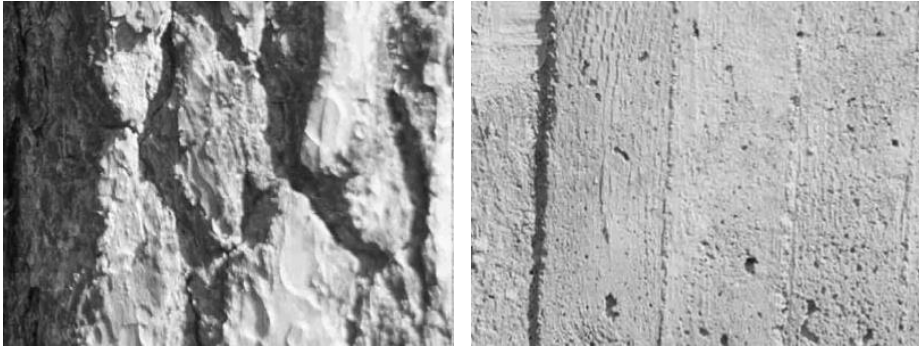


Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2014/15  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.

## Controllo ambientale del progetto

3 ottobre 2013



**“Lo stile degli edifici dovrebbe essere manifestamente diverso in Egitto ed in Spagna, nel Ponto e a Roma e nei paesi e nelle regioni di diversa natura. Poiché in una parte la terra è oppressa dal sole, in un'altra parte la terra è troppo lontana da esso, in un'altra ancora è a una distanza moderata [...]”**

*Vitruvio, Dell'Architettura, Libro VI, capitolo 1*



# Analisi delle caratteristiche ambientali



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

3/151

## Analisi delle caratteristiche ambientali

FATTORI GEOGRAFICI	LATITUDINE, ALTEZZA SUL LIVELLO DEL MARE
PARAMETRI CLIMATICI	GRADI GIORNO, ANNO TIPO, GIORNO MEDIO MENSILE
FATTORI METEOROLOGICI	TEMPERATURA, PRECIPITAZIONI, UMIDITÀ DELL'ARIA, VENTI, PRESSIONE ATMOSFERICA, STATO DEL CIELO, RADIAZIONE SOLARE
FATTORI TOPOGRAFICI	ALTITUDINE E RILIEVI, CLIVOMETRIA, ORIENTAMENTO DEI PENDII
FATTORI BIOLOGICI	SUOLO, ACQUA, ASSETTO VEGETAZIONALE

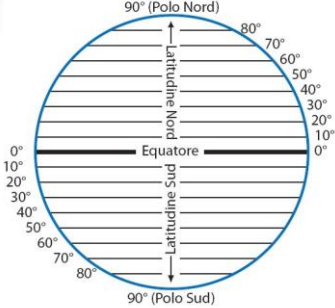




Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

4/151

**Fattori geografici**

### Latitudine e altezza sul livello del mare

**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

5/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA


**Parametri climatici**

### Gradi Giorno (GG)

Secondo la definizione riportata nel DPR 412/1993, sono **“la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente interno, convenzionalmente fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado-giorno (GG)”**.

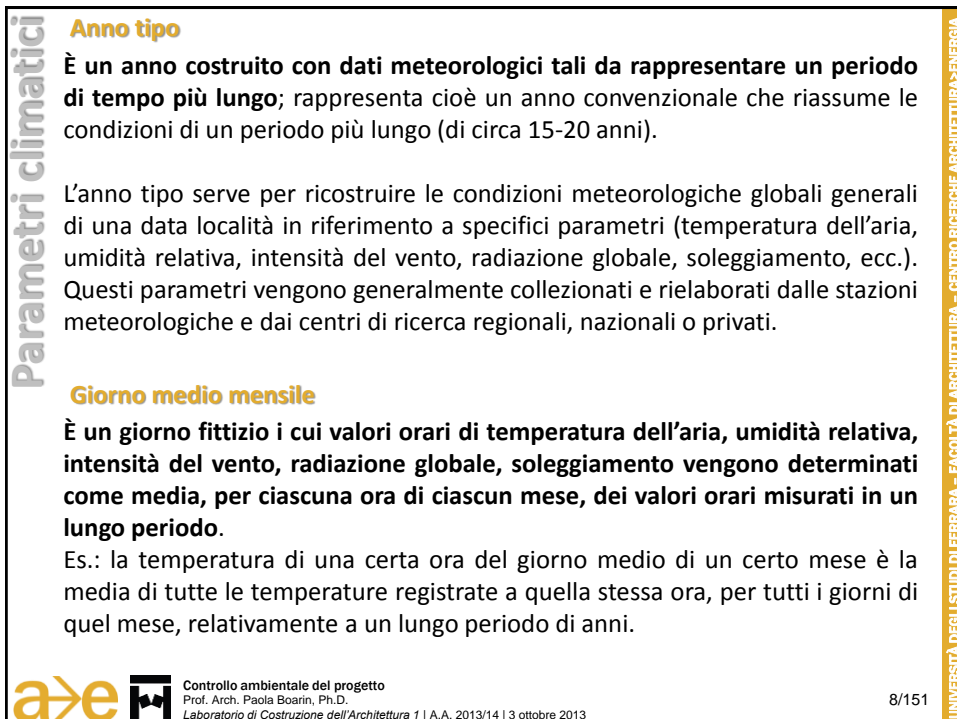
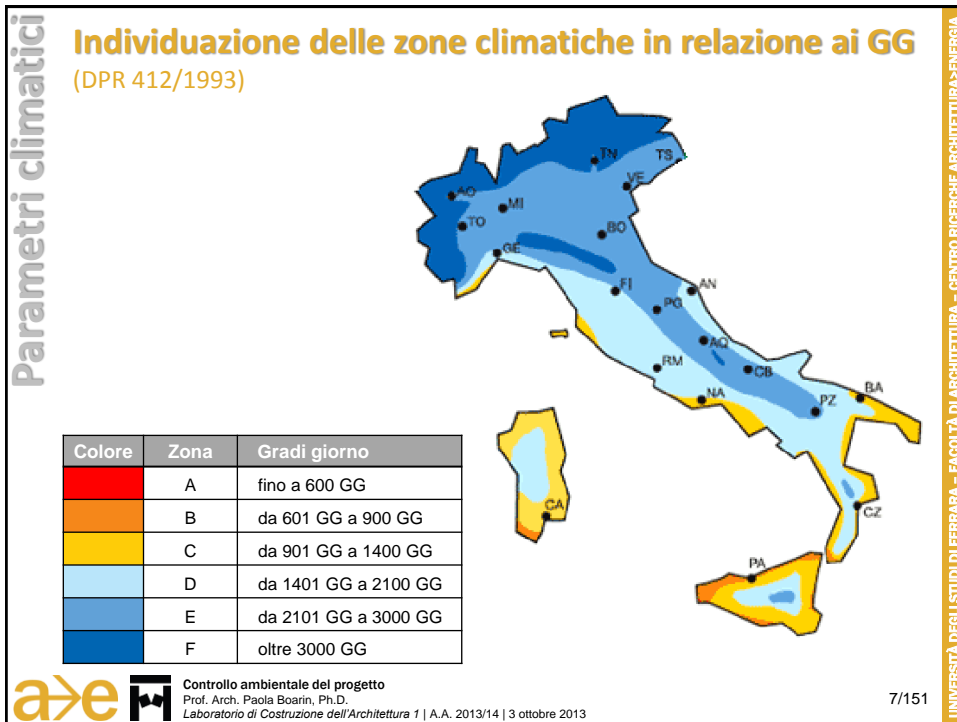
I gradi giorno rappresentano, quindi, il parametro convenzionale rappresentativo delle condizioni climatiche locali, utilizzato per stimare al meglio il fabbisogno energetico necessario per mantenere gli ambienti ad una temperatura ottimale.

Il valore dei gradi giorno di una località viene assunto in base al Comune di appartenenza. I gradi giorno di tutti i Comuni italiani sono riportati in una tabella del DPR 412/1993, dove sono ordinati per Regione e Provincia.


**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

6/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA




Parametri climatici



COMUNE di PESARO  
Servizio Qualità/Ambiente  
Osservatorio «Valerio»

**VALORI NORMALI DEL CLIMA DI PESARO**  
(1980 - 2009) (per i dati del vento 2000 - 2009)

	gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre	anno
Temperatura media (°C)	4,4	5,3	9,3	12,9	18,0	22,0	24,6	24,1	19,8	15,2	9,6	5,8	<b>14,3</b>
Temperatura massima media (°C)	7,9	9,2	13,5	17,0	22,1	26,2	29,0	28,8	24,4	19,2	13,0	9,1	<b>18,3</b>
Temperatura minima media (°C)	1,8	2,2	5,4	8,5	13,0	16,7	19,0	19,0	15,5	11,9	7,0	3,4	<b>10,3</b>
Temperatura massima assoluta (°C)	19,0 (1995)	19,8 (1995)	25,2 (2001)	27,6 (1992)	33,4 (2001)	37,4 (2005)	38,1 (2009)	37,4 (1988)	35,0 (1987)	28,0 (2006)	25,0 (2002)	21,8 (1989)	<b>38,1 (2009)</b>
Temperatura minima assoluta (°C)	-13,0 (1985)	-12,8 (1991)	-5,8 (1987)	-1,4 (2003)	4,2 (1987)	7,0 (1990)	11,2 (1991)	9,6 (1981)	6,2 (1995)	3,0 (1994)	-2,4 (1989)	-9,2 (1996)	<b>-13,0 (1985)</b>
Precipitazioni medie (mm)	50,2	45,2	63,6	60,7	53,7	56,6	43,8	63,8	92,7	80,0	85,8	81,2	<b>777,4</b>
Velocità media del vento (km/h)	10,9	11,3	12,1	11,1	11,1	11,3	11,6	10,9	11,1	9,8	9,9	11,0	<b>11,0</b>
Direzione prevalente di provenienza del vento	SW	SW	SW	N	SW	N	N	SW	SW	SW	SW	W	<b>SW</b>

**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

9/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

Fattori meteorologici

**La meteorologia**

La rilevazione dei fattori avviene tramite:


- Stazioni pluviometriche (precipitazioni)
- Stazioni termopluviometriche (temperature e precipitazioni)
- Osservatori (temperatura, precipitazioni, umidità, pressione, stato del cielo, venti, soleggiamento, radiazione solare).

