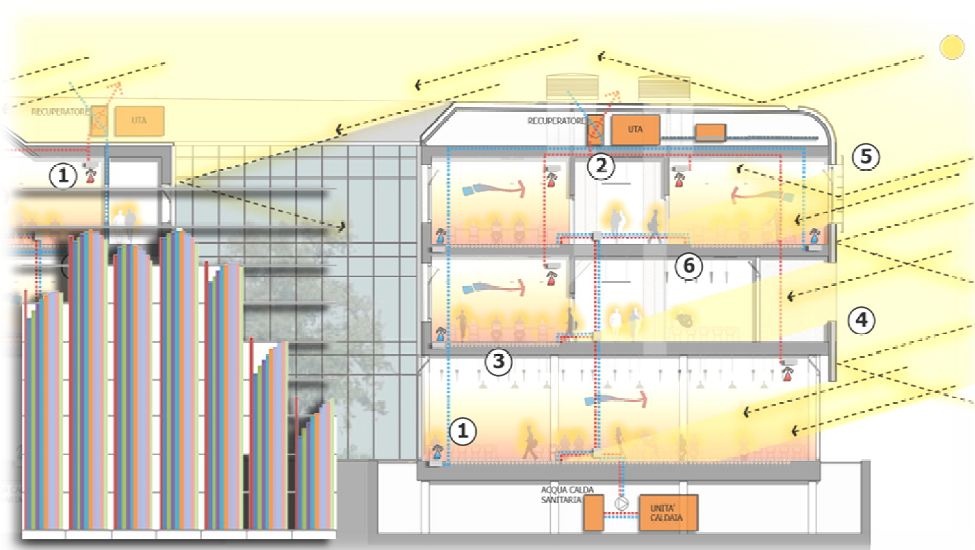


4

PROGETTO
ENERGETICO-TECNOLOGICO



4.1 Premessa

Il proposito di minimizzare il consumo energetico dell'edificio e di garantire il massimo comfort interno ricorrendo il più possibile a energie rinnovabili ha portato ad una complessa analisi del sistema edificio. Si è proceduto all'affinamento delle strategie passive adottate, dall'involucro (tamponamenti opachi e trasparenti) alle schermature, dalla ventilazione naturale allo sfruttamento di energie rinnovabili (fotovoltaico, recupero delle acque). Il metodo proposto analizza il comportamento dinamico dell'edificio e permette di giungere ad un predimensionamento impiantistico.

4.2 Inquadramento del problema energetico

4.2.1 Obiettivi

L'obiettivo principale di una buona progettazione energetica è la riduzione dei consumi del sistema edificio; questa è raggiungibile tramite l'ottimizzazione di strategie attive e passive. In particolare, l'ottimizzazione delle strategie passive deve essere il punto di partenza per agire poi efficacemente su quelle attive. Date inoltre le grandi dimensioni dell'intervento un approccio responsabile verso le tematiche energetico-ambientali risulta fondamentale.

L'altro fondamentale obiettivo di una corretta progettazione energetico-tecnologica è il mantenimento del comfort interno, a partire dalla salubrità dell'aria e dalle condizioni igrotermiche fino ad una corretta progettazione acustica e illuminotecnica.

Si è quindi utilizzato un approccio di tipo prestazionale: individuati i requisiti, si sono scelte le soluzioni tecnologiche in base alle specifiche di prestazione richieste.

Nello svolgimento del capitolo saranno prima presentate tutte le analisi realizzate per ottimizzare il comportamento energetico dell'edificio e solo dopo saranno presentate le soluzioni tecnologiche adottate. Tale scelta è stata motivata dalla volontà di dare risalto all'approccio multidisciplinare utilizzato per la progettazione oltre che dalla difficoltà nel presentare linearmente un percorso fatto di continui cambiamenti e modifiche.

4.2.2 Problematiche

Le principali problematiche energetiche riscontrate nella progettazione di un edificio universitario sono state:

- controllo delle dispersioni per trasmissione attraverso l'involucro
- controllo dei guadagni solari
- controllo delle dispersioni per ventilazione
- controllo dei carichi interni

Si è inoltre notato come la risoluzione di diverse problematiche conduca a soluzioni contrastanti: ad esempio il controllo delle dispersioni invernali tramite riduzione della termotrasmissione è controproducente nei periodi estivi per i locali con grandi carichi termici interni come le aule universitarie.

La soluzione finale non è quindi mai quella in grado di ottimizzare i singoli aspetti, ma quella capace di mediare vantaggi e svantaggi.

4.2.3 Metodo di analisi

Lo studio del comportamento energetico dell'edificio ha seguito un procedimento iterativo:

- scelta del campo di indagine;
- ipotesi della soluzione da adottare;
- studio e verifica delle differenti soluzioni;
- confronto dei risultati;
- adozione della soluzione migliore e applicazione della stessa ad un altro campo di indagine.

4.3 Strategie energetiche

L'elaborazione delle strategie energetiche è cominciata con l'analisi del contesto climatico e delle condizioni interne di progetto.

Il clima della città di Delft è decisamente mite se si considera la sua latitudine: la vicinanza del mare permette infatti di avere inverni miti ed estati fresche, con picchi stagionali ben al di sotto, per esempio, di quelli registrabili nel nord Italia. Risulta ben più problematica invece l'analisi delle condizioni interne di progetto. La destinazione d'uso universitaria implica notevoli variazioni nelle condizioni di esercizio interne, suscettibili della variazione di parametri quali l'affollamento o il numero di macchinari utilizzati. Si passa quindi da momenti con carichi interni praticamente nulli a momenti con carichi interni molto elevati.

Sono stati quindi ipotizzati i due seguenti comportamenti energetici:

4.3.1 Periodo invernale

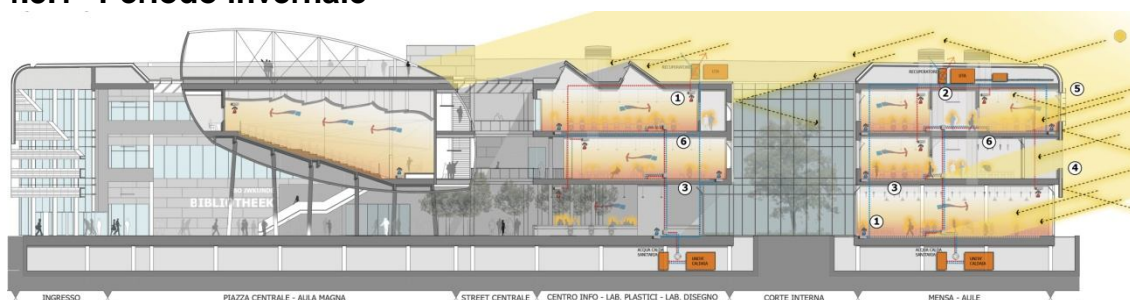


Figura 166 strategia invernale

Durante il periodo invernale l'involucro limita le dispersioni, mentre le schermature favoriscono la captazione solare e i solai alveolari si comportano come masse d'accumulo termico. L'impianto radiante e la UTA con recuperatore d'aria contribuiscono al mantenimento del comfort interno.

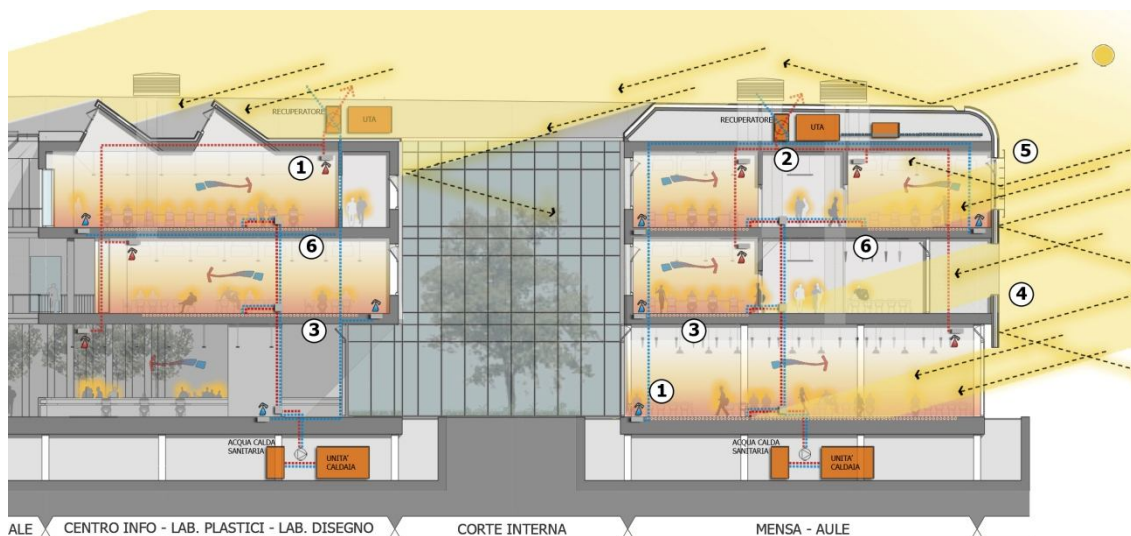


Figura 167 - Strategia invernale – zoom zona aule

- 1 ventilazione meccanica
- 2 recuperatore di calore attivo
- 3 riscaldamento radiante
- 4 scocca protettiva e rivestimento ad elevato isolamento
- 5 schermature fisse
- 6 comportamento massivo solette esposte

4.3.2 Periodo estivo

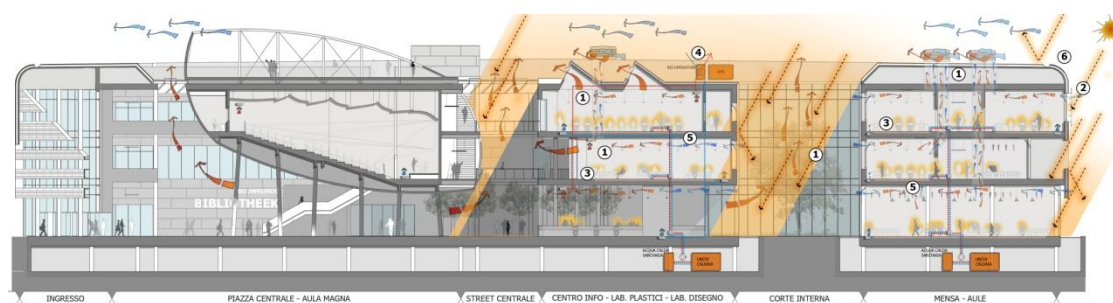


Figura 168 – Strategia estiva

Durante il periodo estivo le schermature limitano la captazione solare ed i solai alveolari contribuiscono insieme all'involucro a sfasare l'onda termica. La ventilazione naturale è ottenuta tramite camini ed aperture studiate appositamente, mentre la ventilazione meccanica si attiva solo quando quella naturale risulta insufficiente. La street centrale presenta aperture per attivare l'effetto camino.

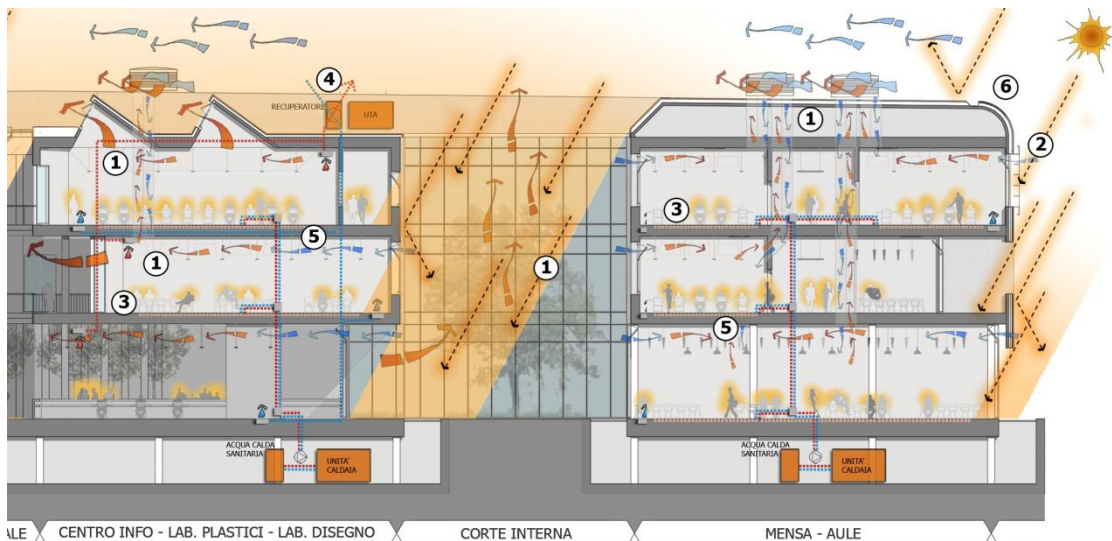


Figura 169 - Strategia estiva – zoom zona aule

- 1 ventilazione naturale tramite camini e cross ventilation
- 2 schermature fisse
- 3 raffrescamento radiante
- 4 ventilazione meccanica, quando necessaria, con recuperatore di calore disattivato
- 5 comportamento massivo delle solette esposte
- 6 scocca protettiva e rivestimento ad elevato isolamento
- 7 lavaggio notturno masse termiche

I solai alveolari scelti come volano termico assumono un ruolo fondamentale all'interno della strategia energetica. Essi infatti permettono di calmierare i picchi termici che nascerebbero a causa degli elevati carichi interni. Affinchè questa risorsa sia sempre disponibile è necessario il lavaggio termico notturno delle masse esposte di calcestruzzo (night flushing), al fine di scaricare le masse dal calore assorbito durante la giornata.

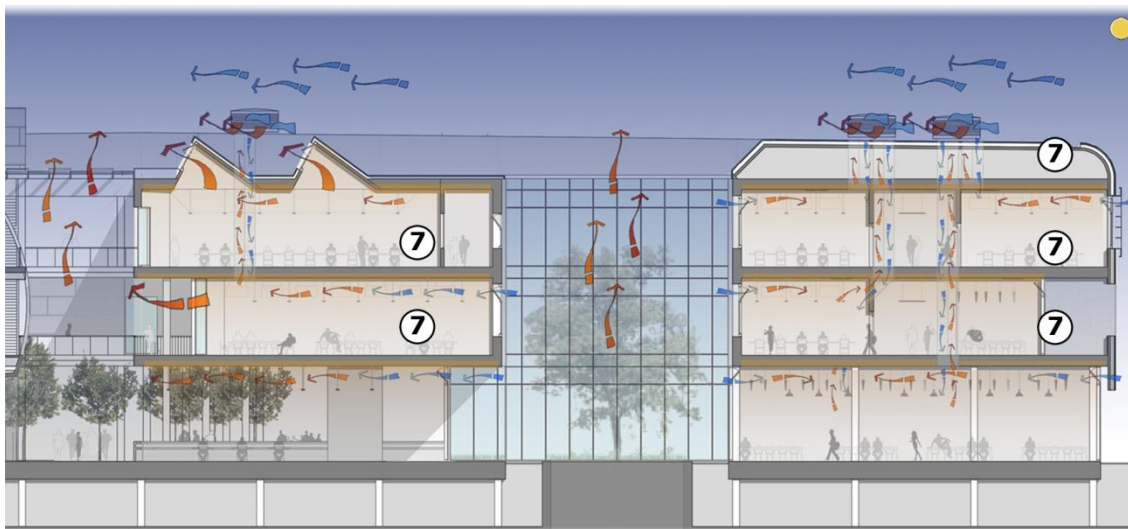


Figura 170 – Night flushing

Le strategie energetiche qui descritte sono state verificate ed implementate tramite 2 fasi principali:

- **studio della ventilazione naturale**, al fine di determinare le possibili soluzioni adottabili;
- **studio del comportamento energetico dell'edificio** con simulazioni dinamiche.

4.4 Ventilazione naturale

Storicamente le scuole sono state progettate per ottimizzare illuminazione e ventilazione naturale, al fine di assicurare il comfort psichico e fisico dei propri utenti tramite l'utilizzo di fonti energetiche gratuite e rinnovabili. L'avvento degli impianti di climatizzazione ha portato frequentemente ad una minor attenzione dei progettisti verso lo sfruttamento di tali fonti, affidandosi sempre di più agli impianti tecnologici per il mantenimento del comfort interno.

Le nuove politiche energetiche hanno però portato ad una riscoperta delle strategie passive e di quelle attive a basso consumo energetico.

Illuminazione naturale e ventilazione naturale sono strettamente connesse, in quanto i sistemi vetrati che permettono di ottenere la prima sono spesso sfruttati anche per la seconda.

Per quanto riguarda l'analisi dell'illuminazione naturale si rimanda all'apposito capitolo illuminotecnico, in cui vengono spiegate e analizzate le strategie di ombreggiamento e diffusione della luce utilizzate, nonché i vantaggi energetici ed economici derivanti dalle scelte effettuate.

Il compito principale della ventilazione consiste nell'abbattere la presenza di inquinanti, ed in particolare di CO₂, dispersi nell'aria. Considerando che oggi giorno la maggior parte delle persone trascorre il 90% del proprio tempo all'interno di edifici, si può facilmente intuire quanto importante sia assicurare un ambiente di studio e di lavoro salubre e confortevole.

Numerosi studi hanno dimostrato come, a tal fine, la concentrazione di CO₂ debba restare al di sotto di 1000 ppm: all'interno di un' aula universitaria ciò si traduce in un ricambio d'aria di 7 l/s per occupante, sia in inverno che in estate. Un tale tasso di ventilazione non è però quasi mai sufficiente per il raffrescamento degli ambienti nelle stagioni più calde, né per il raffrescamento notturno delle masse termiche presenti all'interno dell'edificio.

Bisogna però notare che la ventilazione costituisce una aliquota importante all'interno dei bilanci energetici degli edifici: il ricorso ad involucri sempre meno disperdenti comporta che le dispersioni per ventilazione arrivino al 30-40% delle dispersioni totali.

Bisogna quindi, a seconda dei progetti, individuare le migliori soluzioni atte a raggiungere un compromesso fra massima salubrità dell'aria e minime dispersioni.

Dati contesto e tipologia dell'intervento, una soluzione ibrida ventilazione naturale + ventilazione meccanica risulta, già ad una prima analisi, la miglior soluzione, capace di rispondere adeguatamente alle necessità di benessere interno adattandosi di volta in volta alle condizioni al contorno. Un'analisi delle potenzialità offerte dallo sfruttamento della ventilazione naturale, al variare delle strategie adottate e delle condizioni igrotermiche esterne ed interne, consente quindi di quantificare i periodi del suo sfruttamento ed il conseguente risparmio energetico.

I vantaggi derivati dallo sfruttamento della ventilazione ibrida rispetto a quella meccanica sono riassumibili in:

- minor consumo energetico per garantire il benessere interno ;
- minori costi di installazione;
- minori costi di manutenzione;

Ventilazione naturale

Lo schema di analisi proposto segue le linee guida del *Building Bulletin 101 - Ventilation of School Buildings*, un protocollo stilato e divulgato dal governo inglese.

Si è proceduto attraverso tre fasi:

- concept design
- progettazione preliminare
- progettazione dettagliata

4.4.1 Concept design

Il ricorso alla ventilazione naturale deve essere esplicitato fin dalle fasi iniziali della progettazione, poiché tale strategia impone scelte e valutazioni ben precise. In particolare, i fattori di successo ed insuccesso nella scelta della ventilazione naturale sono riassunti nella seguente tabella:

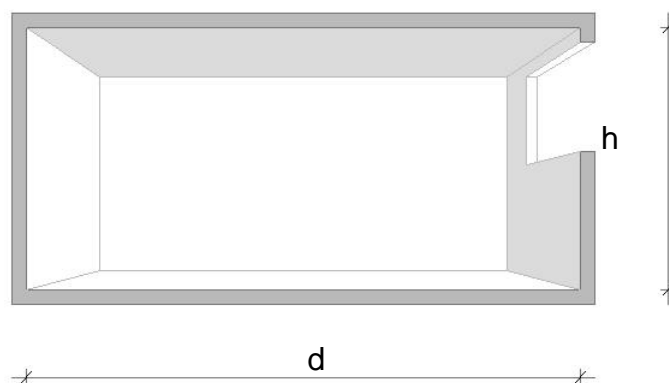
Tabella 12 – Analisi fattori favorevoli/sfavorevoli della ventilazione naturale

Fattori favorevoli	Fattori sfavorevoli
Profondità contenuta del locale (in pianta)	Profondità elevata del locale (in pianta)
Doppio affaccio	Singolo affaccio
Altezza interna del locale elevata	Altezza interna del locale ridotta
Tecnologia costruttiva massiva	Tecnologia costruttiva leggera
Carichi termici interni controllati	Alti carichi termici interni incidentali
Livello sonoro esterno basso	Livello sonoro esterno alto
Livello sonoro interno controllato	Livello sonoro interno non controllato

Per quanto riguarda l'impianto, la scelta dell'impianto a piastra con corti ha consentito di limitare la profondità dei locali (in relazione all'altezza degli stessi) e di assicurare aperture a tutte le aule e a tutti gli uffici, mentre nei vani ciechi sono stati ricavati i servizi igienici, i locali tecnici e le aule informatiche. Al fine di ottimizzare la distribuzione dello spazio e di ottimizzare il rapporto S/V, si è optato per una distribuzione del tipo locale-corridoio-locale (quindi con singolo affaccio) rispetto ad una a ballatoio (con doppio affaccio), riservandosi la

possibilità di ricorrere a camini di ventilazione per garantire la ventilazione passante.

In questa fase si è quindi tenuto conto di semplici regole di predimensionamento dei locali ed in particolare dei seguenti rapporti fra profondità d ed altezza h .



SINGOLO AFFACCIO:

$$d < 2,5 h$$

$$A_{\text{apertura}} = 5\% A_{\text{calpestabile}}$$

Con:

$$d = 8 \text{ m}$$

$$h_{\text{min}} = 8,2 \text{ m} / 2,5 = 3,3 \text{ m}$$

$$A_{\text{calpestabile}} = 13,2 \text{ m} \times 8,2 \text{ m} = 108 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{apertura min}} = 5\% \times 108 \text{ m}^2 = 5,4 \text{ m}^2$$

DOPPIO AFFACCIO:

$$d < 5 h$$

$$A_{\text{apertura}} = 5\% A_{\text{calpestabile}}$$

$$d = 8 \text{ m}$$

$$h_{\text{min}} = 8,2 \text{ m} / 5 = 1,65 \text{ m} \rightarrow h = 4 \text{ m}$$

$$A_{\text{calpestabile}} = 13,2 \text{ m} \times 8,2 \text{ m} = 108 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{apertura min}} = 1\% \times 108 \text{ m}^2 = 1,1 \text{ m}^2$$

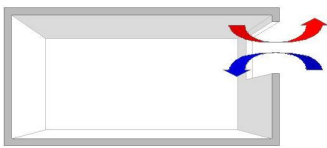
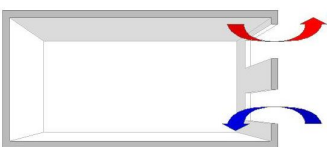

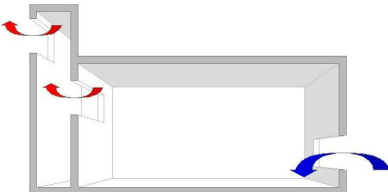
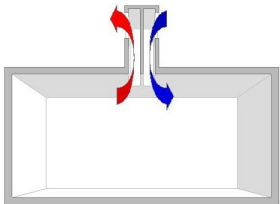
4.4.2 Progettazione preliminare

In una seconda fase sono state valutate le varie strategie per la ventilazione naturale, tramite il foglio di calcolo ClassVent Calculator.

Tali strategie vanno dalla semplice ventilazione tramite apertura su un singolo affaccio fino a soluzioni più complesse che sfruttino camini di ventilazione.

Le diverse strategie analizzate, con i relativi risultati, sono riassunte qui di seguito:

Tabella 13 – Strategie di ventilazione naturale

Strategia	Schema	Funzionamento
Ventilazione singolo affaccio – singola apertura		L'aria entra dalla parte inferiore dell'apertura ed esce da quella superiore
Ventilazione singolo affaccio – doppia apertura		L'aria entra dall'apertura inferiore ed esce da quella superiore
Ventilazione passante		L'aria entra dall'apertura posta su un lato ed esce dall'apertura sul lato opposto
Ventilazione passante con camino		L'aria entra dall'apertura posta su un lato ed esce da un camino
Ventilazione con camino split-duct		L'aria entra ed esce attraverso un camino a più condotti

Le condizioni al contorno analizzate sono caratterizzate dai seguenti gradienti termici:

- **Stagione estiva** $\Delta T_{\text{interno} - \text{esterno}} = 27^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C} = 3^{\circ}\text{C}$
- **Stagione intermedia** $\Delta T_{\text{interno} - \text{esterno}} = 20^{\circ}\text{C} - 11^{\circ}\text{C} = 9^{\circ}\text{C}$
- **Stagione invernale** $\Delta T_{\text{interno} - \text{esterno}} = 20^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 15^{\circ}\text{C}$

Si può notare come tali range rispecchino con buona approssimazione l'andamento annuale delle temperature del sito di progetto.

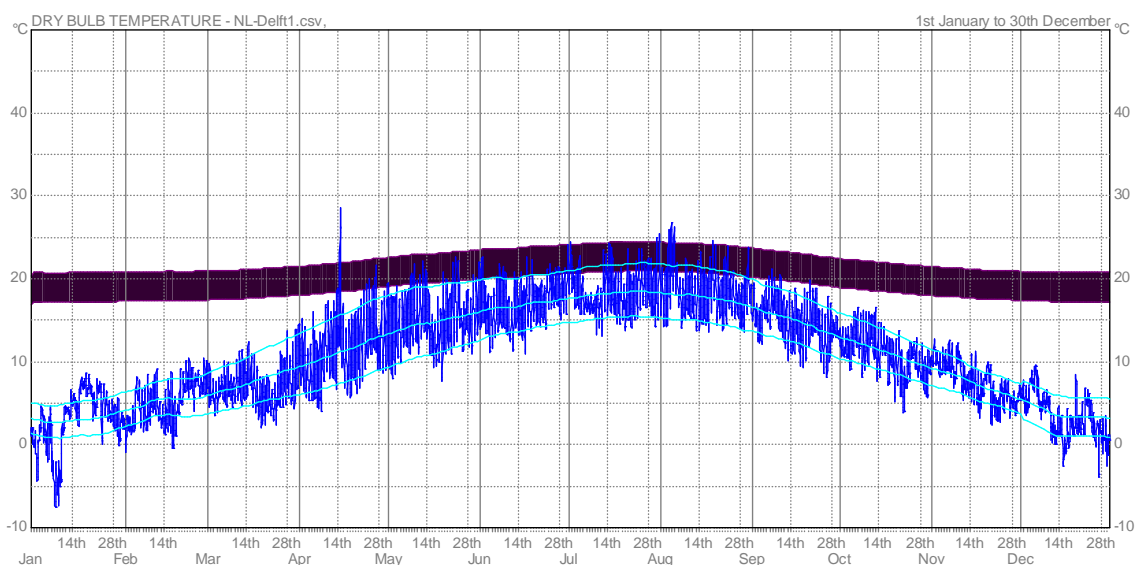


Figura 171 – Andamento annuale della temperatura a Delft e fascia di comfort

Il ricorso alla ventilazione naturale con una temperatura esterna di 5°C può apparire inappropriato, in realtà i carichi interni possono compensare tale situazione ed il problema degli spifferi può essere risolto, come meglio specificato più avanti.

E' stato inoltre considerato, dove possibile ,l'effetto dei ventilazione dovuto alla presenza di vento alla velocità di 2 m/s .

I dati di input del software sono stati:

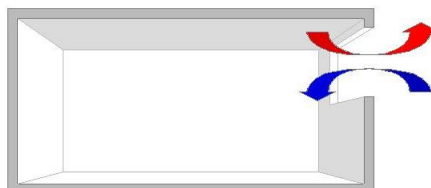
- Larghezza aula $13,2 \text{ m}$
- Profondità aula $8,0 \text{ m}$
- Altezza interna aula $4,4 \text{ m}$
- Numero di persone all'interno 51

Dal numero di occupanti è possibile ricavare il volume d'aria Q necessario imponendo un tasso di 7 l/s/per :

- $Q = 0.36 \text{ m}^3/\text{s} = 2.8 \text{ vol/h}$

Si riportano quindi le schermate di calcolo per le cinque strategie analizzate:

**Ventilazione
singolo affaccio –
singola apertura**



Inputs		
Number of Floors		3
Vertical depth of opening (vent/window) - m		1,00

Temperatures		Outside	Inside
Winter		5	20
MidSeason		11	20
Summer		24	27
User defined - select your temperature		24	27
Temperature Profile - default season or user input			Summer

Windspeed		2 m/sec
Source of data (Local, Meteorological) ? (see Notes)		Meteoreol
Location (Open, Rural, Urban, City) ? (see Notes)		Urban

Required Volume flow		7 l/sec/p
Volume Flow	m³/sec	0,36
Volume Flow	ach	2,8

Results		
CIBSE equation, temperature and wind effects are independent.		
Area (temperature only)	m²	5,59
Area (wind only)	m²	10,70
Pressure at vent (temperature only)		Pa 0,0
deGids & Phaff equation, combined temperature and wind effects		
Area (temperature & wind)	m²	4,87

Figura 172 – Esempio di calcolo della ventilazione naturale

Le formule utilizzate dal software per calcolare le aree necessarie sono:

$$Q = C_d \frac{A}{3} \sqrt{\frac{\Delta T g H}{T}} \quad \text{per il solo effetto dovuto al gradiente termico}$$

$$Q = 0.025 A V \quad \text{per il solo effetto dovuto al vento}$$

Con:

C_d

coefficiente di portata

Ventilazione
singolo affaccio –
doppia apertura



Inputs		
Midpoint of bottom opening - height from floor	m	1,00
Midpoint of top opening - height from floor	m	3,50
Area of top opening (optional user input)	m ²	10,00

Temperatures	Outside	Inside
Winter	5	20
MidSeason	11	20
Summer	24	27
User defined - select your temperatures	24	27
Temperature Profile - default season or user input	Summer	

Required Volume flow	7 l/sec/p
Volume Flow, m ³ /sec	0,357
Volume Flow, ach	2,8

Results			
		Outlet	Inlet
Area of Inlet and Outlet Opening	m ²	1,18	1,18
Area of Inlet Vent	m ²	10,00	0,83
Pressure at vents	Pa	0,0	0,3

Figura 173 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale

Le formule utilizzate dal software per calcolare le aree necessarie sono:

$$Q = C_d A \left[\frac{\varepsilon \sqrt{2}}{(1 + \varepsilon)(1 + \varepsilon^2)^{0,5}} \right] \left(\frac{\Delta T g H_1}{\bar{T}} \right)$$

Con:

C_d

coefficiente di portata

$$\varepsilon = \frac{A_1}{A_2}$$

$$A = A_1 + A_2$$

**Ventilazione
passante**



Inputs		
Number of Floors		3
Front opening - inlet height from floor	m	1,00
Rear opening - outlet height from floor	m	1,00
Provide opening depth here =====>>	m	1,00
Area of rear opening (optional user selection)	m²	2,00

Temperatures	Outside	Inside
Winter	5	20
MidSeason	11	20
Summer	24	27
User defined - select your temperatures	24	27
Temperature Profile - default season or user input		Summer

Windspeed	2 m/sec
Source of wind data (Local, Meteorological) ? (see Notes)	Meteorolo
Location (Open, Rural, Urban, City) ? (see Notes)	Urban

Required Volume flow	7 l/sec/p
Volume Flow, m³/sec	0,357
Volume Flow, ach	2,8

Results			
		Outlet	Inlet
Opening areas (no wind)	m²	2,80	2,80
Opening areas (wind)	m²	0,71	0,71
<i>Pressure at vents, no wind</i>	Pa	0,0	0,0
Inlet area if inputting outlet area (wind)	m²	2,00	0,52
<i>Pressure at vents, (set wind = 0)</i>	Pa	0,1	0,7

Figura 174 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale

Le formule utilizzate dal software per calcolare le aree necessarie sono:

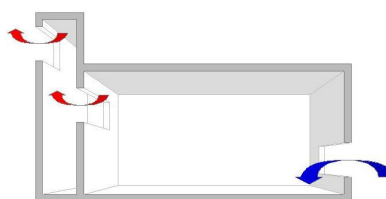
$$Q = C_d A_w V \sqrt{\Delta C_p} \quad \text{per il solo effetto dovuto al vento}$$

$$Q = C_d A_w \left(\frac{2\Delta T g H}{T} \right)^{0.5} \quad \text{per il solo effetto dovuto al gradiente termico}$$

Con:

$$\frac{1}{A_w^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2}$$

**Ventilazione
passante con
camino**



Inputs	
Number of Floors	3
Stack Outlet height from ground - m	17,00
Front opening height from floor - m	0,50
optional - Area of stack outlet - m ²	5,00
Area of "classroom to stack" transfer vent - m ²	6,00

Temperatures	Outside	Inside
Winter	5	20
MidSeason	11	20
Summer	24	27
User defined - select your temperatures	24	27
Temperature Profile - default season or user input	Summer	

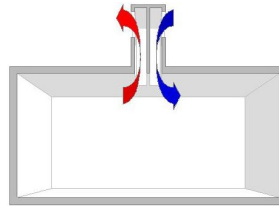
Windspeed	2 m/sec
Source of wind data (Local, Meteorological) ? (see Notes)	Meteoreolo
Location (Open, Rural, Urban, City) ? (see Notes)	Urban

Required Volume flow	7 l/sec/p
Equivalent to (m ³ /sec)	0,357
Equivalent to (ach)	2,8

Results					
		Outlet	Inlet(s)		
		Stack	Floor 1	Floor 2	Floor 3
Stack Outlet & Façade Opening Areas (no wind)	m ²	2,37	0,36	0,43	0,60
Stack Outlet & Façade Opening Areas (wind)	m ²	2,37	0,29	0,33	0,39
Façade Opening (outlet area provided) - (wind)	m ²	5,00	0,28	0,31	0,36
Pressure at vents (no wind)	Pa	0,3	1,6	1,1	0,6
Pressure at vents (user defined stack outlet area)	Pa	0,1	2,6	2,1	1,6

Figura 175 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale

Camino – split duct



Inputs	
Terminal outlet (midpoint of grille), height above ground - m	20,60
Terminal inlet (midpoint of grille), height above ground - m	12,00

Temperatures	Outside	Inside
Winter	5	20
MidSeason	11	20
Summer	24	27
User defined - select your temperature	24	27
Temperature Profile - default season or user input		Summer

Windspeed (always select a non zero value)	2 m/sec
Source of data (Local, Meteorological) ? (see Notes)	Meteoreolo
Location (Open, Rural, Urban, City) ? (see Notes)	Urban

Required Volume flow	7 l/sec/p
Volume Flow, m ³ /sec	0,357
Volume Flow, ach	2,8

Results			
		Grille Area (per aspect)	
Area of Inlet/Outlet grille	m ²	Buoyancy only	0,32
Area of Inlet/Outlet grille	m ²	Wind only	0,55
<i>Pressure at inlet or outlet grille</i>	<i>Pa</i>	<i>Buoyancy only</i>	<i>0,5</i>
		Duct Area	
Cross sectional area of whole duct	m ²	Buoyancy only	1,27
Cross sectional area of whole duct	m ²	Wind only	2,22

Figura 176 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per le aule del primo e del secondo piano, differenziando la ventilazione attivata dal gradiente termico da quella attivata dal vento. Si sono ignorati gli effetti di interazione fra i due meccanismi poiché le formule proposte non forniscono risultati affidabili.

Tabella 14 – Tabella riassuntiva delle soluzioni per la ventilazione naturale 1

Ventilazione attivata grazie al gradiente termico ΔT							
Strategia		Condizioni					
		Estate		Primavera - Autunno		Inverno	
		Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]	Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]	Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]
Singolo affaccio - singola apertura		5,59	-	3,18	-	2,45	-
Singolo affaccio - doppia apertura	Area 1 = apertura inf Area 2 = apertura sup	1,18	1,18	0,66	0,66	0,51	0,51
Passante		2,80	2,80	1,59	1,59	1,22	1,22
Passante con camino - P1	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita h ingresso = 1 m (dal pavimento) h uscita = 13,6 m (dal pavimento)	0,41	1,28	0,23	0,72	0,18	0,55
Passante con camino - P1	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita h ingresso = 3,5 m (dal pavimento) h uscita = 13,6 m (dal pavimento)	0,47	1,28	0,27	0,72	0,20	0,55
Passante con camino P2	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita h ingresso = 1 m (dal pavimento) h uscita = 9,6 m (dal pavimento)	0,54	1,28	0,31	0,72	0,23	0,55
Passante con camino P2	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita h ingresso = 3,5 m (dal pavimento) h uscita = 9,6 m (dal pavimento)	0,72	1,28	0,27	0,72	0,2	0,55
Camino split-duct P1	Area 1 = ingresso/uscita Area 2 = condotto (tot) h interna= 12 m (dal suolo) h esterna= 20,6 m (dal suolo)	0,32	1,27	0,18	0,72	0,14	0,55
Camino split-duct P2	Area 1 = ingresso/uscita Area 2 = condotto (tot) h esterna = 17 m (dal suolo) h esterna= 20,6 m (dal suolo)	0,49	1,96	0,28	1,11	0,21	0,85

Tabella 15 - Tabella riassuntiva delle soluzioni per la ventilazione naturale 2

Ventilazione attivata grazie al vento							
Strategia		Condizioni					
		Estate		Primavera - Autunno		Inverno	
		Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]	Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]	Area 1 [m ²]	Area 2 [m ²]
Singolo affaccio - singola apertura		11,84	-	3,18	-	2,45	-
Singolo affaccio - doppia apertura	Area 1 = apertura inf Area 2 = apertura sup	0,91	2,00	0,48	2,00	0,37	2,00
Passante		0,78	0,78	0,72	0,72	0,67	0,67
Passante con camino - P1 h ingresso = 1 m (dal pavimento) h uscita = 13,6 m (dal pavimento)	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita	0,33	1,28	0,21	0,72	0,17	0,55
Passante con camino - P1 h ingresso = 3,5 m (dal pavimento) h uscita = 13,6 m (dal pavimento)	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita	0,37	1,28	0,24	0,72	0,19	0,55
Passante con camino P2 h ingresso = 1 m (dal pavimento) h uscita = 9,6 m (dal pavimento)	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita	0,40	1,28	0,27	0,72	0,22	0,55
Passante con camino P2 h ingresso = 3,5 m (dal pavimento) h uscita = 9,6 m (dal pavimento)	Area 1 = ingresso Area 2 = uscita	0,45	1,28	0,33	0,72	0,27	0,55
Camino split-duct	Area 1 = ingresso/uscita Area 2 = condotto (tot)	0,55	2,22	0,55	2,22	0,55	2,22

I risultati raccolti mostrano come, a questo livello di analisi, tutte le soluzioni proposte risultino teoricamente attuabili, infatti nessuna delle strategie richiede aree finestrate o grigliate di ventilazione proibitive. Date le esigenze architettoniche del prospetto, si è però deciso di scartare le soluzioni con aperture su più livelli per uno stesso locale, preferendo una maggior pulizia del prospetto. Si è anche deciso di non adottare soluzioni con aperture posizionate in basso per evitare i disagi dovuti agli spifferi e alle correnti d'aria che si potrebbero generare. La soluzione con ventilazione passante risulta di difficile attuazione vista la disposizione funzionale delle aule.

La strategia adottata per la ventilazione si è quindi orientata sullo sfruttamento delle ampie vetrate, già previste per garantire una buona illuminazione naturale, tramite aperture poste alla sommità di queste e sull'introduzione di

camini a quadruplo canale interno. Tali soluzioni presentano i seguenti vantaggi:

- eliminazione di correnti d'aria fredda ad altezza uomo;
- facilità di lavaggio notturno delle solette in calcestruzzo esposte;
- possibilità di ventilare naturalmente tenendo chiusi i serramenti di facciata, garantendo un miglior isolamento acustico.

Si ricorda che le aree ottenute sono “aree equivalenti”, ovvero una percentuale dell'area apribile del serramento dipendente dalla configurazione della finestra e dall'angolo di apertura.

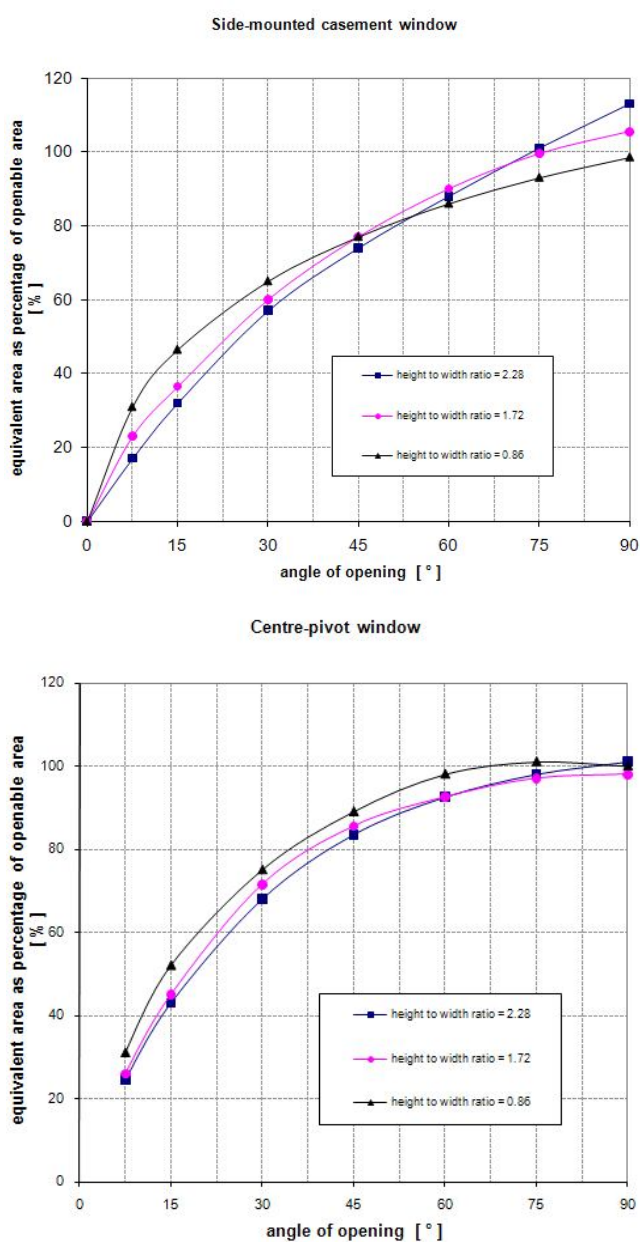


Figura 177 – Rapporto fra area geometrica ed area equivalente

Si è quindi scelto di installare:

- serramenti a vasistas posizionati in sommità delle finestre nelle aule (geometria 12 m x 1 m, area equivalente pari a 9,6 m²)
- 3 camini da 80 x 80 cm per le aule dell'ultimo piano
- 2 camini da 80 x 80 cm per le aule del secondo piano.

4.5 Analisi comportamento dinamico edificio

Lo studio del comportamento energetico è stato affrontato tramite l'utilizzo di software in grado di svolgere analisi dinamiche: tali programmi consentono di simulare il reale comportamento degli edifici e permettono una maggior accuratezza nella creazione del modello. Le analisi dinamiche consentono per esempio di simulare la reale occupazione delle aule. Nel caso analizzato è stata ipotizzata un'affluenza differenziata nelle varie ore della giornata e al variare del periodo dell'anno. Per esempio:

Tabella 16 – Orari e percentuali di affollamento dei locali dell'università

	Percentuale di affluenza rispetto alla capienza dell'aula	
	giorno di lezioni	giorno di esami
fino alle 7:00	0,00	0,00
7:00 - 8:00	0,10	0,00
8:00 - 9:00	0,50	0,25
9:00 - 10:00	0,75	0,40
10:00 - 12:00	0,90	0,50
12:00 - 14:00	0,50	0,25
14:00 - 17:00	0,90	0,50
17:00 - 18:00	0,75	0,25
18:00 - 20:00	0,25	0,10
20:00 - 22:00	0,10	0,00
dopo le 22:00	0,00	0,00

Modellizzazione dell'edificio

Date le dimensioni dell'edificio, si è scelto di limitare lo studio del comportamento energetico ad una porzione di esso, corrispondente con il blocco sud-ovest. In tale blocco si trovano lo spazio espositivo e la mensa al piano terra, mentre al piano superiore si trovano aule, aule per disegni e plastici e aule PC.

Anche se modellate separatamente, le aule con funzioni ed orientamenti simili sono state analizzate come un singolo blocco, al fine di accelerare i tempi di calcolo.

Ad ogni zona è stata assegnata la propria destinazione d'uso con i relativi affollamenti e a tutti gli elementi solidi è stata assegnata la relativa soluzione tecnologica.

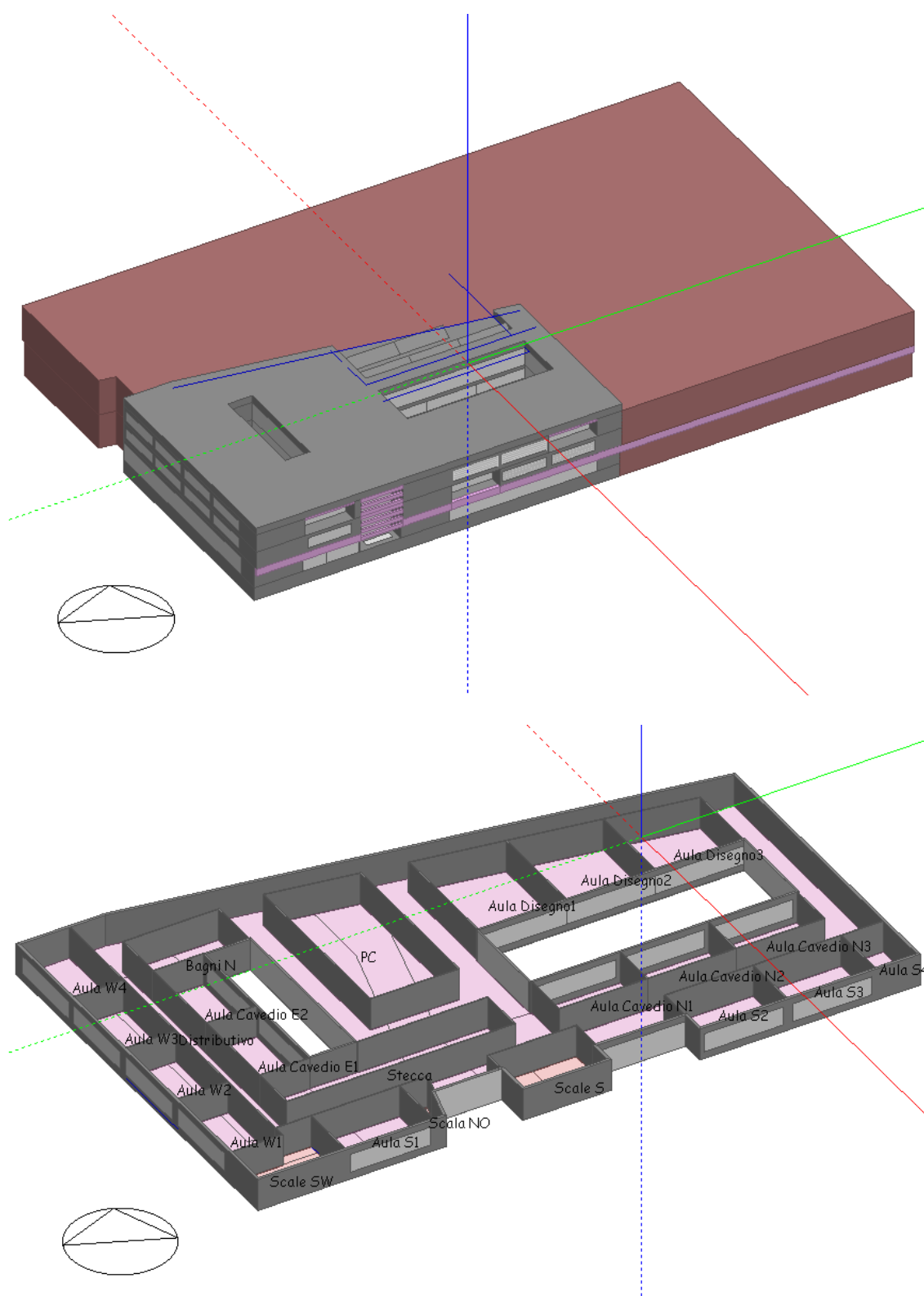


Figura 178 – Modellizzazione dell'edificio per lo studio energetico

I primi due obiettivi dell'analisi energetica sono stati:

- ottimizzazione delle chiusure trasparenti;
- ottimizzazione delle schermature.

4.5.1 Ottimizzazione delle chiusure trasparenti

Si è confrontato il comportamento di 2 tipi di chiusure trasparenti:

Vetrocamera 6-12-4 (camera ad argon)

avente le seguenti caratteristiche:

SHGC 0,58

Trasmissione solare diretta 0,52

Trasmissione luce 0,78

$U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Doppia vetrocamera 4-12-4-12-4 (camera ad argon)

avente le seguenti caratteristiche:

SHGC 0,48

Trasmissione solare diretta 0,39

Trasmissione luce 0,69

$U = 0,7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Si è effettuata una analisi volta alla valutazione dei fabbisogni termici per le due soluzioni, scegliendo un'aula affacciata a sud e dotata di schermature.

Dai risultati ottenuti si sono potuti confrontare gli apporti di raffrescamento e riscaldamento necessari a ripristinare il bilancio energetico

Tabella 17 Bilancio energetico doppio vetro

Bilancio energetico [kWh]	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Vetrata	-	-	-	-	3	-1,09	8,04	-5,7	-	-137	-	-
Pareti	296,5	232,7	174,5	111,9	3	-1,09	8,04	-5,7	25,07	-137	205,8	235,6
Soffitti (interni)	38,65	33,12	29,47	23,49	18,77	13,41	16,01	13,96	17,38	23,32	27,39	27,39
Pavimenti interni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Partizioni (interne)	92,69	-0,42	21,6	-6,35	99,91	53,45	50,23	23,11	14,81	48,45	39,1	114,6
Tetti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pavimenti esterni	21,81	-3,69	6,09	-1,89	26,05	8,88	14,14	2,2	-9,83	7	10,44	18,64
Infiltrazione esterna	-4,42	-0,58	2,9	0,28	-6,12	2,36	-2,44	1,76	-1,89	2,66	3,91	4,62
Apporti illuminazione	-	-	-66,1	-	-	-7,27	-	-	-	-	-	-
Apporti di occupazione	149,2	85,12	65,57	117,8	117,8	76,44	27,16	56,03	27,42	48,18	3,21	3,21
Apporti solari finestre	25,61	22,36	22,51	17,88	19,67	10,56	14,24	10,06	11,87	10,64	15,17	14,44
Riscaldamento fornito	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raffrescamento fornito	454,3	436,8	-410	300,4	-223	185,5	180,7	-178	193,4	279,2	372,3	361,1
	212,1	190,7	206,8	212,2	201,6	212,2	244	206,6	222,8	244	222,8	159,1
	892,2	802,4	859,9	870,6	752,7	752,7	836,1	698,3	821,1	994,5	934,6	669,5
	546	868,4	1228	1116	1351	1177	1251	1246	1092	821,1	583	375,3
	444,8	309,8	229,9	173	92,15	31,15	14,73	14,45	39,58	126,8	251,2	259,9
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	897,2	-1235	-1715	-1715	-1771	-1917	-1889	-1851	-1741	-1651	-1256	871,9

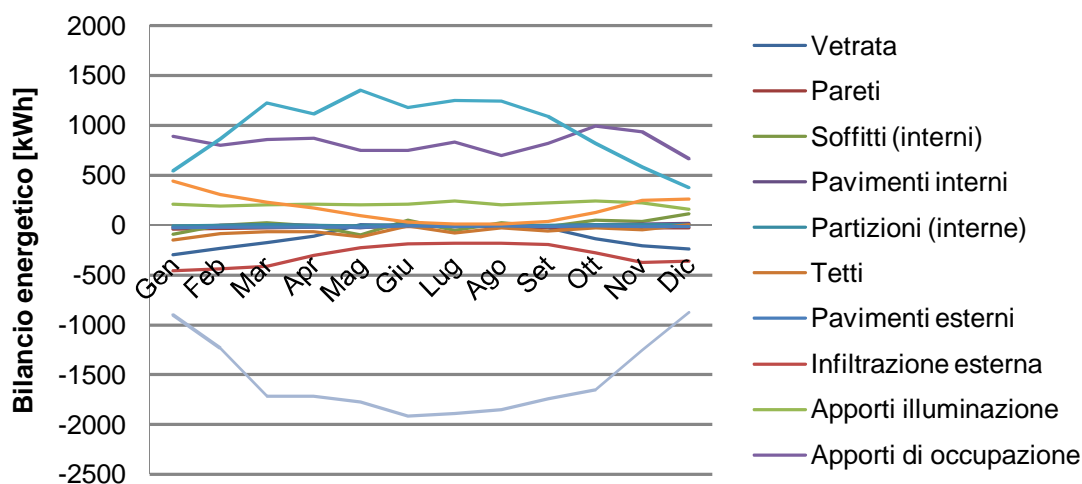


Tabella 18 Bilancio energetico triplo vetro

Bilancio energetico [kWh]	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Vetrata	-82,7	-5,7	76,3	101,8	204,5	178,2	195,5	181,7	148,1	47,5	-26,8	-75,7
Pareti	-38,7	-32,8	-28,7	-22,7	-17,0	-12,0	-14,5	-12,5	-16,2	-22,8	-27,3	-27,4
Soffitti (interni)	-92,6	1,7	25,9	-7,2	-94,7	48,7	-49,9	25,8	-13,5	42,2	35,6	117,7
Pavimenti interni	-21,7	-3,1	7,1	-2,5	-25,0	8,1	-14,1	2,9	-9,2	5,7	9,8	19,3
Partizioni (interne)	-4,4	-0,5	3,1	0,2	-5,9	2,3	-2,5	1,9	-1,8	2,4	3,8	4,8
Tetti	-149,5	-83,3	-61,7	-64,1	-110,4	-6,9	-72,5	-21,9	-52,4	-30,1	-50,2	4,9
Pavimenti esterni	-25,7	-22,0	-21,8	-17,3	-18,4	-9,7	-13,2	-9,0	-11,0	-10,4	-15,1	-14,4
Infiltrazione esterna	454,3	435,9	407,7	296,3	213,0	176,8	171,1	168,9	186,0	275,8	371,2	360,7
Apporti illuminazione	212,1	190,7	206,8	212,2	201,6	212,2	244,0	206,6	222,8	244,0	222,8	159,1
Apporti di occupazione	892,2	802,4	862,9	876,2	764,3	762,3	847,1	707,2	830,7	998,8	935,4	669,5
Apporti solari finestre	398,6	631,8	886,8	798,7	957,5	831,4	883,9	888,0	786,4	594,3	424,5	273,8
Riscaldamento fornito	409	296	227	178	100	35	18	17	43	128	240	238
Raffrescamento fornito	-926	-1218	-1641	-1628	-1629	-1774	-1746	-1717	-1642	-1607	-1262	-913

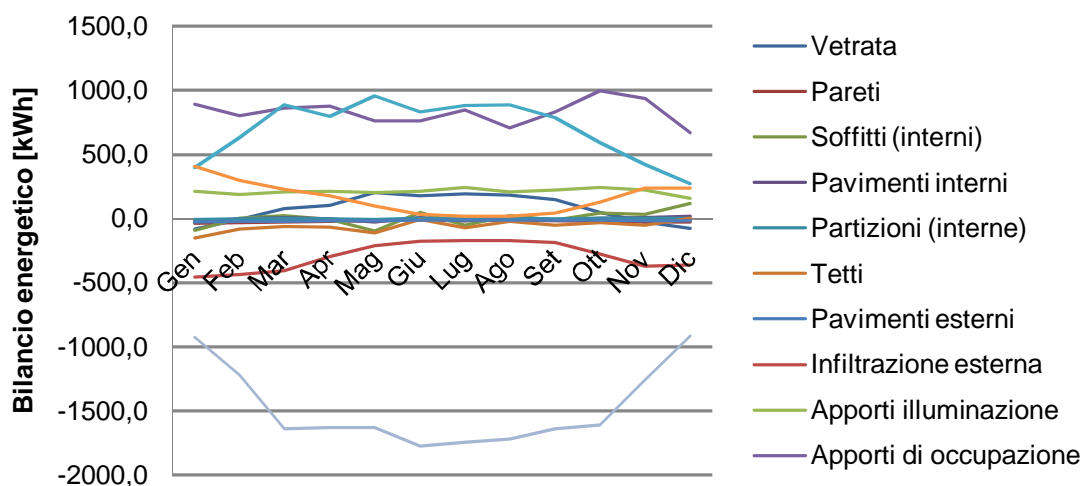


Tabella 19 Confronto bilanci energetici fra soluzione con vetro doppio e soluzione con vetro triplo

Bilancio energetico annuale [kWh]		
	Vetro doppio	vetro triplo
Riscaldamento fornito	1929	1987
Raffrescamento fornito	-17703	-18511

Si è osservato che l'energia di riscaldamento e quella di raffrescamento necessarie al bilancio termico non differiscono, nei 2 casi, per più del 5%. Ciò è spiegabile in relazione alla presenza di alti carichi termici interni per buona parte dell'anno: in questo periodo la presenza di un serramento più performante tende a favorire il surriscaldamento dell'edificio. Appare quindi ingiustificata l'adozione della doppia vetrocamera, anche a fronte dell'investimento iniziale pari a circa 2 volte rispetto a quello per la singola vetrocamera.

4.5.2 Ottimizzazione delle schermature

E' stata verificata l'efficacia dei sistemi di schermatura scelti secondo il seguente schema:

- analisi del contributo delle schermature per la singola zona;
- confronto dei guadagni solari fra le varie zone.

Dalla prima analisi è stato possibile controllare i guadagni solari durante l'anno all'interno di ogni singola zona, calmierando i picchi estivi ed accettando i carichi solari invernali. In particolare si sono dovuti limitare i guadagni estivi sui fronti sud ed ovest

Tabella 20 Apporti solari attraverso finestre a sud

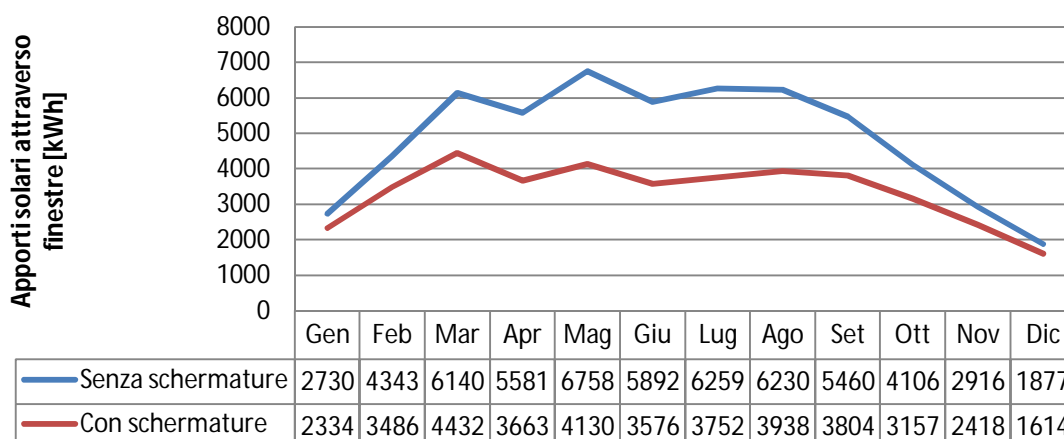


Tabella 21 Apporti solari attraverso finestre a ovest

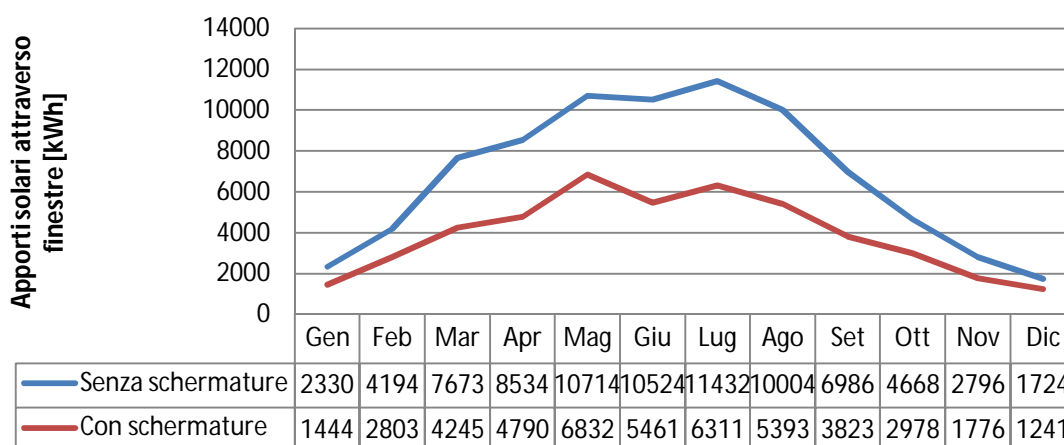


Tabella 22 Apporti solari attraverso finestre a nord

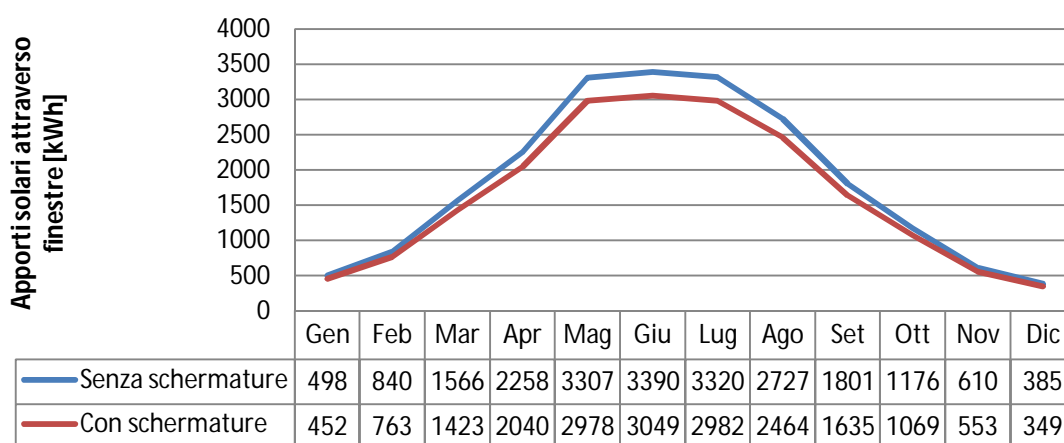


Tabella 23 Apporti solari attraverso finestre a est

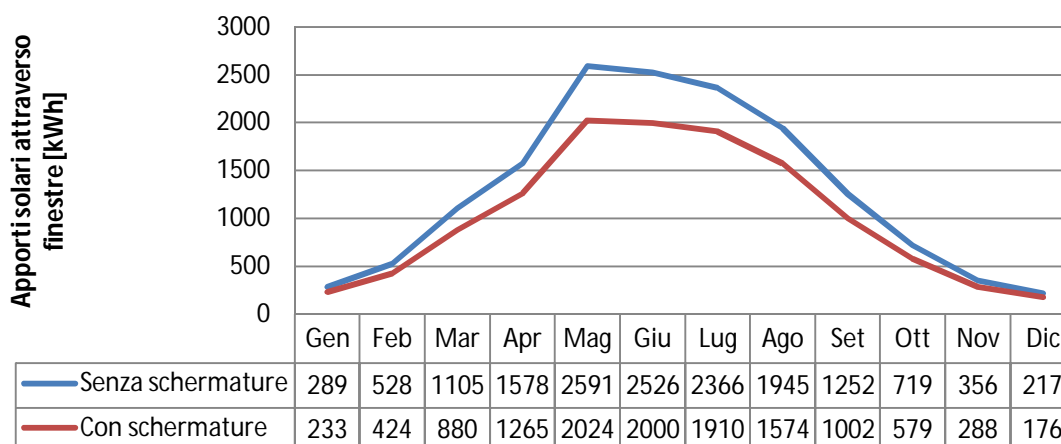
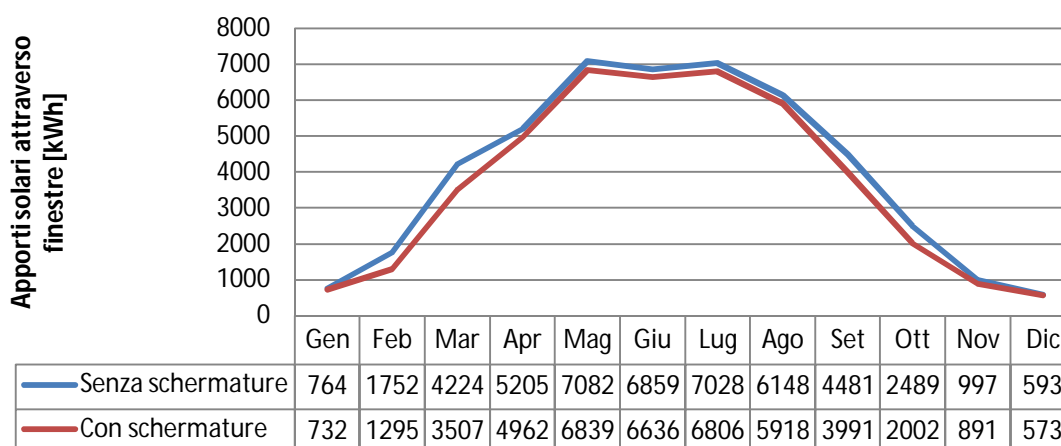


Tabella 24 Apporti solari attraverso lucernari



Si noti come per i locali esposti a nord, est e con lucernari non sia stata prevista alcuna schermatura; l'effetto di riduzione dei guadagni solari è dovuto alla presenza della scocca. Le riduzioni maggiori si notano proprio sui prospetti sud ed ovest.

Con la seconda analisi si sono confrontati fra di loro i guadagni solari dei diversi affacci: ciò ha permesso di omogeneizzare il comportamento del sistema edificio e di evitare grandi differenze di comportamento energetico. I guadagni sono espressi in kWh per m² di superficie interna alla stanza.

Tabella 25 Apporti solari per i vari orientamenti senza schermature

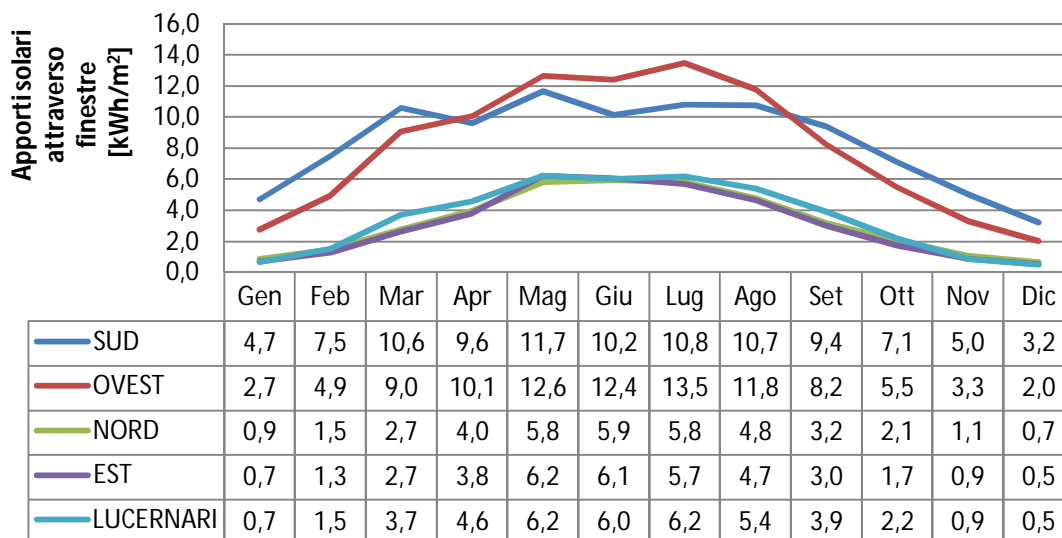
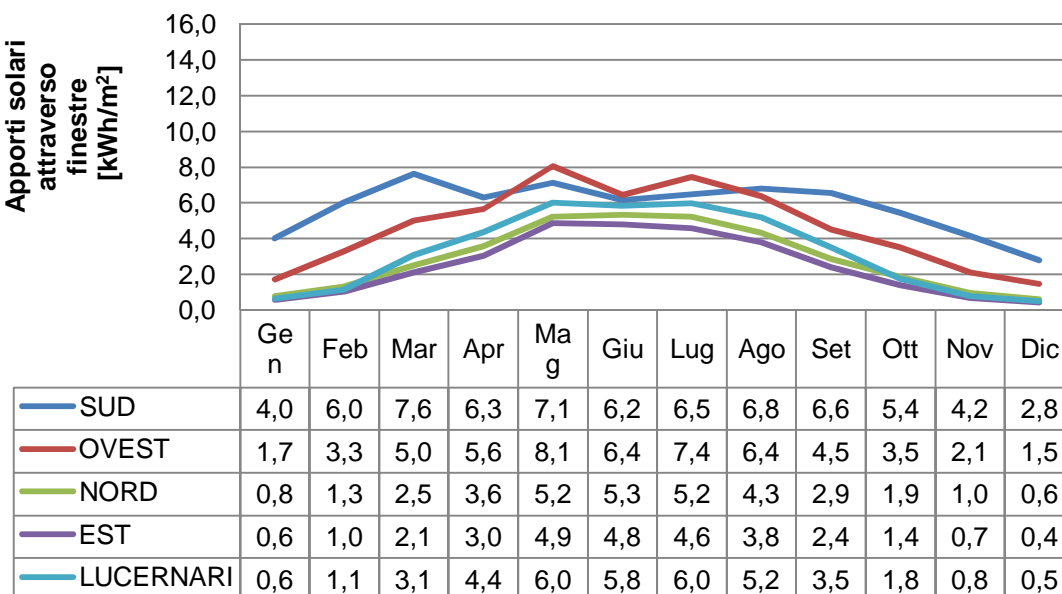


Tabella 26 Apporti solari per i vari orientamenti con schermature



Si può notare come si sia riusciti ad ottenere una distribuzione pressoché omogenea dei guadagni solari in tutto l'edificio.

4.5.3 Ottimizzazione involucro

A questo punto si è analizzata l'influenza delle schermature sul bilancio energetico dell'intero edificio, al fine di valutare la prestanza dell'involucro.

Si è proceduto secondo il seguente schema:

- analisi dell'edificio senza sistemi di schermatura e senza scocca;
- analisi dell'edificio senza sistemi di schermatura e con scocca;
- analisi dell'edificio con sistemi di schermatura e con scocca.

Si riporta il solo bilancio energetico per ognuna delle 3 soluzioni analizzate.

Tabella 27 Bilancio termico edificio senza scocca e senza schermature

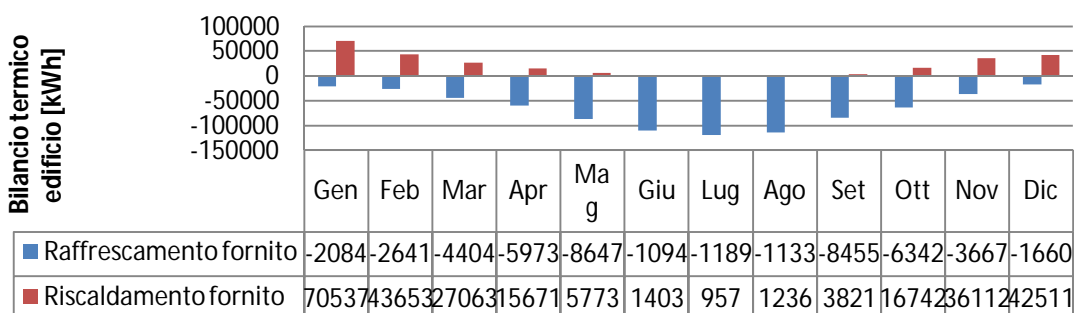


Tabella 28 Bilancio termico edificio con scocca e senza schermature

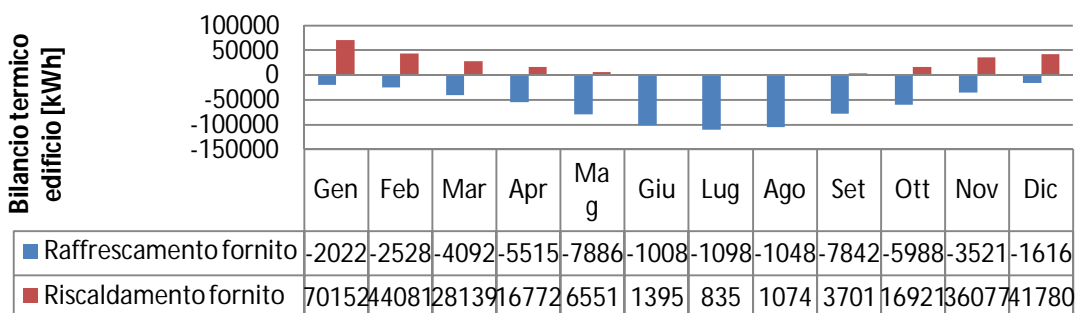
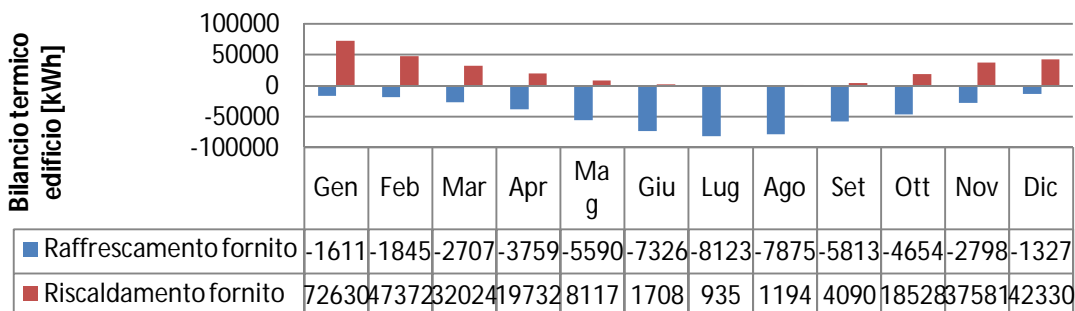


Tabella 29 Bilancio termico edificio con scocca e con schermature



Sovrapponendo su di un unico grafico i risultati ottenuti risultano facilmente visualizzabili i vantaggi ottenuti dall'introduzione di scocca e schermature. Si riportano anche i totali annuali per ognuna delle tre soluzioni.

Tabella 30 Bilancio energetico mensile delle 3 soluzioni

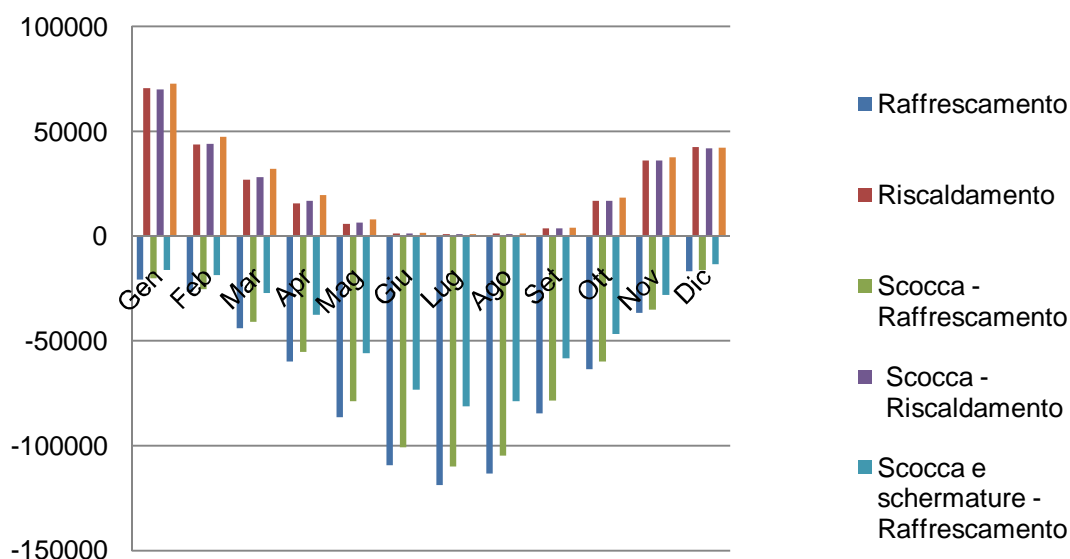
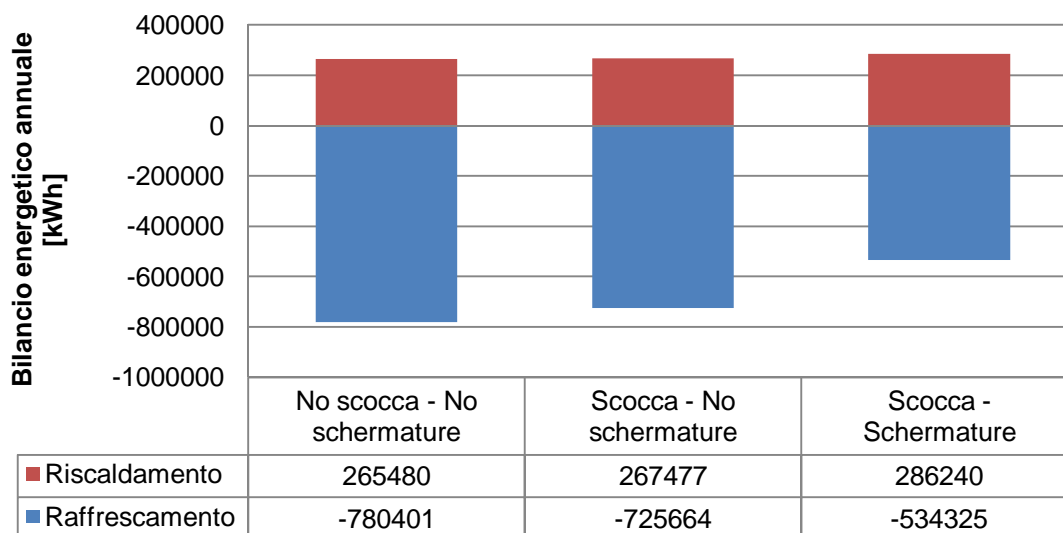


Tabella 31 Bilancio energetico annuale delle 3 soluzioni



La soluzione con scocca e schermature si rivela decisamente conveniente, ricucendo di un terzo la richiesta di raffrescamento. Risulta quindi evidente l'impatto che una buona progettazione architettonica può avere sul comportamento energetico dell'edificio.

4.5.4 Night flushing

Si è studiato l'effetto del night flushing (lavaggio notturno delle masse termiche tramite ventilazione) sulle solette esposte, poiché di facile ed economica attuazione.

