i carichi endogeni e solari. Questi ultimi determinano un incremento del carico totale di raffrescamento poiché contribuiscono all'aumento della temperatura interna degli ambienti. Al contrario, nella stagione invernale tali contributi non vengono conteggiati in quanto hanno effetto favorevole, riducendo il

fabbisogno termico di riscaldamento. Tuttavia, ai fini del dimensionamento impiantistico, si fa sempre riferimento alle condizioni di massimo carico, adottando quindi l'ipotesi più gravosa per garantire la corretta efficienza e continuità di esercizio del sistema.

Per il calcolo dei carichi per trasmissione e ventilazione si adottano gli stessi procedimenti utilizzati per il periodo invernale, variando unicamente i parametri di temperatura e umidità in funzione delle condizioni estive di progetto. Per i carichi termici endogeni e quelli solari si seguono le indicazioni e le scelte svolte in precedenza per il caso studio della biblioteca variando dove necessario i parametri

Tali calcoli consentono di determinare le dispersioni termiche attraverso l'involucro e le variazioni entalliche dovute ai ricambi d'aria, costituendo la base per la valutazione complessiva del carico termico di raffrescamento.

CARICO PER TRASMISSIONE STECCA E CORPO RICREATIVO						
U. abitativa	Stratigrafia	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt app. (kW)
Monolocale A	solaio inferiore	50,4	31,6	26	5,6	0,20
	muro vano scale	35,8	28	26	2	
	vetrata	33,6	31,6	26	5,6	
Monolocale B	muro vano scale	35,8	28	26	2	0,20
	vetrata	33,6	31,6	26	5,6	
Bilocale A	solaio inferiore	50,4	31,6	26	5,6	0,40
	muro vano scale	71,7	28	26	2	
	vetrata	67,2	31,6	26	5,6	
Bilocale B	muro vano scale	71,7	28	26	2	0,30
	vetrata	67,2	31,6	26	5,6	
Bilocale C	solaio copertura	50,4	31,6	26	5,6	0,70
	muro vano scale	71,7	28	26	2	
	vetrata	67,2	31,6	26	5,6	
Trilocale A	solaio inferiore	50,4	31,6	26	5,6	0,40
	muro vano scale	71,7	28	26	2	
	vetrata	67,2	31,6	26	5,6	
Trilocale B	muro vano scale	71,7	28	26	2	0,30
	vetrata	67,2	31,6	26	5,6	
Trilocale C	solaio copertura	50,4	31,6	26	5,6	0,40
	muro vano scale	71,7	28	26	2	
	vetrata	67,2	31,6	26	5,6	
Quadrilocale A	solaio inferiore	50,4	31,6	26	5,6	0,50
	muro vano scale	107,5	28	26	2	
	vetrata	84,0	31,6	26	5,6	

Quadrilocale B	muro vano scale	107,5	28	26	2	0,40
	vetrata	84,0	31,6	26	5,6	
Quadrilocale C	solaio copertura	100,8	31,6	26	5,6	0,50
	muro vano scale	107,5	28	26	2	
	vetrata	84,0	31,6	26	5,6	
Locale ricreativo	vetrata	210	31,6	26	5,6	1,50
	muro vano scale	71,68	28	26	2	
	solaio copertura	502,9	31,6	26	5,6	

CARICO PER TRASMISSIONE STUDENTATO E COMMERCIALE						
U. abitativa	Stratigrafia	Area (m ²)	T° esterna	T° interna	ΔT°	Qt app. (kW)
Locali commerciali	solaio contro terra	41,0	31,6	26	5,6	0,20
	vetrata	36,0	31,6	26	5,6	
Locali comuni A	solaio copertura	48,9	31,6	26	5,6	0,20
	vetrata	30,0	31,6	26	5,6	
Locali comuni B	vetrata	30,0	31,6	26	5,6	0,10
2 Stanze A	solaio copertura	48,9	31,6	26	5,6	0,20
	vetrata	30,0	31,6	26	5,6	
2 Stanze B	vetrata	30,0	31,6	26	5,6	0,10
3 Stanze A	solaio copertura	75,5	31,6	26	5,6	0,30
	vetrata	45,0	31,6	26	5,6	
3 Stanze B	vetrata	45,0	31,6	26	5,6	0,20
4 Stanze A	solaio copertura	99,5	31,6	26	5,6	0,40
	vetrata	60,0	31,6	26	5,6	
4 Stanze B	vetrata	60,0	2	20	18	0,90

CARICO PER VENTILAZIONE STECCA E CORPO RICREATIVO				
U. abitativa	ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	m_{vent} (Kg/s)	Q_v (kW)
Monolocale	75,5	63	0,04	0,60
Bilocale	75,5	63	0,04	0,60
Bilocale d'angolo	75,5	63	0,04	0,60
Trilocale	75,5	63	0,04	0,60
Quadrilocale	75,5	63	0,07	0,90
Locale ricreativo	75,5	63	0,27	3,40

CARICO PER VENTILAZIONE STUDENTATO E COMMERCIALE				
U. abitativa	ΔH esterno (KJ/kg)	ΔH interno (KJ/kg)	m_{vent} (Kg/s)	Q_v (kW)
Locali comuni	75,5	63	0,17	2,10
Locali commerciali	75,5	63	0,17	2,10
2 stanze	75,5	63	0,04	0,60
3 stanze	75,5	63	0,04	0,60
4 stanze	75,5	63	0,04	0,60

CARICO PERSONE STECCA E CORPO RICREATIVO			
U. abitativa	N. persone	W/persona	Qpersone (kW)
Monolocale	1	50	0,05
Bilocale	2	50	0,10
Bilocale d'angolo	2	50	0,10
Trilocale	3	50	0,15
Quadrilocale	5	50	0,25
Locale ricreativo	80	50	4,00

