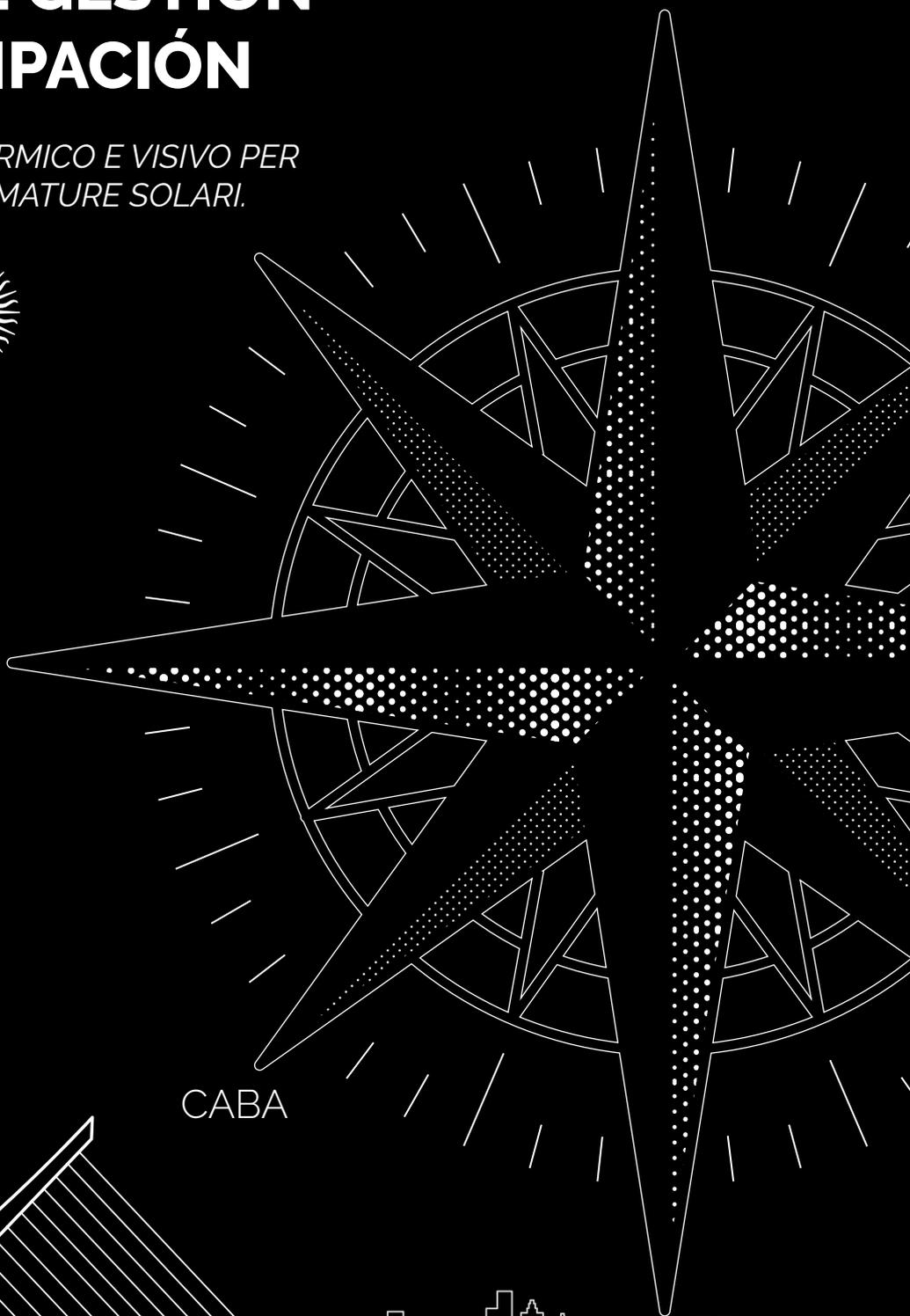


CENTRO DE GESTIÓN Y PARTICIPACIÓN

*ANALISI DI COMFORT TERMICO E VISIVO PER
L'UTILIZZO DI SCHERMATURE SOLARI.*



CABA



Politecnico di Torino



Facoltà di Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il progetto
sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

A.A. 2019/2020

*Progetto per un nuovo "Centro de gestión y participación" nel
quartiere di Belrgano, Buenos Aires. Analisi di comfort termico e
visivo per l'utilizzo di schermature solari.*

Relatori: Ilaria Ballarini, Anna Pellegrino

Candidata: Erika Paladino

“Se vuoi riuscire in qualcosa, lavora sodo, allenati, ripeti quella cosa tante volte fino ad avere la giusta fiducia per farla senza ansie e preoccupazioni. È l'unica strada per raggiungere un obiettivo.”

R. Rubio

INDICE

| | | | |
|--|------------|--|--|
| ABSTRACT | 8 | | |
| 1. INTRODUZIONE: TEMA, OBIETTIVO, METODOLOGIA | 10 | | |
| 2. SCHERMATURE SOLARI, CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE E DI ILLUMINAZIONE NATURALE | 15 | | |
| 2.1 I sistemi di schermatura | 16 | | |
| 2.1.1 La radiazione solare | 16 | | |
| 2.1.2 Intensità della radiazione | 16 | | |
| 2.1.3 Funzione di una schermatura | 17 | | |
| 2.1.4 Classificazione | 19 | | |
| 2.2 Condizioni termoigrometriche | 24 | | |
| 2.2.1 Parametri termici | 24 | | |
| 2.2.2 Riferimenti normativi sui requisiti termici | 25 | | |
| 2.2.3 Metodo di calcolo dinamico dettagliato | 29 | | |
| 2.2 Condizioni di illuminazione naturale | 31 | | |
| 2.3.1 Parametri visivi | 31 | | |
| 2.3.2 Riferimenti normativi sui requisiti illuminotecnici | 35 | | |
| 2.3.3 Metodo di calcolo per istanti temporali | 40 | | |
| 3. CASO STUDIO: CENTRO DE GESTIÓN Y PARTICIPACIÓN, BUENOS AIRES | 45 | | |
| 3.1 La città porteña | 48 | | |
| 3.1.1 Percorso architettonico | 49 | | |
| 3.1.2 Officinas en Latinoamérica | 52 | | |
| 3.2 Buenos Aires | 60 | | |
| 3.2.1 Il <i>barrio</i> Belgrano | 63 | | |
| 3.2.2 <i>Viaducto Bartolomé Mitre Ramal Tigre</i> | 64 | | |
| 3.2.3 Piano Urbano | 66 | | |
| 3.3 L'idea di progetto e il Masterplan | 69 | | |
| 3.4 L'orientamento | 73 | | |
| 3.5 Programma funzionale | 75 | | |
| 3.6 Materialità | 89 | | |
| 3.7 Componenti orizzontali e verticali | 90 | | |
| 4. ANALISI DELLO STATO DI FATTO | 95 | | |
| 4.1 Analisi delle condizioni termoigrometriche | 96 | | |
| 4.1.1 Caratterizzazione del modello | 96 | | |
| 4.1.2 Dati climatici | 99 | | |
| 4.1.3 Dati di utenza | 100 | | |
| 4.1.4 Calcolo della temperatura operativa | 106 | | |
| 4.1.5 Analisi dei risultati | 109 | | |
| 4.2 Analisi delle condizioni di illuminazione naturale | 115 | | |
| 4.2.1 Caratterizzazione del modello | 116 | | |
| 4.2.2 Condizioni climatiche di analisi | 117 | | |
| 4.2.3 Valutazione del fattore medio di luce diurna e dell'illuminamento medio | 120 | | |
| 4.2.4 Analisi dei risultati | 127 | | |
| 5. STRATEGIE DI CONTROLLO SOLARE | 149 | | |
| 5.1 Studio delle ombre | 150 | | |
| 5.1.1 Posizione del Sole | 150 | | |
| 5.1.2 Studi solari | 151 | | |
| 5.1.3 Predimensionamento degli oggetti | 156 | | |
| 5.2 Approccio | 165 | | |
| 5.2.1 Soluzione progettuale 1 | 168 | | |
| 5.2.2 Soluzione progettuale 2 | 172 | | |
| 5.2.3 Soluzione progettuale 3 | 174 | | |
| 6. ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO | 177 | | |
| 6.2 Benessere termoigrometrico | 178 | | |
| 6.2.1 Analisi dei risultati | 194 | | |
| 6.3 Condizioni di illuminazione | 196 | | |
| 6.3.1 Verifica del fattore medio di luce diurna | 196 | | |
| 6.3.2 Riepilogo dei valori di illuminamento | 200 | | |
| 6.3.3 Analisi dei risultati | 270 | | |
| 6.4 Matericità della facciata | 272 | | |
| 6.5 Riepilogo delle soluzioni adottate | 288 | | |
| 7. CONCLUSIONI | 300 | | |
| ALLEGATI | | | |
| BIBLIOGRAFIA | | | |

ABSTRACT

L'architettura si affaccia in un mondo sempre più industrializzato e avanzato, che fa uso di nuove tecnologie e soluzioni innovative. Già da molti anni è prediletto l'uso del vetro negli edifici, formati da enormi aperture per garantire il massimo dell'illuminazione e della vista verso l'esterno, utilizzati soprattutto nell'edilizia per uffici. Le nuove tipologie infatti, garantiscono spazi sempre più flessibili, in cui è possibile beneficiare di open space nei quali organizzare lo spazio come si desidera. Nel contesto della capitale argentina, nel *barrio* di Belgrano, nasce un progetto per un nuovo *Centro de gestión y participación*, ossia una nuova sede per la *comuna* numero 13 della Città Autonoma di Buenos Aires. La seguente ricerca nasce dalla volontà di migliorare il benessere degli occupanti all'interno dello spazio di lavoro al fine di favorire

e agevolare l'attività e creare degli spazi interni che sia qualitativamente confortevoli, soprattutto dal punto di vista termico e illuminotecnico. Indirettamente, questa attenzione, può portare a ridurre il consumo di energia primaria della vita utile dell'edificio, in una società in cui è importante progettare degli edifici che siano sostenibili per l'ambiente.

Per perseguire questo obiettivo, l'elaborato è stato suddiviso in tre parti. Nella prima sono introdotti i concetti di condizioni termoigrometriche e di illuminazione naturale, analizzando il quadro normativo di interesse e le metriche di valutazione di entrambi gli aspetti e la metodologia seguita per valutarli. L'attenzione viene posta sull'utilizzo di schermature solari come elementi di controllo della radiazione solare incidente che, entrando in ambiente, influenza notevolmente questi due

ambiti. Nella seconda parte è presentato il progetto, oggetto di studio, sviluppato nel corso di *Trabajo Final de Carrera* all'*Universidad de Belgrano* durante il periodo di interscambio all'estero. La valutazione delle condizioni termiche e visive si basa sull'analisi di alcuni parametri, analizzati attraverso gli strumenti di calcolo DesignBuilder e DiaLUX, seguendo le metodologie descritte. Le analisi simulate svolte hanno messo in evidenza le criticità del progetto, che hanno stabilito così la base di partenza per lo sviluppo della tesi, strettamente legate all'involucro trasparente e alla necessità di limitare l'ingresso della radiazione solare a seconda delle caratteristiche climatiche del sito, della morfologia dell'edificio e del suo orientamento. Seguendo questi principi, nella terza parte, sono sviluppate le proposte progettuali per garantire un

miglior controllo dell'involucro trasparente e migliorarne la prestazione, così da rendere più confortevole l'ambiente di lavoro interno. Parallelamente le condizioni termoigrometriche e di illuminazione naturale sono migliorate con l'inserimento di nuovi dispositivi schermanti orientabili, le cui valutazioni sono messe a diretto confronto con lo stato di fatto iniziale per evidenziare i miglioramenti riscontrati. Lo stretto rapporto tra i due aspetti è sottolineato in un feedback finale, manifestando come sia possibile ottenere una soluzione che soddisfi il benessere degli occupanti sotto entrambi i punti di vista.

INTRODUZIONE: TEMA, OBIETTIVO E METODOLOGIA

Il seguente lavoro di ricerca, nasce dall'esperienza che ho avuto il piacere di vivere e maturare in prima persona in questo ultimo anno della mia formazione accademica. In uno scenario mondiale, nel quale il 40% del consumo di energia, e la conseguente emissione di anidride carbonica nell'atmosfera, è causato dal funzionamento degli edifici, mi è sembrato interessante e opportuno portare a termine il percorso iniziato all'Universidad de Belgrano a Buenos Aires, per completare accuratamente il progetto ideato. Al giorno d'oggi infatti, c'è un'imminente necessità di progettare degli edifici energeticamente efficienti e soprattutto che siano confortevoli, a prescindere dalla loro destinazione d'uso, e che quindi soddisfino il complesso quadro di esigenze di benessere degli utenti finali, tra cui spiccano quelle associate all'ambiente termico e luminoso. L'edificio infatti non dovrebbe essere visto solo come un'involucro dentro il quale si svolgono varie attività, ma come il luogo in cui le persone si incontrano, trascorrono la loro vita e in cui devono sentirsi a loro agio perché

riconoscono in esso un ambiente amico e non una scatola con delle condizioni sfavorevoli.

Nel periodo di intercambio in Argentina ci siamo confrontati con la realtà sudamericana di questo grande centro metropolitano. A percorso già avviato, ci siamo messi in gioco per la progettazione di un nuovo *Centro de gestión y participación*, che noi potremmo facilmente riconoscere come sede comunale di uno dei quartieri più conosciuti della città, ossia Belgrano. Avendo sviluppato in sede gran parte della progettazione dell'edificio, ho ritenuto opportuno colmare le lacune e gli aspetti che non erano stati approfonditi nello sviluppo dell'idea di partenza, come appunto l'attenzione al benessere dell'utente e al risparmio di energia che, al contrario, dovrebbero essere alla base di una buona progettazione.

A differenza di quello che accade ultimamente in Europa, dove già negli ultimi anni si pongono progetti di edifici altamente sostenibili per ridurre l'impatto ambientale, in America Latina questa attenzione sembra venir meno. Infatti al

caldo estivo si preferisce rispondere con un buono impianto di climatizzazione, studiato nei dettagli, piuttosto che pensare a delle strategie che invece evitino l'utilizzo di quest'ultimo. Probabilmente ciò è dovuto ad un contesto sociale molto diverso da quello oltreoceano, dove la sperimentazione è sicuramente più avanti e le risorse più facilmente accessibili. Alcuni Studi di architettura di maggior risalto, però, si stanno già affacciando a una progettazione sostenibile.

Il lavoro di tesi, quindi, si propone di completare il progetto della nuova sede comunale di Belgrano, per poter ottimizzare le condizioni di illuminazione dell'ambiente e il comfort termico degli occupanti, concentrando l'interesse sulle schermature, quale dispositivo in grado di apportare notevoli benefici riducendo la quantità di radiazione solare incidente sulle facciate interamente vetrate. Il raggiungimento dell'obiettivo inizia dall'analisi dello stato di fatto dell'edificio in corso di progetto per poter avere chiara la condizione in cui ci troviamo. Attraverso alcuni strumenti di calcolo, sarà quindi possibile ottenere dei risultati che, con l'aiuto di alcuni parametri di riferimento, riusciranno a definire le condizioni di benessere termoigrometrico e di illuminazione. Partendo da questi, sarà

possibile fare delle considerazioni e scegliere le strategie più adeguate che siano in grado di soddisfare, in parallelo, tutti i requisiti richiesti per entrambi gli aspetti. Molto spesso infatti, si cade nell'errore di utilizzare dei dispositivi schermanti per ombreggiare eccessivamente le facciate per ridurre il più possibile gli apporti solari, riducendo, di conseguenza, l'entrata di luce naturale in ambiente. Quest'ultimo aspetto è altrettanto importante per garantire un corretto svolgimento dell'attività, qualunque essa sia, in sicurezza e soprattutto in maniera confortevole. Inoltre l'apporto di luce diurna è fondamentale per migliorare il benessere psicofisico delle persone che si trovano in uno spazio per lunghi periodi.

Le strategie possibili saranno valutate tenendo in considerazione il sito di progetto e le caratteristiche dell'edificio, per poter studiare quelle più adeguate. Verranno valutati i benefici di ciascuna secondo gli strumenti descritti e già precedentemente utilizzati, al fine di poter ottenere dei risultati quantitativi da poter confrontare e mettere in luce la strategia più efficiente e che garantisca un'ottimizzazione sotto tutti gli aspetti: termici e visivi. Di conseguenza verrà presentato il progetto nella sua forma finale e definitiva, con tutti gli accorgimenti e le modifiche effettuate per il raggiungimento dell'obiettivo.

PARTE I

Schermature solari e benessere dell'utente

SCHERMATURE SOLARI, CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE E DI ILLUMINAZIONE NATURALE

Affacciandoci ad un mondo in cui è sempre più utilizzato il vetro come materiale primario negli edifici per uffici, viene proposta una panoramica introduttiva sui sistemi di schermatura e la loro funzione, che hanno come scopo principale quello di proteggere l'involucro esterno trasparente dalla radiazione solare, per evitare il surriscaldamento e un eccessivo fabbisogno per il raffrescamento estivo. Il consumo di energia primaria viene utilizzato soprattutto per il sostentamento degli edifici e il loro utilizzo, che coprono una percentuale del 30%-40%. Il 48,5% dell'elettricità prodotta è consumata dagli immobili, di cui il 24,2% sono quelli residenziali, il 16,3% i commerciali e infine l'8% gli edifici pubblici.

La ricerca di questa tesi, principalmente, è mossa dalla volontà di offrire alle persone che usufruiscono di uno spazio, in questo caso degli ambienti in un edificio per uffici, adeguate condizioni di benessere per svolgere la loro attività, così da renderla piacevole e agevole. Fra gli aspetti da valutare vi sono quelli relativi al benessere termoigrometrico e alle condizioni di illuminazione naturale degli ambienti. In tal senso è necessario deli-

neare il quadro delle esigenze degli utenti, i requisiti da soddisfare, le normative di riferimento che li regolano e li descrivono. Nella pagine che seguono, quindi, è descritto il quadro normativo di riferimento e i parametri di valutazione dei due aspetti.

I SISTEMI DI SCHERMATURA

Con il passare degli anni e l'evolversi delle tecnologie, il modo di fare architettura è cambiato radicalmente. Una netta distinzione è stata fatta tra struttura dell'edificio e involucro esterno, il quale si è sempre più separato dallo scheletro della costruzione fino ad arrivare alla sua forma più "leggera" ossia il *curtain-wall*. Ad oggi è sicuramente uno degli elementi più usati, basti pensare agli enormi grattacieli che presentano questo tamponamento vetrato il quale ingloba, al suo interno, tutte le funzioni dell'edificio. Le grandi finestre, infatti, garantiscono una importante illuminazione all'interno dell'ambiente, adatto quindi a costruzioni che ospitano degli uffici o luoghi di workshop, nei quali viene garantito un buon risparmio di energia per l'illuminazione artificiale. Le caratteristiche fondamentali di un dispositivo per il controllo solare, sono quelle di influenzare notevolmente la domanda di energia primaria e di gestire la privacy all'interno dell'immobile e la visione verso l'esterno. Soprattutto nell'edilizia per uffici infatti, si opta per un sistema multistrato che sia integrato con dei dispositivi flessibili. Investire su queste tipologie che incarnano i modelli di sostenibilità, consente di avere un ritorno di immagine da parte dell'azienda che ne finanzia la costruzione, e per questo sono i primi nel campo dell'edilizia.

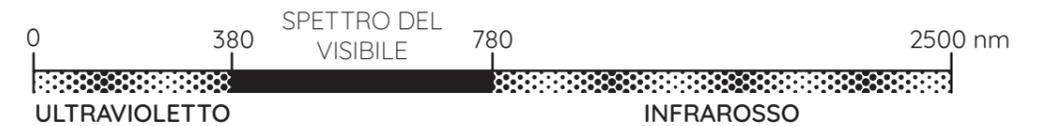
La funzione principale rimane però quella di proteggere l'edificio dalla radiazione solare diretta, così da contribuire alla creazione di un ambiente sano e al miglioramento delle prestazioni del fabbricato, in termini energetici e di comfort.

LA RADIAZIONE SOLARE

La radiazione solare può essere definita come l'energia radiante emessa dal Sole, che può essere assimilato ad un corpo nero alla temperatura di 5800 K, nello spazio circostante arrivando sulla Terra in due modi: diretto e diffuso. La radiazione diretta è quella proveniente direttamente dal Sole; quella diffusa giunge sugli edifici e sul terreno per effetto della torbidità dell'atmosfera e delle sue condizioni, che provoca l'effetto diffuso della radiazione, proveniente quindi da tutte le direzioni. Dal primo tipo, risulterà più facile schermarsi, mentre per quanto riguarda la seconda, proteggersi da essa risulta più difficile, soprattutto nelle grandi città in cui vi è un inquinamento maggiore dell'aria. Inoltre osservando la distribuzione spettrale della radiazione solare, solo una parte garantisce l'illuminamento e una corretta visione, ed è quella appartenente allo spettro del visibile (380-780 nm). Di conseguenza la radiazione solare trasmessa nel primo e nel terzo intervallo [Fig. 1], relativa all'ultravioletto e all'infrarosso, è quella da schermare e/o filtrare poiché contribuisce all'aumento del carico termico dell'edificio.

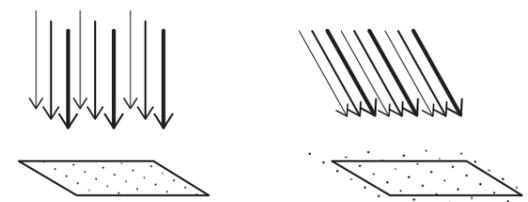
INTENSITÀ DELLA RADIAZIONE

La radiazione deve appunto attraversare uno strato di atmosfera prima di giungere sulla superficie terrestre. La sua presenza cambia l'effettiva entità della radiazione incidente, che di conseguenza varia in base allo spessore dello strato di atmosfera. Infatti nelle ore in cui il Sole



è più alto, ossia nelle ore centrali della giornata, i raggi della radiazione solare attraversano uno strato minore. Viceversa, nelle ore in cui il Sole è più basso, lo strato di atmosfera che deve essere attraversato è maggiore, quindi minore energia sarà contenuta nella radiazione incidente. Questo fenomeno spiega anche come sia possibile riuscire a guardare il Sole all'alba e al tramonto e perché la luce sia più intensa durante la metà del giorno.

Inoltre la quantità di radiazione che intercetta una superficie, è influenzata dall'angolo d'incidenza con cui giunge sulla stessa. I raggi solari che raggiungono la Terra sono paralleli. Una superficie ortogonale ad essi riceverà la massima quantità di energia. Questa energia, a sua volta, diminuirà mano a mano i raggi si allontanano dalla perpendicolare alla superficie. Ciò accade poiché quando i raggi sono perpendicolari, i punti che intercettano la superficie sono più compatti, quindi si ha una densità di energia per unità di superficie maggiore. Quando questi invece sono inclinati, i punti si di-



stribuiscono su una superficie maggiore, diminuendo l'intensità di energia per unità di superficie [Fig. 2]. È stato dimostrato come superfici che si discostano fino a 25° dalla perpendicolare, possano tuttavia ricevere ancora il 90% dell'energia dovuta alla radiazione solare diretta.

Ciò può rivelarsi utile per capire quale sia la schermatura da adottare in base alla quantità di energia che si vuole ostacolare, o viceversa, di cui si vuole disporre, la quale dipende dalle superfici che sono colpite.

FUNZIONE DI UNA SCHERMATURA

Sostanzialmente, dal punto di vista visivo, le schermature bloccano la luce solare diretta disperdendola in luce diffusa nell'ambiente. Allo stesso modo, regolano la quantità di luce che penetra da altre fonti esterne. Le schermature, inoltre, essendo esposte alla luce solare tutto il giorno, potrebbero essere in grado di servirsi della radiazione come fonte di energia primaria per utilizzarla per il funzionamento dell'edificio.

L'efficacia di una schermatura, qualsiasi essa sia, può essere valutata in base alla capacità di riflettere l'energia solare incidente, prima che quest'ultima sia assorbita dal vetro e trasmessa all'interno dell'ambiente dopo essere stata conver-

Fig. 1. Lunghezza d'onda della radiazione solare.

Fig. 2. Densità di energia in base all'angolo di incidenza della radiazione solare.

tita in calore. Perciò un dispositivo esterno sarà in grado di ridurre i carichi termici fino all'80%, mentre se si tratta di un dispositivo posizionato internamente, può arrivare fino ad un terzo. Ciò nonostante bisogna considerare l'ubicazione dell'edificio e le caratteristiche del clima, poiché elevate raffiche di vento o eccessive precipitazioni, possono danneggiare i siste-

mi posizionati esternamente. Inoltre è bene tener presente che se le schermature esterne proteggono notevolmente gli edifici dagli apporti solari in estate, evitando il surriscaldamento, possono invece contrastare gli apporti gratuiti di cui si può beneficiare nella stagione invernale.

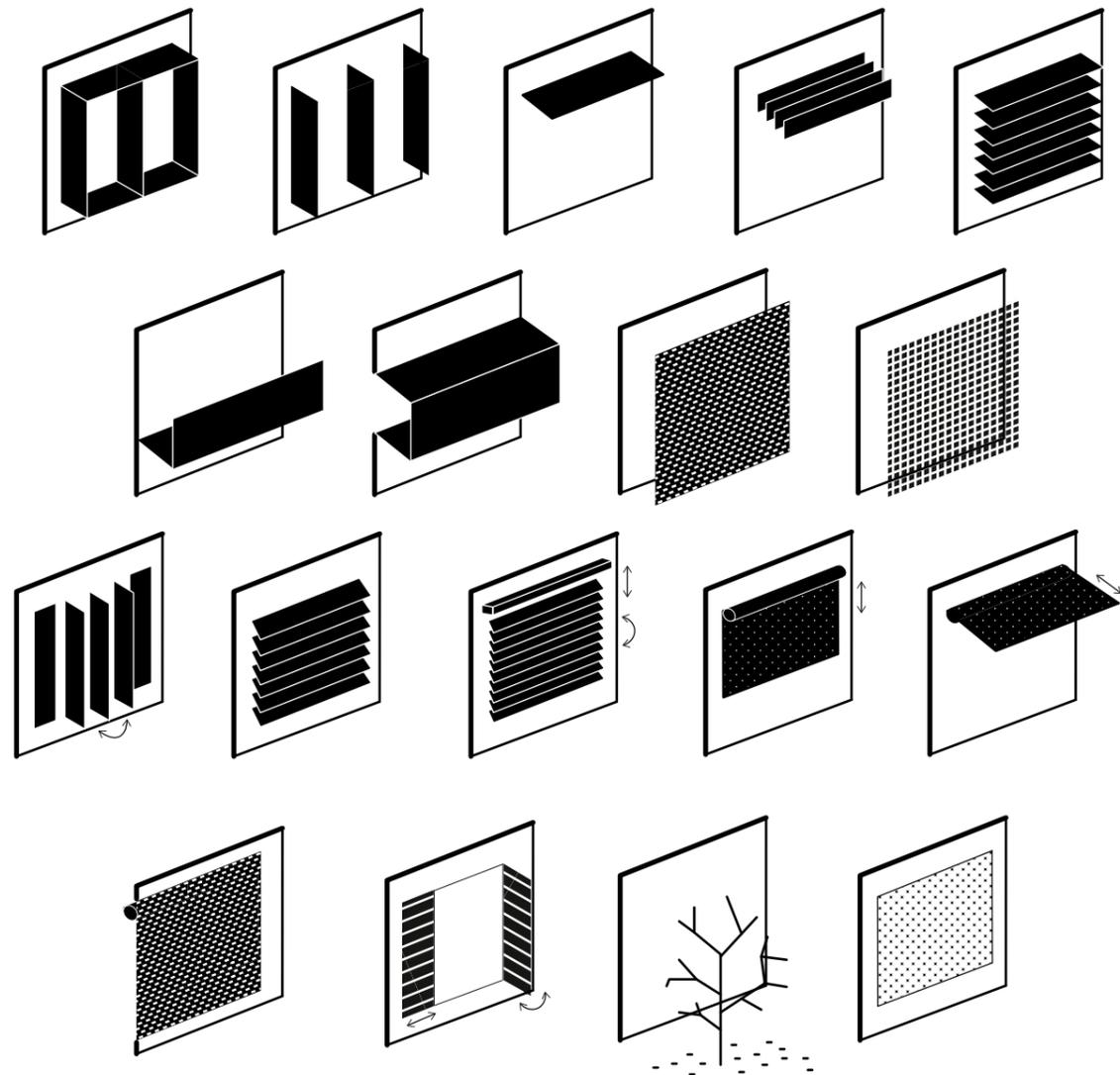


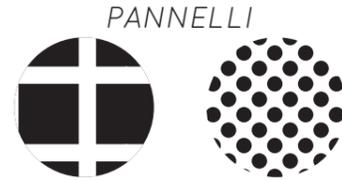
Fig. 3. Esempi di sistemi di schermatura.

CLASSIFICAZIONE

MORFOLOGIA



LAMELLE



MATERIALE



POSIZIONE



MOVIMENTO



Posizione rispetto al vetro

I sistemi di schermatura possono trovarsi in posizioni diverse rispetto al vetro. La loro posizione influenza la prestazione relativa alla trasmissione nello spettro energetico, che comprende ultravioletto e infrarosso. La sua posizione descrive come il dispositivo intercetta, riflette e trasmette la radiazione solare. Infatti, a seconda se il dispositivo sia interno o esterno, varia il fattore solare della finestra.

Il coefficiente G_{tot} è definito come la quantità di radiazione solare totale trasmessa attraverso la lastra di vetro per via diretta o indiretta, ossia per assorbimento di energia e di riemissione all'interno. Può anche essere trovato come coefficiente SHGC (*Solar Heat Gain Coefficient*) o TSET (*Total Solar Energy Transmission*). Il fattore di trasmissione luminosa T_v , il quale descrive la quantità di radiazione luminosa che viene trasmessa nello spettro del visibile (380-780nm), al contrario è indipendente dalla posizione della schermatura, ed è influenzato dalle proprietà ottiche del materiale e dall'eventuale orientamento dello stesso o delle sue componenti.

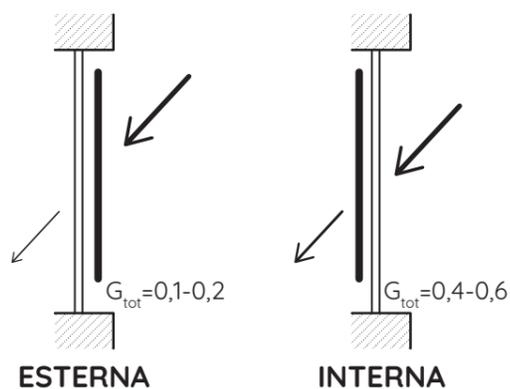


Fig. 4. Variazione del fattore solare in base alla posizione del dispositivo.

Nell'esempio [Fig. 4] la prima soluzione riesce a bloccare la radiazione solare prima che incida sul vetro, situazione particolarmente vantaggiosa in estate. Nella seconda la soluzione risulta più adeguata per la stagione invernale o in quelle latitudini a clima prevalentemente freddo, poiché il dispositivo così posizionato consente di lasciar passare parte della radiazione solare assorbita dal vetro scaldando passivamente l'ambiente. Il fattore solare in caso di dispositivi integrati risulta essere di circa 0,35-0,45. Tutti i valori (indicativi) sono da riferirsi a sistemi posizionati parallelamente rispetto al vetro.

Movimento e orientamento

Il movimento o meno del corpo schermante influisce sulle prestazioni. Il dispositivo può essere fisso, in questo caso la prestazione varia con il variare dell'angolo di incidenza della radiazione; regolabile, che quindi sono in grado di ruotare e orientarsi così da adattarsi all'angolo di incidenza; oppure il movimento può essere di tipo avvolgibile o di traslazione, così che la prestazione vari in base all'angolo solare e dalla posizione in cui si trova il corpo.

Morfologia

La morfologia del dispositivo influenza la sua capacità di schermare la radiazione solare. Infatti, se questo è formato da lamelle, fisse o orientabili, è in grado di controllare la radiazione solare diretta. Se invece si tratta di una tenda, o di un corpo continuo qualsiasi, questo controllerà la radiazione diretta e anche diffusa.

Sistemi di schermatura a lamelle

I dispositivi formati dalle lamelle sono più comunemente chiamati frangisole, e possiamo trovare una vastissima applicazione in edilizia. Questa tipologia consente di riflettere la maggior parte della radiazione riflessa verso l'esterno, e la restante verso l'interno. Inoltre il calore assorbito e poi rilasciato dalla stessa, spesso viene rilasciato verso l'esterno per effetto della ventilazione.

I frangisole sono posizionati esternamente all'involucro dell'edificio, e gli elementi possono essere di diversi materiali, come metallo, legno, cotto e vetro, possono essere fissi o orientabili. Nella maggior parte dei casi le lamelle utilizzate sono in acciaio o in alluminio, possono avere diverse sezioni, come ad ellisse, e risultano essere cave per non surriscaldare la superficie. Possono avere anche una forma lineare, talvolta traforata. Il loro movimento può essere motorizzato e talvolta anche automatico. Ciò comporta una maggior efficienza del dispositivo ma anche dei costi di installazione maggiori. Ovviamente i sistemi con lamelle orientabili risultano essere più adeguati poiché si adattano maggiormente all'esposizione del Sole durante tutto l'anno. I sistemi fissi andrebbero progettati adeguatamente secondo l'esposizione della facciata, la direzione e l'intensità dei raggi solari.

Nelle facciate esposte a Sud è preferibile l'utilizzo di elementi orizzontali, poiché il Sole è posizionato molto in alto nella volta celeste; invece per le esposizioni ad Est ed Ovest, è preferibile l'uso di elementi verticali, poiché al contrario il sole è molto basso sull'orizzonte.

Un particolare tipo di sistema a lamelle

è la veneziana. Al giorno d'oggi è largamente utilizzata soprattutto all'interno dell'involucro, ma può essere usata anche esternamente. Il suo utilizzo è ottimale per il controllo della radiazione luminosa, poiché esse possono essere a lamelle regolabili manualmente per modificare la loro inclinazione, e attraverso altre manovre possono essere raccolte a pacchetto così da lasciare libera alla vista la superficie vetrata e essere o essere posizionate in modo equidistante tra loro. Proprio per questo si differenziano dal frangisole. Più tipicamente sono in alluminio e hanno una fascetta di tenuta. Infine si dispone di un sistema pergolato, formato da lamelle generalmente in alluminio, posizionato in aggetto, quindi ortogonale alla facciata, per schermare la finestra sottostante grazie all'ombra che viene a crearsi. Questo sistema può anche essere inclinato rispetto al piano verticale.

Materiali

I frangisole in metallo garantiscono un'elevata riflessione della radiazione, circa il 50-80%. La scelta del colore può variare l'assorbimento della radiazione, maggiore per i colori scuri. Per aumentare la rigidità possono talvolta presentare delle nervature. Come detto possono avere degli angoli di inclinazioni variabili ed essere quindi movimentate manualmente o automaticamente, oppure essere fisse.

I frangisole in legno risultano essere assorbire maggiormente la radiazione, per via della porosità del materiale, riducendo di conseguenza la riflessione e il guadagno di luce naturale all'interno.

I frangisole in cotto hanno delle lamelle

di diverse forme, quadrate, tubolari, ecc ottenute per estrusione, pressione o arrotondamento. La lamella è sostenuta da un'anima in acciaio che viene fissata ad un telaio per supportarla. Come per il legno, il cotto risulta essere un materiale poroso, riducendo il livello di riflessione della radiazione e l'illuminazione naturale degli ambienti.

In commercio si possono trovare anche dei sistemi in vetro, che però risultano essere trattati in maniera tale da funzionare come schermanti, e sono: opachi, traslucidi o semiriflettenti. Grazie alle nuove tecnologie è possibile ottenere il prodotto adatto in base alla quantità di riflessione che si vuole avere. Questo consente di ottenere un prodotto adatto alle proprie esigenze.

Sistemi di schermatura a pannelli

La peculiarità di questa soluzione è che, in base al tipo di materiale, i pannelli possono essere totalmente opachi o lasciar passare parte della radiazione luminosa. Oltre al vetro, un pannello che offre molti vantaggi sono quelli in lamiera stirata, tele, e tessuti metallici. Grazie alla loro tessitura infatti, più o meno fitta, è possibile calibrare il livello di "opacità" valutando quanta radiazione far passare attraverso di essi.

Le reti o maglie metalliche, invece, sono formate da delle funi (anche da funi appiattite all'occorrenza) e da fili ondulati che si intrecciano fino a formare la tessitura. La percentuale di foratura varia al variare della grandezza dei tondini e dal traforo lasciato fra gli stessi. I pannelli possono anche essere apribili o scorrevoli in base alla posizione che assumono nell'edificio.

Distaccandosi da questo tipo di materiale, utilizzando il tessuto si può riuscire a schermare parte della radiazione attraverso l'uso di tende, le quali si possono applicare sia all'interno che all'esterno con appositi accorgimenti contro l'usura e il danneggiamento. Talvolta ci sono sistemi che consentono di posizionare la tenda all'interno dell'intercapedine tra due vetri, o nelle pareti ventilate. Generalmente le tende sono usate come filtranti per regolare l'ingresso della luce nel locale, ma alcune tende tecniche, con particolari rivestimenti, sono ideate per contrastare gli apporti di calore e rifletterlo verso l'esterno grazie all'uso di finiture o trattamenti basso emissivi, per questo trovano una larga applicazione anche nelle facciate degli edifici.

Sistemi di schermatura trasparenti

Le nuove tecnologie si stanno orientando verso l'uso di lastre di vetro che con speciali rivestimenti sono in grado di controllare la radiazione in entrata al fine di migliorare il comfort visivo ma anche il carico termico dell'edificio. Questa soluzione comporta dei costi più elevati rispetto ai sistemi schermanti che abbiamo elencato, ma la sfida sta diventando proprio quella di mettere questi prodotti sul mercato ad un prezzo accessibile.

Secondo il loro funzionamento, possiamo evidenziare due tipi di sistemi trasparenti: attivi e passivi.

Definiamo attivi i vetri fotocromici e termocromici. I primi sono sensibili alla luce, quindi se sottoposti ad irraggiamento saranno caratterizzati da una colorazione più scura, che ritornerà più chiara al cessare dell'esposizione. Ciò accade poiché

sono composti da una miscela sensibile ai raggi ultravioletti. I vetri termocromici, invece, sono sensibili alla temperatura superficiale esterna. Esse infatti assumono una colorazione più scura data una certa temperatura, per poi tornare al loro colore normale quando la temperatura si abbassa. Questa caratteristica gli viene conferita grazie ad uno speciale rivestimento.

Definiamo passivi i vetri elettrocromici, ossia quei vetri che sono controllati manualmente. A differenza di quelli termocromici, la variazione della colorazione avviene gradualmente (negli altri è immediata) quando vengono attivati tramite un comando elettrico e passano ad una colorazione più scura (passaggio da fase trasparente a opaca).

CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE

Secondo la norma UNI EN ISO 7730:2006, il comfort termico viene definito come “quella condizione fisica e mentale di soddisfazione nei riguardi dell’ambiente”. Ottendo un buon grado di soddisfazione da parte degli utenti senza l’utilizzo degli impianti di climatizzazione, attraverso i quali sarebbe facile raggiungere adeguate condizioni di benessere, potrebbe ridursi notevolmente il consumo di energia primaria, e di conseguenza diminuire anche le emissioni di biossido di carbonio (CO₂) nell’atmosfera. Gli edifici, secondo lo studio europeo, sono i responsabili del 40% del consumo di energia. Una buona progettazione dell’involucro esterno negli edifici di nuova costruzione, o adeguate ristrutturazioni del patrimonio esistente, garantirebbero un miglioramento delle condizioni termoigrometriche per l’utente, con una conseguente diminuzione dell’utilizzo dell’impianto in quei periodi dell’anno in cui è possibile evitare il suo utilizzo (stagioni intermedie). La sensazione di benessere di un occupante è legata allo scambio di energia tra il corpo dell’utente e l’ambiente circostante, ed è influenzata dalle variazioni di temperatura del corpo e dalla produzione di calore dell’utente stesso. Inizialmente, il soggetto occupante era visto come un elemento passivo nello scambio termico, ma in realtà l’utente interagisce a tutti gli effetti con l’ambiente al fine di creare le condizioni necessarie al soddisfacimento del suo benessere rispetto al microclima dell’edificio, attraverso un processo di adattamento.

PARAMETRI TERMICI

Questa condizione di benessere dipende fortemente da diversi fattori che sono riconducibili all’involucro edilizio, le sorgenti di calore e/o vapore presenti all’interno, il clima e la temperatura esterna, l’attività che viene svolta e le caratteristiche dell’impianto di climatizzazione (che non approfondiremo poiché non è l’oggetto di studio di questa tesi). I fattori principali che riconosciamo sono quattro, e si identificano in:

temperatura dell’aria interna, che talvolta può variare attraverso il riscaldamento o il raffreddamento (passivo e meccanico); **temperatura media radiante**, ossia la temperatura media ponderata di tutte le superfici esposte in un ambiente. Questa, combinata con la temperatura dell’aria, permette di definire la **temperatura operativa**, che è sicuramente il fattore più importante quando parliamo di comfort termico: può altresì essere definita come “la temperatura uniforme dell’aria e delle pareti dell’ambiente che provocherebbe per il soggetto lo stesso scambio termico per convezione e irraggiamento che si ha nell’ambiente reale”. In seguito, altri fattori sono: la **velocità dell’aria**, la quale descrive la direzione dei movimenti dell’aria nell’ambiente; e l’**umidità relativa**, ossia la percentuale di umidità che è contenuta nell’aria interna. Il disagio può anche essere causato da livelli troppo bassi o alti di umidità.

Secondo gli studi condotti da P. O. Fanger (1934-2006), professore presso l’Università tecnica della Danimarca e esperto del campo, è possibile valutare, tramite un’equazione, la combinazione delle va-

riabili al fine di garantire il comfort del soggetto in un ambiente confinato. L’indice che viene valutato secondo la sua teoria è il *PMV*, *Predicted Mean Vote*, ossia il Voto medio previsto, che si preoccupa di valutare tramite degli indici stabiliti, la sensazione termica mediante un numero di individui che sono sottoposti a quella data condizione. Questa teoria nasce per trovare una correlazione tra quei parametri fisici e quindi oggettivi, e quelle sensazioni, quindi di tipo soggettivo, degli individui. In sintesi il PMV esprime la sensazione media di comfort degli occupanti in una stanza ed è espresso in funzione delle quattro variabili che sono state descritte precedentemente, con l’aggiunta dell’isolamento termico dei vestiti (abbigliamento) e del livello di attività metabolica (attività svolta). Il PMV viene spesso utilizzato per descrivere il funzionamento dell’impianto di climatizzazione e la sua efficienza, calcolandolo all’interno di un intervallo che può variare in base alla funzione dell’edificio in analisi. In questo caso specifico non si vuole valutare lo stato dell’impianto dell’edificio, poiché il suo uso vuole essere limitato e ridotto al massimo, ma il comfort termico nel momento in cui esso è spento, perciò si è preferito sviluppare lo studio sulla base del *comfort adattativo*.

Il comfort adattativo tiene conto di quegli ambienti che non sono controllati dagli impianti, soprattutto in quei periodi dell’anno in cui non è necessario utilizzarlo, e si basa sulla teoria secondo la quale il corpo umano è in grado, appunto, di *adattarsi* alle condizioni termiche dell’ambiente in cui si trova. Al

giorno d’oggi si sta cercando di allungare maggiormente questo periodo, in maniera tale da diminuire il consumo di energia dell’edificio. Proprio per questo bisognerebbe progettare degli involucri che siano in grado di adattarsi ai diversi periodi dell’anno per garantire il raggiungimento dei livelli di comfort termico senza l’uso dell’impianto di climatizzazione. Questa teoria (*del comfort adattativo*) studia quante ore, in un certo periodo dell’anno, sono fuori dalla fascia di temperatura all’interno della quale, invece, si ha una situazione ideale di comfort termico. Essa confronta il valore della temperatura operativa dell’ambiente con la temperatura esterna, pesata, però, sulle ore precedenti. Questo perché, come si è menzionato prima, tiene in considerazione che ci sia comunque un adattamento da parte dell’utente al microclima dell’ambiente.

RIFERIMENTI NORMATIVI SUI REQUISITI TERMICI

Per far fronte al rispetto di certi requisiti energetici, si è voluto far riferimento a determinate legislazioni e normative, utili alla comprensione del fenomeno e della metodologia utilizzata in questo elaborato. Sono menzionati riferimenti sia italiani che argentini, per avere un quadro completo delle norme in vigore.

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 26/08/1993

Il seguente decreto viene descritto come “Regolamento recante norme per la pro-

gettazione l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia".

Nel decreto viene effettuata una classificazione generale degli edifici per categorie, secondo le loro destinazioni d'uso:

| Categoria | Destinazione d'uso |
|-----------|--|
| E1 | Edifici adibiti a residenza e assimilabili |
| E2 | Edifici adibiti ad uffici e assimilabili |
| E3 | Edifici adibiti ad ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili |
| E4 | Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili |
| E5 | Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili |
| E6 | Edifici adibiti ad attività sportive |
| E7 | Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili |
| E8 | Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili |

Nel decreto inoltre viene diviso il territorio italiano in diverse zone climatiche a seconda dei gradi-giorno di ciascuna [T.2]. Si definiscono gradi-giorno la somma, di tutti i giorni di un anno convenzionale di riscaldamento, delle differenze positive giornaliere della temperatura dell'ambiente, che è fissata convenzionalmente a 20°C, e la temperatura media esterna

giornaliera. Di seguito viene riportata la tabella con le diverse zone climatiche individuate:

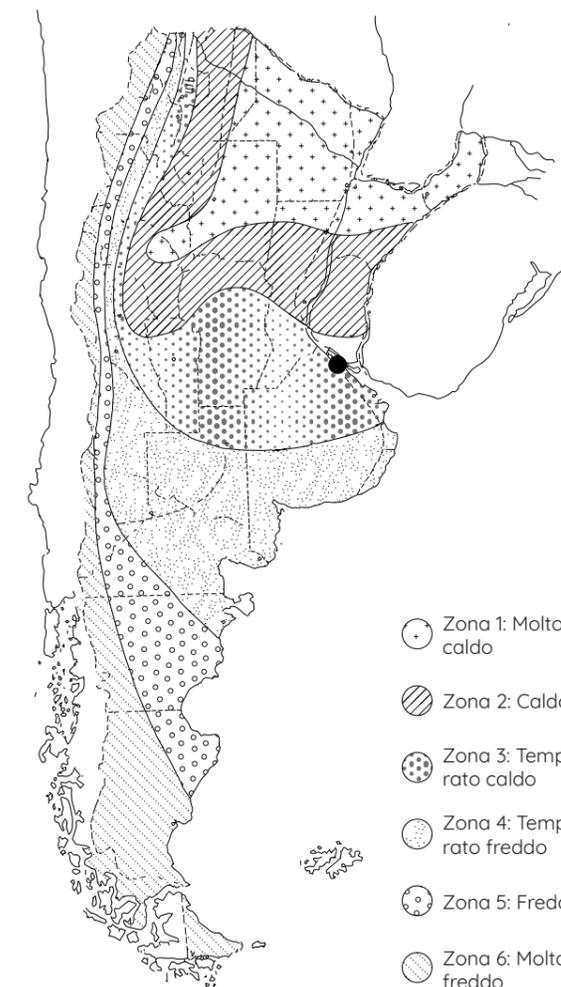
| Zona | Gradi-giorno (GG) |
|------|-------------------|
| A | GG < 600 |
| B | 600 < GG < 900 |
| C | 900 < GG < 1400 |
| D | 1400 < GG < 2100 |
| E | 2100 < GG < 3000 |
| F | GG > 3000 |

NORMA IRAM 2 11603:1996

L'Instituto argentino de normalización y certificación (IRAM) è identificato come l'Organismo Argentino di Normazione, il quale appunto si occupa di stabilire le norme tecniche dei diversi ambiti, e dunque al conoscimento e all'applicazione della normalizzazione, per promuovere l'attività di certificazione e di miglioramento della qualità nelle imprese. Inoltre veste il ruolo di rappresentante dell'Argentina nell'International Organization for Standardization (ISO). Questa norma, inoltre, corrisponde alla revisione della Norma IRAM 11603:1996, e stabilisce la zonificazione della Repubblica Argentina [Fig. 5] in accordo con i criteri bioambientali, indicando le caratteristiche climatiche di ciascuna zona. Per ogni zona sono riportate le valutazioni degli orientamenti favorevoli, si stabiliscono le caratteristiche del microclima e la sua valutazione dal punto di vista del condizionamento termico dell'edificio. Infine vengono riportati i dati climatici che

corrispondono alle stazioni meteorologiche del paese.

Le zone climatiche del paese sono state definite tenendo conto dell'indice di comfort della temperatura effettiva corretta (TEC), relazionata al voto medio previsto (PMV) e all'indice di Beldin e Hatch (IBH) per le zone calde. Essendo il territorio argentino molto esteso rispetto a quello italiano, per le zone fredde, invece, le zone sono state definite con i gradi-giorno per la necessità di utilizzo dei



riscaldamenti.

La Ciudad de Buenos Aires, come descritto nella norma, appartiene alla zona bioclimata 3, e come sottocategoria alla 3b. Le estati sono relativamente calde e presentano temperature medie comprese tra i 20°C e i 26°C, con massime medie maggiori di 30°C. L'inverno non è molto freddo e presenta temperature tra gli 8°C e i 12°C, e valori minimi che raramente sono meno di 0°C. Le pressioni parziali del vapore acqueo sono basse tutto l'anno, con valori massimi in estate che non superano, in media, 1870 Pa (14 mm Hg). In generale, gli inverni sono relativamente miti e le estati non molto calde. La suddivisione nelle due sottozone è dovuta all'escursione termica. Nella categoria 3b si ha un'escursione termica minore di 14°C.

La seguente norma specifica le raccomandazioni sulle protezioni solari. Consiglia, per le zone bioambientali dalla 1 alla 4, di utilizzarle per tutti gli orientamenti, escluso quello a Sud, come per esempio delle schermature orizzontali e verticali e tende avvolgibili di colore chiaro. Sono poi riportati gli orientamenti termici ottimali, regolari e sfavorevoli, a seconda della zona bioclimatica e della latitudine [Fig. 6].

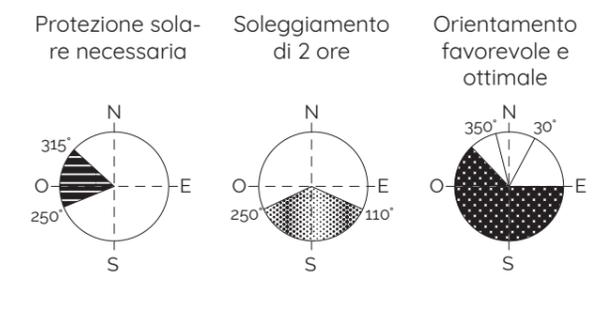


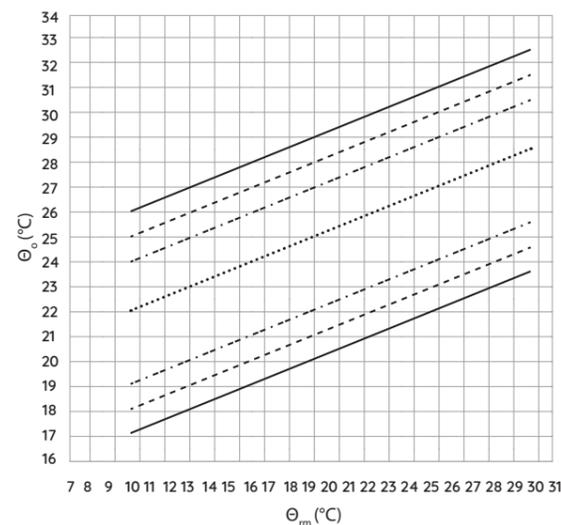
Fig. 5 . Mappa delle zone bioclimatiche dell'Argentina. Rielaborazione personale dell'originale. Fonte: IRAM 11603:1996.

Fig. 6 . Analisi dell'orientamento della zona bioclimatica 3, latitudine 30° Sud. Rielaborazione personale dell'originale. Fonte: IRAM 11603:1996.

NORMA UNI EN 16798:2019

Nella norma internazionale EN 16798-1:2019 sono definiti i requisiti per i parametri degli ambienti interni, per la qualità dell'aria interna e i calcoli da seguire per valutare le prestazioni energetiche degli edifici. Attraverso le formule elencate in seguito, sono definiti i valori accettabili della temperatura dell'aria interna per edifici, da valutare quando l'impianto di raffrescamento non è in uso. Viene definito un intervallo ideale della *temperatura operativa* in funzione della *external running mean temperature*, ossia della temperatura esterna il cui valore, però, è riferito ad una media dei valori di temperature dell'aria delle ore precedenti (ciò spiega perché si utilizza il termine "running") considerando le 24 ore precedenti. Ogni ora però, avrà un peso differente: l'ora più vicina rispetto all'istante in analisi avrà un peso maggiore rispetto all'ora più lontana (delle 24 ore antecedenti). Si tiene quindi conto del fatto che il corpo umano si adatta alla temperatura dell'aria e di conseguenza anche la situazione di comfort termico all'interno dell'ambiente "risente" di questo adattamento. Questo metodo viene utilizzato soprattutto per quelle situazioni in cui nello spazio dove si trova l'utente sono svolte delle attività sedentarie, come nel nostro caso negli uffici, in cui è facile operare sulle

aperture quali finestre e porte, e dove gli occupanti possono facilmente cambiare e quindi adattare i loro abiti secondo le condizioni termiche interne ed esterne. Il grafico [Fig. 7] mostra i valori predefiniti per la *temperatura operativa* per edifici senza impianto di raffrescamento come una funzione della media esponenziale della *running mean temperature*.



Θ_{rm} : temperatura operativa interna;
 Θ_{rm} : running mean temperature
 cat. III limite superiore/inferiore
 cat. II limite superiore/inferiore
 cat. I limite superiore/inferiore
 temperature di comfort

La *running mean temperature* viene descritta dalla formula seguente:

$$[E1] \quad \Theta_{rm} = (\Theta_{ed-1} + 0,8 \Theta_{ed-2} + 0,6 \Theta_{ed-3} + 0,5 \Theta_{ed-4} + 0,4 \Theta_{ed-5} + 0,3 \Theta_{ed-6} + 0,2 \Theta_{ed-7}) / 3,8$$

dove Θ_{ed-1} è la temperatura dell'aria esterna del giorno precedente e Θ_{ed-i} è quindi la temperatura dell'aria esterna del i-esimo

giorno precedente. Questa temperatura di riferimento viene calcolata sulla base di 7 giorni precedenti e ne fa una media.

Le temperature esterne sono moltiplicate per un coefficiente noto (tra 1 e 0) che si abbassa mano a mano che ci allontaniamo con le ore.

In questo modo le temperature interne ammissibili sono indicate in funzione della *running mean temperature*.

I limiti superiori ed inferiori espressi nel grafico, rappresentano le equazioni dei limiti scelti secondo la categoria di appartenenza dell'edificio, e vengono qui di seguito descritti:

| | | |
|-------------|--|------|
| Categoria 1 | limite superiore: $\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 2$ limite inferiore: $\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 3$ | |
| Categoria 2 | limite superiore: $\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 2$ limite inferiore: $\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 4$ | [E2] |
| Categoria 3 | limite superiore: $\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 + 4$ limite inferiore: $\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 - 5$ | |

Questi risultano essere i valori delle temperature grazie ai quali si forma l'intervallo di comfort nel grafico, e sono rappresentati dalle due linee che delimitano l'intervallo. Le tre categorie sono elencate dalla più stringente alla meno stringente: la prima è usata per edifici e luoghi più "severi", come ospedali, case di riposo, asili, ecc., la terza categoria si usa per edifici meno severi come industrie, fabbriche, ecc. In questo caso, la categoria scelta secondo il tipo di edificio in analisi per questo elaborato, è la seconda. Si tratta della categoria media nella quale il valore più alto di temperatura ha un aumento di +3 rispetto a Θ_o e il valore più basso ha una variazione di -4 rispetto a Θ_o .

Infine la linea che troviamo rappresentata nel mezzo del grafico (puntinata) rappresenta la *temperatura operativa ottimale* secondo la formula:

$$\Theta_o = 0,33 \Theta_{rm} + 18,8 \quad [E3]$$

Il riferimento a questa normativa e a queste equazioni sarà utilizzato successivamente per essere raggruppato e analizzato più facilmente dopo aver effettuato le simulazioni.

METODO DI CALCOLO DINAMICO DETTAGLIATO

La metodologia applicata prevede l'utilizzo di alcuni programmi per il calcolo dinamico orario dettagliato. I consumi energetici, sia di raffrescamento che di riscaldamento, vengono stimati da software che, conoscendo le grandezze che caratterizzano le prestazioni energetico-ambientali, possono procurarci determinati risultati. Per il comportamento

Fig. 7. Rielaborazione del grafico per i valori della temperatura operativa.

termoigrometrico di un edificio, si può fare riferimento ad EnergyPlus. Quest'ultimo nasce dalla volontà di avere un programma integrato, basato su numerosi algoritmi di programmi precedenti, che sono stati la base di partenza per la sua creazione ed è stato sviluppato dal Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti d'America (DOE), Building Technologies Office (BTE) ed altre istituzioni e privati. Sicuramente il limite più grande di Energy Plus è l'impossibilità di creare geometricamente il modello 3D dell'edificio, che invece viene "costruito" solo inserendo le coordinate geometriche dello stesso. Il programma si basa principalmente su tre moduli:

- il *surface heat balance manager*, necessario per risolvere il bilancio termico di ciascuna parete della struttura;
- l'*air heat balance manager*, che è in grado di risolvere il bilancio termico dell'ambiente attraverso la simulazione, in simultanea, degli scambi termici radianti e convettivi;
- il *building system simulation manager*, che si occupa della simulazione dell'impianto, del quale però, in questo caso, non ne faremo uso poiché non è necessario valutare l'impianto e le condizioni di comfort nel momento in cui questo è in uso.

Tutti questi moduli sono in grado di interagire tra di loro, e con altri sotto-moduli, attraverso l'*integrated solution manager*, che consente ad essi di interagire simultaneamente. Sicuramente molteplici sono gli usi che si possono fare di questo programma, sia per fini pratici o di ricerca. Tralasciando quei casi in cui viene utilizzato per determinare il comportamento

energetico dell'edificio, valutarne eventuali risparmi e soluzioni, nel nostro caso viene utilizzato per valutare l'aspetto del comfort, attraverso il calcolo e l'analisi di alcuni indici che ritroviamo in ambito europeo ma anche americano. Viene quindi usato per l'analisi del comfort termico in periodi estivi dell'anno, in cui l'impianto di climatizzazione risulta essere spento e abbiamo una situazione di *floating* dell'aria.

Una delle limitazioni di EnergyPlus è l'inserimento dei dati di input, poiché il programma si presenta come un codice di calcolo da riempire meccanicamente. Per questa ragione e per semplificare l'uso di questi strumenti, si è scelto di utilizzare DsignBuilder, software sviluppato in Gran Bretagna, utilizzato da ingegneri e architetti in tutto il mondo, il quale non è altro che un'interfaccia grafica *user friendly*, che utilizza il motore di calcolo precedentemente descritto ma il quale favorisce l'inserimento di dati e l'esportazione degli stessi in maniera più intuitiva per l'utente. Viene così effettuata una simulazione *dinamica*, su base *oraria* o anche *sub-oraria*, la quale considera l'accumulo e il rilascio di energia dell'edificio che si manifesta negli intervalli precedenti. DsignBuilder è lo strumento utilizzato per estrapolare i dati della temperatura operativa dell'edificio durante tutto l'anno e su base oraria, per valutare la qualità termica dell'immobile. Questi valori saranno poi inseriti nelle equazioni sopra descritte [E], secondo la normativa UNI EN 16798-1. Attraverso questa metodologia è possibile definire il numero di ore di discomfort all'interno delle aree di lavoro al fine di poter ridurre questo numero il più possi-

bile grazie alla sperimentazione di nuove strategie passive. Si vuole così minimizzare l'uso della climatizzazione per ridurre il consumo di energia da parte dell'edificio nel periodo totale del suo funzionamento.

CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

Negli interventi di riqualificazione degli edifici dal punto di vista energetico e delle condizioni di benessere termico negli ambienti, si cade spesso nell'errore di tralasciare l'aspetto legato al benessere visivo degli utenti. In un ugual modo, una corretta progettazione dell'involucro dovrebbe tenere in considerazione anche i benefici che la luce può portare per una corretta visione. Una buona progettazione dell'illuminazione naturale degli ambienti, che presuppone uno studio accurato dell'edificio e dei sistemi di illuminazione naturale dello stesso, contribuisce al miglioramento dell'umore, della salute e al benessere generale, con un conseguente aumento della produttività. Infatti una buona qualità di illuminazione può contribuire a regolare il ritmo circadiano e soprattutto il ritmo sonno-veglia delle persone. Oltre all'aspetto qualitativo, un'adeguata progettazione deve rispondere a determinati parametri al fine di soddisfare i requisiti della prestazione visiva. La progettazione deve mirare al contenimento dei consumi energetici, cercando di sfruttare l'illuminazione naturale, per ridurre i consumi dell'illuminazione artificiale. Devono essere garantite le condizioni di illuminazione rispetto alle esigenze di carattere funzionale degli utenti.

Tra gli aspetti che caratterizzano l'uso della luce naturale negli edifici, la presenza di aperture che garantiscono una vista verso l'esterno può migliorare le condizioni psicofisiche degli ambienti di lavoro: in questo modo l'utente è sempre in contatto con il mondo, è in grado di constatare le condizioni meteorologiche e di avere consapevolezza della scansione del tempo e della giornata. Riuscire ad osservare la realtà anche al di fuori dell'ambiente lavorativo, aiuta a migliorare il benessere dell'utente e la sua produttività. Ovviamente queste condizioni legate alla vista verso l'esterno sono molto più complesse da analizzare e possono variare da soggetto a soggetto. Diversi sono stati gli studi che si sono concentrati su questi aspetti. Spesso gli utenti in ufficio riscontrano un maggior soddisfacimento del loro lavoro in ambienti che godono di una giusta quantità di luce naturale, che viene preferita a quella artificiale, e migliorerebbe le condizioni di salute degli stessi. L'uso della luce naturale negli spazi di lavoro aiuta a ridurre la sensazione di fatica, e influenza positivamente la concentrazione, la motivazione e l'efficienza lavorativa. Soprattutto può contribuire al miglioramento della creatività a lavoro.

PARAMETRI VISIVI

Le condizioni di illuminazione e la prestazione visiva possono essere valutati secondo dei parametri che ci aiutano a comprendere e valutare il fenomeno. Una buona progettazione della luce naturale è volta a ottenere un ambiente confortevole, che aiuti la produttività

dell'individuo, deve anche rispondere a dei determinati requisiti quantitativi per garantire delle condizioni di illuminazione adeguate a svolgere correttamente l'attività visiva.

In primo luogo un buon livello di comfort può essere raggiunto con adeguati valori di **illuminamento** nell'ambiente. All'interno di questo è importante anche avere una distribuzione della luce che sia il più possibile uniforme sui piani di lavoro (**uniformità di illuminamento**). Infatti in locali molto profondi con apertura solo da un lato della stanza (unilaterale), si rischia di avere una quantità di luce eccessiva vicino alla finestra e pochissima in fondo, creando uno squilibrio generale di luce nello spazio. Altri fattori che possono influenzare notevolmente la sensazione di benessere visivo sono la direzionalità della luce, il colore e la **resa cromatica** del colore. Quest'ultima può essere alterata se per esempio si usano dei particolari vetri colorati, che non farebbe percepire il colore naturale degli oggetti, o delle superfici, a chi li guarda, creando disagio. In determinati ambienti, come quelli lavorativi, bisognerebbe utilizzare dei vetri un indice *Ra* vicino al 100%.

Infine, è importante controllare il rischio di **abbagliamento**, che prova un notevole disagio in luoghi di lavoro o di studio, soprattutto per quelle attività che comprendono l'utilizzo di schermi e computer. Questo può provocare affaticamento ed errori da parte dell'utente e può essere definito come la sensazione prodotta da superfici o sorgenti di luce la cui luminanza sia molto maggiore a quella media di adattamento, ovvero in presenza, nel campo visivo, di contrasti di luminanza

eccessivamente elevati e viene suddiviso in molesto e debilitante, quest'ultimo generalmente poco presente in ambienti interni. Per questo è fondamentale l'utilizzo di sistemi che siano in grado di direzionare e controllare la luce in entrata nel locale, soprattutto quella della radiazione solare diretta. Quest'ultima infatti, proveniente dal Sole e non dalla volta celeste, risulta essere una sorgente estremamente abbagliante e direzionata, che aiuta a marcare il contrasto degli oggetti. Allo stesso modo, questo fenomeno, può verificarsi per la riflessione della radiazione prodotto da altre superfici, che può creare un eccessivo **contrasto di luminanze**. Il parametro che si utilizza per verificare questa condizione è il *DGP* (*Daylight glare probability*). Questo indice descrive la probabilità che si possa verificare questo fenomeno in un dato punto dell'ambiente e per una determinata direzione di osservazione. L'equazione per calcolare questo parametro viene descritta da Wienold inizialmente come riportato nella [E4]. Successivamente gli stessi autori, hanno messo a punto un modello semplificato [E5] in cui il valore del DGP viene calcolato, sempre in un punto e in una direzione di osservazione, sulla base del solo valore dell'illuminamento verticale (E_v) in corrispondenza degli occhi dell'osservatore:

$$DGP [\%] = 5,87 \cdot 10^{-5} \cdot E_v + 9,18 \cdot 10^{-2} \log \left(1 + \sum_j \frac{L_{s,j}^2 \omega_{s,j}}{E_v^{1,87} P_j^2} \right) + 0,16 \quad [E4]$$

E_v [lx] = illuminamento verticale (misurato su un piano verticale all'altezza degli occhi)

L_s = luminanza della sorgente luminosa
 ω = angolo solido della sorgente luminosa
 P = indice di posizione della sorgente luminosa

$$[E5] \quad DGP_s [\%] = 6,22 \cdot 10^{-5} E_v + 0,184$$

Un altro dei parametri per valutare la quantità di luce naturale in ambiente è il **Fattore medio di luce diurna**. Si tratta di un indicatore adimensionale che caratterizza la prestazione luminosa dell'ambiente e calcola la percentuale di luce naturale all'interno dell'edificio rispetto a quella esterna. Questo parametro viene utilizzato per verificare che vengano rispettati i valori normativi che definiscono i requisiti che un determinato spazio deve avere per essere conforme. Il parametro è accettato a livello universale ed è definito come il *rapporto che si ha in un punto dell'ambiente per effetto dell'illuminazione dovuta alla radiazione diffusa ricevuta da un cielo di nota distribuzione di luminanza (si assume 5000 lx), in assenza di ostruzioni, e l'illuminamento che nello stesso istante si avrebbe su una superficie orizzontale esposta esternamente. La superficie viene schermata dalla radiazione diretta*. Quindi questo indice viene calcolato considerando un cielo coperto che abbia una luminanza uniforme. Non dipende quindi dalla stagione o dal giorno e descrive la costanza del rapporto tra illuminamento interno ed esterno.

$$FLD_m [\%] = \frac{A_f \cdot t_l}{(1 - \rho_{l,m}) \cdot A_{tot}} \cdot \varepsilon \cdot \psi \quad [E6]$$

A_f = superficie vetrata netta della finestra
 t_l = fattore di trasmissione luminosa del vetro
 $\rho_{l,m}$ = fattore di riflessione luminosa medio ponderato delle superfici interne dell'ambiente
 ε = fattore finestra
 ψ = fattore di riduzione del fattore finestra

Questo parametro presenta delle limitazioni, in quanto il suo calcolo viene effettuato su un modello di cielo coperto, tenendo quindi conto della sola radiazione diffusa ed escludendo quella diretta. Qui di seguito verrà presentato uno schema per valutare indicativamente il fattore medio di luce diurna (FLD_m), secondo UNI EN 17037:2019 - *Luce diurna negli edifici*.

| FLD _m | |
|------------------|---------------|
| < 1% | insufficiente |
| 1% < x < 2% | discreto |
| 2% < x < 4% | buono |
| > 4% | ottimo |

Inoltre per garantire una buona esecuzione delle attività in modo rapido e sicuro, è fondamentale che ci sia un adeguato illuminamento sulle superfici di lavoro, così da poter svolgere le attività in maniera rapida e sicura, oltre che confortevole.

Come sottolineato in precedenza, il fattore medio di luce diurna presenta delle limitazioni, e per questa ragione, nel corso degli anni, si è deciso di introdurre

ulteriori parametri, che definiremo dinamici, poiché appunto tengono conto delle condizioni dinamiche di illuminazione naturale cui è soggetto il sito di progetto e di conseguenza gli ambienti interni all'edificio. Questi indici non sono ancora standardizzati, ma conferiscono comunque un aiuto al progettista per effettuare delle scelte volte al miglioramento delle condizioni di illuminazione, contribuendo alla loro ottimizzazione a seconda delle esigenze.

La **Daylight Autonomy (DA)** descrive quante volte in un anno la luce naturale può garantire il livello di illuminamento minimo che viene espresso nella normativa. Il valore è definito in percentuale. Per fare un esempio pratico, possiamo pensare che la DA di un ambiente, in cui è richiesto un illuminamento minimo di 500 lux, è pari al 65%. Questo significa che il requisito di illuminamento minimo viene raggiunto o superato con l'uso di luce naturale per il 65% delle ore dell'anno in cui l'ambiente è utilizzato. Quindi per il restante 35% sarà necessario fare uso dell'illuminazione artificiale per soddisfare i requisiti di illuminamento.

La **Continuous Daylight Autonomy (Dacon)** è definita come il contributo che la luce naturale è in grado di fornire per il raggiungimento del valore di illuminamento minimo stabilito, nell'arco di un anno, espressa in percentuale. Se per esempio in un determinato punto dell'ambiente si registra un illuminamento di 250 lux, con rispetto ai 500 lux che invece sono richiesti dalla normativa, si afferma che in questo caso la luce naturale contribuisce con un valore pari a 0,5 (250 lx/500 lx) al raggiungimento dell'il-

luminamento minimo richiesto. Possiamo altresì affermare che contribuisce con maggior dettaglio a definire la disponibilità di luce naturale, e avrà valori più alti rispetto alla DA descritta in precedenza. La **Maximum Daylight Autonomy (DAm_{max})** è descritta come la percentuale di tempo in cui l'illuminazione naturale nell'ambiente supera un determinato valore di illuminamento, il quale è identificato come 10 volte l'illuminamento che è richiesto per svolgere il compito visivo. Per esempio un DAm_{max} del 10% per una superficie il cui illuminamento richiesto è di 500 lux, indica che l'illuminamento è di 5000 lux per il 10% del tempo rispetto alle ore di utilizzo totali. Questo indice può essere utile al fine di valutare quelle situazioni in cui può verificarsi il rischio di abbagliamento per valori troppo alti di illuminamento.

L'**useful Daylight Illuminance (UDI)** definisce il tempo, in percentuale, rispetto alle ore di utilizzo di un ambiente in un anno, per il quale la luce naturale risulta appunto utile allo svolgimento dell'attività, poiché i valori di illuminamento sono compresi fra 100 lux e 3000 lux, e pertanto non risultano essere né troppo bassi né troppo alti. Con rispetto a questo parametro sono introdotti due ulteriori indicatori: $UDI_{exceeded}$ descrive la percentuale di tempo in cui i valori sono superiori ai 3000 lux, quindi potrebbero verificarsi fenomeni di abbagliamento, e $UDI_{felt-short}$ che descrive, contrariamente, la percentuale di tempo in cui i valori di illuminamento sono eccessivamente bassi (<100 lux).

Infine vi è l'**Annual light exposure [lxh/anno]**, la quale descrive la quantità di flusso luminoso incidente su una super-

ficie che è cumulata su base annua. Essa considera le ore in cui l'ambiente è effettivamente utilizzato.

Tutti questi indici descritti possono fornire preziose indicazioni su come vengono valutate le condizioni di illuminazione negli edifici, e presentare il quadro degli approcci utilizzati al giorno d'oggi per migliorare la qualità dell'ambiente interno e degli spazi di lavoro. Utilizzando questi indici come parametri di riferimento si opta per un approccio chiamato *Climate Based daylight modeling*, con simulazioni continue su base annua, che fanno uso come dati di input dei dati climatici locali. Contrariamente si può seguire il modello proposto dall'utilizzo del *FLDm*, oppure seguire un approccio *point-in-time*, che predispone delle verifiche su base annua ma non continue (come quelle dinamiche) con degli istanti predefiniti, che sarà la metodologia utilizzata nel nostro caso, la quale verrà illustrata successivamente.

RIFERIMENTI NORMATIVI SUI REQUISITI ILLUMINOTECNICI

Come abbiamo visto, l'uso dei parametri precedentemente descritti, fa riferimento alla normativa. Così si vuole illustrare il quadro normativo internazionale e italiano, delle norme vigenti alle quali è opportuno fare riferimento per una corretta progettazione della luce naturale. Allo stesso modo, si riportano quei caratteri simili della normativa vigente in Argentina per effettuare un confronto tra le due.

UNI EN 17037:2019 LUCE DIURNA NEGLI EDIFICI

La seguente norma recepisce la norma europea *EN 17037* del dicembre 2018, e mira a fornire gli elementi per una corretta visione negli ambienti confinati. Sono date le informazioni su come utilizzare la luce naturale così da illuminare gli ambienti interni e limitare il rischio di abbagliamento. La norma fornisce le metriche per valutare le condizioni di illuminazione naturale e i metodi di calcolo. Viene applicata in tutti quegli spazi che sono occupati regolarmente dalle persone per lunghi periodi. Viene posta l'attenzione sugli effetti benefici della luce naturale sui ritmi circadiani dell'utente, sullo stato psicologico e fisiologico. Sulla base di ciò, sono descritti alcuni fattori da verificare per valutare le condizioni di illuminazione naturale dell'ambiente, e migliorare la qualità dello spazio confinato.

FORNITURA DI LUCE DIURNA

Come sappiamo, la luce naturale può contribuire in maniera significativa alle esigenze di illuminazione di tutti gli edifici. In tal senso, è importante progettare le aperture di un edificio con le giuste dimensioni, al fine di fornire un adeguato apporto di luce diurna nell'ambiente per l'intero anno. La valutazione del contributo della luce naturale deve basarsi sulle caratteristiche dello spazio interno, ma anche della disponibilità di luce naturale in base al sito di progetto, quindi alle ostruzioni esterne, allo spessore delle pareti, al fattore di trasmissione del ve-

tro, ecc. Sono così fornite le raccomandazioni per la fornitura di luce diurna in un ambiente confinato. Vengono descritti i requisiti di fattore di luce diurna medio necessari per superare i valori di illuminamento di 100 lux, 300 lux, 500 lux e 750 lux per una frazione delle ore di luce diurna $F_{time}=50\%$ (frazione di tempo per cui è superato un dato valore di illuminamento):

| Città | Roma |
|--------------------------|------|
| FLDm per superare 100 lx | 0,5% |
| FLDm per superare 300 lx | 1,6% |
| FLDm per superare 500 lx | 2,6% |
| FLDm per superare 750 lx | 3,9% |

VISTA VERSO L'ESTERNO

Avere delle informazioni su ciò che avviene all'esterno può avere degli effetti benefici, come alleviare la fatica, ridurre lo

stress, soprattutto negli ambienti lavorativi dove le persone sono soggette a lunghi periodi di permanenza nell'ambiente confinato. In questo caso, una corretta visione verso l'ambiente esterno rende lo spazio interno qualitativamente migliore. La vista va valutata in alcuni punti selezionati dove le persone sono solite posizionarsi. La vista comprende inoltre tre strati distinti:

- strato a livello del cielo;
- strato a livello del paesaggio;
- strato a livello del terreno.

Così, da ogni punto, la qualità della vista dipende: dalle dimensioni delle finestre, dall'angolo di visione orizzontale, dalla distanza della vista esterna, dal numero di strati e dalla qualità di informazioni ambientali che l'utente è in grado di recepire. Le aperture, quindi, dovrebbero fornire una vista sufficiente, i cui requisiti vengono descritti di seguito:

| Livello di raccomandazione per la vista verso l'esterno | Angolo di visione orizzontale | Distanza di vista esterna | Numero di strati da vedere da almeno il 75% dell'area utilizzata |
|---|-------------------------------|---------------------------|--|
| Minimo | $\geq 14^\circ$ | $\geq 6,0$ m | È compreso almeno il paesaggio |
| Medio | $\geq 28^\circ$ | $\geq 20,0$ m | Nella stessa apertura per la vista sono compresi lo strato del paesaggio e un ulteriore strato |
| Alto | $\geq 54^\circ$ | $\geq 50,0$ m | Nella stessa apertura per la vista sono compresi tutti gli strati |

ESPOSIZIONE ALLA LUCE SOLARE

L'esposizione alla luce solare dell'ambiente interno è un importante criterio di qualità dello spazio stesso, poiché contribuisce al benessere dell'utente, e per questo motivo dovrebbero essere sempre garantiti degli spazi interni che siano esposti giornalmente alla luce solare. Si raccomandano pertanto determinati livelli minimi di ore esposizione alla luce solare (*Sunligh exposure*). È opportuno verificare che il Sole penetri in ambiente almeno secondo il requisito minimo espresso dalla normativa, tenendo conto delle aperture per l'entrata della luce diurna. La valutazione viene effettuata un qualsiasi giorno dell'anno compreso tra il 1° febbraio e il 21 di marzo, a seconda valore in ore viene definito il livello qualitativo di esposizione:

| Livelli raccomandati di esposizione | Sunligh exposure |
|-------------------------------------|------------------|
| Minimo | 1,5 ore |
| Medio | 3,0 ore |
| Elevato | 4 ore |

ABBAGLIAMENTO

La penetrazione della luce solare in ambiente, come riportato fino ad ora, ha sicuramente i suoi benefici e migliora la qualità interna dell'ambiente. Allo stesso modo, un eccessivo apporto di luce naturale può avere i suoi aspetti negativi. La luce solare diretta incidente su una superficie, può provocare elevate differenze di luminanze, causando abbagliamento agli utenti. Può essere definito come la sensa-

zione negativa causata da aree con una luminanza tale da essere maggiore della luminanza a cui gli occhi si sono adattati fino ad ora. Per ridurre questo rischio, si raccomanda l'utilizzo di schermature per controllare i flussi di luce in entrata, evitando la vista diretta del Sole o altri riflessi. Viene così introdotto nella norma il *DGP* (*probabilità di abbagliamento da luce diurna*) per valutare appunto la protezione dall'abbagliamento di uno spazio, ed i criteri per una corretta valutazione del rischio. La valutazione del DGP, si effettua utilizzando dei valori di soglia per i quali il DGP non dovrebbe essere superato per una certa frazione di utilizzo dello spazio, con $F_{DGP, exceed}=5\%$ (indica un tempo di occupazione del 5%). Sono stabiliti tre livelli di protezione, secondo cui il DGP non deve superare lo 0,45:

| Grado di protezione dall'abbagliamento | DGP _{e<5%} [-] |
|--|----------------------------|
| Minimo | 0,45 |
| Medio | 0,40 |
| Elevato | 0,35 |

I valori di DGP precedenti (0,35-0,45) possono essere divisi in delle categorie di percezione del rischio di abbagliamento:

| Criterio | DGP |
|-------------------------------|---------------|
| Non percepito | DGP<0,35 |
| Percepito ma non fastidioso | 0,35<DGP<0,40 |
| Percepito e spesso fastidioso | 0,40<DGP<0,45 |
| Percepito e insopportabile | DGP<0,45 |

UNI 10840:2007 LUCE E ILLUMINAZIONE

Come abbiamo visto, la normativa non stabilisce un valore minimo di fattore medio di luce diurna per gli ambienti adibiti ad uffici. Secondo la normativa nazionale italiana UNI 10840:2007, *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*, solo per edilizia scolastica sono specificati i criteri per l'illuminazione naturale ad artificiale delle aule e di altri locali presenti nelle scuole, così da poter garantire le condizioni per il benessere degli studenti e di altri utenti presenti nelle scuole. Nella norma viene precisato che per garantire un'adeguata distribuzione dell'illuminazione naturale è bene che siano garantiti i valori minimi del fattore medio di luce diurna per ogni ambiente. In questo caso, per gli uffici nelle scuole è richiesto un FLDm che sia $\geq 1\%$. Questo valore viene attribuito anche agli spazi di circolazione, bagni e magazzini è pertanto risulta un po' troppo basso. Pertanto gli uffici possono essere assimilati a delle sale professori nelle scuole per le quali è richiesto un $FLDm \geq 2\%$ per una corretta illuminazione naturale dell'ambiente.

UNI EN 12464:2011 LUCE E ILLUMINAZIONE

Nella normativa internazionale UNI EN 12464:2011, *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1*, sono riportati i diversi valori di illuminamenti medi mantenuti sulle superfici in base alle diverse destinazione d'uso degli edifici e attività che vengono svolte. In questo caso i valori stabiliscono i requisiti minimi che ogni superficie deve soddisfare al fine di garantire un buon livello di comfort visivo e benessere, sicurezza funzionale ed economia. Nella tabella riportata di seguito vengono descritti i requisiti di illuminazione, da rispettare nei locali di edifici adibiti ad uffici, secondo l'attività svolta, in termini di illuminamento medio mantenuto sul piano di riferimento (E_m), e le rispettive note. I valori riportati in tabella corrispondono agli illuminamenti medi mantenuti sulle superfici di riferimento della zona del compito, la quale può essere orizzontale, verticale, o inclinata che soddisfano le esigenze di comfort e di prestazioni visive. I valori, inoltre, tengono conto di alcuni fattori, come:

- aspetti psico-fisiologici;
- requisiti dei compiti visivi;
- ergonomia della visione;
- esperienza pratica;
- sicurezza funzionale;
- economia.

| Tipo di zona, compito o attività | E_m (lx) | Requisiti specifici |
|--|------------|--|
| Archiviazione, copiatura, ecc. | 300 | |
| Scrittura, dattilografia, lettura, elaborazione dati | 500 | |
| Disegno tecnico | 750 | |
| Postazioni CAD | 500 | |
| Sale conferenze e riunioni | 500 | L'illuminazione dovrebbe essere regolabile |
| Banco della reception | 300 | |
| Archivi | 200 | |

IRAM-AADL J 20-06

Affacciandoci al panorama argentino, la normativa di riferimento approva dei requisiti di illuminazione simili a quelli che sono stati evidenziati nella normativa europea precedente; stabilis-

nedo, in base alla tipologia di edificio, e alla tipologia di attività svolta in un determinato locale, i requisiti di illuminamento medio da rispettare. Analogamente a quanto fatto prima, verranno riportati in tabella i valori riferiti agli edifici per uffici:

| Tipo di edificio, locale e compito visivo | Valore minimo d illuminazione (lux) |
|---|-------------------------------------|
| Contabilità, tabulazioni, tenuta di libri, operazioni di borsa, lettura di riproduzioni, schizzi rapidi | 500 |
| Lavoro generale di ufficio, lettura di buone riproduzioni, trascrizione di scrittura a mano con carta e penna, archivio, indici di riferimento, distribuzione di corrispondenza | 500 |
| Lavori speciali d'ufficio, come per esempio sistema di elaborazione dati | 750 |
| Sala conferenza | 300 |
| Circolazione | 200 |
| Hall per il pubblico | 200 |

METODO DI CALCOLO PER ISTANTI TEMPORALI

La valutazione delle condizioni di illuminazione basate sul metodo di calcolo point-in-time si basa sull'analisi di queste condizioni in alcuni istanti temporali predefiniti. Generalmente questi istanti riguardano i giorni in cui cadono i solstizi e gli equinozi, in maniera tale da valutare le condizioni nei momenti in cui il Sole è alla sua massima altezza nella volta celeste e quell in cui invece è più basso durante l'anno, tenendo conto anche di alcuni momenti in cui il Sole è ad un'altezza intermedia (come gli equinozi). La posizione del Sole però, non si modifica solo durante l'anno, ma anche durante l'arco dell'intera giornata, e per questo, generalmente, vengono scelti anche diversi orari del giorno in cui effettuare l'analisi per avere un quadro più completo del percorso solare. Questo approccio è preferito rispetto al solo calcolo del FLDm poiché quest'ultimo può essere insufficiente a descrivere tutte le condizioni di illuminazione di uno spazio interno. Per esempio, il calcolo del fattore medio di luce diurna, tiene in considerazione solo della componente diffusa, poiché viene calcolato sulla base di un cielo coperto, e non tiene conto del variare delle stagioni. Durante l'anno però sono molti i giorni in cui il cielo, di una qualsiasi località, è sereno, e in questo caso la componente diretta della radiazione solare, influisce notevolmente sulle condizioni di illuminazione naturale dell'ambiente. Il calcolo del FLDm non tiene conto neanche dell'orientamento del locale e/o edificio, in quanto la luminanza della volta celeste

è considerata costante al variare dell'angolo azimutale del Sole in quanto si effettua in condizioni di cielo coperto. Inoltre è indipendente dalle latitudini del luogo di progetto. In questi termini, il metodo di calcolo per istanti temporali, fornisce indicazioni più precise riguardo l'illuminazione naturale dell'ambiente confinato. Anche se tiene in considerazione le caratteristiche del luogo, come orientamento, latitudine e la componente diretta della radiazione, differisce dal metodo *climate based design modeling (CBMD)*, in quanto quest'ultimo si basa su l'interazione dinamica tra le condizioni di illuminazione esterne, l'edificio ed il comportamento dell'utente durante tutto l'anno, in modo continuo e non puntuale (come gli istanti temporali predefiniti).

Per valutare le condizioni di illuminazione si è deciso di calcolare gli illuminamenti medi su determinate superfici, secondo il loro orientamento e posizionamento sui vari piani, per osservare, in generale, come si comporta la luce in entrata nell'edificio. Per effettuare il calcolo, ci siamo serviti di uno strumento digitale, quale *DiaLUX*, per effettuare delle simulazioni *point-in-time* di alcuni istanti dell'anno. Si tratta di un software gratuito sviluppato da *Dial*, azienda tedesca fondata nel 1989 come *Istituto per la tecnologia dell'illuminazione applicata*, da cui deriva il nome. Ad oggi *DiaLUX* si presenta come software leader mondiale per la progettazione illuminotecnica, facile da usare da qualsiasi utente. Il programma viene utilizzato soprattutto per progettare e verificare le prestazioni di impianti di illuminazione artificiale, visto il gran numero di produttori partner che hanno

aderito al fine di rendere disponibili i loro cataloghi con relativi dettagli tecnici (per esempio le fotometrie) degli apparecchi e lampadine da inserire ed utilizzare nella piattaforma, per la progettazione dell'illuminazione artificiale; ma può essere utilizzato anche per valutare le condizioni di illuminazione naturale di un edificio, come fatto nel nostro caso. Questo software può dare informazioni al professionista che ne usufruisce per effettuare delle considerazioni riguardo il comportamento della luce nello spazio, e verificare i livelli di illuminamento e la distribuzione della luce. *DiaLUX* utilizza *pov-ray* (motore di rendering) per calcolare la luce naturale e artificiale. Secondo le superfici disposte dall'utente che desidera effettuare il calcolo, il software restituisce i valori di illuminamento medi, minimi e massimi della superficie selezionate, tramite una rappresentazione di isolinee o falsi colori per analizzare la distribuzione della luce. A seconda delle esigenze di calcolo, si possono attivare diversi parametri, come: illuminamento, sia perpendicolare, orizzontale e verticale, fattore medio di luce diurna e l'indice di abbagliamento. *DiaLUX* consente di costruire l'ambiente interno tramite l'importazione di file 3D di altri software di modellazione, o di costruirlo nuovamente attraverso l'importazione di piante CAD da utilizzare come riferimento di progetto. Infine consente di riassumere i valori di output in un unico rapporto, esportabile, secondo le proprie preferenze, salvando le scene di luce, le viste e le immagini che si desidera integrare.

Utilizza le coordinate e l'orientamento del luogo, fondamentali per definire l'altez-

za solare e l'angolo azimutale relativi al percorso del Sole nella volta celeste durante l'anno, che è possibile impostare, e le diverse condizioni di cielo (sereno, coperto, intermedio) degli istanti temporali (si può scegliere qualsiasi giorno e ora dell'anno) per i quali si desidera effettuare una simulazione. Sicuramente, un limite di questo software, risulta essere l'impossibilità di utilizzare una metodologia di calcolo *climate based*, che sia quindi continua su tutto l'anno solare, senza la quale non è possibile verificare quei parametri dinamici che sono stati descritti precedentemente.

Questo strumento servirà per calcolare, come accennato, i valori di illuminamento sui piani di lavoro, ed effettuare delle considerazioni per descrivere le condizioni di illuminazione dell'ambiente interno, con tutte le limitazioni del caso. Ovviamente non siamo in grado di descrivere esattamente il comportamento della luce durante tutto l'anno, ma attraverso il calcolo dell'illuminamento sulle superfici utili interne all'ambiente, è possibile avere una valutazione generale dell'edificio dal punto di vista illuminotecnico, e reperire importanti dati su quali siano le aree più critiche per condizioni di illuminazione non ottimali sulle quali intervenire.

PARTE II

Una nuova sede comunale per il *barrio* di Belgrano

CASO STUDIO: CENTRO DE GESTIÓN Y PARTICIPACIÓN, CABA

Nella città di Buenos Aires, ogni *barrio* (quartiere) presenta delle caratteristiche, morfologiche e stilistiche, che lo distinguono da un altro. E' molto facile, infatti, passare da una zona ad un'altra e pensare di trovarsi in realtà in una nuova città. Allo stesso modo, ogni quartiere, possiede una sua sede comunale al quale il cittadino residente può fare riferimento e alla quale deve appellarsi.

Nei pressi della recente stazione di *Belgrano C*, che collega la capitale anche ad altri poli cittadini che si trovano nel suo intorno, si è pensato di ubicare una nuova sede comunale per l'omonimo quartiere di Belgrano. L'ubicazione dell'area è stata scelta tra diversi lotti analizzati nel corso di *Trabajo Final de Carrera* (frequentato all'Universidad de Belgrano a Buenos Aires nel periodo di interscambio), poiché considerata come una posizione strategica nella quale far sorgere i due edifici, uno di fronte all'altro, che contenessero le diverse funzioni di cui necessita il cittadino.

La caratteristica principale, che poi risulterà fondamentale per questo elaborato

finale, è l'enorme superficie vetrata del blocco d'ingresso del progetto, posto parallelamente alla strada. Diversamente, è sopraelevato da un blocco in posizione perpendicolare in calcestruzzo, a creare una netta distinzione tra i due materiali utilizzati e a voler marcata l'entrata nella sede.

Nel capitolo viene sintetizzata l'idea di progetto iniziale e lo stato di fatto dell'edificio sul quale verranno svolte le prime analisi per valutare il benessere dell'utente.



Fig. 8. A. De Magistris, U. Zanetti, Buenos Aires: la metropoli che iniziò due volte, in "Area", gennaio 2019

LA CITTÀ PORTEÑA

“[...] produce en el extranjero que lo ve por primera vez, una gran impresión de sorpresa: la variedad de tipos y trajes, entre los que figuran specimen de casi todas las razas y países, así como la Babel de lenguas de todas naciones, confunde al espectador, a un punto difícil de explicar.” [McCann] Come una “Babele di lingue che confonde i sensi” viene descritta nell’Ottocento da un viaggiatore britannico, William MacCann, che approdava al porto della città. Sembra quasi non avere una sua identità, ma, al contrario, risulta essere molto identificabile nella sua complessità. La si vede cambiare mano a mano che la si attraversa da un capo all’altro, fra cui ogni zona sembra diversa e inconfondibile. Si può trovare qualsiasi cosa: dai quartieri strettamente legati alle sue radici, ai più moderni *rasacielos*, ossia ai grattacieli, che raccontano la storia newyorkese del nordamerica, in relazione all’architettura verticale, fino ad immergersi alla storia urbana delle città europee, in una *mezcla* di similitudini con il Vecchio Continente.

La città risulta essere tutt’oggi estremamente dinamica, la quale veniva già considerata agli inizi del 1900 alla pari delle grandi metropoli come New York e Parigi; una delle prime, al di fuori dei centri nordamericani ed europei, nella quale vennero costruiti edifici in altezza.

La sua forma urbana è da ritrovarsi nella pianta che viene disegnata dalle strade, in cui vi è una distinzione tra spazio pubblico e privato. Viene organizzata in una griglia, che la rende razionale e ortogonale, la quale viene contaminata dalla

natura. La modernizzazione dell’assetto urbano della città è fortemente influenzato, in tutte le città, dalla produzione industriale di fine Settecento, che ha fatto sì che le città si adeguassero funzionalmente a questo nuovo modo di produzione. La griglia del programma moderno, densa di interconnessioni di Buenos, si contrappone all’impianto urbano di un’altra città dell’America Latina, come Brasilia. A differenza della capitale argentina, quella brasiliana si fonda sullo sviluppo lineare di due assi viari principali che formano una croce, negando l’uso della griglia, dove i lotti si separano dai percorsi automobilistici. A Buenos Aires le strade risultano essere i veri centri della vita pubblica della metropoli, che si contrappone a quella privata che vede luce nelle costruzioni. Esse si innestano nella vita pubblica di qualsiasi persona, essendo sede di molte manifestazioni, le cui attività sociali sono ampliate dal grande parco lineare che segue il percorso del Rio, nel quale concentrare la vita pubblica. Il parco è visto come centro della condivisione, il quale è diviso, secondo la maglia, dai caotici aggregati di edifici. Questa alta densità di edifici formano i cosiddetti *barrio*, ossia i quartieri dove viene riconosciuta una certa identità. Diversamente, nelle piazze, come Plaza de Mayo, sono svolte quelle attività legate alla vita politica o rituale.

Questa griglia ha origine da quella coloniale spagnola, che sembra voler raggiungere l’infinito, i cui isolati, rigorosamente di forma quadrata, non a caso chiamate *cuadras* dai *porteños*, sono lunghi 129 m, ed è in grado di favorire l’integrazione, sia sociale che culturale, del

cittadino.

Con il neoliberalismo, la grandi autostrade hanno ridisegnato parti della città, che mantiene comunque il suo assetto di maglia ortogonale, nella quale si inseriscono le nuove torri per via dell’aumento degli edifici per abitazioni, seppur non vi sia un importante aumento demografico. La forza della città risiede per l’appunto nella sua grande capacità di comprendere e assimilare diverse forme spaziali, la quale non sceglie tra i modelli moderni proposti, bensì risulta essere un perfetto ibrido composto da temporalità diverse, che è “riuscita a sfuggire alla razionalizzazione fordista e ha mantenuto i caratteri della tradizione” [Cremaschi]. Probabilmente, proprio come cita il titolo del libro di A. Gorelik, *la griglia, il parco e il quartiere*, sono i fattori caratterizzanti di questa metropoli.

PERCORSO ARCHITETTONICO

La sua duplice fondazione (1536 e 1580) dalla quale prese il nome di *Ciudad de la Santissima Trinidad y Puerto de Nuestra Señora de Buenos Aires*, trova le basi nella ricchezza della terra, e al bacino fluviale del *Rio de La Plata*, in un nucleo di piccole dimensioni il cui impianto si estendeva intorno alla *Plaza Mayor*, attuale *Plaza de Mayo*. Dopo due secoli la città crebbe, e con l’Indipendenza fu invasa da centinaia e migliaia di immigrazioni, che diedero origine alla varietà di cultura e usanze che tutt’oggi possiamo riconoscere nella metropoli.

Il processo di sviluppo e di urbanizzazione degli ultimi anni dell’Ottocento è do-

vuto in gran parte alla reinterpretazione dei modelli internazionali, che hanno plasmato il carattere contemporaneo della città di oggi, in cui sono compresenti le diverse sfumature. Sicuramente la città si trasforma secondo la cultura haussmanniana, visti gli sviluppi della Beux Art e dell’Art Nouveau. La città andava così trasformandosi inseguendo il progresso, spostando le infratrutture nelle periferie e arricchendosi di spazi ed edifici pubblici (1887). Con l’installazione dei servizi sanitari, l’implemento della rete dei trasporti verso le periferie e la costruzione del porto, si andava verso quella che era la prima vera grande espansione della capitale argentina, ottenendo anche un notevole aumento demografico di quegli anni.

Nel primo ventennio del 1900 già iniziano ad essere costruiti i primi edifici con sviluppo verticale. Uno dei grandi segni di quel tempo è *Palacio Barolo* (1923) ideato da Mario Palanti, il quale si presentava come edificio più alto della città e intendeva preservare lo stile europeo, presentandosi come moderno agli occhi del mondo americano. Nel secondo ventennio la città assimila sempre di più le influenze modernista e razionaliste, con l’edificazione del *Kavanagh* (1934) di G. Sanchez, E. Lagos, L. De La Torre, come risposta di impronta Art Déco al nuovo panorama dei grattacieli di New York. Nello stesso momento si cerca anche di dare una risposta al disordine della città, con nuove proposte urbane provenienti anche da grandi attori come Le Corbusier, la cui figura ha avuto uno stretto rapporto con il continente sudamericano e ha contribuito all’affermazione della

modernità in quei territori.

Negli ultimi anni del XX secolo, in un periodo economicamente e politicamente difficile, trovano spazio ancora delle grandi opere architettoniche, come il *Banco de Londres y America del Sur* (1969-1966) di SEPRA e Clorindo Testa e la *Biblioteca Nacional* (1961-1962) progettata da C. Testa, F. Bullrich, A Cazzaniga. I due esempi emblematici e imponenti, dal linguaggio sorprendente e coraggioso, rappresentano un'impronta essenziale nell'architettura moderna argentina.

La storia della capitale argentina, la quale è difficile da riassumere in un paragrafo, è strettamente legata alle differenze sociali e alla tendenza alla globalizzazione, che ha assunto negli anni influenze da tutto il mondo, guardando sempre ad un panorama internazionale in cui il modello di città europea viene riprodotto altrove.

In un panorama che quindi si presenta diverso, ma che spesso è stato influenzato da quello europeo, sono stati riportati degli esempi di edilizia per uffici del continente latino americano che in qualche modo sono assimilabili al progetto che è stato sviluppato e che ha condotto alla base di partenza di questo elaborato di tesi. Gli uffici riportati sono caratterizzati da delle grandi superfici vetrate, che è stato opportuno schermare secondo la tradizione e l'usanza del Sud America che li accomuna.

OFICINAS EN LATINOAMÉRICA

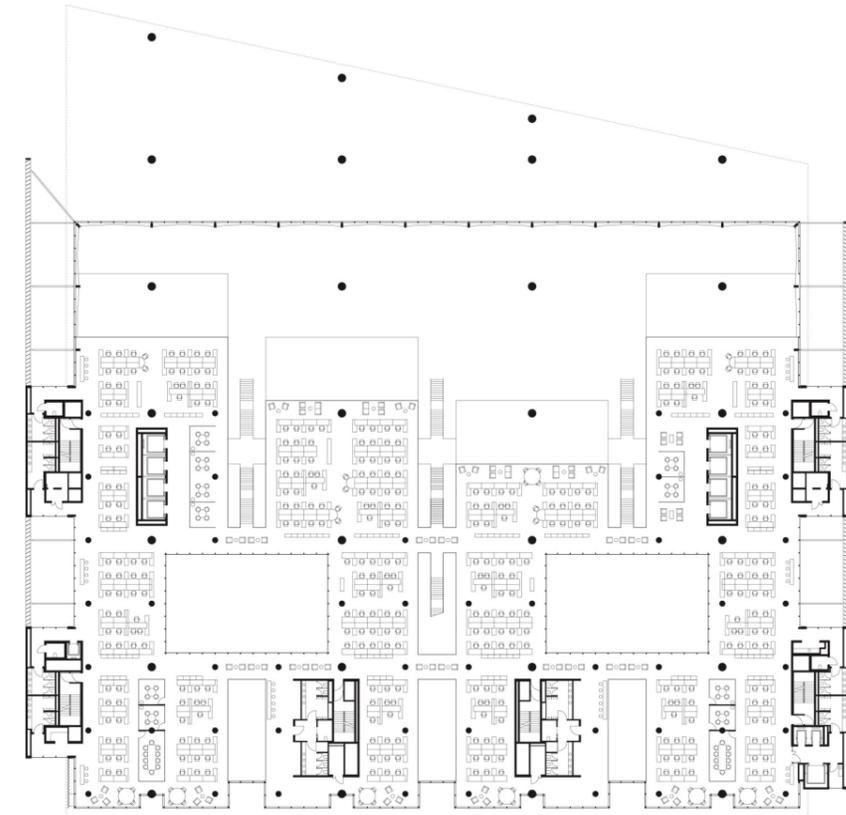
CIUDAD CASA DE GOBIERNO
FOSTER - PARTNER

La *Ciudad Casa de Gobierno* è un progetto ideato dallo studio *Foster + Partner* costruito nel 2015, a Buenos Aires, in un isolato di fronte al *Parque Patricios*. L'edificio fu commissionato inizialmente come sede del *Banco de la Ciudad*, poi facilmente convertito, visto i suoi spazi estremamente flessibili, in sede degli uffici governativi. Appena entrati l'ambiente risulta alto quattro piani, come hall di accesso agli uffici, la quale è immersa nella luce per via della grande vetrata che crea un contatto diretto col parco. L'interno della struttura richiama fortemente il paesaggio esterno del parco, con uffici open space posti su dei terrazzamenti e delle passerelle tutte intorno per la circolazione, che danno un carattere innovativo all'architettura. La pianta risulta libera e flessibile, la quale aiuta a migliorare la comunicazione tra le persone per via di questo collegamento diretto tra le aree, che accentua il senso di comunità. Elemento caratterizzante dell'architettura, è sicuramente l'enorme oggetto, di forma ondulata, della facciata principale in calcestruzzo, sostenuto da pilastri dello stesso materiale, in grado di ombreggiare l'atrio antistante l'entrata. Questa configurazione continua anche internamente, il cui tetto in calcestruzzo e travi refrigerate di sostegno, mantengono fresca la temperatura, contribuendo al comfort degli uffici. Le facciate est ed ovest, invece, sono schermate da dei *louvers*. Ogni aspetto è stato curato tenendo presente il clima della città, ottenendo un impatto ambientale positivo.



Fig. 1. Esterno e facciata principale della Ciudad Casa de Gobierno. Foto di Nigel Young.

Fig. 2. Interno della Ciudad Casa de Gobierno. Foto di Nigel Young.



North
Second Level Plan - +8.74
0 10m 20m



Short Section
0 10m 20m

Fig. 3. Pianta del secondo piano della Ciudad Casa de Gobierno. Fonte: Foster + Partner.

Fig. 4. Sezione trasversale della Ciudad Casa de Gobierno. Fonte: Foster + Partner.

OFICINAS PANAMERICANA 50 ESTUDIO AFRA

Il complesso per uffici della Oficinas Panamericana 50, è stato progettato e costruito nel 2010 dallo studio argentino Afra. Con l'edificazione e l'ampliamento della grande autostrada, molti terreni sono lasciati deserti ai lati della nuova infrastruttura che aspetta di essere completata di tutti i suoi spazi, contesto nel quale viene inserita questa architettura. L'idea nasce proprio dalla volontà di mettere in funzione uno spazio intermedio tra questa realtà (dell'*autopista*, autostrada) e dell'interno in cui tutte le persone sono legate dall'attività lavorativa. A funzionare da filtro e da separatore, è proprio il dispositivo schermante che è in grado di frapponersi tra lo spazio e la luce, formando un ambiente semicoperto che si ispira alla vegetazione che corre lungo le strade della città. Così lo spazio viene riempito con *canteros* (aiuole) ricchi di piante. L'elemento filtro è composto da una lamiera zincata piegata a maglia uniforme, che viene forata più o meno densamente in base all'orientamento e quindi secondo la posizione del Sole i cui raggi incidono sulla facciata.



Fig. 1. Interno della Oficinas Panamericana con aiuole tra gli uffici e l'involucro. Foto di estudio Afra.



Fig. 2. Esterno della Oficinas Panamericana con aiuole tra gli uffici e l'involucro. Foto di Federico Kulekdjian.

Fig. 3. Dettaglio della lamiera forata della Oficinas Panamericana con aiuole tra gli uffici e l'involucro. Foto di estudio Afra.

SEDE CAF REGIÓN SUR, BANCO
DE DESARROLLO DE AMÉRICA
LATINA

LAPS ARQUITECTOS

Il progetto è stato vincitore del concorso nazionale, e prevede il riutilizzo della vecchia struttura del mercato centrale e un programma vario (uffici, auditorium, sala conferenza, ecc...), situato in un punto in cui si incontra la *Ciudad Vieja* con la *Nueva* a Montevideo, capitale dell'Uruguay. È mantenuto l'edificio esistente in cui sono situati gli uffici e spazi progettati appositamente per il CAF, mentre l'ampliamento prevede una parte più pubblica, collegati da un patio in comune di carattere appunto pubblico. Invece di concentrare il tutto in un unico complesso, è stata attuata un'estensione orizzontale di quella parte già edificata, privilegiando la presenza di spazi aperti. In questo modo il vuoto viene considerato come spazio articolato tra il vecchio e il nuovo.

Al fine di ottenere un unico linguaggio, e per controllare la relazione esterno-interno e di privacy, è stato inserito un elemento per raggiungere l'effetto di "pelle velata", con un maglia di acciaio inossidabile che avvolge tutto l'edificio. Questa pelle uniforma la costruzione, ma talvolta cambia con il trascorrere delle ore. Inoltre, il progetto beneficia di una certificazione LEED.



Fig. 1. Particolare della pelle esterna. Foto di Javier Agustín Rojas.



Fig. 2. Vista d'insieme del complesso. Foto di Javier Agustín Rojas.



Fig. 3. Facciata Sud. Foto di Javier Agustín Rojas.

BANCO PROVINCIA DE NEUQUÉN
DINAMO ARQUITECTURA

Il progetto in questione risulta essere vincitore del concorso nazionale per il progetto preliminare per una nuova Banca della provincia del Neuquén in Argentina. L'edificio è composto essenzialmente da un basamento e un corpo a torre, con la presenza di due scale. Il basamento consente l'accesso su un piano rialzato presentando una nuova facciata, mentre la torre si propone come sede amministrativa della città. I tre patii presenti nel basamento aiutano ad indentificare i diversi settori di cui si compone: *banco jubilados*, *banco personal* e *torre*, articolati con delle rampe che vincolano le aree comuni dalle succursali. Questo gioco di rampe crea una connessione continua con lo spazio esterno.

La torre, come detto, prevede la disposizione di spazi amministrativi, la cui pianta risulta flessibile.

Importante è l'uso delle schermature solari come filtro per ogni orientamento. In questo modo è possibile proteggersi nelle ore più calde e dall'abbagliamento. Infatti, per l'involucro della torre è stata progettata una facciata ventilata materializzata con una lamiera forata in alluminio. Viene consentito così un forte risparmio energetico grazie ai patii, alla luce zenitale e ai dispositivi schermanti che funzionano come regolatori climatici.



Fig. N. Intercapedine della facciata ventilata con particolare della maglia metallica. Foto di *Dinamo Arquitectura*.

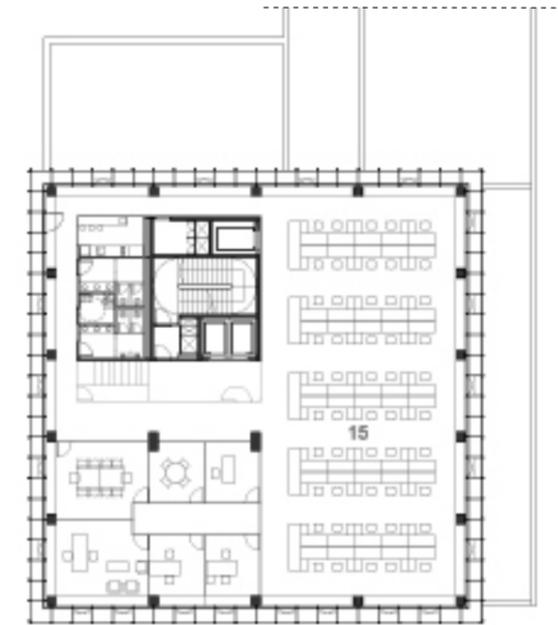


Fig. N. Pianta dal terzo all'undicesimo piano. Disegno di *Dinamo Arquitectura*.

Fig. N. Vista esterna del Banco. Foto di *Dinamo Arquitectura*.

BUENOS AIRES

Buenos Aires, o Città Autonoma di Buenos Aires, è la capitale della Repubblica Argentina, situata al centro - est della regione, sul Rio de La Plata, nella pianura pampeana [Fig. 9]. Al 2010, registrava 2.890.151 abitanti, il suo agglomerato, infatti, è uno dei più grandi del Sud America, insieme a San Paolo (Brasile) e Città del Messico (Messico).



La Città Autonoma è una dei 24 distretti in cui è suddiviso il paese, che detiene appunto il suo proprio potere legislativo, esecutivo e giudiziale: si estende per 200 km², con un perimetro di 60 km, è formata da 48 *barrios*, che prendono i loro nomi dalle parrocchie più antiche della città che si erano stabilite nel XIX secolo. I quasi 3 milioni di abitanti, che popolano la metropoli, vivono nei diversi quartieri che, a loro volta, sono divisi dal punto di

vista politico-amministrativo in 15 *comunas*.

Dal punto di vista urbano, presenta un profilo eclettico, dovuto sicuramente all'enorme ondata immigratoria che ha influenzato la città e la sua architettura. Infatti, passeggiando per le strade, si possono distinguere facilmente diversi stili, dall'art nouveau al neogotico, dai quali, appunto, ne traiamo un gusto prettamente europeo.

IL CLIMA

Buenos Aires ha un clima mite tutto l'anno, durante il quale la temperatura media è di 18 °C. Trovandosi nell'emisfero australe, ad una latitudine di 34°36' e una longitudine di 58°22', e un'altitudine di 25 m sul livello del mare. Il mese più freddo è luglio, la cui temperatura media non scende sotto i 6,7°C. Dall'altro lato, durante l'estate il clima si presenta molto umido e con temperature fino a 30,6°C. Il periodo delle piogge, invece, si manifesta nelle mezze stagioni, quindi tra marzo e giugno per l'autunno e tra settembre e dicembre per la primavera [Fig. 10]. Spesso si tratta di tipici temporali "estivi", che durano poco o di piogge leggere. Secondo la classificazione *Köppen*, il clima di Buenos Aires appartiene alla categoria *Cfa*, ossia *temperato con estate umida* (con la temperatura del mese più caldo superiore ai 22°C). In questo caso, le esigenze di raffrescamento riguardano esclusivamente il periodo estivo, e più specificatamente i due mesi

che seguono il solstizio, in cui la richiesta di raffrescamento è maggiore. Secondo quanto detto, è importante consentire gli apporti gratuiti della radiazione durante il periodo invernale. Inoltre l'esposizione al vento dovrebbe tenere conto della brezza locali.

La capitale federale presenta due venti tipici: *el pampero* e la *sudestada*. Il primo proviene da sud-ovest e inizia con una tempesta per poi passare ad un'aria molto più fredda e secca. Può essere pro-

vocata in qualsiasi momento dell'anno, ma maggiormente durante l'estate. Il secondo, invece, si presenta principalmente tra aprile e ottobre. Si tratta di un vento proveniente da sud-est, freddo e molto umido, che dura molti giorni e spesso è accompagnato dalle piogge. Questo vento continuo fa innalzare il livello del *Rio de la Plata*, fiume dove si è fondata e sviluppata la città, che a volte può provocare inondazioni nel quartiere de *La Boca*, una delle zone più basse e antiche.