Solitamente il lavaggio notturno ha inizio quando si presenta almeno una delle 3 seguenti condizioni:

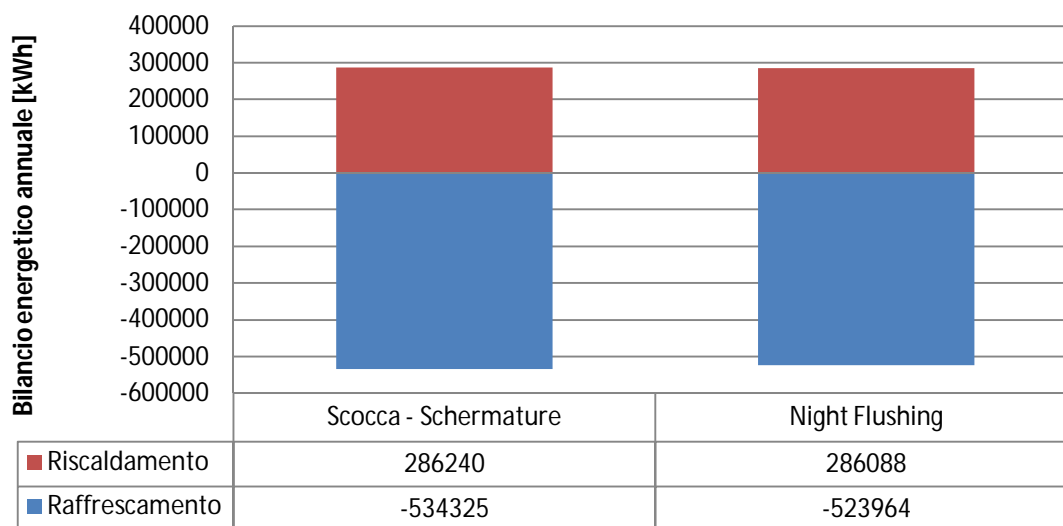
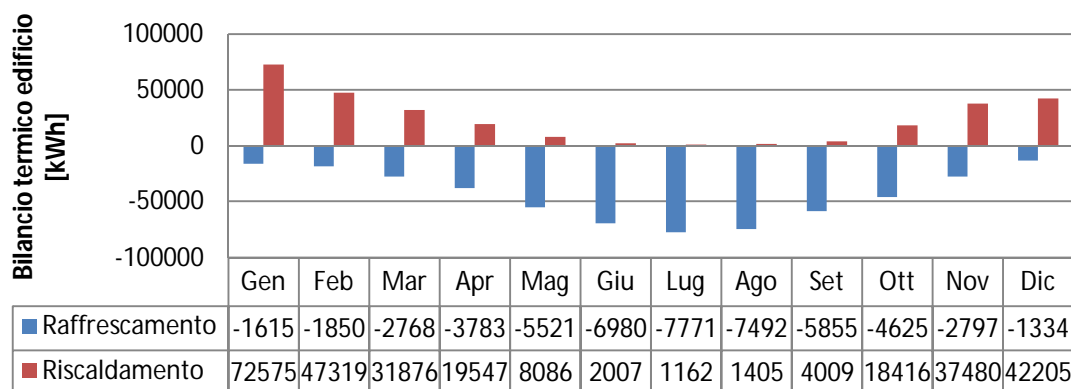
$T_{in} > 23^{\circ}\text{C}$
 $T_{media\ interna} > 22^{\circ}\text{C}$
 $T_{media\ esterna\ pomeriggio} > 20^{\circ}\text{C}$

ed è portata avanti fino a quando:

$T_{in} > T_{es} + 2^{\circ}\text{C}$
 $T_{in} > T_{setpoint\ heating}$
 $T_{es} > 12^{\circ}\text{C}$

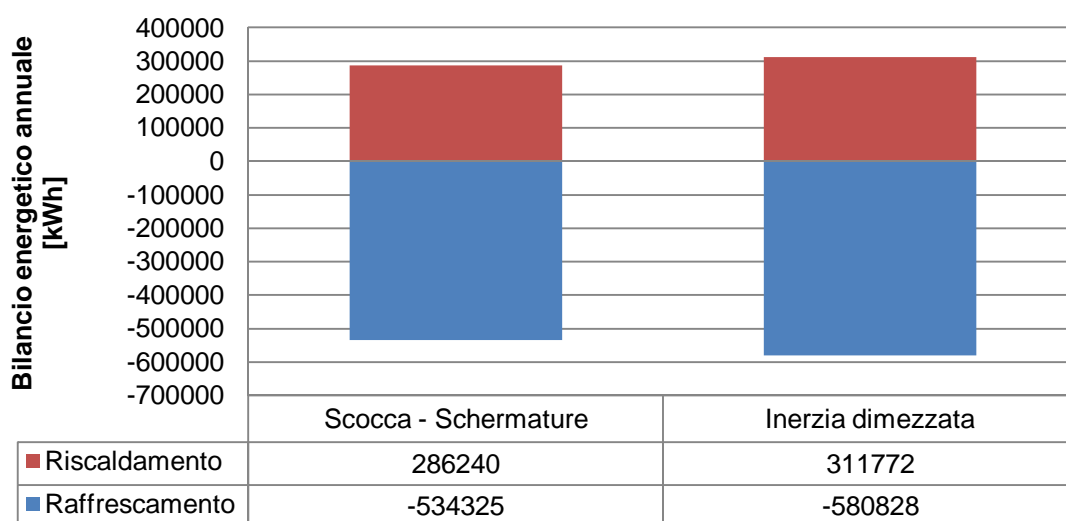
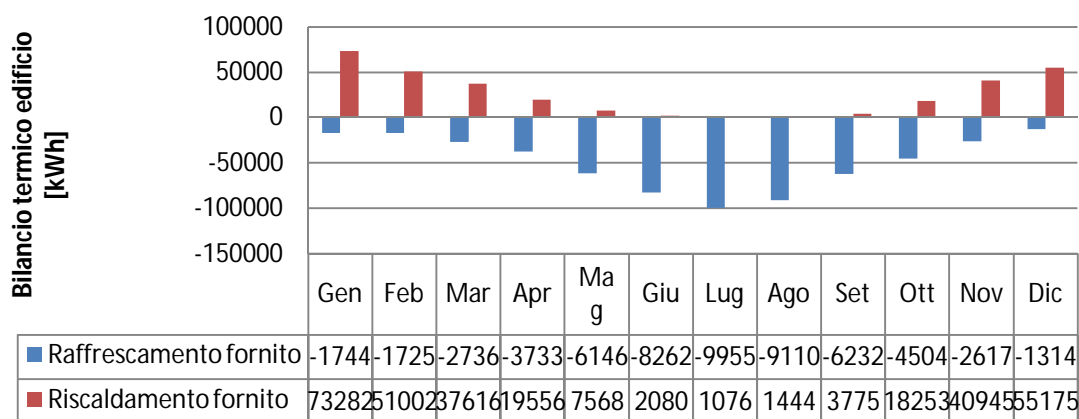
I risultati ottenuti hanno però mostrato effetti pressoché trascurabili, probabilmente a causa del notevole spessore dei solai alveolari.

Tabella 32 – Analisi night flushing



Si è quindi eseguita una simulazione sostituendo le solette scelte con altre di spessore pari alla metà per valutare gli effetti della massa inerziale all'interno dell'edificio.

Tabella 33 – Analisi inerzia termica solai

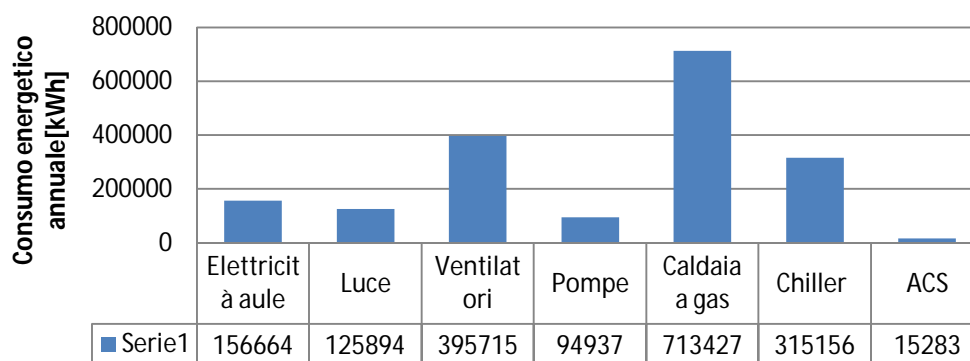


Si può notare come anche la massa inerziale dell'edificio abbia un ruolo determinante all'interno del funzionamento energetico globale.

4.5.5 Fabbisogno energetico

A seguito delle simulazioni eseguite, si è giunti ad una prima stima del fabbisogno energetico dell'edificio. I consumi sono così suddivisi:

Tabella 34 – Analisi consumi edificio



L'edificio consuma quindi 1103649 kWh all'anno di elettricità all'anno e 713427 kWh all'anno di gas, per un consumo unitario di 10,4 kWh/m³ di elettricità e 5,9 kWh/m³ di gas. Si ricorda che la classe A per gli edifici casaclima equivale ad un consumo di energia primaria < 6 kWh/m³ per la sola climatizzazione invernale.

4.6 Energie rinnovabili

L'introduzione delle risorse rinnovabili prevede l'implementazione di un sistema fotovoltaico; solare e di recupero acqua piovana. A tal proposito si sfrutta la l'estesa copertura come base d'appoggio per questi sistemi che vengono integrati in essa.

La strategia prevede dunque:

- un impianto fotovoltaico che genera energia ed immette direttamente in rete per poi sgravare i consumi elettrici attraverso un compendio con l'energia prodotta;
- un impianto di recupero dell'acqua piovana che permetta di raccogliere l'acqua proveniente dalla copertura e di immagazzinarla in cisterne per poi essere riutilizzata all'interno dei bagni nei WC e per il servizio di pulizia interno nonché per irrigare le zone adibite a verde.

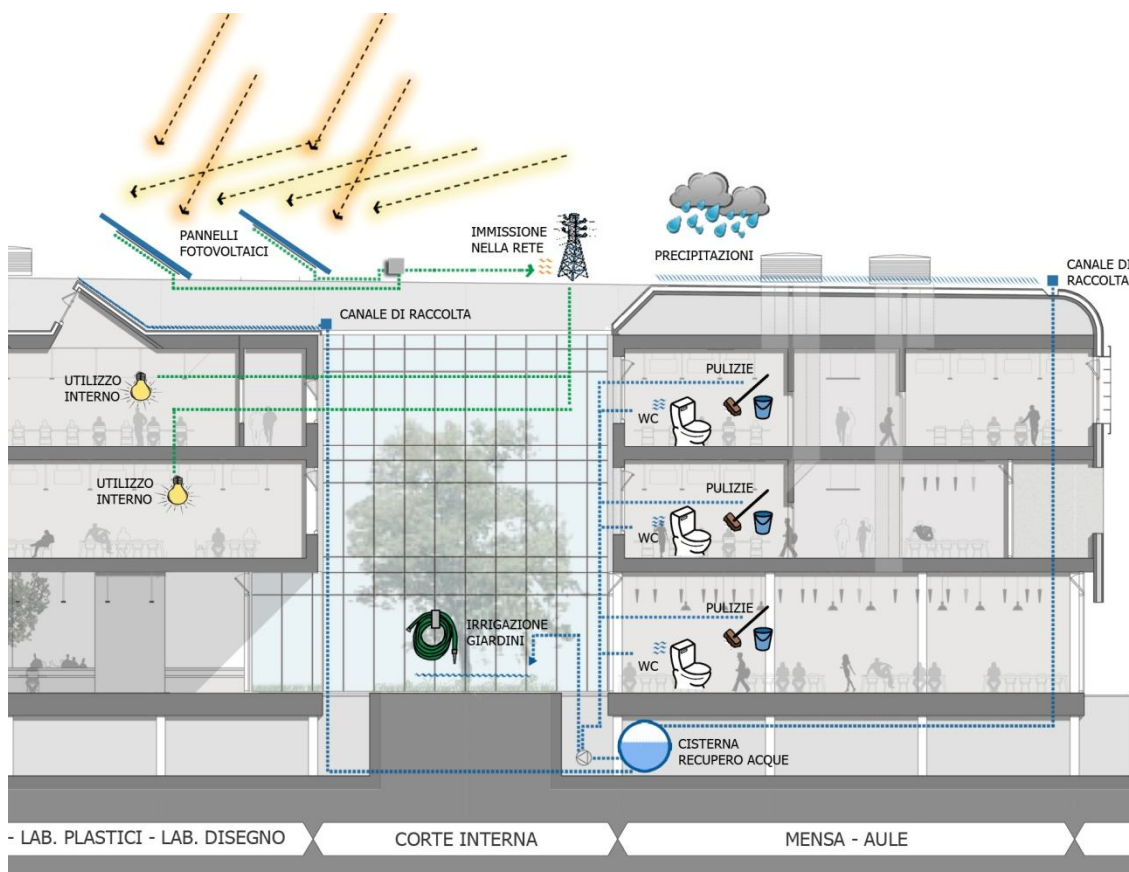


Figura 179 l'immagine mostra i sistemi di energie rinnovabili

- un impianto di solar air heating tipo "solar wall che sfrutta il riscaldamento dell'aria passante attraverso un collettore forato in facciata metallica. (si vedano le tavole di strategia per capire quando entra in funzione e come)

4.6.1 Sistema fotovoltaico

Nel dimensionamento del sistema fotovoltaico si è proceduto per analisi successive, partendo dal capire la potenzialità solare della città di Delft fino all'analisi puntuale, comprendente lo studio delle ombre portate sull'edificio.

4.6.1.1 Analisi Macroscale

È stata effettuata un'analisi dell'irradiazione solare globale della città di Delft, confrontata con l'irradiazione di Lecco, al fine di offrire un termine di paragone noto. Dall'analisi si è evinto come a Delft sia producibile teoricamente una quota di energia elettrica pari all' 84% rispetto a quella teoricamente producibile a Lecco (città scelta per aver un riferimento con la realtà quotidiana). La morfologia del territorio olandese si mostra inoltre molto favorevole allo sfruttamento dell'energia solare grazie alla totale assenza di rilievi montuosi e quindi all'assenza di zone d'ombra generate da elementi naturali.

Tabella 4.35 valori d'irradiazione solare globale e confronto fra Lecco e Delft

	H_m = irradiazione globale media mensile [kWh/m²]			
	Inclinazione e azimuth ottimali		Orizzontale	
	Lecco	Delft	Lecco	Delft
Gen	50,8	31,3	34,8	19,3
Feb	72,3	60,7	52,0	38,9
Mar	125,0	87,7	99,1	69,7
Apr	135,0	127,0	123,0	112,0
Mai	141,0	155,0	140,0	152,0
Giu	164,0	145,0	168,0	149,0
Lug	179,0	154,0	179,0	154,0
Ago	167,0	142,0	156,0	131,0
Set	135,0	102,0	111,0	83,4
Ott	93,8	70,7	70,1	50,0
Nov	55,7	40,0	38,8	24,7
Dic	41,8	24,3	29,2	14,7
Tot	1360,4	1139,7	1201,0	998,7
		-16%		-17%

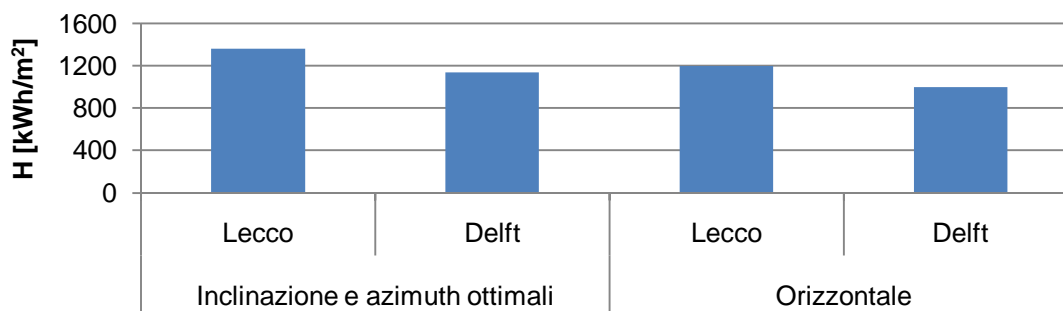
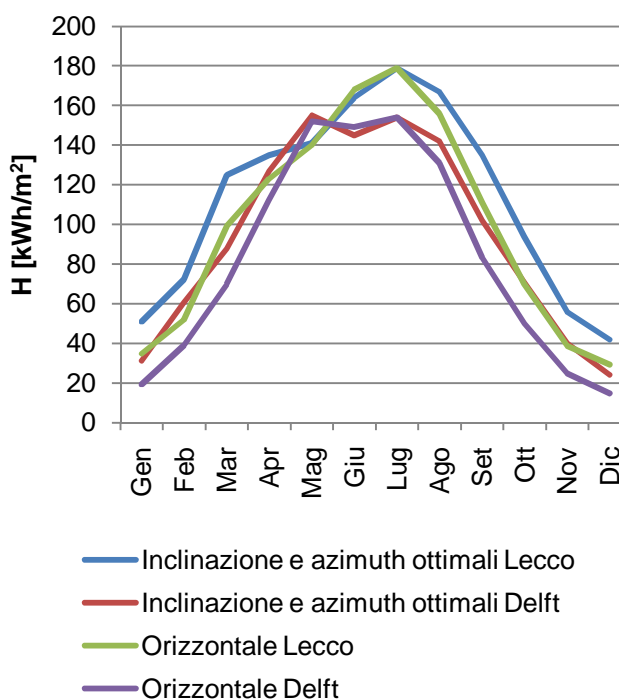


Figura 4.180 Irradiazione globale e potenziale solare elettrico con moduli ottimamente inclinati

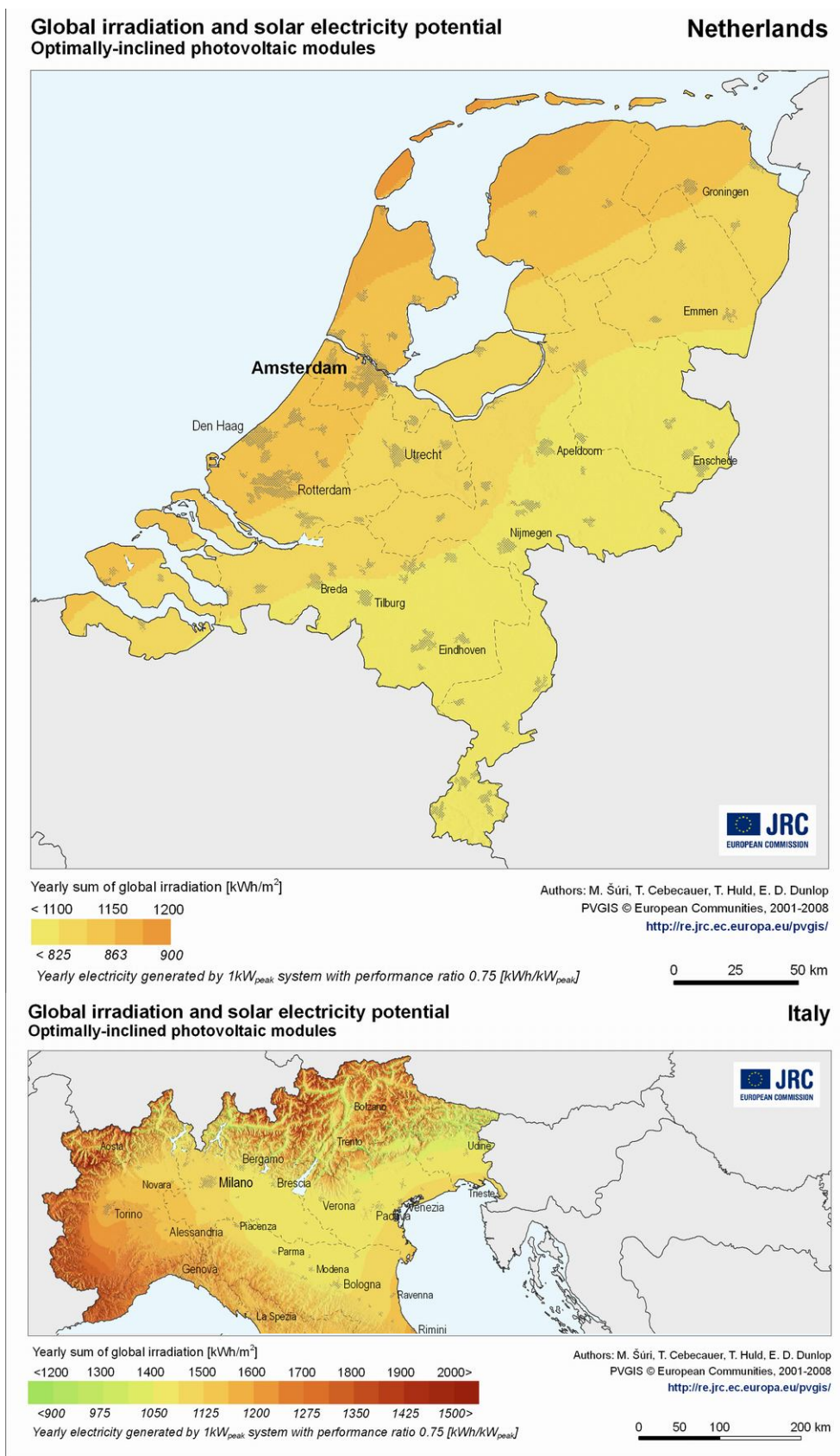
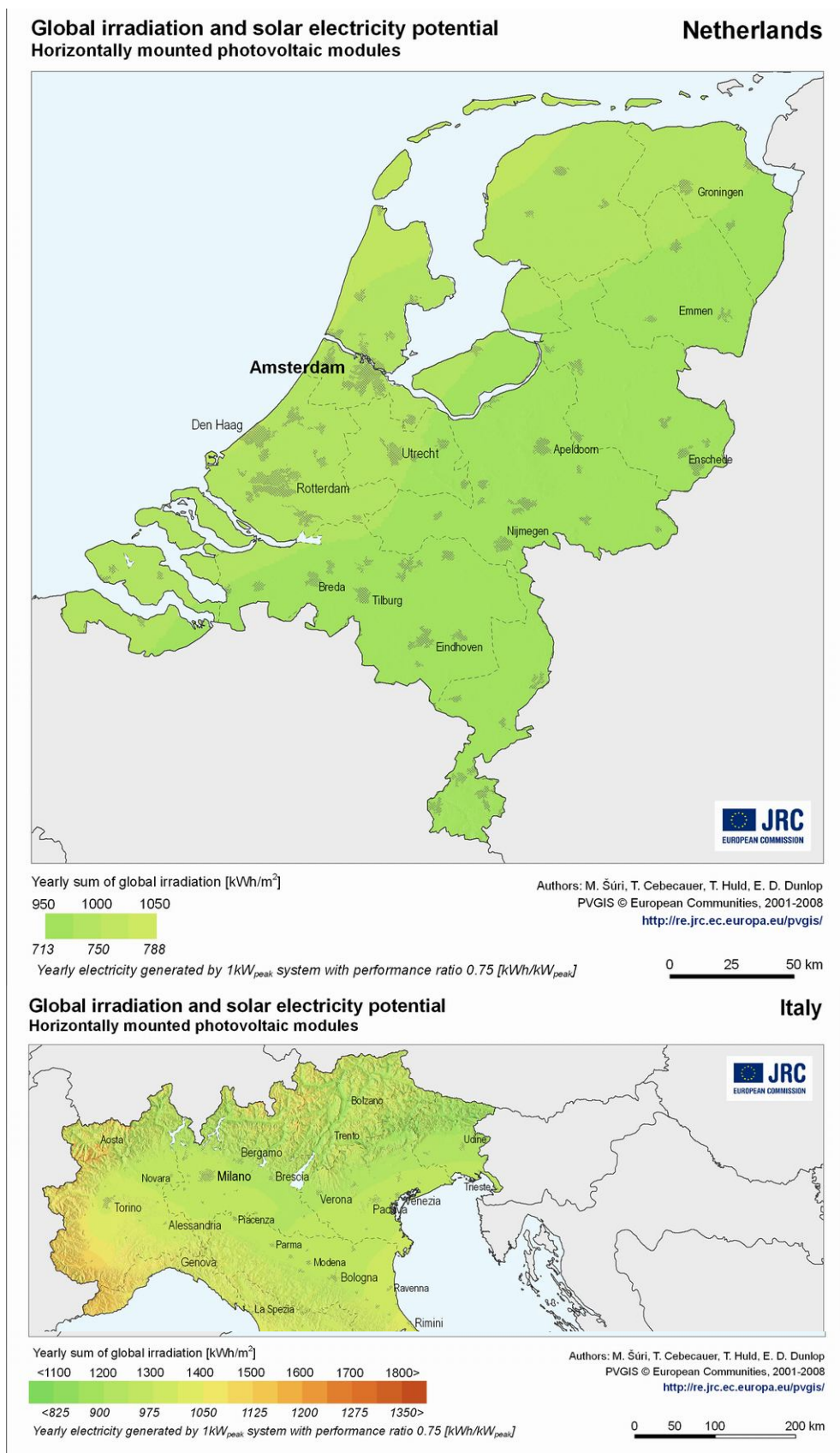


Figura 4.181 Irradiazione globale e potenziale solare elettrico con moduli orizzontali



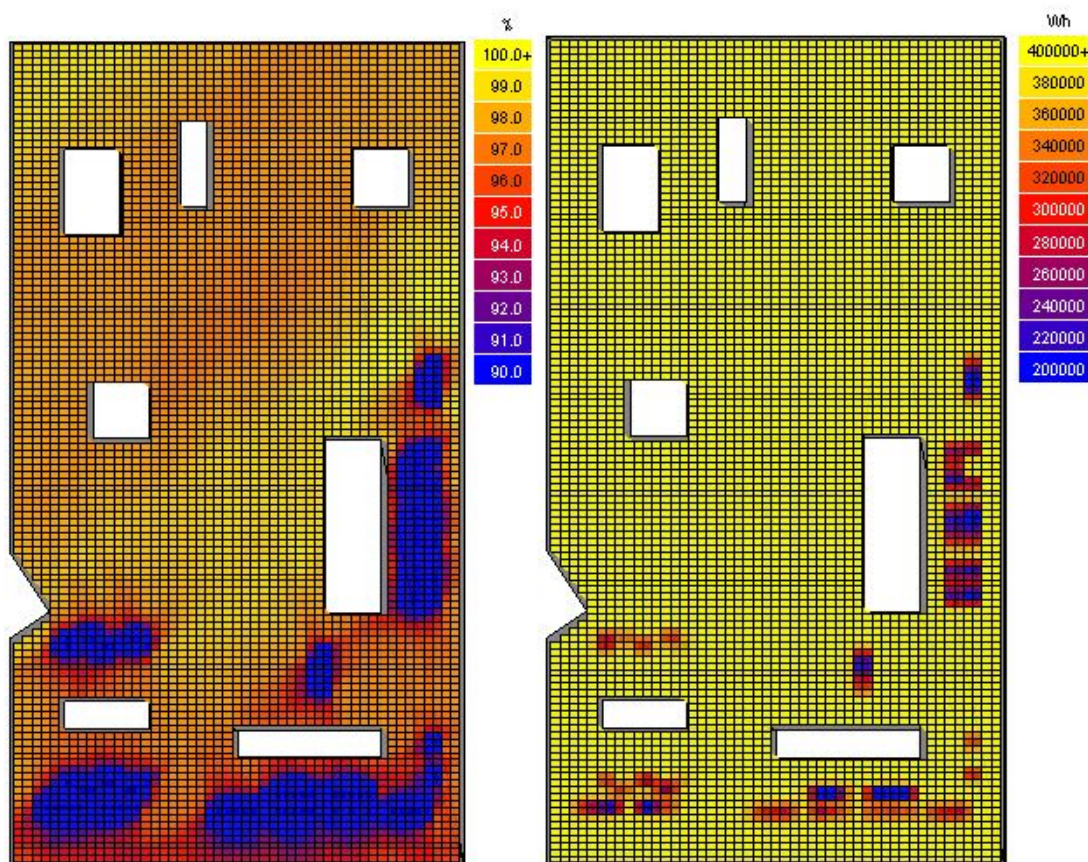
4.6.1.2 Analisi microscala

Appurate le potenzialità solari della città di Delft, è stata realizzata una seconda analisi volta allo studio delle ombre generate dagli edifici circostanti sull'edificio e delle ombre generate dai camini di ventilazione dello stesso edificio.

La simulazione è stata effettuata tramite apposito software, ricreando l'edificio ed il suo immediato contesto.

Da questa analisi è emerso come i pochi edifici alti situati attorno non rappresentino un problema per la captazione solare della copertura, poiché essi generano ombra solo nel tardo pomeriggio, quando la radiazione solare assume valori poco significativi.

Figura 4.182 Radiazione solare: distribuzione sulla superficie della copertura dell'edificio



4.6.1.3 Analisi disposizione pannelli

E' stato analizzato il diverso rendimento dei pannelli al variare dell'inclinazione (β) e dell'orientazione (azimuth, α). Si è notato come orientando i pannelli fotovoltaici parallelamente alla copertura (così da favorirne l'integrazione architettonica) si vada incontro ad una perdita di rendimento massima del 12% ($\alpha = -24^\circ$; $\beta = 0^\circ$) rispetto alla configurazione ottimale ($\alpha = -2^\circ$; $\beta = 35^\circ$); orientando i pannelli parallelamente all'edificio ed inclinandoli in maniera ottimale ($\alpha = -24^\circ$; $\beta = 35^\circ$) si ha una perdita pari all' 1,3%. I dati raccolti vengono tabulati e riproposti come segue.

Tabella 4.36 perdite percentuali di rendimento al variare dell'inclinazione e posizione dei pannelli

	H_m [kWh/m ²]									
	$\alpha = -2^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$	$\alpha = -24^\circ$
	$\beta = 35^\circ$	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 10^\circ$	$\beta = 15^\circ$	$\beta = 20^\circ$	$\beta = 25^\circ$	$\beta = 30^\circ$	$\beta = 35^\circ$	$\beta = 40^\circ$
Gen	31,3	19,3	21,2	23,0	24,7	26,2	27,7	29,0	30,1	31,0
Feb	60,7	38,9	42,4	45,7	48,8	51,7	54,3	56,5	58,5	60,1
Mar	87,7	69,7	73,0	76,1	78,8	81,1	83,1	84,6	85,6	86,3
Apr	127,0	112,0	116,0	119,0	122,0	124,0	125,0	126,0	126,0	125,0
Mag	155,0	152,0	154,0	156,0	157,0	158,0	157,0	157,0	155,0	153,0
Giu	145,0	149,0	150,0	151,0	151,0	150,0	149,0	147,0	145,0	142,0
Lug	154,0	154,0	156,0	157,0	158,0	158,0	157,0	156,0	154,0	151,0
Ago	142,0	131,0	134,0	137,0	139,0	140,0	141,0	141,0	141,0	139,0
Set	102,0	83,4	87,0	90,4	93,2	95,7	97,6	99,0	99,9	100,0
Ott	70,7	50,0	53,5	56,7	59,7	62,4	64,8	66,8	68,5	69,7
Nov	40,0	24,7	27,1	29,4	31,5	33,6	35,4	37,0	38,5	39,7
Dic	24,3	14,7	16,2	17,6	19,0	20,2	21,4	22,4	23,4	24,2
Tot	1139,7	998,7	1030,4	1058,9	1082,7	1100,9	1113,3	1122,3	1125,5	1121,0
		-12,4%	-9,6%	-7,1%	-5,0%	-3,4%	-2,3%	-1,5%	-1,2%	-1,6%

Grafico 4.27 comparazione mensile dei valori d'irradiazione

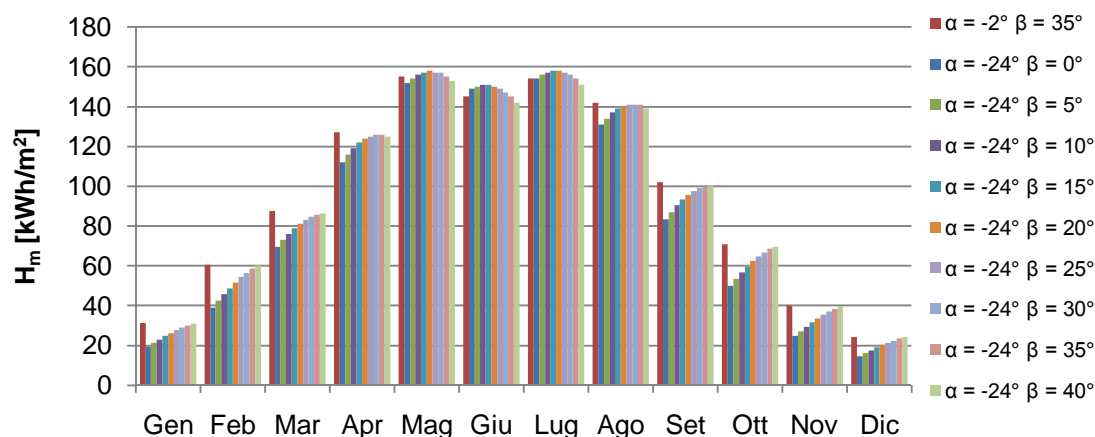
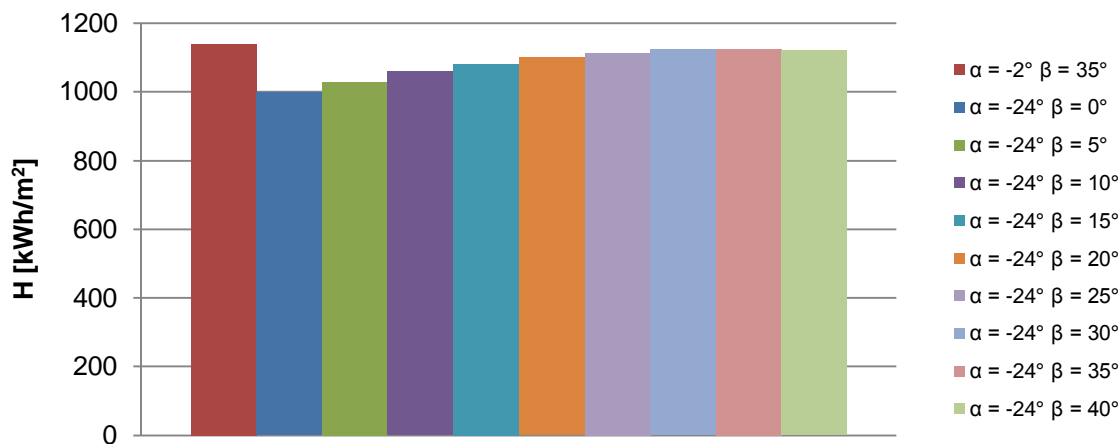


Grafico 4.28 comparazione valori totali di irradiazione solare



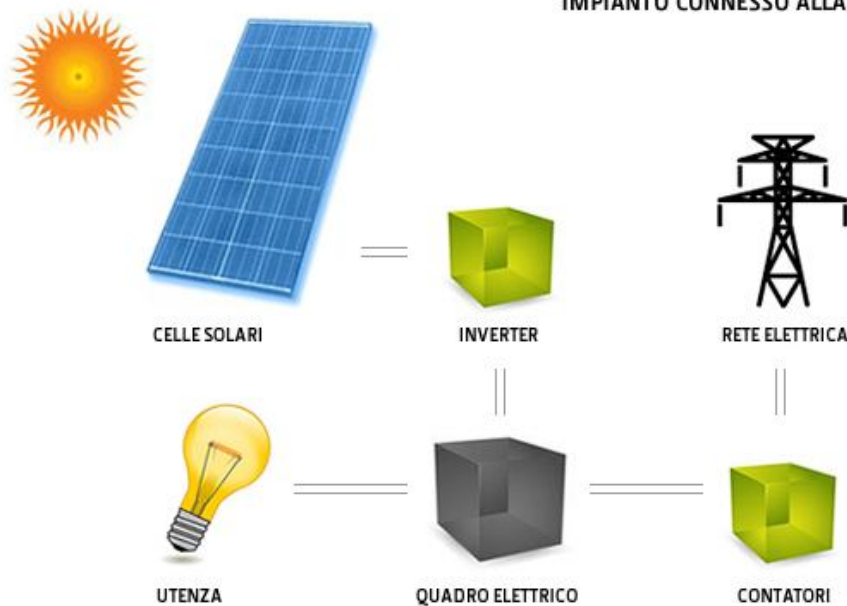
4.6.1.4 Calcolo impianto e ammortamento

Si è quindi proceduto al dimensionamento dell'impianto di tipo *grid-connected*, ovvero in cui l'energia elettrica prodotta dai moduli fotovoltaici viene immessa nelle rete dopo essere stata trasformata in corrente alternata da un inverter.

Si è ipotizzato un impianto da 100 kW di picco (ovvero un impianto della massima potenza concessa per ottenere gli incentivi statali per la produzione di energia elettrica da impianti PV) e si è stimato il tempo di ritorno dell'investimento.

Figura 4.183

IMPIANTO CONNESSO ALLA RETE PUBBLICA



L'impianto ha un'efficienza complessiva di conversione η_{PV} pari a:

$$\eta_{PV} = \eta_{BOS} \cdot K_{PV} \cdot \eta_{mod}$$

con:

η_{BOS}	efficienza del BOS, pari a 0,9
K_{PV}	fattore di riduzione che tiene conto di surriscaldamento dei pannelli, polvere sui vetri o perdite nei circuiti
η_{mod}	efficienza nominale del singolo modulo, pari a 0,13

La potenza nominale del generatore fotovoltaico P_{PV} è pari a:

$$P_{PV} = \eta_{mod} \cdot A_{PV}$$

A_{PV} area dei pannelli, pari a 1000 m²

$$E_{PV} = \eta_{PV} \cdot A_{PV} \cdot H$$

con:

H irradiazione solare incidente

Il tempo di ammortamento è stato calcolato sulla base dei seguenti dati:

- costo unitario di realizzazione = 5000 €/kWh
- costo unitario di gestione = 1% del costo totale di realizzazione
- tariffa incentivante = 0,430 €/kWh
- tasse = 0,053 €/kWh

Risulta evidente come, attualmente, gli impianti PV necessitano ancora di incentivi affinché l'ammortamento della spesa iniziale avvenga entro i 25-30 anni della vita media utile dei pannelli. Inoltre si può notare come al differente disposizione dei pannelli porti comunque a tempi di ammortamento comparabili fra di loro (13-15 anni), così da consentire una buona compatibilità architettonica fra pannelli e manufatto (che peraltro in Italia è base per una maggior tariffa incentivante).

Tabella 4.37 energia prodotta e comparazione ammortamento

	α	-2°	-24°	-24°
	β	35°	35°	0°
Calcolo Energia Prodotta				
η_{BOS}	[-]	0,9	0,9	0,9
K_{PV}	[-]	0,9	0,9	0,9
η_{mod}	[-]	0,13	0,13	0,13
η_{PV}	[-]	0,11	0,11	0,11
A_{PV}	[m ²]	950	950	950
P_{PV}	[kW _P]	100	100	100
H	[kWh/m ² a]	1140	1126	999
E_{PV}	[MWh/a]	114	113	100
Ammortamento(vendita alla rete)				
costo unit realizzazione	[€/kWh]	5000	5000	5000
costo tot realizzazione	[€]	500175	500175	500175
costo unit gestione	[€/a]	5002	5002	5002
guadagno lordo	[€/kWh]	0,430	0,430	0,430
tasse	[€/kWh]	0,053	0,053	0,053
guadagno netto	[€/kWh]	0,377	0,377	0,377
payback	[anni]	13,2	13,4	15,3
Ammortamento (solo consumo)				
prezzo unitario	[€/kWh]	0,1338	0,1338	0,1338
risparmio totale	[€/kWh]	15255	15064	13367
payback	[anni]	48,8	49,7	59,8

Considerazioni

Al fine di concretizzare tali risultati basti pensare che una volta decorso il periodo di ammortamento la produzione elettrica permetterebbe di decurtare dal consumo totale annuo dell'edificio, la quota parte relativa alle spese di illuminazione delle trenta aule studio "standard" affacciate sul fronte sud e ovest dei piani primo e secondo.

Cioè:

- 30 aule studio di dimensioni 13.10 x 8.20m circa (superficie 107.42m²)
- Consumo medio per l'illuminazione artificiale pari a 12.5 W/m² (il dato anticipa le valutazioni sui consumi da illuminazione artificiale ottenuti e trattati nel capitolo successivo).
- Consumo perpetrato per 198 giorni lavorativi per 12 ore consecutive (il dato orario è a favore di sicurezza perché non tiene conto dell'influenza della luce naturale)

Moltiplicando tutti i dati tra loro si ottiene un consumo pari a:

	95 711 220 W/a
A fronte dei 100MW/a producibili, cioè:	100 000 000 W/a

4.6.2 Sistema di recupero acque piovane

Il sistema di recupero delle acque meteoriche prevede l'allacciamento in parallelo al sistema di smaltimento dell'acqua piovana. A tal proposito la progettazione di tale impianto è successiva a quello di smaltimento.

4.6.2.1 Dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque meteoriche

Tale apparato viene dimensionato attraverso l'applicazione della normativa UNI EN 12056-3.

Il processo inizia con il calcolo della portata di scorrimento di acque meteoriche Q (l/s) da far defluire da una porzione di superficie:

$$Q = r * A * C$$

con:

- r è l'intensità di precipitazione (l/(s*m²))
- A è l'area effettiva della copertura (m²)
- C è il coeff. di scorrimento pari a 1 (adm)

Nel nostro caso non è possibile ricavare l'intensità di precipitazione da dati statistici di rilevazione almeno decennali quindi viene preso un valore cautelativo pari a:

$r' = 0,050$ l/(s*m²); da moltiplicare per un coefficiente di rischio così tabulato:

Tabella 38 coeff. di rischio

Situazione	Coefficiente di rischio
Cornicioni di gronda	1,0
Cornicioni di gronda situati in punti in cui la tracimazione dell'acqua causerebbe disagi particolari, per esempio sopra l'ingresso di un edificio pubblico	1,5
Canali di gronda interni e nel caso in cui piogge straordinariamente abbondanti o ostruzioni del pluviale potrebbero provocare un'infiltrazione di acqua all'interno dell'edificio	2,0
Canali di gronda interni di edifici per i quali si richiede un grado di protezione eccezionale, per esempio: - ospedali/teatri - impianti di telecomunicazione - depositi di sostanze che danno origine a emissioni tossiche o infiammabili se bagnate con acqua - edifici nei quali sono conservate opere d'arte di valore eccezionale	3,0

Nel nostro caso il coeff. viene preso uguale a 2,0.

Prima di esplicitare il calcolo si riporta una schematizzazione della copertura dov'è possibile osservare la divisione delle due falde in sottoaree minori di cui verrà calcolata la portata di scorrimento meteorica.

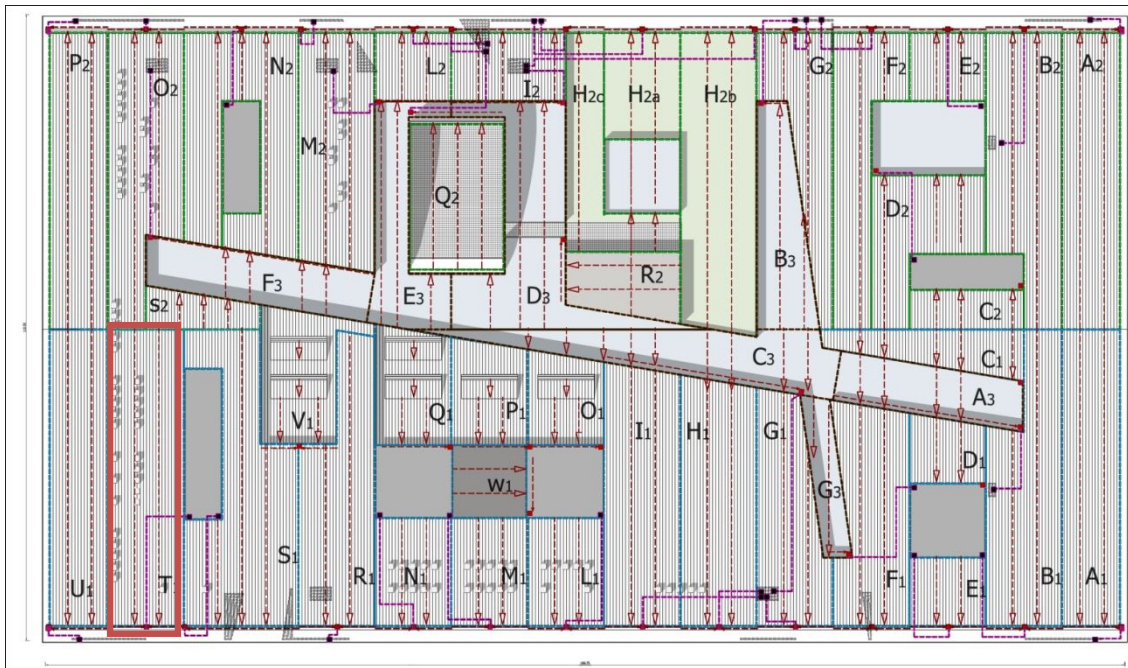


Figura 184 copertura e ripartizione in sottoaree per il calcolo dei canali di gronda e pluviali

Per semplicità di esposizione verrà considerata una delle aree come modulo o porzione di falda di riferimento in quanto completo secondo la lunghezza trasversale dell'edificio. Per esso (rettangolo rosso) l'area effettiva vale 706,81 m² e viene calcolata come segue:

$$A = L_R * B_R$$

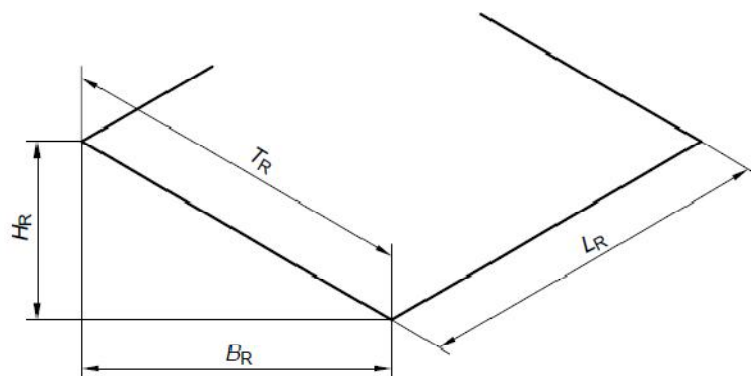


Figura 185 schematizzazione degli elementi noti di una falda

Nel nostro caso la portata Q (l/s) del modulo sarà di:

$$Q = 0,05 * 1 * 2 * 706,81 \text{ m}^2 = 71 \text{ l/s}$$

le altre sottoaree presentano i risultati tabulati successivamente.

- falde a sud

zona	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	I1	L1	M1	N1	O1	P1
Area (m ²)	535	588	222	153	163	483	448	584	614	257	257	257	214	243
Q (l/sec)	54	59	22	15	16	48	45	58	61	26	26	26	21	24

zona	Q1	R1	S1	T1	U1	V1
Area (m ²)	273	565	744	707	535	333
Q (l/sec)	27	57	74	71	54	33

- falde a nord

zona	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2a	H2b	H2c	I2	L2	M2	N2
Area (m ²)	535	617	141	371	163	435	373	431	709	352	244	163	557	779
Q (l/sec)	54	62	14	37	16	43	37	43	71	35	24	16	56	78

zona	O2	P2	Q2	R2	S2
Area (m ²)	598	535	426	229	123
Q (l/sec)	60	54	43	23	12

- superfici vetrate in copertura

zona	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3
Area (m ²)	300	333	457	610	341	356	145
Q (l/sec)	30	33	46	61	34	36	15

Conoscendo le portate di ogni modulo di falda è possibile andare a dimensionare il canale di gronda referente al modulo “-iesimo”. Per fare ciò si verifica che il cornicione dimensionato abbia una capacità adeguata ad accogliere la portata in arrivo dalla falda.

La sezione del canale di gronda ipotizzato è trapezoidale e sfrutta le seguenti formule di calcolo per la capacità Q_L (l/s) di progetto dei canali di gronda “corti” :

$$Q_L = 0,9 * Q_N$$

con:

0,9 è il coefficiente di sicurezza (adm)

Q_N la capacità nominale (l/s) di un canale di gronda, calcolata come:

$$Q_{SE} * Fd * Fs$$

o determinata mediante prove;

Q_{SE} è la capacità equivalente (l/s) di un cornicione di gronda quadrato, calcolata come:

$$3,48 * 10^{-5} * A_E^{1,25}$$

con:

A_E è la sezione "trasversale totale" del canale di gronda (mm²) intesa come Sez. trasversale al canale al di sotto del livello di tracimazione

Fd è il coeff. di profondità che viene determinato graficamente (adm)

Fs è il coeff. di forma che viene determinato graficamente (adm)

Bisogna specificare che la formula di Q_L (l/s) è adatta per canali di gronda idraulicamente "corti" cioè canali la cui lunghezza L non eccede il valore di 50 volte l'altezza di progetto dell'acqua W

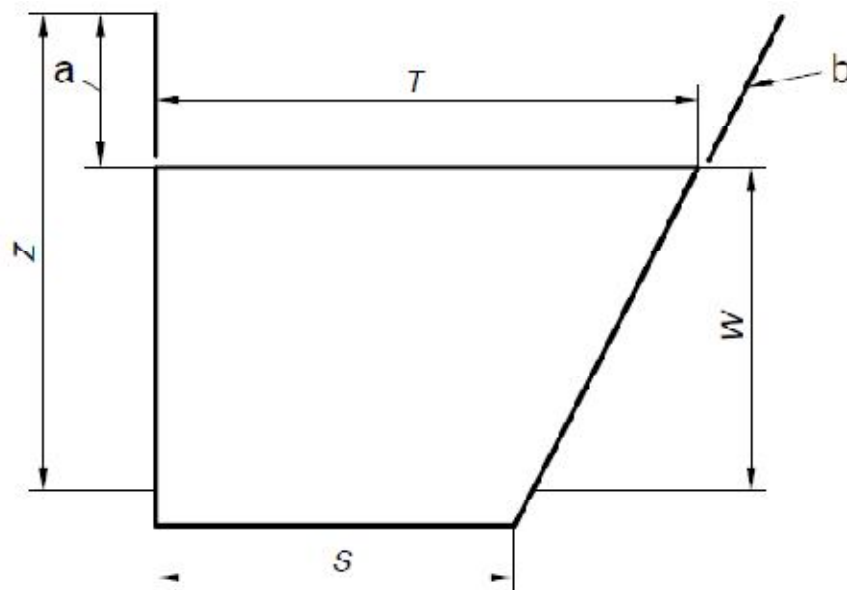


Figura 186 dimensioni principali di un canale di gronda trapezoidale

Qualora accada si deve tenere presente di un valore correttivo di capacità F_L tabulato per pendenza del condotto e variazione del rapporto L/W ;

$$Q_L * F_L$$

A questo punto ipotizziamo la situazione seguente per il tratto di canale di gronda afferente alla superficie "modulo" presa in considerazione:

lunghezza del tratto di gronda

13,50m

numero pluviali di scarico 1 adm
 posizione del pluviale all'interno della lunghezza di gronda: centrale

(centrale; permette di spezzare la lunghezza di gronda in 2 minori)
 (laterale; considera la lunghezza totale del canale)
 in questo modo è possibile agire sulla scelta di condotta "corta" o "lunga"

Ipotizzando una sezione trasversale trapezoidale con:

s 500mm
 t 775mm
 z 350mm
 w 275mm ; tale altezza viene ricavata andando a decurtare la distanza dal bordo libero a dal valore di z .

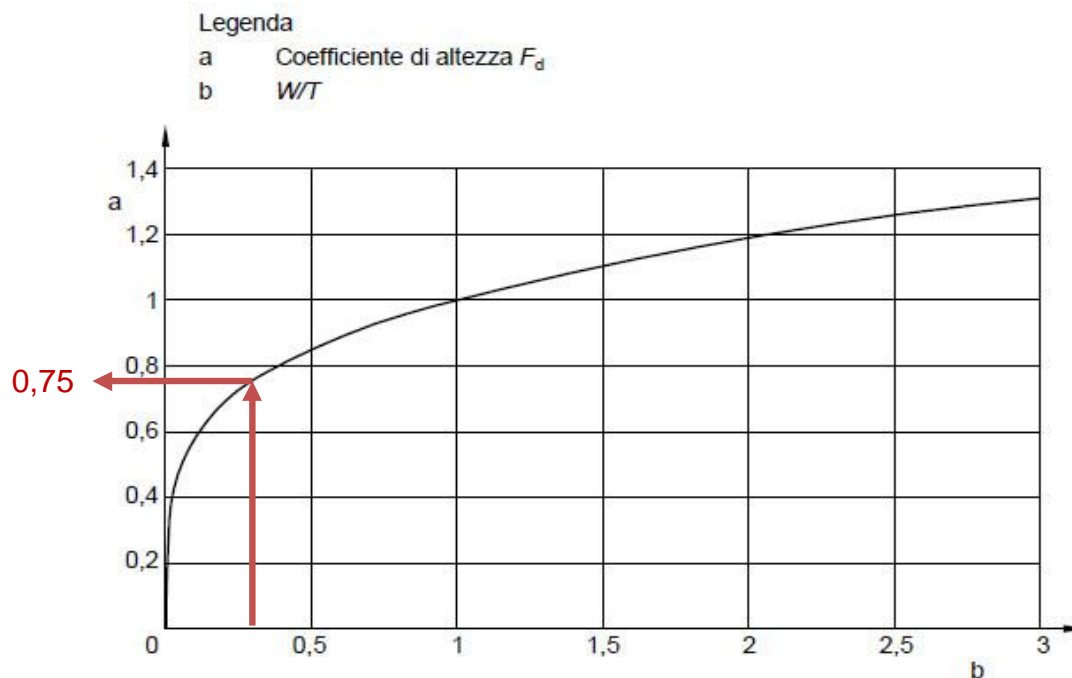
si calcola:

$$Q_{SE} = 3,48 * 10^{-5} * ((500+775)*275/2)^{1,25}$$

Condotta di tipo "corto" : 275mm * 50 > 13500mm

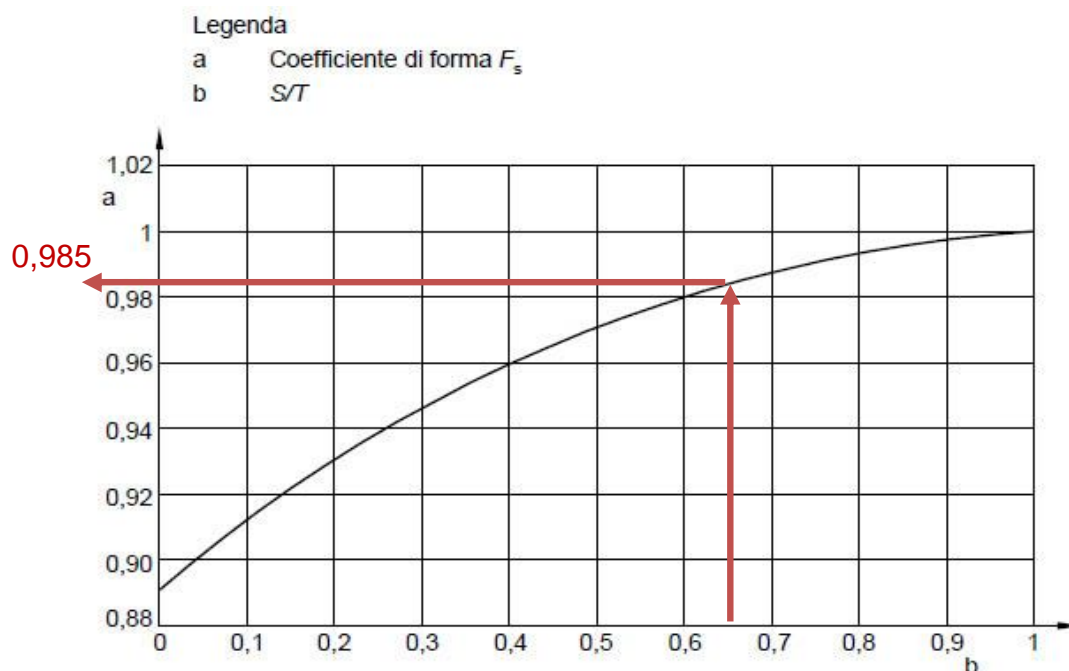
$w/t = 275 / 775 = 0,35$ (adm) ; da tabella $F_d = 0,75$ (adm)

Grafico 29 calcolo coeff F_d



$s/t = 500 / 775 = 0,65$ (adm) ; da tabella $F_s = 0,98$ (adm)

Grafico 30 calcolo coeff Fs



Ora è possibile calcolare il valore finale di Q_L

$$Q_L = 0,9 * (3,48 * 10^{-5} * ((500+775)*275)/2)^{1,25} * 0,75 * 0,98 = 82,6 \text{ l/s}$$

Il canale ipotizzato permette di verificare che la portata Q_L è maggiore della portata Q da far defluire dalla falda.

È ovvio che la geometria del canale può essere di qualsiasi genere; in questo caso si vuole creare un canale che sfrutti maggiormente la larghezza piuttosto che la sua altezza.

I precedenti valori di portate da defluire sono oggettivamente più bassi della portata appena calcolata; ciò significa che la standardizzazione della geometria del condotto è possibile.

Si fa notare che per ottimizzazione della sezione del canale di condotta la fine di non creare dei continui restringimenti o allargamenti della stessa si mantenga la sezione ipotizzata anche per gli altri tratti del canale di gronda anche se afferenti a superfici di copertura di ampiezza minore di quella del modulo. Tale espediente consente ad ogni modo di standardizzare il canale di gronda che come si vedrà poi nei dettagli tecnici presentati nei capitoli successivi, verrà prefabbricato.

Si passa alla determinazione del diametro interno del pluviale che ha il compito di allontanare l'acqua raccolta dal canale di gronda.

In questo caso il procedimento diviene estremamente semplificato; il dimensionamento della condotta avviene in modo tabellare dopo avere ipotizzato in grado di riempimento della condotta.

E' importante fare notare che il pluviale viene dimensionato sulla porta da drenare e non quella di progetto che chiaramente se verificata; conferma chiaramente anche quella a precedente.

La tabella a cui si fa riferimento riporta le portate di ogni pluviale al variare del diametro e del grado di riempimento. Nel nostro caso si ipotizza un riempimento pari a 0,33.

Tabella 39 capacità di pluviali verticali

Diametro interno del pluviale d_f (mm)	Capacità idraulica Q_{RWP} (l/s)		Diametro interno del pluviale d_f (mm)	Capacità idraulica Q_{RWP} (l/s)	
	Grado di riempimento $f=0,20$	Grado di riempimento $f=0,33$		Grado di riempimento $f=0,20$	Grado di riempimento $f=0,33$
50	0,7	1,7	140	11,4	26,3
55	0,9	2,2	150	13,7	31,6
60	1,2	2,7	160	16,3	37,5
65	1,5	3,4	170	19,1	44,1
70	1,8	4,1	180	22,3	51,4
75	2,2	5,0	190	25,7	59,3
80	2,6	5,9	200	29,5	68,0
85	3,0	6,9	220	38,1	87,7
90	3,5	8,1	240	48,0	110,6
95	4,0	9,3	260	59,4	137,0
100	4,6	10,7	280	72,4	166,9
110	6,0	13,8	300	87,1	200,6
120	7,6	17,4	>300	Utilizzare l'equazione di Wyly-Eaton	Utilizzare l'equazione di Wyly-Eaton
130	9,4	21,6			

Nota
Sulla base dell'equazione di Wyly-Eaton:
 $Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_f^{2,667} \cdot f^{1,667}$
dove:
 Q_{RWP} è la capacità del pluviale, in litri al secondo (l/s);
 k_b è la scabrezza del pluviale, in millimetri (considerata 0,25 mm);
 d_f è il diametro interno del pluviale, in millimetri (mm);
 f è il grado di riempimento, definito come proporzione della sezione trasversale riempita d'acqua, adimensionale.

Con un rapido confronto risulta evidente che il primo valore utile in risposta a

$$Q = 71 \text{ l/s}$$

è una condotta di diametro pari a 220mm
con capacità idraulica $Q_{RWP} = 87,7 \text{ l/sec}$

anche in questo caso è possibile adottare un pluviale di tale diametro per tutti i casi anche se in certi frangenti risulta eccessivamente sovradimensionato. I pluviali che servono le zone vetrate possono essere di diametro di 200mm.

Ad ogni modo il sistema di pluviali scarica a terra attraversando i cavedii interni che chiaramente vengono isolati e impermeabilizzati rispetto l'edificio oppure attraverso il passaggio nei pozzi di luce creati per motivi illuminotecnici. Nello schema si propongono le direzioni verso cui si orientano i pluviali nel loro percorso verso la quota zero.

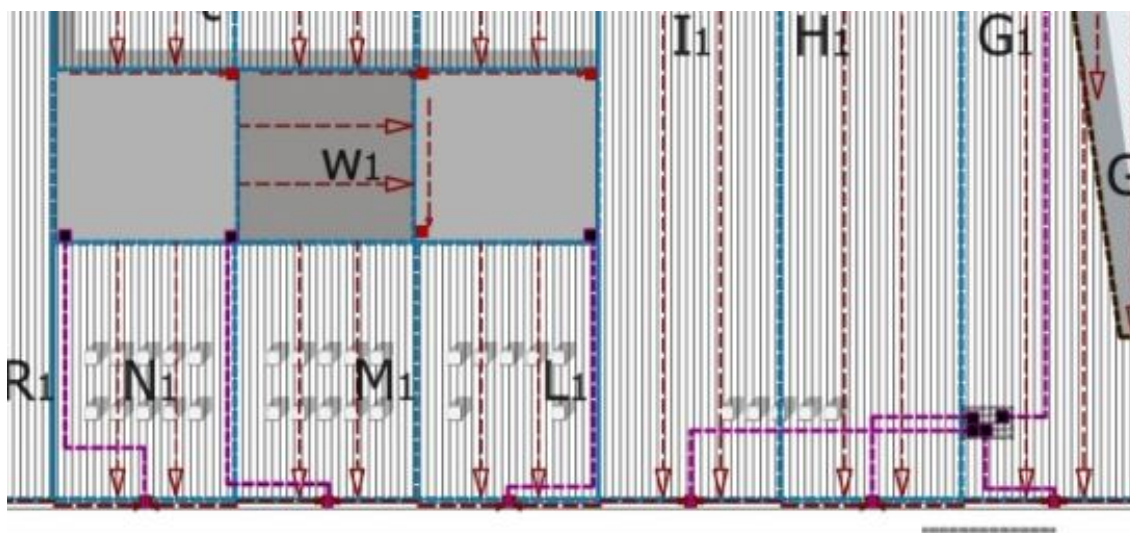


Figura 187 percorsi dei pluviali

In figura si notano i pluviali (percorsi viola) raggiungere i cavedii (parte destra del disegno; zone grigio più scure) o raggiungere i pozzi di luce (parte sinistra dell'immagine). Le freccette rosse sono le linee di pendenza della falda o parte di essa. A fine falda esse diventano le direzioni dei canali di gronda verso i pluviali.

Nulla vieta che i pluviali vengano raccolti in collettori sub orizzontali prima di imboccare il percorso verticale interno al cavedio o al pozzo di luce.

4.6.2.2 Dimensionamento dell'impianto di recupero acque meteoriche

Come preannunciato tale sistema si affianca al sistema di smaltimento che entra in funzione by-passando quello di recupero nel momento in cui tale impianto risulti pieno oltre il limite per cui è stato concepito.

Il recupero delle acque meteoriche è una importante risorsa che permette una riduzione sensibile dei consumi di acqua potabile, infatti essa non crea problemi se utilizzata in mansioni come irrigazione del giardino, lavaggio di panni in lavatrice ma ancora come acqua per risciacquo dei WC e come acqua per le pulizie degli ambienti. Una volta filtrata l'acqua raccolta è in grado di sostituire quella potabile per delle specifiche mansioni che non ne richiedono un'alta qualità.

Pensando alla destinazione del nostro progetto risulta evidente che vi è una sproporzione tra le attività per cui è richiesta e non. Fortunatamente il divario è a favore di quelle che non la necessitano.

L'installazione di un tale impianto sembra fare al caso nostro soprattutto se si aggiunge anche la facilità di raccolta che si avrebbe sfruttando le dimensioni della copertura.

L'impianto si compone fondamentalmente di 3 unità principali:

- 1 - unità di accumulo
- 2 - unità di filtraggio
- 3 - unità di scarico

La prima è quella che è direttamente collegata al sistema di smaltimento delle acque piovane che porta l'acqua a stiparsi nei serbatoi dopo essere stata chiaramente filtrata dall'apposito impianto.

La progettazione di tale sistema parte a monte del problema identificando il fabbisogno idrico necessario. A tal proposito vengono suggerite le seguenti attività e i rispettivi valori di quantità d'acqua necessaria:

scarico WC	12 l/giorno a persona (uffici); 6 l/giorno a persona (studenti);
attività di pulizie	2,2 l/giorno a persona
irrigazione giardini	200 l/m ²

Contando una utenza di 3000 persone il fabbisogno annuo di servizio è dato dalla somma dei fabbisogni totali delle attività precedenti.

Tabella 40 fabbisogno di servizio annuo zona uffici

	Fabb. di servizio	n° utenti	Periodo utilizzo	Fabb. di servizio totale
	l/g*pers.	adm	n°gg su 365	l/anno
scarico WC	12	250	241	723000
pulizie	2,2	250	241	132550
			totale	855550

Tabella 41 fabbisogno di servizio annuo zona studenti

	Fabb. di servizio	n° utenti	Periodo utilizzo	Fabb. di servizio totale
	l/g*pers.	adm	n°gg su 365	l/anno
scarico WC	6	2750	206	3399000
pulizie	2,2	2750	206	1246300
			totale	4645300

In modo del tutto simile si calcola il fabbisogno annuo specifico per l'attività di irrigazione giardini; essa viene applicata sia per quelli interni al piano terra che per quelli esterni sul tetto.

Tabella 42 fabbisogno di servizio annuo specifico

	Fabb. di servizio	-	Sup. di utilizzo	Fabb. di servizio totale
	l/m ²	adm	m ²	l/anno
Irrigazione tetto giardino	200		1216,87	243374
Irrigazione giardini interni	200		896,23	179246
			totale	422620

Conoscendo il fabbisogno totale (pari alla somma dei singoli): **5923470 l/anno**;

si può ricavare il valore di volume di deposito che da un'idea della quantità di serbatoi per stipare l'acqua ritenuta necessaria.

$$\text{volume di deposito} = \frac{\text{acqua di serv. totale o fabb. annuo} * \text{periodo di secca}}{\text{giorni in un anno}}$$

nel nostro caso con un superamento del periodo di secca di 3 settimane (21giorni):

$$\text{volume di deposito} = \frac{5923470 * 21 \text{ giorni}}{365} = \mathbf{340802 \text{ litri}}$$

In realtà risulta più coerente calcolare il volume di deposito in base alla effettiva quantità di acqua che è possibile raccogliere annualmente.

L'apporto E_R di acqua piovana (l/anno) viene calcolato come segue:

$$E_R = A_A * e * h_N * \eta$$

con:

- A_A superficie di raccolta (m^2)
- e coeff. di deflusso (adm); considera la differenza tra l'entità delle precipitazioni e la quantità dell'acqua che effettivamente defluisce includendo la posizione, la pendenza, l'allineamento e la natura della superficie di raccolta (valori derivanti dalla pratica).
- h_N altezza delle precipitazioni (mm/anno o l/m^2) pari a 1313 mm/a per l'area di Delft
- η Efficacia del filtro (adm) pari a 0,9

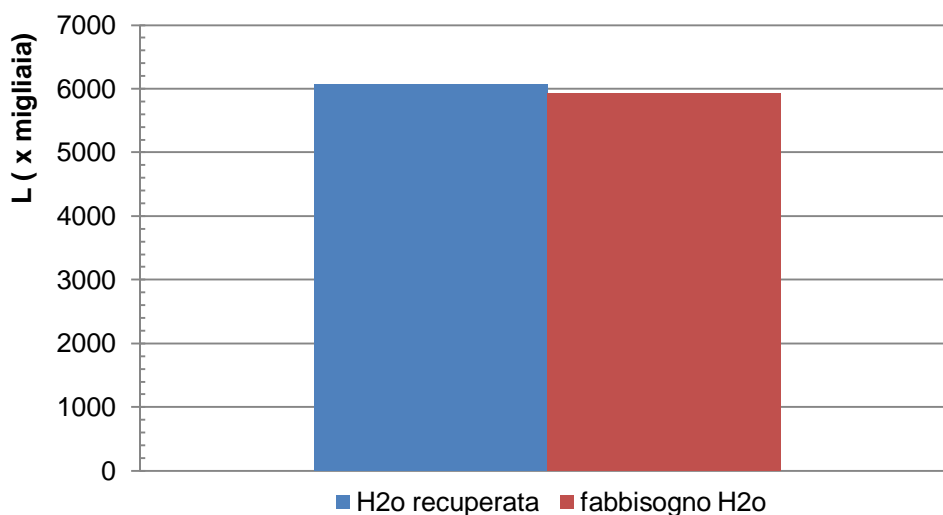
Riprendendo la divisione delle aree introdotta nel dimensionamento del sistema di smaltimento delle acque è possibile dividere gli apporti di acqua in due grandi settori di provenienza: falda nord e falda sud e al loro interno sommare solo una quantità utile di superficie captante in modo da calibrare la quantità finale di acqua recuperata (l/a) a quella del fabbisogno precedentemente calcolata.

Tabella 43 apporto dell'acqua piovana

ZONE	Aree interessate	A_A	e	E_R
		m^2	m^2	l/anno
NORD	da A_2 a G_2	2635	0,8	2490778
SUD	da A_1 a I_1	3789	0,8	3582243
			totale	6073021

Va fatto notare che il coeff. μ risulta essere tabellato in base alla natura della superficie e nel nostro caso il valore 0,8 sottintende un “tetto piatto non ghiaioso”.

Grafico 31 comparazione tra fabbisogno e acqua recuperata



Pur non sfruttando tutta la superficie della copertura è possibile soddisfare il fabbisogno di acqua. Il grafico infatti contempla la quantità di acqua recuperata dalle falde segnalate in tabella .

Tabella 44 comparazione tra acqua recuperata e fabbisogno

	H ₂ O recuperata	fabbisogno H ₂ O
	l/anno	l/anno
tot	6073021	5923470

Non rimane che ultimare la progettazione calcolando il volume di deposito come già spiegato dagli E_R calcolati per falde.

Tabella 45 volume di deposito e scelta del serbatoio

ZONE	Volume di deposito	N° serbatoi	Capacità serbatoio	Capacità reale totale	verifica
		m ²	Litri	litri	l/anno
NORD	143305	16	9000	144000	verificato
SUD	206102	23	9000	207000	verificato

(periodo di secca: 21giorni)

I serbatoi ottenuti vengono montati all’interno del piano interrato in appositi stanzoni/magazzini con adeguata impermeabilizzazione e con una struttura di sostegno adatta ad evitare deformazioni dell’elemento di deposito. Successivamente si riporta la piantina dell’interrato e si evidenziano le zone di deposito che come si evince sono state ben distribuite nel piano per facilitare l’arrivo e lo smistamento dell’acqua di recupero.

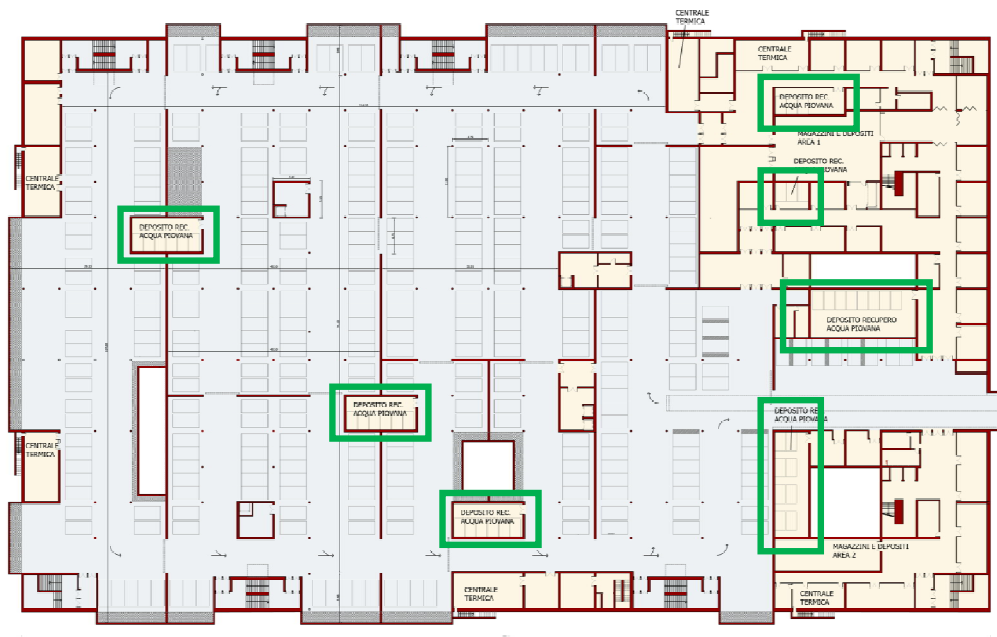


Figura 188 piano interrato e localizzazione serbatoi di recupero acqua piovana

4.7 Abaco delle soluzioni tecnologiche adottate

Dai precedenti paragrafi risulta chiaro come vi sia una grande sinergia tra tutti gli approfondimenti fin qui trattati. La scelta di determinati materiali piuttosto che la determinata successione di strati all'interno delle pareti concorre ad un buon risultato finale. La volontà di ottenere un'adeguata vivibilità interna dei locali ed elevate prestazioni energetiche non può prescindere da un'adeguata progettazione di "pacchetti tecnologici" ciò che più comunemente si identifica come pareti e solai.

Risulta evidente come tutto ciò che è stato presentato con una determinata sequenzialità di capitolo in capitolo nella realtà non possa essere così. La definizione delle prestazioni dei singoli elementi tecnici (così definiti dalla UNI 8290) è successiva ad una specificazione delle esigenze progettuali nonché di un reperimento dei requisiti necessari per garantire una certa qualità complessiva del progetto.

Come si è visto la scelta di determinate strategie energetiche influenza la soluzione finale. L'iter di progettazione degli elementi tecnici tiene conto anche di tali analisi e confronti per evolvere dalle semplici soluzioni conformi alle definitive soluzioni tecnologiche.

Le successive soluzioni tengono presente di tutti i risultati fin qui ottenuti all'interno degli approfondimenti e si completano delle verifiche di prestazione termo igrometriche ed acustiche.

Verifica condensa - UNI 10350

Verifica trasmittanza - UNI EN ISO 6946

Verifica sfasamento e attenuazione (caratt dinamiche) - UNI 13786

Verifica principali parametri acustici - D.P.C.M. 7 Dicembre 1997 e UNI 12354

Verifica antincendio - D.M. 9 Marzo 2007

Il tutto viene ordinato in schede di sintesi dei parametri prestazionale fondamentali per ogni pacchetto tecnologico.

4.7.1 Chiusure

Tabella 46 CHIUSURA VERTICALE ESTERNA CVE 1

<p>ESTERNO INTERNO</p> <p>sez. verticale</p> <p>L</p> <p>sez. orizzontale</p> <p>ESTERNO INTERNO</p>	<p>DESCRIZIONE:</p> <p>interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lastra in fibrogesso; sp. 1,25cm 2. Doppia lastra in cartongesso antincendio; sp.1,5cm+1,5cm 3. Barriera vapore in foglio di alluminio; sp. 0,025mm 4. Intercapedine di aria ferma; sp. tot. 15cm / struttura portante di facciata; 8cmx15cm interasse 3m 5. Isolante in intercap. in lana minerale 60 Kg/m³; sp. 4cm 6. Sistema di rivestimento in cassette di acciaio sagomate a C; 50x16x0,15cm 7. Isolante in lana di vetro riciclato 29 Kg/m³; sp. 6+14cm 8. Guaina impermeabilizzante traspirante in polietilene HD termo legato; sp. 0,2mm 9. Sottostruttura di sostegno rivestimento e intercap. ventilata di 5 cm: listello in legno 5x4cm profilo ad omega 5x5x2cm; sp 0,15cm 10. Rivestimento in pannelli in alluminio sagomato sp. 0,8 ÷ 1 mm <p>esterno</p> <p style="text-align: center;">L = 44,25cm</p>
	<p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,1266 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U = 0,1254 \text{ W/m}^2\text{K}$ se REI 180)</p> <p>TRASMITTANZA (est.) $U = 0,1253 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U = 0,1242 \text{ W/m}^2\text{K}$ se REI 180)</p> <p>COEF. SFASAMENTO $\phi = 7\text{h } 23'$ ($\phi = 8\text{h } 9'$ se REI 180)</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE $f_a = 0,49$ ($f_a = 0,43$ se REI 180)</p> <p>POTERE FONOISOLANTE $R_w = 56,4 \text{ dB}$ ($R_w = 57,8 \text{ dB}$ se REI 180)</p>
<p style="text-align: center;">NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è calibrata per una classe REI 90. Per ottenere la classe REI 180 da usare nella zona legata alla biblioteca si deve maggiorare di un ulteriore livello di pannelli in cartongesso antincendio la controparete interna al locale. I dati antincendio vengono forniti dai sistemi a secco di contropareti KNAUF e sono soluzioni standard da catalogo. L'aggiunta di una lastra fa variare i valori nei termini riportati in parentesi e di larghezza "L" complessiva di 45,75cm.</p>	
<p style="text-align: center;">POSIZIONE</p> <p>Chiusura verticale esterna applicata perimetralmente sui fronti nord e sud ai piani 1° e 2° sulle superfici caratterizzate dal rivestimento metallico della scocca.</p>	

Verifica della condensa:

Si presentano qui di seguito i valori di pressione e la loro graficizzazione a comprovare l'assenza di condensa

Grafico 32 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; CVE1

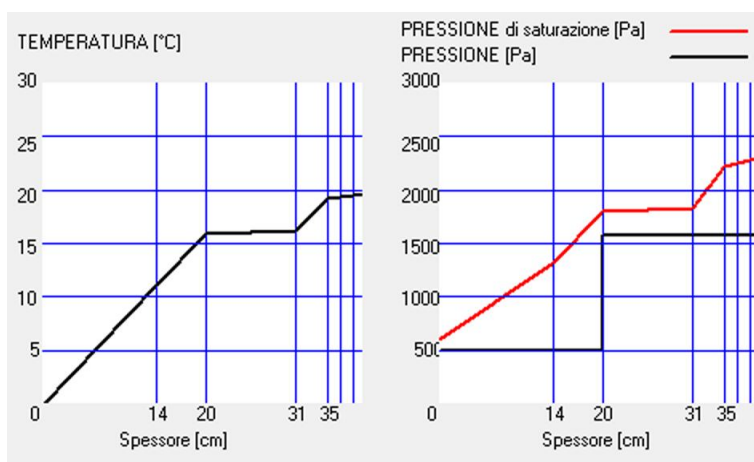


Grafico 33 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; CVE1

	Press.Est.	Interf.1	Interf.2	Interf.3	Interf.4	Interf.5	Interf.6	Interf.7	Interf.8	Press.Int.	
Ottobre	1256,32	1785,17	2065,89	2065,89	2083,50	2280,17	2280,17	2293,24	2306,38	2313,96	
	1018,00	1018,02	1018,03	1538,64	1538,66	1538,67	1541,70	1541,73	1541,75	1541,80	
Novembre	870,43	1530,50	1927,25	1927,26	1953,10	2249,09	2249,09	2269,22	2289,51	2301,25	
	749,00	749,04	749,05	1559,48	1559,51	1559,52	1564,25	1564,29	1564,33	1564,40	
Dicembre	651,53	1359,01	1827,50	1827,51	1858,93	2225,74	2225,74	2251,13	2276,78	2291,63	
	550,00	550,05	550,07	1580,54	1580,58	1580,60	1586,61	1586,66	1586,71	1586,80	
Gennaio	600,65	1315,98	1801,52	1801,53	1834,35	2219,51	2219,51	2246,30	2273,37	2289,06	
	497,00	497,05	497,07	1570,48	1570,52	1570,54	1576,80	1576,85	1576,91	1577,00	
Febbraio	740,78	1432,10	1870,72	1870,73	1899,77	2235,96	2235,96	2259,06	2282,36	2295,85	
	584,00	584,04	584,06	1517,93	1517,96	1517,98	1523,42	1523,47	1523,52	1523,60	
Marzo	985,45	1611,60	1972,53	1972,53	1995,75	2259,41	2259,41	2277,21	2295,12	2305,48	
	714,00	714,03	714,05	1427,87	1427,89	1427,90	1432,07	1432,10	1432,14	1432,20	
Aprile	1315,99	1820,76	2084,48	2084,49	2100,95	2284,23	2284,23	2296,37	2308,57	2315,61	
	931,00	931,02	931,03	1414,07	1414,09	1414,09	1416,91	1416,93	1416,96	1417,00	
Maggio	1673,57	1881,43	1977,22	1977,22	1982,97	2045,39	2045,39	2049,43	2053,47	2055,80	
	1226,00	1226,01	1226,02	1510,47	1510,48	1510,49	1512,15	1512,16	1512,18	1512,20	
Giugno	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	
	1520,00	1520,00	1520,00	1589,78	1589,78	1589,78	1590,19	1590,19	1590,19	1590,20	
Luglio	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	
	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	
Agosto	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	Press.Sat.[Pa]
	1657,00	1657,00	1657,00	1689,20	1689,21	1689,21	1689,39	1689,40	1689,40	1689,40	Pressione [Pa]
Settembre	1806,93	1945,71	2007,98	2007,98	2011,69	2051,72	2051,72	2054,29	2056,87	2058,35	Condensaz.
	1360,00	1360,01	1360,01	1580,06	1580,07	1580,08	1581,36	1581,37	1581,38	1581,40	Evaporaz.