CARICO PERSONE STUDENTATO E COMMERCIALE			
U. abitativa	N. persone	W/persona	Qpersone (kW)
Locali comuni	10	50	0,50
Locali commerciali	10	50	0,50
2 stanze	2	50	0,10
3 stanze	3	50	0,15
4 stanze	4	50	0,20

CARICO ILLUMINAZIONE STECCA E CORPO RICREATIVO				
U. abitativa	Funzione	Area (m ²)	L _{m,ex} (lux)	F _i (lm)
Monolocale	soggiorno	30,0	500	15005
	cucina	8,2	350	2870
	bagno	4,9	150	727,5
Bilocale	soggiorno	30,0	500	15005
	cucina	8,2	350	2870
	bagno	4,9	150	727,5
	camera	14,0	100	1400
	bagno	7,9	150	1185
Bilocale d'angolo	soggiorno	30,0	500	15005
	cucina	8,2	350	2870
	bagno	4,9	150	727,5
	camera	14,0	100	1400
	bagno	7,9	150	1185
Trilocale	soggiorno	30,0	500	15005
	cucina	8,2	350	2870
	bagno	4,9	150	727,5
	camera m.	14,0	100	1400
	camera s.	11,5	100	1150
	bagno	7,9	150	1185
Quadrilocale	soggiorno	30,0	500	15005
	cucina	8,2	350	2870
	bagno	4,9	150	727,5
	camera m.	17,8	100	1780
	camera m.	14,8	100	1484
	camera s.	11,0	100	1100
	soggiorno	14,9	500	7425
	bagno	8,5	150	1275
	bagno	5,9	150	882
Locale ricreativo	/	462,7	350	323890

CARICO ILLUMINAZIONE STUDENTATO E COMMERCIALE				
U. abitativa	Funzione	Area (m ²)	L _{m,ex} (lux)	F _l (lm)
Locali comuni	/	48,4	350	16940
Locali commerciali	/	40,6	350	14196
2 stanze	soggiorno+cucina	14,8	350	5190,5
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
3 stanze	soggiorno+cucina	23,6	350	8270,5
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
4 stanze	soggiorno+cucina	30,3	350	10605
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510
	camera	12,1	100	1213
	bagno	3,4	150	510

CARICO ILLUMINAZIONE STECCA E CORPO RICREATIVO					
U. abitativa	F _i (lm)	E _i (lm/W)	f _m	f _v	Q _{ill.} (kW)
Monolocale	18602,5	120	0,7	0,5	0,44
Bilocale	21187,5	120	0,7	0,5	0,50
Bilocale d'angolo	21187,5	120	0,7	0,5	0,50
Trilocale	22337,5	120	0,7	0,5	0,53
Quadrilocale	32548,5	120	0,7	0,5	0,77
Locale ricreativo	323890	120	0,7	0,5	3,86

CARICO ILLUMINAZIONE STECCA E CORPO RICREATIVO					
U. abitativa	F _i (lm)	E _i (lm/W)	f _m	f _v	Q _{ill.} (kW)
Locali comuni	16940	120	0,7	0,5	0,40
Locali commerciali	14196	120	0,7	0,5	0,34
2 stanze	8636,5	120	0,7	0,5	0,21
3 stanze	13439,5	120	0,7	0,5	0,32
4 stanze	17497	120	0,7	0,5	0,42

CARICO MACCHINARI STECCA E CORPO RICREATIVO				
Macchinari	Quantità	Coeff. riduzione	Poten. Unitaria (w)	Q _{macchinari} (kW)
ascensore	8	0,1	3000	2,40
frigorifero	42	1	250	10,50
lavastoviglie	42	0,08	850	2,98
induzione	42	0,08	1000	3,50
lavatrice	42	0,04	2100	3,68
forno	42	0,04	1000	1,75
microonde	42	0,01	900	0,38

CARICO MACCHINARI STECCA E CORPO RICREATIVO				
Macchinari	Quantità	Coeff. riduzione	Poten. Unitaria (w)	Q _{macchinari} (kW)
ascensore	2	0,1	3000	0,60
frigorifero	14	1	250	3,50
lavastoviglie	14	0,03	850	0,36
induzione	14	0,06	1000	0,84
forno	14	0,04	1000	0,56
microonde	14	0,01	900	0,13

CARICO TERMICO ENDOGENO STECCA E CORPO RICREATIVO			
Qpersone (kW)	Qilluminazione (kW)	Qmacchinari (kW)	Qtot (kW)
13,40	30,48	25,18	69,06

CARICO TERMICO ENDOGENO STUDENTATO E COMMERCIALE			
Qpersone (kW)	Qilluminazione (kW)	Qmacchinari (kW)	Qtot (kW)
16	13,91	5,98	35,89

FATTORE SOLARE STECCA E CORPO RICREATIVO				
	$g_{gl,n}$	f_{v+s}	% non ombreggiata	FS,tot
Nord-Est	0,5	0,4	0,73	0,146
Sud-Est	0,5	0,4	0,40	0,080
Nord-Ovest	0,5	0,4	0,40	0,080
Sud-Ovest	0,5	0,4	0,01	0,002

CARICO SOLARE STECCA E CORPO RICREATIVO					
	$I_{t,max}$ (W/m ²)	$S_{vetrate}$ (m ²)	FS,tot	$f_{accumolo}$	Qsolare (kW)
Nord-Est	606	700,8	0,146	0,22	27,28
Sud-Est	651	150	0,080	0,35	2,73
Nord-Ovest	651	700,8	0,080	0,43	31,39
Sud-Ovest	606	150	0,002	0,17	0,03