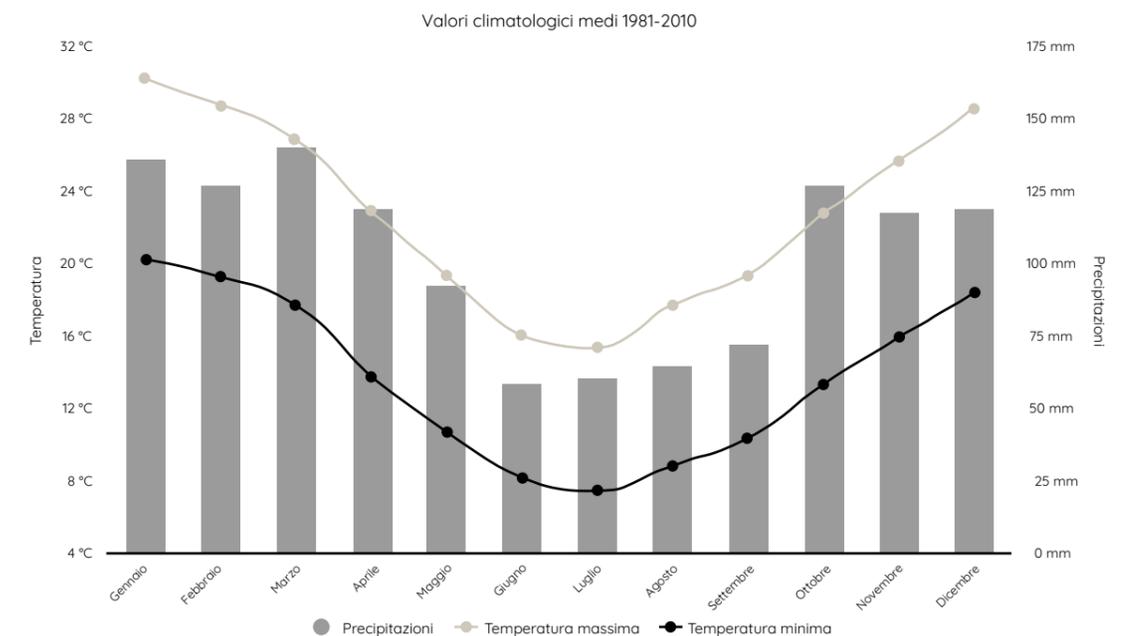


Fig. 10. Grafico della temperatura e delle precipitazioni medie annuali. Rielaborato dal Servizio Meteorológico Nacional.

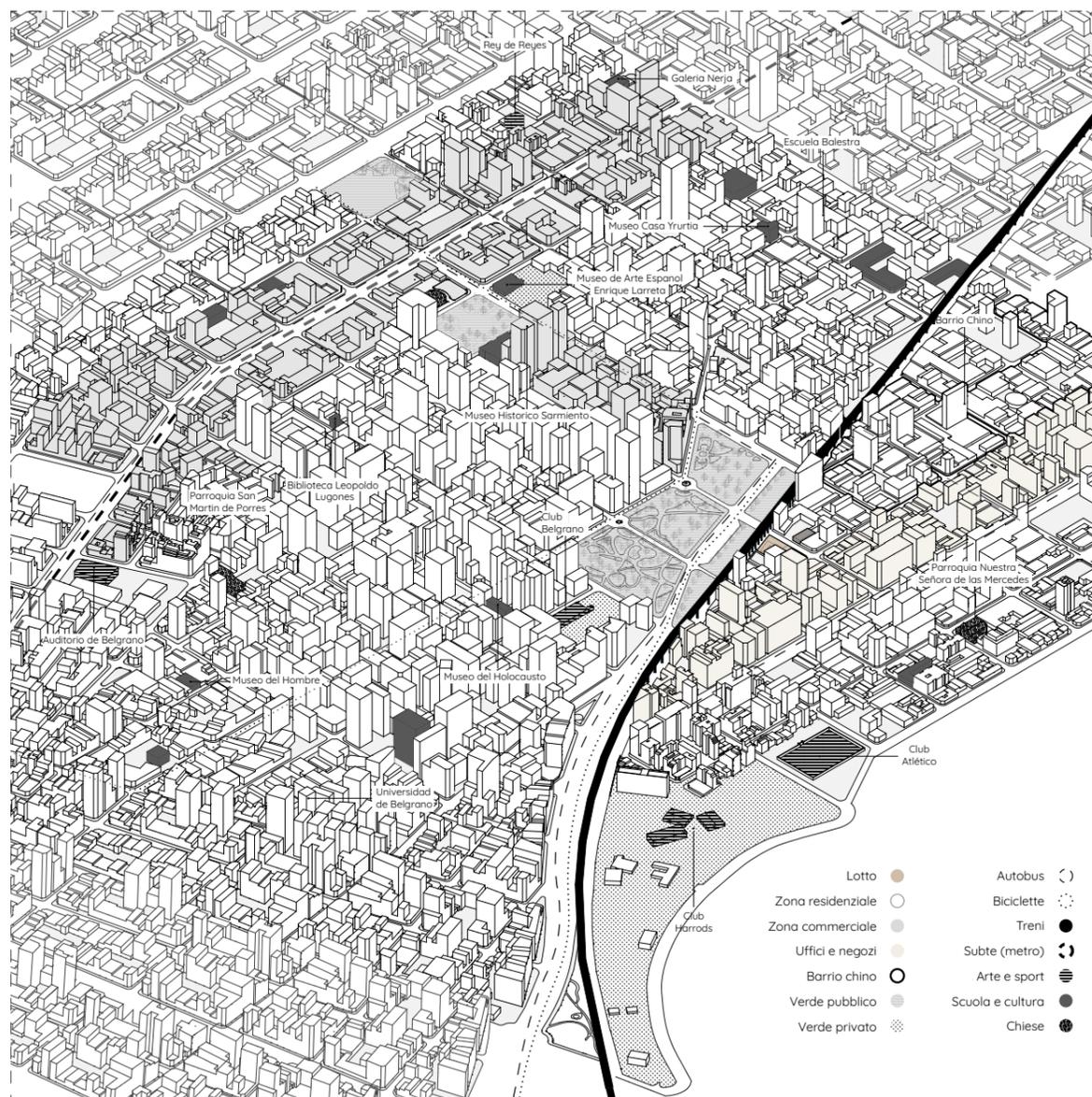
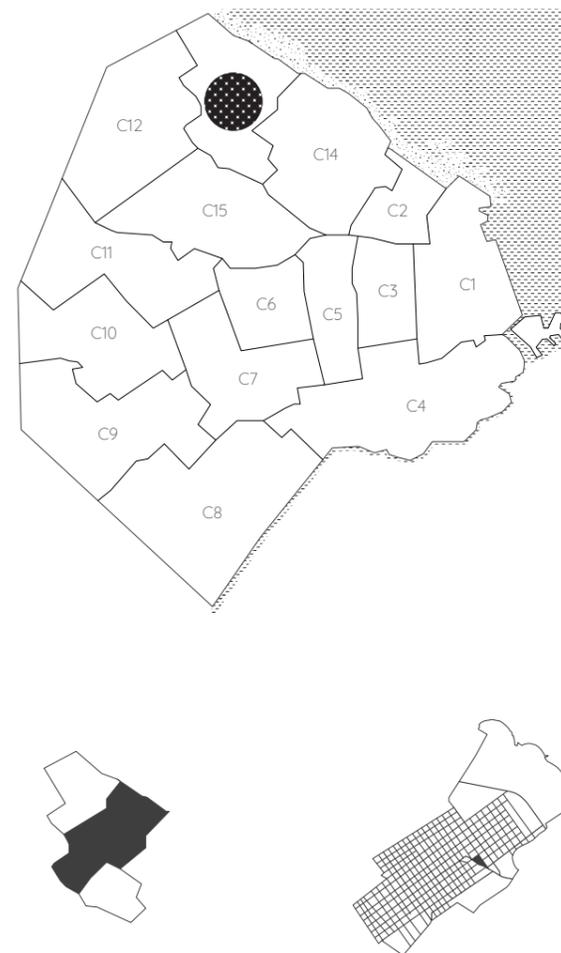


Fig. 11. Assonometri del quartiere di Belgrano. Elaborazione del TFC.



IL BARRIO BELGRANO

CABA è organizzata secondo 15 *comunas* [Fig. 12], che sono stata istituite per la legge 1.777 del 2005. Queste sono delle unità con una loro gestione politica e amministrativa che spesso racchiudono più di un quartiere.

Ognuna di esse presenta il suo Consiglio e un suo Presidente, eletti dai cittadini ogni quattro anni. Hanno delle competenze esclusive su interventi per le aree verdi, la

manutenzione di esse e delle strade. Allo stesso tempo, ognuna di esse possiede il proprio apparato di polizia.

Il quartiere di Belgrano [Fig. 13], nasce nel 1855, quando per la prima volta si evidenziò la necessità di formare un nuovo barrio. Il 19 ottobre di quell'anno, infatti, la popolazione si appellava al ministro del governo della *Provincia de Buenos Aires*, don Valentín Alsina, per manifestare la forte crescita della popolazione, che aveva quindi bisogno di un nuovo terreno e un nuovo popolo. La richiesta venne accolta e analizzata, per arrivare alla formazione di esso il 23 Novembre del 1855. Successivamente, esattamente il 6 dicembre, si decise di chiamarlo *Belgrano* in onore del generale Manuel Belgrano, creatore della bandiera argentina, e fu approvato un nuovo piano per il tracciato della sua pianta urbana. Il progetto è stato realizzato dal *Departamento Topográfico* e dal suo direttore don Saturnino Salas. Si trattava di 70 *manzanas* (isolati). Nel 1888, infine, è stato convertito in *barrio porteño*, facente quindi parte della Municipalità di Buenos Aires.

Il quartiere si divide in tre zone bene definite e dalle caratteristiche distinte: *Belgrano Chico*, zona pianificata che si trova dove termina il quartiere di Palermo; *Belgrano R*, nella zona più a Sud, la cui "R" deriva dal *ferrocarril* che porta a Rosario, ma secondo alcuni indica l'area residenziale di Belgrano; e *Belgrano C*, zona del progetto, secondo cui la "C" identifica l'area commerciale. Allo stesso modo, per altri, indica la stazione centrale del *ferrocarril* argentino. Per ultimo, nelle vicinanze del lotto di analisi, è

Fig. 12. Raggruppamento delle comunas di Buenos Aires.

Fig. 8. Ubicazione del quartiere di Belgrano e suo tracciato urbano.

presente un piccolo isolato, denominato *Barrio Chino*, molto caratteristico della città. L'8 luglio del 2009 si inaugurò l'arco allegorico donato per la comunità cinese. Il fatto che si sia stabilito proprio in quel punto, sembra essere dovuto al fatto che la trama, che sempre era appartenuta a quella nata nel 1855, necessitava di essere "abbellita" per i Mondiali del 1978. Così fu istituito dal *Código de Planeamiento Urbano*: una urbanizzazione speciale. In questo frangente, il popolo cinese avrebbe trovato l'occasione per stabilirsi. La norma stabiliva una netta distinzione funzionale, e nella zona intorno la stazione del treno si proibirono le abitazioni, poiché era prevista un'area ad uso commerciale. Di conseguenza, questo fece abbassare di molto il prezzo di vendita dei terreni e permise l'apertura di alcuni ristoranti e negozi cinesi.

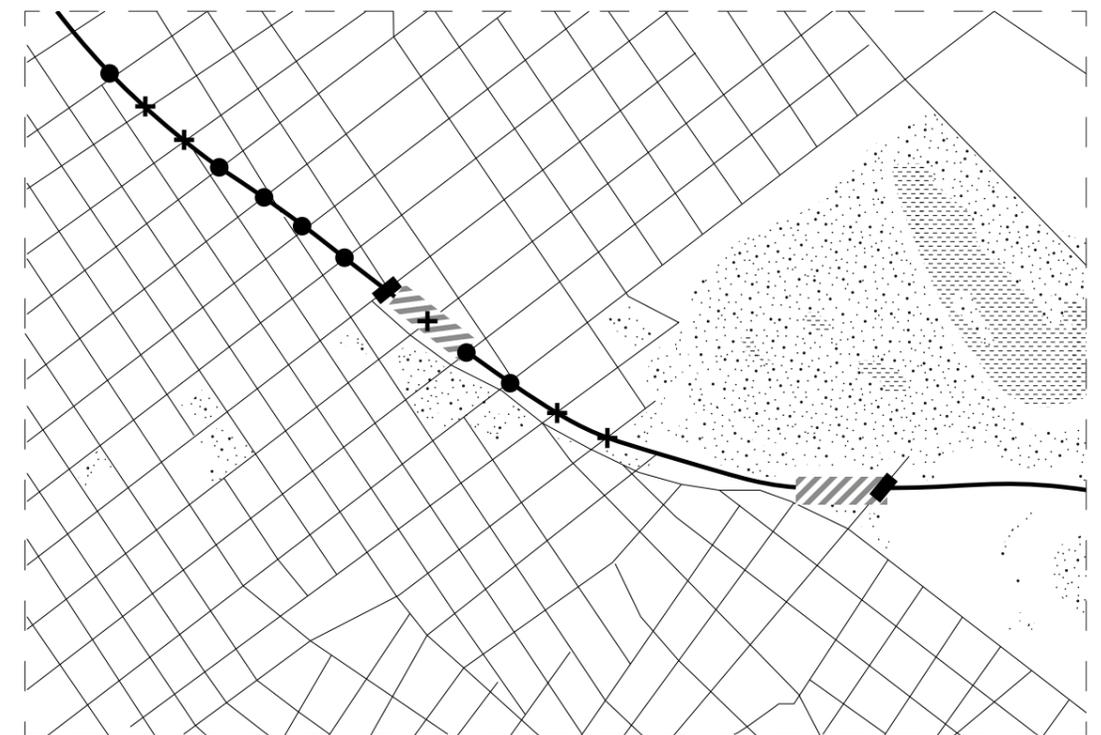
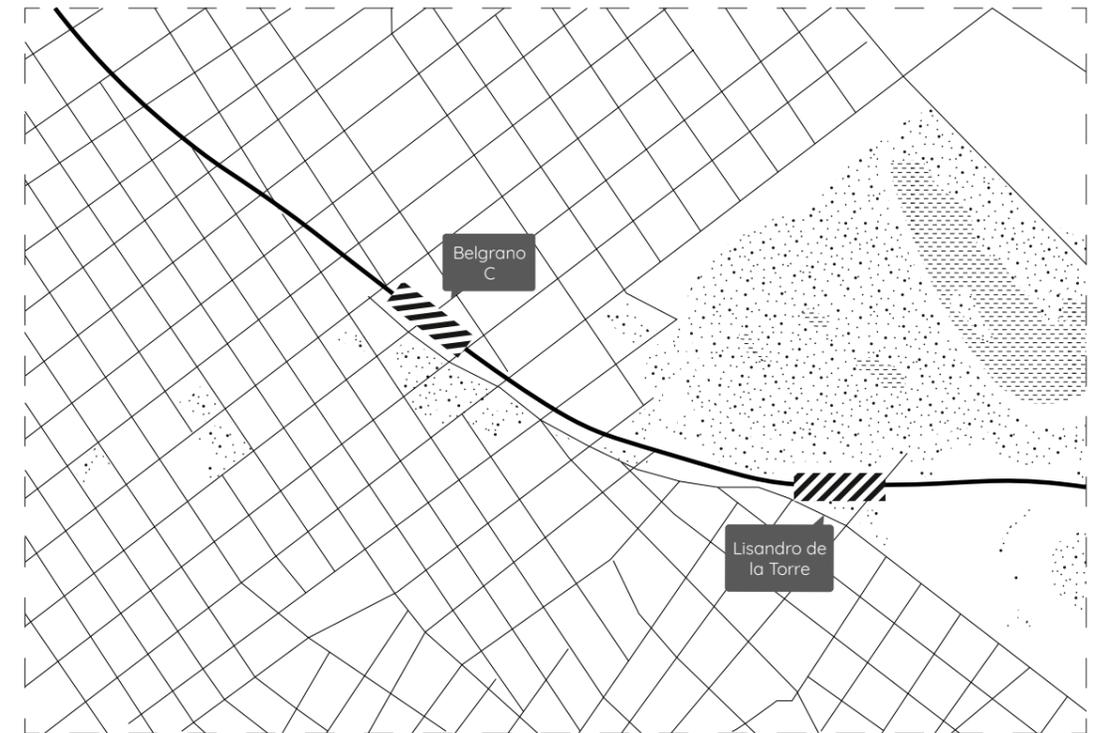
VIADUCTO BARTOLOMÉ MITRE RAMAL TIGRE

Il treno Bartolomé Mitre si estende per 29 km dalla stazione di Retiro, che si trova in una delle zone centrali della città di Buenos Aires. Partendo da lì, arriva fino alla stazione di Tigre (da cui prende il nome). Il 10 ottobre 2019 si è terminato e inaugurato il progetto di elevazione del viadotto (iniziato il 10 giugno 2017), che ha portato alla formazione di due nuove stazioni sospese quali, appunto, *Belgrano C* e *Lisandro de la Torre*. Attualmente la tratta presenta 17 stazioni di cui due terminali e una di combinazione.

Con la decisione di elevare il percorso, è stato possibile riuscire ad evitare delle interferenze con altre reti viarie [Fig. 14-15], quali le strade, e anche con altri trasporti, quali i bus che sono un pilastro portante della Capitale, e si sono potuti minimizzare i tempi di viaggio rendendoli più efficienti. Il nuovo tratto del viadotto coprirà un totale di 3,9 km e si elimineranno ben 8 barriere ferroviarie che dividevano le zone e i quartieri della città, che spesso possono essere presi come limiti di essa. Si apriranno così due nuovi passaggi e altri due solamente pedonali (in *Virrey del Pino* e *José Hernández*). L'eliminazione della barriera, inoltre, consentirà di aumentare la frequenza del passaggio del treno, raggiungendo più velocemente le proprie destinazioni, risparmiando dai 18 ai 20 minuti per viaggio. Il progetto, voluto dalla *Secretaría de Transporte y Obras Públicas* è stato possibile grazie all'impresa *Benito Roggio E Hijos S.A.* - *Jose J. Chediack S.A.I.C.A.*

In conclusione, i principali benefici di questa opera sono:

- miglioramento del servizio ferroviario fra il ramo Retiro - Belgrano C, in quanto a rapidità e comfort;
- fine delle interferenze ferroviarie con la rete stradale;
- soluzione di un nodo complesso;
- eliminazione della possibilità di incidenti allo stesso livello;
- creazione di nuovi spazi verdi (previsti da progetto al di sotto del viadotto);
- diminuzione della contaminazione ambientale e minor consumo di energia;
- miglioramento dello scorrimento pluviale.



- Verde
 - Acqua
 - ▨ Stazione
 - Livello strada
 - ⊕ Nuovo sicuro
 - Livello avenue
- Nuovi incroci

Fig. 14. Tracciato del nuovo Viaducto nella trama del quartiere.

Fig. 15. Nuovi punti di collegamento col Viaducto.

Il progetto per la commercializzazione e gli spazi verdi al di sotto della ferrovia sono ancora in fase di sviluppo tra il *Ministerio del Desarrollo Urbano y Transporte de la Ciudad*, *área de Participación Ciudadana*, *Ministerio de Transporte de la Nación* e la AABE (*Agencia de Administración de Bienes del Estado de la República de Argentina*, apparato che si occupa della gestione degli immobili di Stato per contribuire alla trasformazione dell'Argentina), secondo cui non ci potrà essere la presenza di locali notturni.

PIANO URBANO

La preferenza del lotto è dovuta ad una scelta strategica della posizione di quest'ultimo, per la vicinanza al *ferrocarril* argentino e la collocazione nel cuore di un'area prettamente commerciale. Il progetto, infatti, non tiene come unico obiettivo quello di creare un nuovo centro amministrativo per la *comuna*, ma anche di migliorare la situazione dell'intorno in cui si sviluppa. Per questo motivo, attraverso la demolizione dei degradati edifici del quartiere, si intende migliorare la condizione degli spazi che si incontrano sotto la stazione del treno sopraelevato. L'idea è quella di realizzare, partendo dalle zone oscure e pericolose che si possono creare, degli spazi pubblici attrezzati che siano più favorevoli all'esposizione alla luce del sole.

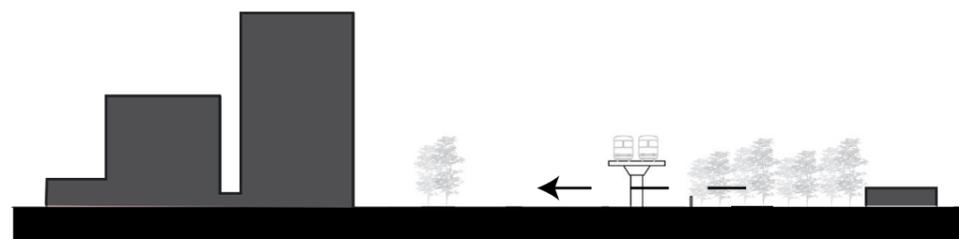
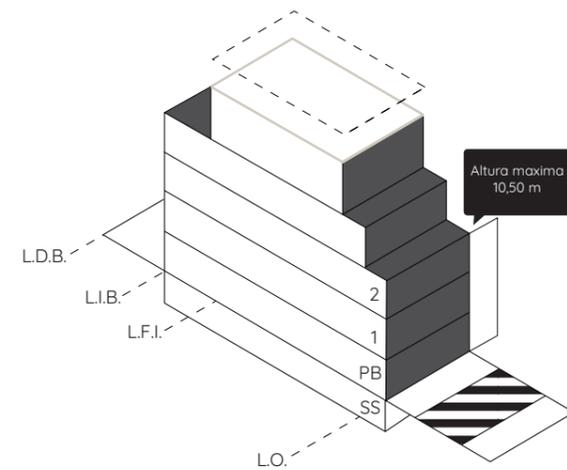


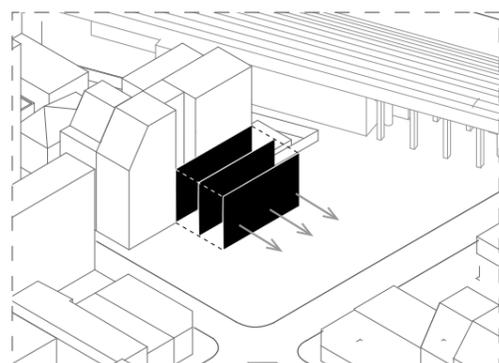
Fig. 16. Altezza dell'edificio edificabile.

Fig. 17. La vicinanza con la stazione e la sopraelevazione della via, generano dei limiti spaziali e un grano flusso di gente.

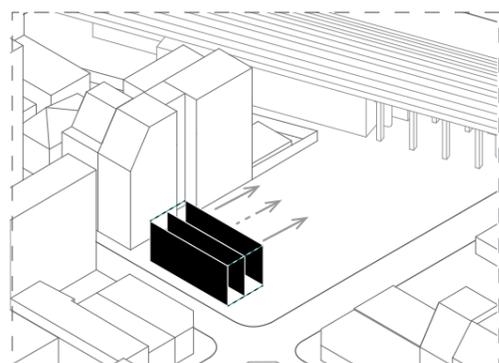


Fig. 13. Altezza dell'edificio edificabile.

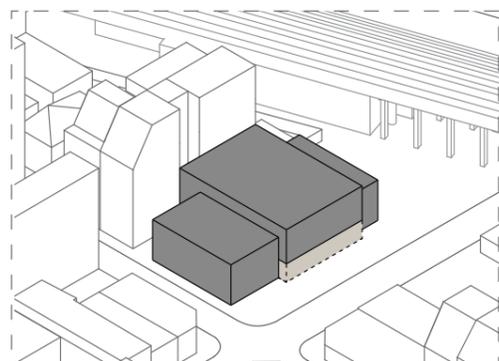
Fig. 14. La vicinanza con la stazione e la sopraelevazione della via, generano dei limiti spaziali e un grano flusso di gente.



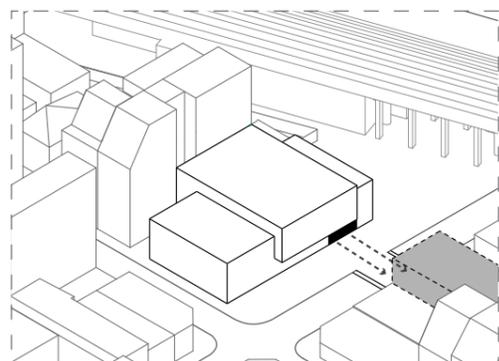
Allineamento con la preesistenza.



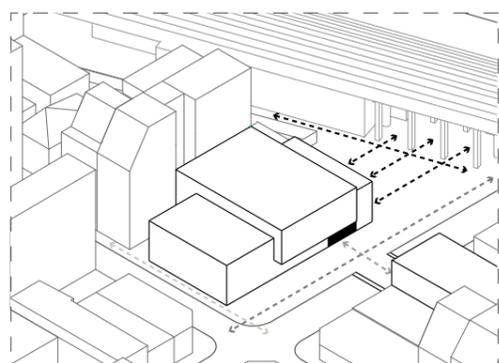
Allineamento con la strada.



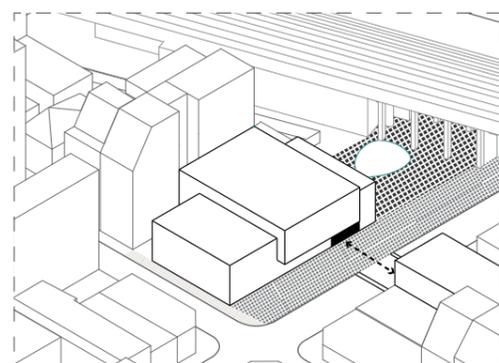
Segno dell'entrata principale.



Connessione con l'edificio di fronte.



Differenziazione dei percorsi.



Progettazione della pavimentazione e della piazza.

L'IDEA DI PROGETTO E IL MASTERPLAN

Con lo sviluppo delle infrastrutture e dei trasporti, alcune zone della città hanno bisogno di essere migliorate per soddisfare le necessità dell'uomo contemporaneo e i cambi morfologici della città. Questi sono stati i presupposti per portare avanti l'idea di riqualificazione dell'area e il suo sviluppo. Si è scelto perciò di situarla in uno dei quartieri più sviluppati della città, e in un punto chiave per lo sviluppo dei trasporti.

Il progetto per un *Centro di gestión y participación*, come viene comunemente chiamato l'edificio che svolge la maggior parte delle funzioni di una sede comunale, la numero 13 a Buenos Aires, si propone di fornire una nuova costruzione al pubblico per il *barrio* di Belgrano, ma anche un nuovo spazio all'aperto. L'idea si sviluppa dalla volontà di riqualificare l'intorno della stazione del treno *Belgrano C*, nel quale viene proposta una nuova edificazione nel lotto selezionato, tra la *calle Echeverría* e la *calle Montañeses*. Ad oggi, nel posto, ci sono edifici di scarso valore architettonico, come garage o piccoli negozi che si trovano in stato di degrado.

In particolare, si è voluto ridisegnare lo spazio urbano circostante, soprattutto la parte inferiore della stazione del treno, in

una zona attrezzata e quindi di includere nel progetto la proposta per una nuova piazza. La prossimità alla stazione, e pertanto lo studio di flussi di gente che ogni giorno attraversano il posto, ci ha motivato nell'inserire nel programma una caffetteria all'interno dell'edificio, così da affacciarsi sulla piazza che racchiude nuove opportunità.

Il progetto si sviluppa seguendo l'andamento dei tracciati urbani già presenti nella zona, da un lato l'antichità e, dall'altro, la strada che percorre tutto l'isolato. Si genera così l'intersezione di due volumi che rispettano il codice urbano del piano: uno vetrato alla base, e l'altro, perpendicolare e sopraelevato, in calcestruzzo. Si è pensato di generare un volume di servizi che si posiziona contro la *medianera* (tipica muratura in condivisione tra due edifici, elemento caratteristico dell'architettura della città) accompagnato da un volume più leggero. Si può dire che il volume dei servizi si rifletta nella facciata creando così uno sbalzo che serve a marcare l'entrata principale al CGP. La proposta si compone di due terreni e in uno di essi si prevede, inoltre, un secondo edificio più piccolo che ospita la funzione di *registro civil*, ossia di Municipio, composto secondo gli stessi principi del precedente.

MASTERPLAN.

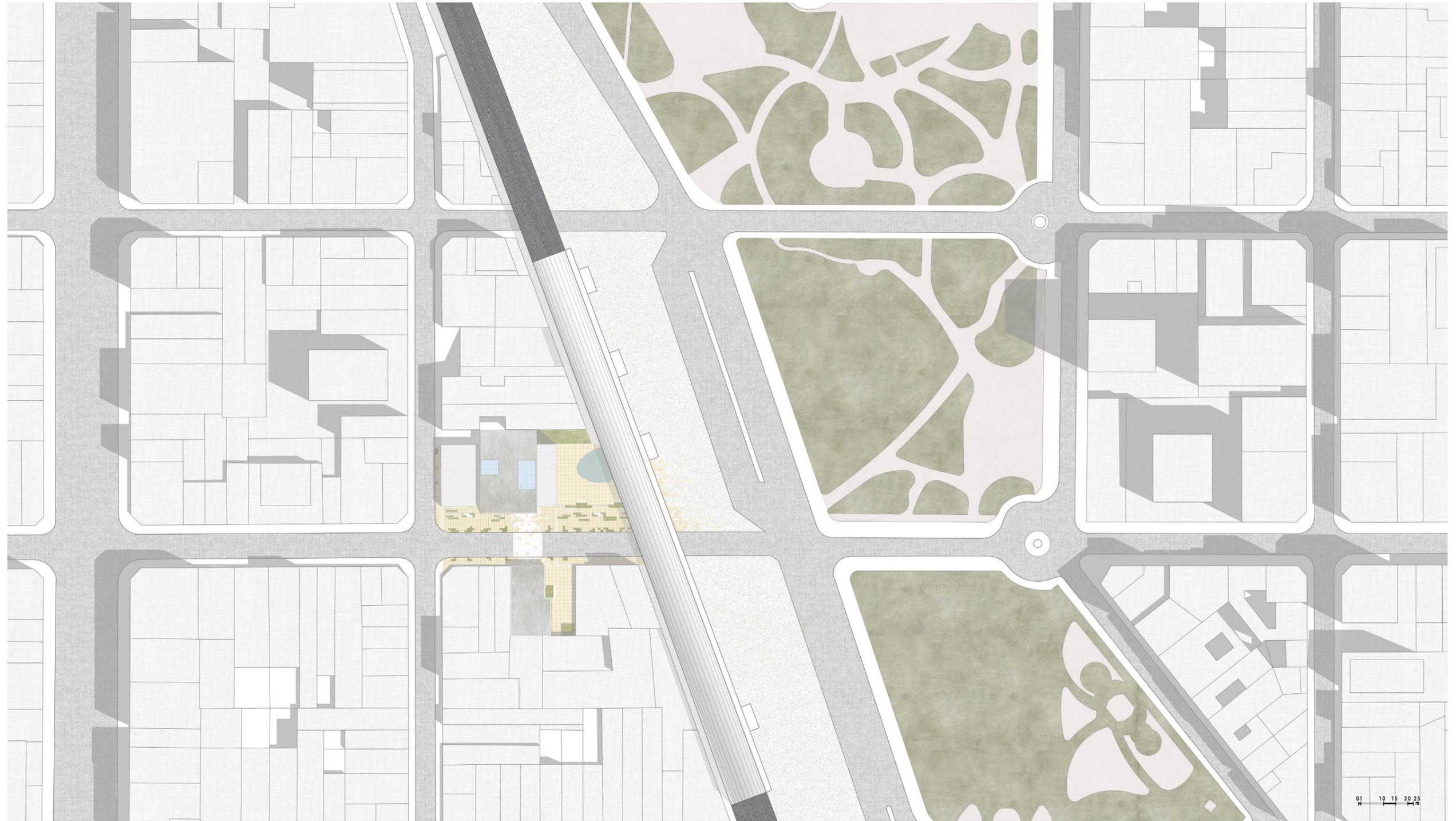
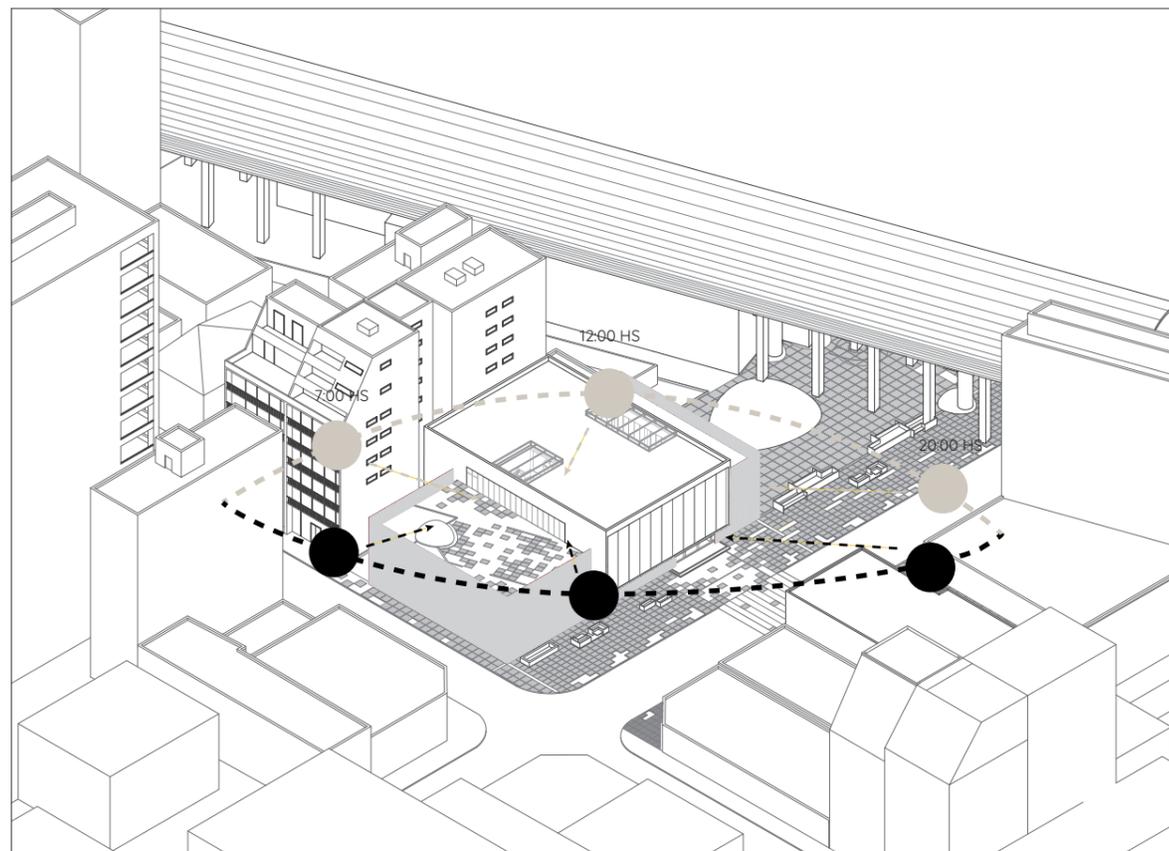


Fig. 16. MASTERPLAN DI PROGETTO. Elaborazione estratta dal TFC.



● Inverno
● Estate

Fig. 17. Studio solare sull'edificio. Elaborazione estratta dal TFC.

L'ORIENTAMENTO

Lo studio del percorso solare è stato uno dei fattori fondamentali per la creazione del progetto, specialmente per il disegno della facciata. Si è deciso per una struttura vetrata, schermata da pannelli forati in acciaio corten, sostenuta da dei montanti dello stesso materiale. Si è optato per collocare questi schermi intorno a tutti i lati dell'edificio (escluso ovviamente quello adiacente ad un edificio a torre, lato Sud-Est) ma con diversi criteri. Per esempio i lati Nord-Est e Nord-Ovest, risultano maggiormente esposti ai raggi del Sole, e per questo risultano completamente schermati. Fa eccezione la vetrata a Nord-Ovest del blocco in calcestruzzo in aggetto per principi compositivi progettuali, la quale si è deciso di lasciarla totalmente trasparente. L'affaccio a Sud-Ovest, invece, non essendo esposto alla radiazione solare diretta, risulta schermato solo in parte. Infatti per creare continuità con il materiale, i pannelli sono stati posizionati solo all'altezza del primo piano, mentre scompaiono al piano terra. Questa scelta è stata presa anche per rendere il secondo ingresso, che si affaccia sul lato stazione, maggiormente permeabile a chiunque passi per la nuova piazza, permettendo una relazione diretta con la caffetteria e l'edificio.

Sono due principalmente le ragioni che hanno motivato l'utilizzo di questo tipo di maglia: da una parte per dare maggior privacy a tutte le funzioni e le attività che si svolgono all'interno del CGP, attenuando allo stesso tempo la radiazione solare incidente e, d'altro lato, per permettere, anche se in maniera più limitata, la visuale verso l'esterno.

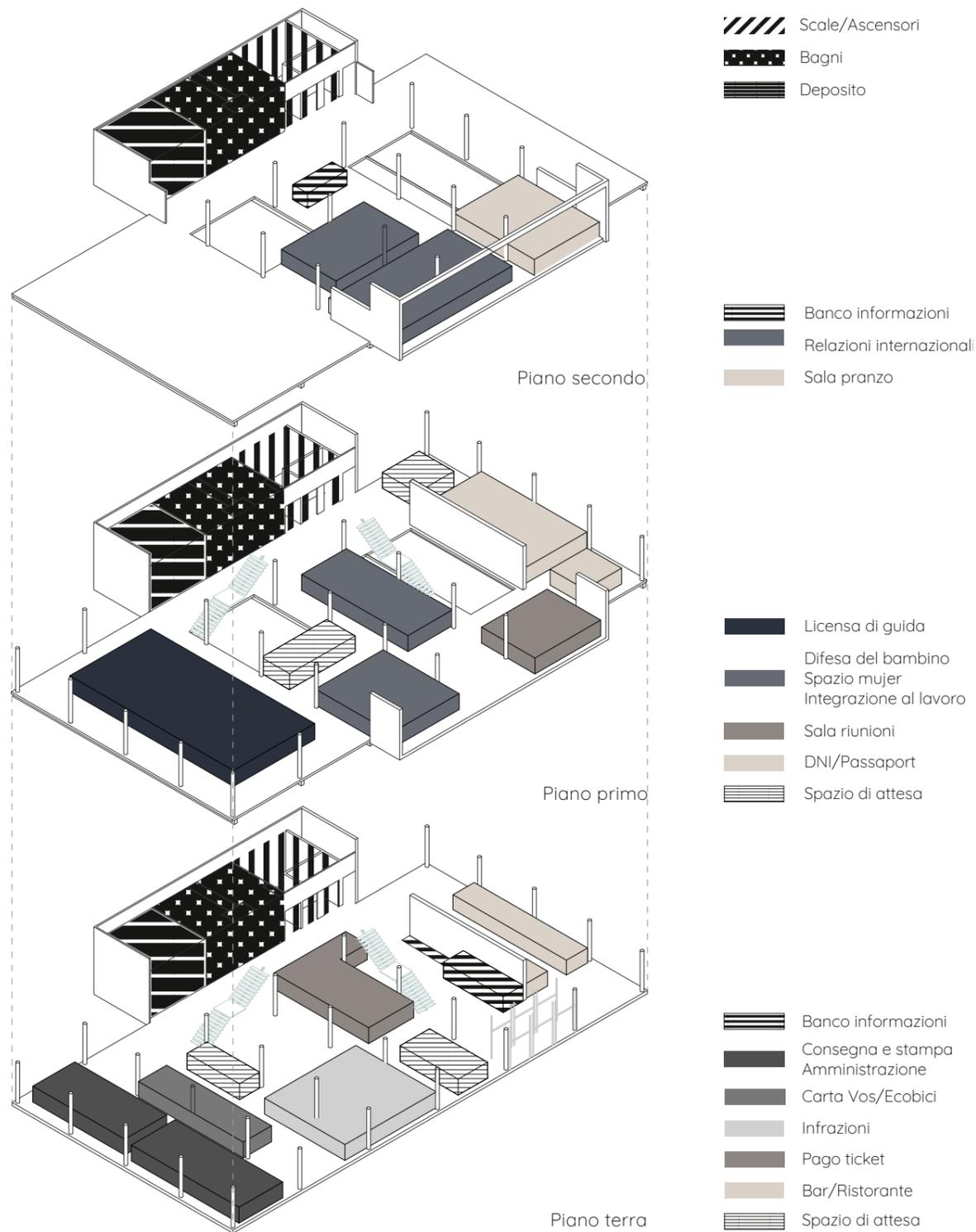


Fig. 18. Esploso assometrico della distribuzione delle funzioni del CGP. Elaborazione estratta dal TFC.

PROGRAMMA FUNZIONALE

Secondo le diverse sedi comunali presenti nella città di Buenos Aires, è stato effettuato un sopralluogo presso una di esse, esattamente la *sede comunal 12* di Villa Urquiza, per rendere più raffinato e particolareggiato il programma dell'edificio e utilizzare al meglio gli spazi. Si è deciso, come già menzionato, di dividere l'intera opera in due volumi distaccati, uno di fronte l'altro. In questo elaborato, però, ci soffermeremo sulla parte più grande e che meglio si presta a questo studio, e importante, quella del CGP, che contiene la maggior parte della attività, tralasciando l'edificio che ospita degli ambienti adibiti a Municipio, in cui vi è la possibilità di sposarsi.

Il programma mostrato racchiude alcuni dei servizi principali necessari al cittadino e anche ai lavoratori degli uffici che si prestano a trascorrere le loro giornate nella struttura. Le attività sono state disposte su tre piani, con un piano interrato che ospita il parcheggio e le sale macchine. All'ultimo piano inoltre sono presenti due terrazze: una con cui si può godere del verde, fruibile a tutte le persone, la seconda, consente ai lavoratori di poter consumare il pasto all'aperto.

Molto importante è stata anche la distribuzione dei flussi e i percorsi che le persone devono compiere per recarsi da una zona piuttosto che ad un'altra, partendo dall'entrata e passando per il banco informazioni o servizio ticket. L'idea era modellare gli spazi interni per creare due tipi di circolazione che si sviluppano

dentro il progetto. Di fatto, gli spazi più vicini all'entrata e che hanno punti di informazione, sono più ampi per facilitare la circolazione. Al contrario, si è pensato di ridurre al minimo lo spazio di circolazione tra i differenti settori di uffici, meno percorsi, in modo che si possa realizzare la massima area per gli uffici. Allo stesso tempo, anche gli spazi di attesa sono stati ridotti e posizionati in punti strategici per avere delle zone più piccole e puntuali, creando così una circolazione più fluida dell'utente. Infine, per quanto riguarda la circolazione verticale, i blocchi di servizio come ascensori e scale sono stati situati nella parte al fondo della struttura, mentre per permettere al pubblico di muoversi, sono state pensate delle scale in vista posizionate in due poli nei quali si crea uno spazio a tutta altezza.

Per la distribuzione delle funzioni all'interno di ogni singolo piano, si è pensato di creare delle vere e proprie aree, rettangolari o quadrate, che creassero dei giochi di pieno - vuoto, alternandosi con gli spazi di circolazione o di attesa. Lo sviluppo in pianta si basa sul modello di riferimento degli architetti *Sanaa* nella *Moriyama House*, a Tokio, Giappone e del *Museo Louvre de Lens*, a Lens, Francia. La disposizione delle regioni in cui si ospitano gli uffici (anche open space), si ispirano a questi progetti, come se fossero volumi dentro ad un volume ancora più grande. La sua disposizione genera così, quasi automaticamente, dissimili tipi di circolazione di diverse dimensioni, sfruttando al massimo la superficie degli uf-

fici.

Anche in alzato è possibile notare immediatamente dove si trovano gli spazi in cui si stanno svolgendo delle attività. Per marcare maggiormente queste aree, infatti, il livello del controsoffitto si abbassa maggiormente rispetto ai percorsi orizzontali, fino a raggiungere lo spessore di 1 m. Per mantenere una semplicità spaziale e una permeabilità visuale, si è utilizzata una maglia di colore bianco che funziona appunto da controsoffitto, per nascondere tutti gli impianti (cavi elettrici e condizionamento) e mantenere una continuità visuale dello spazio interiore, come si manifesta nel Museo Louvre en Lens.

Come abbiamo visto, l'entrata principale si presenta sul lato lungo, lasciando spazio alle aree di reception e di smistamento verso i vari uffici open space, in cui ogni area ha una sua funzione precisa. Tutto il complesso comprende un'area di circa 5100 m². Solo il CGP si estende su una superficie di circa 4430 m². Il piano terra e il primo, che sono molto simili, si estendono su 1190 m² ciascuno. Il secondo piano, che si sviluppa solo nel blocco a sbalzo, è più piccolo, e copre un'area di circa 650 m², escludendo le due terrazze accessibili. In questi calcoli abbiamo considerato solamente le aree adibite agli impieghi, senza considerare il blocco servizi posto al fondo dell'edificio, nel quale non è richiesto di analizzare i relativi dati di comfort.

Nel piano terra, una volta entrati, ci si immerge nella luce proveniente dalle finestre sul tetto che indirizzano l'utente al banco delle informazioni, posizionati

quindi al centro della pianta. A destra, invece, con esposizione sud, si può beneficiare della caffetteria, con circa 30 coperti e un bancone per le consumazioni più rapide, aperta a tutti e con vista sulla piazza attrezzata, adatta ai giochi per bambini ed al relax dei più grandi. Gli unici uffici presenti che sono stati circondati da delle pareti sono quelli amministrativi e un centro stampa, i quali si trovano a sinistra presentando una esposizione prettamente a nord.

Al piano successivo, invece, le uniche stanze chiuse sono la meeting room e gli uffici dedicati alla difesa di donne e minori, che si è pensato potessero necessitare di una privacy maggiore. Questi ultimi si presentano esattamente come dei volumi posti al centro dell'edificio, mentre la meeting room con sala d'attesa, che serve anche alle scrivanie nelle immediate vicinanze, si affaccia sulla strada, nella parte a sbalzo della costruzione. Ai due estremi troviamo invece gli spazi aperti ammobiliati con scrivanie e pannelli separatori, che si ripetono lungo tutto il Centro, e sono pronte anch'essi a ricevere gli utenti che hanno bisogno di un determinato servizio.

Una volta raggiunto l'ultimo piano, si arriva ancora una volta in uno spazio completamente aperto. Questo luogo è stato pensato come il più flessibile e dinamico di tutti, in cui non è necessario avere sempre la stessa postazione o la stessa funzione. Infatti, secondo i bisogni ai quali si può necessitare nel corso degli anni, la disposizione e il personale di quest'ultimo può essere modificata e sostituita facil-

mente. Del resto anche come tutti gli altri spazi della sede.

Risulta essere chiusa e permanente solamente la zona pranzo, in maniera tale da allontanare gli odori e non interferire con le postazioni di lavoro. Tutto questo piano è stato pensato come una parte maggiormente dedicata ai lavoratori, in cui la presenza del cittadino è poco frequente, salvo particolari casi. Infatti, la terrazza più piccola, è fruibile solamente passando per la cucina, come spazio ausiliario durante le ore di pausa.

Uno degli elementi fondamentali del progetto sono le colonne circolari in calcestruzzo armato di 0,40 m di diametro che il CGP. Si è scelto di conferirgli questa geometria per permettere una miglior visuale all'interno rispetto ai classici pilastri quadrati, e sono distanziate dalla linea dell'involucro esterno di 0,50 m, formando una soletta con degli sbalzi. Secondo elemento caratteristico è il controsoffitto, che genera un'altezza media di 3,70 m su tutti i piani. Questo dipende dal fatto che lo spessore del soffitto sospeso può variare a seconda dei vari impieghi, come accennato in precedenza.

PLANTA DE TECHOS.



Fig. 19. PLANIMETRIA
DEL SITO E COPERTURE.
Elaborazione estratta dal
TFC.

PLANTA BAJA.



Fig. 20. CGP, PIANTE DEL PIANO TERRA. Elaborazione estratta dal TFC.

PLANTA PRIMER PISO.



Fig. 21. CGP, PIANTE DEL PRIMO PIANO. Elaborazione estratta dal TFC.

PLANTA SEGUNDO PISO.



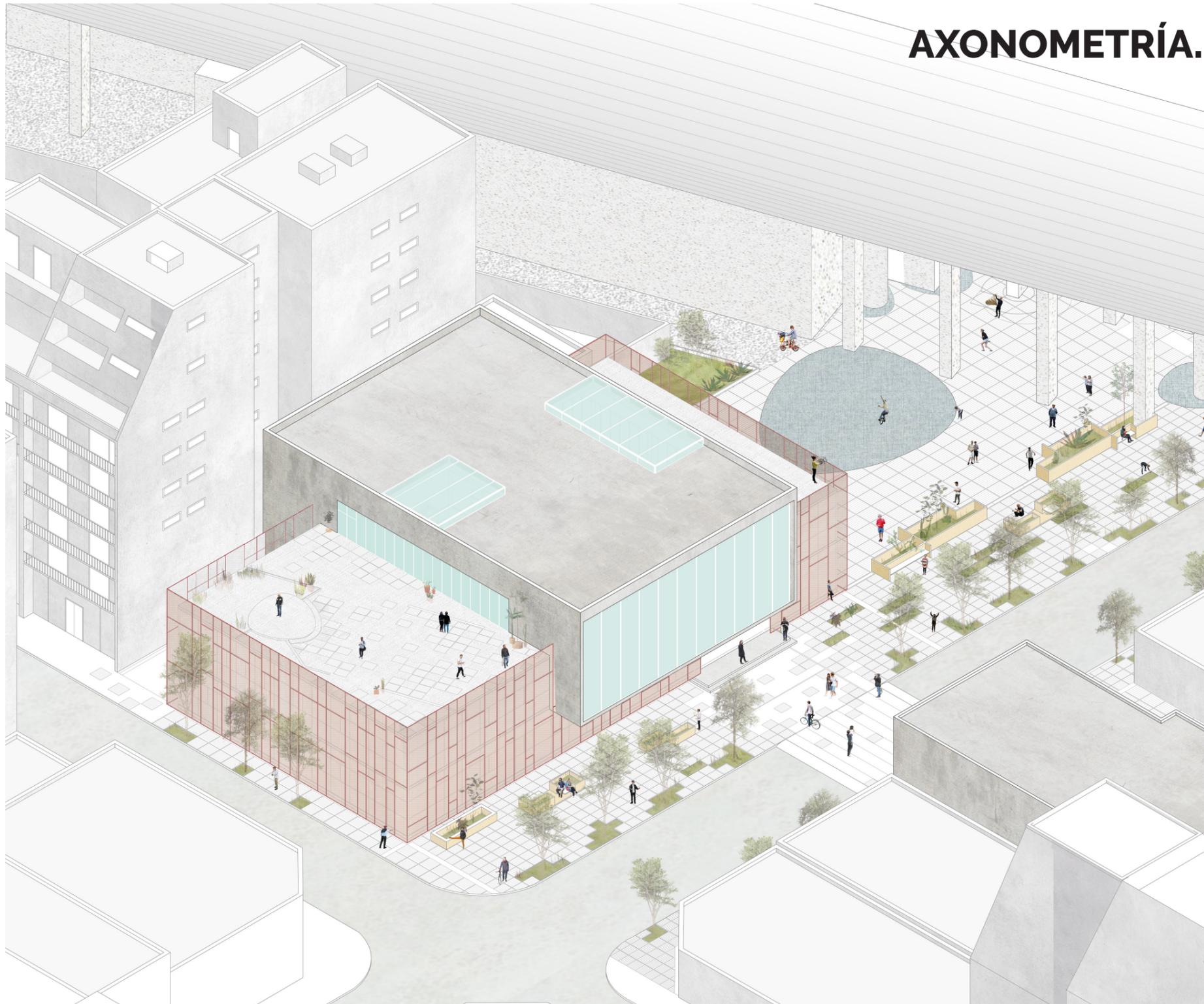
Fig. 22. CGP, PIANTE DEL PIANO SECONDO. Elaborazione estratta dal TFC.

CORTE LONGITUDINAL.



Fig. 23. CGP. SEZIONE
LONGITUDINALE. Elabo-
razione estratta dal TFC.

AXONOMETRÍA.



MATERIALITÀ

Per quanto riguarda la materialità e alla facciata, la scelta è ricaduta nel progetto dello studio spagnolo AQ4 e, in particolare, nel loro centro culturale di Ortuella, in Spagna (*OKE. Ortuellako Kultur Etxea*). Si è voluto proporre e mettere in evidenza la combinazione tra cemento a vista e acciaio corten. Questa approssimazione genera, all'interno del progetto, differenti visuali, tanto da chi lo vede dall'esterno e da chi lo vive da dentro. Per quanto riguarda le finiture interiori, l'intenzione è quella di ottenere uno spazio luminoso dove i raggi provenienti dai due grandi lucernari si riflettono nelle venature del cemento lasciato a vista. Quest'ultimo, inoltre, è spesso utilizzato nelle costruzioni in Argentina, dove la maggior parte delle torri presentano una struttura in calcestruzzo piuttosto che in acciaio. Infine, come la maggior parte degli edifici per uffici, tutto il blocco alla base presenta un involucro esterno interamente vetrato, per due piani, che a sua volta è rivestito dai pannelli in metallo. È proprio il vetro, quindi, ad essere il fattore scatenante di questo studio, che grazie alle sue enormi superfici permette di beneficiare di grandi fonti di luce e di una visuale verso l'ambiente esterno ma che, soprattutto in climi come quello di Buenos Aires, può essere motivo di un forte surriscaldamento dell'edificio e portare a situazioni di discomfort termico per la maggior parte dell'anno solare.

Fig. 24. Assonometria di progetto per la sede comunale di Belgrano. Elaborazione estratta dal TFC.

COMPONENTI ORIZZONTALI E VERTICALI

La struttura dell'edificio è realizzata in calcestruzzo armato, sia le colonne portanti che le solette. L'involucro opaco, presente solamente nel volume perpendicolare e nelle zone di servizio, è formato essenzialmente dagli strati interni e esterni in cemento, con interposizione di isolante nel mezzo. Quasi similmente, le componenti orizzontali, quali solai interpiano, sono formate alla stessa maniera: una soletta in calcestruzzo, con un massetto di pendenza e uno strato superficiale di rifinitura per proteggere dall'usura dei camminamenti così da evitare che possa degradarsi facilmente. Il pavimento del piano terreno viene trattato come un normale solaio interpiano, dove al di sotto di esso è presente il piano interrato che confina direttamente col terreno. Questo, però, non sarà preso in considerazione nell'analisi del comfort termico degli spazi adibiti ad impiego del nostro edificio. La sede comunale è formata poi due tetti distinti, uno praticabile (quello adibito a terrazza) e l'altro non praticabile, ma entrambi piani. Le stratigrafie sono essenzialmente le stesse, con interposizione di materiale isolante in polistirene espanso (XPS), ma il primo presenta in superficie una pavimentazione in piastrelle, simili al gres porcellanato, con l'uso di distanziatori; il secondo, invece, presenta l'uso della ghiaia a protezione dell'impermeabilizzante. Entrambe le coperture sono dotate nella parte più interna di una controsoffittatura in griglia metallica. Lo spazio varia da una altezza massima di 1 m ad una minima di 0,45 m,

per permettere il passaggio del cablaggio elettrico e delle tubature dell'impianto di condizionamento dell'aria. Le partizioni interni, infine, sono delle semplici pareti gettate in cemento, lasciato anch'esso a vista.

La tipologia di vetro non è stata approfondita. In una situazione come questa, nella quale si ha un'alta superficie vetrata, spesso si preferisce usare un vetro a controllo solare, ma non essendo stato approfondito questo tema nel corso di *Trabajo Final de Carrera* per il quale si è sviluppato il progetto, si è considerato di usare una vetrocamera semplice, con una lastra interna ed esterna da 3 mm e un'intercapedine d'aria da 13 mm. Maggiormente studiata, invece, è stata la scelta dello schermo da utilizzare come seconda pelle per schermare la radiazione solare entrante nell'edificio. Si è scelto di utilizzare un pannello microforato in acciaio corten, con fori di circa 3-4 mm e una percentuale di circa il 40,3 %. Si è pensato di usare la percentuale più alta di foratura messa a disposizione per i motivi descritti in precedenza: ossia per ottenere comunque una buona visione dell'esterno e permettere alla luce di entrare all'interno così da garantire una buona illuminazione degli ambienti. Lo spessore dei pannelli è di 1,5 mm, con una larghezza di 0,89 m e con un'altezza che varia da 1,50 m a 4,50 m. Tenuto conto di queste misure, si è pensato di usare pannelli di diverse grandezze per rendere la facciata più movimentata.

Per il sistema di montaggio si sono sfruttati i dispositivi messi in dotazione dallo stesso produttore *IMAR*, secondo il modello *IMARperf* [vedi **Allegato 1**], che consistono in dei profili con uno spessore di 3 mm, i quali si uniscono al pannello con una piastra e delle viti. Questi poi, sono sorretti da dei montanti. Tutto il sistema di schermatura viene sorretto da delle griglie che si agganciano direttamente alla soletta in calcestruzzo dell'edificio. Oltre ad avere questa funzione, servono anche da manutenzione. Infatti gli schermi sono posizionati ad una distanza dall'involucro di circa 0,60 m, proprio per consentire il passaggio alle persone per occuparsi del mantenimento dei vetri e del pannello stesso.

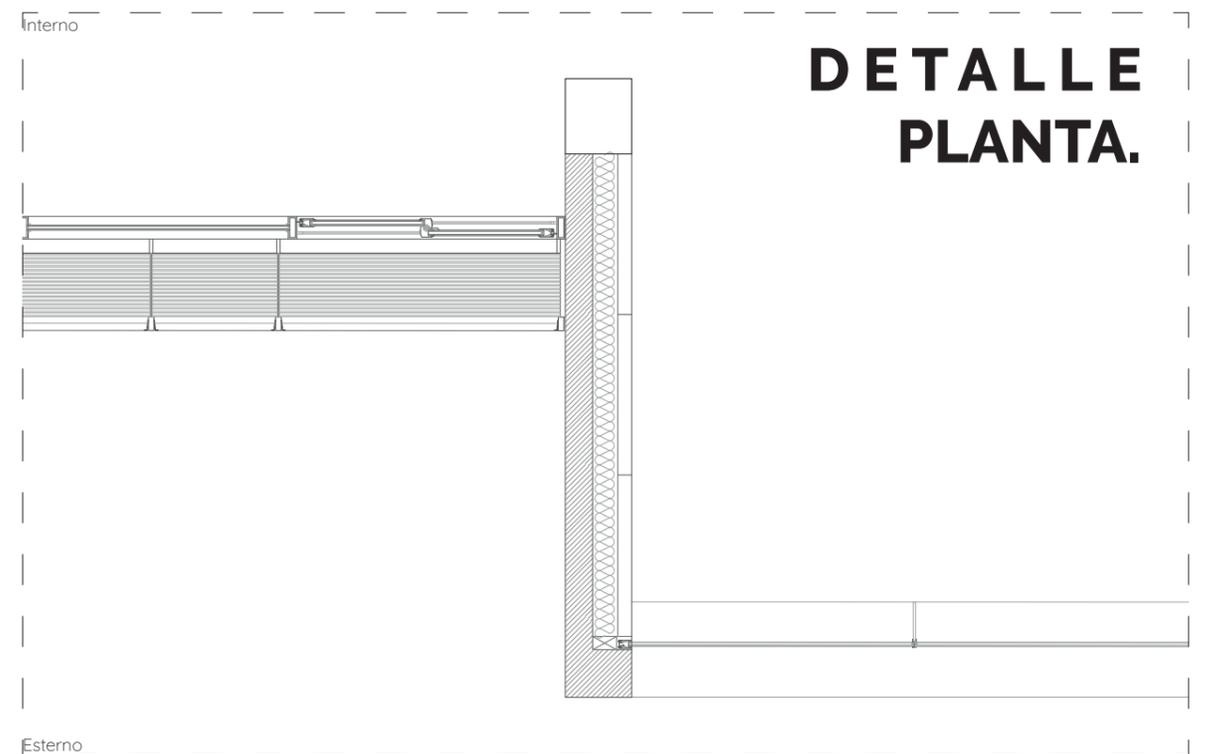


Fig. 25 . Stralcio di pianta (esempio piano secondo) 1:50 con stratigrafie della parete esterna. Elaborazione estratta dal TFC.

DETALLE CORTE.

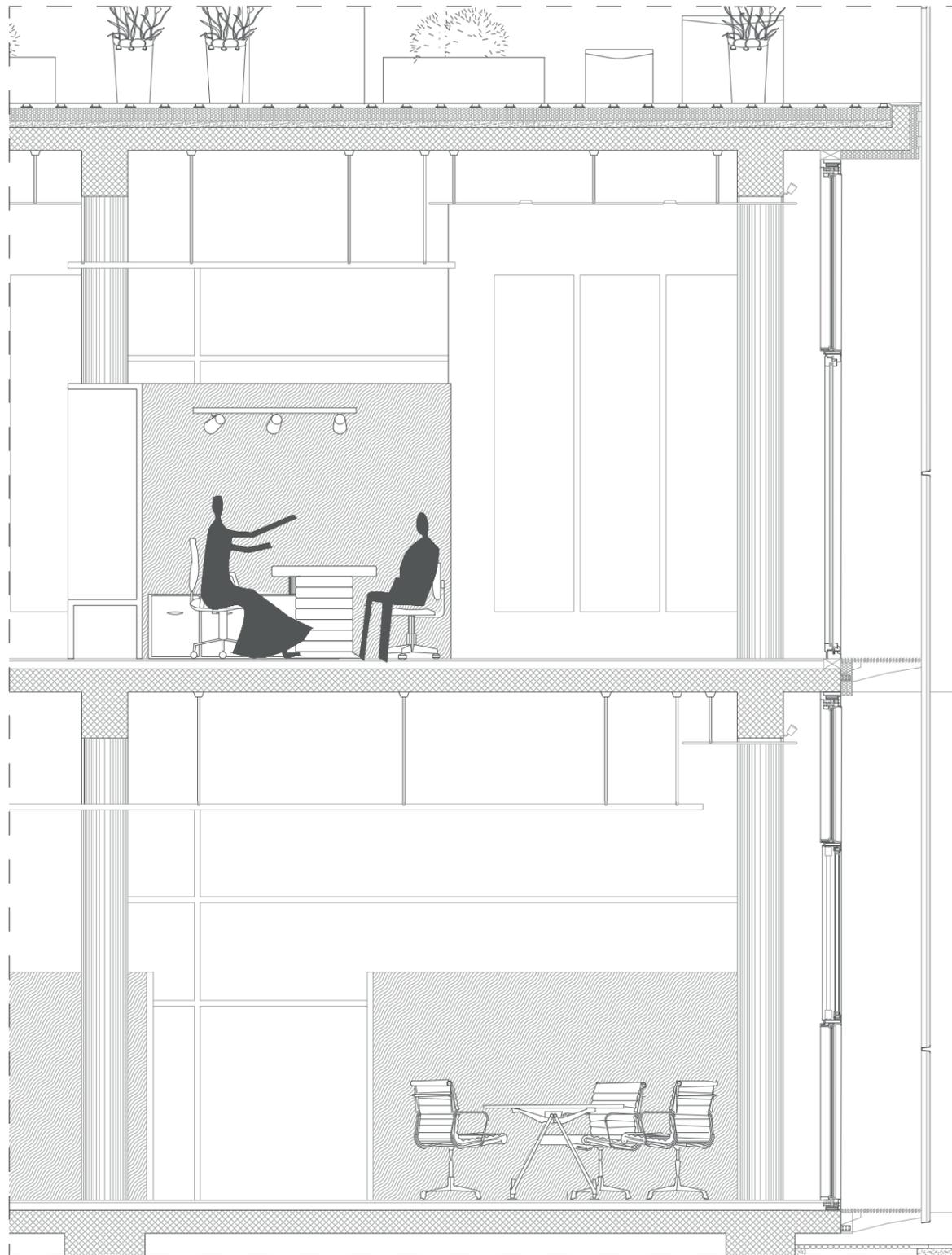
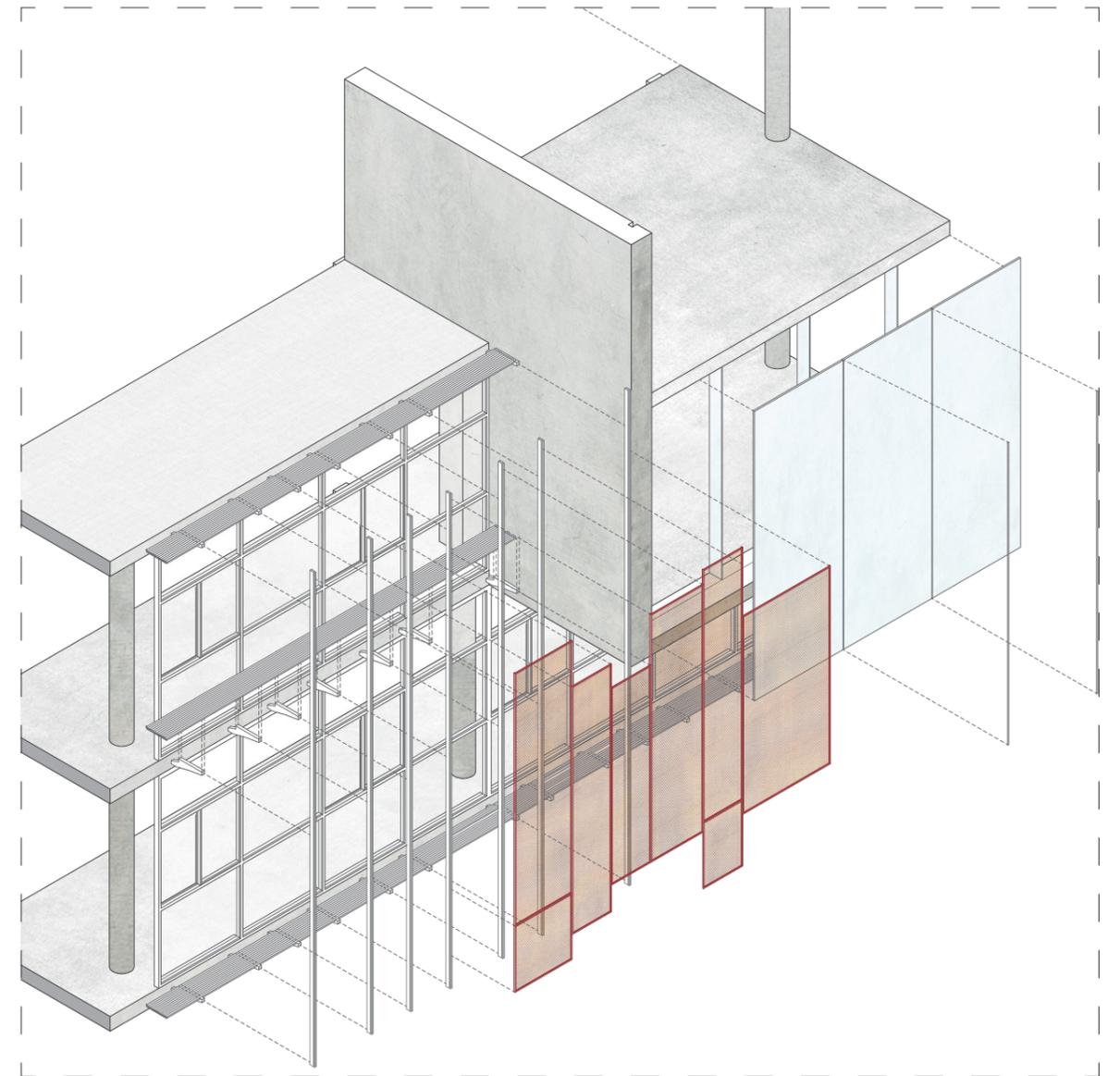


Fig. 26. Stralcio di sezione 1:50 con stratigrafie delle componenti. Elaborazione estratta dal TFC.



EXPLOSIÓN AXONOMÉTRICA.

Fig. 27. Esploso assonométrico del dettaglio di facciata. Elaborazione estratta dal TFC.

ANALISI DELLO STATO DI FATTO

Con l'obiettivo di ottimizzare il progetto in termini di risparmio sul consumo di energia, e quindi di riduzione dell'uso dell'impianto soprattutto nel periodo estivo, si sono svolte diverse simulazioni. In primo luogo, si è valutato lo stato di fatto dell'edificio, come se esso fosse preesistente, per valutare le condizioni termoigrometriche all'interno dell'ambiente. Questa valutazione si effettua con lo scopo di indirizzare le successive scelte progettuali, e quindi il perfezionamento del progetto stesso, ad una ottimizzazione dell'involucro trasparente di cui si compone l'edificio.

L'analisi è stata effettuata, come vedremo, attraverso lo strumento di calcolo internazionale DesignBuilder introdotto nel capitolo precedente, con cui sono stati riportati gli elementi principali ed indispensabili alla costruzione del modello. I calcoli sono stati rielaborati e fanno riferimento alla recente normativa *EN 16798-1, che descrive i parametri di ingresso per la progettazione di ambienti con una buona qualità*, che sarà il punto di riferimento per tutto lo sviluppo dell'elaborato e della soluzione finale. Attraverso questo strumento sono state valutate alcune aree rappresentative per

esposizione, numero di piano e geometria, per analizzare le condizioni termoigrometriche generali dell'edificio.

In una seconda battuta è stata poi valutata la condizione dell'illuminazione naturale, analizzando alcune aree scelte come le più rappresentative secondo gli stessi principi evidenziati. In questo caso lo strumento di calcolo di cui ci siamo serviti è il software Dialux, anch'esso descritto nel capitolo precedente. Attraverso questo strumento è stato valutato il fattore medio di luce diurna in primis, e successivamente è stato possibile analizzare la distribuzione della luce naturale nelle diverse aree osservando gli illuminamenti medi che meglio descrivono il contributo della luce naturale nelle aree di lavoro, mettendo in risalto anche eventuali problematiche.

Sono state così messe in evidenza le criticità relative all'aspetto termico e visivo per poterle risolvere in una fase successiva con una soluzione univoca e che quindi costituiscono la base di partenza.

ANALISI DELLE CONDIZIONI TERMOIGROMETRICHE

Secondo quanto specificato nei capitoli iniziali, attraverso gli strumenti di calcolo è possibile ottenere i parametri della temperatura operativa interna delle zone dell'edificio, effettuando una simulazione dinamica su base oraria. Al fine di poter utilizzare le equazioni descritte nella normativa UNI EN 16798-1 e valutare, secondo determinati parametri, le condizioni termoigrometriche della sede comunale nella forma di stato in corso di progetto. La metodologia utilizzata è quella spiegata inizialmente, nella quale si considerano i valori della *temperatura operativa* all'interno di un intervallo definito delle *temperature di comfort*. Verrà valutata quale è la percentuale di ore di discomfort, quindi di ore in cui la temperatura operativa registrata è fuori dall'intervallo, nel periodo di riferimento selezionato, che corrisponde a quei mesi in cui si vuole evitare l'utilizzo dell'impianto di climatizzazione (stagioni interme-

die) nei mesi di marzo e aprile, ottobre e novembre. Attraverso questi dati è possibile anche fare delle osservazioni riguardanti gli apporti solari dell'edificio, attraverso l'involucro esterno che in questo caso è per la maggior parte trasparente, quindi ci aspettiamo dei livelli molto alti degli apporti solari. Inoltre è possibile osservare l'andamento annuale della temperatura operativa interna.

CARATTERIZZAZIONE DEL MODELLO

Al fine di definire il modello digitale con tutte le sue componenti e caratteristiche, sulla base delle stratigrafie del progetto già elaborate nella fase iniziale, sono stati definiti tutti gli strati, con rispettivi materiali, spessori e proprietà. Sono state definite per ogni componente dell'edificio, sia orizzontale che verticale, al fine di completare il modello in ogni sua parte. Gli strati nelle tabelle [T.1-T.5] vengono descritti partendo da quello più esterno per terminare con quello più interno.

Parete esterna

| N. strato | Tipologia | Materiale | Spessore | Conducibilità |
|-----------|-----------|-------------------|----------|---------------|
| 1 | Pannello | Cemento | 0,10 m | 1,040 W/mK |
| 2 | Isolante | XPS | 0,15 m | 0,034 W/mK |
| 3 | Cemento | Cemento (leggero) | 0,20 m | 0,380 W/mK |

Partizione interna verticale

| N. strato | Tipologia | Materiale | Spessore | Conducibilità |
|-----------|-----------|--------------------------|----------|---------------|
| 1 | Parete | Blocco cemento (leggero) | 0,15 m | 0,380 W/mK |

T.1. Stratigrafia parete esterna di progetto.

T.2. Stratigrafia partizione interna verticale di progetto.

Tetto piano praticabile

| N. strato | Tipologia | Materiale | Spessore | Conducibilità |
|-----------|--------------------|-------------------|----------|---------------|
| 1 | Pavimento | Gres | 0,01 m | 1,300 W/mK |
| 2 | Intercapedine | Aria | 0,039 m | - |
| 3 | Isolante | XPS | 0,10 m | 0,0340 W/mK |
| 4 | Impermeabilizzante | Bitume | 0,002 m | 0,230 W/mK |
| 5 | Massetto | Cemento | 0,06 m | 0,720 W/mK |
| 6 | Soletta | Cemento (leggero) | 0,20 m | 0,380 W/mK |

Tetto piano non praticabile

| N. strato | Tipologia | Materiale | Spessore | Conducibilità |
|-----------|--------------------|-------------------|----------|---------------|
| 1 | Strato protettivo | Ghiaia | 0,05 m | 0,360 W/mK |
| 2 | isolante | XPS | 0,10 m | 0,0340 W/mK |
| 3 | Impermeabilizzante | Bitume | 0,002 m | 0,230 W/mK |
| 4 | Massetto | Cemento | 0,06 m | 0,720 W/mK |
| 5 | Soletta | Cemento (leggero) | 0,20 m | 0,380 W/mK |

Partizione orizzontale interna

| N. strato | Tipologia | Materiale | Spessore | Conducibilità |
|-----------|-----------|-------------------------------|----------|---------------|
| 1 | Soletta | Cemento (leggero) | 0,20 m | 0,380 W/mK |
| 2 | Massetto | Cemento | 0,07 m | 0,720 W/mK |
| 3 | Pavimento | Cemento (con strato di usura) | 0,02 m | 2,000 W/mK |

Si precisa che il tasso costante di infiltrazione (vol/h) che viene richiesto è stato impostato su 0,6 secondo le classi di schermatura riportate nella UNI TS 11300 *Prestazione energetica degli edifici - Parte 1*, è stata scelta la classe di schermatura media e una media per-

meabilità all'aria degli infissi.

Una volta inseriti tutti gli strati di una stratigrafia, il programma è in grado di verificare autonomamente la presenza o meno di condensa interstiziale o superficiale. Si sottolinea come in nessuno di casi si evidenzia della condensa, fatta ec-

T.3. Stratigrafia chiusura orizzontale praticabile di progetto.

T.4. Stratigrafia chiusura orizzontale non praticabile di progetto.

T.5. Stratigrafia partizione orizzontale interna di progetto.

cezione per il caso della parete esterna in cui si forma della condensa all'interno della parete. Allo stesso tempo, però, non risulta un problema per la struttura, in quanto è in grado di evaporare durante il

periodo estivo. Inoltre vengono calcolati contemporaneamente i valori delle trasmittanze termiche delle componenti che verranno riportati qui di seguito, sintetizzati in una tabella [T.6].

Trasmittanza termica delle componenti [W/m²K]

| | Parete esterna | Partizione | Pavimento | Tetto |
|---------------|----------------|------------|-----------|-------|
| Piano terra | 0,192 | 0,953 | 1,153 | - |
| Piano primo | 0,192 | 0,953 | 1,153 | 0,257 |
| Piano secondo | 0,192 | 0,953 | 1,153 | 0,263 |

Per la tipologia di vetro, non essendo stato approfondito nella fase progettuale, è stato scelto uno standard. Si tratta di una *vetrocamera* semplice che è comunemente utilizzata. Le lastre sono descritte dalla più esterna alla più interna e vengono mostrate le proprietà calcolate [T.7].

Vetro esterno

| N. strato | Tipo | Spessore |
|-----------|-----------|----------|
| 1 | PYR Clear | 3 mm |
| 2 | Aria | 13 mm |
| 3 | Clear | 3 mm |

| | |
|---------------------|-------|
| T_v | 0,74 |
| ρ_v | 0,15 |
| Fattore solare (FS) | 0,69 |
| U_g [W/m²K] | 1,960 |

La stessa tipologia di vetro viene utilizzata anche per i grandi lucernari sul tetto, con le medesime proprietà. La scelta del telaio delle finestre è ricata

duta sull'alluminio, a taglio termico, e con uno spessore di 0,07 m. Anche lo spessore dei traversi orizzontali, per quelle finestre che li hanno, è stato impostato su 0,07 m, per consentire la massima entrata di luce diurna all'interno del locale.

Sono stati inseriti anche i pannelli in acciaio corten come dispositivi schermanti progettati in fase iniziale. Essendo però i pannelli un elemento particolare, scelto inizialmente per ragioni compositive e un po' meno funzionali, sono stati caratterizzati secondo le proprietà tecniche delle tende avvolgibili che presentavo dei dati tecnici similari. Il pannello è caratterizzato da una posizione esterna e da un tipo di controllo sempre acceso, poiché il pannello è un elemento fisso che non viene mai modificato nella sua configurazione. È stata effettuata una ricerca dei vari produttori di tende o lamie microforate e il modello più simile al pannello microforato che si desidera utilizzare è stato riscontrato dall'azienda *Sergi Ferrari SAS*, nel tipo di tenda microforata

denominata *Frontside*, la cui scheda completa è riportata nell'allegato [vedi **Allegato 2**]. Le tende *Frontside* sono a controllo solare degli edifici, e mirano a bloccare l'entrata di calore proveniente dal Sole. Sono state scelte poiché la loro conformazione di maglia metallica microforata risulta essere simile a quella progettata, che contribuisce a creare una sorta di effetto "velo" dell'immobile [T.8].

Proprietà schermatura

| | |
|---------------------------|-------|
| Spessore (m) | 0,003 |
| Conducibilità (W/mK) | 0,10 |
| Trasmittanza - Solare | 0,27* |
| Riflessione - Solare | 0,29* |
| Trasmittanza - Visibile | 0,27* |
| Riflessione - Infrarosso | 0,29* |
| Emissività - Infrarosso | 0,90 |
| Trasmittanza - Infrarosso | 0,00 |

*dati ricavati dalla scheda del produttore Serge-Ferrari.

Infine, come aggetti/sporgenze, sono state posizionate all'altezza del primo piano, le griglie di manutenzione delle schermature che possono schermare l'edificio come degli *aggetti esterni* [T.9]. Infatti, anche se non in maniera totale, le griglie aiutano a riparare le finestre dalla radiazione del Sole, creando delle leggere ombre sulla superficie vetrata verticale.

Sporgenze orizzontali

| | |
|--|---------|
| Materiale | Acciaio |
| Spessore alette | 0,02 m |
| Distanza verticale dal bordo superiore | 0,26 m |
| Proiezione | 0,60 m |
| Sovrapposizione orizzontale sulla finestra | 0,00 m |

Il fabbricato risulta, in sintesi, essere composto dai seguenti ambienti principali:

- un *open space* per ciascun piano, comprendente le aree di lavoro e degli spazi di attesa e di ricezione;
- tre *uffici* (piano terra);
- una *meeting room* e due *uffici* (piano primo);
- una *sala pranzo* per i dipendenti (piano secondo).

In ogni piano è stato costruito anche il *blocco servizi* al fondo della pianta, ma trattandosi appunto di luoghi in cui l'utente vi si reca saltuariamente e in cui non sono previsti dei requisiti minimi di comfort, non è stato tenuto in considerazione per le analisi successive, insieme al piano seminterrato in cui è custodito il parcheggio delle auto e la sala macchine.

DATI CLIMATICI

Il comportamento termico di un edificio varia a seconda della località in cui viene costruito. Un immobile ubicato in Argentina non si comporterà in egual modo se lo costruiamo, con le medesime caratteristiche e proprietà, in Olanda o in Svezia, poiché è fortemente influenzato dal cli-

T.6. Valori di trasmittanza termica dei componenti.

T.7. Caratterizzazione del vetro utilizzato per le finestre.

T.8. Caratterizzazione del dispositivo di schermatura utilizzato.

T.9. Caratterizzazione delle griglie di manutenzione e di sostegno utilizzate.

ma della zona. Perciò è importante avere a disposizione dei dati che ci consentano di poter definire tutte le condizioni al contorno che sono fondamentali in una valutazione di questo tipo. Queste informazioni sono necessarie al fine di inquadrare territorialmente, ambientalmente e soprattutto dal punto di vista climatico e meteorologico, il contesto in cui ci troviamo. Sono state reperite le coordinate del luogo, quale Buenos Aires, insieme ad altre caratteristiche dello spazio, e l'orientamento dell'edificio rispetto al Nord secondo il progetto [T.10], il quale influenza notevolmente l'esposizione delle diverse facciate in base alla posizione del Sole e quindi alla radiazione solare, che a seconda dell'ora e del giorno incide con più o meno intensità sulle vetrate dell'edificio. Secondo questi dati, vengono definiti i periodi in cui iniziano e terminano le stagioni, basandosi sul fuso orario impostato. Trovandoci nell'emisfero australe, rispetto a come siamo abituati, le stagioni risulteranno invertite, così come l'esposizione degli edifici risulterà spesso invertita rispetto alla consuetudine italiana. In sintesi, sono preferibili gli orientamenti a Nord-Ovest e Nord-Est, come precedentemente espresso nella normativa di riferimento argentina.

| Buenos Aires | |
|----------------|------------|
| Latitudine | -34,57 |
| Longitudine | -58,42 |
| Altezza s.l.m. | 6,0 m |
| Orientamento | 30,0° |
| Zona oraria | GMT -03:00 |

T.10. Dati utilizzati della località di Buenos Aires, Argentina.

| | |
|----------------|-----------|
| Inizio inverno | Aprile |
| Fine inverno | Settembre |
| Inizio estate | Ottobre |
| Fine estate | Marzo |

Di fondamentale importanza è stata il reperimento dei dati climatici annuale su base oraria fornito dal sito Energy Plus, i quali contengono le grandezze essenziali per l'analisi, le quali sono: la *temperatura dell'aria esterna*, la *temperatura di rugiada*, l'*umidità relativa*, la *pressione atmosferica*, l'*irraggiamento orizzontale globale* e la *componente orizzontale diffusa e normale diretta*. Inoltre è fornito anche l'andamento delle precipitazioni e del vento. Il file è facilmente scaricabile in formato .epw (energy plus weather file).

DATI DI UTENZA

In un edificio per uffici, il quale è in funzione tutto l'anno per l'intera giornata, gli apporti solari non sono gli unici a contribuire al carico termico dell'edificio. I vari flussi di persone, e l'utilizzo di diverse apparecchiature per lo svolgimento delle attività, contribuiscono anche loro a riscaldare l'ambiente interno per via dei carichi sensibili. Proprio perché anche gli apporti interni infuiscono in maniera sostanziale al riscaldamento delle temperature interne, che può essere un punto a sfavore nelle stagioni estive, si è deciso di inserire dei dati di utenza e di funzionamento delle apparecchiature, secondo dei programmi funzionali di attività, rife-

riti alla normativa *ISO/DIS 18253-1*. I dati si differenziano a seconda del giorno della settimana in cui ci troviamo, seguendo quindi i giorni feriali e quelli festivi. Secondo queste schedature, che variano in base all'attività svolta all'interno di una determinata stanza, è possibile definire più precisamente quali sono gli apporti interni che influenzano gli ambienti per la presenza di persone e apparecchi d'ufficio.

I dati reperiti non sono uguali per tutto l'edificio. Nonostante il CGP sia considerato come destinazione ad uso ufficio, in questo caso viene tenuto conto delle diverse attività che sono svolte nelle varie zone e spazi. La normativa riporta tutte quegli edifici a destinazione d'uso non residenziale, suddivisi in categorie. Per ogni categoria, in questo caso edificio per uffici, sono stati scelti quegli ambienti che sono presenti nel progetto, come:

- ufficio generico;
- meeting room;
- centro stampa;
- mensa

La combinazione di questi tipi, invece di generalizzare, consente di avere una valutazione finale più accurata. Si tiene conto che il CGP sia aperto tutto l'anno, cinque giorni su sette, con un orario che va dalle 08:00 alle 21:00. Qui di seguito verranno mostrati i programmi di occupazione che sono stati utilizzati per i vari ambienti, preceduti da una scheda esemplificativa [Fig. 28] che ne spiega la metodologia di lettura.

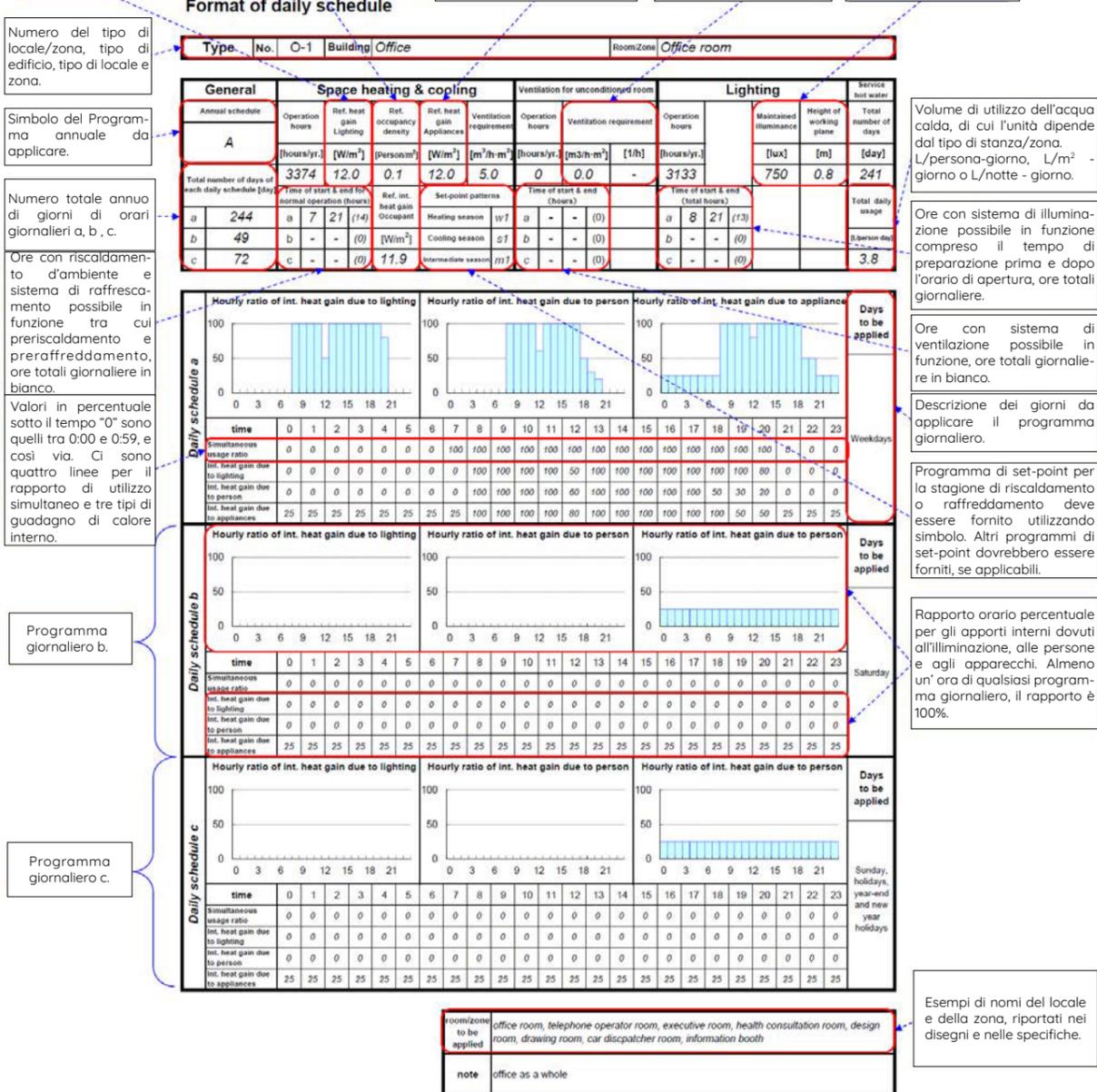
Valore di riferimento degli apporti interni dovuti all'illuminazione, deve essere moltiplicato (0-1.0) per ottenere valori orari.

Valore di riferimento degli apporti interni dovuti alle persone, deve essere moltiplicato (0-1.0) per ottenere valori orari.

Valore di riferimento degli apporti interni dovuti agli apparecchi, deve essere moltiplicato (0-1.0) per ottenere valori orari.

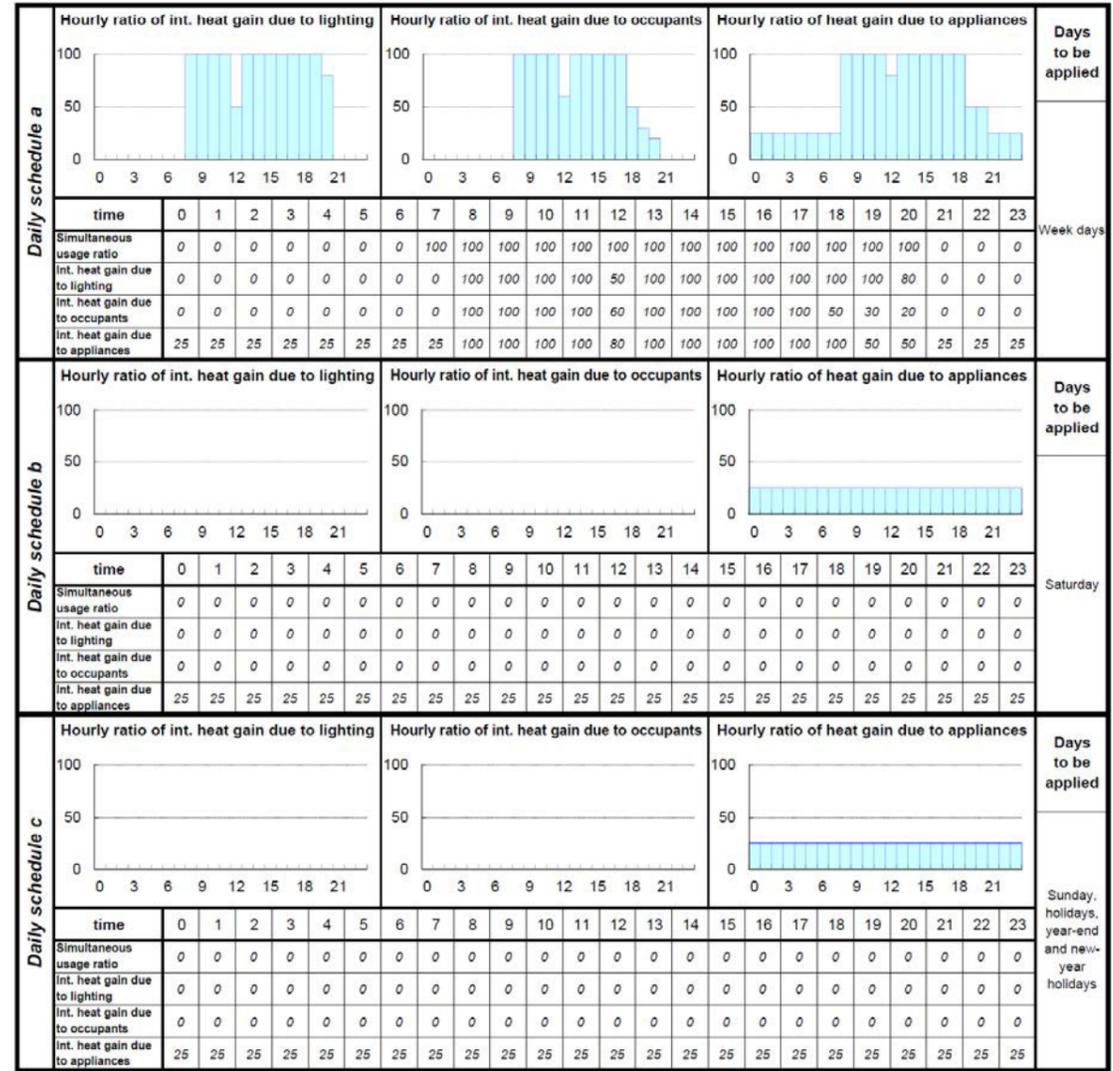
Per le stanze non climatizzate, requisiti di ventilazione nella fornitura di aria esterna o di ricambio dell'aria.

Condizioni di progetto dell'illuminamento, le quali sono indicate usando l'energia è usata per l'illuminazione.



Category No. Of-1 Building Office Space/Zone Office room

| General | Space heating & cooling | | | | | Ventilation for unconditioned space | | | Lighting | | | Domestic hot water | |
|--|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------|
| Annual schedule | Operation hours | Ref. heat gain Lighting | Ref. occupancy density | Ref. heat gain Appliances | Ventilation requirement | Operation hours | Ventilation requirement | Operation hours | Maintained illuminance | Height of working plane | Total number of days | Total daily usage | |
| A | [hours/yr.] | [W/m ²] | [Person/m ²] | [W/m ²] | [m ³ /h·m ²] | [hours/yr.] | [m ³ /h·m ²] | [1/h] | [hours/yr.] | [lux] | [m] | [day] | [person-day] |
| 3374 | 12.0 | 0.1 | 12.0 | 5.0 | 0 | 0.0 | - | - | 750 | 0.8 | 241 | 3.8 | |
| Total number of days of each daily schedule [day] | | | | | | | | | | | | | |
| a | 241 | a | 7 | 21 | (14) | Ref. int. heat gain Occupants | Set-point patterns | Time of start & end (hours) | Time of start & end (total hours) | Total daily usage | | | |
| b | 51 | b | - | - | (0) | [W/m ²] | Heating season w1 | a - - (0) | a 8 21 (13) | [person-day] | | | |
| c | 73 | c | - | - | (0) | 11.9 | Cooling season s1 | b - - (0) | b - - (0) | | | | |
| | | | | | | | Intermediate season m1 | c - - (0) | c - - (0) | | | | |



space/zone to be applied Office as a whole, telephone operator room, executive room, health consultation room, design room, drawing room, car dispatcher room, information booth

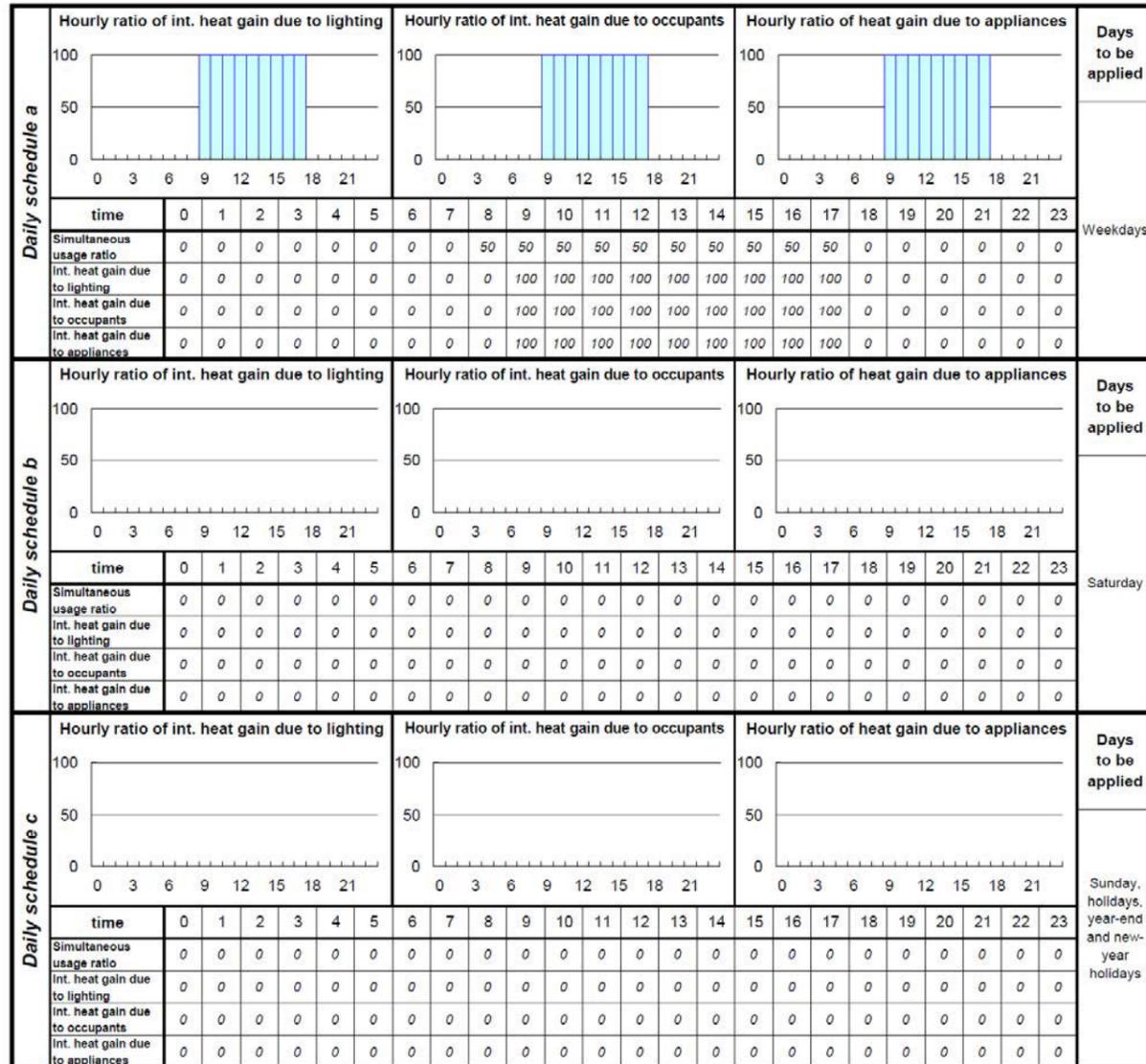
note

Fig. 28. Scheda esemplificativa di lettura per i dati di utenza.

Fig. 29. Dati di utenza e apparecchiature per ambienti ufficio.

| | | | | | | |
|----------|-----|------|----------|--------|------------|--------------|
| Category | No. | Of-3 | Building | Office | Space/Zone | Meeting room |
|----------|-----|------|----------|--------|------------|--------------|

| General | | Space heating & cooling | | | | Ventilation for unconditioned space | | | Lighting | | | Domestic hot water | | | |
|---|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|--------------------|-----|----|-----|
| Annual schedule | Operation hours | Ref. heat gain Lighting | Ref. occupancy density | Ref. heat gain Appliances | Ventilation requirement | Operation hours | Ventilation requirement | Operation hours | Maintained illuminance | Height of working plane | Total number of days | | | | |
| A | [hours/yr.] | [W/m ²] | [Person/m ²] | [W/m ²] | [m ³ /h·m ²] | [hours/yr.] | [m ³ /h·m ²] | [1/h] | [lux] | [m] | [day] | | | | |
| Total number of days of each daily schedule [day] | 2410 | 10.0 | 0.3 | 2.0 | 12.0 | 0 | 0.0 | - | 2169 | 500 | 0.8 | 241 | | | |
| a | 241 | a | 8 | 18 (10) | Ref. int. heat gain Occupants | Set-point patterns | | Time of start & end (hours) | Time of start & end (total hours) | | Total daily usage [L/person·day] | | | | |
| | | | | | Heating season | W1 | a | - | - | (0) | | a | 9 | 18 | (9) |
| | | | | | Cooling season | S1 | b | - | - | (0) | | b | - | - | (0) |
| b | 51 | b | - | - | (0) | 29.8 | Intermediate season | m1 | c | - | - | (0) | | | |
| c | 73 | c | - | - | (0) | | | | | | | | 3.8 | | |

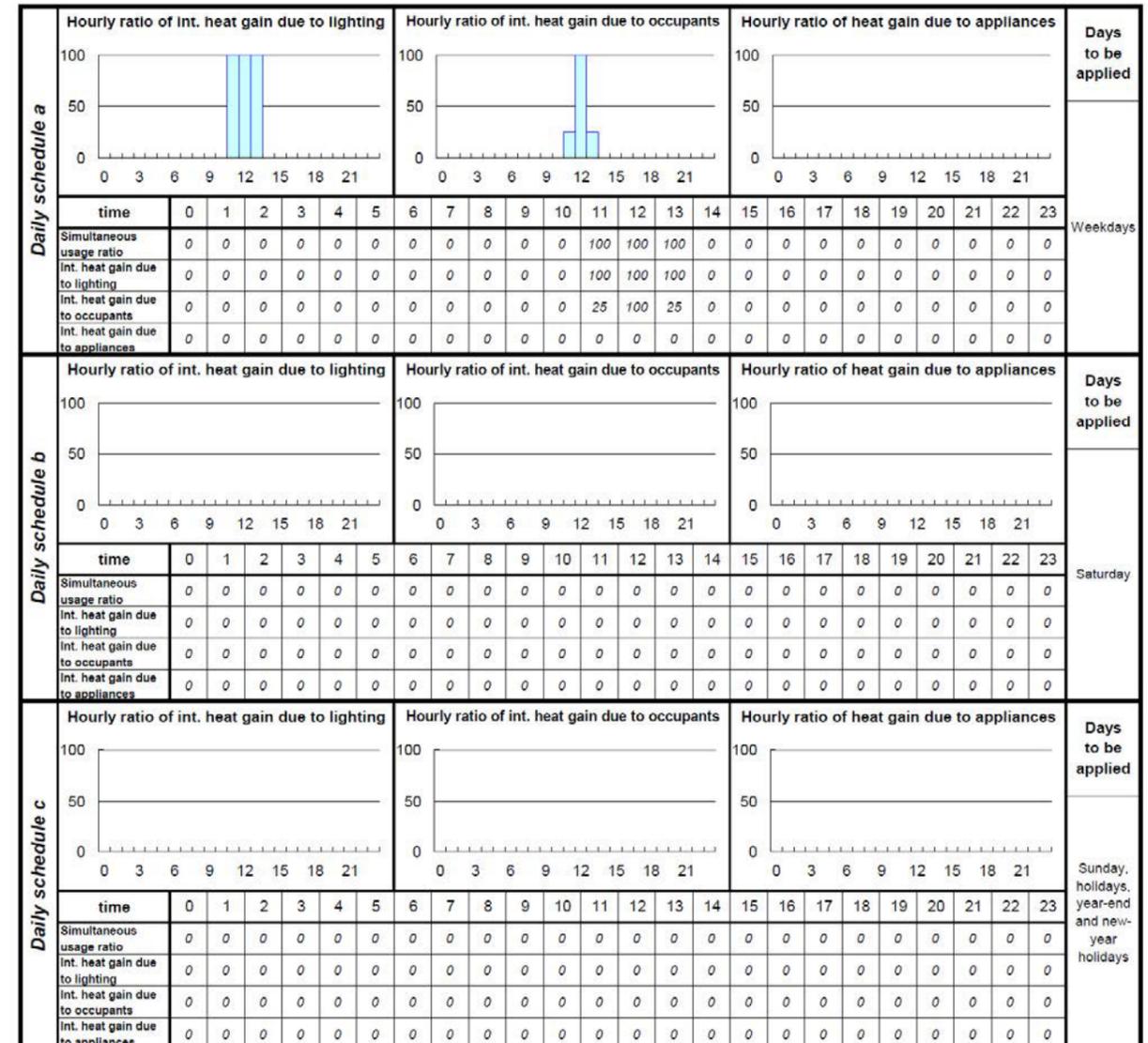


| | |
|--------------------------|--|
| space/zone to be applied | Meeting corner, seminar room, multi-purpose room, assembly room, drawing room, lecture room, conference room |
| note | |

Fig. 30. Dati di utenza e apparecchiature per ambienti adibiti a sale riunioni.
Fonte: ISO/DIS 18253-1.

| | | | | | | |
|----------|-----|------|----------|--------|------------|---------|
| Category | No. | Of-5 | Building | Office | Space/Zone | Canteen |
|----------|-----|------|----------|--------|------------|---------|

| General | | Space heating & cooling | | | | Ventilation for unconditioned space | | | Lighting | | | Domestic hot water | | | |
|---|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|--------------------|------|----|-----|
| Annual schedule | Operation hours | Ref. heat gain Lighting | Ref. occupancy density | Ref. heat gain Appliances | Ventilation requirement | Operation hours | Ventilation requirement | Operation hours | Maintained illuminance | Height of working plane | Total number of days | | | | |
| A | [hours/yr.] | [W/m ²] | [Person/m ²] | [W/m ²] | [m ³ /h·m ²] | [hours/yr.] | [m ³ /h·m ²] | [1/h] | [lux] | [m] | [day] | | | | |
| Total number of days of each daily schedule [day] | 723 | 30.0 | 0.5 | 0.0 | 15.0 | 0 | 0.0 | - | 723 | 500 | 0.8 | 241 | | | |
| a | 241 | a | 11 | 14 (3) | Ref. int. heat gain Occupants | Set-point patterns | | Time of start & end (hours) | Time of start & end (total hours) | | Total daily usage [L/m ² ·day] | | | | |
| | | | | | Heating season | W1 | a | - | - | (0) | | a | 11 | 14 | (3) |
| | | | | | Cooling season | S1 | b | - | - | (0) | | b | - | - | (0) |
| b | 51 | b | - | - | (0) | 59.5 | Intermediate season | m1 | c | - | - | (0) | | | |
| c | 73 | c | - | - | (0) | | | | | | | | 48.0 | | |



| | |
|--------------------------|--------------------------------------|
| space/zone to be applied | Staff canteen, cafeteria, restaurant |
| note | |

Fig. 31. Dati di utenza e apparecchiature per luoghi adibiti a mensa.
Fonte: ISO/DIS 18253-1.

| | | | | | | |
|----------|----|-------|----------|--------|------------|---------------|
| Category | No | Of-18 | Building | Office | Space/Zone | Printing room |
|----------|----|-------|----------|--------|------------|---------------|

| General | Space heating & cooling | | | | | Ventilation for unconditioned space | | | Lighting | | | Domestic hot water |
|---|--|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|----------------------|
| | Annual schedule | Operation hours | Ref. heat gain Lighting | Ref. occupancy density | Ref. heat gain Appliances | Ventilation requirement | Operation hours | Ventilation requirement | Operation hours | Maintained illuminance | Height of working plane | Total number of days |
| A | [hours/yr.] | [W/m ²] | [Person/m ²] | [W/m ²] | [m ³ /h·m ²] | [hours/yr.] | [m ³ /h·m ²] | [1/h] | [hours/yr.] | [lux] | [m] | [day] |
| Total number of days of each daily schedule [day] | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2000 | 27.0 | 10 | 1000 | 500 | 0.8 | 0 |
| | Time of start & end for normal operation (hours) | Ref. int. heat gain Occupants | Set-point patterns | Time of start & end (hours) | Time of start & end (total hours) | | | | | | | Total daily usage |
| a | 241 | a - - (0) | Heating season - | a - - (0) | a - - (0) | | | | | | | - |
| b | 51 | b - - (0) | Cooling season - | b - - (0) | b - - (0) | | | | | | | - |
| c | 73 | c - - (0) | Intermediate season - | c - - (0) | c - - (0) | | | | | | | 0.0 |

| | |
|--------------------------|-----------|
| space/zone to be applied | Copy room |
| note | |

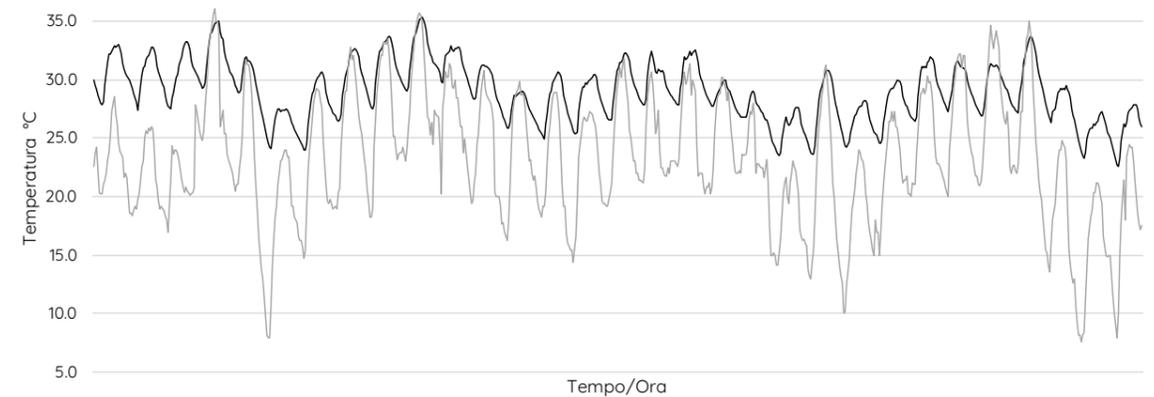
CALCOLO DELLA TEMPERATURA OPERATIVA

Dai risultati ottenuti, si è osservato in primo luogo l'andamento della temperatura operativa interna che sarà il parametro da utilizzare nella valutazione delle condizioni termoigrometriche. Questa temperatura è stata confrontata con la temperatura dell'aria esterna, e si è verificato che tra le due non ci fosse sfasamento, in quanto l'edificio possiede una percentuale di superficie vetrata maggiore rispetto a quella opaca. Il calore assorbito dall'involucro trasparente viene rilasciato all'interno dell'ambiente in maniera immediata. Infatti, a differenza dell'involucro opaco, il vetro non è in grado di accumulare il calore e di rilasciarlo gradualmente durante l'arco della giornata con un ritardo temporale che attenua il calore in entrata riducendolo. Si tratta di una caratteristica che appartiene alle *pareti esterne massive*, e quindi nella nostra condizione non

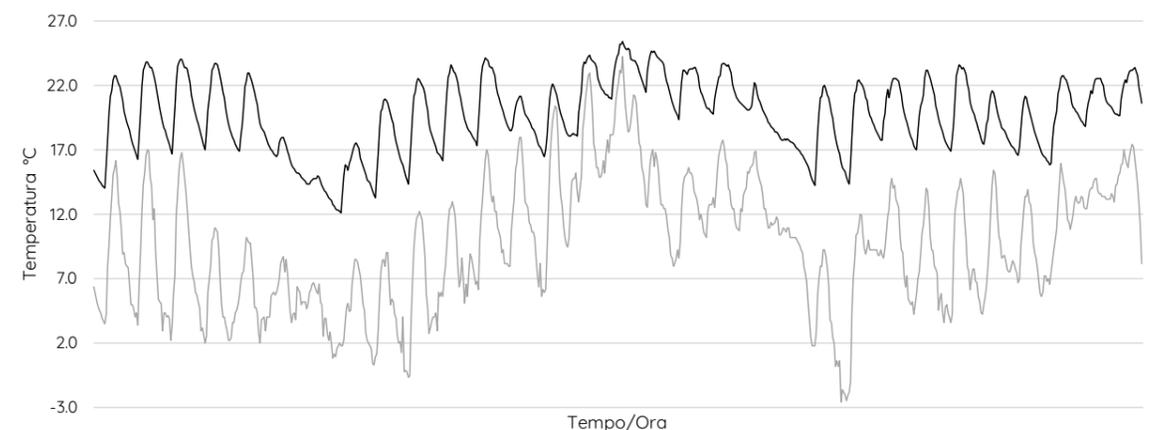
si genera uno sfasamento. Sono stati scelti tre mesi rappresentativi, quali *gennaio* (estivo), *luglio* (invernale) e *ottobre* (intermedio), e due tipi di ambiente: un *ufficio chiuso* al piano terra con orientamento Nord-Est e l'*open space* del primo piano, di cui verranno riportati qui di seguito i grafici [Fig. 33-38]. Si nota come la temperatura operativa sia nettamente più alta di quella dell'aria esterna per tutti i periodi, anche quello più freddo. Le due linee, però, presentano lo stesso andamento. Ovviamente queste considerazioni non bastano per definire meglio le condizioni termoigrometriche e per descrivere il benessere degli utenti, soprattutto in spazi così ampi come gli open space, che andranno integrate successivamente sulla base delle equazioni che sono state descritte [E1].

