



Laureando: Matteo Nasini

TITOLO TESI: **EDIFICI SCOLASTICI AD ELEVATA EFFICIENZA ENERGETICA \_ Sistemi sostenibili adattivi per applicazioni in zone climatiche differenti**

Relatore: prof. ssa Monica Rossi \_ Correlatore: prof. Eduardo Barbera

Progettazione di un sistema costruttivo per le scuole per l'infanzia, che tenuto conto dei criteri di sostenibilità, comfort, montaggio a secco e velocità di realizzazione, sia in grado di adattarsi a scelte tipologiche e condizioni climatiche differenti. Sviluppo di progetti che partendo dalle necessità pedagogiche del bambino per una consona crescita come singolo e come componente di una comunità riescano a soddisfarne i bisogni e creino gli stimoli per la sua educazione. Una scuola attiva e coinvolta nell'educazione alle tematiche ambientali è un fattore determinante per indirizzare una comunità verso un futuro sostenibile. La scuola, proprio per la sua caratteristica di centro in cui gravitano molteplici soggetti, può e deve essere un volano per sviluppo di nuove opere.

HELSINKI  
NAIROBI  
ROMA

**ANALISI CLIMATICHE**

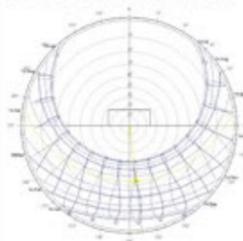
Inquadramento - **HELSINKI, Finlandia**



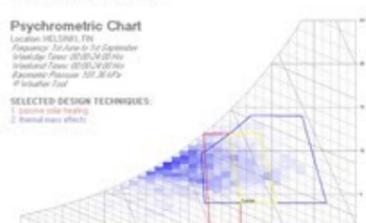
temperature, umidità e irraggiamento MEDIE MENSILI



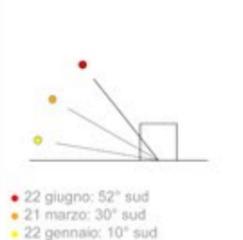
PERCORSO SOLARE ANNUALE



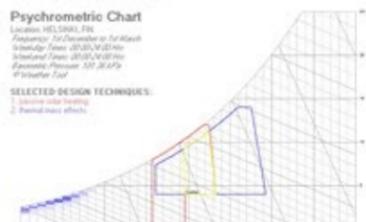
PSICOMETRIE ESTIVE con STRATEGIE En. Amb.



INCLINAZIONE SOLE



PSICOMETRIE INVERNALI con STRATEGIE En. Amb.

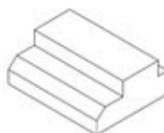


**STRATEGIE ENERGETICO AMBIENTALI**

Utilizzo di strategie invernali

FATTORE DI FORMA

Forma compatta=bassa dispersione  
Rapporto superficie-volume  
S/V = m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> = 0,56



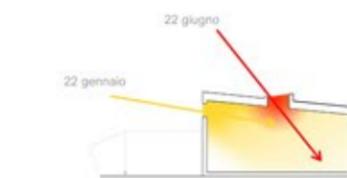
INVOLUCRO EDILIZIO

Elevato isolamento.  
Ridotte superfici vetrate nel lato nord.



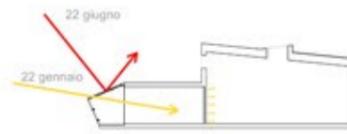
DAYLIGHTING

Aperture e schermature che consentono il giusto apporto di raggi solari in funzione alla stagione.



SERRE SOLARI

Guadagno termico diretto per il periodo invernale e schermatura per quello estivo.



VENTILAZIONE

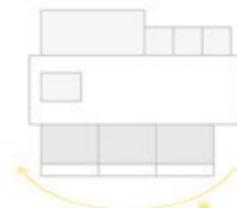
Nel periodo invernale è necessario ricorrere a sistemi di ventilazione forzata.

**STRATEGIE SPAZIO FUNZIONALI**

TIPOLOGIA

Sistema tipologico lineare. Gli ambienti con maggior rilevanza (ore di utilizzo ed età del fruitore) sono posizionati nel lato sud.