FATTORE SOLARE STUDENTATO E COMMERCIALE				
	$g_{gl,n}$	f_{v+s}	% non ombreggiata	FS,tot
Nord-Est	/	/	/	/
Sud-Est	0,5	0,4	0,40	0,080
Nord-Ovest	/	/	/	/
Sud-Ovest	0,5	0,4	0,70	0,140

CARICO SOLARE STUDENTATO E COMMERCIALE					
	$I_{t,max}$ (W/m ²)	$S_{vetrate}$ (m ²)	FS,tot	$f_{accumolo}$	Qsolare (kW)
Nord-Est	/	/	/	/	/
Sud-Est	651	744	0,080	0,35	13,56
Nord-Ovest	/	/	/	/	/
Sud-Ovest	606	744	0,140	0,17	10,73

CARICO ESTIVO TOTALE STECCA E CORPO RICREATIVO				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)
74,4	18,2	69,1	61,4	223,1

CARICO ESTIVO TOTALE STUDENTATO E COMMERCIALE				
$Q_{\text{trasmissione}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilazione}}$ (kW)	Q_{endogeni} (kW)	Q_{solare} (kW)	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)
67,3	8,1	35,9	24,3	135,5

Centrale termo-frigorifera

L'impianto di generazione termica previsto per il progetto si basa sull'utilizzo di pompe di calore, analogamente a quanto fatto per la biblioteca, ma con taglie di macchinari differenti, dividendo la struttura in due parti quella delle stecche e quella della stoa. Insieme al calcolo della potenza delle pompe di calore si è svolto anche la verifica per il posizionamento dei pannelli radianti posati a secco e il dimensionamento dei termoconvettori utili per soddisfare le richieste di comfort climatico estivo delle residenze e dello studentato e quelle invernali ed estive dei locali comuni e delle zone commerciali. I termoconvettori sono posti nel controsoffitto e prelevano l'aria dall'esterno attraverso bocchette poste nei vani scala delle residenze e negli elementi del prospetto della stoa, mentre le pompe di calore sono posizionate sul retro dei vani scala con la possibilità di accesso dall'esterno.

CARICO INVERNALE TOTALE STECCA				
U. abitative	Q _{riscaldamento} (kW)	Resa termica, pannello (W/m ²)	Sup. posa disponibile (m ²)	Q pannello (kW/m ²)
Monocale	1,4	43	49,4	2,1
Bilocale	1,9	43	78,5	3,4
Bilocale d'angolo	3,1	43	76,9	3,3
Trilocale	1,9	43	87,7	3,8
Quadrilocale	2,7	43	132,6	5,7

CARICO INVERNALE TOTALE CORPO RICREATIVO					
U. abitative	Q _{riscaldamento} (kW)	Modello	Q _{raffrescamento} (kW)	Q _{riscaldamento} (kW)	N. macchine
Locale ricreativo	9,0	Daikin Althema FWXM20ATV3	2,39	2,59	6

CARICO ESTIVO TOTALE STECCA E CORPO RICREATIVO					
U. abitative	Q _{raffrescamento} (kW)	Modello	Q _{raffrescamento} (kW)	Q _{riscaldamento} (kW)	N. macchine
Monolocale	2,50	Daikin Althema FWXM10ATV3	1,36	1,53	2
Bilocale	3,50	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2
bilocale d'angolo	3,80	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2
Trilocale	3,60	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2
Quadrilocale	5,10	Daikin Althema FWXM20ATV3	2,39	2,59	2
Locale ricreativo	14,10	Daikin Althema FWXM20ATV3	2,39	2,59	6

CARICO INVERNALE TOTALE STUDENTATO				
U. abitative	Q _{riscaldamento} (kW)	Resa termica, pannello (W/m ²)	Sup. posa disponibile (m ²)	Q pannello (kW/m ²)
2 stanze	1,30	43	44,01	1,90
3 stanze	1,60	43	67,95	2,90
4 stanza	1,90	43	89,55	3,90

CARICO INVERNALE TOTALE ZONE COMMERCIALI E COMUNI					
U. abitative	Q _{riscaldamento} (kW)	Modello	Q _{raffrescamento} (kW)	Q _{riscaldamento} (kW)	N. macchine
Locale comune	3,20	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2
Locale commerciale	3,20	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2

CARICO ESTIVO TOTALE STUDENTATO E COMMERCIALE					
U. abitative	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)	Modello	$Q_{\text{raffrescamento}}$ (kW)	$Q_{\text{riscaldamento}}$ (kW)	N. macchine
Locale comune	3,70	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2
Locale commerciale	3,70	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	2
2 stanze	1,90	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	1
3 stanze	2,40	Daikin Althema FWXM15ATV3	2,08	2,16	1
4 stanza	2,90	Daikin Althema FWXM20ATV3	2,39	2,59	2

POMPE DI CALORE STECCA E CORPO RICREATIVO					
Modello	N. macchine	$Q_{\text{frigorifera}}$ (kW)	Q_{termica} (kW)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Aermec WRL500	2	129,5	143,6	29,5	84,5x138x206
Aermec NXP800 (riserva)	1	252,2	289	63	125x201x260

POMPE DI CALORE STUDENTATO E COMMERCIALE					
Modello	N. macchine	$Q_{\text{frigorifera}}$ (kW)	Q_{termica} (kW)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Aermec WRL300	2	74,4	84,1	18,65	84,5x138x132
Aermec NXP600 (riserva)	1	141,1	158,2	34,7	125x198x260