Tabella 47 CHIUSURA VERTICALE ESTERNA CVE 2

	<p>DESCRIZIONE:</p> <p>interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lastra in fibrogesso; sp. 1,25cm 2. Doppia lastra in cartongesso antincendio; sp.1,5cm+1,5cm 3. Barriera vapore in foglio di alluminio; sp. 0,025mm 4. Struttura in profili metallici a U e C 7,5x5cm ad interasse 60cm 5. Isolante nei profili in lana minerale 60 Kg/m³; sp. 6cm 6. Intercapedine di aria ferma; sp. tot. 10cm 7. Struttura in profili metallici a U e C 7,5x5cm ad interasse 60cm 8. Isolante nei profili in lana minerale 60 Kg/m³; sp. 6cm 9. Lastra in fibrocemento; sp.1,25cm <p>10. Impermeabilizzante traspirante in polietilene HD termo legato; sp. 0,2mm</p> <p>11. Isolante EPS in pannelli 19 Kg/m³; sp. 8cm</p> <p>12. interc. ventilata di 5 cm: sistema metallico di ancoraggio e montanti di sostegno rivestimento</p> <p>13. Rivestimento opaco in pannelli riciclabili di fibre di vetro e minerali; sp. 1,3cm</p> <p>esterno</p> <p style="text-align: center;">L = 44,80cm</p>
<p>ESTERNO</p> <p>INTERNO</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,1480 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U = 0,1478 \text{ W/m}^2\text{K}$ se REI 180)</p> <p>TRASMITTANZA (est.) $U = 0,1477 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U = 0,1460 \text{ W/m}^2\text{K}$ se REI 180)</p> <p>COEF. SFASAMENTO $\phi = 7\text{h } 44'$ ($\phi = 8\text{h } 32'$ se REI 180)</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE $f_a = 0,4$ ($f_a = 0,35$ se REI 180)</p> <p>POTERE FONOISOLANTE $R_w = 63,47 \text{ dB}$ $(R_w = 64,48 \text{ dB se REI 180})$</p>
<p style="text-align: center;">NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è calibrata per una classe REI 90. Per ottenere la classe REI 180 da usare nella zona legata alla biblioteca si deve maggiorare di un ulteriore livello di pannelli in cartongesso antincendio la sezione interna al locale della parete. I dati antincendio vengono forniti dai sistemi a secco di contropareti KNAUF e sono soluzioni standard da catalogo. L'aggiunta di una lastra fa variare i valori nei termini riportati in parentesi e di larghezza "L" complessiva di 46,30. Se il pacchetto è rivolto verso la zona bagno le lastre si sostituiscono con le idrolastre specifiche per le esigenze del locale.</p>	
<p style="text-align: center;">POSIZIONE</p> <p>Chiusura verticale esterna applicata perimetralmente sui fronti est ed ovest ai piani 1° e 2° sulle superfici caratterizzate da rivestimento riciclabile in fibre di vetro e minerali.</p>	

Verifica della condensa:

Si presentano qui di seguito i valori di pressione e la loro graficizzazione a comprovare l'assenza di condensa

Grafico 34 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; CVE2

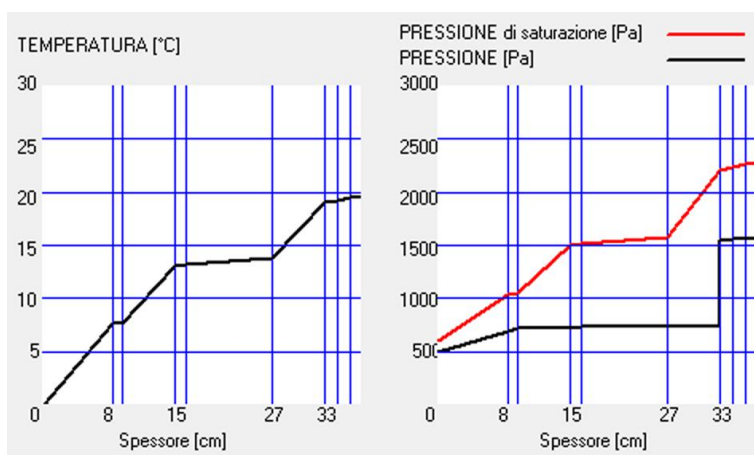


Grafico 35 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; CVE2

	Press.Est.	Interf.1	Interf.2	Interf.3	Interf.4	Interf.5	Interf.6	Interf.7	Interf.8	Interf.9	Press.Int.	
Ottobre	1257,02	1604,31	1610,15	1894,54	1905,38	1936,87	2270,67	2270,67	2285,91	2301,23	2310,08	
	1018,00	1108,18	1126,78	1128,14	1130,96	1133,21	1134,56	1529,12	1532,50	1535,88	1541,80	
Novembre	871,22	1291,09	1298,62	1681,57	1696,78	1741,26	2234,49	2234,49	2257,92	2281,56	2295,24	
	749,00	889,39	918,34	920,45	924,84	928,35	930,45	1544,56	1549,92	1555,19	1564,40	
Dicembre	652,31	1090,53	1098,79	1534,19	1552,06	1604,53	2207,35	2207,35	2236,86	2266,72	2284,03	
	550,00	728,51	765,33	768,00	773,58	778,04	780,72	1561,70	1568,39	1575,09	1586,80	
Gennaio	601,52	1041,63	1050,01	1496,64	1515,12	1569,49	2200,12	2200,12	2231,24	2262,75	2281,03	
	497,00	682,95	721,30	724,09	729,90	734,55	737,34	1550,85	1557,82	1564,80	1577,00	
Febbraio	741,57	1174,92	1182,91	1597,44	1614,20	1663,36	2219,23	2219,23	2246,08	2273,22	2288,95	
	584,00	745,77	779,14	781,57	786,62	790,67	793,09	1500,85	1506,92	1512,98	1523,60	
Marzo	986,23	1398,92	1395,99	1750,10	1763,97	1804,45	2246,49	2246,49	2267,21	2288,10	2300,18	
	714,00	837,65	863,16	865,01	868,88	871,97	873,82	1414,81	1419,45	1424,09	1432,20	
Aprile	1316,67	1649,43	1654,99	1923,81	1934,00	1963,59	2275,40	2275,40	2289,56	2303,79	2312,01	
	931,00	1014,68	1031,93	1033,19	1035,80	1037,90	1039,15	1405,23	1408,37	1411,51	1417,00	
Maggio	1673,88	1814,99	1817,21	1919,72	1923,44	1934,20	2042,45	2042,45	2047,16	2051,89	2054,61	
	1226,00	1275,28	1285,44	1286,18	1287,72	1288,95	1289,69	1505,27	1507,12	1508,97	1512,20	
Giugno	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	
	1520,00	1532,09	1534,58	1534,76	1535,14	1535,44	1535,62	1588,50	1588,95	1589,41	1590,20	
Luglio	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	
	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	
Agosto	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	Press.Sat.[Pa]
	1657,00	1662,58	1663,73	1663,81	1663,99	1664,13	1664,21	1688,62	1688,82	1689,03	1689,40	Pressione [Pa]
Settembre	1807,14	1901,92	1903,38	1970,72	1973,14	1980,13	2049,84	2049,84	2052,85	2055,86	2057,59	Condensaz.
	1360,00	1398,12	1405,98	1406,55	1407,74	1408,70	1409,27	1576,04	1577,47	1578,90	1581,40	Evaporaz.

Tabella 0.48 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE 1

<p>DESCRIZIONE:</p> <p>interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rivestimento in gomma; sp 0,2cm 2. Doppia lastra in fibrogesso; sp.1,8cm+1,8cm 3. Pannelli isolanti in eps per pavimento radiante 27 Kg/m³; sp. 3,2cm 4. Isolante acustico anticalpestio in lana minerale 100 Kg/m³; sp. 2cm 5. Strato di tenuta al vapore in P.E.; sp.1,6mm 6. Sistema di pavimento sopraelevato: pannello resistente in gesso fibra; sp. 2,8cm pedino di sostegno metallico; altezza 25cm 7. Intercapedine impiantistica; sp. 15cm 8. Isolante in EPS 25 Kg/m³; sp. 5cm+5cm 9. Getto di completamento in calcestruzzo; sp.5cm 10. Solaio prefabbricato alveolare autoportante in calcestruzzo armato; altezza 40cm <p>esterno</p> <p style="text-align: center;">L = 83,6cm</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) U = 0,18 W/m²K</p> <p>TRASMITTANZA (est.) U = 0,1803 W/m²K</p> <p>COEFF. SFASAMENTO $\phi = 17h 25'$</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE $f_a = 0,0286$</p> <p>POTERE FONOISOLANTE $R_w = 53,30$ dB</p> <p>ISOL. DA CALPESTIO NORM. $L'_{nw} = 36,59$ dB</p>
<p>NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è calibrata per una classe REI maggiore della 120</p>	
<p>POSIZIONE</p> <p>Chiusura orizzontale esterna applicata al solaio del piano terra sopra il parcheggio interrato</p>	

Verifica della condensa:

Si presentano qui di seguito i valori di pressione e la loro graficizzazione a comprovare l'assenza di condensa

Grafico 36 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE1

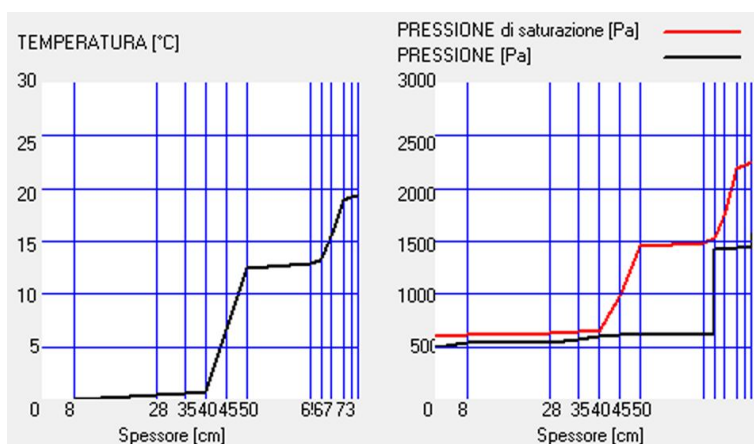


Grafico 37 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE1

	Press.Est.	Interf.1	Interf.2	Interf.3	Interf.4	Interf.5	Interf.6	Interf.7	Interf.8	Interf.9	Interf.10	Interf.11	Interf.12	Interf.13	Press.Int.
Ottobre	1258,05	1265,91	1282,20	1289,67	1295,02	1558,20	1867,18	1890,09	1909,71	1911,97	2036,19	2263,21	2277,96	2292,79	2294
Novembre	872,38	881,27	899,77	908,29	914,42	1232,22	1643,35	1675,33	1702,88	1706,06	1883,91	2223,05	2245,69	2269,52	2271
Dicembre	749,00	777,51	778,02	804,63	823,64	832,51	841,38	841,76	843,69	1452,13	1452,18	1480,29	1461,66	1463,03	1564
Gennaio	602,79	612,33	630,43	638,82	644,86	976,62	1450,41	1489,06	1522,55	1526,42	1746,79	2184,97	2214,99	2245,37	2248
Febbraio	497,00	534,76	536,43	570,68	595,86	607,60	619,35	619,86	622,68	1428,30	1428,36	1439,10	1440,92	1442,73	1577
Marzo	304,00	616,05	617,44	648,10	670,00	680,23	690,45	690,69	693,34	1394,23	1394,29	1400,63	1405,21	1406,79	1523
Aprile	1317,66	1325,26	1340,99	1348,19	1363,36	1605,55	1898,07	1919,52	1938,07	1940,19	2056,70	2268,47	2282,17	2296,95	2297
Maggio	1674,33	1677,76	1684,83	1688,05	1690,36	1797,36	1910,26	1918,19	1924,93	1925,70	1967,46	2040,13	2044,70	2049,29	2049
Giugno	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156,39	2156
Luglio	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410
Agosto	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657,00	1657
Settembre	1807,45	1809,78	1814,59	1816,77	1818,34	1890,21	1964,56	1969,72	1974,11	1974,61	2001,68	2048,36	2051,28	2054,20	2054
	1360,00	1367,74	1367,88	1375,10	1380,27	1382,67	1385,08	1385,19	1385,76	1550,92	1550,93	1553,13	1553,50	1553,87	1581

Press.Sat [Pa]
Pressione [Pa]
Condensaz.
Evaporaz.

Tabella 0.49 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE 2

<p>DESCRIZIONE: esterno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Doppia lastra in fibrogesso; sp.1,8cm+1,8cm 2. Isolante in EPS 25 Kg/m³ ; sp. 10cm+5cm 3. Impermeabilizzante foglio PVC; sp.1,2mm 4. Getto di completamento in calcestruzzo; sp.5cm 5. Solaio prefabbricato alveolare autoportante in calcestruzzo armato; altezza 40cm <p>Interno</p> <p style="margin-left: 40px;">L = 63,6cm</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) U = 0,1876 W/m²K</p> <p>TRASMITTANZA (est.) U = 0,1858 W/m²K</p> <p>COEFF. SFASAMENTO $\phi = 12h 21'$</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE $f_a = 0,07$</p> <p>POTERE FONOISOLANTE $R_w = 52,56$ dB</p> <p>SOL. DA CALPESTIO NORM. $L'_{nw} = 53,91$ dB</p>
<p>NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è calibrata per una classe REI maggiore della 120</p>	
<p>POSIZIONE</p> <p>Chiusura orizzontale esterna applicata al solaio del piano sottotetto</p>	

Verifica della condensa:

Si presentano qui di seguito i valori di pressione e la loro graficizzazione a comprovare l'assenza di condensa

Grafico 38 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE2

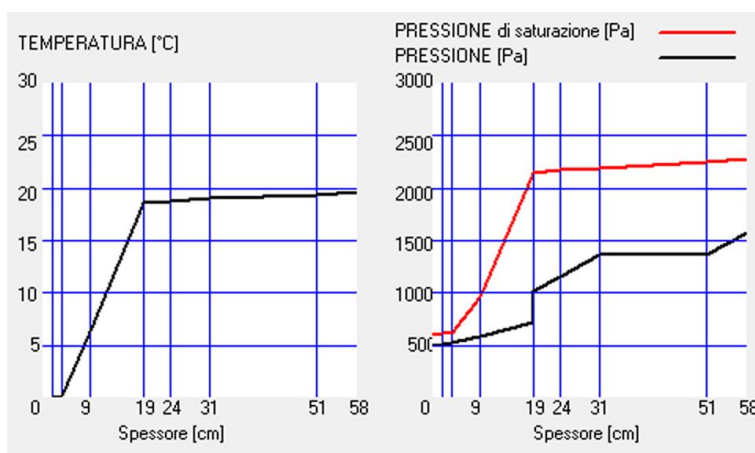


Grafico 39 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE2

	Press.Est.	Interf.1	Interf.2	Interf.3	Interf.4	Interf.5	Interf.6	Interf.7	Interf.8	Press.Int.	
Ottobre	1258,31	1265,57	1272,87	1544,62	2244,54	2246,58	2255,68	2268,47	2296,83	2310,76	
	1018,00	1022,99	1027,99	1060,36	1125,11	1269,40	1338,77	1435,89	1437,74	1541,80	
Novembre	872,67	880,88	889,15	1215,06	2194,50	2197,60	2211,51	2231,11	2274,76	2296,29	
	749,00	756,78	764,55	814,95	915,74	1140,36	1248,35	1399,53	1402,41	1564,40	
Dicembre	653,74	661,84	670,02	1007,86	2157,16	2161,05	2178,48	2203,10	2258,13	2285,35	
	550,00	559,89	569,77	633,85	762,01	1047,62	1184,93	1377,17	1380,83	1586,80	
Gennaio	603,11	611,95	620,03	957,86	2147,23	2151,33	2169,70	2195,64	2253,68	2282,43	
	497,00	507,30	517,60	584,35	717,84	1015,35	1158,39	1358,64	1362,45	1577,00	
Febbraio	743,02	751,24	759,53	1094,64	2173,48	2177,03	2192,93	2215,36	2265,42	2290,15	
	584,00	592,96	601,92	659,99	776,13	1034,97	1159,41	1333,62	1336,94	1523,60	
Marzo	987,66	995,71	1003,83	1317,28	2211,07	2213,82	2226,15	2243,50	2282,10	2301,10	
	714,00	720,85	727,70	772,09	860,86	1058,71	1153,82	1286,99	1289,52	1432,20	
Aprile	1317,91	1324,93	1331,98	1592,61	2251,10	2253,00	2261,46	2273,35	2299,71	2312,64	
	931,00	935,63	940,27	970,31	1030,38	1164,26	1228,62	1318,74	1320,45	1417,00	
Maggio	1674,44	1677,61	1680,79	1792,12	2034,32	2034,95	2037,79	2041,76	2050,53	2054,81	
	1226,00	1228,73	1231,46	1249,15	1284,52	1363,36	1401,27	1454,33	1455,34	1512,20	
Giugno	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	
	1520,00	1520,67	1521,34	1525,68	1534,35	1553,69	1562,99	1576,01	1576,25	1590,20	
Luglio	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	
	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	
Agosto	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	Press. Sat [Pa]
	1657,00	1657,31	1657,62	1659,62	1663,63	1672,55	1676,84	1682,85	1682,96	1689,40	Pressione [Pa]
Settembre	1807,52	1809,68	1811,84	1886,72	2044,65	2045,05	2046,86	2049,40	2055,00	2057,73	Condensaz.
	1360,00	1362,11	1364,22	1377,91	1405,27	1466,26	1495,58	1536,64	1537,42	1581,40	Evaporaz.

Tabella 0.50 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE 3

<p>DESCRIZIONE:</p> <p>esterno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Strato di terreno; sp. 20cm 2. Tessuto antiradice; 3. Vaschetta raccolta acqua in EPS sagomato; sp. 6,2cm 4. Impermeabilizzante traspirante in PE; sp.0,2mm 5. Massetto alleggerito di pendenza 1%; sp. 5cm 6. Isolante in EPS 25 Kg/m³ ; sp.tot 15cm 7. Getto di completamento in calcestruzzo; sp.5cm 8. Solaio prefabbricato alveolare autoportante in calcestruzzo armato; altezza 40cm <p>Interno</p> <p style="margin-left: 40px;">L = 91,2 cm (comprensivo di terreno)</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) U =0,1625 W/m²K</p> <p>TRASMITTANZA (est.) U = 0,1609 W/m²K</p> <p>COEFF. SFASAMENTO φ = 17h 45'</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE f_a =0,0225</p> <p>POTERE FONOISOLANTE R_w = 57,67 dB</p> <p>ISOLAM. DA CALPESTIO L' _{nw} = 35,96 dB</p>
<p>NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è calibrata per una classe REI maggiore della 120</p>	
<p>POSIZIONE</p> <p>Chiusura orizzontale esterna applicata in copertura di tipo tetto giardino</p>	

Verifica della condensa:

Si presentano qui di seguito i valori di pressione e la loro graficizzazione a comprovare l'assenza di condensa

Grafico 40 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE3

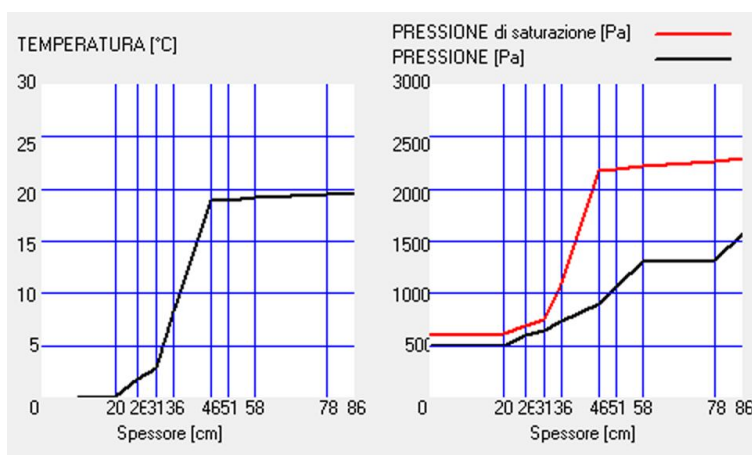


Grafico 41 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE3

	Press.Est.	Interf.1	Interf.2	Interf.3	Interf.4	Interf.5	Interf.6	Interf.7	Interf.8	Press.Int.	
Ottobre	1257,49	1270,79	1339,17	1385,59	1636,03	2258,50	2266,41	2277,53	2302,17	2314,25	
	1018,00	1020,25	1069,15	1091,69	1131,12	1209,99	1294,49	1412,79	1415,05	1541,80	
Novembre	871,75	886,79	965,49	1020,19	1332,11	2215,83	2227,96	2245,03	2283,00	2301,70	
	749,00	752,51	828,63	863,71	925,09	1047,87	1179,41	1363,58	1367,08	1564,40	
Dicembre	652,83	667,68	746,52	802,38	1135,68	2183,91	2199,14	2220,63	2268,54	2292,20	
	550,00	554,46	651,25	695,85	773,91	930,02	1097,28	1331,45	1335,91	1586,80	
Gennaio	602,10	617,72	695,80	751,42	1087,53	2175,41	2191,47	2214,12	2264,68	2289,66	
	497,00	501,65	602,47	648,93	730,24	892,95	1067,08	1311,01	1315,65	1577,00	
Febbraio	742,10	757,16	836,56	892,35	1218,54	2197,87	2211,75	2231,31	2274,88	2296,37	
	584,00	588,04	675,76	716,18	786,92	928,39	1079,97	1292,19	1296,23	1523,60	
Marzo	986,75	1001,51	1078,28	1131,21	1427,38	2229,97	2240,71	2255,82	2289,38	2305,87	
	714,00	717,09	784,14	815,03	869,10	977,24	1093,11	1255,31	1258,40	1432,20	
Aprile	1317,12	1329,97	1395,89	1440,51	1679,58	2264,08	2271,44	2281,78	2304,66	2315,88	
	931,00	933,09	978,46	999,37	1035,96	1109,13	1187,54	1297,30	1299,39	1417,00	
Maggio	1674,08	1679,88	1709,15	1728,52	1826,95	2038,67	2041,13	2044,57	2052,18	2055,89	
	1226,00	1227,23	1253,95	1266,26	1287,81	1330,90	1377,07	1441,71	1442,94	1512,20	
Giugno	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	
	1520,00	1520,30	1526,86	1529,88	1535,16	1545,73	1557,06	1572,91	1573,21	1590,20	
Luglio	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	
	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	
Agosto	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	Press. Sat. [Pa]
	1657,00	1657,14	1660,16	1661,56	1664,00	1668,88	1674,10	1681,42	1681,56	1689,40	Pressione [Pa]
Settembre	1807,28	1811,23	1831,06	1844,13	1909,84	2047,42	2048,99	2051,20	2056,04	2058,41	Condensaz.
	1360,00	1360,95	1381,62	1391,15	1407,81	1441,15	1476,87	1528,87	1527,82	1581,40	Evaporaz.

Tabella 0.51 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE4

<p>DESCRIZIONE:</p> <p>esterno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema di pavimentazione sopraelevato: pannello resistente in PVC e legno; sp. 2,8cm piedino di sostegno metallico; altezza variabile 2. Impermeabilizzante traspirante in PE; sp.0,2mm 3. Massetto alleggerito di pendenza 1%; sp. 5cm 4. Isolante in EPS 25 Kg/m³ ; sp.tot 15cm 5. Getto di completamento in calcestruzzo; sp.5cm 6. Solaio prefabbricato alveolare autoportante in calcestruzzo armato; altezza 40cm <p>Interno</p> <p style="padding-left: 40px;">L = 65 cm (al netto del parte di pavimentazione)</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>TRASMITTANZA (est.) $U = 0,1781 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>COEFF. SFASAMENTO $\phi = 11 \text{ h } 5'$</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE $f_a = 0,076$</p> <p>POTERE FONOIOLANTE $R_w = 53,02 \text{ dB}$</p> <p>ISOL. DA CALPESTIO NORM. $L'_{nw} = 56,90 \text{ dB}$</p>
<p>NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è calibrata per una classe REI maggiore della 120</p>	
<p>POSIZIONE</p> <p>Chiusura orizzontale esterna applicata in copertura di tipo solaio calpestabile</p>	

Verifica della condensa:

Si presentano qui di seguito i valori di pressione e la loro graficizzazione a comprovare l'assenza di condensa

Grafico 42 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE4

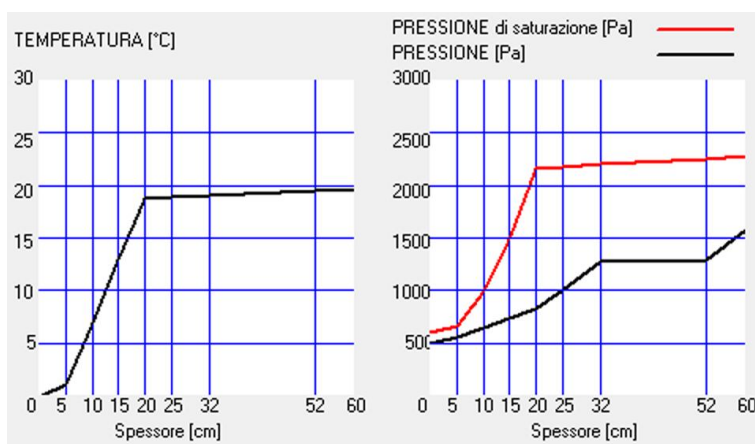


Grafico 43 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE4

	Press.Est.	Interf.1	Interf.2	Interf.3	Interf.4	Interf.5	Interf.6	Interf.7	Interf.8	Press.Int.	
Ottobre	1257,49	1270,79	1339,17	1385,59	1636,03	2258,50	2266,41	2277,53	2302,17	2314,25	
	1018,00	1020,25	1069,15	1091,89	1131,12	1209,99	1294,49	1412,79	1415,05	1541,80	
Novembre	871,75	886,79	965,49	1020,19	1332,11	2215,83	2227,96	2245,03	2283,00	2301,70	
	749,00	752,51	828,63	863,71	925,09	1047,87	1179,41	1363,58	1367,08	1564,40	
Dicembre	652,83	667,68	746,52	802,38	1135,68	2183,91	2199,14	2220,63	2268,54	2292,20	
	550,00	554,46	651,25	695,85	773,91	930,02	1097,28	1331,45	1335,91	1586,80	
Gennaio	602,10	617,72	695,80	751,42	1087,53	2175,41	2191,47	2214,12	2264,68	2289,66	
	497,00	501,65	602,47	648,93	730,24	892,95	1067,08	1311,01	1315,65	1577,00	
Febbraio	742,10	757,16	836,56	892,35	1218,54	2197,87	2211,75	2231,31	2274,88	2296,37	
	584,00	588,04	675,76	716,18	786,92	928,39	1079,97	1292,19	1296,23	1523,60	
Marzo	986,75	1001,51	1078,28	1131,21	1427,38	2229,97	2240,71	2255,82	2289,38	2305,87	
	714,00	717,09	784,14	815,03	869,10	977,24	1093,11	1255,31	1258,40	1432,20	
Aprile	1317,12	1329,97	1395,89	1440,51	1679,58	2264,08	2271,44	2281,78	2304,66	2315,88	
	931,00	933,03	978,46	999,37	1035,96	1109,13	1187,54	1297,30	1299,39	1417,00	
Maggio	1674,08	1679,88	1709,15	1728,52	1826,95	2038,67	2041,13	2044,57	2052,18	2055,89	
	1226,00	1227,23	1253,95	1266,26	1287,81	1330,90	1377,07	1441,71	1442,94	1512,20	
Giugno	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	2155,39	
	1520,00	1520,30	1526,86	1529,88	1535,16	1545,73	1557,06	1572,91	1573,21	1590,20	
Luglio	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	2410,27	
	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	1663,00	
Agosto	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	2251,55	Press.Sat.[Pa]
	1657,00	1657,14	1660,16	1661,56	1664,00	1668,88	1674,10	1681,42	1681,56	1689,40	Pressione [Pa]
Settembre	1807,28	1811,23	1831,06	1844,13	1909,84	2047,42	2048,99	2051,20	2056,04	2058,41	Condensaz.
	1360,00	1360,95	1381,62	1391,15	1407,81	1441,15	1476,87	1526,87	1527,82	1581,40	Evaporaz.

4.7.2 Partizioni

Tabella 0.52 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 1

	<p>DESCRIZIONE: interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Doppia lastra in cartongesso antincendio; sp.1,25cm+1,25cm 2. Struttura in profili metallici a U e C 10x5cm ad interasse 60cm 3. Isolante nei profili in lana minerale 60 Kg/m³; sp. 6cm 4. Doppia lastra in cartongesso antincendio; sp.1,25cm+1,25cm <p>interno L = 15cm</p> <p>* La seguente soluzione non è adatta al passaggio impiantistico in intercapedine</p>
	<p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$ se REI 180) TRASMITTANZA (est.) - COEF. SFASAMENTO - FATTORE ATTENUAZIONE - POTERE FONOISOLANTE $R_w = 55 \text{ dB}$ ($R_w = 58 \text{ dB}$ se REI 180)</p>
<p style="text-align: center;">NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è una soluzione standard stratificata a secco da catalogo tipo KNAUF. Rappresenta una classe REI maggiore della richiesta 90 di minimo. La classe REI 180 da usare nella zona legata alla biblioteca si deve aumentare di un ulteriore livello di pannelli in cartongesso antincendio. I dati antincendio vengono forniti da catalogo. L'aggiunta di una lastra fa variare i valori nei termini riportati in parentesi e di larghezza "L" complessiva di 17,5cm. Se il pacchetto è rivolto verso la zona bagno le lastre si sostituiscono con le idrolastre specifiche per le esigenze del locale.</p>	
<p style="text-align: center;">POSIZIONE</p> <p>Partizione verticale interna applicata perimetralmente alle compartimentazioni antincendio. (vedere parte antincendio).</p>	

Tabella 0.53 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 2

<p>sez. verticale</p> <p>INTERNO</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>L</p>	<p>DESCRIZIONE:</p> <p>interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Doppia lastra in cartongesso antincendio; sp.1,25cm+1,25cm 2. Struttura in profili metallici a U e C 5x5cm ad interasse 60cm 3. Isolante nei profili in lana minerale 60 Kg/m³; sp. 4cm 4. Intercapedine di aria ferma; sp. tot. 10cm 5. Struttura in profili metallici a U e C 5x5cm ad interasse 60cm 6. Doppia lastra in cartongesso antincendio; sp.1,25cm+1,25cm <p>interno</p> <p style="text-align: center;">L = 25cm</p>
<p>sez. orizzontale</p> <p>INTERNO</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p> <p>6</p> <p>INTERNO</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($U = 0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ se REI 180)</p> <p>TRASMITTANZA (est.) -</p> <p>COEFF. SFASAMENTO -</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE -</p> <p>POTERE FONOISOLANTE $R_w = 53 \text{ dB}$ ($R_w \geq 53 \text{ dB}$ se REI 180)</p>
<p style="text-align: center;">NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è una soluzione standard stratificata a secco da catalogo tipo KNAUF. Esso rappresenta una classe REI maggiore della richiesta 90 di minimo. La classe REI 180 da usare nella zona legata alla biblioteca si deve maggiorare di un ulteriore livello di pannelli in cartongesso antincendio. I dati antincendio vengono forniti da catalogo. L'aggiunta di una lastra fa variare i valori nei termini riportati in parentesi e di larghezza "L" complessiva di 27,5cm. Se il pacchetto è rivolto verso la zona bagno le lastre si sostituiscono con le idrolastre specifiche per le esigenze del locale.</p>	
<p style="text-align: center;">POSIZIONE</p> <p>Partizione verticale interna applicata perimetralmente alle compartimentazioni antincendio nei punti di passaggio impiantistico.</p>	

Tabella 0.54 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 3

	<p>DESCRIZIONE: interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lastra in fibrogesso; sp. 1,25cm 2. Lastra in cartongesso; sp.1,25cm 3. Struttura in profili metallici a U e C 10x5cm ad interasse 60cm 4. Isolante nei profili in lana minerale 60 Kg/m³; sp. 4cm 5. Lastra in cartongesso; sp.1,25cm 6. Lastra in fibrogesso ; sp. 1,25cm <p>Interno</p> <p>L = variabile in base alle esigenze; min. 15cm (se monostruttura)</p> <hr/> <p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ TRASMITTANZA (est.) - COEFF. SFASAMENTO - FATTORE ATTENUAZIONE - POTERE FONOISOLANTE $R_w = 55 \text{ dB}$</p>
<p>NOTE</p>	
<p>La soluzione tecnologica qui vista è una soluzione standard stratificata a secco da catalogo tipo KNAUF. Differentemente dai pacchetti visti in precedenza non ha particolari esigenze antincendio perché si trova all'interno dei compartimenti. La stratigrafia si distingue per la sua flessibilità in quanto permette di raggiungere spessori di parete anche molto elevati: la struttura di sostegno varia da profili metallici 5x5cm fino a profili 10x5cm con interasse variabile tra 50 e 60cm in configurazione singola o doppia. Per una maggiore resistenza le lastre possono eventualmente aumentare di un livello per parte. Il potere fonoisolante viene influenzato dalla quantità/qualità di lastre e dall'isolante impiegato; ad ogni modo come si può notare abbiamo una notevole efficacia. Se il pacchetto è rivolto verso la zona bagno le lastre si sostituiscono con le idrolastre specifiche per le esigenze del locale.</p>	
<p>POSIZIONE</p>	
<p>Partizione verticale interna applicata internamente alle compartimentazioni antincendio in configurazioni semplici e per passaggi impiantistici in muri più larghi.</p>	

Tabella 0.55 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 4

	<p>DESCRIZIONE: interno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lastra in fibrogesso; sp. 1,25cm 2. Lastra in cartongesso; sp.1,25cm 3. Struttura in profili metallici a U e C 10x5cm ad interasse 60cm 4. Isolante nei profili EPS 25 Kg/m³; sp. 10cm+2cm 5. Strato portante in c.a.; sp.30÷40cm <p>Interno</p> <p>L = 54,5cm</p> <hr/> <p>TRASMITTANZA (inv.) U = 0,234 W/m²K TRASMITTANZA (est.) - COEFF. SFASAMENTO - FATTORE ATTENUAZIONE - POTERE FONOISOLANTE R_w = 55,46 dB</p>
<p style="text-align: center;">NOTE</p> <p>La soluzione tecnologica qui vista è una soluzione standard stratificata a secco accoppiata a una parete in cemento armato. Esso rappresenta una classe REI conforme alla richiesta 90 di minimo.. La classe REI 180 da usare nella zona legata alla biblioteca si raggiunge maggiorando di un ulteriore livello di pannelli in cartongesso antincendio. Va specificato che parte del contributo antincendio viene fornito dalla parete in cemento armato.</p>	
<p style="text-align: center;">POSIZIONE</p> <p>Partizione verticale interna applicata internamente nei muri delle scale antincendio</p>	

Tabella 0.56 PARTIZIONE ORIZZONTALE INTERNA POI 1

<p>DESCRIZIONE:</p> <p>esterno</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rivestimento in gomma; sp 0,2cm 2. Doppia lastra in fibrogesso; sp.1,8cm+1,8cm 3. Pannelli isolanti in eps per pavimento radiante 27 Kg/m³; sp. 3,2cm 4. Isolante acustico anticalpestio in lana minerale 100 Kg/m³; sp. 2cm 5. Sistema di pavimento sopraelevato: pannello resistente in gesso fibra; sp. 2,8cm piedino di sostegno metallico; altezza 25cm 6. Intercapedine impiantistica; sp. 15cm 7. Isolante in EPS 25 Kg/m³; sp. 5cm 8. Getto di completamento in calcestruzzo; sp.5cm 9. Solaio prefabbricato alveolare autoportante in calcestruzzo armato; altezza 40cm <p>Interno</p> <p style="text-align: center;">L = 81,8 cm (al netto del parte di pavimentazione)</p>	<p>TRASMITTANZA (inv.) $U = 0,2536 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>TRASMITTANZA (est.) $U = 0,2543 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>COEFF. SFASAMENTO $\phi = 16\text{h } 38'$</p> <p>FATTORE ATTENUAZIONE $f_a = 0,038$</p> <p>POTERE FONOISOLANTE $R_w = 53,30 \text{ dB}$</p> <p>ISOL. DA CALPESTIO NORM. $L'_{nw} = 36,59 \text{ dB}$</p>
<p>NOTE</p> <p>Il pacchetto tecnologico qui visto è una soluzione calibrata per una classe REI maggiore della 120</p>	
<p>POSIZIONE</p> <p>Partizione orizzontale interna applicata al solaio interpiano</p>	

4.8.1 Verifica acustica

Viene presentato a tal proposito la verifica di alcuni parametri di controllo acustico attraverso la loro previsione secondo norma UNI 12354.

I parametri acustici già presentati sono il potere fonoisolante R_w e l'indice d'isolamento da calpestio normalizzato L'_{nw} ; le valutazioni acustiche vengono approfondite attraverso ulteriori parametri:

- l'indice di potere fonoisolante apparente R'_w ;
- l'indice di isolamento acustico di facciata normalizzato ;
- il tempo di riverberazione T60

Il D.P.C.M. 7 Dicembre 1997 fissa i valori acustici da rispettare a seconda della destinazione del locale. A tal proposito per locali adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli riscontriamo i seguenti valori di limite:

- R'_w minimo da rispettare di 50dB
- $D_{2m,nT,w}$ minimo da rispettare di 48dB
- $L'_{n,m}$ massimo entro cui stare di 58dB

Come è facile notare i valori presentati precedentemente di indice di isolamento da calpestio normalizzato rispettano a pieno il valore dato. Ci si concentra dunque sulla verifica degli altri 2 parametri. Lo spazio preso in esame per tale controllo è l'aula di dimensioni tipo.

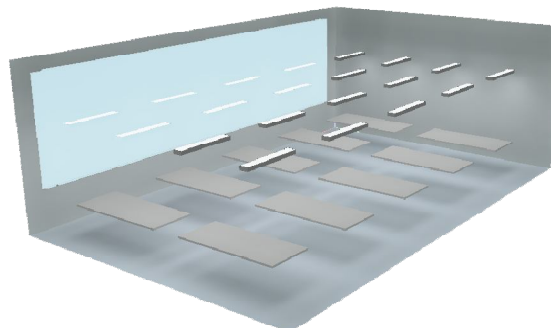
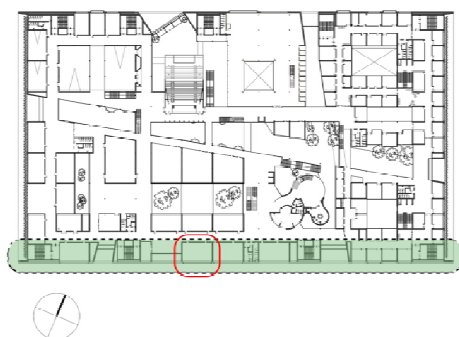


Figura 189 aula tipo piani primo e secondo

Le misure interne di riferimento sono di 13.10m x 8.25m x 4.4m .

Superficie vetrata di facciata pari a 34.04m² su porzione complessiva di facciata pari a 80.64m; porzione opaca di 46.60m².

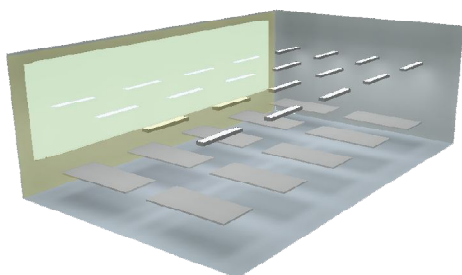


Figura 190 riferimenti per la prova del potere fono isolante di facciata normalizzato

Il valore di isolamento di facciata normalizzato da rispettare viene raggiunto attraverso la valutazione quantitativa della superficie opaca in facciata e di quella trasparente nonché dei loro poteri

fonoisolanti. Il tamponamento è la stratigrafia CVE 1 con 56.37dB e il vetrocamera fin qui adottato presenta un valore complessivo di 39 dB comprensivo dell'effetto peggiorativo del telaio che comunque risulta di elevata tenuta all'aria (classe 4). Concorrono alla definizione del valore finale anche eventuali conformazioni della facciata: nel nostro caso ricordiamo che in fronte alle finestre, a prescindere da quali esse siano, vi sono degli elementi schermanti che tendono ad ostacolare il passaggio dell'onda sonora che viene in qualche modo "spezzata" o riflessa.

Il risultato finale ottenuto pari a 48 dB soddisfa la richiesta iniziale.

Va fatto notare che a fronte delle valutazioni illuminotecniche svolte e di quelle energetiche è possibile aumentare il potere fonoisolante del vetro aumentando lo spessore del vetro esterno della finestra oppure semplicemente andando a ridurre la superficie vetrata. Nel primo modo riduciamo il valore di trasmissione della radiazione nel campo del visibile (ora 0.76 ma riducibile avendo buon margine entro cui muoversi senza aggravare le performance illuminotecniche) nel secondo cambiamo semplicemente i rapporti quantitativi delle due stratigrafie. La valutazione del potere fono isolante apparente si basa nel considerare non solo il contributo isolante della singola parete ma nello spiegare il comportamento in relazione agli altri elementi tecnici che compongono il locale. E' chiaro come alla prestazione globale della parete concorra un buon trattamento dei giunti tra singoli componenti in base alle modalità di trasmissione del suono da una stanza all'altra (linee verdi).

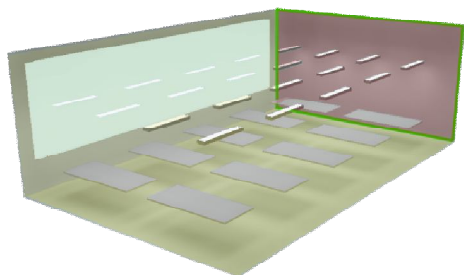


Figura 191 riferimenti per la prova del potere fono isolante della parete tra 2 aule

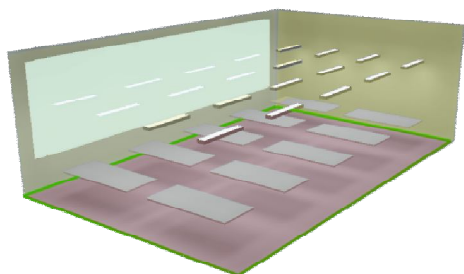


Figura 192 visualizzazione del piano del solaio in relazione alle altre superfici

Elementi fondamentali da considerare oltre alle prestazioni fono isolanti delle pareti e dei solai limitrofi (pareti gialle). La parete presa in esame è evidenziata in rosso: si sta analizzando la stratigrafia PVI 3 nella configurazione a doppio telaio con intercapedine per la sede di elementi strutturali il cui valore di fono isolamento è pari a 60 dB.

A fronte di tutto ciò che è stato appena detto è chiaro che la problematica fondamentale risiede nella valutazione dei ponti acustici e del loro trattamento. A maggior ragione tale verifica non poteva essere tralasciata in quanto è chiaro che le strategie energetiche adottate hanno portato all'esposizione della soletta del soffitto senza un controsoffitto schermante. La verifica ha portato a valori rassicuranti in tal senso dimostrando che la riduzione di isolamento c'è ma è ad ogni modo al di sopra del valore richiesto per legge: 52dB circa rispetto ai 50dB richiesti. La configurazione della stanza permette di

apprezzare un duplice comportamento acustico; quello massivo e il sistema massa molla massa tipico delle pareti stratificate a secco. Risulta evidente

come il solaio esposto, si opponga al passaggio dell'onda sonora attraverso la propria massa.

Per scrupolo è stato verificato anche il solaio interpiano riscontrando valori di fono isolamento pari a 60 dB circa. Il pavimento galleggiante permette di risolvere in modo drastico i rumori da calpestio e per questo motivo il valore di fono assorbimento risulta più alto in quanto gran parte dei rumori diretti vengono bloccati mentre perimetralmente il passaggio del rumore avviene prima tra elementi a secco e poi con struttura omogenea (solaio cls).

Sempre in campo acustico viene verificato attraverso la formula di Sabine la problematica del riverbero.

Tale inconveniente nasce perché legato a fenomeni di riflessione dell'onda acustica contro ostacoli di varia natura disposti nell'ambiente; il livello sonoro tende quindi a diminuire il più velocemente o lentamente possibile a seconda del grado di "assorbimento acustico" della stanza.

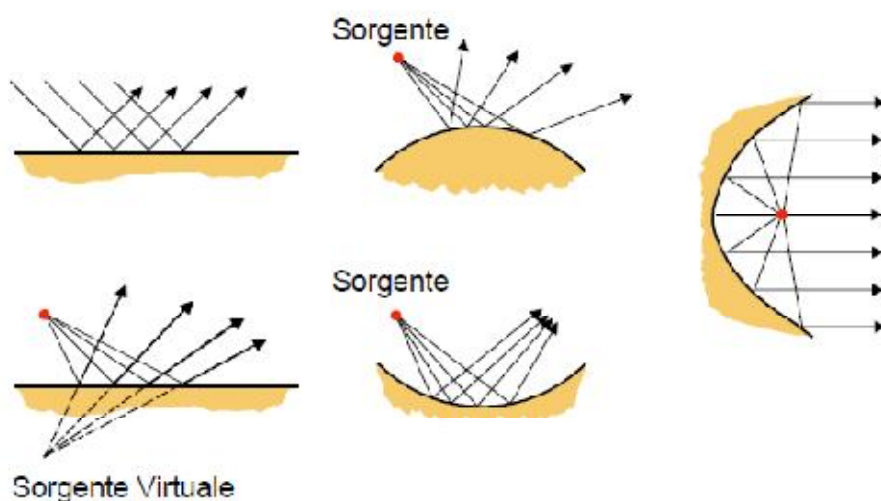


Figura 193 esempi di riflessione del suono

Inutile dire che un aumento delle sorgenti sonore tenda ad aumentare il livello sonoro interno della stanza (in modo logaritmico non lineare) e comprensibilmente ingrandisca il fenomeno tanto da portare a situazioni di malessere acustico: difficoltà mascheramento del parlato o del fraseggio.

La riverberazione dipende quindi dalla dimensione del locale e dal tipo di superfici interne che lo compongono (coeff. di assorbimento).

Il tempo di riverberazione T (sec.) viene calcolato per Sabine:

$$T = \frac{0.161 * V}{A}$$

Con:

V è il volume della stanza (m^3)

A è il grado di assorbimento totale delle pareti della stanza (m^2)

Per la tipologia del locale analizzato un buon tempo di riverberazione si attesta al di sotto della soglia dei 0,8 secondi; se il locale si allarga cioè atto a contenere più di 50 persone circa il tempo aumenta fino a 1 sec.

Il locale viene analizzato e modellizzato come fatto fino ad ora con le stesse metrature e materiali di cui si ricorda essere importante il coefficiente di assorbimento acustico. A tal proposito si fa notare la consapevolezza della possibilità di presenza del fenomeno in quanto si nota fin da subito che la stanza presenta importanti superfici “dure” come il soffitto in cls a vista e l’ampia vetrata.

Tabella 57 superfici e metrature

Superficie	(m ²)
Calcestruzzo a vista	106
Pareti in cartongesso	126
Vetro	35
Pavimento in materiale plastico/gommoso	106

Le dimensioni del locale sono le solite fin qui viste: 13,10 x 8,20 x 4,4.

Il tempo limite scelto è il più restrigente per la tipologia di ambiente cioè pari a 0,8 sec.

In condizioni “normali” di affollamento della stanza il tempo di riverberazione si attesta sui 4,2 sec com’era giusto aspettarsi.

	Legend			
	25mm	50mm	75mm	100mm
100 Hz	0.10	0.21	0.45	0.69
125 Hz	0.14	0.29	0.56	0.76
160 Hz	0.16	0.41	0.74	0.88
200 Hz	0.20	0.60	0.98	1.04
250 Hz	0.24	0.76	1.09	1.12
315 Hz	0.35	0.87	1.03	1.03
400 Hz	0.50	1.07	1.15	1.12
500 Hz	0.69	1.20	1.20	1.14
625 Hz	0.83	1.21	1.14	1.14
800 Hz	0.95	1.18	1.07	1.13
1000 Hz	1.05	1.19	1.08	1.10
1250 Hz	1.12	1.18	1.07	1.11
1600 Hz	1.10	1.13	1.07	1.11
2000 Hz	1.10	1.12	1.07	1.09
2500 Hz	1.14	1.15	1.09	1.15
3150 Hz	1.05	1.06	1.02	1.08
4000 Hz	0.92	0.95	0.93	1.02

Tabella 58 valori assorbimento e frequenza e relativo grafico.

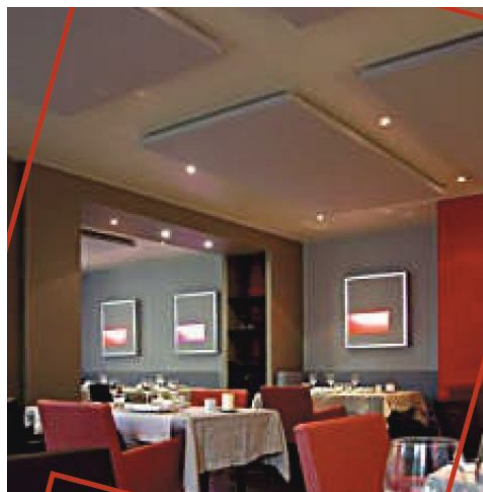
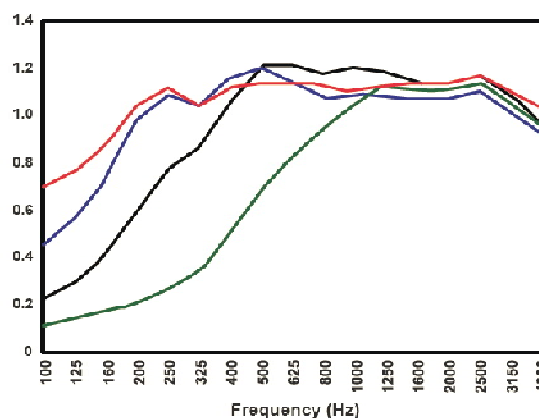


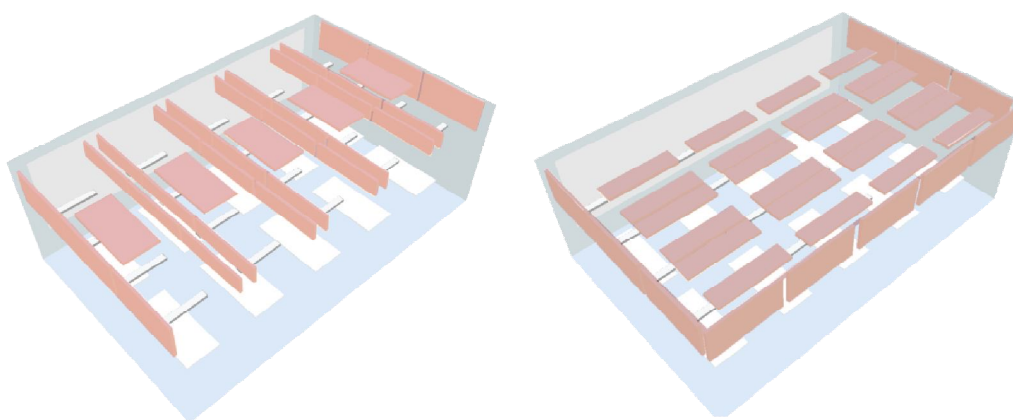
Figura 194 esempio di utilizzo dei pannelli

La situazione viene corretta introducendo nella stanza 68m^2 di superfici fonoassorbenti.

I pannelli acustici scelti hanno uno spessore di 10cm e possono essere appesi alle pareti o al soffitto e sono composti in fibra di vetro. Ciò che interessa conoscere è il grado di assorbimento nel range di frequenze 125 / 250 / 500 / 1000 / 2000 / 4000 (Hz) qui riportate.

Introducendo tali pannelli nel locale correggiamo il tempo di riverberazione fino al valore ottimale di 0,7sec a fronte di un livello sonoro equivalente interno alla stanza pari a $L_{Aeq} = 23,6 \text{ dB} < 25 \text{ dB}$ che è il valore ammissibile per attività scolastiche. Nell'immagine vengono proposte due delle possibili configurazioni della disposizione dei pannelli

Figura 195 confronto tra 2 delle possibili disposizioni dei pannelli acustici (risp. disp 1 e 2)



Si fa notare come la “disposizione 1” dei pannelli perpendicolare alla finestra non intacchi la diffusione della luce (ma ne crea opportunità di riflessione) e non impedisca l'interazione del calcestruzzo con i moti fluidodinamici impostati all'interno della stanza. Nella seconda ipotesi i pannelli vengono disposti secondo una configurazione più classica e sempre pendenti dal soffitto.

A conclusione del tutto si riportano ulteriori esempi di materiali fonoassorbenti che ci si propone di utilizzare nelle zone di svago/relax o studio informale o zone d'incontro come la mensa:

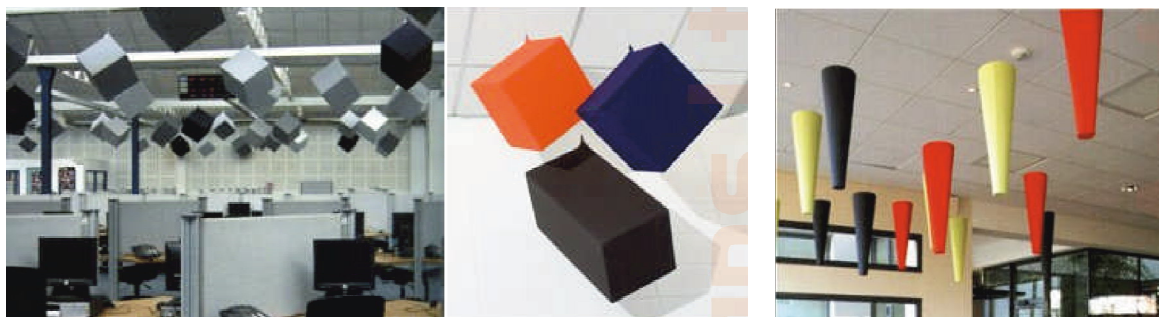


Figura 196 Acoustic cubes e Acoustic cones da utilizzarsi rispettivamente nelle zone di relax e studio informale esternamente alle aule e nella mensa

4.9 Approfondimento tecnologico della facciata

Come approfondimento tecnologico si propone una descrizione più dettagliata della facciata dei fronti Nord-Sud.



**Figura 197 Blouw-UP
facciata esterna fronte sud
e nord**

Tale scelta permette di sviscerare al meglio le problematiche affrontate nel concepire il rivestimento nonché le sue caratteristiche.

Dall'immagine è possibile apprezzare lo stato di fatto della facciata e si mostra la tecnologia intrinseca attraverso un'apposita sezione che presenta la maggior parte delle soluzioni tecnologiche e dettagli tecnici al fine di garantire un corretto funzionamento del fronte. Per una migliore leggibilità si rimanda alla tavola di BLOUW UP relativa e alle successive dei dettagli tecnici.

Risulta evidente dai paragrafi precedenti l'aspetto qualitativo del rivestimento che viene valutato e comparato in svariate combinazioni con altri espedienti prestazionali e loro effetti.

Ad ogni modo la facciata è composta da 3 livelli:

- livello 1: strato esterno (dal rivestimento metallico alla struttura di sostegno);
- livello 2: struttura portante metallica della facciata;
- livello 3: rivestimento interno (dalla struttura di sostegno all'ultimo strato di parete interno alla stanza)

Il livello 1 si risolve adottando un sistema costruttivo di facciate industriali. La scelta è stata orientata da ragioni di praticità e velocità di montaggio in quanto ricordiamo che essa si spalma su un fronte di circa 190 m che è nella modularità e nel ritmo di riproposizione di specifici elementi che ricerca l'espressività architettonica. Si gioca su elementi e superfici ampie ed un sistema che gestisca tali quantità in modo semplice e veloce è la migliore risposta.

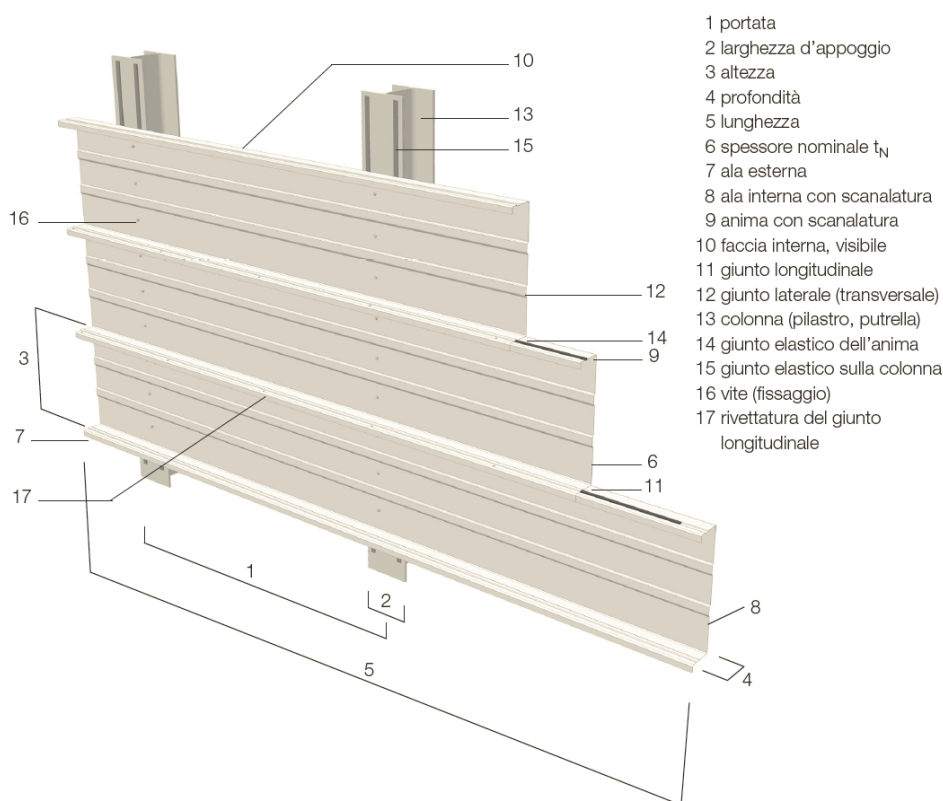


Figura 198 posizionamento e montaggio cassette metalliche

Unità base di tale sistema è la cassetta metallica che ancorata alla struttura di sostegno permette l'inserimento veloce di pannelli isolanti in lana di vetro riciclata. Questi pannelli si incastrano nella cassetta che viene sagomata apposta per facilitare l'ancoraggio.



Figura 199 posa dell'isolante in fibra di vetro riciclato

Viene poi agganciato una sottostruttura di sostegno per creare l'intercapedine di ventilazione alle spalle del rivestimento metallico. Tale sistema benché semplice risulta ormai efficacemente collaudato tanto da essere in grado di rispondere a richieste energeticamente efficienti di un certo livello come ad esempio la certificazione "Minergie".

Il livello 2 rappresenta la parte portante della facciata cioè la parte che trasferisce i carichi alle solette in cemento mediante ancoraggi puntuali imbullonati. L'ancoraggio alla struttura in cls e prefabbricato è dunque diretto.

Il livello 3 interagisce con gli ambienti interni dell'edificio. Esso non è altro che una controparete interna dal filo interno della struttura di sostegno di facciata. In questo frangente si ricorre alla tecnologia stratificata a secco perché ritenuta molto più flessibile ed energeticamente performante di altre. Con tale livello si regolano le prestazioni acustiche e antincendio del vano nonché si completa la prestazione energetica del pacchetto tecnologico di chiusura verticale.

Si deve aggiungere che la scelta di trattare la soluzione di facciata su 3 livelli distinti trova fondamento anche nella ricerca di eliminare e minimizzare i ponti termici che si generano nell'interazione tra gli elementi di facciata. il livello esterno ben si presta a creare una protezione isolante continua esterna alla "maglia" di sostegno metallica. La controparete interna completa l'isolamento termico risvoltando all'intersezione con il solai e in prossimità delle finestre.

Si rimanda alla lettura delle tavole con i dettagli costruttivi per meglio comprendere le soluzioni tecnologiche ipotizzate ed adottate.

4.10 Conclusioni

L'analisi energetica – tecnologica del progetto è stata affrontata secondo un approccio multidisciplinare che ha portato a continue variazioni in atto.

Lo studio della ventilazione naturale ha portato all'utilizzo di camini di ventilazione e all'ottimizzazione delle parti apribili dei serramenti, per garantire l'adeguato ricambio d'aria ed il conseguente comfort interno

L'ottimizzazione dell'involucro tramite analisi dinamiche e lo sfruttamento delle risorse rinnovabili si è interfacciato con la progettazione delle soluzioni tecnologiche.

Il comfort interno è stato ottimizzato anche dal punto di vista acustico.

L'energie rinnovabili utilizzate sono quella fotovoltaica e quella derivante dal recupero delle acque piovane.

L'ottimizzazione ha portato ad un comportamento passivo ottimale dell'edificio, tanto da portare i consumi del blocco analizzato ad una classe assimilabile alla classe A Casaclima per edifici pubblici.

4.11 Bibliografia

GABRIELE MASERA, *Residenze e Risparmio Energetico*, Tecnologie applicative e linee guida progettuali per la costruzione di abitazioni sostenibili, Collana a cura di GIUSEPPE TURCHINI, Tecnologia e Progetto, Il Sole 24 Ore, prima ed. giugno 2004.

A cura di MARCO IMPERADORI, *La progettazione con Tecnologia Stratificata a Secco*, Realizzazioni innovative, linee guida e prodotti per una meccanica dell'architettura sostenibile, Collana a cura di GIUSEPPE TURCHINI, Tecnologia e Progetto, Il Sole 24 Ore, prima ed. settembre 2006.

MARCO IMPERADORI, ALFONSO SENATORE, *Schematic Design*, Tecniche ed esempi di comunicazione del progetto, Monografie, Arketipo, Il Sole 24 Ore, prima ed. aprile 2008.

FEDERICO M. BUTERA, *Architettura e Ambiente*, Manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici, R.C.S. Libri & Grandi Opere prima ed. dicembre 1995.

NICCOLO' ASTE, *Il Fotovoltaico in Architettura*, L'integrazione dei sistemi a energia solare negli edifici, Sistemi Editoriali.

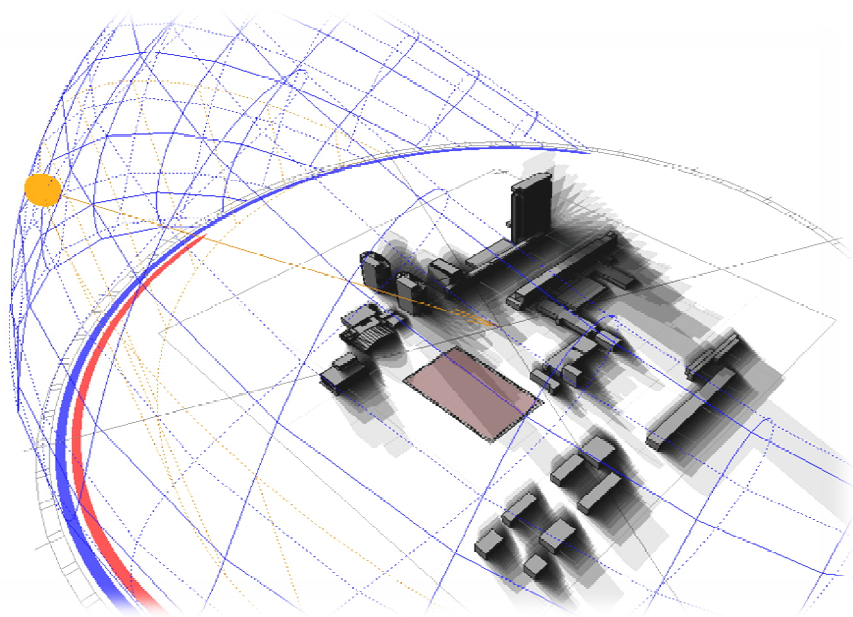
FRANCESCO ZANINI, *AERMEC*, Elementi di termoventilazione e condizionamento dell'aria.

Impianti di recupero acqua piovana , <http://www.kessel-italia.it>

<http://www.retscreen.net/>

5

PROGETTO
ILLUMINOTECNICO



5.1 Premessa

La progettazione illuminotecnica si inserisce all'interno della progettazione tecnologica dell'edificio in comunione con la progettazione energetica passiva e attiva. Essa non può prescindere dal reperimento di determinate informazioni di carattere generale.

Ci troviamo nella città di Delft di cui è bene conoscere.

Longitudine: 4,4°;
 Latitudine: 52°.

Questi sono dati essenziali che permettono di ottenere i percorsi solari locali.

I successivi diagrammi sono ottenibili attraverso i più comuni software di calcolo illuminotecnico; in questo caso si è utilizzato Ecotect.

Periodo Invernale: 21 Dicembre

Il periodo invernale presenta come di consueto giornate piuttosto corte in termini temporali. Interessante è notare il valore di altitudine che in questa giornata è il più basso dell'intero anno: 14.5°; ore 12:30.

Tabella 59 percorso solare invernale

Ora	Azimuth	Altitude
09:00	131.2°	0.5°
09:30	137.3°	3.8°
10:00	143.5°	6.8°
10:30	150.0°	9.3°
11:00	156.6°	11.4°
11:30	163.5°	13.0°
12:00	170.5°	14.0°
12:30	177.6°	14.5°
13:00	-175.3°	14.4°
13:30	-168.3°	13.7°
14:00	-161.3°	12.5°
14:30	-154.5°	10.8°
15:00	-147.9°	8.6°
15:30	-141.5°	5.9°
16:00	-135.4°	2.8°

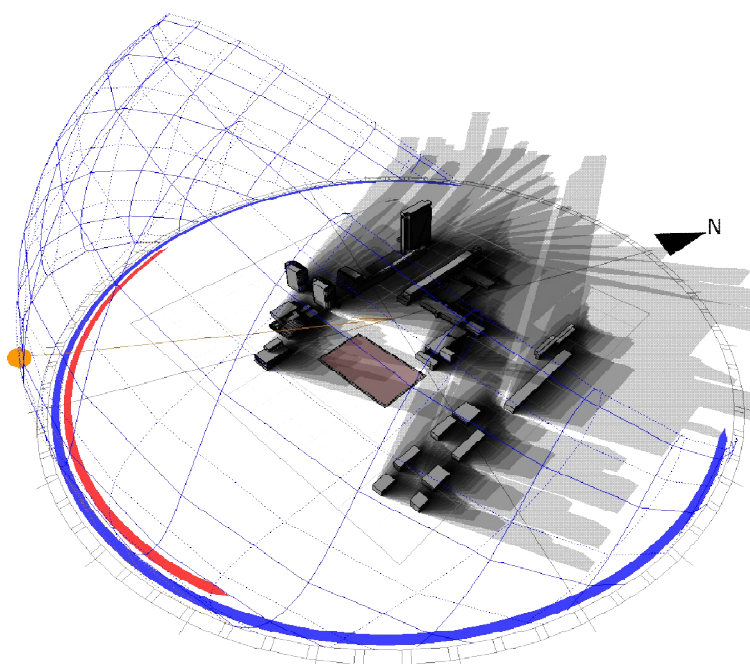


Figura 200 Rappresentazione grafica del percorso solare invernale

Periodo Estivo: 21 Giugno

Il periodo estivo per contro, ha giornate per così dire più lunghe: iniziano prima e finiscono dopo rispetto al giorno precedentemente considerato.

In tale giorno è possibile ottenere il valore di altitudine più alto di tutto l'anno: 61,3°; ore 12:30 – 13:00

Tabella 60 percorso solare estivo

Local	Azimuth	Altitude
04:30	49.9°	0.1°
05:00	55.7°	3.8°
05:30	61.4°	7.7°
06:00	67.0°	11.9°
06:30	72.5°	16.2°
07:00	78.0°	20.7°
07:30	83.6°	25.2°
08:00	89.4°	29.8°
08:30	95.4°	34.4°
09:00	101.8°	39.0°
09:30	108.8°	43.5°
10:00	116.6°	47.7°
10:30	125.3°	51.7°
11:00	135.2°	55.2°
11:30	146.6°	58.1°
12:00	159.4°	60.2°
12:30	173.3°	61.3°
13:00	-172.3°	61.3°
13:30	-158.5°	60.1°
14:00	-145.7°	57.9°
14:30	-134.5°	55.0°
15:00	-124.6°	51.4°
15:30	-116.0°	47.4°
16:00	-108.3°	43.2°
16:30	-101.4°	38.7°
17:00	-95.0°	34.1°
17:30	-89.0°	29.5°
18:00	-83.2°	24.9°
18:30	-77.6°	20.4°
19:00	-72.1°	15.9°
19:30	-66.6°	11.6°
20:00	-61.0°	7.4°
20:30	-55.3°	3.5°

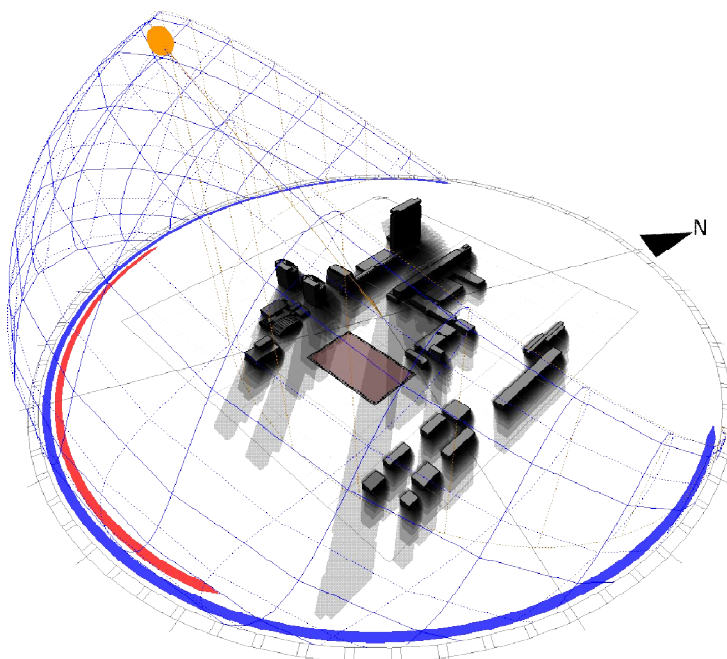


Figura 201 Rappresentazione grafica del percorso solare estivo

Periodo Primaveraile: 21 Marzo

L'equinozio di Primavera viene proposto come periodo di controllo aggiuntivo e interposto ai precedenti. A questo proposito si fa notare come il valore di altitudine del sole sia: 37.7°; ore 13:00

Tabella 61 percorso solare primaveraile

ora	Azimuth	Altitude
07:00	92.2°	1.4°
07:30	98.1°	6.0°
08:00	104.2°	10.5°
08:30	110.4°	14.9°
09:00	116.9°	19.2°
09:30	123.7°	23.1°
10:00	130.9°	26.8°
10:30	138.6°	30.1°
11:00	146.8°	32.9°
11:30	155.4°	35.1°
12:00	164.5°	36.7°
12:30	173.8°	37.6°
13:00	-176.7°	37.7°
13:30	-167.3°	37.1°
14:00	-158.1°	35.7°
14:30	-149.4°	33.6°
15:00	-141.1°	31.0°
15:30	-133.2°	27.9°
16:00	-125.9°	24.3°
16:30	-118.9°	20.4°
17:00	-112.4°	16.2°
17:30	-106.1°	11.9°
18:00	-100.0°	7.4°
18:30	-94.0°	2.8°

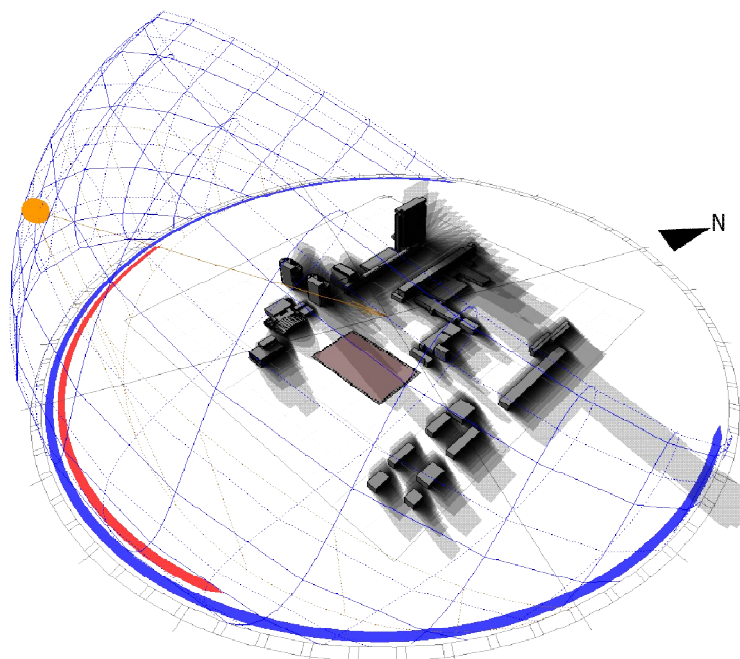


Figura 202 Rappresentazione grafica del percorso solare primaveraile

Periodo Autunnale: 21 Settembre

L'equinozio autunnale ha sostanzialmente valori uguali a quelli della giornata primaverile. Le discrepanze tra le due giornate sono esigue. Il valore di altitudine relativo alla giornata è di: 39°; ore 12:30.

Tabella 62 percorso solare autunnale

ora	Azimuth	Altitude
07:00	94.2°	4.5°
07:30	100.2°	9.1°
08:00	106.3°	13.6°
08:30	112.7°	18.0°
09:00	119.3°	22.1°
09:30	126.4°	26.0°
10:00	133.9°	29.5°
10:30	141.8°	32.6°
11:00	150.3°	35.2°
11:30	159.3°	37.2°
12:00	168.7°	38.4°
12:30	178.2°	39.0°
13:00	-172.1°	38.7°
13:30	-162.7°	37.7°
14:00	-153.5°	36.0°
14:30	-144.9°	33.6°
15:00	-136.7°	30.7°
15:30	-129.0°	27.3°
16:00	-121.9°	23.6°
16:30	-115.1°	19.5°
17:00	-108.6°	15.2°
17:30	-102.4°	10.8°
18:00	-96.4°	6.2°
18:30	-90.5°	1.6°

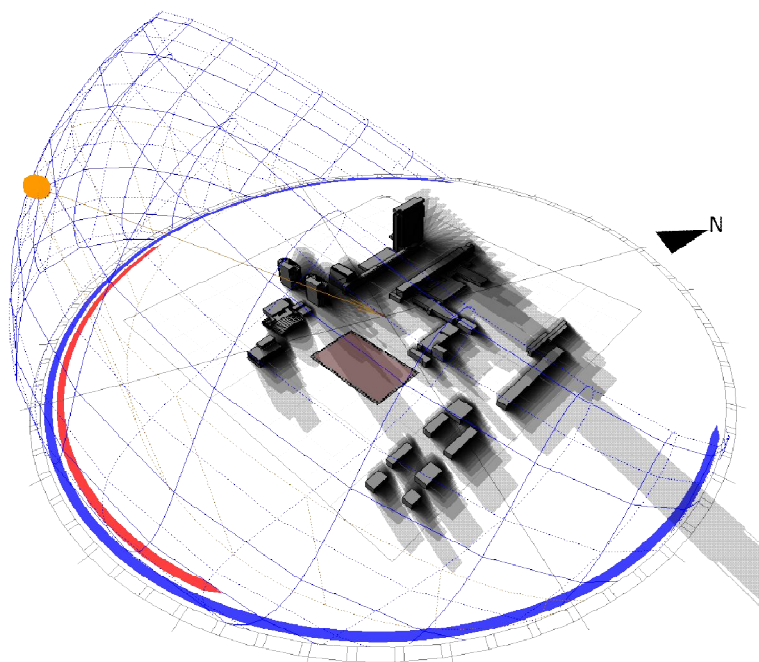


Figura 203 Rappresentazione grafica del percorso solare autunnale

La progettazione illuminotecnica prevede le verifiche di illuminazione richieste nei giorni citati. Attraverso una rappresentazione digitale dell'area di progetto e del contesto attorno ad esso, si nota come si disponga di un buon accesso alla luce solare in ciascuno dei casi visti. Le ombre raggiungono l'area in orari tardi della giornata. La conformazione dell'edificio e il suo inserimento nel sito identificano quattro fronti classici Nord, Sud, Ovest ed Est presentando un'inclinazione del nord di 24° circa in senso orario rispetto il fronte Sud.

Un altro dato da tenere in considerazione riguarda l'analisi delle condizioni meteorologiche locali che permettono di definire una situazione media della nuvolosità locale. Si riporta in seguito il trend settimanale/annuale del grado di nuvolosità del sito di Amsterdam.