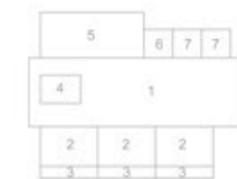
Spazi serviti  
Spazi serventi



DISTRIBUZIONE INTERNA

Il grande volume centrale libero consente più spazio al bambino compensando in parte il mancato utilizzo dello spazio esterno per gli ovvi motivi climatici. Tale ambiente permette un utilizzo della struttura anche da parte della comunità per eventuali incontri ed eventi.

- 1. Spazio collettivo
- 2. Aule
- 3. Serre
- 4. Bagni
- 5. Mensa/Play room
- 6. Locale di servizio
- 7. Uffici



Il box dei bagni posto vicino ad un angolo libera lo spazio centrale e permette la creazione di un ambiente periferico interstiziale con una luce diffusa minore ricercata a volte dal bambino e consigliata dalla normativa.

All'interno della playroom è presente una parete scorrevole che divide gli spazi per utilizzi fra loro indipendenti. E' presente un accesso diretto dall'esterno che semplifica il servizio mensa.

La serra solare posta sul lato sud delle aule permette un'illuminazione migliore, crea un ulteriore collegamento tra le aule ed un rapporto diretto con l'ambiente esterno.

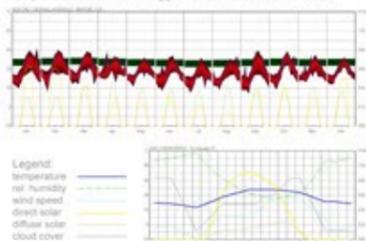


**ANALISI CLIMATICHE**

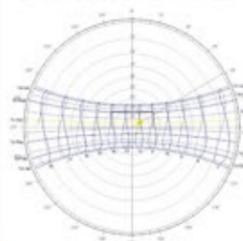
Inquadramento - **NAIROBI, Kenia**



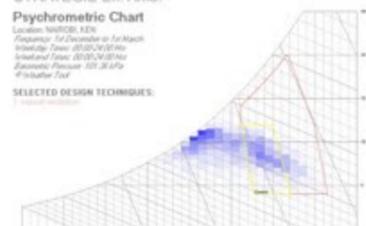
temperature, umidità e irraggiamento MEDIE MENSILI



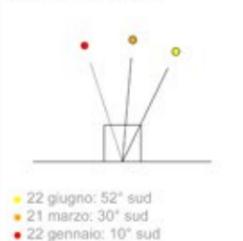
PERCORSO SOLARE ANNUALE



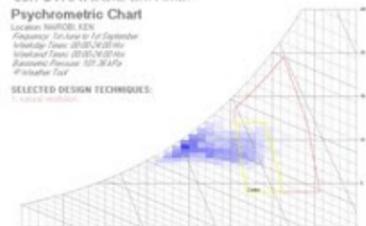
PSICOMETRIE ESTIVE con STRATEGIE En. Amb.



INCLINAZIONE SOLE



PSICOMETRIE INVERNALI con STRATEGIE En. Amb.

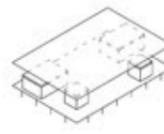


**STRATEGIE ENERGETICO AMBIENTALI**

Utilizzo di strategie estive

FATTORE DI FORMA

Forma permeabile sopraelevata=alta dispersione  
Rapporto superficie-volume  
S/V = m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> = 1,12



INVOLUCRO EDILIZIO

Isolamento esclusivamente acustico per i soli ambienti delle aule.



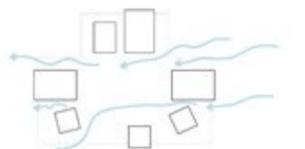
DAYLIGHTING

Schermature quasi totali dai raggi diretti. Volumi sotto la copertura e ombreggiamento per le finestre esposte.



VENTILAZIONE

Volumi non accorpati per agevolare il raffreddamento radiante dalla ventilazione naturale. Solaio di copertura dei box leggermente sollevato.