DIAGRAMMA IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

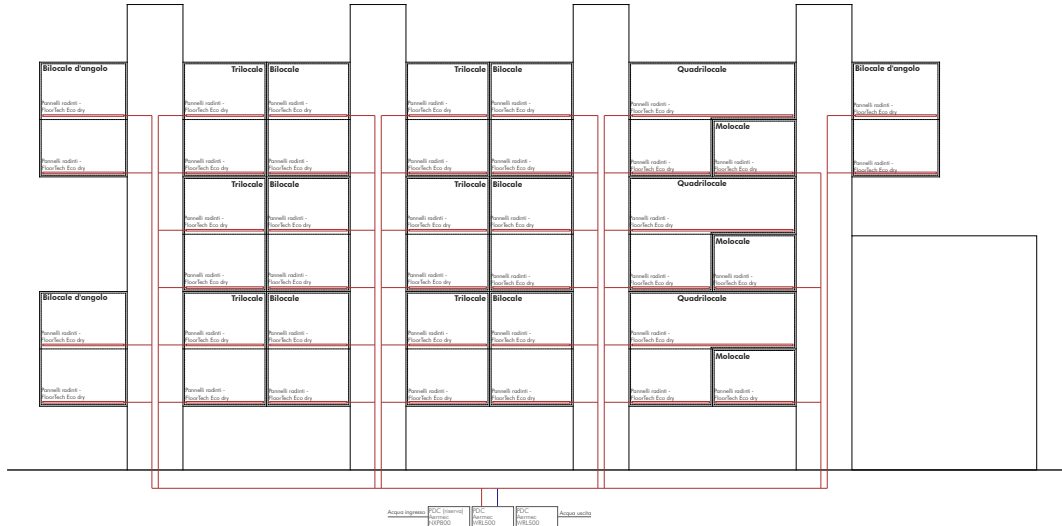
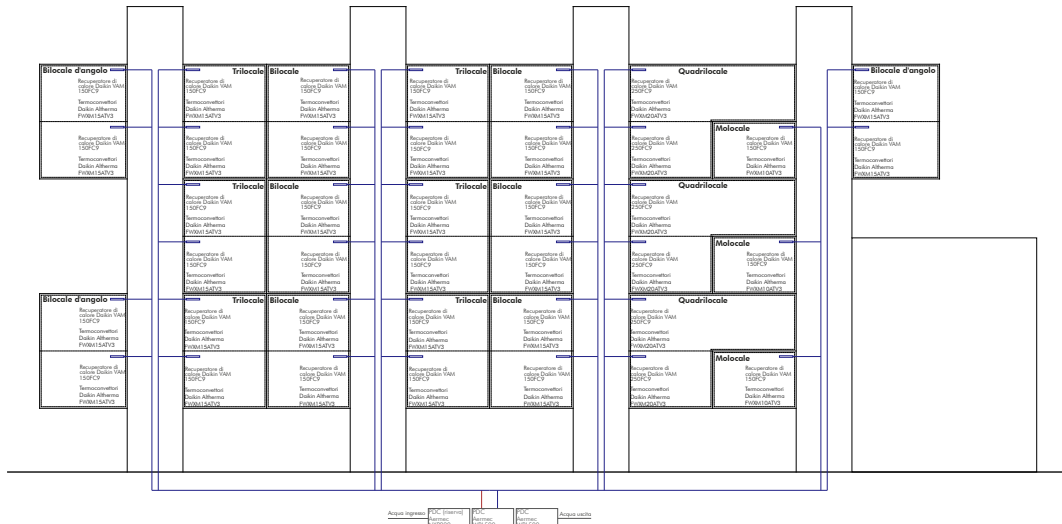


DIAGRAMMA IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO e VENTILAZIONE MECCANICA



LEGENDA:

- Climatizzazione estiva
- Climatizzazione invernale

DIAGRAMMA IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

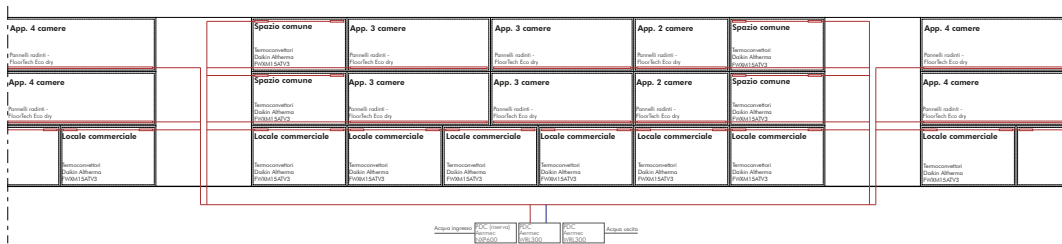
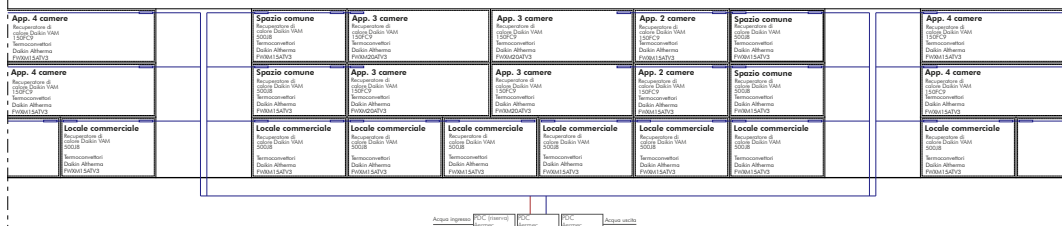


DIAGRAMMA IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO e VENTILAZIONE MECCANICA



Impianto acqua calda sanitaria

L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è stato dimensionato associando a una pompa di calore un sistema di accumulo di acqua tecnica, in modo da prevenire la formazione di batteri potenzialmente nocivi per la salute. Questa configurazione consente l'utilizzo di una pompa di calore di dimensioni ridotte, poiché l'accumulo garantisce il mantenimento della temperatura del fluido tecnico. I calcoli sono stati eseguiti mediante una tabella di dimensionamento fornita.