Grafico 45 Grafico annuale della nuvolosità per la città di Amsterdam

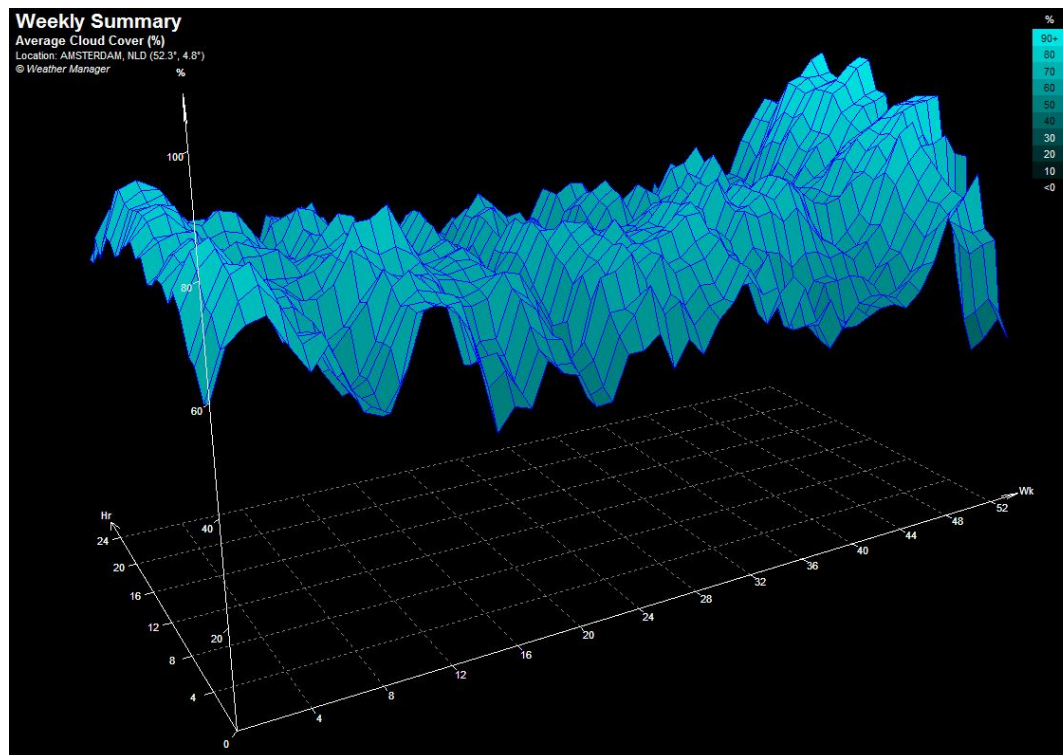
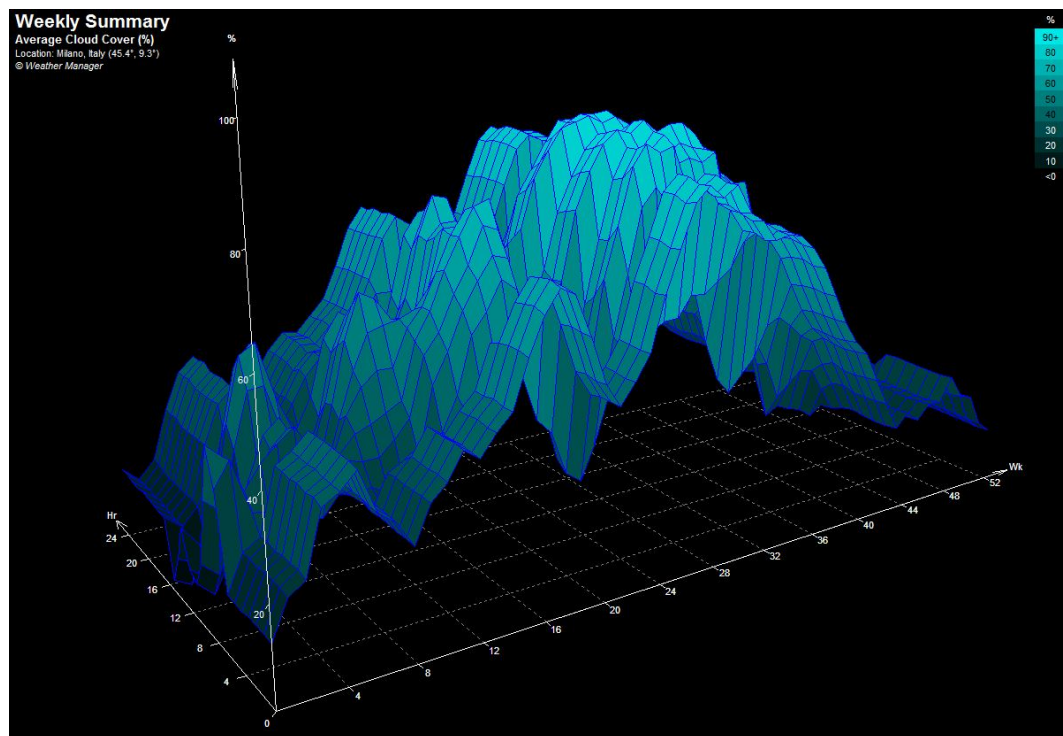


Grafico 44 Grafico annuale della nuvolosità per la città di Milano



Tali dati vengono assunti come progettuali in quanto appartenenti ad una località prossima alla città di Delft e anche per la loro disponibilità e attendibilità. Vengono qui riportati in grafico con quelli della città di Milano località nota e dal clima più conosciuto. Risulta pertanto immediato notare come giornate di cielo limpido non siano all'ordine del giorno e l'andamento medio si attesti su una condizione metereologica di parziale nuvolosità.

Caratteri generali e richieste prestazionali

Come spiegato nel capitolo di progettazione architettonica la disposizione in pianta ha tenuto conto anche di determinati requisiti illuminotecnici portando a collocare le zone meno bisognose di luce verso il lato nord dell'edificio, viceversa sul perimetro "est - ovest – sud" gli ambienti di maggiori pretese. Di seguito si riportano le richieste di illuminamento medio interne agli ambienti secondo normativa UNI 10840 relativa ai locali scolastici o della più recente UNI 12464-1 / 2004 che ne riprende i dettami.

locali scolastici (da prospetto 5.6 norma UNI):

Nella tabella vengono riassunti gli ambienti inerenti alla destinazione scolastica e le rispettive richieste di illuminamento medio utili ai fini della progettazione.

Tabella 63 Illuminamenti medi richiesti per locali scolastici

Tipo di interno, compito, attività	E_m [lux]	Tipo di interno, compito, attività	E_m [lux]
Aule scolastiche	300	Sale comuni per studenti e aula magna	200
Aule per corsi serali e per adulti	500	Sala professori	300
Sale lettura	500	Biblioteca: scaffali	200
Lavagna	500	Biblioteca: zona lettura	500
Tavolo dimostrazioni	500	Magazzini materiale didattico	100
Aule per disegno tecnico	750	Mensa	200
Aule per educazione tecnica e lab.	500	Cucina	500
Aule lavori artigianali	500	Ingressi	200
Laboratorio di insegnamento	500	Zone di circolazione, corridoi	100
Laboratorio di informatica	300	Scale	150

A buon senso si utilizza un valore di riferimento pari a 500 lux anche se vi sono attività meno esigenti in termini di illuminamento medio. Le zone adibite ad attività di laboratorio presentano valori medi di illuminamento in linea con quelli già riscontrati. L'aula per il disegno tecnico necessita di particolare attenzione. Le aree meno esigenti risultano essere le zone con attività di completamento alla vita scolastica vera e propria; eccezione fatta per le sale di lettura della biblioteca.

uffici (da prospetto 5.3 norma UNI):

Nella tabella vengono riassunti gli ambienti inerenti alla destinazione scolastica e le rispettive richieste di illuminamento medio utili ai fini della progettazione.

Tabella 64 illuminamenti medi richiesti per uffici

Tipo di interno, compito, attività	E_m [lux]
Archiviazione, copiatura, ecc	300
Scrittura, dattilografia, lettura, elaborazione dati	500
Disegno tecnico	750
Postazioni CAD	500
Sale conferenze e riunioni	500
Ricezione	300
Archivi	200

La mansione più critica risulta quella di disegno tecnico; in questo caso notiamo un'analogia con le aule ad uso di disegno artistico e tecnico in ambito scolastico. Si può definire in via definitiva che le richieste di illuminamento medio si attestano tutte sui 500 lux ad eccezione delle attività di disegno che richiedono 750 lux. Manuali e pubblicazioni in merito riportano valori variabili tra i 500 e i 1000 lux.

Allo stesso modo si presentano le richieste legate al fattore di luce diurna secondo normativa UNI 10840 (prospetto1).

Tabella 65 Fattori di luce media diurna per attività e compiti

Tipo di interno, compito, attività	η_m [%]	Tipo di interno, compito, attività	η_m [%]
Aule scolastiche	≥ 3	Sala professori	≥ 2
Aule per corsi serali e per adulti	-	Biblioteca: scaffali	-
Sale lettura	≥ 3	Biblioteca: zona lettura	≥ 3
Lavagna	-	Magazzini materiale didattico	≥ 1
Aule per disegno tecnico	≥ 3	Mensa	≥ 2
Aule per educazione tecnica e lab.	≥ 3	Cucina	≥ 1
Aule lavori artigianali	≥ 3	Bagni	≥ 1
Laboratorio di insegnamento	≥ 3	Ingressi	≥ 1
Laboratorio di informatica	≥ 3	Zone di circolazione, corridoi	≥ 1
Sale comuni per studenti e aula magna	≥ 2	Scale	≥ 1

Si può riassumere che il limite minore di fattore medio di luce diurna debba essere maggiore o uguale al valore 3.

Attraverso la già citata norma UNI 12464 si presentano i valori limite di abbagliamento da luce artificiale:

Tabella 66 Indici di abbagliamento da luce artificiale diversificati per attività

Tipo di interno, compito, attività	UGR_L	Tipo di interno, compito, attività	UGR_L
Aule scolastiche	19	Sale comuni per studenti e aula magna	22
Aule per corsi serali e per adulti	19	Sala professori	19
Sale lettura	19	Biblioteca: scaffali	19
Lavagna	19	Biblioteca: zona lettura	19
Tavolo dimostrazioni	19	Magazzini materiale didattico	25
Aule per disegno tecnico	16	Mensa	22
Aule per educazione tecnica e lab.	19	Cucina	22
Aule lavori artigianali	19	Ingressi	22
Laboratorio di insegnamento	19	Zone di circolazione, corridoi	25
Laboratorio di informatica	19	Scale	25

I limiti riportati indicano un valore pari a 19 per tutte le funzioni ricercate ad eccezione delle aule di disegno tecnico che prescrivono una valutazione più rigida pari ad un valore di 16. Locali come la mensa e sale comuni sono molto meno esigenti in termini di valore di UGR. Tale parametro verrà approfondito nel paragrafo di luce artificiale.

5.2 Luce Naturale

Lo spirito che guida la gestione della luce naturale è volto ad ottimizzarne l'utilizzo per ottenere una vivibilità interna dell'ambiente migliore. In aggiunta il suo uso comporta la riduzione della luce artificiale in termini quantitativi e temporali per ottenere vantaggi di ordine economico sui consumi elettrici. Tale riscontro verrà esposto nella sezione sulla luce artificiale.

In sede di progettazione architettonica si è già citata la volontà di ricercare la massima estensione della finestra in modo da ottenere la massima superficie vetrata pulita. La citazione alla tradizione olandese è pressoché palese; i problemi relativi l'illuminazione degli spazi vengono talvolta affrontati con l'uso di vetrate ampie per massimizzare la captazione della luce in rapporto alla profondità della stanza.

Nel nostro caso oltre alla dilatazione verticale della finestra si è cercato lo sviluppo orizzontale in accordo con la volontà di dare orizzontalità al prospetto nei piani al di sopra del basamento sui fronti sud e nord. Di altro genere i fronti est e ovest che oppongono un sistema schermante mobile a grandi pale verticali in alluminio. L'optare per una soluzione "estensiva" della vetrata è stata chiaramente vagliata anche in sede di progettazione termica in termini di dispersioni e guadagni energetici in modo da avere un comportamento ottimale in entrambi i campi.

5.2.1 Fronte Sud

L'approccio vernacolare della soluzione delle finestrate precedentemente citato è stato ottimizzato introducendo le dovute schermature e dispositivi di regolazione della luce entrante. L'utilizzo di schermature solari è stato vagliato attraverso una serie di prove che ne comprovano l'efficacia.

Le situazioni comparate nelle simulazioni sono le seguenti:

- caso A: finestra singola senza schermatura
- caso B: tipologia schermante A; imbotte di 50cm dal piano della finestra.
Il sistema prevede un imbotte in alluminio che borda per 12m l'apertura nella scocca metallica in prossimità delle zone finestrate coprendo lo spessore del pacchetto di rivestimento e uscendo a sbalzo per i centimetri rimanenti.
- caso C: tipologia schermante B; imbotte di 50cm dal piano della finestra e implementazione di 4 file di frangisole orizzontali fissi di profondità 30cm. Questi coprono l'altezza di 3m dell'imbotte disponendosi ad interasse di 60cm.
La tipologia del frangisole orizzontale risulta la più indicata per rispondere a necessità di natura illuminotecnica lungo il fronte sud in quanto il sole quando si manifesta al massimo della sua efficacia è alto in cielo durante il periodo estivo.

Vengono successivamente riportate le medie percentuali di schermatura mensile e annuale della soluzione B e C.

Tabella 67 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B

Mese	S.C. medio [%]
Gennaio	4.0
Febbraio	13.5
Marzo	18.1
Aprile	29
Maggio	38.8
Giugno	44.2
Luglio	36.6
Agosto	25.2
Settembre	18.6
Ottobre	13.9
Novembre	3.1
Dicembre	2.1
Inverno	6.5
Estate	39.8
Annuale	20.6

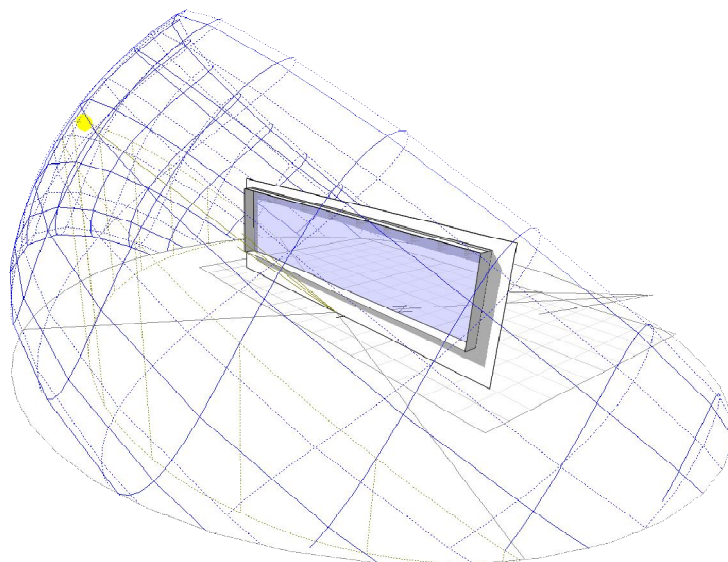


Figura 204 rappresentazione della soluzione tecnica B

Tabella 68 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B

Mese	S.C. medio [%]
Gennaio	14.5
Febbraio	36.
Marzo	49.9
Aprile	67.5
Maggio	83.2
Giugno	89.1
Luglio	82.6
Agosto	64.1
Settembre	48.8
Ottobre	35.1
Novembre	12.1
Dicembre	8.5
Inverno	19.9
Estate	84.9
Annuale	49.3

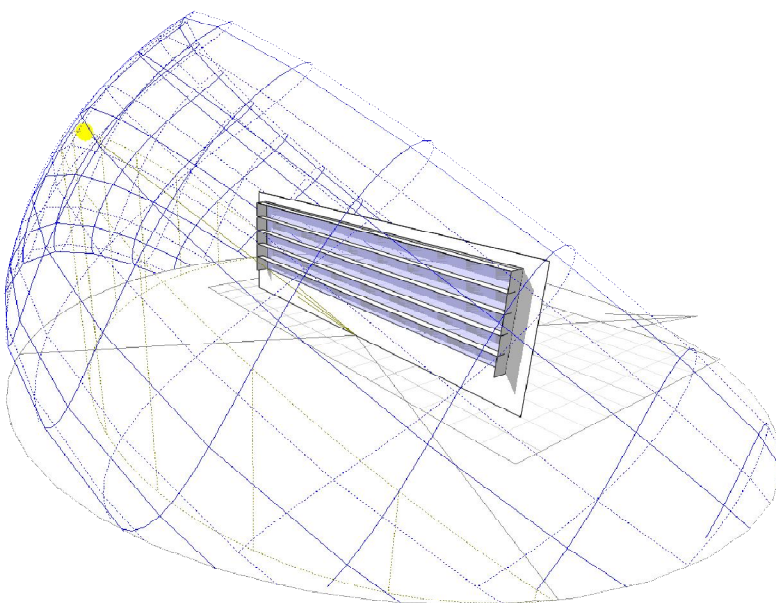


Figura 205 Rappresentazione della soluzione tecnica C

La tipologia C viene proposta in una seconda variante a pale frangisole meno profonde, circa 15 cm e più fitte ad interasse di circa 33 cm (8 pale). In questo modo è possibile applicare la schermature con una leggera inclinazione di circa 5° all'interno dell'imbotte che si forma in modo naturale nell'inserimento del vetro all'interno dello spessore della scocca. Le lame si trovano quindi a filo con il rivestimento metallico esterno. Agendo sulla conformazione del sistema schermante si mantiene intatto il potere di ombreggiamento creando una valida alternativa meramente estetica all'interno del progetto. A tal proposito vengono riportate le medie percentuali di schermatura mensile e annuale:

Tabella 69 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione C “variante”

Mese	S.C. medio [%]
Gennaio	14.4
Febbraio	33.7
Marzo	47
Aprile	64.9
Maggio	83.8
Giugno	90.9
Luglio	81.9
Agosto	59.5
Settembre	45.8
Ottobre	29.5
Novembre	13.1
Dicembre	10.5
Inverno	19.5
Estate	85.5
Annuale	47.9

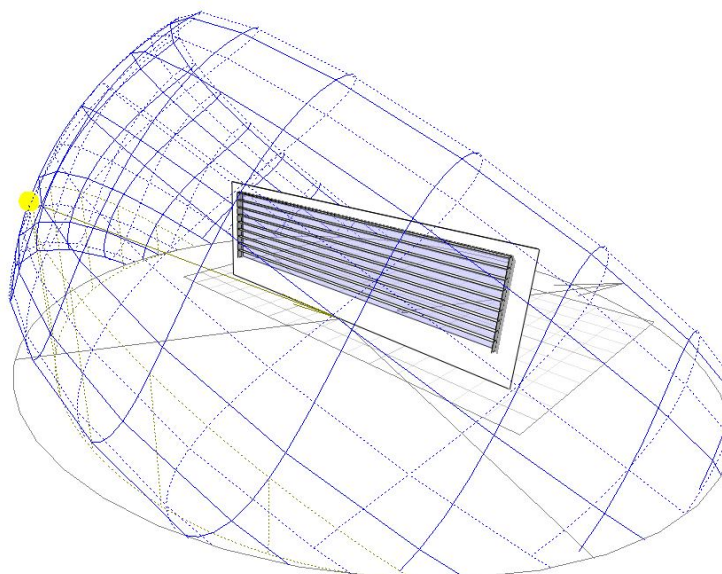


Figura 206 rappresentazione della soluzione tecnica C “variante”

Come confermato dalle percentuali di ombreggiamento medio le due soluzioni sono pressoché identiche in termini prestazionali.

Le prove illuminotecniche riguardanti la rilevazione dell'illuminamento medio interno e del fattore di luce diurna vengono eseguite su una stanza adibita a studio avente le dimensioni di 13.10m per una profondità di 8.25m e un'altezza di 4.4m situata per l'appunto sul fronte sud in questione. I coefficienti di riflessione delle pareti sono di 0.7 così come quello del soffitto e di 0.65 del pavimento. La zona finestrata copre una superficie di 12 metri per un'altezza complessiva di 2.9 m. il vetro ha un fattore di trasmissione della luce pari a 0.76. I piani di riferimento di lettura di tali valori illuminotecnici vengono posti ad un'altezza di 0.85m coprendo in un caso la totalità della superficie utile della stanza (sup. A) e nel secondo caso lasciando un 0.6m di distanza dal muro opposto alla superficie finestrata (sup. B) (in accordo con le limitazioni planimetriche della normativa olandese). La seguente riduzione viene ipotizzata adibendo tale fascia a passaggio e spazio di circolazione confinando in profondità lo spazio di lavoro. All'interno della stanza viene introdotta una possibile presenza di superfici di lavoro poste all'altezza di 0.85m e visualizzate attraverso piani di lavoro di dimensioni 1.20m per 2.7m dislocati all'interno della stanza con coefficienti di riflessione di 0.75.

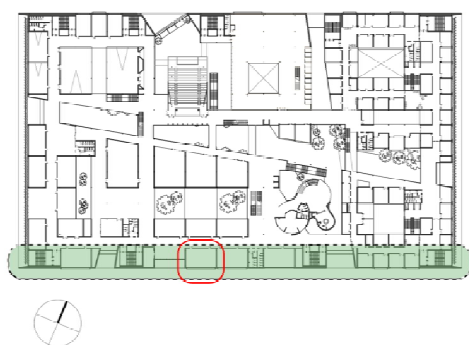
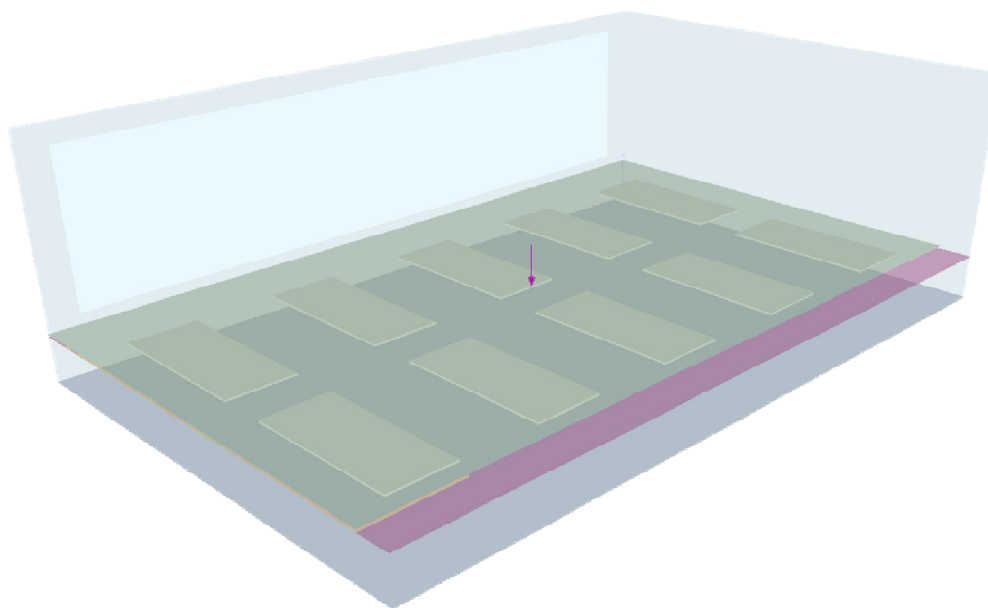


Figura 207 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup.A di colore viola e sup.B colore verde

Figura 208 posizione della stanza all'interno dell'edificio: fronte sud piano 1° o 2°

La prova prende in considerazione una stanza qualsiasi posta sul fronte sud in uno dei 2 piani superiori al basamento.

Il calcolo del fattore di luce diurna (FLD) viene espresso dalla normativa nelle seguenti modalità:

$$\eta_m = \frac{A_t * t}{A_{tot} * (1 - r_m)} * \frac{E_{ov}}{E_o} * \psi$$

con:

E_o	illuminamento medio mantenuto;
E_{ov}	illuminamento esterno sulla superficie della finestra escluso il telaio;
A_t	area della finestra, escluso il telaio;
t	il fattore di trasmissione luminosa del vetro;
A_{tot}	area totale delle superfici che delimitano l'ambiente;
r_m	fattore medio delle superfici che delimitano l'ambiente;
Ψ	fattore di riduzione del fattore finestra.

Esso viene definito tecnicamente come il rapporto in percentuale tra l'illuminamento medio dell'ambiente e l'illuminamento che si ha nelle stesse condizioni di tempo e spazio su una superficie orizzontale esterna che riceve la luce dall'intera volta celeste ma senza irraggiamento diretto.

Il calcolo eseguito per mezzo del programma DIALux viene effettuato nella condizione più sfavorevole e cioè quella in cielo coperto. La normativa e il buon senso comune prevedono di valutare tale parametro in una condizione cautelativa rispetto alle reali condizioni di esercizio dell'ambiente che non sempre potrebbe trovarsi in condizioni così sfavorevoli.

I risultati vengono riportati nella seguente tabella:

Tabella 70 valori calcolati di FLD e distribuzione luce

	superficie A (utile totale)			superficie B (ristretta di 60cm)		
	A	B	C	A	B	C
FLD	6,170	5,310	3,750	6,39	5,49	3,88
η_{min}/η_{max}	0,116	0,133	0,237	0,14	0,16	0,278

Si visualizza un ulteriore parametro che permette di capire meglio la propensione verso un sistema schermante a frangisole.

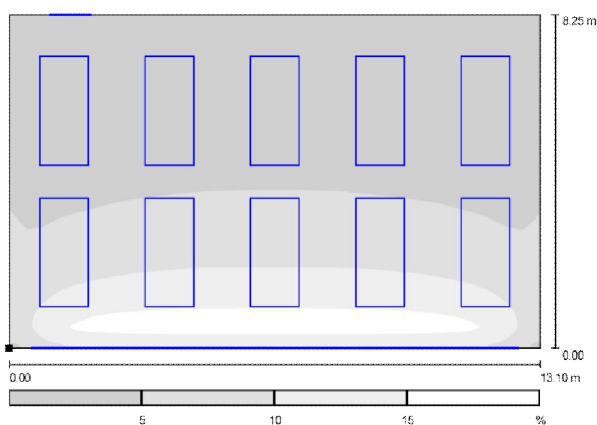
Esso è un parametro di diffusione definito da normativa UNI 10840 come:

$$\frac{\eta_{min}}{\eta_{max}} \geq 1.6$$

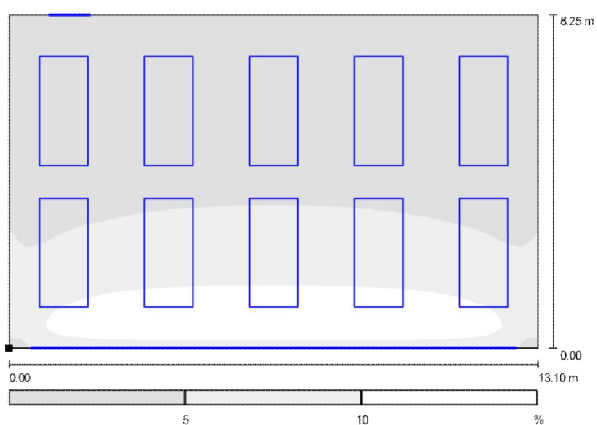
con

η_{min}	fattore di luce diurna puntuale minimo;
η_{max}	fattore di luce puntuale massimo.

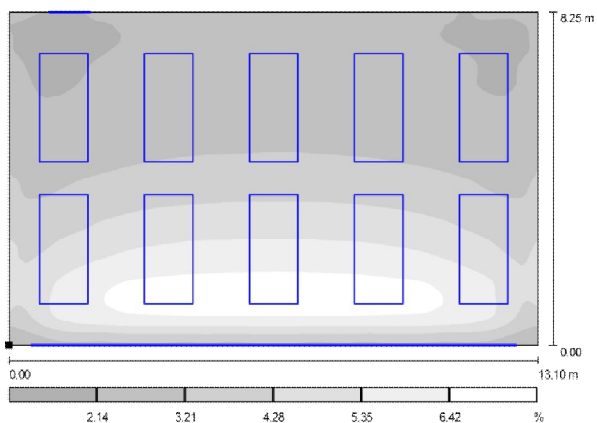
Attraverso questo parametro viene garantita un'adeguata uniformità dell'illuminazione naturale all'interno del locale.



Caso A
FLD MEDIO = 6,17%; DIFF. =0,116



Caso B
FLD MEDIO = 5,31%; DIFF. =0,133



Caso C
FLD MEDIO = 3,75%; DIFF. =0,237

Figura 209 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A); stanza sud

Sembra evidente come già da una prima analisi il solo sistema finestrato non riesca soddisfare a pieno le richieste illuminotecniche necessarie.

La lettura di questi primi dati permette di capire come il compromesso tra una riduzione del valore di FLD attraverso un sistema schermante più completo porti benefici in termini di distribuzione interna della luce.

Da ricordare è il beneficio estivo in seguito a una riduzione della radiazione entrante; il tutto per rimarcare che la soluzione migliore è nel compromesso tra i periodi stagionali.

Le condizioni illuminotecniche della stanza vengono monitorate nei seguenti orari:

- 9:00 o 10:00, nel caso di periodo invernale la rilevazione viene effettuata alle ore 10 negli altri periodi alle ore 9 è più che sufficiente;
- 12:00 ÷ 13:00, all'interno di tale periodo in corrispondenza del momento in cui il sole è alla sua massima altezza;
- 15:00;
- 17:00, la rilevazione per l'inverno si ferma alle ore 15:00 perché il sole è già tramontato.

I giorni di verifica di tali parametri sono i giorni già citati in precedenza e che elenchiamo velocemente: 21 dicembre, 21 Giugno, 21 Settembre e 21 Marzo.

Successivamente si riportano a confronto i risultati ottenuti per ciascuna situazione:

- caso A: solo finestra
- caso B: imbotte di 50cm
- caso C: imbotte 50cm e frangisole orizzontali

(il software di calcolo illuminotecnico utilizzato è DIALux)

Caso invernale: 21 Dicembre

- ore 10:00

Tabella 71 Simulazione invernale mattutina

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
1164	1128	1003	220	198	151	173	149	105	6,17	5,31	0	3,75	4
1132	1096	970	225	203	154	179	154	109	6,39	5,49		3,88	

- ore 12:00/13:00

Tabella 72 Simulazione invernale a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
4430	4341	3802	694	626	478	344	297	209	6,17	5,31	1	3,75	8
4330	4249	3715	712	642	489	357	306	216	6,39	5,49		3,88	

- ore 15:00

Tabella 73 Simulazione invernale pomeridiana

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
1180	1050	902	259	231	174	213	184	130	6,17	5,31	1	3,75	9
1145	1078	925	266	237	179	221	190	134	6,39	5,49		3,88	

Le tabelle confrontano i vari valori di illuminamento medio e si può notare come l'introduzione di un sistema schermante comporti una riduzione del fattore di luce diurna che rimane sempre al di sopra della soglia dettata da normativa. Si ricorda che parallelamente la diffusione della luce migliora (vedi passaggio precedente). Nelle condizioni statisticamente più probabili di cielo coperto o parzialmente coperto i livelli di illuminazione all'interno della giornata variano tra i 100÷200 lux o tra i 150÷450 lux raggiungibili quando il sole viene valutato a mezzogiorno. In condizioni di cielo sereno a prescindere dall'ora si hanno buoni livelli di illuminamento oltre la soglia dettata da normativa che per aule di questo tipo è di 500 lux.

Vengono proposte successivamente alcune delle simulazioni svolte

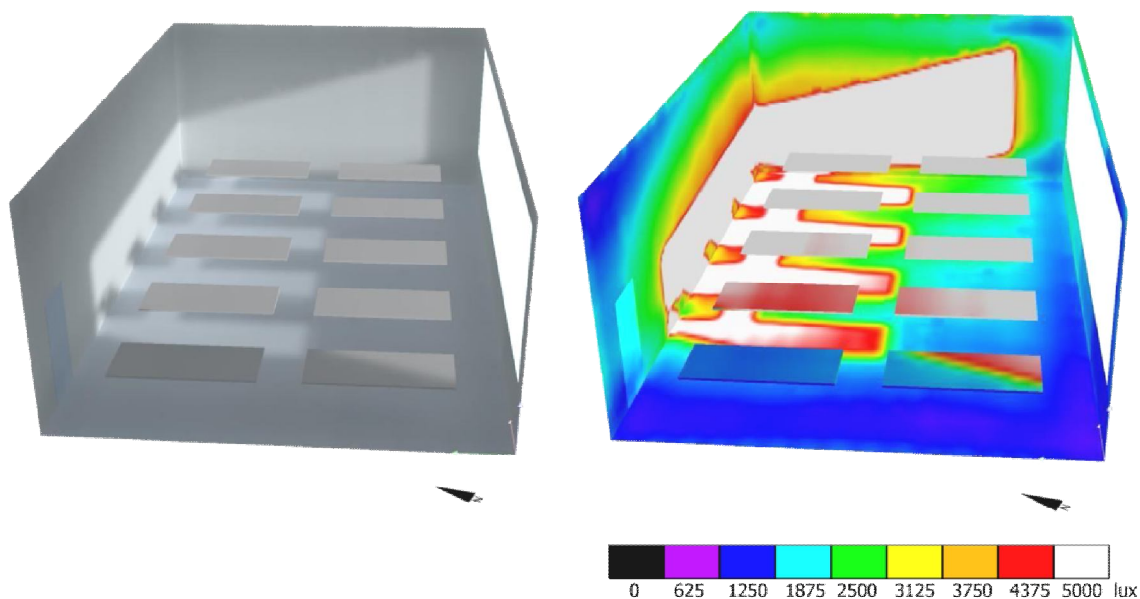


Figura 210 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in inverno cielo sereno; $E_m = 4430$ lux

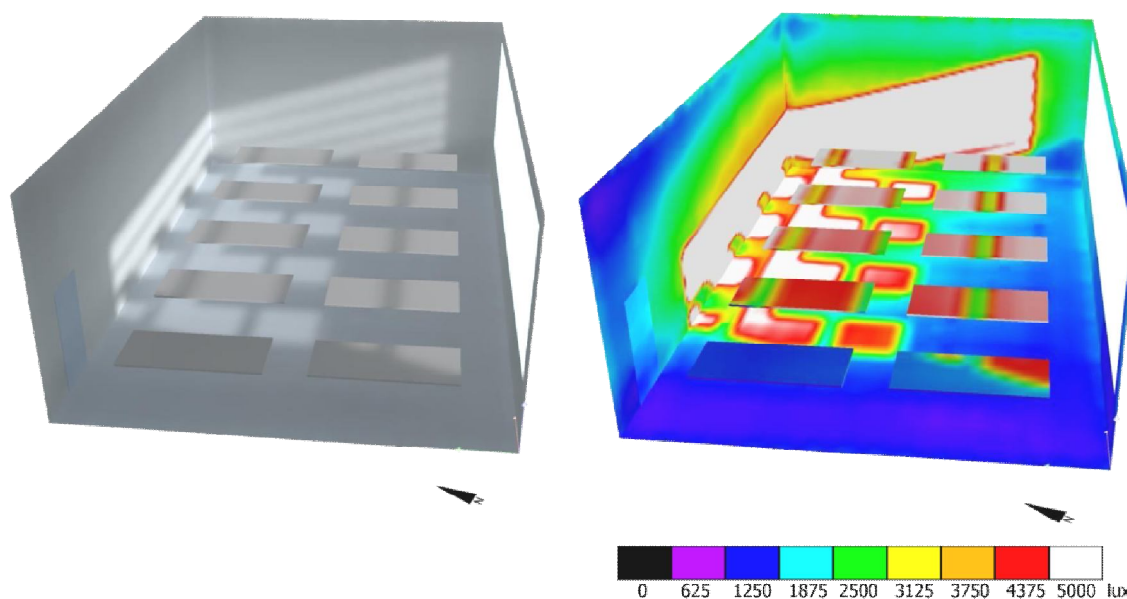


Figura 211 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in inverno cielo sereno; $E_m = 3802$ lux

L'intrusione del sole viene dettata dalla sua bassa altezza raggiunta allo zenit durante l'inverno a fronte di un sistema a frangisole regolato per rispondere in modo efficace alla radiazione estiva. Tale situazione invernale non comporta aggravamenti termici che risultano irrilevanti nel bilancio energetico globale. La lettura della situazione a cielo parzialmente coperto risulta la più probabile a verificarsi e si fa notare la completa gestione da parte del sistema schermante.

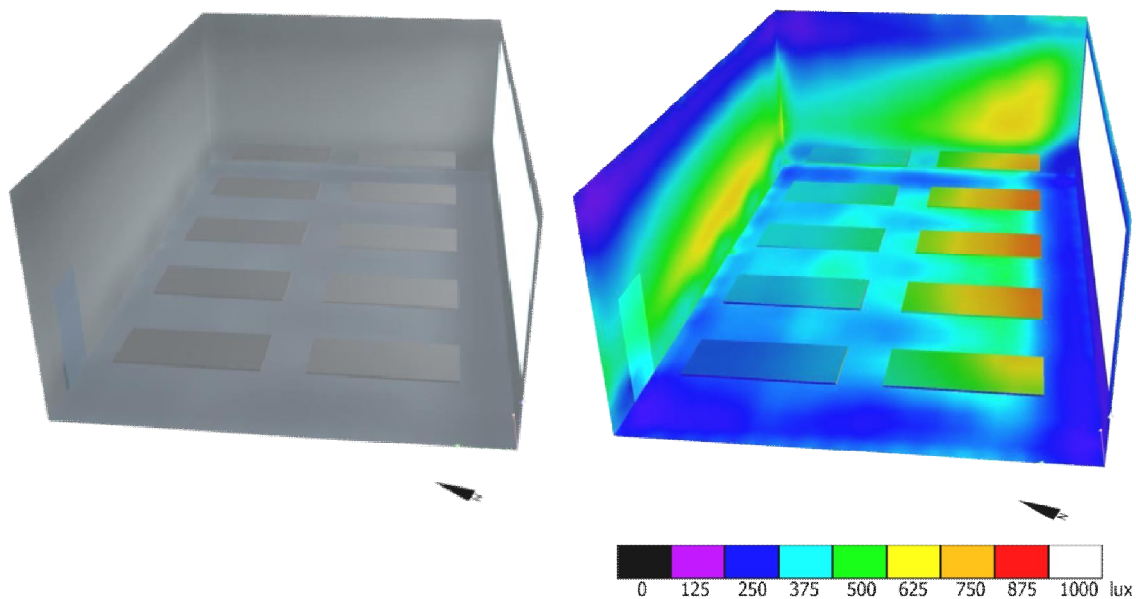


Figura 212 Simulazione caso C “frangisole” ore 12:30 in inverno cielo parz. coperto; Em = 478 lux

Tabella 74 effetto schermante operato dalla tenda; valori in lux.

	cielo sereno	
	tenda 2m	tenda 3m
frangisole	3802	711
	2035	2100
	3715	700

I livelli troppo elevati riscontrabili a mezza giornata in condizione di cielo sereno vengono calmierati attraverso un contributo schermante ad opera di una tenda interna.

Le simulazioni hanno permesso di identificare il tessuto più idoneo alla situazione che dovrà presentare un coefficiente di riflessione alla luce pari a RS di 0.39 e uno di trasmissione della luce di 0.16

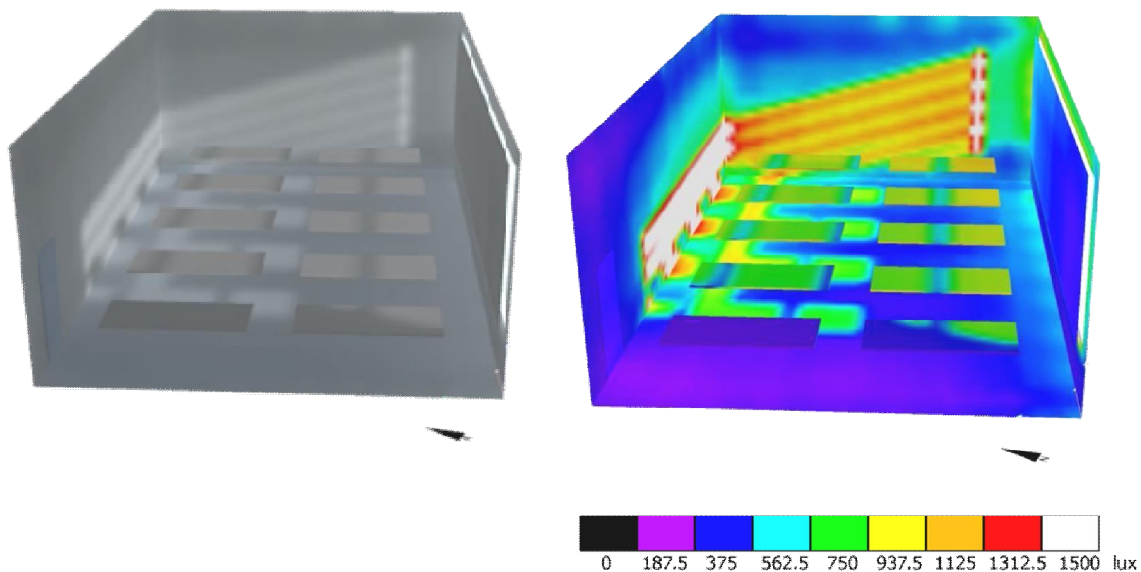


Figura 213 Simulazione effetto schermante tenda ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 711 lux

Caso estivo: 21 Giugno

- ore 9:00

Tabella 75 Simulazione estiva mattutina

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
4184	3514	2106	1639	1455	1082	664	571	404	6,17	5,31	20	3,75	68
4420	3702	2153	1691	1497	1112	687	590	417	6,39	5,49		3,88	

- ore 12:00/13:00

Tabella 76 Simulazione estiva a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
8924	7397	3866	3011	2624	1858	1120	964	681	6,17	5,31	32	3,75	100
9533	7795	3636	3115	2706	1916	1160	995	703	6,39	5,49		3,88	

- ore 15:00

Tabella 77 Simulazione estiva pomeridiana

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
5118	3624	1787	2355	2029	1434	1118	962	680	6,17	5,31	100	3,75	100
5280	3684	1841	2436	2092	1478	1157	994	702	6,39	5,49		3,88	

- ore 17:00

Tabella 78 Simulazione estiva pomeridiana ore 17

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
1031	954	743	1694	1479	1079	906	780	551	6,17	5,31	behind	3,75	behind
1059	979	762	1749	1523	1110	938	805	569	6,39	5,49		3,88	

(behind: identifica una condizione in cui il sole si trova non più incidente sulla facciata sud)

I risultati ottenuti confermano l'efficacia del sistema schermante a frangisole orizzontali che permettono un effettivo abbattimento della radiazione luminosa entrante. Chiaramente l'effetto tende ad essere più evidente in condizioni di cielo sereno in quanto la riduzione è nell'ordine dei 2000÷5000 lux rispettivamente nelle ore iniziali della giornata e in quelle di mezzogiorno e successive ad esso. L'efficacia tende a diminuire con il peggioramento delle condizioni meteorologiche verso una situazione di cielo coperto in quanto l'efficacia del sistema è stata tarata sul mezzodì del solstizio d'estate a fronte di

un cielo limpido. In stato parzialmente coperto l'abbattimento è nell'ordine dei 500÷1000lux.

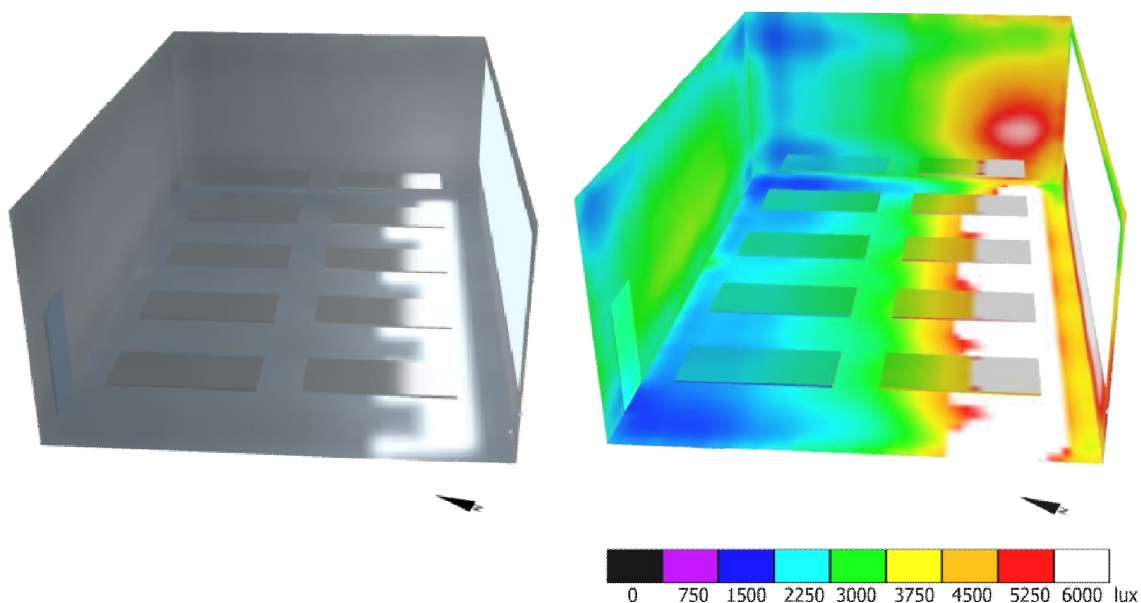


Figura 214 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 8924 lux

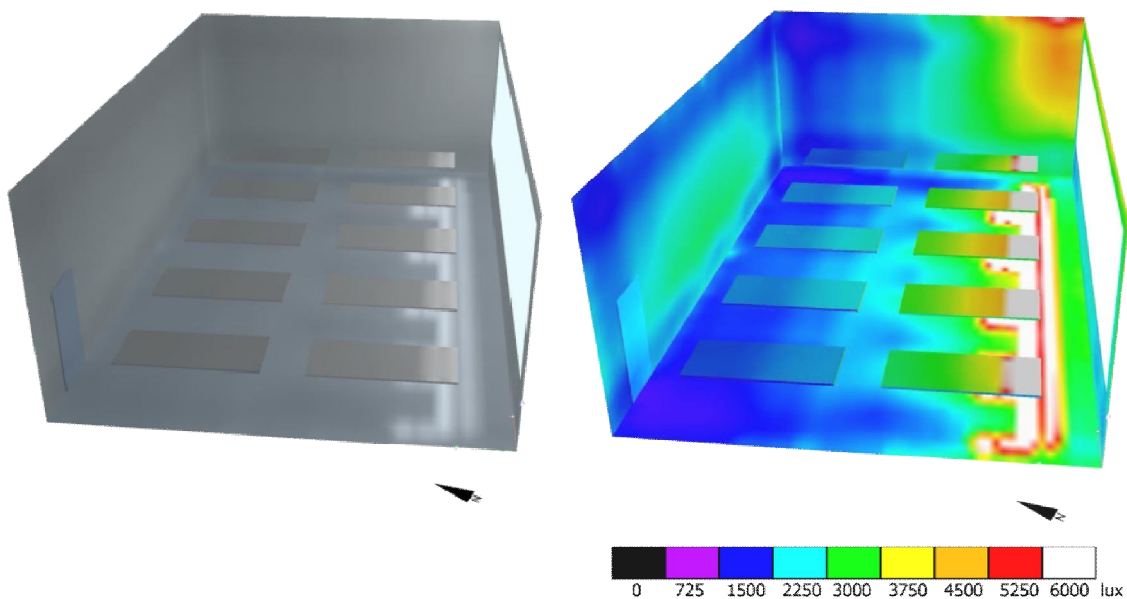


Figura 215 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 3866 lux

Il sole alto non penetra a fondo nella stanza ma viene ben diffuso dai frangisole a fronte di un considerevole abbattimento della radiazione stessa. La situazione a cielo sereno risulta la più critica in periodo estivo mentre a cielo parzialmente coperto ci si attesta su livelli maggiormente moderati che non necessitano di una specifica correzione con una eventuale tenda.

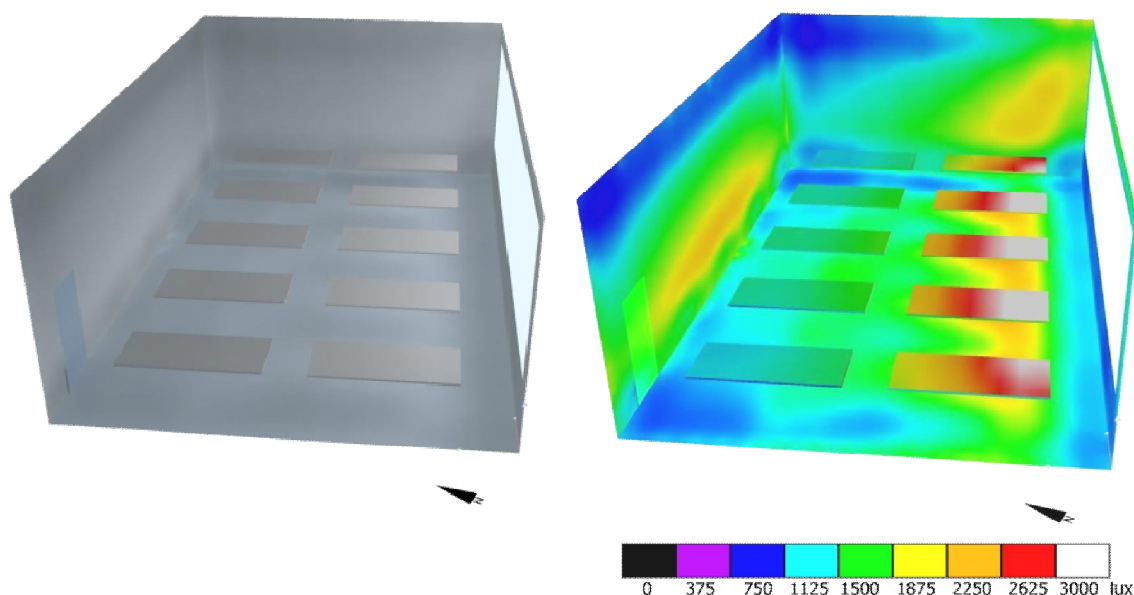


Figura 216 Simulazione caso C “frangisole” ore 12:30 in estate cielo parz. coperto; Em = 1858 lux

Tabella 79 effetto schermante operato dalla tenda; valori in lux.

cielo sereno		
frangisole	tenda 2m	tenda 3m
3866	2077	822
3636	1988	787

La correzione ad opera del sistema a tenda interna si stima sui seguenti valori estivi. Portando l’illuminamento a metà giornata fino a valori di 800 lux circa; non si può non notare attraverso tali risultati una totale gestione della scena luminosa.

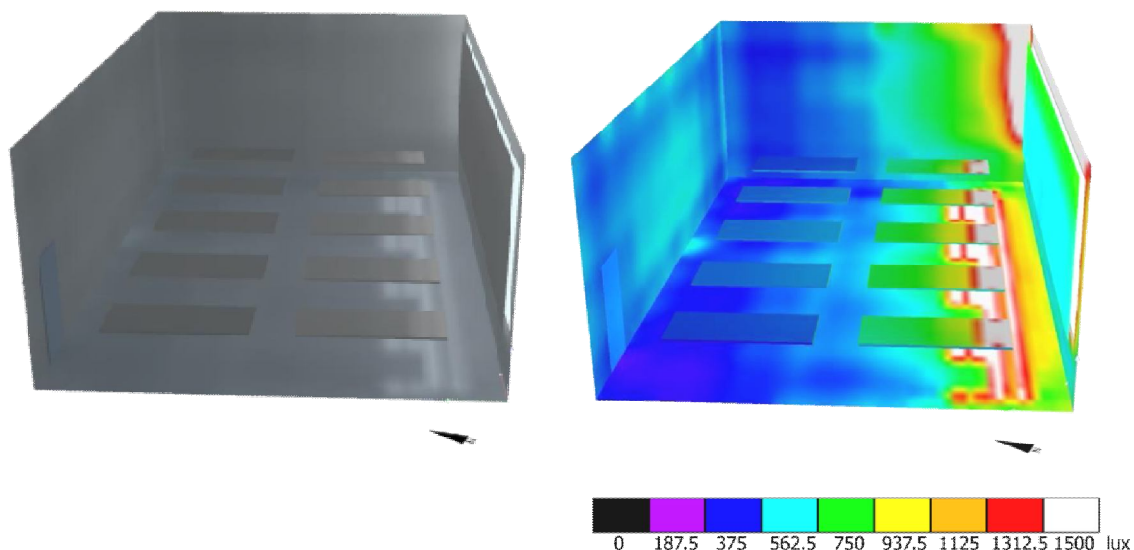


Figura 217 Simulazione effetto schermante tenda ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 822 lux

Caso primaverile/autunnale: 21 Settembre

- ore 9:00

Tabella 80 Simulazione autunnale mattutina

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
2830	2674	2261	543	487	369	323	278	197	6,17	5,31	7	3,75	34
2904	2769	2347	559	500	378	335	287	203	6,39	5,49		3,88	

- ore 12:00/13:00

Tabella 81 Simulazione autunnale a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
11424	10497	7805	3043	2736	2047	802	690	488	6,17	5,31	13	3,75	50
11996	11076	8104	3139	2815	2103	830	713	504	6,39	5,49		3,88	

- ore 15:00

Tabella 82 Simulazione autunnale pomeridiana

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
7038	6077	3926	2383	2120	1566	781	672	475	6,17	5,31	32	3,75	85
7430	6409	4054	2460	2183	1611	809	694	490	6,39	5,49		3,88	

- ore 17:00

Tabella 83 Simulazione autunnale pomeridiana ore 17

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
1707	1302	889	998	884	658	537	463	345	6,17	5,31	behind	3,75	behind
1776	1359	912	1029	910	676	556	478	354	6,39	5,49		3,88	

(behind: identifica una condizione in cui il sole si trova non più incidente sulla facciata sud)

Il controllo in periodo autunnale presenta come prevedibile una situazione intermedia alle due citate precedentemente. Gli effetti della schermatura a frangisole si percepiscono maggiormente a mezzogiorno e nelle prime ore del pomeriggio in quanto si conta una sensibile riduzione della luce nell'ordine dei 3000 lux.

Caso primaverile/autunnale: 21 Marzo

- ore 9:00

Tabella 84 Simulazione primaverile mattutina

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
5600	5267	4369	1038	934	709	448	386	272	6,170	5,310	4	3,750	21
5856	5519	4561	1069	959	727	464	398	281	6,39	5,49		3,88	

- ore 12:00/13:00

Tabella 85 Simulazione primaverile a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
10068	9041	6107	2913	2607	1937	816	703	496	6,17	5,31	13	3,75	53
10630	9486	6480	3007	2685	1991	845	725	512	6,39	5,49		3,88	

- ore 15:00

Tabella 86 Simulazione primaverile pomeridiana

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
4825	4107	2567	1803	1601	1186	691	595	420	6,17	5,31	29	3,75	72
5085	4317	2663	1860	1648	1220	716	614	434	6,39	5,49		3,88	

- ore 17:00

Tabella 87 Simulazione primaverile pomeridiana ore 17

cielo sereno			cielo parz. coperto			cielo coperto			FLD e ombreggiamento				
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	ombra	C	ombra
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%	%
400	588	466	523	463	345	386	332	235	6,17	5,31	behind	3,75	behind
655	601	475	539	476	354	400	343	243	6,39	5,49		3,88	

(behind: identifica una condizione in cui il sole si trova non più incidente sulla facciata sud)

Riscontriamo un comportamento analogo nel mese di marzo; non a caso le giornate analizzate nello specifico sono i due equinozi di primavera e d'autunno. Il sole ha un'altitudine intermedia ai valori invernale ed estivi. La percentuale di area schermata ha valori intermedi a quelli visti fin'ora. Il sole più basso penetra nella stanza in quantità maggiore.

Le prove successivamente riportate ritraggono le casistiche del mese di settembre ritenute ragionevolmente rappresentative anche della situazione primaverile per effetti di shading e valori d'illuminamento.

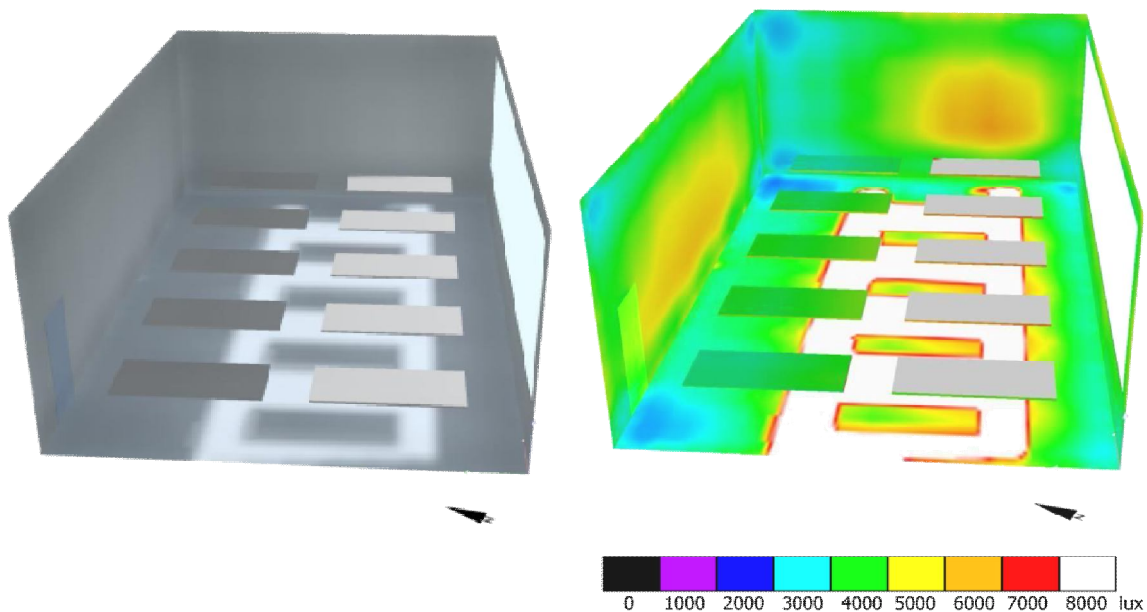


Figura 218 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in autunno cielo sereno; $E_m = 11424$ lux

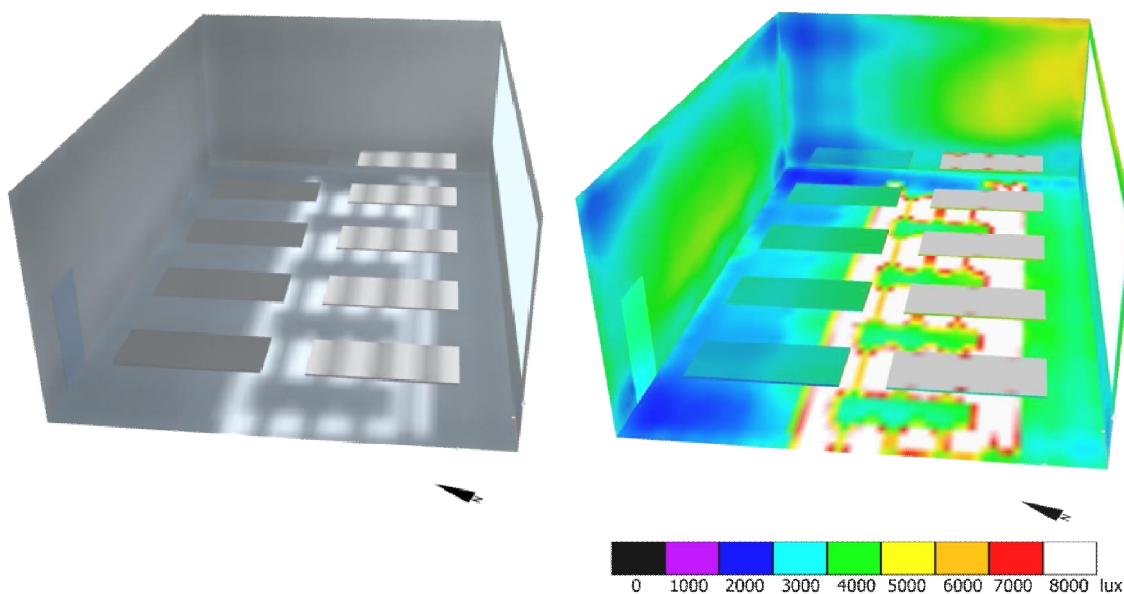


Figura 219 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in autunno cielo sereno; $E_m = 7805$ lux

Si sono riportate le condizioni in situazione di cielo sereno e si nota un buon abbattimento della radiazione luminosa. La medesima condizione atmosferica sarà oggetto di studio per parametrizzare in termini quantitativi l'effetto della tenda interna.

La condizione a cielo sereno non è la sola ad essere stata presa in considerazione ma anche quella in condizioni parzialmente coperto in cui i livelli di illuminamento sono oggettivamente più bassi per via della componente di radiazione diffusa.

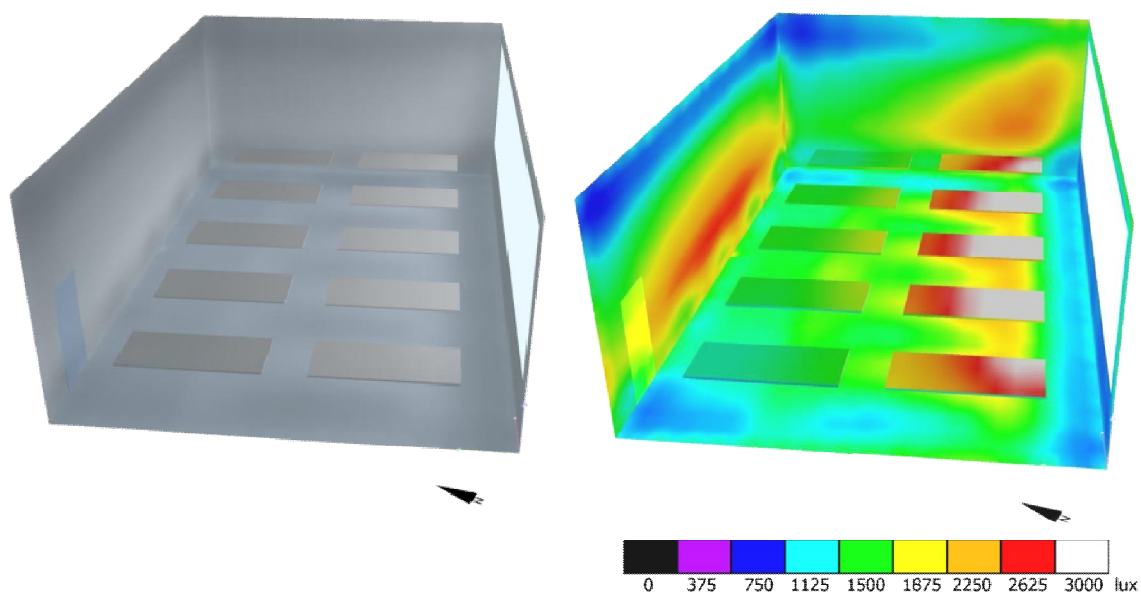


Figura 220 Simulazione caso C “frangisole” ore 12:30 in autunno cielo parz. coperto; Em = 2047

Tabella 88 effetto schermante operato dalla tenda; valori in lux.

cielo sereno		
frangisole	tenda 2m	tenda 3m
7805	3682	1509
8104	3831	1557

La correzione ad opera del sistema a tenda interna si stima sui valori estivi riscontrati dalle precedenti prove. All’orario di mezzogiorno l’abbattimento si misura su valori di circa 800 lux.

Il tessuto della tenda rimane chiaramente il medesimo già usato sul fronte sud e quindi presenta un coefficiente di riflessione alla luce pari a RS di 0.39 e uno di trasmissione della luce di 0.16.

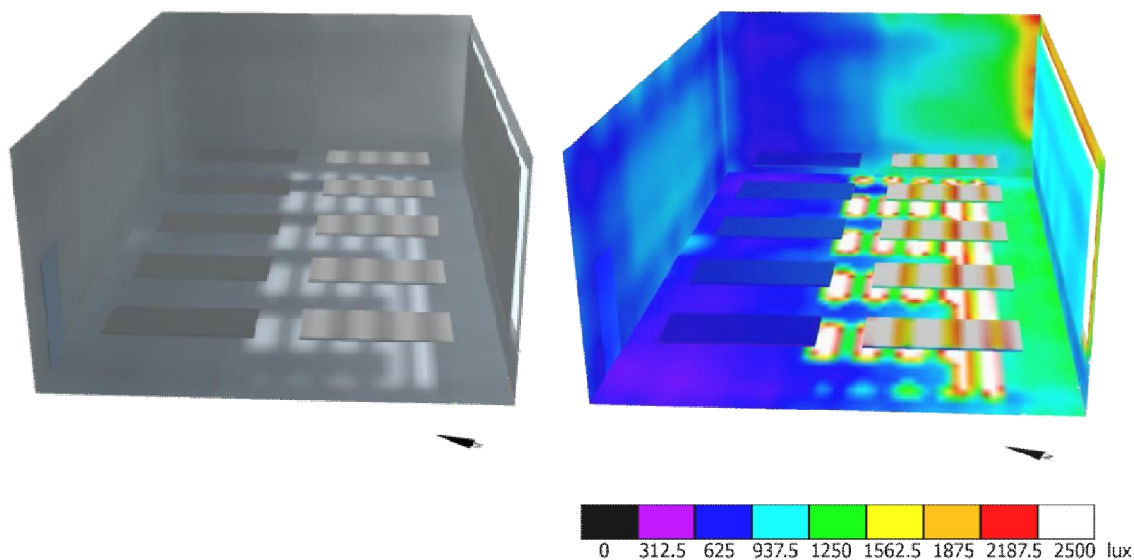


Figura 221 Simulazione effetto schermante tenda ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em= 1509 lux

5.2.2 Fronte Ovest

I fronti est ed ovest vengono trattati architettonicamente in modo analogo opponendo all'orizzontalità delle aperture la verticalità di un sistema schermante a macro pale orientabili.

La soluzione architettonica vuole risolvere la facciata attraverso un connubio tra l'espedito tecnico migliore in relazione all'orientamento (est-ovest) e una scansione verticale con elementi mobili di facciata.

Le situazioni comparate nelle simulazioni sono le seguenti:

- caso A: finestra singola senza schermatura
- caso B: tipologia schermante in pannelli verticali di larghezza 1,125m e disposti secondo medesimo valore d'interasse per avere il caso di schermatura totale. A tal proposito le percentuali mensili e annue di schermatura che si riportano sono indicative della situazione a pannelli aperti perpendicolarmente al filo di facciata. Le pale sono indipendenti nella rotazione da un piano all'altro e coprono in lunghezza l'interpiano.

Tabella 89 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B

Mese	S.C. medio [%]
Gennaio	60.8
Febbraio	45.6
Marzo	43.8
Aprile	48.8
Maggio	50.6
Giugno	47.3
Luglio	51.0
Agosto	43.5
Settembre	48.6
Ottobre	52.9
Novembre	60.8
Dicembre	70.0
Inverno	58.8
Estate	49.6
Annuale	52.0

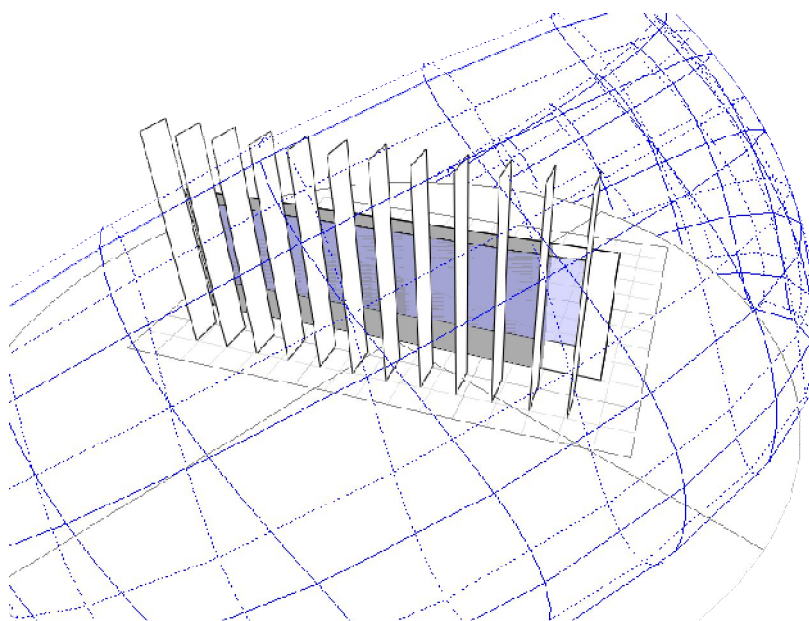


Figura 222 Rappresentazione della soluzione tecnica B

Si fa notare che nelle percentuali di ombreggiamento incide anche l'orientamento della facciata che essendo verso ovest presenta periodi mattutini ombreggiati naturalmente.

La variabilità dell'ombreggiamento con tale sistema è massima pertanto è possibile schermare da 0 al 100% attraverso la mobilitazione delle pale.

- caso C: la tipologia schermante non varia rispetto al caso B ma si pone con una rotazione sull'asse verticale della pala di 20 gradi. Il verso di rotazione risulta orario per cercare di mantenere la pala in posizione frontale rispetto alla posizione del sole.

- caso D: la tipologia schermante non varia rispetto al caso B ma si pone con una rotazione sull'asse verticale della pala di 20 gradi. Il verso di rotazione risulta antiorario per cercare di mantenere la pala in posizione frontale rispetto alla posizione del sole. Tale posizione viene simulata nelle ore tarde della giornata verso le 17:00 in quanto il sole basso si trova ad incidere la facciata ovest nel senso opposto a quello delle 15:00.

Le prove illuminotecniche riguardanti la rilevazione dell'illuminamento medio interno e del fattore di luce diurna vengono eseguite su una stanza adibita a studio avente le dimensioni di 13.10m per una profondità di 8.00m e un'altezza di 4.4m situata per l'appunto lungo il fronte ovest. I coefficienti di riflessione delle pareti sono di 0.7 così come quello del soffitto e di 0.65 del pavimento. La zona finestrata copre una superficie di 12 metri per un'altezza complessiva di 2.9 m. il vetro ha un fattore di trasmissione della luce pari a 0.76.

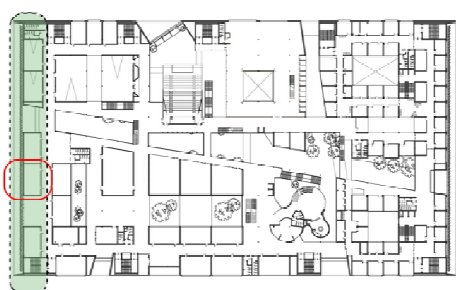
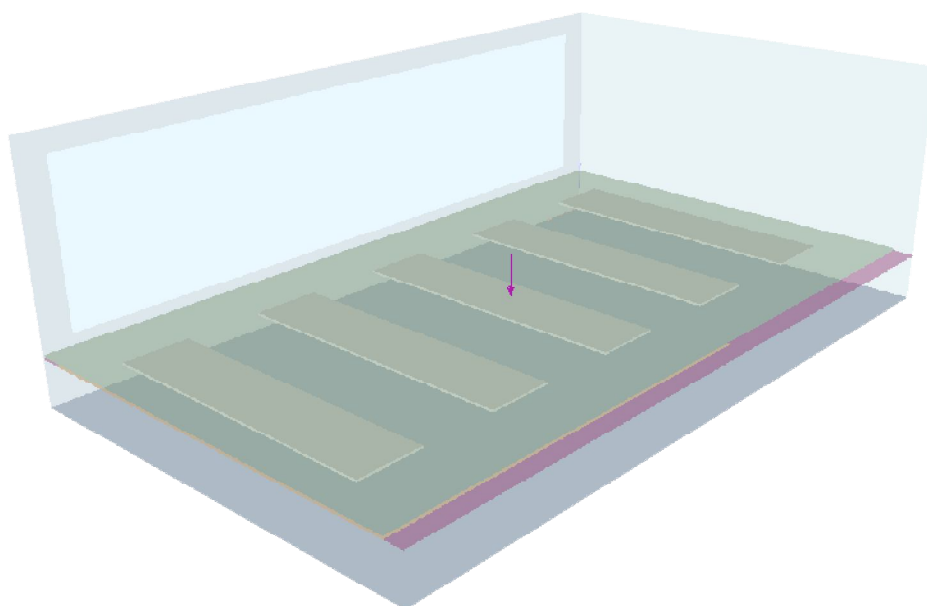


Figura 223 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup.A di colore viola e sup.B colore verde

Figura 224 posizione della stanza all'interno dell'edificio: fronte ovest piano 1°

I piani di riferimento di lettura di tali valori illuminotecnici vengono posti ad un'altezza di 0.85m coprendo in un caso la totalità della superficie utile della

stanza e nel secondo caso lasciando un 0.6m di distanza dal muro opposto alla superficie finestrata (in accordo con le limitazioni planimetriche della normativa olandese). La seguente riduzione viene ipotizzata adibendo tale fascia a passaggio e spazio di circolazione confinando in profondità lo spazio di lavoro. All'interno della stanza viene introdotta una possibile presenza di superfici di lavoro poste alla altezza di 0.85m e visualizzate attraverso piani di lavoro di dimensioni 1.20m per 2.7m dislocati affiancati all'interno della stanza con coefficienti di riflessione di 0.75.

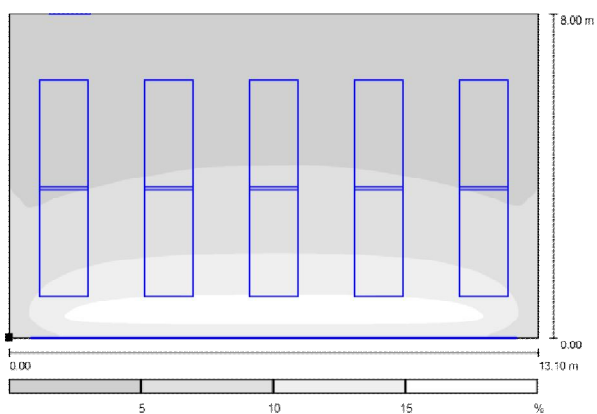
La prova prende in considerazione una stanza qualsiasi posta sul fronte ovest al piano primo. Il fronte Ovest viene verificato attraverso un procedura analoga a quella del fronte Sud. Il calcolo del fattore di luce diurna (FLD), eseguito per mezzo del programma DIALux, viene effettuato nella condizione più sfavorevole e cioè quella in cielo coperto. I risultati vengono riportati nelle seguenti tabelle:

Tabella 90 valori calcolati di FLD e distribuzione luce

	superficie A (utile totale)				superficie B (ristretta di 60cm)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
FLD	6,66	4,190	4,01	4,00	6,75	4,24	4,06	4,04
η_{min}/η_{max}	0,135	0,192	0,166	0,185	0,157	0,213	0,18	0,192

Alla valutazione del FLD si affianca la valutazione del valore di diffusione se così può definirsi, per capire la distribuzione dell'illuminazione naturale interna alla stanza. I valori proposti rispecchiano la casistica precedentemente illustrata in quanto è chiaro che una diversa posizione del frangisole incida o meno sulla quantità di luce entrante.

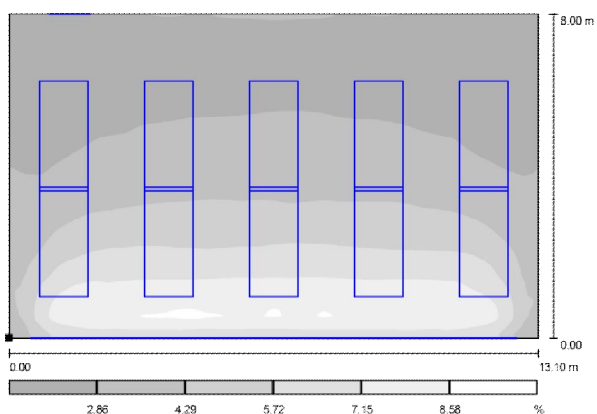
Le prove di illuminamento successive sono tutte a favore di un buon livello di Fld. Analizzando i risultati si deduce che applicando la schermatura si ottiene un beneficio in termini distributivi della luce arrivando a valori oltre il valore di 0,16 definito da normativa UNI. Il valore di FLD rimane pressoché invariato anche con la rotazione della pala entro i +/-20; a cambiare è la distribuzione. Di seguito si riportano le simulazioni svolte per ottenere i valori di FLD. In prima analisi il caso con solo la semplice finestratura.



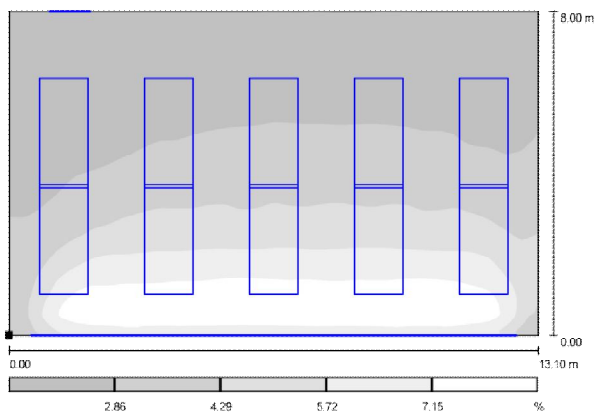
Caso A
 FLD MEDIO = 6,66%; DIFF. = 0,135

Figura 225 Simulazione FLD caso A, inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A); stanza ovest

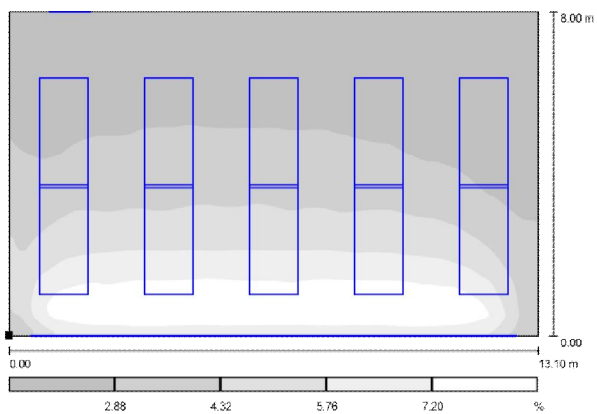
Successivamente si analizzano i tre casi con schermatura applicata nelle tre configurazioni possibili di rotazione.



Caso B
 FLD MEDIO = 4,19%; DIFF. = 0,192



Caso C
 FLD MEDIO = 4,01%; DIFF. = 0,166



Caso D
FLD MEDIO = 4,00%; DIFF. =0,185

Figura 226 Simulazione FLD caso B,C,D, inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A) con schermatura; stanza ovest

Partendo dall'analisi del FLD si sono verificate le condizioni illuminotecniche del locale che come precedentemente effettuato, vengono monitorate nei seguenti orari:

- 9:00 o 10:00, nel caso di periodo invernale la rilevazione viene effettuata alle ore 10 negli altri periodi alle ore 9 è più che sufficiente;
- 12:00 ÷ 13:00, all'interno di tale periodo in corrispondenza del momento in cui il sole è alla sua massima altezza;
- 15:00;
- 17:00, la rilevazione per l'inverno si ferma alle ore 15:00 perché il sole è già tramontato.