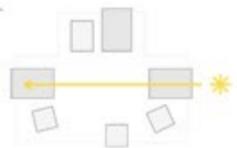


**STRATEGIE SPAZIO FUNZIONALI**

TIPOLOGIA

Sistema tipologico a corte in cui gli ambienti sono quasi completamente schermati. Il sistema centripeto si adatta meglio all'idea comunitaria e permette un più facile controllo degli insegnanti sugli alunni.

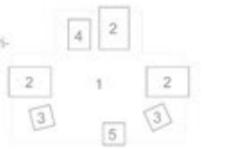
Spazi serviti  
Spazi serventi



DISTRIBUZIONE INTERNA

La distribuzione libera dei volumi permette una relazione diretta con l'ambiente data l'assenza di muri perimetrali.

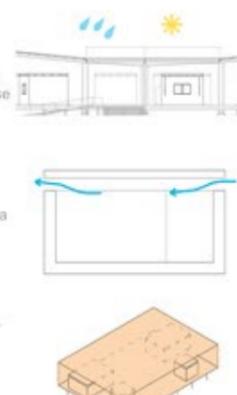
- 1. Spazio collettivo
- 2. Aule
- 3. Uffici
- 4. Bagni
- 5. Mensa/Play zone
- 6. Locale di servizio



Il sistema di copertura permette lo sfruttamento dello spazio sottostante anche quando gli spazi esterni non sono fruibili a causa delle condizioni climatiche avverse (eccessivo irraggiamento, pioggia).

Il leggero distacco del solaio di copertura dei box permette una minima ventilazione interna anche senza l'eventuale apertura delle finestre.

La sopraelevazione della scuola permette un maggior comfort climatico ed inoltre il piano di calpestio, la copertura e il posizionamento dei box identificano il volume delle aree pur rimanendo una struttura completamente aperta.



**ANALISI CLIMATICHE**

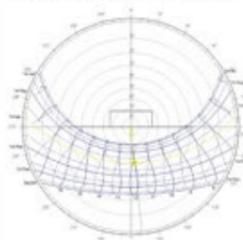
Inquadramento - **ROMA, Italia**



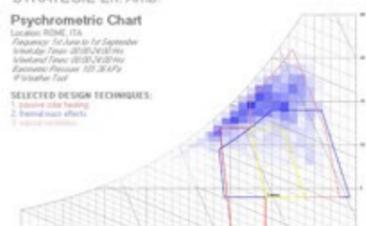
temperature, umidità e irraggiamento MEDIE MENSILI



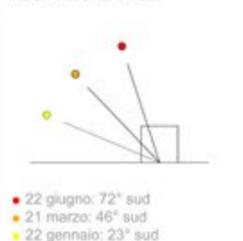
PERCORSO SOLARE ANNUALE



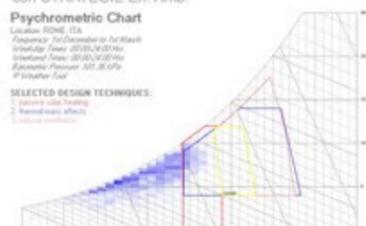
PSICOMETRIE ESTIVE con STRATEGIE En. Amb.



INCLINAZIONE SOLE



PSICOMETRIE INVERNALI con STRATEGIE En. Amb.

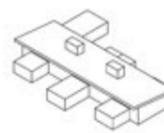


**STRATEGIE ENERGETICO AMBIENTALI**

Utilizzo di strategie invernali ed estive

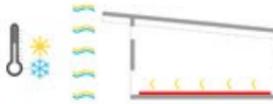
FATTORE DI FORMA

Forma articolata=media dispersione  
Rapporto superficie-volume  
S/V = m<sup>2</sup> / m<sup>3</sup> = 0,63

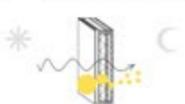


INVOLUCRO EDILIZIO

-Isolamento  
Moderato isolamento.  
Aperture anche sul lato nord.



-Inerzia termica  
Sfasamento ed attenuazione termica elevata.



DAYLIGHTING

Aperture e schermature che consentono il giusto apporto di raggi solari in funzione alla stagione.



SERRE SOLARI

Guadagno diretto per il periodo invernale e schermatura per quello estivo.