L'impianto è stato realizzato separatamente rispetto al sistema di climatizzazione. Il fabbisogno orario complessivo è stato determinato individuando il numero di utenze presenti, il loro consumo e l'utilizzo medio orario. In base ai risultati, si è scelta una pompa di calore Aermec WRL200 abbinata a un sistema di accumulo Cordivari Combi1 WB1500 e 2000.

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ACS	
Temperatura acqua fredda (Tf)	10°C
Temperatura acqua calda sanitaria (Tm)	45°C
Temperatura acqua nell'accumulo (Tc)	60°C
Durata pre-riscaldamento (Pr)	1 h
Volume dell'accumulo	350 lt
Pot. termica del serpentino stecca e corpo ricreativo	900 kW
Pot. termica istantanea richiesta stecca e corpo ricreativo	50,3 kW
Pot. termica del serpentino studentato e commerciale	650 kW
Pot. termica istantanea richiesta studentato e commerciale	37,5 kW

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ACS STECCA E CORPO RICREATIVO				
Apparecchi	N. apparecchi	Usi orari (n/h)	litri/uso	Consumo orario (l/h)
Lavabo	84	1,0	10,0	840,00
Bidet	84	1,0	8,0	672,00
Doccia	48	1,0	50,0	2400,00
Lavello cucina	42	1,0	15	630,00
			f1	0,33
			f2	1,10
			f3	1
Massimo consumo orario contemporaneo di acqua calda 40°C				1648,75

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ACS STUDENTATO E COMMERCIALE				
Apparecchi	N. apparecchi	Usi orari (n/h)	litri/uso	Consumo orario (l/h)
40	1,0	10,0	400,00	840,00
40	1,0	8,0	320,00	672,00
40	1,0	50,0	2000,00	2400,00
14	1	15	210,00	630,00
			f1	0,44
			f2	1
			f3	1
Massimo consumo orario contemporaneo di acqua calda 40°C				1289,20

POMPE DI CALORE ACS						
U. abitativa	Modello	N. macchine	$Q_{\text{frigorifera}}$ (kW)	Q_{termica} (kW)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Stecca e corpo ricreativo	Aermec WRL200	1	64,3	72,6	16	84,5x138x132
Studentato e commerciale	Aermec WRL200	1	64,3	72,6	16	84,5x138x132

ACCUMULO ACS					
U. abitativa	Modello	N. macchine	Volume (lt)	Pot. assorbita media (kW)	Dimensioni (cm)
Stecca e corpo ricreativo	Cordivari combi1 WB2000	2	566	/	130x234,5
Studentato e commerciale	Cordivari combi1 WB1500	2	412	/	110x228

Impianto elettrico e d'illuminazione

Impianto elettrico

Per la determinazione del fabbisogno elettrico dell'edificio sono stati considerati tutti i componenti presenti all'interno delle residenze a partire dalle apparecchiature impiantistiche. Il calcolo è stato condotto individuando la potenza elettrica assorbita da ciascun elemento, sulla base delle schede tecniche e dei valori di progetto ottenuti in fase di pre-dimensionamento. Successivamente, la potenza è stata moltiplicata per le ore di utilizzo annuali, ricavando così il fabbisogno energetico complessivo dell'edificio.

Oltre agli impianti principali, sono stati inseriti nel calcolo anche gli altri dispositivi elettrici presenti.

FABBISOGNO RECUPERATORE STECCA E CORPO RICREATIVO				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Daikin VAM 150FC9	66	0,111	8760	64175,76
Daikin VAM 250FC9	12	0,079	8760	8304,48
Daikin VAM 1000J8	8	0,307	8760	21514,56

FABBISOGNO ENERGETICO VENTILCONVETTORE STECCA E CORPO RICREATIVO				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Daikin Altherma FWXM10ATV3(R)	6	0,008	2190	105,12
Daikin Altherma FWXM15ATV3(R)	60	0,011	2190	1445,4
Daikin Altherma FWXM20ATV3(R)	12	0,011	2190	289,08
Daikin Altherma FWXM20ATV3(R)	8	0,011	4380	385,44

FABBISOGNO ENERGETICO POMPA DI CALORE STECCA E CORPO RICREATIVO				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Aermec WRL 550	2	29,5	5110	301490
Aermec NXP 800 (riserva)	1	63	365	22995
Aermec WRL 200 (ACS)	1	16	4380	70080

FABBISOGNO ENERGETICO MACCHINARI STECCA E CORPO RICREATIVO				
Funzione	Quantità	Qmacchinari(kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
ascensore	8	0,30	4380	1314,0
frigorifero	42	0,25	8760	2190,0
lavastoviglie	42	0,07	730	51,7
induzione	42	0,08	1460	121,7
lavatrice	42	0,09	730	63,9
forno	42	0,04	365	15,2
microonde	42	0,01	365	3,3

FABBISOGNO RECUPERATORE STUDENTATO E COMMERCIALE				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Daikin VAM 150FC9	14	0,111	8760	13613,04
Daikin VAM 500J8	28	0,113	8760	27716,64

FABBISOGNO ENERGETICO VENTILCONVETTORE STUDENTATO E COMMERCIALE				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Daikin Altherma FWXM20ATV3(R)	4	0,111	2190	972,36
Daikin Altherma FWXM15ATV3(R)	14	0,011	2190	337,26
Daikin Altherma FWXM15ATV3(R)	8	0,011	4380	385,44
Daikin Altherma FWXM15ATV3(R)	48	0,011	5110	2698,08