In Italia gli enti ufficiali sono:

- Il Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP.
- L'Ufficio Centrale di Meteorologia del Ministero dell'Agricoltura
- Il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare.

Alcuni servizi privati, sviluppati a scopo di ricerca sono:

- Enti di Bonifica territoriale
- Camere di Commercio
- Privati

**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

10/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Temperatura dell'aria

La temperatura dell'aria è lo stato termico dell'atmosfera esistente in un punto e in un determinato momento.

L'aria non viene riscaldata direttamente dai raggi solari, ma per **convezione e conduzione dalla superficie terrestre**, la cui temperatura dipende dal bilancio tra energia solare incidente e reimmissione all'infrarosso.

La **variazione della temperatura giornaliera dipende tuttavia dallo stato del cielo**. Nelle giornate serene, una grande quantità di radiazione incidente e una via sgombra per il reirraggiamento producono una forte escursione termica giornaliera. Nelle giornate nuvolose la variazione è minore.

Una giornata estiva serena è più calda di una nuvolosa poiché viene ricevuta maggiore energia solare.

Una giornata invernale serena è più fredda di una giornata nuvolosa poiché di notte il calore sfugge più facilmente verso l'atmosfera.

Nel corso di una giornata, la temperatura dell'aria assume il minimo valore poco prima dell'alba e cresce fino a raggiungere il valore massimo verso le ore 14:00. successivamente decresce con andamento più lento rispetto alla crescita.



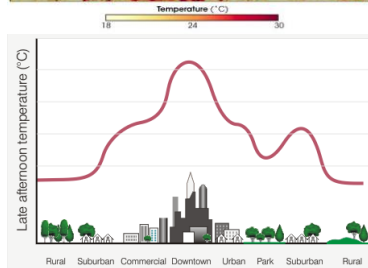
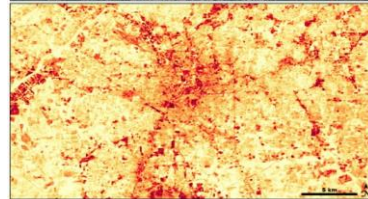
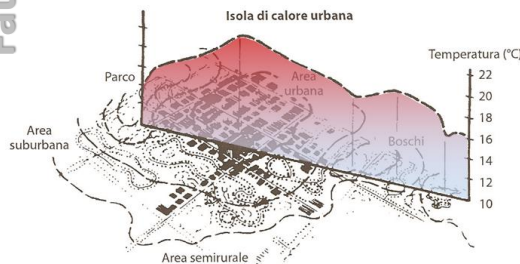
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

11/151

## Temperatura dell'aria

La temperatura è condizionata dal vento, dalla natura del suolo, dalla presenza di corpi d'acqua, dalla vegetazione, dall'orografia.

Nei centri urbani la temperatura è generalmente superiore di 2°C circa rispetto alla periferia e di 5°C circa rispetto alle zone rurali per effetto del fenomeno di **isola di calore** o **isole climatiche urbane**.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

12/151

## Precipitazioni

Per precipitazioni si intende qualunque tipo di acqua atmosferica che raggiunge la superficie terrestre allo stato liquido o solido.

- **Pioggia:** gocce d'acqua con diametro superiore a 0,5 mm e velocità di caduta superiore a 3m/s
- **Rugiada:** gocce d'acqua che si depositano durante la notte per condensazione da raffreddamento del vapore contenuto negli strati più vicini al suolo
- **Neve:** cristalli di forma esagonale riuniti in fiocchi
- **Grandine:** globuli di ghiaccio
- **Brina:** cristalli aghiformi che derivano dalla solidificazione del vapore in condizioni di temperatura  $< 0^{\circ}\text{C}$ .

La quantità si valuta calcolando lo spessore dello strato di acqua che si formerebbe su un terreno completamente piano, senza assorbimento o evaporazione ed è espressa in mm (1 mm = 1 l d'acqua sulla superficie di 1 m<sup>2</sup>)



## Umidità

**Umidità atmosferica:** è l'indicatore della quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera.

**Umidità assoluta:** quantità di vapore acqueo contenuta in 1 m<sup>3</sup> d'aria in un dato istante e in un dato punto dell'atmosfera.

**Umidità relativa (%):** rapporto tra quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera e la quantità massima che potrebbe esservi contenuta alla stessa temperatura, in condizioni di saturazione.

**L'umidità è un parametro che deve essere sempre valutato in funzione della pressione e della temperatura.**

Il punto di rugiada corrisponde alla temperatura alla quale l'umidità assoluta dell'aria diventa umidità massima, dando origine a fenomeni di condensazione che danno origine alla formazione di nuvole, nebbia, rugiada o brina.



## Venti

**Il vento è un movimento orizzontale dell'aria originato dalle differenze di pressione atmosferica esistenti tra due diverse zone della superficie terrestre, dovute a loro volta a differenze di temperatura e umidità.**

Lo spostamento delle masse d'aria avviene dalla zona di pressione maggiore a quella di pressione inferiore, fino al raggiungimento dell'**equilibrio barico**, con una velocità direttamente proporzionale alla differenza di pressione e inversamente proporzionale alla distanza dei punti di pressione massima e minima.

I **venti geostrofici** (>1.000 m di altezza) sono determinati dalla differenza di pressione.

I **venti di superficie** (<100 m dal suolo) sono fortemente influenzati dalle caratteristiche del territorio (morfologia, vegetazione, bacini idrici, ostacoli).

I venti sono caratterizzati da **direzione** (rispetto al nord), velocità (in funzione del tipo geometrico di suolo), **frequenza** (giornaliera o in termini percentuali di tempo), **intensità** (pressione esercitata su una superficie).



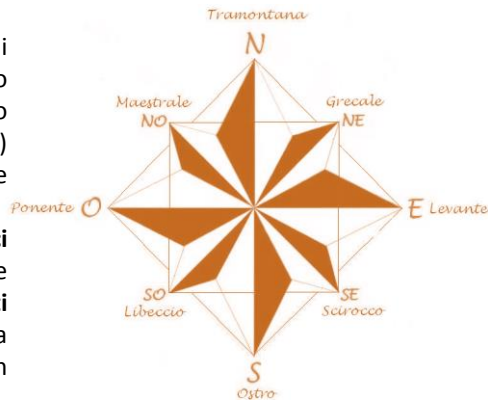
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

15/151

## Venti

In relazione alle direzioni di provenienza i venti sono denominati in diverso modo (otto direzioni cardinali e intercardinali) in un quadro d'insieme denominato **rosa dei venti**.

I venti sono definiti **caratteristici** se tipici di una zona in funzione dell'orografia (es. bora), **costanti** se spirano sempre nella stessa direzione e verso anche se con diversa intensità (es. alisei), **periodici** (su base stagionale o diurna - *brezze*) quando spirano su una stessa direttrice invertendo periodicamente la direzione, anche con differente velocità.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

16/151



**Fattori meteorologici**

## Brezze

**GIORNO**

**Brezza di mare**

Le masse d'aria in corrispondenza della terra si sollevano a causa del riscaldamento dovuto all'irraggiamento e vengono compensate dalle masse d'aria più fredda che si trovano in corrispondenza del mare.

**NOTTE**

**Brezza di terra**

Il calore immagazzinato durante il giorno dalla massa d'acqua riscalda la colonna d'aria che si solleva, richiamando aria più fresca dalla costa

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

17/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

**Fattori meteorologici**

## Venti

I venti influenzano i processi di evaporazione dei corpi d'acqua con influenze sulle precipitazioni, sull'umidità e sulla temperatura dell'aria.

Gli elementi che influenzano l'andamento dell'aria sono la presenza di irregolarità dell'andamento del suolo (pendii, declivi, ostacoli artificiali).

Dato che i venti influenzano notevolmente la temperatura di un dato luogo, nei climi particolarmente rigidi e ventosi è bene adottare **strategie per la protezione dai venti dominanti**, specie se provenienti da Nord, attraverso l'adozione di configurazioni planimetriche e morfologiche in grado di ridurre l'effetto, anche con l'ausilio di un'opportuna vegetazione.

È bene ricordare **che il vento influisce sulle perdite di calore per trasmissione attraverso l'involucro**: si ha, infatti, una diminuzione della resistenza termica degli strati liminari all'aumentare dell'intensità. Inoltre, l'elevato numero di ricambi d'aria e le perdite di calore attraverso gli infissi generano un abbassamento della temperatura indoor, con conseguente aumento dei consumi per climatizzazione invernale.

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

18/151

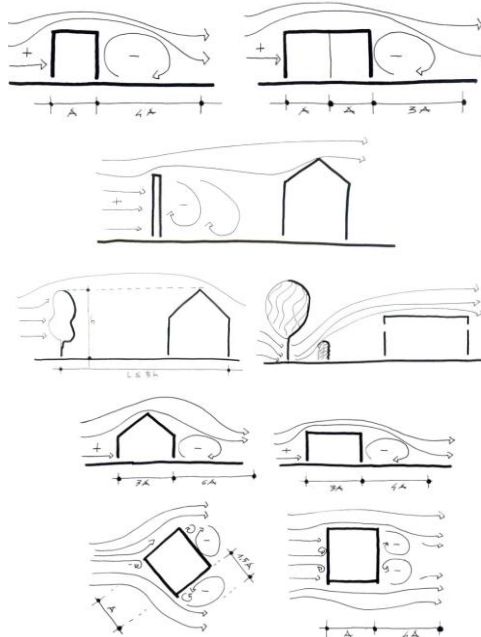
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Venti

Quando il vento colpisce un edificio si viene a creare una zona di alta pressione (+) sul lato esposto e una di bassa pressione (-) sul lato opposto, dove si generano dei vortici di aria.

Per ridurre l'effetto delle correnti d'aria è opportuno adottare delle strategie, quali:

- L'adozione di **ostruzioni artificiali** realizzate con materiali poco permeabili;
- La **piantumazione** di essenze arboree protettive;
- La corretta **pianificazione della forma e dell'orientamento** dell'edificio in fase progettuale.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

19/151

## Pressione atmosferica

La pressione atmosferica in un punto dello spazio è pari al peso della colonna d'aria situata al di sopra del punto stesso, misurata all'interno di un cilindro con asse verticale avente per base l'unità di superficie.