VENTILAZIONE

Raffrescamento passivo attraverso aperture e camini di ventilazione ad altezze diverse.

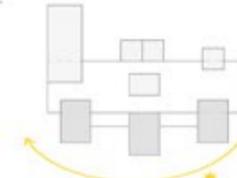


**STRATEGIE SPAZIO FUNZIONALI**

TIPOLOGIA

Sistema tipologico lineare. Gli ambienti con maggior rilevanza (ore di utilizzo ed età del fruitore) sono posizionati nel lato sud.

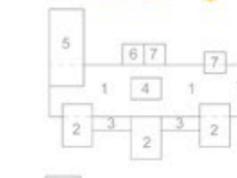
Spazi serviti  
Spazi serventi



DISTRIBUZIONE INTERNA

L'arretramento di alcuni dei volumi verso il centro del corpo centrale crea movimento nello spazio interno. Il distanziamento dei volumi aumenta la qualità acustica percepita.

- 1. Spazio collettivo
- 2. Aule
- 3. Serre
- 4. Bagni
- 5. Mensa/Play room
- 6. Locale di servizio
- 7. Uffici



I box arretrati verso l'interno permettono la creazione di zone interstiziali con una luce diffusa minore ricercata a volte dal bambino e consigliata dalla normativa.

All'interno della playroom è presente una parete a soffitto che divide gli spazi per utilizzi fra loro indipendenti. L'estroflexione verso il giardino e le numerose finestre migliorano il rapporto con l'ambiente esterno.