Fig. 32. Dati di utenza e apparecchiature per luoghi adibiti a centro stampa.
Fonte: ISO/DIS 18253-1.

Gennaio (estate) - ufficio piano terra



Luglio (inverno) - ufficio piano terra



Ottobre (intermedio) - ufficio piano terra

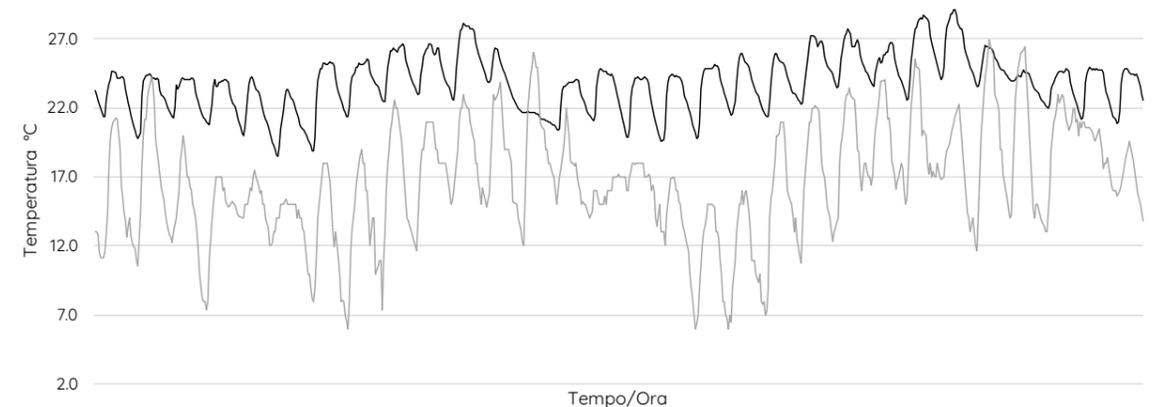


Fig. 33. Grafico delle temperature di gennaio.

Fig. 34. Grafico delle temperature di luglio.

Fig. 35. Grafico delle temperature di ottobre.

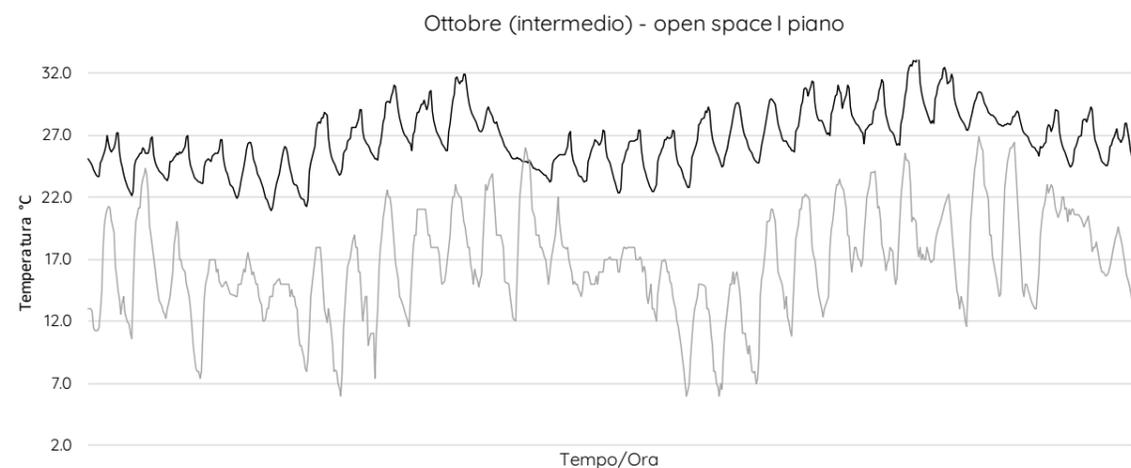
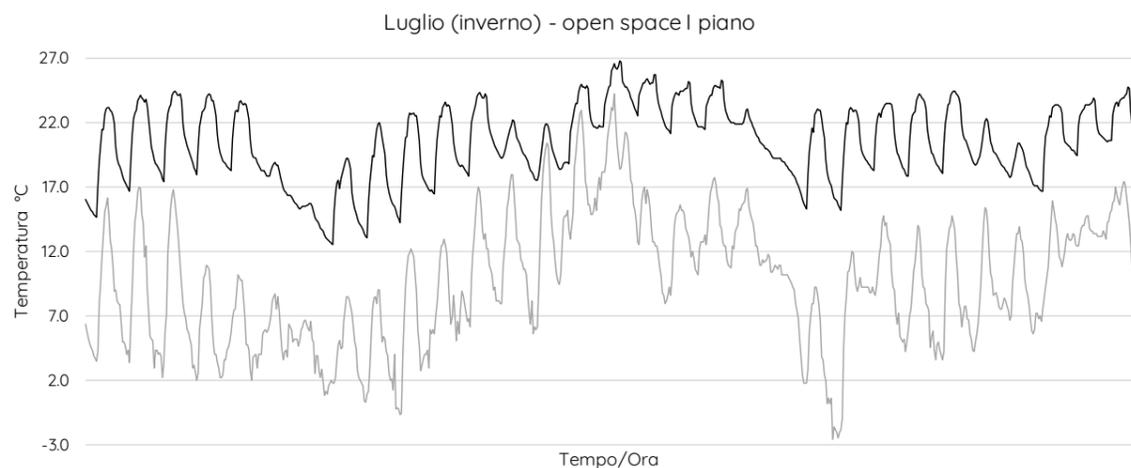
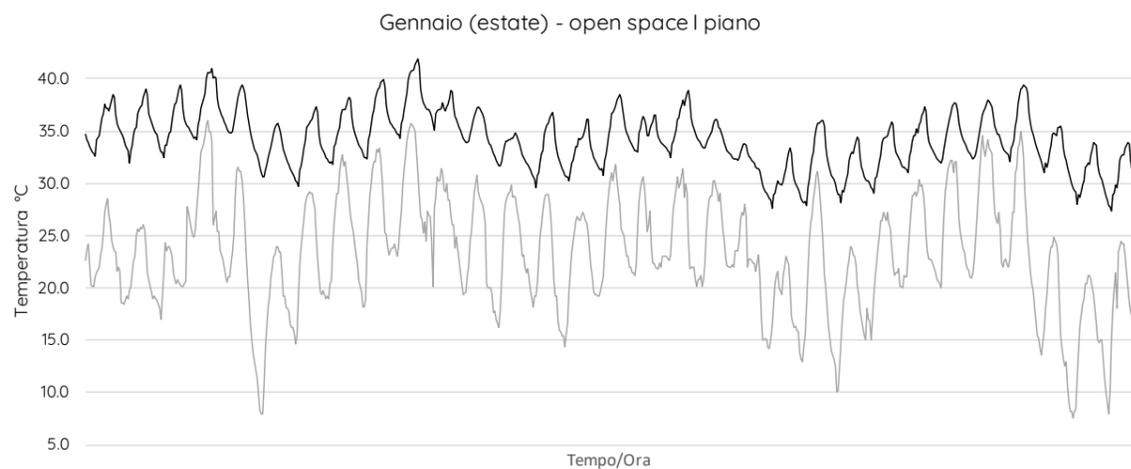


Fig. 36. Grafico delle temperature di gennaio.

Fig. 37. Grafico delle temperature di luglio.

Fig. 38. Grafico delle temperature di ottobre.

ANALISI DEI RISULTATI

I risultati seguenti tengono conto della composizione geometrica dell'edificio, delle sue componenti orizzontali e verticali, di chiusura e di partizione, delle aperture con le rispettive caratteristiche dell'involucro trasparente e la configurazione delle schermature, di tutti quei parametri fondamentali alla caratterizzazione del sito di progetto, come i dati climatici, dei dati di utenza e dei profili di utilizzo dell'illuminazione e delle apparecchiature, fino ad arrivare all'utilizzo delle finestre quindi alla loro apertura da parte dell'utente, che interagisce col sistema, quando la sua sensazione di benessere non è soddisfatta.

Dato che le aree principali da cui è formata la struttura sono gli open space, poiché non si voleva vincolare l'ufficio all'interno di alcune pareti, ma renderlo flessibile in base alle occasioni e migliorare la circolazione, l'analisi dei risultati è stata strutturata osservando alcune zone "campione" dell'open space in base agli orientamenti e ai piani. In aggiunta, sono analizzate anche alcune stanze, adibite ad ufficio, che invece sono chiuse, per comprendere il comportamento dell'edificio a 360°. Si ricorda che le condizioni sono state valutate ad impianto spento, in una situazione di *floating* dell'aria, al fine di ottenere delle condizioni di benessere termoigrometrico anche senza l'utilizzo della climatizzazione.

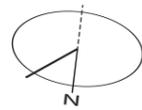
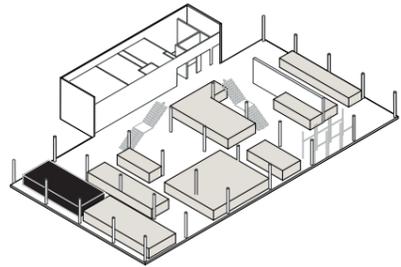
Il grafici riportati [Fig. 39-47] mostrano l'andamento della *temperatura operativa* rispetto alla *running mean temperature*. È evidente come per determinati valori dell'aria esterna calcolata, corri-

spondano dei valori più alti di temperatura operativa interna, con un conseguente superamento del limite superiore che confina l'intervallo di accettabilità di temperatura dell'aria operativa interna. Ciò probabilmente è dovuta a un "effetto forno" che si manifesta nell'ambiente interno dell'edificio, come spesso può accadere in edifici che risultano essere completamente vetrati.

L'analisi è stata svolta su tutto l'arco dell'anno, dal 1 gennaio al 31 dicembre, ma la valutazione delle condizioni termoigrometriche verterà su quei mesi intermedi in cui sarebbe bene evitare l'uso dell'impianto di climatizzazione. Pertanto la percentuale di discomfort è stata calcolata su un periodo che va dal 01 marzo al 30 aprile e dal 01 ottobre al 30 novembre. Come previsto, risulterà una elevata quantità di apporti solari dovuta alle enormi superfici vetrate, che contribuiranno a mantenere molto elevata la temperatura operativa interna durante le calde stagioni. I grafici sono stati elaborati con l'aiuto del Dipartimento di Energia del Politecnico di Torino, e sono fondati sulle equazioni [E1-E3] descritte nei paragrafi iniziali, con riferimento alla normativa UNI EN 16798-1. Sono stati estratti i dati orari della *temperatura operativa interna* che sono stati calcolati durante la simulazione col software DesignBuilder.

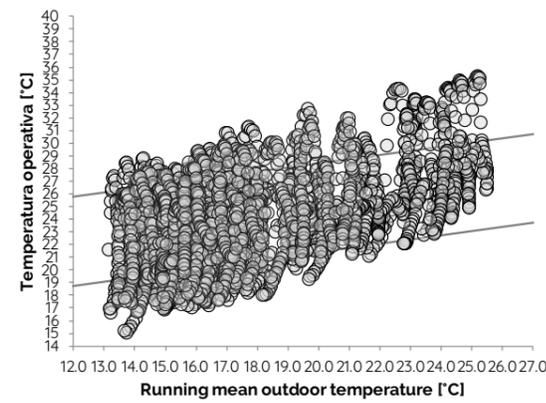
La temperatura dell'aria esterna è servita a definire in un primo momento la *running mean temperature* [E1] e, una volta ricavata questa, i *limiti inferiore e superiore* [E2] per circoscrivere l'intervallo delle *temperature di comfort* secondo la *categoria media* (II) e la

PIANO TERRA

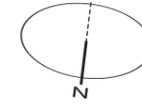
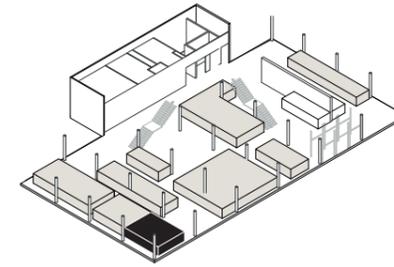


34,7% ORE DI DISCOMFORT

AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE

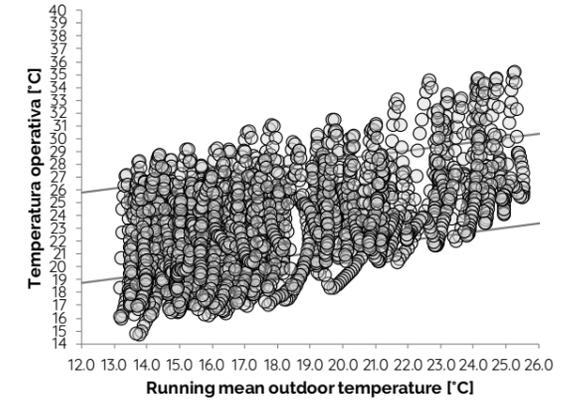


PIANO TERRA

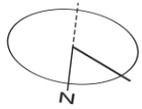
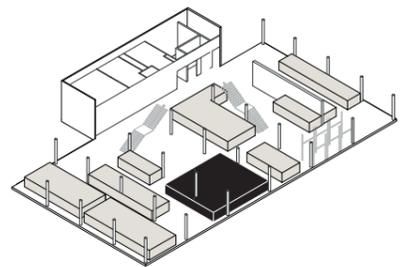


25,8% ORE DI DISCOMFORT

UFFICIO STAMPA

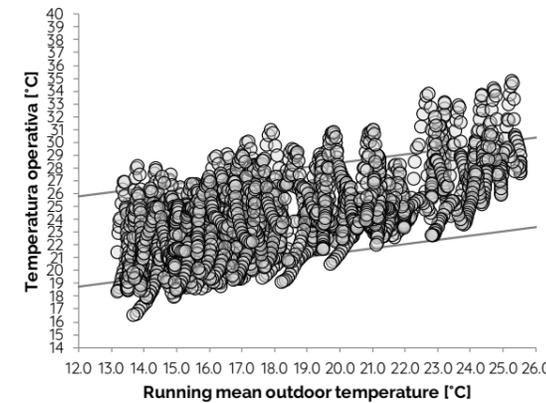


PIANO TERRA

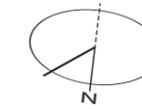
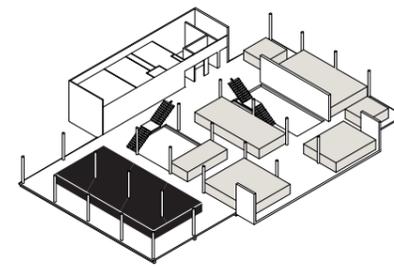


16,0% ORE DI DISCOMFORT

AREA UFFICI CONSEGNA CARTE

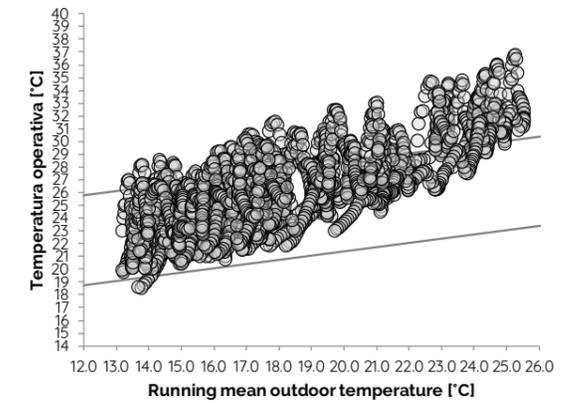


PIANO PRIMO

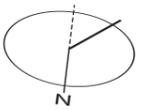
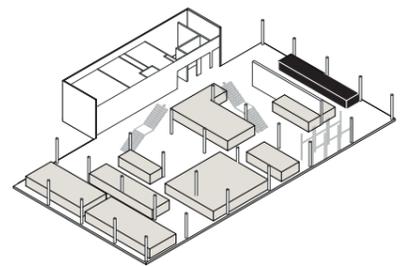


32,3% ORE DI DISCOMFORT

AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE

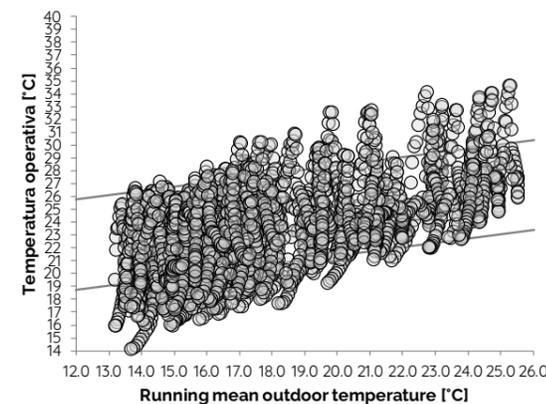


PIANO TERRA

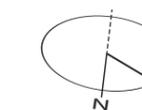
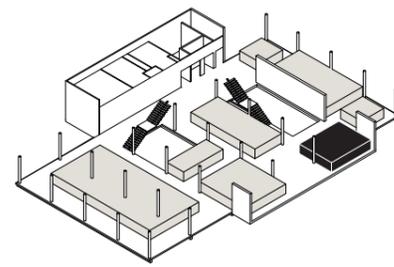


20,0% ORE DI DISCOMFORT

AREA CAFFETTERIA



PIANO PRIMO



66,0% ORE DI DISCOMFORT

SALA CONFERENZA

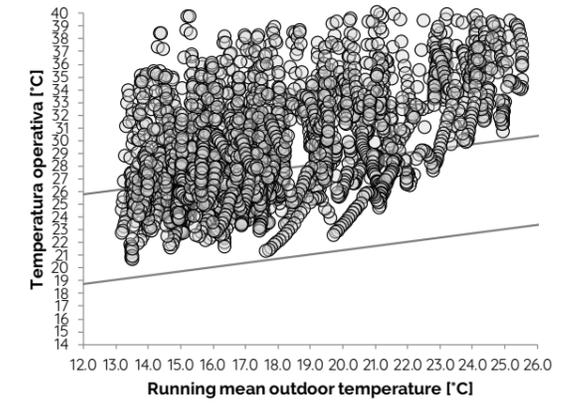


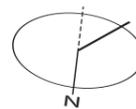
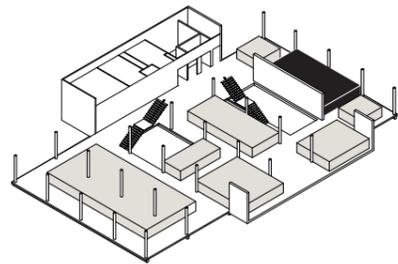
Fig. 39-40-41. Grafici delle ore di discomfort in base all'area e/o ufficio, piano e orientamento.

○ Marzo 01 - Aprile 30
 ○ Ottobre 01 - Novembre 31
 — Comfort: Limite superiore
 — Comfort: Limite inferiore

Fig. 42-43-44. Grafici delle ore di discomfort in base all'area e/o ufficio, piano e orientamento.

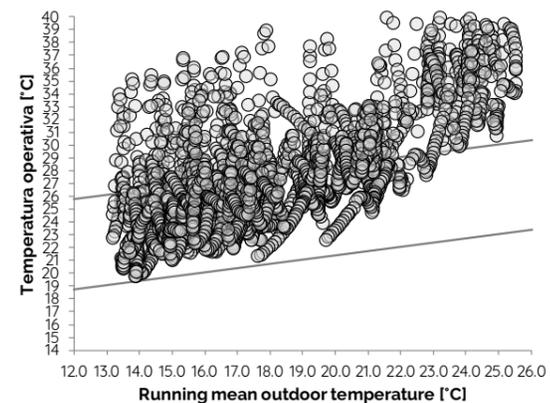
○ Marzo 01 - Aprile 30
 ○ Ottobre 01 - Novembre 31
 — Comfort: Limite superiore
 — Comfort: Limite inferiore

PIANO PRIMO

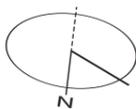
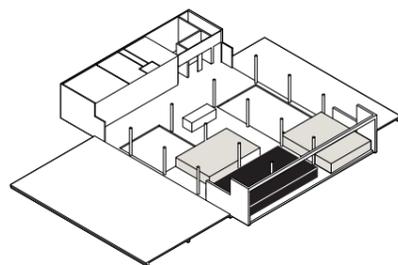


41,7% ORE DI DISCOMFORT

AREA UFFICI DNI

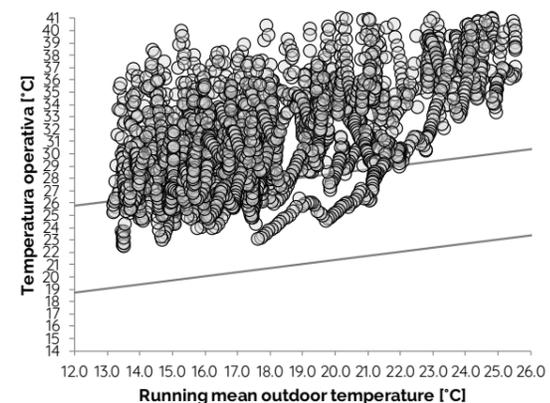


PIANO SECONDO

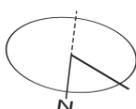
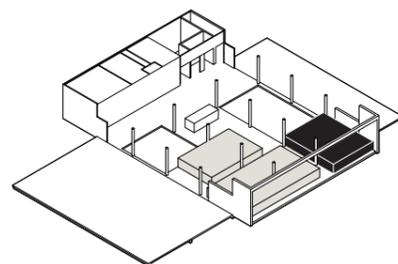


80,7% ORE DI DISCOMFORT

AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

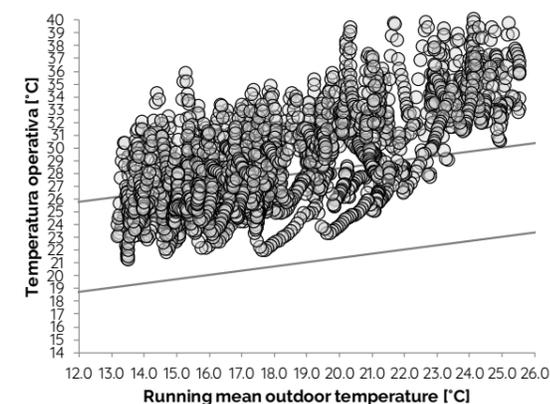


PIANO SECONDO



53,3% ORE DI DISCOMFORT

SALA MENSA



temperatura operativa ottimale [E3]. Inoltre sono state considerate solo quelle ore in cui c'è occupazione all'interno dell'edificio. Questo avviene poiché il benessere termoisometrico è una condizione strettamente legata agli occupanti e al loro comfort quando sono presenti all'interno di un ambiente in quanto la temperatura operativa viene definita come "la temperatura che viene percepita dal corpo umano in un ambiente".

Secondo le aree e gli spazi esaminati, possiamo sottolineare come le ore di discomfort aumentino salendo di piano. Ciò è dovuto probabilmente al fatto che l'aria calda tende a salire, e inoltre il secondo piano risulta completamente privo di schermature. La situazione viene aggravata dal fatto che il lato lungo dell'edificio è orientato a Nord-Ovest, che è appunto l'esposizione in cui andrebbero utilizzati maggiormente dei dispositivi di ombreggiatura. Già dal primo piano le ore di discomfort risultano almeno uguali al 50% del tempo, per tutti gli orientamenti, fatta eccezione per l'area uffici della motorizzazione con esposizione Nord-Est.

L'orientamento a Sud-Ovest risulta quello meno critico. Per esempio, nonostante non sia schermato al piano terra, la sua percentuale rimane intorno al 20%, poco più alta rispetto all'area uffici consegna carte con esposizione Nord-Ovest (16% ore di discomfort), dove invece sono presenti i pannelli in acciaio microforato e in alcune ore del giorno, il blocco aggettante schermo parte della facciata sottostante. Gli ambienti peggiori, come accennato, sono quelli dell'ultimo piano, con valori tra il 53,3% e l'80,7%, insieme alla sala conferenza con una percentuale

del 66% di ore di discomfort.

Da queste analisi possiamo evincere come ci sia una necessità di schermare maggiormente la facciata a Nord-Ovest per evitare che la radiazione solare colpisca la superficie vetrata. Allo stesso modo, sarebbe utile integrare o modificare i pannelli in corten progettati in fase iniziale, con dei sistemi che siano più adeguati al controllo del carico termico in un edificio con una superficie trasparente così ampia, per la quale sarebbe opportuno utilizzare degli elementi più efficienti, vista la quantità di calore che si accumula all'interno.

Per meglio capire il fenomeno, è stata presa in esame una settimana di riferimento dello stesso mese, 14 - 20 gennaio, per analizzarne gli effetti. Come mostra la [Fig. 49] l'andamento della radiazione solare incidente è il primo fattore che influenza gli apporti solari. Infatti notiamo già dal grafico della [Fig. 50] come gli apporti dovuti alla presenza di finestre esterne, siano maggiori nei giorni in cui vi è una maggiore intensità della radiazione e viceversa. Si nota inoltre come l'utilizzo dell'illuminazione e delle apparecchiature ha un'incidenza minore rispetto alla radiazione solare, ma contribuisce in parte al surriscaldamento interno. Sappiamo come l'utilizzo di della luce artificiale sia costante durante tutto l'anno, essendo una condizione impostata secondo un profilo di utilizzo, quindi può servire da ulteriore spunto per una riduzione dell'utilizzo di energia per l'illuminazione da ripensare in una fase successiva.

Paragonando poi il primo piano con il secondo piano [Fig. 51] è evidente come vi sia un accumulo maggiore di calore

Fig. 45-46-47. Grafici delle ore di discomfort in base all'area e/o ufficio, piano e orientamento.

○ Marzo 01 - Aprile 30
 ○ Ottobre 01 - Novembre 31
 — Comfort: Limite superiore
 — Comfort: Limite inferiore

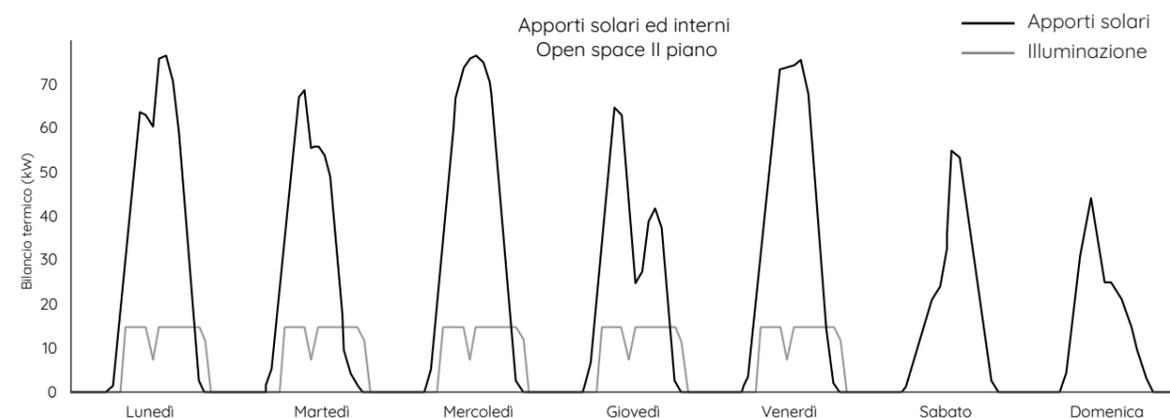
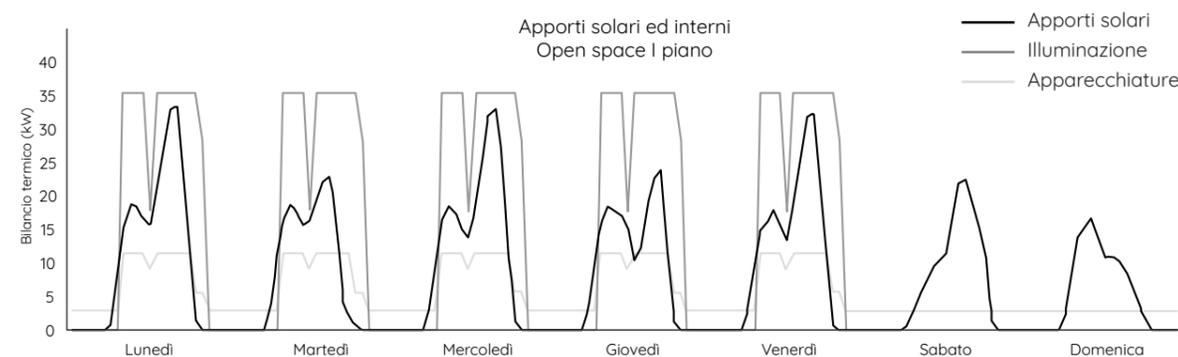
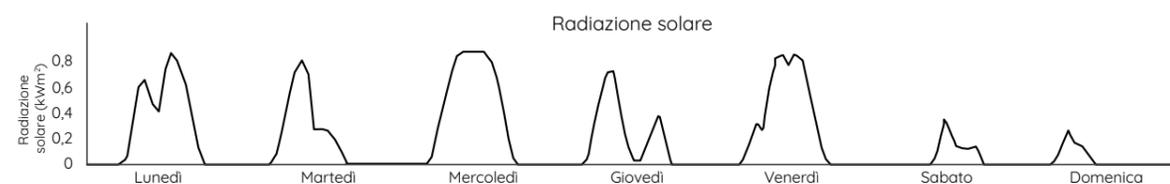
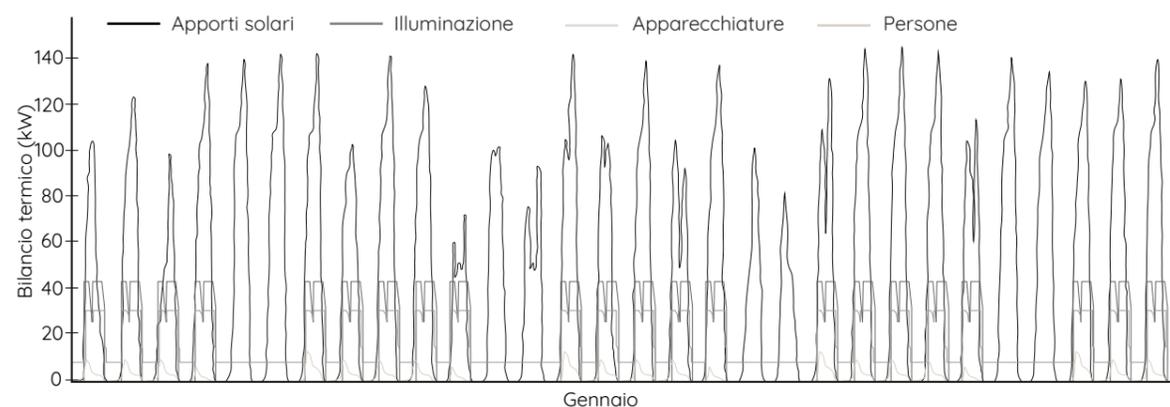


Fig. 48. Grafico degli apporti solari ed interni del mese di gennaio.

Fig. 50. Grafico della variazione degli apporti esterni ed interni nel primo piano, periodo 14 - 20 gennaio.

Fig. 49. Incidenza della radiazione solare nel periodo 14 - 20 gennaio.

Fig. 51. Grafico della variazione degli apporti esterni ed interni nel secondo piano, periodo 14 - 20 gennaio.

dovuto agli *apporti esterni* con un elevato picco nelle ore centrali della giornata. Ciò probabilmente è da ricollegare al fatto che la posizione del Sole raggiunge la sua massima altezza alle ore 12:00, e in cui la radiazione solare è più intensa per un via di un minor angolo di incidenza dei raggi solari. Inoltre i lucernari, posti sul tetto piano, consentono alla radiazione solare di colpirli trasferendo ancor più calore all'interno dell'edificio. In questo caso i lucernari non dispongono di nessun tipo di sistema ombreggiante o di un particolare vetro a controllo solare che ne riduca l'immissione all'interno.

ANALISI DELLE CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE NATURALE

Il CGP ospita funzioni d'ufficio e al servizio del cittadino, che può usufruirne nei giorni feriali della settimana dalle 8 alle 21, per tutto l'anno.

In questa fase, come per le condizioni termoigrometriche, l'obiettivo è stato quello di verificare le condizioni di illuminazione naturale risultanti dallo stato di fatto del progetto così come sviluppato durante il corso di *Trabajo Final de Carrera*, e la loro risposta a esigenze e requisiti di comfort visivo degli occupanti in rapporto alle attività che sono svolte. Per la verifica delle condizioni di illuminazione naturale viene utilizzato il software *Dialux*. Verrà illustrata la metodologia che si è seguita per giungere ai risultati secondo i criteri di modellazione e di calcolo per trarne le conclusioni finali che serviranno a indirizzare le successive scelte progettuali. L'obiettivo è quello

di determinare e valutare le condizioni in tutto l'edificio, scegliendo delle zone campione e rappresentative rispetto alle attività che si svolgono, grazie alle quali si possa descrivere tutta la condizione generale dell'edificio. Con questa simulazione si vuole valutare il contributo dell'illuminazione naturale nelle aree di lavoro valutando il fattore medio di luce diurna e l'illuminamento medio. La luce naturale è molto variabile durante tutto l'anno, e non sempre quindi sarà possibile garantire i requisiti minimi di illuminamento con il solo utilizzo di questa, ma bisogna integrarla con l'uso di luce artificiale. Si vogliono pertanto analizzare le condizioni di illuminamento in alcuni istanti dell'anno e secondo alcune condizioni di cielo come momenti rappresentativi di alcune situazioni che si possono verificare, al fine di capire l'andamento della prestazione e la dinamica della luce naturale e confrontarla con i requisiti del compito visivo.

Le analisi dello stato di fatto del progetto saranno anche utili al fine di progettare adeguatamente i nuovi dispositivi schermanti da utilizzare, poiché riusciranno ad evidenziare ulteriori criticità del progetto, in ambito visivo, oltre a quello termico. Così facendo si possono delineare le strade da seguire per il miglioramento del benessere degli occupanti. In questo modo si vogliono ottimizzare le condizioni di illuminazione negli ambienti di lavoro, che conseguentemente miglioreranno il benessere dell'utente, in termini di salute e di facilitazione dello svolgimento delle attività. Queste analisi serviranno anche a beneficiare di un giusto quantitativo di luce naturale per ridurre il consumo di energia primaria dovuto

to all'illuminazione artificiale, riducendo l'impatto ambientale dell'edificio.

CARATTERIZZAZIONE DEL MODELLO

Sulla base del progetto mostrato nel primo capitolo, esso è stato modellato in DiaLUX per poter effettuare delle prime analisi dell'illuminamento all'interno degli ambienti e sviluppare delle valutazioni.

Il modello è composto di tutti i suoi spazi, con i rispettivi vani scala e lucernari nel tetto piano, fatta eccezione per il blocco servizi al fondo dell'edificio che non è oggetto di valutazione, in quanto non vi si svolgono delle attività lavorative.

Sono stati utilizzati come input i dati della località di progetto, che corrisponono a 34°36' S, 58°22' O per Buenos Aires, e il contesto del sito, per verificare l'ombreggiamento da parte di alcune ostruzioni presenti. Per quanto riguarda l'involucro esterno, le vetrate sono rappresentate secondo un modulo di 1,50 m, presentando un'altezza di 4,00 m e intervallate da dei traversi posti ogni 1,30 m di altezza. L'edificio presenta, come accennato, due lucernai che preannunciano degli spazi a tutta altezza per permettere alla luce di penetrare fino al piano terra. Tutti i tipi di vetro utilizzati (sia verticali che orizzontali sul tetto) sono stati considerati come vetrocamera (non essendo stati approfonditi durante il corso di TFC) con un coefficiente di trasmissione luminosa $T_L=0,74$ [T. 11]. Non potendo però inserire i pannelli microforati, in quelle aperture in cui è previsto il loro utilizzo, il coefficiente

di T_L del vetro è stato calcolato tenendo conto della permeabilità del pannello alla luce naturale, quindi con un coefficiente T_L che sia pari a 0,30 [T. 12].

Pertanto le aperture sono così configurate:

| Vetrocamera | |
|---------------------------|------|
| T_L [-] | 0,74 |
| ρ_L [-] | 0,15 |
| Vetrocamera + schermatura | |
| T_L [-] | 0,30 |
| ρ_L [-] | 0,15 |

Al modello sono stati inoltre applicati i materiali con i rispettivi coefficienti di riflessione in base al tipo [T. 13]. Principalmente sono state applicate delle texture solo per i rivestimenti delle chiusure esterne e delle partizioni interne, sia verticali che orizzontali, e per i pannelli divisorii. Nelle tabella seguente vengono mostrati i valori utilizzati per ogni superficie.

| Materiale | Coefficiente riflessione |
|--------------------------|--------------------------|
| Cemento (pavimento) | 35% |
| Cemento (pareti) | 45% |
| Cemento (colonne) | 45% |
| Legno (pannelli) | 55% |
| Metallo (controsoffitto) | 70% |

T. 11. Caratteristiche del vetro utilizzate per la valutazione.

T. 12. Caratteristiche del vetro in combinazione con la schermatura utilizzate per la valutazione.

T. 13. Caratterizzazione dei materiali dell'edificio con i rispettivi coefficienti di riflessione.

CONDIZIONI CLIMATICHE DI ANALISI

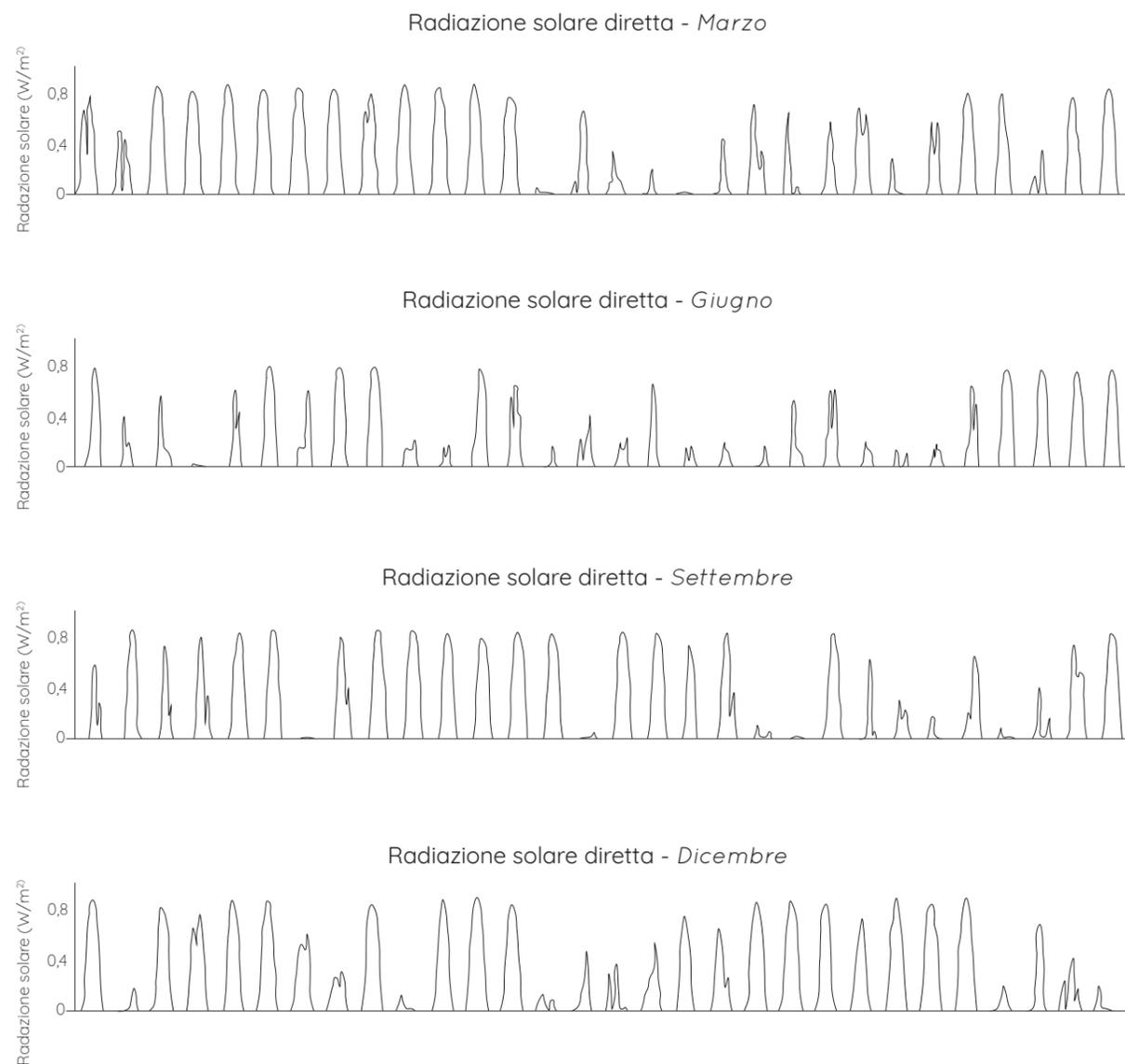
Fondamentale è stata la scelta degli istanti temporali per effettuare le simulazioni. Infatti, la quantità di luce diurna in un edificio varia sì in base all'orientamento, ma anche a quelle condizioni esterne che risultano variabili a secondo del periodo dell'anno e delle condizioni del cielo che si modificano continuamente. Per osservare, quindi, più momenti possibili dell'anno, trattandosi di un approccio *point in time* su base annua ma non continua, gli intervalli scelti sono quelli dei rispettivi solstizi, estivo (*dicembre*) e invernale (*giugno*) per evidenziare le ore in cui il Sole si trova nella posizione di massima o minima altezza. Per avere anche dei valori intermedi tra i due solstizi, si è scelto di analizzare le situazioni relative ai due equinozi (*marzo e settembre*). La posizione del Sole, però, non varia solo durante l'anno, ma anche durante la giornata. Per questo si sono selezionati anche diverse ore del giorno, che corrispondono alle ore 09:00 am, 12:00 pm, 03:00 pm con l'aggiunta delle ore 06:00 pm per i mesi estivi in cui la disponibilità di luce diurna è maggiore. Così facendo tutte le facciate risultano esposte alla radiazione solare diretta all'interno della simulazione.

Durante l'anno le condizioni di cielo non rimangono mai costanti, ma si modificano per la presenza di diversi agenti atmosferici. Le nuvole nel cielo cambiano notevolmente la quantità e l'intensità della radiazione solare che giunge sulla Terra, che di conseguenza riduce la quantità di luce in entrata nell'ambiente. Al fine

di avere una valutazione generale della condizioni di illuminazione, è importante avere coscienza di questi fenomeni quotidiani, e quindi considerare i periodi di tempo in cui è presente un cielo sereno e quando invece risulta essere coperto. Le condizioni di cielo quindi risultano essere due. Il modello di cielo sereno presenta una distribuzione di luminanza che dipende dalla posizione del Sole; le porzioni di cielo più vicine ad esso hanno quindi una luminanza maggiore. Si utilizza inoltre il modello di cielo coperto che risulta essere più semplice ed approssimato con una luminanza uniforme, così da ottenere un quadro generale dell'illuminazione naturale nelle due condizioni estreme.

Attraverso l'osservazione del grafico dell'intensità della radiazione solare nei mesi selezionati [Fig. 52], estrapolato dal software DesignBuilder secondo i dati climatici del luogo i quali sono stati inseriti come dati di input, si è stabilito quali fossero i mesi con più giorni di cielo coperto. Dall'analisi sono state ricavate le percentuali di cielo sereno e coperto, stabilendo così in quali mesi analizzare le condizioni di illuminazione anche con il cielo coperto.

Dall'analisi ne consegue la scelta di tutti gli istanti temporali utilizzati per le valutazioni, che verranno riportati nella tabella di seguito [T. 14].



| Mese | Giorni cielo coperto | [%] |
|-----------|----------------------|-----------|
| Marzo | 7/31 | 22 |
| Giugno | 16/30 | 56 |
| Settembre | 8/30 | 26 |
| Dicembre | 9/31 | 29 |

Fig. 52. Grafici dell'andamento della radiazione solare diretta nei rispettivi mesi, rielaborati dal software DesignBuilder.

| Mese | Giorno | Ora | Cielo |
|-----------|--------|-------|------------------|
| Marzo | 21 | 9 am | Sereno |
| Marzo | 21 | 12 pm | Sereno |
| Marzo | 21 | 3 pm | Sereno |
| Giugno | 21 | 9 am | Sereno e coperto |
| Giugno | 21 | 12 pm | Sereno e coperto |
| Giugno | 21 | 3 pm | Sereno e coperto |
| Settembre | 21 | 9 am | Sereno |
| Settembre | 21 | 12 pm | Sereno |
| Settembre | 21 | 3 pm | Sereno |
| Settembre | 21 | 6 pm | Sereno |
| Dicembre | 21 | 9 am | Sereno |
| Dicembre | 21 | 12 pm | Sereno |
| Dicembre | 21 | 3 pm | Sereno |
| Dicembre | 21 | 6 pm | Sereno |

La simulazione verrà quindi effettuata su tutte le superfici di interesse, mostrate in seguito, seguendo i raggruppamenti delle attività svolte in quelle determinate scrivanie, e per gli istanti descritti precedentemente, al fine di valutare l'illuminamento medio delle aree di lavoro che hanno *grande influenza su come le persone percepiscono ed eseguono il compito visivo in modo rapido, sicuro e confortevole*. Il calcolo è effettuato su superfici orizzontali poste ad una altezza di 0,85 m da terra.

I dati raccolti sono stati elaborati in delle tabelle, una per ogni superficie di calcolo. Sono stati riportati i dati di illuminamento secondo le diverse ore del giorno e i diversi mesi dell'anno selezionati, tenendo anche conto dei diversi tipi di cielo. I risultati ottenuti dalle analisi sono stati poi evidenziati e suddivisi in base a quei

valori che risultano essere troppo bassi, o troppo elevati. Nonostante non esistano degli indicatori per affermare se ci sia o meno rischio di abbagliamento secondo i valori di illuminamento medio, si tiene in considerazione che nei punti in cui $E_m > 3000$ lx possano verificarsi delle situazioni di disagio, e si ritiene come adeguata la fascia 100-3000 lx come intervallo stabilito in base alla preferenza e al comportamento degli occupanti degli uffici, che indica il livello che può produrre percezione visiva e idoneità al lavoro. Si tratta dell'indice *UDI, Useful Daylight Illuminance*, proposto nel 2005 ($100 \text{ lx} < \text{UDI} < 2500 \text{ lx}$) e recentemente aggiornato dallo stesso J. Mardaljevic, che delimita la soglia oltre la quale la luce naturale potrebbe creare disagio visivo e termico. Pertanto questa costituisce solo la base di partenza per indagini più approfondite.

T. 14. Istanti temporali scelti per la valutazione delle condizioni di illuminazione naturale.

VALUTAZIONE DEL FATTORE MEDIO DI LUCE DIURNA E DELL'ILLUMINAMENTO MEDIO

Per valutare le condizioni di illuminazione naturale il parametro principale da analizzare è il fattore medio di luce diurna, il quale fornisce indicazioni circa la luce naturale disponibile all'interno dell'ambiente, secondo le aperture presenti nell'edificio e le sue caratteristiche.

Per valutare L'FLD_m in tutto l'edificio, sono state scelte le aree più rappresentative, come anche per le analisi successive, secondo l'orientamento, quindi l'esposizione, il numero di piano e l'attività svolta, così che si analizzino tutte le tipologie di spazi presenti nell'edificio.

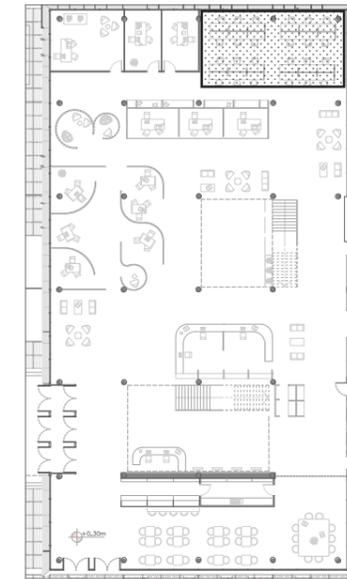
Come abbiamo visto, in normativa non viene specificato un requisito minimo di valore di fattore medio di luce diurna per uffici, ma possiamo assimilare queste aree di lavoro a delle sale professori nell'edilizia scolastica, il cui valore minimo da rispettare secondo la normativa italiana (illustrata nel secondo capitolo) è $\geq 2\%$, che corrisponde ad una buona disponibilità della luce naturale in ambiente.

Questo passaggio stabilisce solo il punto iniziale della valutazione delle condizioni di illuminazione. Il fattore medio di luce diurna, come accennato, risulta insufficiente a descrivere adeguatamente le condizioni di illuminazione naturale nell'ambiente interno, e pertanto sarà integrata con un'analisi dell'illuminamento medio e dell'osservazione della distribuzione della luce naturale del compito visivo. In questo modo si può avere un quadro dettagliato dell'area in analisi calcolando come si distribuisce la luce nello

spazio e come può questa interferire con l'attività svolta dagli occupanti.

Nelle pagine successive è pertanto riportato il valore del fattore di luce diurna medio calcolato con lo strumento DiaLUX per le diverse aree.

PIANO TERRA



Attività: lavoro d'ufficio

Superficie:

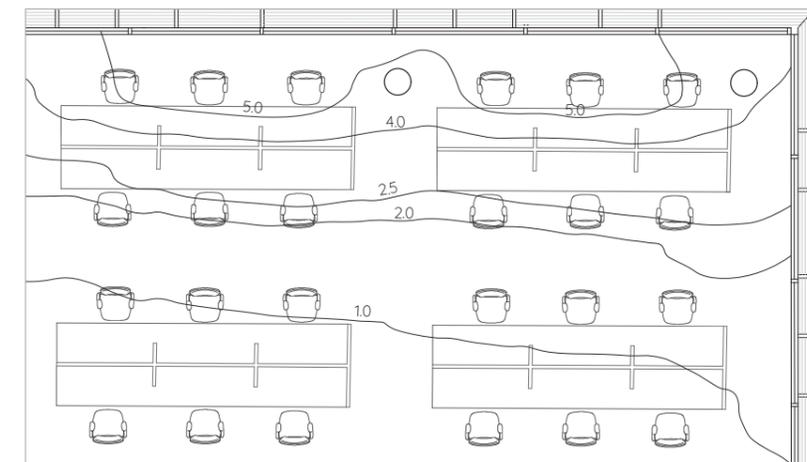
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)

Riflessione luminosa = 15%

Fattore solare = 69%

Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

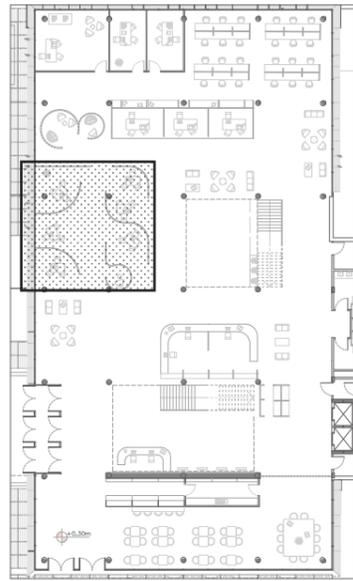
VERIFICA DEL FLD_M NELL'AREA DI LAVORO AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE COMUNALE



FLD_m = 2,3 % > 2%

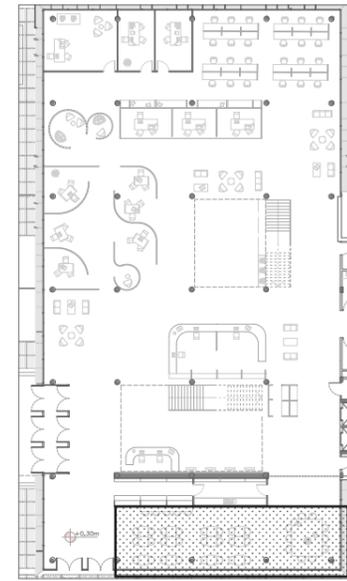
il valore rispetta i valori limite per un'adeguata illuminazione dell'ambiente.

PIANO TERRA



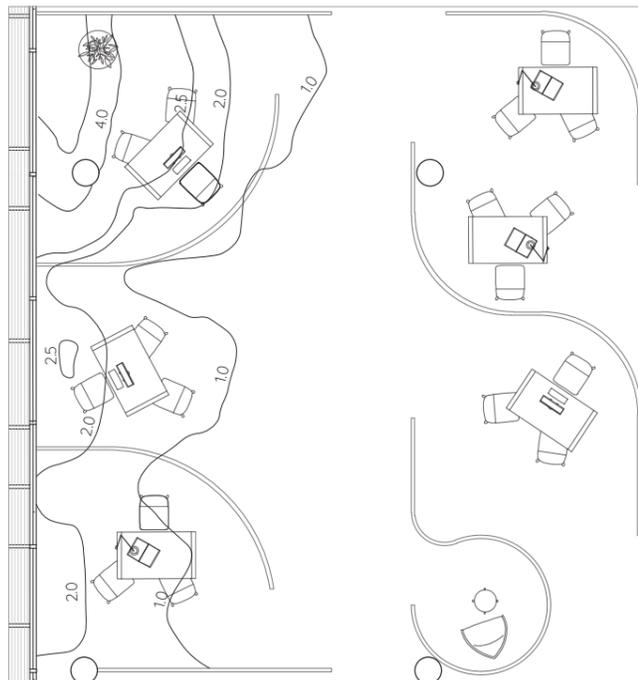
Attività: lavoro d'ufficio
 Superficie:
Caratteristiche luminose
 Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)
 Riflessione luminosa = 15%
 Fattore solare = 69%
 Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

PIANO TERRA



Attività: ristorazione
 Superficie:
Caratteristiche luminose
 Trasmissione luminosa = 74% (vetrocamera)
 Riflessione luminosa = 15%
 Fattore solare = 69%
 Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

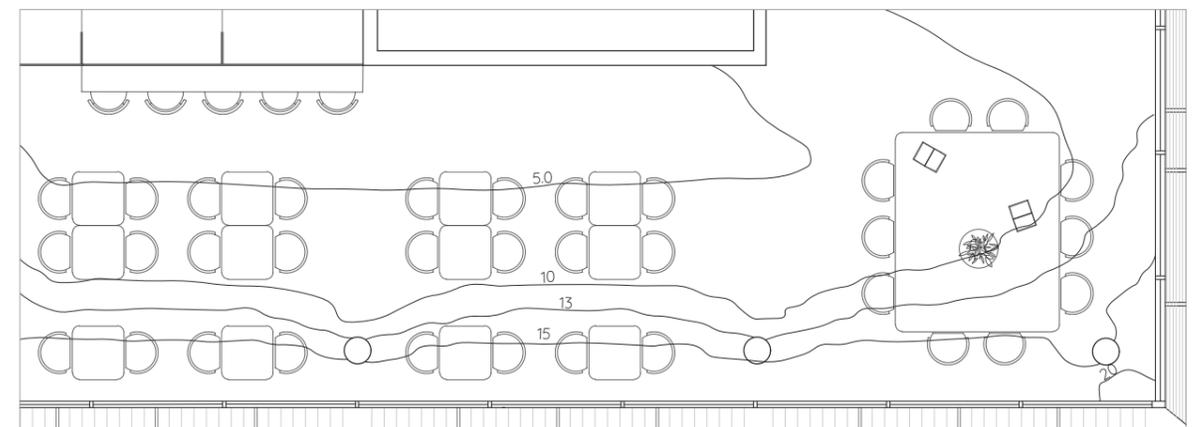
VERIFICA DEL FLD_M NELL'AREA DI LAVORO AREA UFFICI CONSEGNA CARTE VOS



FLD_m = 1,1 % < 2%

il valore non rispetta i valori limite per un'adeguata illuminazione dell'ambiente.

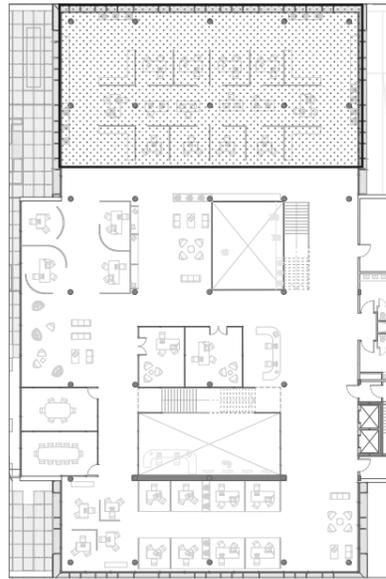
VERIFICA DEL FLD_M NELL'AREA DI LAVORO AREA CAFFETTERIA



FLD_m = 10,7 % > 2%

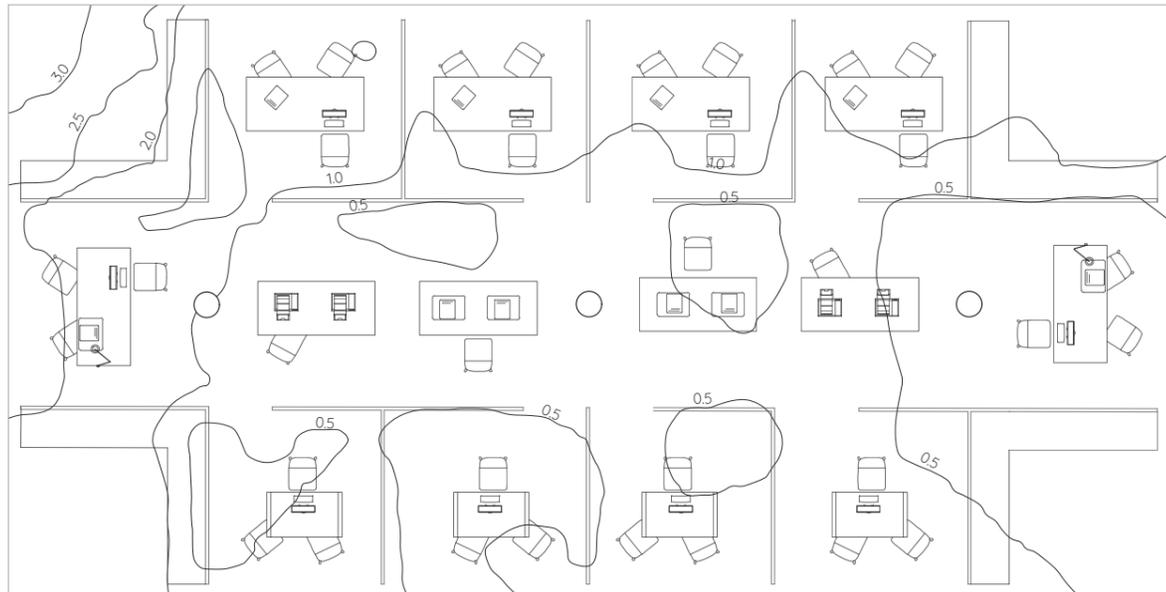
il valore rispetta i valori limite per un'adeguata illuminazione dell'ambiente.

PIANO PRIMO



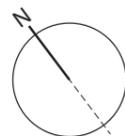
Attività: lavoro d'ufficio
 Superficie:
 Caratteristiche luminose
 Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)
 Riflessione luminosa = 15%
 Fattore solare = 69%
 Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

VERIFICA DEL FLD_M NELL'AREA DI LAVORO
 AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE

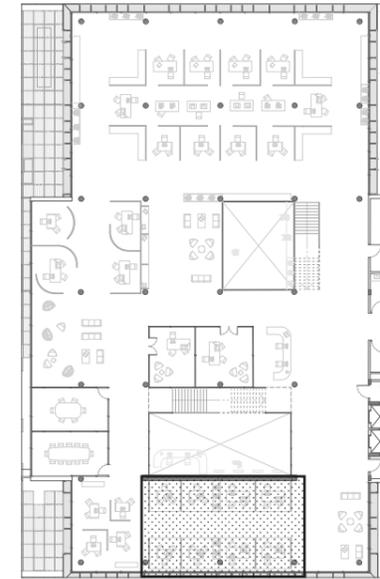


FLD_m = 1,0 % < 2%

il valore non rispetta i valori limite per un'adeguata illuminazione dell'ambiente.

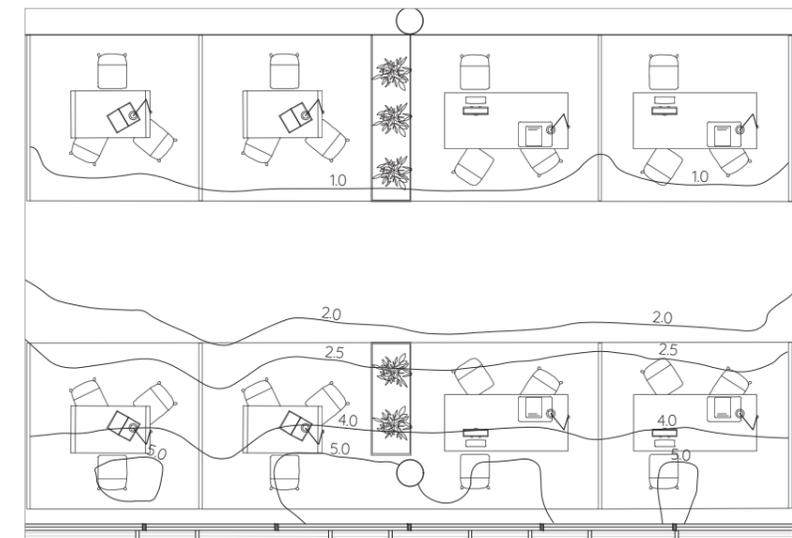


PIANO PRIMO



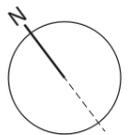
Attività: lavoro d'ufficio
 Superficie:
 Caratteristiche luminose
 Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)
 Riflessione luminosa = 15%
 Fattore solare = 69%
 Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

VERIFICA DEL FLD_M NELL'AREA DI LAVORO
 AREA UFFICI DNI

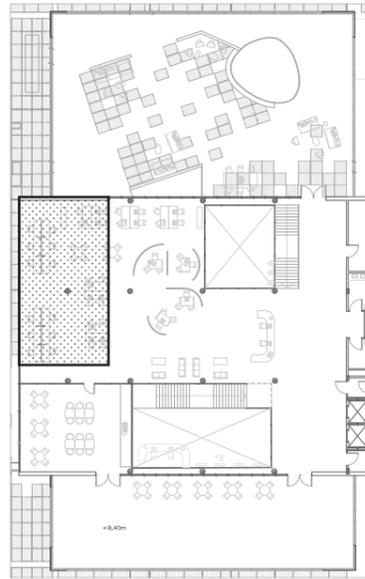


FLD_m = 2,1 % > 2%

il valore rispetta i valori limite per un'adeguata illuminazione dell'ambiente.



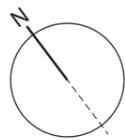
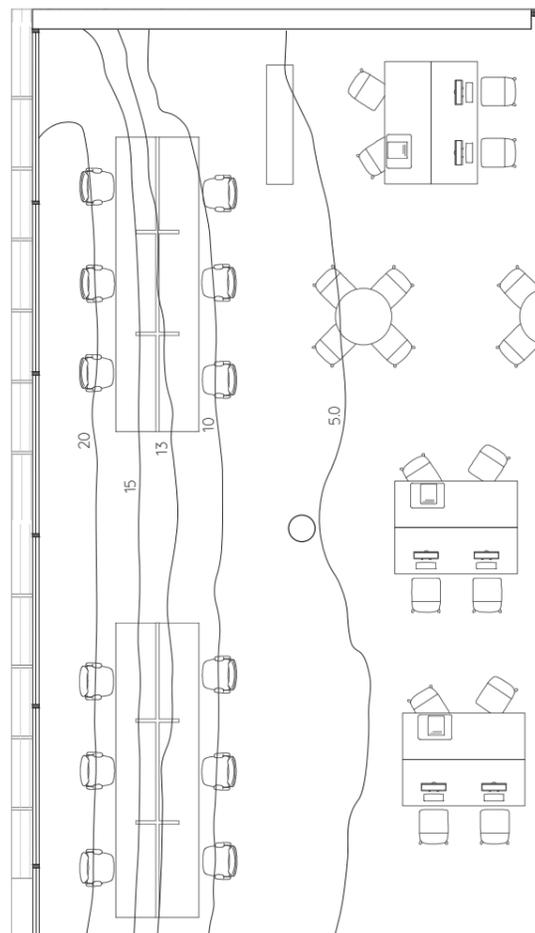
PIANO SECONDO



Attività: lavoro d'ufficio
Superficie:
Caratteristiche luminose
Trasmissione luminosa = 74% (vetrocamera)
Riflessione luminosa = 15%
Fattore solare = 69%
Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

VERIFICA DEL FLD_M NELL'AREA DI LAVORO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI



FLD_m = 8,4 % > 2%

il valore rispetta i valori limite per un'adeguata illuminazione dell'ambiente.

ANALISI DEI RISULTATI

Da queste prime analisi possiamo già trarre delle osservazioni sulle condizioni di luce naturale degli spazi interni.

Le aree di lavoro del piano terra sono quelle che beneficiano di meno disponibilità di illuminazione naturale. Fatta eccezione per la caffetteria (FLD_m= 10,7%) che non presenta nessun dispositivo schermante, l'area uffici dell'amministrazione rispetta il requisito minimo (FLD= 2,3%) mentre l'area uffici per la consegna delle carte non riesce a raggiungerlo (FLD_m= 1,1%). Ciò è dovuto probabilmente all'orientamento dell'area, con esposizione Nord-Ovest, e al blocco aggettante che sovrasta la facciata e che quindi sarà portatore di ombra nell'ambiente per la maggior parte del tempo, riducendo la penetrazione della radiazione solare.

Giungendo al primo piano, nell'area uffici dedicata alla motorizzazione il fattore medio di luce diurna minimo non è rispettato (FLD_m= 1,0%). Nonostante l'area sia posizionata al di sopra dell'amministrazione (quindi hanno lo stesso orientamento) ha un'area maggiore e anche una maggiore profondità, e per questo il valore si riduce poiché la luce naturale entrante diminuisce mano a mano che ci spostiamo dalle aperture.

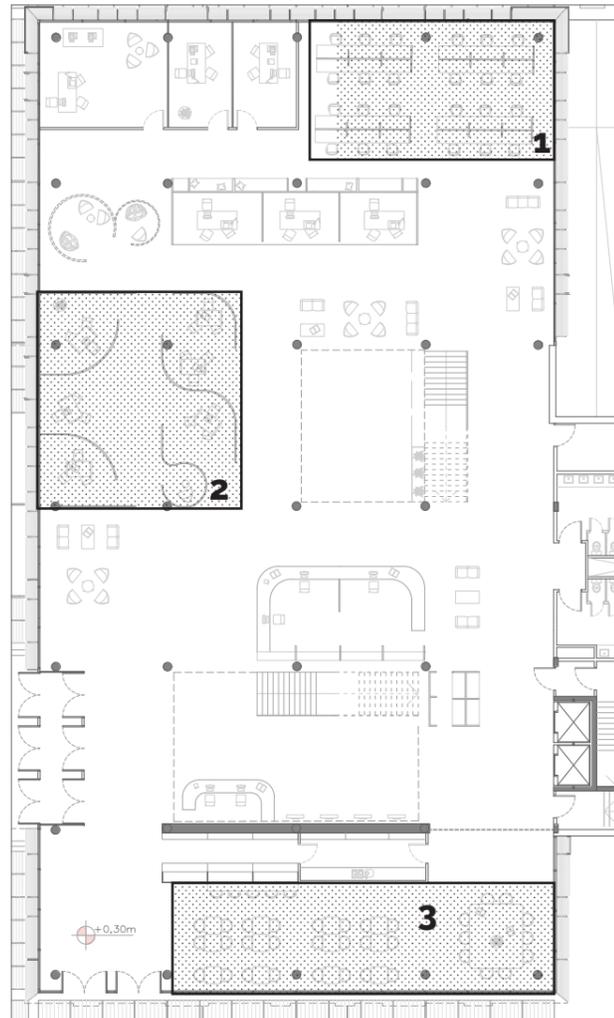
Allo stesso modo, l'area uffici DNI manifesta una riduzione del valore rispetto all'area della caffetteria sottostante, pur soddisfacendo il requisito minimo con un FLD_m= 2,1%. Il dispositivo schermante riesce a bloccare gran parte della radiazione solare incidente riducendo notevolmente la percentuale rispetto a quella della caffetteria che ha la stessa esposi-

zione ma nessuno schermo.

Infine, l'area uffici relazioni internazionali del secondo piano, che possiamo paragonare anche alla sala conferenza del piano sottostante e alla sala mensa adiacente, beneficia di una notevole disponibilità di luce diurna (FLD_m= 8,4%). In assenza di dispositivi schermanti e con una percentuale così elevata, possiamo aspettarci sicuramente dei fenomeni di abbagliamento che possono rendere difficile l'attività lavorativa degli utenti. È pertanto una delle criticità che andrà risolta successivamente.

Generalmente parlando, possiamo affermare che il requisito minimo è soddisfatto nella maggior parte delle zone dell'edificio, e può essere comunque migliorato in quegli spazi che per caratterizzazione del sito di progetto e morfologia dell'edificio, non beneficiano della disponibilità di illuminazione naturale come accade in altre zone.

PIANO TERRA



SUPERFICIE 1

DENOMINAZIONE AREA
AMMINISTRAZIONE COMUNALE
ATTIVITÀ
UFFICIO GENERALE

DESCRIZIONE

L'utente coinvolto svolge l'attività lavorativa attraverso l'uso di computer per l'intera giornata.

SUPERFICIE 2

DENOMINAZIONE AREA
INFRAZIONE/RICHIESTA CARTE VOS/ECOBICI
ATTIVITÀ
UFFICIO GENERALE

DESCRIZIONE

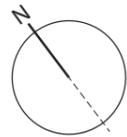
L'attività svolta prevede l'uso di apparecchiature informatiche da parte del lavoratore e la presenza di utenti che si recano al servizio.

SUPERFICIE 3

DENOMINAZIONE AREA
BAR/CAFFETTERIA
ATTIVITÀ
RISTORAZIONE

DESCRIZIONE

L'area si presenta maggiormente utilizzata nelle prime ore della mattina o nelle ore centrali (12-14) poiché l'utente si presta a sostare per la consumazione dei pasti, o per relax.



SUPERFICIE 1 AMMINISTRAZIONE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|------|------|
| MARZO | sereno | 346 | 8113 | 411 | - |
| GIUGNO | sereno | 158 | 4785 | 1659 | - |
| GIUGNO | coperto | 85 | 249 | 208 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 384 | 7286 | 365 | 85 |
| DICEMBRE | sereno | 2093 | 5175 | 306 | 153 |

SUPERFICIE 2 INFRAZIONE/RICHIESTA CARTE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|------|------|
| MARZO | sereno | 111 | 299 | 1548 | - |
| GIUGNO | sereno | 63 | 1322 | 3106 | - |
| GIUGNO | coperto | 41 | 120 | 100 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 119 | 941 | 1983 | 145 |
| DICEMBRE | sereno | 139 | 386 | 881 | 1383 |

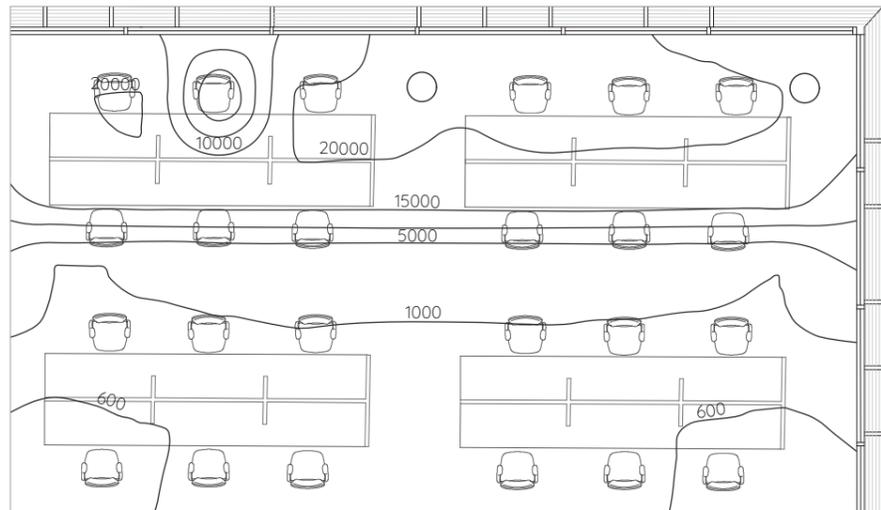
SUPERFICIE 3 BAR/CAFFETTERIA ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|------|-------|
| MARZO | sereno | 738 | 977 | 1487 | - |
| GIUGNO | sereno | 364 | 783 | 959 | - |
| GIUGNO | coperto | 402 | 1176 | 981 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 765 | 983 | 1487 | 783 |
| DICEMBRE | sereno | 1122 | 1274 | 884 | 14226 |

$E_m < 100$ —
 $E_m > 3000$ —

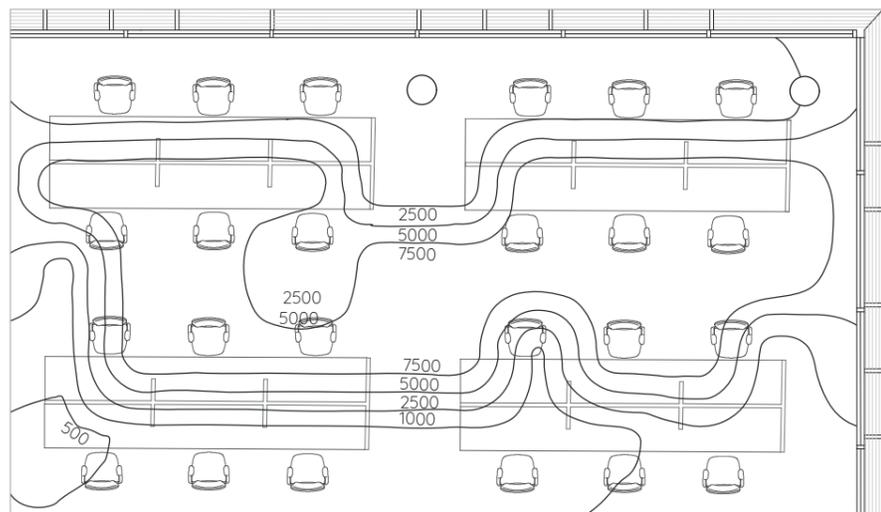
SUPERFICIE 1: AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE.

MARZO SERENO ORE 12:00 PM



[Fig. 1]

GIUGNO SERENO ORE 12:00 PM



[Fig. 2]

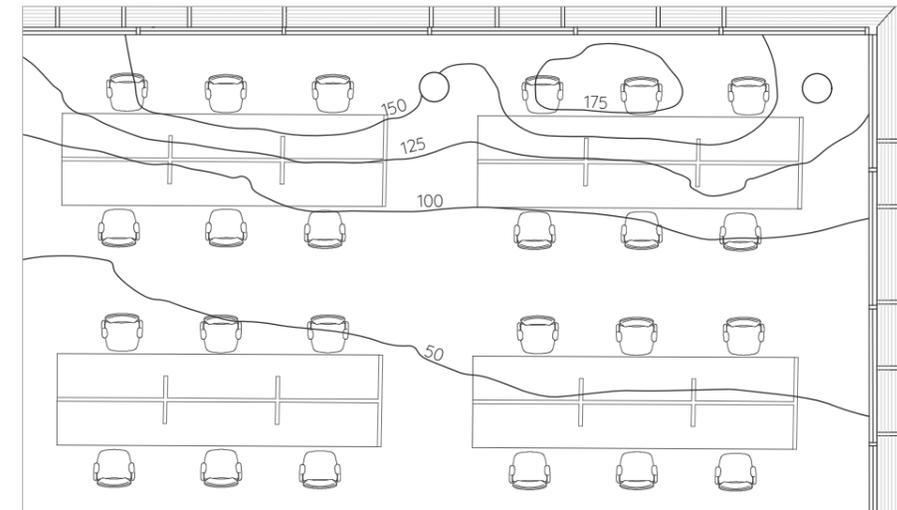
L'area di lavoro dell'amministrazione ha esposizione Nord - Est, dove la radiazione incide prevalentemente la mattina e a mezzogiorno. Come nel primo caso, infatti, le postazioni immediatamente vicine al vetro sono investite da una quantità eccessiva di luce, che può pro-

vocare disagio [Fig. 1]. Questa situazione può presentarsi diverse volte nel corso dell'anno, fino ad arrivare a casi estremi, come il secondo esempio [Fig. 2] in cui il disagio si verifica in tutta la superficie analizzata.

Nelle ultime ore della giornata, le po-

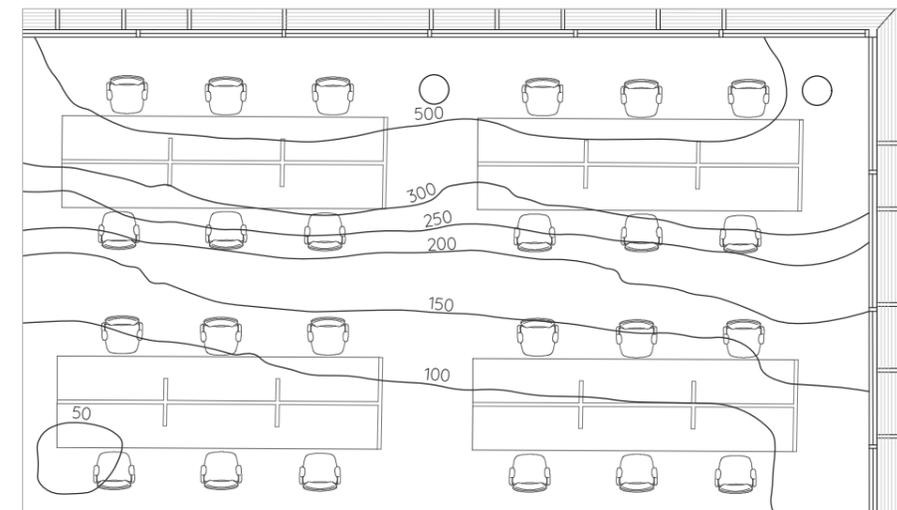
SUPERFICIE 1: AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE.

SETTEMBRE SERENO ORE 06:00 PM



[Fig. 3]

GIUGNO COPERTO ORE 12:00 PM



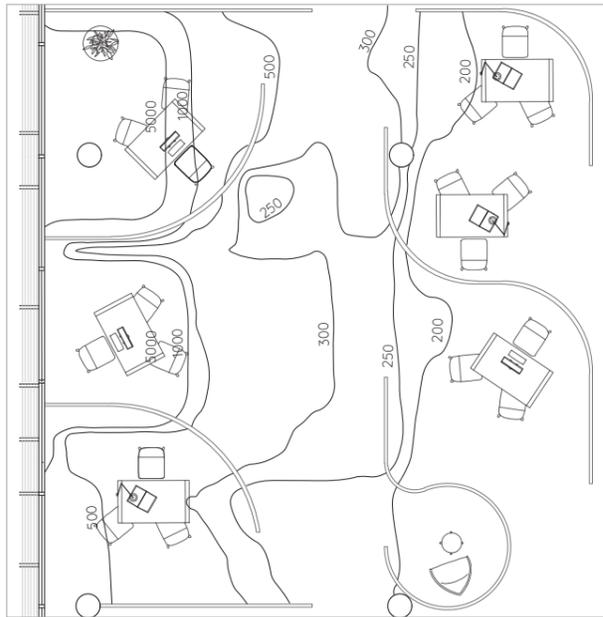
[Fig. 4]

stazione più a Sud risultano invece scarsamente illuminate (50 lx) [Fig. 3], al di sotto anche dei valori di illuminamento utili (tra 100 lx e 3000 lx). In generale, durante tutti i casi osservati, fatta qualche eccezione, quelle postazioni sono meno illuminate delle altre per via della disuni-

formità della distribuzione dell'illuminazione, anche se i valori di illuminamento non sono così bassi (valori intorno ai 300 lx). Queste ultime condizioni risultano essere simili a quelle di giugno [Fig. 4], quando il cielo è coperto e la radiazione solare diretta non incide sull'edificio.

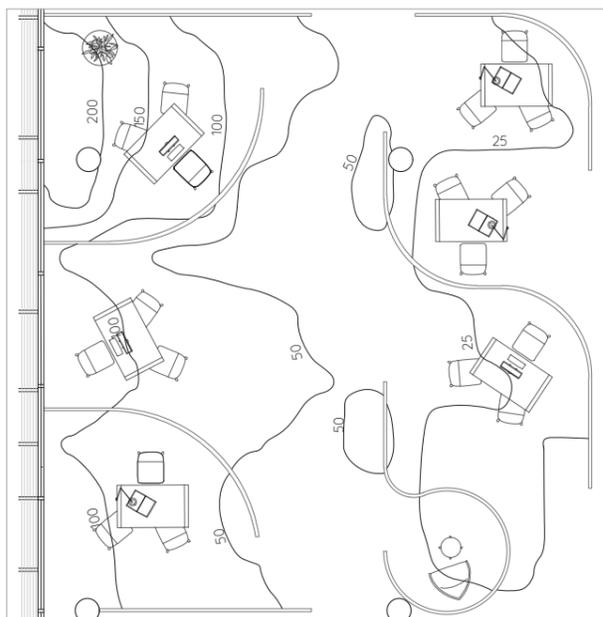
SUPERFICIE 2: AREA UFFICI CONSEGNA CARTE.

GIUGNO SERENO ORE 12:00 PM



[Fig. 1]

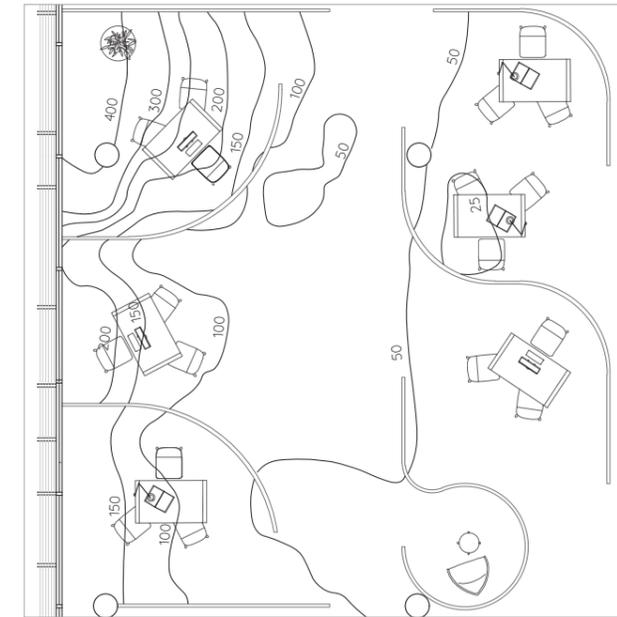
SETTEMBRE SERENO ORE 09:00 PM



[Fig. 2]

SUPERFICIE 2: AREA UFFICI CONSEGNA CARTE.

GIUGNO COPERTO ORE 03:00 PM



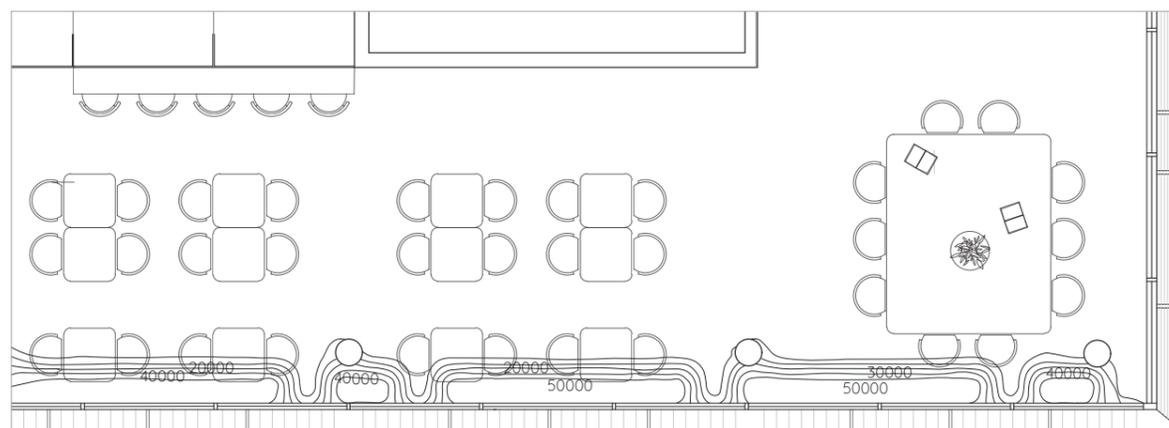
[Fig. 3]

L'area di lavoro analizzata si trova nella facciata principale dell'edificio, al di sotto del volume aggettante che in determinate posizioni del Sole porta l'ombra sulla parte bassa della facciata stessa. Come nel primo esempio, capita a volte che la radiazione solare riesca a penetrare eccessivamente e ciò può provocare del disagio agli occupanti dovuto all'abbagliamento [Fig. 1]. La distribuzione dell'illuminazione non è uniforme, e le scrivanie poste lontano dalle aperture, ricevono poca luce naturale, con valori di illuminamento anche di 100 lx. Quest'ultima condizione peggiora ulteriormente nelle stagioni intermedie,

come mostrato nel mese di settembre alla mattina (ore 09), in cui la luce entrante è talmente poca da rendere difficoltoso lo svolgimento dell'attività lavorativa per via della scarsa illuminazione. Nelle postazioni più lontane si raggiungono solo i 25 lx di illuminamento [Fig. 2]. Scarse condizioni di illuminazione naturale si riscontrano, quindi, anche nel mese di giugno [Fig. 3] come nell'esempio, quando il cielo è coperto e la radiazione solare entrante non riesce a contribuire a raggiungere i requisiti minimi di illuminamento sulle scrivanie (500 lx).

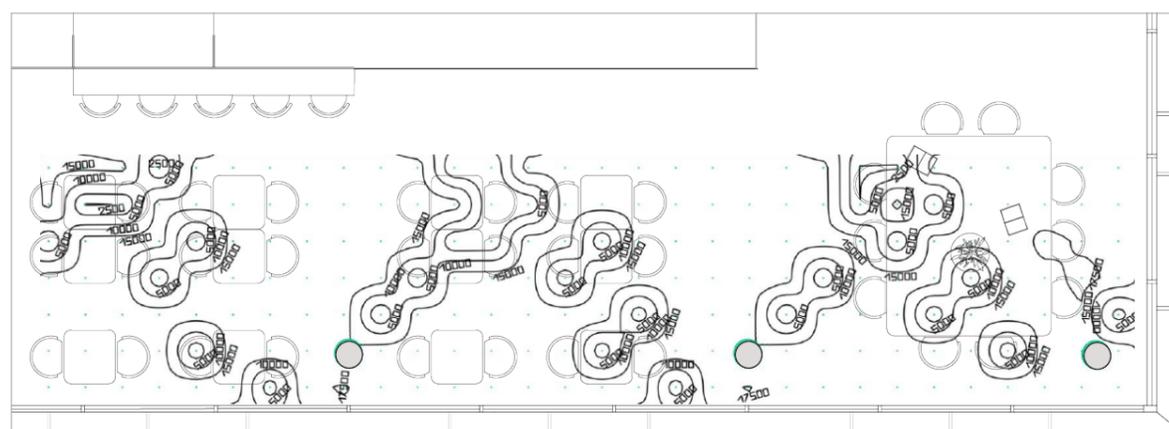
SUPERFICIE 3: AREA CAFFETTERIA.

DICEMBRE SERENO ORE 03:00 PM



[Fig. 1]

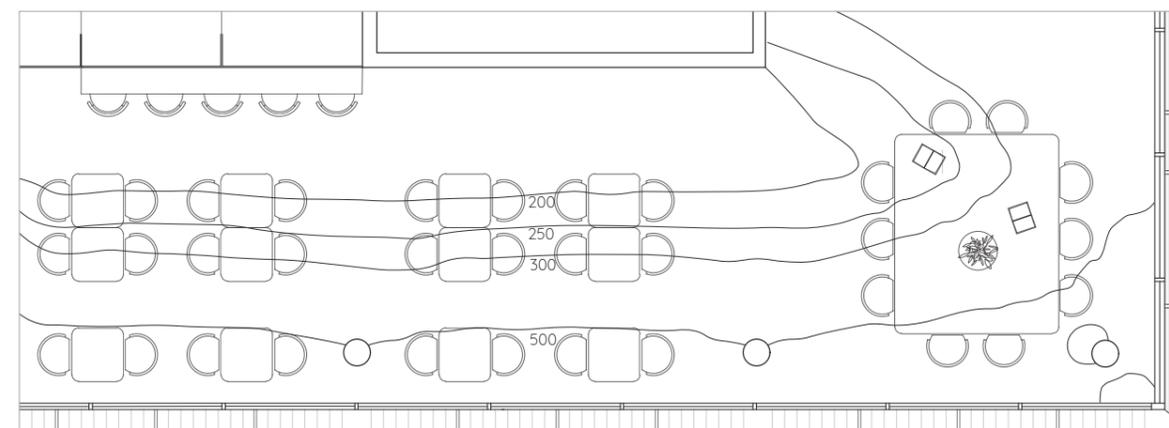
DICEMBRE SERENO ORE 05:00 PM



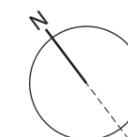
[Fig. 2]

SUPERFICIE 3: AREA CAFFETTERIA.

GIUGNO SERENO ORE 09:00 AM



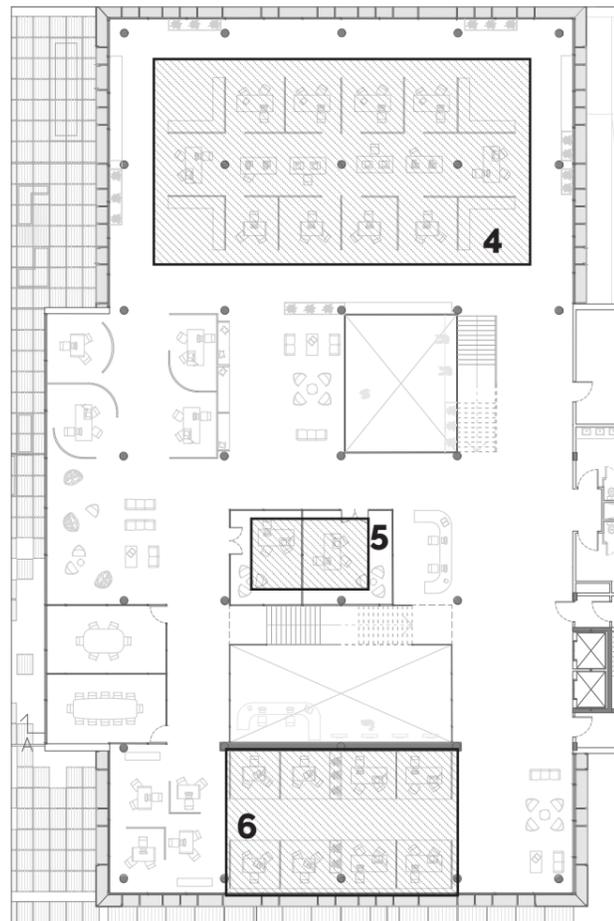
[Fig. 3]



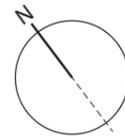
I tavoli posizionati nella zona ristorante, sono esposti a Sud-Ovest dell'edificio. Il primo esempio mostra come nelle ore del pomeriggio vi sia un eccesso di illuminazione su tutti i posti in cui si desidera sostare [Fig. 1], creando situazioni di discomofort dovute all'abbagliamento. L'area pertanto necessiterebbe di essere schermata per via della radiazione solare che incide nel pomeriggio. Come mostrato nel secondo esempio, questa condizione permane e, anzi, peggiora, anche fino a tardo pomeriggio nel mese estivo [Fig. 2].

Allo stesso modo non si verificano mai condizioni di scarsa illuminazione, neanche a giugno, mese in cui il cielo è per la metà del tempo coperto. L'area non si presenta illuminata con uniformità, ma con valori minimi di illuminamento spesso rispettati (250 lux, sono sufficienti valori più bassi di illuminamento dato che non sono svolte delle attività lavorative d'ufficio). Il caso peggiore è mostrato nell'ultimo esempio [Fig. 3].

PRIMO PIANO



SUPERFICIE 4 DENOMINAZIONE AREA **MOTORIZZAZIONE** ATTIVITÀ **UFFICIO GENERALE**



DESCRIZIONE
Nell'area della superficie selezionata i lavoratori svolgono un'attività legata al rinnovo della licenza di guida, visite mediche e test al computer. L'occupante pertanto svolge spesso un'attività con l'uso di apparecchi informatici, quali computer e stampanti, e si presta ad ospitare

l'utente che desidera usufruire del servizio. Maggiori accorgimenti saranno presi in seguito soprattutto per quanto riguarda la situazione in cui è necessario effettuare una visita medica (oculistica) o per effettuare dei test al computer.

SUPERFICIE 5 DENOMINAZIONE AREA **DIFESA DEL BAMBINO, SPAZIO DONNA** ATTIVITÀ **UFFICIO GENERALE**

DESCRIZIONE
Queste stanze accolgono principalmente attività lavorative d'ufficio.

SUPERFICIE 6 DENOMINAZIONE AREA **UFFICIO DNI (documento di identità nazionale)** ATTIVITÀ **UFFICIO GENERALE**

DESCRIZIONE
L'attività prevalente svolta prevede l'uso di computer da parte dell'occupante e la ricezione dell'utente per l'intero arco della giornata.

SUPERFICIE 4 **MOTORIZZAZIONE** **ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)**

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|------|------|
| MARZO | sereno | 434 | 569 | 460 | - |
| GIUGNO | sereno | 161 | 2052 | 1074 | - |
| GIUGNO | coperto | 35 | 100 | 84 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 753 | 557 | 478 | 266 |
| DICEMBRE | sereno | 238 | 302 | 376 | 350 |

SUPERFICIE 5 **DIFESA DEL BAMBINO/SPAZIO DONNA** **ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)**

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|------|------|
| MARZO | sereno | 223 | 963 | 706 | - |
| GIUGNO | sereno | 139 | 588 | 632 | - |
| GIUGNO | coperto | 67 | 197 | 164 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 277 | 912 | 691 | 551 |
| DICEMBRE | sereno | 530 | 882 | 849 | 583 |

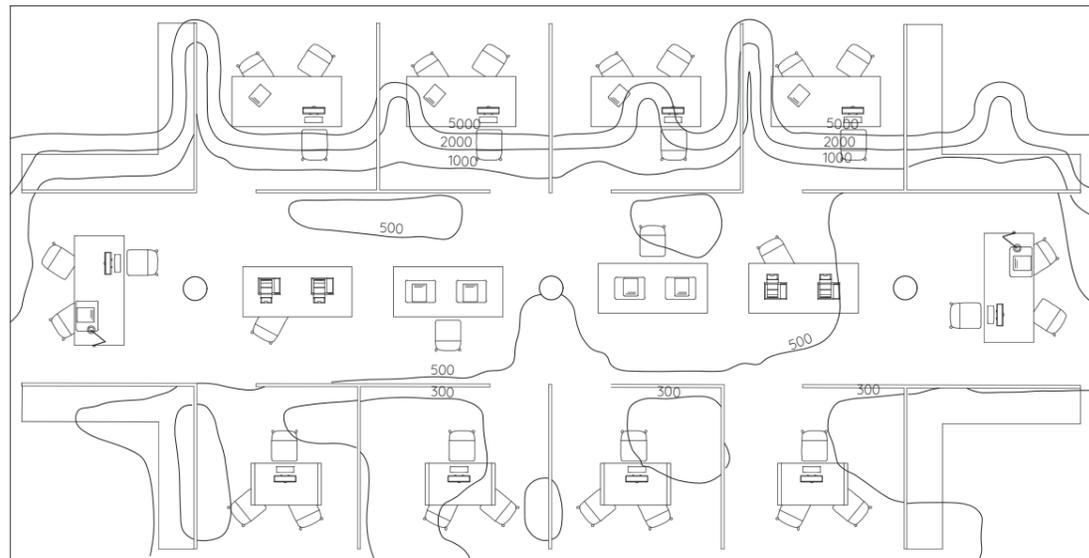
SUPERFICIE 3 **DNI** **ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)**

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|------|------|
| MARZO | sereno | 182 | 242 | 412 | - |
| GIUGNO | sereno | 96 | 214 | 295 | - |
| GIUGNO | coperto | 79 | 229 | 191 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 189 | 247 | 427 | 310 |
| DICEMBRE | sereno | 277 | 276 | 527 | 3527 |

$E_m < 100$ —
 $E_m > 3000$ —

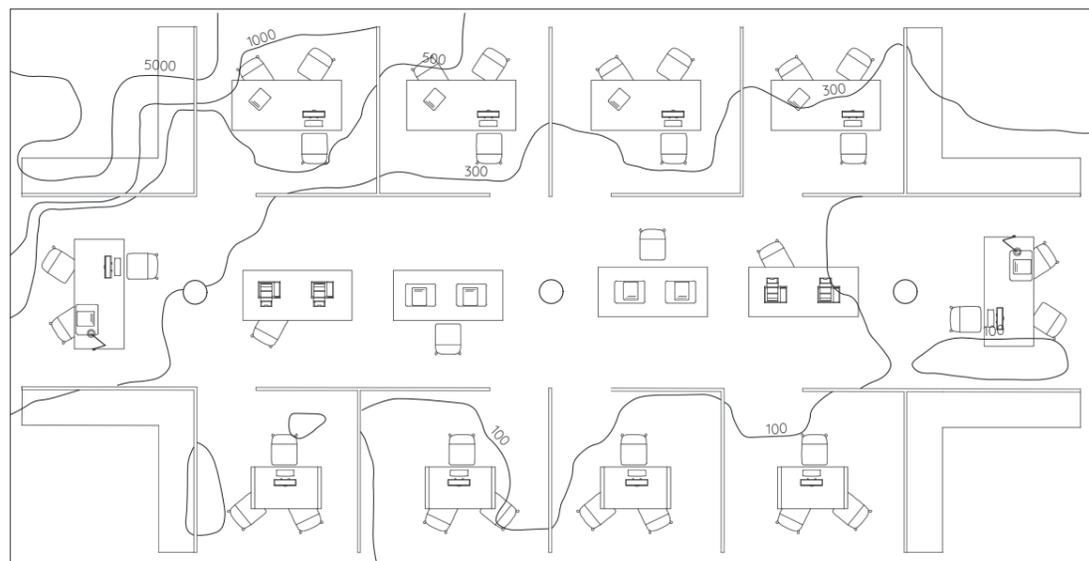
SUPERFICIE 4: AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE.

GIUGNO SERENO ORE 12:00 PM



[Fig. 1]

MARZO SERENO ORE 09:00 AM



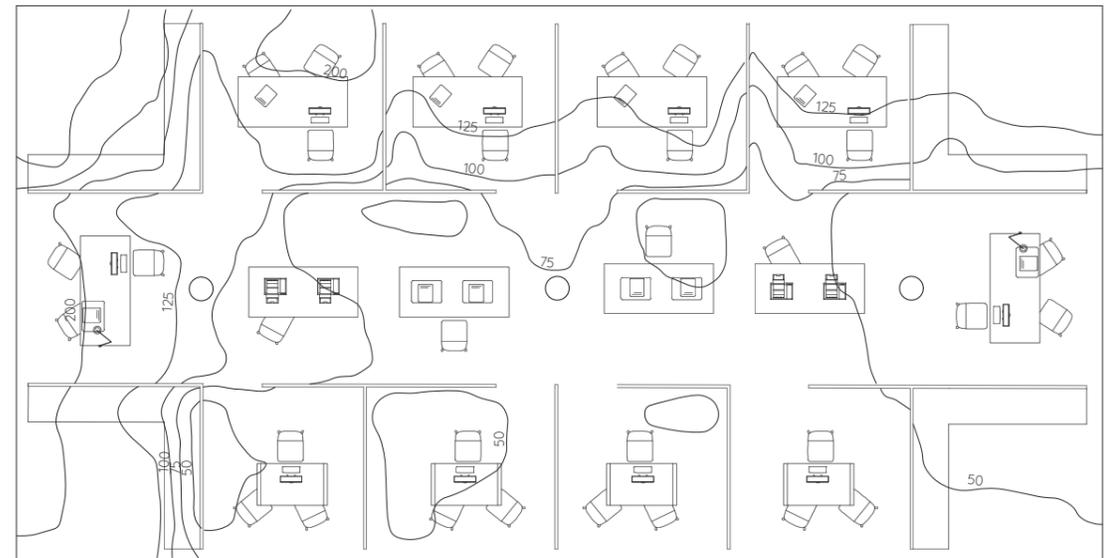
[Fig. 2]

Nell'esempio riportato si nota come le postazioni rivolte a Nord Est, quindi quelle più vicine all'involucro esterno, possono talvolta ricevere una quantità eccessiva di luce nei periodi in cui l'altezza solare è bassa [Fig. 1].

Al contrario, le postazioni più lontane dalle aperture sono caratterizzate da bassi valori di illuminamento nelle prime ore della mattinata (100 lx) [Fig. 2]. Quando il cielo è coperto, nelle condizioni peggiori, [Fig. 3] tutta l'area risulta es-

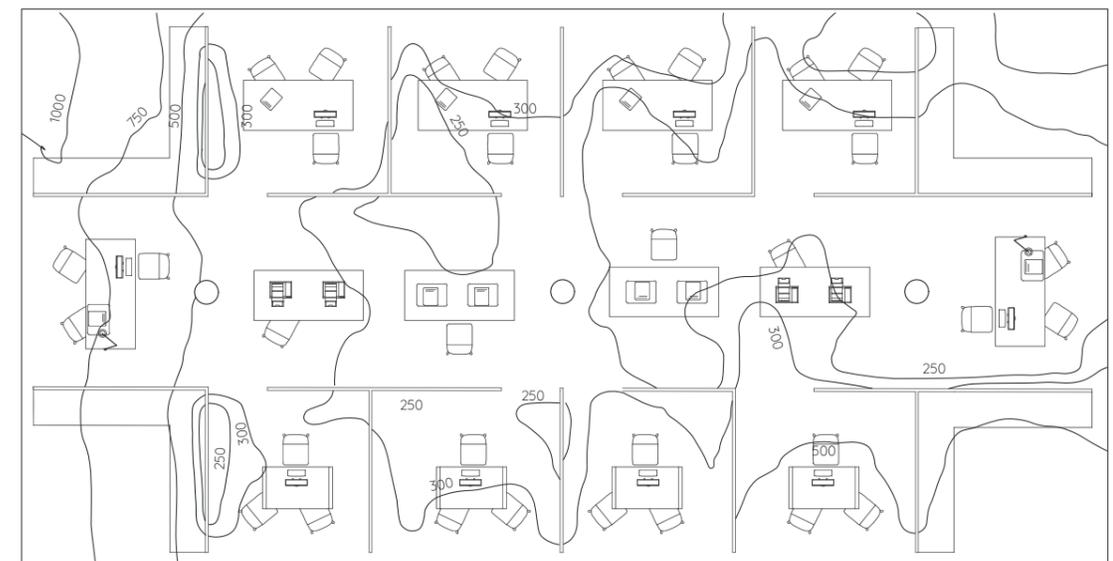
SUPERFICIE 4: AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE.

GIUGNO COPERTO ORE 12:00 PM



[Fig. 3]

DICEMBRE SERENO ORE 12:00 PM



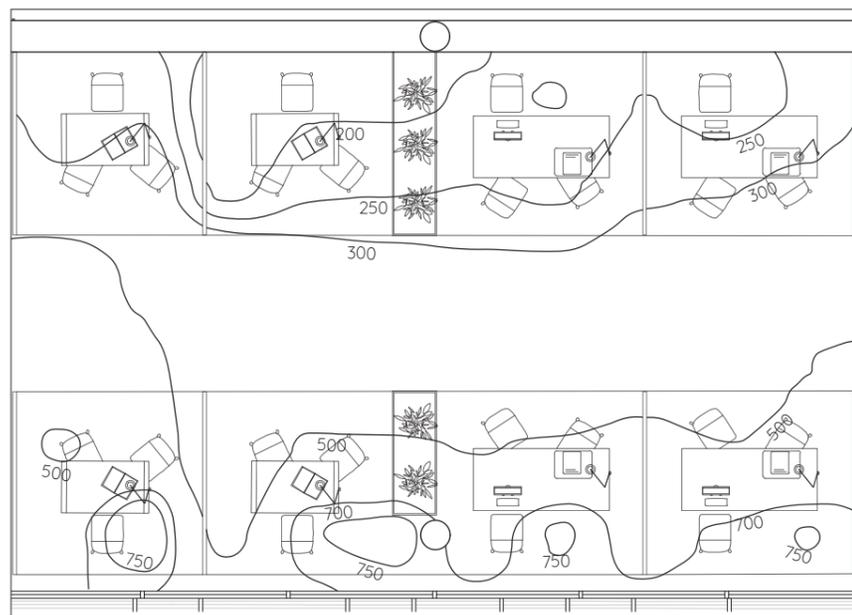
[Fig. 4]

sere poco illuminata (100 lx). Nel caso in cui invece il cielo è sereno a metà giornata, tutta l'area risulta essere illuminata abbastanza uniformemente, con valori di illuminamento che non scendono al di sotto dei 100 lx, ma

comunque la luce naturale contribuisce poco al raggiungimento dei 500 lux previsti come requisito minimo per il corretto svolgimento dell'attività.

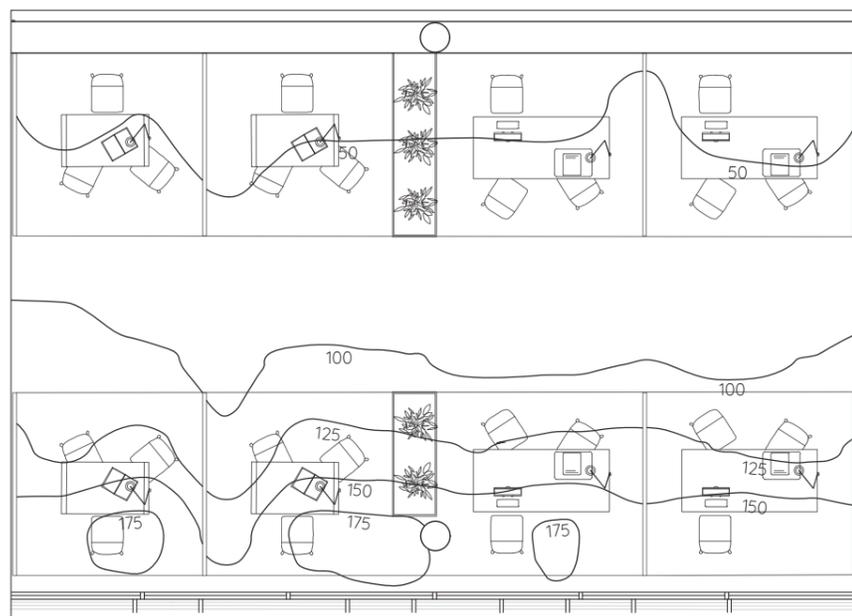
SUPERFICIE 6: AREA UFFICI DNI.

SETTEMBRE SERENO ORE 03 :00 PM



[Fig. 1]

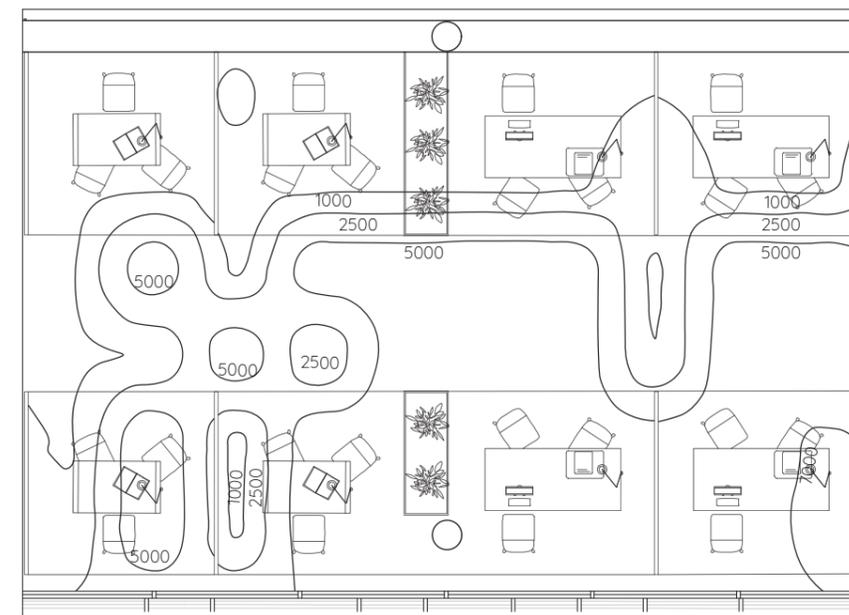
GIUGNO SERENO ORE 09:00 AM



[Fig. 2]

SUPERFICIE 6 : AREA UFFICI DNI.

DICEMBRE SERENO ORE 06:00 PM

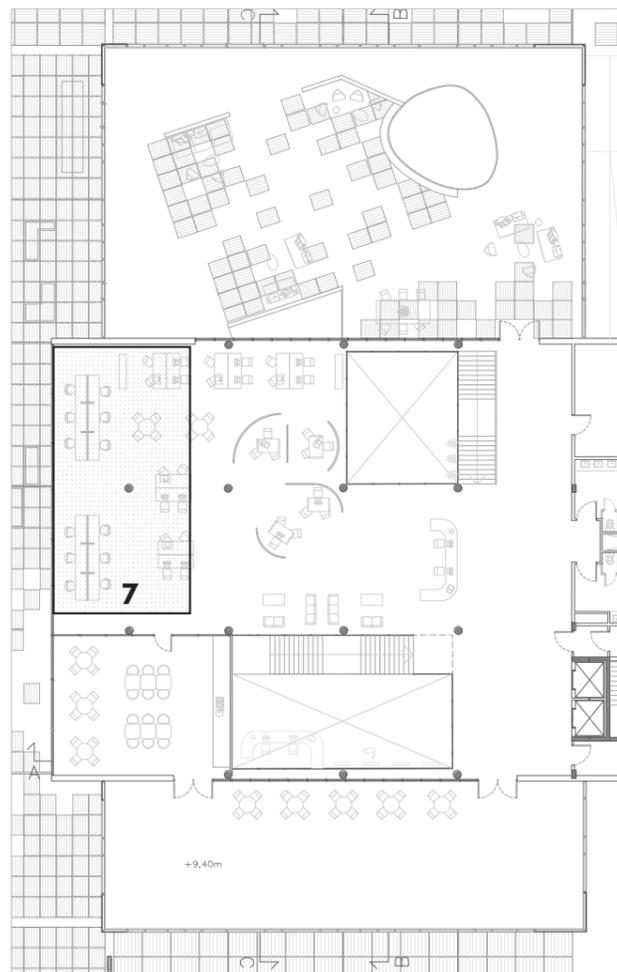


[Fig. 3]

L'are esposta a Sud - Ovest risulta avere delle condizioni di illuminazione simili al primo esempio riportato [Fig. 1] per tutti gli istanti osservati. La superficie non è uniformemente illuminata: le postazioni vicino alle vetrate, quelle più a sud, beneficiano di maggior illuminazione, che diminuisce mano a mano che ci allontaniamo, non raggiungendo i 500 lx. L'illuminamento sulle scrivanie più lontane dal vetro risulta essere eccessivamente basso e insufficiente nel mese di giugno (inverno) quando il Sole non si espone su quella facciata (mattina ore 09:00), che peggiora leggermente quan-

do il cielo è coperto[Fig. 2] Quando il cielo a giugno è coperto la distribuzione risulta essere la stessa ma con valori che vanno dai 25 lx ai 400 lx. Solo nel mese di dicembre [Fig. 3] e nelle ultime ore della giornata (ore 06:00), quando la radiazione solare incide maggiormente su quel lato, si registrano valori di illuminamento troppo alti. Se non si risponde schermando la radiazione, si può essere soggetti a fenomeni di abbagliamento.