Alla latitudine di 45°, in condizioni di equilibrio barico, la pressione atmosferica misurata sul livello del mare e alla temperatura di 0°C è di circa 760 mm di mercurio.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

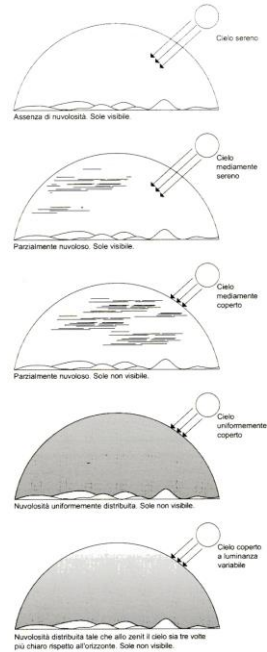
20/151

## Stato del cielo

Si definisce stato del cielo la quantità di cielo coperto o meno da nubi, in un dato momento e in un dato punto di rilevazione.

Lo stato del cielo si misura a vista. In base alla quantità media di cielo coperto rilevato i giorni vengono classificati in sereni, misti o coperti.

Lo stato del cielo è uno dei fattori principali che modificano la temperatura dell'aria di un luogo. Nelle giornate serene, una grande quantità di radiazione incidente e una via sgombra per il reirraggiamento producono una forte escursione termica giornaliera. Nelle giornate nuvolose la variazione è minore. Una giornata estiva serena è più calda di una nuvolosa poiché viene ricevuta maggiore energia solare. Una giornata invernale serena è più fredda di una giornata nuvolosa poiché di notte il calore sfugge più facilmente verso l'atmosfera.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

21/151

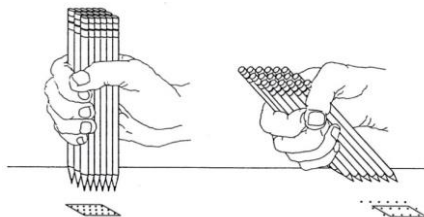
## Radiazione solare

Per radiazione solare si intende il flusso di energia emesso dal sole.

Una qualunque superficie, comunque orientata, riceve radiazione solare diretta e diffusa che viene riflessa dal terreno e dagli oggetti circostanti.

L'energia solare può essere utilizzata per produrre calore in modo passivo o per produrre energia elettrica.

Durante l'attraversamento dell'atmosfera terrestre, l'irraggiamento solare subisce effetti diversificati: una parte viene **riflessa** verso lo spazio, una parte **assorbita** dalle molecole dell'atmosfera, una parte **diffusa** in tutte le direzioni e una minima parte raggiunge la superficie terrestre (**diretta**), condizionata dalle caratteristiche della superficie stessa (**albedo**).



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

22/151

**Fattori meteorologici**

### Radiazione solare

**Radiazione solare diretta:** proviene dal sole, è incidente al suolo e modifica l'intensità al variare dell'angolo di incidenza, raggiungendo valori massimi in posizione verticale;

**Radiazione solare diffusa:** porzione di luce riflessa dal cielo;

**Effetto albedo:** quota della radiazione solare diretta e diffusa che viene riflessa dal terreno e dagli oggetti circostanti. Ogni tipo di suolo o vegetazione ha valori di albedo caratteristici.

**FLUSSO DI ENERGIA FRA IL SOLE, L'ATMOSFERA E LA SUPERFICIE TERRESTRE**

230 Radiazione ad onde lunghe in uscita  
 230 Emessa dall'atmosfera verso lo spazio  
 110 Riflessa dalle nubi  
 110 Radiazione solare riflessa verso lo spazio  
 13 Riflessa all'indietro  
 25% riflessa dall'atmosfera  
 18% diffuso nell'atmosfera  
 5% riflesso dal terreno  
 25% assorbita dall'atmosfera  
 27% direttamente assorbita dalla superficie della terra

**CALORE**  $4 < \lambda < 25 \mu\text{m}$

Emessa dalla superficie terrestre verso lo spazio  
 Riflessa verso lo spazio  
 20  
 10 Assorbita dalle nubi  
 62 Assorbita dall'atmosfera  
 360 Assorbita da nubi, gas minori e particelle di aerosol  
 Diffusa dalle nubi 62  
 100 Radiazione solare diretta  
 Diffusa e assorbita 28

**RADIAZIONE SOLARE**  $0,2 < \lambda < 4 \mu\text{m}$

342 Radiazione solare incidente  
 93  
 100

**Flusso di calore latente** 80  
**Flusso di calore sensibile** 20

**Emessa dall'atmosfera verso la superficie terrestre** 330  
**Radiazione dalla superficie** 390

**TERRA**

**Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

23/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA

**Fattori meteorologici**

### Radiazione solare

L'energia che raggiunge la superficie, a causa della rotazione terrestre e dell'inclinazione dell'asse, varia considerevolmente con la latitudine, l'altezza del suolo, le stagioni, l'ora di rilevamento del giorno e dipende dalle variazioni meteorologiche locali.

primavera/autunno  
 autunno/primavera  
 estate  
 inverno

**Riflessione speculare**  
 superficie levigata

**Riflessione diffusa**  
 superficie spora

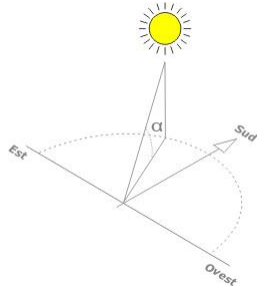
**Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

24/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA

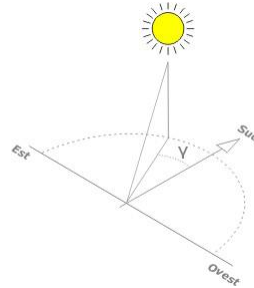
## Radiazione solare

Per una corretta valutazione è necessario considerare l'angolo di incidenza che i raggi formano rispetto alla superficie ortogonale alla direzione della radiazione. Tale valutazione è fondamentale per la valutazione delle aperture, delle schermature e dei sistemi di captazione attivi e passivi.



### Altezza o altitudine solare $\alpha$

È l'angolo formato tra la direzione dei raggi solari ed il piano orizzontale.



### Azimut Solare $\gamma$

È l'angolo formato tra la proiezione sul piano orizzontale dei raggi solari e la direzione sud; è positivo se la proiezione cade verso est (prima del mezzogiorno solare) ed è negativo se la proiezione cade verso ovest (dopo mezzogiorno).

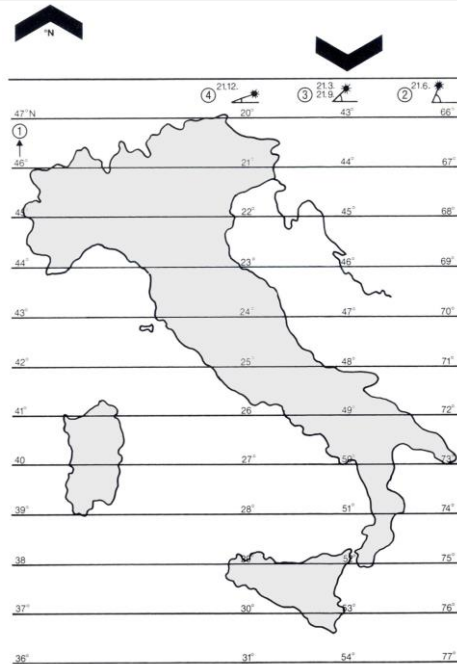


Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

25/151

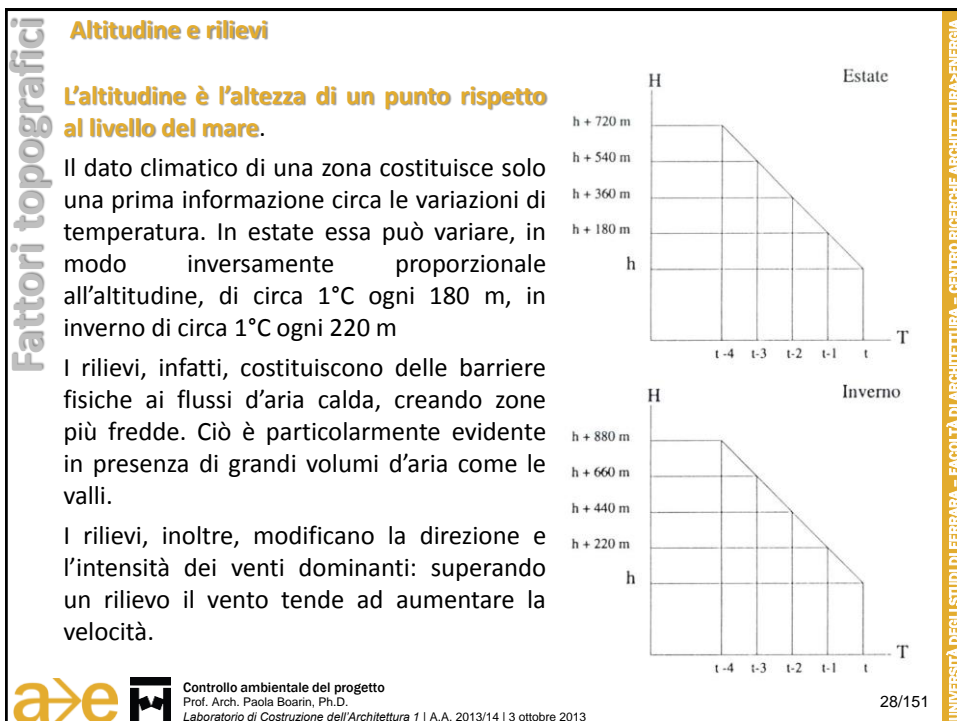
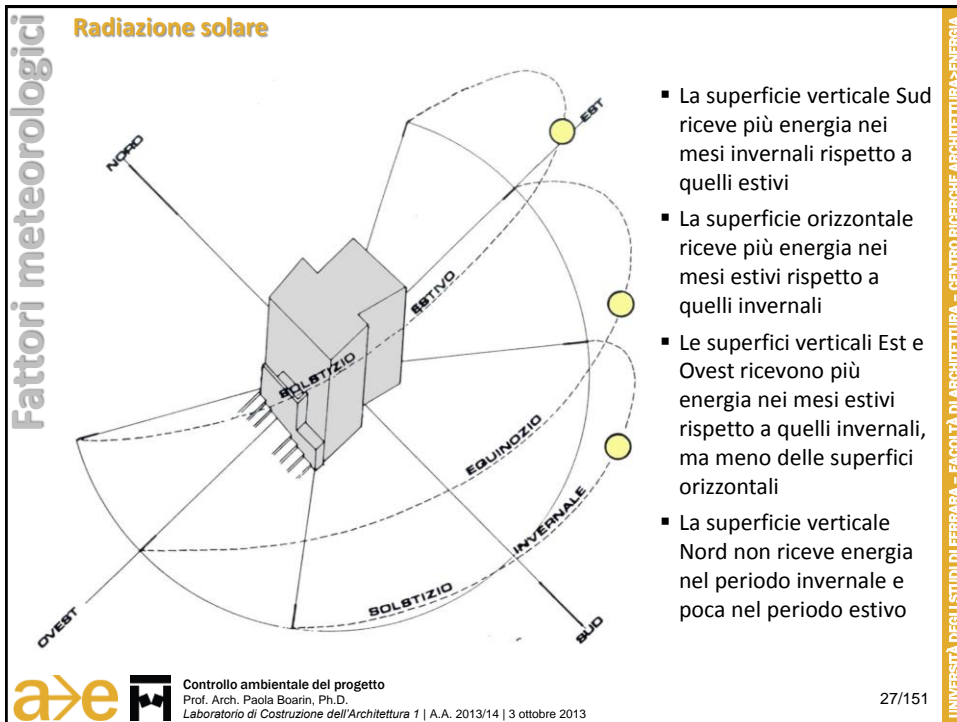
## Radiazione solare