Come si noterà gli orari più critici saranno quelli pomeridiani in quanto si sta trattando il fronte Ovest. Le simulazioni prevedono la valutazione della casistica in successione:

- caso A: solo finestra
- caso B: frangisole perpendicolare alla facciata (0°)
- caso C: frangisole ruotato di -20°
- caso D: frangisole ruotato di +20°

La progressione risulta necessaria per individuare la situazione migliore in relazione allo spostamento della pala e all'efficacia nella riduzione dell'illuminamento. A tal proposito viene comunque contemplata la presenza di una tenda schermante per una regolazione definitiva della radiazione luminosa entrante.

(il software di calcolo illuminotecnico utilizzato è ancora DIALux)

Caso invernale: 21 Dicembre

- ore 10:00

Tabella 91 Simulazione invernale mattutina

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
319	200	-	-	146	91	-	-	187	117	-	-	6,66	4,19	-	-
321	201	-	-	148	92	-	-	189	119	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 92 Simulazione invernale a mezzogiorno

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
1966	761	-	-	563	342	-	-	372	234	-	-	6,66	4,19	-	-
2007	770	-	-	569	345	-	-	376	237	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 15:00

Tabella 93 Simulazione invernale pomeridiana

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
1591	-	618	-	305	-	173	-	230	-	138	-	6,66	4,10	4,01	-
1575	-	624	-	308	-	174	-	233	-	140	-	6,75	4,24	4,06	-

Le tabelle riassumono il ragionamento precedente sui FLD affinché possa farsi una completa comparazione delle situazioni. Il fronte considerato si trova orientato ad ovest e questo deve fare riflettere immediatamente sulla posizione del sole in corrispondenza degli orari analizzati. Questo comporta che per le prime ore della mattinata l'illuminazione non abbia rilevanti sbalzi tra i livelli di illuminamento in quanto la luce considerata è di tipo indiretto. Nelle ore pomeridiane il sole non arriva più alle superfici vetrate in tale modo e i livelli di illuminamento si innalzano. L'illuminamento medio richiesto è di minimo 500 lux. I valori considerati in cielo parzialmente coperto sono indice di un comportamento medio dell'ambiente in relazione alle possibili condizioni meteorologiche. Risulta evidente come in termini di illuminamento si paghi in periodo invernale e si benefici in periodo estivo riducendo in modo significativo l'eccessivo illuminamento.

La schermatura permette di moderare l'innalzamento dovuto a una potenziale situazione di illuminamento diretto. Il ragionamento come si vedrà successivamente, si fa maggiormente visibile nelle condizioni di cielo sereno e nelle stagioni estive dove la giornata dura molto di più e anche le 17:00 diventano orario critico da valutare. Le ore 15:00 vengono calmierate attraverso la rotazione dei frangisole di 20°.

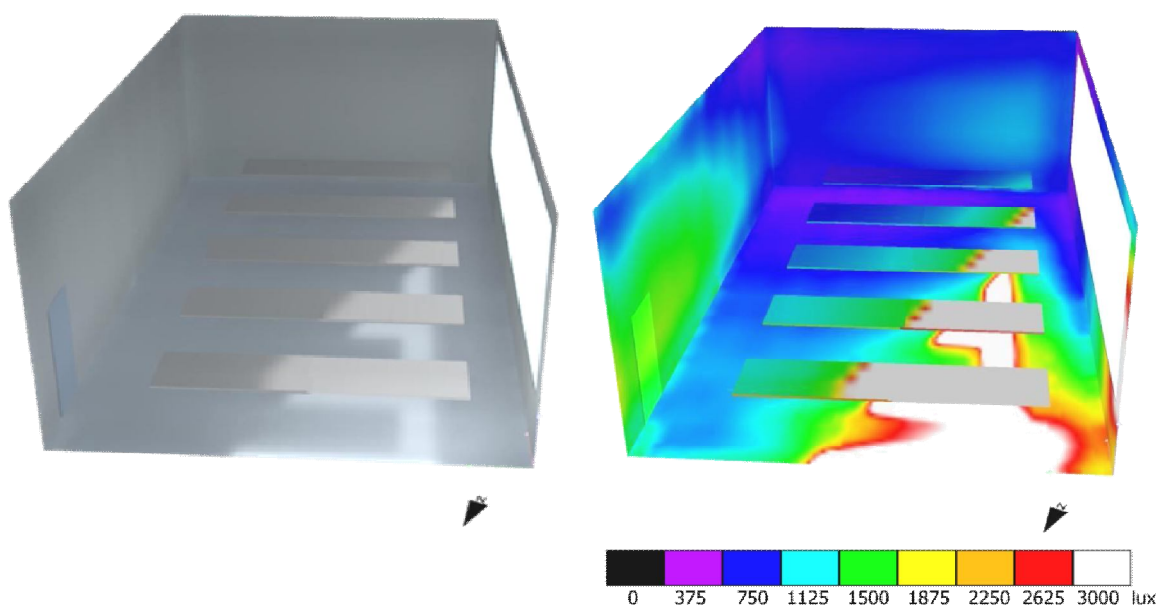


Figura 227 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 1966 lux

Vengono proposte le rilevazioni alle ore 12:00 in quanto per combinazioni tra luce diretta e diffusa in situazione di cielo sereno risulta leggermente più sfavorevole in termini quantitativi di illuminamento da controllare. Ad ogni modo si proporrà poi la situazione alle ore 15:00.

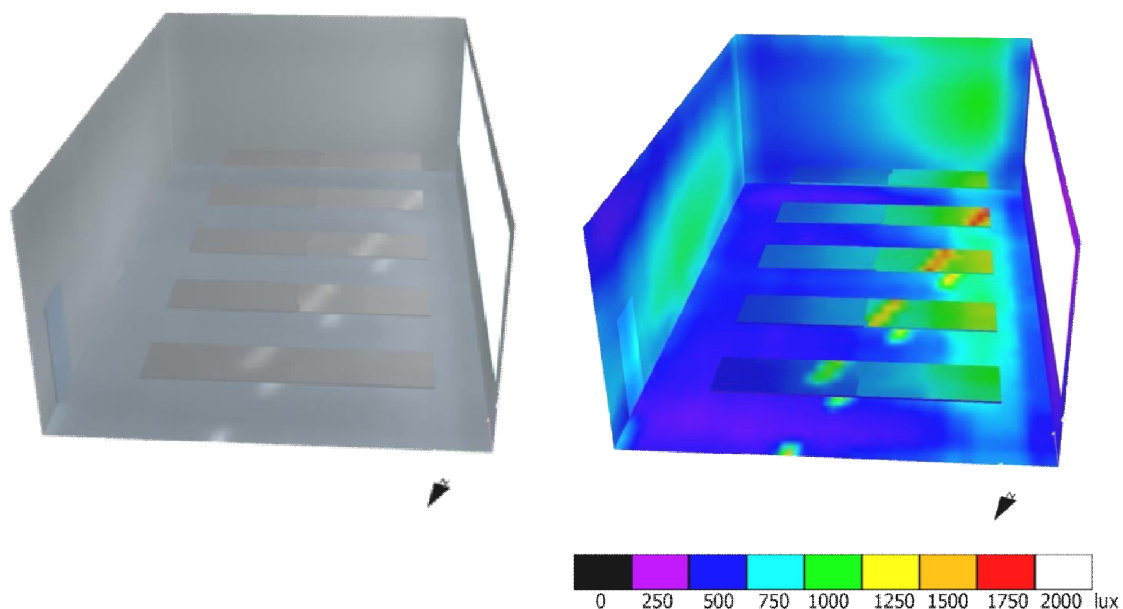


Figura 228 Simulazione caso B "frangisole" ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 761 lux

La schermatura si presenta in posizione perpendicolare alla facciata con 0° di rotazione. La riduzione d'illuminamento apprezzabile si attesta sui 1000 lux circa.

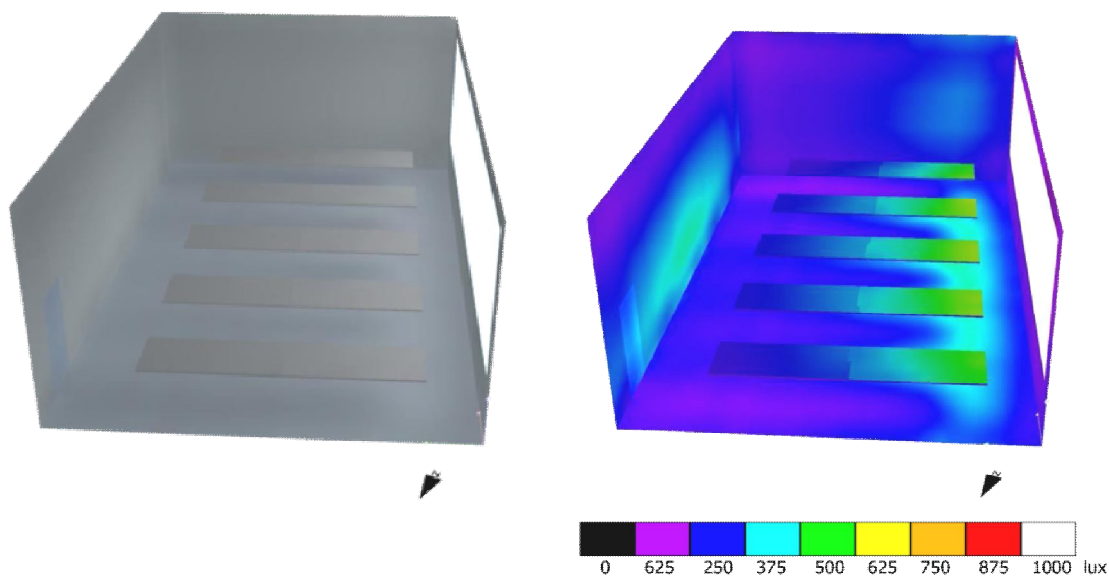


Figura 229 Simulazione caso B “frangisole” ore 12:30 in inverno cielo parz. coperto; $E_m = 342$ lux

In ultima analisi si propone la lettura dell'illuminamento alle ore 15:00. Attraverso la schermatura si omogeneizza la quantità di illuminamento interna alla stanza apprezzando un calo nell'ordine dei 100 lux circa. Ciò è reso possibile ponendo i frangisole in configurazione C; ruotati cioè di 20°. Il cambio di scala di colore per visualizzare al meglio la distribuzione interna della stanza è solo un espediente grafico e non deve ingannare.

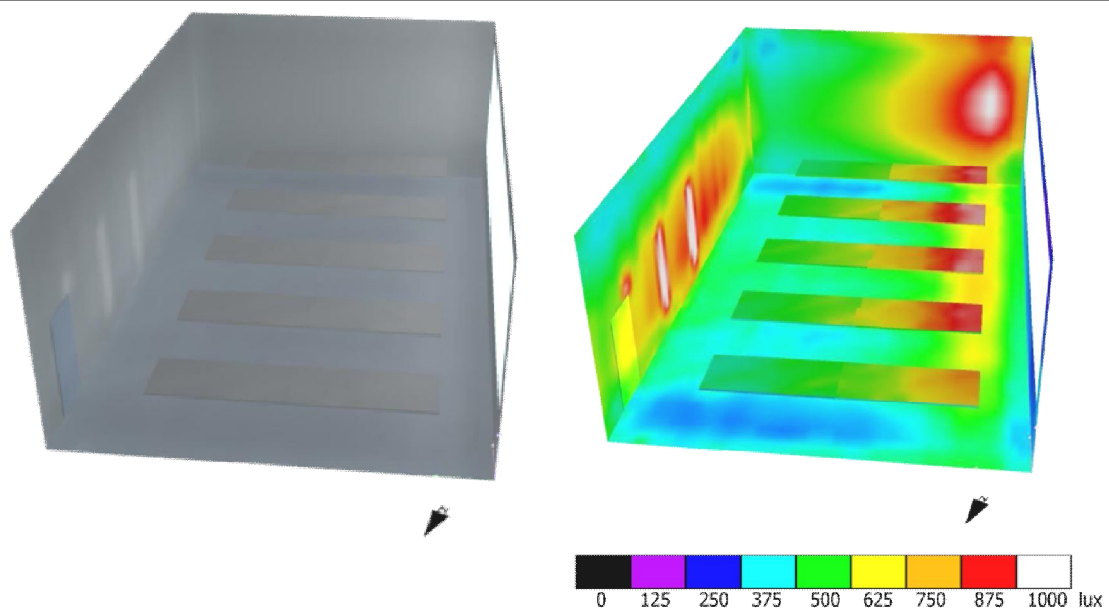


Figura 230 Simulazione caso B “frangisole” ore 15:00 in inverno cielo parz. coperto; $E_m = 618$ lux

Caso estivo: 21 Giugno

- ore 9:00

Tabella 94 Simulazione estiva mattutina

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
972	729	-	-	826	531	-	-	716	450	-	-	6,66	4,19	-	-
977	735	-	-	835	537	-	-	725	456	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 95 Simulazione estiva a mezzogiorno

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
1210	1086	-	-	1714	1059	-	-	1209	760	-	-	6,66	4,19	-	-
1222	1105	-	-	1731	1071	-	-	1224	769	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 15:00

Tabella 96 Simulazione estiva pomeridiana

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
8054	-	3869	-	2958	-	1681	-	1207	-	726	-	6,66	4,19	4,01	-
8197	-	3944	-	2995	-	1703	-	1222	-	735	-	6,75	4,24	4,06	-

- ore 17:00

Tabella 97 Simulazione estiva pomeridiana ore 17

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
11662	-	-	8046	3536	-	-	2130	978	-	-	586	6,66	4,19	-	4,00
12005	-	-	8253	3583	-	-	2156	1222	-	-	593	6,75	4,24	-	4,04

Il divario tra situazione mattutina e pomeridiana si fa più evidente durante il periodo estivo. Il riscontro con i dati annotati in condizioni di cielo sereno parla chiaro. Lo scarto nel caso di assenza di frangisole è di circa 7000 lux tra il mezzogiorno e le 15:00. Il gap è poi in aumento con le ore 17:00. L'efficacia della schermatura è ben visibile alle ore 15:00 durante le quali l'illuminamento medio viene ridotto di più di 4000 lux con frangisole ruotati di +20° e alle ore 17:00 con -20°. La mobilità rende il sistema schermante estremamente flessibile. Per le 17:00 una ulteriore rotazione delle pale fino a 40° produrrebbe una riduzione dell'illuminamento a circa 6000 lux; l' FLD rimane su un valore

maggiore di quello richiesto pari a 3,54 in periodo coperto. Attraverso una tenda interna si regoleranno i lux fino a livelli di 1000 – 2000 lux.

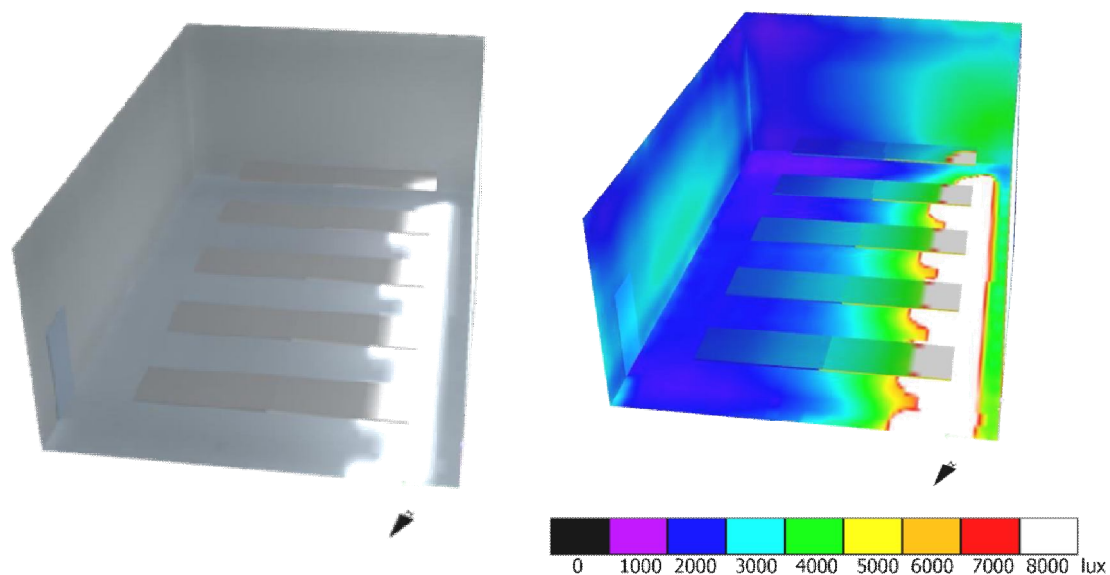


Figura 231 Simulazione caso A "solo finestra" ore 15:00 in estate cielo sereno; Em = 8054 lux

Le rappresentazioni grafiche permettono un raffronto tra le ore 15:00 in situazioni di cielo sereno e parzialmente coperto. La soluzione migliore rimane quella con i frangisole ruotati di 20° gradi che schermando la radiazione abbattano l'illuminamento di circa 4000 lux.

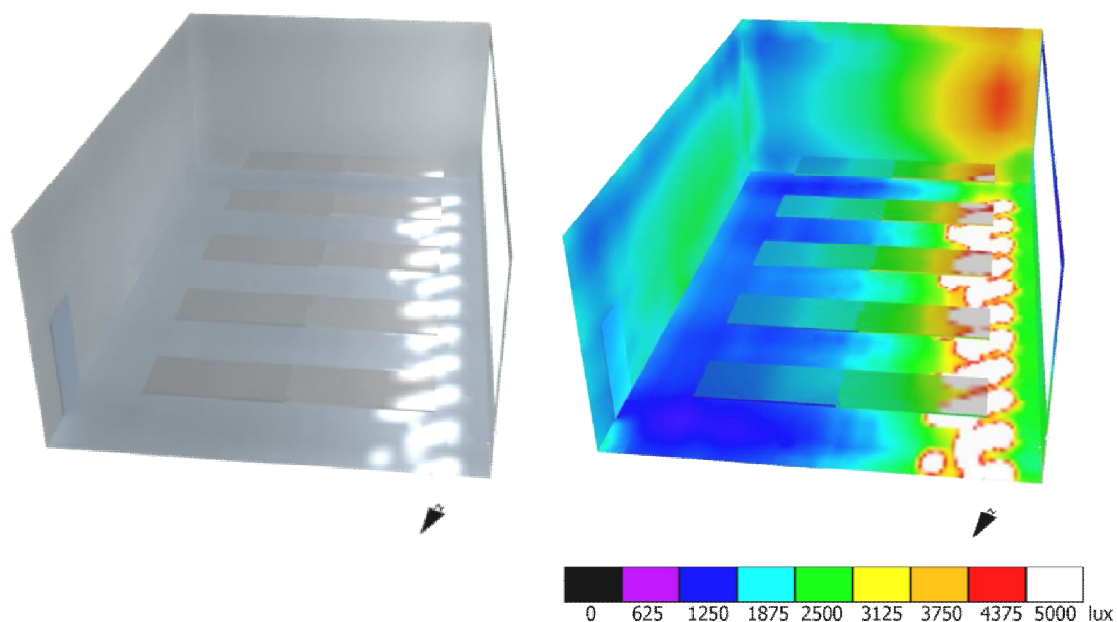


Figura 232 Simulazione caso C "frangisole" ore 15:00 in estate cielo sereno; Em = 3869 lux

In condizioni meteorologiche di cielo parzialmente coperto i valori di illuminamento risultano un po' più bassi mantenendo i frangisole ruotati di 20°.

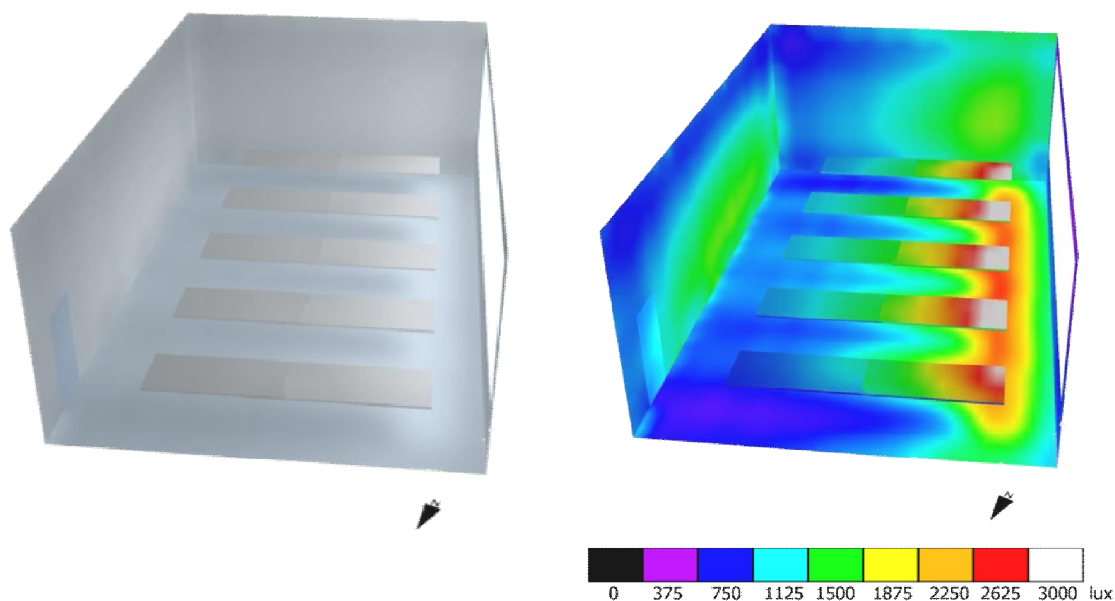


Figura 233 Simulazione caso “frangisole” ore 15:00 in estate cielo parz. coperto; Em = 1681 lux

Nel caso si utilizzi la tenda interna per condizionare la situazione di illuminamento il potere schermante della tenda permette di gestire a pieno la radiazione luminosa abbattendo, in configurazione non completamente abbassata di circa 2000 lux l'illuminamento interno. La tenda presenta i valori di trasmissione luminosa e di riflessione già visti in situazione di orientamento a Sud e cioè rispettivamente 0.16 e 0.39.

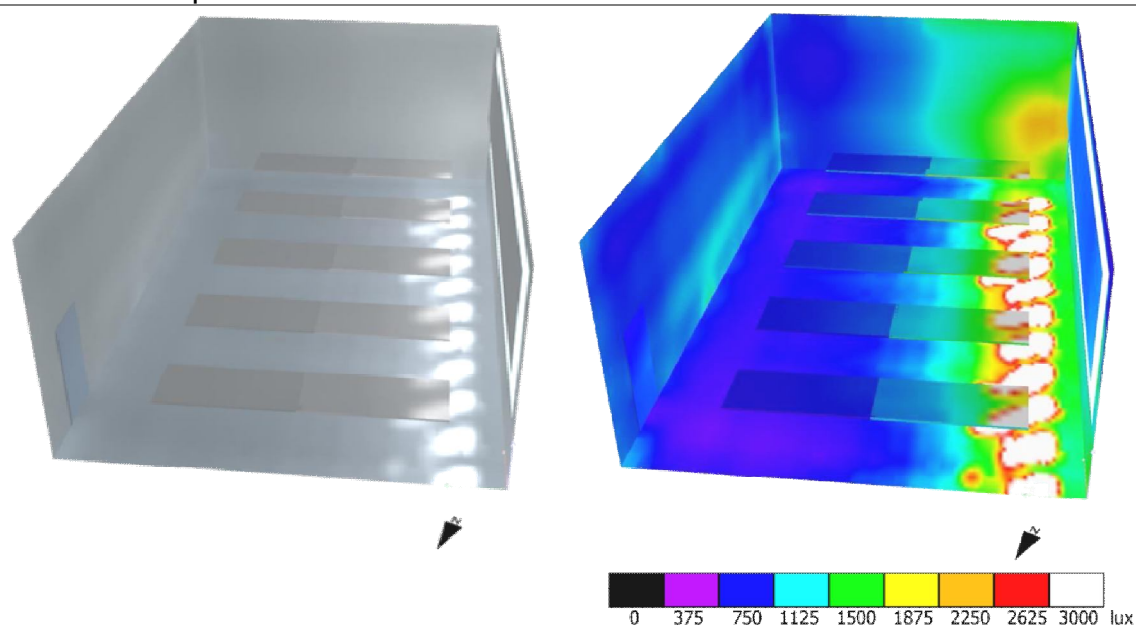


Figura 234 Simulazione effetto schermante tenda ore 15:00 in estate cielo sereno; Em = 1777 lux

Caso primaverile/autunnale: 21 Settembre

- ore 9:00

Tabella 98 Simulazione autunnale mattutina

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
549	390	-	-	302	191	-	-	349	219	-	-	6,66	4,19	-	-
551	391	-	-	306	193	-	-	353	222	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 99 Simulazione autunnale a mezzogiorno

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
1583	1191	1100	-	1820	1093	-	-	866	544	-	-	6,66	4,19	4,01	-
1596	1203	1113	-	184	1104	-	-	876	551	-	-	6,75	4,24	4,06	-

- ore 15:00

Tabella 100 Simulazione autunnale pomeridiana

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
8784	-	2360	-	2709	-	1459	-	843	-	507	-	6,66	4,19	4,01	-
9041	-	2401	-	2744	-	1477	-	853	-	514	-	6,75	4,24	4,06	-

- ore 17:00

Tabella 101 Simulazione autunnale pomeridiana ore 17

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
9740	-	-	7776	1685	-	-	1045	580	-	-	348	6,66	4,19	-	4,00
9982	-	-	7973	1704	-	-	1056	587	-	-	352	6,75	4,24	-	4,04

Come visto pocanzi nel periodo estivo anche nelle stagioni miti si riscontra lo stesso andamento di innalzamento dell'illuminamento pomeridiano. La stessa strategia di orientare verso il sole la pala ruotandola di +/-20° permette di abbattere la quantità di luce entrante verso livelli ottimali. Le 17:00 possono essere schermate maggiormente con l'ausilio della tenda interna così come le ore 15:00. Vi è la possibilità di ruotare le pale fino a 40° guadagnando sulla rotazione di 20° circa 2000 lux di abbattimento.

Caso primaverile/autunnale: 21 Marzo

- ore 9:00

Tabella 102 Simulazione primaverile mattutina

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
718	515	-	-	537	337	-	-	484	304	-	-	6,660	4,190	-	-
721	518	-	-	543	341	-	-	490	308	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 103 Simulazione primaverile a mezzogiorno

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
5413	1639	-	-	2370	1409	-	-	881	554	-	-	6,660	4,190	-	-
5604	1661	-	-	2399	1424	-	-	892	561	-	-	6,75	4,24	-	-

- ore 15:00

Tabella 104 Simulazione primaverile pomeridiana

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
9915	-	3857	-	2447	-	1370	-	746	-	449	-	6,660	4,190	4,010	-
10248	-	3959	-	2477	-	1389	-	755	-	455	-	6,75	4,24	4,06	-

- ore 17:00

Tabella 105 Simulazione primaverile pomeridiana ore 17

cielo sereno				cielo parzialmente coperto				cielo coperto				FLD			
A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%	%
6050	-	-	4106	924	-	-	558	417	-	-	250	6,660	4,190	-	4,000
5897	-	-	4025	933	-	-	563	422	-	-	253	6,75	4,24	-	4,04

Chiaramente il periodo primaverile ha un comportamento analogo a quello autunnale. L'efficacia del sistema alle 15:00 va a calmierare i lux su valori molto più gestibili attraverso la tenda interna.

Come visto in periodo estivo esiste la possibilità di ruotare i frangisole fino a 40° per migliorare il comportamento alle ore 17:00 riducendo i valori di illuminamento medio di circa 3000 lux salvaguardando il FLD sul valore di 3,54%. Le prove successivamente riportate ritraggono le casistiche del mese di settembre ritenute ragionevolmente rappresentative della situazione primaverile per effetti di shading e valori d'illuminamento.

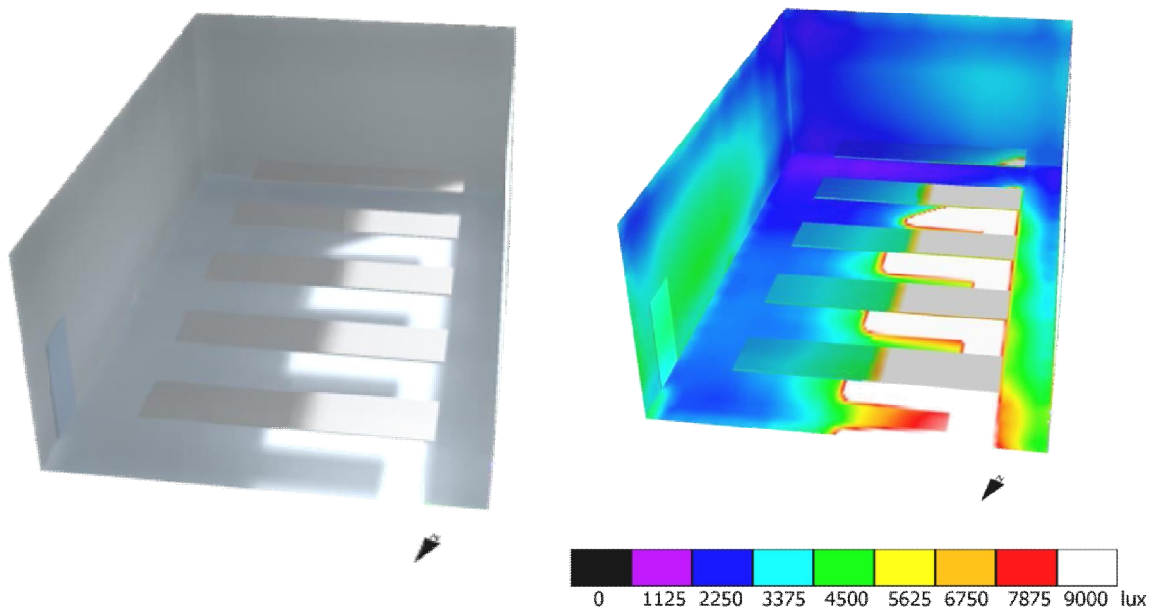


Figura 235 Simulazione caso A "solo finestra" ore 15:00 in autunno cielo sereno; Em = 8784 lux

L'inserimento della schermatura ferma più della metà della radiazione illuminante in situazione di cielo sereno. Il confronto proposto è tra il caso solo finestrato e quello con schermatura a frangisole ruotati di 20°.

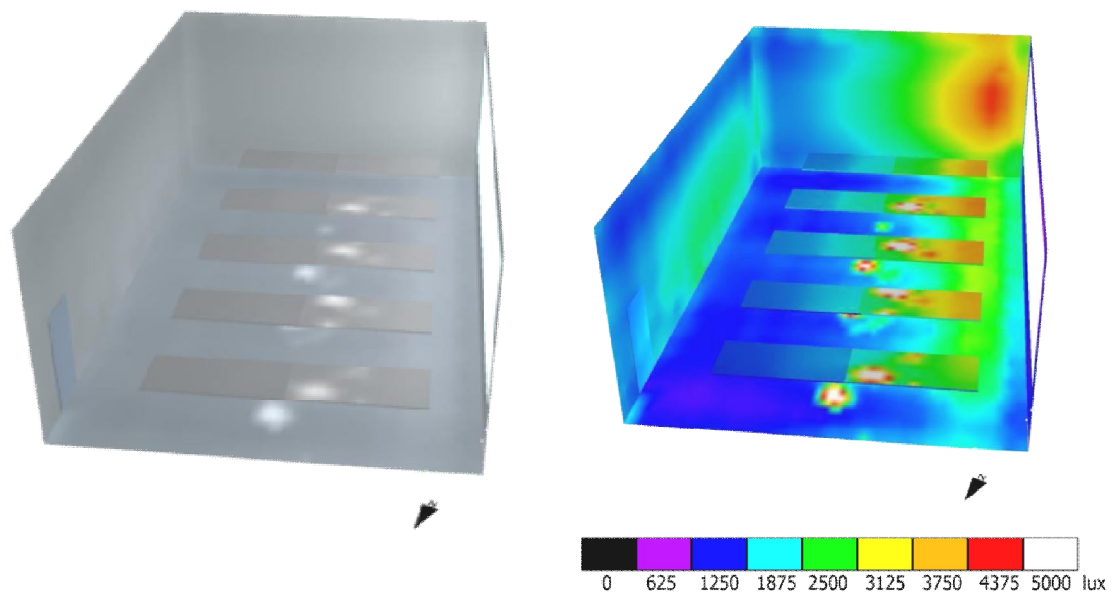


Figura 236 Simulazione caso C "frangisole" ore 15:00 in autunno cielo sereno; Em = 2360 lux

In situazione di cielo coperto l'illuminazione media interna si attesta al di sopra seppur di poco dei lux richiesti (500 lux) mentre in parzialmente coperto si attesta sui 1400 lux circa sempre rimanendo nel caso con inclinazione delle pale di 20°.

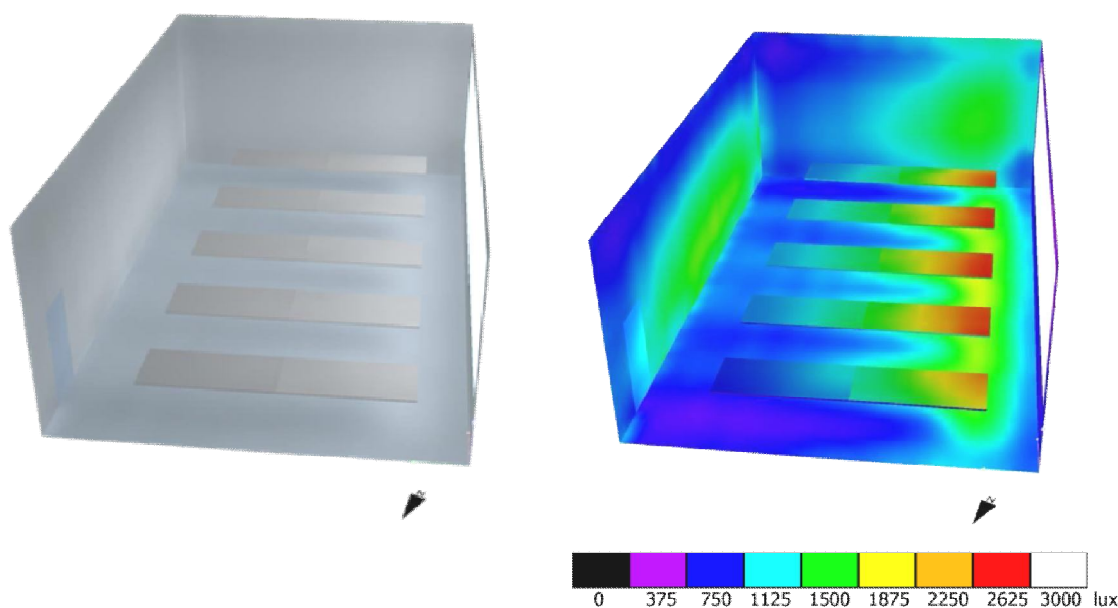


Figura 237 Simulazione caso C “frangisole” ore 15:00 in autunno cielo parz. coperto; $E_m = 1459$ lux

L'introduzione della tenda come elemento schermante permette di gestire a pieno la luce per il locale in esame. Viene fornito un addizionale potere schermante che riduce la radiazione di ulteriori 1000 lux circa all'orario 15:00. La tenda ha le medesime proprietà riportate precedentemente.

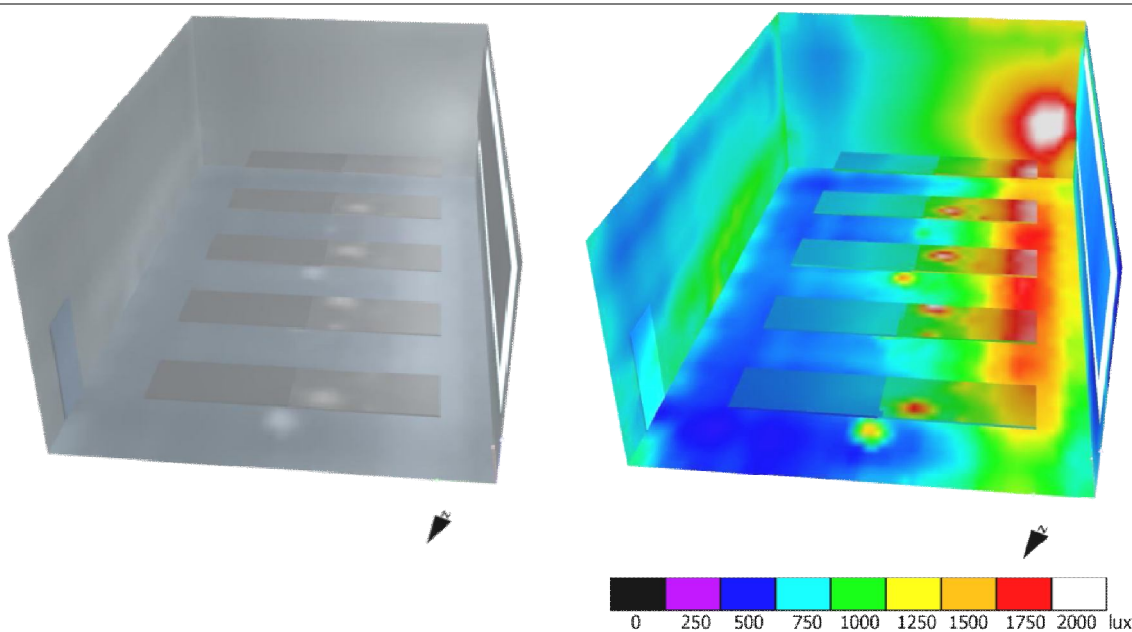


Figura 238 Simulazione effetto schermante tenda ore 15:00 in autunno cielo sereno; $E_m = 1104$ lux

5.2.3 Fronte Est

Come precedentemente accennato il fronte Est è stato trattato architettonicamente in modo analogo al fronte Ovest. Abbiamo anche in questo caso l'installazione di frangisole verticali orientabili.

Le situazioni comparate nelle simulazioni sono le seguenti:

- caso A: finestra singola senza schermatura
- caso B: tipologia schermante in pannelli verticali di larghezza 1,125m e disposti secondo medesimo valore d'interasse per avere il caso di schermatura totale. A tal proposito le percentuali mensili e annue di schermatura che si riportano sono indicative della situazione a pannelli aperti perpendicolarmente al filo di facciata.

Tabella 106 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B

Mese	S.C. medio [%]
Gennaio	64.0
Febbraio	82.6
Marzo	65.1
Aprile	54.0
Maggio	41.1
Giugno	40.7
Luglio	43.4
Agosto	54.1
Settembre	73.3
Ottobre	79.7
Novembre	64.0
Dicembre	70.0
Inverno	72.2
Estate	41.8
Annuale	61.0

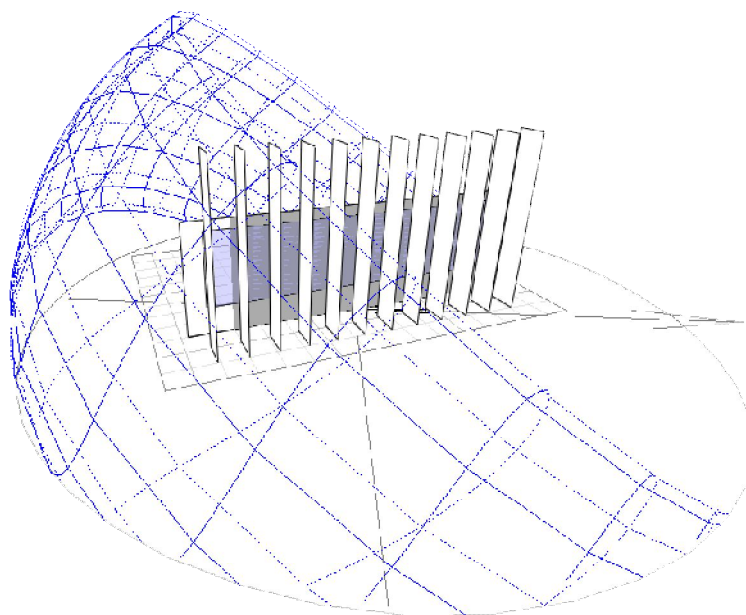


Figura 239 Rappresentazione della soluzione tecnica B

Si fa notare che nelle percentuali di ombreggiamento incide anche l'orientamento della facciata che essendo verso est presenta periodi pomeridiani ombreggiati naturalmente.

La variabilità dell'ombreggiamento con tale sistema è massima pertanto è possibile schermare da 0 al 100% attraverso la mobilitazione delle pale.

- caso C: la tipologia schermante non varia rispetto al caso B ma si pone con una rotazione sull'asse verticale della pala di 20 gradi. Il verso di rotazione risulta antiorario per cercare di mantenere la pala in posizione frontale rispetto alla posizione del sole.

Come si vedrà poco più avanti il locale in questione è meno profondo di quelli precedentemente sviluppati. Tale considerazione ha portato a introdurre una superficie vetrata minore dei casi precedenti. Il sistema schermante davanti alla facciata provvede poi ad unificare architettonicamente il fronte.

Le prove illuminotecniche riguardanti la rilevazione dell'illuminamento medio interno e del fattore di luce diurna vengono eseguite su una stanza adibita ad ufficio avente le dimensioni di 6.35m per una profondità di 4.7m e un'altezza di 4.4m situata per l'appunto lungo il fronte est. I coefficienti di riflessione delle pareti sono di 0.7 così come quello del soffitto e di 0.65 del pavimento. La zona finestrata copre una superficie di 5.4m per un'altezza complessiva di 2m; più piccola dunque delle precedenti. Il vetro ha un fattore di trasmissione della luce pari a 0.76. Il piano di riferimento di lettura di tali valori illuminotecnici viene posto ad un'altezza di 0.85m coprendo l'intera superficie utile della stanza. Questa volta non avremo quindi 2 valori di lettura ma uno solo.

All'interno della stanza viene introdotta una possibile presenza di superfici di lavoro poste alla altezza di 0.85m e visualizzate attraverso piani di lavoro di dimensioni 0.7m per 1.20m dislocati a "L" all'interno della stanza con coefficienti di riflessione di 0.75.

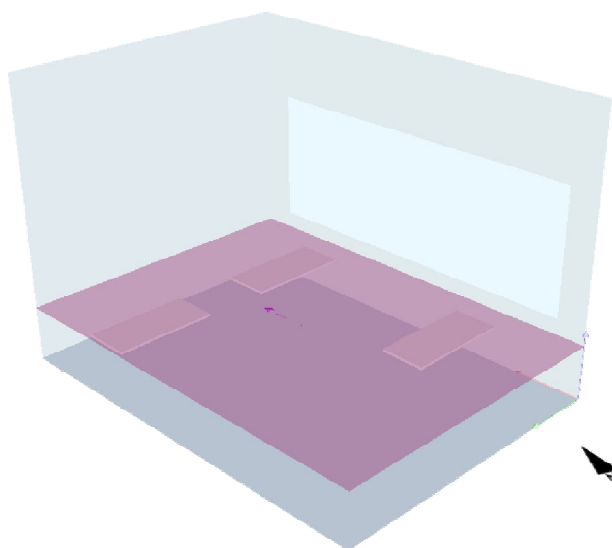


Figura 240 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup. A colore viola

Figura 241 posizione della stanza all'interno dell'edificio: fronte est piano 1°

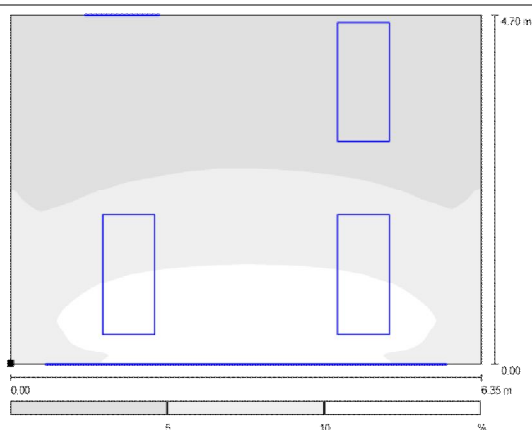
La prova prende in considerazione una stanza qualsiasi posta sul fronte est al piano primo. La procedura di verifica dei parametri illuminotecnici segue l'iter fin qui impostato

per gli altri fronti. Il calcolo del fattore di luce diurna (FLD), viene effettuato nella condizione più sfavorevole e cioè quella in cielo coperto.

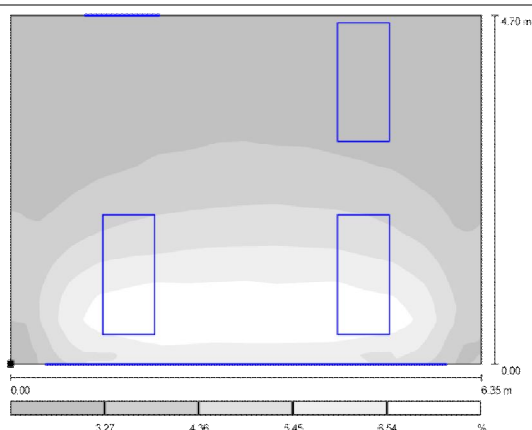
Tabella 107 valori calcolati di FLD e distribuzione luce

	superficie A		
	A	B	C
FLD	6,470	4,050	3,870
η_{min}/η_{max}	0,185	0,282	0,253

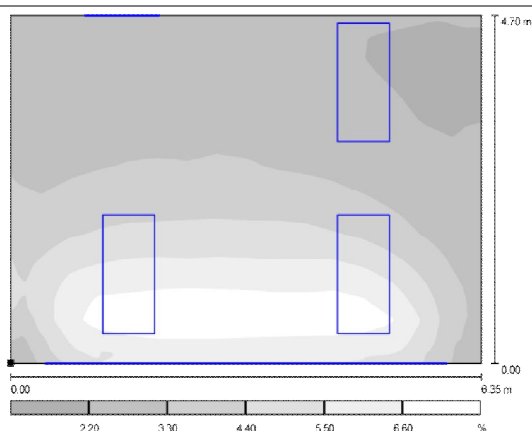
Il calare del valore di FLD non è sostanzialmente un qualcosa di negativo, perché esso rimane sempre al di sopra della soglia prevista per la destinazione uffici (≥ 3) ma permette di apprezzare un aumento del rapporto di diffusione tra indice di FLD puntuale minimo e FLD puntuale massimo.



Caso A
FLD MEDIO = 6,47%; DIFF. =0,185



Caso B
FLD MEDIO = 4,05%; DIFF. =0,282



Caso C
FLD MEDIO = 3,87%; DIFF. =0,253

Figura 242 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile completa (superficie A) con schermatura

Partendo dall'analisi del FLD si sono verificate le condizioni illuminotecniche del locale che come precedentemente effettuato, vengono monitorate nei seguenti orari:

9:00 o 10:00, nel caso di periodo invernale la rilevazione viene effettuata alle ore 10, negli altri periodi alle ore 9 è più che sufficiente;

12:00 ÷ 13:00, all'interno di tale periodo in corrispondenza del momento in cui il sole è alla sua massima altezza;

15:00;

17:00, la rilevazione per l'inverno si ferma alle ore 15:00 perché il sole è già tramontato.

I giorni di verifica di tali parametri sono i giorni già citati in precedenza e che elenchiamo velocemente: 21 dicembre, 21 Giugno, 21 Settembre e 21 Marzo. Come si noterà gli orari più critici saranno quelli mattutini in quanto si sta trattando il fronte Est.

La casistica prevede delle simulazioni effettuate in progressione:

caso A: solo finestra

caso B: frangisole perpendicolare alla facciata (0°)

caso C: frangisole ruotato di -20°

Anche in questo caso la progressione nelle prove per trovare la risposta migliore del sistema ai fini di un buon illuminamento è essenziale. A tal proposito viene contemplata la presenza di una tenda schermante per una regolazione definitiva della radiazione luminosa entrante.

(il software di calcolo illuminotecnico utilizzato è ancora DIALux)

Caso invernale: 21 Dicembre

- ore 10:00

Tabella 108 Simulazione invernale mattutina

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
442	274	-	165	243	-	181	113	-	6,40	4,05	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 109 Simulazione invernale a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
557	396	-	384	342	-	361	226	-	6,47	4,05	-

- ore 15:00

Tabella 110 Simulazione invernale pomeridiana

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
368	263	-	151	97	-	224	140	-	6,47	4,05	-

Per meglio comprendere la situazione globale si inserisce un riepilogo delle variazioni di FLD a lato della tabella.

Come già definito la parte finestrata viene ridotta in altezza rispetto gli altri fronti per via della profondità della stanza che diminuisce.

In situazione invernale il problema della scarsa luce a disposizione che caratterizza una parte dei risultati fin qui visti, si ripropone generando situazioni a cielo coperto bisognose di luce artificiale. Il problema è quindi generale a prescindere dall'orientamento del fronte.

L'eccesso di illuminamento si concentra alle ore 9:00 e il gap tra i valori senza schermatura e il caso con tali dispositivi, si visualizza maggiormente in periodo estivo.

Come di consueto le ore 17:00 non vengono considerate per ragioni di assenza di sole in quanto già tramontato, mentre nelle prossime letture il calcolo di verifica si snellisce nei confronti di tale fascia oraria perché già alle ore 15:00 si apprezza un calo dell' illuminamento medio in quanto generato da una situazione di illuminazione indiretta: il sole si trova oltre lo "zenit" e arriva indirettamente al fronte di facciata considerato.

Le proposte si concentrano pertanto nella fascia oraria mattutina.

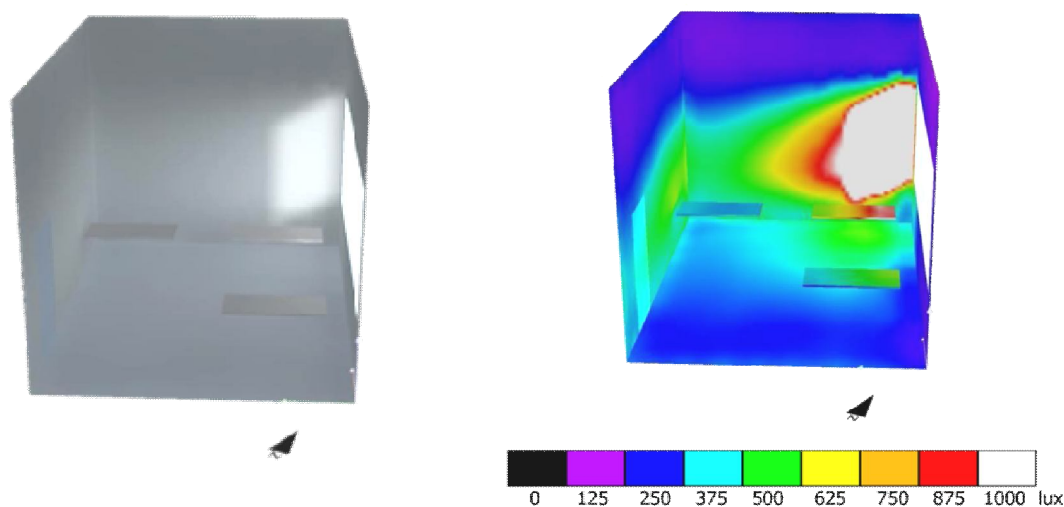


Figura 243 Simulazione caso A "solo finestra" ore 10:00 in inverno cielo sereno; Em = 442 lux

Il primo caso propone la tipologia al netto del sistema di frangisole mentre il secondo comprende l'utilizzo dei frangisole verticali. La riduzione di luce entrante nel locale è il primo effetto riscontrabile. Va chiaramente detto che la riduzione di illuminamento in inverno può essere un giusto prezzo da pagare in cambio di un comportamento più efficace in estate.

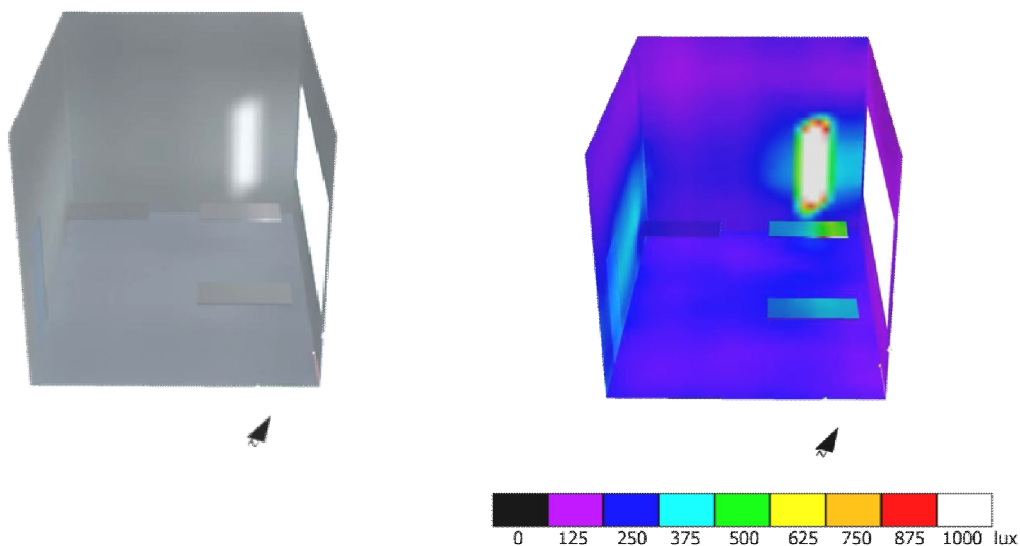


Figura 244 Simulazione caso B "frangisole" ore 10:00 in inverno cielo sereno; Em = 274 lux

Si fa notare che il frangisole verticale non funziona solamente da schermatura ma riesce a riflettere la luce in modo da portarla all'interno della stanza simulando quindi la situazione in figura 5.43 e riportando i valori d'illuminamento interni su standard ottimali.

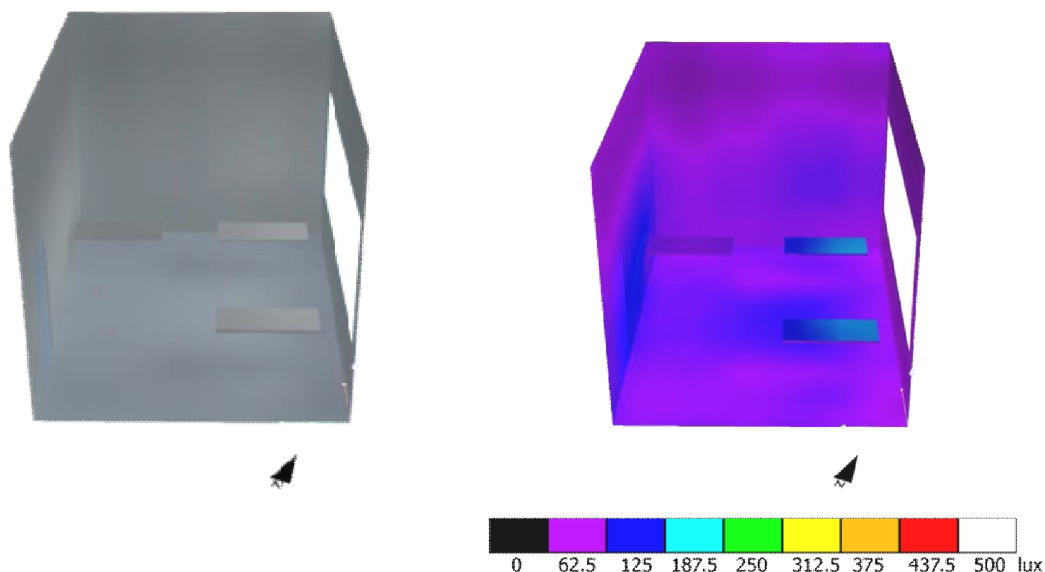


Figura 245 Simulazione caso “frangisole” ore 10:00 in inverno cielo parz. coperto; Em = 243 lux

Diverso è l'andamento in condizione parzialmente coperto che necessita di una illuminazione artificiale.

Visti chiaramente i valori su cui si sta ragionando non sembra il caso di inserire una tenda interna e rilevarne l'effetto in periodo invernale. Il caso di maggiore intensità del sole risulta la condizione a cielo sereno ma i valori di illuminamento medio sono abbondantemente sotto controllo. Al pomeriggio il sole non rappresenta una minaccia per via di una condizione indiretta della luce che incide il fronte. A tal proposito si riporta la simulazione delle ore 15:00.

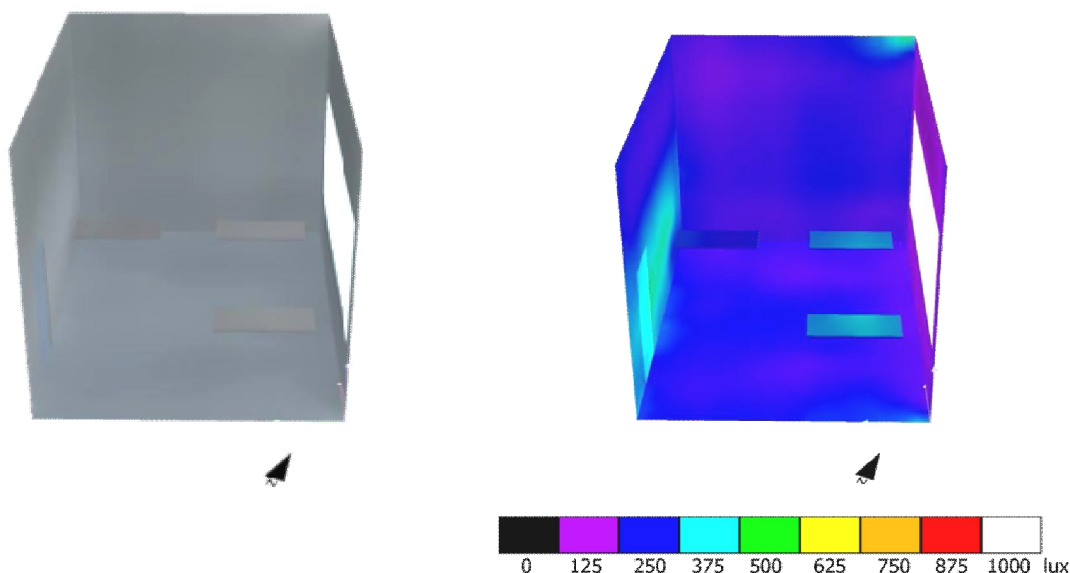


Figura 246 Simulazione caso “frangisole” ore 15:00 in inverno cielo sereno; Em = 263 lux

Caso estivo: 21 Giugno

- ore 9:00

Tabella 111 Simulazione estiva mattutina

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
9914	6612	3973	2207	1408	-	695	435	-	6,47	4,05	3,87

- ore 12:00/13:00

Tabella 112 Simulazione estiva a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
2143	1859	-	1969	1205	-	1173	734	-	6,47	4,05	-

- ore 15:00

Tabella 113 Simulazione estiva pomeridiana

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
1142	888	-	1188	782	-	1171	733	-	6,47	4,05	-

Il periodo più critico è senza dubbio la fascia oraria mattutina durante la quale il sole raggiunge picchi di illuminamento di quasi 10000 lux che poi riducono drasticamente in situazione di luce indiretta già dal mezzogiorno.

L'inserimento della schermatura regola le condizioni mattutine su valori più gestibili e livella in periodo pomeridiano l'illuminamento medio.

La casistica a pale ruotate di 20° in direzione del sole risulta la più conveniente in tale senso.

In condizioni di cielo coperto o parzialmente coperto la situazione risulta calmierata e il comportamento è costante per tutto il giorno.

I livelli di illuminamento, fissato il limite minimo sui 500 lux, risultano più che accettabili.

Si presenta successivamente il comportamento del locale nella fascia oraria delle 9:00 in quanto il sole ha già un'altezza tale da richiedere il funzionamento del frangisole come sottolineato pocanzi.

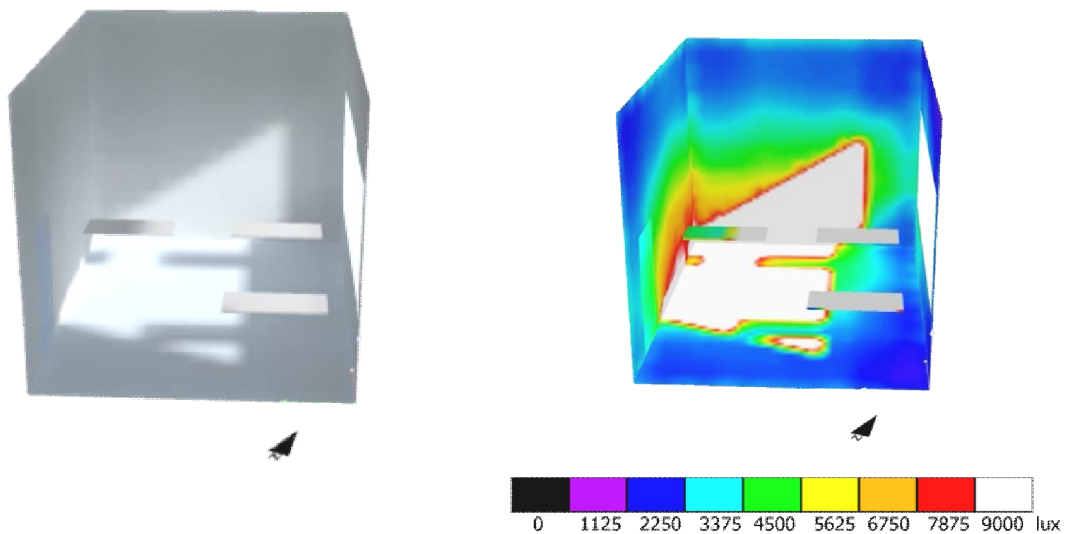


Figura 247 Simulazione caso A "solo finestra" ore 9:00 in estate cielo sereno; Em = 9914 lux

Evidente risulta essere l'effetto di filtro ai raggi solari che la schermatura opera ai fini dell'illuminamento generale. L'abbattimento è nell'ordine dei 6000 lux ed è maggiormente visibile in condizioni di cielo sereno.

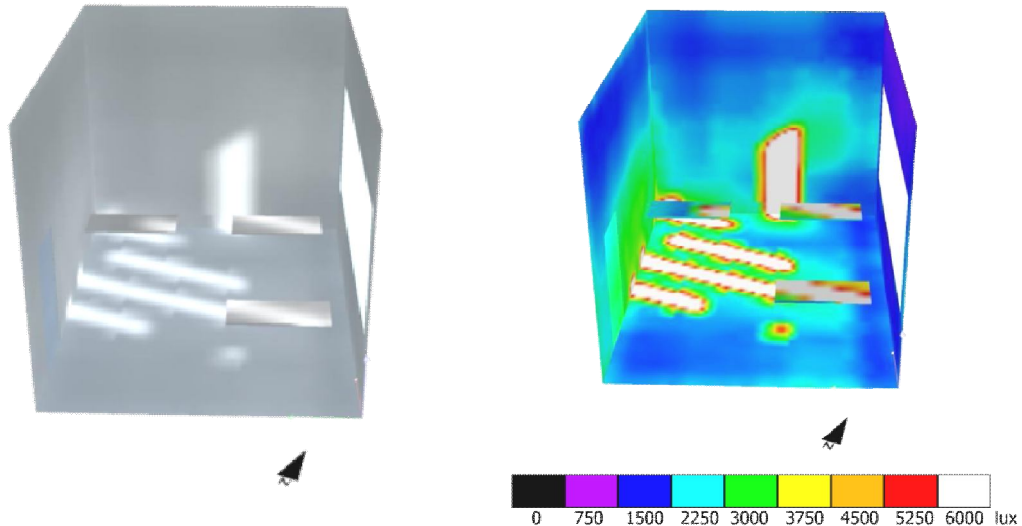


Figura 248 Simulazione caso C "frangisole" ore 9:00 in estate cielo sereno; Em = 3973 lux

La condizione di cielo parzialmente coperto lenisce l'effetto schermante che risulta essere comunque presente e gioca a favore della vivibilità interna riducendo l'illuminamento interno di circa 1000 lux. Le pale in questo caso si trovano orientate perpendicolarmente la facciata.

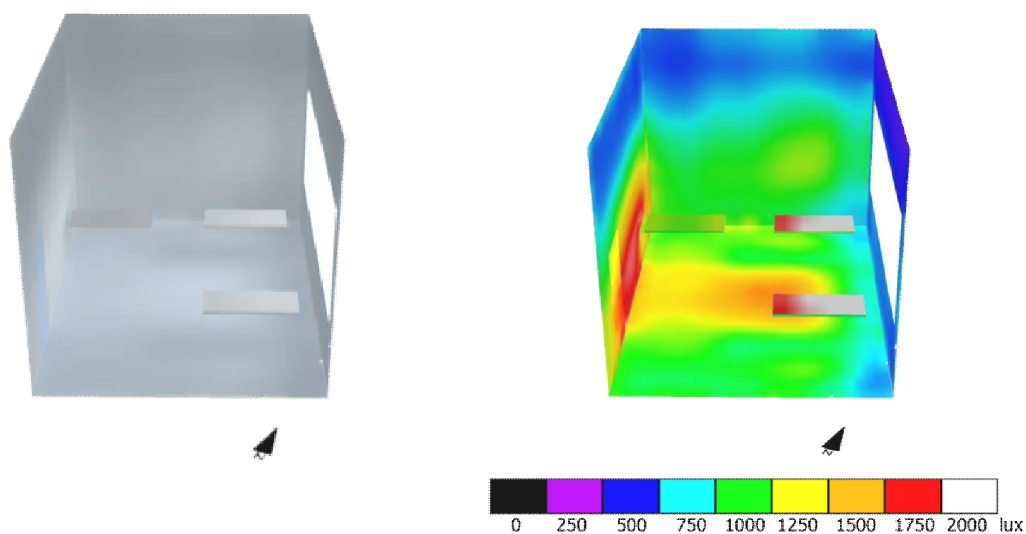


Figura 249 Simulazione caso B “frangisole” ore 9:00 in estate cielo parz. coperto; $E_m = 1408$ lux

La tenda viene utilizzata per regolare in regime estivo il flusso luminoso entrante in eccesso abbattendolo di ulteriori 2000 lux rispetto la situazione precedentemente visualizzata (cielo sereno).

La tenda in esame presenta sempre le stesse caratteristiche del tessuto legate alla trasmissione luminosa, coefficiente pari a 0.16 e riflessione luminosa pari a 0.39. in tale situazione si sfrutta anche l'orientamento delle pale in configurazione C.

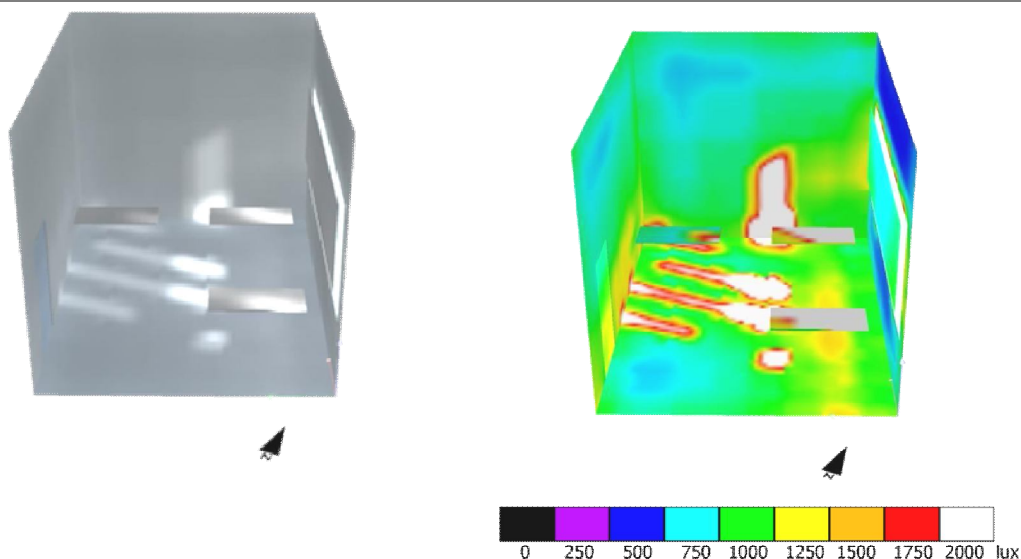


Figura 250 Simulazione effetto schermante tenda ore 9:00 in estate cielo sereno; $E_m = 1790$ lux

Caso primaverile/autunnale: 21 Settembre

- ore 9:00

Tabella 114 Simulazione autunnale mattutino

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
2909	1316	-	570	355	-	339	212	-	6,47	4,05	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 115 Simulazione autunnale a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
1092	818		1622	1000	-	840	526	-	6,47	4,05	-

- ore 15:00

Tabella 116 Simulazione autunnale pomeridiana

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
1049	808	-	1068	696	-	818	512	-	6,47	4,05	-

Anche per il fronte Est i comportamenti nei periodi miti rassomigliano particolarmente. I valori riscontrati rassicurano sulla bontà della situazione. I livelli di illuminamento iniziali al netto del sistema schermante non sembrano particolarmente elevati e già attraverso l'introduzione delle pale ruotate perpendicolarmente alla facciata si raggiungono livelli accettabili di illuminazione media interna.

Anche in questo caso le ore 17: non vengono riportate perché non sono la problematica principale del fronte Est ma bensì di quello Ovest.

La lettura ci permette di descrivere un comportamento ottimale della schermatura come sappiamo agevolato anche dall'orientamento che vede il sole fornire luce indirettamente già dal momento di zenit in avanti.

Ciò rappresenta una ulteriore spiegazione sul perché le condizioni di cielo non influenzino più di tanto i livelli di illuminamento interno a mezzogiorno e nel pomeriggio.

Caso primaverile/autunnale: 21 Marzo

- ore 9:00

Tabella 117 Simulazione primaverile mattutino

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
4160	1378	-	961	589	-	469	294	-	6,47	4,05	-

- ore 12:00/13:00

Tabella 118 Simulazione primaverile a mezzogiorno

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
1046	785	-	1318	839	-	855	535	-	6,47	4,05	-

- ore 15:00

Tabella 119 Simulazione primaverile pomeridiana

cielo sereno			cielo parzialmente coperto			cielo coperto			FLD		
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	lux	%	%	%
1010	783	-	869	570	-	724	453	-	6,47	4,05	-

Il momento peggiore risulta sempre quello mattutino con il picco maggiore di illuminamento al netto della schermatura. Con essa applicata il comportamento ritorna su livelli ottimali.

L'effetto schermante mattutino è di circa 3000 lux in condizioni di cielo sereno e va a diminuire sui 400 lux in regime parzialmente coperto.

Oltrepassato lo zenit l'effetto riscontrabile si attesta su un range di 300-500 lux a prescindere dalla condizione di cielo sereno o parzialmente coperto.

Si prende successivamente ad esempio la fascia oraria mattutina del mese di Settembre.

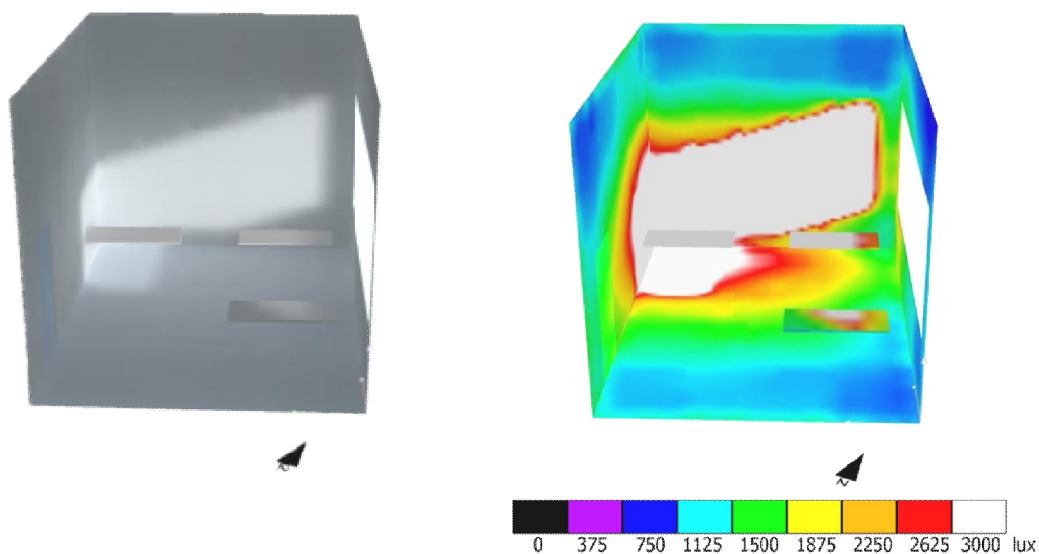


Figura 251 Simulazione caso A "solo finestra" ore 9:00 in autunno cielo sereno; Em = 2909 lux

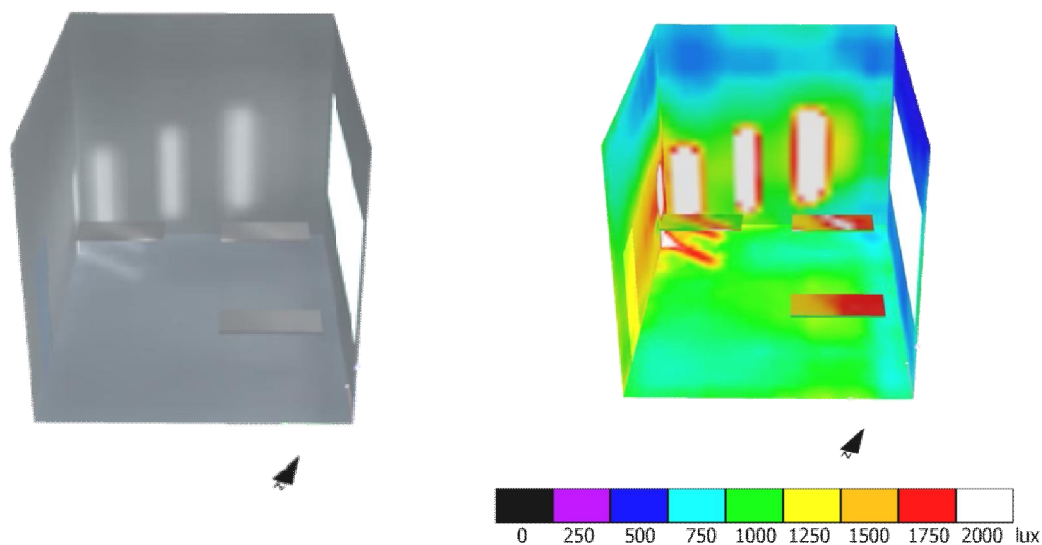


Figura 252 Simulazione caso B "frangisole" ore 9:00 in autunno cielo sereno; Em = 1316

La radiazione entrante non schermata viene abbattuta di 1000 lux circa in presenza dei frangisole disposti perpendicolarmente alla facciata.

Ciò permette di abbattere l'illuminamento verso livelli ottimali. Nelle immagini si vede come la distribuzione della luce internamente diventi meno invasiva per l'utenza rispetto al caso senza schermatura. Chiaramente si sta analizzando la condizione meteorologica di cielo sereno.

In caso di cielo parzialmente coperto la luce interna cala in periodo mattutino per poi aumentare nel corso della giornata per aumento delle condizioni generali di luce esterna. Si fa notare come in questo caso la scelta della

simulazione con pale perpendicolari non paghi in termini d'illuminamento interno e il caso C sembra chiaramente inutile; la mobilità del sistema schermante dovrà provvedere regolandosi in tale situazione con le pale ruotate non in opposizione al sole ma in modo da favorirne l'ingresso. È il sistema dunque che riesce a leggere le situazioni esterne e regolare le condizioni interne.

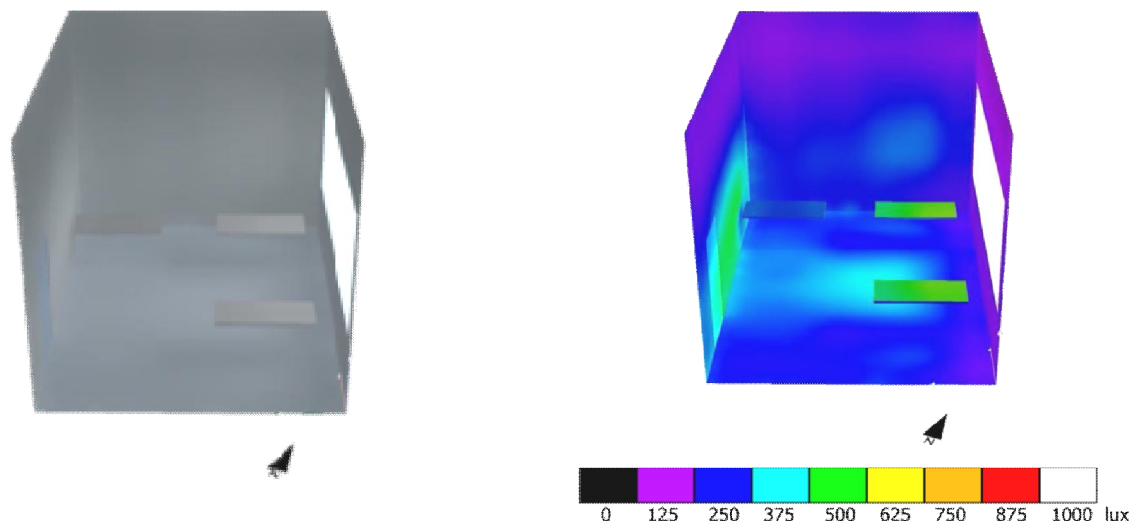


Figura 253 Simulazione caso B “frangisole” ore 9:00 in autunno cielo parz. coperto; $E_m = 355$ lux

Di seguito si riporta il caso pomeridiano in situazione di cielo sereno con schermatura applicata. La situazione migliora nuovamente.

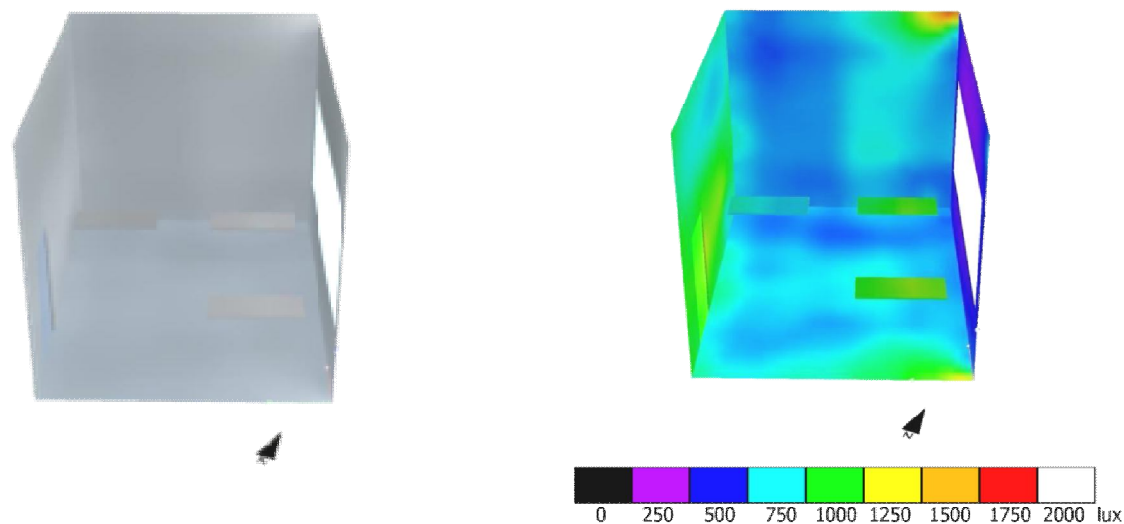


Figura 254 Simulazione caso B “frangisole” ore 15:00 in autunno cielo sereno; $E_m = 808$ lux

Come preannunciato l'illuminazione interna rimane su buoni livelli coadiuvata dal fatto che la luce incide la facciata in modo indiretto. In questo modo il sistema schermante filtra i raggi solari in modo da ottenere livelli ottimali di illuminamento.