SECONDO PIANO



SUPERFICIE 7
 DENOMINAZIONE AREA
RELAZIONI INTERNAZIONALI
 ATTIVITÀ
UFFICIO GENERALE

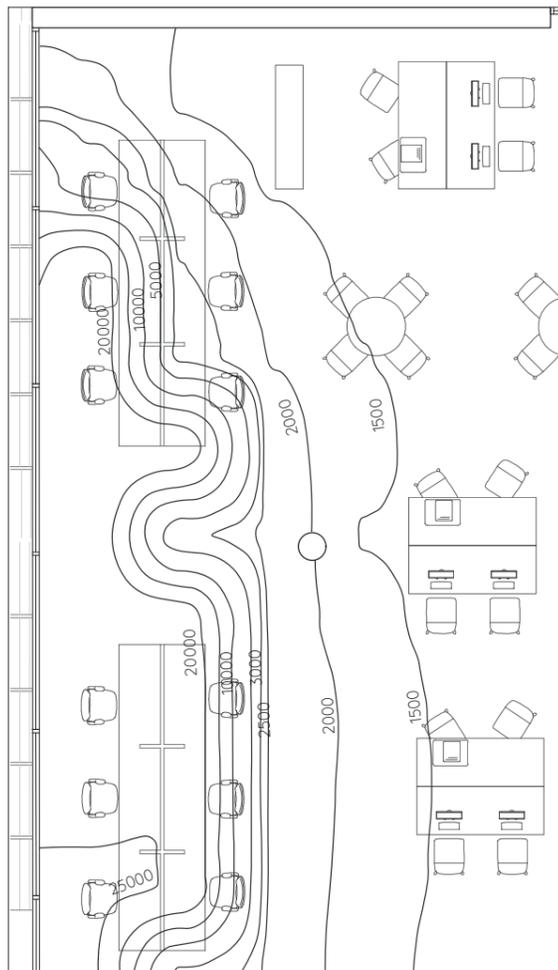
DESCRIZIONE
 L'attività svolta prevede l'utilizzo di computer per l'elaborazione e la scrittura dei dati. Lo spazio è pensato per far sì che all'occorrenza possa essere cambiata la destinazione d'uso del servizio erogato, ma sono sempre previste attività d'ufficio in cui si può far uso di personal computer.

SUPERFICIE 7
RELAZIONI INTERNAZIONALI
 ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 12 pm | 3 pm | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|-------|
| MARZO | sereno | 794 | 2000 | 16682 | - |
| GIUGNO | sereno | 551 | 6522 | 13326 | - |
| GIUGNO | coperto | 315 | 922 | 769 | - |
| SETTEMBRE | sereno | 853 | 8257 | 20283 | 2234 |
| DICEMBRE | sereno | 1100 | 1419 | 12866 | 10194 |

$E_m < 100$ ———
 $E_m > 3000$ ———

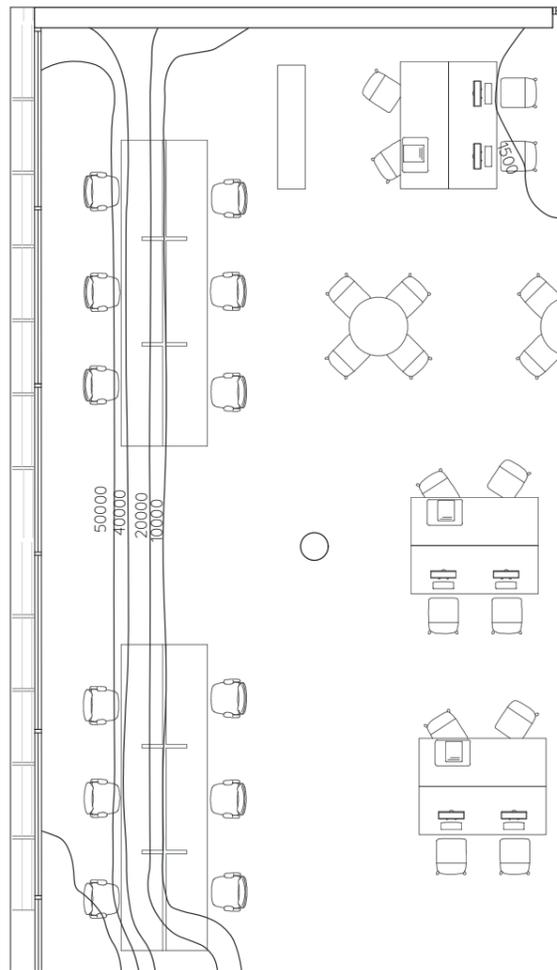
GIUGNO SERENO ORE 12:00 PM



[Fig. 1]

L'area di lavoro del secondo piano, con esposizione Nord Ovest, risulta essere particolarmente critica nelle ore in cui l'altezza solare è più bassa durante l'anno, come mostrato nel primo esempio [Fig. 1]. Le postazioni infatti risultano essere eccessivamente illuminate, rendendo difficoltosa l'attività lavorativa se non si utilizzano sistemi di schermatura. Le situazioni di abbagliamento possono colpire quegli utenti rivolti con lo sguardo verso la finestra, ed essere allo stes-

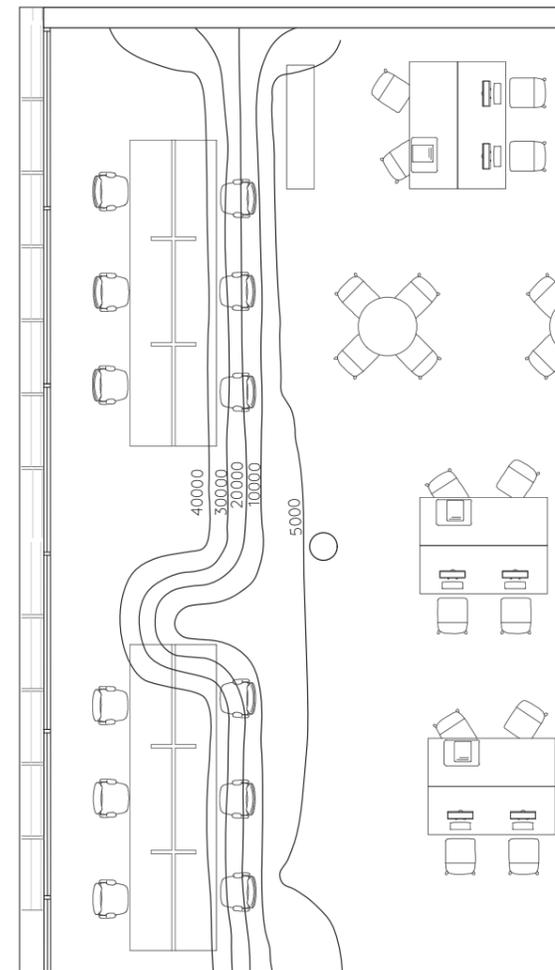
DICEMBRE SERENO ORE 3:00 PM



[Fig. 2]

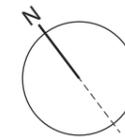
so modo fastidiose per coloro che sono con le spalle alle aperture, poiché la radiazione solare può colpire facilmente gli schermi. Come accennato, il disagio per abbagliamento può estendersi anche a quelle postazioni più lontane dall'involucro trasparente verticale, poiché la radiazione riesce a penetrare dai lucernai posti sul tetto [Fig. 2]. Allo stesso modo, queste criticità si manifestano anche nei mesi delle stagioni

MARZO SERENO ORE 3:00 PM



[fig. 3]

intermedie (come marzo e settembre) nelle prime ore del pomeriggio, in cui l'altezza solare è medio - alta e la radiazione risulta essere eccessiva su tutta l'area analizzata creando disagio agli utenti [Fig. 3]. Le postazioni vicino alla vetrata, quindi, risultano essere un punto critico durante la maggior parte dei casi osservati.



PARTE III

Valutazione delle strategie per l'ottimizzazione del risparmio e del benessere degli utenti

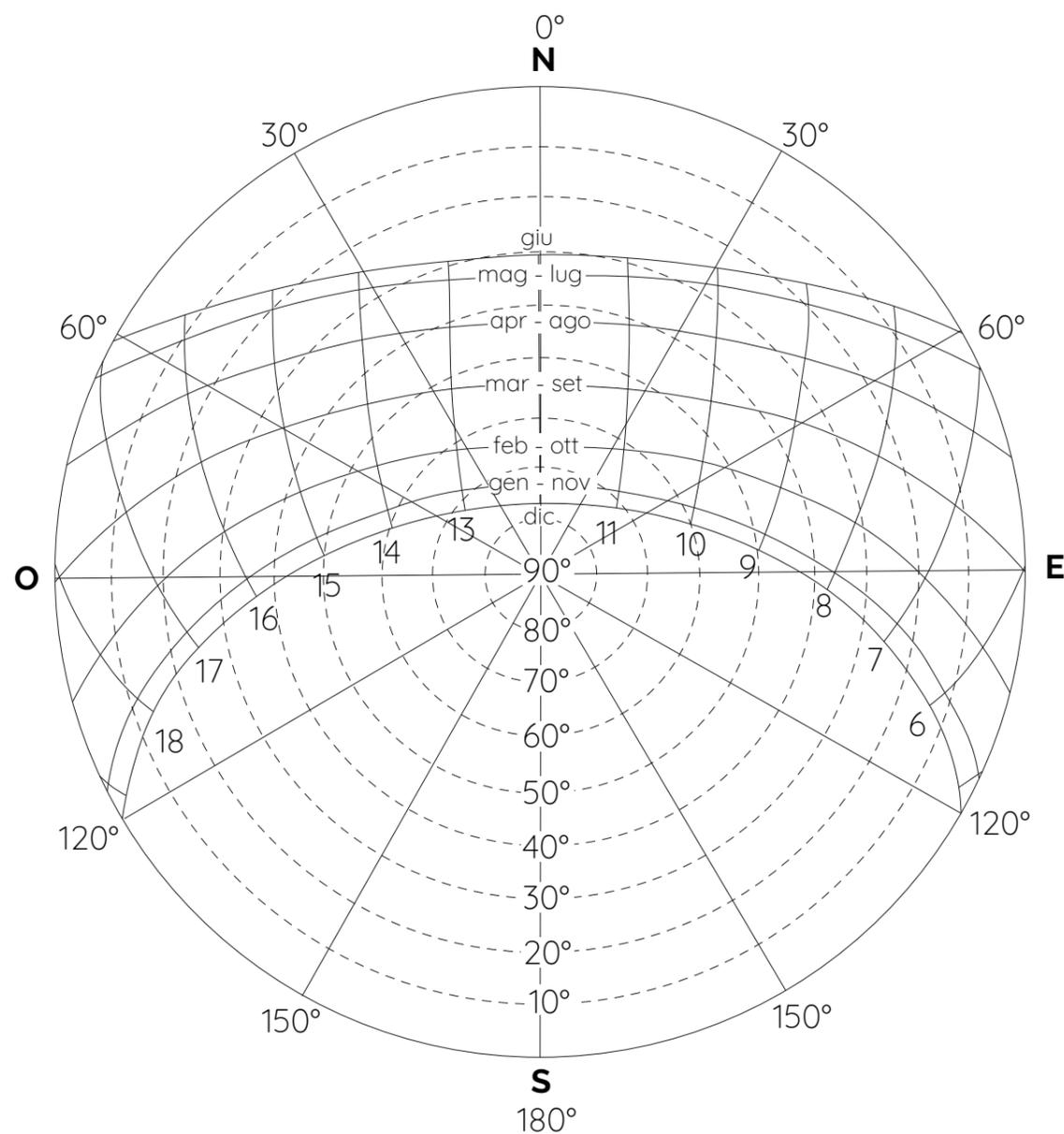


Fig. 53. Carta solare - Latitudine 36° S.

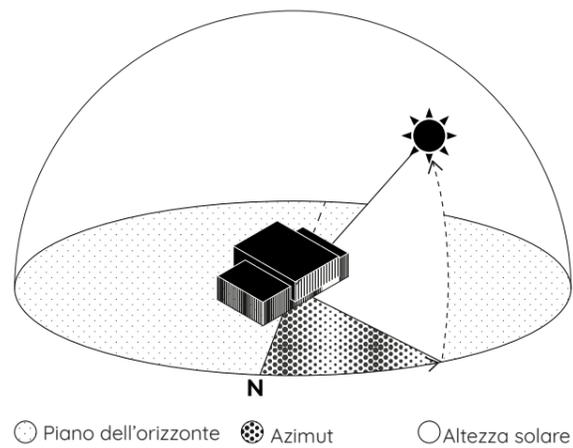
STRATEGIE DI CONTROLLO SOLARE

Come evidenziato nelle analisi dei capitoli precedenti, dati i valori di temperatura operativa e il rischio di abbagliamento elevato, si registrerebbero alti consumi dovuti alla climatizzazione e all'illuminazione, per garantire il benessere degli utenti. Al fine di ridurre l'uso degli impianti e migliorare il benessere generale nell'ambiente, sono effettuati alcuni studi solari per il predimensionamento dei possibili dispositivi schermanti che possono implementare le condizioni termiche e visive dell'edificio.

La soluzione proposta sarà nuovamente analizzata con gli strumenti di calcoli visti precedentemente e attraverso la stessa metodologia, così da poterli mettere a confronto e descrivere i miglioramenti ottenuti. Partendo sempre dall'analisi termica, si valuteranno i risvolti che questi nuovi elementi avranno sull'aspetto illuminotecnico per trovare un giusto compromesso tra i due. Alcuni aspetti, infatti, prettamente illuminotecnici, saranno risolti in un terzo momento. Si vuole così dare maggior risalto all'aspetto luce, spesso messo in secondo piano. Determinate situazioni di benessere visivo possono notevolmente aiutare i lavoratori a svolgere le loro attività soprattutto in quelle

postazioni dove è previsto l'uso di computer, aumentandone la produttività e accogliendoli in un ambiente favorevole.

STUDIO DELLE OMBRE



POSIZIONE DEL SOLE

Per poter comprendere meglio quale siano le schermature più efficienti, che quindi possono contribuire più facilmente al raggiungimento dell'obiettivo, si è voluto osservare il movimento del Sole in alcuni periodi.

Come sappiamo, il Sole modifica la sua posizione nell'arco dell'anno e della giornata, in base all'altezza solare e all'angolo azimutale. L'altezza solare viene descritta come l'angolo verticale che il vettore che congiunge il Sole con l'osservatore, forma con il piano dell'orizzonte. Invece, l'angolo azimutale viene descritto come l'angolo compreso tra il vettore che indica il Nord, sul piano dell'orizzonte, e il vettore che congiunge l'osservatore con il Sole proiettato sullo stesso piano dell'orizzonte [Fig. 54].

Due volte all'anno, 20 o 21 marzo e 22 o 23 di settembre, ossia agli equinozi, il giorno e la notte risultano essere di 12 ore ciascuno, quindi hanno la stessa durata.

Se tralasciamo i tropici, del Capricorno e del Cancro, il Sole risulta essere più alto nella volta celeste rispetto all'equinozio, e nell'estate le giornate saranno più lunghe di 12 ore. Al contrario, nel periodo invernale, il Sole risulta essere più basso nel cielo e le giornate sono più corte di 12 ore. Il percorso del Sole, che bene viene descritto nelle carte solari che variano in base alla latitudine del luogo, rappresentano graficamente l'altezza solare e l'angolo azimutale del Sole in base al mese e al giorno dell'anno. Questa rappresentazione può essere descritta come la proiezione della volta celeste sul piano orizzontale, dove il cerchio più esterno rappresenta appunto l'orizzonte, le linee radianti che si congiungono al centro descrivono l'angolo azimutale rispetto al Nord (0°) e i cerchi concentrici indicano l'altezza solare. Se osserviamo la carta solare [Fig. 53], essa rappresenta il percorso del Sole alla latitudine di 36° Sud. Possiamo affermare che iniziata l'estate nel mese di dicembre, il Sole sorge poco prima delle 05:00 am, e tramonta poco dopo le 07:00 pm, raggiungendo un'altezza solare massima di 80° alle ore 12:00 pm. Invece, osservando il periodo invernale, del mese di giugno, il Sole sorge poco dopo le 07:00 am, e tramonta quasi alle 05:00 pm. L'esposizione a Sud risulta essere priva della presenza di radiazione solare diretta, e gli edifici esposti verso quel lato, sono colpiti dalla sola radiazione diffusa. Per quanto riguarda le facciate ad Est ed Ovest, sono caratterizzate da un'altezza solare molto bassa, poiché il Sole si presenta in quella posizione nelle prime e ultime ore della giornata in cui l'intensità della radiazione risulta essere minore, rispetto a quando la

posizione del Sole è molto alta e la potenza della radiazione è maggiore, specialmente in estate. E' proprio quando risulta esserci maggiore intensità che è necessario schermarsi dalla radiazione per evitare che questa possa raggiungere la superficie trasparente dell'edificio e surriscaldare gli ambienti interni.

OMBREGGIAMENTO DELLE FACCIATE

Le schermature solari servono a bloccare la radiazione solare incidente su quelle finestre che sono esposte maggiormente. Lo studio solare ci aiuta a capire come i raggi del Sole arrivano sulla superficie dell'edificio, per quanto tempo e con quali altezze e angoli solari. Questa analisi, infatti, è servita ad individuare le facciate che sono maggiormente esposte alla radiazione solare diretta e quelle che invece risulta totalmente in ombra o in parte, per via degli edifici circostanti che caratterizzano il sito di progetto.

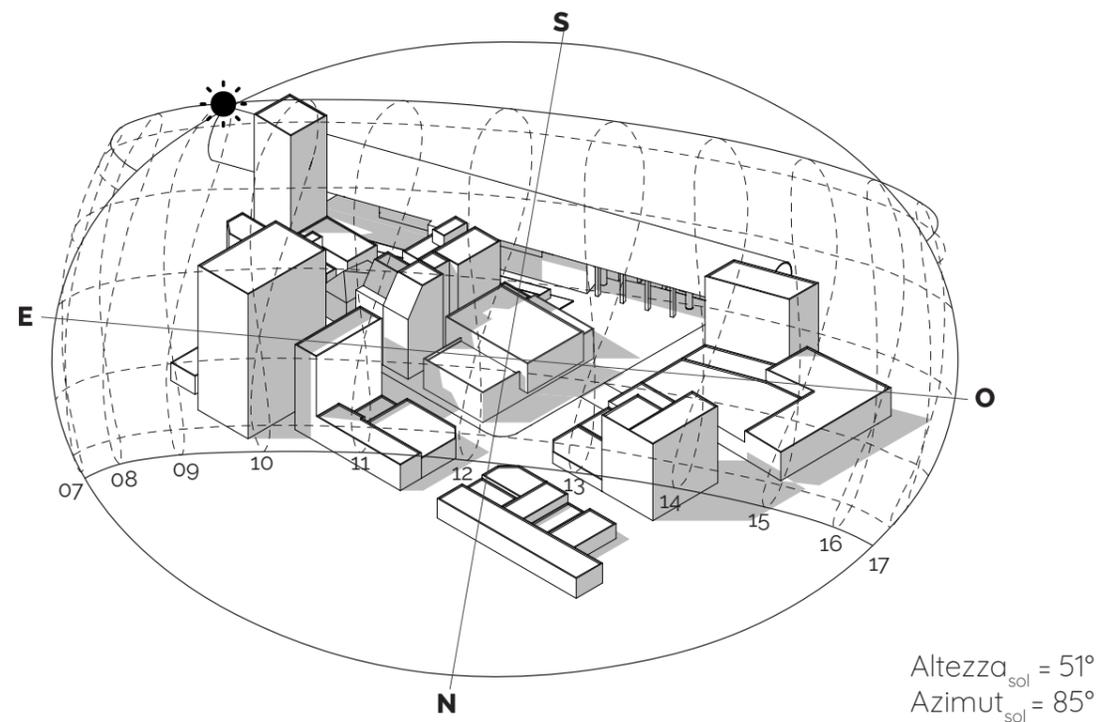
Grazie a degli strumenti digitali di progettazione, è stato possibile modellare architettonicamente l'edificio e il suo contesto. Geolocalizzando l'edificio nella località di *Buenos Aires*, si ritrovano automaticamente le rispettive coordinate. Questo ha consentito di poter simulare il percorso del Sole durante l'anno e le ore del giorno. La valutazione viene effettuata sui diversi periodi dell'anno e diverse ore del giorno per evidenziare quali siano le facciate esposte nei diversi momenti. In primo luogo si è osservato il percorso del Sole nel mese di dicembre [Fig. 55-58], mese in cui la disponibilità di luce è mag-

giore e in cui la radiazione solare è più intensa per via dell'elevata altezza solare. Successivamente si è osservato il percorso anche nel mese di marzo [Fig. 59-62], come mese intermedio, in cui però l'incidenza della radiazione è ancora notevole e quindi è utile schermarla in determinati momenti della giornata. Dall'osservazione notiamo come la facciata Nord-Ovest sia quella più esposta, la quale riceve la radiazione solare diretta dalle 11:00 del mattino fino alle 04:30 pm circa. Già dalle 02:30 circa del pomeriggio inizia ad essere esposta anche la facciata Sud-Ovest, che riceve la radiazione solare diretta fino alle 04:00-05:00 pm. Quest'ultima quindi, viene intercettata trasversalmente dai raggi del Sole nelle ultime ore della giornata. La sua esposizione si riduce nel mese di marzo, in cui è esposta per circa 2h (come già suggeriva la normativa) nel pomeriggio. Al contrario, la facciata del lato Nord-Est, è esposta principalmente nelle ore della mattina (09:00 am), anche se in parte viene ombreggiata dagli edifici di fronte, fino alle 11-12. Per via della sua esposizione a Nord, viene colpita dai raggi anche nelle ore centrali (12:00-13:00) del giorno, momento in cui il Sole raggiunge la sua massima altezza.

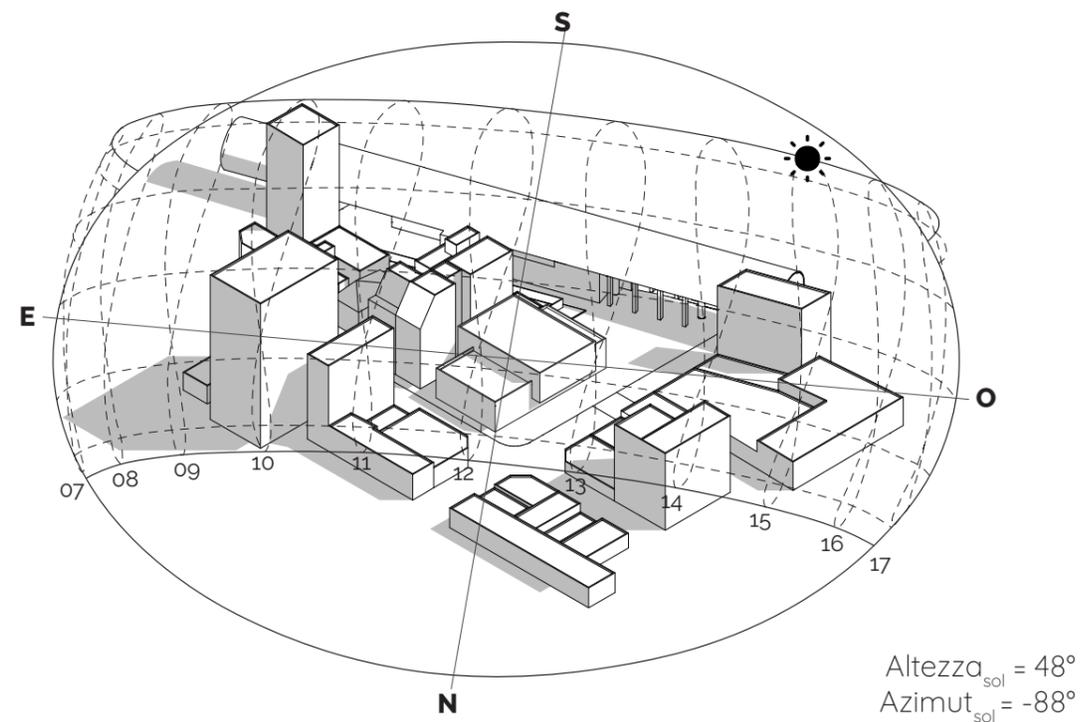
Queste prime osservazioni ci aiutano quindi a capire quali siano le facciate principali su cui intervenire, e in che momento nell'arco della giornata, poiché risultano esposte per più ore o perché la radiazione solare è incidente è più intensa se queste dovessero essere esposte nelle ore centrali. Di conseguenza questo studio può darci delle indicazioni anche sul tipo di schermatura da utilizzare. Per

Fig. 54. Diagramma esemplificativo del concetto di altezza solare e angolo azimutale.

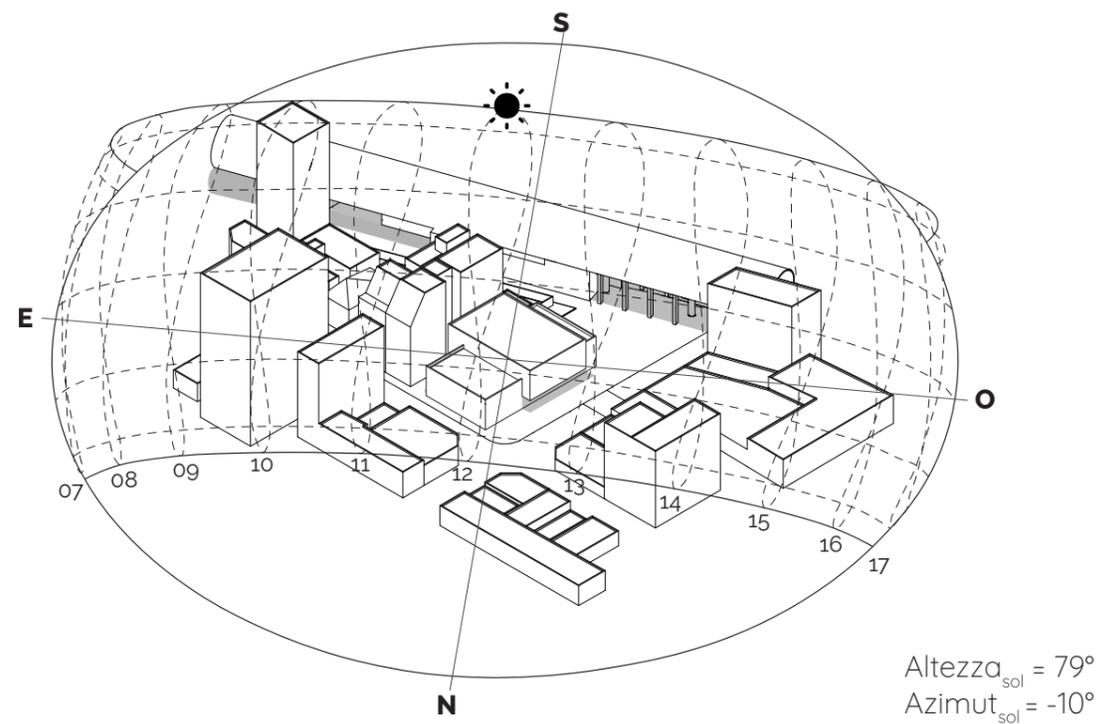
DICEMBRE ORE 09:00 AM



DICEMBRE ORE 03:00 PM



DICEMBRE ORE 12:00 PM



DICEMBRE ORE 05:00 PM

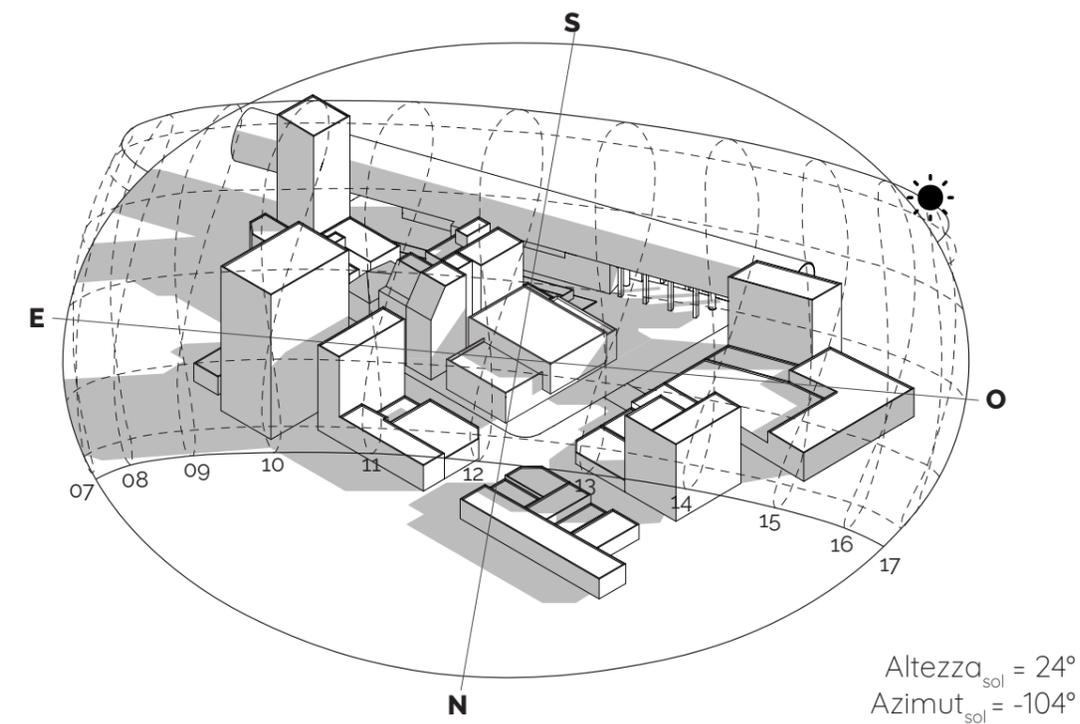


Fig. 55-56. Rielaborazione del percorso solare di dicembre effettuato con Sun Path 3D di Andrew Marsh.

Fig. 57-58. Rielaborazione del percorso solare di dicembre effettuato con Sun Path 3D di Andrew Marsh.

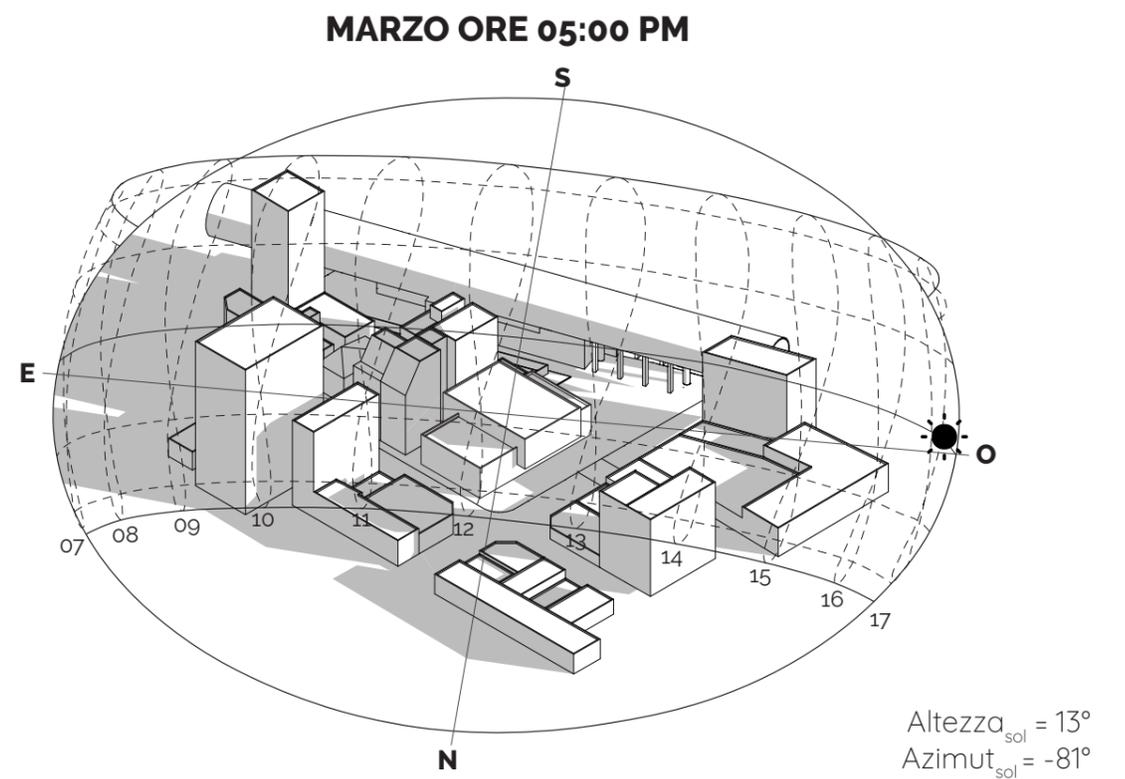
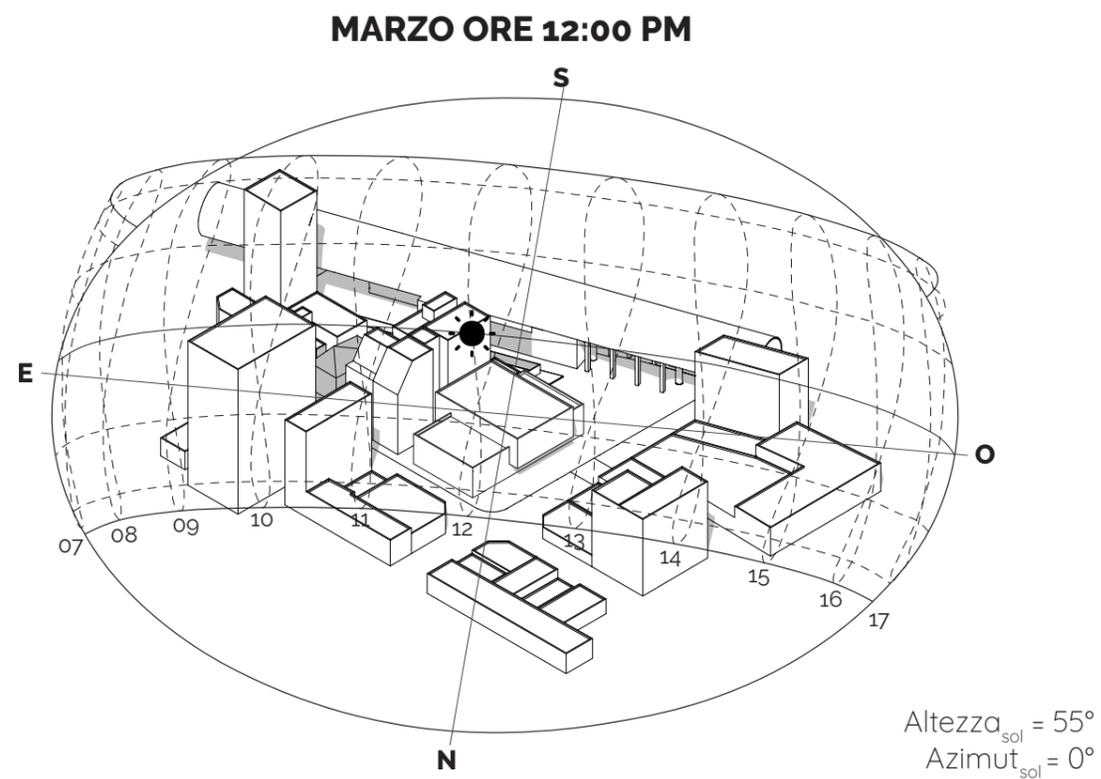
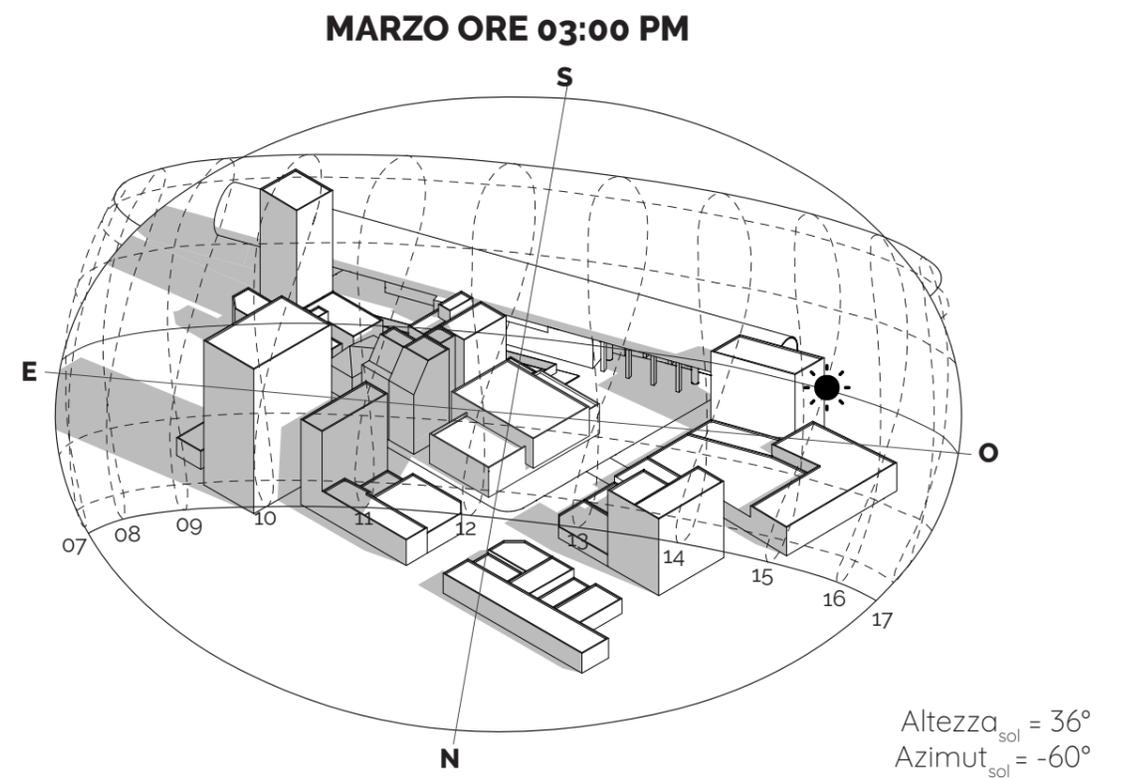
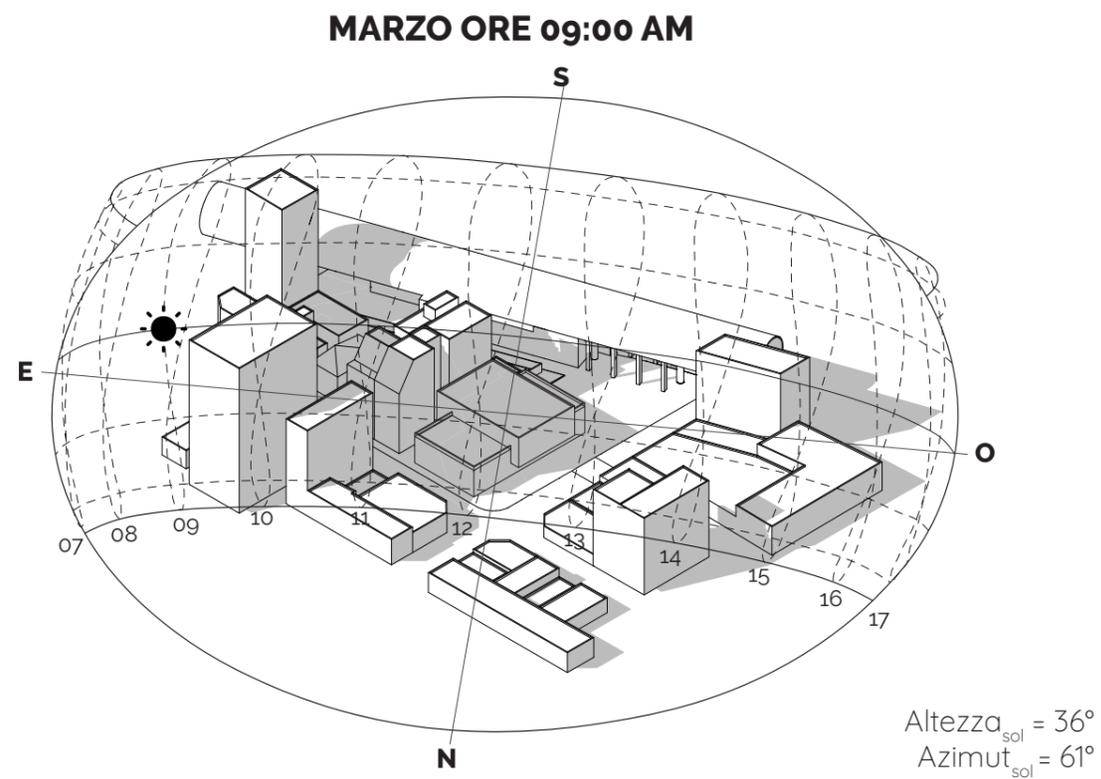


Fig. 59-60. Rielaborazione del percorso solare di marzo effettuato con *Sun Path 3D* di Andrew Marsh.

Fig. 61-62. Rielaborazione del percorso solare di marzo effettuato con *Sun Path 3D* di Andrew Marsh.

esempio una facciata esposta a Nord intercetterà la radiazione solare quando il Sole appunto è alto nel cielo. In questo caso, quindi, un oggetto orizzontale risulta essere il sistema più adeguato. Una facciata diversamente esposta, che riceve i raggi solari trasversalmente, con un angolo azimutale più ampio, e nelle prime o ultime ore della giornata, risconterà una maggior ombreggiatura dalla radiazione se si utilizzano dei dispositivi e/o dei pannelli verticali.

In conclusione: la facciata Nord - Ovest è caratterizzata da un sole medio - alto ma frontale, soprattutto nelle ore pomeridiane; la facciata Sud - Ovest invece è caratterizzata da un Sole più basso che presenta un angolo azimutale più ampio rispetto agli altri. Infine la facciata esposta a Nord - Est, spesso è in parte in ombra per via delle ostruzioni esterne, ma è caratterizzata da un Sole medio - alto con un angolo azimutale abbastanza ampio.

In questa valutazione è stata esclusa la presenza di alberi e vegetazione sul lato strada.

PREDIMENSIONAMENTO DEGLI AGGETTI

Dallo studio solare derivato dall'orientamento dell'edificio, ne è conseguito un successivo approfondimento sulla geometria del dispositivo schermante. In base al momento della giornata in cui le relative facciate sono esposte, si è effettuato un primo dimensionamento e orientamento degli oggetti orizzontali e delle sporgenze verticali, che potesse-

ro indirizzare la scelta delle schermature definendo un punto di partenza. Questa analisi è fondamentale per selezionare successivamente le tipologie possibili da utilizzare. Il parametro di controllo risulta essere la radiazione solare, e la selezione deriva dallo studio delle caratteristiche dell'edificio e del sito di ubicazione, del suo orientamento e quindi dell'esposizione delle facciate. Si può verificare la prestazione di un frangisole verticale rispetto ad uno orizzontale, può aiutare a capire il distanziamento necessario delle lamelle, la loro dimensione/profondità. Si evidenziano quali siano i periodi e in quali orientamenti bisogna agire con maggiore attenzione effettuando un'analisi qualitativa.

Partendo dalle condizioni più critiche per l'accumulo di calore, quindi dalle ore 12:00 pm di dicembre [Fig. 63], seguendo l'altezza solare e l'angolo azimutale della posizione del sole, si è dimensionato l'oggetto orizzontale che sia in grado di schermare la superficie verticale dell'involucro esterno di un piano.

A Nord - Ovest è stato osservato come per ombreggiare completamente è necessario posizionare un oggetto di 0,93 m quando il Sole è alto nel cielo. Questa soluzione non soddisferebbe però l'ombreggiamento della facciata nelle ore in cui il Sole è frontale e più basso, considerando che il lato è esposto per gran parte del pomeriggio. Nelle ultime ore delle giornate sia di dicembre che di marzo infatti, la finestra risulta per il 90% colpita totalmente dalla radiazione incidente. Con alcuni oggetti verticali di profondità 0,78 m calcolati sull'esposizione più critica del mese di marzo (ore 12:00), con-

siderando l'angolo azimutale del Sole, si potrebbe contribuire all'ombreggiamento delle vetrate mano a mano che l'angolo aumenta. L'ombra potrebbe essere incrementata ulteriormente, secondo le necessità, se le sporgenze verticali risultassero orientabili secondo il movimento del Sole.

A Nord - Est [Fig. 64] la facciata risulta essere parzialmente ombreggiata fino alle ore 09:30 per via degli edifici che fungono da ostruzioni. Successivamente sarebbe opportuno continuare a schermare parte delle vetrate. Inizialmente si è posizionato lo stesso oggetto orizzontale utilizzato per il lato Nord - Ovest (0,93) per schermare l'edificio alle ore 12:00. Per via dell'elevata altezza solare, l'oggetto risulta efficace per buona parte della mattinata, ma non si ottiene lo stesso riscontro nel mese di marzo, quando il Sole è più basso. In questo caso si è dimensionato, sempre sulla base della condizione più critica del mese di marzo alle ore 12:00 pm, una sporgenza verticale di 0,56 che fosse in grado di schermare circa 1/3 della finestra. Si nota come sia in grado di contribuire all'ombreggiamento della facciata, ma come questa sia eccessivamente colpita nelle prime ore della giornata, per via di angoli azimutali del Sole troppo piccoli. Pertanto, per non aumentare la profondità degli oggetti, potrebbe essere utile optare per dei sistemi di schermatura che siano orientabili in maniera tale da aumentare l'angolo d'ombra quando è necessario.

Infine il lato Sud - Ovest, essendo meno critico poiché esposto solo nel pomeriggio e per un massimo di 2 ore nelle stagioni intermedie (come i mesi di marzo e settembre) non è stato approfondita in

questa fase iniziale. Sicuramente, per via di angoli azimutali molto ampi, potrebbe essere utile utilizzare delle sporgenze verticali piuttosto che orizzontali, dato che i raggi de Sole incidono trasversalmente sulla superficie verticale.

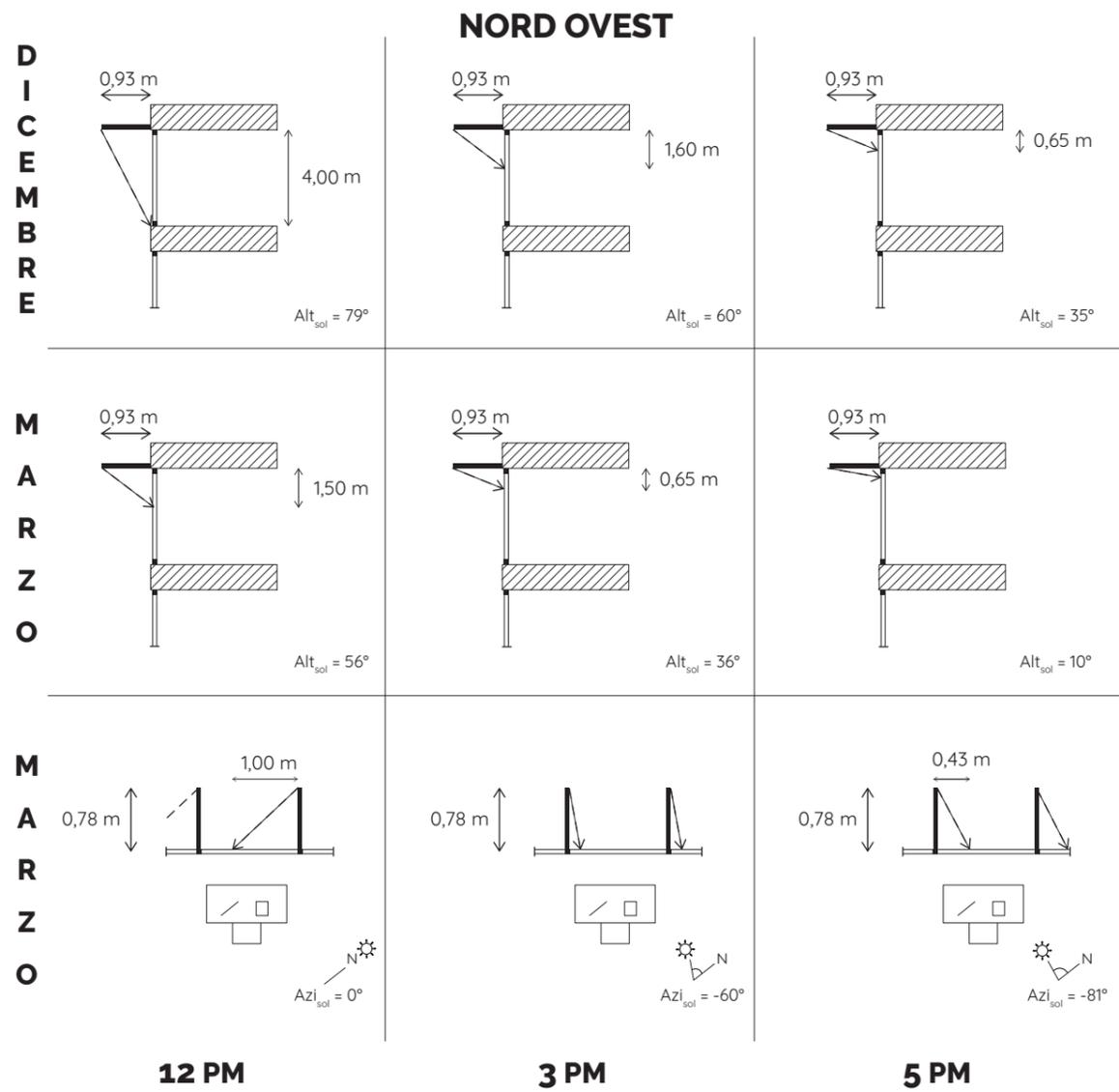
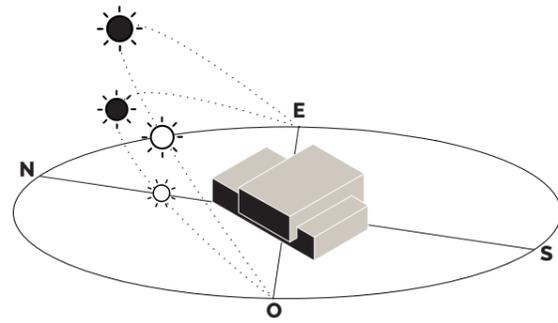


Fig. 63. Studio del dimensionamento di alcuni oggetti per la facciata a Nord - Ovest.

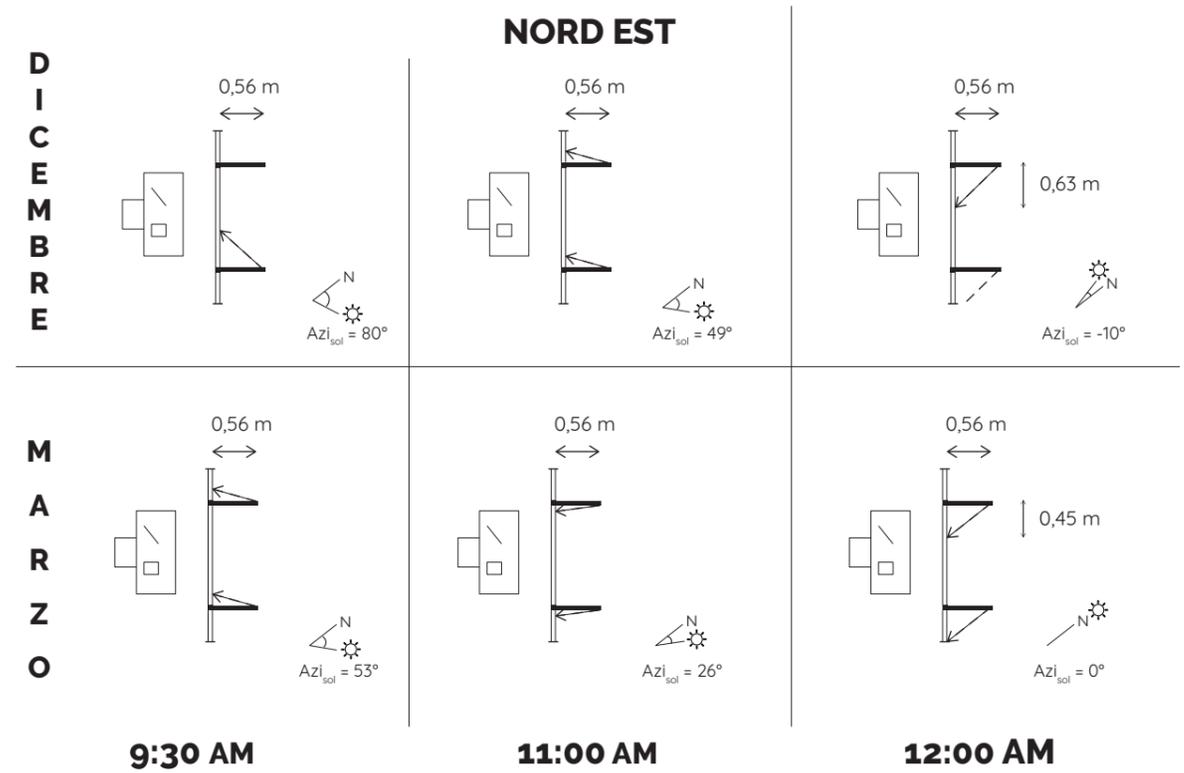
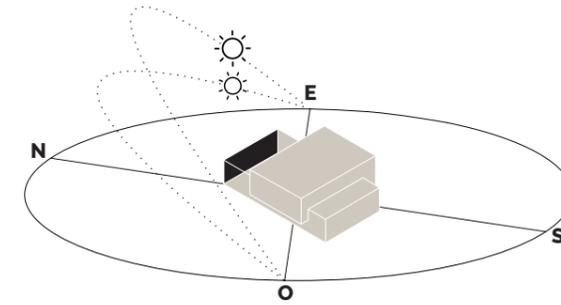
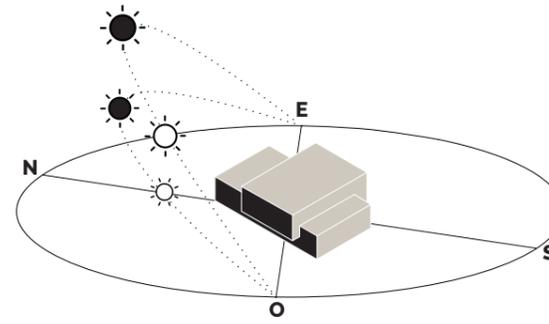
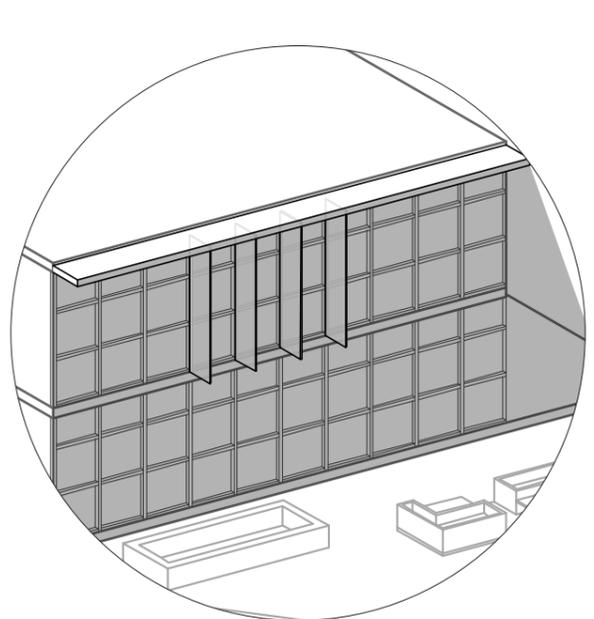


Fig. 64. Studio del dimensionamento di alcuni oggetti per la facciata a Nord - Est.

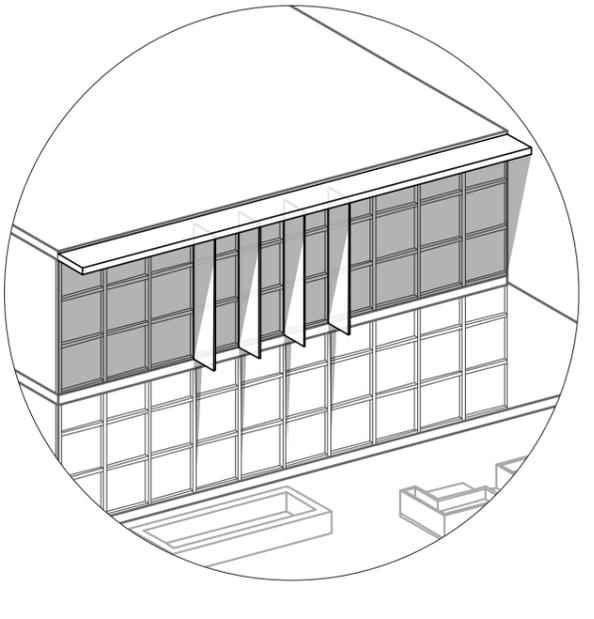
PROSPETTO NORD OVEST



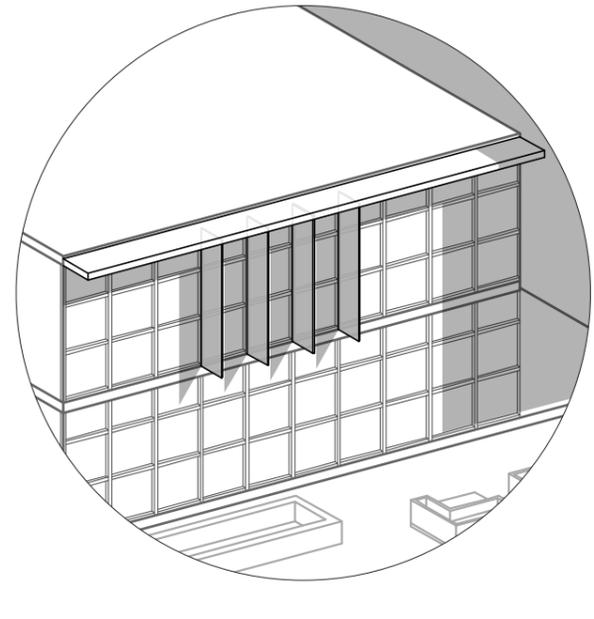
D
I
C
E
M
B
R
E



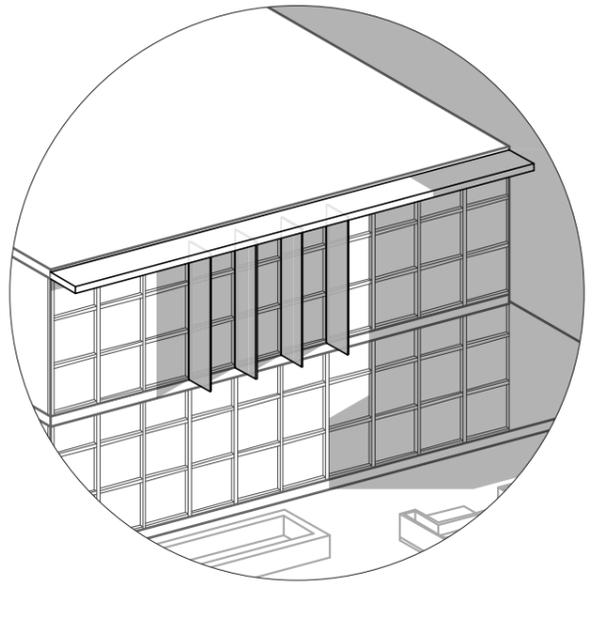
ORE 09.00 AM



ORE 12.00 PM



ORE 03.00 PM



ORE 05.00 PM

M
A
R
Z
O

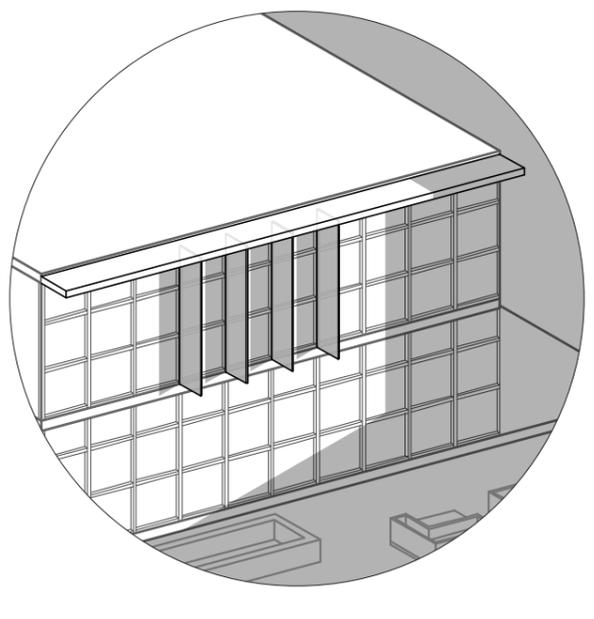
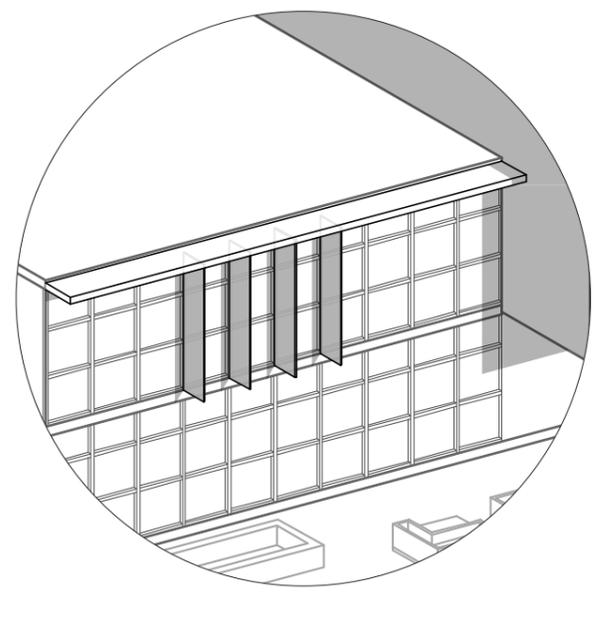
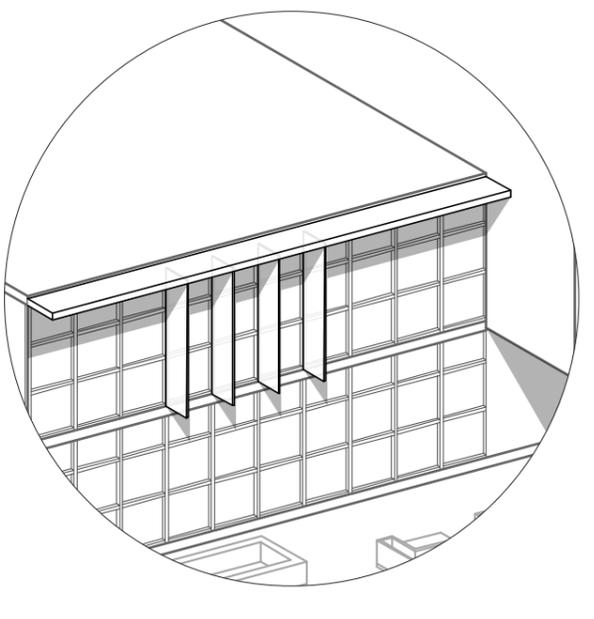
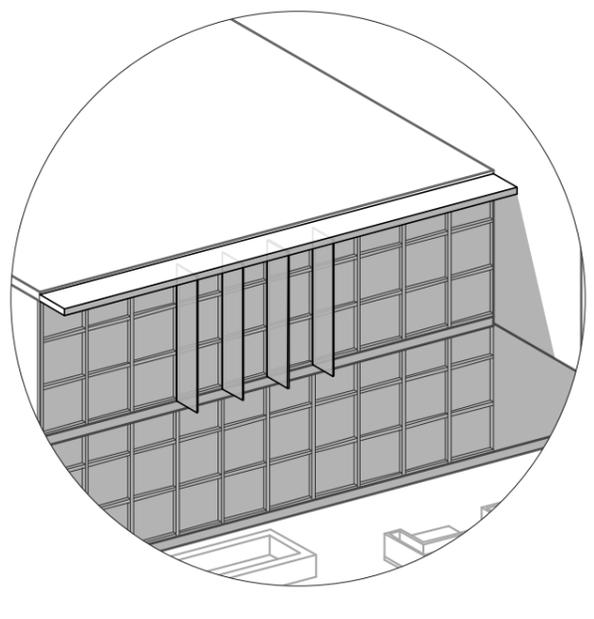
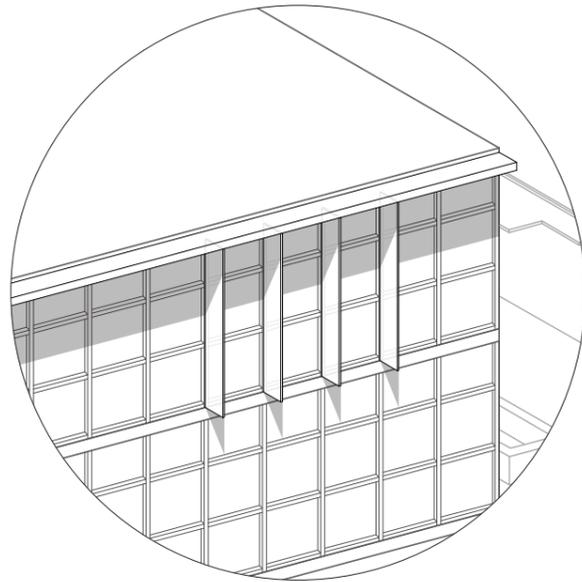
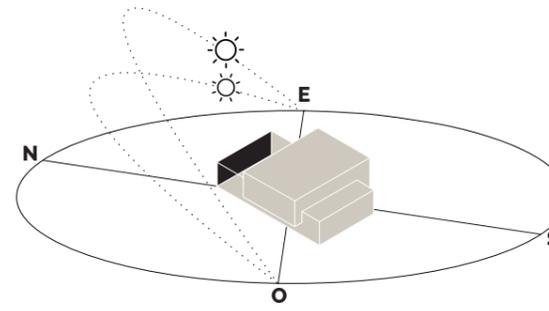
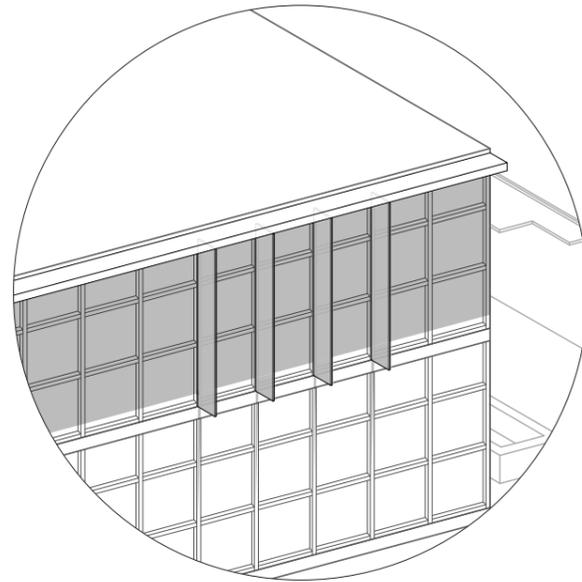


Fig. 65. Rappresentazione tridimensionale degli studenti precedenti sull'esposizione Nord-Ovest.

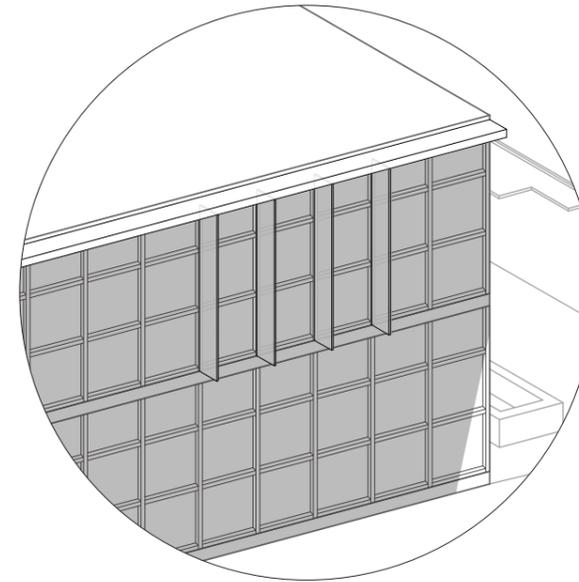
PROSPETTO NORD EST



ORE 09.30 AM

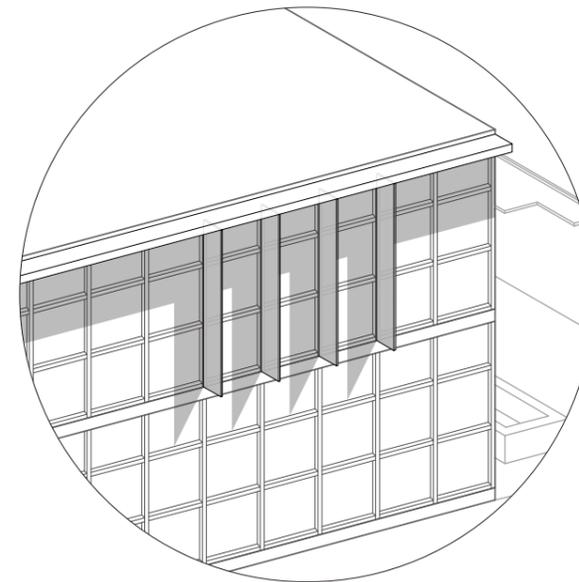
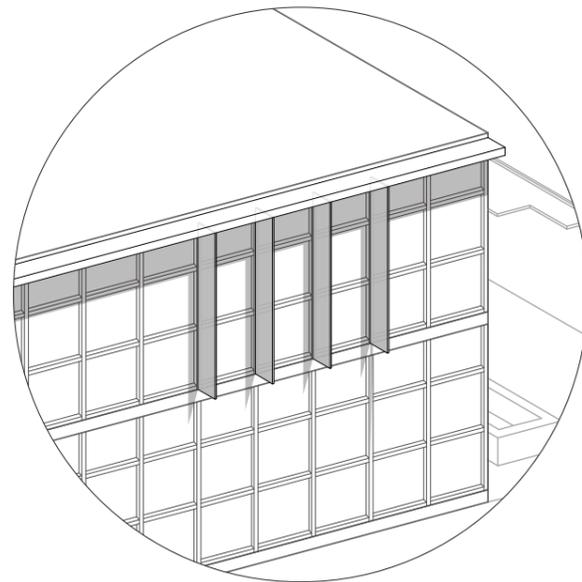
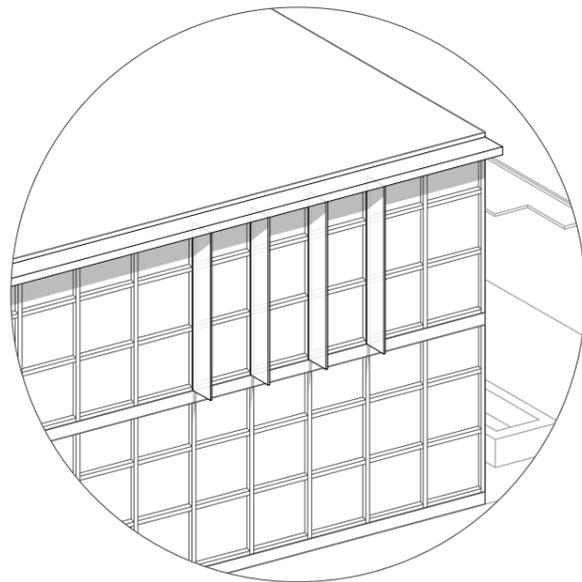


ORE 11.00 AM



ORE 12.00 PM

D
I
C
E
M
B
R
E



M
A
R
Z
O

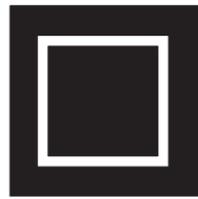
Fig. 66. Rappresentazione tridimensionale degli studenti precedenti sull'esposizione Nord-Est.

APPROCCIO

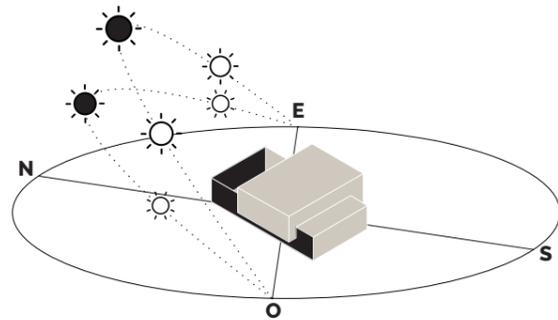


BASE DI PARTENZA.

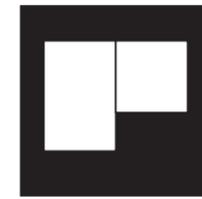
SOLUZIONE PROGETTUALE 1



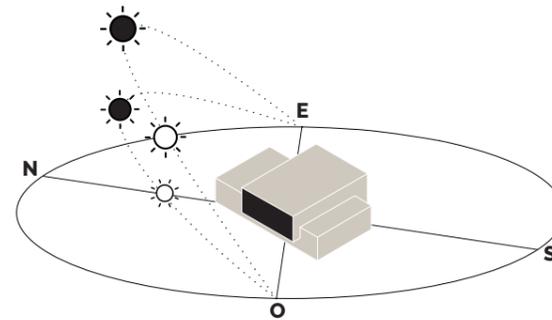
*ESPOSIZIONE NORD-EST;
INVOLUCRO ESTERNO PER IL
CUBO VETRATO.*



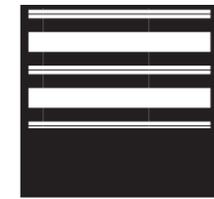
SOLUZIONE PROGETTUALE 2



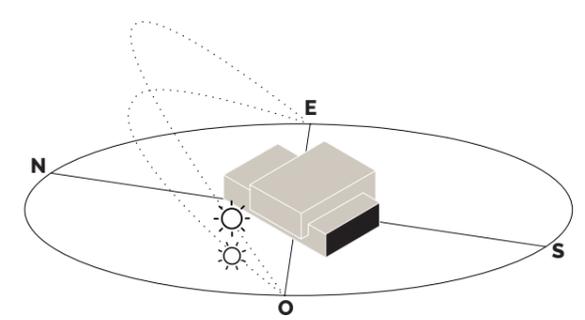
*ESPOSIZIONE NORD-OVEST;
TRASPARENZA E PROTEZIONE.*



SOLUZIONE PROGETTUALE 3



*ESPOSIZIONE SUD-OVEST;
LA SCHERMATURA COME OMBRA
PER GLI SPAZI ESTERNI.*





APPROCCIO

BASE DI PARTENZA.

Le soluzioni progettuali che sono state definite in seguito, hanno come base di partenza la soluzione generale volta a schermare la radiazione solare incidente sulle vetrate dell'edificio nei momenti più critici fino ad ora evidenziati. Come abbiamo visto, le facciate più esposte, e quindi più critiche per il surriscaldamento interno, sono quelle orientate a Nord-Est e Nord-Ovest che coinvolgono la pelle vetrata della sede comunale le quali riguardano il piano terra e il primo piano. L'obiettivo principale, quindi, è quello di schermare la radiazione solare nei momenti più critici dell'anno e della giornata. Pertanto, secondo gli studi e le analisi svolte in precedenza, si è dimensionato l'aggetto orizzontale per ombreggiare completamente la facciata alle ore 12:00 pm del 21 di dicembre [Fig. 68], secondo l'altezza solare rilevata, in cui cade il solstizio estivo dell'emisfero australe. Nel mese di marzo, invece, l'aggetto orizzontale ombreggia solo parte della vetrata, alle ore 12:00 am, dovuto ad una minore altezza del Sole nelle stagioni intermedie. Se poi si analizzano nel dettaglio anche le ore pomeridiane della giornate degli stessi giorni, ore 03:00 pm [Fig. 69], in cui l'intensità della radiazione solare risulta essere ancora importante ai fini del be-

nessere termoigrometrico e visivo, si è osservato come l'altezza solare diminuisca ulteriormente e come, in queste condizioni, l'aggetto orizzontale risulti inefficiente all'ombreggiatura del vetro. Date le esposizioni Nord-Est e Nord-Ovest, si è deciso di optare per una combinazione di schermi orizzontali e verticali, al fine di schermare la radiazione adeguatamente in tutti i momenti della giornata in cui si verificano delle condizioni di disagio. Di conseguenza, sono state osservate le ombre portate dal dimensionamento, studiato in precedenza, delle lamelle verticali, volte all'ombreggiamento della finestra alle ore 03:00 pm del mese di dicembre e di marzo, i quali contribuiscono a schermare la radiazione anche alle ore 12:00 pm di marzo. La facciata Nord-Ovest, essendo esposta durante tutto il pomeriggio (ore 02:00-06:00 pm), per migliorare la prestazione del dispositivo schermante, si considerano le lamelle come orientabili secondo il percorso solare e la variazione dell'angolo azimutale durante la giornata [Fig. 70-71]. In questo modo, le lamelle sono in grado di bloccare la radiazione solare incidente, quando eccessiva, in qualsiasi momento risulti essere necessario.

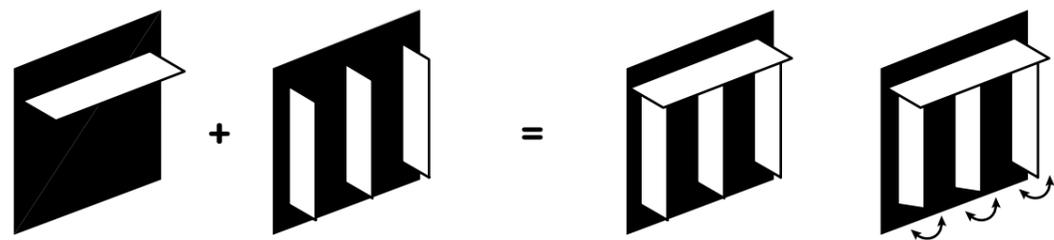


Fig. 67. Combinazione di aggetto orizzontale e schermature verticali mobili.

OMBRE PORTATE DAI DISPOSITIVI DI SCHERMATURA SULLA FACCIATA

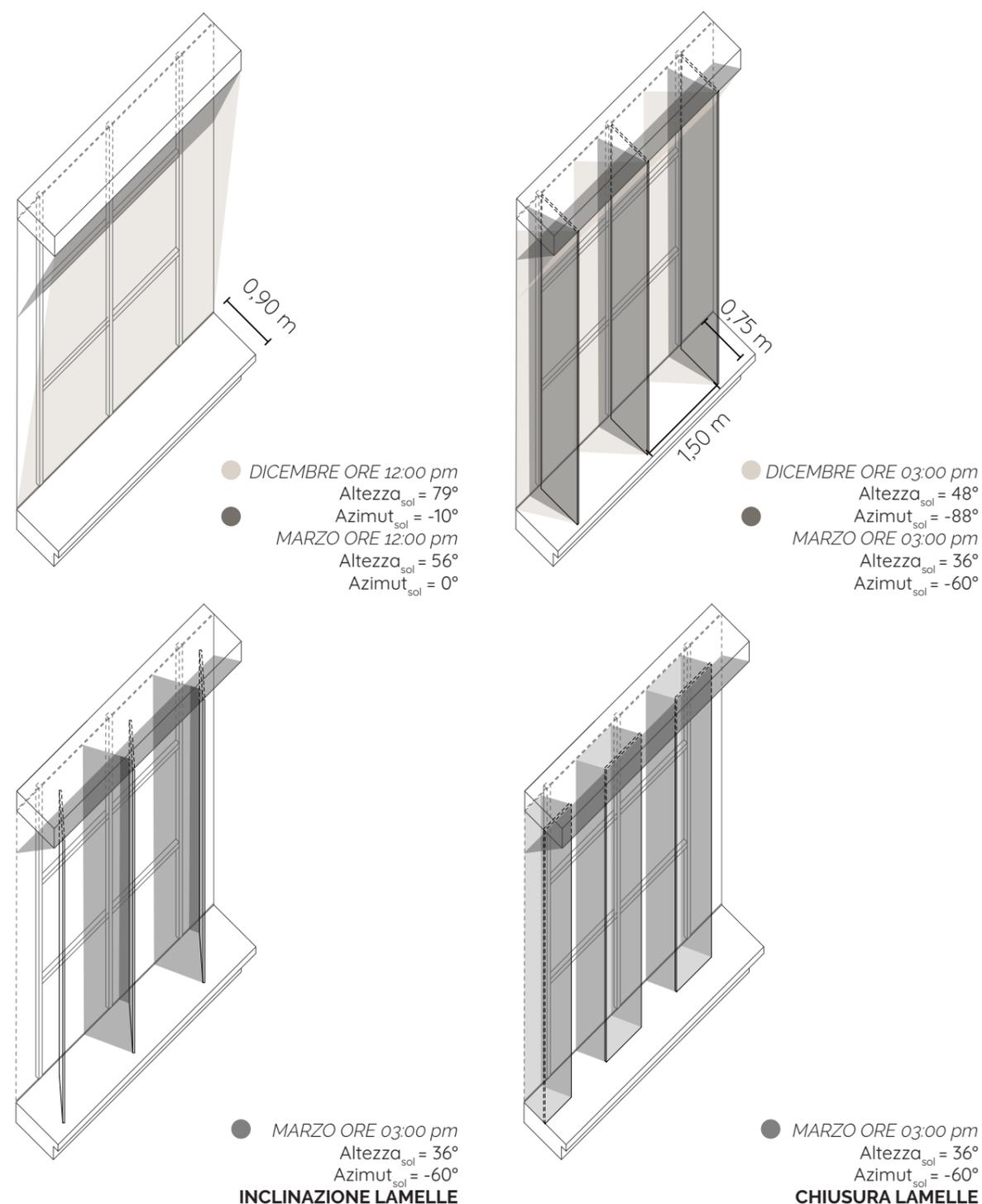


Fig. 68-71. Rappresentazione delle ombre delle schermature sulla facciata nelle diverse ore e mesi dell'anno.



SOLUZIONE PROGETTUALE 1

INVOLUCRO ESTERNO PER IL CUBO VETRATO.

La soluzione progettuale adottata per la protezione della pelle vetrata, parte dallo sviluppo tipologico dell'approccio alla progettazione delle schermature visto in precedenza. La soluzione prevede l'utilizzo di persiane pieghevoli, con apertura a libretto, che siano in grado di aprirsi o chiudersi automaticamente secondo l'angolo azimutale e il percorso del Sole durante la giornata. Infatti, queste sono pensate per essere in grado di schermare la radiazione solare quando il Sole è frontale alla facciata, chiudendosi [Fig. 74]. In questo caso la schermatura è posizionata a una distanza tale dal vetro che conferisce un unico filo di facciata esterno all'edificio, il quale si presenta racchiuso all'interno di questa seconda pelle. Allo stesso modo, la piastra in acciaio utilizzata come oggetto orizzontale per la schermatura nelle ore centrali delle giornate estive, contribuisce anche alla manutenzione dei dispositivi e dei vetri. Le persiane contribuiscono all'ombreggiatura della facciata anche quando l'angolo azimutale è più ampio, ponendosi in posizione ortogonale [Fig. 72] rispetto al vetro e prendendo la forma di lamelle verticali, consentendo una maggiore vista verso l'esterno e un'apporto maggiore di luce naturale quando non è necessario chiudere completamente la facciata. Le persiane, infatti, possono assumere diverse inclinazioni [Fig. 73] secondo le esigenze. Il loro controllo è automatico: si attivano quando la radiazione incidente sul vetro è eccessiva.

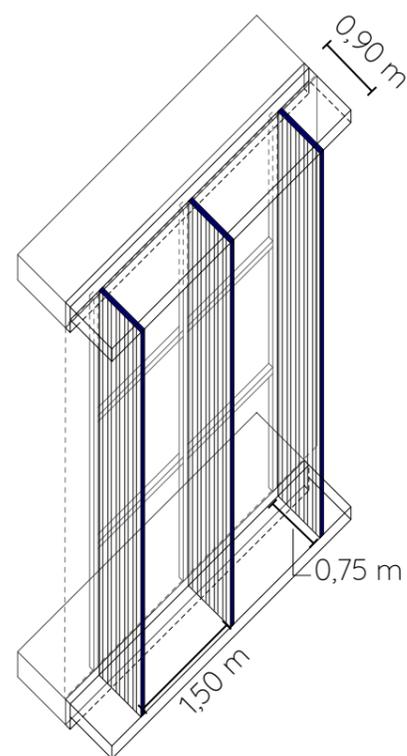


Fig. 72. Quando sono aperte, le persiane sono in posizione ortogonale rispetto al vetro, consentono di ombreggiare la facciata con angoli azimutali del sole molto ampi.

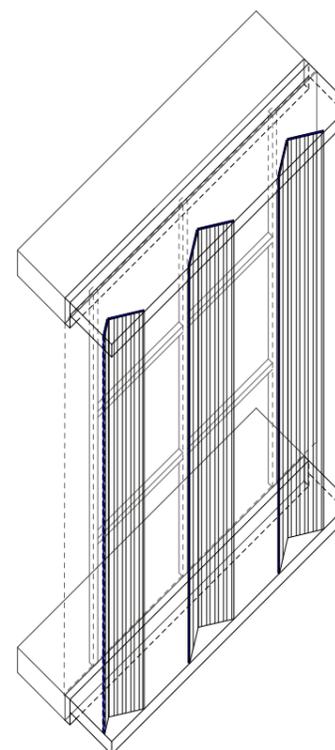
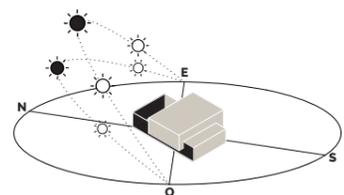


Fig. 73. Le persiane iniziano a chiudersi mano a mano che l'angolo azimutale diminuisce e nella posizione ortogonale non sarebbero in grado di schermare adeguatamente il vetro.

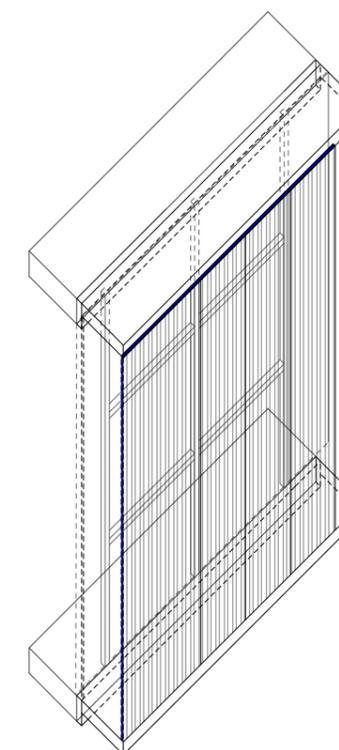
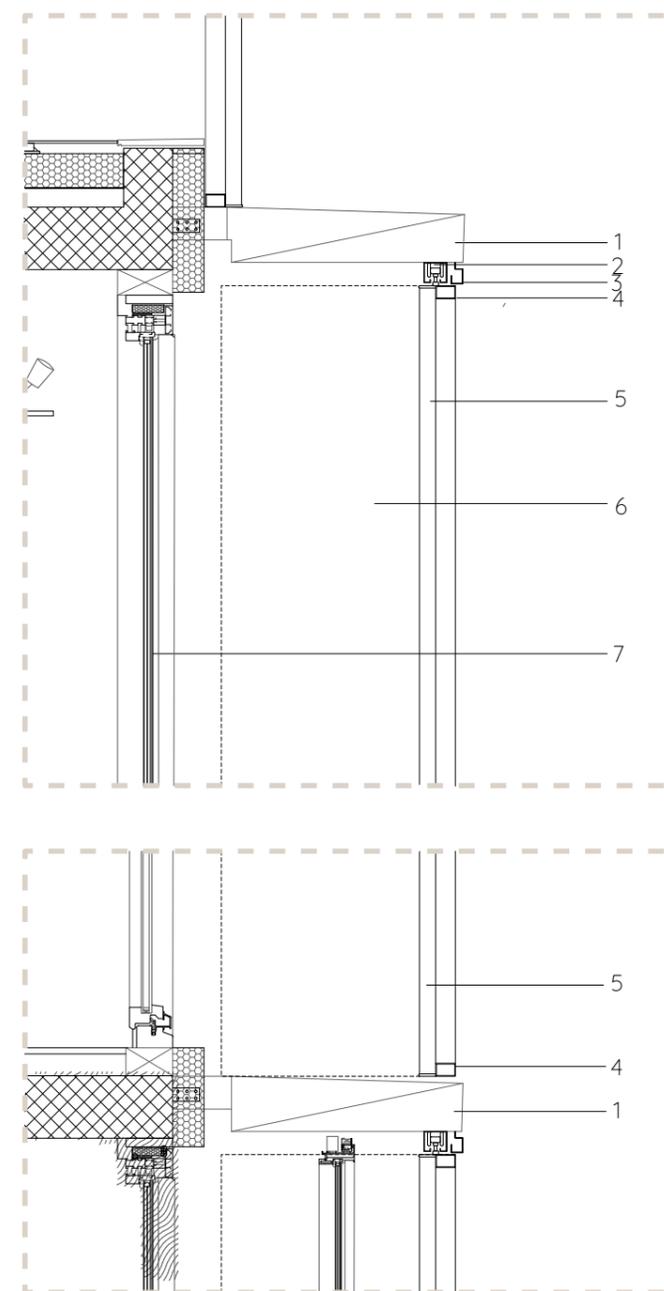


Fig. 74. Essendo la facciata nord ovest caratterizzata da un sole basso e frontale, le persiane sono in grado di chiudersi consentendo una minore incidenza della radiazione.

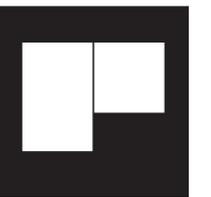
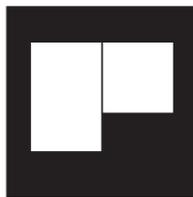


Fig. 75. Sezione trasversale con l'inserimento dei nuovi dispositivi schermanti.



1. sporgenza in alluminio anodizzato su base in acciaio
2. binario superiore
3. chiusura lamiera in corten
4. telaio superiore: tubo rettangolare 32x32x2 mm
5. persiana pieghevole tipo SL
6. proiezione dell'apertura della persiana scorrevole
7. infisso in alluminio a taglio termico

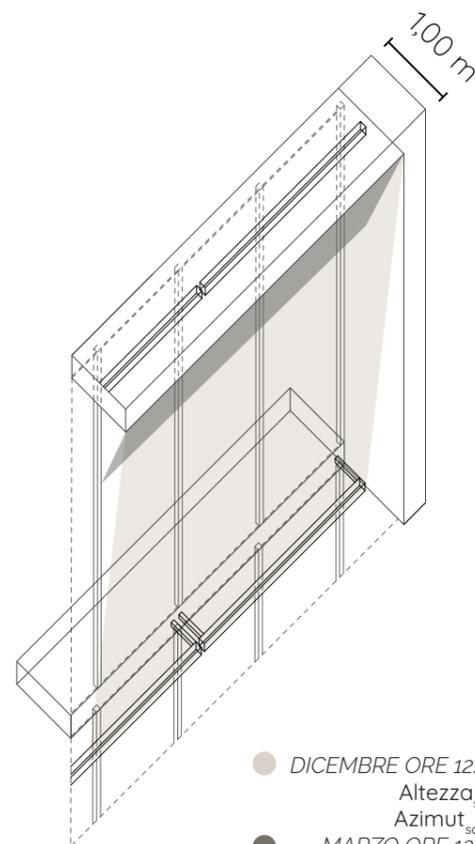
Fig. 76. Dettaglio dei nuovi elementi schermanti.



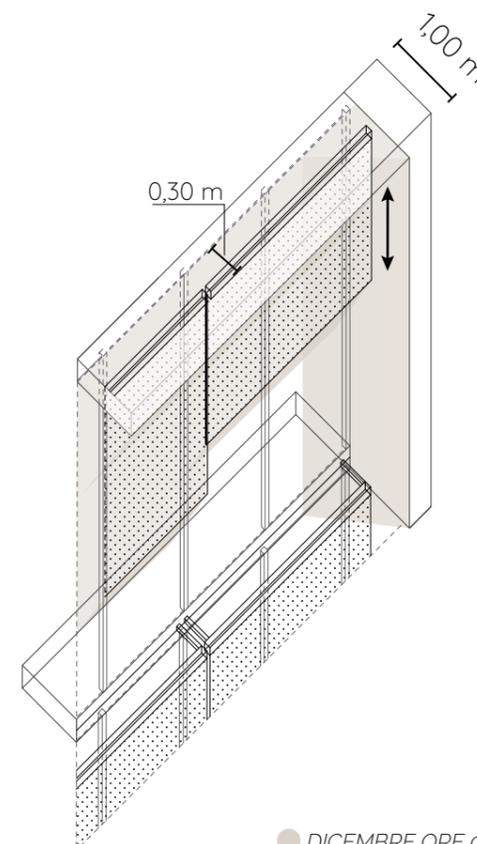
SOLUZIONE PROGETTUALE 2

TRASPARENZA E PROTEZIONE.

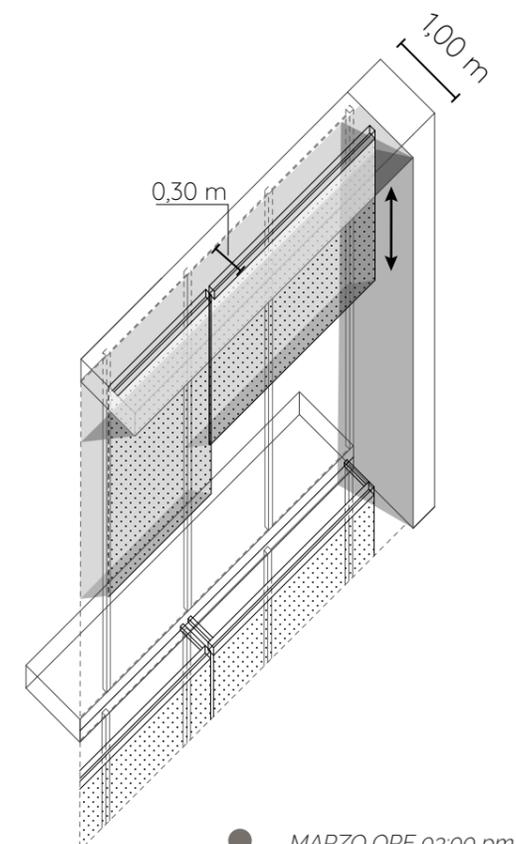
Il blocco aggettante della sede comunale vuole preservare il suo carattere di facciata trasparente. A tal fine, il prospetto si compone dell'aggetto orizzontale, già presente nel blocco vetrato, e dei setti verticali laterali per schermare le vetrate quando il Sole è alto sull'orizzonte. Rimane quindi intatto il principio di ombreggiare la facciata soprattutto nelle ore centrali del mese estivo di dicembre per evitare che la radiazione solare diretta raggiunga il vetro quando è più intensa [Fig. 77]. Essendo esposta ad Ovest, ci sono situazioni in cui non sono sufficienti le sporgenze poiché il Sole è troppo basso e frontale. Non volendo utilizzare lo stesso sistema a persiane pieghevoli, le quali risultano sempre in mostra nel prospetto dell'edificio, per contribuire alla schermatura della facciata, sono collocate delle tende avvolgibili che vengono azionate quando necessario [Fig. 78-79]. Con questo sistema mobile, il dispositivo è in grado di scomparire "nascondendosi" quando si ha bisogno di maggior illuminazione o si vogliono garantire gli apporti solari gratuiti all'edificio.



- DICEMBRE ORE 12:00 pm
Altezza_{sol} = 79°
Azimut_{sol} = -10°
- MARZO ORE 12:00 pm
Altezza_{sol} = 56°
Azimut_{sol} = 0°



- DICEMBRE ORE 03:00 pm
Altezza_{sol} = 48°
Azimut_{sol} = -88°



- MARZO ORE 03:00 pm
Altezza_{sol} = 36°
Azimut_{sol} = -60°

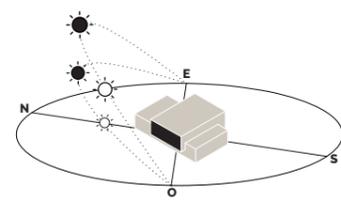


Fig. 77. Rappresentazione delle ombre portate dall'aggetto orizzontale.

Fig. 78-79. Rappresentazione della geometria delle tende avvolgibili esterne nel mese di dicembre e di marzo alle ore 03:00 pm.



SOLUZIONE PROGETTUALE 3

LA SCHERMATURA COME OMBRA PER GLI SPAZI ESTERNI.

Sulla base della soluzione 1 a persiane pieghevoli, si è analizzata l'esposizione solare della facciata a Sud-Ovest. Essendo la meno esposta, la profondità delle lamelle è stata ridotta e anche la profondità dell'aggetto orizzontale, in quanto la facciata non risulta soleggiata nelle ore centrali della giornata. Inoltre le lamelle sono quasi sempre aperte, in quanto i raggi del Sole incidono con un angolo trasversale ampio nelle ultime ore della giornata e risultano sufficienti ad ombreggiare la facciata. Per mantenere i principi compositivi menzionati all'inizio,

il piano terra, corrispondente all'area caffetteria, rimane libero dai frangisole. Al loro posto si è optato per un pergolato con frangisole orizzontali, per creare un'area esterna di ristoro. I sostegni, con l'aiuto di vegetazione, contribuiscono ad ombreggiare il piano terra quando non è schermato dagli edifici circostanti, che risultano essere un elemento importante per l'ombreggiatura della facciata nelle ore 04:00-05:00 pm del periodo estivo. La vegetazione, perdendo le foglie in inverno, garantisce degli apporti solari gratuiti nel periodo di riscaldamento.

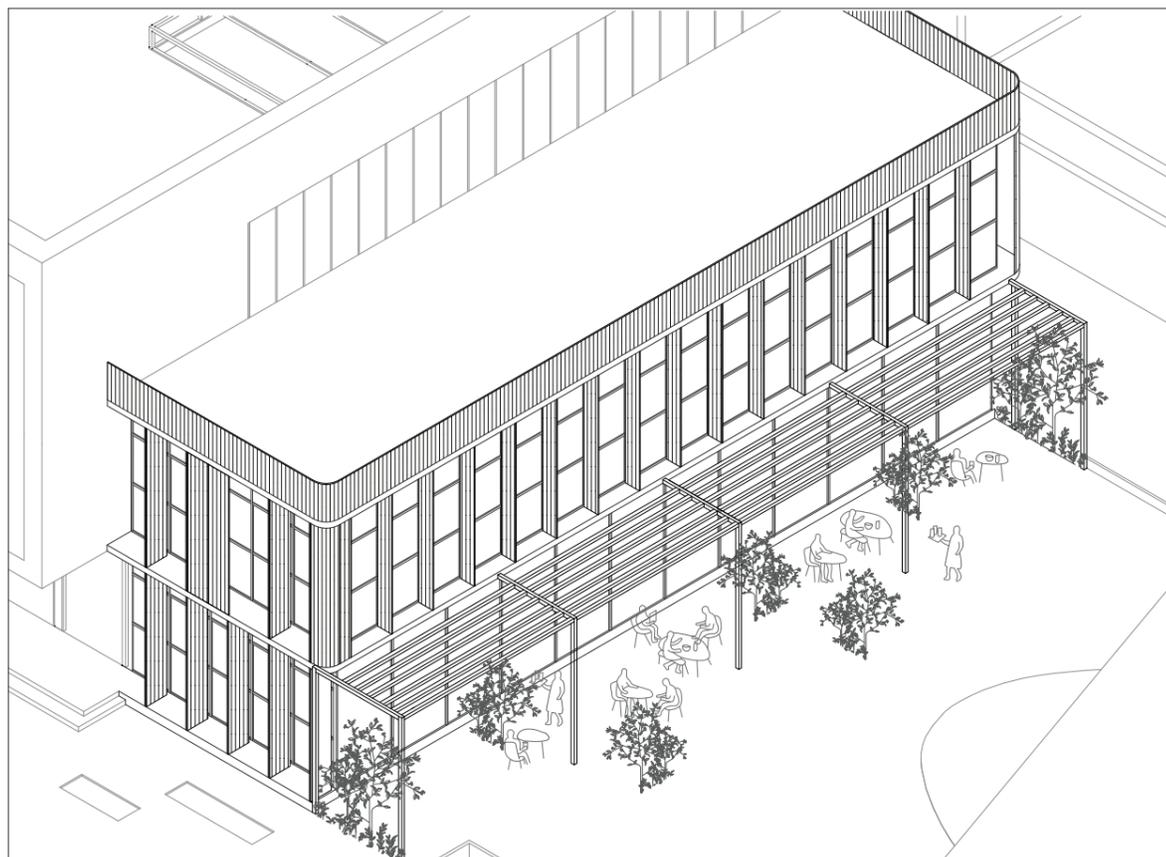
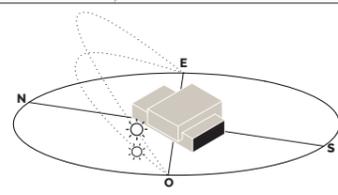


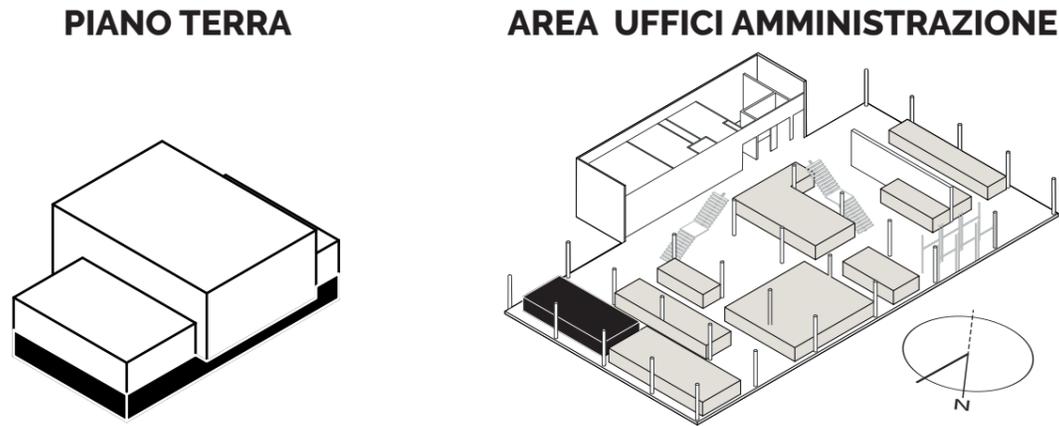
Fig. 80. Assonometria della facciata esposta a Sud-Ovest: formazione di un nuovo ambiente esterno.



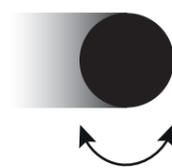
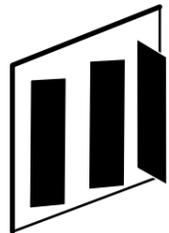
ANALISI DELLO STATO DI PROGETTO

Secondo le analisi e gli sviluppi svolti in precedenza, per giungere alla scelta progettuale del dispositivo schermante, viene verificata l'efficienza dello stesso. Come fatto per l'analisi dello stato di fatto, sono eseguite le stesse simulazioni e osservazioni della scelta progettuale così da poter valutare i riscontri sulle condizioni termoigrometriche e di illuminazione naturale. Al fine di favorirne la lettura, i risultati sono messi a diretto confronto con quelli iniziali, così che i cambiamenti e i miglioramenti siano maggiormente evidenziati.

BENESSERE TERMOIGROMETRICO.



MATERIALE POSIZIONE MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

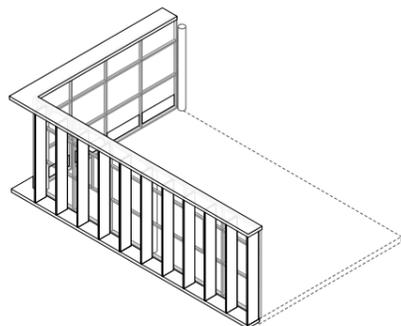
Distanza dal vetro: 0,50 m
 Profondità lamella: 0,50 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,30
 Controllo attivazione: solare

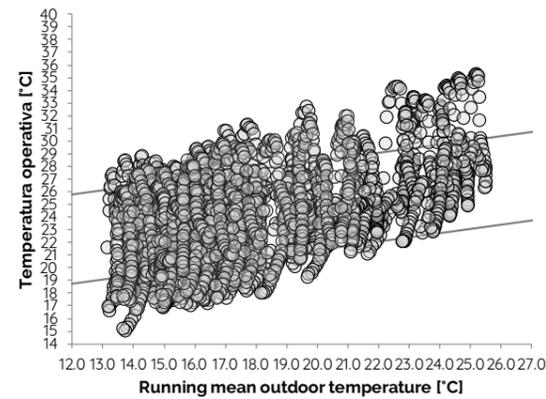
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_g = 0,77$
 $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

POSIZIONAMENTO FRANGISOLE



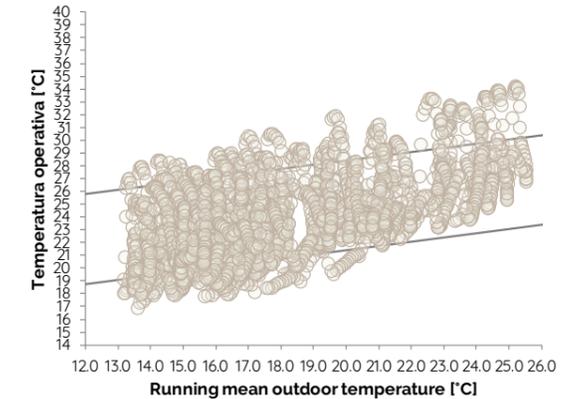
STATO DI FATTO



34,7% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 231 |
| Ore discomfort da freddo | 31 |

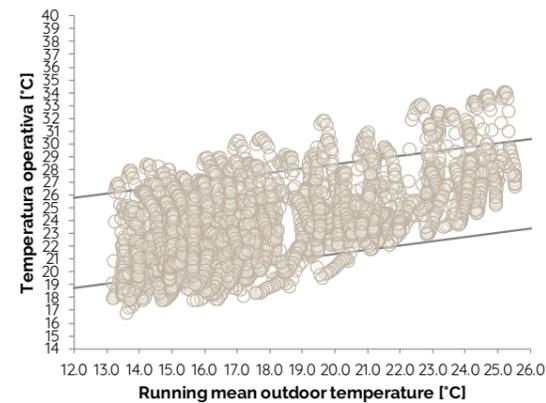
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



29,6% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 175 |
| Ore discomfort da freddo | 49 |

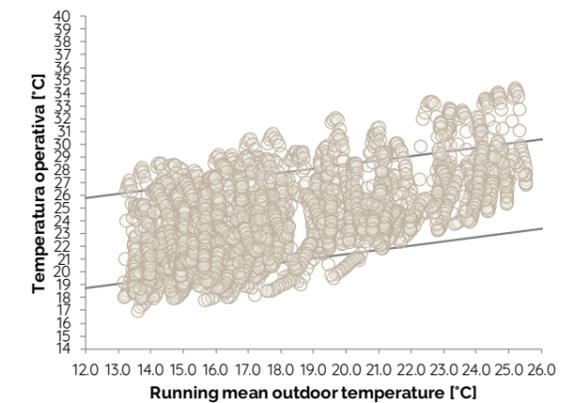
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



28,0% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 160 |
| Ore discomfort da freddo | 53 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



31,6% ORE DI DISCOMFORT

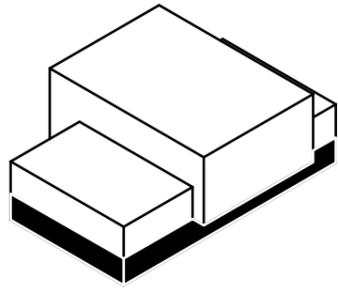
| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 193 |
| Ore discomfort da freddo | 46 |

L'area di lavoro è già ombreggiata durante l'anno per via degli edifici preesistenti, che in piccola parte producono delle situazioni di disagio per la poca radiazione solare incidente. Si evidenzia come con l'utilizzo di schermature vari maggiormente il discomfort da caldo rispetto a quello da freddo, diminuendo le ore di discomfort.

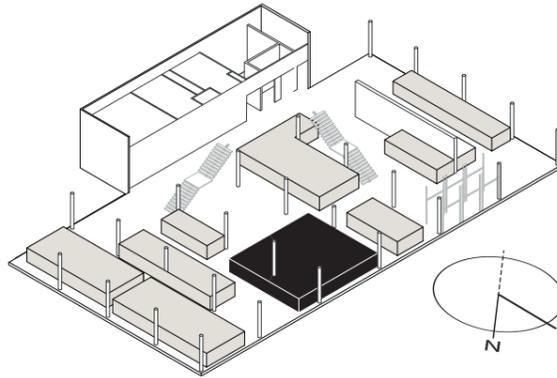
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO TERRA



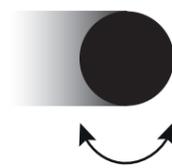
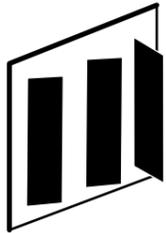
AREA UFFICI CONSEGNA CARTE



MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

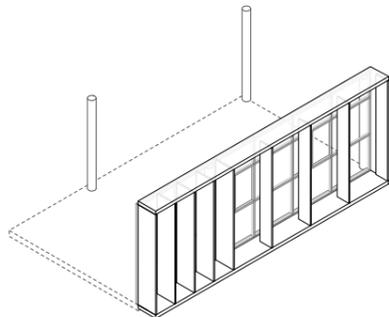
Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,75-1,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,30
 Controllo attivazione: solare

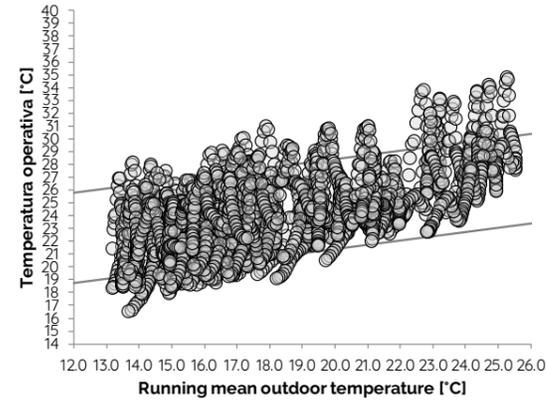
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_L = 0,77$
 $U_g = 1,0 W/m^2K$

POSIZIONAMENTO FRANGISOLE



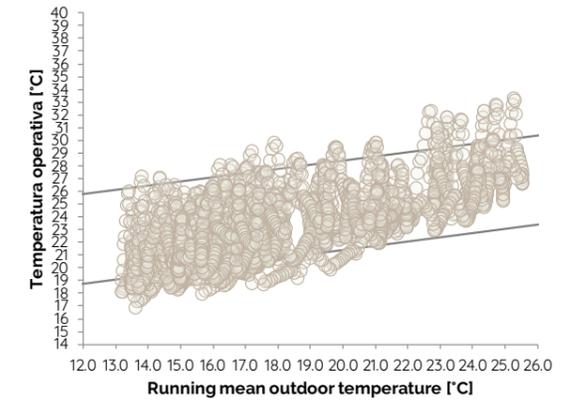
STATO DI FATTO



16% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 87 |
| Ore discomfort da freddo | 30 |

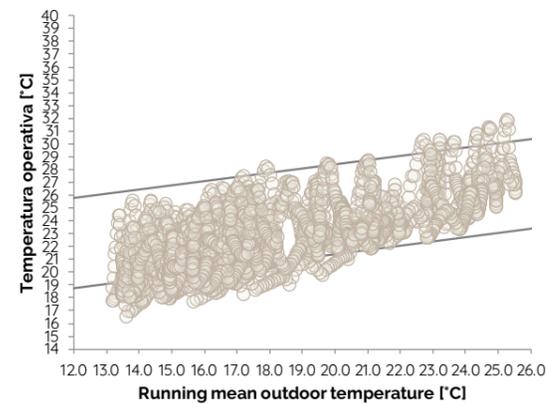
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



13,2% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 38 |
| Ore discomfort da freddo | 62 |

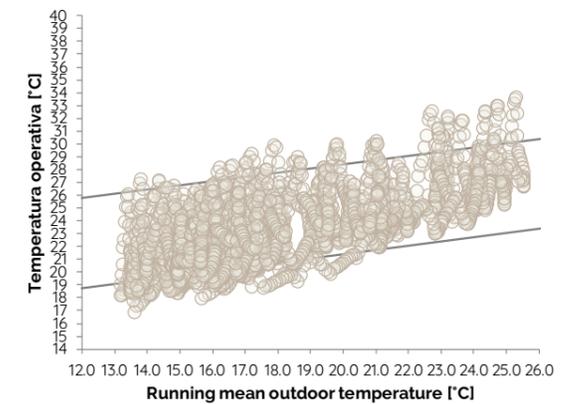
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



13,1% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 11 |
| Ore discomfort da freddo | 88 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



13,1% ORE DI DISCOMFORT

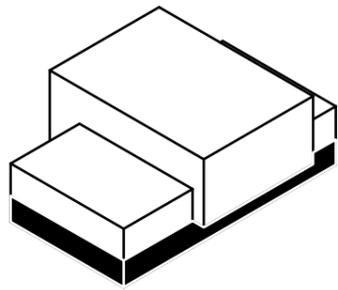
| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 39 |
| Ore discomfort da freddo | 60 |

L'area in questione presenta la minor percentuale di ore di discomfort dell'edificio, nonostante ciò è possibile migliorarlo in piccola parte. Modificano il set point di attivazione solare (100 W/m²), è possibile avvicinare i valori di temperatura operativa all'intervallo di comfort ideale, che pesano meno rispetto a quei valori più lontani dai limiti.