FABBISOGNO ENERGETICO POMPA DI CALORE STUDENTATO E COMMERCIALE				
Modello	Unità	Potenza elettrica (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Aermec WRL 300	2	18,65	5110	190603
Aermec NXP 600 (riserva)	1	34,7	365	12665,5
Aermec WRL 500 (ACS)	1	16	4380	70080

FABBISOGNO ENERGETICO MACCHINARI STUDENTATO E COMMERCIALE				
Funzione	Quantità	Qmacchinari(kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
ascensore	2	0,30	4380	1314,0
frigorifero	14	0,25	8760	2190,0
lavastoviglie	14	0,03	730	18,6
induzione	14	0,06	1460	87,6
forno	14	0,04	365	14,6
microonde	14	0,01	365	3,3

Impianto d'illuminazione

Per l'impianto di illuminazione il dimensionamento è stato effettuato secondo la norma UNI EN 12464-1, che definisce i livelli minimi di illuminamento in funzione della destinazione d'uso dei locali. Sono state considerate le superfici dedicate alla zona soggiorno, cucina, servizi e zona notte, determinando per ciascuna di esse il flusso luminoso richiesto.

Il carico elettrico di illuminazione è stato calcolato rapportando il flusso luminoso all'efficienza luminosa delle sorgenti scelte. Nel calcolo sono stati inclusi il fattore di manutenzione (f_m), che tiene conto della riduzione del flusso luminoso nel tempo, e il fattore di utilizzazione (f_u), che considera la distribuzione effettiva della luce sulle superfici di lavoro.

I dati ottenuti dal calcolo dei carichi di illuminazione sono stati sommati a quelli relativi ai macchinari impiantistici e alle utenze elettriche, determinando il fabbisogno energetico annuale complessivo dell'edificio, utile per la successiva

verifica e dimensionamento dell'impianto fotovoltaico.

FABBISOGNO ENERGETICO ILLUMINAZIONE STECCA E CORPO RICREATIVO				
U. abitative	Qilluminazione app. (kW)	Qilluminazione tot. (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
Monocale	0,44	1,33	2920	3880,0
Bilocale	0,50	3,03	2920	8838,2
Bilocale d'angolo	0,50	1,51	2920	4419,1
Trilocale	0,53	3,19	2920	9317,9
Quadrilocale	0,77	2,32	2920	6788,7
Locale ricreativo	3,86	7,71	2920	22518,1

FABBISOGNO ENERGETICO ILLUMINAZIONE STUDENTATO E COMMERCIALE				
U. abitative	Qilluminazione app. (kW)	Qilluminazione tot. (kW)	Ore utilizzo/anno (h/anno)	Fabbisogno energetico (kWh)
2 stanze	0,21	1,23	2920	3602,7
3 stanze	0,32	1,28	2920	3737,5
4 stanze	0,42	1,67	2920	4865,8
Locali comune	0,40	1,61	2920	4710,9
Locali commerciali	0,34	8,11	2920	23687,0

Verifiche NZEB

Coefficiente globale di scambio termico

Il DM 26 giugno 2015 specifica «le prescrizioni e i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche» che devono essere soddisfatte dagli edifici. In particolare, i valori da verificare sono: il Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente $H'T$ - [W/(m²K)] e il parametro della penetrazione media della radiazione solare attraverso i serramenti ($A_{sol,est} / A_{sup,utile}$).

Il valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico $H'T$ è indicato in normativa e si differenzia in base della zona climatica di riferimento (nel nostro caso D). Inoltre, si diversifica dal rapporto tra la superficie ed il volume dell'edificio.

Il rapporto tra la superficie ed il volume è di 0,326. Secondo la normativa questo ci riporta ad avere un valore massimo di $H'T$ di 0,80.

Per calcolare il Coefficiente medio globale di scambio termico $H'T$ [W/m²K] dell'edificio si

è calcolata la trasmittanza termica di tutti gli elementi dell'involucro (opachi e trasparenti), moltiplicati per l'area degli stessi. Il valore ottenuto è pari a 0,340 è quindi verificato.

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	
Superficie (m ²)	17977,74
Volume (m ³)	55078,896
S/V	0,326
H'T (W/k)	0,80

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO	
Area (m ²)	12360,94
Trasmittanza (W/m ² K)	4264,36
H'T (W/k)	0,340

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO			
	Superficie (m ²)	Altezza piano (m)	Volume (m ³)
Piano Terra	1909,46	3,60	6874,056
Piano Primo	3630,94	3,00	10892,82
Piano Secondo	3630,94	3,00	10892,82
Piano Terzo	2201,6	3,00	6604,8
Piano Quarto	2201,6	3,00	6604,8
Piano Quinto	2201,6	3,00	6604,8
Piano Sesto	2201,6	3,00	6604,8

COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO			
	Area (m ²)	Trasmittanza (W/m ² K)	AxU
soffitto inferiore	3630,94	0,249	902,85
soffitto superiore	3630,94	0,191	693,27
soffitto contro terra	1909,46	0,061	116,56
vetrata	3189,6	0,800	2551,68

Penetrazione media della radiazione solare attraverso i serramenti

Per quanto riguarda il valore massimo per il parametro $A_{sol,est} / A_{sup,utile}$ esso varia in funzione della categoria d'uso dell'edificio. Nel nostro caso equivale a 0,04. Il calcolo si basa sulla superficie utile esterna, sulle caratteristiche dei serramenti (area vetrata e fattore solare) e della presenza di schermature o ombreggiamenti.