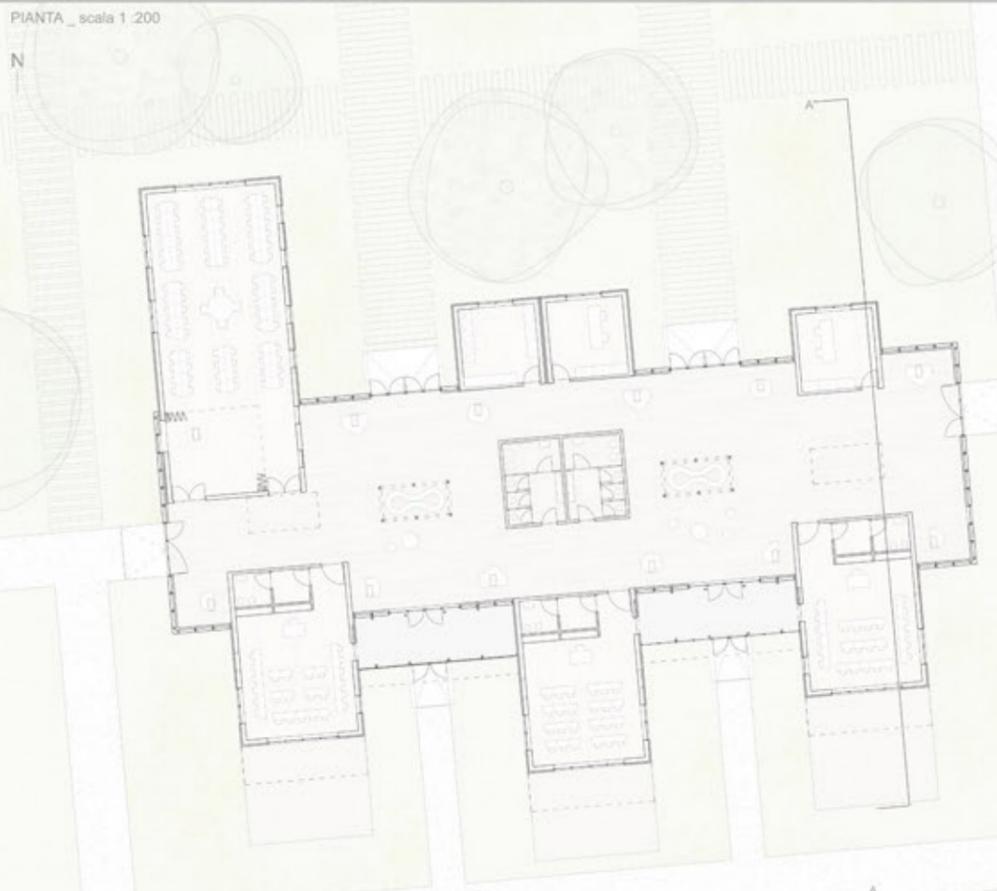
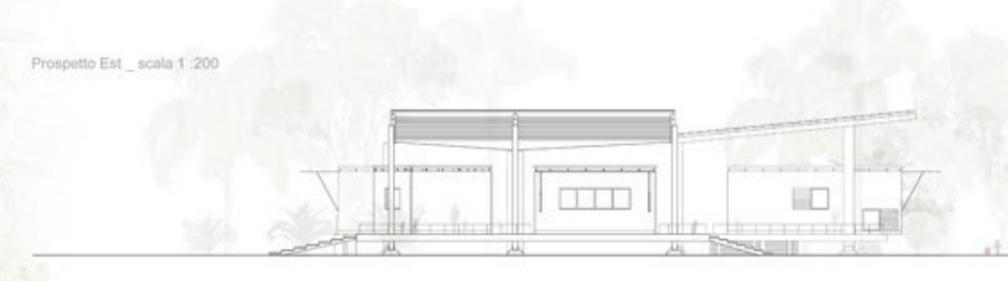
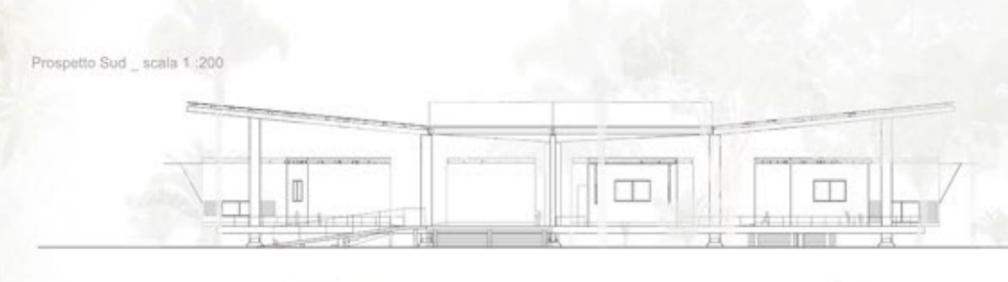
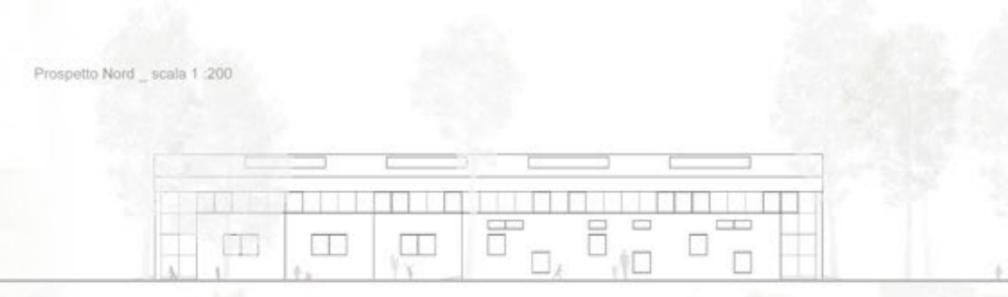
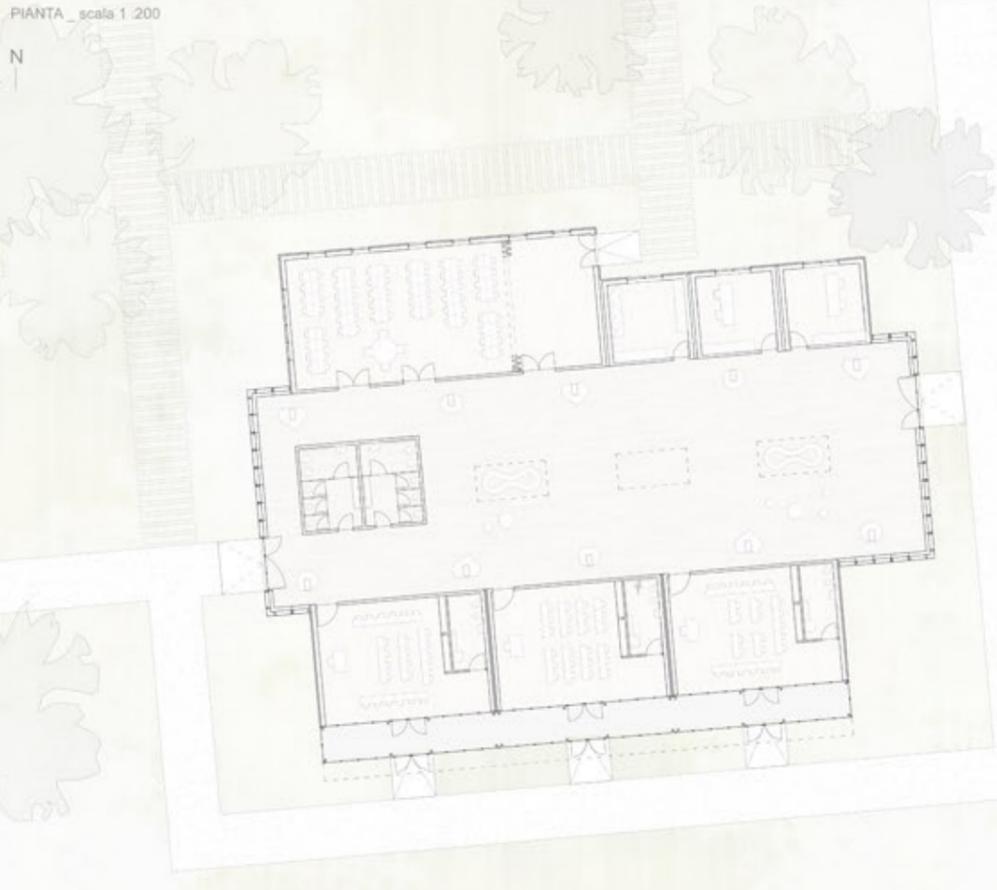
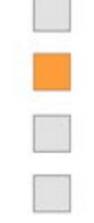
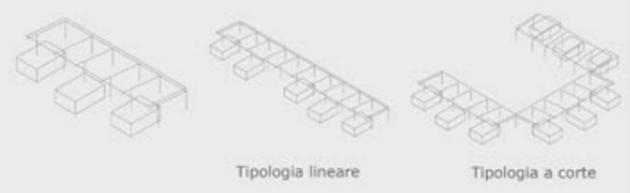
La serra solare posta sul lato sud fra le aule e il volume centrale oltre alle funzioni tecniche si pone come ambiente di collegamento e zona ricercata dal bambino per caratteristiche termiche e luminose diverse.