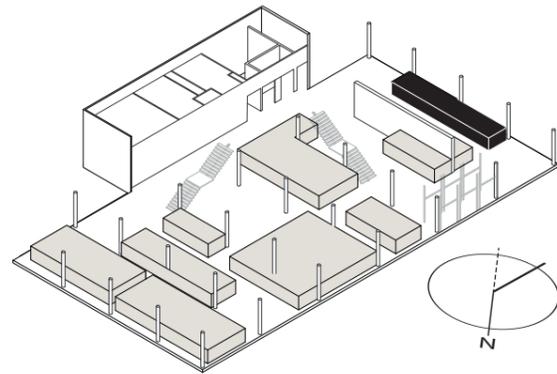
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO TERRA



AREA CAFFETTERIA



MATERIALE

POSIZIONE

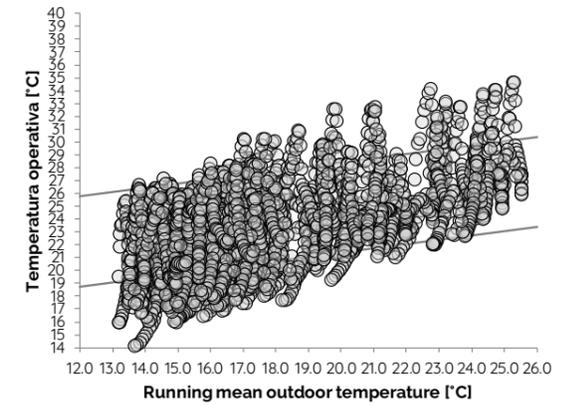
MOVIMENTO



CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_i = 0,77$
 $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

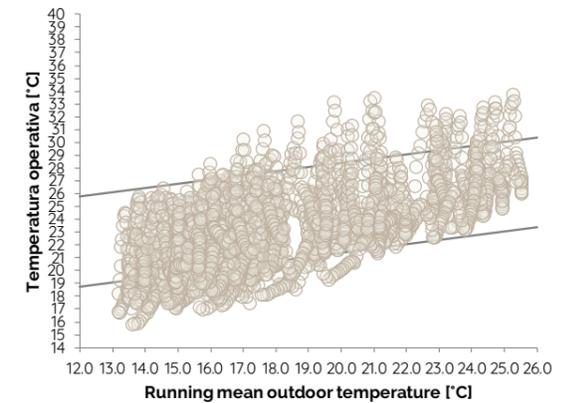
STATO DI FATTO



20,0% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 92 |
| Ore discomfort da freddo | 59 |

DISPOSITIVO FISSO



18,2% ORE DI DISCOMFORT

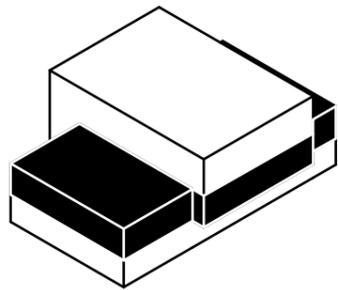
| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 60 |
| Ore discomfort da freddo | 83 |

L'area della caffetteria non prevedendo l'uso di dispositivi mobili, mantiene una percentuale di ore di discomfort simile alla precedente, ribaltando la situazione delle ore di discomfort da caldo e da freddo, ma avvicinando i valori di temperatura operativa all'intervallo di comfort identificato.

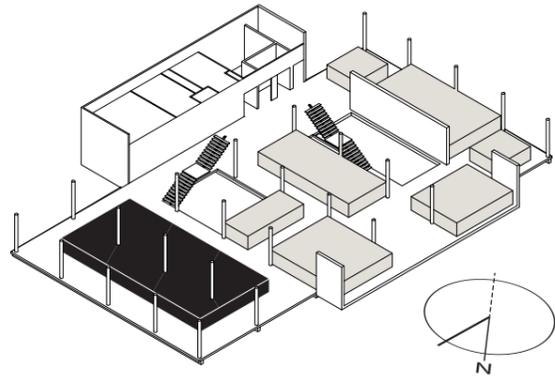
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO PRIMO



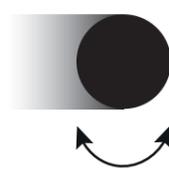
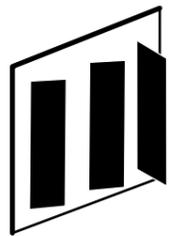
AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE



MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

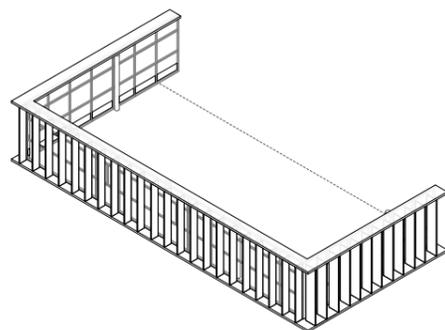
Distanza dal vetro: 0,50 m
 Profondità lamella: 0,50 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,30
 Controllo attivazione: solare

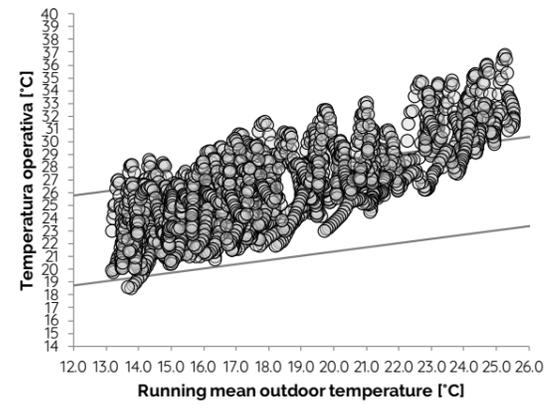
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_v = 0,77$
 $U_g = 1,0 W/m^2K$

POSIZIONAMENTO FRANGISOLE



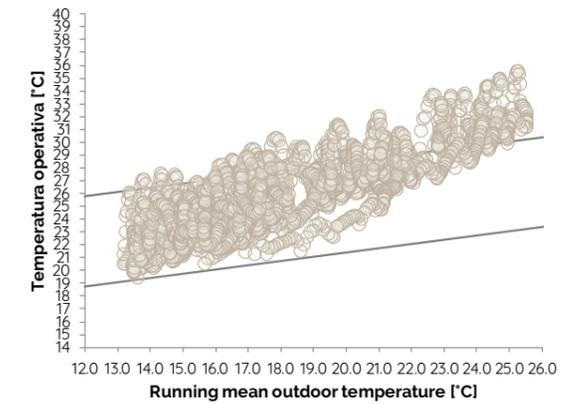
STATO DI FATTO



32,3% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 243 |
| Ore discomfort da freddo | 1 |

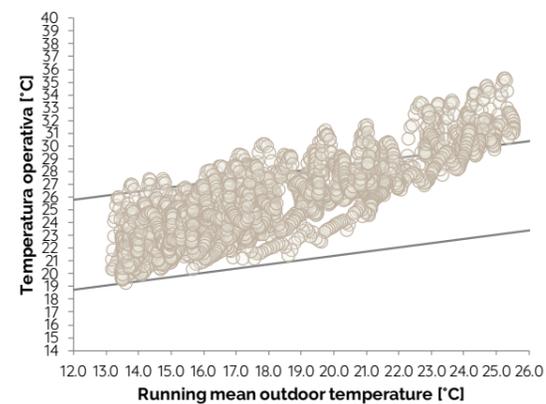
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



25,3% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 191 |
| Ore discomfort da freddo | 0 |

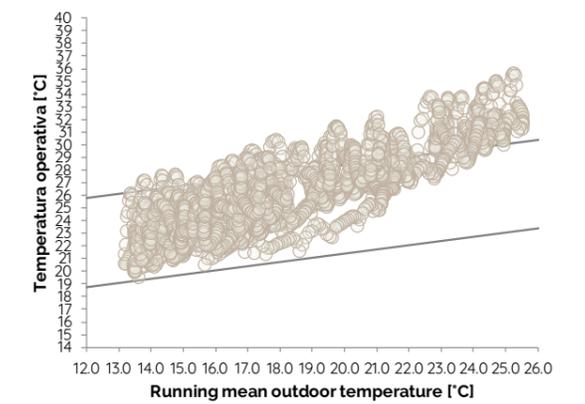
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



21,0% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 162 |
| Ore discomfort da freddo | 1 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



27,0% ORE DI DISCOMFORT

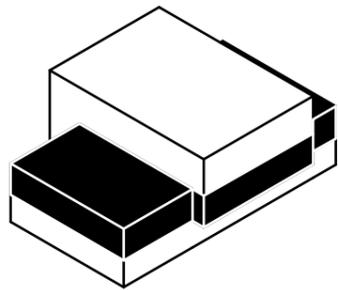
| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 204 |
| Ore discomfort da freddo | 0 |

La percentuale di discomfort è dovuta interamente a valori di temperatura operativa elevati. Utilizzando questi dispositivi schermanti, si riduce il numero delle ore di disagio in tutti e tre gli scenari, che vedono il massimo miglioramento con un set point solare impostato a 100 W/m².

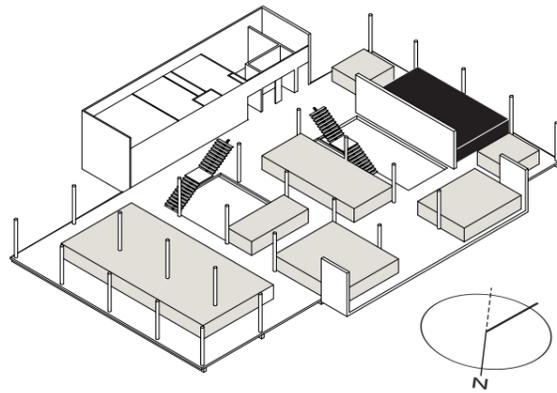
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO PRIMO



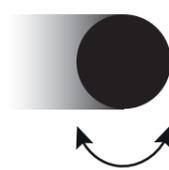
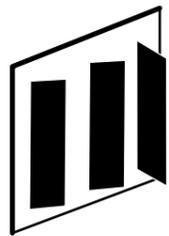
AREA UFFICI DNI



MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

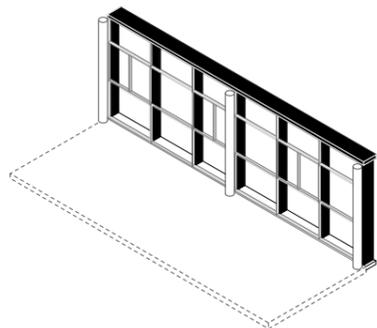
Distanza dal vetro: 0,50 m
 Profondità lamella: 0,50 m
 Distanza lamelle: 1,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,0
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,30

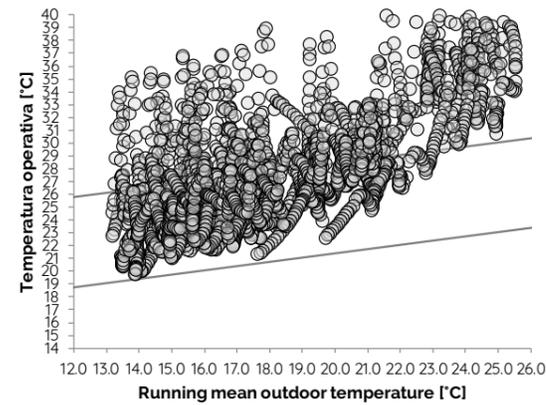
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_L = 0,77$
 $U_g = 1,0 W/m^2K$

POSIZIONAMENTO FRANGISOLE



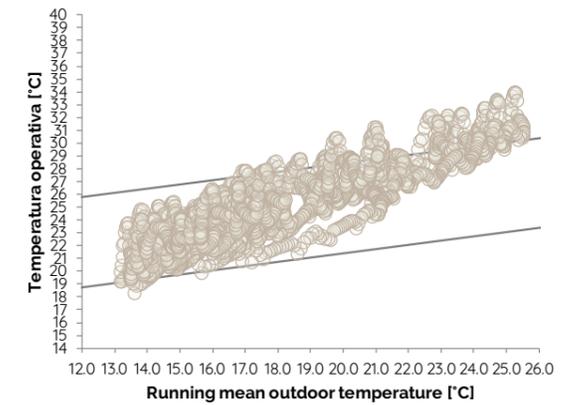
STATO DI FATTO



41,7% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 315 |
| Ore discomfort da freddo | 0 |

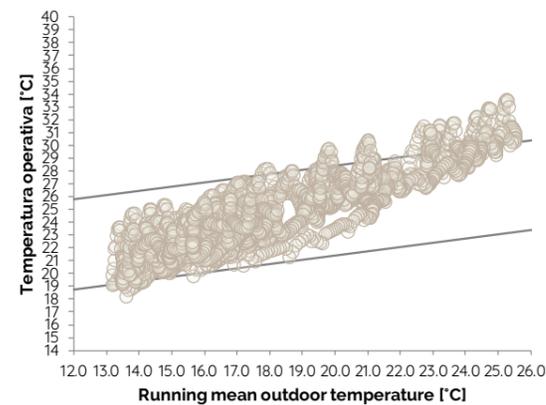
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



14,6% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 106 |
| Ore discomfort da freddo | 4 |

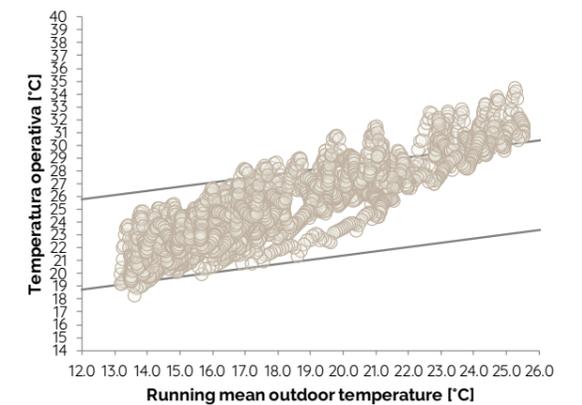
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



9,8% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 69 |
| Ore discomfort da freddo | 5 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



15,9% ORE DI DISCOMFORT

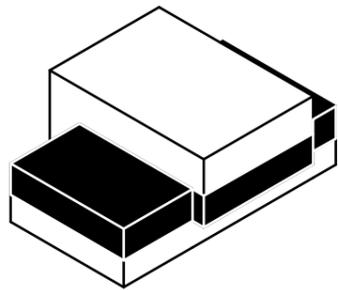
| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 116 |
| Ore discomfort da freddo | 4 |

Il discomfort termico viene ridotto notevolmente con l'uso dei dispositivi schermanti progettati, ottenendo il massimo miglioramento con un set point solare di attivazione di 100 W/m². Le ore di discomfort da caldo diminuiscono e quelle da freddo risultano ininfluenti.

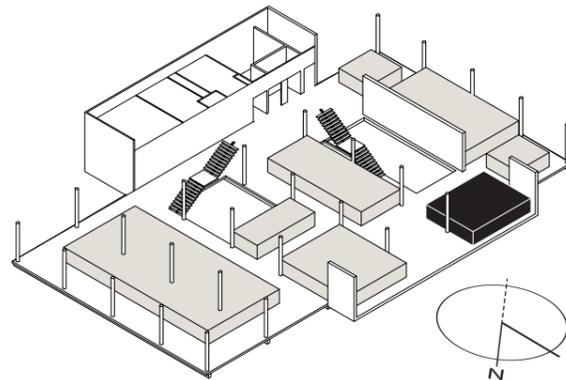
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO PRIMO



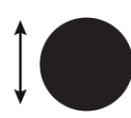
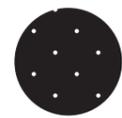
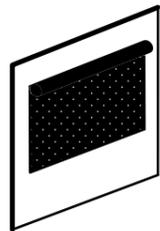
SALA CONFERENZA



MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

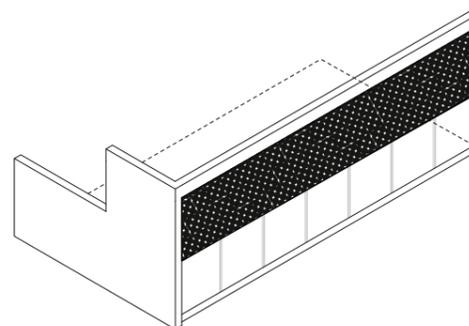
Distanza dal vetro: 0,30 m
 Spessore: 0,0005 m
 Conducibilità: 0,1 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,32
 Riflessione solare: 0,56
 Trasmittanza visibile: 0,31
 Riflessione visibile: 0,56

Emissività: 0,90
 Permeabilità aria: 0,00
 Controllo attivazione: solare

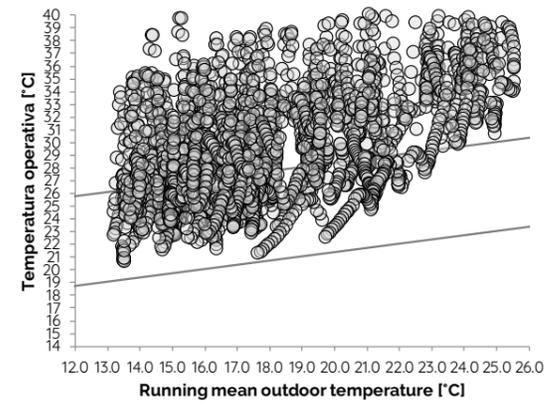
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_g = 0,77$
 $U_g^L = 1,0 W/m^2K$

POSIZIONAMENTO TENDA



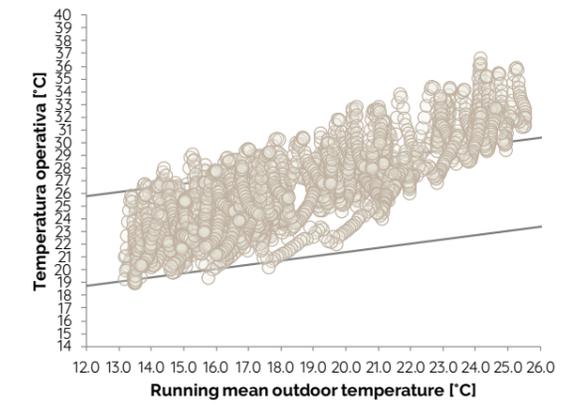
STATO DI FATTO



66,0% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 499 |
| Ore discomfort da freddo | 0 |

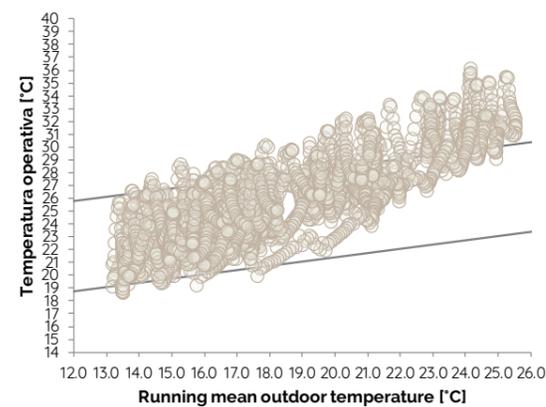
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



24,5% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 184 |
| Ore discomfort da freddo | 1 |

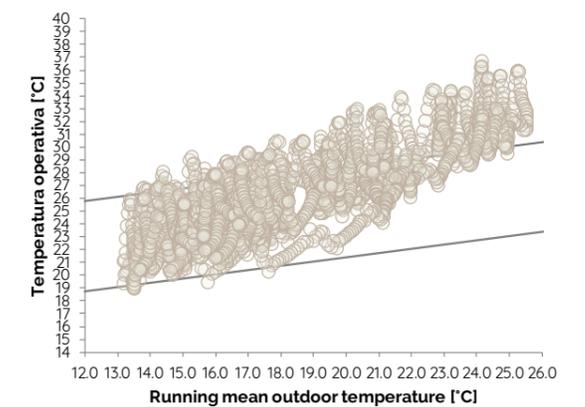
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



20,4% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 151 |
| Ore discomfort da freddo | 3 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



25,2% ORE DI DISCOMFORT

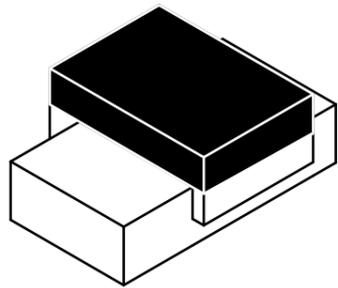
| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 193 |
| Ore discomfort da freddo | 1 |

L'uso di tende esterne risulta particolarmente efficace per migliorare il benessere termigrometrico all'interno dall'area. Il numero di ore di discomfort viene più che dimezzato secondo tutte e tre le ipotesi, e ancora una volta il primo (100 W/m²) risulta essere lo scenario migliore, che riduce maggiormente le ore di discomfort da caldo.

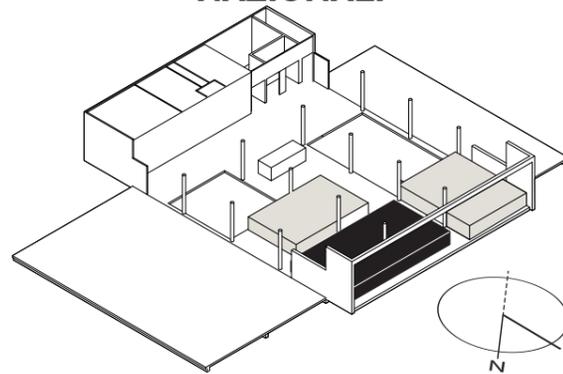
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO SECONDO



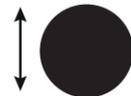
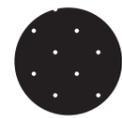
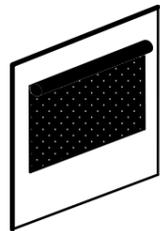
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI



MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

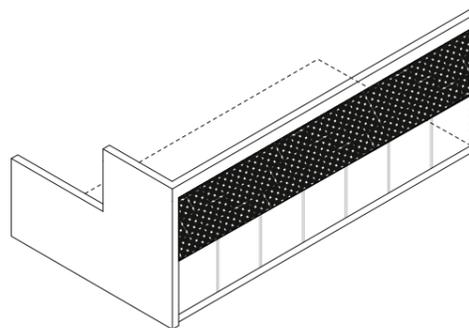
Distanza dal vetro: 0,30 m
 Spessore: 0,0005 m
 Conducibilità: 0,1 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,32
 Riflessione solare: 0,56
 Trasmittanza visibile: 0,31
 Riflessione visibile: 0,56

Emissività: 0,90
 Permeabilità aria: 0,00
 Controllo attivazione: solare

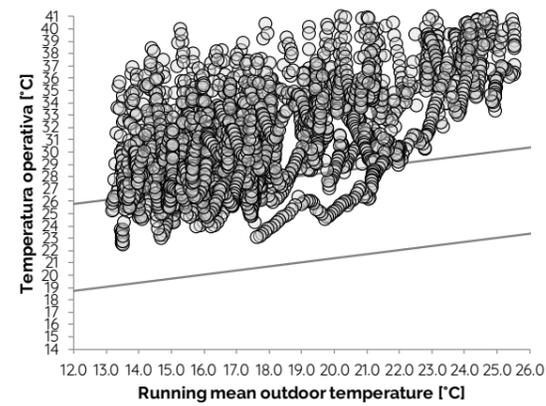
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_g = 0,77$
 $U_g = 1,0 W/m^2K$

POSIZIONAMENTO TENDA



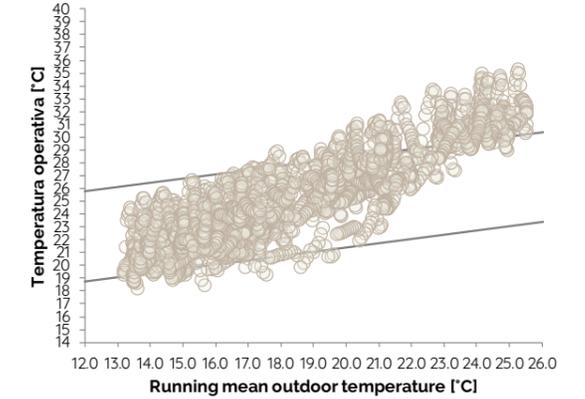
STATO DI FATTO



80,7% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 610 |
| Ore discomfort da freddo | 0 |

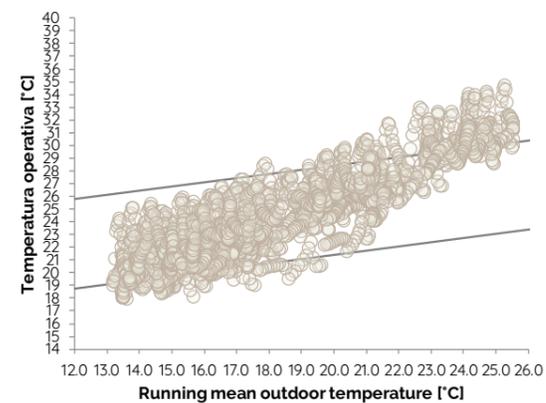
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



17,7% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 114 |
| Ore discomfort da freddo | 20 |

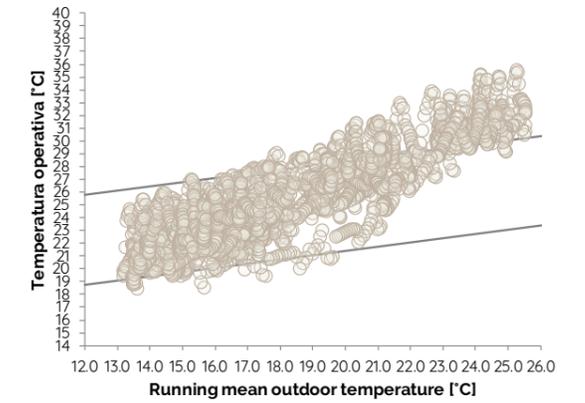
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



17,5% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 79 |
| Ore discomfort da freddo | 53 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



19,7% ORE DI DISCOMFORT

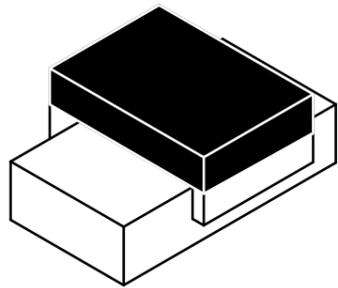
| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 134 |
| Ore discomfort da freddo | 13 |

L'area di lavoro presenta, dalle analisi dello stato di fatto, un grave discomfort da caldo. L'uso di tende esterne avvolgibili riduce notevolmente questo disagio, che varia di poco la sua percentuale nei tre scenari. Impostando un set point solare di 100 W/m² si ottiene il riscontro migliore avvicinando i valori di temperatura operativa all'intervallo.

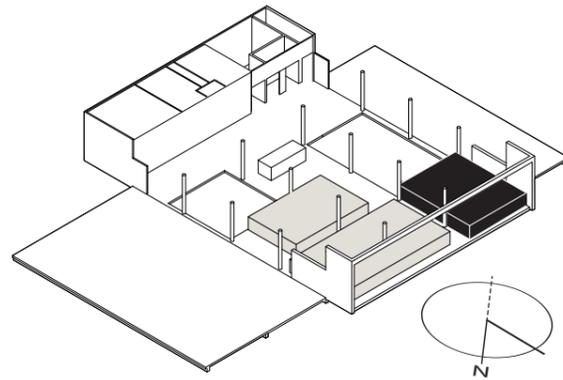
PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

PIANO SECONDO



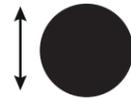
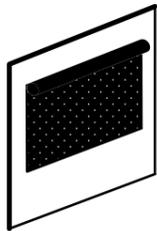
SALA MENSA



MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

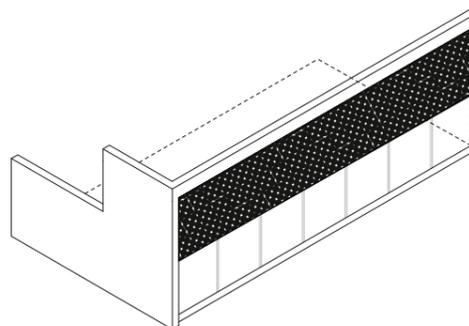
Distanza dal vetro: 0,30 m
 Spessore: 0,0005 m
 Conducibilità: 0,1 W/mK
 Trasmissione solare: 0,32
 Riflessione solare: 0,56
 Trasmissione visibile: 0,31
 Riflessione visibile: 0,56

Emissività: 0,90
 Permeabilità aria: 0,00
 Controllo attivazione: solare

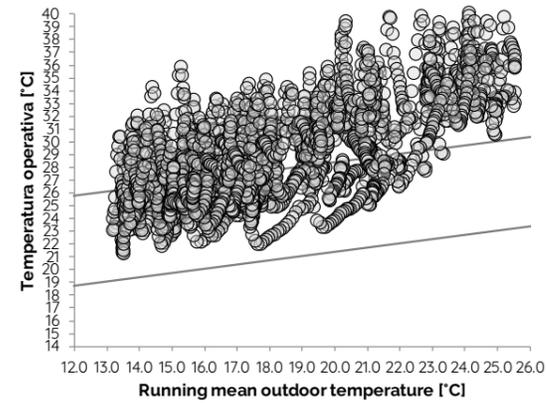
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_l = 0,77$
 $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

POSIZIONAMENTO TENDA



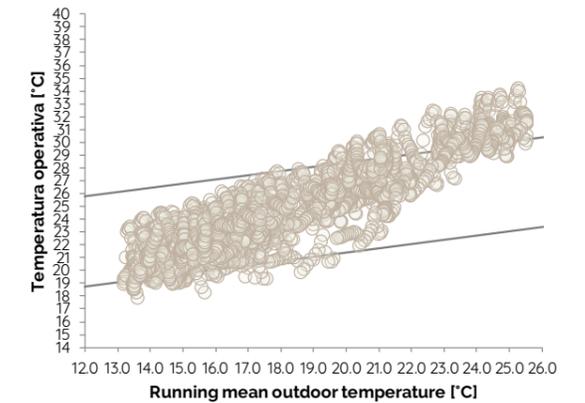
STATO DI FATTO



53,3% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|-----|
| Ore discomfort da caldo | 403 |
| Ore discomfort da freddo | 0 |

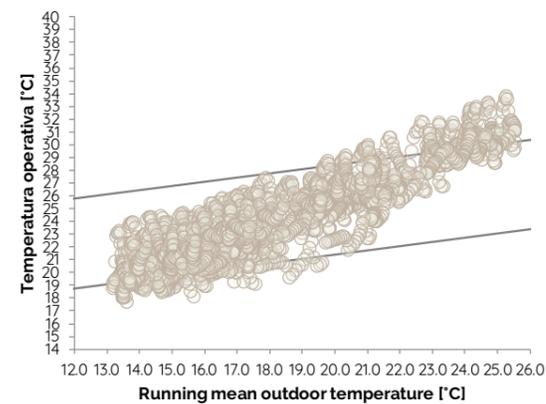
SET POINT DI ATTIVAZIONE 200 W/m²



16,5% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 91 |
| Ore discomfort da freddo | 34 |

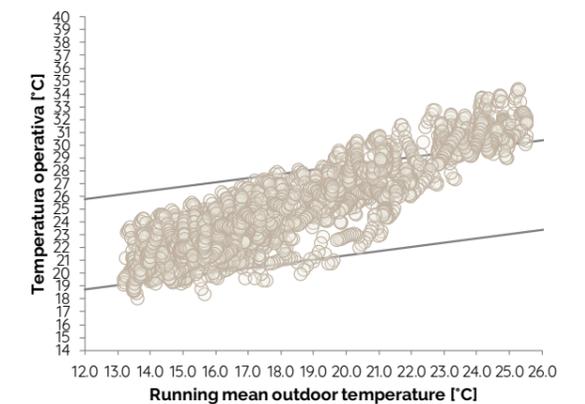
SET POINT ATTIVAZIONE: 100 W/m²



16,3% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 66 |
| Ore discomfort da freddo | 57 |

SET POINT ATTIVAZIONE: 300 W/m²



16,4% ORE DI DISCOMFORT

| | |
|--------------------------|----|
| Ore discomfort da caldo | 98 |
| Ore discomfort da freddo | 26 |

Nella sala mensa il discomfort termico è dovuto solamente al troppo caldo. Variando il set point solare di attivazione delle schermature la percentuale di ore di disagio non cambia, ma influisce sul numero di ore di discomfort da caldo o da freddo.

PERIODO DI VALUTAZIONE
 01 Marzo - 30 Aprile
 01 Ottobre - 31 Novembre

- Stado di fatto
- Soluzione progettuale
- Comfort: Limite superiore
- Comfort: Limite inferiore

ANALISI DEI RISULTATI

La condizione di comfort termico dell'edificio risulta diversa, e talvolta maggiormente sensibile, nelle diverse aree e soprattutto nei differenti piani.

Tendenzialmente i valori della temperatura operativa interna si discostano meno dallo stato di fatto se si analizzano le aree di lavoro del piano terra, pertanto il miglioramento del benessere termoisometrico risulta essere meno evidente, mentre si ottengono enormi vantaggi salendo con il numero di piano.

Generalmente però, la combinazione di un nuovo tipo di vetro con i dispositivi schermanti adottati ha prodotto un miglioramento delle condizioni di benessere termico per l'utente. L'aspetto più significativo, infatti, è che con l'uso delle nuove schermature solari si riesce a variare molto di più il discomfort da caldo che da freddo, il quale risulta essere il problema principale delle aree di lavoro.

Andando più nello specifico possiamo sviluppare le seguenti considerazioni.

Nell'area uffici dell'amministrazione del piano terra già nella situazione iniziale il maggior numero di ore di discomfort è dovuto per valori troppo elevati di temperatura interna operativa. Questo viene però migliorato con una variazione fino al 6,7% con l'utilizzo di nuove schermature, con un leggero aumento delle ore di discomfort dovuto al freddo, già presenti nell'analisi dello stato di fatto. L'area, secondo gli studi solari effettuati, infatti, risulta essere ombreggiata dagli edifici preesistenti per la maggior parte dell'anno.

L'area per uffici per la consegna carte del

piano terra presenta la minor percentuale (di tutto l'edificio) delle ore di discomfort già nella fase iniziale (16%). Questa può essere leggermente migliorata con l'utilizzo di nuovi dispositivi schermanti che modificano la distribuzione della temperatura operativa all'interno dell'intervallo di comfort stabilito secondo la normativa. Infatti, con l'utilizzo di schermature, si riesce ad evitare quasi totalmente il discomfort da caldo andando ad aumentare però quello da freddo, ribaltando la situazione. Nel caso in cui si utilizzasse un set point solare di 100 W/m², il numero di ore di discomfort da freddo risulterebbe nettamente maggiore. In questo caso però, i valori della temperatura operativa risulterebbero molto vicini all'intervallo di comfort rispetto agli altri due scenari. Qualitativamente parlando, il peso delle ore di discomfort risulta maggiore per quei valori lontani dai limiti, mentre i valori vicini ai limiti pesano di meno. Anche in prospettiva dell'utilizzo dell'impianto, questo, durante la sua attivazione, lavorerebbe nel migliore dei modi poiché il carico sarebbe ridotto. Il benessere dell'utente risulta comunque migliorato nei tre casi.

L'area degli uffici dedicato alla motorizzazione è anch'essa esposta a Nord-Est (come l'area uffici dell'amministrazione del primo piano) e Nord-Ovest. La facciata risulta spesso ombreggiata per metà durante l'anno, ma per via della sua posizione in altezza nell'edificio è maggiormente esposta alla radiazione solare rispetto al piano sottostante. Le ore di discomfort da caldo sono, in questo caso, diminuite con una variazione del 11,3% con l'utilizzo di frangisole verticali a

controllo solare, con un set point solare impostato a 100 W/m², conseguendo il miglior risultato.

L'area uffici DNI, con esposizione Sud-Ovest, la quale risulta essere la meno critica per orientamento, presenta comunque un elevato discomfort durante il periodo selezionato (41,7% ore di discomfort). Utilizzando dei frangisole verticali a controllo solare con set point impostato, il benessere migliora secondo tutti e tre gli scenari analizzati. Il migliore risulta essere l'utilizzo dei dispositivi con un'attivazione degli stessi secondo un set point solare impostato a 100 W/m², si ottiene un massimo di ore di discomfort pari al 9,8%, con una variazione del 31,9%.

La sala conferenze, situata sempre al primo piano ma con esposizione Nord-Ovest, nell'analisi dello stato di fatto presenta un elevato numero di ore di discomfort da caldo (66%). Il benessere termico dell'utente migliora secondo tutti e tre gli scenari imposti, differenziati secondo il set point solare di attivazione delle schermature. Il miglior risultato è ottenuto utilizzando una tenda avvolgibile con una percentuale pari a 20,4% ore di discomfort, e una variazione di -45,6% rispetto allo stato iniziale.

Analizzando le aree del secondo piano si ottengono dei miglioramenti consistenti, in quanto le zone di osservazione risultano essere quelle peggiorative secondo l'analisi dello stato di fatto del progetto. L'area uffici dedicata alle relazioni internazionali presentava una percentuale di discomfort pari al 80,7%, dovuto interamente da temperature operative interne troppo elevate. Con l'inserimento di tendine avvolgibili esterne, si ottengono

notevoli miglioramenti delle condizioni di benessere termoisometrico che non variano molto a seconda del set point solare di attivazione impostato: da un minimo di 17,5 ore di discomfort, la quale risulta essere la condizione migliore secondo un set point impostato a 100 W/m², fino ad un massimo di 19,7% di ore di discomfort con un set point di 300 W/m².

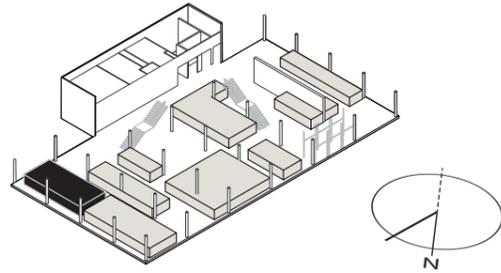
Infine l'inserimento di dispositivi schermanti ha prodotto un miglioramento delle condizioni termiche interne anche per la sala mensa del secondo piano, che presenta una superficie vetrata minore rispetto alla precedente, ma pur sempre con esposizione Nord-Ovest. Inizialmente il discomfort evidenziato risulta essere totalmente da caldo, con una percentuale pari al 53,3%. In linea generale le ore di discomfort diminuiscono con l'inserimento di tende avvolgibili esterne, ma il valore di set point solare impostato per l'attivazione delle stesse, produce un diverso discomfort da freddo o da caldo a seconda delle situazioni. Una condizione più o meno paritaria si ottiene con un set point solare di 100 W/m², mentre con dei set point solari da 200 o 300 W/m², si va incontro a un maggior discomfort da caldo, in quanto l'area è meno schermata durante il periodo di valutazione.

Lo sviluppo nella scelta della tecnologia e delle caratteristiche fisico tecniche sono il risultato di una serie di scelte precedenti riportate nell'allegato [Allegato 3]. Inoltre, nell'allegato [Allegato 7] è riportata un'ulteriore strategia aggiuntiva di ventilazione notturna, che non è stata approfondita, la quale può aiutare l'edificio a raffrescarsi migliorando ancora il benessere termico.

CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

VERIFICA DEL FATTORE MEDIO DI LUCE DIURNA

PIANO TERRA AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE



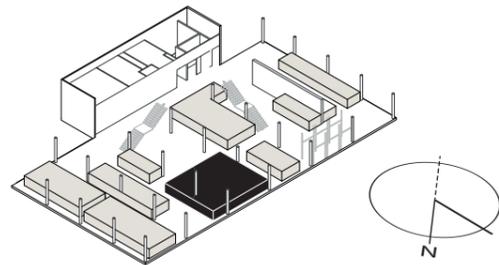
Attività: lavoro d'ufficio
ANALISI STADO DI FATTO
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)
Riflessione luminosa = 15%
Fattore solare = 69%
Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

FLDm = 2,3 % > 2%

ANALISI SOLUZIONE PROGETTUALE
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 77%
Riflessione luminosa = 13%
Fattore solare = 45%
Trasmittanza termica = 1,0 W/m²K

FLDm¹ = 2,7 % > 2%

PIANO TERRA AREA UFFICI RICHIESTA CARTE



Attività: lavoro d'ufficio
ANALISI STADO DI FATTO
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)
Riflessione luminosa = 15%
Fattore solare = 69%
Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

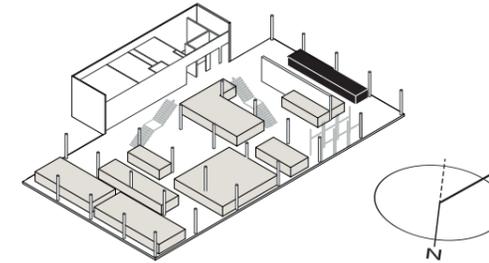
FLDm = 1,1% < 2%

ANALISI SOLUZIONE PROGETTUALE
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 77%
Riflessione luminosa = 13%
Fattore solare = 45%
Trasmittanza termica = 1,0 W/m²K

FLDm¹ = 1,0 % < 2%

VERIFICA DEL FATTORE MEDIO DI LUCE DIURNA

PIANO TERRA AREA CAFFETTERIA



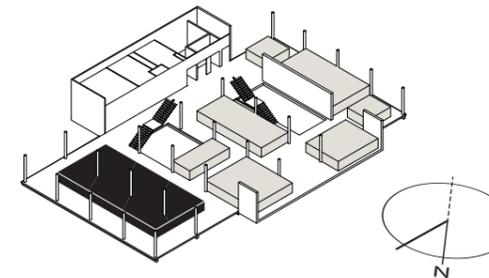
Attività: lavoro d'ufficio
ANALISI STADO DI FATTO
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 74% (vetrocamera)
Riflessione luminosa = 15%
Fattore solare = 69%
Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

FLDm = 10,7 % > 2%

ANALISI SOLUZIONE PROGETTUALE
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 77%
Riflessione luminosa = 13%
Fattore solare = 45%
Trasmittanza termica = 1,0 W/m²K

FLDm¹ = 5 % > 2%

PIANO PRIMO AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE



Attività: lavoro d'ufficio
ANALISI STADO DI FATTO
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)
Riflessione luminosa = 15%
Fattore solare = 69%
Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

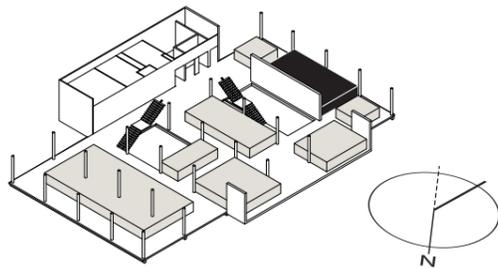
FLDm = 1,0% < 2%

ANALISI SOLUZIONE PROGETTUALE
Caratteristiche involucro trasparente
Trasmissione luminosa = 77%
Riflessione luminosa = 13%
Fattore solare = 45%
Trasmittanza termica = 1,0 W/m²K

FLDm¹ = 1,6 % < 2%

VERIFICA DEL FATTORE MEDIO DI LUCE DIURNA

PIANO PRIMO AREA UFFICI DNI



Attività: lavoro d'ufficio

ANALISI STADO DI FATTO

Caratteristiche involucro trasparente

Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)

Riflessione luminosa = 15%

Fattore solare = 69%

Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

FLDm = 2,1 % > 2%

ANALISI SOLUZIONE PROGETTUALE

Caratteristiche involucro trasparente

Trasmissione luminosa = 77%

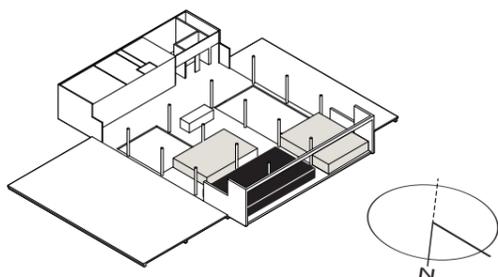
Riflessione luminosa = 13%

Fattore solare = 45%

Trasmittanza termica = 1,0 W/m²K

FLDm¹ = 3,2 % > 2%

PIANO SECONDO AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI



Attività: lavoro d'ufficio

ANALISI STADO DI FATTO

Caratteristiche involucro trasparente

Trasmissione luminosa = 30% (vetrocamera + schermatura)

Riflessione luminosa = 15%

Fattore solare = 69%

Trasmittanza termica = 1,96 W/m²K

FLDm = 8,4 % > 2%

ANALISI SOLUZIONE PROGETTUALE

Caratteristiche involucro trasparente

Trasmissione luminosa = 77%

Riflessione luminosa = 13%

Fattore solare = 45%

Trasmittanza termica = 1,0 W/m²K

FLDm¹ = 6,4 % > 2%

ANALISI DEI RISULTATI

Ai fini della valutazione sulle condizioni di illuminazione naturale all'interno dell'edificio, la prima analisi effettuata è il calcolo del fattore medio di luce diurna. Questo parametro serve a verificare che la luce naturale entrante in ambiente sia sufficiente, e che con l'utilizzo di nuovi dispositivi schermanti non ci sia un eccessivo peggioramento di disponibilità di luce naturale nelle aree di lavoro. Mettendo a confronto i risultati con lo stato di fatto del progetto, si vuole descrivere come varia la percentuale del FLDm. In termini generali possiamo affermare che nelle aree di lavoro adibite ad ufficio (e compresa l'area ristorazione), venga rispettato il requisito minimo di garantire almeno il 2% del fattore medio. In alcuni casi, questa percentuale può anche migliorare, avendo predisposto accuratamente i nuovi elementi. Nonostante però questo fattore migliori rispetto alla situazione iniziale di progetto, in alcune aree non si riesce ancora a raggiungere il valore minimo richiesto. Un riscontro peggiorativo può essere ritrovato nell'area degli uffici per la consegna delle carte (caso 2), nel quale si ottiene solo l'1% di FLDm. Ciò è dovuto al fatto che quell'area di lavoro è sempre ombreggiata durante tutto l'anno e la maggior parte delle ore del giorno, per via degli edifici circostanti e del blocco aggettante, che fungono da ostruzioni alla radiazione solare. Nell'area di lavoro al primo piano della motorizzazione, con esposizione Nord-Est e Nord-Ovest, non si riesce a raggiungere il requisito minimo del 2%. Nonostante ciò, però, le condizioni di illuminazione sono migliorate, con un aumento del fatto-

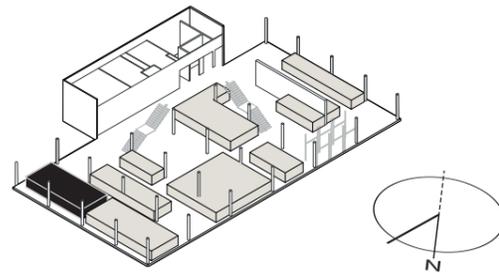
re medio di luce diurna fino all'1,6%, che consente sicuramente di beneficiare di maggior luce naturale rispetto allo stato di fatto dell'edificio iniziale.

Nell'area uffici DNI, il FLDm già soddisfacente migliora ulteriormente. Di conseguenza possiamo aspettarci un miglioramento degli illuminamenti medi nel compito visivo. La luce naturale contribuirà maggiormente allo svoglimento dell'attività, riducendo anche l'utilizzo della luce artificiale.

Come osserviamo, in alcuni casi, avviene una riduzione della percentuale del FLDm, soprattutto in quei casi in cui risultava essere molto alto dalle analisi iniziali. La percentuale diminuisce per via dell'inserimento di nuovi dispositivi schermanti fissi, che nella fase iniziale di progetto non erano previsti oppure risultavano inadeguati. La riduzione del fattore medio di luce diurna, però, non comporta un'eccessiva diminuzione della luce entrante in ambiente, ma anzi aiuta a regolare il suo contributo durante l'arco della giornata evitando possibili fenomeni di abbagliamento, come vedremo in seguito.

**RIEPILOGO DEI VALORI DI ILLUMINAMENTO:
STATO DI FATTO E NUOVI DISPOSITIVI**

PIANO TERRA
AREA UFFICI
AMMINISTRAZIONE

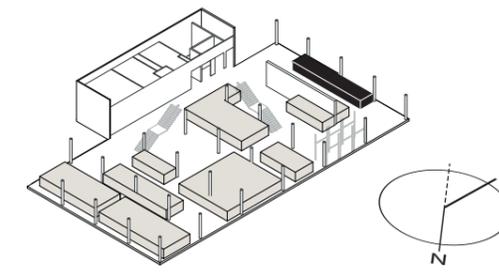


SUPERFICIE 1
AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|------|
| MARZO | sereno | 346 | 695* | 8113 | 4760* | 411 | 405* | - |
| GIUGNO | sereno | 158 | 236* | 4785 | 7168* | 1659 | 364* | - |
| GIUGNO | coperto | 85 | 104* | 249 | 305* | 208 | 254* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 384 | - | 7286 | - | 365 | - | 85 |
| DICEMBRE | sereno | 2093 | 2288* | 5175 | 569* | 306 | 333* | 153 |

**RIEPILOGO DEI VALORI DI ILLUMINAMENTO:
STATO DI FATTO E NUOVI DISPOSITIVI**

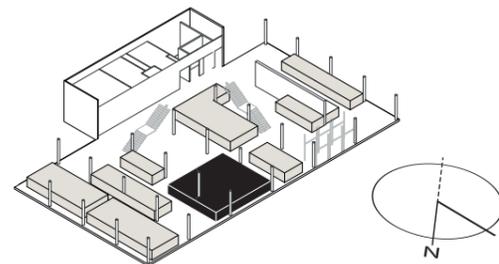
PIANO TERRA
AREA CAFFETTERIA



SUPERFICIE 3
BAR/CAFFETTERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|
| MARZO | sereno | 738 | 500* | 977 | 578* | 1487 | 774* | - |
| GIUGNO | sereno | 364 | 223* | 783 | 480* | 959 | 670* | - |
| GIUGNO | coperto | 402 | 217* | 1176 | 635* | 981 | 530* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 765 | - | 983 | - | 1487 | - | 783 |
| DICEMBRE | sereno | 1122 | 709* | 1274 | 726* | 884 | 1491* | 14226 |

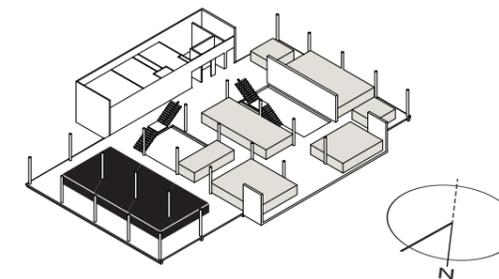
PIANO TERRA
AREA UFFICI
RICHIESTA CARTE



SUPERFICIE 2
INFRAZIONE/RICHIESTA CARTE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|------|
| MARZO | sereno | 111 | 121* | 299 | 231* | 1548 | 1826* | - |
| GIUGNO | sereno | 63 | 64* | 1322 | 253* | 3106 | 4660* | - |
| GIUGNO | coperto | 41 | 45* | 120 | 129* | 100 | 107* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 119 | - | 941 | - | 1983 | - | 145 |
| DICEMBRE | sereno | 139 | 148* | 386 | 287* | 881 | 1128* | 1383 |

PIANO PRIMO
AREA UFFICI
MOTORIZZAZIONE



SUPERFICIE 4
MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|------|
| MARZO | sereno | 464 | 960* | 569 | 648* | 460 | 362* | - |
| GIUGNO | sereno | 161 | 306* | 2052 | 6335* | 1074 | 2104* | - |
| GIUGNO | coperto | 35 | 60* | 100 | 174* | 84 | 145* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 753 | - | 557 | - | 478 | - | 266 |
| DICEMBRE | sereno | 238 | 360* | 302 | 357* | 376 | 307* | 350 |

$E_m < 100$ $E_m > 3000$

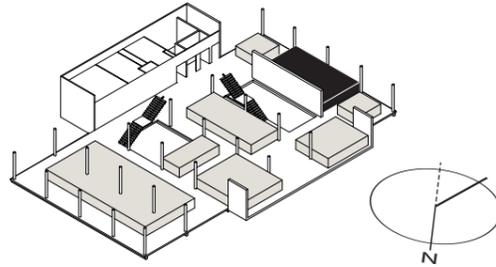
*valore di illuminamento medio calcolato con i nuovi dispositivi schermanti

*valore di illuminamento medio calcolato con i nuovi dispositivi schermanti

$E_m < 100$ $E_m > 3000$

RIEPILOGO DEI VALORI DI ILLUMINAMENTO: STATO DI FATTO E NUOVI DISPOSITIVI

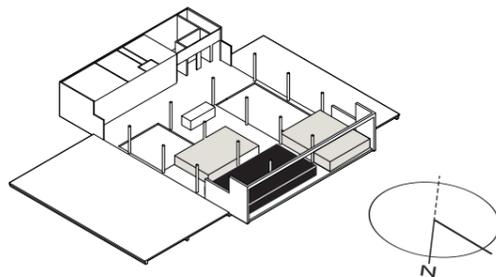
PIANO PRIMO AREA UFFICI DNI



**SUPERFICIE 5
DNI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)**

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|------|
| MARZO | sereno | 182 | 400* | 242 | 461* | 412 | 589* | - |
| GIUGNO | sereno | 96 | 197* | 214 | 414* | 295 | 514* | - |
| GIUGNO | coperto | 79 | 164* | 229 | 480* | 191 | 400* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 189 | - | 247 | - | 427 | - | 310 |
| DICEMBRE | sereno | 277 | 513* | 276 | 536* | 527 | 851* | 3527 |

PIANO SECONDO AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI



**SUPERFICIE 7
RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)**

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|
| MARZO | sereno | 794 | 830* | 2000 | 1368* | 16682 | 800* | - |
| GIUGNO | sereno | 551 | 410* | 6522 | 3881* | 13326 | 13442* | - |
| GIUGNO | coperto | 315 | 242* | 922 | 707* | 769 | 590* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 853 | - | 8257 | - | 20283 | - | 2234 |
| DICEMBRE | sereno | 1100 | 882* | 1419 | 1096* | 12866 | 1609* | 10194 |

$E_m < 100$ $E_m > 3000$

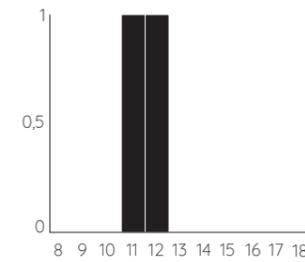
*valore di illuminamento medio calcolato con i nuovi dispositivi schermanti

PROFILO DI ATTIVAZIONE DEGLI SCHERMI

Si precisa che nel mese di giugno, nella condizione di cielo sia sereno che coperto, le persiane pieghevoli risultano inattive, quindi sono in posizione ortogonale rispetto la facciata, nella loro configurazione aperta, così da consentire alla radiazione solare di penetrare in ambiente. Nei mesi di marzo e dicembre, sono stati osservati i profili di funzionamento dei dispositivi schermanti al fine di determinare in quali ore della giornata vengano attivati, e quindi siano in grado di schermare più radiazione solare diretta possibile, posizionandosi in obliquo rispetto alla facciata, con diverse inclinazioni a seconda dell'angolo azimutale del Sole. Pertanto l'inclinazione delle persiane a marzo e a dicembre varia in base all'ora del giorno e all'orientamento della facciata dell'area di lavoro considerata. Infine, il mese di settembre viene considerato analogo al mese di marzo, in quanto già nelle analisi dello stato di fatto si riscontravano valori pressoché simili, per via della stessa altezza solare e angolo azimutale del Sole. Le schermature risultano essere attive nei diversi mesi secondo i seguenti profili, differenziati per esposizione e numero di piano.

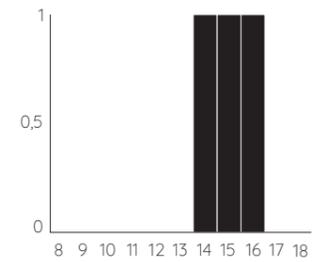
FACCIATA NORD EST

PIANO TERRA MARZO

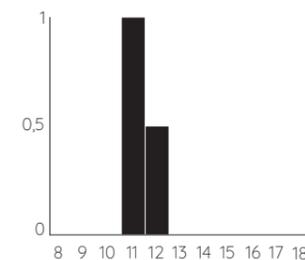


FACCIATA NORD OVEST

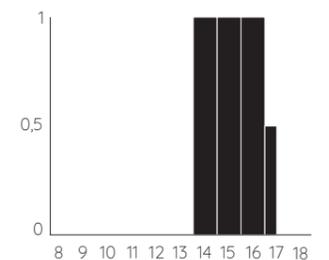
PIANO TERRA MARZO



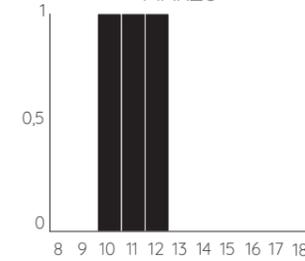
DICEMBRE



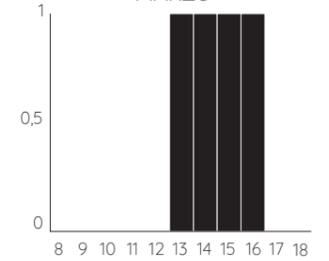
DICEMBRE



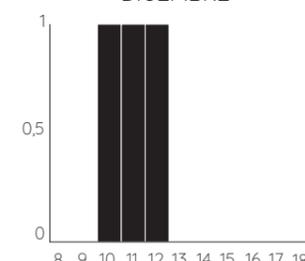
PIANO PRIMO E SECONDO MARZO



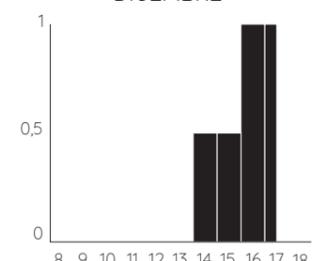
PIANO PRIMO E SECONDO MARZO



DICEMBRE



DICEMBRE



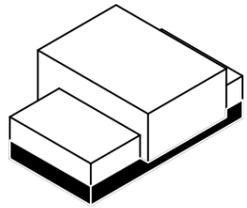
(1) i dispositivi di schermatura hanno un'inclinazione tale da bloccare quanta più radiazione solare diretta possibile, posizionandosi perpendicolarmente ai raggi del Sole.

(0,5) i dispositivi di schermatura bloccano solo metà della radiazione solare diretta.

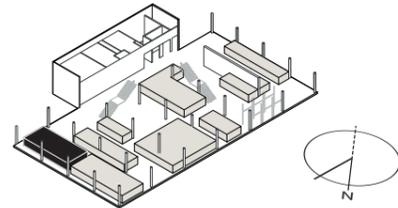
(0) inattivo.

AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI FATTO

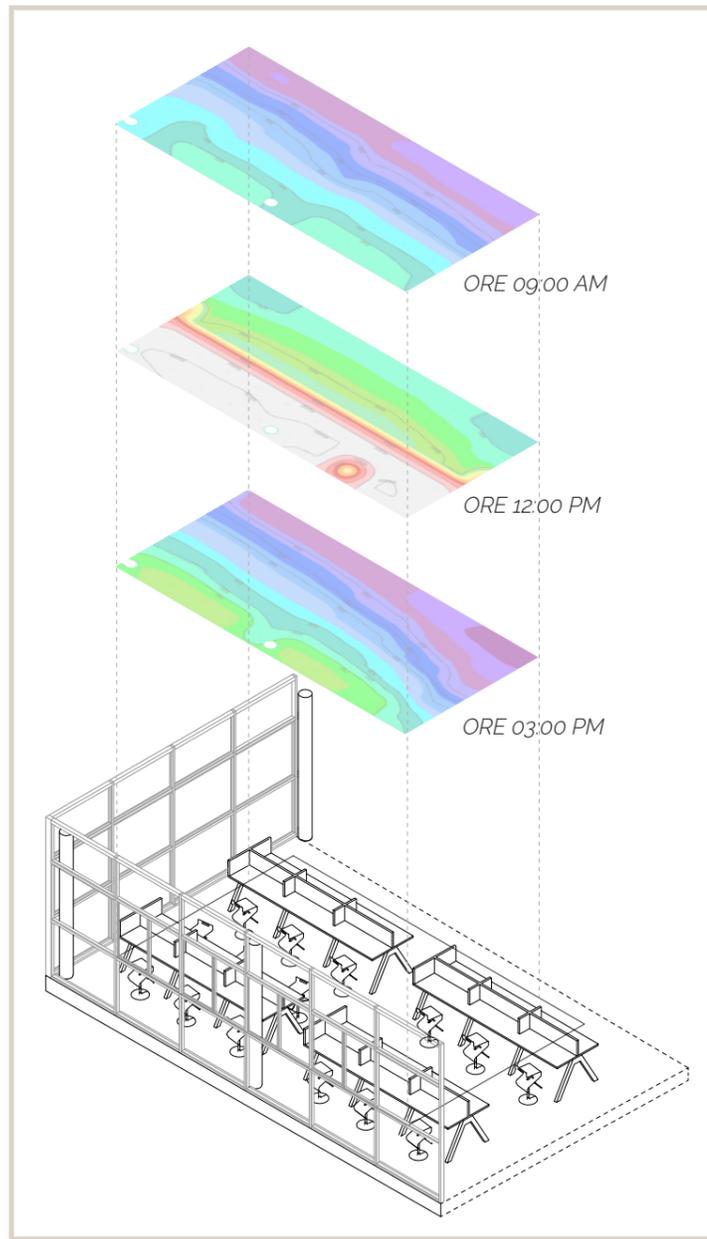
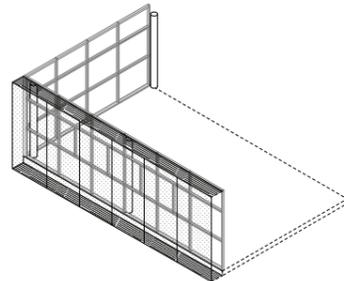
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



MARZO
ANALISI STATO DI FATTO

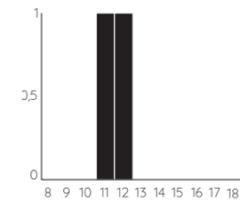
AREA AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 346 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 8113 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 411 |

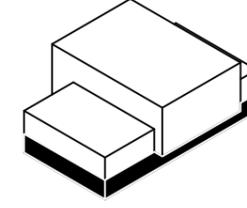


AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI PROGETTO

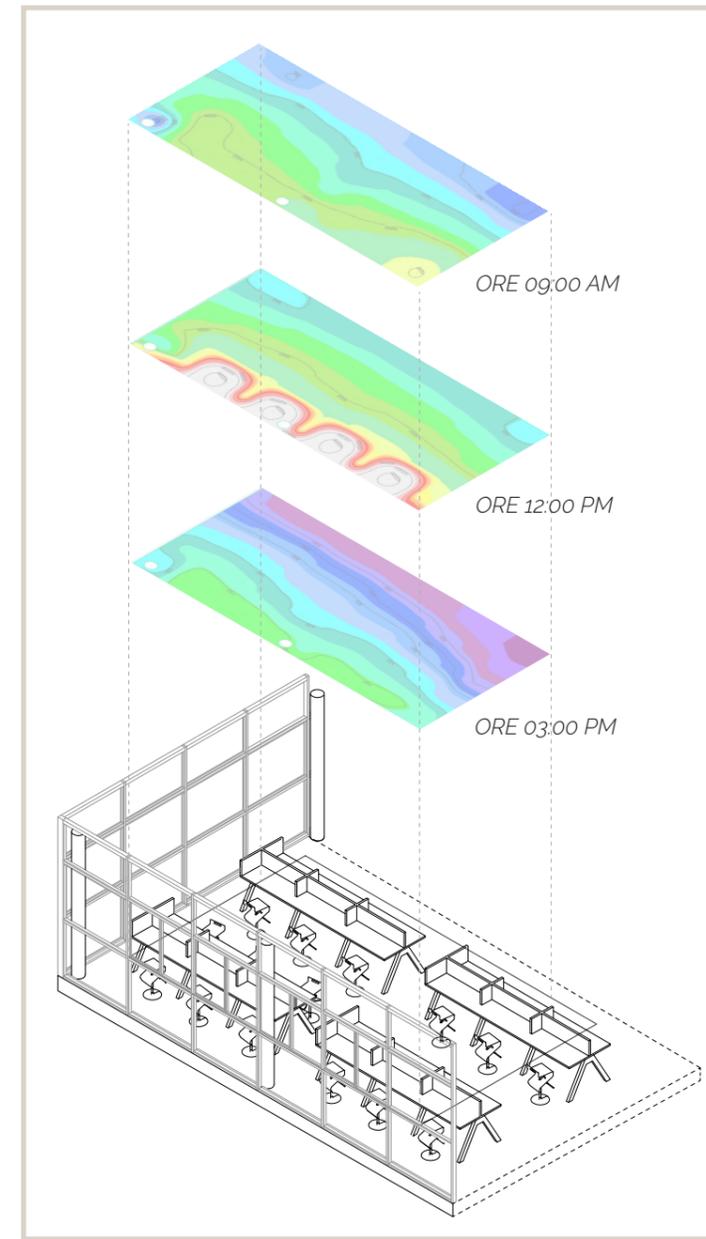
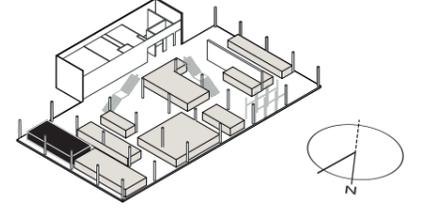
ATTIVAZIONE SCHERMO



PIANO



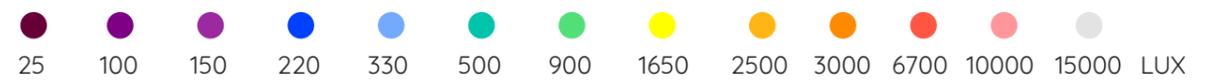
ORIENTAMENTO



MARZO
ANALISI STATO DI PROGETTO

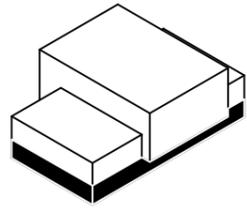
AREA AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 695 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 4760 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 405 |

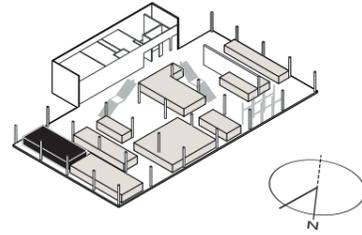


AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI FATTO

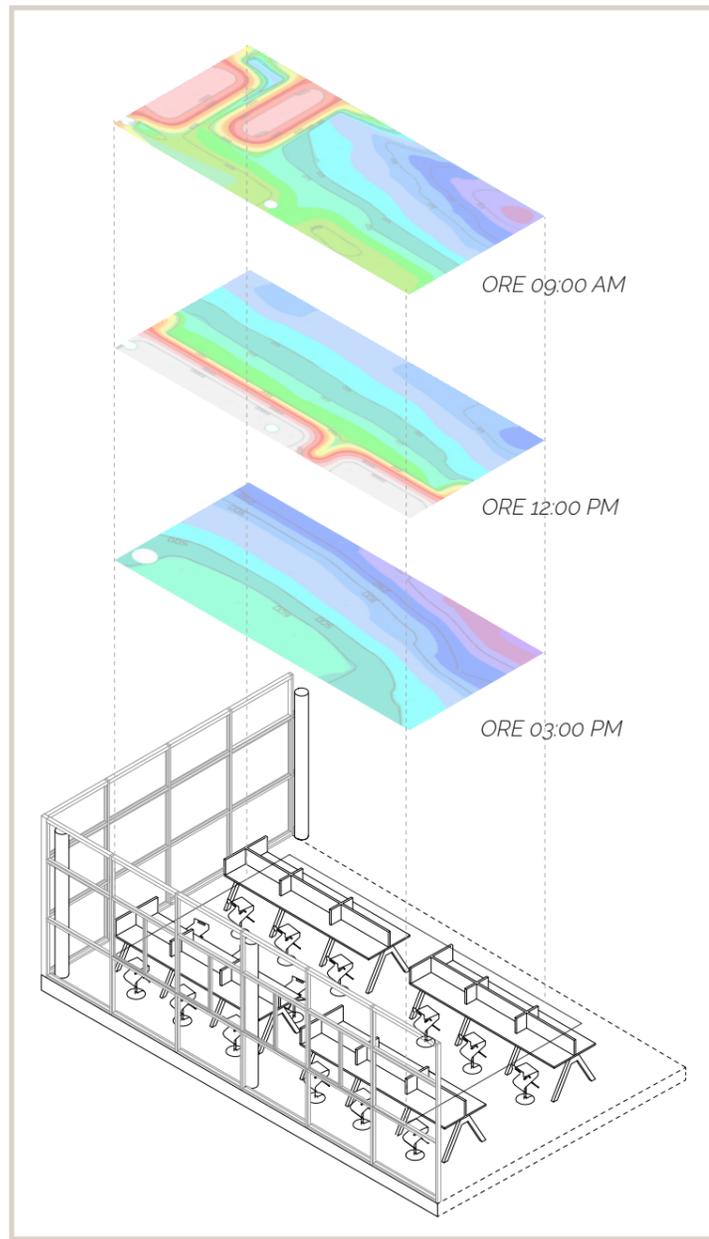
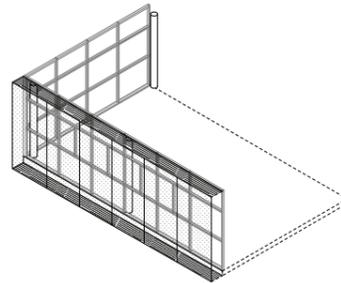
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



DICEMBRE
ANALISI STATO DI FATTO

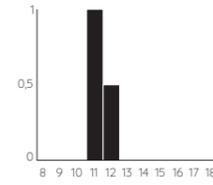
AREA AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 2093 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 5175 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 306 |

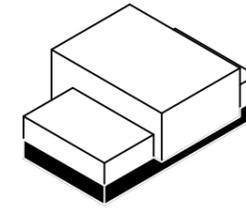


AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI PROGETTO

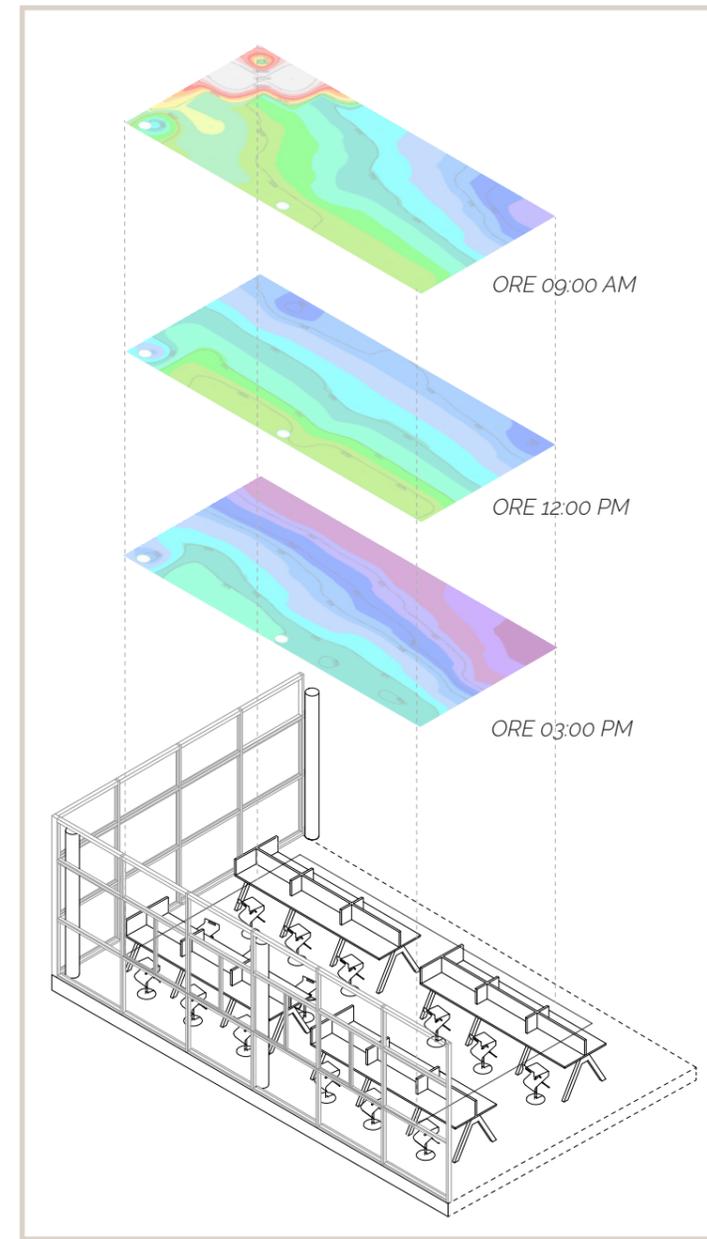
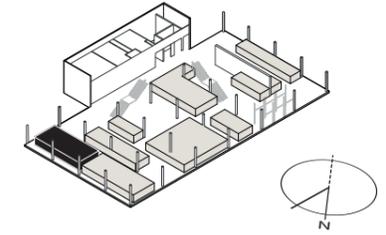
ATTIVAZIONE SCHERMO



PIANO



ORIENTAMENTO



DICEMBRE
ANALISI STATO DI PROGETTO

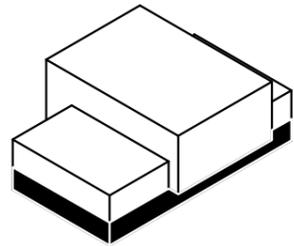
AREA AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 2288 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 569 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 333 |

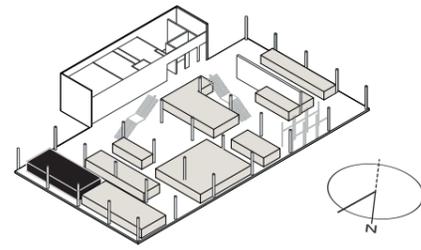


AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI FATTO

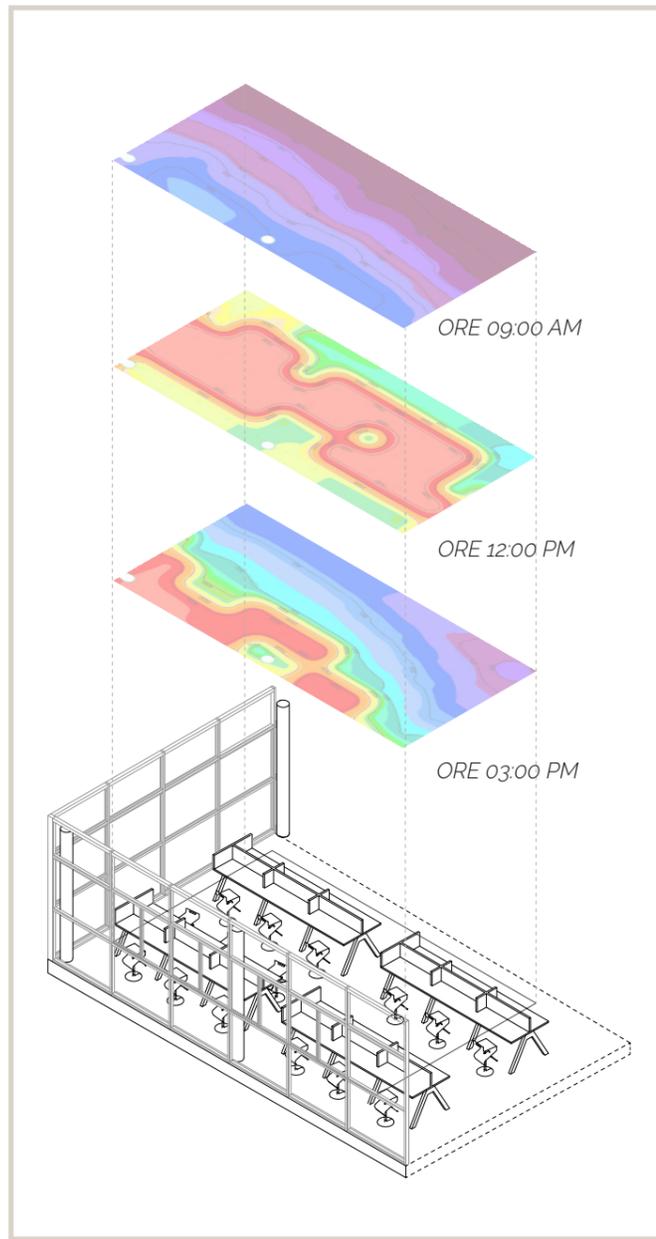
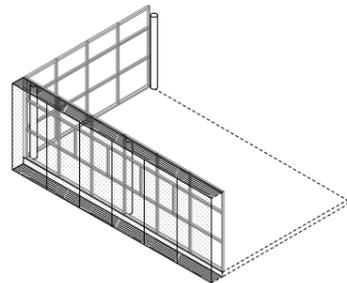
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



GIUGNO
ANALISI STATO DI FATTO

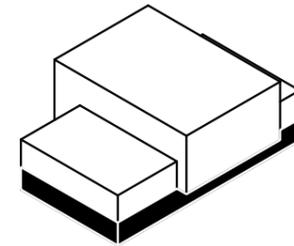
AREA AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 159 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 4785 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 1659 |

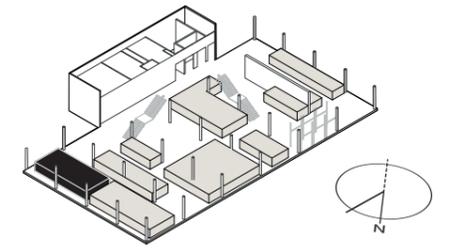


AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI PROGETTO

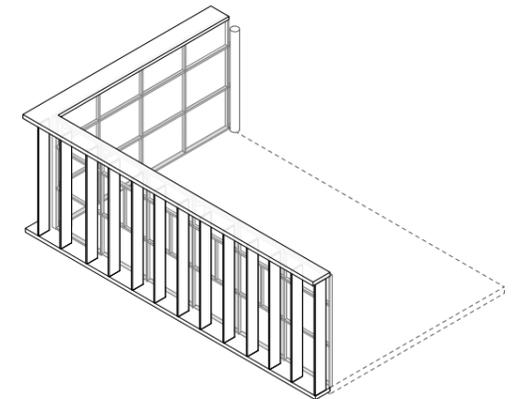
PIANO



ORIENTAMENTO



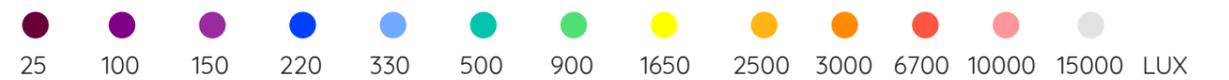
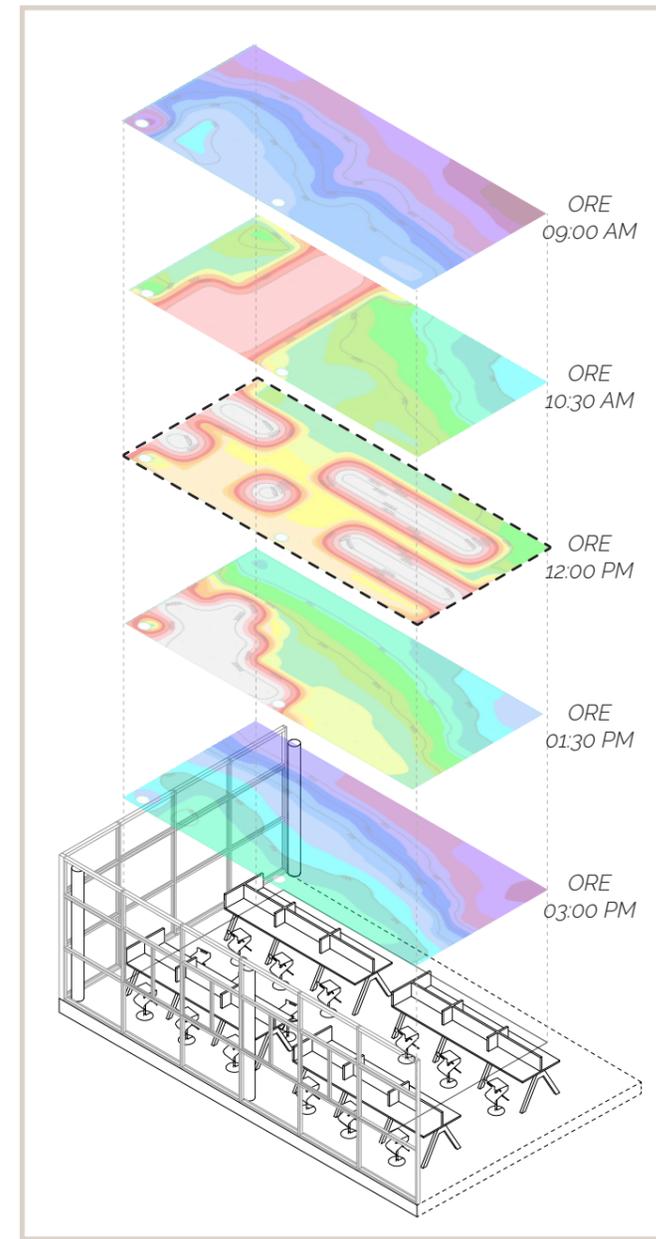
POSIZIONAMENTO VALIDO PER
TUTTI GLI ISTANTI TEMPORALI



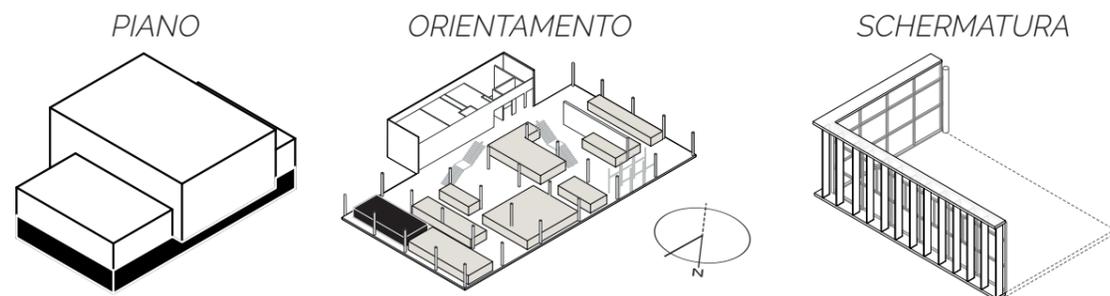
GIUGNO
ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA AMMINISTRAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

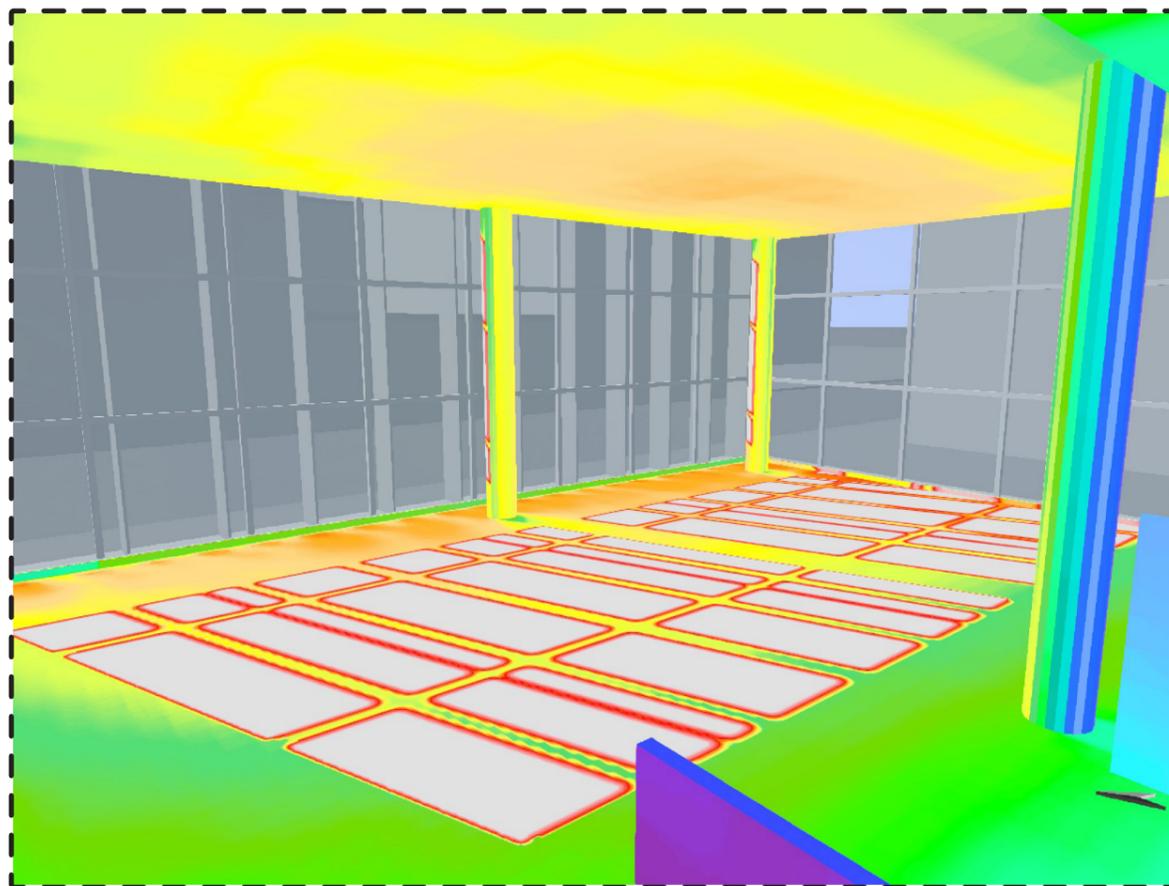
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 236 |
| 2 | sereno | 10:30 am | 3873 |
| 3 | sereno | 12:00 pm | 7168 |
| 4 | sereno | 01:30 pm | 4657 |
| 5 | sereno | 03:00 Pm | 364 |



AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI PROGETTO



STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 12:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO



La condizione dell'ambiente interno riportata, descrive la situazione di eccessiva illuminazione dell'area di lavoro degli uffici dedicata all'amministrazione del piano terra. Nelle condizioni di cielo sereno di giugno alle ore 12:00 pm, si manifesta il rischio di abbagliamento per gli occupanti. In quel momento, e come per il periodo invernale, i dispositivi schermanti esterni risultano disattivati, pertanto la radiazione solare riesce a penetrare eccessivamente in ambiente causando disagio, poiché l'occupante non è in grado di svolgere la sua attività adeguatamente. In questo caso diventa prioritario l'aspetto illuminotecnico, poiché è necessario trovare una soluzione alternativa per risolvere il problema. Si effettua una valutazione per stabilire se è più conveniente inserire delle schermature solari interne regolabili all'occorrenza dall'utente, o se invece è meglio utilizzare i dispositivi esterni già presenti a discapito di apporti solari gratuiti.

PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

MESE DI GIUGNO (INVERNO) ORE 12:00 PM*

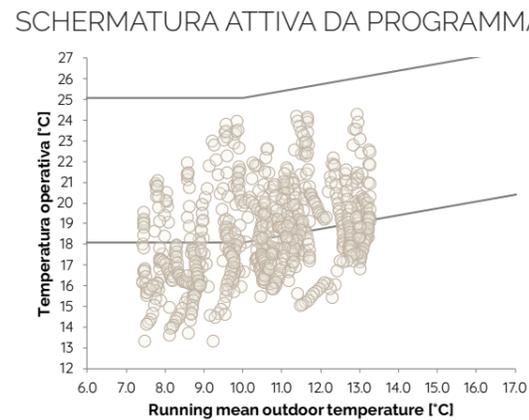
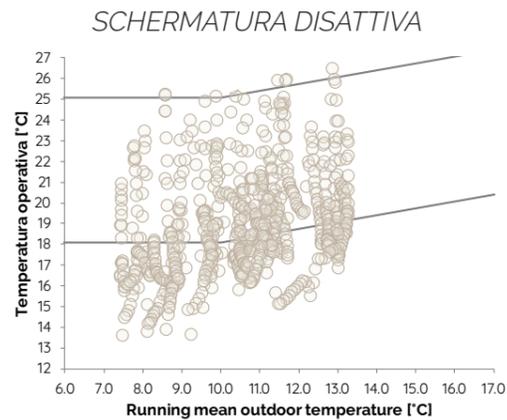
STATO DI PROGETTO

NUOVO STATO DI PROGETTO

SCHERMATURA INATTIVA

SCHERMATURA ATTIVA DA PROGRAMMA

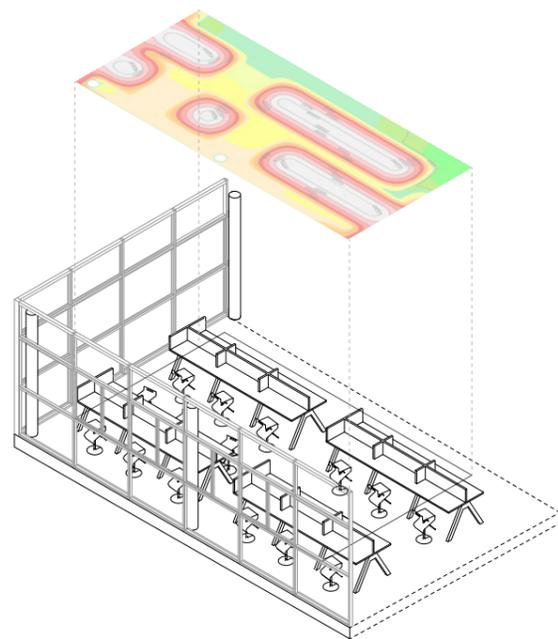
BENESSERE TERMOIGROMETRICO



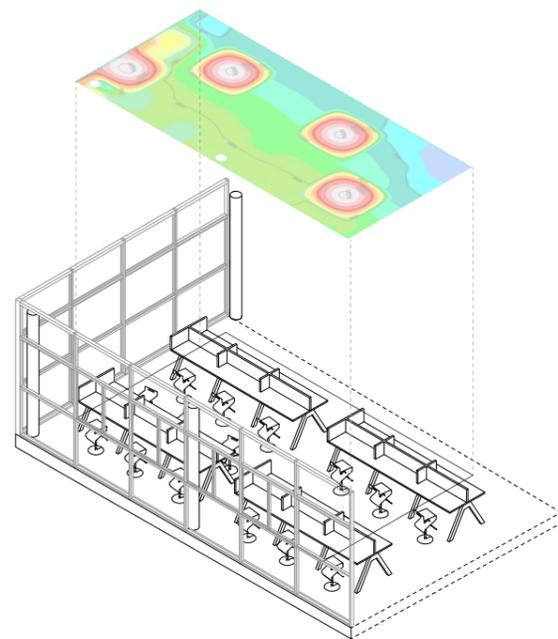
30,1% ORE DI DISCOMFORT

31,1% ORE DI DISCOMFORT

CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE



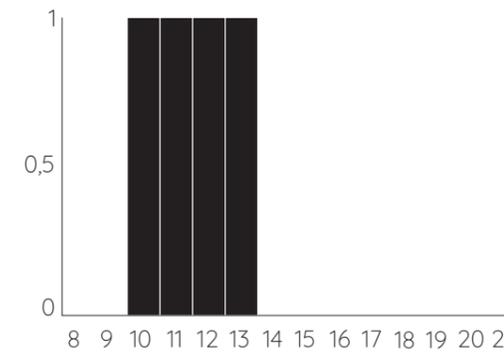
$E_M = 7168 \text{ lux}$



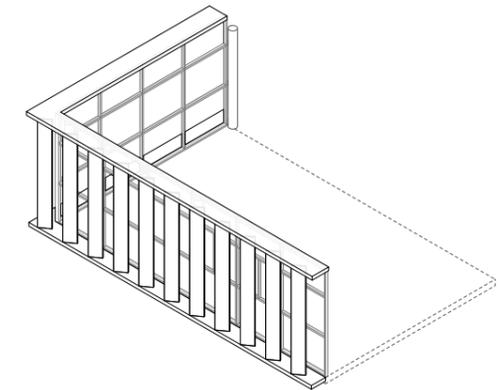
$E_M = 2400 \text{ lux}$

La seguente valutazione è da considerare come rappresentativa per tutti quegli istanti temporali dell'area in questione in cui si verifica la condizione di rischio di abbagliamento per gli utenti.

PROFILO DI ATTIVAZIONE



DISPOSITIVO ESTERNO



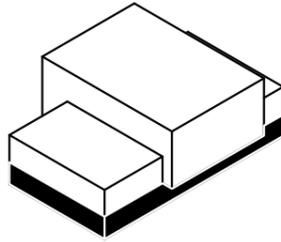
Secondo quanto mostrato dalle criticità evidenziate in precedenza, riguardanti le condizioni di illuminazione del mese di giugno, si sono effettuati ulteriori accorgimenti per ottimizzare il benessere degli occupanti nelle aree di lavoro.

Nel mese di giugno, nelle condizioni di cielo sereno, le schermature esterne non sono attivate poiché è stato previsto che i dispositivi progettati blocchino la radiazione solare incidente nei mesi estivi o nelle mezze stagioni. Così facendo, però, risulta molto difficoltoso per gli utenti svolgere l'attività lavorativa per via di cattive condizioni di luce interne. Infatti l'illuminamento medio calcolato risulta eccessivo ($E_m = 7168 \text{ lux}$). In queste condizioni è necessario schermarsi per non essere abbagliati. È stata effettuata una valutazione termica rappresentativa del mese di giugno dell'area in esame, per

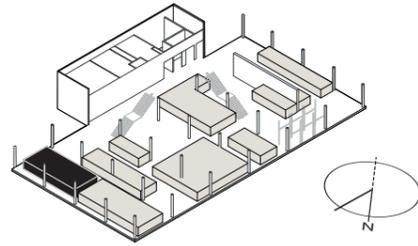
verificare che non ci sia un'eccessiva riduzione degli apporti solari gratuiti in inverno. Come mostrato la variazione della percentuale delle ore di discomfort risulta poco sensibile. Ciò probabilmente è dovuto al fatto che non vi è una grande quantità di apporti solari gratuiti nel mese invernale in questa area di studio. Poiché si è già provveduto a progettare delle schermature esterne, si preferisce mantenere questo dispositivo per evitare il rischio di abbagliamento anche nella stagione invernale, per non dovere utilizzare altri dispositivi che aumentebbero i costi e la manutenzione degli elementi. Come vediamo, l'illuminamento medio dell'area è ridotto (2400 lux) e solo in alcuni punti localizzati vi è un'eccessiva illuminazione che però non persiste per molti minuti ma solo in determinati istanti.

AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI FATTO

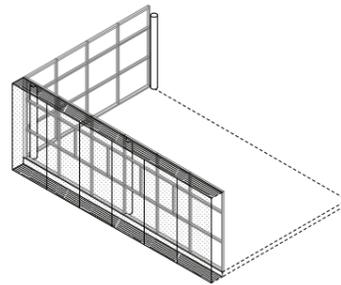
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO

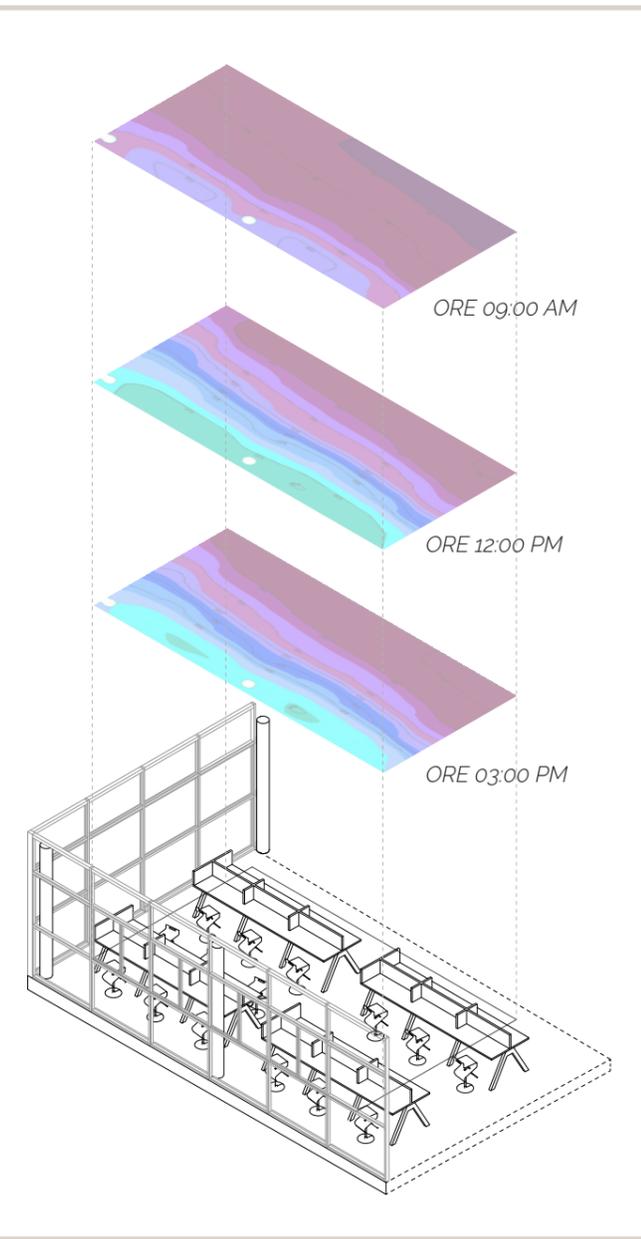


GIUGNO

ANALISI STATO DI FATTO

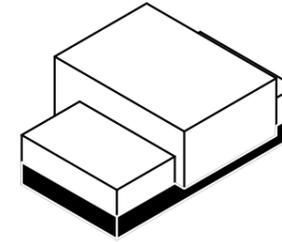
AREA AMMINISTRAZIONE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 85 |
| 2 | coperto | 12:00 pm | 249 |
| 3 | coperto | 03:00 pm | 208 |

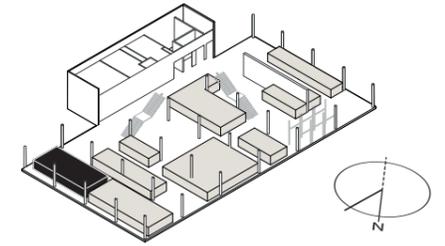


AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE STATO DI PROGETTO

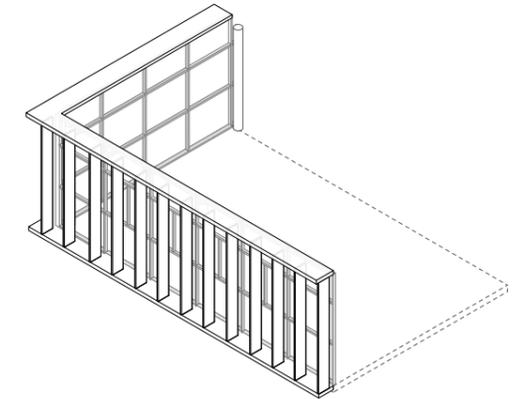
PIANO



ORIENTAMENTO



POSIZIONAMENTO VALIDO PER
TUTTI GLI ISTANTI TEMPORALI

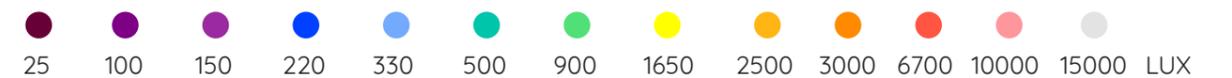
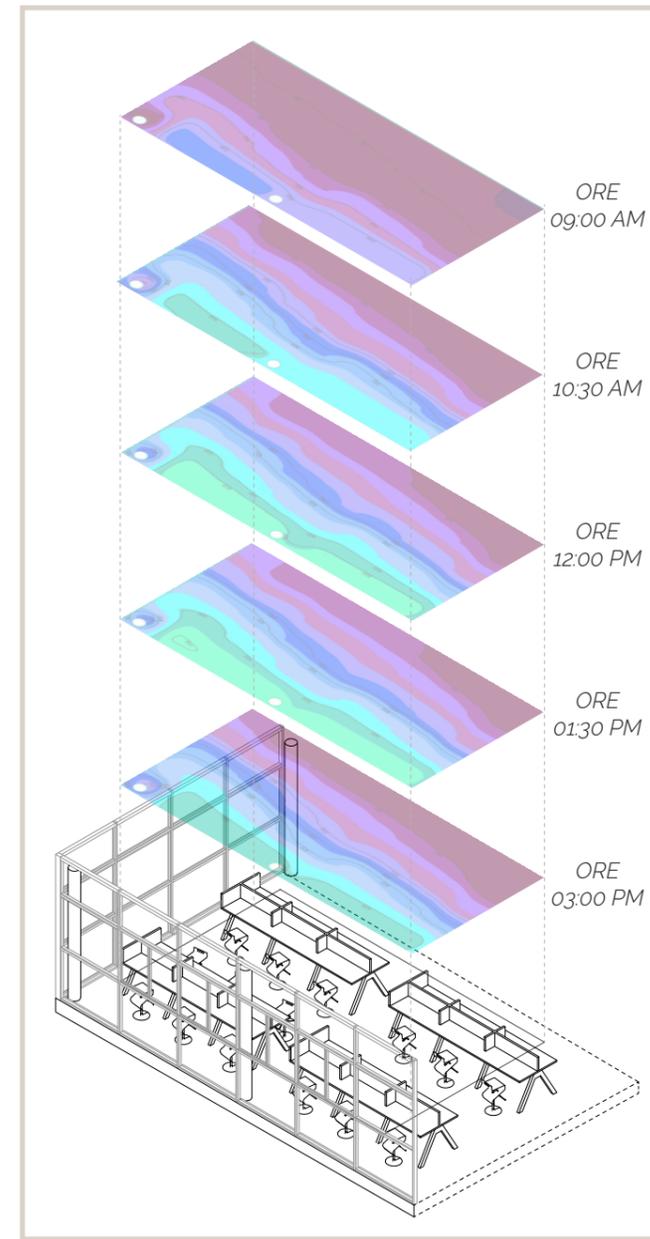


GIUGNO

ANALISI STATO DI PROGETTO

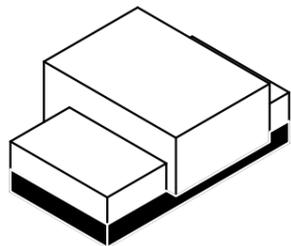
AREA AMMINISTRAZIONE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 104 |
| 2 | coperto | 10:30 am | 232 |
| 3 | coperto | 12:00 pm | 305 |
| 4 | coperto | 01:30 pm | 313 |
| 5 | coperto | 03:00 Pm | 254 |

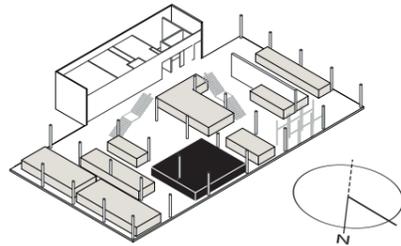


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI FATTO

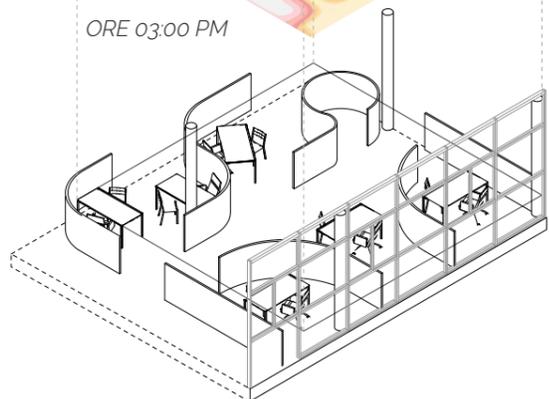
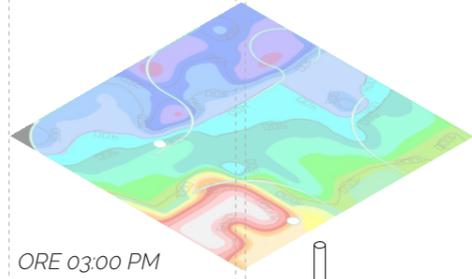
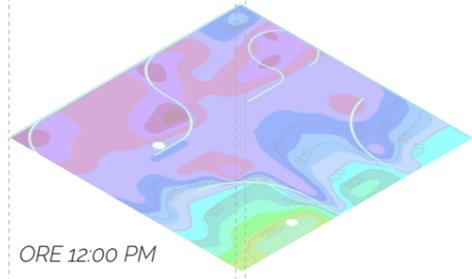
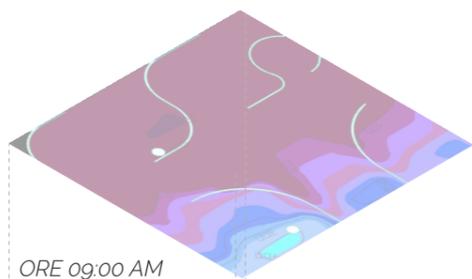
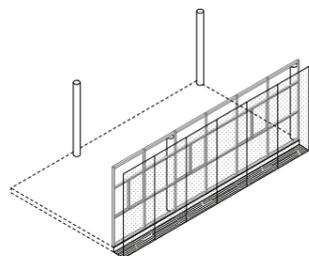
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



MARZO ANALISI STATO DI FATTO

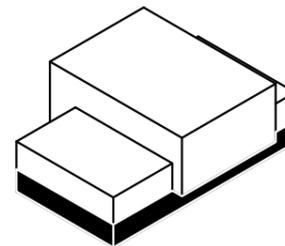
AREA CONSEGNA CARTE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 111 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 300 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 1548 |

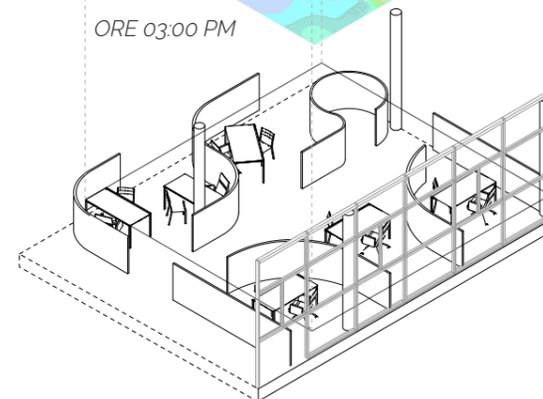
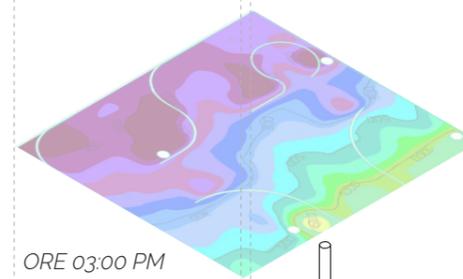
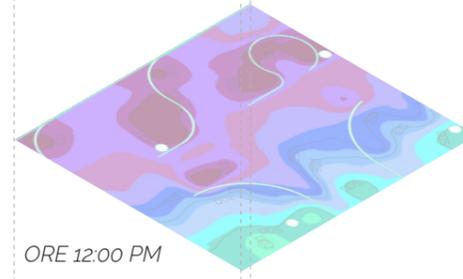
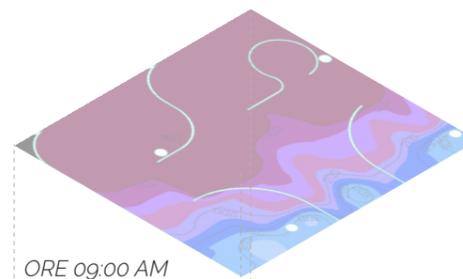
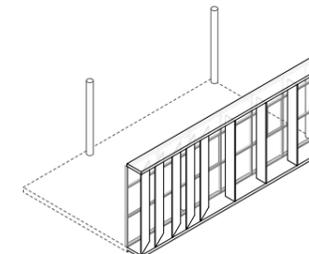
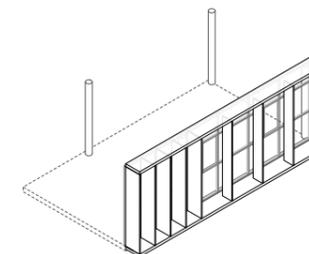
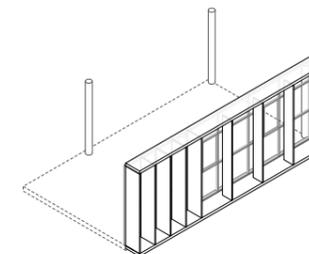
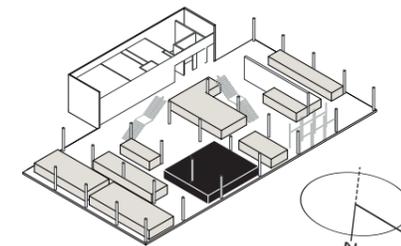


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI PROGETTO

PIANO



ORIENTAMENTO



MARZO ANALISI STATO DI PROGETTO

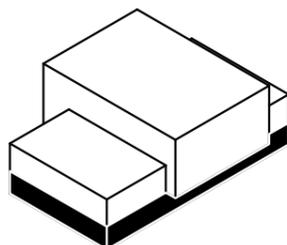
AREA CONSEGNA CARTE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 121 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 231 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 360 |

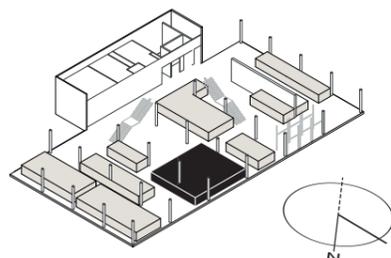


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI FATTO

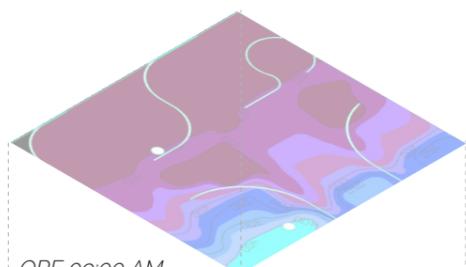
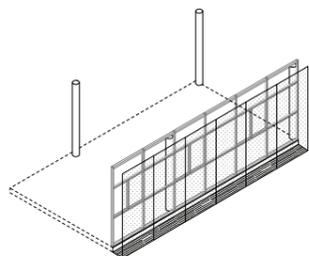
PIANO



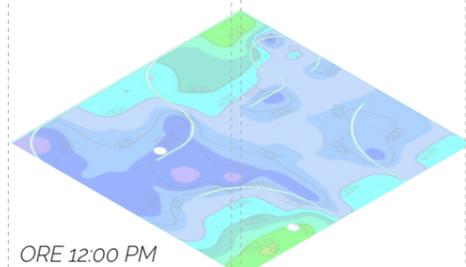
ORIENTAMENTO



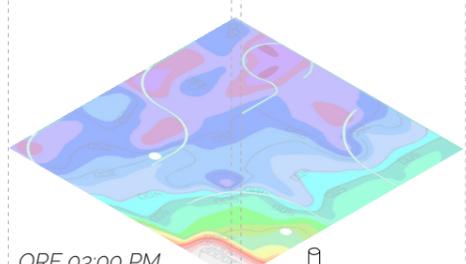
SCHERMO ESTERNO



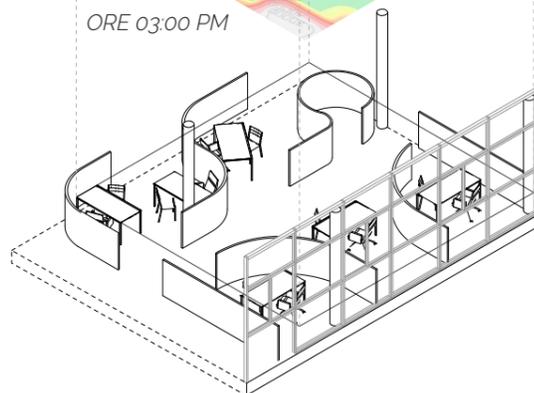
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



DICEMBRE ANALISI STATO DI FATTO

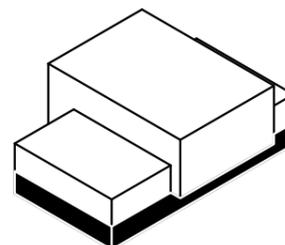
AREA CONSEGNA CARTE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 139 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 386 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 881 |

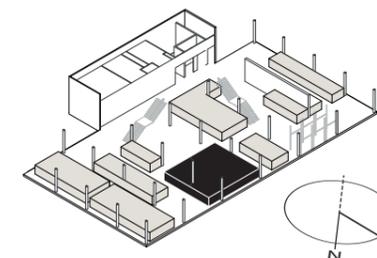


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI PROGETTO

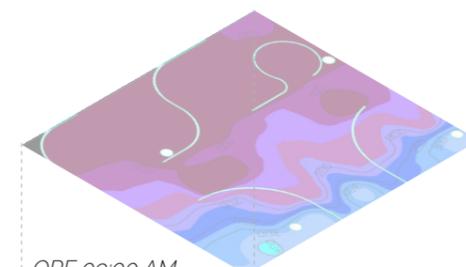
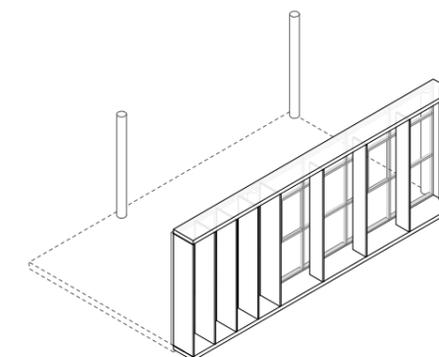
PIANO



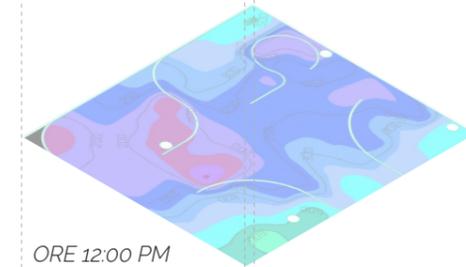
ORIENTAMENTO



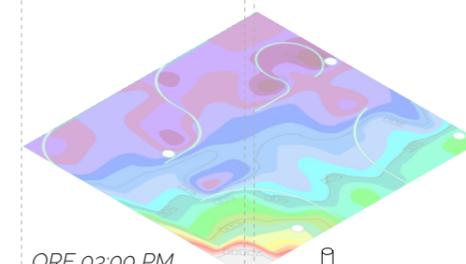
POSIZIONAMENTO VALIDO PER TUTTI
GLI ISTANTI TEMPORALI



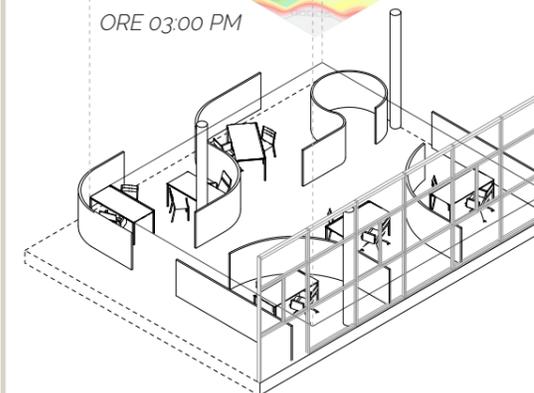
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



DICEMBRE ANALISI STATO DI PROGETTO

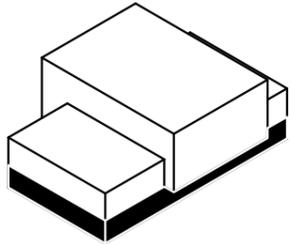
AREA CONSEGNA CARTE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 148 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 287 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 1128 |

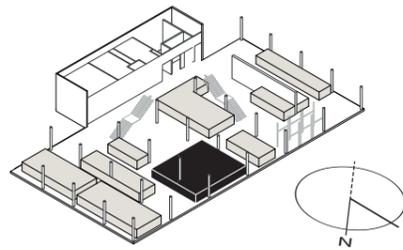


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI FATTO

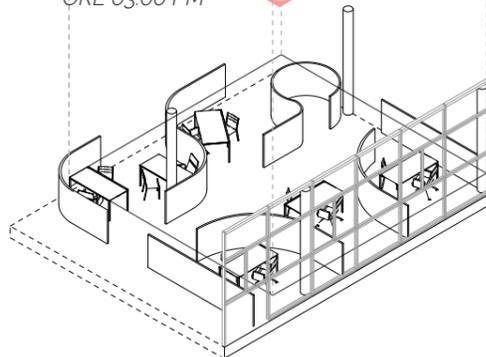
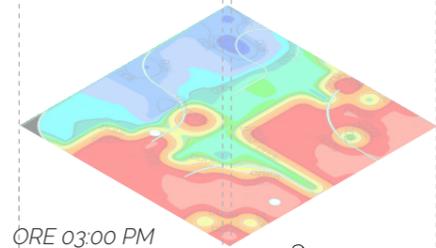
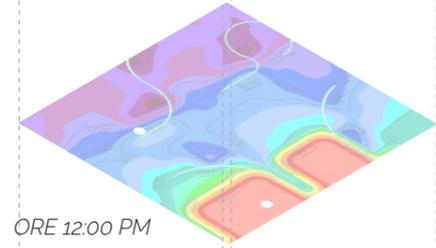
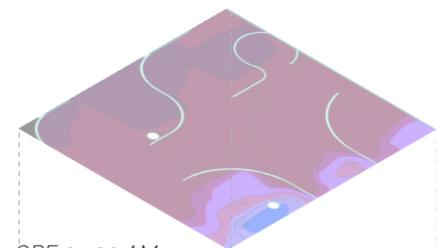
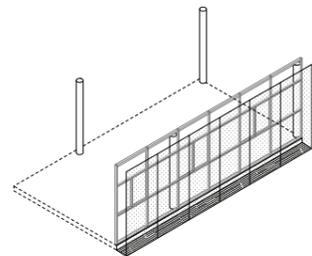
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



GIUGNO
ANALISI STATO DI FATTO

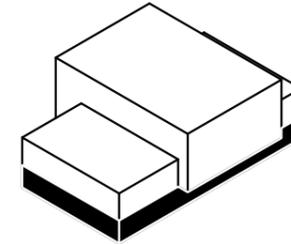
AREA CONSEGNA CARTE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 64 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 1322 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 3106 |

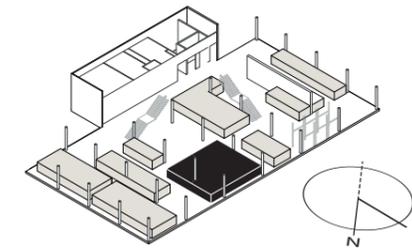


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI PROGETTO

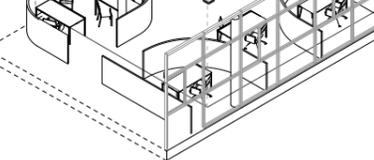
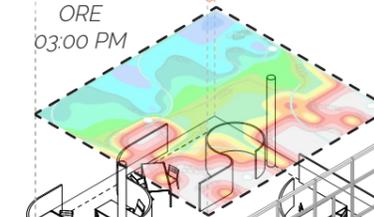
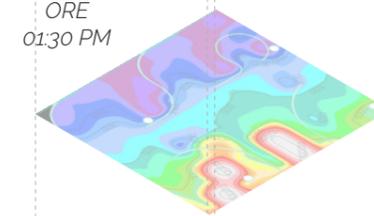
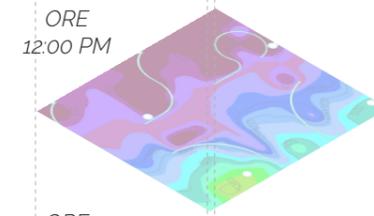
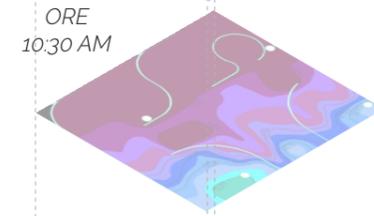
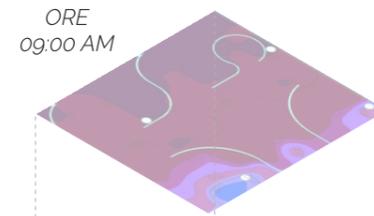
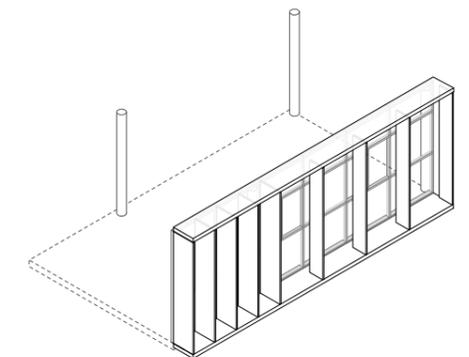
PIANO



ORIENTAMENTO



POSIZIONAMENTO VALIDO PER TUTTI
GLI Istanti TEMPORALI



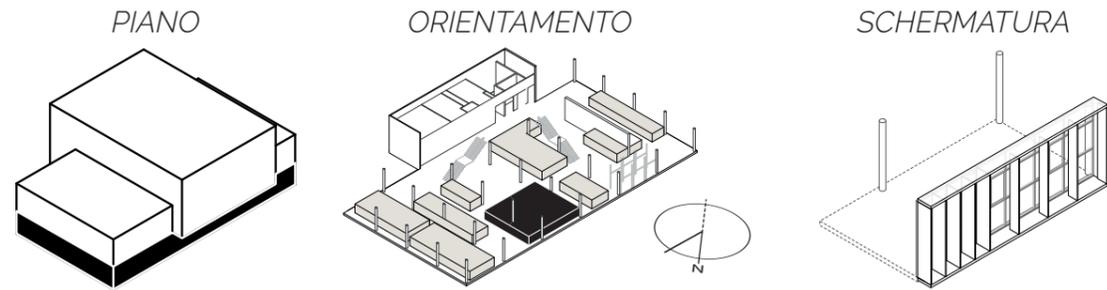
GIUGNO
ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA CONSEGNA CARTE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

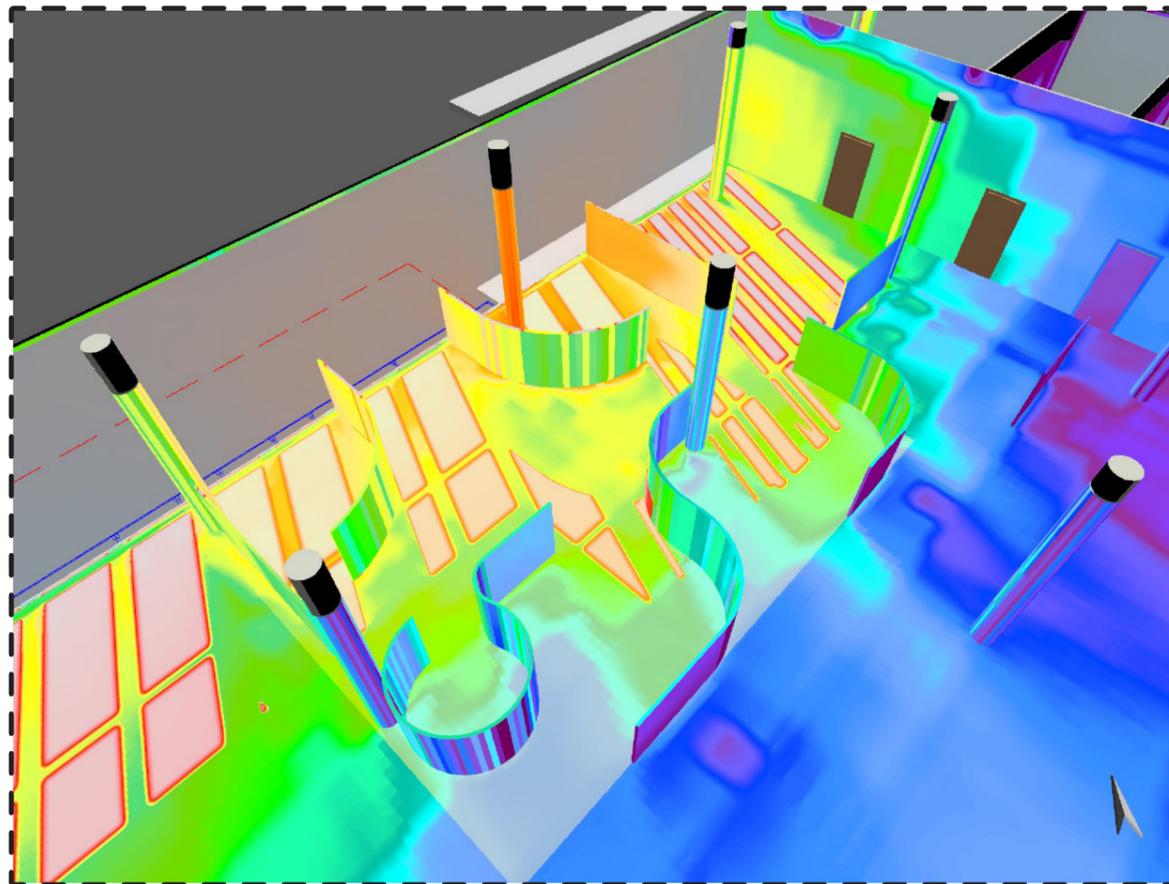
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 64 |
| 2 | sereno | 10:30 am | 152 |
| 3 | sereno | 12:00 pm | 253 |
| 4 | sereno | 01:30 pm | 1720 |
| 5 | sereno | 03:00 Pm | 4660 |



AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI PROGETTO



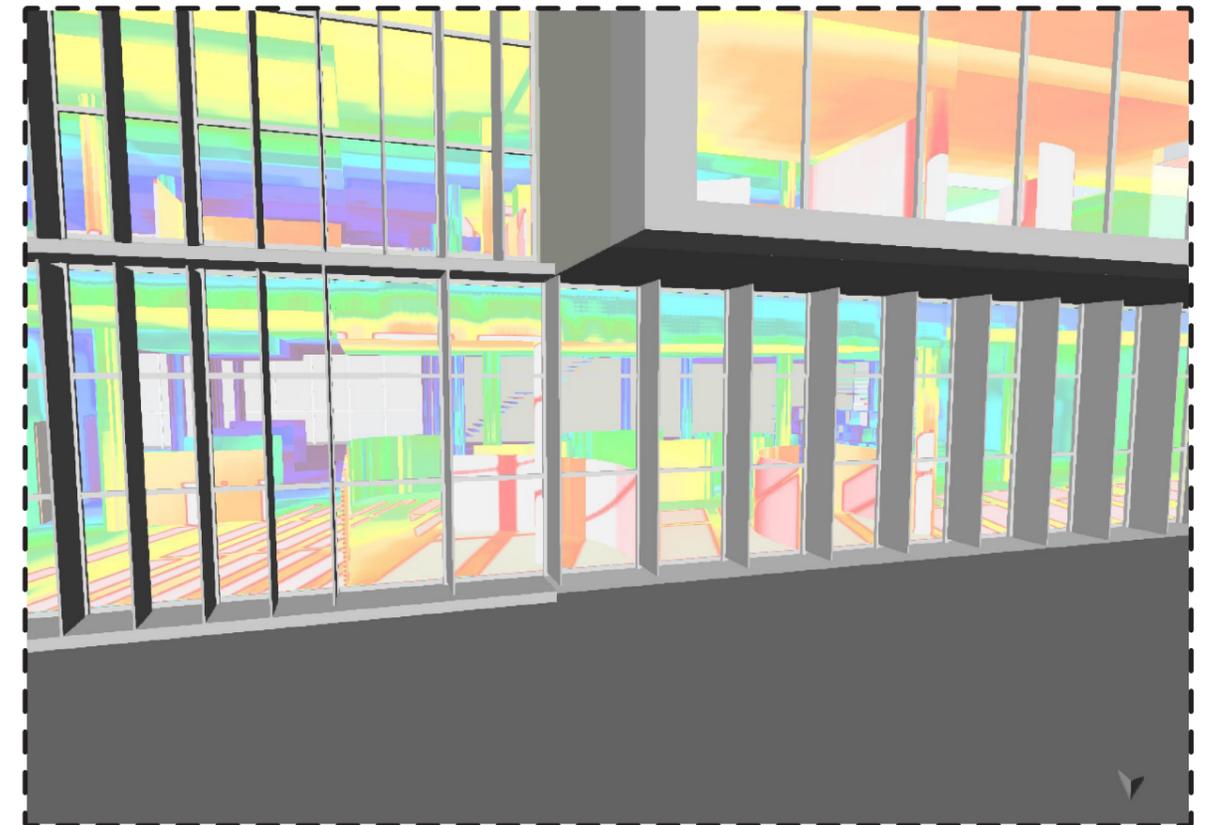
STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 03:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA INTERNA



La condizione dell'ambiente interno riportata, descrive la situazione di eccessiva illuminazione dell'area di lavoro degli uffici dedicata alla consegna carte del piano terra. Nelle condizioni di cielo sereno di giugno alle ore 03:00 pm, si manifesta il rischio di abbagliamento per gli occupanti. In quel momento, e come per il periodo invernale, i dispositivi schermanti esterni risultano disattivati, pertanto la radiazione solare riesce a penetrare eccessivamente in ambiente causando disagio, poiché l'occupante non è in grado di

svolgere la sua attività adeguatamente. Dalla distribuzione è possibile osservare come questa condizione interessi le postazioni immediatamente adiacenti alle aperture, e non tutta l'area. Come il caso mostrato precedentemente, dell'area uffici amministrazione, diventa prioritario l'aspetto illuminotecnico. La soluzione risulta univoca, stabilendo se è più conveniente inserire delle schermature solari interne regolabili dall'utente, o utilizzare i dispositivi esterni già presenti.

STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 03:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA ESTERNA



PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

MESE DI GIUGNO (INVERNO) ORE 03:00 PM*

STATO DI PROGETTO

NUOVO STATO DI PROGETTO

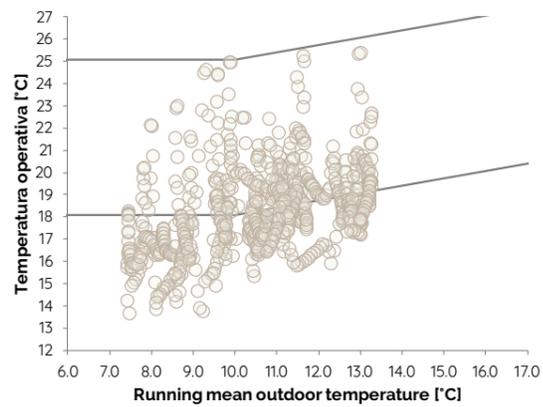
SCHERMATURA INATTIVA

SCHERMATURA ATTIVA DA PROGRAMMA

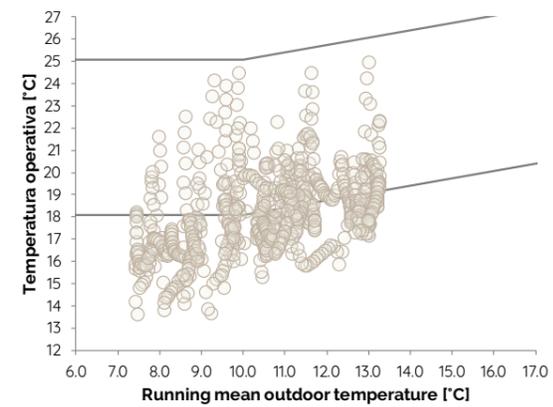
BENESSERE TERMOIGROMETRICO

SCHERMATURA DISATTIVA

SCHERMATURA ATTIVA DA PROGRAMMA

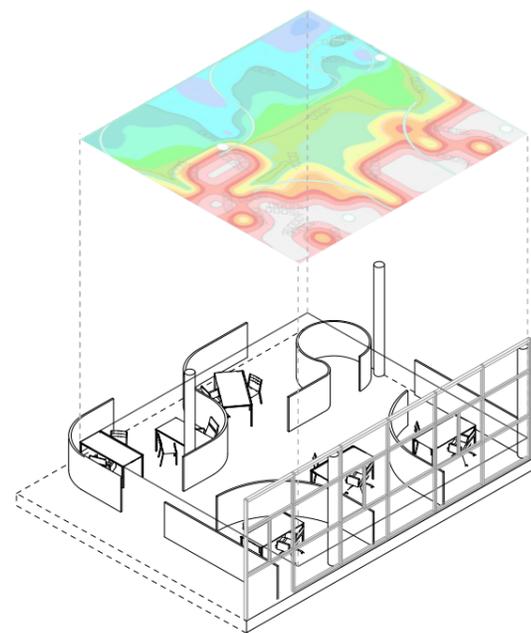


52,2% ORE DI DISCOMFORT

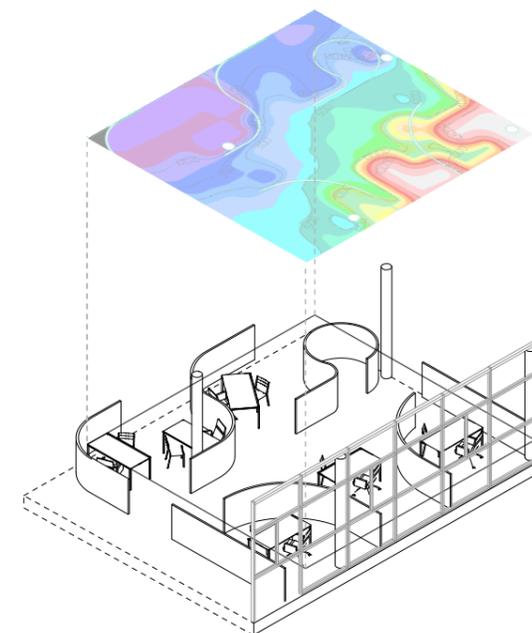


53,3% ORE DI DISCOMFORT

CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE



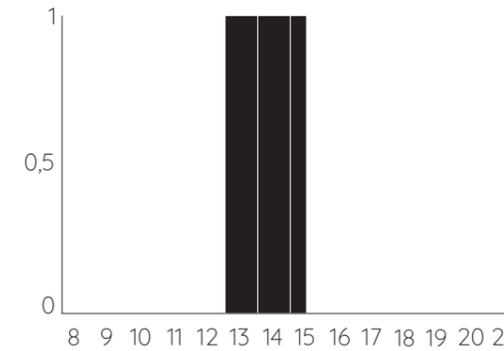
$E_M = 4660 \text{ lux}$



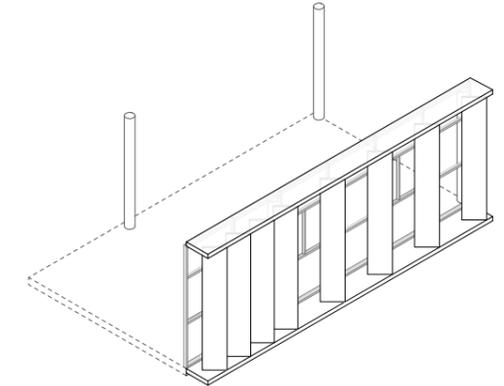
$E_M = 1687 \text{ lux}$



PROFILO DI ATTIVAZIONE



DISPOSITIVO ESTERNO



Secondo quanto mostrato dalle criticità evidenziate in precedenza, riguardanti le condizioni di illuminazione del mese di giugno, si sono effettuati ulteriori accorgimenti per ottimizzare il benessere degli occupanti nelle aree di lavoro.

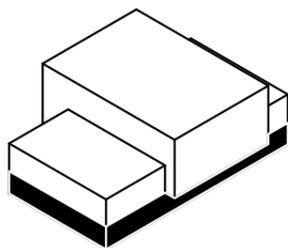
Nel mese di giugno, nelle condizioni di cielo sereno, le schermature esterne non sono attivate poiché è stato previsto che i dispositivi progettati blocchino la radiazione solare incidente nei mesi estivi o nelle mezze stagioni. Così facendo, però, risulta molto difficoltoso per gli utenti svolgere l'attività lavorativa per via di cattive condizioni di luce interne. Infatti l'illuminamento medio calcolato risulta eccessivo ($E_m = 4660 \text{ lux}$). In queste condizioni è necessario schermarsi per non essere abbagliati. È stata effettuata una valutazione termica rappresentativa del mese di giugno dell'area in esame, per verificare che non ci sia un'eccessiva ri-

duzione degli apporti solari gratuiti in inverno. Come mostrato la variazione della percentuale delle ore di discomfort risulta poco sensibile. Ciò probabilmente è dovuto al fatto che non vi è una grande quantità di apporti solari nel mese invernale in questa area di studio. Poiché si è già provveduto a progettare delle schermature esterne, si preferisce mantenere questo dispositivo per evitare il rischio di abbagliamento anche nella stagione invernale, così da non dovere utilizzare altri dispositivi che aumenterebbero i costi e la manutenzione degli elementi. Come vediamo, l'illuminamento medio è ridotto (1687 lux) e adeguato al fine dello svolgimento delle attività. Solo in un dato momento, le parti immediatamente adiacenti sono investite da eccessiva luce solare, ma non colpisce le postazioni e pertanto non interferisce con l'attività lavorativa dell'utente.

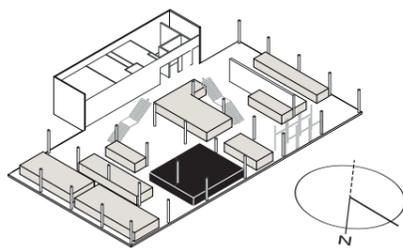
La seguente valutazione è da considerare come rappresentativa per tutti quegli istanti temporali dell'area in questione in cui si verifica la condizione di rischio di abbagliamento per gli utenti.

AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI FATTO

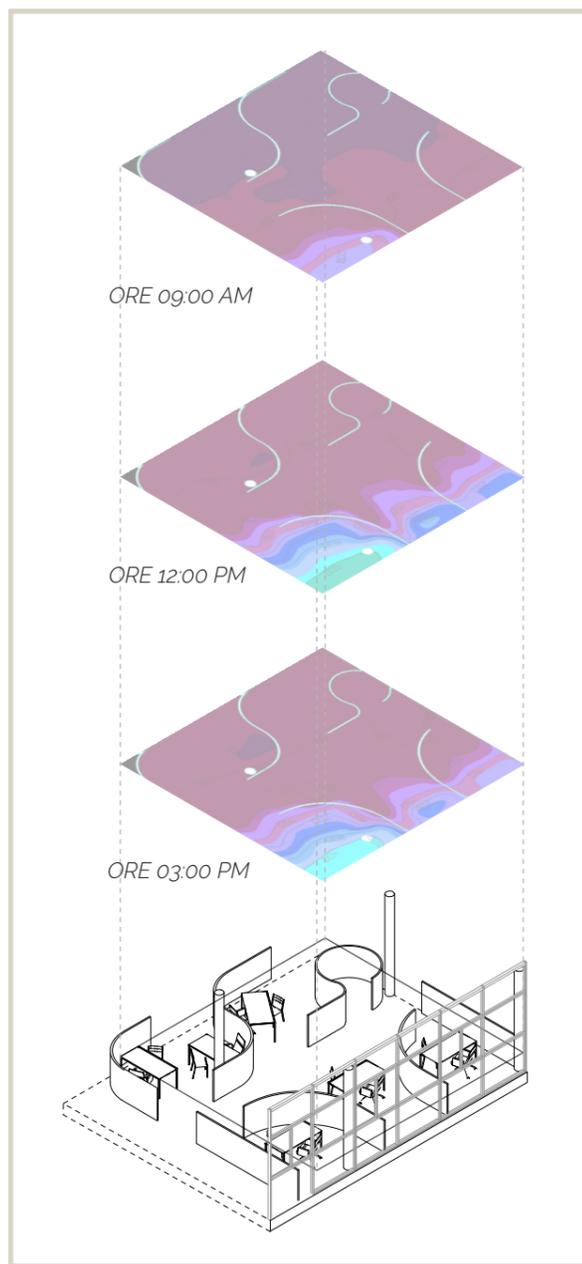
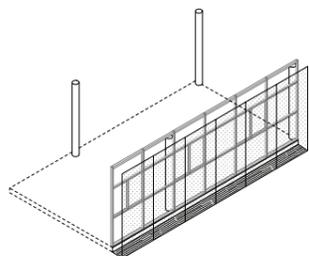
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



GIUGNO
ANALISI STATO DI FATTO

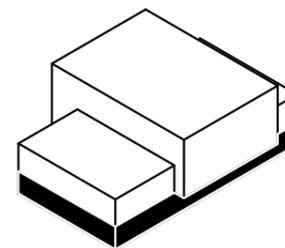
AREA CONSEGNA CARTE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 41 |
| 2 | coperto | 12:00 am | 120 |
| 3 | coperto | 03:00 pm | 100 |

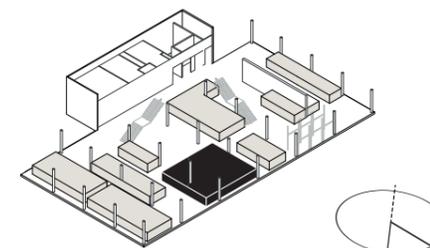


AREA UFFICI CONSEGNA CARTE STATO DI PROGETTO

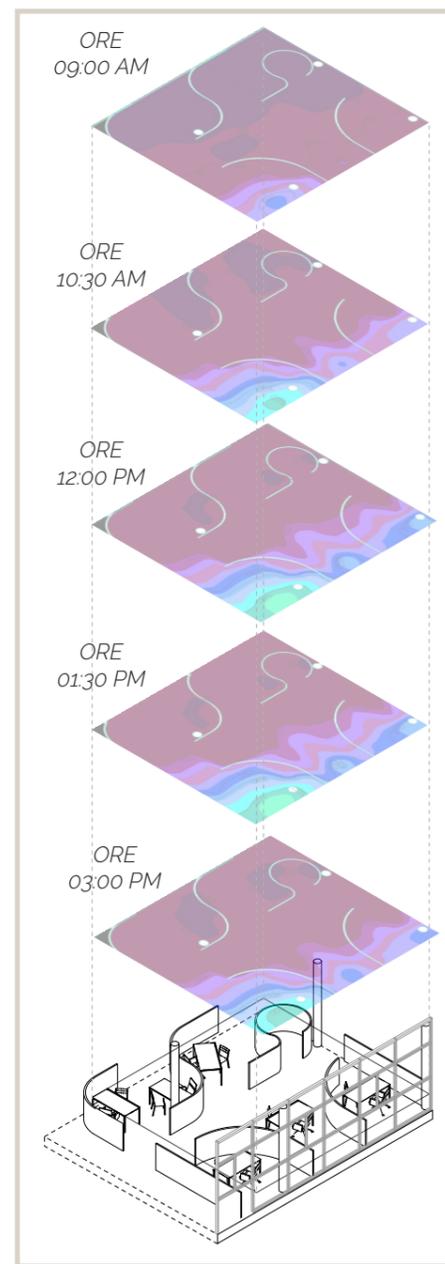
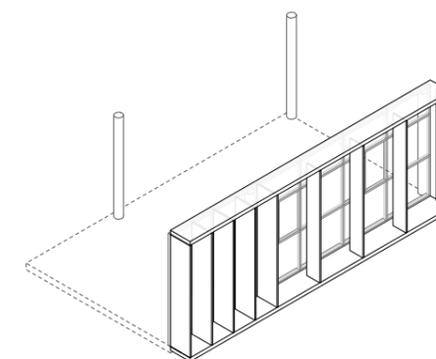
PIANO



ORIENTAMENTO



POSIZIONAMENTO VALIDO PER TUTTI
GLI ISTANTI TEMPORALI



GIUGNO
ANALISI STATO DI PROGETTO

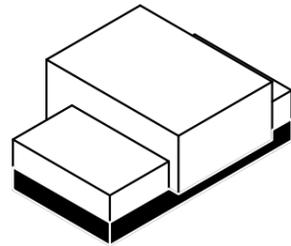
AREA CONSEGNA CARTE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 45 |
| 2 | coperto | 10:30 am | 100 |
| 3 | coperto | 12:00 pm | 129 |
| 4 | coperto | 01:30 pm | 132 |
| 5 | coperto | 03:00 Pm | 107 |

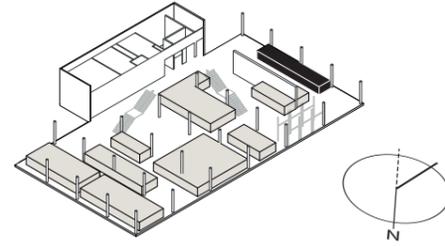


AREA CAFFETERIA STATO DI FATTO

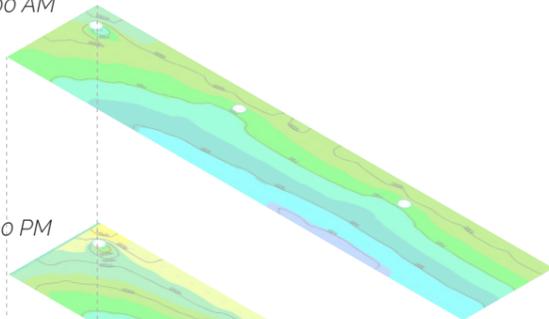
PIANO



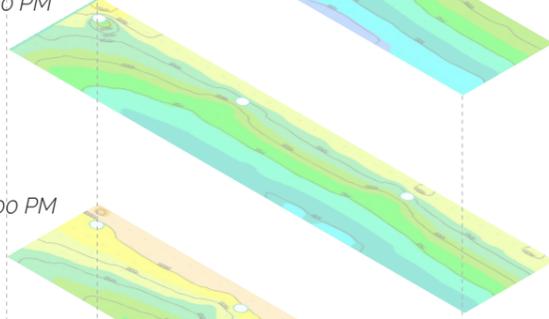
ORIENTAMENTO



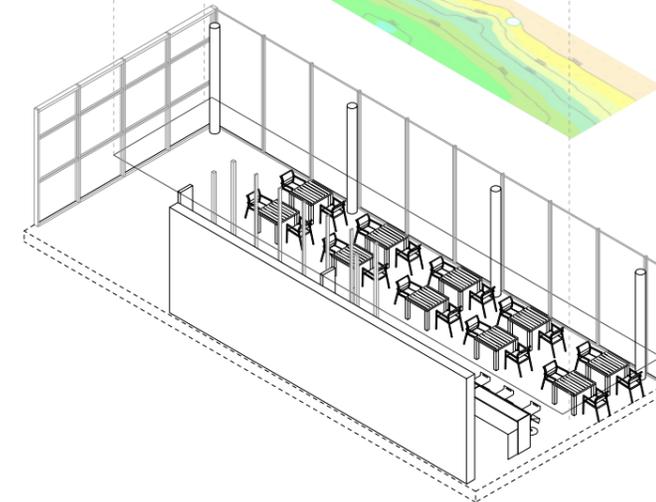
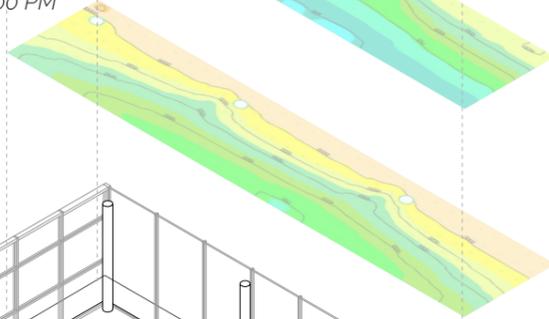
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE

MARZO
ANALISI STATO DI FATTO

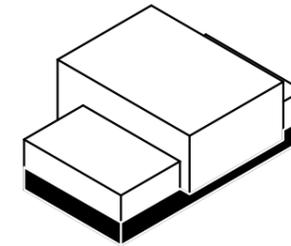
AREA CAFFETERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 738 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 977 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 1487 |

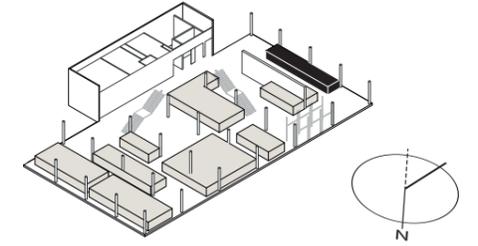


AREA CAFFETERIA STATO DI PROGETTO

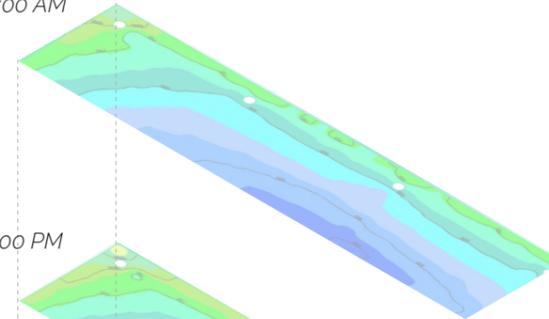
PIANO



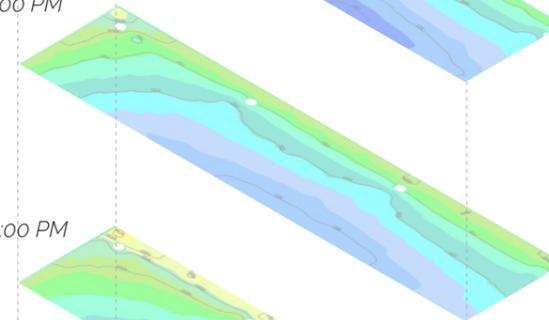
ORIENTAMENTO



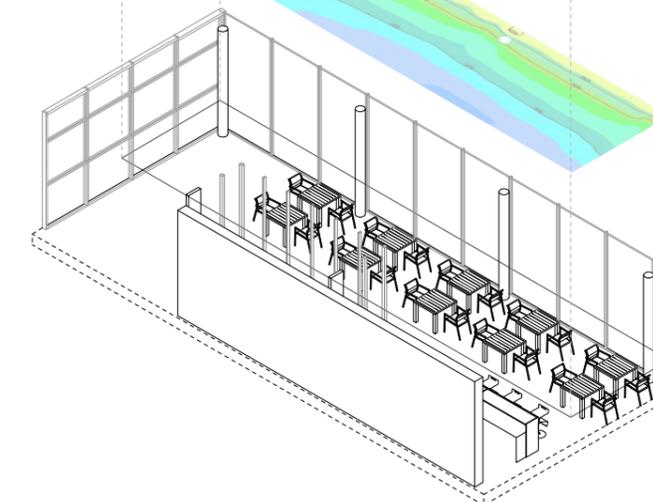
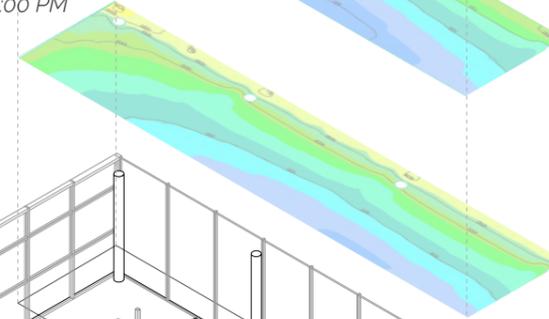
ORE 09:00 AM



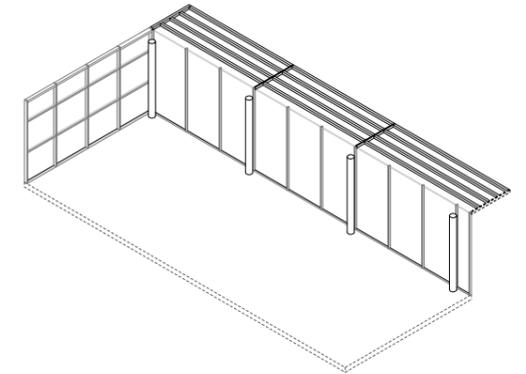
ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



DISPOSITIVO DI UTILIZZO



MARZO
ANALISI STATO DI PROGETTO

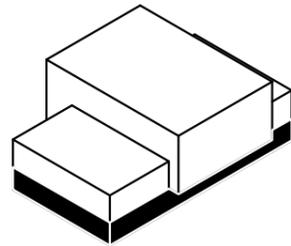
AREA CAFFETERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 500 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 578 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 774 |

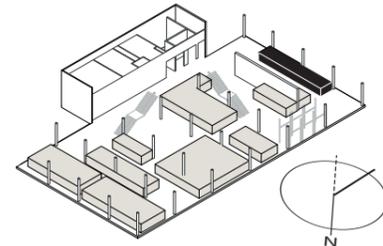


AREA CAFFETERIA STATO DI FATTO

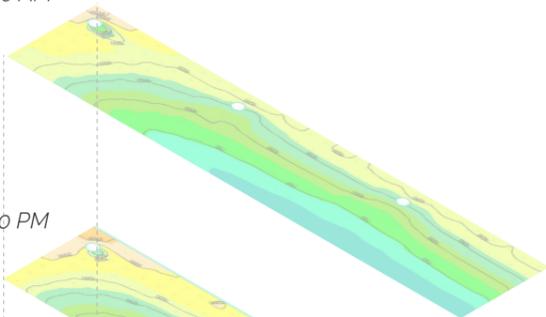
PIANO



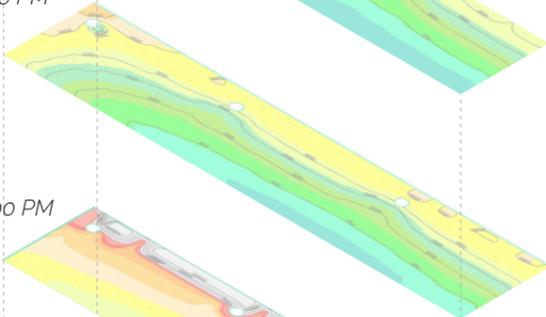
ORIENTAMENTO



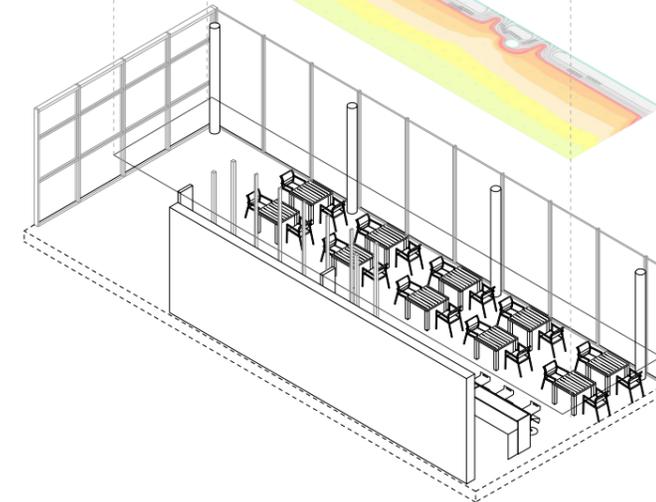
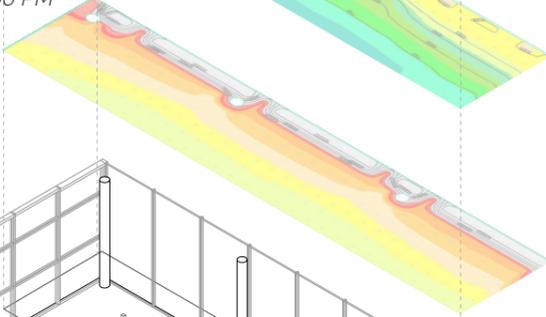
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE

DICEMBRE
ANALISI STATO DI FATTO

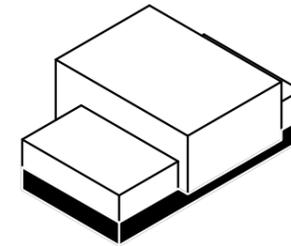
AREA CAFFETERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 1122 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 1274 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 8884 |

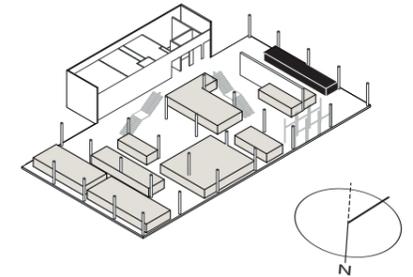


AREA CAFFETERIA STATO DI PROGETTO

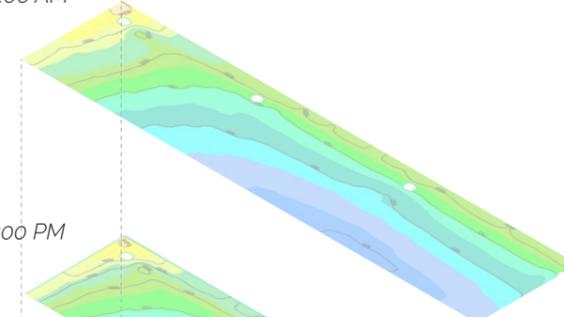
PIANO



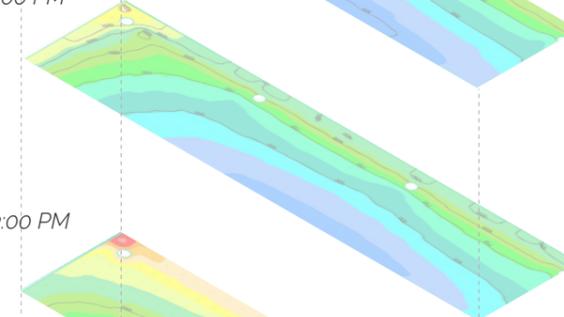
ORIENTAMENTO



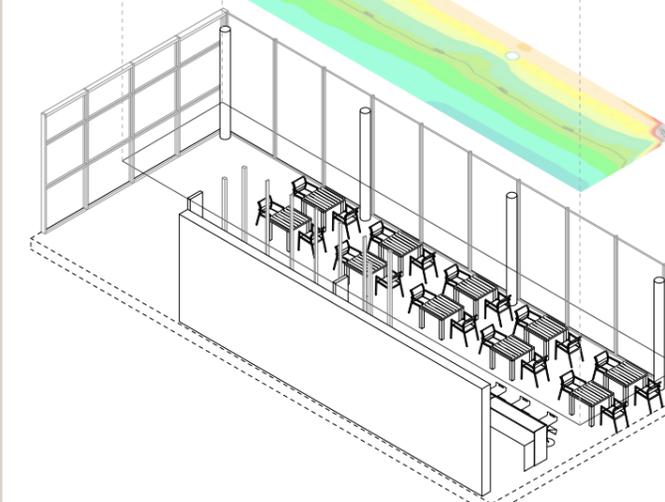
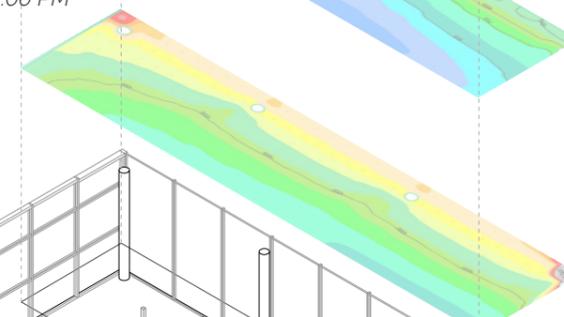
ORE 09:00 AM



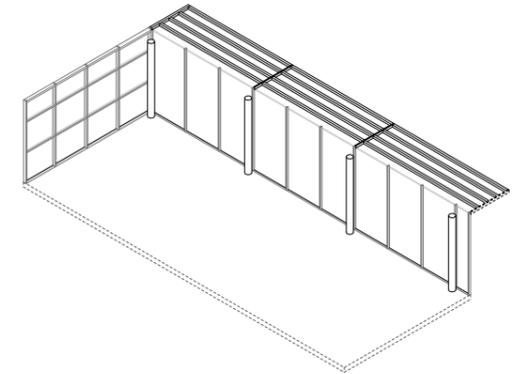
ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



DISPOSITIVO DI UTILIZZO



DICEMBRE
ANALISI STATO DI PROGETTO

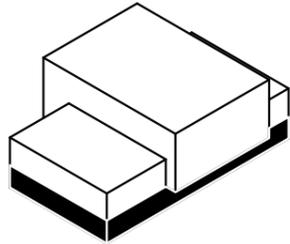
AREA ACAFFETERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 709 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 726 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 1491 |

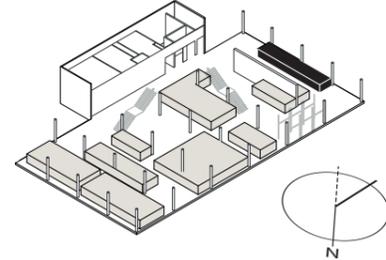


AREA CAFFETERIA STATO DI FATTO

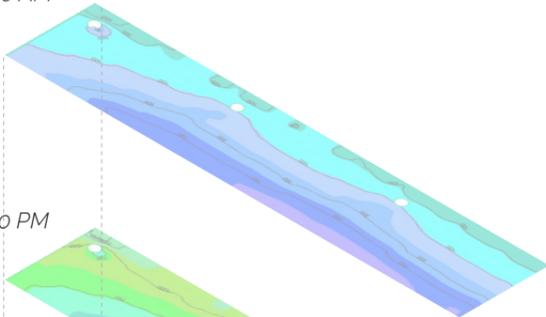
PIANO



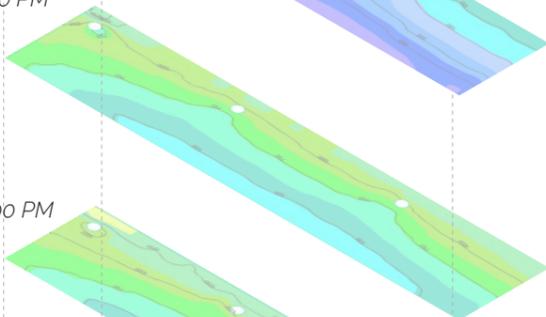
ORIENTAMENTO



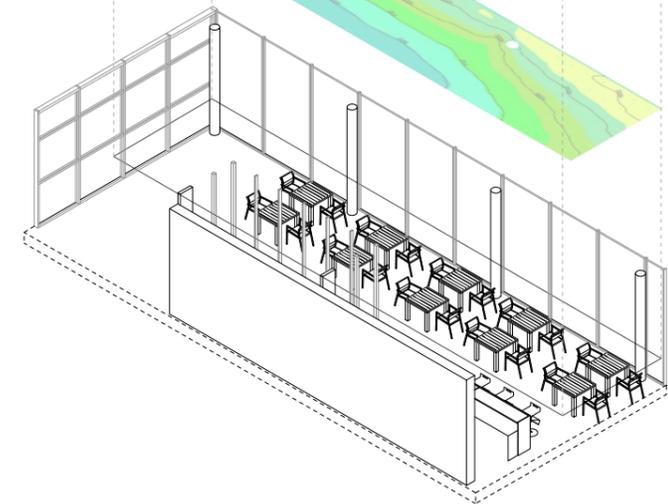
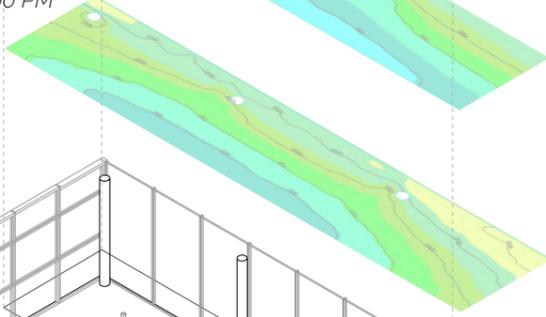
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE

GIUGNO
ANALISI STATO DI FATTO

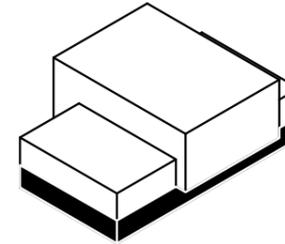
AREA CAFFETERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 364 |
| 2 | sereno | 12:00 Pm | 783 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 959 |

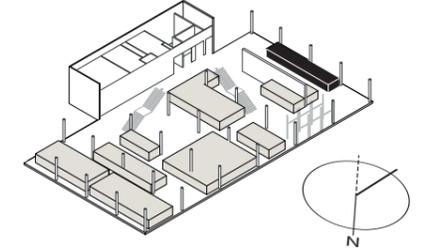


AREA CAFFETERIA STATO DI PROGETTO

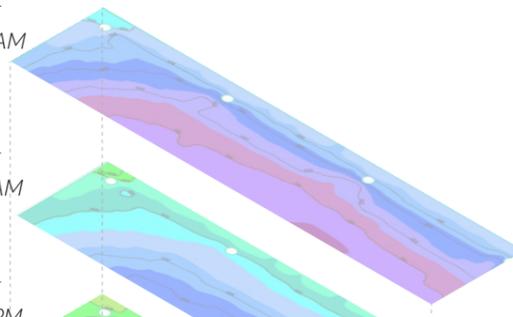
PIANO



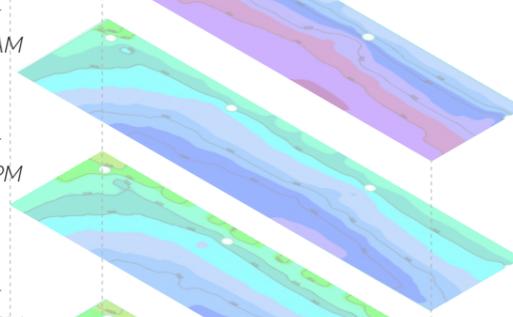
ORIENTAMENTO



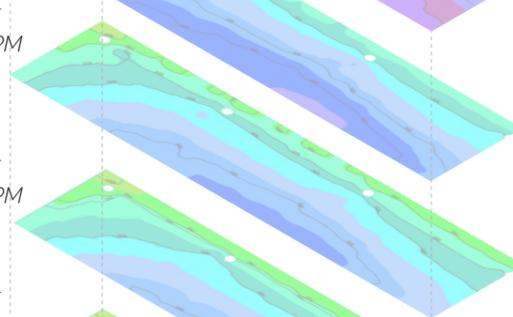
ORE 09:00 AM



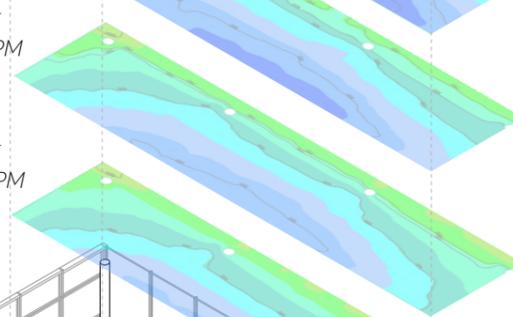
ORE 10:30 AM



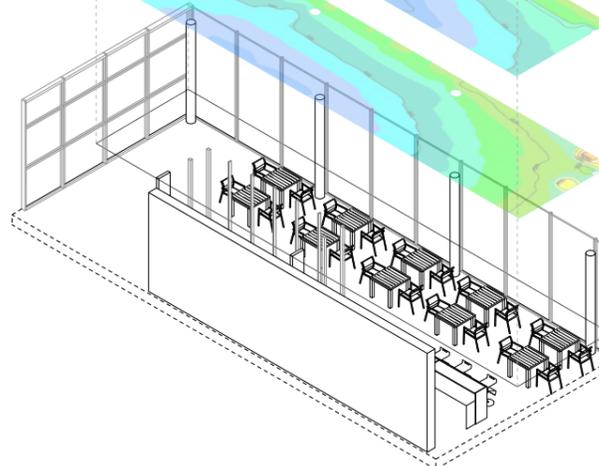
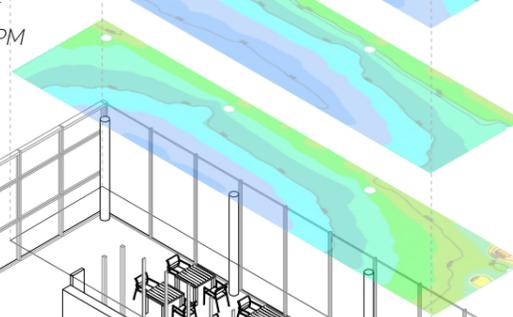
ORE 12:00 PM



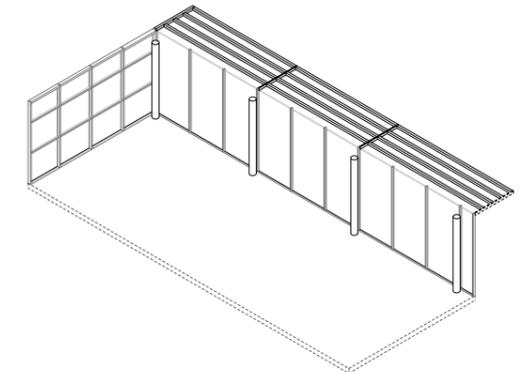
ORE 01:30 PM



ORE 03:00 PM



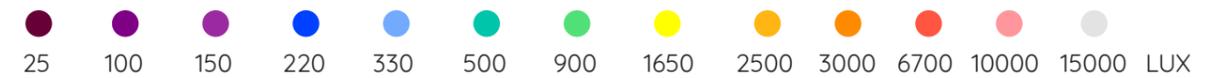
DISPOSITIVO DI UTILIZZO



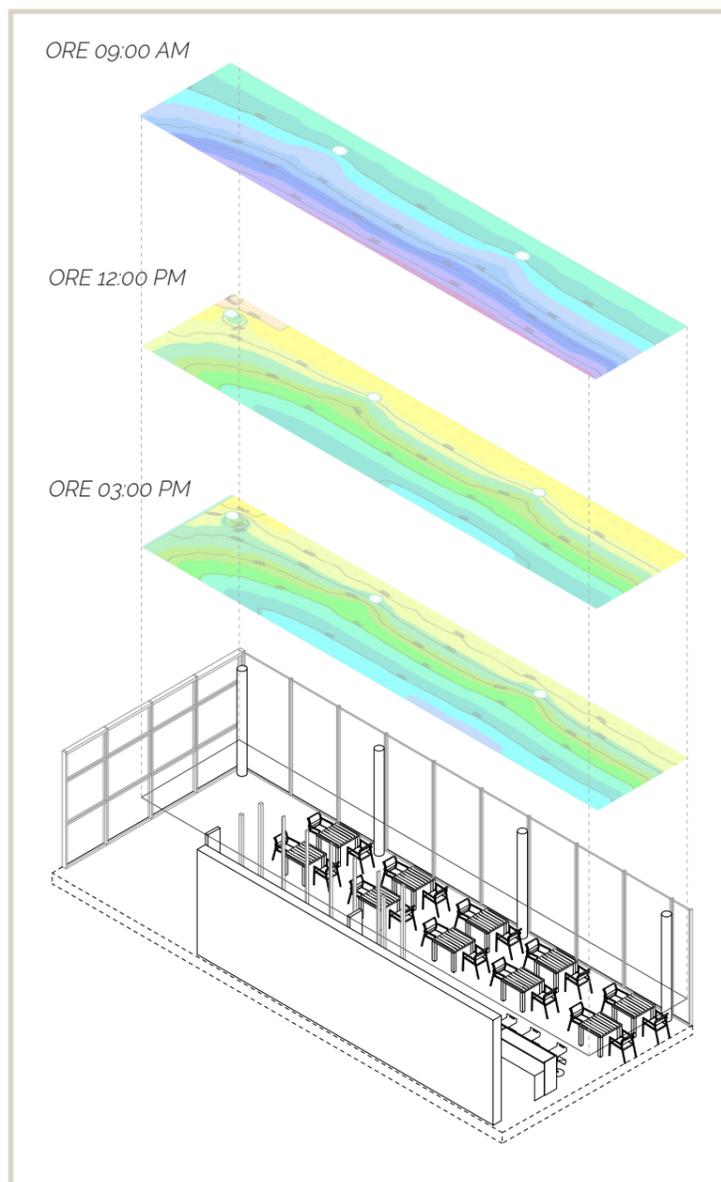
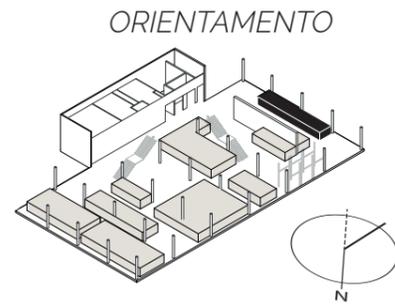
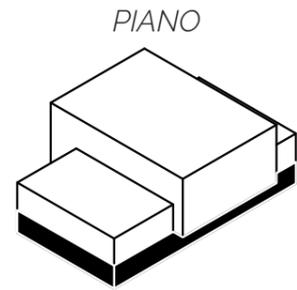
GIUGNO
ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA CAFFETERIA
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 223 |
| 2 | sereno | 10:30 am | 402 |
| 3 | sereno | 12:00 pm | 480 |
| 4 | sereno | 01:30 pm | 537 |
| 5 | sereno | 03:00 pm | 670 |



AREA CAFFETERIA STATO DI FATTO



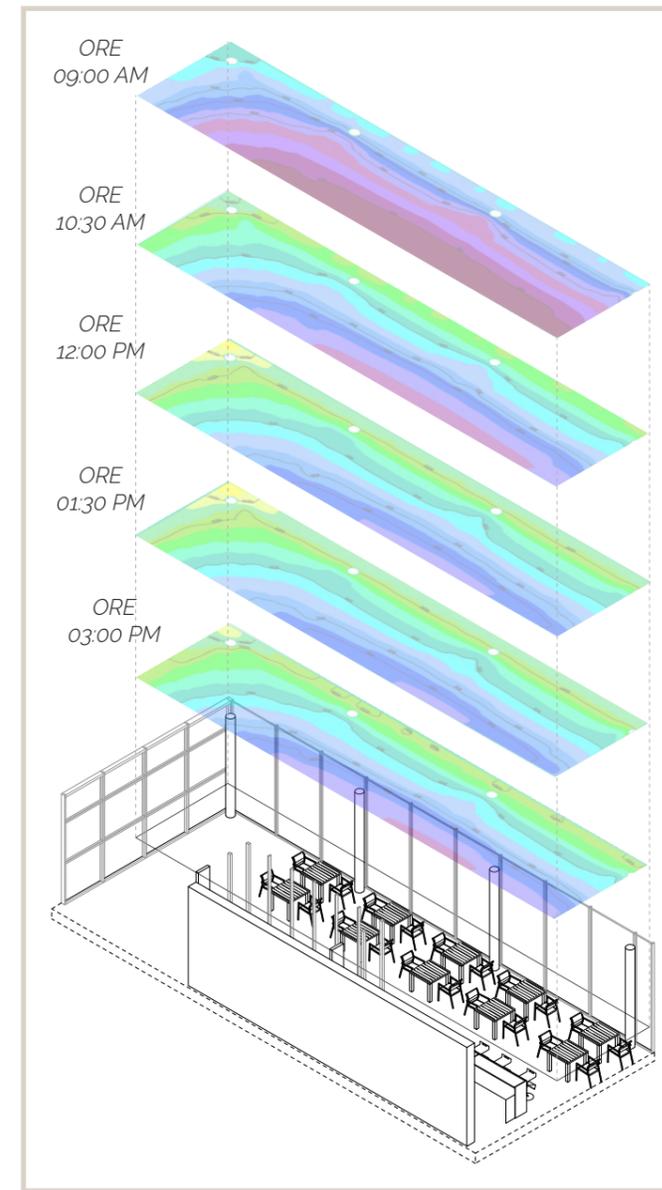
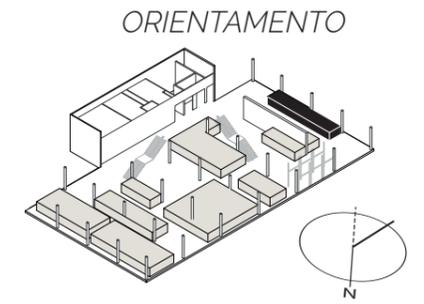
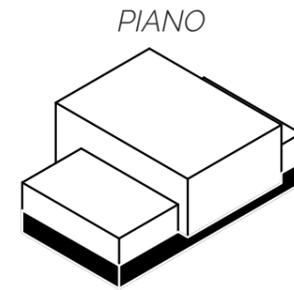
GIUGNO ANALISI STATO DI FATTO

AREA CAFFETERIA ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 402 |
| 2 | coperto | 12:00 pm | 1176 |
| 3 | coperto | 03:00 pm | 981 |



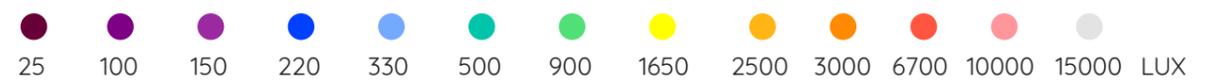
AREA CAFFETERIA STATO DI PROGETTO



GIUGNO ANALISI STATO DI PROGETTO

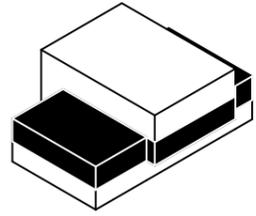
AREA CAFFETERIA ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 217 |
| 2 | coperto | 10:30 am | 483 |
| 3 | coperto | 12:00 pm | 635 |
| 4 | coperto | 01:30 pm | 652 |
| 5 | coperto | 03:00 Pm | 530 |

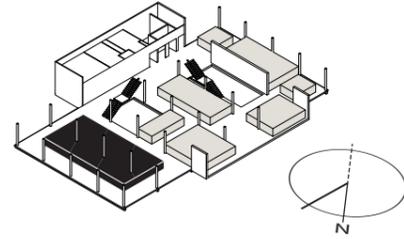


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI FATTO

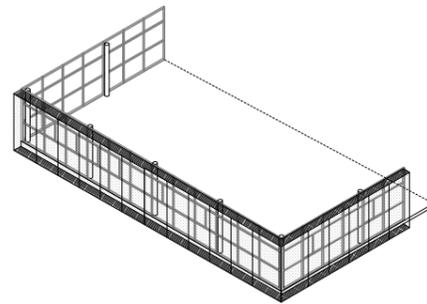
PIANO



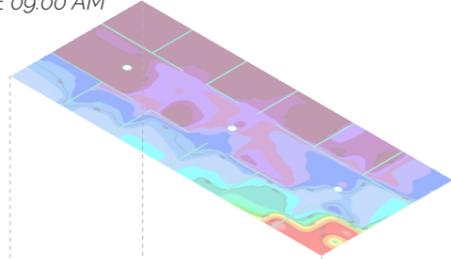
ORIENTAMENTO



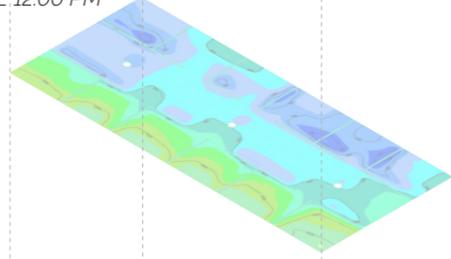
SCHERMO ESTERNO



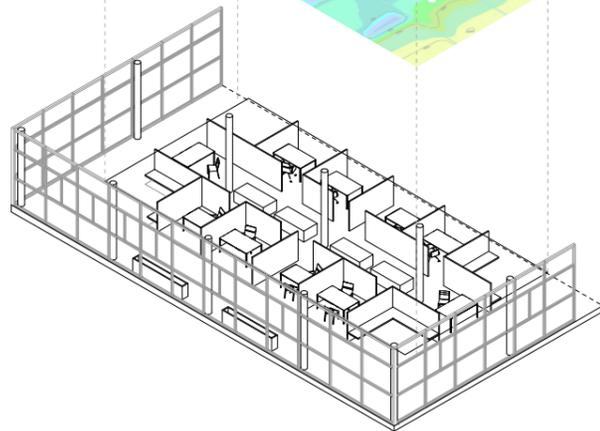
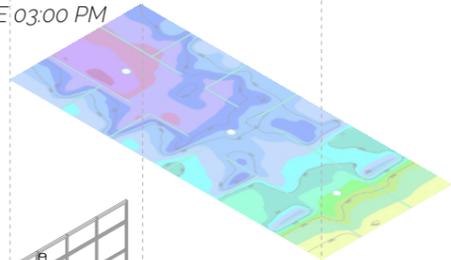
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



MARZO
ANALISI STATO DI FATTO

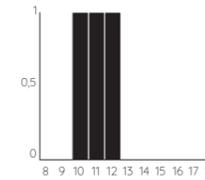
AREA MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 464 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 569 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 460 |

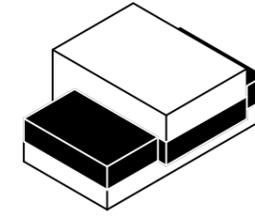


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI PROGETTO

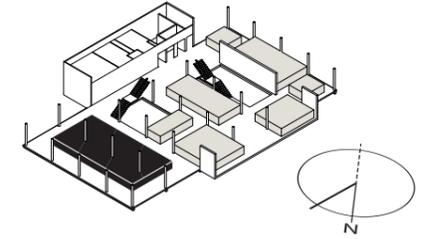
ATTIVAZIONE SCHERMO



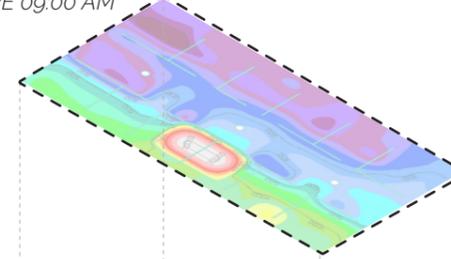
PIANO



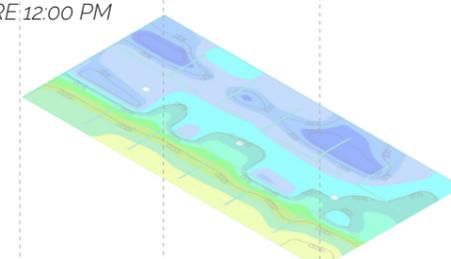
ORIENTAMENTO



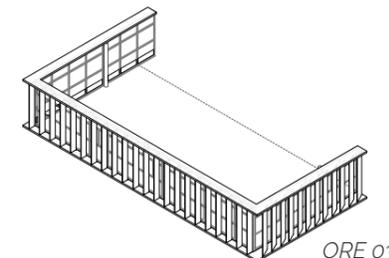
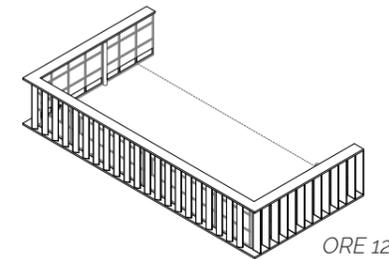
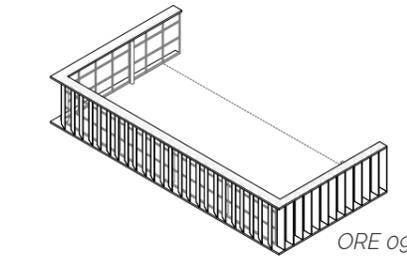
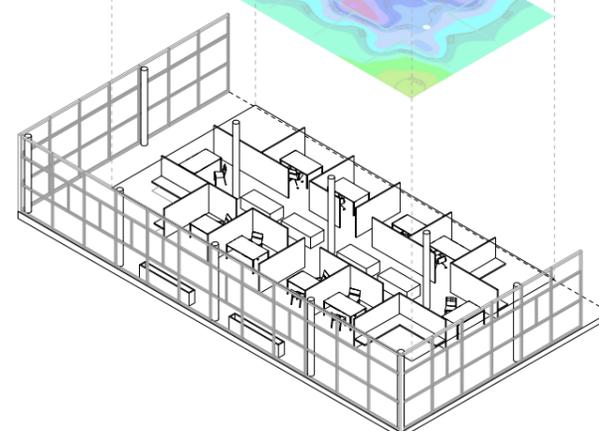
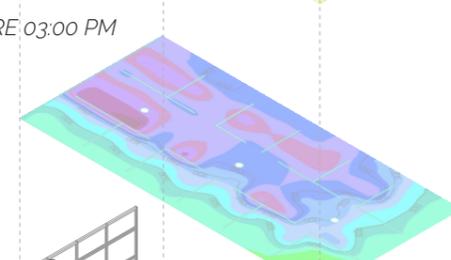
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



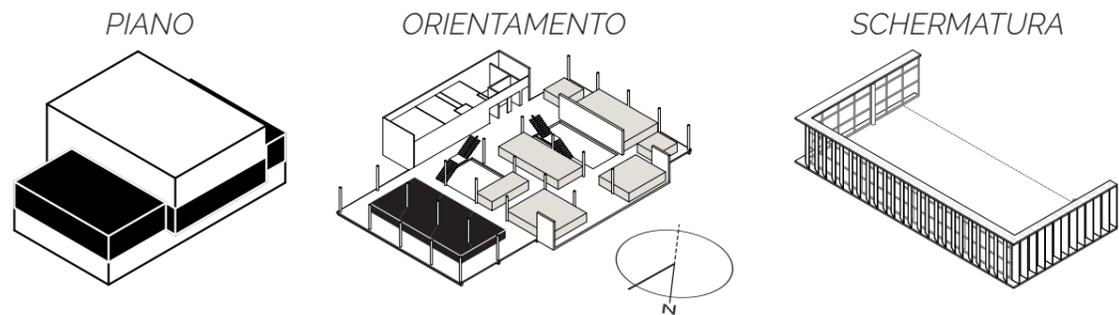
MARZO
ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

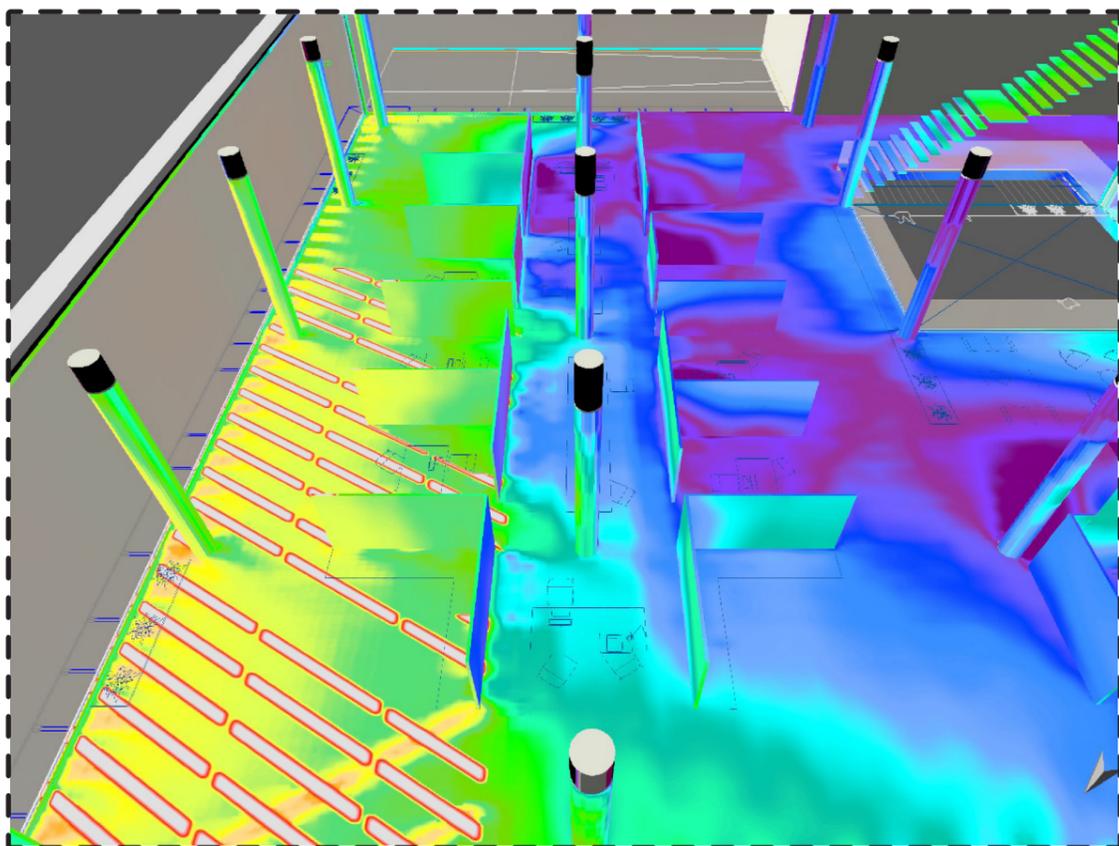
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 960 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 648 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 362 |



AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI PROGETTO



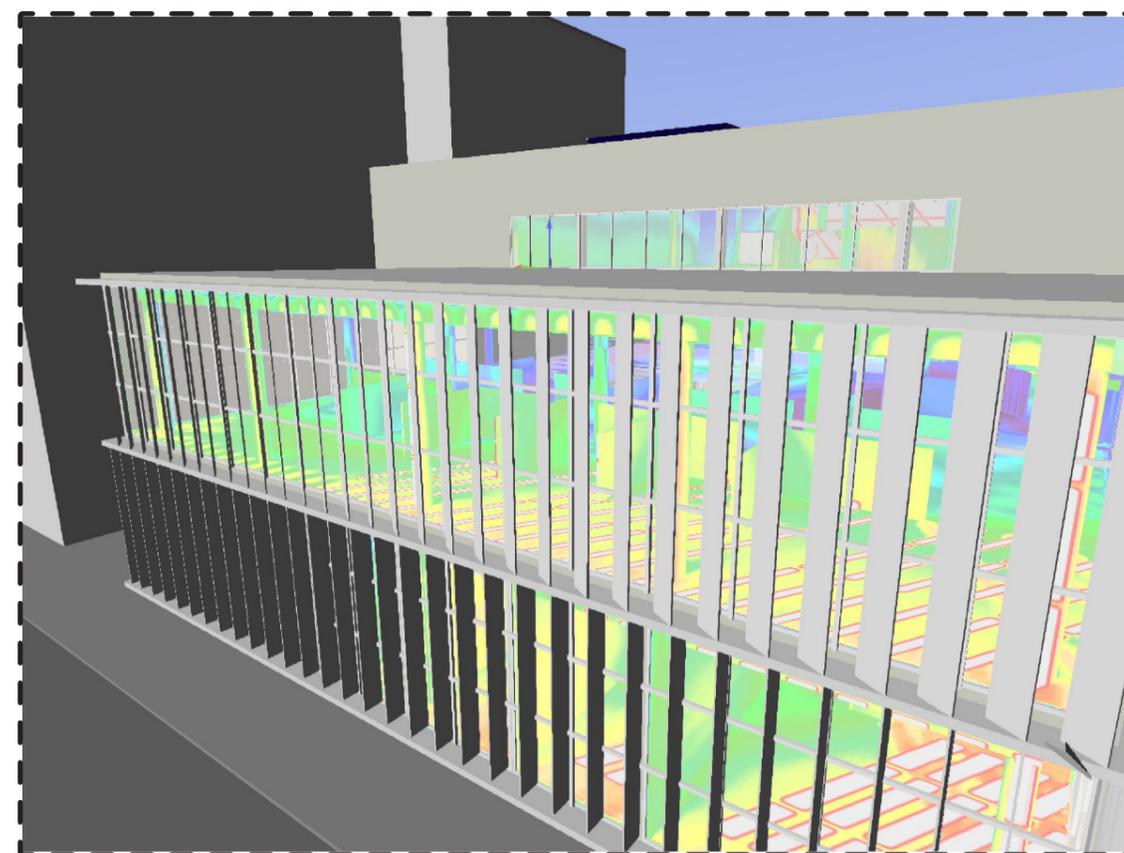
STATO DI PROGETTO
MARZO ORE 09:00 AM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA INTERNA



Al primo piano, nell'area uffici dedicata alla motorizzazione, possono verificarsi delle situazioni, come quelle mostrata, in cui alcune postazioni, per esempio quelle più vicine alle finestre, siano colpite dalla radiazione solare. Allo stesso modo, alle ore 09:00 am di marzo e casi simili, se fosse difficoltoso svolgere l'attività lavorativa per alcuni utenti, è possibile optare

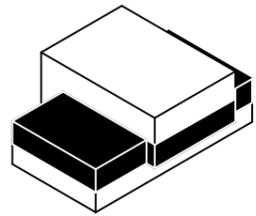
per una maggior chiusura dei frangisole verticali. È possibile osservare, come secondo la distribuzione della luce naturale sull'area, questo disagio comprenda una piccola parte delle postazioni, in quanto la maggior parte, si trova in buone condizioni di illuminazione naturale che a sua volta è integrata con l'uso della luce artificiale quando necessario.

STATO DI PROGETTO
MARZO ORE 09:00 AM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA ESTERNA

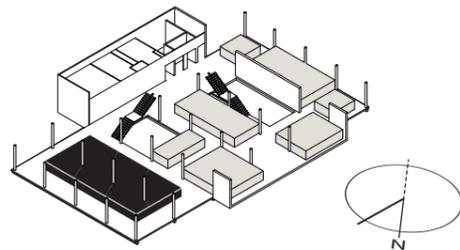


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI FATTO

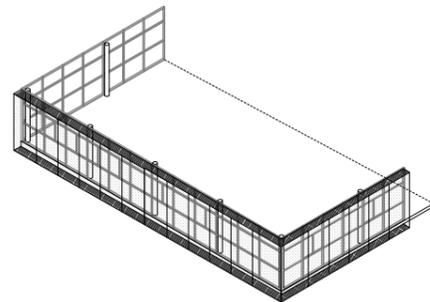
PIANO



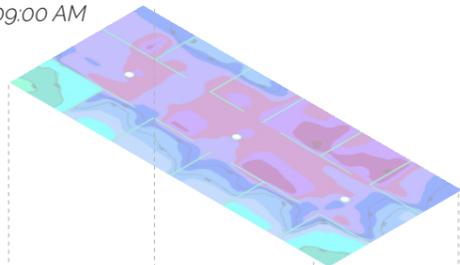
ORIENTAMENTO



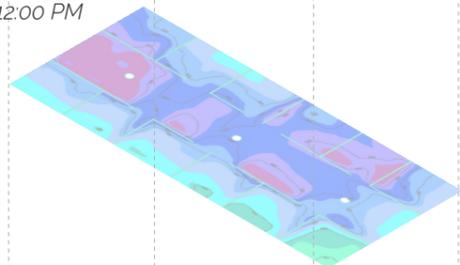
SCHERMO ESTERNO



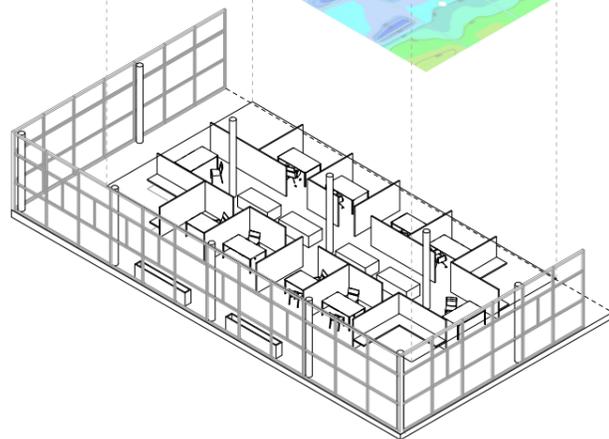
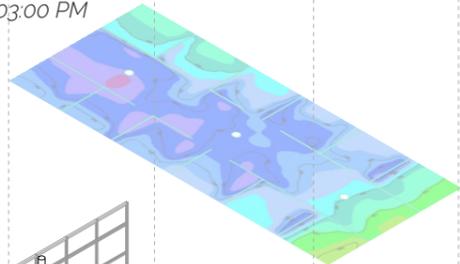
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



DICEMBRE
ANALISI STATO DI FATTO

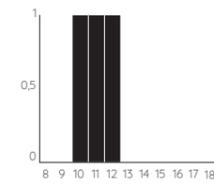
AREA MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 238 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 302 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 376 |

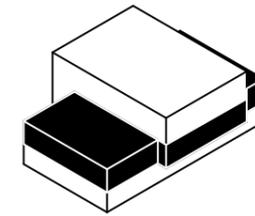


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI PROGETTO

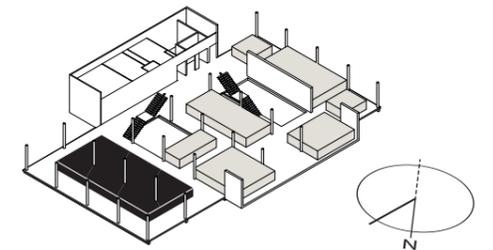
ATTIVAZIONE SCHERMO



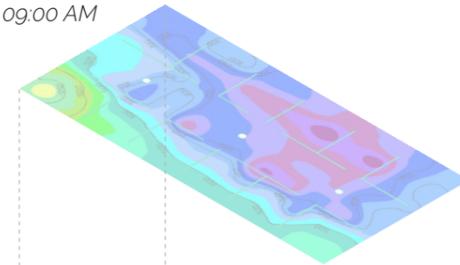
PIANO



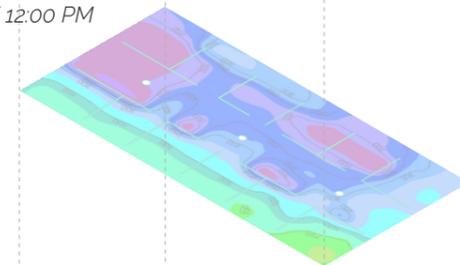
ORIENTAMENTO



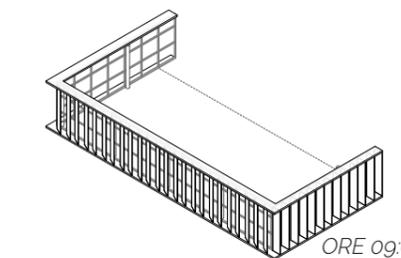
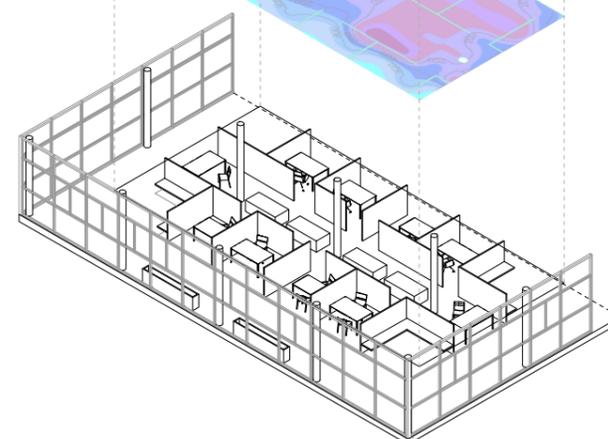
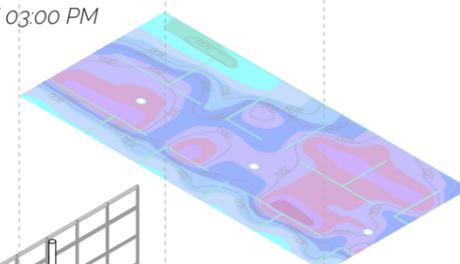
ORE 09:00 AM



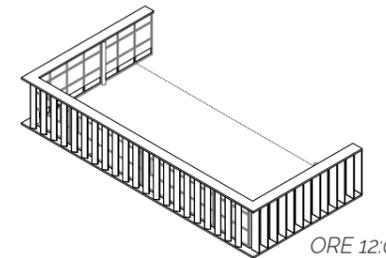
ORE 12:00 PM



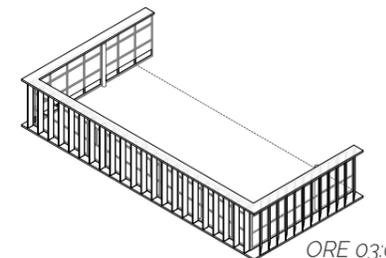
ORE 03:00 PM



ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM

DICEMBRE
ANALISI STATO DI PROGETTO

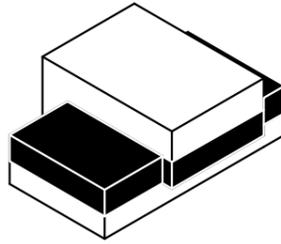
AREA MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 360 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 357 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 307 |

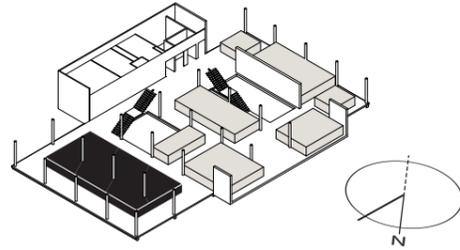


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI FATTO

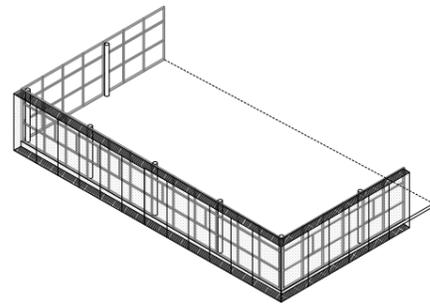
PIANO



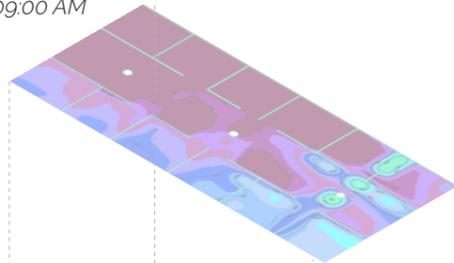
ORIENTAMENTO



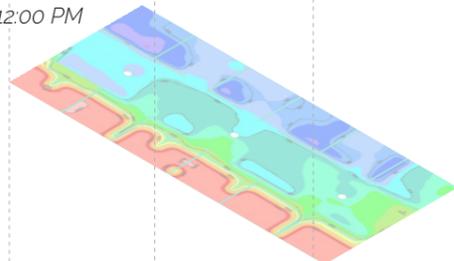
SCHERMO ESTERNO



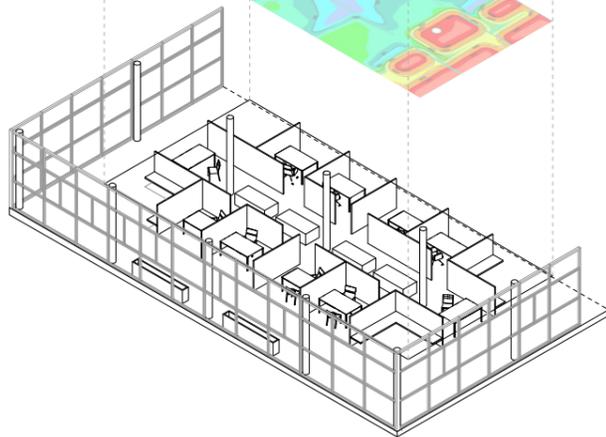
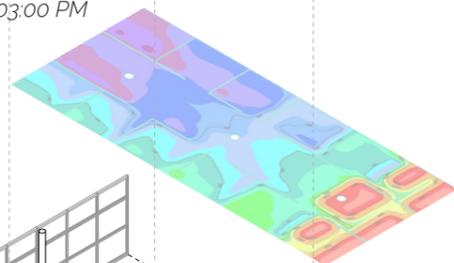
ORE 09:00 AM



ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



GIUGNO ANALISI STATO DI FATTO

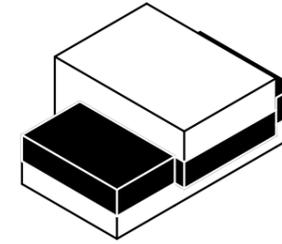
AREA MOTORIZZAZIONE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 160 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 2052 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 1047 |

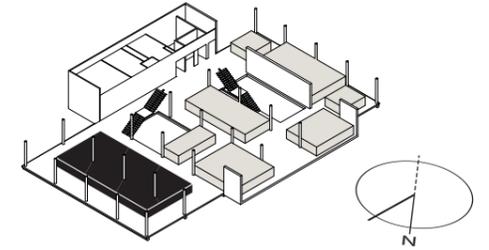


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI PROGETTO

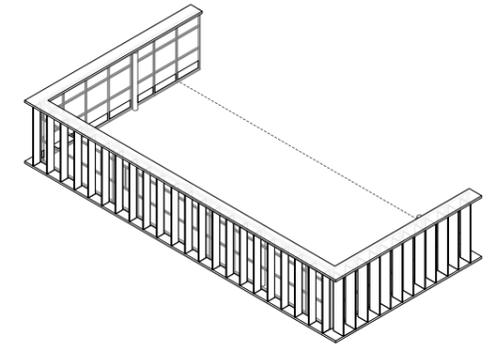
PIANO



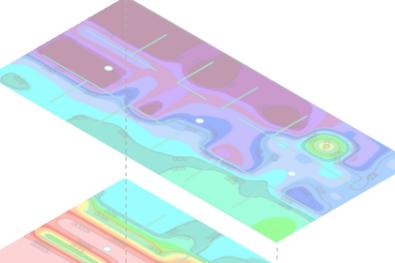
ORIENTAMENTO



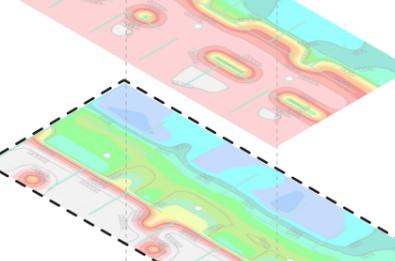
DIPOSITIVO UTILIZZATO PER
TUTTI GLI ISTANTI TEMPORALI



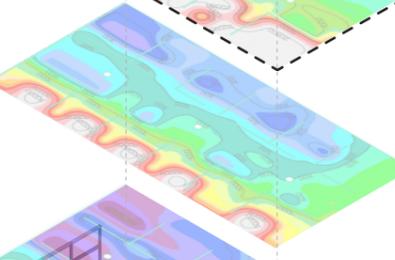
ORE 09:00 AM



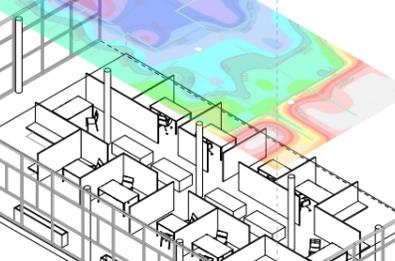
ORE 10:30 AM



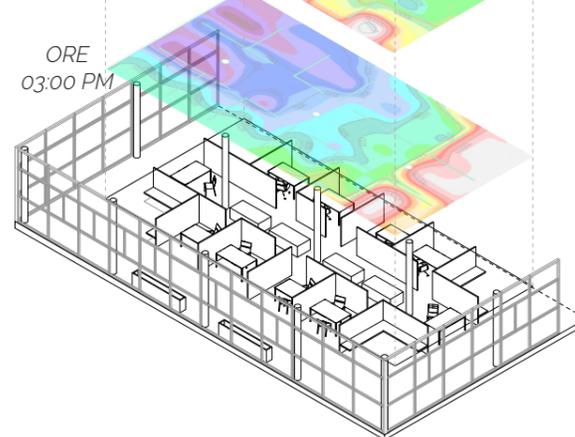
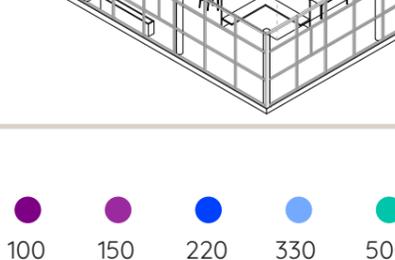
ORE 12:00 PM



ORE 01:30 PM



ORE 03:00 PM



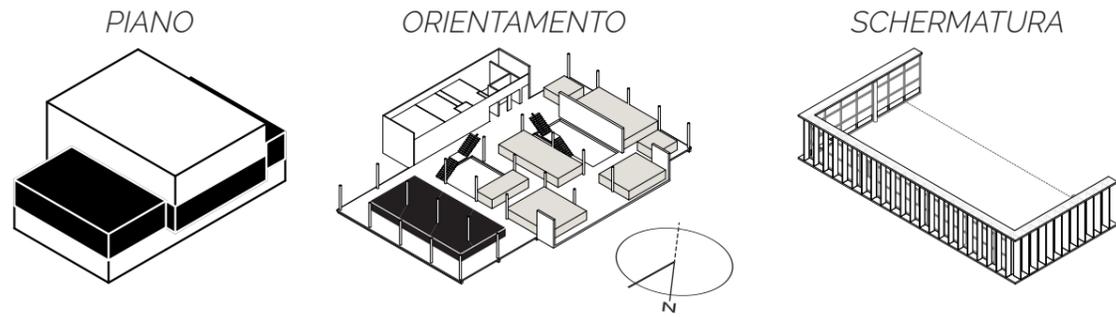
GIUGNO ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA MOTORIZZAZIONE ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

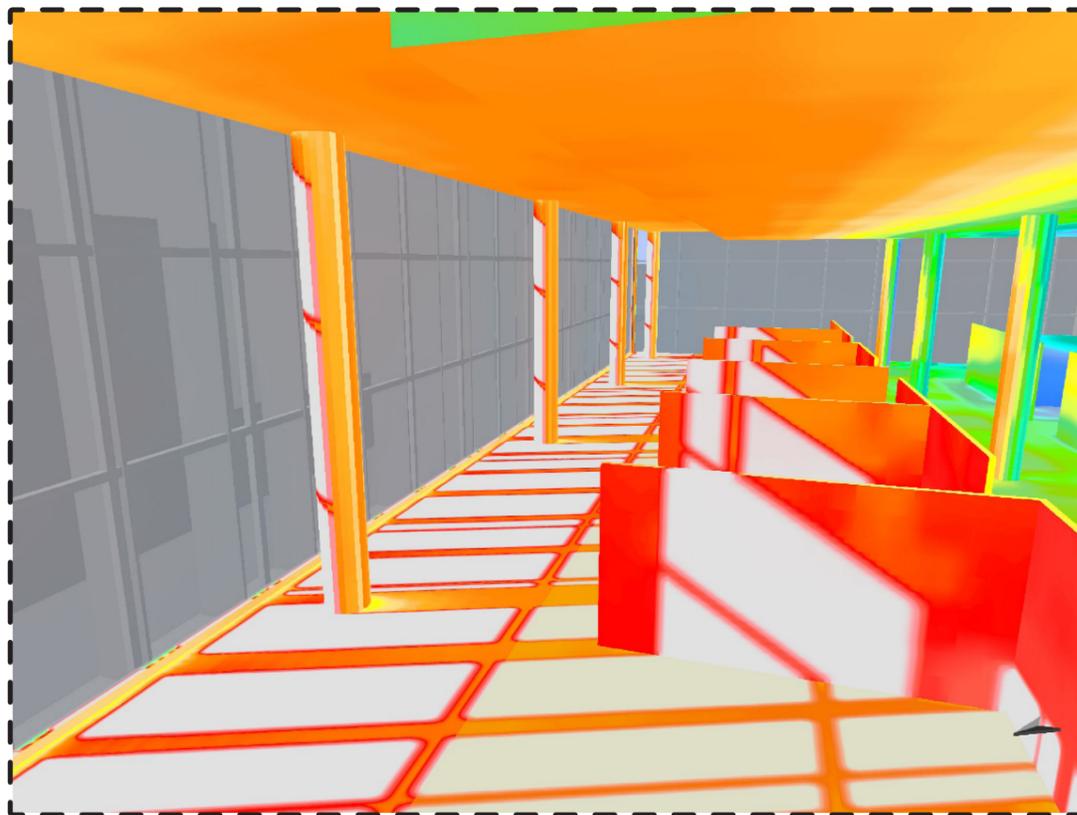
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 306 |
| 2 | sereno | 10:30 am | 7511 |
| 3 | sereno | 12:00 pm | 6335 |
| 4 | sereno | 01:30 pm | 2204 |
| 5 | sereno | 03:00 Pm | 2104 |



AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI PROGETTO



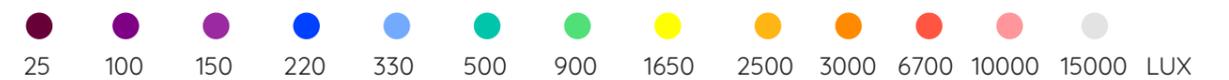
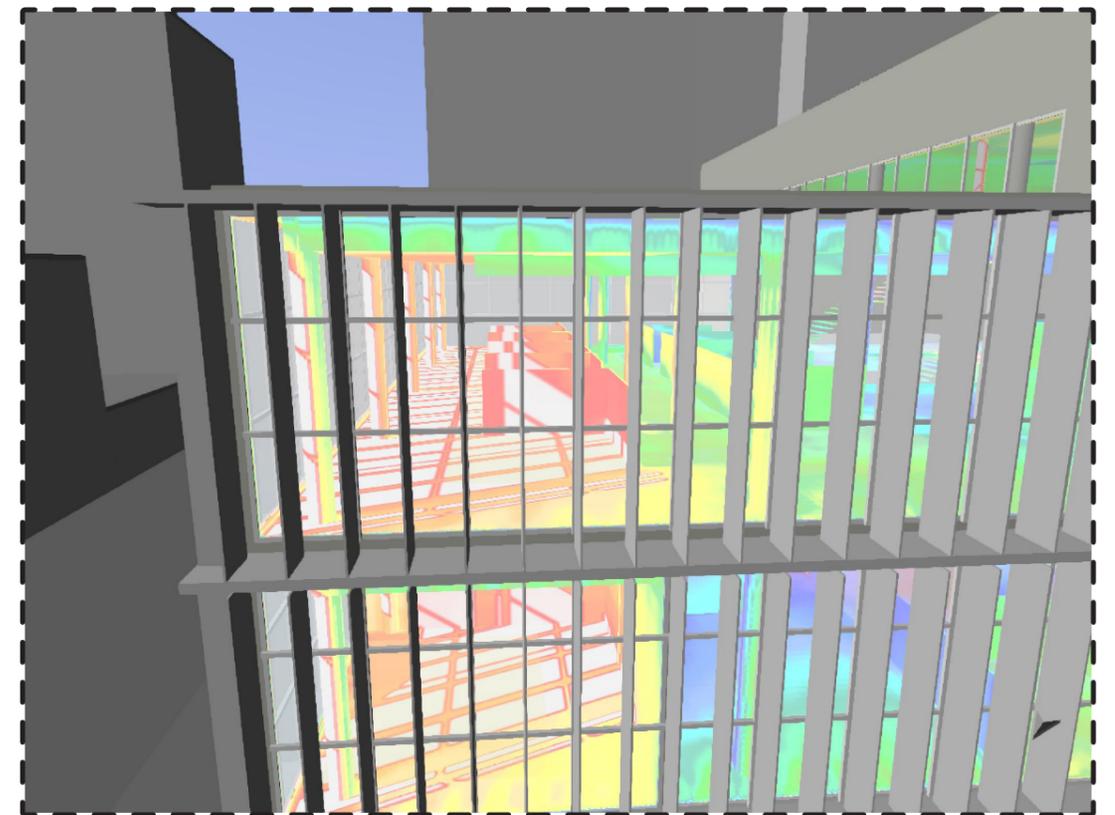
STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 12:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA INTERNA



Nelle condizioni di cielo sereno di giugno, alle ore 12:00 pm, con i frangisole verticali inattivi e quindi aperti in posizione ortogonale, possono verificarsi delle situazioni di disagio per l'utente. Come vediamo nell'immagine, un'illuminazione eccessiva colpisce solo le postazioni vicine alle aperture, ma possono rendere difficoltosa l'attività da svolgere. Come

fatto nelle osservazioni precedenti, è una condizione da risolvere con l'utilizzo altre schermature poste internamente, così che l'utente possa regolarle secondo le necessità, o utilizzando gli elementi già presenti esternamente a discapito di minori apporti solari gratuiti che potrebbero ridurre il riscaldamento invernale.

STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 12:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA ESTERNA



PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

MESE DI GIUGNO (INVERNO) ORE 12:00 PM*

STATO DI PROGETTO

NUOVO STATO DI PROGETTO

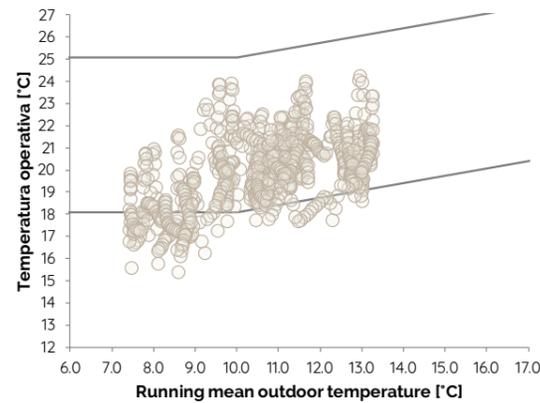
SCHERMATURA INATTIVA

SCHERMATURA ATTIVA DA PROGRAMMA

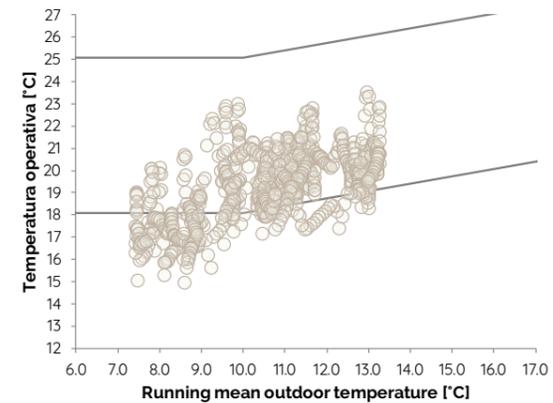
BENESSERE TERMOIGROMETRICO

SCHERMATURA DISATTIVA

SCHERMATURA ATTIVA DA PROGRAMMA

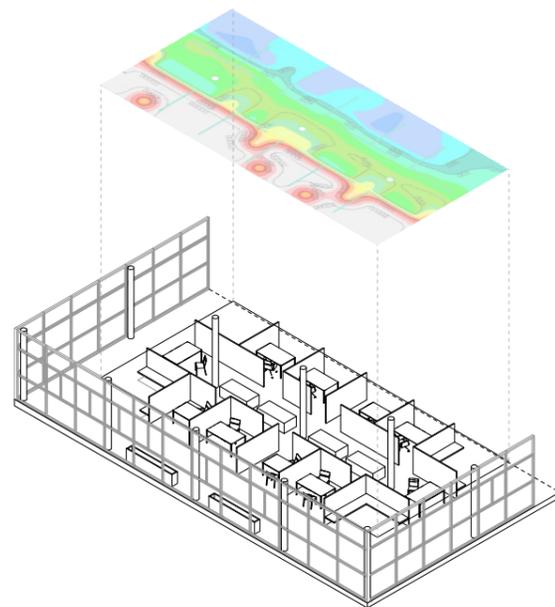


12,2% ORE DI DISCOMFORT

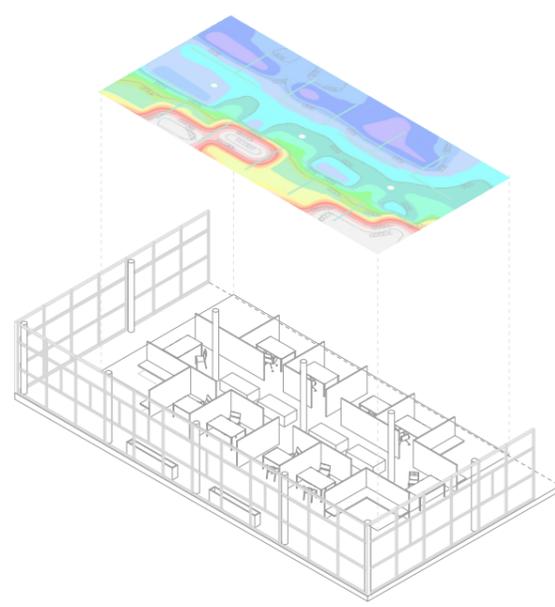


21,7% ORE DI DISCOMFORT

CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE



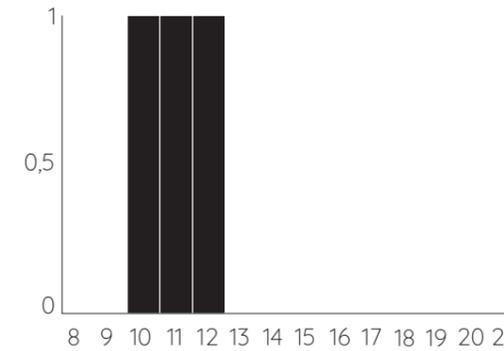
$E_M = 6335 \text{ lux}$



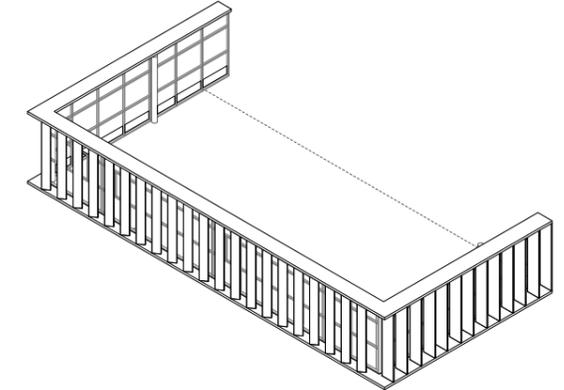
$E_M = 2700 \text{ lux}$



PROFILO DI ATTIVAZIONE



DISPOSITIVO ESTERNO



Secondo quanto mostrato dalle criticità evidenziate in precedenza, riguardanti le condizioni di illuminazione del mese di giugno, si sono effettuati ulteriori accorgimenti per ottimizzare il benessere degli occupanti nelle aree di lavoro.