1. Posizione geografica relativa alla latitudine Nord
2. Altezza del sole nel solstizio d'estate (massima declinazione del sole - 21 giugno)
3. Altezza del sole all'equinozio (21 marzo e 21 settembre)
4. Altezza del sole al solstizio d'inverno (minima declinazione del sole - 21 o 22 dicembre)



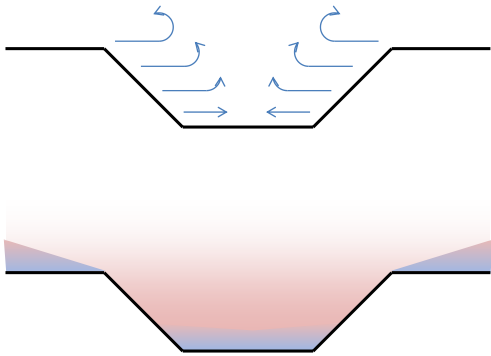
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

26/151



**Fattori topografici**


### Altitudine e rilievi



Di notte le pareti e il fondo delle valli si raffreddano e l'aria fluisce verso il fondovalle. Sui fianchi, una serie di circolazioni minori si mescola con l'aria calda circostante creando una temperatura intermedia.

L'aria sull'altopiano sarà fredda, quella del fondovalle molto fredda, ma quella dei pendii più temperata e viene detta **fascia termica** o **pendio caldo**.

La fascia termica è la più indicata per costruire gli edifici.

**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

29/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

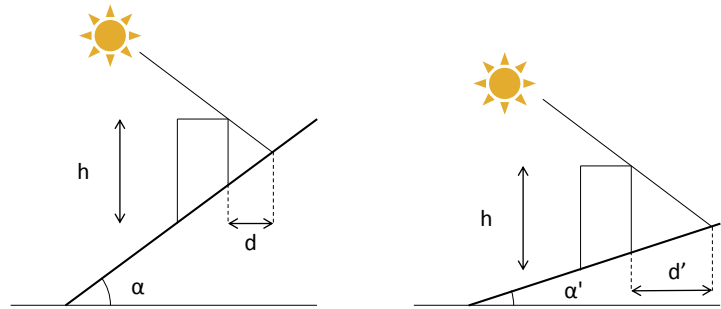
**Fattori topografici**


### Clivometria

**La clivometria è la pendenza media del terreno rispetto all'orizzontale.**

Si esprime in percentuale (differenza di quota diviso la distanza planimetrica) oppure in gradi. Le ombre sono più piccole quanto più il valore della clivometria si avvicina a quello dell'inclinazione dei raggi solari.

Le distanze da determinare per evitare che un edificio proietti ombra su quello retrostante dipendono dall'inclinazione del terreno.



**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

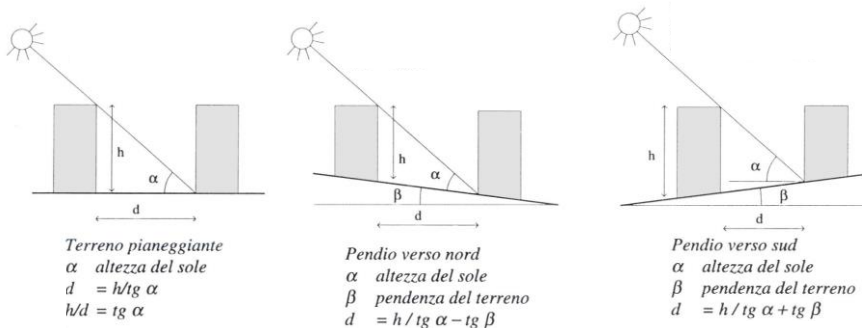
30/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Orientamento dei pendii

La pendenza del terreno incide sulla verifica delle ombre portate di un qualsiasi edificio posto in un'area. Più la pendenza del terreno tende ad essere perpendicolare alla direzione dei raggi solari, minore sarà la superficie creata in ombra.

L'orientamento dei pendii è un'informazione importante al fine di comprendere l'apporto solare diretto durante la variazione delle stagioni.



## Suolo

Il suolo è molto importante poiché la temperatura dell'aria dipende dallo scambio di calore con il terreno.

I terreni aridi (sabbia e ghiaia) determinano temperature più elevate e minore umidità; terreni umidi (argillosi) determinano temperature basse con contenuti di umidità elevati. La superficie erbosa è in grado di assorbire la radiazione solare estiva e i processi di evaporazione abbassano la temperatura dell'aria.

Ogni materiale presenta uno specifico comportamento rispetto all'assorbimento della radiazione. L'**albedo** è la quota di radiazione solare diretta e diffusa che viene riflessa dal terreno e dagli oggetti circostanti.

Tabella 1. Indice di Riflessione Solare (SRI) per materiale da pavimentazione standard.

Materiale	Emissività	Riflessione	SRI
Calcestruzzo classico grigio - nuovo	0,90	0,35	35
Calcestruzzo classico grigio - invecchiato*	0,90	0,20	19
Calcestruzzo classico bianco - nuovo	0,90	0,70	86
Calcestruzzo classico bianco - invecchiato*	0,90	0,40	45
Asfalto nuovo	0,90	0,05	0
Asfalto invecchiato	0,90	0,10	6

\* Il potere riflettente di una superficie può essere mantenuto attraverso la pulitura. Un tipico lavaggio a pressione dei materiali cementizi può ristabilire il potere riflettente vicino al valore originale. I valori invecchiati sono riferiti a superfici non lavate.



## Suolo

TABELLA 4: EMISSIVITA' ED ALBEDO PER ALCUNI MATERIALI

materiale	emissività	albedo
marmo grigio, lucido	0,93	0,7
marmo scuro, lucido	0,93	0,35
granito grigio, lucido	0,42	0,2
calcare chiaro, lucido	0,4	0,65
calcare scuro, lucido	0,4	0,3
arenaria chiara, lucida		0,38
arenaria rossa, lucida	0,57	0,27
mattoni rossi	0,93	0,26-0,3
mattoni bruno chiaro	0,93	0,45
mattoni smaltati		0,74
calcestruzzo liscio	0,62	0,35-0,46
intonaco chiaro	0,91	0,58
intonaco scuro	0,94	0,27
legno, non verniciato	0,7-0,9	0,41
cartone catramato nero	0,91	0,12-0,14
acciaio lucido	0,13	0,55
acciaio zincato	0,28	0,36
alluminio lucido	0,04-0,06	0,74
vernici a olio: blu	0,81	0,36
vernici a olio: verde	0,81	0,35
vernici a olio: ocre giallo oro	0,81	0,56
vernici a olio: ocre rossa	0,81	0,37
vetro da finestra da mm 4,5	0,94	0,96
vetro da finestra da mm 7	0,94	0,92



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

33/151

## Suolo

L'interazione tra massa di terra e massa d'acqua condiziona il microclima e determina condizioni specifiche.

Quando si ha forte presenza di terra rispetto all'acqua si hanno temperature elevate e maggiori escursioni termiche giornaliere e annuali. Quando è predominante la presenza di acqua le escursioni termiche sono più contenute e le temperature più basse.



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

34/151

**Fattori biologici**

### Assetto vegetazionale

Caratteristiche e vantaggi offerti dalla vegetazione:

- Protezione dai raggi solari incidenti;
- Protezione dai venti dominanti;
- Protezione acustica;
- Controllo del clima (temperatura e umidità);
- Capacità depurativa dell'aria
- Mantenimento dell'equilibrio idrogeologico;
- Benessere psicologico;
- Valorizzazione economica del manufatto

**Fronte Nord** **Fronte Sud**

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

35/151 **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA**

**Fattori biologici**

### Assetto vegetazionale

**Protezione dai raggi solari incidenti**

È necessario valutare:

- Forma e dimensione del tronco
- Forma e dimensione delle foglie
- Consistenza della chioma
- Velocità di crescita e durata
- Periodo di fogliazione

**Forma fusiforme** **Forma ovoidale** **Forma sferoidale** **Forma emisferica** **Forma conica**

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

36/151 **UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA**

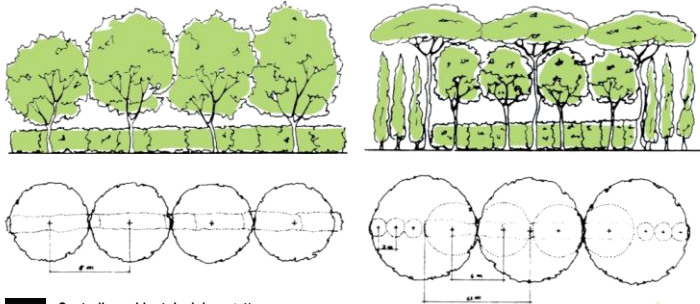
## Assetto vegetazionale

### Protezione dai venti dominanti.

È necessario valutare:

- Altezza e distanza della piantumazione dall'edificio
- Altezza dell'edificio
- Rapidità di crescita
- Livello di permeabilità e di compattezza
- Forma e porosità della chioma
- Tipo di fogliame e tipo di essenza

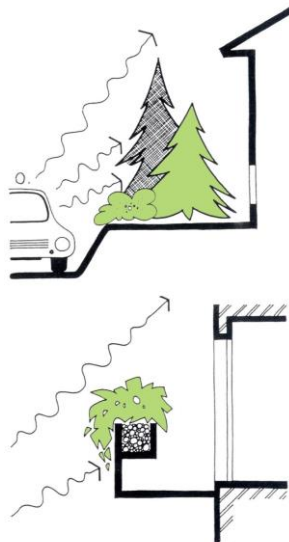
Poiché alle nostre latitudini i venti da cui è necessario proteggersi sono quelli invernali, per realizzare barriere frangivento non sono efficaci gli alberi a foglia caduca. Tuttavia sono da preferirsi specie latifoglie piuttosto che aghifoglie a meno che non siano molto densi.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

37/151

## Assetto vegetazionale



### Protezione acustica e attenuazione della pressione sonora. È necessario valutare:

- Tipo di fogliame (foglia larga, latifoglia, ecc.)
- Tipo di essenza (sempreverde o a foglia caduca)
- L'alto fusto è difficilmente adottabile nelle aree urbane

Nelle aree urbane si utilizzano balconi, parapetti e terrazze per creare zone verdi con funzione di protezione acustica



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

38/151

# Ambiente e forma degli edifici



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

39/151

**Il progetto deve mettere  
l'edificio in relazione con  
le sollecitazioni ambientali**

Alberobello

Milano?  
Roma?  
Palermo?