L'idea di progetto è quella di realizzare dei modelli di strutture per l'infanzia che utilizzino linee guida comuni ma che si possano adattare a siti con condizioni climatiche differenti tenendo presente la necessità pedagogiche per l'alunno. Sono state scelte per la loro completa disuguaglianza le località di Helsinki (Finlandia), Roma (Italia) e Nairobi (Kenia).  
 Dalle osservazioni dei casi climatici dei tre siti si sono adottate poi le strategie più performanti per la realizzazione dei progetti.  
 Per rispondere alle richieste si è scelto di utilizzare un sistema costruttivo misto che possa adattarsi a diverse scelte tipologiche e a possibili necessità di trasformazioni nell'arco di vita della struttura.  
 Le opere sono costituite da volumi più grandi con un sistema classico di travi e pilastri in legno, a cui si innestano volumi prefabbricati in legno x-lam.  
 I progetti differiscono a seconda delle strategie ma grazie alla modularità dei sistemi costitutivi si ha un ampio grado di libertà per le possibili configurazioni.



Le tipologie scelte sono il modello lineare (Helsinki e Roma) e il modello a corte (Nairobi).  
 I protagonisti nei progetti sono le aule (luogo identitario per il bambino) e lo spazio centrale comune (spazio ricreativo comunitario e di utilizzo in attività interdisciplinari).