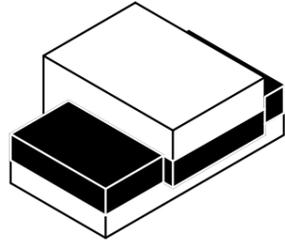
Nel mese di giugno, nelle condizioni di cielo sereno, le schermature esterne non sono attivate poiché è stato previsto che i dispositivi progettati blocchino la radiazione solare incidente nei mesi estivi o nelle mezze stagioni. Così facendo, però, risulta molto difficoltoso per gli utenti svolgere l'attività lavorativa per via di cattive condizioni di luce interne. Infatti l'illuminamento medio calcolato risulta eccessivo ($E_m = 6335 \text{ lux}$). In queste condizioni è necessario schermarsi per non essere abbagliati. È stata effettuata una valutazione termica rappresentativa del mese di giugno dell'area in esame, per verificare che non ci sia un'eccessiva ri-

duzione degli apporti solari gratuiti in inverno. Come mostrato la variazione della percentuale delle ore di discomfort risulta poco sensibile. Ciò probabilmente è dovuto al fatto che non vi è una grande quantità di apporti solari nel mese invernale in questa area di studio. Poiché si è già provveduto a progettare delle schermature esterne, si preferisce mantenere questo dispositivo per evitare il rischio di abbagliamento anche nella stagione invernale, così da non dovere utilizzare altri dispositivi che aumenterebbero i costi e la manutenzione degli elementi. Come vediamo, il valore dell'illuminamento medio (2700 lux) rimane all'interno dell'intervallo utile (fra 100 e 3000 lux). Osservando la distribuzione della luce naturale, solamente una postazione è interessata da un eccessivo illuminamento, che però non persiste per tutto il tempo ma si manifesta solo in un momento della giornata.

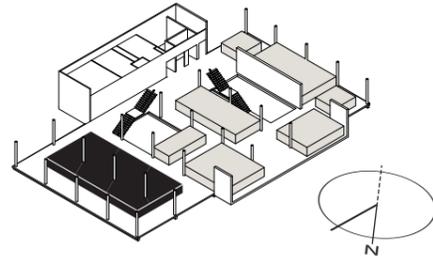
La seguente valutazione è da considerare come rappresentativa per tutti quegli istanti temporali dell'area in questione in cui si verifica la condizione di rischio di abbagliamento per gli utenti.

AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI FATTO

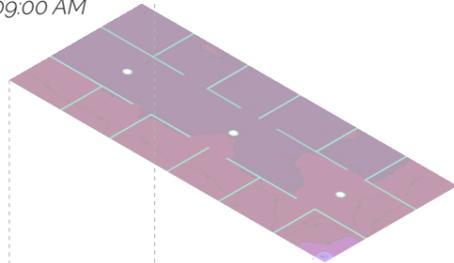
PIANO



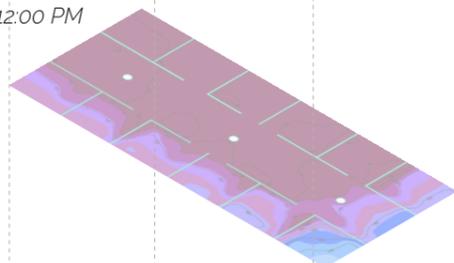
ORIENTAMENTO



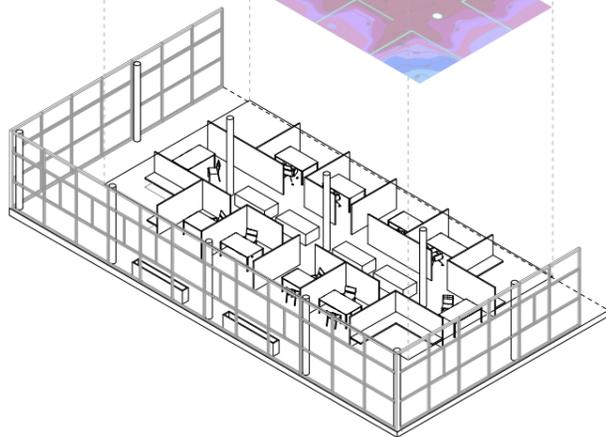
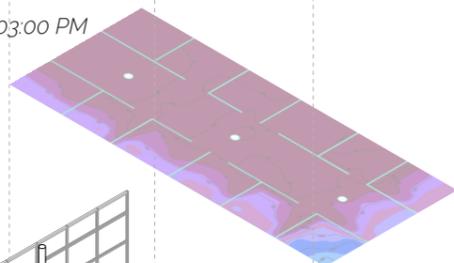
ORE 09:00 AM



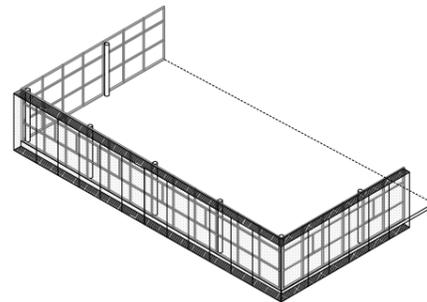
ORE 12:00 PM



ORE 03:00 PM



SCHERMO ESTERNO



GIUGNO
ANALISI STATO DI FATTO

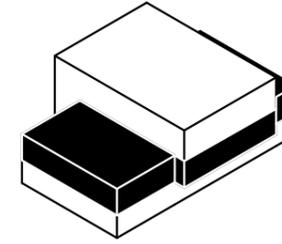
AREA MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 84 |
| 2 | coperto | 12:00 pm | 100 |
| 2 | coperto | 03:00 pm | 84 |

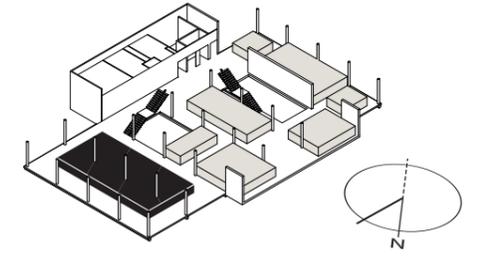


AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE STATO DI PROGETTO

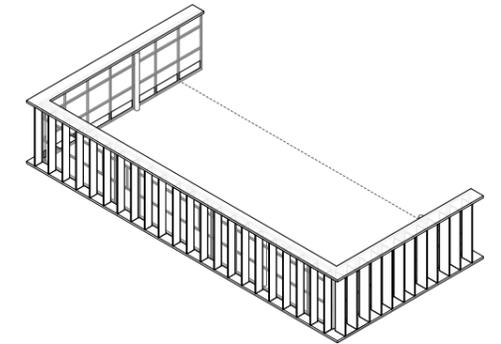
PIANO



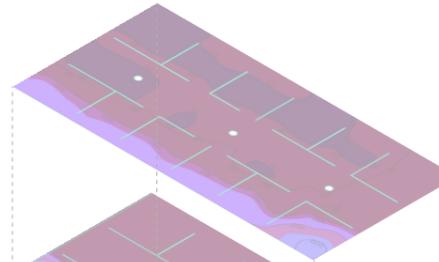
ORIENTAMENTO



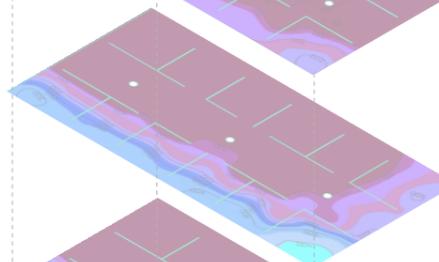
DISPOSITIVO UTILIZZATO PER
TUTTI GLI ISTANTI TEMPORALI



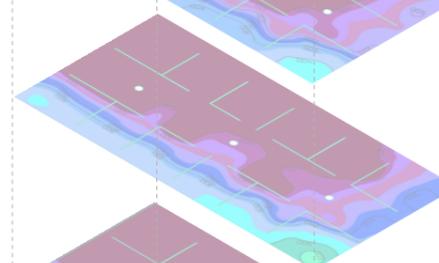
ORE 09:00 AM



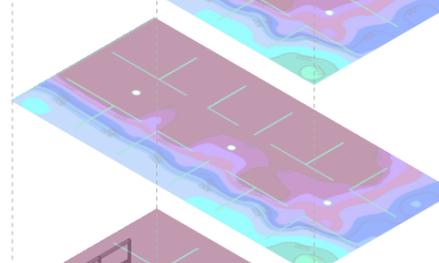
ORE 10:30 AM



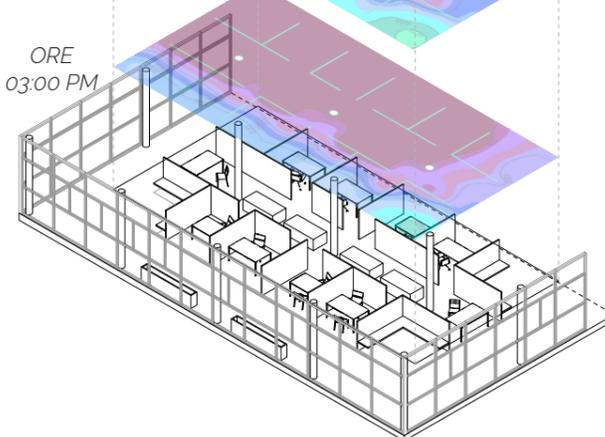
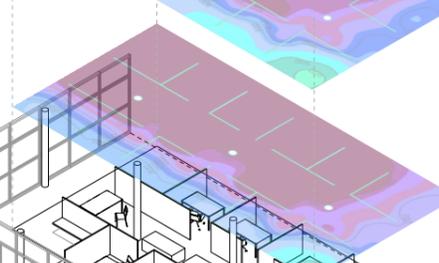
ORE 12:00 PM



ORE 01:30 PM



ORE 03:00 PM



GIUGNO
ANALISI STATO DI PROGETTO

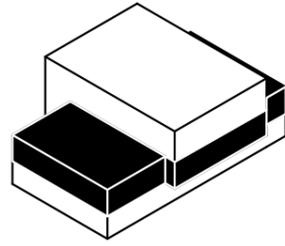
AREA MOTORIZZAZIONE
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 60 |
| 2 | coperto | 10:30 am | 132 |
| 2 | coperto | 12:00 pm | 174 |
| 4 | coperto | 01:30 pm | 178 |
| 5 | coperto | 03:00 pm | 145 |

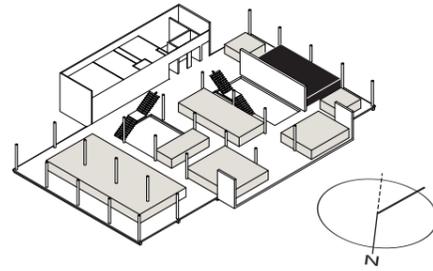


AREA UFFICI DNI STATO DI FATTO

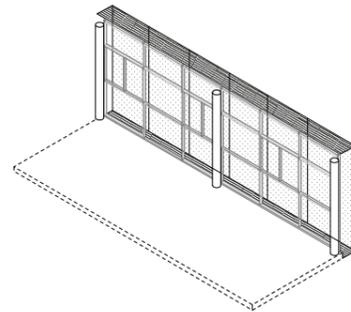
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO

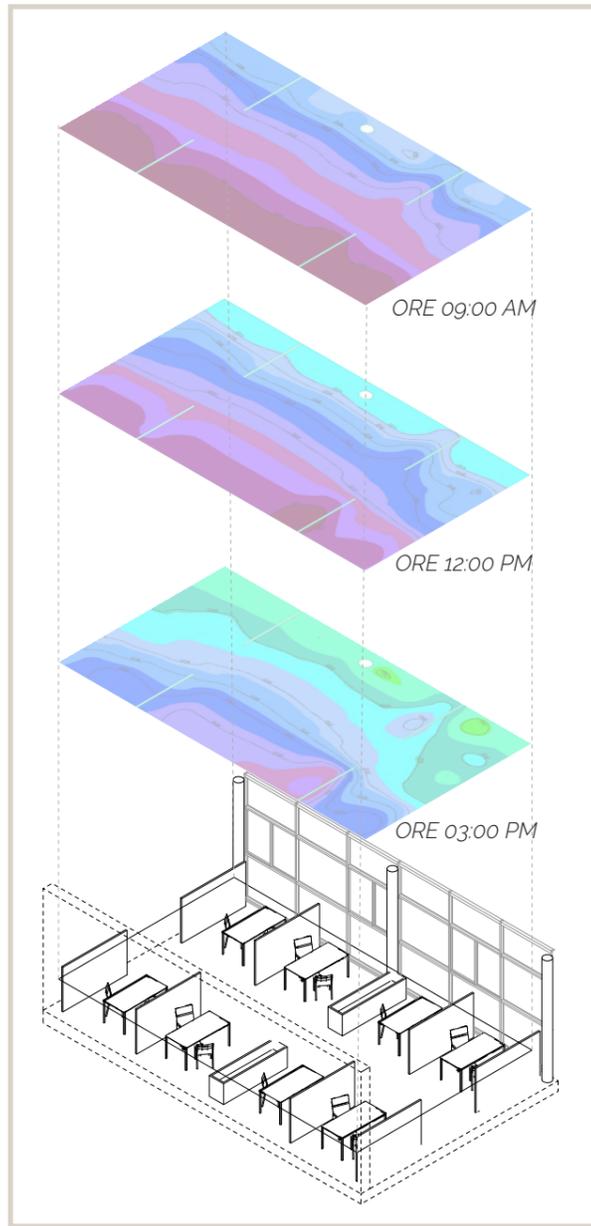


MARZO

ANALISI STATO DI FATTO

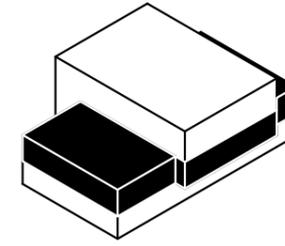
AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 182 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 242 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 412 |

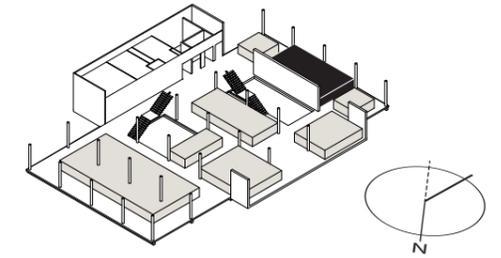


AREA UFFICI DNI STATO DI PROGETTO

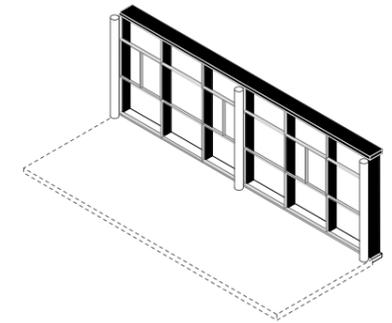
PIANO



ORIENTAMENTO



DISPOSITIVO DI UTILIZZO

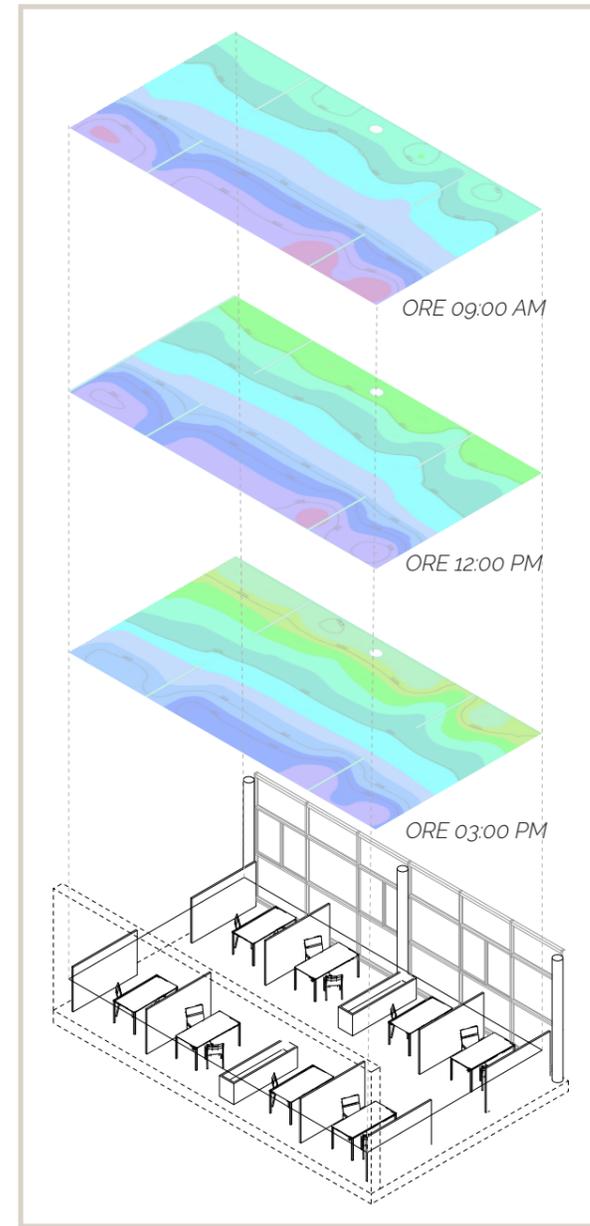


MARZO

ANALISI STATO DI PROGETTO

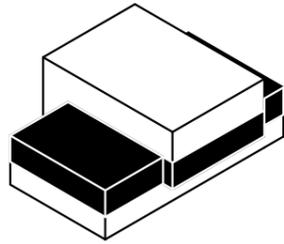
AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 400 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 461 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 589 |

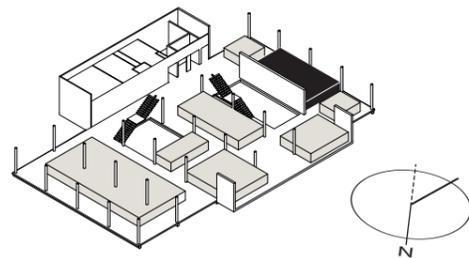


AREA UFFICI DNI STATO DI FATTO

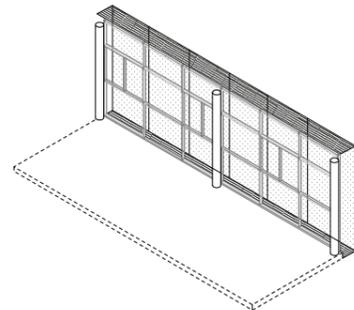
PIANO



ORIENTAMENTO



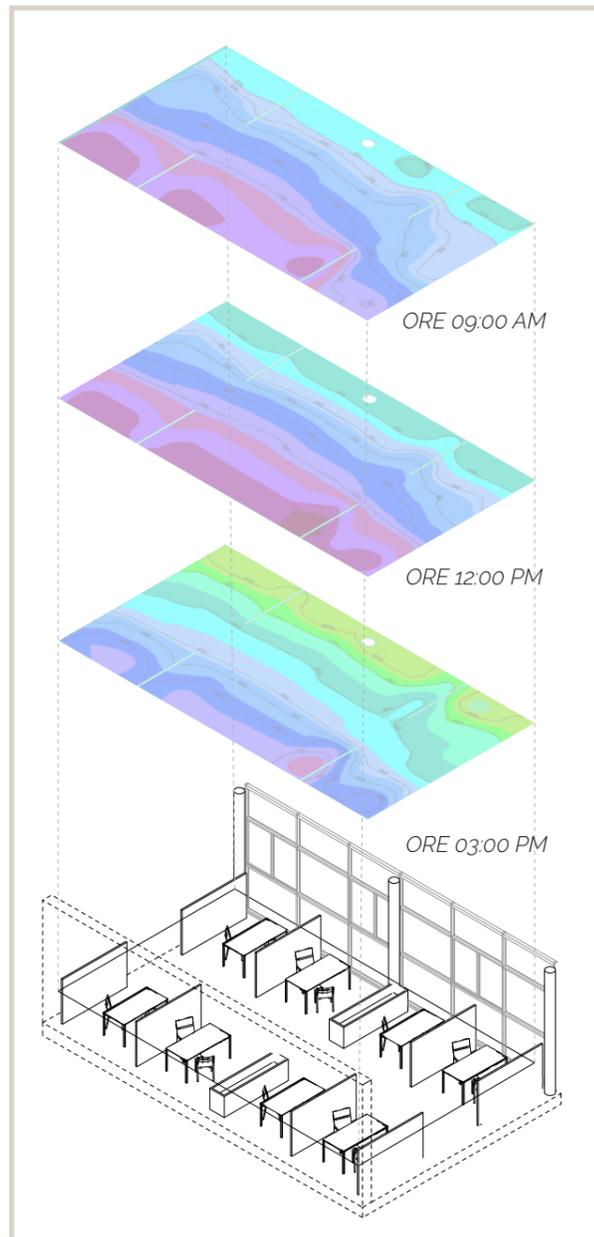
SCHERMO ESTERNO



DICEMBRE ANALISI STATO DI FATTO

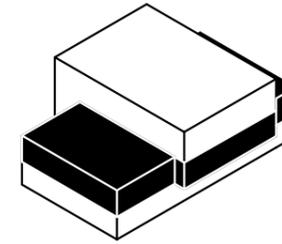
AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 277 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 279 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 517 |

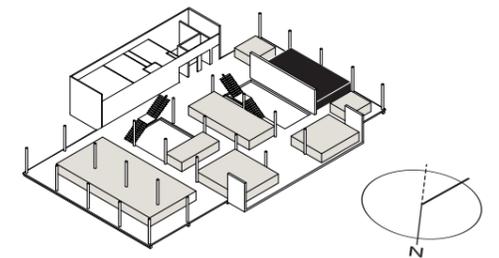


AREA UFFICI DNI STATO DI PROGETTO

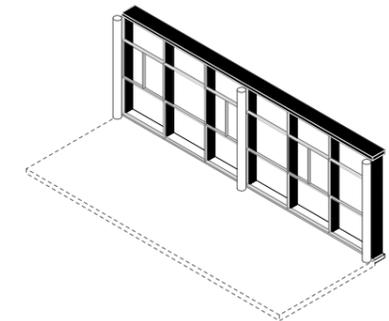
PIANO



ORIENTAMENTO



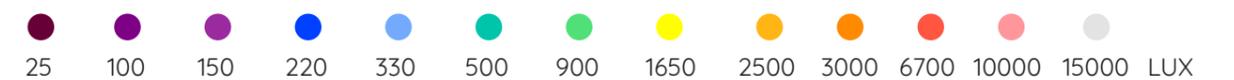
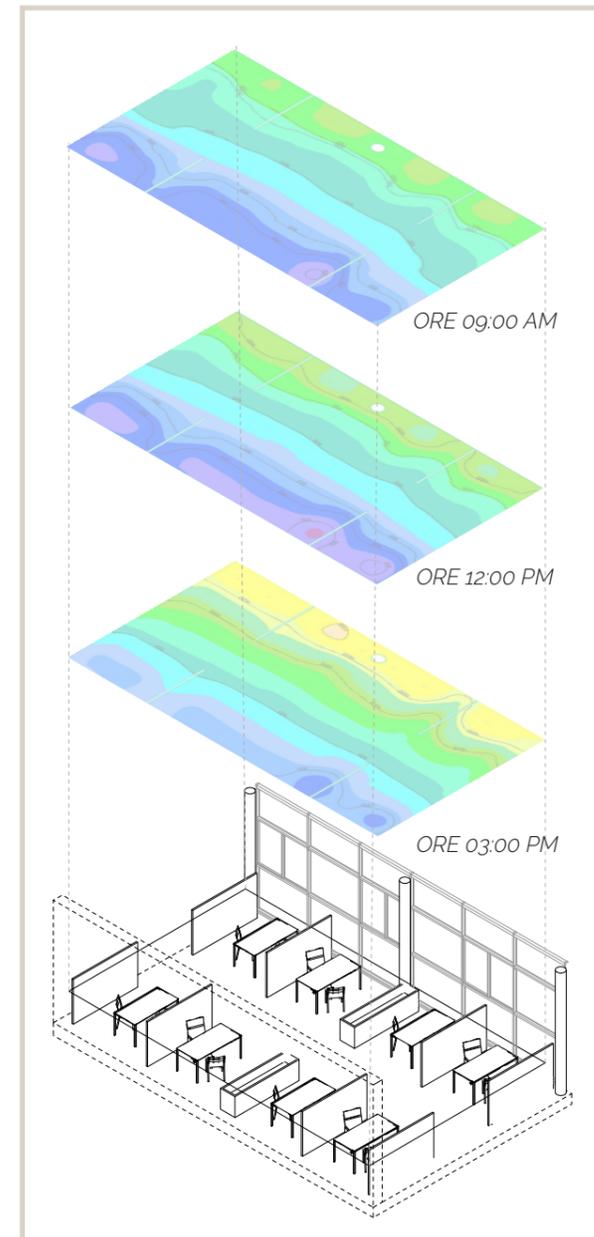
DISPOSITIVO DI UTILIZZO



DICEMBRE ANALISI STATO DI PROGETTO

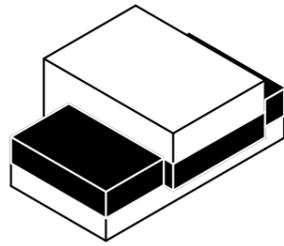
AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 513 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 536 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 851 |

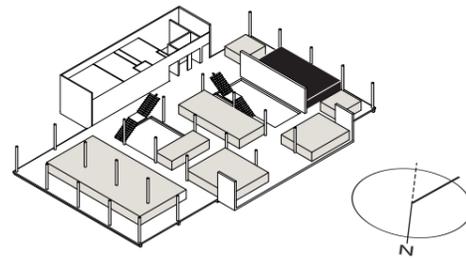


AREA UFFICI DNI STATO DI FATTO

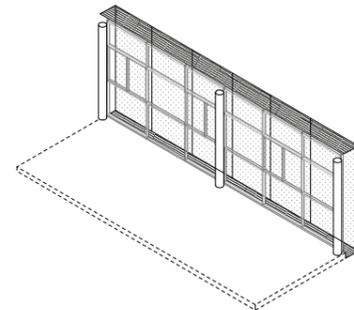
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



GIUGNO

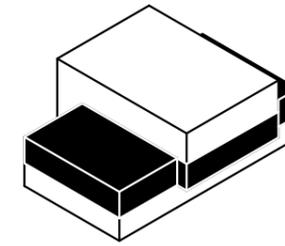
ANALISI STATO DI FATTO

AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

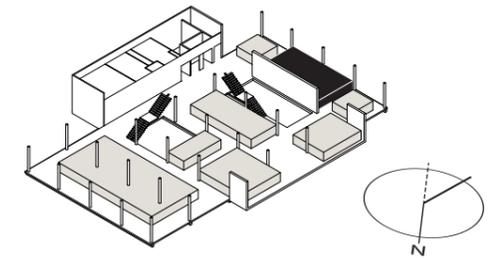
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 96 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 214 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 295 |

AREA UFFICI DNI STATO DI PROGETTO

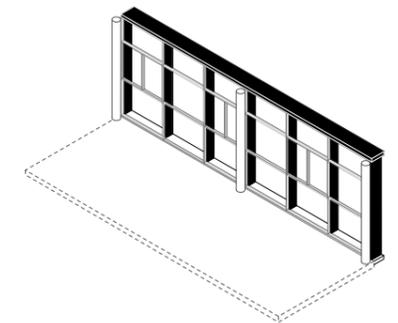
PIANO



ORIENTAMENTO



DIPOSITIVO DI UTILIZZO

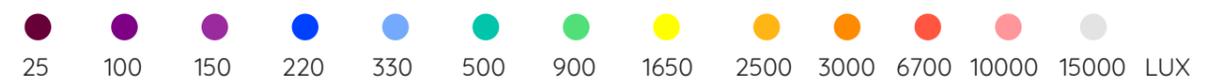
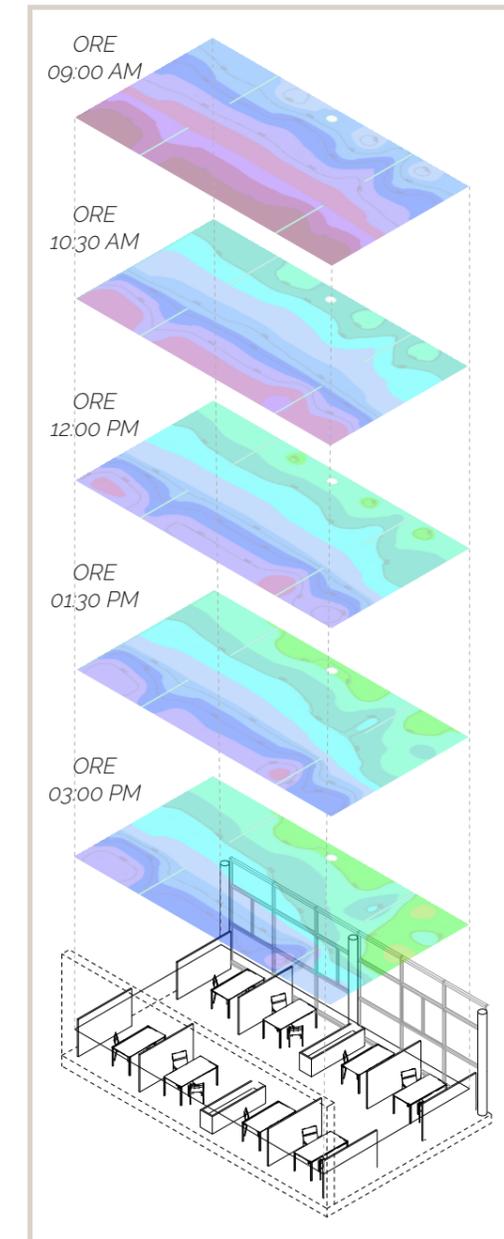
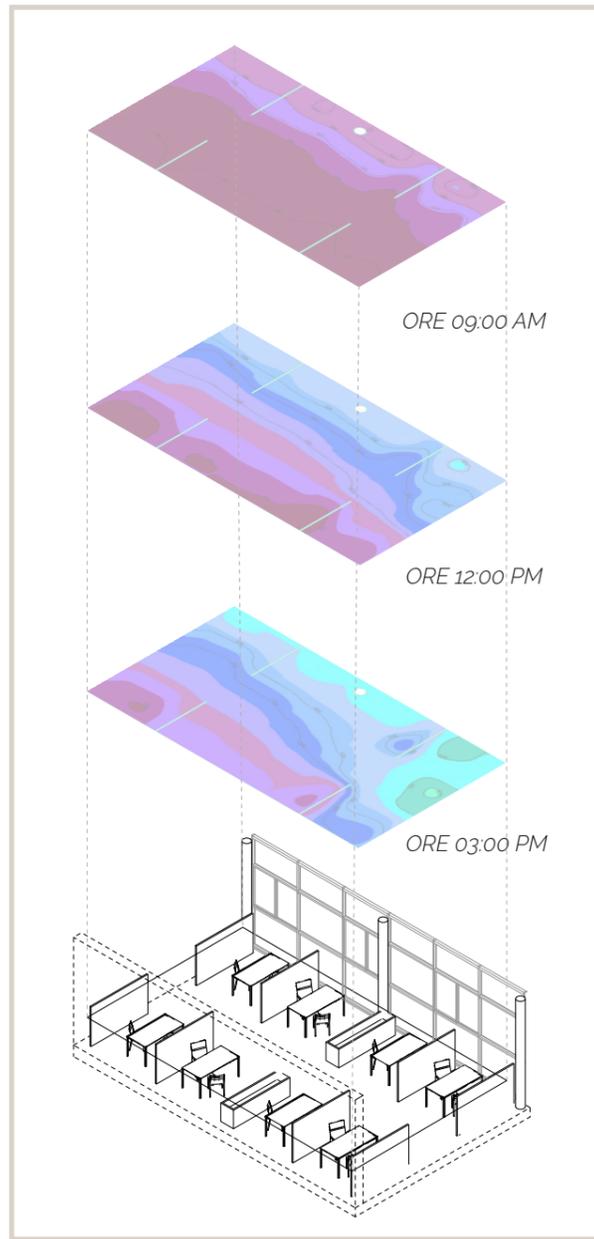


GIUGNO

ANALISI STATO DI PROGETTO

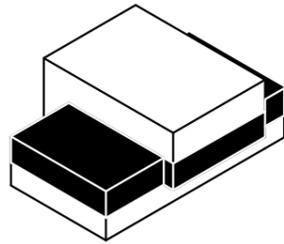
AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 197 |
| 2 | sereno | 10:30 am | 352 |
| 3 | sereno | 12:00 pm | 414 |
| 4 | sereno | 01:30 | 455 |
| 5 | sereno | 03:00 Pm | 514 |

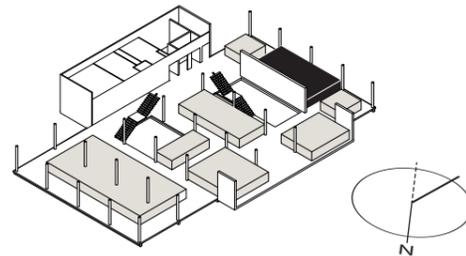


AREA UFFICI DNI STATO DI FATTO

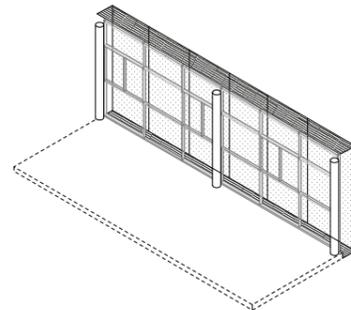
PIANO



ORIENTAMENTO



SCHERMO ESTERNO



GIUGNO

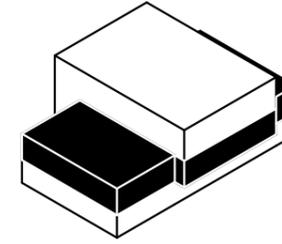
ANALISI STATO DI FATTO

AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

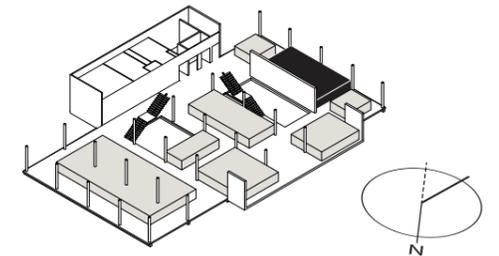
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 79 |
| 2 | coperto | 12:00 pm | 229 |
| 3 | coperto | 03:00 pm | 190 |

AREA UFFICI DNI STATO DI PROGETTO

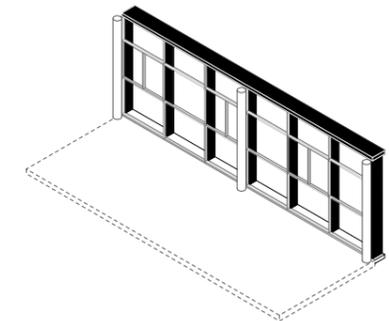
PIANO



ORIENTAMENTO



DIPOSITIVO DI UTILIZZO

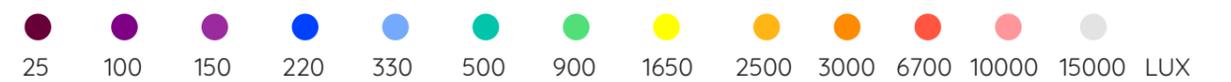
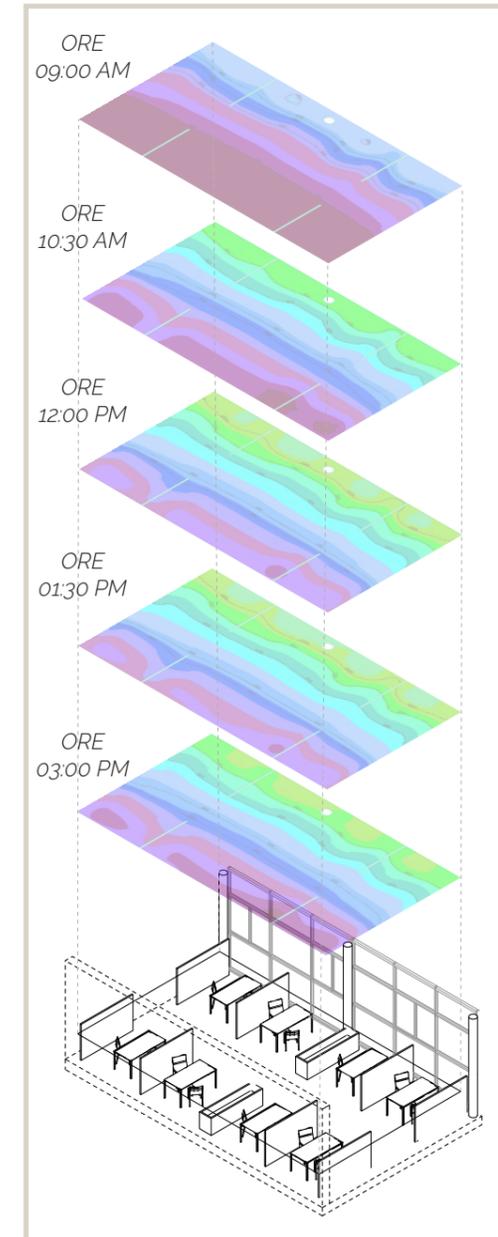
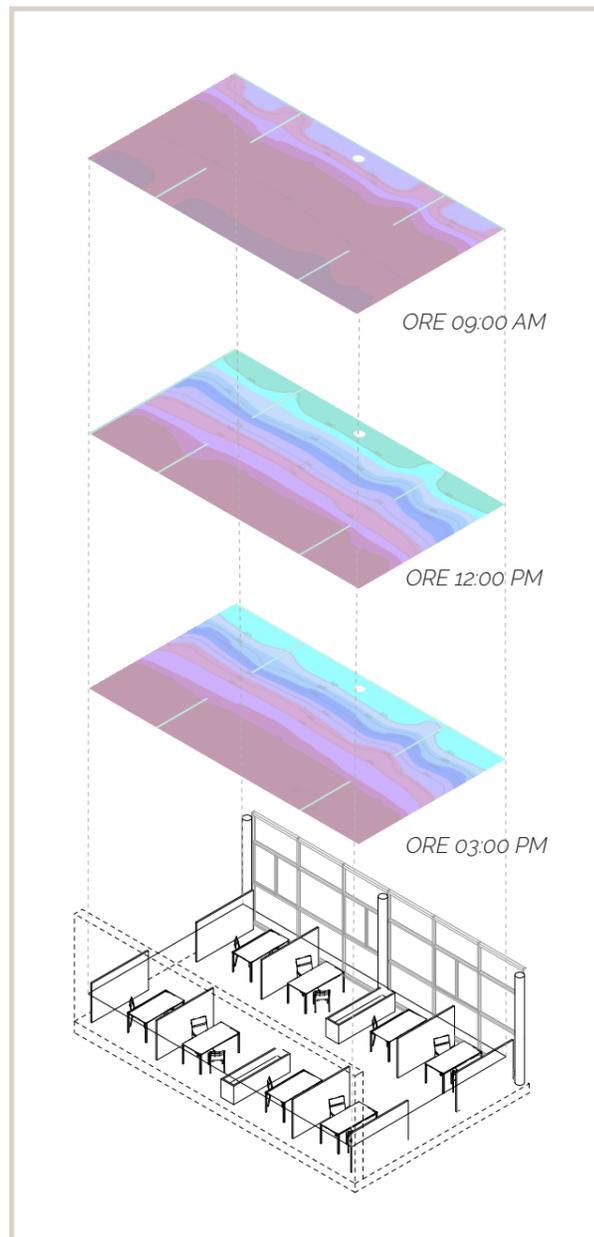


GIUGNO

ANALISI

AREA DNI ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

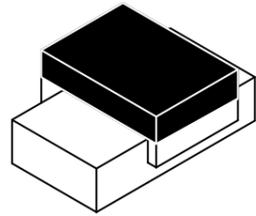
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 164 |
| 2 | coperto | 10:30 am | 365 |
| 3 | coperto | 12:00 pm | 480 |
| 4 | coperto | 01:30 | 493 |
| 5 | coperto | 03:00 Pm | 400 |



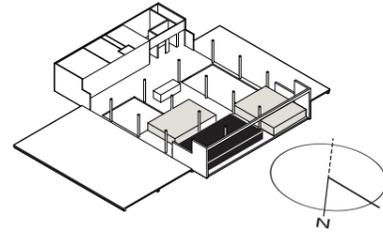
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI FATTO

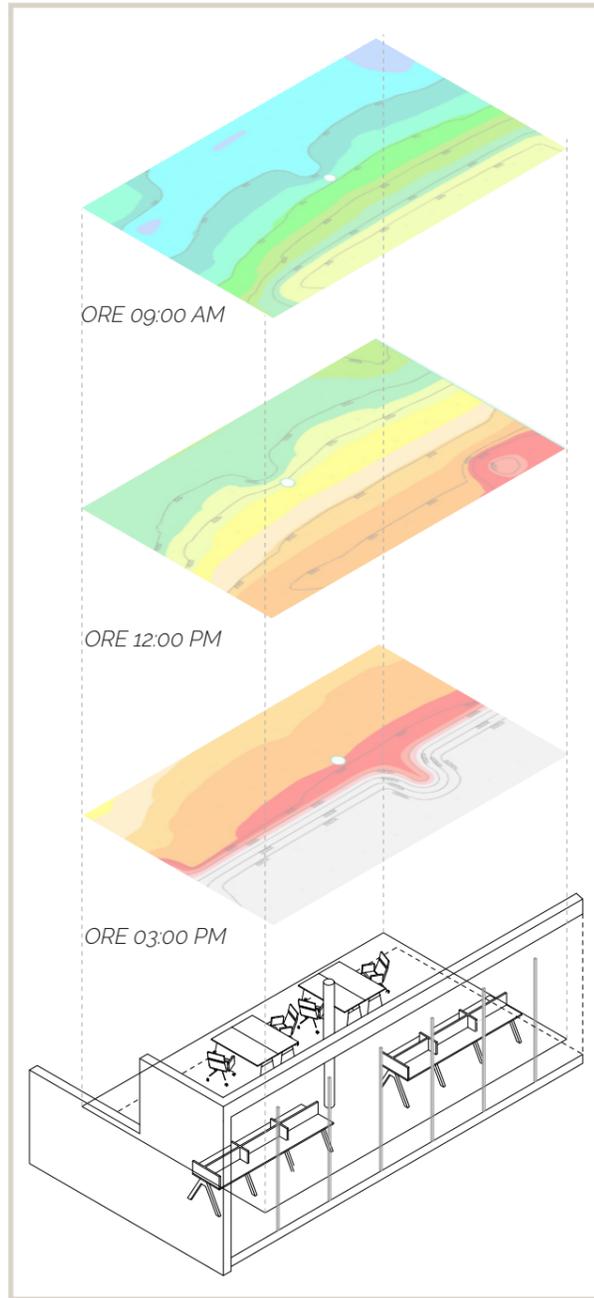
PIANO



ORIENTAMENTO



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE



MARZO
ANALISI STATO DI FATTO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

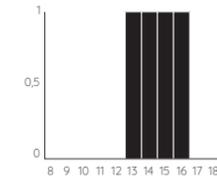
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 794 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 2000 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 16682 |



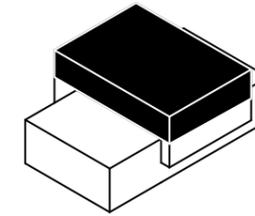
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI PROGETTO

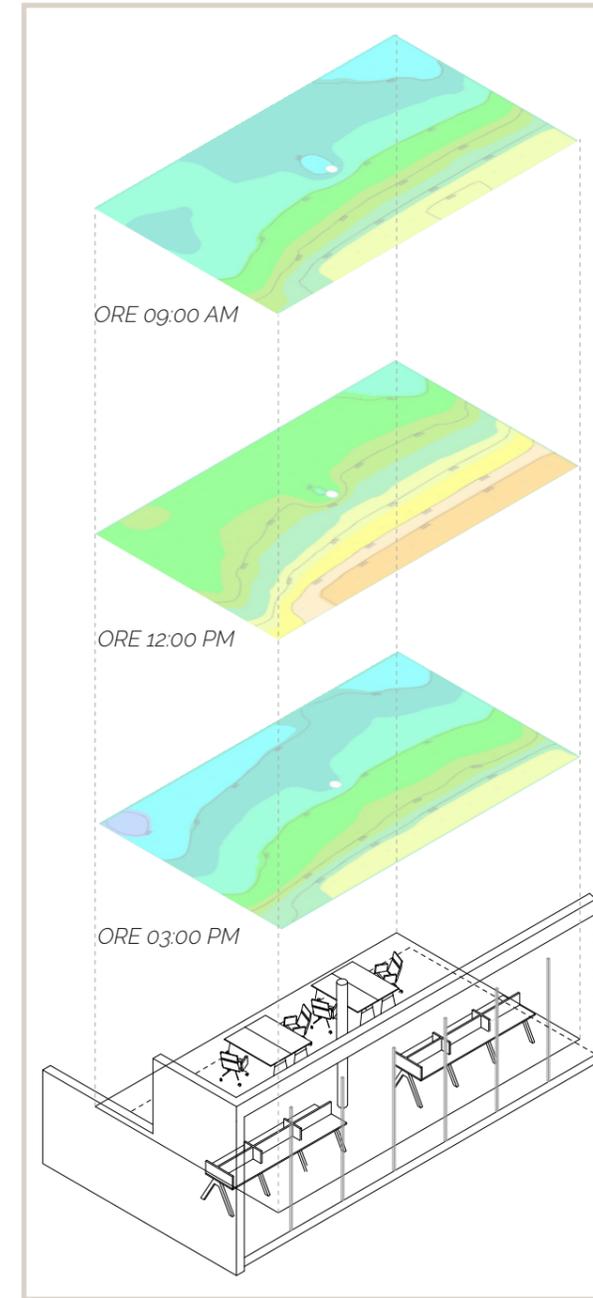
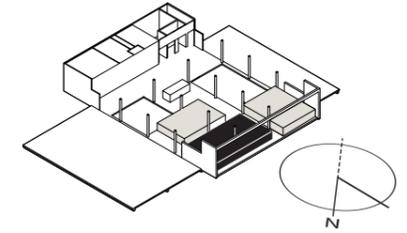
ATTIVAZIONE SCHERMO



PIANO



ORIENTAMENTO



MARZO
ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

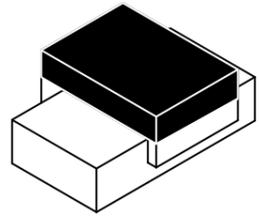
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 830 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 1368 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 800 |



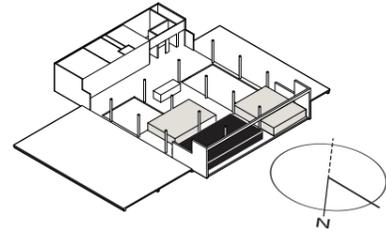
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI FATTO

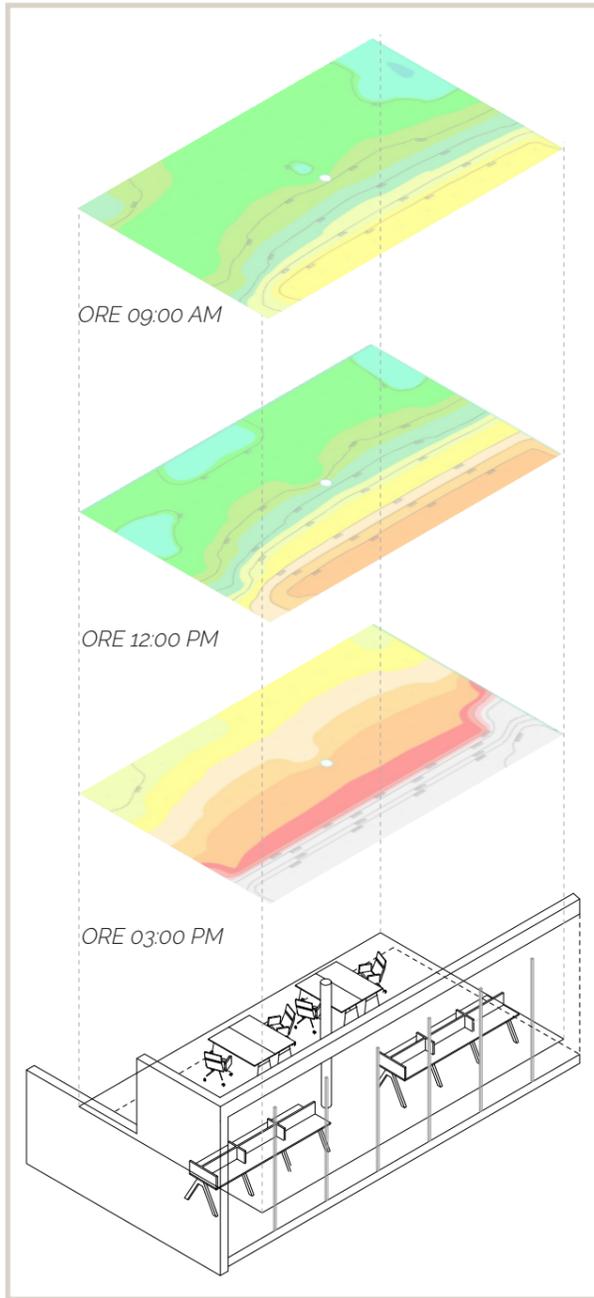
PIANO



ORIENTAMENTO



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE



DICEMBRE
ANALISI STATO DI FATTO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

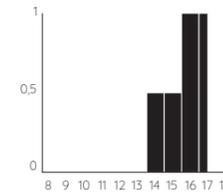
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 1100 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 1419 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 12866 |



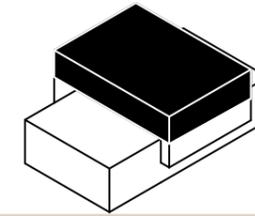
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI PROGETTO

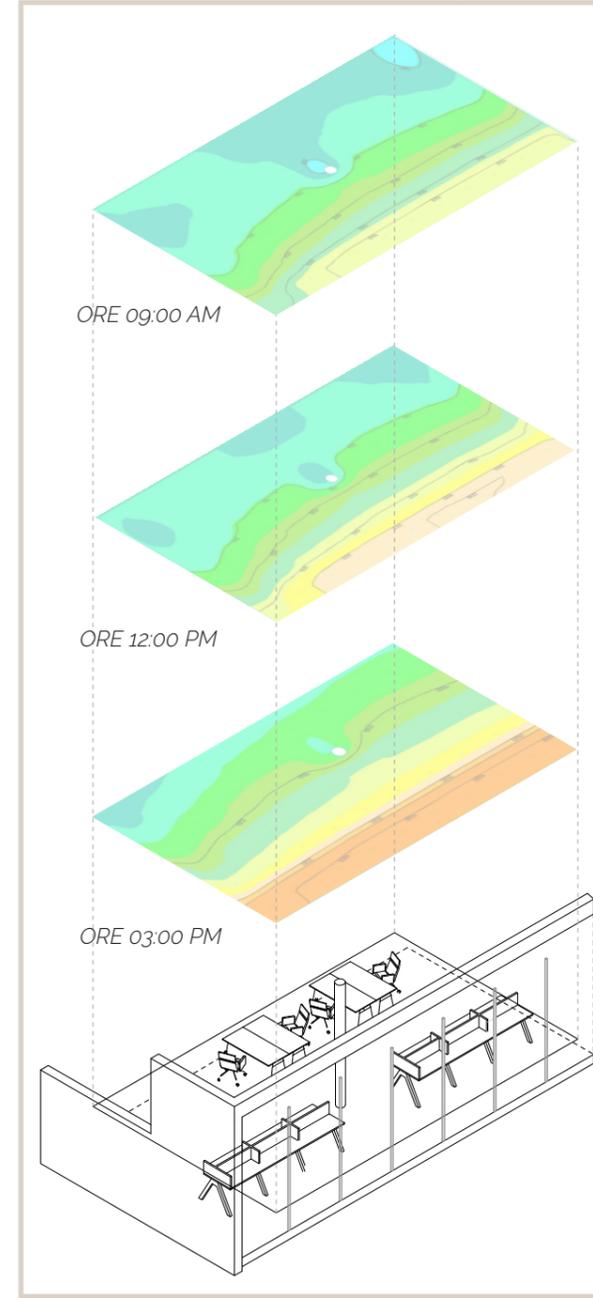
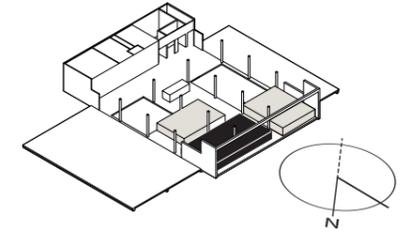
ATTIVAZIONE SCHERMO



PIANO



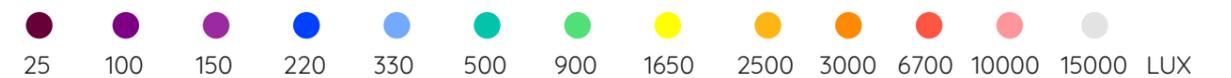
ORIENTAMENTO



DICEMBRE
ANALISI STATO DI PROGETTO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

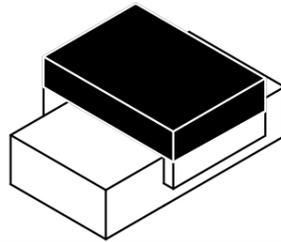
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 882 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 1096 |
| 3 | sereno | 03:00 Pm | 1609 |



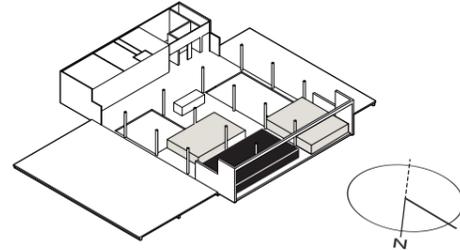
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI FATTO

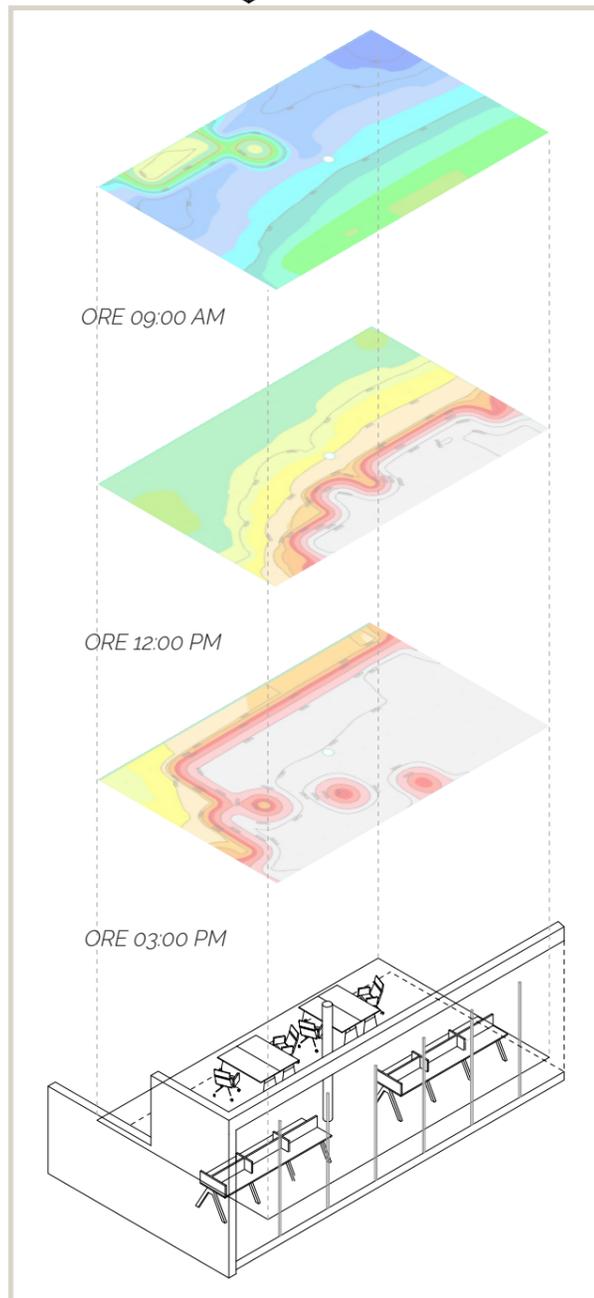
PIANO



ORIENTAMENTO



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE



GIUGNO

ANALISI STATO DI FATTO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

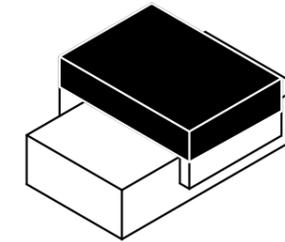
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 550 |
| 2 | sereno | 12:00 pm | 6522 |
| 3 | sereno | 03:00 pm | 13326 |



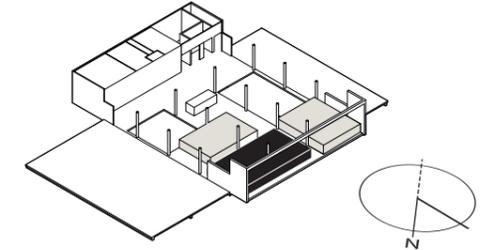
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI PROGETTO

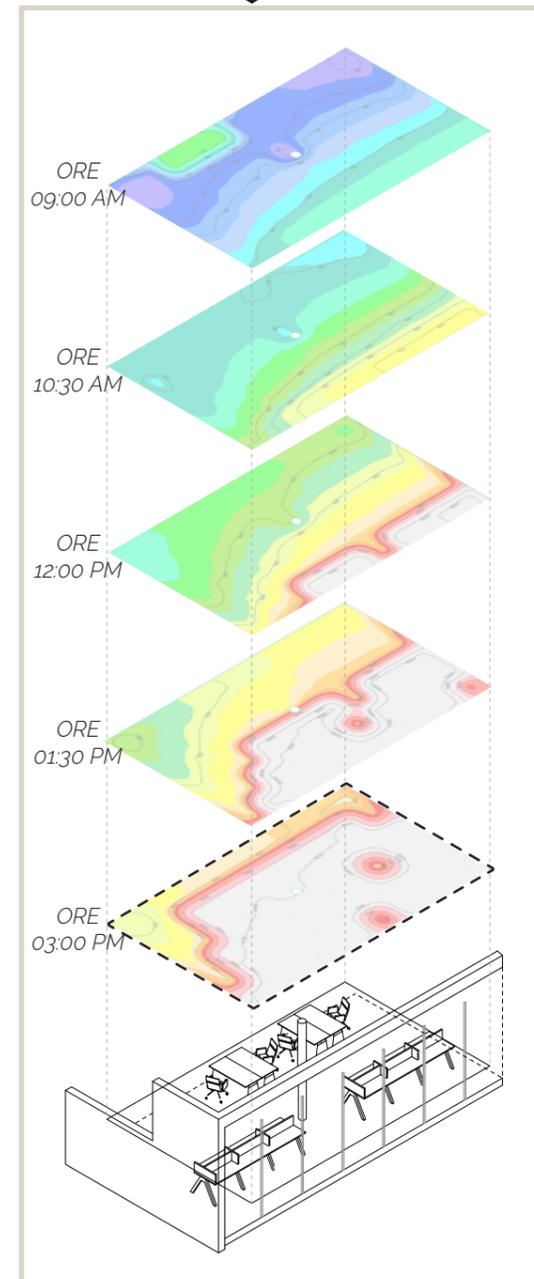
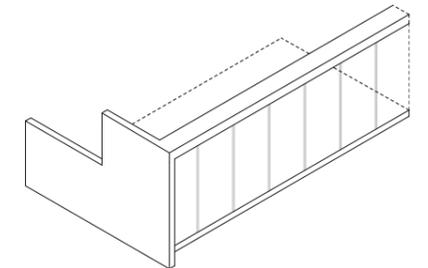
PIANO



ORIENTAMENTO



DISPOSITIVO UTILIZZATO PER TUTTI GLI ISTANTI TEMPORALI



GIUGNO

ANALISI STATO DI PROGETTO

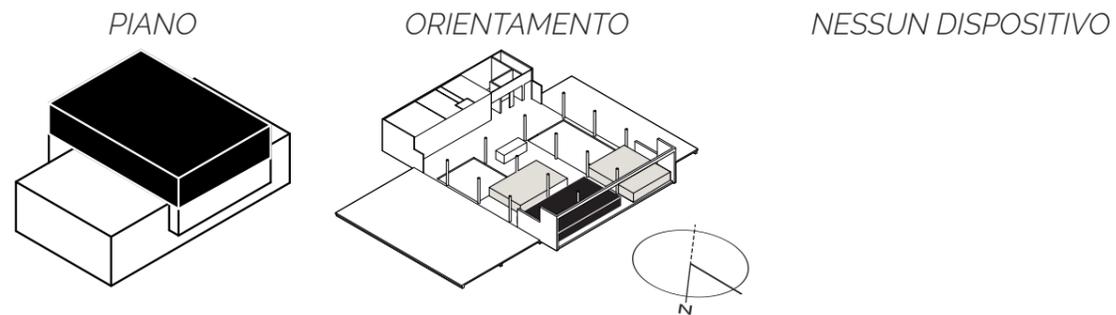
AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|--------|----------|-------------|
| 1 | sereno | 09:00 am | 410 |
| 2 | sereno | 10:30 am | 874 |
| 3 | sereno | 12:00 pm | 3881 |
| 4 | sereno | 01:30 pm | 10860 |
| 5 | sereno | 03:00 Pm | 13442 |

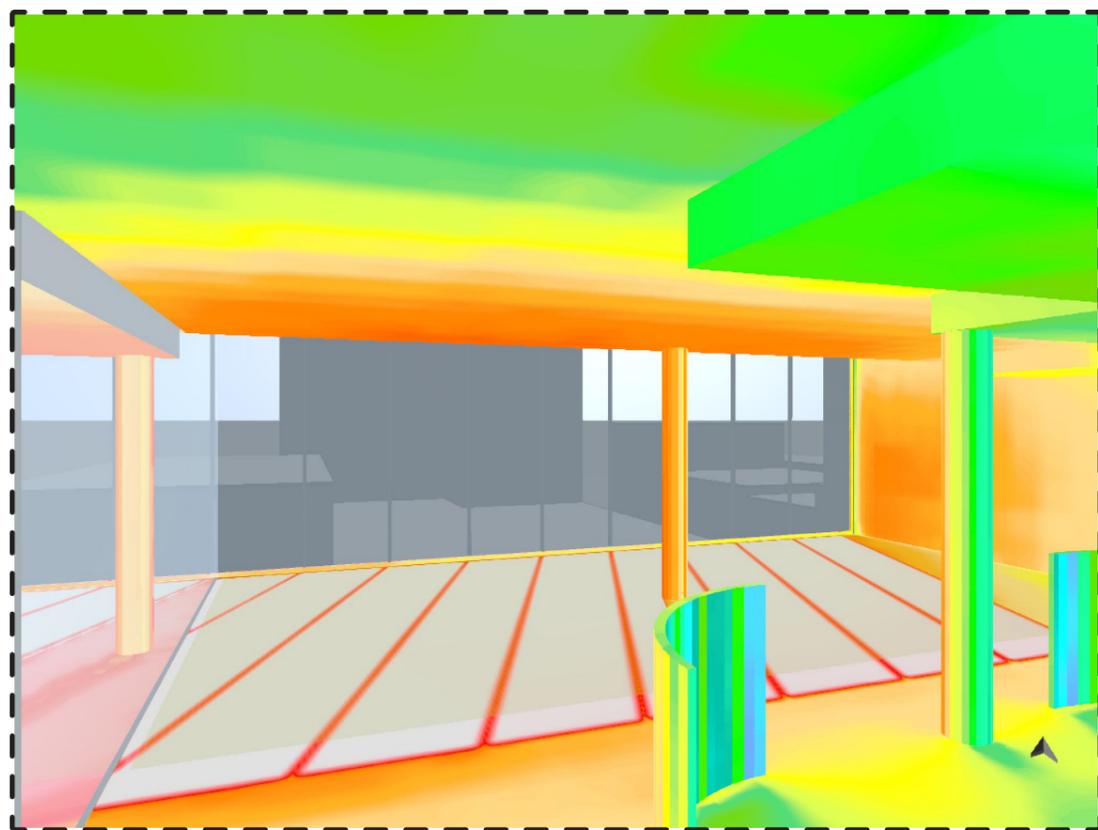


AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI PROGETTO



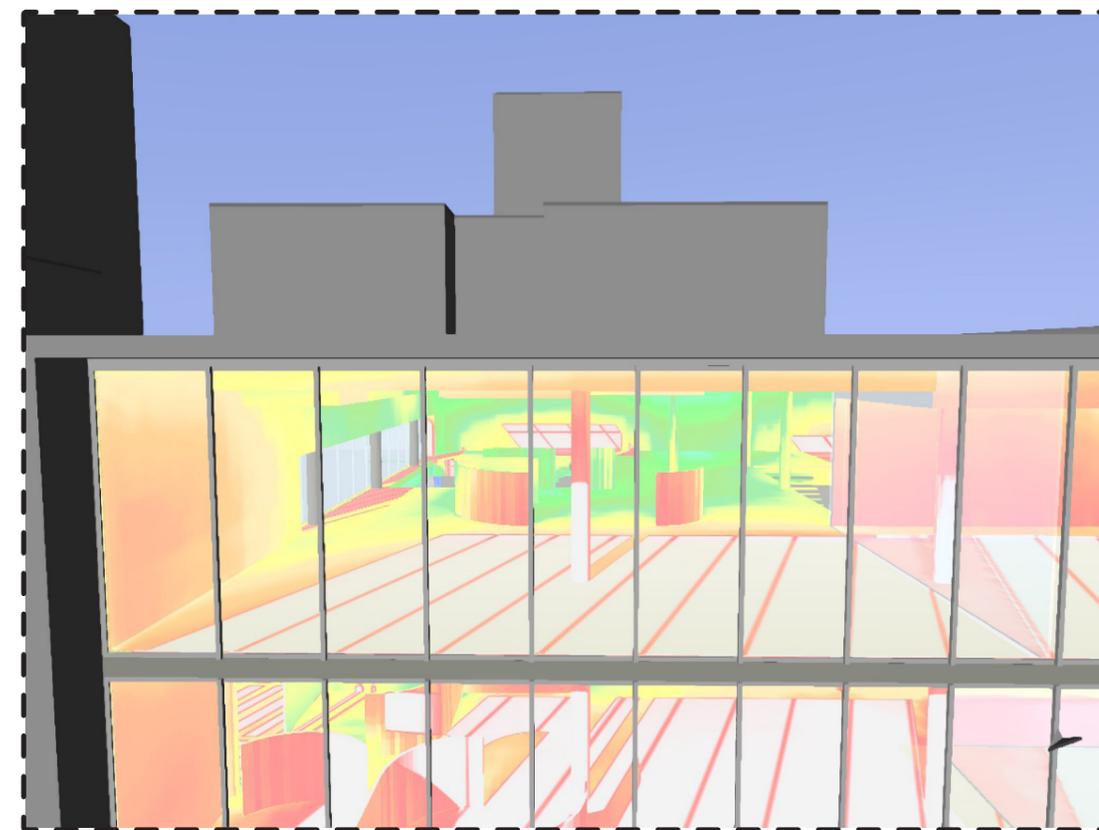
STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 03:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA INTERNA



Come avviene già in alcune situazioni precedenti, nell'area di lavoro del secondo piano delle relazioni internazionali (ma anche quelle al piano sottostante) nelle condizioni di cielo sereno a giugno, si verificano dei fenomeni di abbagliamento per via della luce naturale che penetra all'interno, quando il Sole è di fronte l'edi-

ficio nell'esposizione Nord-Ovest. Anche in questo caso, quando le schermature esterne non sono attive, è necessario scegliere la soluzione più adeguata per consentire il corretto svolgimento dell'attività lavorativa senza creare disagio visivo all'utente.

STATO DI PROGETTO
GIUGNO ORE 03:00 PM
CONDIZIONI DI CIELO SERENO
VISTA ESTERNA



PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

MESE DI GIUGNO (INVERNO) ORE 03:00 PM*

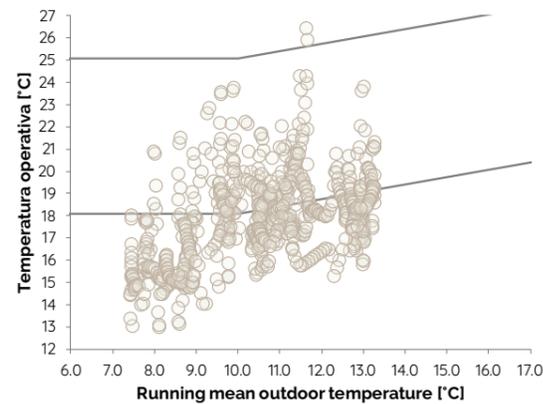
STATO DI PROGETTO

NUOVO STATO DI PROGETTO

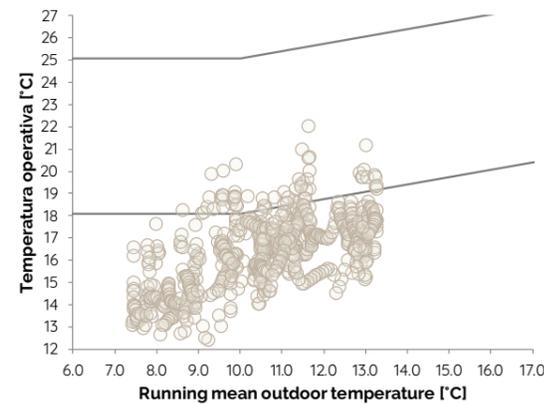
SCHERMATURA INATTIVA

SCHERMATURA ATTIVA DA PROGRAMMA

BENESSERE TERMOIGROMETRICO

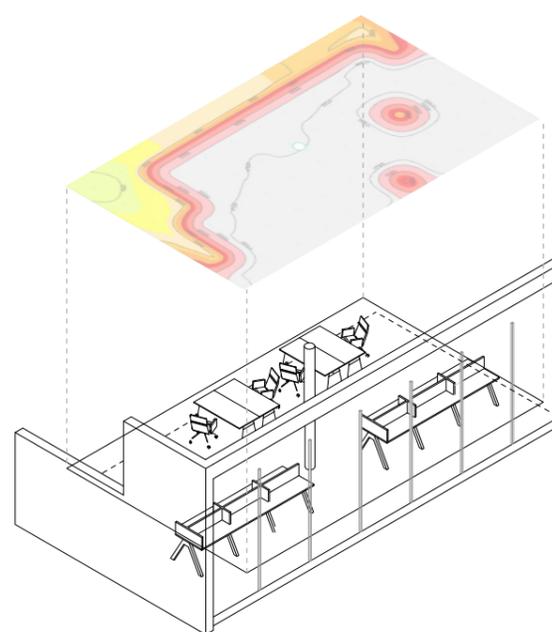


56,1% ORE DI DISCOMFORT

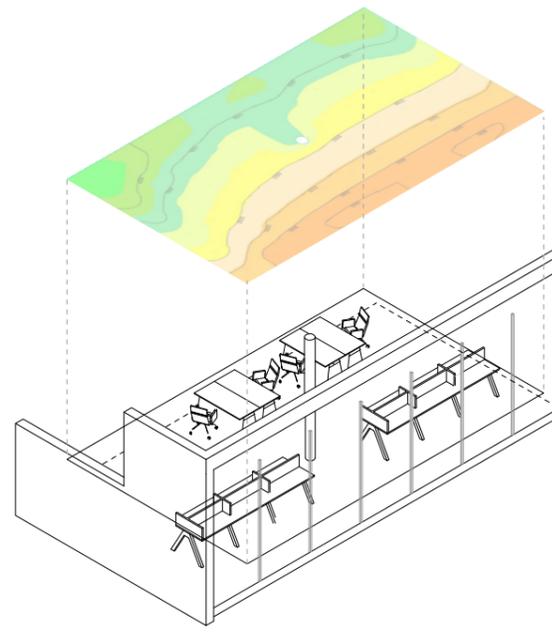


80,0% ORE DI DISCOMFORT

CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE



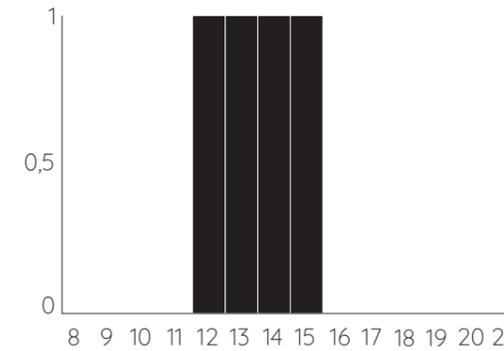
$E_M = 13442 \text{ lux}$



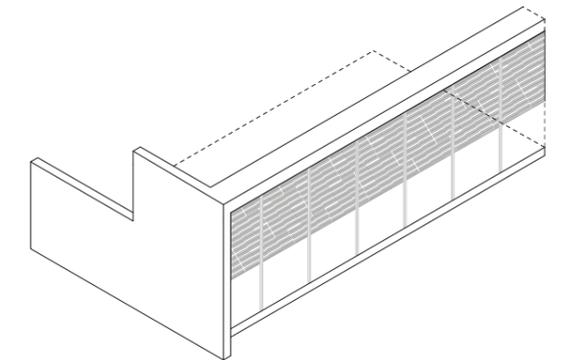
$E_M = 1978 \text{ lux}$



PROFILO DI ATTIVAZIONE



DISPOSITIVO INTERNO



Secondo quanto mostrato dalle criticità evidenziate in precedenza, riguardanti le condizioni di illuminazione del mese di giugno, si sono effettuati ulteriori accorgimenti per ottimizzare il benessere degli occupanti nelle aree di lavoro.

Nel mese di giugno, nelle condizioni di cielo sereno, le schermature esterne non sono attivate poiché è stato previsto che i dispositivi progettati blocchino la radiazione solare incidente nei mesi estivi o nelle mezze stagioni. Così facendo, però, risulta molto difficoltoso per gli utenti svolgere l'attività lavorativa per via di cattive condizioni di luce interne. Infatti l'illuminamento medio calcolato risulta eccessivo ($E_m = 13442 \text{ lux}$). In queste condizioni è necessario schermarsi per non essere abbagliati. Per decidere in che modo schermare la radiazione

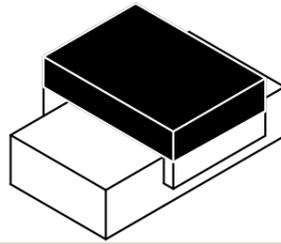
solare, è stata effettuata una valutazione termica rappresentativa del mese di giugno dell'area in esame, per verificare che non ci sia un'eccessiva riduzione degli apporti solari gratuiti in inverno. Data la variazione delle ore di discomfort, che aumenterebbe del 23,9% qualora si decidesse di utilizzare dei dispositivi di schermatura esterni: si tratta in questo caso di usare la tenda avvolgibile che risulterebbe in funzione in questo istante. Si è quindi preferito installare delle veneziane interne che siano regolabili anche dagli utenti per schermare l'area di lavoro da un'eccessiva illuminazione che provocherebbe loro dell'abbagliamento visivo, così da consentire il corretto svolgimento attività lavorativa e mantenere la vista verso l'esterno, rendendo maggiormente confortevole l'ambiente.

La seguente valutazione è da considerare come rappresentativa per tutti quegli istanti temporali dell'area in questione in cui si verifica la condizione di rischio di abbagliamento per gli utenti.

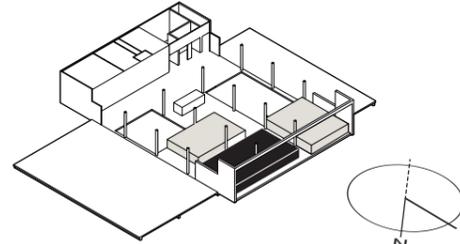
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI FATTO

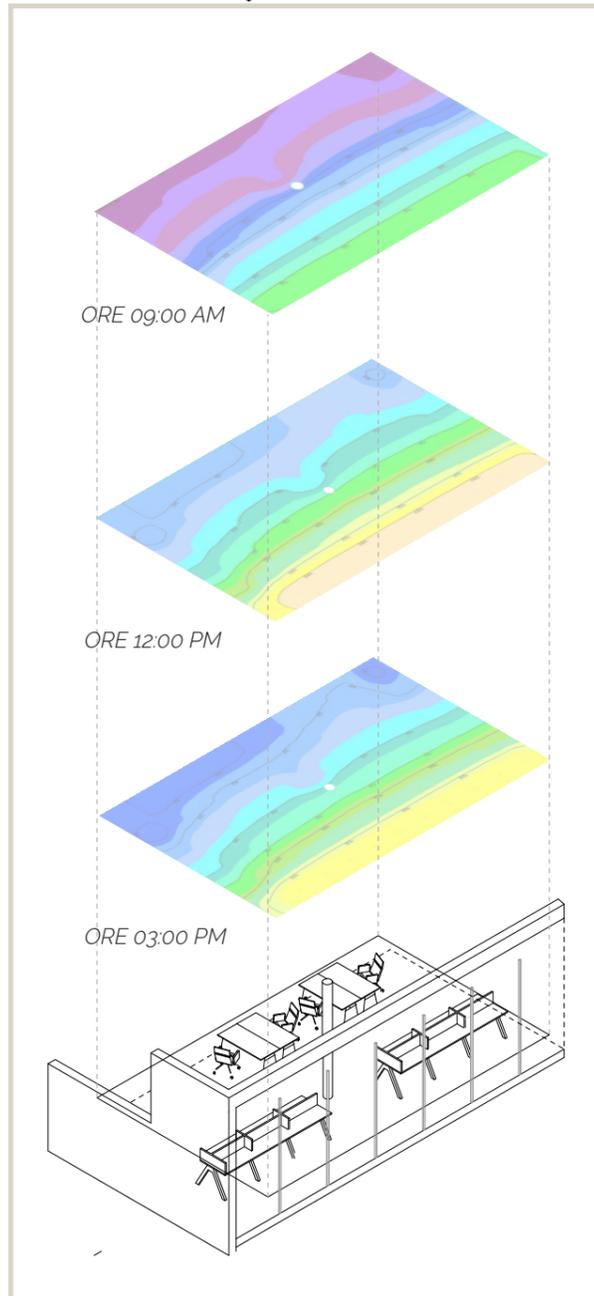
PIANO



ORIENTAMENTO



NESSUN DISPOSITIVO SCHERMANTE



GIUGNO

ANALISI STATO DI FATTO

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

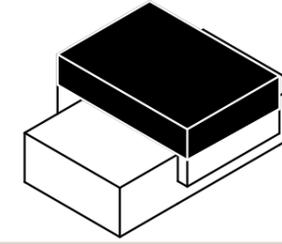
| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 315 |
| 2 | coperto | 12:00 pm | 922 |
| 3 | coperto | 03:00 pm | 796 |



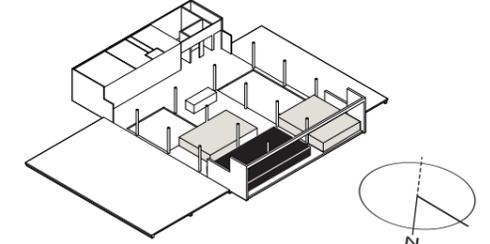
AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

STATO DI PROGETTO

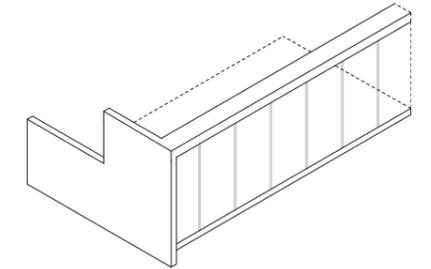
PIANO



ORIENTAMENTO



DISPOSITIVO UTILIZZATO PER TUTTI GLI ISTANTI TEMPORALI

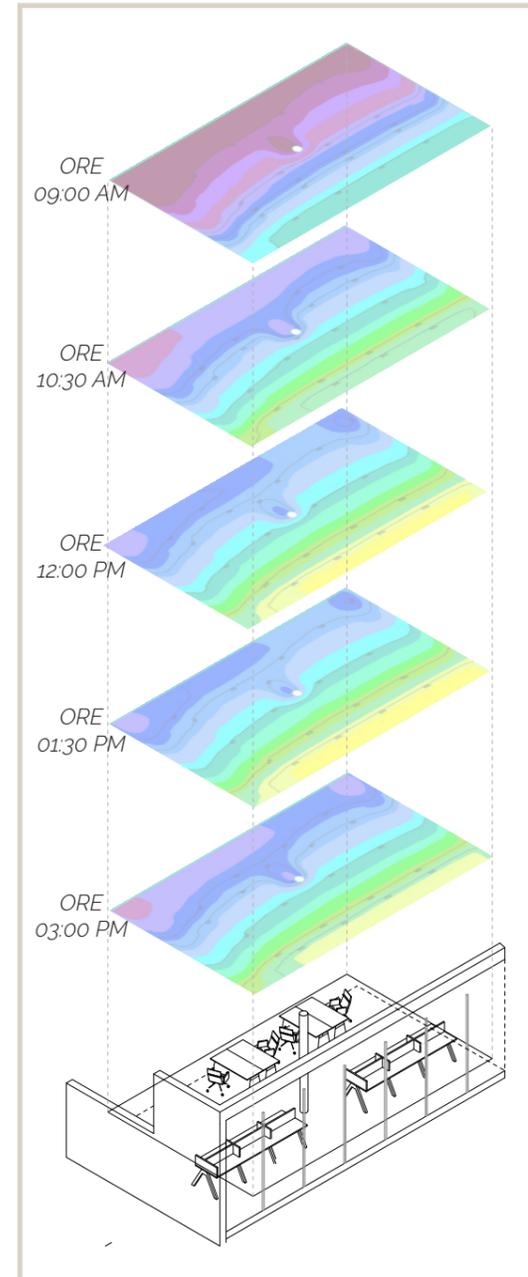


GIUGNO

ANALISI

AREA RELAZIONI INTERNAZIONALI
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Rif. | Cielo | Ora | E_m (lux) |
|------|---------|----------|-------------|
| 1 | coperto | 09:00 am | 242 |
| 2 | coperto | 10:30 am | 874 |
| 3 | coperto | 12:00 pm | 707 |
| 4 | coperto | 01:30 pm | 537 |
| 5 | coperto | 03:00 pm | 590 |



ANALISI DEI RISULTATI

Con l'utilizzo dei nuovi dispositivi schermanti, le condizioni di illuminazione cambiano radicalmente rispetto allo stato di fatto analizzato in precedenza e, in linea generale, possiamo affermare che vi è un miglioramento delle condizioni di illuminazione naturale anche se non sempre si può raggiungere il target ideale di illuminamento interno di 500 lux nelle aree di lavoro.

Le aree del piano terra risultavano essere quelle con il minor contributo di luce diurna, rispetto all'intero edificio. Allo stesso modo, nell'area degli uffici dedicata all'amministrazione, l'illuminamento medio si rivela migliorato grazie all'ombreggiatura dei frangisole verticali solo quando necessario. In questo caso non si registrano mai valori al di sotto dei 100 lux, neanche nel caso di cielo coperto nel mese di giugno.

L'area uffici per la consegna delle carte è probabilmente quella che presenta la condizione peggiore per quanto riguarda la luce naturale entrante in ambiente. Già analizzando le condizioni di illuminazione dello stato di fatto, l'illuminamento medio non raggiunge i 500 lux se non alle ore 03:00 pm di tutti i mesi selezionati (escluse le condizioni di cielo coperto), per via del suo orientamento. Con l'inserimento dei nuovi dispositivi schermanti, i valori di illuminamento diminuiscono rispetto alla situazione iniziale quando il Sole è molto alto, quindi alle ore 12:00 di tutti i mesi analizzati, rimanendo intorno ai 200-300 lux.

L'area della caffetteria, con esposizione Sud-Ovest, prevede l'inserimento di un

pergolato, senza l'uso di frangisole verticali. Rispetto alla fase iniziale, le condizioni di illuminazione peggiorano, pur restando entro valori utili che garantiscono un buon illuminamento anche senza l'uso della luce artificiale.

Spostandoci poi al primo piano, nell'area uffici della motorizzazione, con esposizione Nord-Est e Nord-Ovest, lo spazio è colpito dalla luce naturale durante tutto il giorno per via del doppio orientamento. Con l'utilizzo dei dispositivi schermanti previsti i valori di illuminamento si riducono rispetto allo stato di fatto. In tutti gli istanti temporali, però, i valori non scendono al di sotto dei valori di illuminamento utili, se non nelle condizioni di giugno con cielo coperto, quando però risultavano già critici in fase di partenza. A giugno nelle condizioni di cielo sereno, invece, può essere utile utilizzare degli schermi interni per evitare il rischio di abbagliamento da parte degli utenti quando i dispositivi esterni non sono in funzione, quindi risultano inattivi e in posizione ortogonale rispetto alla facciata. Allo stesso modo è stato verificato che possono essere attive le schermature esterne anche nel periodo invernale, per evitare ulteriori costi di installazione e di manutenzione di altre tende interne.

Per l'area uffici del primo piano, DNI, con esposizione Sud-Ovest, l'inserimento di frangisole verticali migliora le condizioni di illuminazione naturale per tutti gli istanti temporali. In poche occasioni, quindi, sarà necessario il contributo della luce artificiale rispetto alla fase iniziale del progetto.

Per le aree del secondo piano, che presentano un'esposizione Nord-Ovest, e

quindi anche quelle aree del primo piano sottostanti, il problema principale era proteggere la facciata e l'ambiente interno con delle schermature in quanto non erano presenti. Attraverso l'uso di tende esterne avvolgibili, attivate all'occorrenza, è possibile evitare il fenomeno di abbagliamento. Questo disagio si verifica però nel mese di giugno in condizioni di cielo sereno. Si tratta di un periodo in cui le schermature posizionate esternamente non vengono attivate, così da consentire degli apporti gratuiti all'edificio per limitare i consumi per il riscaldamento. Allo stesso tempo, però, è opportuno schermare la radiazione luminosa entrante che può provocare abbagliamento all'utente che svolge l'attività lavorativa. In questo caso, come per tutte le aree in cui si verifica lo stesso fenomeno, si utilizzano delle schermature interne per permettere alla radiazione solare di entrare in ambiente e riscaldarlo, ma che siano in grado di bloccare la radiazione luminosa prima che raggiunga l'utente, o la superficie di lavoro, per evitare l'abbagliamento.

In conclusione, nelle condizioni di giugno, sia con cielo sereno che coperto, sono registrati i valori più bassi di illuminamento medio nelle aree di lavoro. Si sottolinea che gli istanti temporali presi in considerazione sono gli stessi dell'analisi dello stato di fatto, quindi le ore 09:00 am, 12:00 pm e 03:00 pm. Pertanto essendo giugno un mese invernale, in cui le giornate risultano essere corte, le ore 09:00 della mattina e 03:00 del pomeriggio risultano essere degli istanti temporali estremi in quanto il Sole è sorto da poco nel primo caso, e sta per tramontare nel secondo.

Sono state aggiunti, quindi ulteriori istanti temporali di analisi nelle ore intermedie, come le 10:30 am e 01:30 pm, per verificare che le condizioni di illuminazione naturale non siano insufficienti durante tutto l'arco della giornata.

Allo stesso tempo, i valori di illuminamento risultano essere più bassi nelle aree posizionate al piano terra rispetto a quelle dei piani superiori a Nord Est e Nord Ovest: in questo caso sono state riviste le geometrie dei dispositivi schermanti, diminuendo la profondità dell'oggetto orizzontale e dei frangisole, così da consentire una maggiore penetrazione della radiazione solare che illumini maggiormente gli ambienti interni.

Inoltre, in tutti gli altri casi osservati, quindi nei mesi di marzo, settembre (considerato analogo a settembre) e dicembre, si raggiungono delle buone condizioni di illuminazione naturale e si riduce il rischio di abbagliamento attraverso il funzionamento dei dispositivi mobili che bloccano la radiazione solare diretta, con diverse inclinazioni, rispetto al percorso solare durante il giorno e l'anno.

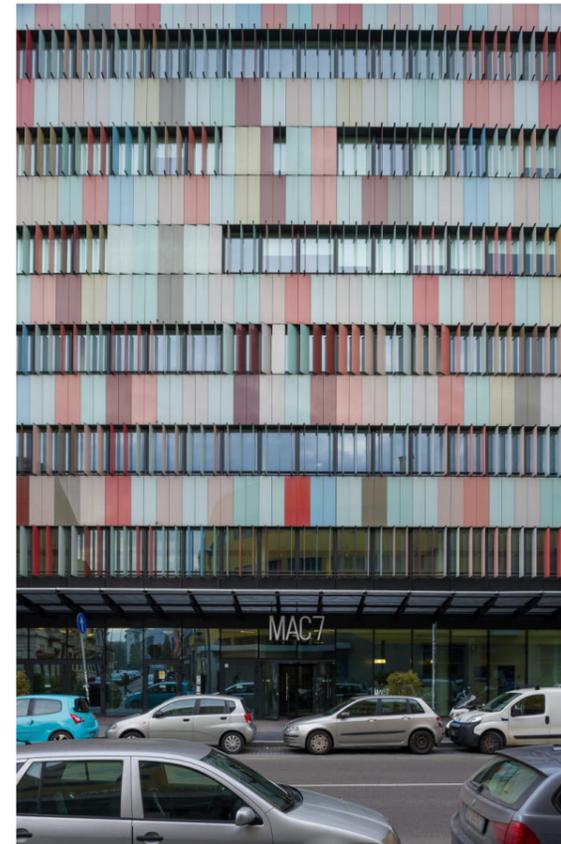
Infine, per garantire sempre un contatto verso l'esterno da parte dell'utente nell'area di lavoro, anche quando i dispositivi di schermatura sono quasi completamente chiusi, si può utilizzare una geometria della schermatura che sia in parte permeabile alla radiazione: questo può essere ottenuto attraverso l'utilizzo di pannelli che non sia totalmente opachi, ma formati a loro volta da elementi verticali o orizzontali, o attraverso l'utilizzo di materiali semi trasparenti, come gli esempi riportati di seguito.

MATERICITÀ DELLA FACCIATA.

MACIACHINI CENTERT, MILANO, ITALIA SAUERBRUCH HUTTON

Il progetto si propone come riqualificazione per la rinascita sostenibile di un ex quartiere di Milano, creando tre nuovi edifici per uffici collegati tra loro da spazi e percorsi pubblici.

Il trattamento policromo dei pannelli di vetro delle facciate - con tonalità sfumate di rossi caldi e verde-blu, il quale è caratterizzato da colori pallidi e neutri - crea un effetto un po' screziato che permette alle nuove strutture di integrarsi nell'ambiente circostante. Le palette di colori delle facciate vengono intensificate al fine di ridurre apparentemente le dimensioni degli edifici se lo si osserva da lontano. Così, questi volumi colorati, creano un *ensemble* contemporaneo e senza vergogna.



DIYARBAKIR YENISEHIR MUNICIPALITY, TURCHIA

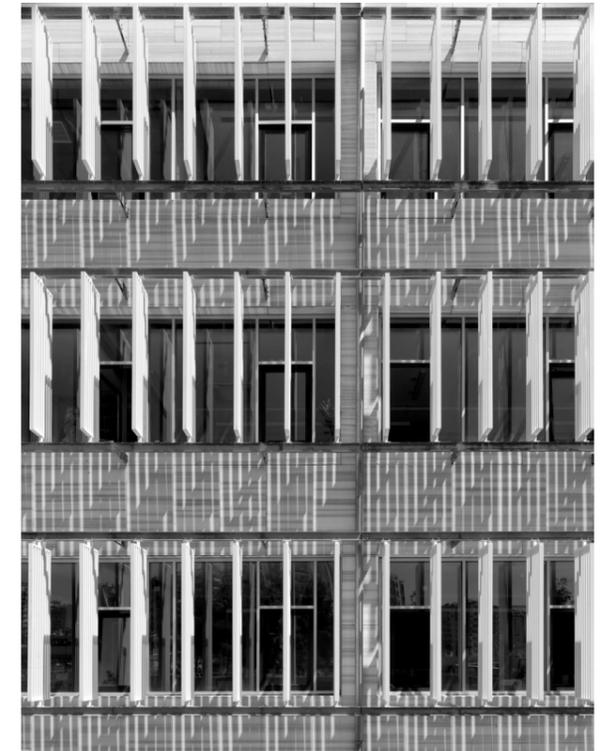
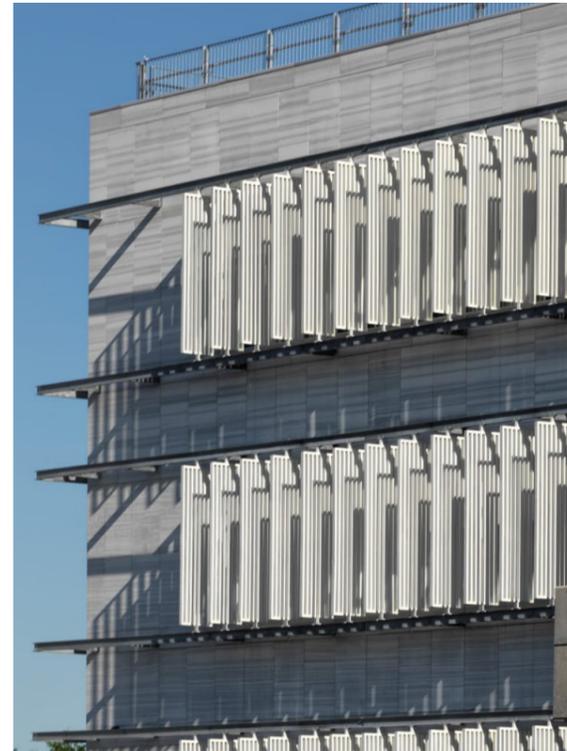
UYGUR ARCHITECTS



Il nuovo progetto, i cui architetti hanno vinto il concorso nazionale, è stato edificato nel 2016. L'idea che ha dettato i criteri di progettazione è quella di creare un edificio che rappresentasse la "casa del popolo", con un sobrio volume quadrato formato da tre piani. I vuoti lasciati tra le varie area definiscono i collegamenti e quindi gli spazi di circolazione.

La camera di consiglio, di forma circolare, è vetrata e vuole essere l'interpretazione della democrazia *trasparente* e *partecipativa*, la quale funge da centro di at-

trazione dell'edificio. I corridoi circostanti la sala sono collegati alle sale degli uffici per il sindaco, gli assistenti del sindaco e altri ufficiali. In questo piano possiamo trovare anche una sala riunioni, di piccole dimensioni, e una sala da pranzo. Le schermature verticali che sono attaccate alle facciate degli uffici, determinano l'aspetto caratteristico, e finale, dell'intero edificio. Grazie a questi elementi che ombreggiano dal sole, l'edificio è facilmente climatizzato durante le giornate estive e calde con basso consumo energetico.



Infine, il rapporto armonioso che si crea con l'uso del cemento a vista, vetro, legno e basalto, forma uno sfondo neutro per i raggi del Sole penetranti, i quali creano spettacoli di luce e ombra all'interno degli ambienti per tutto il giorno.

SUPERI 3226 HOUSING, BUENOS AIRES

ALONSO & CRIPPA

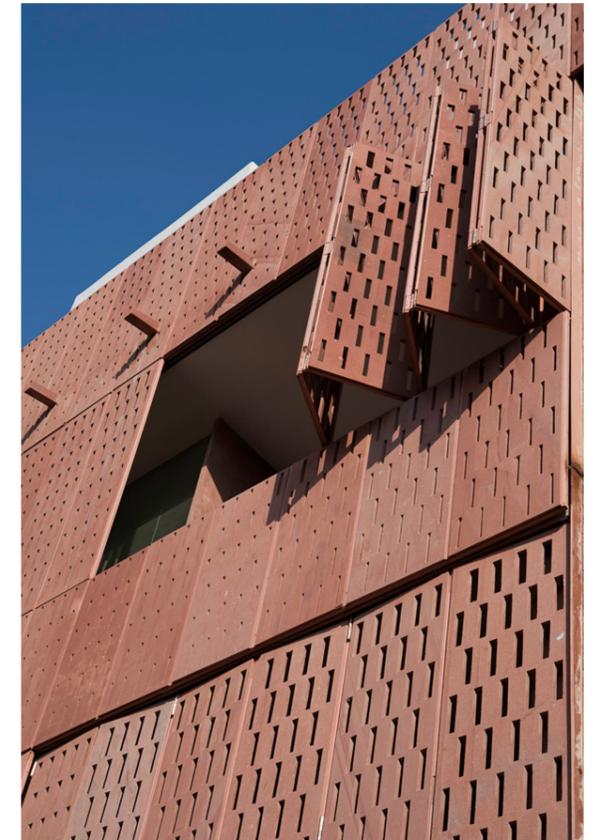
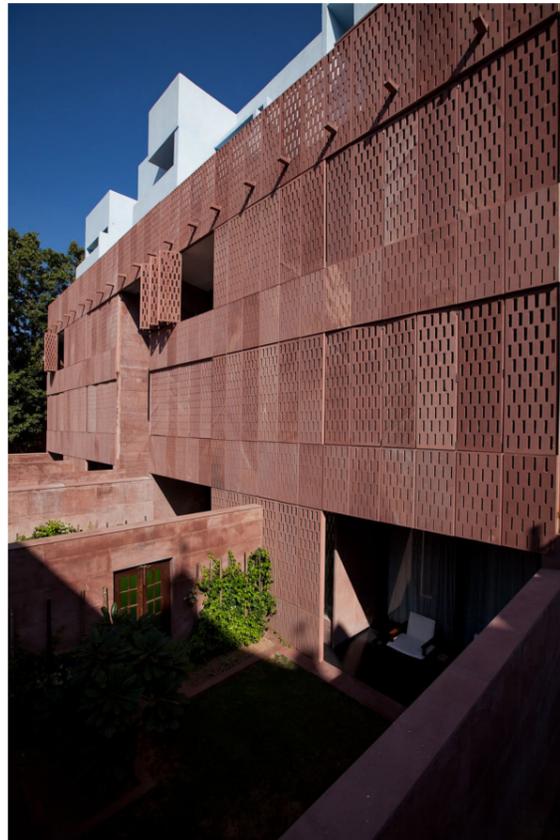
L'edificio viene progettato nel 2019 in uno dei lotti tipici di Buenos Aires situato in quartiere a bassa densità della città. All'interno sono situati sei appartamenti, modulati verticalmente nell'edificio.

L'*involucro metallico* ha una compattezza variabile, ed è in grado di regolare gli scambi tra interno ed esterno, modificando così le prestazioni in base alle condizioni di luce, alle ombre che sono portate dagli alberi e, ovviamente, all'azione dei suoi occupanti. I pannelli metallici sono richiudibili *a fisarmonica*, variando anche il disegno del prospetto a secondo della loro configurazione. È utilizzata una lamiera in alluminio sinusoidale, alternata a delle maglie metalliche microforate.



RAAS JODHPUR (LUXURY HOTEL), JODHPUR, INDIA STUDIO LOTUS

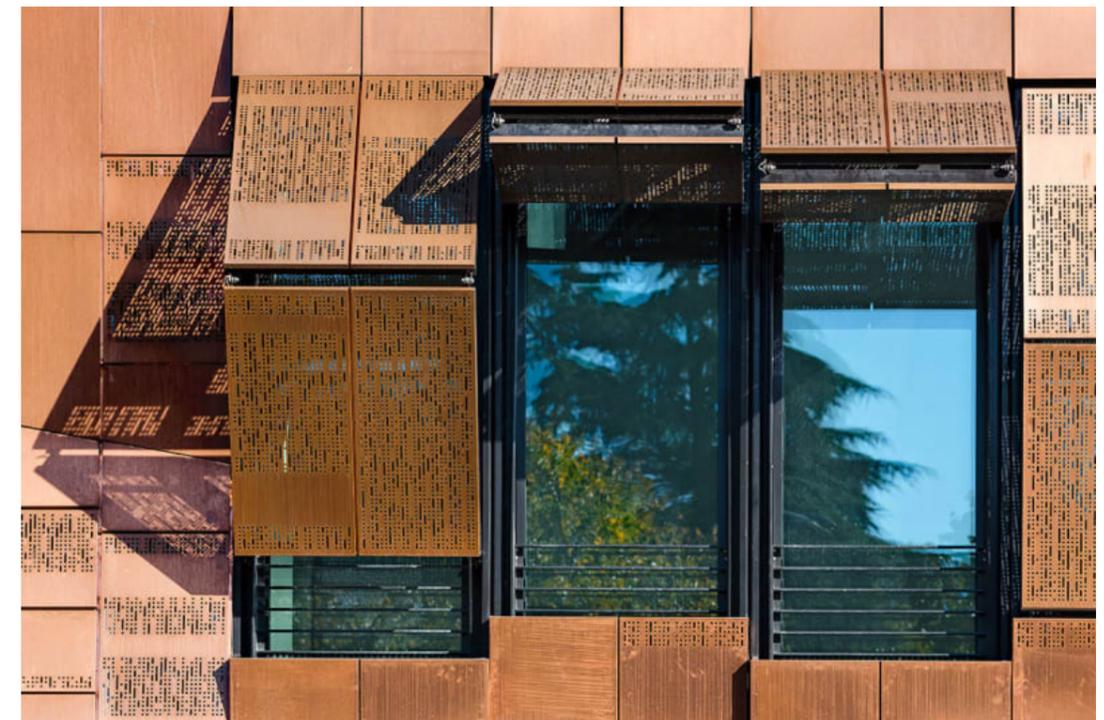
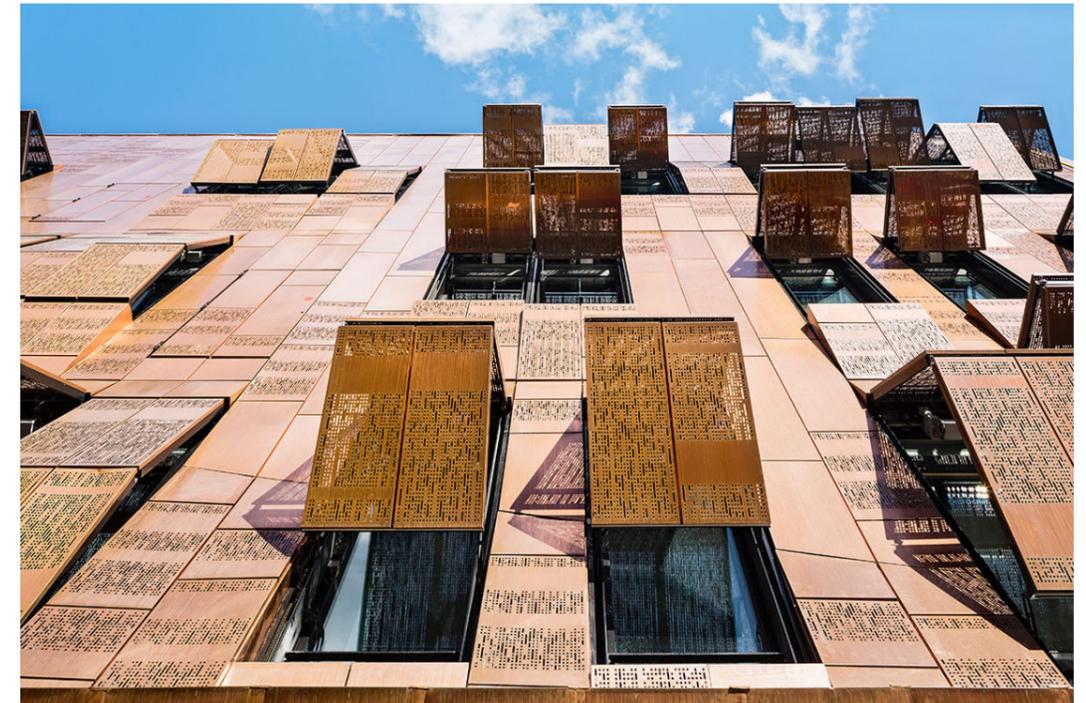
Ispirati alle secolari strutture a doppia pelle della regione, (la tradizionale forma *jharokha* in pietra retizzata dell'architettura Rajasthanani – che svolgono molteplici funzioni di *raffrescamento passivo* e offrono *privacy* all'utente), questi edifici fungono da lanterne che incorniciano il sito. Il dramma del *jaali* di pietra (reticolo) è accentuato dal fatto che questi pannelli possono essere ripiegati da ogni ospite per rivelare una *vista ininterrotta del forte*, o possono essere chiusi per la *privacy* e per bloccare il forte Sole di Jodhpur. Realizzato da oltre un centinaio di artigiani regionali e maestri artigiani, lo sviluppo dell'edificio e dei suoi interni è stato concepito ed eseguito utilizzando i fondamenti dell'*architettura sostenibile*. Il 70% dei materiali e delle persone utilizzate in loco sono stati provenienti localmente, la maggior parte in un raggio di 30 km. I materiali includono *pietra tagliata a mano*, cemento gettato in sito e pigmentato per le pareti.



**MUSIC CONSERVATORY IN PARIS' 17TH ARRONDISSEMENT,
PARIGI, FRANCIA**
BASALT

Il conservatorio è ubicato in un punto strategico del quartiere con edifici tipici dello stile Haussmann, in quanto si trova in uno dei corridoi più importanti per l'entrata alla città. Nasce così un nuovo punto di riferimento, in un vicolo dominato dalla vegetazione.

Le grandi vetrate delle sale di danza del piano superiore partecipano ad inviare un segnale visivo verso la città. Dall'altro lato, invece, è rivestito da una pelle che potremmo definire a *plissé*, con diverse perforazioni della schermatura a volte intervallata da parti completamente opache, caratterizzano l'edificio con un continuo movimento di queste aperture.

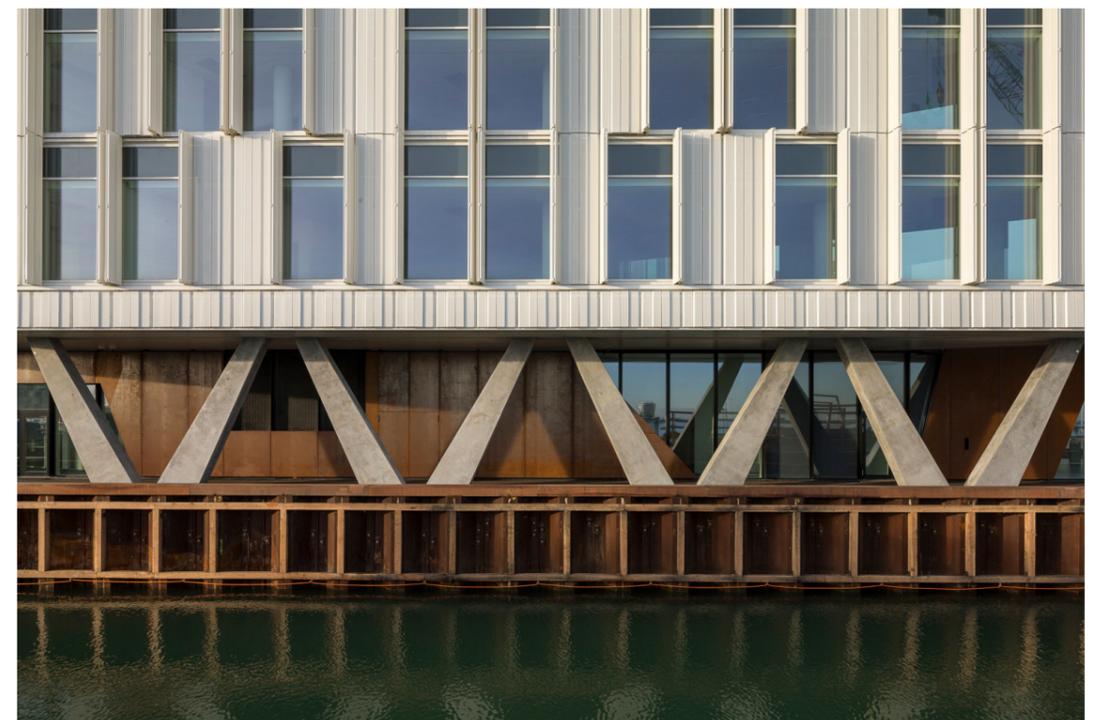
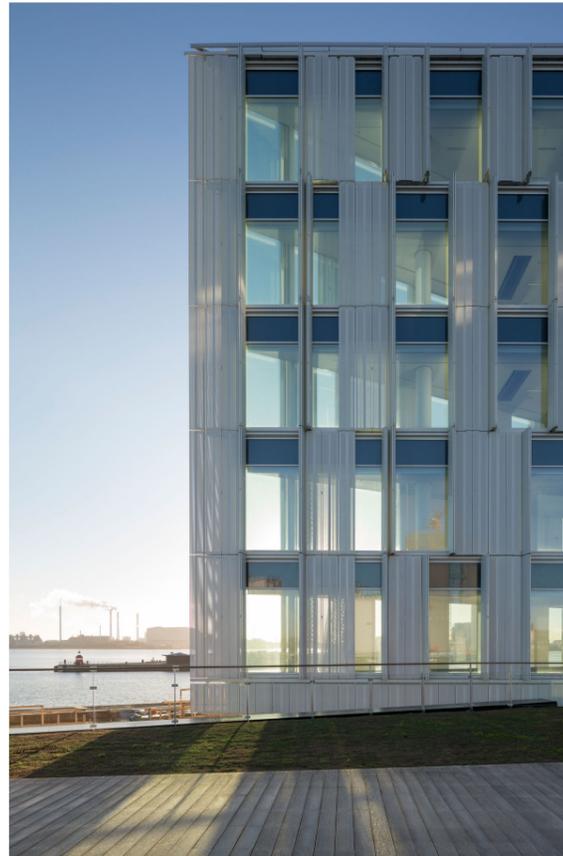


UN CITY, COPENHAGEN, DANIMARCA

3XN

La nuova sede delle Nazioni Unite vuole incarnare gli stessi valori dell'Organizzazione stessa: l'edificio si estende, in senso fisico, a tutte le parti del mondo, per via della sua forma a stella, e la scala scultorea del nucleo riflette in pieno il lavoro del UN che creano un dialogo globale. L'edificio, situato nel molo artificiale, è visibile sia dalla città che dall'acqua.

L'edificio è rivestito, in facciata, con un sistema di *persiane bianche in alluminio perforato*. Le persiane, infatti, garantiscono la schermatura dal Sole, senza però bloccare la vista o la luce entrante del giorno. La facciata è divisa in moduli da 3 m, e i gli occupanti possono controllare i sistemi di schermatura dalla loro postazione. In questo modo si può *migliorare l'ambiente interno* e la facciata risulta essere dinamica, esprimendo il carattere di un edificio *pieno di vita*. La qualità dell'aria anche è migliorata grazie alla ventilazione di aria esterna filtrata, limitando l'uso di sostanze chimiche. Infine, il tetto è rivestito con una membrana bianca, e riciclabile, composta da *materiali vegetali*. Questo rivestimento (*ecologico*) riflette la radiazione solare, così da ridurre il riscaldamento dell'edificio.



FIH DOMICILE, COPENHAGEN, DANIMARCA

3XN

L'edificio per uffici di FIH Domicile è stato progettato nel 2003 dallo studio 3XN. La facciata conferisce a tutta la struttura un aspetto dinamico, in continua evoluzione. È formata da piastrelle in laterizi rossastri, i quali si alternano a delle finestre a tutta altezza, uguali in numero. Un sistema di *persiane* si muove davanti le finestre, aprendosi e chiudendosi, a seconda della quantità di luce solare incidente o a seconda delle esigenze dell'occupante. L'edificio può essere concepito come un cristallo trasparente, il quale possiede delle grandi vetrate che sono utilizzate come fonti di luce naturale. Tutti gli uffici degli ambienti interni sono orientati verso la luce del giorno e la vista verso l'esterno, in quanto possiedono una finestra verso il giardino o nel lato della facciata principale. L'ambiente interno è formato da un mix di uffici open space o di uffici mono-occupazione, i quali sono distribuiti intorno a delle scale illuminate dai lucernari sul tetto.