- $F_{sh,ob}$: fattore di riduzione per ombreggiatura relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie vetrata k-esima, riferito al mese di luglio, ed è pari a 0,40;

- g_{gl+sh} : trasmittanza di energia solare totale della finestra calcolata nel mese di luglio, quando la schermatura solare è utilizzata, ed è pari a 0,50;

- F_F : frazione di area relativa al telaio, rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale del componente finestrato, ed è pari a 0,21;

- $A_{w,p}$: area proiettata totale del componente vetrato (area del vano finestra);

- $F_{sol,est}$: fattore di correzione per l'irraggiamento incidente, ricavato come rapporto tra l'irradianza media nel mese di luglio, nella località e sull'esposizione considerata, e l'irradianza media annuale di Roma, sul piano orizzontale.

Il risultato è 0,015 è quindi verificato.

FATTORE $A_{w,p}$			
	$S_{\text{vetrate}} \text{ (m}^2\text{)}$	% non ombreggiata	
Nord-Est	700,8	0,73	511,584
Sud-Est	894	0,40	357,6
Nord-Ovest	700,8	0,40	280,32
Sud-Ovest	894	0,35	312,9

FATTORE $F_{\text{sol,est.}}$	
	$I_{l,\text{max}} \text{ (W/m}^2\text{)}$
Pescara (sud)	486
Roma (sud)	424

FATTORE $A_{\text{sol,est}}/A_{\text{sup.utile}}$			
Superficie utile (m ²)	$A_{\text{sol,est}} \text{ (W/m}^2\text{)}$	$A_{\text{sol,est}}/A_{\text{sup.utile}}$	Valore limite
18314	265,249	0,0145	0,04

Sintesi

Come nel caso dell'edificio destinato a biblioteca, anche per le residenze sono state adottate diverse soluzioni mirate alla riduzione dei consumi energetici e delle emissioni.

La presenza di funzioni differenti all'interno del complesso ha reso fondamentale la diversificazione delle strategie impiantistiche, così da adattarle alle specifiche modalità di utilizzo dei vari spazi.

Anche in questo caso, tutte le verifiche previste dal DM 26 giugno 2015 sono risultate soddisfatte, con l'unica eccezione del fabbisogno minimo coperto da fonti rinnovabili. A tale criticità si è rimediato sfruttando l'impianto fotovoltaico installato sulla vasta copertura piana della biblioteca, in grado di generare una quantità di energia ben superiore al fabbisogno del singolo edificio.

Impianto fotovoltaico

Al fine di conseguire la certificazione di edifici NZEB è necessario che almeno il 70% del fabbisogno di energetico deve essere prodotto da fonti rinnovabili, per questo si è optato per il posizionamento di pannelli fotovoltaici sul tetto piano della biblioteca e sulle falde a sud delle stecche e sulle coperture dei vani scala della stoa.

È stato scelto per il dimensionamento dell'impianto il pannello microcristallino MAXEON SPR-MAX3-430, in grado di raggiungere una potenza di picco di 430W. Considerando un numero di ore equivalenti/anno di funzionamento pari a 1600 è stato possibile individuare la produzione annua di ogni singolo pannello.

Questo dato è stato diviso per il fabbisogno richiesto dai pannelli per soddisfare la normativa, ottenendo così il numero di pannelli necessari per soddisfare la richiesta. Tale valore è necessario per calcolare la superficie dei pannelli da installare, da confrontare con la superficie disponibile per l'impianto.

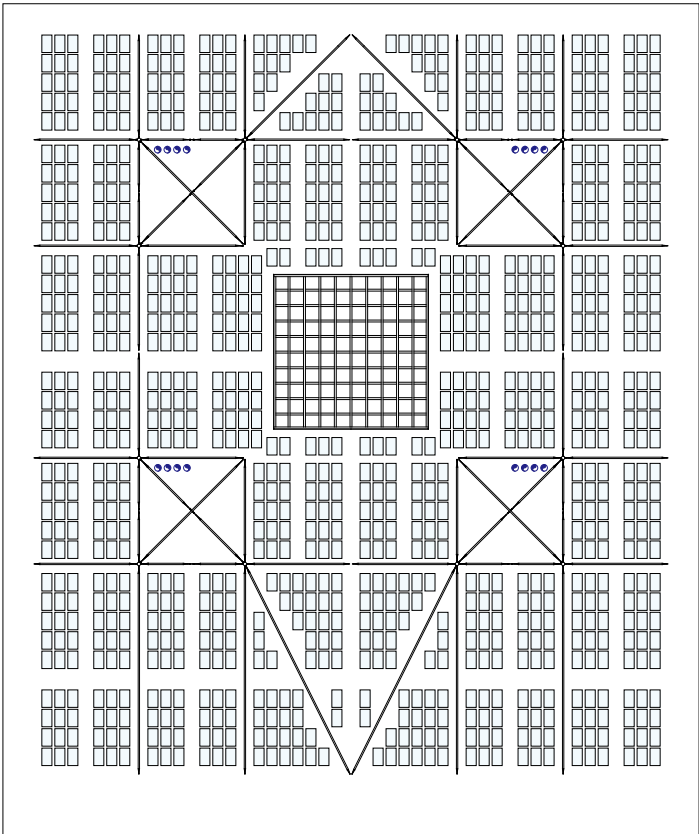
In una prima fase si erano valutati singolarmente gli edifici, ma l'energia prodotta dai fonti rinnovabili per quanto concerne il blocco residenziale non raggiungeva i minimi imposti da normativa, per questo si è scelto di creare una comunità energetica con la biblioteca riuscendo così a soddisfare il 95% del fabbisogno complessivo andando ben oltre il limite da normativa.