**a>e**  Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

40/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

L'architettura contemporanea ha spesso dimenticato il rapporto che esiste tra forma, dimensione e contesto climatico, non considerando gli effetti che dal punto di vista termico possono influire sull'organismo edilizio.

Di fatto non esiste una forma ideale dell'edificio, ma essa è influenzata da diversi fattori, quali:

- Fattori ambientali
- Esigenze funzionali
- Esigenze psicologiche
- Esigenze architettoniche
- Fattori economici
- Vincoli legislativi e normativi



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

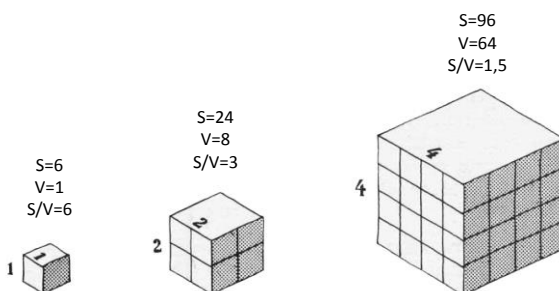
41/151

## Ambiente e forma degli edifici

Tuttavia, è possibile definire una serie di parametri utili alla progettazione di edifici energeticamente efficienti e correttamente inseriti nel contesto ambientale.

Il primo tra tutti è **la compattezza (S/V)**, definita come rapporto tra un **volume riscaldato circoscritto da un involucro disperdente**.

Il rapporto S/V di un edificio energeticamente efficiente deve essere  $< 0,6$ .



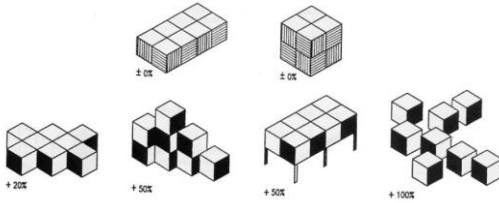
- Per uno stesso volume interno è la forma più compatta che minimizza gli scambi (sfera).
- Per una stessa forma, è il volume maggiore che ha proporzionalmente minori scambi attraverso l'involucro, dato che il volume cresce «al cubo» e la superficie aumenta «al quadrato».



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

42/151

## Ambiente e forma degli edifici



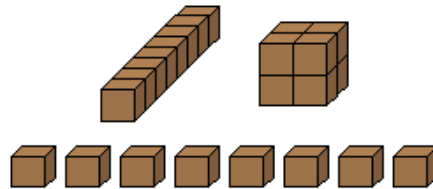
A parità di volume, ciò che varia è la superficie disperdente esterna.

Edificio piccolo V=1000 m³		Edificio grande V=10.000 m³	
S	S/V	S	S/V
600	0,6	2785	0,28
850	0,85	3945	0,39
1200	1,2	5570	0,56

La compattezza è un aspetto che caratterizza la composizione volumetrica dell'edificio e che indica il grado di concentrazione del suo volume.

A una maggiore compattezza dell'edificio corrisponde una minore superficie d'involucro e una minore possibilità di interscambi energetici con l'esterno.

A un edificio più compatto corrisponde una maggiore stabilità termica.



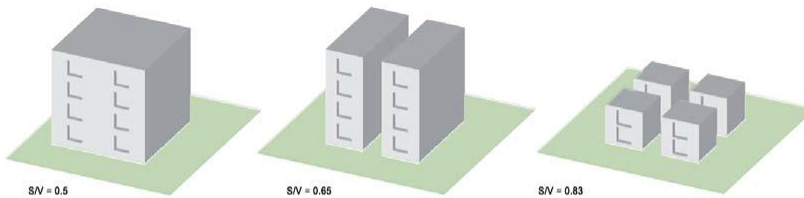
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

43/151

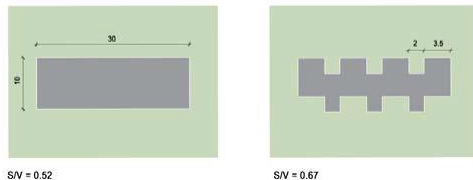
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Ambiente e forma degli edifici

### 1. FATTORE VOLUME



### 2. FATTORE FORMA

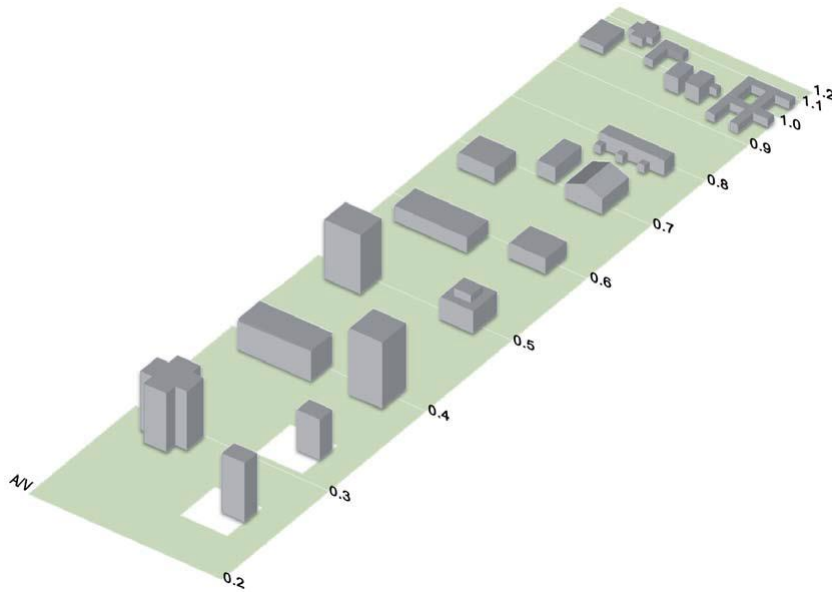


Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

44/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Ambiente e forma degli edifici

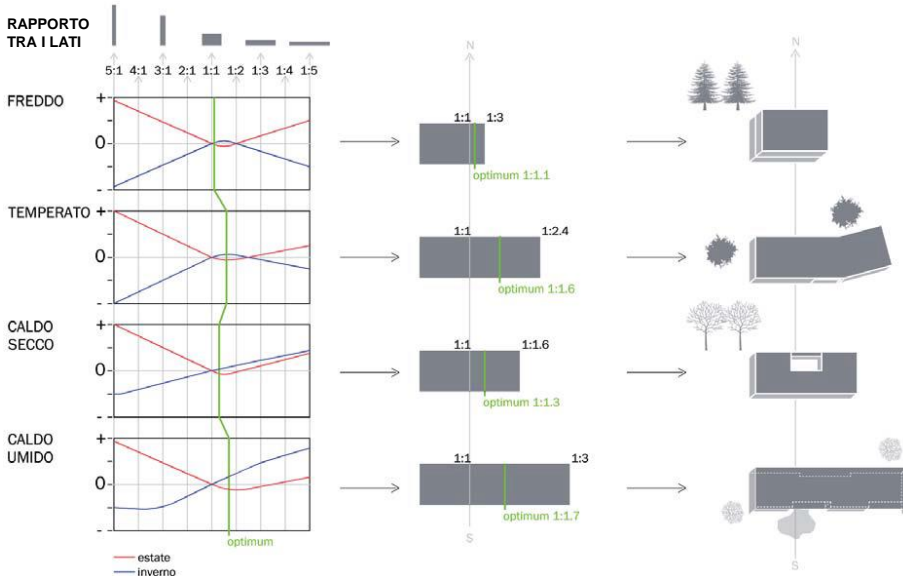


Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

45/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Ambiente e forma degli edifici



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

46/151

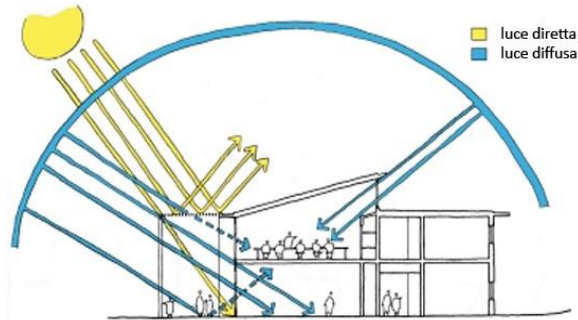
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## La luce naturale, orientamento e progetto

La luce naturale dovrebbe essere la fonte primaria di illuminazione degli ambienti indoor poiché, oltre a garantire il benessere visivo degli occupanti, qualora correttamente progettata, permette di ridurre i consumi energetici dovuti ai dispositivi per l'illuminazione artificiale.