CHIUSURA SUPERIORE 309,7mm

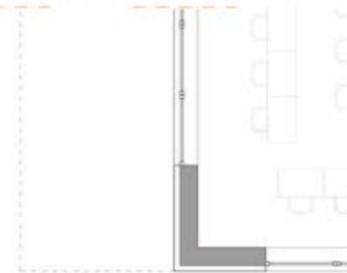
lamiera di finitura, 5mm.  
sottostruttura in acciaio, 50mm.  
guaina impermeabilizzante formata a freddo, 0,7mm.  
tavolato in legno, 15mm.  
isolante in lana di legno con leganti, 100mm.  
pannelli di fibra legno-cemento, 29mm.  
isolante in fibra di cellulosa costipata per strati, 60mm.  
barriera al vapore, 5mm.  
cartongesso in lastre, 30mm.  
intonaco e pellicola isolante, 15mm.

STRUTTURA DI COPERTURA

travi secondarie, 200x300mm.  
travi principali, 300x400mm.



DETTAGLIO PIANTA - scala 1:50



CHIUSURA SISTEMA VERTICALE

pannelli in legno di abete, 20mm.  
camera debolmente ventilata.  
sottostruttura lignea con sez.  
cartongesso in lastre, 15mm.  
isolante in lana di legno, 100mm.  
pannelli di fibra legno-cemento  
isolante in fibra di cellulosa co-  
barriera al vapore, 5mm.  
cartongesso in lastre, 30mm.  
(intonaco e pellicola isolante)

CAMINO DI VENTILAZIONE

struttura in legno:  
profili 200x200mm;  
tavolato 10x1000mm.  
lamiera di finitura, 20mm.

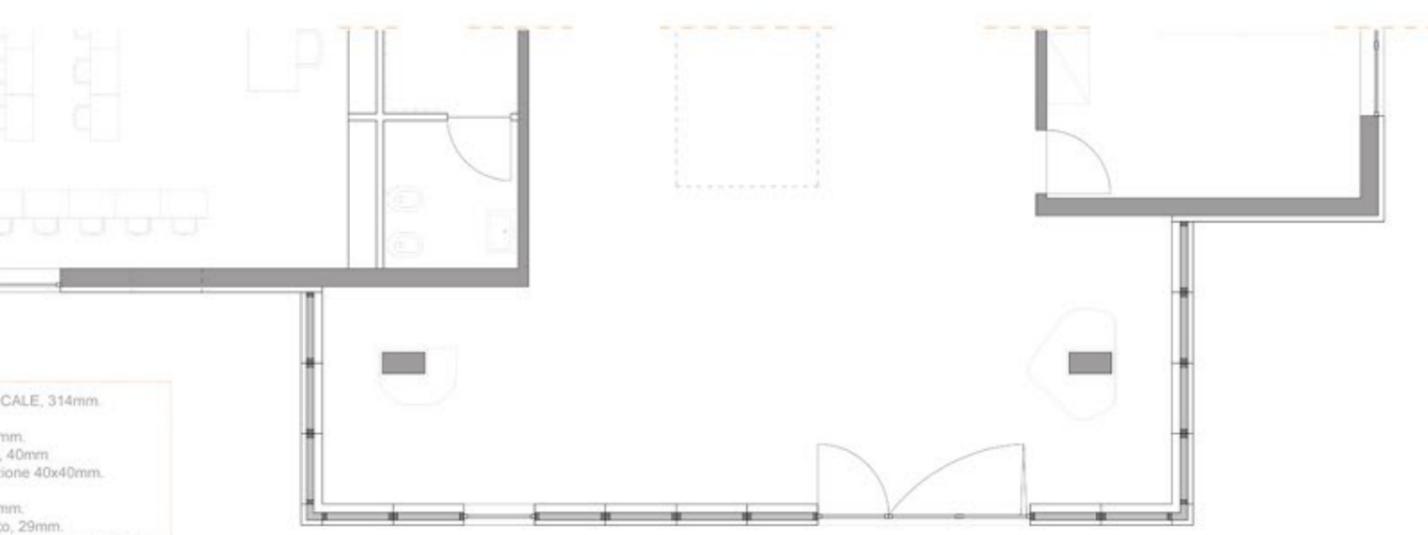
SERRA SOLARE

struttura portante con profili  
in acciaio, 100x100mm.  
telaio portato in acciaio, 50x50mm.  
vetro doppio, 20mm.