5.2.4 Aule interne edificio: Aula disegno tecnico

Le aule adibite al disegno tecnico sono quelle con maggiore richiesta di illuminamento per via della mansione svolta al loro interno. La posizione all'interno della pianta riflette in un qual modo la volontà di mantenere centrale l'attività svolta al loro interno. La soluzione tecnica più adeguata sembra essere la captazione di luce dall'alto della sala; per mezzo di grandi lucernari sul soffitto e orientati a nord in modo da captare una luce "fredda" che generi meno ombre e riflessioni interne che possano creare situazioni di disagio.

Tali stanze vengono verificate come sempre nei parametri di illuminamento medio e di fattore di luce diurna medio. I dati che si propongono riguardano i vari periodi stagionali, al mezzodì dei giorni indicati.

Il locale preso ad esempio è il più grande delle tre zone adibite a tale funzione e pertanto rappresenta la condizione peggiore da verificare. La forma di tale stanza è irregolare e presenta le seguenti dimensioni di larghezza 13,10m, altezza di 4,4m e profondità variabile da 15,52 a 17.71m. I coefficienti interni di riflessione sono sempre i medesimi fin qui indicati: pavimento 0.65; soffitto e pareti di 0.7. le superfici vetrate presentano un coeff. di trasmissione luminosa di 0.76 e sono dislocate sul soffitto del locale e in affaccio sul corridoio a sud che separa l'aula dal pozzo di luce sopra la mensa.

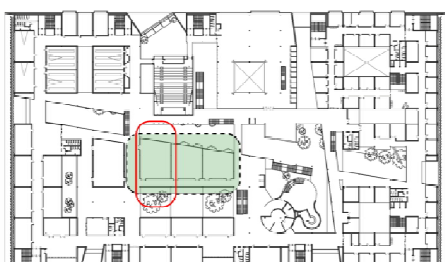
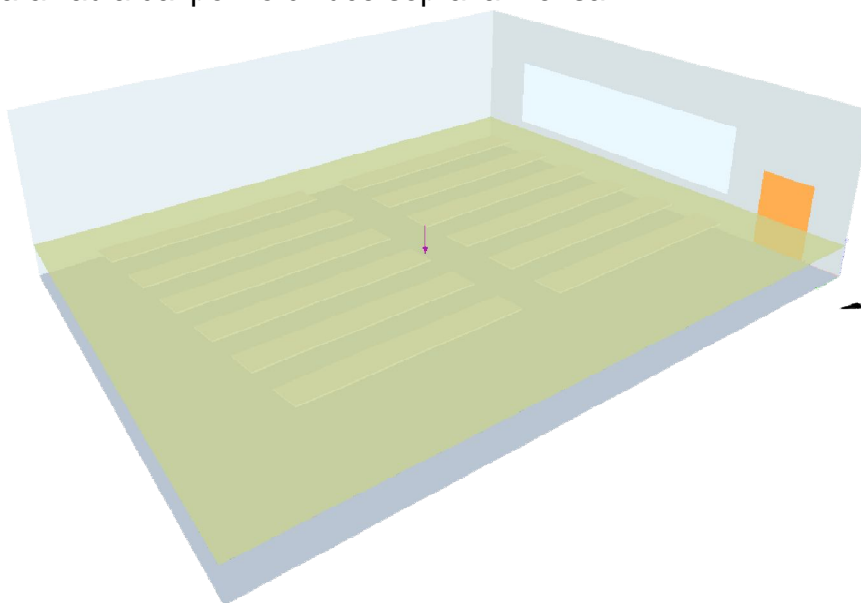


Figura 255 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup. A colore viola

Figura 256 posizione della stanza all'interno dell'edificio: area centrale piano 2°

Le superfici vetrate sono rispettivamente di 2m circa per 8m per la finestra semplice e di 1,45m per 10m circa per la finestra dei

lucernari posta su una strombatura interna che allarga fino a 4,78m per 10m. I lucernari come già annunciato sono indirizzati verso il nord e bucano la scocca di rivestimento portando la luce 2 metri sotto. Internamente viene proposta una dislocazione di arredo minimo riguardante le file dei banchi da disegno; essi hanno un coeff. di riflessione pari a 0.75.

Il piano di lettura dei valori illuminotecnici viene posto a 0.85m di altezza dal pavimento e copre tutta la superficie utile del locale.

Il calcolo del FLD prende atto che la captazione dall'alto risulta piuttosto efficace per tale aula dando anche un buon livello di distribuzione della luce.

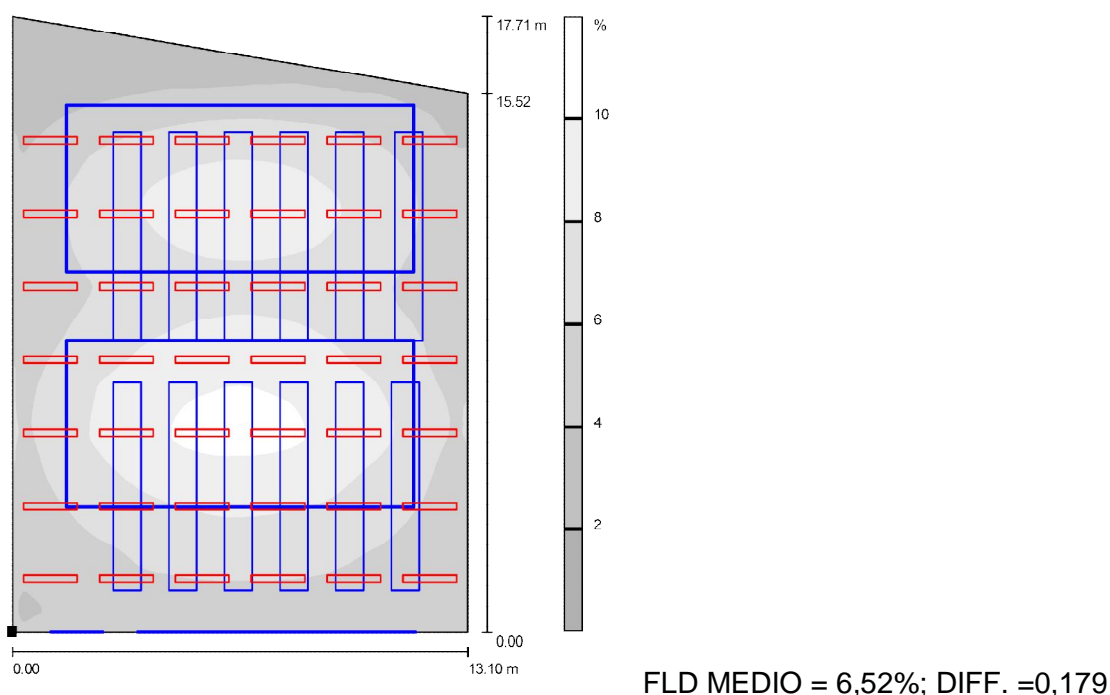


Figura 257 Simulazione FLD invernale cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A)

Avendo posizionato dei lucernari molto grandi a bucare il soffitto si è ipotizzata nella simulazione anche una presenza di apparecchi illuminanti. Le possibili installazioni di tali apparecchi sono tra le più varie; quella che propone apparecchi in sospensione a circa 3m di altezza che corrono davanti alle aperture nel soffitto sembra essere la più invasiva. In questo caso sembra evidente che la loro posizione sia intermedia al passaggio della luce e da conteggiare nella simulazione illuminotecnica. Dai risultati qui raccolti risulta chiaro come la loro presenza sia ininfluente ai fini del conteggio in quanto la stanza capta luce da finestre disposte verso nord; la luce ha perciò una forte componente indiretta e diffusa che tende ad avvolgere l'ostacolo (lampada) che incontra nel suo cammino. Avremo medesimi riscontri anche nelle prove di illuminamento.

A fronte di un più che buono valore di FLD si è deciso di verificare la stanza nel momento di massima altitudine del sole per ogni giorno fin qui considerato e in ciascuna condizione meteorologica.

Caso invernale: 21 Dicembre

- ore 12:00/13:00

Tabella 120 Simulazione invernale a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
369	281	364	6,52

Si fa notare che le simulazioni riguardano l'aula più grande e dispersiva adibita a funzione disegno quella cioè più sfavorevole. L'andamento invernale si attesta su livelli di illuminamento medio sufficienti ma non si può non far notare come i piani di lavoro abbiano un illuminamento di 400-500lux.

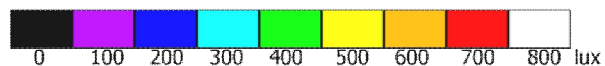
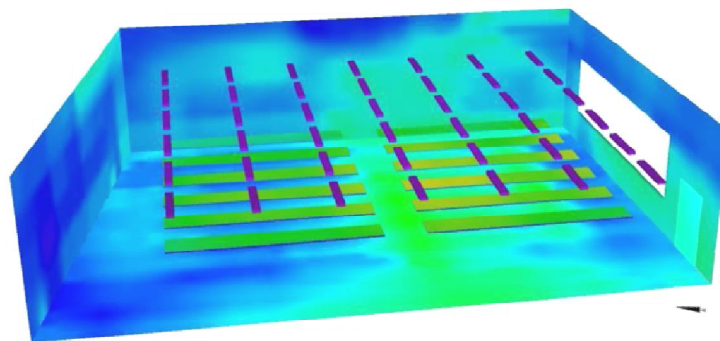
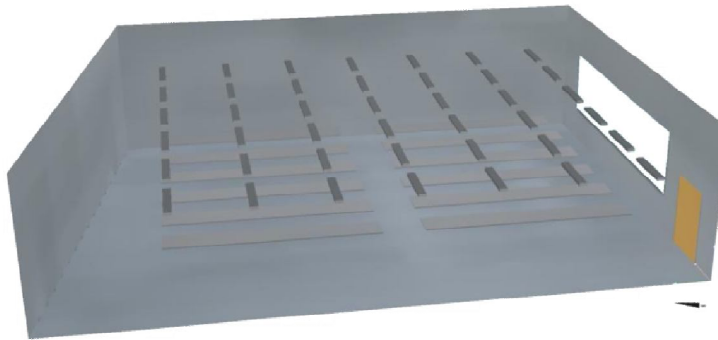


Figura 258 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 369 lux

In condizioni di cielo parzialmente coperto la situazione peggiora rendendo utile un piccolo contributo da luce artificiale. Si ricorda il principio secondo il quale una compensazione tra condizione invernale ed estiva ripaghi al meglio la progettazione all'interno di simulazioni su base annua.

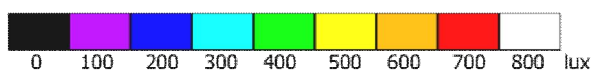
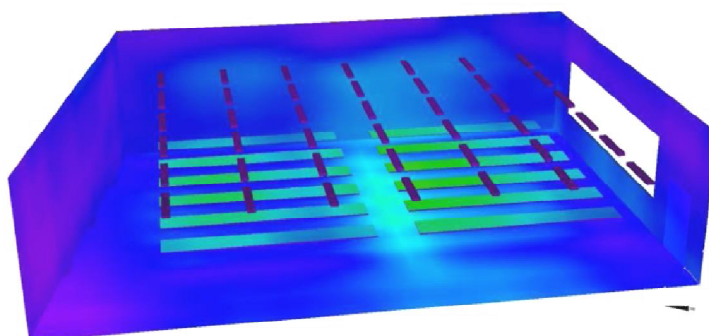
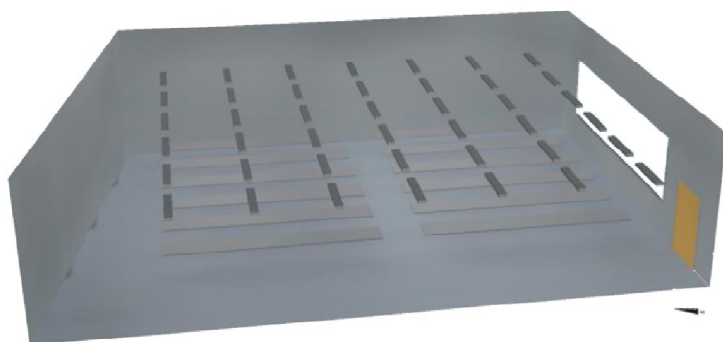


Figura 259 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo parzialmente coperto; $E_m = 281$ lux

Caso estivo: 21 Giugno

- ore 12:00/13:00

Tabella 121 Simulazione estiva a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
1100	1251	1182	6,52

Come chiarito pocanzi la progettazione illuminotecnica estiva appaga in pieno la situazione invernale attraverso livelli di illuminamento di tutto rispetto che tendono chiaramente a confortare l'utente dal punto di vista dei consumi interni elettrici.

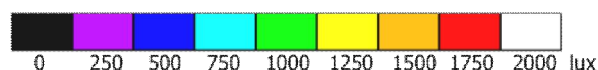
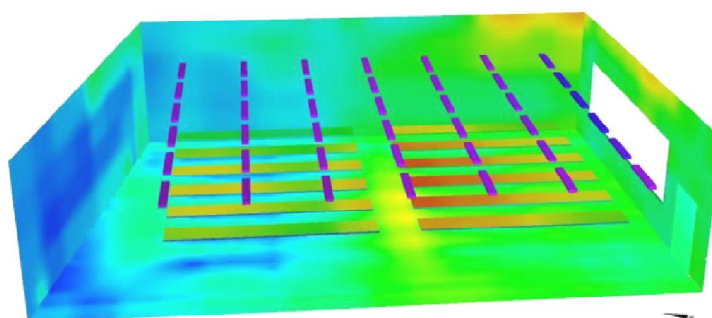
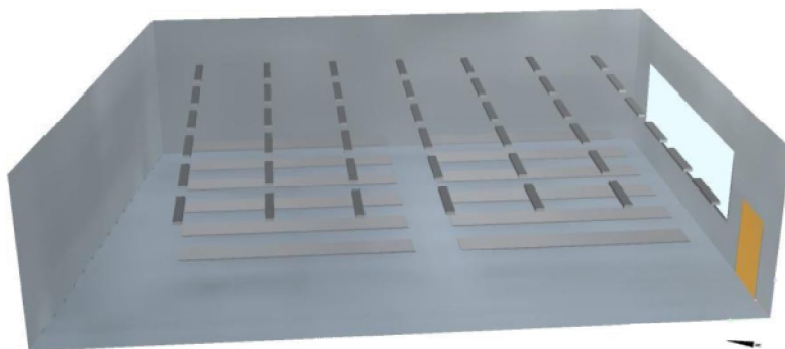


Figura 260 Simulazione ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 1100 lux

Come è facile notare la scelta di direzionare a nord i lucernari crea una omogeneità di comportamento in entrambe le condizioni di cielo sereno e parzialmente coperto riportata successivamente.

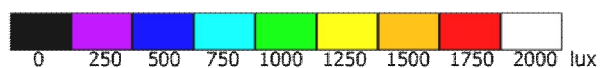
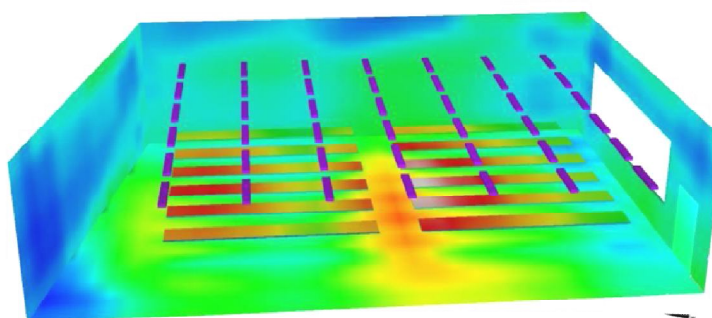
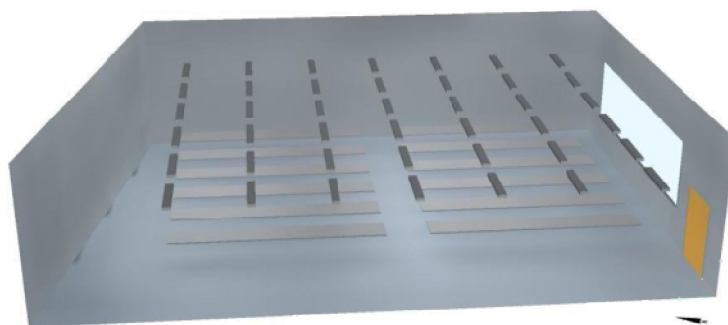


Figura 261 Simulazione ore 12:30 in estate cielo parz. coperto; Em = 1251 lux

La diffusione interna della luce ha livelli ottimali e permette di non creare scompensi tra la zona di lavoro e quella che la circonda.

I livelli raggiunti nella simulazione estiva verranno riconfermati nelle simulazioni nei periodi miti riportate successivamente.

Caso primaverile/autunnale: 21 Marzo

- ore 12:00/13:00

Tabella 122 Simulazione primaverile a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
853	1020	861	6,52

I mesi miti confermano la situazione illuminotecnica della stanza vista fino a qui; malgrado restituisca valori in difetto di 200 lux circa rimane su buoni livelli e al di sopra delle richieste da normativa che ricordiamo essere di 750 lux. Di seguito si riporta il caso con cielo sereno e quello parzialmente coperto.

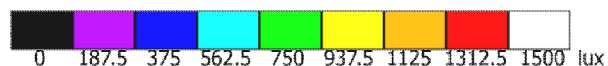
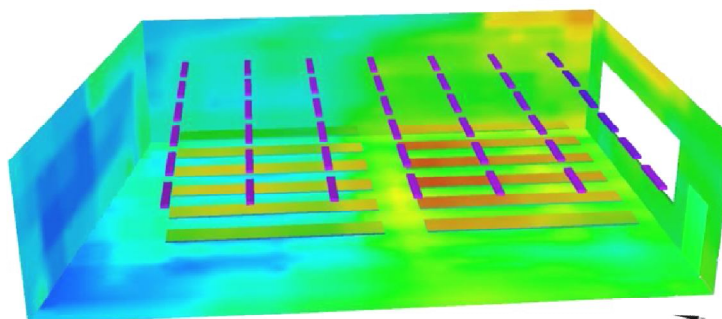
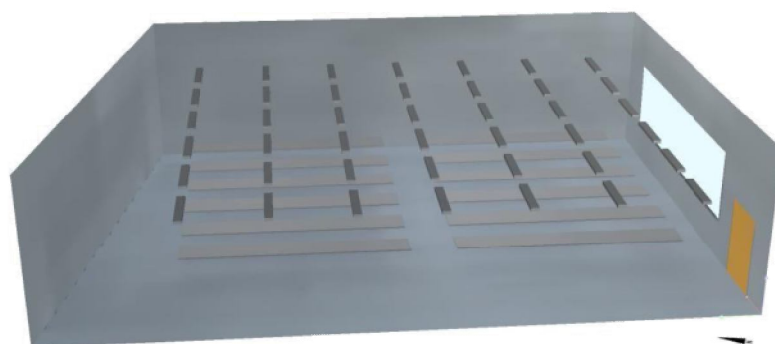


Figura 262 Simulazione ore 13:00 in primavera cielo sereno; Em = 853 lux

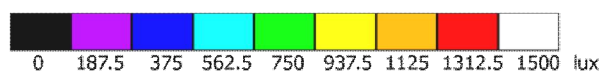
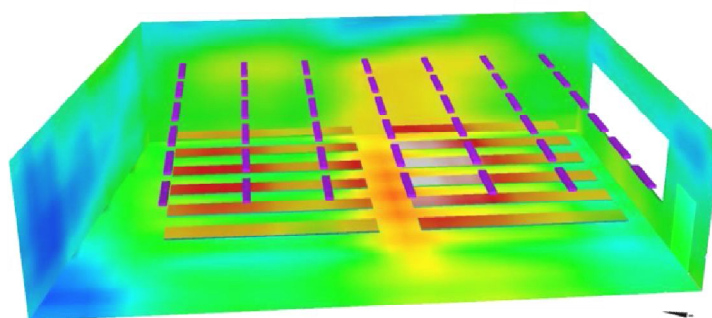
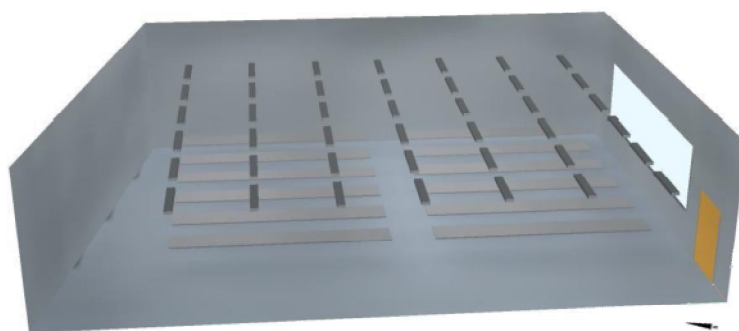


Figura 263 Simulazione ore13:00 in primavera cielo coperto; Em = 1020 lux

Anche in questo caso il comportamento segue il trend visto nelle simulazioni precedenti.

Caso primaverile/autunnale: 21 Settembre

- ore 12:00/13:00

Tabella 123 Simulazione autunnale a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
814	955	847	6,52

Il periodo autunnale si comporta in modo del tutto analogo a quello primaverile riportato in precedenza.

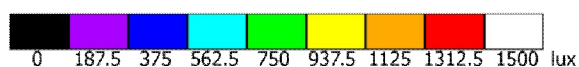
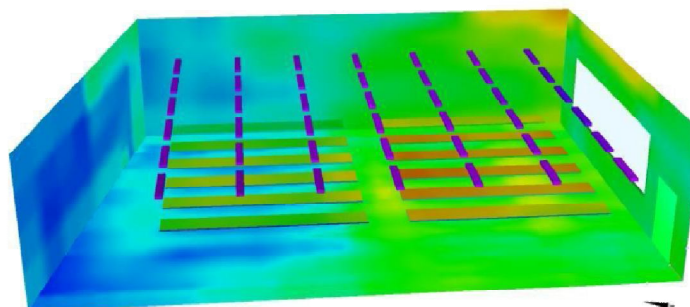
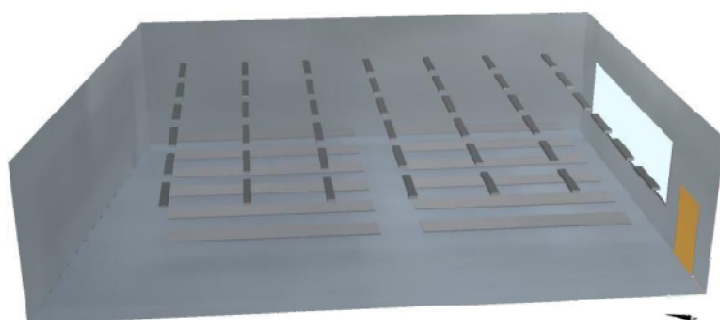


Figura 264 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 814 lux

Sia che si riporti il caso a cielo sereno o quello parzialmente coperto i livelli d'illuminamento sono sempre più che ragionevoli e al di sopra delle richieste.

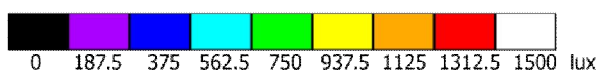
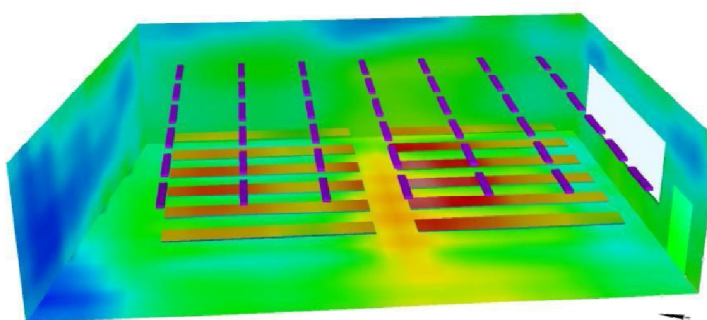
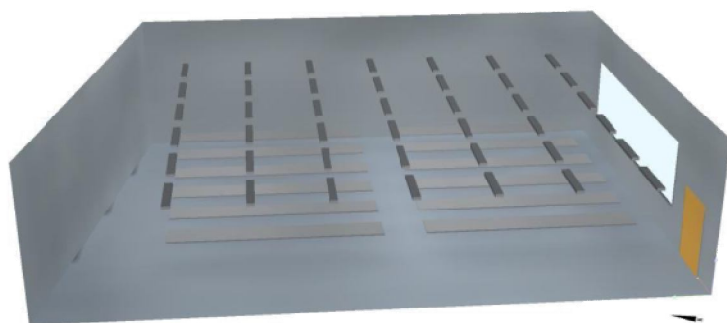


Figura 265 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 955 lux

Si fa notare che la modellizzazione del locale utilizzata in tutte le prove non considera la possibile apertura del locale verso la street interna all'edificio lasciando tale decisione a seguito di pure considerazioni di carattere formalista-compositivo. Questo è possibile in quanto una eventuale introduzione di tale finestratura tende a migliorare ulteriormente la situazione vista in tutte le simulazioni.

5.2.5 Aule interne edificio: Aula plastici e lavori manuali

Nel caso che andiamo a considerare le esigenze illuminotecniche si scontrano con la centralità della funzione che si esercita in tali aule. Il lavoro manuale viene visto come momento di confronto tra alunni in quanto espresso come lavoro di gruppo. Ancora una volta la centralità e la visibilità di tale esercizio all'interno dell'edificio nei confronti degli altri utenti è fondamentale. Ci troviamo pertanto al piano intermedio dell'edificio e le aule qui poste in posizione non perimetrale catturano la luce attraverso l'affaccio o la semplice vicinanza ai pozzi di luce dislocati per buona parte dell'edificio.

Il locale preso ad esempio è il più grande delle tre zone adibite a tale funzione e pertanto rappresenta la condizione peggiore da verificare. Esso si affaccia sulla street centrale a nord e sul pozzo di luce sopra la mensa a sud. La forma di tale stanza è irregolare e ricalca quella vista precedentemente essendo nella stessa posizione ma al piano inferiore. Essa presenta le seguenti dimensioni di larghezza 13,10m, altezza di 4,4m e profondità variabile da 15.52m a 17.71m. I coefficienti interni di riflessione sono sempre i soliti fin qui indicati: pavimento 0.65; soffitto e pareti di 0.7.

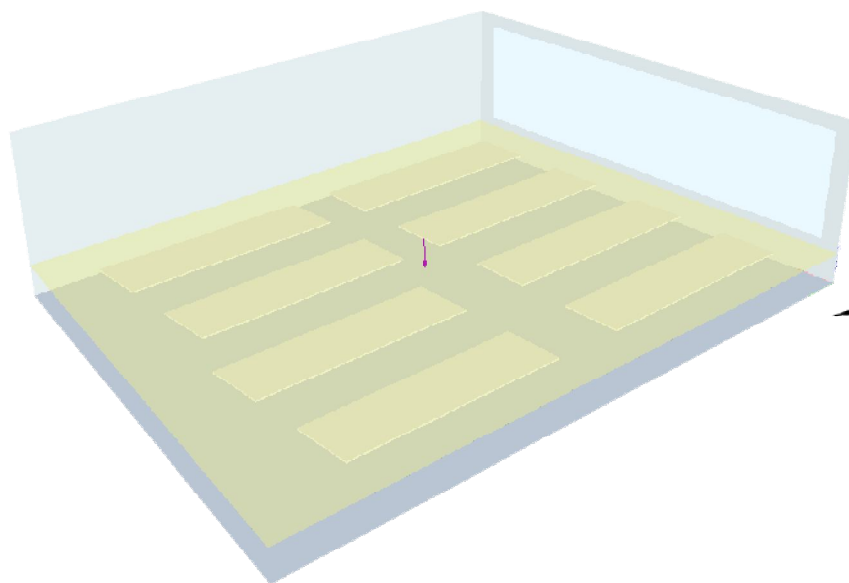


Figura 266 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup. A colore viola

Figura 267 posizione della stanza all'interno dell'edificio: area centrale piano 1°



Le superfici vetrate presentano un coeff. di trasmissione luminosa di 0.76 e sono dislocate su fronti opposti in direzione nord-sud. Le loro superfici sono rispettivamente di 4m per 12m per la finestra a sud e di 2.9 per 12m per la finestra lungo la street. Internamente viene proposta una dislocazione di arredo minimo riguardante i banchi da lavoro; essi hanno un coeff. di riflessione pari a 0.75. Il piano di lettura dei valori illuminotecnici viene posto a 0.85m di altezza dal pavimento e copre tutta la superficie utile.

Le verifiche illuminotecniche sono state eseguite per mezzo del programma di calcolo DIALux.

Di seguito si riporta la simulazione svolta:

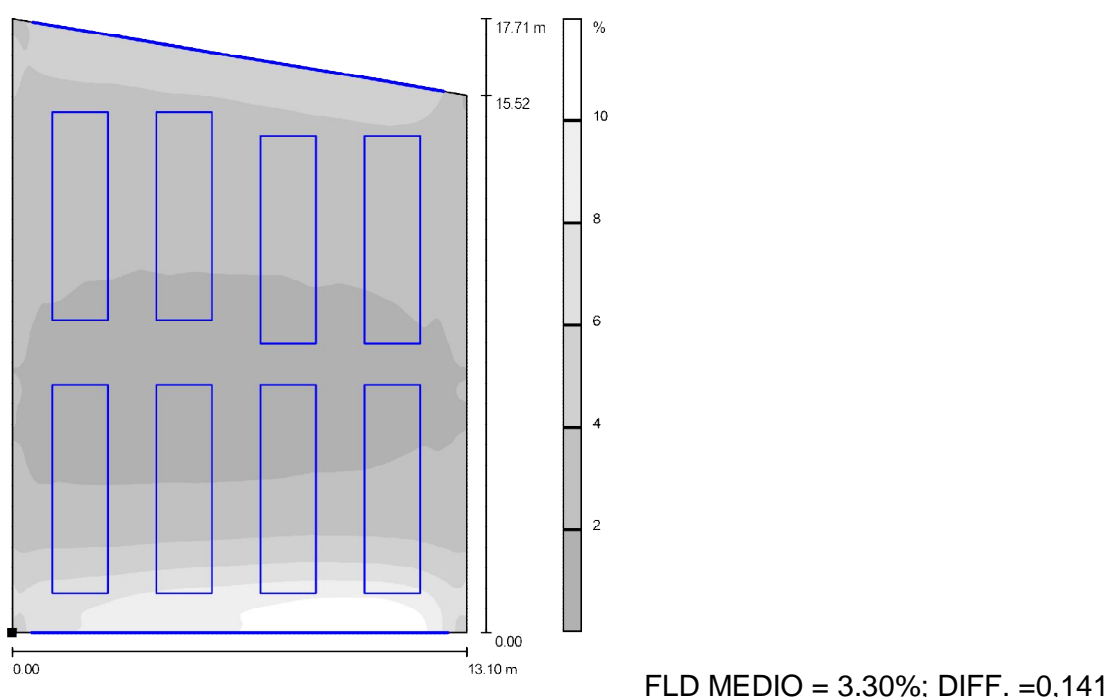


Figura 268 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile completa

Il valore di FLD rilevato soddisfa i requisiti della stanza che richiedeva un valore maggiore o uguale a 3 mentre il “valore di diffusione” raggiunge il valore di 0.141 molto prossimo a 0.16.

La stanza risulta pertanto verificata nel parametro di fattore di luce diurna, ciò permette di passare alla valutazione degli illuminamenti interni. In questo caso il livello di illuminamento medio da rispettare ritorna ad essere 500 lux.

Caso invernale: 21 Dicembre

- ore 12:00/13:00

Tabella 124 Simulazione invernale a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
324	204	184	3,30

Di seguito si riporta il caso con cielo sereno e quello parzialmente coperto.

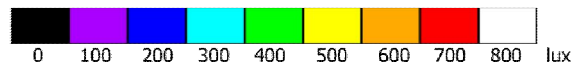
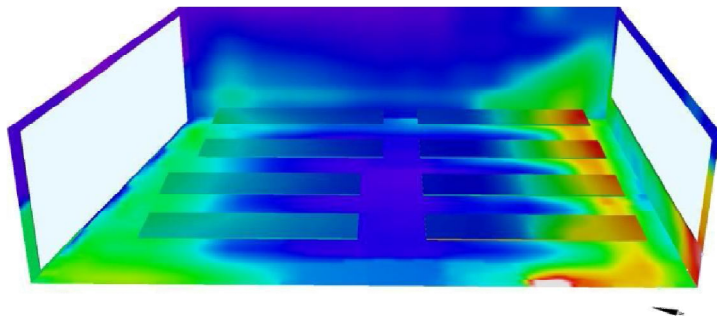


Figura 269 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 324 lux

Sembra chiaro come la finestra verso il pozzo di luce capti maggiore luce diretta o riflessa in quanto orientata verso il sud. La superficie vetrata a nord a il compito di mitigare lo sconpenso d'illuminazione che verrebbe a crearsi. Chiaramente in periodo invernale la situazione interna dei livelli di illuminamento può solo essere migliorata leggermente al fine di avere un miglioramento nella gestione dei consumi.

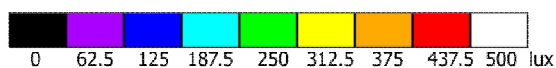
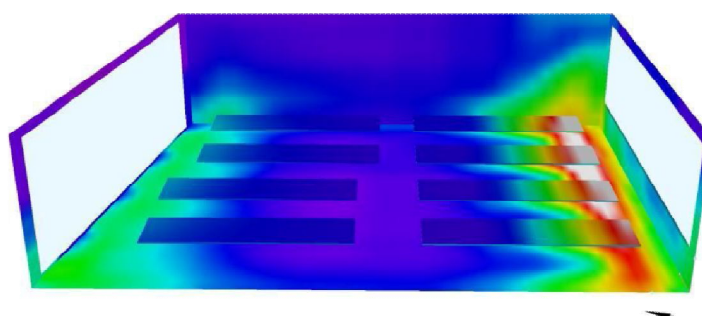


Figura 270 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo parz. coperto; Em = 204 lux

Il comportamento in condizione di cielo parzialmente coperto segue il trend già tracciato ma con valori leggermente più bassi.
 Ricordando la compensazione inevitabile tra sistema in periodo estivo e invernale si passa alle simulazioni del 21 giugno.

Caso estivo: 21 Giugno

- ore 12:00/13:00

Tabella 125 Simulazione estiva a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
4589	1096	599	3,30

Di seguito si riporta il caso con cielo sereno e quello parzialmente coperto.

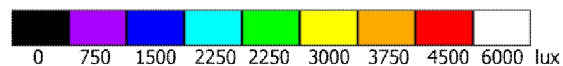
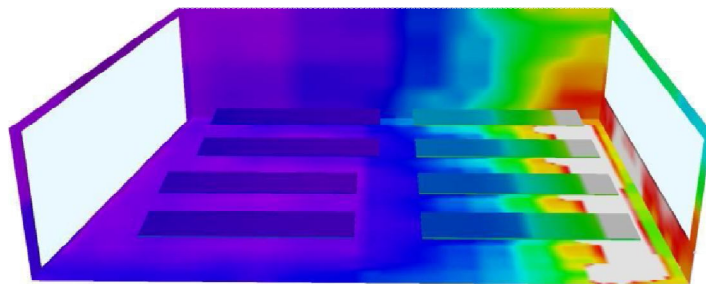


Figura 271 Simulazione ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 4589 lux

L'eccessiva illuminazione a mezzogiorno viene calmierata con l'ausilio di una tenda dalle caratteristiche ormai note. Il potere d'abbattimento luminoso si stima sui 3000 lux circa. In caso di cielo parzialmente coperto il comportamento interno del locale si conferma ottimale attestandosi su livelli ormai noti.

Nelle immagini successive non ci si faccia ingannare dal cambio di scala e quindi di colorazione; i valori legati ad essi sono più che ragionevoli.

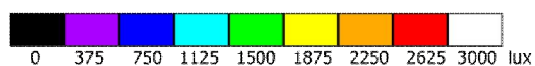
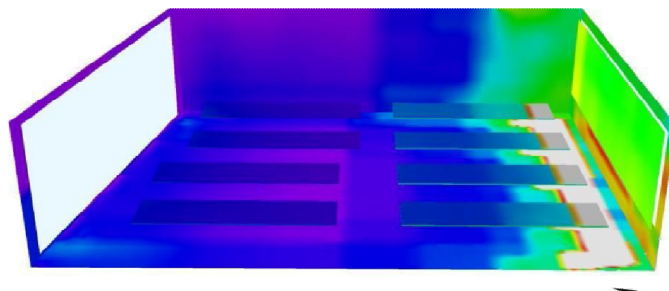


Figura 272 Simulazione effetto tenda ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 1276 lux

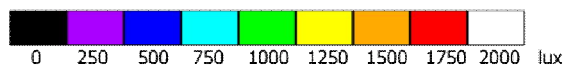
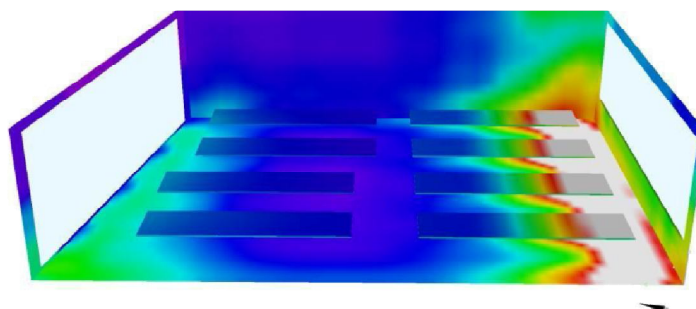
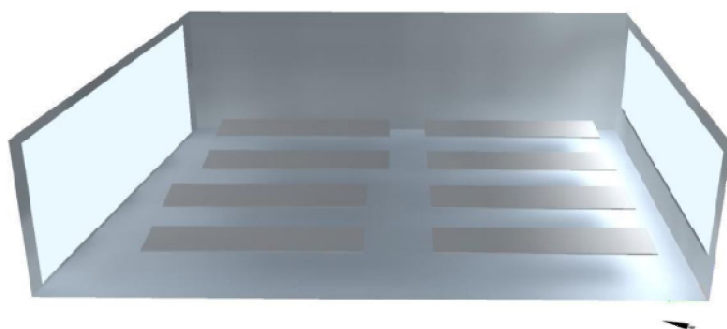


Figura 273 Simulazione ore 12:30 in estate cielo parz. coperto; Em = 1096 lux

Caso primaverile/autunnale: 21 Marzo

- ore 12:00/13:00

Tabella 126 Simulazione primaverile a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
3382	835	437	3,30

Il comportamento risulta essere pressoché analogo a quello estivo con l'eccezione di un calo dei livelli di illuminazione in termini quantitativi.

Di seguito si riporta il caso con cielo sereno e quello parzialmente coperto.

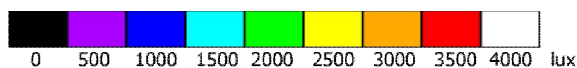
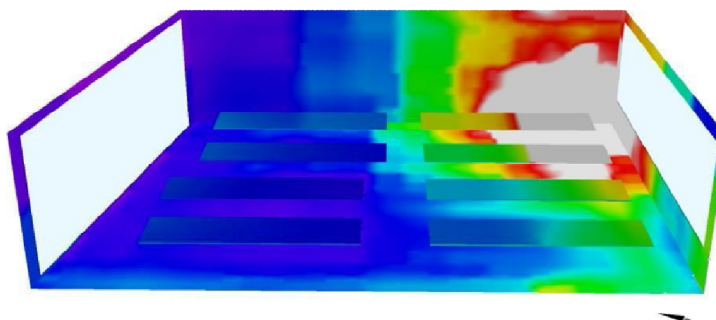
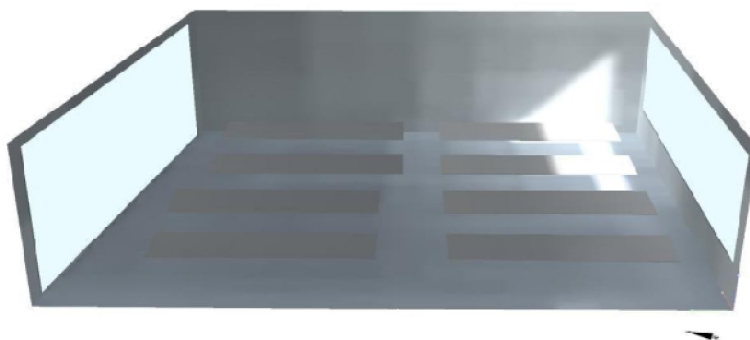


Figura 274 Simulazione ore 12:30 in primavera cielo sereno; Em = 3382 lux

La corrispondenza di comportamento permette di prevedere un buon esito nell'applicazione della tenda che renderà più ragionevole la gestione interna della luce e delle sue variazioni. Infatti da simulazione con la tenda è possibile che stimare in questo caso una possibile riduzione di 2000 lux circa sempre con cielo sereno.

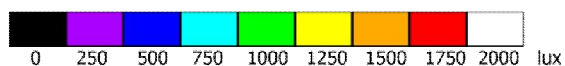
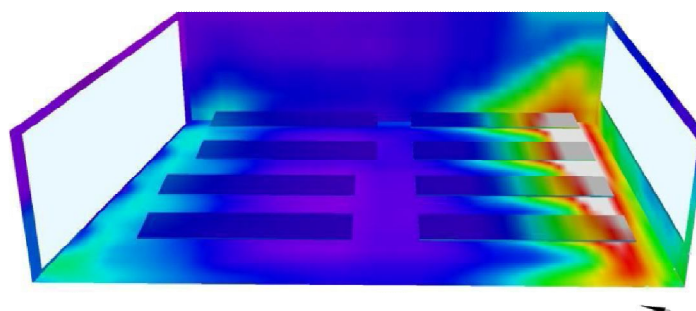
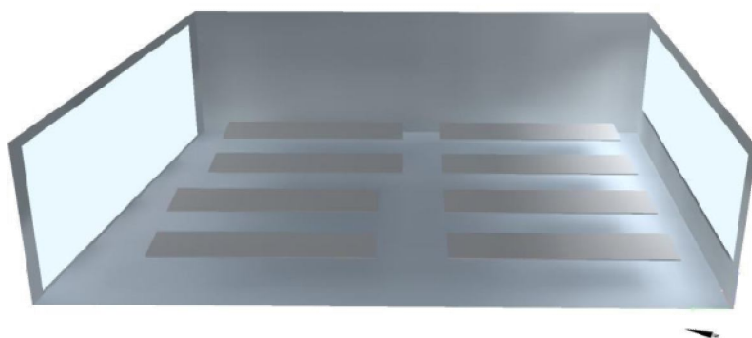


Figura 275 Simulazione ore 12:30 in primavera cielo parz. coperto; $E_m = 835$ lux

In caso di cielo parzialmente coperto la situazione interna del locale vede livelli interni di illuminamento al di sopra delle richieste.

Il cambio di scala non deve ingannare la corretta percezione delle immagini.

Caso primaverile/autunnale: 21 Settembre

- ore 12:00/13:00

Tabella 127 Simulazione autunnale a mezzogiorno

cielo sereno	cielo parzialmente coperto	cielo coperto	FLD
lux	lux	lux	%
3604	883	429	3,30

Di seguito si riporta il caso con cielo sereno e quello parzialmente coperto in periodo autunnale.

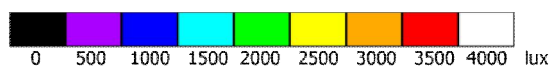
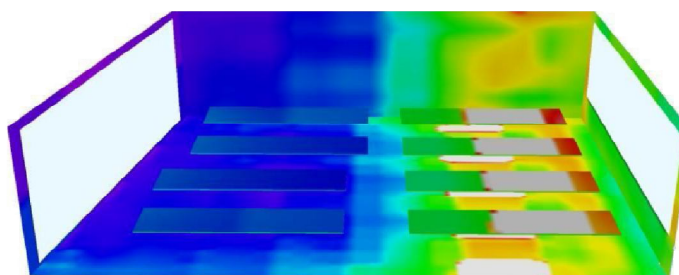


Figura 276 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 3604 lux

Il comportamento non ha nulla di diverso e sorprendente rispetto a quello primaverile. L'eccessiva illuminazione in condizioni di cielo sereno viene gestita con l'applicazione di un tendaggio che ne riduce i valori a circa 1000 lux di illuminamento medio.

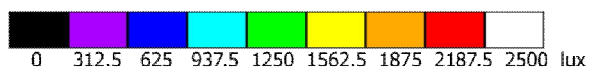
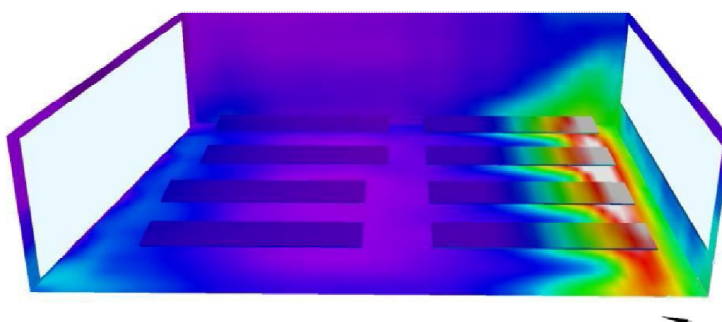
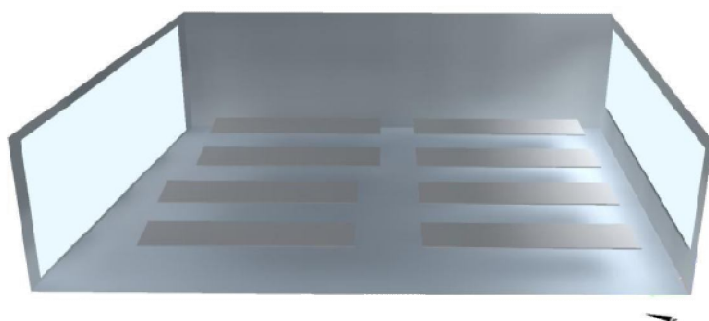


Figura 277 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo parz. coperto; Em = 883 lux

In caso di cielo parzialmente coperto la situazione interna del locale vede livelli interni di illuminamento al di sopra delle richieste.

Il cambio di scala non deve ingannare la corretta percezione delle immagini.

5.3 Luce Artificiale

L'analisi illuminotecnica fin qui svolta si arricchisce di ulteriori considerazioni sulla illuminazione artificiale: l'approfondimento si propone pertanto di capire la convenienza di utilizzo tra una tecnologia d'illuminazione tipica per la destinazione d'uso universitaria; lampade a fluorescenza e la tecnologia d'illuminazione emergente a LED.

5.3.1 Ecolampade fluorescenti o LED

Al fine di comprendere le due tecnologie scelte è bene qualche riflessione sul funzionamento di tali dispositivi e sulle scelte progettuali effettuate.

Lampade fluorescenti

Le lampade fluorescenti lineari appartengono alle lampade così dette a scarica in gas. Esse rappresentano una soluzione ormai standard nell'illuminazione degli interni. Le caratteristiche che guidano verso tale soluzione sono essenzialmente legate ad una buona durata di vita e ad una efficienza luminosa di buon livello.

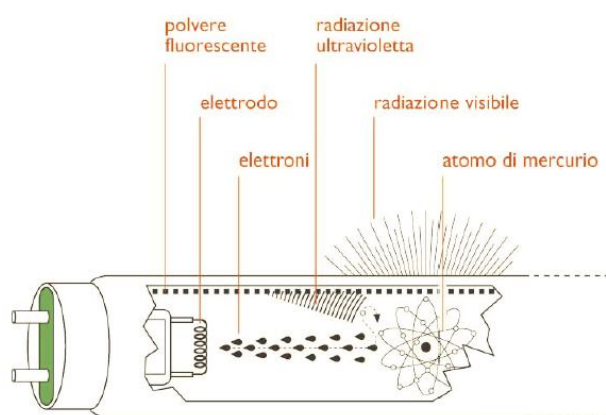


Figura 278 lampada fluorescente lineare; componentistica

composizione del sistema illuminante che regola la lampada; tale sistema si compone di:

- tubo di diametro standardizzato (16mm o 26mm) in vetro contenente ossidi che permettono di regolare la trasmissione luminosa. Le polveri fluorescenti che lo rivestono regolano le temperature di colore che la lampada può generare.
- elettrodi di accensione integrati alle estremità con gli attacchi standardizzati per gli apparecchi illuminanti di vario genere. Il loro compito è di "accendere" il gas interno alla lampada.

Il gas interno che è miscela di vapori di mercurio e gas inerte.

Il funzionamento prevede l'emissione di radiazioni ultraviolette generate dalla scarica tra gas ed elettrodi, che interagiscono con le polveri sul tubo ottenendo radiazioni nel campo del visibile. Questo fenomeno si manifesta con intensità crescente progressiva.

Una prima differenza con la tecnologia led è sicuramente dettata dai principi di funzionamento che regolano tale dispositivo. Come la pratica ci insegna l'accensione di lampade di questo genere non è mai immediata così come la resa definitiva dell'effetto illuminante si ha dopo qualche minuto dall'accensione. Questa

peculiarità è una prima avvisaglia della diversità di

Il sistema qui descritto ha raggiunto un'efficienza tale da permettere un'ulteriore innovazione nel campo generando una famiglia di lampade ecosostenibili che risultino rispettose delle più recenti normative in campo di risparmio energetico nella gestione delle lampade. Queste cosiddette lampade ECO-fluorescenti hanno alcuni punti di forza tra cui:

- riciclabilità delle componenti dopo la sostituzione;
- una maggiore vita media pari a 25000 ore (il doppio di quelle normali);
- una quantità interna di mercurio ridotta;
- risparmio energetico dettato da una maggiore efficienza luminosa in rapporto a potenze di utilizzo minori di quelle dei modelli antecedenti di pari resa.

Va fatto notare che a supporto di tale tecnologia vi è una componentistica aggiuntiva nel reattore di accensione (si terrà presente nei futuri conteggi di costo). Le caratteristiche precedentemente citate stanno alla base della concorrenzialità della tecnologia e quindi della loro valutazione all'interno del progetto.

LED

Il led rappresenta un sistema nuovo di generazione della luce. Nelle tecnologie precedenti la radiazione luminosa si genera per riscaldamento o combustione di elementi interni alla lampada: si pensi al caso trattato precedentemente.

Nelle tecnologie a led tutto ruota attorno al transito di elettroni generato tra due regioni a differente capacità conduttiva data da un drogaggio differente dei materiali semiconduttori che compongono il sistema. Il passaggio di elettroni tra le due zone a differente potenziale genera corrente e crea una situazione polarizzata del sistema. Tale sistema viene chiamato Diodo Luminoso in quanto durante la polarizzazione (passaggio di corrente) uno dei materiali semiconduttori passa dalla banda di conduzione a quella di valenza e disperde energia sotto forma di trasmissione di calore, visibile o ultravioletta. Nel momento in cui si parla di led "Light Emitting Diode" si considera il diodo che emette la maggior parte di radiazione in campo del visibile. Il dispositivo che genera dunque il flusso luminoso può essere estremamente piccolo in quanto composto dal chip che genera la luce e da un rivestimento definito ottica primaria. La corrente fornita per innescare il processo può essere modulata a piacere ottenendo varie rese quantitative di flusso luminoso: tale corrente viene definita di pilotaggio e identifica al suo variare diversi campi di emissione di flusso. Il sistema più comune per aumentare il flusso è aggregare più led in parallelo in modo da mantenere per tutti i componenti la stessa differenza di potenziale a monte. L'aggregazione in "moduli led" genera pannelli, sistemi luminosi o più semplicemente lampade a faretto o a tubo. Queste ultime si ritengono molto interessanti per le svariate integrazioni di in apparecchi già esistenti sul mercato. All'interno delle analisi compiute i sistemi scelti sono quelli di un pannello led e di tubi led a differenti potenza perché indice di una libertà di aggregazione e flessibilità del sistema. I sistemi a led sono caratterizzati da una serie di fattori che la proiettano sul mercato dell'illuminazione come tecnologia

concorrenziale ancor più se consideriamo un panorama basato su politiche di risparmio energetico ed efficienza luminosa.

Tra i punti di maggiore forza si nota un basso impatto ambientale conforme alle ultime normative emanate. Tale voce viene espressa mediante una pluralità di fattori:

- minore impiego di materiali in fase di produzione;
- assenza di materiali fragili di composizione e riciclabilità degli stessi;
- assenza di sostanze nocive (es: il mercurio) in produzione e in utilizzo della lampada;
- lavoro a potenze e quindi consumi più bassi di tutte le altre soluzioni illuminotecniche;
- minore quantità di energia dissipata sotto forma di calore in quanto le radiazioni emesse sono in larga parte nella banda spettrale del visibile;
- Vita utile media di 50000 ore.
- Sembra chiaro che l'utilizzo di un sistema illuminante porti con se vantaggi che vanno oltre al risparmio energetico. La nuova tecnologia paga in termini di costi iniziali certamente più alti della soluzione precedentemente descritta.

Normativa e cambiamenti

Come annunciato precedentemente la scelta verso queste soluzioni molto più efficienti ed ecosostenibili viene imposta al mercato attraverso la recente Direttiva EuP 2005/32/CE recepita attraverso il regolamento CE n°245/2009 attraverso la quale si stabilisce una tempistica di messa al bando di tutte le soluzioni ritenute ormai obsolete e poco efficienti dal punto di vista energetico.

Le soluzioni proposte sono conformi alla normativa citata e rispettose della UNI 12464-1 sull'illuminazione di interni presa a riferimento per la progettazione illuminotecnica fin qui svolta.

La normativa europea qui riportata è una tra le più importanti regolamentazioni del momento che va a completare il panorama legislativo che promuove cambiamenti nel campo dell'illuminazione artificiale (performance migliori, riciclo e minor uso di materiali inquinanti/nocivi) e dell'efficienza energetica degli edifici.

5.3.2 Il confronto tra tecnologie

Le richieste illuminotecniche da rispettare sono i valori d'illuminamento medio fin qui visti arricchiti con la presenza del parametro di abbagliamento da luce artificiale (UGR). Come si è visto nel paragrafo precedente la normativa UNI 12464 fissa un valore pari a 19 per tutte le funzioni presenti nell'edificio e di 16 per le attività di disegno tecnico. Il valore di illuminamento medio preso a riferimento è il classico 500 lux valore minimo richiesto per la stragrande maggioranza delle attività rilevate.

Il calcolo di tale parametro viene effettuato come segue:

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

con:

- L_b luminanza di sfondo in $\text{cd} \times \text{m}^2$ calcolata con $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$ considerando E_{ind} come illuminamento verticale indiretto al livello dell'occhio dell'osservatore.
- L luminanza [$\text{cd} \times \text{m}^2$] delle parti luminose di ogni apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore;
- ω angolo solido in steradiani delle parti luminose di ogni apparecchio di illuminazione nella direzione dell'occhio dell'osservatore;
- p è l'indice di posizione di Guth che è funzione dello scostamento angolare rispetto all'asse della visione per ogni singolo apparecchio di illuminazione.

Il locale preso a riferimento è uno di quelli esposti sul fronte sud ed ha le seguenti dimensioni 13,10m per una profondità di 8,25m e un'altezza di 4,4m. Al suo interno l'altezza del piano di lavoro viene fissata su 0,85m e quella del piano UGR, per valutare l'abbagliamento, ad altezza 1,20m (altezza occhi di un utente seduto nei pressi del piano di lavoro) e direzione dell'osservatore parallela al lato più lungo della stanza (senso principale dello sguardo). I coefficienti di riflessione interna sono 0,7 per pareti e soffitto e 0,65 per pavimento; vengono inseriti all'interno del locale dei piani di lavoro con coeff. di riflessione pari a 0,75. la finestra ha un valore di trasmissione della luce maggiore di 0,7.

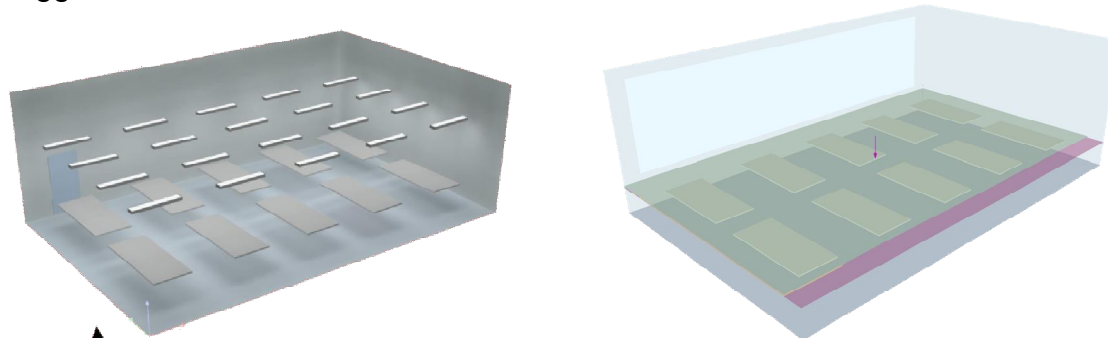


Figura 279 posizione piano luci e piani di lettura: sup. A colore viola e sup. B colore verde

Il piano illuminante contenente le lampade è posto ad un'altezza di 3m da terra. Altri parametri di base che vengono tenuti in considerazione sono il grado di manutenzione e pulizia del locale; valori che indicano un ambiente pulito vista la destinazione a cui è adibito e una manutenzione triennale caso più sfavorevole tra quelli riportati. Le prove vengono effettuate in assenza di luce naturale per ottenere la sola risposta di illuminamento degli apparecchi installati.

I parametri illuminotecnici che entrano in gioco nella comparazione effettuata sono i seguenti: illuminamento medio E_m ; indice di abbagliamento da luce artificiale UGR. Attraverso i loro valori richiesti da normativa vengono considerati come valori di verifica ai quali le prove illuminotecniche devono avvicinarsi il più possibile per essere attendibili all'interno del confronto.

Pertanto come si vedrà nella tabella riassuntiva i valori di UGR cercheranno di mantenersi al di sotto dei valori massimi e parallelamente la quantità di illuminazione interna del locale viene massimizzata.

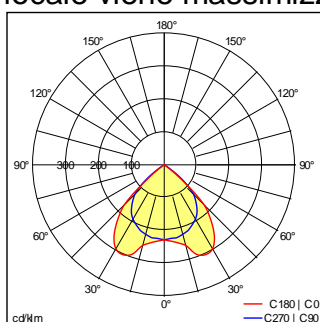


Figura 280 apparecchio PUNCH (Thorn) e fotometria

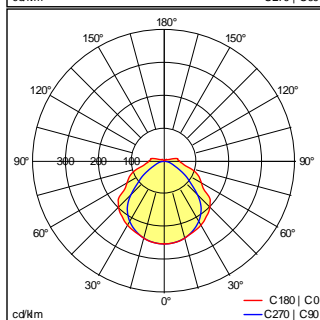
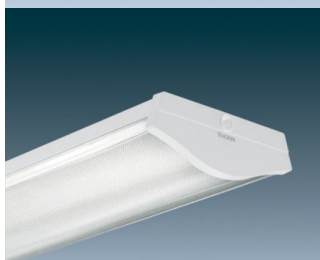


Figura 281 apparecchio COLLEGE (Thorn) e fotometria

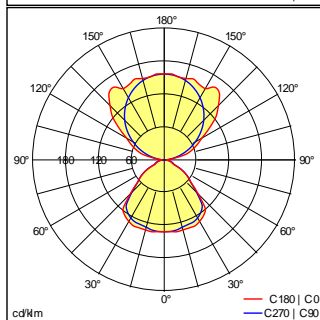


Figura 282 apparecchio AERO 2 (Zumtobel) e fotometria

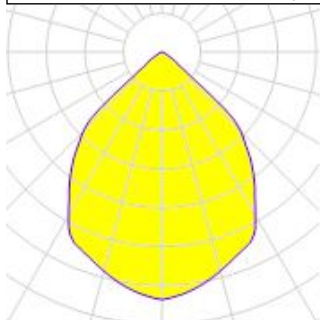


Figura 283 apparecchio FLEXILIGHT PANEL (Ledned) e fotometria

Ulteriore scelta a posteriori è l'individuazione degli apparecchi illuminanti in cui vengono installate le lampade considerate. Tale scelta non è d'importanza secondaria perché l'apparecchio influenza la riflessione della luce e di conseguenza la sua proiezione nella stanza. Gli apparecchi scelti spaziano tra le soluzioni classiche mono e bilampada in cui è possibile installare varie tipologie di lampade a tubo; una soluzione ibrida che coniuga al suo interno sia lampade fluorescenti che led integrati e una soluzione a pannelli led.

Stabiliti gli indici di confort da raggiungere e gli apparecchi da utilizzare la variazione delle prove consiste nel cambiare le tipologie di lampade a tubo; a tal fine i casi sottoposti a prova sono tubi fluorescenti e tubi led nelle varianti T5 e T8 nelle potenze indicate tra i 28 W- 58 W per le fluorescenti e 20W, 22W e 35W per le led a tubo. Per l'apparecchio ibrido si abbinano 48 W in led a 2 tubi fluorescenti e per il pannello led si considera una potenza di 32.5 led.

Le simulazioni sono state svolte per mezzo del software di calcolo DIALux e i dati di potenza totale e allacciata, E_m e UGR raccolti nella tabella che segue.

Tabella 128 Comparazione tra simulazioni lampade led e lampade eco-fluorescenti; dati tecnici

tipo lamp. e app rif. e W lamp	disp. planim.	H fiss.	n° tot. App adm	n° lamp. ad App. adm	pot. lamp W	pot. Tot W	Pot. allacciata W/m ²	Pot. allacciata W/m ² /100lux	Em lux	UGR max
T5 college (mono lamp.)										
fluo eco 28	4 x 9	3	36	1	25	900	8,33	1,96	425	13
fluo eco 35	5 x 7	3	35	1	32	1120	10,36	2,02	513	13
fluo eco 49	4 x 7	3	28	1	45	1260	11,66	2,11	551	14
fluo eco 54	4 x 7	3	28	1	50	1400	12,95	2,26	572	15
T8 college (mono lamp.)										
fluo eco 58	4 x 7	3	28	1	51	1428	13,21	2,49	531	14
fluo eco 36	5 x 7	3	35	1	32	1120	10,36	2,42	428	13
LED 20	5 x 8	3	40	1	20	800	7,4	2,07	357	12
LED 35 32	5 x 7	3	35	1	35	1225	11,33	2,47	459	13
T5 punch (mono lamp.)										
fluo eco 28	4 x 9	3	36	1	25	900	8,33	2,03	411	12
fluo eco 35	4 x 9	3	36	1	32	1152	10,66	2,09	501	13
fluo eco 49	4 x 7	3	28	1	45	1260	11,66	2,19	532	13
fluo eco 54	4 x 7	3	28	1	50	1400	12,95	2,24	578	14
T8 punch (mono lamp.)										
fluo eco 58	4 x 7	3	28	1	51	1428	13,21	2,49	531	14
fluo eco 36	4 x 9	3	36	1	32	1152	10,66	2,41	443	12
LED 20	5 x 8	3	40	1	20	800	7,4	2,05	361	11
LED 35	5 x 7	3	35	1	35	1225	11,33	2,21	513	12
T5 college (doppia lamp.)										
fluo eco 28	4 x 6	3	24	2	25	1200	11,1	1,91	581	15
fluo eco 35	4 x 5	3	20	2	32	1280	11,84	1,95	605	16
fluo eco 49	3 x 5	3	15	2	45	1350	12,46	2,08	600	16
fluo eco 54	3 x 4	3	12	2	50	1200	11,1	2,14	519	17
T8 college (doppia lamp.)										
fluo eco 58	3 x 5	3	15	2	51	1530	14,16	2,61	541	16
fluo eco 36	4 x 6	3	24	2	32	1536	14,21	2,44	582	15
LED 20	4 x 7	3	28	2	20	1120	10,36	2,09	497	14
LED 22	4 x 7	3	28	2	22	1232	11,4	2,2	519	13
LED 35	4 x 5	3	20	2	35	1400	12,95	2,54	510	15

T5 punch (doppia lamp.)

fluo eco 28	4	x	6	3	24	2	25	1200	11,1	2,02	549	13
fluo eco 35	4	x	6	3	24	2	32	1536	14,21	2,19	648	15
fluo eco 49	4	x	5	3	20	2	45	1800	16,66	2,33	715	17
fluo eco 54	3	x	6	3	18	2	50	1800	16,66	2,27	735	18

T8 punch (doppia lamp.)

fluo eco 58	3	x	6	3	18	2	51	1836	16,99	2,39	710	17
fluo eco 36	4	x	6	3	24	2	32	1536	14,21	2,36	594	15
LED 20	4	x	7	3	28	2	20	1120	10,36	2,05	506	14
LED 22	4	x	7	3	28	2	22	1232	11,4	2	571	14
LED 35	4	x	5	3	20	2	35	1400	12,95	2,32	558	16

Aero 2 ibrida (bilamp. + led)

led + fluo eco 28	3	x	6	3	18	1	98	1764	16,32	2,93	557	11
-------------------	---	---	---	---	----	---	----	------	-------	------	-----	----

Pannello LEDNED

pann. led 32,6	4	x	8	3	32	1	32,5	1040	9,62	1,76	546	13
----------------	---	---	---	---	----	---	------	------	------	------	-----	----

Considerazioni

Questa tabella riporta la prima parte dell'analisi comparativa svolta e cioè quella esente dal contrappeso monetario di ogni scelta effettuata. L'andamento generale vede la quantità di illuminamento interna al locale variare al variare della quantità di lampade utilizzate. Quest'ultimo dipende dalla quantità di flusso luminoso emesso da ogni sorgente. Chiaramente la compensazione di un minore flusso avviene con un maggiore numero di lampade. L'abbagliamento interno viene controllato e stabilizzato salvo qualche caso eccezionale che si avvicina alla soglia di valore 19.

In ultima analisi si fa notare come le potenze citate per le lampade fluorescenti siano fuorvianti visto che il consumo viene calcolato su potenze ridotte essendo lampade a basso consumo. (vedi paragrafo precedente "lampade fluorescenti"). A completamento di una attenta progettazione illuminotecnica interna si rimarca come la scelta delle lampade si concentri anche sulla resa cromatica del colore della radiazione luminosa valutata quindi in un gap tra i 3000k e 5000k oltre i quali la luce verrebbe considerata troppo "fredda" e ragionevolmente inadatta. Controllato illuminamento e abbagliamento la potenza allacciata fornita attraverso i 2 parametri in W/m^2 che $W/m^2/$ per 100lux; permette di capire quali siano le soluzioni più convenienti in termini di consumi: in questo caso le soluzioni a led sembrano le più convenienti anche se le lampade fluorescenti si difendono in più di una situazione.

Il parametro di potenza totale relativo ad ogni situazione permette di calcolare un consumo totale per la stanza dopo le 50000 ore di vita di un tubo a led. Non è sbagliato in prima analisi confrontare già le potenze ottenute per capire la convenienza di una o dell'altra scelta ma implementando il fattore temporale

nella gestione dell'impianto il discorso si fa più chiaro. Introducendo ulteriori parametri valutativi nell'analisi si capisce come la tecnologia a Led permetta un risparmio monetario nel corso della vita di utilizzazione. A tal proposito le nuove lampade fluorescenti ecologiche riducono lo svantaggio attraverso una aumentata vita utile che le porta a 25000 ore e a un minore costo proprio.

A tal proposito il confronto si completa individuando 3 tipologie di costo:

- Costo sul consumo sulla vita utile di 50000 ore (è la massima di riferimento data dai led)
- Costo del materiale da sostituire
- Costo degli interventi di sostituzione

La seguente tabella riporta le precedenti simulazioni e ne riporta le valutazioni economiche indicate qui sopra:

Tabella 129 Comparazione tra simulazioni lampade led e lampade eco-fluorescenti; dati economici

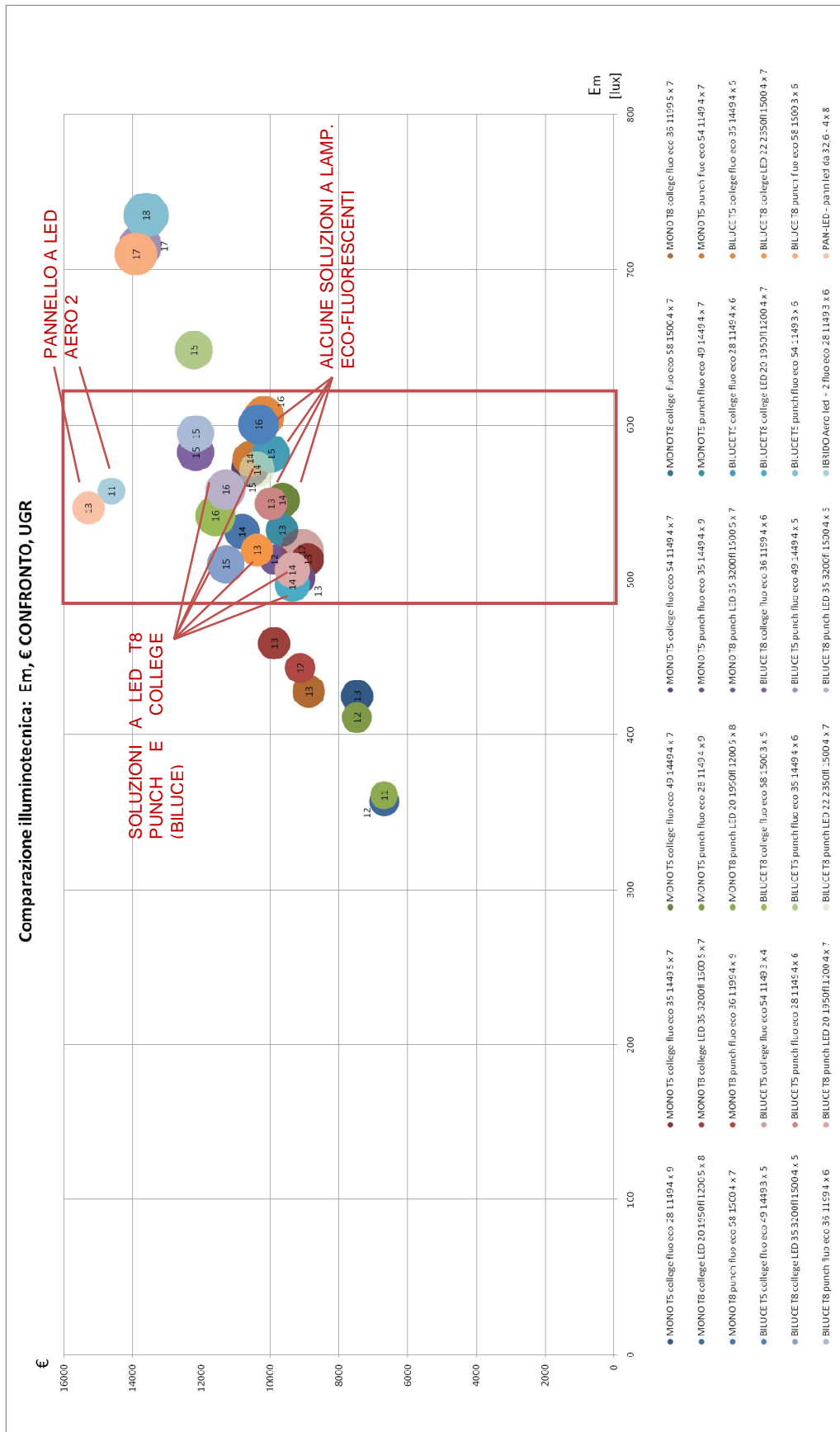
tipo lamp. e app rif. e W lamp	vita utile ore	n° interv agg. adm	pezzi per 50000 ore adm	cons. in 50000 ore kWh	prezzo unit. elett. €/kWh	costo sing. lamp. €	COSTO 1 cons. tot. 50000 ore €	COSTO 2 materiale e comp. agg €	COSTO 3 interv. sost. succ. €	COSTO TOT confronto €
T5 college (mono lamp)										
fluo eco 28	25000	2	72	45000	0,13	12,00	6021	1008	450	7479
fluo eco 35	25000	2	70	56000	0,13	12,00	7493	980	438	8910
fluo eco 49	25000	2	56	63000	0,13	13,56	8429	871	350	9651
fluo eco 54	25000	2	56	70000	0,13	13,56	9366	871	350	10587
T8 college (mono lamp)										
fluo eco 58	20000	2,5	70	71400	0,13	9,84	9553	829	438	10820
fluo eco 36	20000	2,5	88	56000	0,13	7,56	7493	837	547	8876
LED 20	50000	1	40	40000	0,13	25,00	5352	1080	250	6682
LED 35 32	50000	1	35	61250	0,13	40,00	8195	1470	219	9884
T5 punch (mono lamp)										
fluo eco 28	25000	2	72	45000	0,13	12,00	6021	1008	450	7479
fluo eco 35	25000	2	72	57600	0,13	12,00	7707	1008	450	9165
fluo eco 49	25000	2	56	63000	0,13	13,56	8429	871	350	9651
fluo eco 54	25000	2	56	70000	0,13	13,56	9366	871	350	10587
T8 punch (mono lamp)										
fluo eco 58	20000	2,5	70	71400	0,13	9,84	9553	829	438	10820
fluo eco 36	20000	2,5	90	57600	0,13	7,56	7707	860	563	9130
LED 20	50000	1	40	40000	0,13	25,00	5352	1080	250	6682
LED 35	50000	1	35	61250	0,13	40,00	8195	1470	219	9884
T5 college (doppia lamp)										
fluo eco 28	25000	2	96	60000	0,13	12,00	8028	1344	600	9972
fluo eco 35	25000	2	80	64000	0,13	12,00	8563	1120	500	10183
fluo eco 49	25000	2	60	67500	0,13	13,56	9032	934	375	10340

fluo eco 54	25000	2	48	60000	0,13	13,56	8028	747	300	9075
T8 college (doppia lamp)										
fluo eco 58	20000	2,5	75	76500	0,13	9,84	10236	888	469	11592
fluo eco 36	20000	2,5	120	76800	0,13	7,56	10276	1147	750	12173
LED 20	50000	1	56	56000	0,13	25,00	7493	1512	350	9355
LED 22	50000	1	56	61600	0,13	30,00	8242	1792	350	10384
LED 35	50000	1	40	70000	0,13	40,00	9366	1680	250	11296
T5 punch (doppia lamp)										
fluo eco 28	25000	2	96	60000	0,13	12,00	8028	1344	600	9972
fluo eco 35	25000	2	96	76800	0,13	12,00	10276	1344	600	12220
fluo eco 49	25000	2	80	90000	0,13	13,56	12042	1245	500	13787
fluo eco 54	25000	2	72	90000	0,13	13,56	12042	1120	450	13612
T8 punch (doppia lamp)										
fluo eco 58	20000	2,5	90	91800	0,13	9,84	12283	1066	563	13911
fluo eco 36	20000	2,5	120	76800	0,13	7,56	10276	1147	750	12173
LED 20	50000	1	56	56000	0,13	25,00	7493	1512	350	9355
LED 22	50000	1	56	61600	0,13	30,00	8242	1792	350	10384
LED 35	50000	1	40	70000	0,13	40,00	9366	1680	250	11296
Aero 2 ibrida (bilama. + led)										
led + 2 fluo eco 28	25000	2	36	88200	0,13	70,00	11801	2592	225	14618
Pannello LEDNED										
pann. led 32,6	40000	1,25	40	52000	0,13	200,00	6958	8080	250	15288

Tutte le valutazioni fin qui fatte possono essere riassunte nei seguenti grafici conclusivi riportati successivamente.

In essi si visualizza la fascia in cui ricadono le soluzioni che riescono a soddisfare i requisiti di illuminazione interna al locale e si esplicitano quelle riferite a sistemi led di maggior interesse nei risultati. Si indicano anche i sistemi ibridi e a pannelli led che hanno un alto costo di produzione intrinseco.

Grafico 46 Comparazione illuminotecnica E_m, Costo totale di confronto (C1+C2+C3), UGR



Considerazioni

Le lampade a LED confermano le aspettative di tecnologia emergente e di minore impatto in termini di consumi energetici che si sommano ai vantaggi di eco sostenibilità già in fase di produzione.

Essendo una tecnologia nuova il prezzo è ancora alto e quindi l'utente paga più del previsto per la prima installazione. Ciò è evidente in soluzioni ibride o a pannelli led in cui il costo di produzione è oggettivamente fuori mercato e in casi.

Si fa notare che le prove effettuate contrappongono ai tubi a led delle eco-lampade fluorescenti a basso consumo in cui la vita utile è stata allungata a 25000 ore. Ciò riduce il gap di vantaggio che le lampade a led hanno potenzialmente a fronte delle 50000 ore di vita.

Si è ritenuto inutile paragonare un tubo fluorescente standard perché secondo la situazione normativa già citata la sostituzione di tali lampade è imperativa rendendo così obsoleta la loro valutazione e implementazione all'interno di qualsiasi tipo di progettazione. Il problema si è spostato sulla scelta tra prodotti innovativi. Le eco lampade mantengono i prezzi contenuti visto che sono solo una evoluzione di una tecnologia già presente sul mercato.

I led studiati in versione tubolare non possono che far emergere considerazioni sulla flessibilità di tale tecnologia che fa della sostituzione in apparecchi già esistenti il primo mercato in cui espandersi.

Ad ogni modo vi sono situazioni in cui la concorrenzialità dei sistemi led è manifesta. A fronte dei risultati ottenuti non sembra esserci molta differenza tra una tecnologia e l'altra se paragonate in installazioni standard all'interno di apparecchi elettrici. A questo punto si rimanda la scelta ad una pura valutazione di buon senso: spendere di più inizialmente e avere vantaggi che vanno oltre al mer pagamento iniziale (scelta LED) o ricorrere a una soluzione classica che con l'adeguamento tecnologico è sicuramente concorrenziale in termini monetari e presenta tutto sommato un risparmio energetico da prendere in considerazione (scelta eco-fluorescenti). Questo è evidente perché vi sono situazioni migliori dei led o ad essi paragonabili.

Si fa notare che il mercato dei Led è in rapida ascesa; i prezzi tendono a diminuire e la tecnologia continua ad evolvere e ciò non può che spostare nuovamente l'ago della bilancia verso una scelta innovativa.

5.3.3 Interazione tra luce artificiale e luce naturale

A conclusione del capitolo si propone la valutazione dell'interazione tra luce artificiale e luce naturale precedentemente verificata.

Le valutazioni di natura economica fin qui svolte rientrano in una politica generale di riduzione dei consumi. Le due tecnologie valutate e la normativa inizialmente trattata sottolineano la necessità di una svolta di sostenibilità energetica delle soluzioni da adottare.