La luce naturale è composta da:

- **Componente diretta**  
ovvero la luce che arriva direttamente da sole
- **Componente diffusa**  
ovvero la luce che, attraverso lo *scattering* (cambiamento di traiettoria), viene diffusa nella volta celeste
- **Componente riflessa**  
ovvero la luce diretta e diffusa che viene riflessa dalle superfici circostanti



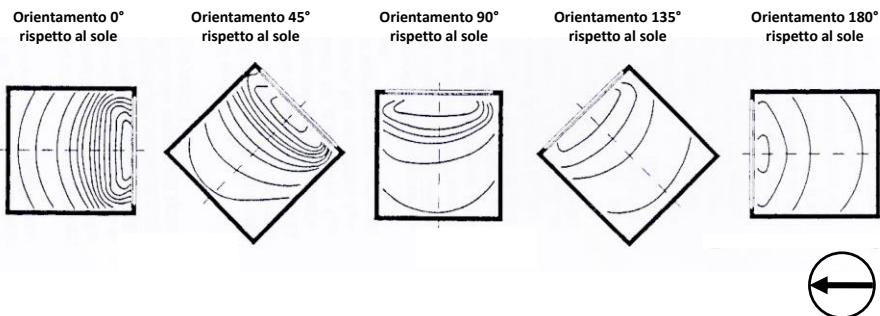
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

47/151

## Rapporto tra luce naturale ed edificio

Il primo fattore che influenza la quantità e la qualità della luce naturale è l'**orientamento dell'edificio e degli ambienti**, determinabile esclusivamente durante il progetto del fabbricato e non modificabile nelle eventuali fasi di riqualificazione.

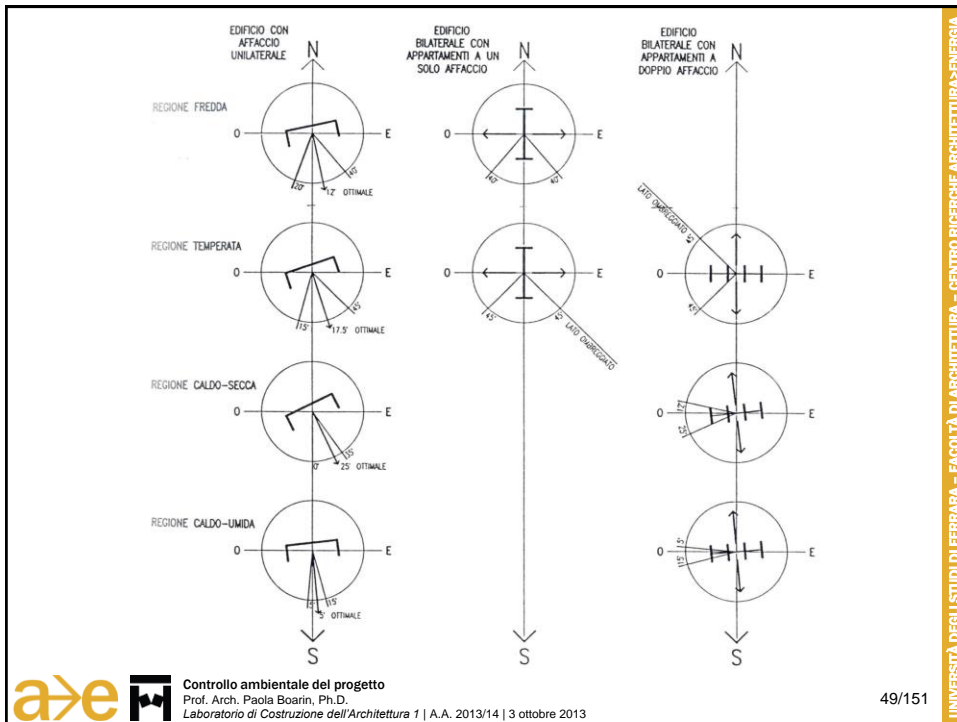
Questo parametro influenza, inoltre, la possibilità di godere di guadagni solari gratuiti durante i mesi invernali, ma può causare il surriscaldamento degli ambienti durante i mesi estivi ed è, pertanto, consigliabile prestarvi particolare attenzione.



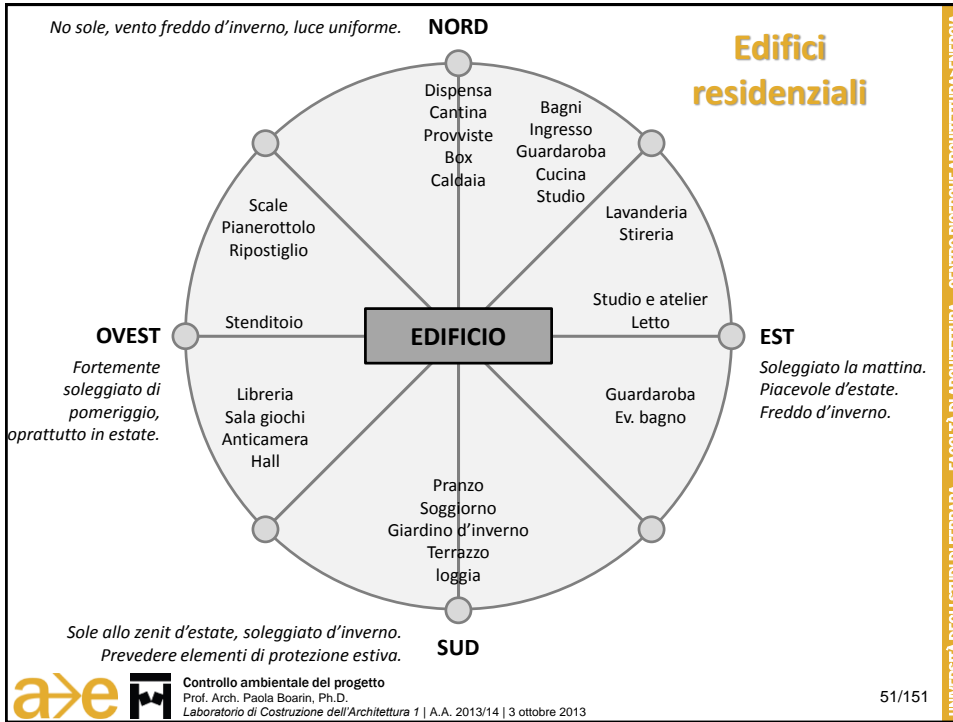
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

48/151





- Le superfici esposte a **Sud e Sud-Est** hanno migliore guadagno termico invernale, ma richiedono il controllo del surriscaldamento estivo
- Le superfici orientate a **Est** hanno guadagno termico invernale e non richiedono protezione estiva per evitare il surriscaldamento
- Le superfici orientate a **Ovest** richiedono protezione estiva nelle ore pomeridiane per evitare i fenomeni di surriscaldamento
- Per le superfici orientate a **Nord** è opportuno limitare le superfici vetrate per diminuire la dispersione termica, mantenendo una porzione di apertura tale da favorire la luminosità naturale



**Edifici residenziali**

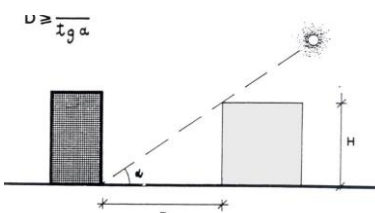
	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Camera da letto	●	●	●	●	●	●		
Soggiorno				●	●	●	●	
Pranzo			●	●	●	●	●	
Cucina			●	●	●	●		
Biblioteca	●	●						●
Lavanderia	●	●						●
Gioco				●	●	●	●	
Corte per stendere				●	●	●	●	
Bagni	●	●	●	●	●	●	●	●
Ripostiglio	●	●						●
Garage	●	●	●	●	●	●	●	●
Laboratorio	●	●						●
Terrazze			●	●	●	●	●	
Veranda				●	●	●	●	

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

52/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Le ombre




Il calcolo delle ombre portate è un aspetto da valutare accuratamente, assieme a:

- analisi degli ostacoli naturali e artificiali
- caratteristiche morfologiche del terreno
- configurazione e consistenza della vegetazione

	SUD	SUD-EST (SUD-OVEST)	EST (OVEST)
DALLE ORE 9 ALLE ORE 15	42°N D=3,4 H	42°N D=3,74 H	42°N D=3,09 H
	44°N D=3,73 H	44°N D=3,48 H	44°N D=3,44 H
DALLE ORE 10 ALLE ORE 14	42°N D=2,62 H	42°N D=1,97 H	42°N D=1,34 H
	44°N D=2,74 H	44°N D=1,48 H	44°N D=1,42 H
DALLE ORE 11 ALLE ORE 13	42°N D=2,34 H	42°N D=1,15 H	42°N D=0,62 H
	44°N D=2,47 H	44°N D=0,57 H	44°N D=0,67 H

Distanza minima per avere edificio soleggiato 21 DIC



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

53/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&amp;ENERGIA


## Rapporto tra luce naturale ed edificio

La necessità di un'adeguata illuminazione influenza la **forma dell'edificio** in modo determinante.

Un aspetto particolarmente importante è l'**altezza dei vani**. Per utilizzare efficacemente la luce naturale in edifici multipiano è necessario ricorrere all'illuminazione unilaterale. La larghezza dell'edificio deve pertanto essere limitata, in quanto la profondità di un ambiente di altezza normale e illuminato in modo unilaterale non potrà superare i 4-5 m (9 se si adotta un supporto di luce artificiale complementare verso il fondo, non ammissibile negli edifici residenziali).

Nelle zone più lontane dalle aperture è possibile collocare i servizi, i collegamenti verticali e, più in generale, i vani di impiego meno frequente.

La presenza di **cortili o atri** può contribuire positivamente sul bilancio di illuminazione degli ambienti confinati. Se opportunamente progettati possono inoltre contribuire al controllo dei fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento.