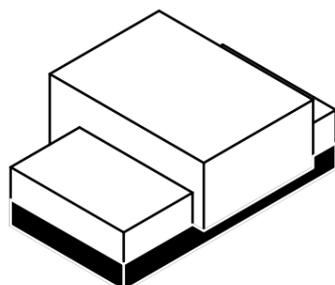




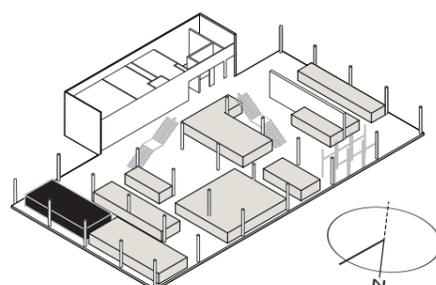
Fig. 81. Assonometria di progetto, inserimento dei nuovi dispositivi.

RIEPILOGO DELLE SOLUZIONI ADOTTATE.

PIANO TERRA



AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE



STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

1) BENESSERE TERMOIGROMETRICO

34,7% ORE DI DISCOMFORT

28,0% ORE DI DISCOMFORT

| | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------|------------|
| Ore discomfort da caldo | 231 | Ore discomfort da caldo | 160 |
| Ore discomfort da freddo | 31 | Ore discomfort da freddo | 53 |

2) CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

FLDM = 2,3 % (> 2%)

FLDM = **2,7** % (> 2%)

ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------------|------|-------|------|
| MARZO | sereno | 346 | 695* | 8113 | 4760* | 411 | 405* | - |
| GIUGNO | sereno | 158 | 236* | 4785 | 7168* | 1659 | 364* | - |
| GIUGNO | coperto | 85 | 104* | 249 | 305* | 208 | 254* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 384 | - | 7286 | - | 365 | - | 85 |
| DICEMBRE | sereno | 2093 | 2288* | 5175 | 569* | 306 | 333* | 153 |

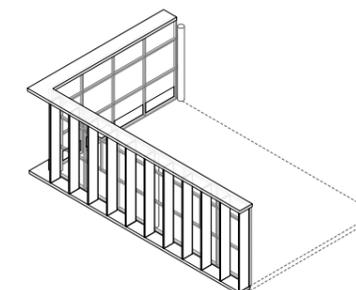
3) PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

Per quelle situazioni non risolte, nelle quali si verifica del disagio visivo per gli utenti, sono state effettuate ulteriori analisi per trovare la scelta più conveniente al fine di evitare l'abbagliamento, dando priorità all'aspetto illuminotecnico piuttosto che a quello termico.

SOLUZIONE PROGETTUALE

Sono utilizzate delle schermature esterne verticali che si attivano secondo la radiazione solare totale incidente sulla finestra, superato un dato set point solare. I dispositivi schermanti sono combinati con un diverso tipo di vetro, dalle migliori prestazioni, con un fattore solare minore del precedente e una minore trasmittanza termica dell'infisso.

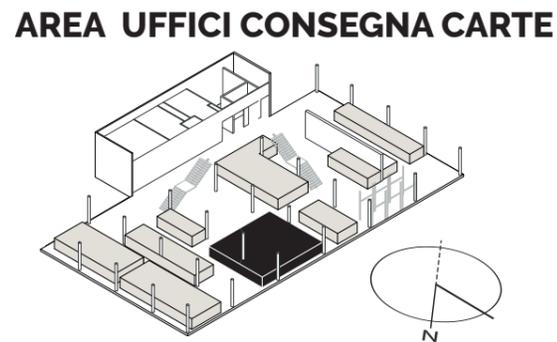
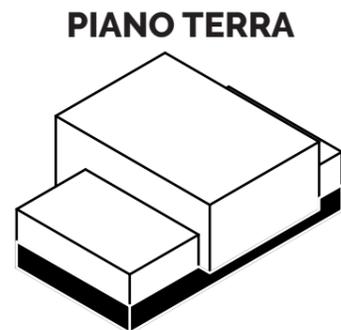
POSIZIONAMENTO FRANGISOLE



CONCLUSIONI

Con i nuovi dispositivi schermanti viene ridotto il numero delle ore di discomfort da caldo con un set point solare di attivazione impostato a 100 W/m², e migliora la condizione generale del benessere termico per gli utenti.

La soluzione scelta per il miglioramento del benessere termico ha portato ad un cambiamento delle condizioni di illuminazione. Il fattore di luce diurna medio, già soddisfacente, viene però ulteriormente migliorato. Andando nello specifico, secondo gli illuminamenti medi analizzati, le condizioni di illuminazione naturale, di conseguenza, sono migliorate. Per evitare il rischio di abbagliamento nei mesi invernali, come mostrato nell'esempio di riferimento nel caso di giugno, è necessario intervenire schermando la radiazione solare che crea disagio visivo all'utente. Così facendo, l'aspetto illuminotecnico prevale su quello termico. Secondo le valutazioni effettuate in una terza fase, è necessario, e preferibile, utilizzare le schermature esterne per proteggere l'occupante dalla radiazione luminosa, che rende difficoltosa l'attività lavorativa, a discapito di apporti solari gratuiti ridotti.



STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

1) BENESSERE TERMOIGROMETRICO

16,0% ORE DI DISCOMFORT

13,1% ORE DI DISCOMFORT

| | | | |
|--------------------------|----|--------------------------|-----------|
| Ore discomfort da caldo | 87 | Ore discomfort da caldo | 11 |
| Ore discomfort da freddo | 30 | Ore discomfort da freddo | 88 |

2) CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

FLDM = 1,1 % (< 2%)

FLDM = **1,0** % (< 2%)

ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|--------------|------|
| MARZO | sereno | 111 | 121* | 299 | 231* | 1548 | 1826* | - |
| GIUGNO | sereno | 63 | 64* | 1322 | 253* | 3106 | 4660* | - |
| GIUGNO | coperto | 41 | 45* | 120 | 129* | 100 | 107* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 119 | - | 941 | - | 1983 | - | 145 |
| DICEMBRE | sereno | 139 | 148* | 386 | 287* | 881 | 1128* | 1383 |

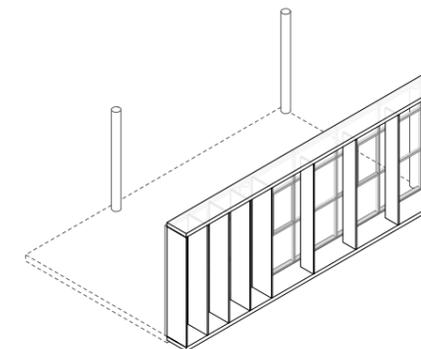
3) PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

Per quelle situazioni non risolte, nelle quali si verifica del disagio visivo per gli utenti, sono state effettuate ulteriori analisi per trovare la scelta più conveniente al fine di evitare l'abbagliamento, dando priorità all'aspetto illuminotecnico piuttosto che a quello termico.

SOLUZIONE PROGETTUALE

Sono utilizzate delle schermature esterne verticali che si attivano secondo la radiazione solare totale incidente sulla finestra, superato un dato set point solare. I dispositivi schermanti sono combinati con un diverso tipo di vetro, dalle migliori prestazioni, con un fattore solare minore del precedente e una minore trasmittanza termica dell'infisso.

POSIZIONAMENTO FRANGISOLE

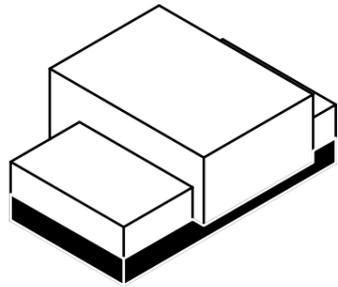


CONCLUSIONI

Con i nuovi dispositivi schermanti viene ridotto il numero delle ore di discomfort da caldo con un set point solare di attivazione impostato a 100 W/m², e migliora la condizione generale del benessere termico per gli utenti. Nonostante aumentino le ore di discomfort da freddo, i valori della temperatura operativa risultano più vicini all'intervallo di comfort stabilito. In ottica di funzionamento dell'impianto, quindi, questo sarà in grado di lavorare meglio, riducendo il fabbisogno dell'edificio.

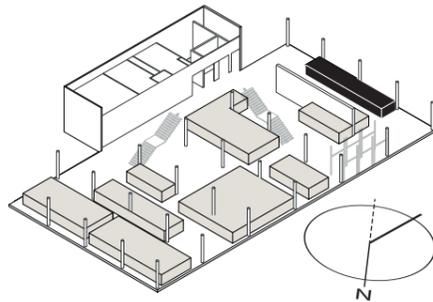
La soluzione scelta per il miglioramento del benessere termico ha portato ad un cambiamento delle condizioni di illuminazione. Il fattore di luce diurna medio non è soddisfacente, e rimane pressoché lo stesso dello stato di fatto dell'edificio. Ciò è dovuto al particolare orientamento dell'area di lavoro, spesso ombreggiata da ostruzioni esterne. Andando nello specifico, secondo gli illuminamenti medi analizzati, le condizioni di illuminazione naturale, di conseguenza, sono simili, ma si ottengono dei benefici nel mese di dicembre e marzo (e settembre). Per evitare il rischio di abbagliamento nei mesi invernali, come mostrato nell'esempio di riferimento nel caso di giugno, è necessario intervenire schermando la radiazione solare che crea disagio visivo all'utente. Così facendo, l'aspetto illuminotecnico prevale su quello termico. Secondo le valutazioni effettuate in una seconda fase, è necessario, e preferibile, utilizzare le schermature esterne per proteggere l'occupante dalla radiazione luminosa, che rende difficile l'attività lavorativa, a discapito di apporti solari gratuiti ridotti in piccola parte.

PIANO TERRA



STATO DI FATTO

AREA CAFFETTERIA



STATO DI PROGETTO

1) BENESSERE TERMOIGROMETRICO

20,0% ORE DI DISCOMFORT

20,4% ORE DI DISCOMFORT

| | | | |
|--------------------------|----|--------------------------|-----------|
| Ore discomfort da caldo | 92 | Ore discomfort da caldo | 66 |
| Ore discomfort da freddo | 59 | Ore discomfort da freddo | 88 |

2) CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

FLDM = 10,7 % (> 2%)

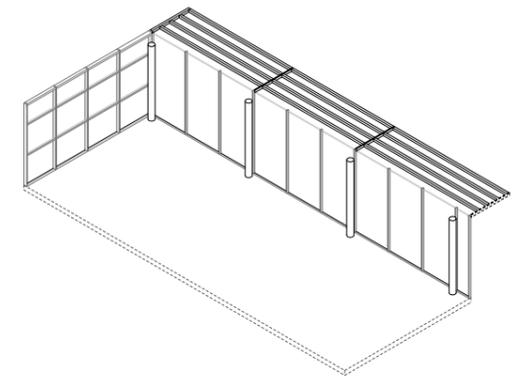
FLDM = **5,0** % (> 2%)

ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|-------|
| MARZO | sereno | 738 | 500* | 977 | 578* | 1487 | 774* | - |
| GIUGNO | sereno | 364 | 223* | 783 | 480* | 959 | 670* | - |
| GIUGNO | coperto | 402 | 217* | 1176 | 635* | 981 | 530* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 765 | - | 983 | - | 1487 | - | 783 |
| DICEMBRE | sereno | 1122 | 709* | 1274 | 726* | 884 | 1491* | 14226 |

SOLUZIONE PROGETTUALE

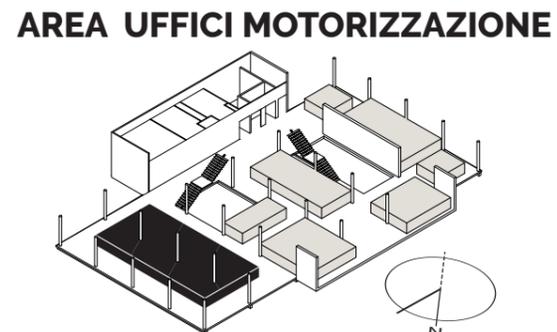
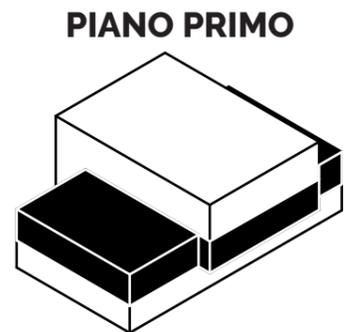
È utilizzato un oggetto orizzontale poco profondo, per sostenere le schermature del piano superiore, con un pergolato per ombreggiare lo spazio esterno dell'area ristoro. È stato inserito un diverso tipo di vetro, dalle migliori prestazioni, con un fattore solare minore del precedente e una minore trasmittanza termica dell'in-fisso.



CONCLUSIONI

Rispetto all'analisi dello stato di fatto il benessere termico dell'utente è leggermente migliorato. La scelta infatti viene fatta per creare un nuovo spazio esterno, in quanto la facciata non presentava particolari criticità per via della sua esposizione.

La soluzione scelta ha portato invece ad un cambiamento delle condizioni di illuminazione. Il fattore di luce diurna medio, già soddisfacente, viene ridotto, senza però scendere al di sotto del requisito minimo. Andando nello specifico, secondo gli illuminamenti medi analizzati, le condizioni di illuminazione naturale peggiorano, ma non comportano una notevole diminuzione degli illuminamenti medi dell'area e quindi la condizione di illuminazione risulta accettabile e migliorata, in quanto si riduce il rischio di abbagliamento da parte degli utenti, favorendo la vista verso la piazza esterna per l'assenza di dispositivi schermanti fissi che possono ostruire la vista verso l'ambiente esterno.



STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

1) BENESSERE TERMOIGROMETRICO

32,3% ORE DI DISCOMFORT

21,0% ORE DI DISCOMFORT

| | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------|------------|
| Ore discomfort da caldo | 243 | Ore discomfort da caldo | 162 |
| Ore discomfort da freddo | 1 | Ore discomfort da freddo | 1 |

2) CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

FLDM = 1,2 % (< 2%)

FLDM = **1,6** % (< 2%)

ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|-----------|------------|-------|---------------|-----------|-------|------|
| MARZO | sereno | 464 | 960* | 569 | 648* | 460 | 362* | - |
| GIUGNO | sereno | 161 | 306* | 2052 | -6335* | 1074 | 2104* | - |
| GIUGNO | coperto | 35 | 60* | 100 | -174* | 84 | 145* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 753 | - | 557 | - | 478 | - | 266 |
| DICEMBRE | sereno | 238 | 360* | 302 | 357* | 376 | 307* | 350 |

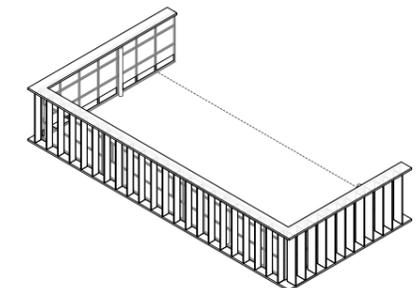
3) PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

Per quelle situazioni non risolte, nelle quali si verifica del disagio visivo per gli utenti, sono state effettuate ulteriori analisi per trovare la scelta più conveniente al fine di evitare l'abbagliamento, dando priorità all'aspetto illuminotecnico piuttosto che a quello termico.

SOLUZIONE PROGETTUALE

Sono utilizzate delle schermature esterne verticali che si attivano secondo la radiazione solare totale incidente sulla finestra, superato un dato set point solare. I dispositivi schermanti sono combinati con un diverso tipo di vetro, dalle migliori prestazioni, con un fattore solare minore del precedente e una minore trasmittanza termica dell'infisso.

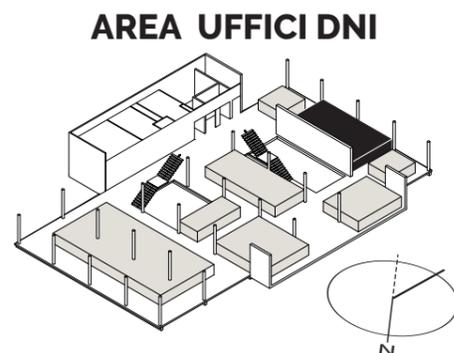
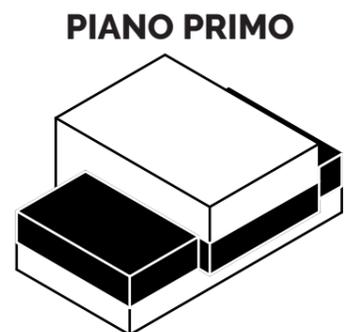
POSIZIONAMENTO FRANGISOLE



CONCLUSIONI

Con i nuovi dispositivi schermanti viene ridotto il numero delle ore di discomfort da caldo con un set point solare di attivazione impostato a 100 W/m², e migliora la condizione generale del benessere termico per gli utenti.

La soluzione scelta per il miglioramento del benessere termico ha portato ad un cambiamento delle condizioni di illuminazione. Il fattore di luce diurna medio non risulta soddisfacente, in quanto leggermente sotto al requisito minimo richiesto. Allo stesso modo, però, è migliorato rispetto a quello iniziale. Andando nello specifico, secondo gli illuminamenti medi analizzati, le condizioni di illuminazione naturale, di conseguenza, sono migliorate. Per evitare il rischio di abbagliamento nei mesi invernali, come mostrato nell'esempio di riferimento nel caso di giugno, è necessario intervenire schermando la radiazione solare che crea disagio visivo all'utente. Così facendo, l'aspetto illuminotecnico prevale su quello termico. Secondo le valutazioni effettuate in una terza fase, è necessario, e preferibile, utilizzare le schermature esterne per proteggere l'occupante dalla radiazione luminosa, che rende difficoltosa l'attività lavorativa, a discapito di apporti solari gratuiti ridotti.



STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

1) BENESSERE TERMOIGROMETRICO

41,7% ORE DI DISCOMFORT

9,8% ORE DI DISCOMFORT

| | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------|-----------|
| Ore discomfort da caldo | 315 | Ore discomfort da caldo | 69 |
| Ore discomfort da freddo | 0 | Ore discomfort da freddo | 5 |

2) CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

FLDM = 2,1 % (> 2%)

FLDM = **3,2 % (> 2%)**

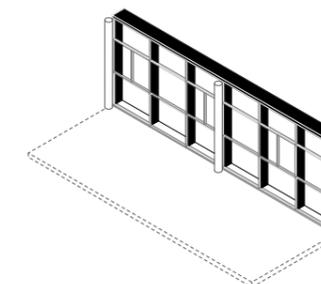
ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|------|-------|------|
| MARZO | sereno | 182 | 400* | 242 | 461* | 412 | 589* | - |
| GIUGNO | sereno | 96 | 197* | 214 | 414* | 295 | 514* | - |
| GIUGNO | coperto | 79 | 164* | 229 | 480* | 191 | 400* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 189 | - | 247 | - | 427 | - | 310 |
| DICEMBRE | sereno | 277 | 513* | 276 | 536* | 527 | 851* | 3527 |

SOLUZIONE PROGETTUALE

POSIZIONAMENTO FRANGISOLE

Sono utilizzate delle schermature esterne verticali che si attivano secondo la radiazione solare totale incidente sulla finestra, superato un dato set point solare. I dispositivi schermanti sono combinati con un diverso tipo di vetro, dalle migliori prestazioni, con un fattore solare minore del precedente e una minore trasmittanza termica dell'infisso.

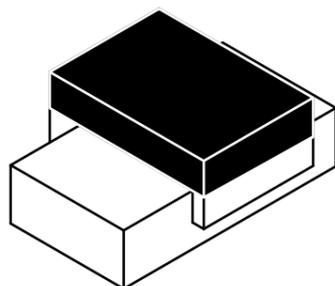


CONCLUSIONI

Con i nuovi dispositivi schermanti viene ridotto il numero delle ore di discomfort da caldo con un set point solare di attivazione impostato a 100 W/m², e migliora la condizione generale del benessere termico per gli utenti.

La soluzione scelta per il miglioramento del benessere termico ha portato ad un cambiamento delle condizioni di illuminazione. Il fattore di luce diurna medio, già soddisfacente, viene però ulteriormente migliorato. Andando nello specifico, secondo gli illuminamenti medi analizzati, le condizioni di illuminazione naturale, di conseguenza, sono migliorate. Di fatto è possibile beneficiare di maggiore luce naturale all'interno dell'ambiente, in quanto i dispositivi esterni utilizzati consentono una maggiore penetrazione della radiazione solare, che viene bloccata solo quando necessario, come avviene anche in altre situazioni.

PIANO SECONDO



AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI*



STATO DI FATTO

STATO DI PROGETTO

1) BENESSERE TERMOIGROMETRICO

80,7% ORE DI DISCOMFORT

17,7% ORE DI DISCOMFORT

| | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------|------------|
| Ore discomfort da caldo | 610 | Ore discomfort da caldo | 114 |
| Ore discomfort da freddo | 0 | Ore discomfort da freddo | 20 |

2) CONDIZIONI DI ILLUMINAZIONE

FLDM = 8,4 % (> 2%)

FLDM = **6,4 %** (> 2%)

ILLUMINAMENTO MEDIO (lx)

| Mese | Cielo | 9 am | 9 am* | 12 pm | 12 pm* | 3 pm | 3 pm* | 6 pm |
|-----------|---------|------|-------|-------|--------|-------|---------------|-------|
| MARZO | sereno | 794 | 830* | 2000 | 1368* | 16682 | 800* | - |
| GIUGNO | sereno | 551 | 410* | 6522 | 3881* | 13326 | 13442* | - |
| GIUGNO | coperto | 315 | 242* | 922 | 707* | 769 | 590* | - |
| SETTEMBRE | sereno | 853 | - | 8257 | - | 20283 | - | 2234 |
| DICEMBRE | sereno | 1100 | 882* | 1419 | 1096* | 12866 | 1609* | 10194 |

3) PERFEZIONAMENTO DELLA STRATEGIA DI CONTROLLO SOLARE

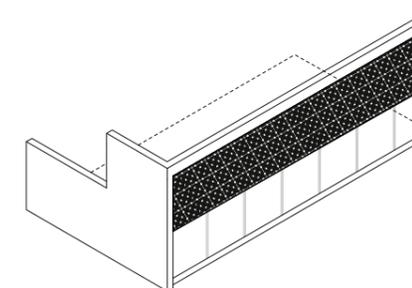
Per quelle situazioni non risolte, nelle quali si verifica del disagio visivo per gli utenti, sono state effettuate ulteriori analisi per trovare la scelta più conveniente al fine di evitare l'abbagliamento, dando priorità all'aspetto illuminotecnico piuttosto che a quello termico.

La sala conferenza e sala mensa, le quali non sono approfondite in questa parte, sono assimilabili all'area di lavoro di seguito descritta, per orientamento (quindi esposizione) e geometria dell'area e dei dispositivi di schermatura progettati come nuova soluzione.

SOLUZIONE PROGETTUALE

Sono utilizzate delle tende esterne avvolgibili che si attivano secondo la radiazione solare totale incidente sulla finestra, superato un dato set point solare. I dispositivi schermanti sono combinati con un diverso tipo di vetro, dalle migliori prestazioni, con un fattore solare minore del precedente e una minore trasmittanza termica dell'infisso.

POSIZIONAMENTO TENDA



CONCLUSIONI

Con i nuovi dispositivi schermanti viene ridotto il numero delle ore di discomfort da caldo con un set point solare di attivazione impostato a 200 W/m², e migliora la condizione generale del benessere termico per gli utenti.

La soluzione scelta per il miglioramento del benessere termico ha portato ad un cambiamento delle condizioni di illuminazione. Il fattore di luce diurna medio, già soddisfacente, viene ridotto, ma rimane abbondantemente sopra il requisito minimo. Andando nello specifico, secondo gli illuminamenti medi analizzati, le condizioni di illuminazione naturale, di conseguenza, sono migliorate: sicuramente si beneficia di meno luce naturale all'interno dell'ambiente di lavoro, ma non eccessivamente e allo stesso tempo, in alcuni istanti analizzati, si evita di avere un eccesso di luce che può provocare disagio agli occupanti. Per evitare il rischio di abbagliamento nei mesi invernali, invece, come mostrato nell'esempio di riferimento nel caso di giugno, è necessario intervenire schermando la radiazione solare che crea disagio visivo all'utente. Così facendo, l'aspetto illuminotecnico prevale su quello termico. Secondo le valutazioni effettuate in una terza fase, è necessario, e preferibile, utilizzare delle schermature interne, come delle veneziane, per proteggere l'occupante dalla radiazione luminosa, che rende difficile l'attività lavorativa. La scelta effettuata si è basata sulla grande variazione delle ore di discomfort nel mese invernale che risultano essere nettamente maggiori se si utilizzassero degli schermi esterni. Pertanto si preferisce installare, in aggiunta, delle veneziane interne per questa area.

CONCLUSIONI

Gli edifici rappresentano per qualsiasi individuo l'ambiente in cui svolgere l'attività che si desidera, e sono il luogo in cui ognuno di noi passa la maggior parte del proprio tempo. Il modo di lavorare cambia costantemente nel tempo, molto più rapidamente negli ultimi anni, e perciò gli spazi risultano essere anch'essi in continua evoluzione. A prescindere da come questi possano configurarsi, rendere l'ambiente di lavoro confortevole e agevole rimane una priorità per chi si presta a svolgere la professione dell'architetto. Pertanto, non solo in un'ottica di risparmio di energia e di costi sulla bolletta, ma anche e soprattutto dal punto di vista del benessere generale dell'utente, il lavoro di tesi raggiunge lo scopo di ottimizzare quanto più possibile questo aspetto.

Avendo progettato in una prima fase iniziale una nuova sede comunale a Buenos Aires, non ci si è voluti fermare alla progettazione dell'impianto, ma anzi, capire e valutare come si comporta l'edificio quando questo non è in funzione, anche nell'ottica di limitarne il suo utilizzo. Infatti, in un edificio di nuova costruzione, si può dare per scontato che l'impianto sia progettato adeguatamente al fine di garantire il benessere termico dell'utente: ma cosa succede quando questo è spento? L'edificio in questione, come visto, è formato da un'enorme superficie vetrata che lo caratterizza, la quale, non potendo essere isolata termicamente, è stata schermata dopo attente analisi approfondite dello stato di fatto. Infatti già da subito si è evidenziato un forte surriscaldamento degli ambienti interni, dovuto

appunto all'accumulo di calore che rimaneva intrappolato nell'edificio. Si è così orientata la soluzione progettuale verso l'uso di dispositivi schermanti.

Attraverso un'analisi del sito di progetto, del percorso solare, degli angoli che caratterizzano la posizione del Sole nella volta celeste, è stato possibile sviluppare un predimensionamento di questi elementi. L'aspetto termico, però, non è stato l'unico ad essere stato approfondito: come cambia la disponibilità di luce naturale con l'inserimento di schermi esterni? Sicuramente, se prima beneficiavamo di enormi quantità di luce proveniente dall'esterno, il suo contributo sarà ridotto dall'installazione dei nuovi dispositivi. Un particolare che caratterizza la ricerca di tesi è proprio il compromesso che è stato necessario trovare per ottenere adeguate condizioni termoigrometriche e di illuminazione senza che nessuna delle due sia messa in secondo piano.

Nella prima fase è stato valutato lo stato di fatto del progetto. L'analisi termica, secondo la metodologia descritta, ha evidenziato quali sono gli ambienti più critici per un eccessivo discomfort da caldo per mancanza di dispositivi schermanti o per schermi non adeguati. Altre aree invece sono caratterizzate da meno ore di discomfort che però è stato possibile migliorare in piccola parte. Di fianco a queste osservazioni, l'edificio è stata valutato anche dal punto di vista visivo. Le condizioni di illuminazione dello stato di fatto hanno evidenziato quelle aree in cui era necessario proteggersi dalla radiazione solare incidente, che vanno di pari passo con l'analisi termica. Altre aree di lavoro invece, hanno mostrato come vi era un

basso contributo della luce naturale che è stato poi maggiormente approfondito con lo studio solare del sito di progetto. Infatti, quegli spazi sono spesso soggetti all'ombreggiamento di ostruzioni esterne. Le osservazioni dello stato iniziale sono state fondamentali per capire quando e come schermare la pelle trasparente dell'edificio a seconda delle problematiche che sono state evidenziate. Proprio per questo motivo, nello sviluppo delle soluzioni progettuali, si è deciso di differenziare la dimensione e la geometria delle persiane in base all'orientamento, alla morfologia dell'edificio e all'attività svolta in un determinato ambiente. Si sono così susseguite diverse soluzioni che hanno poi condotto alla scelta finale dei sistemi di schermatura adottati.

Confrontando quindi l'opzione finale con quella iniziale, si è dedotto che le persiane orientabili progettate migliorano notevolmente il benessere termoigrometrico dell'ambiente, riducendo le ore di disagio. Quest'ultime variano a seconda dell'impostazione di attivazione degli schermi, che si orientano quando viene raggiunto un determinato valore di intensità della radiazione solare incidente sulla finestra, il quale a sua volta varia in base all'area di lavoro in osservazione, proprio per i principi elencati in precedenza.

Parallelamente sono state valutate le condizioni di illuminazione al fine di trovare il giusto compromesso tra i due aspetti. In linea generale anche questa condizione è stata migliorata: i valori di illuminamento medi non sempre garantiscono il raggiungimento del requisito minimo richiesto, poiché le condizioni di cielo sono troppo variabili durante l'anno e sareb-

be pertanto impossibile pensare che ciò possa avvenire. Nonostante ciò, però, il contributo della luce naturale è importante e considerevole, e può essere integrato con l'uso di luce artificiale quando necessario. L'inserimento di nuovi dispositivi schermanti consente di evitare il rischio di abbagliamento quando questo si verifica nella condizione iniziale, mantenendo sempre la possibilità di avere un contatto diretto con l'esterno senza ostacolare eccessivamente la vista. Tutti questi aspetti consentono all'occupante di trovarsi in uno stato di benessere psicofisico, essendo sempre cosciente di ciò che avviene all'esterno, il che contribuisce alla produttività e al comfort dei lavoratori, o di chi si trova nell'edificio.

In un'ultima fase, facendo prevalere l'aspetto visivo, si è cercato di ottimizzare anche quelle situazioni che non risultavano adeguate quando gli elementi di schermatura esterni non erano attivi, poiché si manifestavano delle criticità al di fuori del periodo estivo di valutazione, che però sono state comunque analizzate e risolte.

In questo elaborato, infine, non sono valutati i costi: il focus infatti rimane sul benessere degli utenti. Nonostante ciò possiamo tenere in considerazione che un minor utilizzo dell'impianto possa ridurre i costi di esercizio, anche se è necessario un consistente investimento iniziale che massimizzi le prestazioni dei dispositivi progettati.





ALLEGATI

PANNELLO MICROFORATO IN ACCIAIO CORTEN - STATO DI FATTO

#01 IMARQUITEC

IMARperf

Solución Arquitectónica de panel perforado, lista para instalar

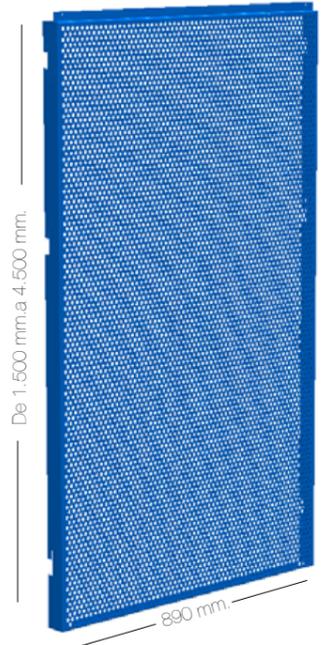


1.1

PANELES

Aluminio / Acero Galvanizado
Acero Corten

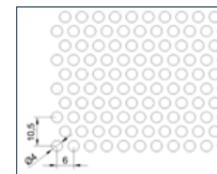
Panel de aluminio (de 2 mm. de espesor) o acero galvanizado (de 1,5 mm.) o acero corten (de 1,5 mm.); consultar otros materiales y espesores.



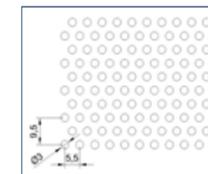
Características

- **Ancho:** 890 mm.
- **Altura:** de 1.500 mm. a 4.500 mm. (consultar otros formatos).
- **Microperforado:** agujeros de 3 y 4 mm. de diámetro.
- **Área perforada:** diferentes opciones según su utilidad.
- **Color:** a elegir de la carta RAL (consultar: www.coloresral.es).

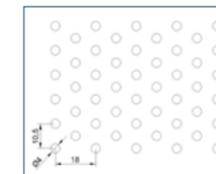
Microperforado



R4T6
Área Perforada 40,3%



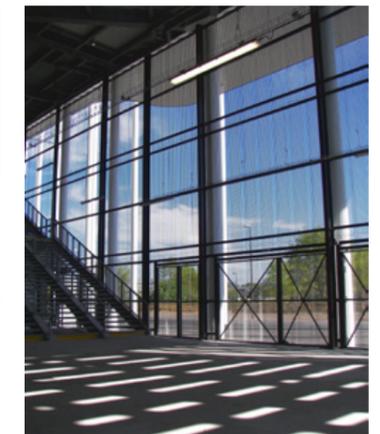
R3T5,5
Área Perforada 27%



R4T10,5
Área Perforada 13,2%

Se recomienda un alto porcentaje de área perforada para fachadas de vidrio. De este modo se consigue la transparencia desde el interior (efecto velo) manteniendo la intimidad desde el exterior.

Este efecto velo reduce la incidencia solar sobre las superficies acristaladas, pudiendo ajustar el tamaño y el área del perforado según los factores climáticos y la orientación de la fachada, para conseguir un óptimo ahorro energético cuantificable.



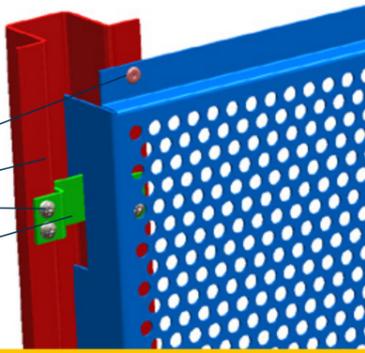
1.2

SISTEMA DE MONTAJE



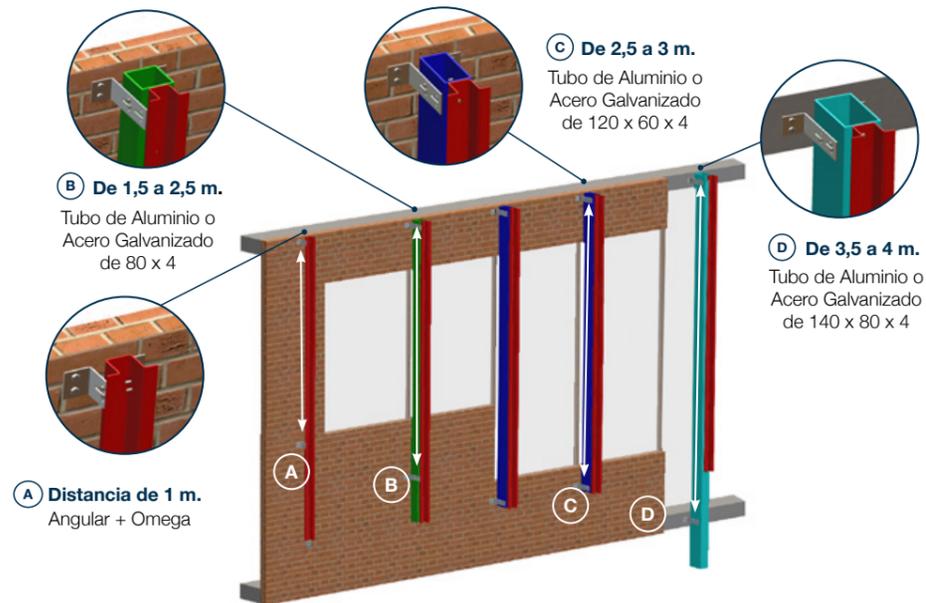
El sistema incluye todos los elementos necesarios para su correcta instalación en obra.

- Remache de aluminio con núcleo de aluminio o de acero inoxidable de 4,8 mm. de diámetro
- Perfil de aluminio 3 mm. de espesor o de galvanizado de 2 mm.
- Tornillo autoroscante calidad A2
- Grapa de aluminio de 3 mm. o de galvanizado de 2 mm. de espesor



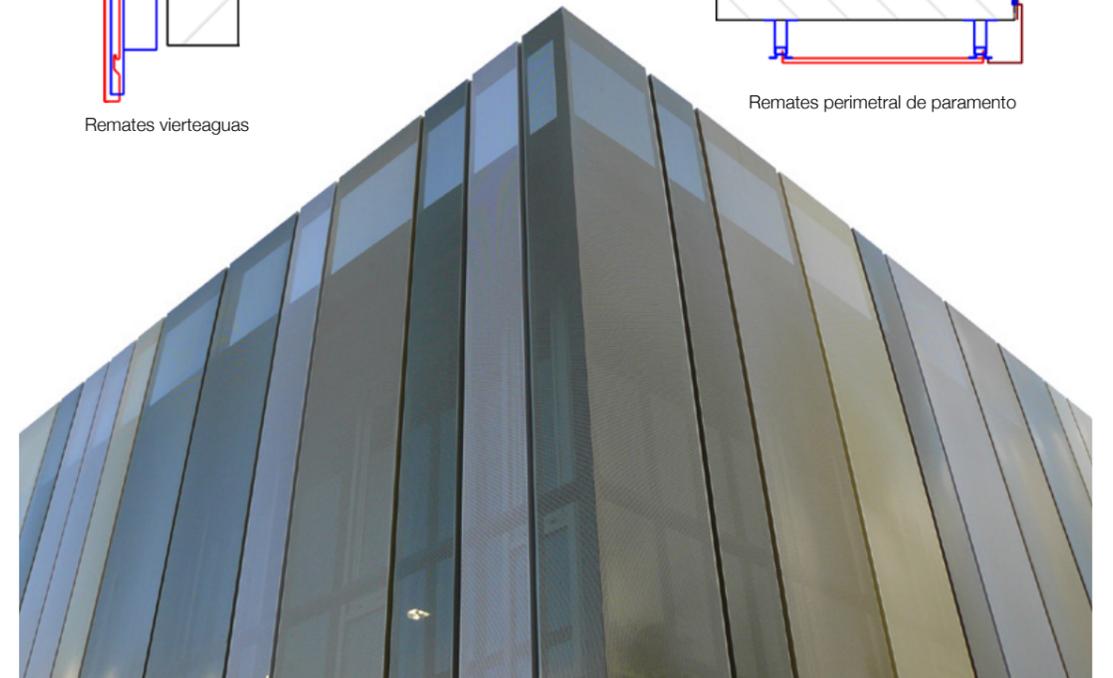
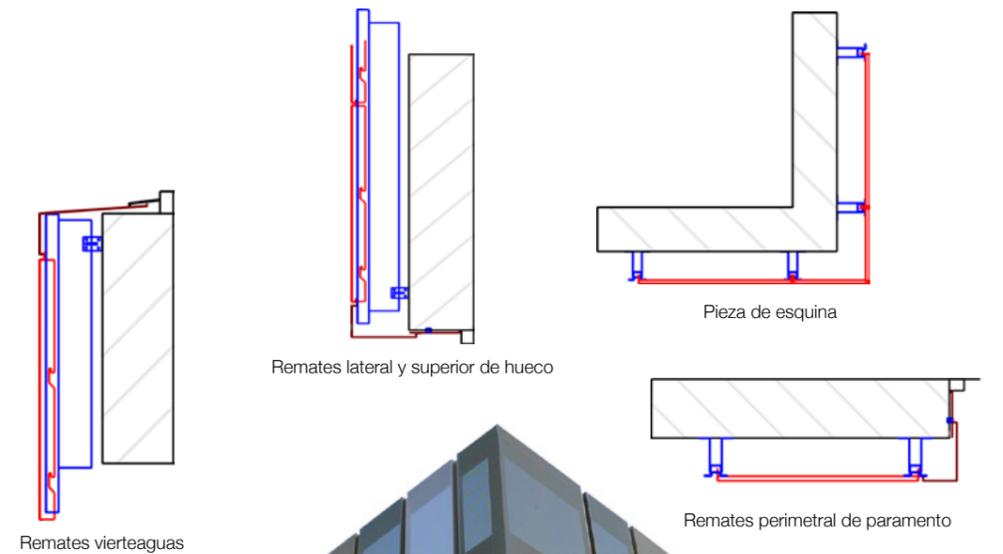
Subestructura tipo: Distancias máximas a cubrir

- Anclaje a fachada principal con Omega y Angulares de 70 mm. o 150 mm.



1.3

REMATES



TENDA FRONTSIDE VIEW 381 - SERGE FERRARI

Serge Ferrari

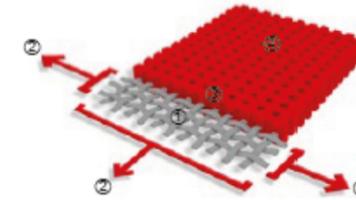
Frontside
View 381

Solar protection and perfect outward visibility



■ Exclusive Précontraint® technology

Patented worldwide, Précontraint® Serge Ferrari technology involves keeping the composite under tension throughout the manufacturing cycle. It gives our materials exceptional performances that enable them to surpass market standards in terms of dimensional stability, mechanical strength, coating thickness and flatness.



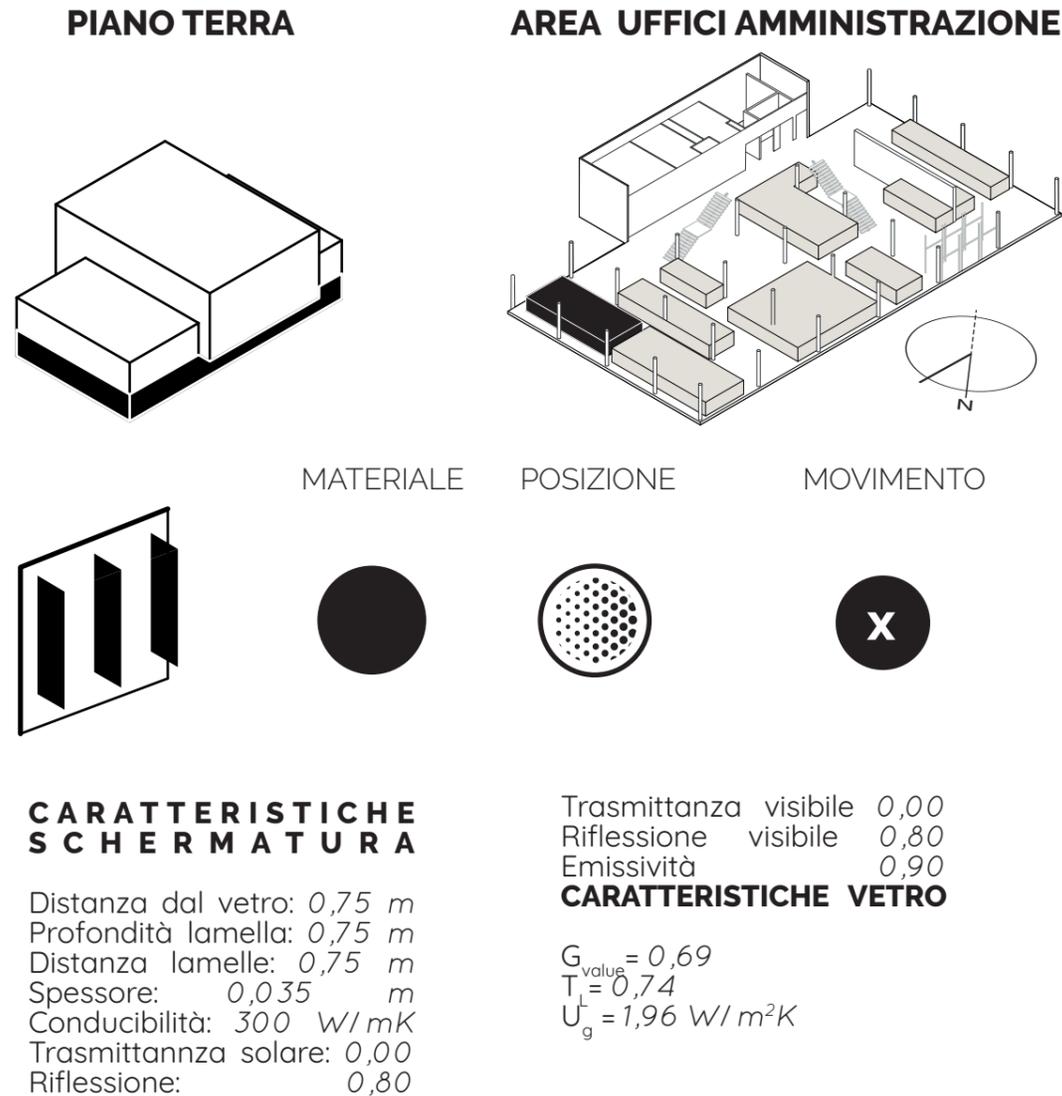
| | | |
|---|---|---|
| High-tenacity polyester micro-yarn base cloth | ① | No material deformation during installation or usage |
| A coating with fabrics under bi-axial constant tension in both warp and weft directions | ② | No elongation, tear resistant |
| Greater coating at the top of the yarns and a dirt resistant surface treatment. | ③ | Better long-term strength and aesthetic quality |
| Exceptional flatness and thinness | ④ | Smooth finish easy to clean, space saving, easy rolling |

■ Solar and light properties (EN 14501)

| | | TS | RS | AS | TV n-h | g _{ext} * |
|-----------|--|----|----|----|--------|--------------------|
| 381-3101 | | 30 | 27 | 43 | 28 | 0,17 |
| 381-3105 | | 29 | 19 | 52 | 29 | 0,17 |
| 381-3108 | | 27 | 10 | 63 | 27 | 0,17 |
| 381-3109 | | 28 | 37 | 35 | 28 | 0,15 |
| 381-3111 | | 28 | 21 | 51 | 27 | 0,16 |
| 381-3113 | | 27 | 9 | 64 | 27 | 0,17 |
| 381-3117 | | 27 | 26 | 47 | 27 | 0,16 |
| 381-3118 | | 28 | 30 | 42 | 28 | 0,16 |
| 381-3119 | | 30 | 41 | 29 | 29 | 0,15 |
| 381-3120 | | 28 | 6 | 66 | 28 | 0,18 |
| 381-3121 | | 28 | 31 | 41 | 28 | 0,16 |
| 381-3123 | | 29 | 34 | 37 | 28 | 0,16 |
| 381-3124 | | 28 | 28 | 44 | 27 | 0,16 |
| 381-3125 | | 27 | 20 | 53 | 28 | 0,16 |
| 381-3127 | | 27 | 29 | 44 | 28 | 0,15 |
| 381-3128 | | 28 | 40 | 32 | 27 | 0,15 |
| 381-50708 | | 32 | 56 | 12 | 31 | 0,15 |

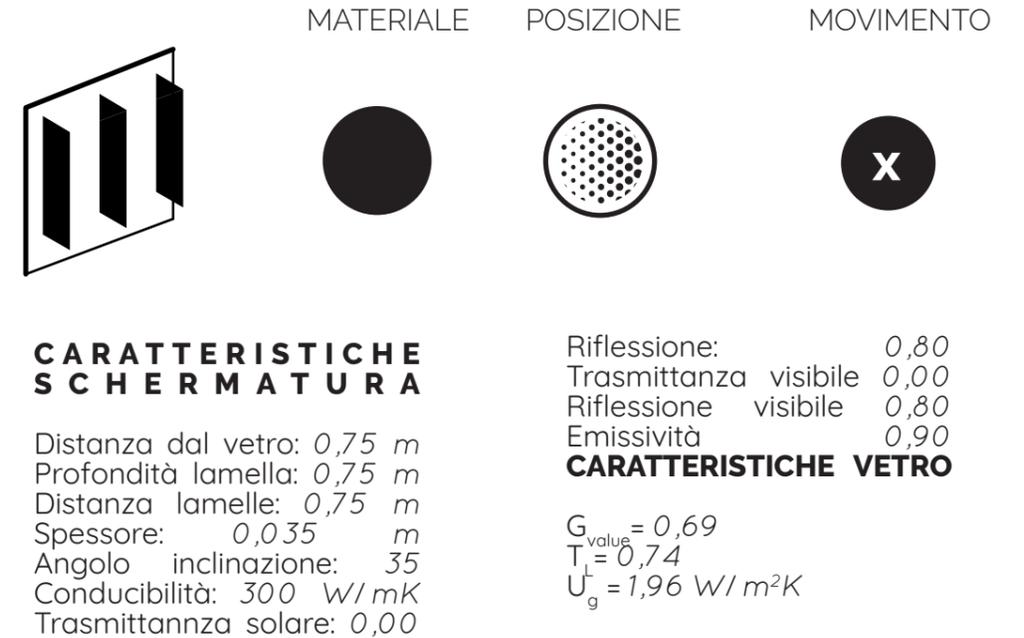
TS: Solar Transmission (%)
 RS: Solar Reflection (%)
 AS: Solar Absorption (%)
 TS + RS + AS = 100% of incident energy
 TV n-h: Normal-hemispherical visible light transmission (%)
 g_{ext}*: External Solar Factor, Type «D» glazing: insulating, slightly emissive double glazing in position 2 (4 + 16 + 4; argon-filled - g=0,32 - U=1,1)

RISULTATI INTERMEDI NELL'ANALISI DELLE SCHERMATURE

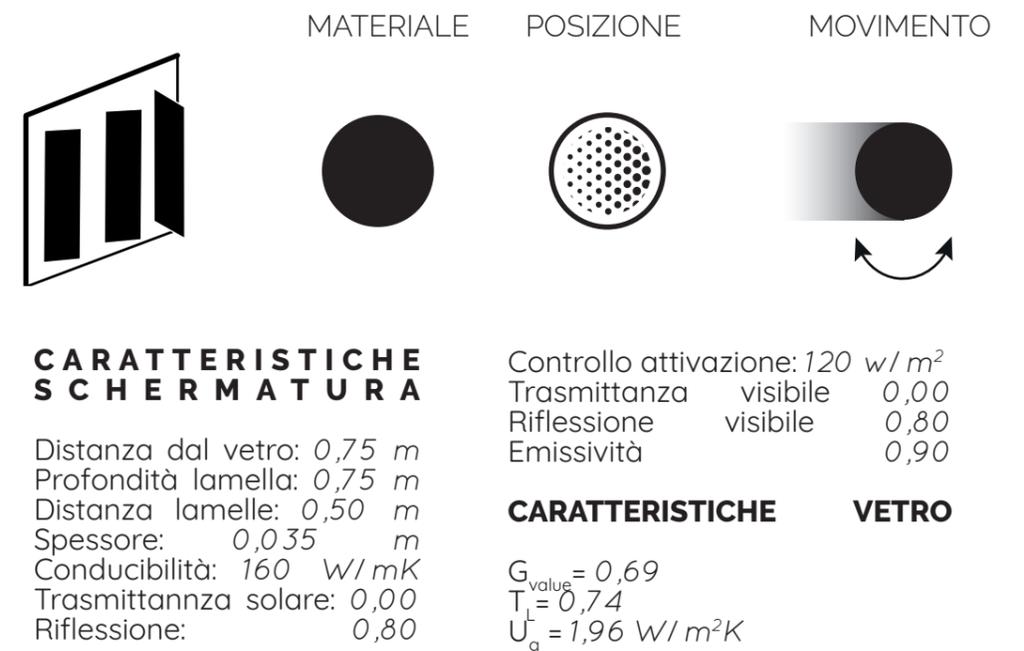


In questo caso la riduzione delle ore di discomfort non era soddisfacente, apportando solo un leggero miglioramento delle discomfort da caldo.

AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE



Provando ad orientare l'angolo di inclinazione delle lamelle, si è manifestato solo un piccolo miglioramento, non ancora soddisfacente. Sono state effettuate diverse prove modificando anche la distanza tra i frangisole.



Utilizzando un sistema automatico di orientamento dei frangisole, si nota un ulteriore miglioramento, ma le ore di discomfort da freddo aumentano eccessivamente.

AREA UFFICI AMMINISTRAZIONE



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

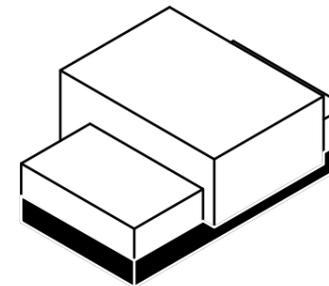
Controllo attivazione: 120 w/m²
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

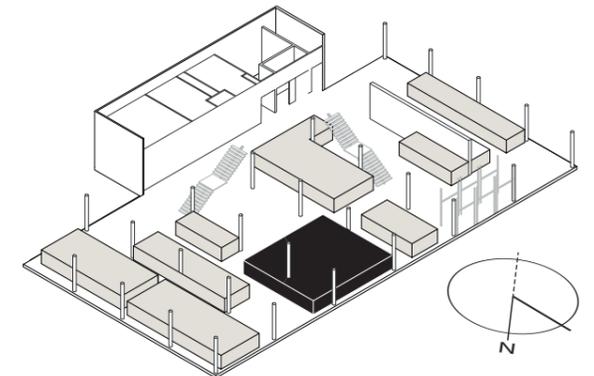
$G_{value} = 0,45$
 $T_g = 0,77$
 $U_g = 1,0 W/m^2K$

Combinando la schermatura con un altro tipo di vetro, i valori della temperatura operativa interna iniziano a concentrarsi maggiormente all'interno dell'intervallo di comfort, ma la strategia era ancora perfezionabile.

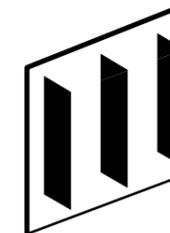
PIANO TERRA



AREA UFFICI CONSEGNA CARTE



MATERIALE POSIZIONE MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 300 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_g = 0,74$
 $U_g = 1,96 W/m^2K$

Nel primo step di valutazione le ore di discomfort peggiorano rispetto alla percentuale dello stato di fatto.

AREA UFFICI CONSEGNA CARTE



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Angolo inclinazione: 35
 Conducibilità: 300 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00

Riflessione: 0,80
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

Anche variando l'angolo di inclinazione dei frangisole, il risultato finale risulta essere peggiore di quello iniziale.

AREA UFFICI CONSEGNA CARTE



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 1,0 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

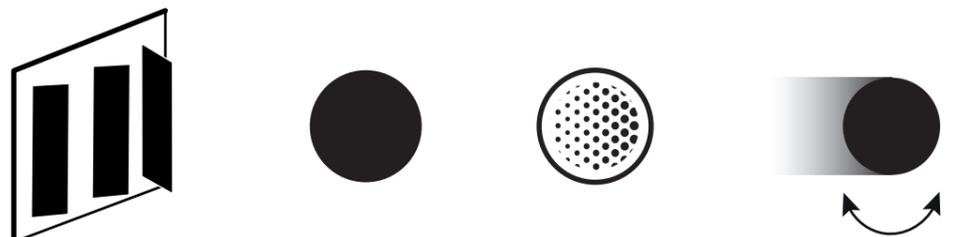
Controllo attivazione: 120 w/m²
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_L = 0,77$
 $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Combinando anche un altro tipo di vetro, e aumentando la distanza tra le lamelle, si ottiene un buon compromesso tra il discomfort da caldo e da freddo. Il benessere termoigrometrico è ancora migliorabile.

MATERIALE POSIZIONE MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

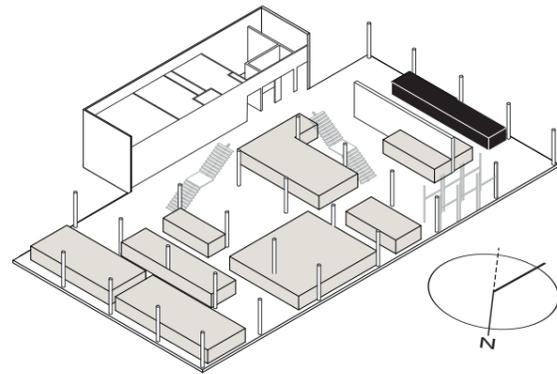
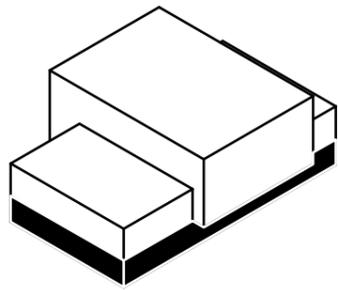
Controllo attivazione: 120 w/m²
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

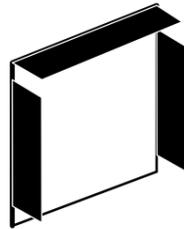
$G_{value} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

Utilizzando dei frangisole orientabili, il benessere termoigrometrico migliora, ma aumentano le ore di discomfort da freddo.

PIANO TERRA



MATERIALE POSIZIONE MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Profondità aggetto: 0,75 m
 Profondità setto verticale: 3,00 m

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g^L = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Profondità aggetto: 0,75 m
 Profondità setto verticale: 1,80 m

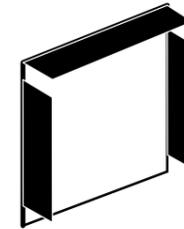
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g^L = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

Per schermare l'are della caffetteria, che non presenta notevoli criticità, si sono disposti in una prima strategia solo delle sporgenze, che però hanno peggiorato il benessere termoigrometri.

AREA CAFFETTERIA

MATERIALE POSIZIONE MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Profondità aggetto: 0,75 m
 Profondità setto verticale: 1,80 m

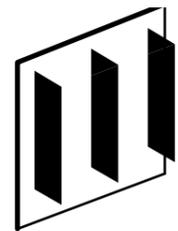
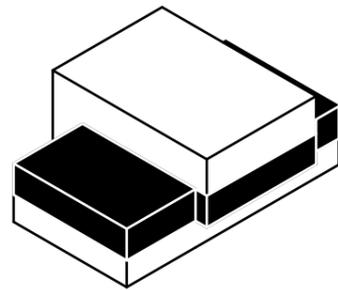
CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_L = 0,77$
 $U_g^L = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Allo stesso modo, si è combinata la schermatura con un nuovo vetro. La percentuale di discomfort non variava di molto da quella iniziale, ma si è notato un peggioramento del numero delle ore di discomfort da freddo.

Nel corso delle analisi si è osservato come variando il set point di attivazione degli altri dispositivi orientabili, questi influissero in piccolissima parte sul benessere termoigrometrico di questa area, variando positivamente la percentuale di discomfort.

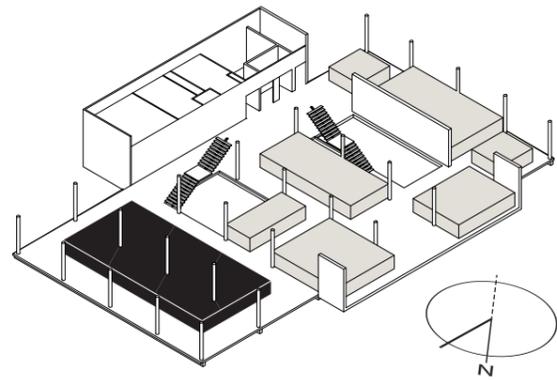
PIANO PRIMO



MATERIALE



AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE



POSIZIONE



MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 300 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{\text{valut}} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g^L = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

In questo caso la riduzione delle ore di discomfort non era soddisfacente, apportando solo un leggero miglioramento delle discomfort da caldo.

AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE

MATERIALE



POSIZIONE



MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Angolo inclinazione: 35
 Conducibilità: 300 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00

Riflessione: 0,80
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{\text{valut}} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g^L = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

Provando ad orientare l'angolo di inclinazione delle lamelle, si è manifestato solo un piccolo miglioramento, non ancora soddisfacente. Sono state effettuate diverse prove modificando anche la distanza tra i frangisole.

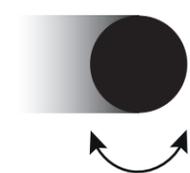
MATERIALE



POSIZIONE



MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Controllo attivazione: 120 w/m²
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{\text{valut}} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g^L = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

Utilizzando un sistema automatico di orientamento dei frangisole, si nota un ulteriore miglioramento, ma le ore di discomfort da freddo aumentano eccessivamente.

AREA UFFICI MOTORIZZAZIONE



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

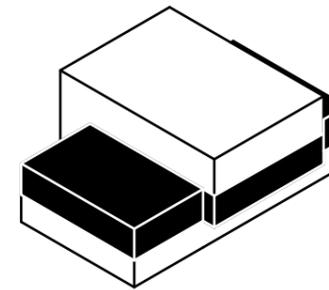
Controllo attivazione: 120 w/m²
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

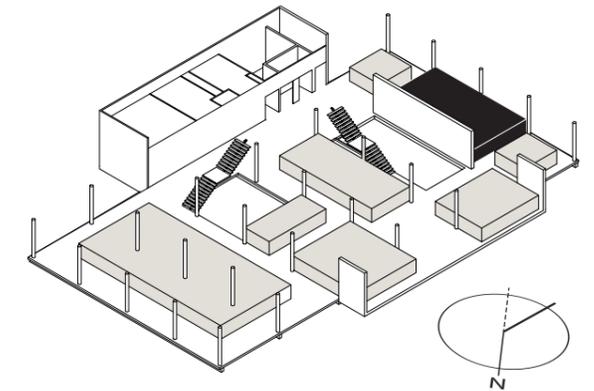
$G_{value} = 0,45$
 $T_l = 0,77$
 $U_g = 1,0 W/m^2K$

Combinando la schermatura con un altro tipo di vetro, i valori della temperatura operativa interna iniziano a concentrarsi maggiormente all'interno dell'intervallo di comfort, ma la strategia era ancora perfezionabile.

PIANO PRIMO



AREA UFFICI DNI



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 0,75 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 300 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_l = 0,74$
 $U_g = 1,96 W/m^2K$

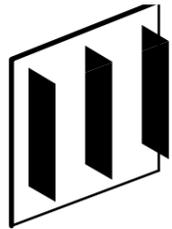
La facciata risulta eccessivamente schermata, come si è potuto notare dall'aumento delle ore di discomfort da freddo, e la prestazione generale non è stata migliorata.

AREA UFFICI DNI

MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 1,0 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 300 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 1,5 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,69$
 $T_L = 0,74$
 $U_g = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

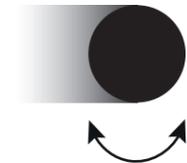
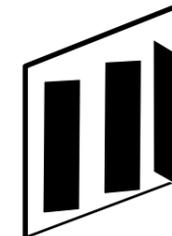
Modificando la distanza dalle lamelle si sono ottenuti dei miglioramenti, in quanto le ore di discomfort da caldo e da freddo iniziavano a compensarsi.

AREA UFFICI DNI

MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,75 m
 Profondità lamella: 0,75 m
 Distanza lamelle: 1,50 m
 Spessore: 0,035 m
 Conducibilità: 160 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,00
 Riflessione: 0,80

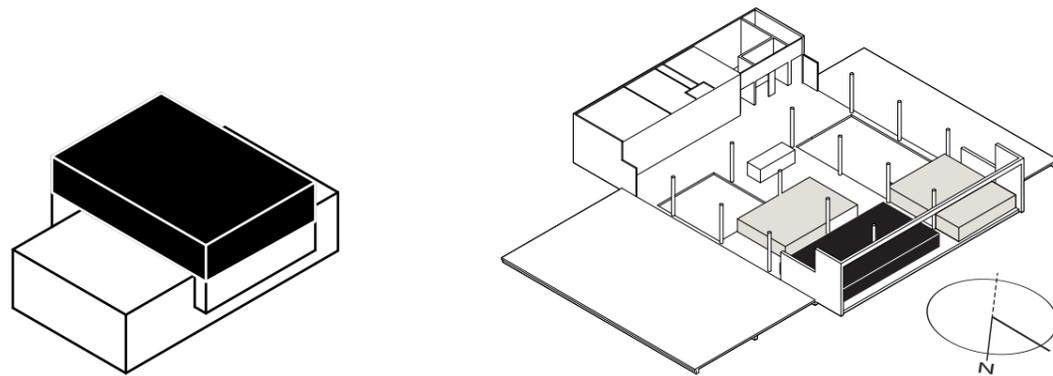
Controllo attivazione: 120 w/m²
 Trasmittanza visibile 0,00
 Riflessione visibile 0,80
 Emissività 0,90

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{value} = 0,45$
 $T_L = 0,77$
 $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Un'ottimizzazione della prestazione del dispositivo si è ottenuta rendendo orientabili i frangisole anche in questa esposizione (già di per se meno critica) e attraverso la combinazione con un nuovo tipo di vetro, che ha portato poi alla scelta finale reputata come migliore.

PIANO SECONDO



CARATTERISTICHE VETRO

$$G_{\text{value}} = 0,2$$

$$T_v = 0,4$$

$$U_g^t = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

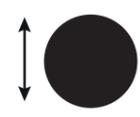
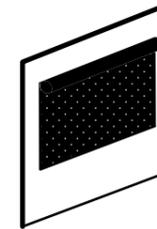
Inizialmente, per mantenere ancora di più il carattere di facciata libera, si è utilizzato un vetro ad alte prestazioni con un fattore solare molto basso per ridurre il surriscaldamento dell'ambiente interne. Nonostante ciò, il benessere termoigrometrico non era soddisfacente in quanto si poteva ottenere un miglioramento nella percentuale delle ore di discomfort e inoltre, senza l'uso di tende schermanti, si sarebbero manifestati dei fenomeni di abbagliamento.

AREA UFFICI RELAZIONI INTERNAZIONALI

MATERIALE

POSIZIONE

MOVIMENTO



CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,30 m
 Spessore: 0,0005 m
 Conducibilità: 0,1 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,08
 Riflessione solare: 0,71
 Trasmittanza visibile: 0,08
 Riflessione visibile: 0,71

Emissività: 0,90
 Permeabilità aria: 0,00
 Controllo attivazione: solare

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{\text{value}} = 0,69$
 $T_v = 0,74$
 $U_g^t = 1,96 \text{ W/m}^2\text{K}$

CARATTERISTICHE SCHERMATURA

Distanza dal vetro: 0,30 m
 Spessore: 0,0005 m
 Conducibilità: 0,1 W/mK
 Trasmittanza solare: 0,08
 Riflessione solare: 0,71
 Trasmittanza visibile: 0,08
 Riflessione visibile: 0,71

Emissività: 0,90
 Permeabilità aria: 0,00
 Controllo attivazione: solare

CARATTERISTICHE VETRO

$G_{\text{value}} = 0,45$
 $T_v = 0,77$
 $U_g^t = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

Utilizzando un tenda esterna tecnica, oscurante, il discomfort da caldo viene evitato notevolmente, combinando il dispositivo schermante con un vetro migliore. Con questo sistema, però, si stava schermando troppo e probabilmente si sarebbe oscurato eccessivamente dalla radiazione luminosa peggiorando anche le condizioni di illuminazione all'interno dell'area di lavoro.

La sala mensa e conferenza possono essere assimilate a questo tipo di area per lo sviluppo della strategia di controllo solare.

PANORAMICA

ULTERIORI DISPOSITIVI SCHERMANTI ANALIZZATI PER LA SOLUZIONE PROGETTUALE

| Produttore | Dimensioni | Esterno | Integrato | Interno | Alluminio | Ceramica | Vetro | Tessuto | Distanza alette (m) | Distanza vetro (m) | Angolo | Manuale | Motorizz. | Automat. |
|--|-----------------|---------|-----------|---------|-----------|----------|-------|---------|---------------------|--------------------|--------|---------|-----------|----------|
| NBK Keramik | 50x50x1500 mm | • | - | - | - | • | - | - | 0,15 | 0,20 | 0° | - | - | - |
| NBK Keramik | 50x50x1500 mm | • | - | - | - | • | - | - | 0,30 | 0,20 | 0° | - | - | - |
| NBK Keramik | 50x106x1500 mm | • | - | - | - | • | - | - | 0,20 | 0,20 | 0° | - | - | - |
| Hella Italia s.r.l. | 63x3000 mm S* | • | - | - | • | - | - | - | 0,06 | 0,15 | • | - | • | • |
| Hella Italia s.r.l. | 92x3000 mm S* | • | - | - | • | - | - | - | 0,09 | 0,20 | • | - | • | • |
| Hella Italia s.r.l. | 60x3000 mm P* | - | - | • | • | - | - | - | 0,06 | 0,06 | • | • | • | • |
| Hella Italia s.r.l. | 80x3000 mm P* | - | - | • | • | - | - | - | 0,08 | 0,08 | • | • | • | • |
| Gualini SPA | 5x600x4400 mm | • | - | - | • | - | - | - | - | 0 | - | - | - | - |
| Viry Fayat Group | 30x400x4400 mm | • | • | - | - | - | • | - | 0,40 | 0,60 | • | - | • | • |
| Hella Italia s.r.l. Serge Ferrari SAS | 1500x4400 mm | • | - | - | • | - | - | • | - | 0,10 | - | - | • | • |
| Serge Ferrari SAS | 1500x1700 mm F* | - | - | • | • | - | - | • | - | 0,05 | - | • | • | - |
| Serge Ferrari SAS | 1500x2670 M* | - | - | • | • | - | - | • | - | 0,05 | - | • | • | - |
| Sage Glass | 1500x1500 mm | - | • | - | - | - | • | - | - | - | - | • | • | • |

* S = sezione S
P = piatta
F = prodotto Feel
M = prodotto Master

Per lo sviluppo della strategia sono stati osservati diversi prodotti e produttori nel mercato. Successivamente si è optato per un approccio bioclimatico che tenesse conto del territorio, del sito di progetto e della morfologia dell'edificio. Sono comunque riportate alcune soluzioni adottate.

CARATTERISTICHE VETRO DI PROGETTO



Calcolato da Erika Paladino Calcolato su 25/10/2020 Paese Italy

① 6 mm Energy Light pos.2 Ricotto ② 16 mm Argon 90% ③ 4 mm Planibel Clearlite Ricotto

Simulazione di dati sulle prestazioni in opera del vetro

Caratteristiche luminose - EN 410

| | |
|--|----|
| Trasmissione luminosa : τv [%] | 65 |
| Riflessione luminosa : pv [%] | 26 |
| Riflessione luminosa interna : pvi [%] | 24 |
| Indice di resa dei colori : Ra [%] | 97 |

Caratteristiche energetiche - EN 410

| | |
|--|------|
| Fattore solare : g [%] | 42 |
| Riflessione energetica esterna : pe [%] | 39 |
| Riflessione energetica interna : pei [%] | 42 |
| Trasmissione diretta dell'energia : τe [%] | 40 |
| Assorbimento energetico vetro 1 : αe1 [%] | 20 |
| Assorbimento energetico vetro 2 : αe2 [%] | 1 |
| Assorbimento energetico totale : αe [%] | 21 |
| Coefficiente di shading : SC | 0.48 |
| Trasmissione dei raggi ultravioletti : τuv [%] | 22 |
| Selettività | 1.54 |

Proprietà termiche - EN 673

| | |
|--|-----|
| Trasmittanza termica (vetri verticali) : Ug [W/(m².K)] | 1.0 |
|--|-----|

Riduzione acustica

| | |
|--|------------|
| Isolamento al rumore aereo diretto - STIMA : Rw (C;Ctr) [dB] 1 | 36 (-1;-5) |
|--|------------|

Caratteristiche di sicurezza

| | |
|---|-----------|
| Resistenza al fuoco - EN 13501-2 | NPD |
| Reazione al fuoco - EN 13501-1 | NPD |
| Resistenza ai proiettili - EN 1063 | NPD |
| Resistenza alle effrazioni - EN 356 | NPD |
| Resistenza agli urti (Prova del pendolo) - EN 12600 | NPD / NPD |
| Resistenza all'esplosione - EN 13541 | NPD |

Spessore e peso

| | |
|--------------------------|------|
| Spessore nominale : [mm] | 26.0 |
| Peso : [kg/m²] | 25 |

1. Gli indici acustici sono stimati e non testati o calcolati. Si riferiscono a una vetrata avente dimensione 1230 x 1480 mm secondo la norma EN ISO 10140-3. Le effettive prestazioni in opera possono variare in funzione delle reali dimensioni della vetrata e della stanza, del sistema di supporto, del tipo di installazione, dell'ambiente, delle sorgenti di rumore ecc. L'accuratezza degli indici riportati è di +/- 2 dB.

L'AGC Glass Configurator è uno strumento di simulazione che analizza le prestazioni per lo scopo limitato di aiutare l'utente nella valutazione delle prestazioni per la configurazione del vetro identificato in questo report. Le prestazioni stimate si applicano esclusivamente ai prodotti in vetro prodotti o trattati da AGC. Questo strumento di simulazione non deve essere inteso come sostitutivo di una Dichiarazione delle prestazioni ufficiale, pertanto può contenere alcune variazioni, sebbene AGC abbia compiuto ogni possibile sforzo per verificare l'affidabilità dello stesso. L'utente si assume ogni rischio correlato ai risultati forniti dallo strumento ed è il solo responsabile per la selezione della configurazione di vetro più appropriata per la sua applicazione.

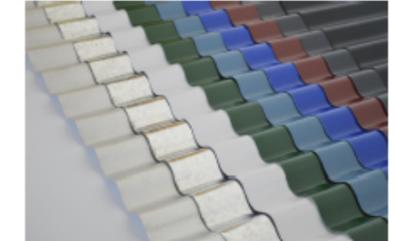
Il presente documento deve essere inteso a scopo informativo e non può, in alcun caso, essere interpretato quale accettazione di alcun ordine da parte del Gruppo AGC. Consultare le Condizioni d'uso specifiche per gli standard di calcolo utilizzati, il numero del report del test INISMA e l'accuratezza dei valori.

AGC non fornisce alcuna garanzia, espressa o implicita, di alcun tipo in relazione allo strumento Glass Configurator. Non si rilasciano garanzie di commerciabilità, non violazione o adeguatezza a uno scopo particolare e nessuna garanzia sarà ritenuta implicita, per effetto di legge o altrimenti. In nessun caso AGC può essere ritenuta responsabile per danni diretti, indiretti, consequenziali o incidentali di alcun tipo in relazione a o derivanti dall'uso dello strumento Glass Configurator.

LAMIERA SINUSOIDALE PANNELLO SCHERMANTE

CHAPA SINUSOIDAL

La chapa sinusoidal o acanalada es la solución indicada para la construcción de cubiertas residenciales, comerciales o industriales y cerramientos laterales. Por su acabado estético, las chapas sinusoidales prepintadas se han convertido en uno de los recubrimientos preferidos para las construcciones de viviendas de barrios cerrados o emprendimientos urbanos. Su variedad de espesores y colores hace de este producto la solución indicada para cubiertas de viviendas, edificios y galpones.



Aplicación:

Uso residencial: Los conformados sinusoidales reúnen las condiciones ideales para este tipo de cubiertas. Por sus notables propiedades estéticas, el más utilizado es el prepintado.

Presentaciones:

Chapas galvanizadas, cincalum y prepintadas (Blanco Nieve - Verde - Celeste - Azul Millenium - Rojo Teja - Gris Pizarra - Negro).



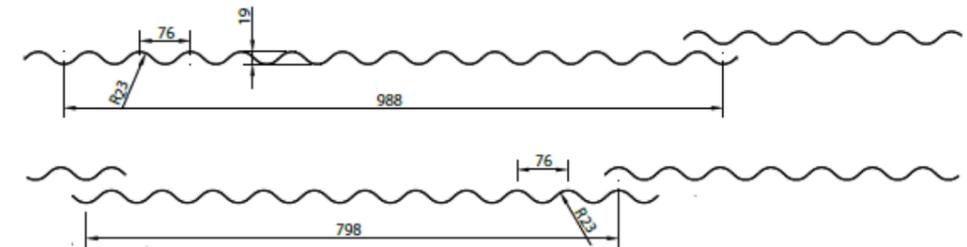
Dimensiones:

Sinusoidal 1086 galvanizadas, cincalum y prepintadas:

Ancho total: 1086 mm.
Ancho útil: 988 mm.
Espesor galv y cinc: C-27 (0,40 mm) / C-25 (0,50 mm) / C-22 (0,70 mm)
Espesor prep: C-25 (0,50 mm) / C-22 (0,70 mm)
Largo: Fraccionado cada 0,50 m hasta 13 m.
Altura de la onda: 18 mm.
Paso: 76 mm.

Sinusoidal 880 galvanizadas:

Ancho total: 880 mm.
Ancho útil: 798 mm.
Espesor: C-30 (0,30 mm)
Largo: Fraccionado cada 0,50 m hasta 13 m.
Altura de la onda 18 mm.
Paso: 76 mm.



| ACEROS CONFORMADOS | | Galvanizado | | Cincalum | | Prepintado | |
|--------------------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------|------------|--|
| Sinusoidales | Espesor (mm) | 0,30 | 0,40 0,50 0,70 | 0,40 0,50 0,70 | 0,50 0,70 | | |
| | Ancho total (mm) | 880 | 1086 | 1086 | 1086 | | |
| | Paso (mm) | 76 | 76 | 76 | 76 | | |
| | Altura de onda (mm) | 18 | 18 | 18 | 18 | | |

| PANEL | Ancho útil (mm) | Espesor (mm) | Galvanizado | | Cincalum | | Prepintado | |
|-----------------|-----------------|--------------|-------------|-------|----------|-------|------------|-------|
| | | | kg/ml | kg/m² | kg/ml | kg/m² | kg/ml | kg/m² |
| Sinusoidal 880 | 798 | 0,30 | 2,55 | 3,19 | - | - | - | - |
| Sinusoidal 1086 | 988 | 0,40 | 4,06 | 4,11 | 4,01 | 4,06 | - | - |
| | | 0,50 | 5,02 | 5,09 | 4,98 | 5,04 | 5,23 | 5,30 |
| | | 0,70 | 6,95 | 7,03 | 6,90 | 6,98 | 7,15 | 7,24 |

AV. MONTEVERDE 3325, BURZACO (1852), BUENOS AIRES, ARGENTINA
TEL.: +54 (11) 4299-2859 | INSUMASUR@INSUMASUR.COM | WWW.INSUMASUR.COM



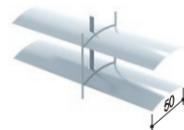
VENEZIANA INTERNA



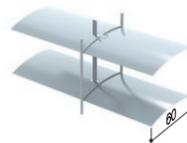
VENEZIANE PER INTERNI CON LAMELLE PIANE

Le veneziane per interni offrono una vasta gamma di vantaggi. Tengono lontani sguardi indiscreti, guidano la luce solare a seconda di ogni esigenza e creano così comfort. HELLA offre lamelle di diverse larghezze e una vasta gamma di colori. Questo rende le veneziane per interni uno strumento ricco di creatività.

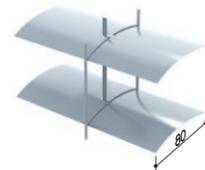
UN'ATMOSFERA E UN AMBIENTE PIENI DI ARMONIA



IF 50



IF 60



IF 80



L'orientamento ottimale della luce solare crea frescura nelle calde giornate estive.



chiusura completa



apertura a 45°



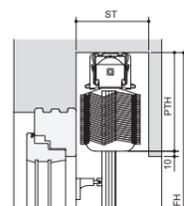
apertura a 90°

| | IF 50 | IF 60 | IF 80 |
|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Guida laterale | Senza cavo | | |
| Tipo lamelle | Piatte | | |
| Larghezza min. [mm] | 460 (manovella)/430 (motore) | 460 (manovella)/430 (motore) | 460 (manovella)/430 (motore) |
| Larghezza max. [mm] impianto singolo | 5000 (manovella/motore) | 5000 (manovella/motore) | 5000 (manovella/motore) |
| Altezza max. [mm] | 3500 (manovella/motore) | 5200 (manovella/motore) | 5200 (manovella/motore) |
| Max. superficie telo [m²] impianto singolo | 20 (manovella/motore) | 14 (manovella)/20 (motore) | 14 (manovella)/20 (motore) |
| Superficie telo max. [m²] impianti di gruppo | 18,9 (manovella)/32,4 (motore) | 12,6 (manovella)/22,5 (motore) | 12,6 (manovella)/22,5 (motore) |



ALTEZZE DEL PACCHETTO

L'indicazione della misura dell'altezza del pacchetto è necessaria per la pianificazione dell'altezza del vano o del pannello e indica l'altezza del frangisole o della veneziana esterna chiusi. Dipende dall'altezza complessiva, dalla larghezza e dalla forma delle lamelle scelte.



ST Profondità vano
PTH Altezza pacchetto
FH Altezza finita

VENEZIANE PER INTERNI IF 50/IF 60/IF 80

| | | Altezza predefinita [mm] | | | | | | | | |
|------------------------|-------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 |
| Altezza pacchetto [mm] | IF 50 | 125 | 140 | 155 | 170 | 180 | 195 | - | - | - |
| | IF 60 | 135 | 155 | 175 | 195 | 210 | 230 | 250 | 270 | 290 |
| | IF 80 | 120 | 130 | 145 | 155 | 165 | 175 | 190 | 200 | 210 |

VENEZIANE PER ESTERNI AF 50/AF 60/AF 80 (altezze pacchetto con cavetto)

| | | Altezza predefinita [mm] | | | | | | | | | Profondità vano |
|------------------------|-------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|
| | | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | |
| Altezza pacchetto [mm] | AF 50 | 125 | 140 | 155 | 170 | 180 | 195 | - | - | - | min. 90 |
| | AF 60 | 135 | 155 | 175 | 195 | 210 | 230 | 250 | 270 | 290 | min. 100 |
| | AF 80 | 120 | 130 | 145 | 155 | 165 | 175 | 190 | 200 | 210 | min. 120 |

FRANGISOLE AR 63 ECN®/AR 92 ECN®/ARO 65/ARB 80

| | | Altezza predefinita [mm] | | | | | | | | | Profondità vano |
|------------------------|----------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|
| | | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | |
| Altezza pacchetto [mm] | AR 63 S+Z ECN® | 160* | 195 | 225 | 260 | 295 | 330 | 360 | - | - | min. 110 |
| | AR 92 S+Z ECN® | 150* | 180* | 205* | 230 | 260 | 290 | 320 | 345 | 370 | min. 140 |
| | ARO 65 | 160 | 190 | 220 | 255 | 285 | 320 | 350 | 380 | 405 | min. 110 |
| | ARB 80 | 150 | 175 | 205 | 235 | 260 | 285 | 310 | 340 | 370 | min. 120 |

* Rotante con il binario inferiore, l'altezza minima dell'albero/del pannello è pari a 200 mm con AR 63 S/Z ECN® e 230 mm con AR 92 S/Z ECN®.

COLORI LAMELLE

| | | AF/IF 60 | AF/IF 80 | ARO 65 AR 63 S/Z ECN® | ARB 80 ARB 80 WS | AR 92 S/Z ECN® AR 92 S/Z ECN® WS |
|----------------------------------|--|----------|----------|--------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| Bianco traffico RAL 9016 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Bianco puro RAL 9010 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Bianco grigiastro RAL 9002 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Grigio luce RAL 7035 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Grigio agata RAL 7038 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Bianco alluminio RAL 9006 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Alluminio grigio RAL 9007 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Antracite ematite micacea DB 703 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Grigio antracite RAL 7016 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Nero RAL 9005M | | | ■ | | ■ | ■ |
| Beige chiaro Nr. 0240 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Beige Nr. 0003 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Beige scuro Nr. 0110 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Beige giallo Nr. 0909 | | | | | | ■ |
| Giallo narciso Nr. 1007 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Rosso terracotta Nr. 0120 | | | | | | ■ |
| Rosso porpora Nr. 0330 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Blu colomba RAL 5014 | | | | | | ■ |
| Blu azzurro RAL 5009 | | | | | | ■ |
| Blu oltremare RAL 5002 | | | | | | ■ |
| Blu turchese RAL 5018 | | | | | | ■ |
| Verde muschio RAL 6005 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Marrone seppia RAL 8014 | | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Bronzo leggero C31 | | | ■ | | ■ | |
| Bronzo chiaro C32 | | | ■ | | ■ | |
| Bronzo C33 (=0780) | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Bronzo scuro C34 | | | ■ | | ■ | |
| Nero C35 | | | ■ | | ■ | |

Per motivi tecnici di stampa sono possibili differenze tra i colori rappresentati in questo documento e i colori originali. A causa di differenti procedure nella produzione, non possono essere evitate differenze di colore tra le lamelle e parti in alluminio verniciate a polvere. Allo stesso modo, non possono essere escluse tolleranze di colore.

STRATEGIA DI RAFFRESCAMENTO NOTTURNO (ACCENNI)

VENTILAZIONE NATURALE

Oltre l'utilizzo di dispositivi schermanti, spesso negli edifici con una superficie vetrata molto alta vengono utilizzate delle strategie di *free cooling* per il raffrescamento, attraverso quindi la ventilazione naturale. In quei climi temperati, come questo, in cui di notte la temperatura riesce a scendere sotto i 18°, la ventilazione può aiutare a dissipare il calore accumulato durante il giorno dall'edificio. In architettura viene spesso utilizzato questo sistema: in questo caso, l'involucro esterno svolge il ruolo di mezzo integrato di climatizzazione, e non solo di elemento di separazione tra clima interno ed esterno, come sistema interattivo. Come avviene nel *Headquarters of Commerzbank* di *Foster and Partners* a Francoforte. L'edificio presenta un atrio (a più piani) che funziona come serra d'inverno e innesca un effetto camino. Sia le finestre dell'involucro esterno, sia le aperture che affacciano sulla serra, sono dotate di piccole aperture, azionate meccanicamente, secondo le condizioni meteo esterne. Nella parte in alto della finestra è presente una fessura di ventilazione, la quale rimane sempre aperta. Questa fessura viene mascherata esternamente da delle griglie. Per gestire l'apertura della stessa è inserito un controllo automatico, per consentire la ventilazione naturale, ma quando necessario può essere gestita manualmente dall'occupante. In questo modo, per i 2/3 dell'anno, l'edificio viene climatizzato grazie alla ventilazione naturale, secondo determinati set point fissati [Croce].

Allo stesso tempo, ventilare naturalmen-

te gli ambienti interni, non solo migliora il benessere termico dell'edificio, ma anche la qualità dell'aria. In ambienti non ventilati, è facile che possa depositarsi una quantità eccessiva di biossido di carbonio. Respirare quindi in un'ambiente particolarmente ricco di CO₂ può provare fastidi all'occupante, e produrre sensazioni fastidiose a quest'ultimo, soprattutto se ci si ritrova a sostare per un periodo lungo all'interno dello spazio di lavoro. Ventilare quindi è utile per la rimozione di tutti quegli inquinanti definiti indoor, per la diluizione di inquinanti ed odori specifici, per garantire nell'ambiente l'aria necessaria all'attività metabolica del lavoratore e/o utente; controllare l'umidità interna al fine di evitare la formazione di condensa e successive muffe.

Come sappiamo, all'interno dell'edificio si manifesta delle infiltrazioni (quindi spontanee) dovute alla differenza di pressione tra esterno ed interno. Attraverso l'uso di finestre o altri dispositivi, l'immissione dell'aria in ambiente può anche essere controllata.

Nel caso della sede comunale di Belgrano, oggetto di analisi, può essere introdotto un sistema di ventilazione notturna che aiuti l'edificio appunto a raffrescarsi anche durante la notte, attivando un sistema di ventilazione che permetta all'aria di esterna di entrare, grazie all'apertura parziale della vetrata, nella parte alta, innescando un movimento dell'aria che calda che tende a salire uscendo dai lucernari posti in cima all'edificio, come avviene nella nuova palazzina iGuzzini di Recanati progettata da Mario Cucinella Architects.

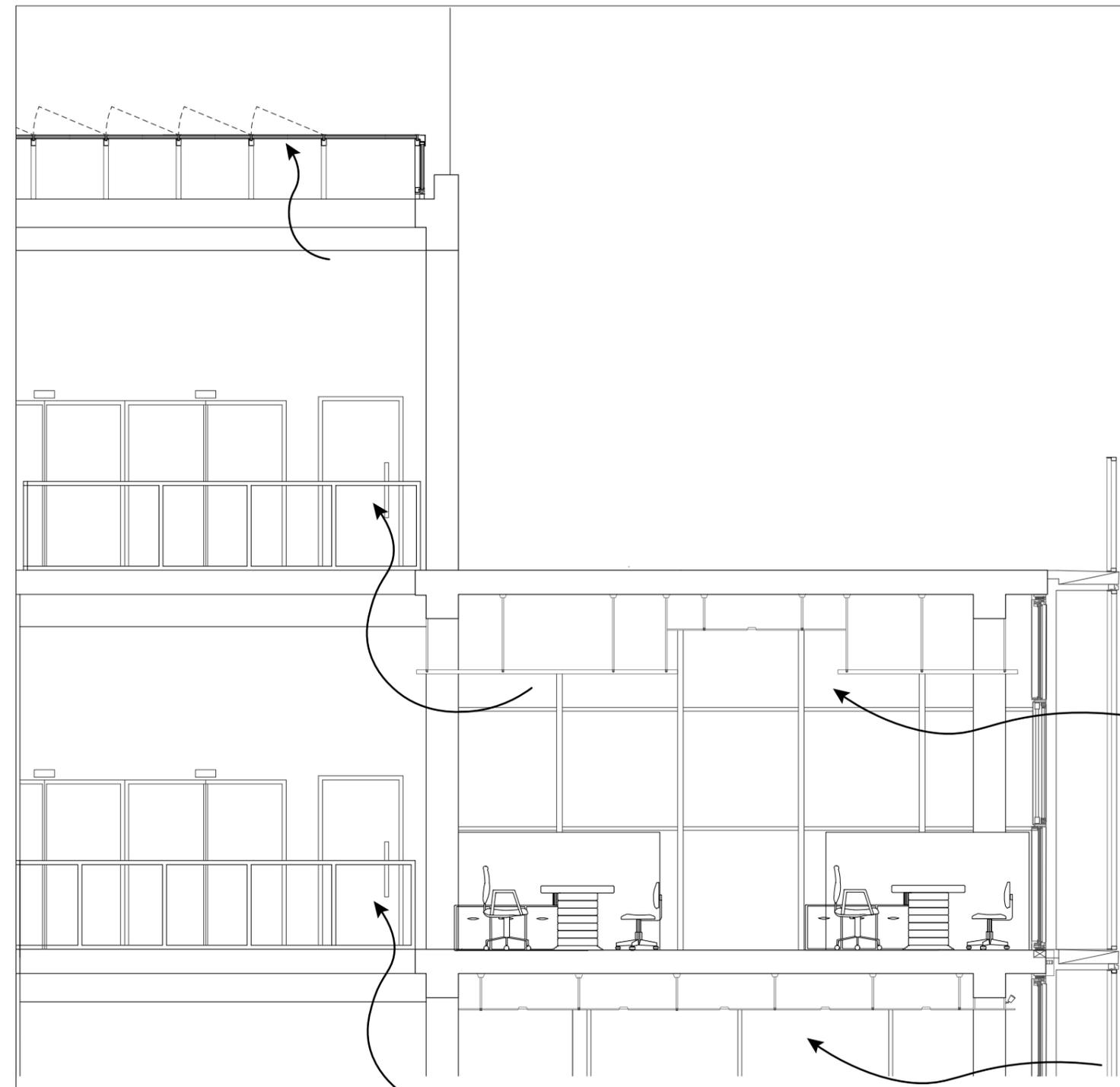
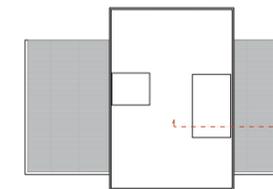


Fig. 1. Ventilazione naturale dell'edificio nelle ore notturne.

PALAZZINA UFFICI IGUZZINI, M. CUCINELLA, RECANATI

Il progetto di M. Cucinella prevede un programma di riqualificazione per gli uffici iGuzzini situato a Recanati, con l'obiettivo di ridurre l'impatto ambientale e ottimizzare i costi dovuti al consumo energetico. La località, presenta un clima umido e piovoso, con venti provenienti da Est-Ovest molto veloci. La nuova palazzina, a destinazione d'uso ufficio, ha una facciata libera con orientamento a Sud, di 12° verso Est. L'edificio in questione ha uno sviluppo orizzontale, composto da quattro piani f.t.: i primi tre sono ad uso ufficio mentre l'ultimo presenta un *roof garden*. Gli spazi di lavoro dell'edificio sono organizzati in un open space, tranne l'ultimo che risulta essere formato da uffici separati. Le aree sono organizzate intorno ad un nucleo centrale di servizi affiancato ad un atrio (giardino) [Fig. 1], aperto sui lati e sulla sommità con dei lucernari, schermati e permeabili al fine di consentire la ventilazione naturale per effetto camino [Fig. 2] I lucernari a torre sono composti da una struttura metallica sulla quale poggia un vetro antisfondamento a sua volta sormontato da una schermatura a doghe fisse. Nei lati verticali del lucernaio sono collocate delle griglie a lamelle comandate elettricamente per l'aerazione degli spazi. La partizione orizzontale è formata da una soletta in calcestruzzo (di cui è formata tutta la struttura) e da un pavimento flottante non ventilato, con l'assenza del controsoffitto. In questo modo è consentita l'apertura della finestra alla sommità della vetrata che contribuisce al raffrescamen-

to convettivo degli edifici durante la notte [Grosso] [Fig. 3]. La ventilazione naturale è resa efficace dalla strategia utilizzata influenzata dalle condizioni microclimatiche interne. La ventilazione diurna entra in funzione quando la temperatura esterna è minore di almeno 1° rispetto a quella interna (contenuta in un certo intervallo) e le condizioni atmosferiche lo consentono. In caso contrario, entra in funzione la ventilazione meccanica. Ad ufficio non occupato si attiva la ventilazione naturale notturna, per raffrescarlo ulteriormente [Fig. 4].

Il sistema di controllo della radiazione solare previsto è composto da un agetto orizzontale come prolungamento della chiusura orizzontale piana. All'estremità viene posto un elemento verticale in grado di ombreggiare completamente la facciata durante il solstizio estivo (momento di massima intensità della radiazione incidente). I dispositivi sono formati da lamelle in alluminio: le doghe dell'elemento orizzontale sono inclinate, invece sono parallele alla facciata Sud quelle dell'elemento verticale [Grosso].

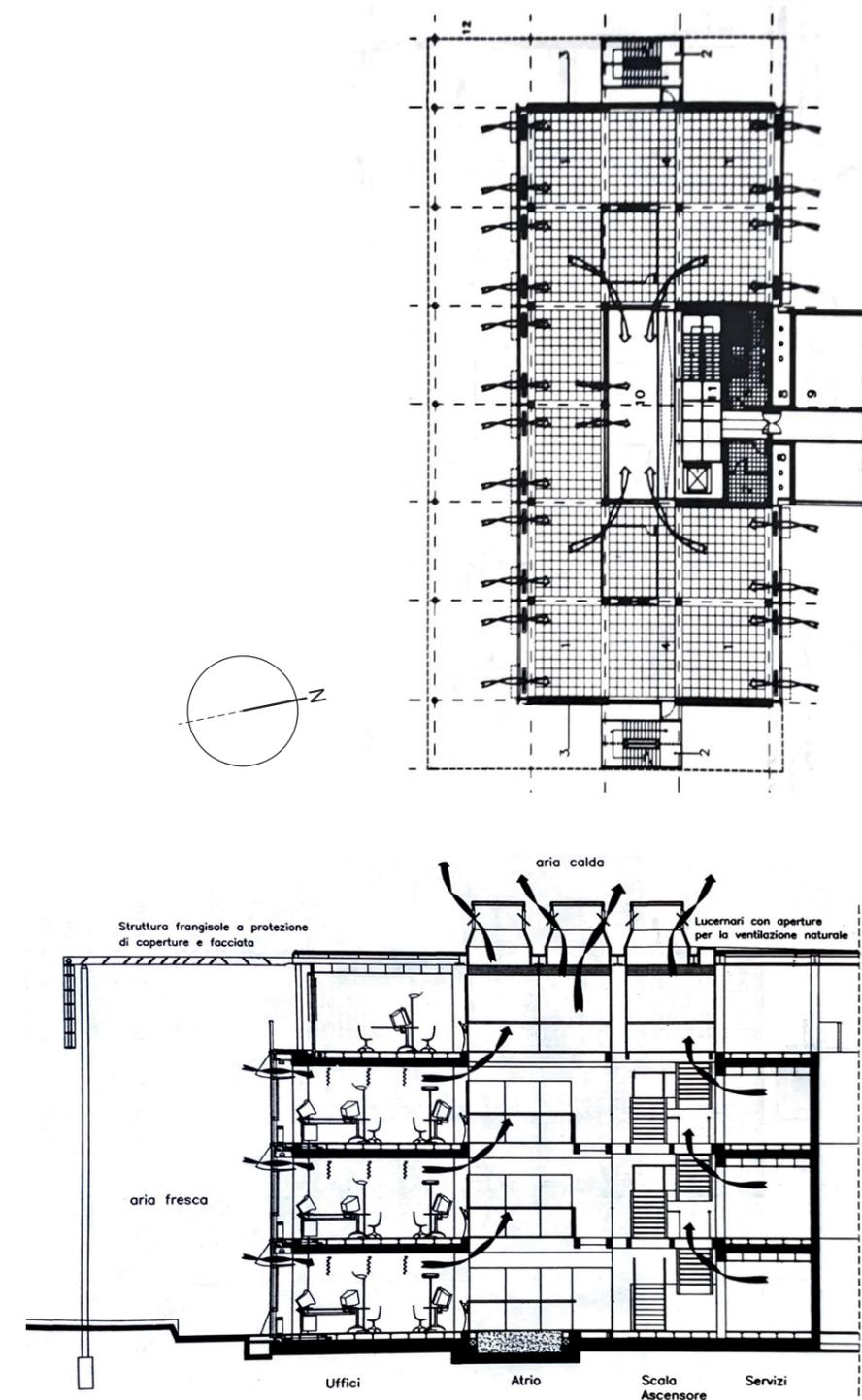


Fig. 1. Pianta primo e secondo piano della nuova palazzina iGuzzini. Fonte: Mario Grosso [1].

Fig. 2. Sezione verticale Sud-Nord della nuova palazzina iGuzzini. Fonte: Mario Grosso [1].

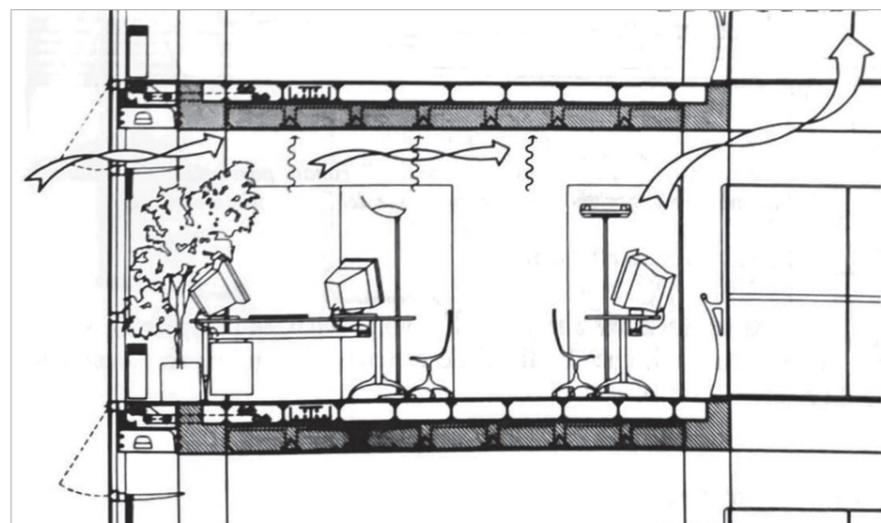
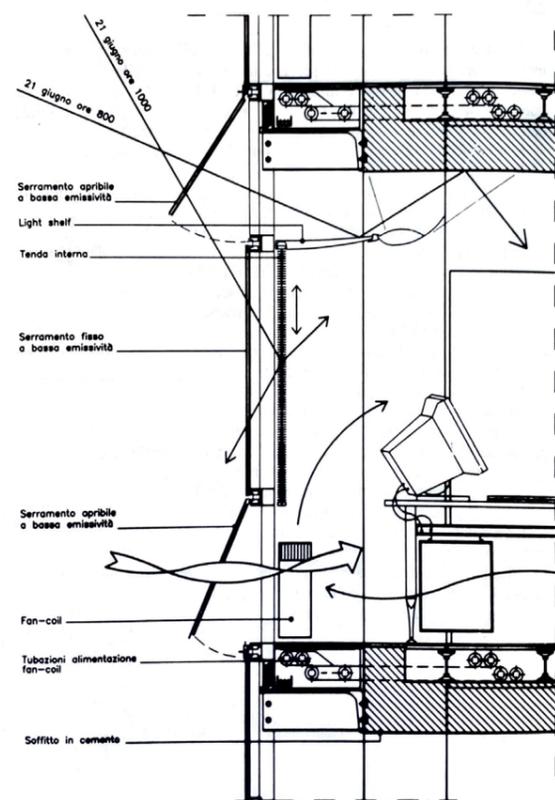


Fig. 3. Sezione verticale con dettaglio della chiusura verso Sud della nuova palazzina iGuzzini. Fonte: Mario Grosso [1].

Fig. 4. Modalità notturna della ventilazione naturale della nuova palazzina iGuzzini. Fonte: Mario Grosso [1].



BIBLIOGRAFIA.

TESTI

- S. **Brunoro**, *Efficienza energetica delle facciate: standard, requisiti, esempi per l'adeguamento e la riqualificazione architettonica*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2006.
- P. **D'Agostino**, *Il progetto dell'ombra: geometria e tecnologia delle schermature solari*, CUES, 2012.
- E. **Mazria**, *Sistemi solari passivi*, Muzzio, Padova, 1980.
- V. **Corrado**, E. **Fabrizio**, *Fondamenti di termofisica dell'edificio e climatizzazione*, CLUT, 2014.
- V. **Tatano**, M. **Rossetti**, *Schermature solari: evoluzione, progettazione e soluzioni tecniche*, Santarcangelo di Romagna, Maggioli, 2012.
- P. **Trogenza**, M. **Wilson**, *Daylighting: Architecture and lighting design*, Abingdon, Routledge, 2011.
- C. **Aghemo**, V. **Lo Verso**, *Guida alla progettazione dell'illuminazione naturale*, AIDI, 2003-
- M. **Grosso**, *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli, Rimini, 1997.
- S. F. **Brivio**, *Schermature solari e tende tecniche: metodi e soluzioni di progetto, tipologie, risparmio energetico*, Il Sole 24 ore, Milano, 2010.
- W. **MacCann**, *Viaje a caballo por las provincias argentinas*, Buenos Aires, 1939.
- A. **Gorelik**, *La grilla y el parque: Espacio público y cultura urbana en Buenos Aires, 1887-1936*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires 1998.
- P. F. **Smith**, *Architecture in a climate of change : a guide to sustainable design*, Architectural press, Oxford, 2005.
- S. **Croce**, T. **Poli**, *Transparency: facciate in vetro tra architettura e sperimentazione*, Il Sole 24 Ore, Milano, 2013.

ARTICOLI

- A. **Invidiata**, E. **Ghisi**, *Life-cycle energy and cost analyses of window shading used to improve thermal performance of houses*, in "Journal of Cleaner Production", 1 ottobre 2016, vol. 133, pp. 1371-1383.
- J. **Cho**, C. **Yoo**, Y. **Kim**, *Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings: Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis*, in "Energy and Buildings", ottobre 2014, vol. 82, pp. 771-785.
- I. **Ballarini**, G. **De Luca**, A. **Paragamyan**, A. **Pellegrino**, V. **Corrado**, *Transformation of an Office Building into a Nearly Zero Energy Building (nZEB): Implications for Thermal and Visual Comfort and Energy Performance*, in "Energies", marzo 2019.
- S. **M. Al-Masrani**, K. M. **Al-Obaidi**, N. **Azizah Zalin**, M. I. **Aida Isma**, *Design optimisation of solar shading systems for tropical office buildings: challenges and future trends*, in "Solar Energy", agosto 2018, vol. 170, pp. 849-872.
- C. **Buratti**, P. **Ricciardi**, C. **Simoncini**, *Il benessere termoisometrico nelle aule universitarie: primi risultati di una campagna sperimentale presso le università di Perugia e Pavia effettuata secondo nuove metodologie basate sul modello adattivo*, aprile 2005.
- S. F. **Brivio**, *Controllo solare più efficiente*, in "Arketipo", settembre 2010.
- E. **Fabrizio**, *Energy Plus per stimare i consumi energetici. Potenzialità, criticità e utilizzo del*

software di simulazione dinamica, gennaio 2019.

- A. **Jamrozik**, *Access to daylight and view in an office improves cognitive performance and satisfaction and reduces eyestrain: A controlled crossover study*, in "Building and Environment", novembre 2019.
- J. A. **Sanchez**, S. V. **Sanchez**, T. **Ikaga**, M. **Ichihara**, K. **Harimoto**, *The impact of greenery and daylight on productivity and well-being at the workplace: an experimental case study*, in "Journal for Facility Management", 2018.
- S. **Kleindienst**, M. **Andersen**, *The Adaptation of Daylight Glare Probability to Dynamic Metrics in a Computational Setting*, gennaio 2009.
- John **Mardaljevic**, *Useful daylight illuminance: A new paradigm for assessing daylight in buildings*, in "Lighting Research & Technology", marzo 2005, vol. 37.
- M. **Mandalaki**, K. **Zervas**, T. **Tsoutsos**, A. **Vazakas**, *Assessment of fixed shading devices with integrated PV for efficient energy use*, in "Solar Energy", settembre 2012, vol. 86, pp. 2561-2575.
- R. **Bolici**, C. **Micono**, *Schermare dinamicamente. Osservazione, riscontro e progetto*, in "Techne", 2018, vol. 16, pp. 164-176.
- P. **Ross**, *Tipology: offices*, in "The Architectural Review", luglio 2012.
- A. **De Magistris**, U. **Zanetti**, *Buenos Aires: la metropoli che iniziò due volte*, in "Area", gennaio 2019.
- M. **Cremaschi**, *La griglia, le baracche, le torri neoliberali: la 'modernità informale' di Buenos Aires*, in "Modernità delle Americhe", Roma, 2017.
- **IPCC**, *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, 2014.
- J.G.J. **Olivier**, J.A.H.W. **Peters**, *Trends in global CO2 and total greenhouse gas emissions: 2019 Report*, The Hague, 2020.
- F. **Abi Morshed**, M. **Zewuster**, *Renewable energy in America Latina*, in "Energy Monitor", maggio 2018.
- N. **Apergis**, J. E. **Payne**, *Energy consumption and growth in South America: evidence from a panel error correction model*, in "Energy Economics", novembre 2010, vol. 32, pp. 1421-1426.
- S. **Flores-Larsen**, C. **Filippin**, G. **Barea**, *Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina*, in "Energy and Buildings", febbraio 2019, vol. 184, pp. 216-229.

DISPENSE

- Materiale didattico: A. **Pellegrino**, *Il progetto della luce naturale*, Atelier per il progetto sostenibile di architettura, a.a. 2016/2017, Politecnico di Torino.
- F. **Gugliermetti**, F. **Bisegna**, L. **Monti**, *Linee guida per l'utilizzazione della luce*, Ministero dello sviluppo economico, Enea, settembre 2010.

TESI

- L. **Cafagna**, *Modellazione in regime dinamico di uno spazio multisala per concerti e prosa: ipotesi di efficientamento energetico*, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino, a.a. 2018/2019, rel. Marco Carlo Masoero, corr. Laura Rietto.
- M. **Giompapa**, *Un nuovo volto per la scuola Drovetti di Torino. Il ruolo della luce naturale per*

il comfort visivo e il risparmio energetico, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino, a.a. 2019/2020, rel. Anna Pellegrino.

- E. Cisotto, C. Badagliacca, *Sperimentazione di un processo di Integrative Design nella progettazione preliminare di un edificio per uffici: energia e comfort*, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino, a.a. 2015/2016, rel. Marco Filippi, Corr. Elisa Sirombo, Maria Ferrara.

- M. Niccoli, K. Rizza, *Biosphera 2.0: tra efficienza energetica e benessere psicofisico*, Tesi di Laurea Magistrale, Politecnico di Torino, a.a. 2016/2017, rel. Guido Callegari

- <https://www.econoblog.com.ar/>

- <https://www.ausa.com.ar/>

- https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/FS_what_ipcc.pdf https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/FS_what_ipcc.pdf (15/10/2020)

- <http://www.comitatocientifico.org/temi%20CG/clima/datiglobali.html>

NORMATIVA

- UNI EN ISO 7730:2006_ *Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale*.

- IRAM 2 11603:1996_ *Acondicionamiento térmico de edificios: Clasificación bioambiental de la República Argentina*.

- UNI EN 16798-1:2019_ *Prestazione energetica degli edifici - Ventilazione per gli edifici - Parte 1*

- UNI/TS 11300:2014_ *Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*

- UNI 10840:2007, *Luce e illuminazione - Locali scolastici - Criteri generali per l'illuminazione artificiale e naturale*

- UNI EN 17037:2019_ *Luce diurna negli edifici*.

- UNI EN 12464-1:2011_ *Luce e illuminazione - Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1*.

IRAM 2 11603:1996_ *Acondicionamiento térmico de edificios: Clasificación bioambiental de la República Argentina*.

- IRAM-AADL J 20-06_ *Luminotecnica*.

- ISO/DIS 18523-1:2015 (E)_ *Energy performance of buildings - Schedule and condition of buiding, zone and room usage for energy calculation - Part 1*.

LEGISLAZIONE

- D.P.R. 26/08/1993_ *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia*.

- *Código Urbanístico, Buenos Aires Ciudad*, editato por la Subsecretaria de Planemiento, 2019.

SITOGRAFIA

- <https://www.buenosaires.gob.ar/>

- <http://www.observatorioamba.org/>

- <https://www.barriada.com.ar/>

- <https://www.mibelgrano.com.ar/>

- <http://revistasummamas.com.ar/>

- <https://planoabierto.buenosaires.gob.ar/>

Un grazie speciale

alle professoresse *Ilaria Ballarini* e *Anna Pellegrino* che hanno supervisionato questo lavoro di tesi aiutandomi a correggere il tiro e che, con le loro capacità, hanno saputo guidarmi in questo percorso;

alla professoressa *Liliana Bonvecchi* dell'Universidad de Belgrano per aver dato inizio a questo progetto;

grazie a tutti coloro che hanno collaborato alla mia esperienza accademica porteña.

RINGRAZIAMENTI.

Ai miei punti guida,
a mia madre, al suo immenso cuore, ristoratore nei momenti difficili,
a mio padre, alle sue braccia forti sempre pronte ad accogliermi,
a mia sorella, alla sua fame di curiosità che la contraddistingue e mi accompagna,

a nonna, che si ricorderà sempre di aspettare che torni,
a nonno, che lo farà stringendole la mano,

agli occhi buoni dei miei familiari,

alla mia Squadra, non solo in campo ma nella vita,
a chi con determinazione ha affrontato le proprie sfide ricordandomi che c'è sempre una via d'uscita;
a chi ho incontrato per caso, e poi mi ha seguito in questo percorso; a chi ha condiviso con me banchi di scuola, scorci di questa città piemontese mai troppo fredda per le notti passate ad inseguire i nostri sogni; a chi purtroppo o per fortuna ha condiviso più di questo, fino ad abitare nelle stesse mura, che fosse qui o oltreoceano; a chi senza parlare mi ha sempre detto che non si è mai abbastanza lontani per volersi bene;
a chi, più di tutto, ha accettato le mie stranezze, le mie complessità, le mie diversità e non si è mai lasciato intimorire, portandomi a mostrare la parte più fragile di me,

ai parrillas, alle avventure inquisite che non avrebbero avuto lo stesso sapore senza questo gruppo,

a Miriana, all'aria fresca che ho respirato ogni giorno,

a chi ha voluto farne parte.

Grazie.

34°57'62" S 58°42'38" W