La scelta di lampade a basso consumo rappresenta il primo approccio a tale problematica. La gestione dell'interazione tra luce artificiale e naturale completa la strategia illuminotecnica.

Le verifiche di illuminamento naturale fin qui riportate prendono atto delle condizioni delle stanze e del loro mutamento nell'arco della giornata all'interno del periodo di maggiore utilizzo degli ambienti.

Il secondo espediente per abbattere i consumi è quindi legato all'introduzione di un sistema automatizzato di accensione delle lampade che sia in grado di leggere le condizioni d'illuminamento della stanza e regoli in modo progressivo gli apporti di illuminazione da luce artificiale. Lo sfruttare le buone condizioni di illuminazione interne fornite da un'attenta analisi sul fronte naturale fornisce un buon deterrente ai consumi elettrici.

Attraverso il software di calcolo Design Builder è stato possibile simulare tale comportamento. Le prove di illuminamento artificiale permettono di considerare un valore di potenza allacciata pari a circa $2,2 \text{ W/m}^2/100\text{lux}$ come valore medio attendibile e capace di legare le possibili configurazioni di impianto artificiale (qualunque esso si a tra le 2 tecnologie) con le variabili condizioni di luce naturali generate all'interno della stanza.

Il parametro regolatore di una implementazione artificiale della luce è l'illuminamento.

Nella seguente tabella vengono riportati i risultati della simulazione.

Tabella 130 confronto con e senza lighting control

	Energia consumata		Risparmio
	No Lighting Control	Lighting Control	
	kWh/anno	kWh/anno	%
Aule Sud	15078	2691	-82%
Aule Ovest	18347	3492	-81%
Aule Nord	12376	6039	-51%
Aule Est	9091	8207	-10%
Aule Disegno	29819	18512	-38%
Spazio Espositivo	18190	4665	-74%
Mensa	3384	165	-95%
Intero Edificio	193656	123379	-36%

Vengono paragonate due situazioni; la prima senza lighting control con lampade sempre in funzione e la seconda che prevede l'introduzione di dispositivi di lettura delle condizioni interne della stanza e una accensione progressiva in 3 step dei corpi illuminanti inseriti.

Per una veloce valutazione si riportano le percentuali di risparmio ottenute in un anno.

Non bisogna farsi ingannare da determinati valori di risparmio troppo elevati come quelli legati alla mensa: il locale presenta ampie vetrate e tutt'altezza

unite al fatto di un illuminamento medio richiesto più basso degli altri locali e un periodo di funzionamento legato alle poche ore centrali della giornata.

Le camere a sud captano la luce per quasi tutta la giornata.

Le aule di disegno hanno un valore di risparmio più basso di altri casi perché aumenta la richiesta di illuminamento interno rispetto ad un caso standard(750 lux contro i 500 lux standard)

Punto fermo è che applicando una gestione domotica dell'illuminazione all'interno dell'intero blocco considerato anche per le valutazioni energetiche si riesce a stimare un risparmio complessivo del 36%.

Questi dati sottolineano un buon sfruttamento della luce naturale che minimizza l'uso di quella artificiale. L'impatto di quest'ultimo viene già calmierato da soluzioni a risparmio energetico: si affronta il problema del consumo su due fronti.

L'installazione all'interno del locale di dispositivi che permettano la lettura dei livelli illuminotecnici è la base per un comportamento attivo della stanza rispetto agli stimoli esterni.

5.4 Conclusioni

La progettazione illuminotecnica degli ambienti interni all'edificio è stata studiata per garantire un adeguato confort illuminotecnico in relazione alle attività svolte internamente ai locali. Le valutazioni hanno interessato sia soluzioni per la gestione della luce naturale che per quella artificiale. Scindendo i due ambiti è stato possibile fornire soluzioni adeguate alle varie problematiche nei diversi campi.

La gestione della luce naturale ha trovato risposte differenziate per i vari orientamenti di facciata andando a delineare due tipologie di sistemi di schermatura. Il fronte sud ha visto la descrizione di un sistema schermante a pale fisse orizzontali che ha la massima efficacia in periodo estivo e permette un maggiore ingresso di luce in periodo invernale. La ricerca della massima estensione delle superfici vetrate trova punto di partenza nella tradizione olandese per poi essere affinata attraverso paralleli riscontri illuminotecnici e termico-energetici per tenere in considerazione i dovuti apporti di calore.

I fronti est ed ovest sono stati sviluppati attraverso elementi schermanti verticali che ne hanno poi caratterizzato il lato l'architettonico.

La luce è stata convogliata all'interno dell'edificio attraverso pozzi di luce, lucernari e tagli nella scocca metallica di copertura. La bontà delle soluzioni adottate è stata apprezzata attraverso i parametri di illuminazione media e fattore di luce diurna. Il primo caratterizzato da un valore di 500 lux eccezione fatta per le aule di disegno tecnico 750 lux, trova risposta positiva per la maggior parte della casistica analizzata. Allo stesso modo il fattore di luce diurna viene mantenuto sempre al di sopra del valore 3 (requisito minimo).

La luce artificiale è stata studiata in termini di risparmio energetico nella scelta di apparecchiature illuminanti e lampade e loro convenienza in specifiche condizioni di confort interno dei locali. La comparazione tra due tecnologie a basso consumo (led e eco-fluorescenti) ha permesso di completare la strategia di riduzione dei consumi che trova massima espressione nella gestione automatizzata dell'illuminamento artificiale. Ciò è possibile attraverso una lettura quantitativa e qualitativa di luce naturale già presente nella stanza. Le soluzioni adottate permettono di avere vantaggi nella riduzione dei consumi diversificati per locali a diversa destinazione e di stimare un risparmio percentuale totale annuale del 36%.

5.5 Bibliografia

FEDERICO M. BUTERA, *Architettura e Ambiente*, Manuale per il controllo della qualità termica, luminosa e acustica degli edifici, R.C.S. Libri & Grandi Opere prima ed. dicembre 1995.

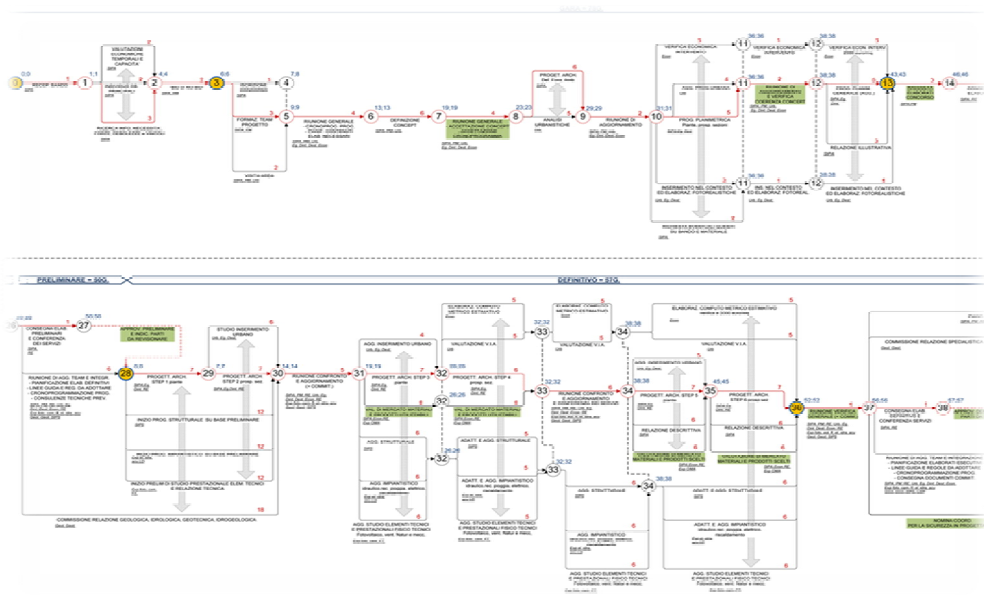
GIANNI FORCOLINI, *Illuminazione LED*, Funzionamento, Caratteristiche, Prestazioni, Applicazioni, Ulrico Hoepli Milano, 2008.

Corso illuminotecnica, <http://www.lighting.philips.it>

<http://www.lighting.philips.it>

6

GESTIONE DEL PROGETTO COMPLESSO



6.1 Premessa

Affrontare un progetto di qualsiasi natura è una operazione delicata; la difficoltà tende ad aumentare di pari passo con la complessità del progetto.

Il “Metodo” con cui ci si occupa della sua gestione è fondamentale; in questo capitolo si vuole indicare un percorso possibile di gestione relativo alla concezione e realizzazione della nuova facoltà di Architettura Bouwkunde all’interno del campus del TU Delft in Olanda. Il progetto diviene l’oggetto del processo articolato in 4 azioni principali.

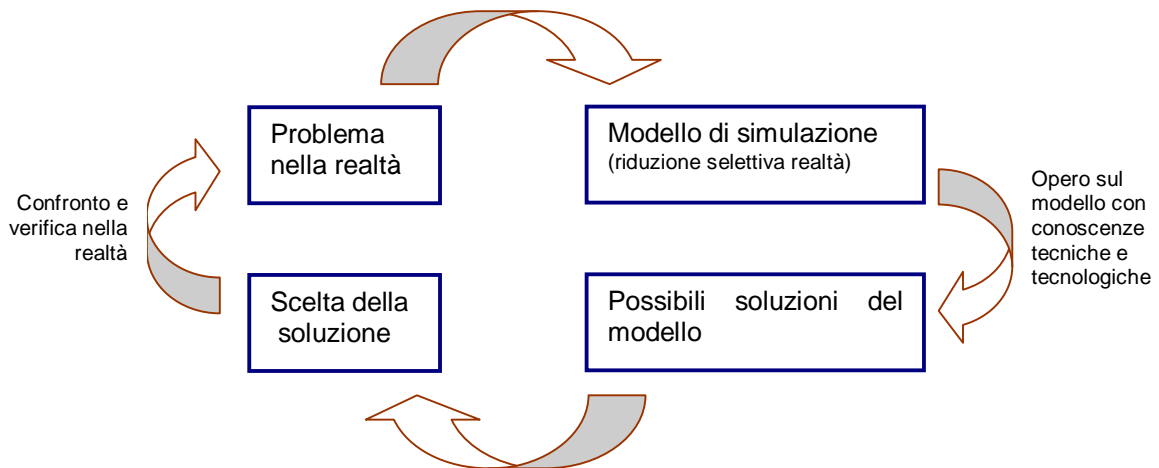


Figura 284 schematizzazione del processo/metodo

Si parte dunque con la “caratterizzazione” dell’oggetto del processo, dopodiché la successiva “modellizzazione” permette di avere uno strumento con cui si può interpretare la realtà e gestire le soluzioni ottenibili.

La soluzione al problema viene scelta tra le possibili alternative e riportata nella realtà previa valutazione di coerenza ed efficacia nei confronti del problema nel reale.

Il metodo che si vuole presentare individua una procedura razionale del processo suddivisa in più passaggi fondamentali:

- DEFINIZIONE DELL’OGGETTO DEL PROGETTO
- Momento definito di COMPLESSITA’
- COSTRUZIONE DEL MODELLO
 - DEFINIZIONE DI ATTORI, OBIETTIVI E VINCOLI
 - DEFINIZIONE DELLE ALTERNATIVE
 - ESPLICITAZIONE DELLE SCELTE E DEFINIZIONE DEL CONCEPT DI PROGETTO
- Momento definito di DEFINIZIONE E REALIZZAZIONE (cantierizzazione operativa)
- ANALISI DELLE FASI DEL PROCESSO E LORO GESTIONE

Il punto di arrivo di tale pianificazione è la gestione del processo in tutte le sue fasi dai primi schizzi progettuali su carta alla effettiva realizzazione.

6.2 Definizione dell'oggetto del progetto

La definizione dell'oggetto risulta essere d'importanza fondamentale ai fini della sua gestione; se non si conosce l'oggetto non si può per forza di cose gestirlo. La descrizione si divide in campi fondamentali in cui è possibile riassumere le informazioni; alcuni campi rimangono delle costanti altri variano a seconda dell'oggetto e dalla provenienza delle informazioni.

In questa fase stiamo sviluppando un percorso analogo a quello conoscitivo che si effettua nelle fasi preliminari di progettazione. A questo proposito non riscriveremo ciò che è già stato esposto nei precedenti capitoli ma vi annoteremo un riferimento o sintetizzeremo per punti; si tengano a riferimento i capitoli pregressi.

6.2.1 Oggetto del progetto

“New Bouwkunde” - Nuova Sede Facoltà Architettura del TUDelft (Olanda)

Il progetto rappresenta l'oggetto fisico attorno al quale viene “allestito” il processo.

La sua descrizione non può essere del tutto oggettiva perché altrimenti risulterebbe infinita e ai fini pratici insensata.

La descrizione è pertanto strettamente legata al processo e ad esso finalizzata nell'individuare informazioni utili che possono aiutare nella ricerca degli obiettivi futuri da raggiungere.

L'oggetto deve essere descritto nelle sue caratteristiche fisiche ma anche dalla parte dell'utenza che ne usufruisce. Agli inizi della progettazione l'oggetto si propone quindi come una serie di richieste, obiettivi da raggiungere e vincoli da rispettare.

Nel nostro caso le fonti da cui si raccolgono le informazioni utili al progetto sono: l'analisi del bando di concorso e l'approfondimento delle caratteristiche del contesto.

6.2.2 Luogo

La conoscenza del luogo ad una macroscale permette di focalizzare delle informazioni di massima quali:

- posizionamento (latitudine e longitudine, altitudine, estensione, rapporto con le altre città)
- dati demografici
- dati economici
- dati storici e culturali

(Per un approfondimento si rimanda alla lettura del capitolo introduttivo di inquadramento generale)

6.2.3 Contesto

L'analisi locale dell'area di progetto restringe il campo di studio; ci si trova all'interno del campus universitario di Delft: il TUDelft:

Il campus si colloca a Sud-Est rispetto al centro cittadino. Esso è divisibile in tre zone fondamentali:

- CITY (a nord vicino al centro cittadino)
- CAMPUS (a centro)
- TECHNOPSIS (a sud)

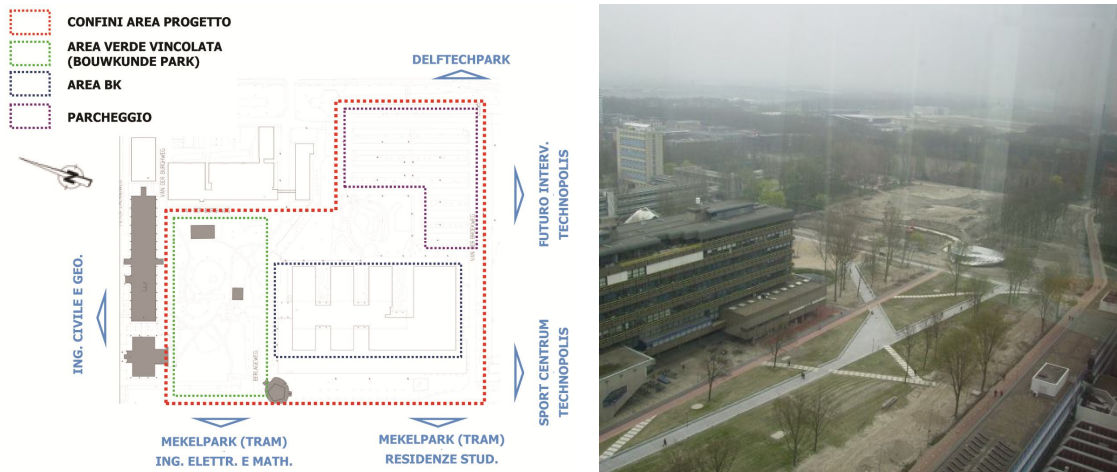
Gli edifici si caricano di singolarità architettonica l'uno con l'altro.

Situazione attuale: il campus è interessato da un intervento di trasformazione e ammodernamento dei percorsi di collegamento tra gli edifici delle facoltà



Figura 6.285 vista dell'area verde del mekelpark centrale al campus

Figura 6.286 vista dell'area di progetto dall'alto e analisi spazi



Il lotto di progetto si trova in una posizione strategica, perché posta nella parte Sud del blocco centrale del campus; questo permette di essere al centro di molte direzioni fondamentali per chi entra ed esce dal TUDelft. Come si può vedere presenta un accesso alla linea tramviaria e si apre verso le aree di futura edificazione, lo sportcentrum, le residenze per studenti e il Delftechpark. In ultimo essa comunica con la contigua Facoltà di Ing. Civile.

Per una migliore comprensione si riporta lo schema già utilizzato nel capitolo di progettazione architettonica

Situazione attuale: l'area è interessata da lavori di scavo per la rimozione di alcune parti strutturali nel di fondazione nel terreno.



Figura 6.287 vista dell'area di progetto ad altezza uomo

6.2.4 Background

Le principali informazioni da sapere sono le seguenti:

- La Sede di Architettura del TUDelft è da sempre stata un punto di riferimento per l'architettura olandese e internazionale;
- La sede si è sempre distinta per il fermento giovanile universitario al suo interno basato su metodi di apprendimento di gruppo e individuale previa lezione concentrata in poche ore della giornata;
- Fu creata da Van Der Broek e Bakema nel 1970; punti di forza della Facoltà intesa come architettura erano il connubio tra semplicità di forma, flessibilità degli spazi interni che ben si applicava all'utilizzo del cls e della prefabbricazione;
- Viene da tutti riconosciuta come simbolo;
- Il corpo centrale era il basamento che era sede della vita pubblica universitaria mentre il blocco sopraelevato raccoglieva gli spazi di studio e lavoro;
- Nel 2008 per uno sfortunato caso la Facoltà venne distrutta a causa di un incendio divampato al suo interno;
- Lo scenario finale vede la promozione da parte della comunità cittadina e il TUDelft dell'iniziativa di ricostruzione dell'edificio partendo da un concorso di Idee aperto al pubblico

(Per un approfondimento si rimanda alla lettura del capitolo di progettazione architettonica.)

6.2.5 Il bando di gara

Attraverso le sezioni precedenti vengono riportate informazioni oggetto di ricerche per approfondire un luogo che può essere sconosciuto al progettista con l'analisi del bando il discorso è differente.

Anche se riportato solo ora il bando di gara è il principale documento che fornisce informazioni, basti pensare che esso regola la progettazione in termini quantitativi, qualitativi e anche temporali in quanto avvia un concorso di idee di cui il nuovo edificio del Bouwkunde è l'oggetto.

Il bando è perciò portatore di vincoli e obiettivi da rispettare e da raggiungere e anche regolamentazioni; esiste al suo interno una parte di riferimento alle richieste progettuali e una di definizione della gara in modalità e tempistiche.

Come area di progetto viene consigliato il lotto già sede del vecchio edificio e si fa riferimento alla complessa rete di collegamenti a cui esso è soggetto. Non si vincola però la scelta del terreno da sfruttare che può essere modificata fornendo adeguate giustificazioni ma sempre interna al Campus.

Nel nostro caso ritenendo interessante la posizione originaria abbiamo mantenuto il lotto consigliato cercando di confrontarci con le realtà del contesto

La parte relativa alle richieste di progetto è già stata precedentemente trattata nel capitolo di progettazione architettonica ma risulta evidente come in essa vengano fornite informazioni sulla richiesta quantitativa di spazi e la possibilità o meno di variarne tali valori. Si aggiungono caratteristiche di:

multifunzionalità degli spazi e di flessibilità e adeguatezza a processi progettuali collaborativi e non solo a momenti individuali di studio.

Infine nella parte di regole di competizione vengono definite le tempistiche della gara stessa, quali elaborati da consegnare e chi può partecipare. Si propone una visione sintetizzata del tutto.

Partecipanti:

- Architetti e urban planners registrati nei rispettivi ordini
- Studenti iscritti a facoltà :
- Industrial designer – civil engineering e programmi di architettura urbanistica riconosciuti dalle istituzioni e registrabili dalla Dutch Architects Register.

Tempistiche:

- Lancio competizione 13 settembre 2008
- Limite per risposta domande 24 ottobre 2008
- Limite per registrazione 6 novembre 2008
- Limite consegna 13 novembre 2008
- Limite nomine 2° metà dicembre 2008
- Premiazione gennaio 2009

Elaborati:

- Max due A1

- A4 di testa con le motivazioni e i criteri

Contenuti minimi:

- Piano terra 1 : 500
- Una vista d'interno
- Uno schema di localizzazione

Tale parte viene notificata solo ora in questo capitolo perché per fini programmatici è forse la più importante rispetto a quella precedente. In realtà è il connubio tra le parti che interessa in quanto attraverso la prima parte di dati trattati ci rendiamo conto della fisionomia che l'oggetto dovrà avere mentre con la seconda la tempistica che il progettista deve rispettare attraverso una programmazione del processo.

Risulta evidente come alla base del capitolo vi sia la presa coscienza di una ipotetica partecipazione al concorso ai fini di avviare una gestione del progetto il più vicino possibile al caso reale per poi sconfinare oltre alle richieste del bando per arrivare fino all'ipotesi di costruzione.

6.3 Costruzione del modello

Definito l'OGGETTO in esame da analizzare nel processo iniziamo a creare il MODELLO su cui agire. Nei paragrafi precedenti si è fatto riferimento alla triade composta di "Obiettivi – Vincoli – Alternative" ed è in questo momento che essa trova un'applicazione.

Le precedenti informazioni così come altre reperibili nel prosieguo della progettazione, una volta filtrate e sintetizzate, rappresentano la base e le premesse per modellizzare "il problema" nella realtà. Nel caso specifico è "la progettazione dell'edificio" che attraverso un processo di selezione di obiettivi, vincoli e individuazione dei soggetti a cui fanno capo viene modellizzato. Il tutto viene poi sintetizzato in uno schema riassuntivo.

Successivamente ne viene proposta l'analisi dalla quale si crea il complesso schema di interrelazioni che viene sintetizzato nello schema in allegato.

(vedere tavola schema "attori-obiettivi-vincoli-alternative")

In generale si può definire che all'attore principale seguono l'obiettivo principale e la sua declinazione in sotto obiettivi. Esplicitato "l'assiemaggio" degli obiettivi, notiamo come gli utenti entrino all'interno dello schema successivamente come portatori di obiettivi accettati dalla committenza e interpretati dal progettista.

Vi è una divisione per funzioni perché gli obiettivi si differenzino per i vari ambienti da progettare cioè gruppi di obiettivi.



Figura 288 schema per voci contenute del modello

Durante la declinazione si arriva a obiettivi il più possibile indivisibili ai quali corrisponderanno delle alternative.

Costi e tempi regolano la futura scelta tra le varie alternative, aiutando a scegliere la più efficace, che crei una mediazione con la qualità pattuita.

Quest'ultimo passaggio di mediazione è alquanto importante perché sottintende una contemplazione di più problematiche contemporanee alle varie alternative ma impone una visione trasversale su ogni soluzione trovata e su ogni obiettivo.

Il percorso precedentemente schematizzato viene diviso in tappe:

- definizione di attori e obiettivi
- definizione dei vincoli
- definizione delle alternative

6.3.1 Definizione di attori e obiettivi

Una prima considerazione permette di definire l'attore come soggetto portatore di obiettivi e vincoli. Viene da se che l'aver riconosciuto più attori tra loro diversi può dare adito alla generazione di molteplici obiettivi.

L'individuazione di tali soggetti è perciò un passaggio delicato ai fini del processo generale di progettazione:

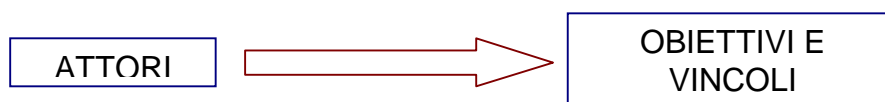


Figura 289 relazione tra attori e vincoli

Le principali problematiche sono: la loro identificazione e quindi riconoscibilità, la definizione del loro peso e rilevanza.

Inevitabilmente queste due note influenzano la terza che è la gestione del consenso degli attori ipotizzando una sorta di mediazione tra il raggiungimento di un obiettivo e l'altro, tenendo presente che il consenso tra gli altri attori deve rimanere immutato. Il favorire o meno un obiettivo comporta di riflesso un cambio d'importanza nei confronti degli altri.

Nel valutare gli attori interni al nostro processo si nota come anche l'utente medio che usufruirà della futura struttura ricada nella categoria e quindi non debba essere tralasciato dall'analisi; questo ci permette di valutare gli obiettivi dei futuri utilizzatori. A questo punto dell'analisi si giunge ad un bivio che verte sull'attualizzazione o meno degli attori e rispettivi obiettivi.

Il progetto presenta delle dimensioni temporali che è bene tener presente perché influenzano anche eventuali costi aggiuntivi futuri: l'attualizzare o meno tali casi comporta delle modifiche nella visione globale.

I dati fin qui raccolti permettono di identificare i seguenti attori interni al processo:

Tabella 131 analisi attori

Nella creazione del modello vengono ricercati gli attori di riferimento più importanti che ruotano attorno al progetto; viene valutata la committenza così come l'utenza.

ATTORI	
COMMITTENTE / ENTE BANDITORE PROGETTISTA	emanatore del bando di concorso e primo portatore di obiettivi e vincoli . fa propri gli obiettivi del bando e interpreta i vincoli del contesto coadiuvando con il proprio gusto architettonico.
STUDENTI E DOCENTI	rappresentano l'utenza diretta da cui ci si aspetta il primo feedback valutabile.
AMMINISTRAZIONE LOCALE / ENTI DI CONTROLLO	rappresentano in un certo qual modo i portatori maggiori di vincoli e sistemi di controllo o prescrizioni che la progettazione deve tenere presente.

E' importante notare come tra i vari attori vi siano dei "pesi" che permettono di calibrare l'importanza minore o maggiore dei soggetti.

L'ente banditore che poi è il committente, risulta l'attore principale, fiancheggiato dal progettista e dalle amministrazioni comunali e di controllo.

All'interno della nostro progetto si riconosce nell'amministrazione del TUDelft il ruolo di ente banditore nonché committente; è lui quindi il primo attore con cui si deve confrontare.

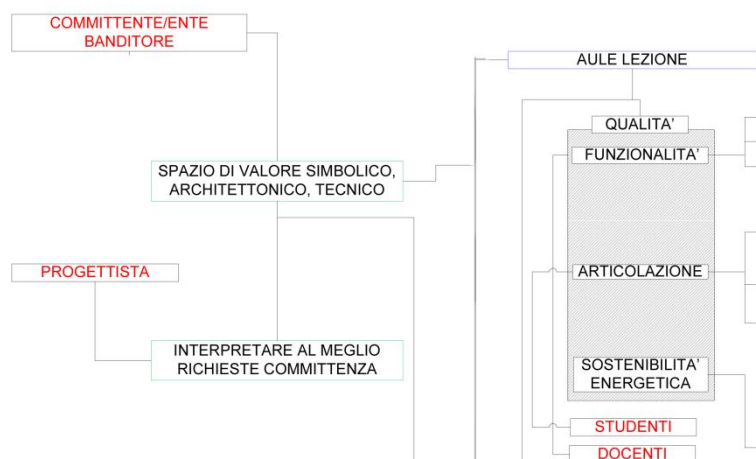


Figura 290 ingrandimento schema attori-obiettivi-vincoli-alternative sull'interazione tra attori principali e loro obiettivi

Gli utenti quali studenti e docenti entrano nel sistema degli attori ad un livello inferiore perché si pensa che il committente, in quanto soggetto emanante il bando, abbia fatto proprie le istanze delle utenze e le abbia riproposte nel briefing dopo un'attenta analisi.

Il bando se ben analizzato, come precedentemente anticipato, è quindi una importante fonte di obiettivi e di identificazione attori.

Tabella 132 analisi attori e rapporto con gli obiettivi

Gli obiettivi si gerarchizzano tra loro secondo livelli di importanza e tutti fanno capo all'obiettivo principale. La loro gerarchizzazione è visibile nello schema generale proposto in allegato.

ATTORI	OBIETTIVI
COMMITTENTE / ENTE BANDITORE	Spazio di Valore Simbolico, Architettonico, Tecnico.
PROGETTISTA	Interpretare al meglio le richieste della Committenza.
STUDENTI E DOCENTI	sono legati a sottobiettivi di quello principale e riferiscono a determinati criteri a cui gli spazi dovranno rispondere
AMMINISTRAZIONE LOCALE / ENTI DI CONTROLLO	Il loro obiettivo è il medesimo del committente di cui ne condividono le aspettative ma maggiormente legate ai vincoli che propongono

L'obiettivo principale viene frammentato in più sottobiettivi; tra loro si crea un forte legame in quanto il raggiungimento del macroobiettivo dipende dal raggiungimento dell'obiettivo gerarchicamente inferiore. Gli obiettivi vengono via via definiti secondo un processo di assiemaggio che vede il culmine nel raggiungimento di specifiche dalle quali si ottiene la controparte di alternativa progettuale.

A questo punto è interessante fare notare che ciò che è stato appena detto è intrinseco a ogni procedimento progettuale svolto in ogni capitolo fin qui esposto. Il raggiungimento di un obiettivo si ottiene attraverso una molteplicità di alternative sta al progettista capire quale la migliore. Soffermandoci sulla frammentazione degli obiettivi è interessante notare come tale processo viene messo in moto in modo naturale fin dal principio nell'approccio risolutivo di ogni problematica affrontata.

6.3.2 Definizione dei vincoli

All'interno dello schema si può notare come ad l'amministrazione locale e gli enti di controllo rappresentino un elenco di vincoli definiti come elementi positivi e di semplificazione che innescano un processo di ottimizzazione della modellizzazione. Il porre dei vincoli permette in qualche modo il tracciamento di una delimitazione del campo d'azione del futuro modello; limitazione che non considera solo limiti temporali, come precedentemente annunciato. I vincoli servono, in un certo senso, per porre un freno e indirizzare il progettista nei confronti

Tabella 133 analisi dei vincoli

I vincoli successivi riferiscono ad una pluralità di attori da ricercare nelle amministrazioni locali, enti preposti ed enti di controllo. Solitamente il tutto è regolato da una specifica normativa che aggiunge delle nuove specificazioni che il modello deve rispettare.

Normativa Vigente	Il progetto deve rispettare la normativa vigente in termini di procedure costruttive e regole costruttive edilizie.
Impatto sul Contesto	Viene richiesto e regolato l'impatto sul contesto in cui va ad inserirsi l'oggetto.
Valutazione Geologica	Valutazioni che influenzano determinate conformazioni successive del progetto.
Valutazione Livello Falda	Valutazioni che influenzano determinate conformazioni successive del progetto.
Normativa Vigente Disabili	Valutazioni che influenzano determinate conformazioni successive del progetto.
Metrazioni Funzionali Bando	Le richieste del committente si esplicitano attraverso il bando che deve essere linea guida attraverso i suoi contenuti
Area Edificazione Definita	L'area di edificazione è a discrezione del progettista; meglio se nel sito referente il vecchio edificio.
Viabilità / Contesto Esistente	Il campus è soggetto ad una rivitalizzazione dal punto di vista della mobilità.
Area Verde a Nord	Viene indicata un'area di rispetto su cui è impossibile

	edificare.
Spesa di 2000 euro/mq	Il bando traccia una linea guida economica fissando un tetto di spesa.
Collocamento. depositi in Interrato	Il bando fissa un'imposizione di collocazione spaziale.
Certificazione Energetica GreenCalc+ (Indice > 500)	Viene richiesto che il progetto rispetti determinati parametri di sostenibilità.

Facendo alcuni esempi legati al progetto svolto si fa notare come la progettazione architettonica abbia fatto suoi alcuni di questi vincoli. L'impatto sul contesto ha spinto a una progettazione estensiva che non eccedesse quindi con l'altezza del fabbricato in modo da inserirsi a pieno nello skyline del campus chiudendo il campus sul lato est-sud e creando un fronte e un affaccio verso il parco e la fermata del tram. Attenzione l'impatto può essere visto anche secondo aspetti tecnici come ad esempio quelli illuminotecnici sull'area circostante. Altri vincoli elencati interessano il progetto a livello strutturale mentre altri a livello di composizione spaziale interna optando alle volte per una soluzione che medi l'aspetto estetico con il funzionale.

Si riconoscono alcune categorie tipiche nelle quali alcuni di questi vincoli rientrano:

- LO STATO INIZIALE:

Definiscono le condizioni di partenza in cui versa il sito di progetto.

- RISORSE DISPONIBILI:

Definite come insieme di elementi economici, conoscenze tecniche, esperienza, materiali sfruttabili, ecc...

Non va dimenticato che anche possibili eventi esterni sono qualificabili come vincoli.

In una visione più ampia possono vedersi come vincoli anche gli obiettivi definiti dagli altri attori. Questo in quanto la qualità globale che viene di volta in volta definita attraverso gli obiettivi diventa poi un output di progetto vincolante per la progettazione. In questo panorama è normale perdere in certi frangenti la linea di confine tra obiettivo e vincolo ma l'importante è fissare quelli più importanti la cui riconoscibilità è palese e successivamente gli altri.

Il fatto che i vincoli siano degli elementi positivi e di indirizzo è un fatto assodato ma non devono perdere la loro connotazione di elementi restringenti la libertà del modello; è necessario definire il grado di conoscenza che si ha su di loro e sui loro effetti identificando un valore di certezza nel loro grado stesso di approfondimento.

L'esempio fatto successivamente alla tabella permette di capire meglio tale concetto perché tratta una scelta progettuale che ha influito sulla forma dell'edificio. Il suo peso unito a quello di altre considerazioni architettoniche effettuate ha comportato alla conformazione finale dell'edificio. È quindi un vincolo che non può essere trascurato.

La consapevolezza derivante dal grado di approfondimento associato a ogni vincolo permette di capirne la modificabilità agendo sulla loro percezione verso

l'utenza o la loro effettiva riduzione in termini di impatto. Con queste premesse è possibile introdurre il discorso sull' "anticipazione" che in questo panorama di gestione risulta fondamentale.

All'interno dello schema i vincoli si trovano così relazionati agli attori e agli obiettivi principali. Essi si valutano a monte prima chiaramente dell'assieme degli obiettivi.

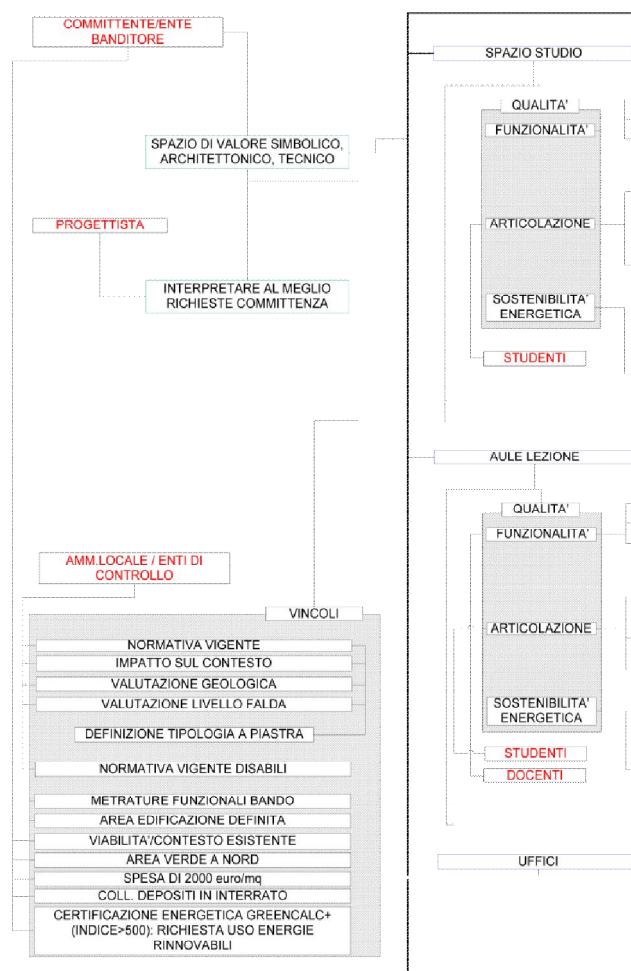


Figura 291 relazione tra attori principali, obiettivi principali e vincoli

L'anticipazione nella valutazione di ciò che risulta necessario al fine ultimo, permette di capire eventuali criticità che possono disturbare in modo significativo il processo portando ad una riduzione della qualità globale. L'anticipo permette di prendere adeguate contromisure al problema in termini fisici e temporali. Tale discorso interessa i vincoli tanto quanto gli obiettivi.

6.3.3 Definizione delle alternative

Prima di introdurre il discorso sulle alternative va specificato che nella definizione degli obiettivi fino alle specificazioni essenziali da ottenere; ogni obiettivo ha al suo interno delle variabili la cui modifica genera delle diversità nell'obiettivo.

Le variabili di "decisione" sono quelle in cui il progettista può essere padrone della modifica; le così dette "ambientali" sono quelle non gestibili direttamente ma solo anticipabili e prevedibili nei loro effetti. Ritorna il tema dell'anticipazione.

Per rendere meglio l'idea alcune alternative tra le ambientali sono:

NORMATIVA, MANODOPERA, RISORSE DISPONIBILI, EVOLUZIONE TECNOLOGICA.

A conti fatti risulta logico aver legato il discorso anche ai vincoli perché come risulta evidente il progettista non può fare nulla in termini decisionali, ma ne ipotizza una loro stabilità nel tempo, ma non solo, deve prendere atto anche della loro possibile labilità incontrollata. Nei loro confronti possono essere effettuate delle previsioni.

Differenti possibilità d'intervento esistono per le "decisionali" che pretendono delle scelte a monte ma fattibile dal progettista. La definizione di determinate variabili equivale al prendere delle decisioni che portano inevitabilmente alla creazione di alternative possibili ulteriormente suscettibili di scelta in base alla convenienza. Nello schema di gerarchia del modello si nota anche che esiste un diretto legame tra le alternative e le specificazioni, derivanti dagli obiettivi.

Talvolta il legame si instaura tra una pluralità di elementi, ciò comporta una valutazione di questi collegamenti intesa come mediazione tra le scelte e di conseguenza delle alternative. La qualità finale risulta quindi un compromesso più che legittimo tra costi e tempi che entrano inevitabilmente in gioco in questa scelta perché rappresentano due discriminanti fortemente legate al progetto.

Si riporta come esempio la declinazione dei vari obiettivi legati allo spazio funzionale dello "spazio studio"

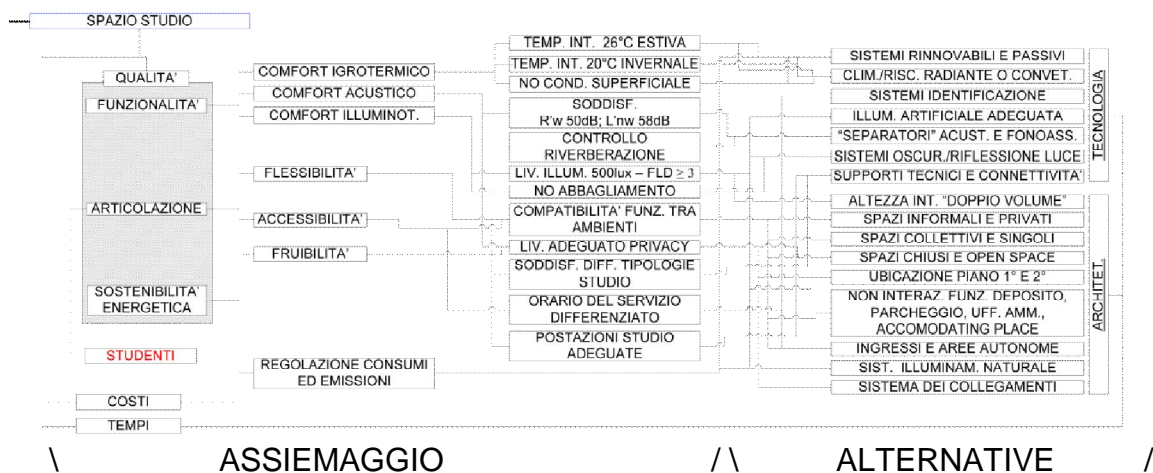


Figura 292 esempio di assiemaggio e corrispondenza di alternative nel caso dello "spazio studio"

A conclusione si rimarca l'importanza, a livello di modalità procedurale, della separazione all'interno del modello nel set di famiglie "ambientali" e "decisionali" :

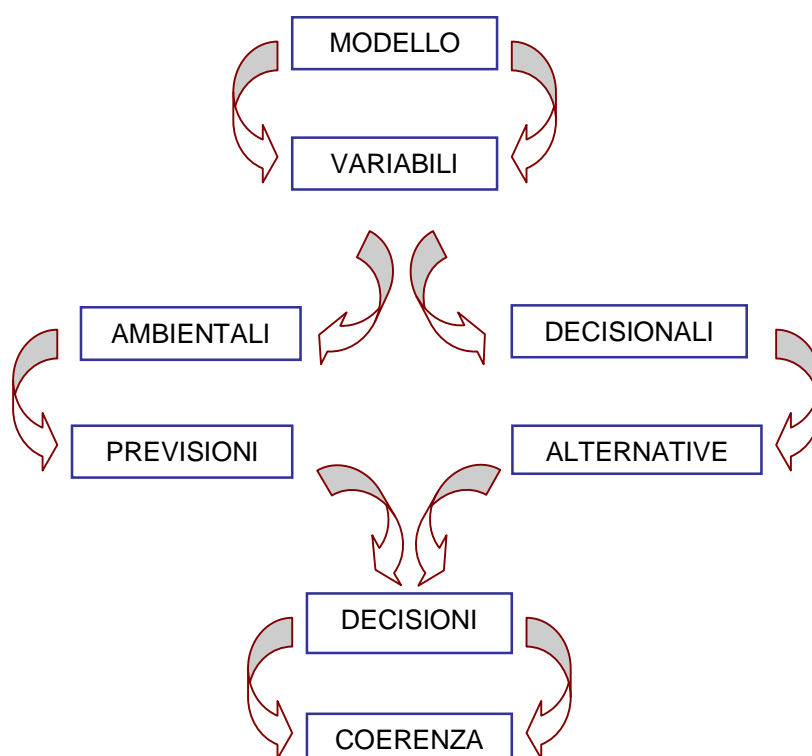


Figura 293 variabili decisionali e ambientali

La coerenza viene intesa come verifica reciproca tra le decisioni prese che sia il più possibile esente da incongruenze.

Le alternative proposte all'interno dello schema sono le scelte finali che si pensa meglio rispondano alla mediazione accennata per il raggiungimento delle specificazioni.

Ciò sottintende che l'operatore abbia davanti a se una pluralità di alternative; la scelta è un passo imprescindibile.

Si dovrebbe ormai aver capito che le soluzioni adottate sono frutto di questa ottimizzazione e di un "ciclo" di valutazioni e revisioni delle idee avute: il risultato finale è frutto di una evoluzione progettuale basata sul compromesso di alternative nel raggiungimento della qualità designata.

Il percorso di progettazione ancora una volta si fonde con ciò che stiamo descrivendo; esempi di tale procedimento sono i casi in cui la scelta avviene dopo determinate prove tecniche o simulazioni o comparazioni estetiche di una soluzione architettonica con un'altra. I capitoli precedenti propongono una serie di esempi. Dalla progettazione architettonica è possibile citare il percorso che ha portato alla stesura delle piante definitive; il capitolo illuminotecnico propone la comparazione di più soluzioni tecniche che influenzano la qualità visiva interna dei locali; le valutazioni strutturali permettono di capire le scelte di una soluzione rispetto ad un'altra nel caso in cui ci si trovi nella zona uffici o in quella studenti e la scelta di un tegolo rispetto ad un'altra incide anche sulle

prestazioni energetiche. Nel capitolo tecnologico ed energetico la scelta di determinate soluzioni e determinati materiali o sistemi tecnologici influenza il risultato finale che deve per forza di cose ammettere una mediazione.

Come esempio non di tipo ciclico ma di tipo comparativo di più proposte indichiamo la scelta di una tipologia schermante piuttosto che un'altra in campo illuminotecnico. Il veloce esempio riporta la scelta tra due opzioni schermanti e la scelta della soluzione più indicata

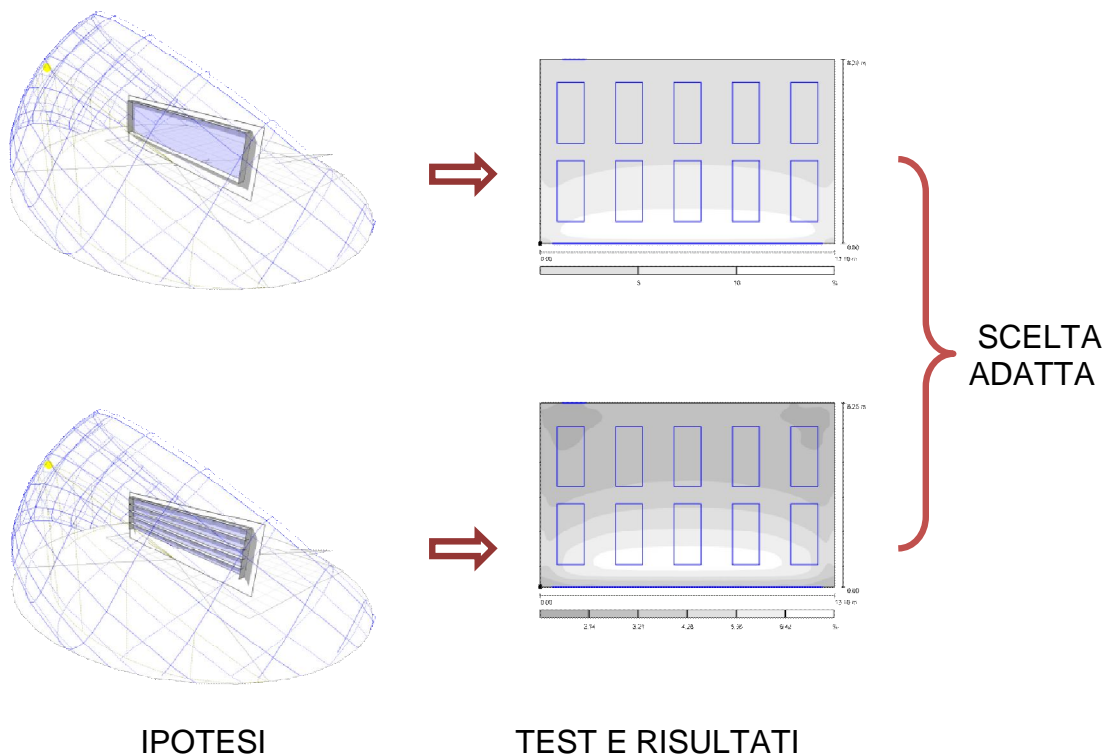


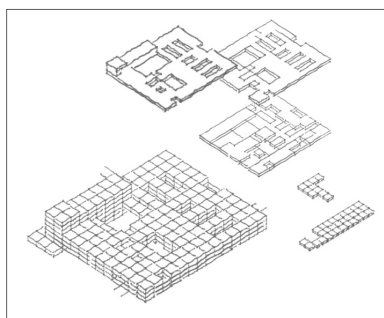
Figura 294 esempio di ricerca di un'alternativa progettuale da procedimento comparativo

Come esempio ulteriore si riporta l'iter di evoluzione dell'impostazione delle piante.

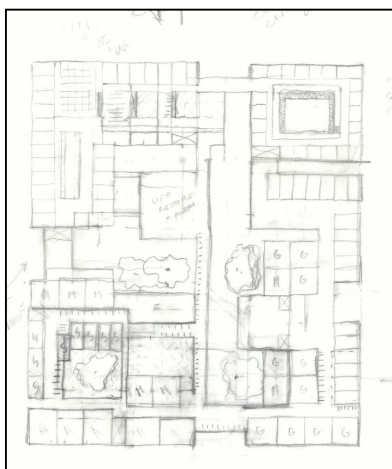
Basti pensare che l'alchimia tra SISTEMI DEI COLLEGAMENTI, SPAZI FUNZIONALI, SISTEMI RINNOVABILI E PASSIVI, SPECIFICITA' PROPRIE DEGLI AMBIENTI produce una illimitata possibilità di soluzioni che una volta selezionate devono essere affinate e coordinate tra loro.

(Si estrapolano e sintetizzano dei passaggi del capitolo di progettazione architettonica)

Figura 295 esempio di ricerca di un'alternativa progettuale da procedimento ciclico di evoluzione

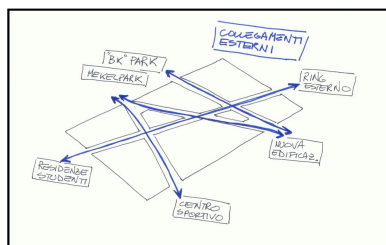


STEP 1:
valutazione volumetrie richieste nel bando
e ipotesi di una prima forma architettonica

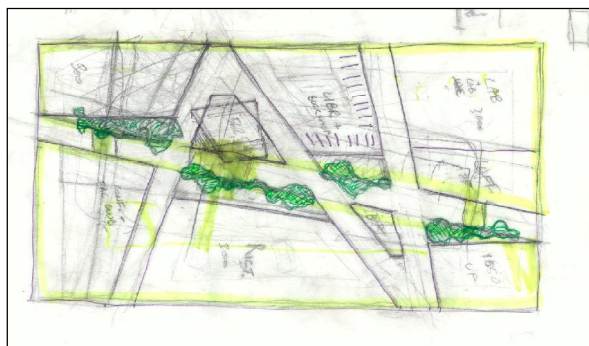


STEP 2:
definizione spaziale di massima,
collegamenti tra locali, divisione interna locali

verifica di coerenza



STEP 3
rivalutazione dei collegamenti esterni e
maglia più complessa di collegamenti



STEP 4:
trasformazione della pianta sulle
nuove indicazioni e valutazione
nuove spazialità, collegamenti tra
locali, divisione interna locali

verifica di coerenza

6.4 Esplicitazione delle scelte e del concept di progetto

L'importanza nelle scelte trova il culmine nella fase di "concept". Ci troviamo al termine del momento di "complessità" che era partito dalla raccolta delle informazioni e vincoli e definizioni di obiettivi. Il "concept" è un momento di sintesi e di relazione esterna delle elaborazioni precedenti.

Gli elementi che compongono il concept sono quelli che definiscono e qualificano il progetto, non a caso ci si appoggia alla pluralità di OBIETTIVI - ALTERNATIVE stilate nei precedenti passaggi. Le loro caratteristiche principali sono:

SPECIFICITA' - benché poi dipenderanno dalla fase;

MISURABILITA' - cioè basati su convenzioni per misurarli;

ACCETTABILITA' - coerenti per poi valutarne la fattibilità;

RILEVANZA - cioè qualificanti il progetto;

TEMPISTICA - cioè basati sul tempo.

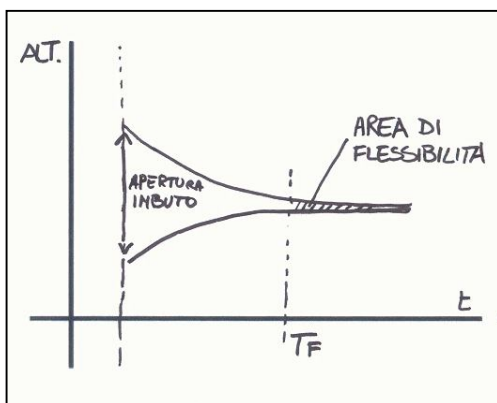


Grafico 48 alternative, tempo e TF tempo di freezing

La relazione tra gli obiettivi è semplice ed è volta a individuare le scelte forti verso cui indirizzare il progetto e dalle quali non si può più tornare indietro. Altri obiettivi privilegiano una condizione decisionale che può essere riveduta successivamente. Questa motivazione spiega perché il concept genera vincoli per le fasi successive del processo: viene posta una sorta di filtro rivolta alla futura fase di definizione. Il diagramma evidenzia al meglio il concept che la pluralità di alternative che si ha in principio tende a diminuire perché step by step si filtrano le possibili soluzioni. Man mano che ci si avvicina al tempo di freezing l'imbuto tende a chiudersi. E' importante che l'imbocco dell'imbuto sia il più largo possibile; la libertà che si lascia all'interno del sistema si rispecchia nel liberismo di scelte future e nel rimandare la gestione delle soluzioni a dopo il concept.

Il concept che si propone successivamente rispecchia determinate scelte progettuali che vincolano la progettazione nel futuro. All'interno del progetto tali decisioni sono state effettivamente prese poi raffinate ed evolute ma sempre dallo stato fissato nel concept. A tale proposito non deve sembrare strano se i disegni citano una situazione pregressa alle possibili configurazioni che si riportano nei capitoli precedenti.

1. EDIFICIO “SIMBOLO”

L'edificio deve essere una presenza di rilievo nel campus a livello Architettonico, tecnico e di vivibilità interna. Deve essere riconoscibile nel presentarsi al pubblico.

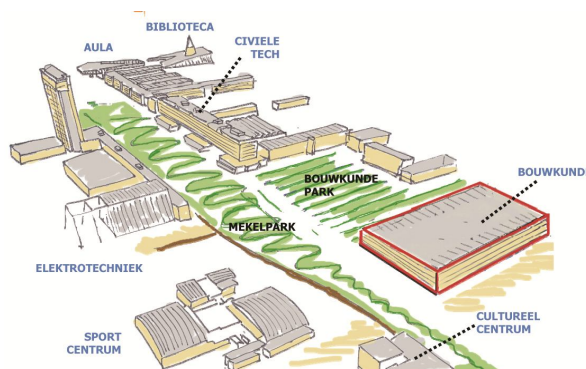


Figura 296 rappresentazione stilizzata del campus ed inserimento novo intervento

2.SVILUPPO TIPOLOGICO A PIASTRA

La conformazione dell'edificio rispetta una scelta di tipo estensivo in quanto meglio si inserisce nello skyline del campus. La sua capacità di interpretare i percorsi intrinseci l'area permette un migliore dialogo con il contesto.

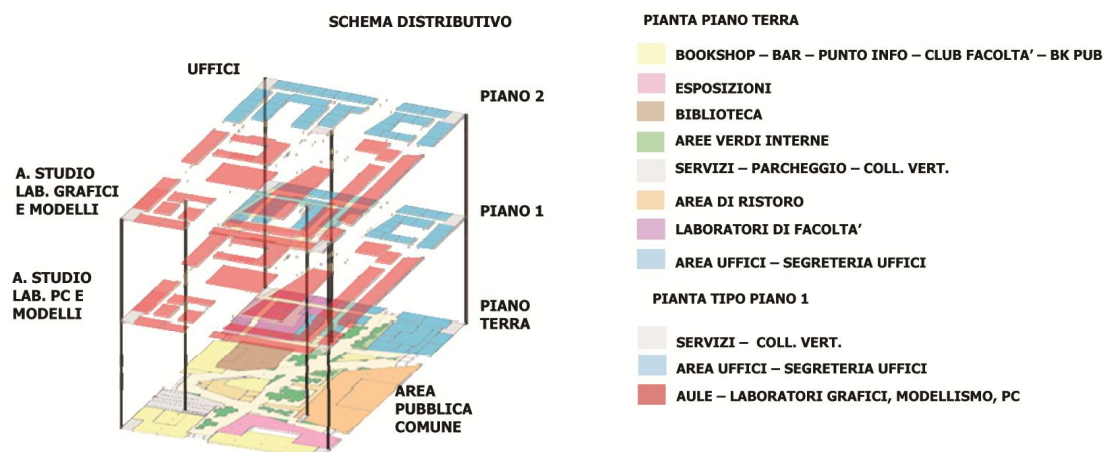


Figura 297 schema distributivo

3.ARTICOLAZIONE INTERNA DEGLI SPAZI

Gli spazi richiesti si dispongono su 3 livelli fuori terra e si differenziano per diversi livelli di privacy in quanto si passa dal piano terra di tipo stampo prettamente pubblico a quelli con maggiore privacy sovrastanti.

4.SISTEMA DEI COLLEGAMENTI

Il sistema è basato sulla sinergia tra micro collegamenti interni e macro collegamenti esterni all'area scelta di progetto che è quella già sede del vecchio edificio. Il sistema dei macrocollegamenti che ruotano attorno all'area è stato pensato per collegare in modo agevole i punti d'interesse dislocati attorno al sito di progetto. Si ottiene la massima permeabilità del lotto.

5.DISTRIBUTIVO SU 3 LIVELLI

6.PERCORSI INTERNI

I percorsi interni seguono la logica descritta pocanzi: da "streets" percorribili quasi fosse un panorama cittadino si passa a una capillarità di percorsi che connettono i vari ambienti dei piani superiori.

7.AREE VERDI INTERNE

Il piano terra fornisce all'utenza delle aree verdi accessibili e sfruttabili al piano terra

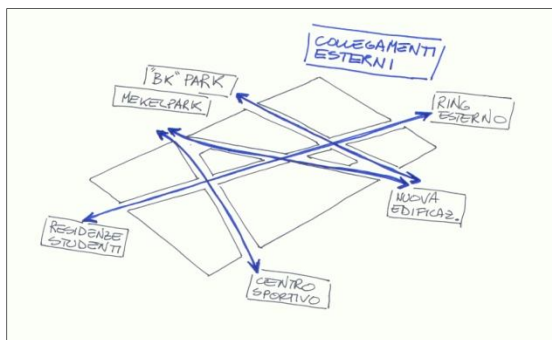


Figura 299 schematizzazione percorsi



Figura 298 sketch di vista interna

9. VENTILAZIONE NATURALE E ATTRAVERSO CAMINI DI VENTILAZIONE

La ventilazione naturale viene studiata per attivarsi sfruttando diversi elementi tecnici dalla classica apertura di finestra allo sfruttamento di camini di ventilazione

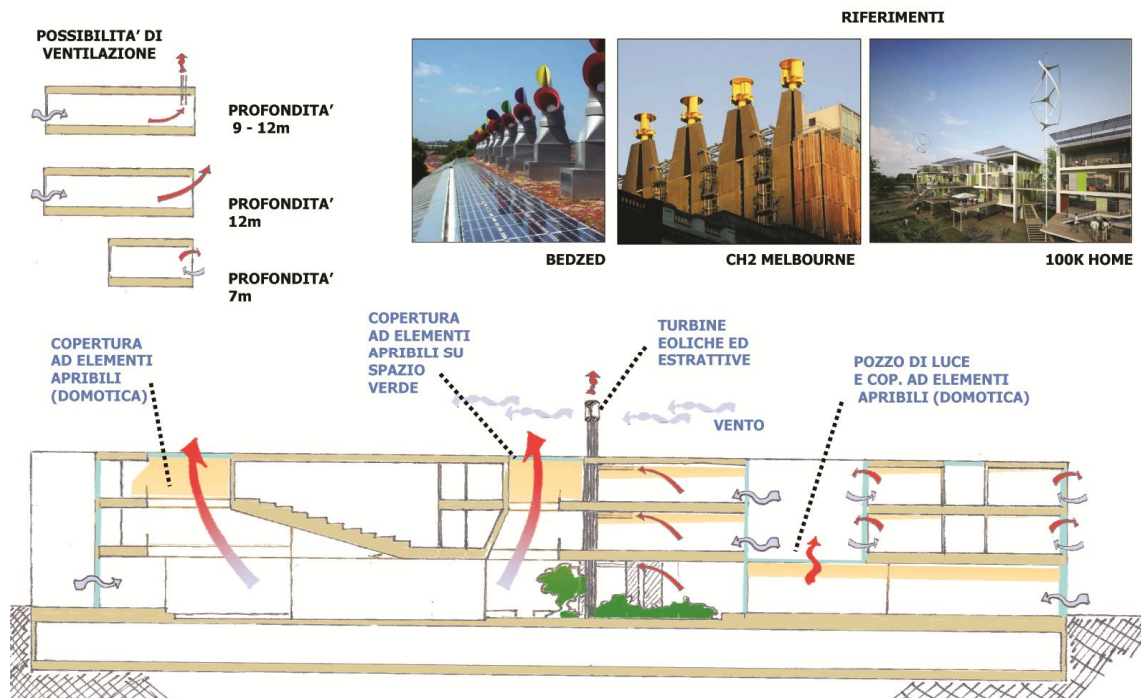


Figura 300 primi studi di ventilazione naturale

10. ILLUMINAZIONE NATURALE

L'illuminazione naturale viene studiata e ottimizzata attraverso varie modalità di "approvvigionamento luminoso"

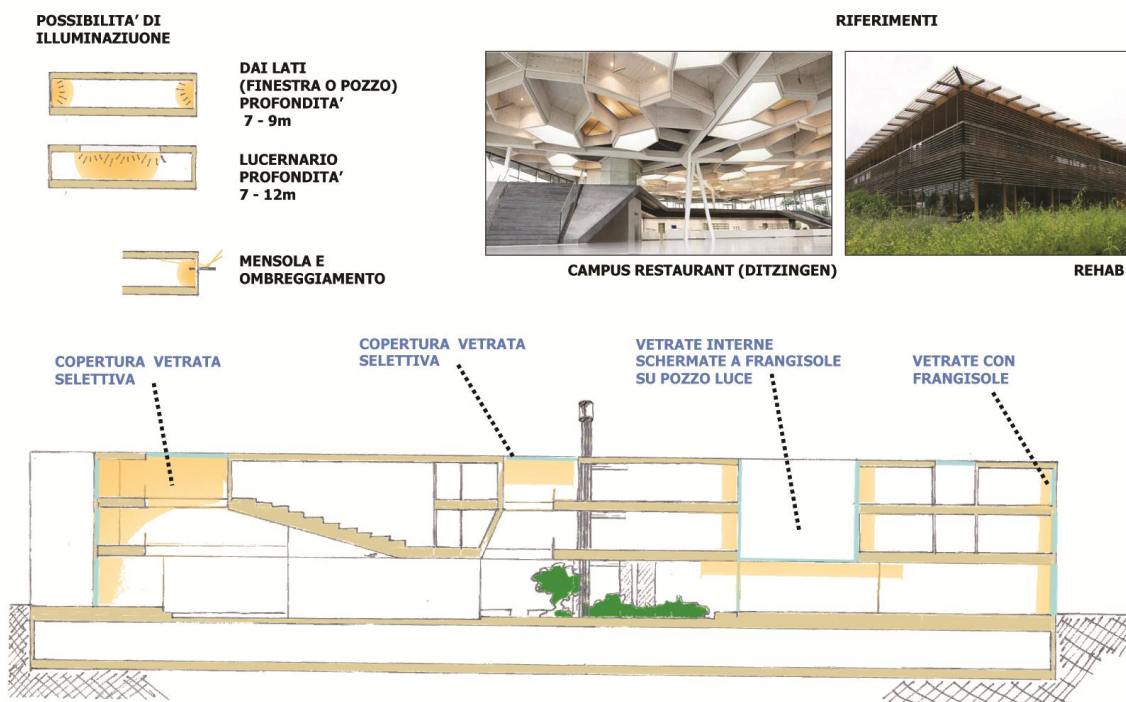


Figura 301 primi studi di illuminazione naturale

6.5 Definizione del progetto

Va fatto notare che per completezza è stata anticipata la descrizione del progetto affinché si possa capire al meglio la definizione dei reticoli “CPM” per la sezione di progettazione e di cantiere.

L’iter processuale prevede che il progetto venga elaborato durante le varie fasi previste di progettazione successive alla stesura del “concept”, cioè sviluppato su un’impronta comune e chiara a tutto il team di progetto.

La fase di definizione prevede la stesura di 2 reticoli “CPM” il primo incentrato sulla parte di progettazione dell’opera mentre il secondo sulla fase di cantiere. La gestione del progetto riguarda in toto la concezione dell’edificio fino alla sua realizzazione fisica. I passi fin qui svolti hanno portato alla definizione di un concept attraverso il quale si cerca di delineare un momento decisionale oltre il quale non è più possibile tornare indietro su certi aspetti del progetto.

6.5.1 Descrizione del progetto

La descrizione del progetto verrà sintetizzata in punti fondamentali in quanto è già stata abbondantemente spiegata attraverso i capitoli precedenti. Il progetto della nuova sede Bouwkunde presenta le seguenti caratteristiche:

L’edificio è posto nell’area indicata del bando cioè la stessa collocazione del vecchio edificio ma tende a coprire la maggior parte dell’area, (compreso il parcheggio a Nord-Est).

L’impostazione generale dell’impianto interpreta le condizioni ed esigenze dettate nel bando con interpretazione dell’architettura olandese e di persistenze interne del campus stesso (altri edifici).

L’edificio interpreta la tipologia architettonica “a piastra” e viene tagliato e scavato attraverso lucernari e pozzi di luce per portare l’illuminazione all’interno; le dimensioni di massima sono 110 x 190m circa su tre piani di altezza fuori terra.

La pianta del piano terra è segnata da direzioni ben precise che collegano l’edificio al contesto.

L’ingresso principale avviene da Nord sul lato del Bouwkunde Park ma vi sono altre entrate aggiuntive raddoppiando gli ingressi sui lati Nord e Sud a dispetto dei fronti Est ed Ovest

La distribuzione delle funzioni ha seguito una naturale impostazione tracciata dall’edificio predecessore e da quelli intorno: il basamento si interfaccia con la vita pubblica studentesca individuando le aree di ristoro, di esposizione, il club, la maggior parte delle aree verdi, la zona dei laboratori per test sui materiali, uffici, il pub di ritrovo giovanile e la biblioteca con bookshop.

Nei piani superiori si presenta una sostanziale suddivisione improntata nella separazione della zona uffici-direzione e la zona studenti. La street interna taglia in due ampie falde i piani sovrastanti; la parte studentesca è stata pensata per un’interazione di funzioni e locali differenti.

L’aula magna sovrasta la “piazza” coperta centrale.

Esternamente l’elemento della scocca avvolge la piastra strappandosi in punti strategici per permettere alla luce di entrare.

La tecnologia costruttiva si basa sullo stratificato a secco per i tamponamenti interni ed elementi prefabbricati per quanto riguarda la struttura portante. La scocca di rivestimento metallica risulta essere un'applicazione di struttura modulare di tipo industriale. Le strategie energetiche sono supportate dallo sfruttamento del vento con l'installazione camini di ventilazione naturale.

I fronti qualsiasi essi siano prevedono ampie vetrate per massimizzare la condizione luminosa dei locali; chiaramente vengono create delle apposite schermature differenziate per orientamenti.

Il fronte est ed ovest sfruttano frangisole verticali orientabili che si estendono lungo tutta la facciata. Le schermature regolano non solo la condizione luminosa ma anche la quantità di radiazione termica entrante.

Il funzionamento passivo dell'edificio da un punto di vista energetico sfrutta la massa dei solai per immagazzinare calore e la ventilazione naturale azionata in momenti strategici della giornata regolando per regolare la temperatura interna. La climatizzazione meccanizzata da mero supporto in periodo estivo, diviene strumento principale di ventilazione interna in periodo invernale. Il sistema prevede un recuperatore di calore e trattamento aria (UTA).

6.5.2 Definizione

La parte seguente a quella di "COMPLESSITA'" viene intesa come parte di DEFINIZIONE DEL PROGETTO che partendo dalla sezione di Progettazione arriva a quella di Cantierizzazione.

Prima di analizzare tali ambiti nella loro organizzazione e processualità, è bene una riflessione sulla figura del PROJECT MANAGER. La sua presenza è tanto più necessaria e pesa all'interno del processo quanto il processo è complesso. Alla base della necessità sta la motivazione di responsabilità. Il P.M. come avremo modo di capire negli schemi, fa sua la responsabilità di progetto e lo difende a livello di obiettivi e vincoli. Le specifiche ampiamente utilizzate fin qui, possono essere oggetto della sua supervisione e quanto meno di accelerazione della presa decisione di seguire il progetto. Il suo ruolo è di "anello" di raccordo tra committente e progetto, perché cerca di ridurre attriti e assorbire disturbi. All'interno della gestione del processo è importante capire: fasi del progetto stesso e responsabilità dei soggetti che ruotano attorno al progetto.

Quest'ultimo già a livello di concept affiora, perché si sono definiti alcuni soggetti essenziali a cui corrispondono determinati obiettivi da raggiungere. L'iter di definizione prevede quindi una sequenzialità di azioni che definiscono:

1 – ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

- Individuo attività
- Individuo fasi
- Individuo tempistiche e procedure e creazione reticolo
- Scomposizione progetto e creazione WP
- Risoluzione del reticolo (NO CICLI – calcolo tempi e cammino critico)

2 – ATTRIBUZIONE RESPONSABILITA'

- Associazione dei responsabili ai WP
- Individuazione per ogni fase

3 – MECCANISMI DI COORDINAMENTO

- Orizzontali o verticali
- Modalità di interfaccia fra gli attori

4 – POLITICHE REALIZZATIVE

- Valutazione tecnologie realizzative e contrattualità

5 – VALUTAZIONE DELLE RISORSE

- Valutazione a livello qualitativo - quantitativo – temporale
- Implicazione dei risultati

6 – INDIVIDUO AREE DI RISCHIO

- Individuazione e anticipazioni

7 – PIANIFICAZIONE E CONTROLLO

Questi sette punti interesseranno le due sezioni in cui approfondiamo il progetto: il progetto vero e proprio inteso come progettazione architettonica e la cantierizzazione del tutto.

La procedura per realizzare i “CPM” che aiutino a visualizzare e tenere sotto controllo la gestione del progetto ipotizzata seguono chiaramente le stesse fasi.

6.5.2.1 Articolazione del progetto

Vengono dati dei riferimenti al fine di chiarire la seguente procedura.

Le attività vengono raggruppate in WP (WORK PACK). Tra di loro vengono riordinate secondo determinati criteri e vengono analizzate con le rispettive durate. Il reticolo viene impostato attraverso l'elaborazione della rete di connessioni.

L'individualizzazione è volta a ridurre al minimo le incompatibilità tra le fasi e per evitarne gli arretramenti nell'avanzamento complessivo del progetto.

Le attività possono essere gestite in parallelo o in serie; per convenzione il numero cerchiato è l'evento, la freccia è l'attività.

La lettura del reticolo si basa sulla semplice necessità di avere compiuto a pieno l'attività precedente per svolgere la successiva.

L'evento riporta lo stato a cui si arriva con l'attività precedente e lo stato da cui si parte per l'attività successiva.

Le specifiche che si vogliono ottenere all'interno della fase designata, vengono ottenute attività dopo attività e il loro rispetto è la base per la prosecuzione del processo step dopo step.

Il non rispetto porta ad avere dei ricicli all'interno dello schema e al degrado della soluzione finale.

A questo punto bisogna effettuare un salto indietro; le procedure così eseguite sulle attività sono più che lecite ma prima di tutto si deve capire la divisione in

fasi dell'iter del processo. Le attività citate si snodano tra eventi principali, definiti MILESTONE, che per caratteristiche e importanza di contenuti sono dei momenti forti di passaggio all'interno del piano. Eventi di tale portata scandiscono anche il procedere delle varie fasi; la loro articolazione fa parte della suddivisione del progetto in "macroaree" definite da opportuni obiettivi e vincoli. La definizione dei MILESTONE è essenziale alla definizione delle fasi.

In questa sezione risulta importante capire che ad ogni fase corrisponde :

A – un'architettura di progetto

B – un piano di fase

C – l'operatività di fase

Questi tre elementi cambiano i loro pesi e incidenze man mano che la fase avanza a livello temporale; il primo riferisce del progetto dalla fase selezionata fino alla fine, il secondo alla fase a cui siamo arrivati e il terzo è la traduzione operativa della fase; cioè l'attuazione dell'attività interna alla fase (ad esempio disegnare praticamente gli elaborati richiesti).

Riferendoci al progetto analizzato si individuano le seguenti fasi:

vengono proposte ed analizzate le fasi rilevate all'interno del processo. Tale programmazione riguarda fasi che oltrepassano la partecipazione al concorso ipotizzando un percorso il più vicino alla realtà possibile che giunge fino alla realizzazione del fabbricato. Il Project Manager viene valutato in una molteplicità di situazioni e relazioni con diversi soggetti e intestatari di procedimenti.

GARA (78 giorni):

La fase in questione è la prima con cui si apre il processo esaminato. Si parte con la presa di conoscenza del bando e si conclude con la partecipazione al concorso. La vittoria di tale concorso è la condizione fondamentale per procedere alla fase successiva. Lo studio di progettazione misura le proprie capacità e decide di partecipare facendo gestire il processo al Project Manager. E' in questa fase che troviamo tutti gli stimoli progettuali radunati nel concept di progetto.

Ciò che è stato definito fin qui è parte integrante dello schema ma viene visualizzato attraverso momenti d'incontro e decisionali fino alla creazione del concept.

PRELIMINARE (50 giorni):

Il preliminare si apre con l'affidamento del progetto allo studio di progettazione in seguito all'ipotesi di vittoria del concorso. La scena prevede l'individuazione

di uno studio di progettazione locale che coadiuvi i vincitori nelle future fasi di progettazione. Il team di progetto viene allargato e si stabiliscono procedure di confronto programmate. Il committente viene invitato alle riunioni di avanzamento del progetto. Il legame tra team di progetto e committente viene vincolato attraverso contratto. La fase termina con incontri di verifica e approvazione degli elaborati attraverso conferenze di servizi. Per tutta la fase il Project Manager è il fautore del coordinamento tra tutti i professionisti partecipanti.

DEFINITIVO (57 giorni):

L'approvazione del preliminare apre le porte alla fase del definitivo. Il team di progetto si allarga ulteriormente perché le richieste progettuali aumentano esponenzialmente. Compaiono figure come il Geologo o Geotecnico per la redazione di relazioni tecniche; esperti di Fisica Tecnica per calibrare le strategie dell'edificio; Economisti; Strutturisti che calcolano la struttura portante. Il Project Manager risulta fondamentale per la coordinazione del tutto che ricalca quella già impostata nel preliminare. Il committente rimane una sorta di supervisore sulla conformazione che il progetto prende durante la fase. Il termine si ha con il passaggio all'esecutivo.

ESECUTIVO (39 giorni):

L'esecutivo è la fase conclusiva della sezione di progettazione. La specificità di ogni singolo elaborato aumenta ma la fase si riduce all'approfondimento dei risultati ottenuti nel definitivo e alla loro esplicitazione. La durata della fase risulta inferiore alle precedenti. Si guarda alla cantierizzazione del progetto; compaiono nuove figure legate alla gestione del cantiere e alla sua sicurezza. Economicamente si deve rispettare il tetto monetario imposto e rispettato già dalle prime fasi. Il termine della fase si ha con l'approvazione degli elaborati. Per tutta la fase il Project Manager è il fautore del coordinamento tra tutti i professionisti partecipanti.

CREAZIONE BANDO GARA D'APPALTO (41 giorni):

Il passaggio alla sezione di cantiere si ha con l'ipotesi che il progetto esecutivo, una volta approvato, non legittima i progettisti ad accedere al cantiere: il team di progetto viene pagato secondo contratto e si apre una fase di ricerca di un'impresa appaltatrice per la futura costruzione. Primo obiettivo è l'elaborazione di un bando di gara d'appalto. Il committente affiancato da esperti del settore e dal PM designato, compone il bando nelle sue parti tipiche e lo sottopone ad approvazione. La fase termina con l'emanazione del bando.

GARA D'APPALTO (63 giorni):

In questa fase l'impresa appaltatrice generale decide di partecipare dopo avere valutato i propri mezzi e le proprie competenze, alla gara d'appalto. La proposta dell'impresa si basa su valutazioni richieste dal bando.

PROGETTAZIONE CANTIERE (57 giorni):

La fase inizia dopo la vittoria della gara d'appalto. Il committente stipula il contratto con l'Impresa Appaltatrice Generale la quale comincia a progettare il cantiere. Viene approfondita la proposta vincitrice ed elaborato un POS messo sotto giudizio.

CANTIERIZZAZIONE OPERATIVA (684 giorni):

Rappresenta l'ultima fase analizzata, nonché la più lunga in termini di durata. Tra gli attori si riscontrano una pluralità di imprese specializzate in diversi ambiti. L'ipotesi fatta per questa fase è di una impresa generale che si appoggia alle altre in determinate circostanze; ovvero quando la sua preparazione tecnica non riesce a coprire il servizio richiesto. Si ha dunque una frammentazione di competenze e responsabilità. La fase si apre con la notifica di cantiere inviata agli organi di controllo preposti e si conclude con il collaudo e consegna dell'opera.

Si riconoscono due sezioni generali, quella progettuale e quella di cantiere anche se ai fini della gestione e programmazione il processo è uno solo cadenzato in molteplici fasi. Queste hanno inevitabilmente delle loro specificazioni e confini in termini temporali.

La fase di gara rispetta le tempistiche vincolanti del bando; la fase di esecutivo ha una durata minore delle precedenti; la fase di realizzazione in cantiere è la più lunga in quanto verte sulla costruzione effettiva del progetto.

La definizione dei WP tende a raggruppare in macrotematiche le attività e aiuta a focalizzare i contenuti, nonché ciò che deve essere effettivamente elaborato per ogni fase. In questo caso la normativa può aiutare a individuare al meglio gli elaborati da produrre. L'elencazione dell'attività attraversa un processo critico di individuazione delle procedure e loro durata.

Si riporta l'esempio di uno step intermedio di creazione del reticolo di attività per la sezione di progettazione.

Tabella 134 esempio di annotazione attività pre- formazione reticolo

N°	ATTIVITA'	INIZIO (dopo...)	FINE (prima...)	DURATA (gg)
0	CONCEPT	---	1,2,3	2
1	INDAGINI TECNICHE (idrogeol., geol., archeol.)	0	4,5	2
2	STUDIO FATTIBILITA' AMBIENTALE	0	6,7,11,12,13,14	3
3	STUDIO FATTIBILITA' ECONOMICA	0	6,7,11,12,13,14	3
4	RILIEVO PLANO-ALTIMETRICO AREA	1	6,7,11,12,13,14	4
5	CRONOPROGRAMMA PROGETTAZIONE INTERV.	1	6,7,11,12,13,14	2
6	ELABORAZIONE ARCH. (1°STEP)	2,3,4,5	8,9	10
7	PREVENTIVO IMPIANTISTICA	2,3,4,5	8,9	4
8	ADEGUAMENTO ARCHIT. IMPIANTISTICO	7,6	10	3
9	PREVENTIVO STRUTTURA	.....	.....	.....
...
135	.....	.....	137	8
136	.....	.....	137	27
137	POSA RIVESTIMENTO BL. AULA MAGNA	132,133	fine lavori	5
138	FORNITUA ED ALLESTIMENTO INTERNI EDIFICIO + DOTAZIONI	129,128,130,131	fine lavori	30
139	SISTEMAZIONE AREE ESTERNE	129,128,130,131	fine lavori	10
140	COLLAUDO FINALE	---	---	1

Non sono state riportate tutte le attività in quanto gli effetti della tabella si visualizzano al meglio nei due schemi allegati.

Le attività vengono poi analizzate per capire le specifiche necessarie step by step, perché ogni progetto presenta personali problematiche e configurazioni del reticolo. (cfr. reticoli cpm)

Il grafico che viene riportato presenta il "cammino critico" cioè viene "risolto" analizzando le sue tempistiche per capire dove si ha la possibilità di slittamenti o meno tra le varie attività. Si visualizza così il percorso sul quale ogni ritardo viene pagato in termini di tempo e costi aggiuntivi. Il capire quali possano essere le parti che possono generare disturbo all'intero sviluppo progettuale permette di anticipare o prendere qualora possibile le dovute contromisure.