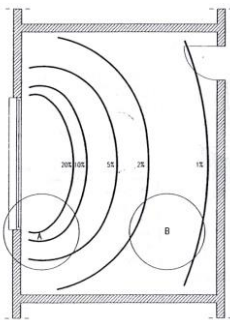
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

54/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&amp;ENERGIA

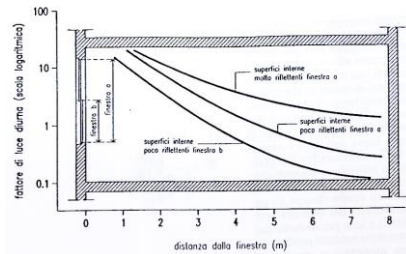
## Distribuzione dell'illuminamento naturale all'interno di un ambiente confinato

Dal punto di vista quantitativo, le leggi richiedono di soddisfare determinati livelli minimi di illuminamento (fml), ma ciò non è sufficiente per garantirne una distribuzione uniforme. È necessario, infatti, non avere grandi differenze di illuminamento tra le zone in prossimità delle aperture e quelle poste sul fondo dell'ambiente, che altrimenti verrebbero percepite come buie. **La distribuzione dell'illuminamento all'interno di un ambiente dovrebbe perciò essere il più possibile uniforme, evitando grandi differenze dei valori del fattore medio di luce diurna.**



Le curve a fattore di luce diurna costante tracciate nella pianta di un ambiente indicano l'andamento della distribuzione della luce naturale: A) zona con distribuzione non uniforme, B) zona con distribuzione uniforme

Le dimensioni e la disposizione dell'apertura influenzano la distribuzione della luce naturale. Alla curva con pendenza minore corrisponde maggiore uniformità di illuminamento.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

55/151

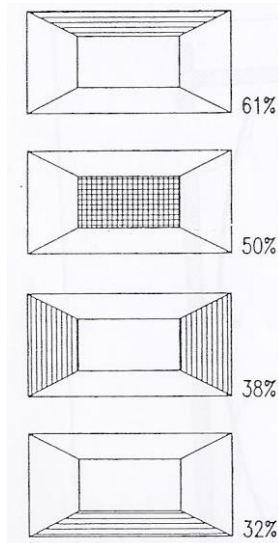
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA

## Distribuzione dell'illuminamento naturale all'interno di un ambiente confinato

I principali fattori che influenzano la distribuzione della luce in un ambiente sono:

- La posizione delle aperture
- La dimensione delle aperture
- La forma dell'ambiente
- La riflessività delle pareti interne

Variando opportunamente questi fattori si può ottenere un fattore medio di luce diurna e un rapporto di uniformità accettabili. Pertanto, è utile lo sfruttamento della componente riflessa della luce che, oltre ad aumentare la quantità di luce in un ambiente, ne migliora considerevolmente la distribuzione.



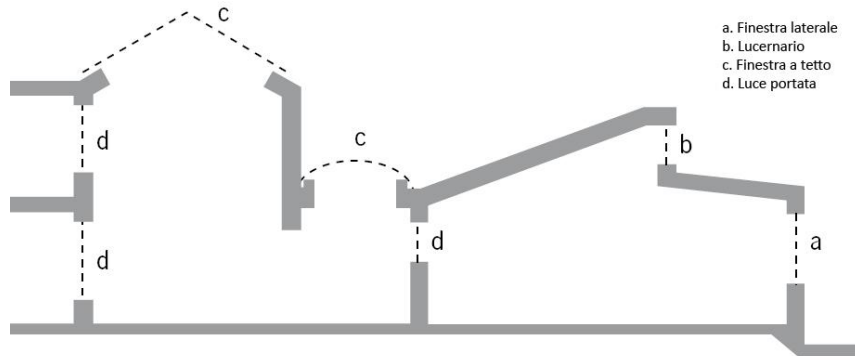
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

56/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA

## Distribuzione dell'illuminamento naturale all'interno di un ambiente confinato

L'apporto di luce naturale è permesso principalmente attraverso le **chiusure trasparenti**. In relazione al tipo di luce che si desidera apportare all'interno di un ambiente e in relazione alle esigenze di ventilazione, le chiusure trasparenti possono essere differentemente distribuite all'interno dell'involucro edilizio.



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

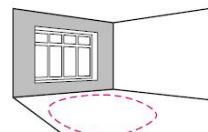
57/151

## Distribuzione dell'illuminamento naturale all'interno di un ambiente confinato

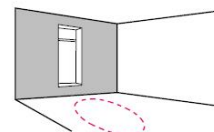
Al variare del tipo e della localizzazione dell'apertura rispetto all'involucro edilizio, varia la **distribuzione interna della luce**.

La **direzionalità** della luce è accentuata o attenuata dalle dimensioni e dalla disposizione delle aperture.

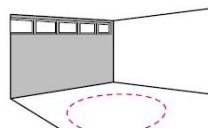
La progettazione di tali elementi è pertanto strettamente relazionata al **tipo di attività svolta** all'interno dell'ambiente confinato.



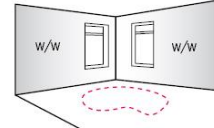
Distribuzione ampia



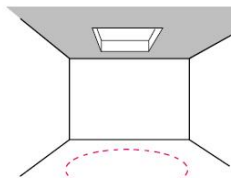
Distribuzione profonda



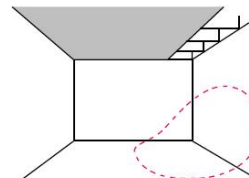
Distribuzione profonda lontana dalle finestre



Finestre d'angolo con illuminazione delle pareti adiacenti (riduzione del contrasto)



Concentrazione sul piano orizzontale



Finestra a tetto in posizione laterale (illuminazione della parete adiacente)



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

58/151

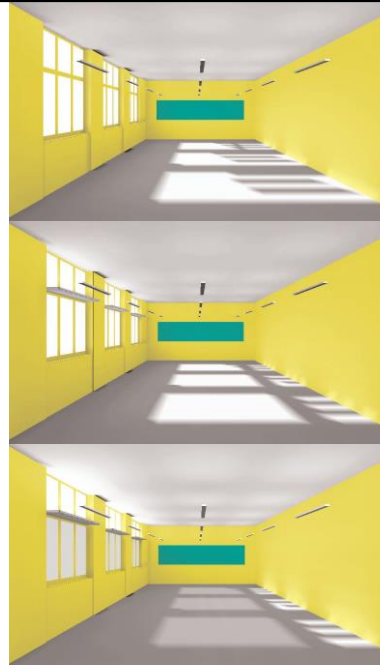
## L'abbagliamento

Il fenomeno dell'abbagliamento può essere causato sia dall'azione diretta di una sorgente luminosa molto intensa (**abbagliamento diretto**), sia per l'azione indiretta di superfici che riflettono intensamente le radiazioni luminose (**abbagliamento riflesso**); nel primo caso si possono anche causare alterazioni permanenti all'organo della vista.

**I disturbi legati all'abbagliamento sono causati da una disomogenea luminanza delle superfici degli ambienti e sono chiamati disuniformità assoluta o media.**

In generale, l'abbagliamento è legato al livello personale di percezione della sorgente luminosa e il tempo di ripresa è direttamente proporzionale all'intensità della variazione della luminanza.

**I fenomeni di abbagliamento possono essere corretti riducendo il contrasto tra la sorgente luminosa, ovvero la finestra, e l'ambiente circostante cui la finestra appartiene.**

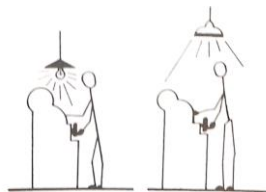


Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

59/151

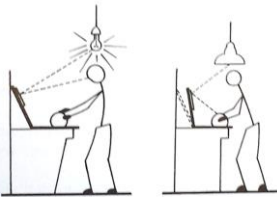
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## L'abbagliamento



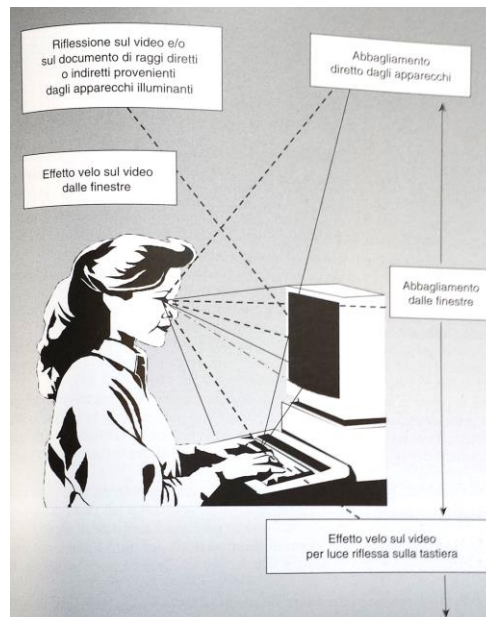
Soluzione errata      Soluzione corretta

**ABBAGLIAMENTO DIRETTO**



Soluzione errata      Soluzione corretta

**ABBAGLIAMENTO RIFLESSO**



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

60/151

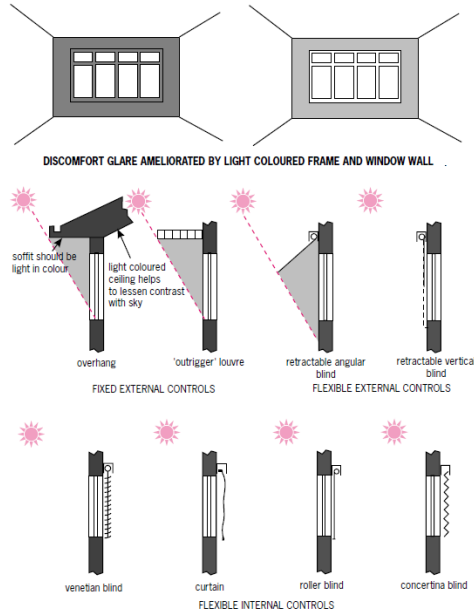
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## Controllo dei fenomeni di abbagliamento

Tra i metodi possibili si ricordano:

- l'utilizzo di **strombature trattate con colori chiari**
- l'**incremento della luminosità** della parete di appartenenza della bucatura attraverso l'**aumento della riflettanza**
- l'**innalzamento dell'illuminazione** della parete stessa attraverso **ulteriori aperture** in pareti adiacenti

Il controllo della quantità di luce in ingresso e, quindi, dell'abbagliamento è possibile anche attraverso l'utilizzo di **schermature solari e di dispositivi di direzionamento della luce** che permettono di "spezzare" il raggio luminoso in più parti, riconducendone l'aspetto a luce diffusa, oppure che impedendo il contatto diretto con le parti dell'edificio.



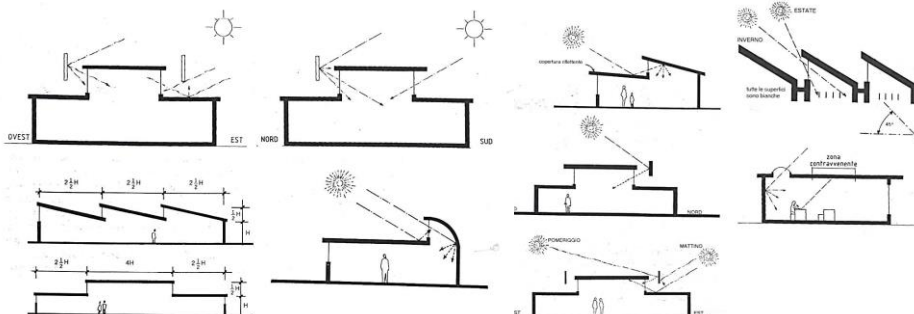
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

61/151

## Sistemi di trasmissione della luce

**I lucernari riflettenti sono in grado di riflettere la radiazione solare ri-direzionandola verso l'interno dell'edificio al fine di aumentare o equilibrare il livello di illuminazione naturale senza provocare abbagliamento.**

Possono essere collocati all'esterno dell'edificio, nelle immediate vicinanze della chiusura trasparente (schermi) e in relazione all'orientamento della facciata, ma con evidenti problemi di integrazione architettonica; oppure possono essere dispositivi integrati nell'edificio e che possono assolvere contemporaneamente altre funzioni (es. camino solare, ventilazione naturale, ecc.).