CHIUSURA DEL SISTEMA VERTICALE, 365mm.

intonaco e pellicola isolante, 15mm.  
isolante in fibra di cellulosa costipata per strati, 80mm.  
barriera al vapore, 5mm.  
parete x-lam, 150mm.  
camera non ventilata,  
sottostruttura lignea con sezione 50 x 50mm.  
cartongesso, 2 lastre x 5mm.  
(intonaco e pellicola isolante, 15mm).





SCALE, 314mm.  
 mm.  
 40mm  
 sezione 40x40mm.  
 mm.  
 29mm.  
 costipata per strati, 60mm.  
 (te, 15mm).

**CAMINO DI VENTILAZIONE**  
 struttura in legno:  
 profili 200x200mm; tavolato 10x1000mm.  
 lamiera di finitura, 20mm.  
 bocchettone d'aria: lamelle in legno, 10mm.

**LUCERNAIO**  
 vetro doppio strato, 20mm.  
 infisso in alluminio, 50mm.

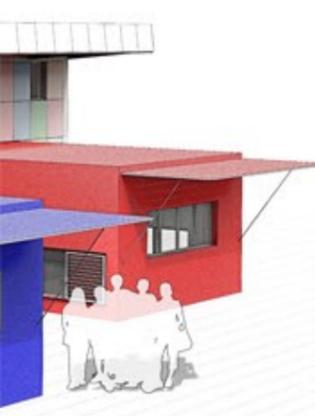
**CHIUSURA SUPERIORE 309,7mm**  
 lamiera di finitura, 5mm.  
 sottostruttura in acciaio, 50mm.  
 guaina impermeabilizzante formata a freddo, 0,7mm.  
 tavolato in legno, 15mm.  
 isolante in lana di legno con leganti, 100mm.  
 pannelli di fibra legno-cemento, 29mm.  
 isolante in fibra di cellulosa costipata per strati, 60mm.  
 barriera al vapore, 5mm.  
 cartongesso in lastre, 30mm.  
 intonaco e pellicola isolante, 15mm.

**CHIUSURA SISTEMA VERTICALE, 314mm.**  
 pannelli in legno di abete, 20mm.  
 camera debolmente ventilata, 40mm  
 (sottostruttura lignea con sezione 40x40mm).  
 cartongesso in lastre, 15mm.  
 isolante in lana di legno, 100mm.  
 pannelli di fibra legno-cemento, 29mm.  
 isolante in fibra di cellulosa costipata per strati, 60mm.  
 barriera al vapore, 5mm.  
 cartongesso in lastre, 30mm.  
 intonaco e pellicola isolante, 15mm.

**CHIUSURA DEL SISTEMA VERTICALE, 365mm.**  
 intonaco e pellicola isolante, 15mm.  
 isolante in fibra di cellulosa costipata per strati, 80mm.  
 barriera al vapore, 5mm.  
 parete x-lam, 150mm.  
 camera non ventilata, 50mm  
 (sottostruttura lignea con sezione 50 x 50mm).  
 cartongesso, 2 lastre x 5mm.  
 intonaco e pellicola isolante, 15mm.

**STRUTTURA DI FONDAZIONE, 905mm.**  
 barriera al vapore, 5mm.  
 fondazione, 400mm.  
 magrone, 100mm.  
 strato drenante in ghiaia, 400mm.

**CHIUSURA ORIZZONTALE INFERIORE, 236mm.**  
 pavimentazione in legno, 10mm.  
 massetto a secco, 50mm.  
 pannello radiante montato a secco per il riscaldamento, 30mm.  
 foglio di separazione, 1mm.  
 isolante in fibra di cellulosa costipata per strati, 80mm.  
 fondazione in calcestruzzo alleggerito, 145mm.



DETTAGLIO 1

DETTAGLIO 2

DETTAGLIO 3