Ciò ha permesso di parallelizzare dove è possibile le attività per minimizzare le tempistiche e gli sforzi.

6.5.2.2 Attribuzione responsabilità

E' possibile associare già a livello di WP i soggetti che li sott'intendono. Il fatto di istituire un responsabile titolare delle attività che si eseguono per arrivare ad avere le specificazioni decise "a monte", genererà un cambio di approccio al progetto. Il soggetto è maggiormente coinvolto e stimolato, perché vincolato contrattualmente alla qualità, tempi e costi pattuiti. E' nel suo interesse accettare gli incarichi se sa di riuscire a rispettare i termini; è nel suo interesse cercare di rispettarli quando sta lavorando per non incappare in sanzioni.

Nel caso in analisi vengono individuati i seguenti responsabili dei WP per ogni fase:

Tabella 135 raccolta WP e responsabili

GARA

Work Packages		Responsabili
Analisi Urbanistiche		Urbanista Designer / Paesaggista
Studio Inserimento Urbanistico e Viste Progettuali		Urbanista Designer / Paesaggista + Esp. Grafica
Verifica Economica		Economista / Esperto Economico - Finanziario
Elaborati Progetto	Planimetrie gen. Piante 1:500 PT Sezioni Prospetti Vista Esterna + Inquadramento (scala a descrizione)	Studio di Progettazione
Elaborati Consegna Concorso	A1 Posters testo A4 (motivazione & vision)	

NB: il Project Manager affianca i seguenti attori nella gestione complessiva di tutta la fase

PRELIMINARE

Work Packages		Responsabili
Studio Inserimento Urbanistico e Viste Progettuali		Urbanista Designer / Paesaggista + Esp. Grafico
Indagini Tecniche ed Ambientali		Studio : Progettazione / Paesaggista / Urbanista
Studio Prefattibilità Ambientale	Norme tutela Scelta del sito Verifica compatibilità con amministrazioni	Studio : Progettazione / Paesaggista / Urbanista
Studio Fattibilità Economica	computo approssimativo Planimetrie gen. ≥	Economista / Esperto Economico - Finanziario
Elaborati Progetto	1:2000 Piante 1:200 o 1:500 Sezioni 1:200 o 1:500 Prospetti 1:200 o 1:500	Studio di Progettazione + Esp. Grafico + Designer Interni ed Esterni
Relazione Tecnica		Studio di Progettazione

Relazione Illustrativa	Descrizione e ragioni dell'intervento
------------------------	---------------------------------------

NB: tutti i responsabili citati vengono coadiuvati nei loro compiti da uno studio di progettazione referente in loco (Olanda)

NB: il Project Manager affianca i seguenti attori nella gestione complessiva di tutta la fase

DEFINITIVO

Work Packages		Responsabili
Relazione Geologica		Geologo
Relazione Geotecnica		Geotecnico
Relazione Idraulica		Geologo / Esperto Idrogeologico
Relazione Idrologica		Geologo / Esperto Idrogeologico
Relazione Sismica		Geologo / Esperto Sismico
Studio Inserimento Urbanistico e Viste Progettuali		Urbanista Designer / Paesaggista + Esp. Grafico
Studio Fattibilità Ambientale		Studio : Progettazione / Paesaggista / Urbanista
Studio Fattibilità Economica	Computo metrico Stima sommaria lavori ed espropriazioni	Economista / Esperto Economico - Finanziario
Valutazione V.I.A.		Studio di Progettazione / Paesaggista / Urban Designer
Elaborati Progetto :	Planimetrie gen 1:500 Piante ≥ 1:100 Sezioni 1:100 Prospetti 1:100	Studio di Progettazione + Esp. Grafico + Designer Interni ed Esterni
Computo Metrico Estimativo e Quadro Economico		Economista / Esperto Economico - Finanziario
Schema Impianti 1:200		Studio Esperto Impiantistica
Calcoli Impianti		
Schema Strutturale 1:200		Studio Esperto Strutturista
Calcoli Strutturali		
Schemi Elementi Tecnici e Prestazionali		Studio di Progettazione + Esperti Fisici-Tecnici
Calcoli Elementi Tecnici e Prestazionali		
Relazione Descrittiva Disciplinare Descrittivo e Prestazione di Elem. Tecnici		Studio di Progettazione + Esperti Fisici-Tecnici

NB: il Project Manager affianca i seguenti attori nella gestione complessiva di tutta la fase

ESECUTIVO

Work Packages	Responsabili
Relazione Geologica	Geologo
Relazione Geotecnica	Geotecnico
Relazione Idraulica	Geologo / Esperto Idrogeologico
Relazione Idrologica	Geologo / Esperto Idrogeologico
Relazione Sismica	Geologo / Esperto Sismico
Studio Inserimento Urbanistico e Viste Progettuali	Urbanista Designer / Paesaggista + Esp. Grafici
Valutazione V.I.A.	Studio di Progettazione / Paesaggista / Urban Designer
Elaborati Progetto :	Planimetrie gen.
	Piante
	Sezioni
	Prospetti
Redazione Elenco Prezzi Unitari ed Eventuali Analisi di Mercato	Economista / Esperto Economico - Finanziario
Computo Metrico Estimativo Definitivo e Quadro Economico Piano Particellare di Esproprio	
Redazione Schema Contratto e Capitolato Speciale d'Appalto	Studio di Progettazione
Schema Impianti	Studio esperto Impiantistica
Calcoli Impianti	
Schema Strutturale	Studio esperto Strutturista
Calcoli Strutturali	
Schemi Elementi Tecnici e Prestazionali	Studio di Progettazione + Ingegneri Fisici-Tecnici
Calcoli Elementi Tecnici e Prestazionali	
Relazione Generale di Progetto	
Relazioni Tecniche Specialistiche	Studio di Progettazione
Programma di Manutenzione	
P.S.C.	Cordinatore per la sicurezza
Cronoprogramma di Cantiere	

NB: il Project Manager affianca i seguenti attori nella gestione complessiva di tutta la fase

CREAZIONE BANDO GARA D'APPALTO

Work Packages	Responsabili
Definizione fattibilità Gara d'Appalto	
Definizione dei Criteri della Gara d'Appalto	Committente + Esperti di Settore + Project Manager + Economista
Scelta Giuria Gara	

Definizione Tempistiche Gara
d'Appalto

Valutazione Coerenza con
PSC da esecutivo

Coordinatore Sicurezza

GARA D'APPALTO

Work Packages

Responsabili

Valutazioni Piani Operativi

Valutazioni Piani Sicurezza

Valutazione Tempistiche

Intervento

Valutazione Economicità

Intervento

Valutazione Noleggi e

Forniture Intervento

Impresa d'Appalto Generale + Project
Manager + Esperti interni all'impresa

PROGETTAZIONE CANTIERE

Work Packages

Responsabili

Definizione Piani Sicurezza

Definizione Tempistiche

Intervento

Definizione Economicità

Intervento

Definizione Noleggi e Forniture

Intervento

Nomina CSE per la sicurezza

Nomina Cariche Referenti

Cantiere

Redazione del POS

Impresa d'Appalto Generale + Project
Manager + Esperti interni all'impresa

CANTIERIZZAZIONE OPERATIVA

Work Packages

Responsabili

Definizione

Approvvigionamenti Cantiere

Gestione Cantiere in loco

Gestione interventi generali di
cantiere

Gestione interventi relativi alle
reti elettriche dell'opera

Gestione interventi relativi alle
reti idrauliche e impianti
sanitari

Gestione interventi relativi
all'applicazione di rivestimenti
esterni

Procurator Manager

Capo Cantiere

Impresa Appaltatrice Generale

Impresa Opere Elettriche

Impresa Opere Idrauliche-Sanitarie

Impresa Rivestimenti Esterni

Gestione interventi relativi al montaggio di frangisole	Impresa Frangisole
Gestione interventi relativi all'applicazione di rivestimenti interni	Impresa Rivestimenti Interni
Gestione interventi relativi all'illuminazione interna ed esterna	Impresa illuminazione Interna/Esterna
Gestione interv. relativi all'installazione impiantistica per riscaldamento o condizionamento	Impresa Impiantistica Riscaldamento/Condizionamento
Gestione interventi per installazione di camini di ventilazione	Impresa Impiantistica Camini di Ventilazione
Gestione interventi per installazione di pannelli fotovoltaici e solari	Impresa Impiantistica Fotovoltaico e Solare
Gestione interventi per installazione di reti di recupero acqua piovana	Impresa Impiantistica Recupero Acqua Piovana
Gestione interventi riguardanti giardini esterni interni e pensili	Impresa Opere Giardinaggio
Gestione interventi per realizzazioni in CLS e prefabbricato	Impresa CLS e Prefabbricati
Gestione interventi per realizzazioni in acciaio	Impresa Opere Acciaio
Gestione interventi per installazione di serramentistica	Impresa Opere Serramentista
Gestione interventi per realizzazione secondo tecnologie "stratificato a secco"	Impresa Opere Stratificato a Secco
Gestione interventi per installazione opere provvisionali	Impresa Opere Provvisionali

N:B: Il P:M: gestisce la fase "a monte" definendo i momenti di opportuna verifica e di controllo del buon andamento del cantiere

N.B.: la specificazione di tutte le varie attività viene posticipata durante la lettura del reticolo nella sezione "cantiere"

Alla luce di tutto ciò che è stato visto fino ad ora risulta credibile avere una pluralità di attori che ruotano attorno al progetto durante le varie fasi. Dalle tabelle si deduce che gli attori entrano in gioco attraverso tempistiche differenti. Le dinamiche di partecipazione sono interessanti da studiare per capire i possibili legami con gli stati di disponibilità di determinate risorse.

6.5.2.3 Meccanismi di coordinamento

Ogni attività genera disturbo ed è proprio questo che genera la necessità di coordinamento tra le parti che partecipano alla realizzazione del processo. Il reticolo segnala attraverso richiami grafici la necessità di interazione tra i soggetti nelle attività. Si fa notare che la necessità di interazione aumenta con l'avvicinarsi dei momenti in cui si devono prendere le decisioni o eventi importanti.

La parallelizzazione da sola non basta ma deve essere supportata da revisioni programmate e incontri di programmazione a scadenze fissate affinché gli attori presenti non svolgano le loro attività in disaccordo con gli altri.

In questo caso si presenta l'attività di riunione e verifica successiva ad un momento in cui ogni professionista ha portato avanti il proprio lavoro secondo gli accordi presi in comunione con gli altri soggetti in una riunione analoga. In questo caso si verifica la coerenza ed eventuali problematiche e in più si decide la linea da mantenere per le attività successive.

Prima si è parlato che ogni professionista ha lavorato in proprio ma ai fini di un buon esito della progettazione ciò non è possibile. Viene perciò previsto che i soggetti comunichino tra loro secondo incontri programmati tra i responsabili precedentemente individuati.

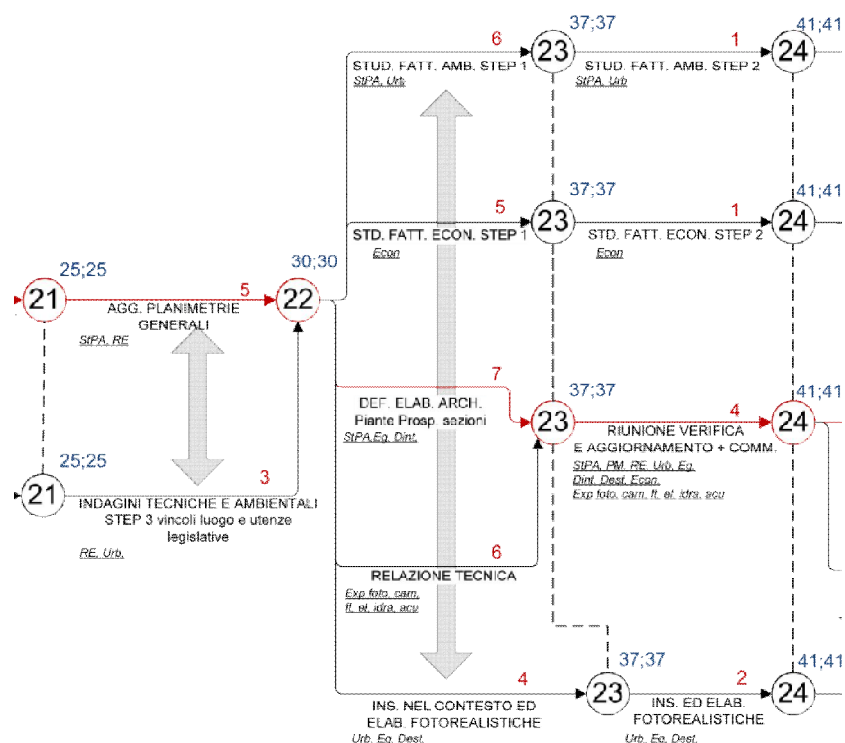


Figura 302 stralcio del CPM sezione progettazione per visualizzare il caso di riunione di coordinamento e il caso di verifiche programmatiche (visualizzato dall'interazione delle attività con la freccia grigia)

Nella sezione di cantiere si ricorda come la coordinazione sia importante al fine di mantenere la sicurezza interna del cantiere. Per contro la parallelizzazione risulta efficace se bene gestita e non crei presupposti di intralcio reciproco tra

le attività. Un possibile intralcio in cantiere potrebbe significare gravi conseguenze anche sulla salute dell'utente.

Per il cantiere si può fare il seguente esempi; l'utilizzo di differenti tecnologie costruttive impiegando diversi materiali in cantiere implica un differente utilizzo di macchinari e strumentazioni nonché differenti procedure costruttive. L'interazione tra l'impresa opere in CLS e quella in opere stratificate a secco ha in se degli attriti che devono essere appianati e coordinati prima che creino delle problematiche.

Oppure la gestione di tutte le lavorazioni di allestimento degli interni a struttura terminata ha alla base una gestione delle operazioni che necessita di contatti ripetuti al fine di non scontrarsi nel lavorare "a ciclo" all'interno degli ambienti.

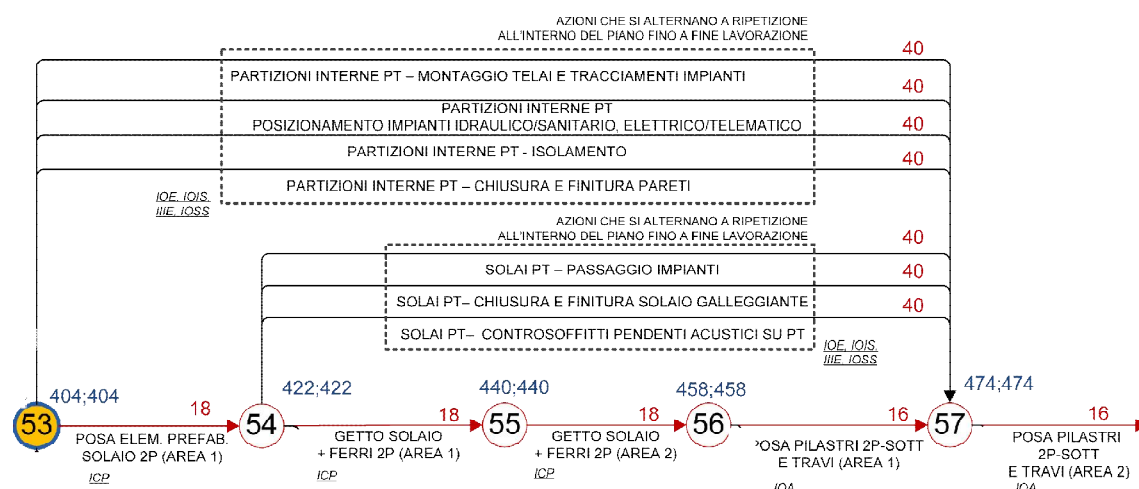


Figura 303 stralcio del CPM sezione cantiere per visualizzare il caso di coordinamento tra più attività sullo stesso piano che si alternano in modo ciclico dopo avere definito le competenze e i propri confini di interazione

6.5.2.4 Politiche realizzative

Ci si affaccia ora sul campo delle tecnologie produttive, strumenti e metodi da impiegare.

In questo caso l'approfondimento varia a seconda dei contenuti tecnologici del progetto; la scelta di una particolare tecnica costruttiva e di nuovi prodotti ammessi implica determinate procedure di progettazione (in House) e cantierizzazione (in Field).

Come già detto precedentemente le diverse imprese proprio perché operano in diversi campi hanno diversi modi di procedere perché diversa è la strumentazione. Non da meno sarà l'applicazione dell'impiantistica per lo sfruttamento delle risorse rinnovabili che implica competenze ed esecuzioni di cantiere specifiche. Si incappa quindi nel classico esempio che se si deve gestire un qualcosa, l'esito positivo di tale coordinazione dipende dal grado della conoscenza che si ha sulla cosa stessa; più elementi si conosco e più ci si può regolare nei suoi confronti, mentre se la variabilità risultasse indomabile l'unica soluzione sarebbe l'anticipazione.

Di altra natura ma di uguale importanza è l'aspetto della contrattualità legata al progetto.

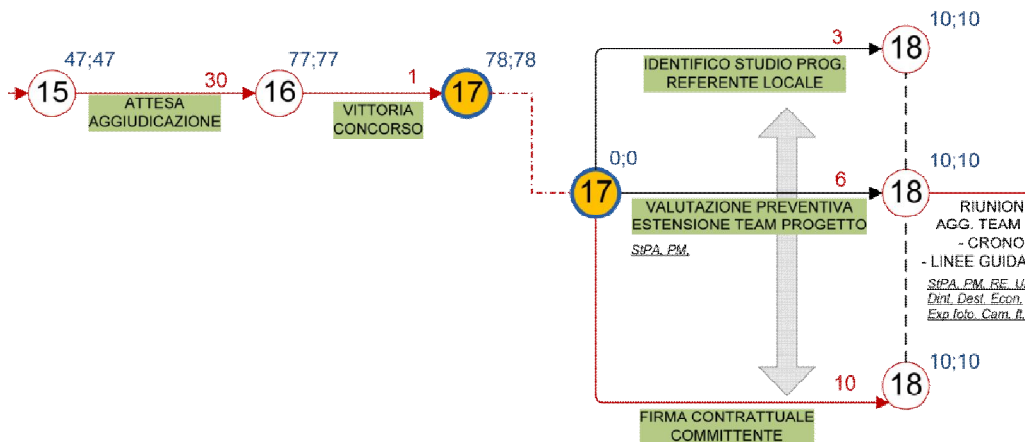


Figura 304 stralcio del CPM sezione progettazione per visualizzare il caso di tipologia contrattuale che richiede la firma del committente per potere proseguire nell'iter di progettazione

Alcuni esempi si ritrovano nel reticolo: ci si riferisce alla contrattualità legata all'affidamento della progettazione allo studio medesimo e al pagamento di questo a lavoro ultimato.

Nella sezione di cantierizzazione questo discorso è più visibile perché si definisce il legame tra analisi dello stato di avanzamento e tempistiche di flusso di cassa; tutto ciò nello schema si esplicita con la voce "SAL-VERIFICA OPERATO".

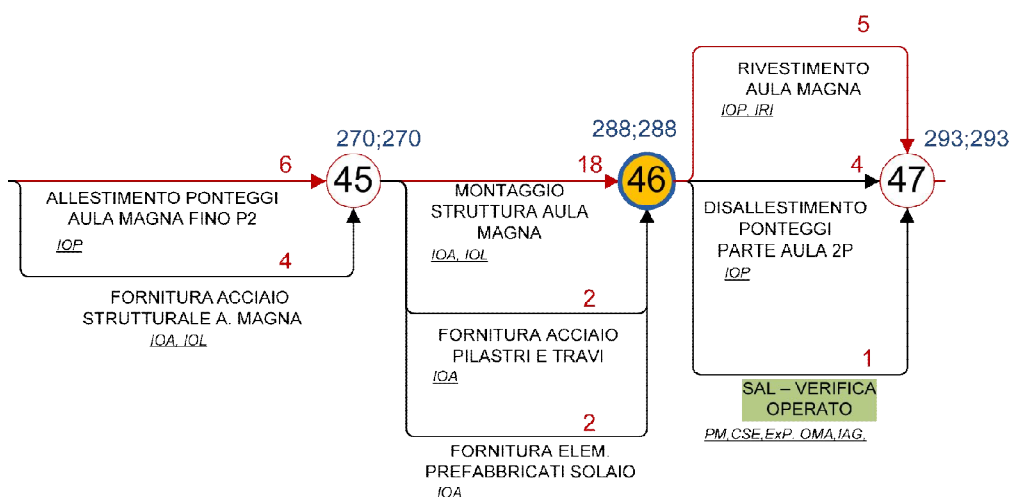


Figura 305 stralcio del CPM sezione cantiere per visualizzare l'evento trattato del "SAL" alla fine di una serie di attività svolte che meritano una verifica

In ultimo si fa notare la differenza tra la figura del fornitore e quella del soggetto con cui si instaura una partnership.

La “partnership” lega maggiormente il produttore ai fini del progetto perché sott’intende un “ragionare alla pari” con il progettista nella risoluzione dei problemi.

Viceversa le forniture sono solo consegne di materiali che hanno le caratteristiche richieste e progettate. All’interno del reticolo attraverso lo schema di “fornitura” si regola la complessità degli approvvigionamenti gestita dalla figura del Procurator Manager, che da esperto riesce a gestire la “richiesta di materiale”.

All’interno dello schema si definisce quando il materiale viene fornito ma a monte deve esserci una richiesta e invio delle adeguate specifiche, gara tra fornitori e invio dell’ordine in comunione con le tempistiche pattuite nella progettazione e gestione del progetto. Il tutto deve funzionare al fine di non avere ritardi all’interno del reticolo.

Un ulteriore appunto nel caso della partnership; all’interno del nostro progetto non è stata ipotizzata alcun tipo di collaborazione stretta con alcun tipo di produttore specifico. Una partnership pretenderebbe la modifica dei reticoli fin qui impostati.

6.5.2.5 Valutazione delle risorse

Approfondendo la questione contrattualistica si può arrivare ad un discorso molto più pratico ai fini della progettazione: il rapporto fra progetto e risorse disponibili.

La loro analisi viene eseguita automaticamente perché la loro politica di gestione e disponibilità influisce su tutto il progetto in termini di tempistiche e costi. Il discorso risulta strettamente collegato con la gestione delle risorse nella valutazione delle politiche realizzative.

Per risorse si intende dai componenti del team ai materiali e macchinari usati in cantiere. Per esempio la mancanza di un particolare materiale prima avrebbe come controparte l’arresto del cantiere; a questo proposito figure come il Procurator Manager diventano di basilare importanza nell’aggiramento di tali situazioni. La mancanza di reperibilità di un attore nella fase di progettazione implica ritardi nella produzione dei successivi elaborati.

6.5.2.6 Individuazione aree di rischio

Per area di rischio si intende ciò che non si controlla e non si prevede ma che disturba il progetto. L’individuazione delle aree di rischio è il primo passo verso la loro gestione. Normale è trovare l’area di rischio lungo il cammino critico ma in realtà la loro collocazione è arbitraria. La loro pericolosità rimane sempre la stessa: le criticità se non affrontate possono creare situazioni di spostamento di cammino critico. Banalmente un’attività critica o ritenuta tale per presupposti di rischio noti, pur non trovandosi sul cammino critico inizia a generare ritardo nel suo espletamento; questo accumulandosi, genera un ritardo complessivo che influisce in termini di tempistica globale nel mutamento del percorso critico.

Si riportano le tipologie di rischio che ricorrono all’interno dei due CPM sezione progetto e sezione cantiere (1 caso per tipologia):

coll.	AREE CRITICHE	analisi
7-8	RIUNIONE GENERALE - ACCETTAZIONE CONCEPT - ACCETTAZIONE CRONOPROGR.	area critica perché l'accettazione del concept e del cronoprogramma dipendono da una pluralità di attori che devono cercare di raggiungere un accordo
11-12	RIUNIONE DI AGGIORNAMENTO E VERIFICA COERENZA CON CONCEPT	area critica perché la mancata coerenza determina un mal funzionamento e impostazione di tutto il processo
13-14	RACCOLTA ELABORATI CONCORSO	area critica perché il mancato espletamento non consente la consegna degli elaborati
15-16	ATTESA AGGIUDICAZIONE	area in cui non si può fare nulla ma aspettare il verdetto
16-17	VITTORIA CONCORSO	il giudizio o meno sul lavoro consegnato è totalmente indipendente dai soggetti che hanno partecipato alla gara
17-18	IDENTIFICO STUDIO PROG. REFERENTE LOCALE	la criticità sta nella ricerca dello studio referente; nella difficoltà di reperimento; e sulla determinazione delle sue credenziali
	VALUTAZIONE PREVENTIVA ESTENSIONE TEAM PROGETTO	criticità nel preveder le eventuali disponibilità di determinati attori utili al processo
	FIRMA CONTRATTUALE COMMITTENTE	è un'attività basata su un determinato comportamento e azione umana che spesso può risultare inaspettata e contraria
25-26	RIUNIONE VERIFICA GENERALE (+COMM.) E RACCOLTA ELAB.	il confronto con il committente e il suo giudizio non sono prevedibili; si possono indirizzare verso una risposta preferenziale ma non assoggettare
27-28	APPROV. PRELIMINARE E INDIC. PARTI DA REVISIONARE	l'approvazione del lavoro svolto non dipende dal team di progetto ma dalla mediazione e conciliazione con la conferenza
31-32	VALORE DI MERCATO MATERIALI E PRODOTTI UTILIZZABILI	la valutazione è strettamente legata al mercato che sappiamo essere noto per la sua variabilità nel tempo
35-36	VALORE DI MERCATO MATERIALI E PRODOTTI SCELTI	la valutazione è strettamente legata al mercato che sappiamo essere noto per la sua variabilità nel tempo
36-37	RIUNIONE VERIFICA GEN. (+ COMMIT.)	il confronto con il committente e il suo giudizio non sono prevedibili; si possono indirizzare verso una risposta preferenziale ma non assoggettare

37-39	NOMINA COORD. PER LA SICUREZZA IN PROGETTAZIONE	la criticità sta nella ricerca del professionista; nella sua propensione alla disponibilità e sulla determinazione delle sue credenziali
37-38	APPROV. DEFINITIVO E INDIC. PARTI DA REVISIONARE	l'approvazione del lavoro svolto non dipende dal team di progetto ma dalla mediazione e conciliazione con la conferenza
44-45	RIUNIONE VERIFICA GEN. (+ COMM.)	il confronto con il committente e il suo giudizio non sono prevedibili; si possono indirizzare verso una risposta preferenziale ma non assoggettare
46-47	APPROVAZIONE ESECUTIVO	la mancata consegna preclude a tutto il resto del processo
	CANTIERE	viene riportata come area critica perché presa in senso generale è una fase estremamente delicata

sezione cantiere

coll.	AREE CRITICHE	analisi
0-1	CONSEGNA ESECUTIVO	la mancata consegna preclude a tutto il resto del processo
1-2	APPROVAZIONE ESECUTIVO	il giudizio o meno sul lavoro consegnato è totalmente indipendente dai soggetti produttori l'esecutivo
2-3	VERIFICA FATTIBILITA' GARA APPALTO	la successiva procedura è vincolata dall'approvazione della fattibilità della gara d'appalto; affrontabile o meno?
3-4	DEF. SOGG. COMPETENTI PER CRITERI GARA D'APPALTO	la criticità sta nella ricerca dei professionisti; nella loro propensione alla disponibilità e alla determinazione delle loro credenziali
5-6	CONFRONTO PER COERENZA CON ESECUTIVO (P.S.C.)	la criticità sta nella ricerca del professionista; nella sua propensione alla disponibilità e sulla determinazione delle sue credenziali
	APPROV. BANDO GARA D'APPALTO	l'approvazione dipende da soggetti esterni la cui decisione è totalmente arbitraria
8-9	DEFINIZIONE GIURIA AGGIUDICAZIONE	la criticità sta nella ricerca dei professionisti; nella loro propensione alla disponibilità e alla determinazione delle loro credenziali
18-19	VITTORIA GARA D'APPALTO	il giudizio o meno sul lavoro consegnato è totalmente indipendente dai soggetti che hanno partecipato alla gara
	STIPULAZIONE CONTRATTO	è un'attività basata su un determinato comportamento e azione umana che spesso può risultare inaspettata e contraria
19-20	NOMINA CSE	la criticità sta nella ricerca del professionista; nella sua propensione alla disponibilità e sulla determinazione delle sue credenziali

	NOMINA SOGG. PARTE REALIZZATIVA	la criticità sta nella ricerca dei professionisti; nella loro propensione alla disponibilità e alla determinazione delle loro credenziali
20-22	ACQUISIZIONE PERMESSI	il loro rilascio e tempistica dell'attività è tendenzialmente variabile e non controllabile
21-22	DEFINIZIONE ORDINI DA ANTICIPARE	la criticità sta nel vaultare in modo adeguato la tempistica legata al cantiere e farla collimare con le tempistiche di approvvigionamento
26-27	CONSEGNA P.O.S.	la mancata consegna preclude a tutto il resto del processo
28-29	NOTIFICA INIZIO LAVORI	si dà il via alla fase di cantiere
29-30	VALUTAZIONE APPROVVIGIONAMENTI, MACCHINARI PER SCAVO E GRU	la valutazione dei primi approvvigionamenti permette di far partire il
	MONTAGGIO GRU DI CANTIERE	l'espletamento dell'attività è preliminare all'attività di cantiere
	SERVIZI LOGISTICI E IMPI. DI CANTIERE	l'espletamento dell'attività è preliminare all'attività di cantiere
	CONTROLLO E GESTIONE OPERE CONTENIMENTO ACQUE	l'espletamento dell'attività è preliminare all'attività di cantiere
31-32	MONTAGGIO CENTRALE BENTONAGGIO	l'espletamento dell'attività è preliminare all'attività di cantiere
	SAL – VERIFICA OPERATO	gli stati di avanzamento e verifica operato valutano le attività svolte in precedenza e la qualità dei risultati ottenuti si può decidere di smantellare e rifare la parte con risultato negativo alla verifica
33-34	ATTESA PER MATURAZIONE FONDAZIONI	l'attesa per la maturazione del getto di cls delle fondazioni così come ogni altra attesa simile deve essere rispettata per questioni di stabilità dell'edificio
41-44	ATTESA PRESA GETTO DI COMPLETAMENTO PT	l'attesa per la maturazione del getto di cls così come ogni altra attesa simile deve essere rispettata per questioni di stabilità dell'edificio
70-71	NOTIFICA FINE LAVORI	si termina la fase di cantiere
71-72	COLLAUDO	la criticità è insita nell'attività stessa e nel suo esito

NB : SEBBENE NON VENGA RIPORTATE LE FORNITURE SONO DA RITENERSI "AREE CRITICHE" UN RITARDO DI CONSEGNA COMPORTA UN RITARDO DELLE LAVORAZIONI SUCCESSIVE

Le tabelle riportano almeno un caso per ogni tipo di area di rischio riscontrata. Nei reticoli in allegato sono segnate tutte; si fa notare come esistano determinate aree di rischio, a cavallo tra le fasi, che creano l'azzeramento di ogni tempistica perché la loro indeterminazione temporale non permette di sapere quando il cammino può riprendere.

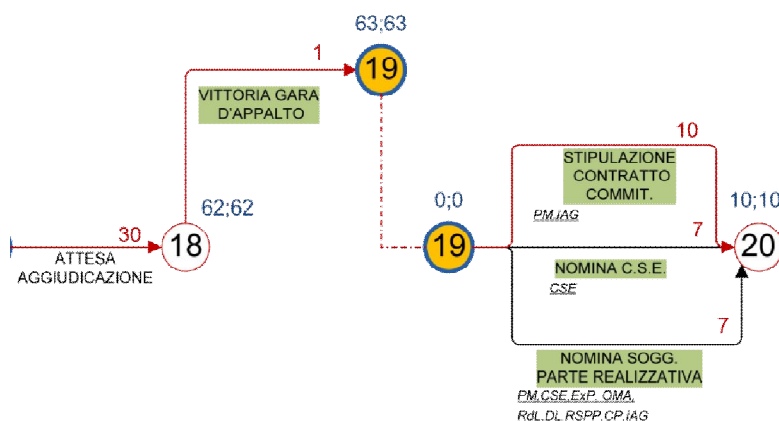


Figura 306 stralcio del CPM sezione cantiere per visualizzare un momento del CPM interessato dalla presenza di attività critiche

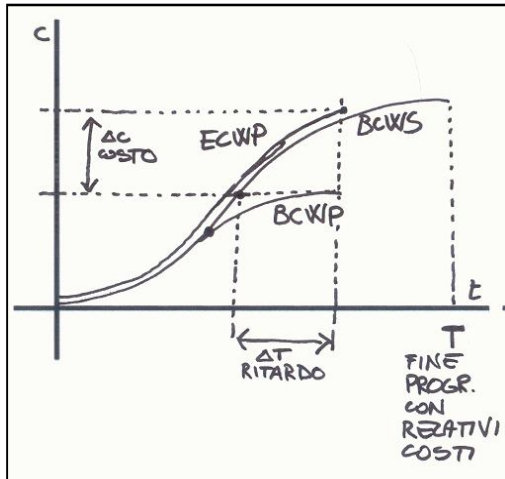
Tra i metodi di soluzione si ricordano:

- *Eliminazione o aggiramento del rischio*, ad es. ricorrendo alla partnership in casi di fornitura
- *Riduzione degli effetti per diversa articolazione*, modificando l'assetto del cammino critico.
- *Diagnosi del rischio*, analizzo le cause per porvi un rimedio.
- *Riduzione degli effetti*, non giocando d'anticipo sulle cause ma riducendo il fenomeno e quindi agendo direttamente sugli effetti.
- *Anticipazione*; è la pratica usata maggiormente, perché come ripetuto fino ad ora, attraverso la definizione di sensori si tiene il sistema sotto osservazione creando un vantaggio iniziale su possibili problematiche future: "a monte del concetto" rimane la tempistica con cui affronta il tutto.

6.5.2.7 Pianificazione e controllo

I controlli che eventualmente si fanno vertono su caratteri quali la tempistica e i costi del processo.

Questi controlli sono eseguiti dal P.M. che segue il progetto in tutte le sue fasi.



La valutazione e comprensione di indici come:

il BUDGET COST WORK SCHEDULE (BCWS);

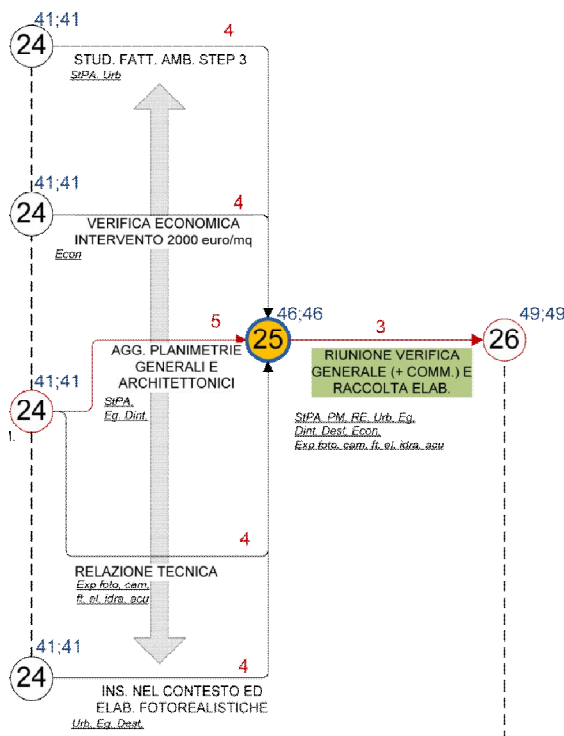
il BUDGET COST WORK PERFORM (BCWP);

il COSTO EFFETTIVO LAVORO SVOLTO (ECWP),

Grafico 49 indici economici di controllo

permettono di capire l'avanzamento del progetto attraverso la terna **C.Q.T.**.

Se le curve che gli indici individuano tendono a discostarsi troppo l'una dall'altra, allora c'è il rischio che l'andamento del processo debba subire una modifica per riportarlo al giusto stato.



Possono quindi regolare la necessità di aggiornare e revisionare il piano con cui si sta procedendo.

I controlli (e le rispettive regolazioni) si effettuano: "PRIMA", "DOPO" e "DURANTE" tutto il processo. Sono l'espedito migliore per capire a che punto ci si trova del processo in ogni momento.

Esempio possibile di questi controlli lo riscontriamo all'interno dello schema, nel rapporto tra l'attività di SAL e le attività pregresse che ha intenzione di supervisionare, oppure i momenti di riunione generale che nella sezione di progetto regolano il buon andamento della progettazione.

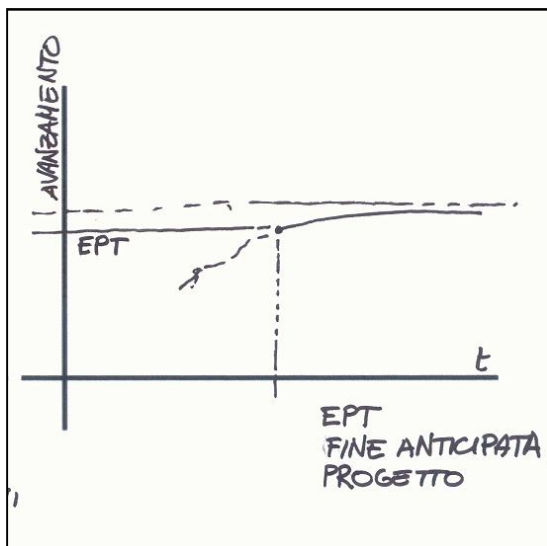
Figura 307 stralcio del CPM sezione progettazione per visualizzare il caso di una riunione di verifica generale come momento di controllo

6.6 Conclusione del processo

Il processo fin qui descritto, cantierizzazione compresa, termina con la consegna dell' "oggetto" al committente. Ma risulta sempre così?

Nella realtà il progetto può avere molteplici finali e tutti legittimi.

Per citare alcuni esempi abbiamo:



- accettazione e collaudo; in cui la consegna al committente è la diretta conseguenza
- liberazione delle risorse
- termine anticipato del progetto

Grafico 50 avanzamento e fine anticipata di progetto

Quest'ultimo caso rappresenta un interessante sfaccettatura delle modalità di chiusura del progetto.

Si è concluso paragrafo precedente con delle riflessioni sulle possibili modalità di valutazione dell'andamento del progetto.

In fase conclusiva possono esistere delle condizioni tali per cui il progetto tende ad avanzare sempre di meno a fronte di perdite di tempo e risorse economiche ingenti.

Va da se definire la situazione inaccettabile ai fini dell'economia generale dell'intervento. La soluzione migliore è dunque terminare prima il progetto (early project term) ad un dato momento oltre il quale non si avrebbe più beneficio.

Per quanto riguarda il nostro progetto la consegna finale è il risultato auspicabile ed esso avviene secondo certi criteri: la consegna non riguarda solo l'oggetto in se ma si deve anche prevedere un passaggio di informazioni per mantenere il suo perfetto stato di funzionamento. La consegna prevede dunque delle specifiche addizionali su come gestire l'oggetto in un futuro nei momenti di manutenzione. Si definiscono possibili scenari di tempistiche e costi d'intervento e le migliori modalità per svolgere le attività.

A prescindere dal possibile scenario di conclusione si trova interessante effettuare una propria autocritica sugli errori che si commettono durante il processo o sulle scelte intraprese a discapito di altre. Quello che si applica è un metodo e come tale è suscettibile di personalizzazione e affinamento continuo imparando dai propri errori purché vengano astratti e applicati al caso generale.

A questo proposito si vuole fare riflettere sulle innumerevoli possibilità di articolazione dei reticoli ottenuti e che la soluzione scelta è una tra le possibili; in effetti una maggiore parallelizzazione delle attività nella fase di cantierizzazione operativa avrebbe portato a restringere ancora di più il reticolo e a diminuire i termini temporali. Il tutto deve sempre tenere conto della sicurezza e dell'effettiva possibilità di svolgimento dell'attività.

6.7 Conclusioni

Il capitolo vuole approfondire la gestione di tutto l'iter progettuale inerente alla nuova facoltà di architettura del TU Delft.

Viene analizzata la progressione del progetto partendo da quando è ancora un'idea su carta fino alla sua realizzazione in cantiere.

Il tutto viene esposto attraverso un metodo di analisi che permette di accostarsi a qualsiasi tipo di progetto ritenuto complesso (come nel nostro caso).

Il processo critico di analisi effettuato prevede:

- la conoscenza dell'oggetto in esame attraverso una fitta rete di obiettivi vincoli;
- l'individuazione degli attori fondamentali che ruotano attorno al progetto;
- l'analisi delle possibili alternative;
- una consapevolezza nelle scelte basata sulla terna qualità-costi-tempo;
- la criticità e necessità di riconoscere un momento riassuntivo di "concept";
- la creazione di schemi "CPM" per tenere sotto controllo l'avanzamento del progetto:
 - individuazione attività;
 - individuazione delle responsabilità;
 - individuazione dei possibili metodi di coordinamento
 - individuazione delle possibili politiche di realizzazione
 - gestione delle risorse
 - individuazione delle aree critiche
 - individuazione sistemi di controllo
 - ipotesi di termine processo

In questo modo si è passati dalla conoscenza approfondita del progetto a una consapevolezza di gestione che, individuando i punti critici e pericolosi del processo, permette di avere un controllo completo su tutto l'iter di creazione.

L'effettiva realizzazione dei "CPM" e della tavola di riassunto "attori-obiettivi-vincoli" sottolinea tale consapevolezza.

6.8 Bibliografia

ARIE GOTTFRIED, MARCO L. TRANI, *Manuale di Sicurezza nei Cantieri Edili*, Progettazione, Gestione, Coordinamento, Ulrico Hoepli Milano, 2002.

A Cura di ARIE GOTTFRIED, *L'Edilizia Scolastica, Universitaria e per la Ricerca*, Quaderni del Manuale di Progettazione Edilizia, Ulrico Hoepli Milano, 2006.

Indice delle figure

Figura 1 Mappa dei Paesi Bassi	11
Figura 2 La Randstad.....	12
Figura 3 il centro storico di Delft in una raffigurazione del tempo.....	15
Figura 4 il centro storico di Delft e le aree limitrofe.....	15
Figura 5 rete ferroviaria olandese	17
Figura 6 rete tramviaria tra Delft e Den Haag.....	18
Figura 7 itinerario ciclistico “Midderholland”	18
Figura 8 vista da satellite dell’area del TU Delft e del contesto.....	21
Figura 10 Il BK in costruzione e l’edificio ultimato; si scorge la sede di ing. Civile in costruzione	22
Figura 9 tavola progettuale di J.H.van Den B.	22
Figura 11 l’incendio del Bouwkunde visto dal tetto della TU Library	23
Figura 12 indicazione dell’area di progetto, rappresentazione del campus e visualizzazione degli edifici più caratteristici	24
Figura 13 vista a 360° sul Mekelpark ancora in fase di allestimento.....	25
Figura 14 immagini sulla “Mekelweg” centrale agli edifici prima quindi di venire trasformata in “Mekelpark”	25
Figura 15 L’intervento a scala urbana del “Mekelpark” ad opera dei Mecanoo	26
Figura 16 “anello stradale” che circonda il campus e che devia il traffico cittadino verso parcheggi esterni.	27
Figura 17 percorsi ciclopedonali di raccordo tra l’interno del campus e l’anello esterno	27
Figura 18 localizzazione dei parcheggi per autovetture (giallo) e per le biciclette (arancione) con la rispettiva capienza.....	28
Figura 19 la “Energy line”	29
Figura 20 i “mikado”	29
Figura 21 the “frame”	29
Figura 22 il tram e le fermate all’interno del parco e sul percorso della linea 19 del tram	30
Figura 23 le aree verdi	30
Figura 24 l’edificio del Bouwkunde	39
Figura 25 l’incendio del 2008.....	39
Figura 26 aula disegno.....	40
Figura 27 la Main street.....	40
Figura 28. lavori di gruppo e.....	40
Figura 29 l’incendio visto dalla biblioteca del campus	40
Figura 34 pianta basamento.....	41
Figura 30 assonometria.....	41
Figura 31 prospetto ovest.....	41
Figura 32 sezione	41
Figura 33 prospetto nord	41
Figura 35 sketch d’interno Main Street	42
Figura 36 sketch d’interno aula disegno	42
Figura 37 calendario accademico anni 2010-2011	45
Figura 38 situazione attuale dell’area di progetto	46
Figura 39 Installazioni provvisorie post-incendio	46
Figura 40 localizzazione del BK City.....	46
Figura 41 pianta piano terra	47
Figura 42 pianta piano primo.....	47
Figura 43 pianta piano secondo	47
Figura 44 costruzione dello spazio modelling.....	48
Figura 45 costruzione dello spazio esibizioni	48
Figura 46 vista d’insieme campus TUDelft.....	49
Figura 47 l’Aula (TUDelft).....	49
Figura 48 ampliamento sede fac. Civile (TUDelft).....	49
Figura 49 biblioteca del campus TUDelft	49
Figura 50 sede facoltà di matematica ed elettronica (TUDelft)	49
Figura 51 campus universitario di Utrecht.....	50

Figura 52 Utrecht: zoom sugli edifici centrali.....	50
Figura 53 biblioteca del campus di Utrecht	50
Figura 54 Educatorium (Utrecht)	50
Figura 55 facoltà di economia (Utrecht)	50
Figura 57 zona ristoro interna all'Aula del TUDelft	51
Figura56 zona ristoro campus Utrecht. Area di medicina	51
Figura 58 zona ristoro interna all'Aula del TUDelft (vista 2).....	51
Figura 61 sketch di interno percorsi.....	61
Figura 59 sketch del campus e inserimento volume del Bouwkunde	61
Figura 60 sketch di interno zone comuni	61
Figura 62 studio skyline campus; sez. trasversale	62
Figura 63 studio skyline campus; sez. longitudinale.....	62
Figura 64 stralcio di tavola progettuale di V.den B.	63
Figura 65 stralcio di tavola progettuale di V.den B. (zoom)	63
Figura 66 processo di schematizzazione spaziale per macrovolumi.....	63
Figura 67 schematizzazione dei collegamenti tra zone funzionali.....	64
Figura 68 sketch di elaborazione planimetrica:	65
Figura 69 schema dei punti nevralgici del contesto.....	65
Figura 70 sketch di sintesi collegamenti e punti nevralgici esterni all'area di progetto.....	66
Figura 71 sketch riassuntivo della sistemazione esterna del parco.....	67
Figura 72 schema di riassunto divisione funzionale a più livelli	68
Figura 73 caratterizzazione collegamenti piano terra	68
Figura 75 sketch di sovrapposizione tra percorsi e volumi tra i vari livelli.....	69
Figura 74 sketch di ragionamento sui blocchi/funzione del piano terra	69
Figura 76 modulo strutturale.....	70
Figura 77 associazione di moduli lungo il lato lungo e affaccio esterno sul lato corto	70
Figura 78 associazione di moduli lungo il lato corto e affaccio esterno sul lato lungo.....	70
Figura79 schema modulare di aggregazione interna zona uffici.....	71
Figura 80 schema modulare di aggregazione interna per la zona studio	72
Figura 81 sketch di progetto	73
Figura 82 sketch di evoluzione copertura: a;b) fronte est-ovest valutazione ingressi ed elementi verticali, c) fronte sud-nord irregolarità della scocca su vetro, d,e) fronte sud-nord valutazione di frammentazione della scocca, f) scocca con oggetto su fronte est-ovest.....	73
Figura 83 evoluzione della scocca di rivestimento	74
Figura 84 lettura e comparazione in negativo di vuoti e pieni tra facciata e ambienti di contesto.	75
Figura 85 schemi di gestione della modularità del rivestimento della facciata.....	75
Figura 86 sketch di previsione sulla possibile forma finale del progetto (vista nord-ovest)	76
Figura 87 sketch di previsione sulla possibile forma finale del progetto (vista est-sud)	76
Figura 88 vista d'insieme del progetto del NEW BOUWKUNDE.....	77
Figura 89 vista d'insieme dell'intervento (stralcio da tavola dedicata).....	77
Figura 90 definizione degli spazi interni all'area di progetto.....	78
Figura 92 comparazione tra l'intervento precedente al crollo dell'edificio e intervento di progetto	79
Figura 91 Ingrandimento sul nuovo Bouwkunde e il BKpark.....	79
Figura 93 ingrandimento sul piano terra e inserimento nel contesto.	80
Figura 94 piano terra e funzioni	81
Figura 95 comparazione tra la precedente hall d'ingresso e la nuova hall d'ingresso	82
Figura 96 vista sui giardini in fronte alla zona ristorante e sul corpo aggettante della biblioteca.....	83
Figura 97 vista sui giardini interni al di sotto dell'aula magna.	83
Figura 98 vista d'interno della biblioteca.....	84
Figura 99 piano primo e funzioni	85
Figura 100 piano secondo e funzioni.....	86
Figura 101 schematizzazione dei punti di accesso, percorsi possibili e collegamenti verticali... ..	87
Figura 102 comparazione tra la precedente aula di disegno e la situazione attuale.....	88
Figura 103 comparazione tra la precedente zona di transito e relax e l'attuale.....	89
Figura 104 vista interna sulla street principale e le passerelle aeree	90
Figura 105 vista interna sulla zona uffici.....	90

Figura 106 livello interrato	91
Figura 107 livello copertura	91
Figura 108 sezione architettonica trasversale (si rimanda alla tavola per una migliore lettura)..	92
Figura 109 volume della biblioteca in aggetto sulla main street in fronte al bar.....	93
Figura 110 vista dai ballatoi aerei che costeggiano i laboratori di lavori manuali.....	93
Figura 111 vista in ingresso dal lato sud est dell'edificio; zona "piazza" di ritrovo comune	94
Figura 112 vista in ingresso dell'edificio dal lato "tram".	94
Figura 113 vista del fronte nord	95
Figura 114 vista del fronte nord	95
Figura 115 vista prospettica dell'edificio; fronte nord-ovest	95
Figura 116 vista prospettica notturna dell'edificio; fronte nord-ovest.....	96
Figura 117 vista prospettica dell'edificio; fronte sud-est	96
Figura 118 immagini dell'edificio e relativi punti di vista	97
Figura 119 vista d'insieme del nuovo Bouwkunde e del Bouwpark; fronte ovest.....	98
Figura 120 fronte est.....	98
Figura 121 fronte ovest ; pannelli mobili in facciata.....	98
Figura 122 vista lato est	99
Figura 123 fronte ovest ; pannelli mobili in facciata; resa luminosa notturna.....	99
Figura 124 visualizzazione del passaggio tra due stanze studio/lezione ordinarie	104
Figura 125 modulo scala di sicurezza con doppia rampa incrociata di larghezza 2.4m.....	104
Figura 126 pianta antincendio relativa al livello primo	105
Figura 127 schemi per il calcolo dell'azione del vento.....	115
Figura 128 schemi per il calcolo dell'azione del vento.....	116
Figura 129 pianta strutturale piano tipo.....	120
Figura 130 schema strutturale "caso 1"	120
Figura 131 dati tecnici solaio "semplicemente appoggiato"	122
Figura 132 dati tecnici solaio "in continuità"	123
Figura 133 schema travi acciaio appoggiate e solaio alveolare appoggiato; travi incastrate e solaio alveolare appoggiati	126
Figura 134 schema travi miste app. e solai alveolari continui; travi miste incastrate e solaio alveolare continui	126
Figura 135 raffigurazione della soluzione a travi incernierate e solai appoggiati	127
Figura 136 schematizzazione valori di riferimento trave	128
Figura 137 schema forze applicate e posizione vincoli laterali	129
Figura 138 raffigurazione della soluzione a travi incastrate e solai appoggiati	131
Figura 139 schema forze applicate e posizione vincoli laterali	133
Figura 140 raffigurazione della soluzione a travi incernierate e solai continui	135
Figura 141 schema forze applicate e posizione vincoli laterali	138
Figura 142 rappresentazione della deformata.....	139
Figura 143 piolo Nelson	141
Figura 144 schemi per la valutazione dell'armatura trasversale	142
Figura 145 raffigurazione della soluzione a travi incastrate e solai continui	143
Figura 146 schema forze applicate e posizione vincoli laterali	145
Figura 147 schema per lunghezze equivalenti, per la valutazione della larghezza efficace dell'ala di calcestruzzo	147
Figura 148 rappresentazione della deformata.....	151
Figura 149 soluzione 1	152
Figura 150 soluzione 2.....	152
Figura 151 soluzione 3.....	153
Figura 152 soluzione 4.....	153
Figura 153 pianta strutturale copertura.....	154
Figura 154 schema strutturale caso 1 copertura	154
Figura 155 schema strutturale caso 1 copertura	155
Figura 156 rappresentazione dello schema 1 della copertura	155
Figura 157 schema forze applicate e posizione vincoli laterali	158
Figura 158 schema forze applicate e posizione vincoli laterali	161
Figura 159 schema risoluti	163

Figura 160 rappresentazione del nodo imbullonato (cerniera) di connessione trave pilastro per la soluzione travi miste incernierate e solaio continuo	165
Figura 161 schematizzazione struttura di facciata.....	168
Figura 162 schema statico del profilo superiore	169
Figura 163 schemi statici profilo inferiore.....	171
Figura 164 schemi statici sovrapposizione effetti	172
Figura 165 schematizzazione del controvento	174
Figura 1 – Strategia invernale	Errore. Il segnalibro non è definito.
Figura 2 - Strategia invernale – zoom zona aule.....	183
Figura 3 – Strategia estiva.....	183
Figura 4 - Strategia estiva – zoom zona aule.....	184
Figura 5 – Night flushing	184
Figura 6 – Andamento annuale della temperatura a Delft e fascia di comfort	189
Figura 7 – Esempio di calcolo della ventilazione naturale	190
Figura 8 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale	191
Figura 9 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale	192
Figura 10 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale	193
Figura 11 - Esempio di calcolo della ventilazione naturale	194
Figura 12 – Rapporto fra area geometrica ed area equivalente.....	197
Figura 13 – Modellizzazione dell’edificio per lo studio energetico.....	199
Figura 1 l'immagine mostra i sistemi di energie rinnovabili.....	212
Figura 4.2 Irradiazione globale e potenziale solare elettrico con moduli ottimamente inclinati.....	214
Figura 4.3 Irradiazione globale e potenziale solare elettrico con moduli orizzontali.....	215
Figura 4.4 Radiazione solare: distribuzione sulla superficie della copertura dell’edificio	216
Figura 4.5	218
Figura 6 copertura e ripartizione in sottoaree per il calcolo dei canali di gronda e pluviali	222
Figura 7 schematizzazione degli elementi noti di una falda.....	222
Figura 8 dimensioni principali di un canale di gronda trapezoidale	224
Figura 9 percorsi dei pluviali.....	228
Figura 10 piano interrato e localizzazione serbatoi di recupero acqua piovana.....	232
Figura 11 aula tipo piani primo e secondo	251
Figura 12 riferimenti per la prova del potere fono isolante di facciata normalizzato.....	251
Figura 13 riferimenti per la prova del potere fono isolante della parete tra 2 aule	252
Figura 14 visualizzazione del piano del solaio in relazione alle altre superfici.....	252
Figura 15 esempi di riflessione del suono	253
Figura 194 esempio di utilizzo dei pannelli.....	254
Figura 195 confronto tra 2 delle possibili disposizioni dei pannelli acustici (risp. disp 1 e 2)....	255
Figura 196 Acoustic cubes e Acoustic cones da utilizzarsi rispettivamente nelle zone di relax e studio informale esternamente alle aule e nella mensa.....	255
Figura 197 Blouw-UP facciata esterna fronte sud e nord	256
Figura 198 posizionamento e montaggio cassette metalliche.....	257
Figura 199 posa dell’isolante in fibra di vetro riciclato	258
Figura 166 Rappresentazione grafica del percorso solare invernale	263
Figura 167 Rappresentazione grafica del percorso solare estivo	264
Figura 168 Rappresentazione grafica del percorso solare primaverile.....	265
Figura 169 Rappresentazione grafica del percorso solare autunnale	266
Figura 170 rappresentazione della soluzione tecnica B	272
Figura 171 Rappresentazione della soluzione tecnica C.....	272
Figura 172 rappresentazione della soluzione tecnica C “variante”.....	273
Figura 173 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup.A di colore viola e sup.B colore verde.....	274
Figura 174 posizione della stanza all’interno dell’edificio: fronte sud piano 1°o 2°	274
Figura 175 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A); stanza sud	276
Figura 176 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 4430 lux	279
Figura 177 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 3802 lux	279

Figura 178 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in inverno cielo parz. coperto; Em = 478 lux.....	280
Figura 179 Simulazione effetto schermante tenda ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 711 lux.....	280
Figura 180 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 8924 lux	282
Figura 181 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 3866 lux.....	282
Figura 182 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in estate cielo parz. coperto; Em = 1858 lux.....	283
Figura 183 Simulazione effetto schermante tenda ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 822 lux.....	283
Figura 184 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 11424 lux.....	286
Figura 185 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 7805 lux	286
Figura 186 Simulazione caso C "frangisole" ore 12:30 in autunno cielo parz. coperto; Em = 2047	287
Figura 187 Simulazione effetto schermante tenda ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em= 1509 lux.....	287
Figura 188 Rappresentazione della soluzione tecnica B.....	288
Figura 189 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup.A di colore viola e sup.B colore verde.....	289
Figura 190 posizione della stanza all'interno dell'edificio: fronte ovest piano 1°.....	289
Figura 225 Simulazione FLD caso A, inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A); stanza ovest.....	291
Figura 192 Simulazione FLD caso B,C,D, inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A) con schermatura; stanza ovest	292
Figura 193 Simulazione caso A "solo finestra" ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 1966 lux	295
Figura 194 Simulazione caso B "frangisole" ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 761 lux.....	295
Figura 195 Simulazione caso B "frangisole" ore 12:30 in inverno cielo parz. coperto; Em = 342 lux.....	296
Figura 196 Simulazione caso B "frangisole" ore 15:00 in inverno cielo parz. coperto; Em = 618 lux.....	296
Figura 197 Simulazione caso A "solo finestra" ore 15:00 in estate cielo sereno; Em = 8054 lux	298
Figura 198 Simulazione caso C "frangisole" ore 15:00 in estate cielo sereno; Em = 3869 lux.....	298
Figura 199 Simulazione caso "frangisole" ore 15:00 in estate cielo parz. coperto; Em = 1681 lux	299
Figura 200 Simulazione effetto schermante tenda ore 15:00 in estate cielo sereno; Em = 1777 lux.....	299
Figura 201 Simulazione caso A "solo finestra" ore 15:00 in autunno cielo sereno; Em = 8784 lux	302
Figura 202 Simulazione caso C "frangisole" ore 15:00 in autunno cielo sereno; Em = 2360 lux	302
Figura 203 Simulazione caso C "frangisole" ore 15:00 in autunno cielo parz. coperto; Em = 1459 lux.....	303
Figura 204 Simulazione effetto schermante tenda ore 15:00 in autunno cielo sereno; Em = 1104 lux.....	303
Figura 205 Rappresentazione della soluzione tecnica B.....	304
Figura 206 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup. A colore viola.....	305
Figura 207 posizione della stanza all'interno dell'edificio: fronte est piano 1°	305
Figura 208 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile completa (superficie A) con schermatura	306
Figura 209 Simulazione caso A "solo finestra" ore 10:00 in inverno cielo sereno; Em = 442 lux	309
Figura 210 Simulazione caso B "frangisole" ore 10:00 in inverno cielo sereno; Em = 274 lux.....	309

Figura 211 Simulazione caso "frangisole" ore 10:00 in inverno cielo parz. coperto; Em = 243 lux	310
Figura 212 Simulazione caso "frangisole" ore 15:00 in inverno cielo sereno; Em = 263 lux	310
Figura 213 Simulazione caso A "solo finestra" ore 9:00 in estate cielo sereno; Em = 9914 lux	312
Figura 214 Simulazione caso C "frangisole" ore 9:00 in estate cielo sereno; Em = 3973 lux	312
Figura 215 Simulazione caso B "frangisole" ore 9:00 in estate cielo parz. coperto; Em = 1408 lux	313
Figura 216 Simulazione effetto schermante tenda ore 9:00 in estate cielo sereno; Em = 1790 lux	313
Figura 217 Simulazione caso A "solo finestra" ore 9:00 in autunno cielo sereno; Em = 2909 lux	316
Figura 218 Simulazione caso B "frangisole" ore 9:00 in autunno cielo sereno; Em = 1316	316
Figura 219 Simulazione caso B "frangisole" ore 9:00 in autunno cielo parz. coperto; Em = 355 lux	317
Figura 220 Simulazione caso B "frangisole" ore 15:00 in autunno cielo sereno; Em = 808 lux	317
Figura 221 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup. A colore viola	318
Figura 222 posizione della stanza all'interno dell'edificio: area centrale piano 2°	318
Figura 223 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile (superficie A)	319
Figura 224 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 369 lux	320
Figura 225 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo parzialmente coperto; Em = 281 lux	321
Figura 226 Simulazione ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 1100 lux	322
Figura 227 Simulazione ore 12:30 in estate cielo parz. coperto; Em = 1251 lux	323
Figura 228 Simulazione ore 13:00 in primavera cielo sereno; Em = 853 lux	324
Figura 229 Simulazione ore 13:00 in primavera cielo coperto; Em = 1020 lux	325
Figura 230 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 814 lux	326
Figura 231 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 955 lux	327
Figura 232 rappresentazione della stanza e dei piani di lettura: sup. A colore viola	328
Figura 233 posizione della stanza all'interno dell'edificio: area centrale piano 1°	328
Figura 234 Simulazione FLD inverno cielo coperto; risultati su Sup. utile completa	329
Figura 235 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo sereno; Em = 324 lux	330
Figura 236 Simulazione ore 12:30 in inverno cielo parz. coperto; Em = 204 lux	331
Figura 237 Simulazione ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 4589 lux	332
Figura 238 Simulazione effetto tenda ore 12:30 in estate cielo sereno; Em = 1276 lux	333
Figura 239 Simulazione ore 12:30 in estate cielo parz. coperto; Em = 1096 lux	333
Figura 240 Simulazione ore 12:30 in primavera cielo sereno; Em = 3382 lux	334
Figura 241 Simulazione ore 12:30 in primavera cielo parz. coperto; Em = 835 lux	335
Figura 242 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo sereno; Em = 3604 lux	336
Figura 243 Simulazione ore 12:30 in autunno cielo parz. coperto; Em = 883 lux	337
Figura 244 lampada fluorescente lineare; componentistica	338
Figura 245 posizione piano luci e piani di lettura: sup. A colore viola e sup. B colore verde	341
Figura 246 apparecchio PUNCH (Thorn) e fotometria	342
Figura 247 apparecchio COLLEGE (Thorn) e fotometria	342
Figura 248 apparecchio AERO 2 (Zumtobel) e fotometria	342
Figura 249 apparecchio FLEXILIGHT PANEL (Ledned) e fotometria	342
Figura 250 schematizzazione del processo/metodo	358
Figura 6.251 vista dell'area verde del mekelpark centrale al campus	360
Figura 6.252 vista dell'area di progetto dall'alto e analisi spazi	360
Figura 6.253 vista dell'area di progetto ad altezza uomo	361
Figura 254 schema per voci contenute del modello	364
Figura 255 relazione tra attori e vincoli	365
Figura 256 ingrandimento schema attori-obiettivi-vincoli-alternative sull'interazione tra attori principali e loro obiettivi	366
Figura 257 relazione tra attori principali, obiettivi principali e vincoli	369
Figura 258 esempio di assiemaggio e corrispondenza di alternative nel caso dello "spazio studio"	370
Figura 259 variabili decisionali e ambientali	371
Figura 260 esempio di ricerca di un'alternativa progettuale da procedimento comparativo	372

Figura 261 esempio di ricerca di un'alternativa progettuale da procedimento ciclico di evoluzione	373
Figura 263 schema distributivo.....	375
Figura 262 rappresentazione stilizzata del campus ed inserimento novo intervento	375
Figura 264 sketch di vista interna	376
Figura 265 schematizzazione percorsi.....	376
Figura 266 primi studi di ventilazione naturale	376
Figura 267 primi studi di illuminazione naturale	377
Figura 268 stralcio del CPM sezione progettazione per visualizzare il caso di riunione di coordinamento e il caso di verifiche programmatiche (visualizzato dall'interazione delle attività con la freccia grigia).....	390
Figura 269 stralcio del CPM sezione cantiere per visualizzare il caso di coordinamento tra più attività sullo stesso piano che si alternano in modo ciclico dopo avere definito le competenze e i propri confini di interazione.....	391
Figura 270 stralcio del CPM sezione progettazione per visualizzare il caso di tipologia contrattuale che richiede la firma del committente per potere proseguire nell'iter di progettazione	392
Figura 271 stralcio del CPM sezione cantiere per visualizzare l'evento trattato del "SAL" alla fine di una serie di attività svolte che meritano una verifica	392
Figura 272 stralcio del CPM sezione cantiere per visualizzare un momento del CPM interessato dalla presenza di attività critiche.....	397
Figura 273 stralcio del CPM sezione progettazione per visualizzare il caso di una riunione di verifica generale come momento di controllo.....	398

Indice delle tabelle

Tabella 1 Province olandesi	11
Tabella 3 censimento 1880-2002	16
Tabella 2 diagnosi anagrafica della popolazione.....	16
Tabella 4 Funzioni e metrature richieste dal bando.....	37
Tabella 5 numero di utenti.....	43
Tabella 6 tipologie di utenza.....	43
Tabella 7 anno accademico.....	44
Tabella 8 IMPALCATO AULE (solai alveolari appoggiati)	112
Tabella 9 IMPALCATO AULE (solai alveolari continui)	112
Tabella 10 IMPALCATO BIBLIOTECA (solai alveolari continui)	112
Tabella 11 IMPALCATO BIBLIOTECA (solai alveolari appoggiati)	113
Tabella 1 – Analisi fattori favorevoli/sfavorevoli della ventilazione naturale.....	186
Tabella 2 – Strategie di ventilazione naturale.....	188
Tabella 3 – Tabella riassuntiva delle soluzioni per la ventilazione naturale 1.....	195
Tabella 4 - Tabella riassuntiva delle soluzioni per la ventilazione naturale 2.....	196
Tabella 5 – Orari e percentuali di affollamento dei locali dell'università	198
Tabella 6 Bilancio energetico doppio vetro	201
Tabella 7 Bilancio energetico triplo vetro	202
Tabella 8 Confronto bilanci energetici fra soluzione con vetro doppio e soluzione con vetro triplo	203
Tabella 9 Apporti solari attraverso finestre a sud	204
Tabella 10 Apporti solari attraverso finestre a ovest.....	204
Tabella 11 Apporti solari attraverso finestre a nord	204
Tabella 12 Apporti solari attraverso finestre a est	205
Tabella 13 Apporti solari attraverso lucernari.....	205
Tabella 14 Apporti solari per i vari orientamenti senza schermature.....	206
Tabella 15 Apporti solari per i vari orientamenti con schermature	206
Tabella 16 Bilancio termico edificio senza scocca e senza schermature	207
Tabella 17 Bilancio termico edificio con scocca e senza schermature.....	207
Tabella 18 Bilancio termico edificio con scocca e con schermature.....	207
Tabella 19 Bilancio energetico mensile delle 3 soluzioni.....	208

Tabella 20 Bilancio energetico annuale delle 3 soluzioni.....	208
Tabella 21 – Analisi night flushing	209
Tabella 22 – Analisi inerzia termica solai	210
Tabella 23 – Analisi consumi edificio	210
Tabella 4.24 valori d’irradiazione solare globale e confronto fra Lecco e Delft.....	213
Tabella 4.25 perdite percentuali di rendimento al variare dell’inclinazione e posizione dei pannelli	217
Tabella 4.26 energia prodotta e comparazione ammortamento.....	219
Tabella 27 coeff. di rischio.....	221
Tabella 28 capacità di pluviali verticali.....	227
Tabella 29 fabbisogno di servizio annuo zona uffici	229
Tabella 30 fabbisogno di servizio annuo zona studenti	229
Tabella 31 fabbisogno di servizio annuo specifico	229
Tabella 32 apporto dell’acqua piovana	230
Tabella 33 comparazione tra acqua recuperata e fabbisogno	231
Tabella 34 volume di deposito e scelta del serbatoio	231
Tabella 35 CHIUSURA VERTICALE ESTERNA CVE 1	234
Tabella 36 CHIUSURA VERTICALE ESTERNA CVE 2	236
Tabella Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..37 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE 1	238
Tabella 1.5 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE 2.....	240
Tabella 1.5 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE 3.....	242
Tabella 1.5 CHIUSURA ORIZZONTALE ESTERNA COE4.....	244
Tabella 1.3 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 1	246
Tabella 1.3 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 2	247
Tabella 1.5 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 3	248
Tabella 1.3 PARTIZIONE VERTICALE INTERNA PVI 4	249
Tabella 1.5 PARTIZIONE ORIZZONTALE INTERNA POI 1.....	250
Tabella 20 superfici e metrature	254
Tabella 58 valori assorbimento e frequenza e relativo grafico.	254
Tabella 12 percorso solare invernale.....	263
Tabella 13 percorso solare estivo.....	264
Tabella 14 percorso solare primaverile.....	265
Tabella 15 percorso solare autunnale.....	266
Tabella 16 Illuminamenti medi richiesti per locali scolastici	268
Tabella 17 illuminamenti medi richiesti per uffici	269
Tabella 18 Fattori di luce media diurna per attività e compiti	269
Tabella 19 Indici di abbagliamento da luce artificiale diversificati per attività	270
Tabella 20 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B.....	272
Tabella 21 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B.....	272
Tabella 22 coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione C “variante” ..	273
Tabella 23 valori calcolati di FLD e distribuzione luce	275
Tabella 24 Simulazione invernale mattutina.....	278
Tabella 25 Simulazione invernale a mezzogiorno	278
Tabella 26 Simulazione invernale pomeridiana	278
Tabella 27 effetto schermante operato dalla tenda; valori in lux.	280
Tabella 28 Simulazione estiva mattutina.....	281
Tabella 29 Simulazione estiva a mezzogiorno	281
Tabella 30 Simulazione estiva pomeridiana.....	281
Tabella 31 Simulazione estiva pomeridiana ore 17	281
Tabella 32 effetto schermante operato dalla tenda; valori in lux.	283
Tabella 33 Simulazione autunnale mattutina	284
Tabella 34 Simulazione autunnale a mezzogiorno	284
Tabella 35 Simulazione autunnale pomeridiana.....	284
Tabella 36 Simulazione autunnale pomeridiana ore 17.....	284
Tabella 37 Simulazione primaverile mattutina.....	285
Tabella 38 Simulazione primaverile a mezzogiorno	285
Tabella 39 Simulazione primaverile pomeridiana.....	285

Tabella 40	Simulazione primaverile pomeridiana ore 17	285
Tabella 41	effetto schermante operato dalla tenda; valori in lux	287
Tabella 42	coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B.....	288
Tabella 43	valori calcolati di FLD e distribuzione luce	290
Tabella 44	Simulazione invernale mattutina.....	294
Tabella 45	Simulazione invernale a mezzogiorno	294
Tabella 46	Simulazione invernale pomeridiana	294
Tabella 47	Simulazione estiva mattutina.....	297
Tabella 48	Simulazione estiva a mezzogiorno	297
Tabella 49	Simulazione estiva pomeridiana.....	297
Tabella 50	Simulazione estiva pomeridiana ore 17	297
Tabella 51	Simulazione autunnale mattutina	300
Tabella 52	Simulazione autunnale a mezzogiorno	300
Tabella 53	Simulazione autunnale pomeridiana.....	300
Tabella 54	Simulazione autunnale pomeridiana ore 17.....	300
Tabella 55	Simulazione primaverile mattutina.....	301
Tabella 56	Simulazione primaverile a mezzogiorno	301
Tabella 57	Simulazione primaverile pomeridiana.....	301
Tabella 58	Simulazione primaverile pomeridiana ore 17	301
Tabella 59	coeff. di ombreggiamento medio mensili e annuali per la soluzione B.....	304
Tabella 60	valori calcolati di FLD e distribuzione luce	306
Tabella 61	Simulazione invernale mattutina.....	308
Tabella 62	Simulazione invernale a mezzogiorno	308
Tabella 63	Simulazione invernale pomeridiana.....	308
Tabella 64	Simulazione estiva mattutina.....	311
Tabella 65	Simulazione estiva a mezzogiorno	311
Tabella 66	Simulazione estiva pomeridiana.....	311
Tabella 67	Simulazione autunnale mattutino	314
Tabella 68	Simulazione autunnale a mezzogiorno	314
Tabella 69	Simulazione autunnale pomeridiana.....	314
Tabella 70	Simulazione primaverile mattutino.....	315
Tabella 71	Simulazione primaverile a mezzogiorno	315
Tabella 72	Simulazione primaverile pomeridiana.....	315
Tabella 73	Simulazione invernale a mezzogiorno	320
Tabella 74	Simulazione estiva a mezzogiorno	322
Tabella 75	Simulazione primaverile a mezzogiorno	324
Tabella 76	Simulazione autunnale a mezzogiorno	326
Tabella 77	Simulazione invernale a mezzogiorno	330
Tabella 78	Simulazione estiva a mezzogiorno	332
Tabella 79	Simulazione primaverile a mezzogiorno	334
Tabella 80	Simulazione autunnale a mezzogiorno.....	336
Tabella 81	Comparazione tra simulazioni lampade led e lampade eco-fluorescenti; dati tecnici	344
Tabella 82	Comparazione tra simulazioni lampade led e lampade eco-fluorescenti; dati economici	346
Tabella 83	confronto con e senza lighting control	351
Tabella 84	analisi attori	365
Tabella 85	analisi attori e rapporto con gli obiettivi.....	366
Tabella 86	analisi dei vincoli.....	367
Tabella 87	esempio di annotazione attività pre- formazione reticolo.....	384
Tabella 88	raccolta WP e responsabili.....	385

Indice dei grafici

Grafico 1	Densità di popolazione nelle regioni metropolitane europee	13
Grafico 2	Classifica delle regioni metropolitane per contributo alle economie nazionali	13

Grafico 3 situazione anagrafica della popolazione	16
Grafico 4 andamento delle temperature medie	19
Grafico 5 andamento della nuvolosità.....	19
Grafico 6 andamento umidità relativa e quantità di precipitazioni	20
Grafico 7 frequenza, direzione e intensità del vento.....	20
Grafico 8 diagrammi di taglio.....	124
Grafico 9 diagrammi di taglio.....	125
Grafico 10 diagramma momento e taglio	129
Grafico 11 schema andamento delle 3equazioni di risoluzione del software.....	130
Grafico 12 diagramma momento e taglio	133
Grafico 13 schema andamento delle 3equazioni di risoluzione del software.....	134
Grafico 14 diagramma del momento.....	136
Grafico 15 diagramma del taglio.....	136
Grafico 16 diagramma momento e taglio	138
Grafico 17 schema andamento delle 3equazioni di risoluzione del software.....	139
Grafico 18 diagramma momento e taglio	145
Grafico 19 schema andamento delle 3equazioni di risoluzione del software.....	146
Grafico 20 diagramma di taglio.....	148
Grafico 21 diagramma d'inviluppo momento.....	148
Grafico 22 diagramma d'inviluppo momento.....	149
Grafico 23 diagramma momento e taglio	158
Grafico 24 schema andamento delle 3equazioni di risoluzione del software.....	159
Grafico 25 diagramma momento e taglio	161
Grafico 26 schema andamento delle 3equazioni di risoluzione del software.....	162
Grafico 4.1 comparazione mensile dei valori d'irradiazione	217
Grafico 4.2 comparazione valori totali di irradiazione solare.....	217
Grafico 3 calcolo coeff Fd.....	225
Grafico 4 calcolo coeff Fs	226
Grafico 5 comparazione tra fabbisogno e acqua recuperata	231
Grafico 6 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; CVE1.....	235
Grafico 7 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; CVE1	235
Grafico 8 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; CVE2.....	237
Grafico 9 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; CVE2	237
Grafico 10 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE1.....	239
Grafico 11 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE1.....	239
Grafico 12 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE2.....	241
Grafico 13 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE2.....	241
Grafico 14 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE3.....	243
Grafico 15 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE3.....	243
Grafico 16 andamento della pressione, pressione di saturazione e temperature fra gli strati; COE4.....	245
Grafico 17 confronto tra pressione e limite di saturazione con indicazione di fenomeni di condensa o evaporazione; COE4.....	245
Grafico 27 Grafico annuale della nuvolosità per la città di Milano.....	267
Grafico 28 Grafico annuale della nuvolosità per la città di Amsterdam	267
Grafico 29 Comparazione illuminotecnica E _m , Costo totale di confronto (C1+C2+C3), UGR...348	
Grafico 30 Comparazione illuminotecnica E _m , Costo tot. di confronto (C1+C2+C3), vita utile lamp.....	349

Grafico 31 alternative, tempo e TF tempo di freezing.....	374
Grafico 32 indici economici di controllo.....	398
Grafico 33 avanzamento e fine anticipata di progetto.....	399

Indice delle tavole

Tavola 01	planivolumetrico
Tavola 02	basamento e contesto
Tavola 03	pianta piano terra
Tavola 04	pianta piano primo
Tavola 05	pianta piano secondo
Tavola 06	antincendio
Tavola 07	prospetti est ed ovest
Tavola 08	prospetti nord e sud
Tavola 09	sezione trasversale
Tavola 10	strutturale piano tipo
Tavola 11	strutturale dettagli travi
Tavola 12	strutturale piano copertura
Tavola 13	energetico strategia invernale
Tavola 14	energetico strategia estiva
Tavola 15	energetico blowup
Tavola 16	energetico dettagli costruttivi
Tavola 17	energetico dettagli costruttivi
Tavola 18	energetico dettagli costruttivi
Tavola 19	energetico dettagli costruttivi
Tavola 20	energetico dettagli costruttivi
Tavola 21	gestione progetto "modello"
Tavola 22	gestione progetto "CPM progetto"
Tavola 23	gestione progetto "CPM cantiere"
Tavola 24	gestione progetto "tabelle attività CPM"

Ringraziamenti

Ed eccoci arrivati alla pagina più difficile di tutta la tesi, la sofferta e in un certo senso la più malinconica. Abbiamo passato un anno circa a pensare cosa valesse la pena scrivere per poi renderci conto che un semplice grazie è ciò che meglio riesce a esprimere ciò che sentiamo in questo momento.

Grazie al prof. Masera per averci guidato in questo percorso

Grazie al prof. Zambelli per aver creduto in noi all'inizio di questo lungo lavoro e averci spronato a dare il massimo.

Grazie al prof. Colombo per la disponibilità e la professionalità

Un sentito Grazie a tutti i nostri compagni di università per avere condiviso questo lungo viaggio pieno di difficoltà ma soprattutto di soddisfazioni.

Maurizio e Umberto

Grazie ai miei genitori, per tutto.

Grazie a Isa, per avermi sopportato anche in questi ultimi giorni, in vista di giorni più tranquilli.

Grazie a tutti quelli che hanno preso parte a questa avventura.

Maurizio

Grazie ai miei genitori, i miei primi supporter in questo lungo viaggio: questo traguardo lo dedico a loro.

Grazie ad Angelo, Silvia e Valeria per avermi sopportato in questi anni e avermi sempre ricordato che esiste una vita fuori dalle ore di università.

Umberto