SUN POWER MAXEON 3				
Potenza nominale (W)	Ore equivalenti/anno applicate alla potenza di picco (h)	Produzione annua di energia elettrica da singolo pannello (kWh)	HxB (mm)	Area pannello (m ²)
430	1600	688	1046x1812	1,90

DIMENSIONAMENTO PANNELLI DA INSTALLARE BIBLIOTECA				
Fabbisogno reale (kWh)	Fabbisogno richiesto ai pannelli 70%(kWh)	N. pannelli da installare	Sup. coperta da impianto fotovoltaico (m ²)	Sup. copertura edificio (m ²)
1498769,3	1049138,48	1525	2890,20	5934,36

DIMENSIONAMENTO PANNELLI DA INSTALLARE STECCA E CORPO RICREATIVO				
Fabbisogno reale (kWh)	Fabbisogno richiesto ai pannelli 70%(kWh)	N. pannelli da installare	Sup. coperta da impianto fotovoltaico (m ²)	Sup. copertura edificio (m ²)
511678,6	358174,9988	521	986,7	211,12

DIMENSIONAMENTO PANNELLI DA INSTALLARE STUDENTATO E COMMERCIALE				
Fabbisogno reale (kWh)	Fabbisogno richiesto ai pannelli 70%(kWh)	N. pannelli da installare	Sup. coperta da impianto fotovoltaico (m ²)	Sup. copertura edificio (m ²)
334905,4	234433,7573	341	645,8	122,52



Schede tecniche

Pannello fotovoltaico:

SunPower MAXEON3, potenza nominale 430 W, Dimensioni: 1046 x 1812 mm.

Pompa di calore:

Aermec WRL 180 - Qfrigorifera: 49,7 kW, Qtermica: 55,8 kW, Dimensioni: 845 x 1380 x 1320 mm

Aermec WRL 200 - Qfrigorifera: 64,3 kW, Qtermica: 72,6 kW, Dimensioni: 845 x 1380 x 1320 mm

Aermec WRL 300 - Qfrigorifera: 74,4 kW, Qtermica: 84,1 kW, Dimensioni: 845 x 1380 x 1320 mm

Aermec WRL 550 - Qfrigorifera: 129,5 kW, Qtermica: 143,6 kW, Dimensioni: 845 x 1380 x 2060 mm

Aermec WRL 600 - Qfrigorifera: 150,1 kW, Qtermica: 166,1 kW, Dimensioni: 845 x 1380 x 2060 mm

Aermec NXP 600 (riserva) - Qfrigorifera: 141,1 kW, Qtermica: 158,2 kW, Dimensioni: 1250 x 1976 x 2600 mm

Aermec NXP 800 (riserva) - Qfrigorifera: 252,2 kW, Qtermica: 289 kW, Dimensioni: 1250 x 2021 x 2600 mm

Aermec NXP 900 - Qfrigorifera: 281 kW, Qtermica: 320,9 kW, Dimensioni: 1250 x 2021 x 2060 mm

Aermec NXP 1650 (riserva) - Qfrigorifera: 520,4 kW, Qtermica: 549,4 kW, Dimensioni: 1250 x 2021 x 2060 mm

Sistema di accumulo acqua calda sanitaria:

Cordivari combi 1 WB1500, Dimensioni: 1100 x 2280 mm

Cordivari combi 1 WB2000, Dimensioni: 1300 x 2345 mm

Termoconvettori:

Daikin Altherma FWXM10ATV3(R) - Qraffrescamento: 1,36 kW, Qriscaldamento: 1,53 kW

Daikin Altherma FWXM15ATV3(R) - Qraffrescamento: 2,08 kW, Qriscaldamento: 2,16 kW

Daikin Altherma FWXM20ATV3(R) - Qraffrescamento: 2,39 kW, Qriscaldamento: 2,59 kW

Unità trattamento aria:

Aermec NCD13D - Portata: 19.980 m³/h, Dimensioni: 2.335 × 1.285 × 5.790 mm

Aermec NCD9F - Portata: 10.070 m³/h, Dimensioni: 1.695 × 965 × 5.790 mm

Ventilazione meccanica:

Daikin VAM 150FC9, Portata: 130 m³/h, Dimensioni: 285 x 776 x 525 mm

Daikin VAM 250FC9, Portata: 210 m³/h, Dimensioni: 285 x 776 x 525 mm

Daikin VAM 500J8, Portata: 500 m³/h, Dimensioni: 301 x 1113 x 886 mm

Daikin VAM 1000J8, Portata: 800 m³/h, Dimensioni: 368 x 1354 x 1172 mm

Bibliografia e sitografia

Bibliografia

Norme

ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE, *Impianti aeraulici ai fini del benessere - Generalità classificazione e requisiti - Regole per la richiesta di offerta*, (UNI 10339:1995), 30 giugno 1995

ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE, *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni* (UNI EN 12464-1:2021), 23 settembre 2021

ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE, *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 2: Posti di lavoro in esterno* (UNI EN 12464-2:2021), 13 marzo 2014

ENTE ITALIANO DI NORMAZIONE, *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale* (UNI/TS 11300- 1:2014), 2 ottobre 2014

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*, (DM 26/06/2015), 26 giugno 2015

PARLAMENTO E CONSIGLIO EUROPEO, *Rendimento energetico nell'edilizia*, (Direttiva 2002/91/CE), 16 dicembre 2002

Sitografia

Aermec:

<https://global.aermec.com>

Cordivari:

<https://www.cordivari.it>

Daikin:

https://www.daikin.it/it_it/privati.html

Sunpower:

<https://www.sunpowerglobal.com/it>