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

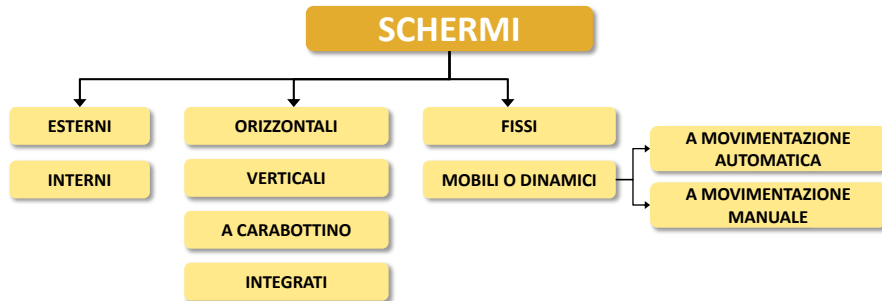
62/151

## Gli schermi solari

*“Lo schermo è un elemento tecnico con funzione di controllare in modo specifico l’energia radiante, l’illuminazione, il flusso termico e la visibilità tra gli spazi interni e gli spazi esterni”*

UNI 8369:1988 – Edilizia. Chiusure verticali. Classificazione e terminologia

**Gli schermi sono dispositivi complementari al serramento a cui è affidato il compito di controllare la radiazione solare convogliata all’interno degli ambienti, sia dal punto di vista energetico che luminoso.** Lo schermo può contribuire ad integrare le prestazioni offerte dall’infisso come, ad esempio, la sicurezza, la resistenza alle intrusioni, l’isolamento termico e acustico notturni.

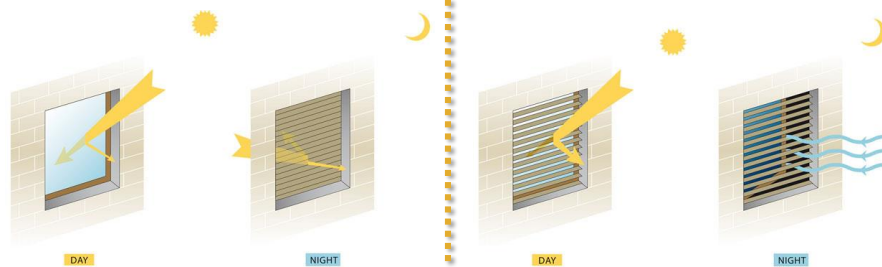


Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

63/151

## Gli schermi solari

Se opportunamente progettate, le schermature sono in grado di controllare la penetrazione della radiazione luminosa (luce e calore) durante tutto l’anno.



### Comportamento invernale

Durante il giorno devono rimanere sollevate per lasciar entrare la radiazione solare (guadagni diretti).

Durante la notte devono essere completamente chiuse per non lasciar uscire il calore (perdite per trasmissione)

### Comportamento estivo

Durante il giorno contribuiscono al controllo del surriscaldamento. Durante la notte sono permeabili alle brezze e permettono la ventilazione naturale degli ambienti (raffrescamento notturno)



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

64/151



## Schermi esterni VS schermi interni

**Schermo esterno**

Bloccano la radiazione solare prima che essa penetri all'interno dell'edificio. Hanno una forte valenza architettonica (in particolare i frangisole)

**Schermo interno**

Riflettono e diffondono la radiazione solare verso l'esterno, assorbendone una quota spesso significativa, con conseguente rilascio di calore verso l'interno. Sono efficaci per prevenire l'abbagliamento.

Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

65/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Gli schermi solari

Facciate con differente orientamento necessitano di schermature diversificate:

- **SUD: schermatura orizzontale**
- **EST E OVEST: schermatura verticale o a carabottino**

	ORIZZONTALE	VERTICALE	A CARABOTTINO
<b>TIPI DI SCHERMATURE</b>			
<b>PARTI DELLA VOLTA CELESTE OSTRUITE DALLE SCHERMATURE</b>			
<b>MASCHERA DI OMBREGGIAMENTO (proiezione della parte ostruita della volta celeste)</b>			
	Maschera segmentale	Maschera radiale	Maschera composita

Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

66/151

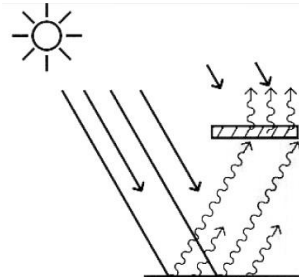
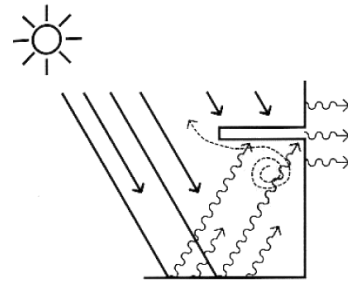
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## Requisiti degli schermi solari

- Deve essere ubicata **esternamente all'apertura** da schermare (e non internamente)
- I materiali di cui è costituita devono avere un **bassa capacità termica**, in modo da consentirne un rapido raffreddamento
- Devono **evitare riflessioni indesiderate** su altre parti dell'edificio e attraverso le chiusure trasparenti
- Devono **consentire l'aerazione** della zona sottostante in modo da evitare l'accumulo di aria calda

Le **soluzioni costruttive più frequenti** sono:

- Frangisole a lamelle metalliche
- Frangisole a lamelle di legno
- Tende o piccole tensostrutture
- Aggetti in conglomerato cementizio (logge, balconi)
- Vegetali (pergole o rampicanti verticali)



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

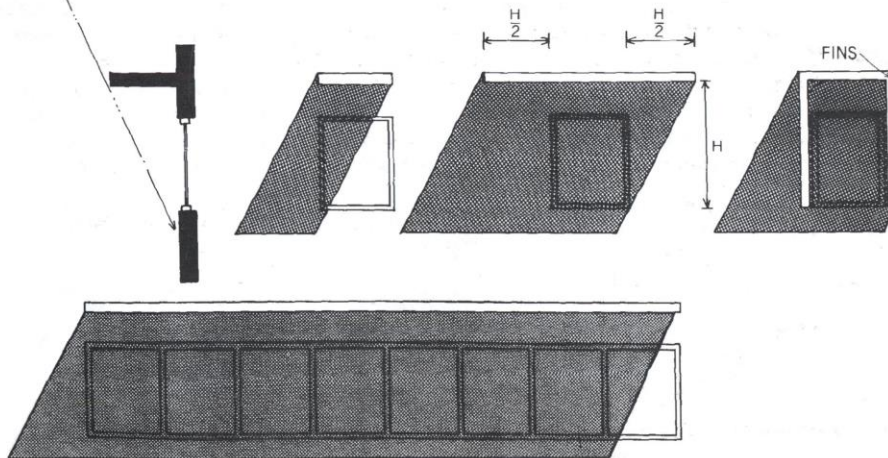
67/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## Gli schermi solari orizzontali (strutture a sbalzo)



Se l'aggetto è della medesima larghezza della finestra che deve schermare, non si verifica un totale ombreggiamento nel momento in cui il sole è a Sud-Est e Sud-Ovest. È dunque consigliabile ampliare l'estensione laterale degli aggetti.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

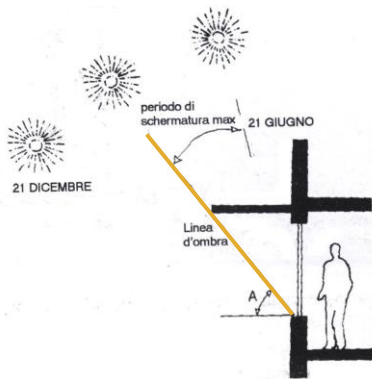
68/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## Progetto di schermi per infissi esposti a sud

In fase di progettazione, il primo passo è scegliere se adottare un dispositivo fisso o mobile considerando che:

- se la priorità è l'ombreggiamento (e meno il guadagno termico) è preferibile uno schermo fisso, ad esempio un aggetto
- se è necessario garantire sia l'ombreggiamento che il guadagno termico, è preferibile adottare un sistema mobile



Variation dell'angolo di incidenza della radiazione solare tra il periodo estivo e quello invernale: se l'aggetto fosse dimensionato rispetto all'angolo estivo riuscirebbe a schermare la finestra solo per quel giorno dell'anno in cui i raggi solari hanno altezza massima (21 giugno).

Per un corretto dimensionamento ci si basa sulla **retta di piena insolazione**, definita dall'angolo A e tracciata dal davanzale della finestra.

Il valore di A (altezza solare) è tabellato in funzione della regione climatica di appartenenza e della latitudine e del periodo dell'anno.



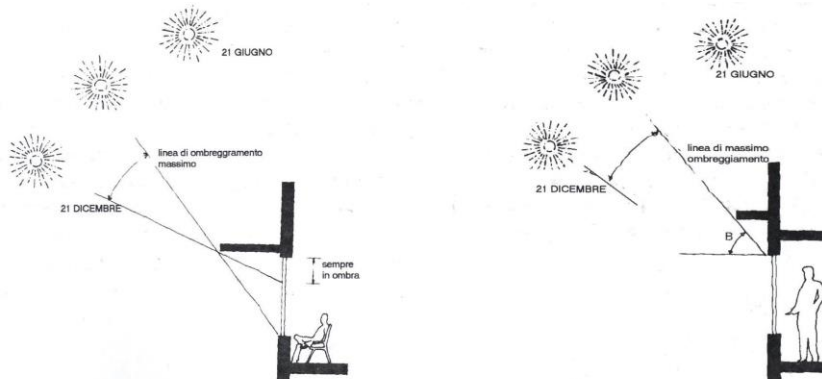
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

69/151

## Progetto di schermi per infissi esposti a sud

Un aggetto dimensionato in base alla retta di piena insolazione riuscirà a bloccare la radiazione solare diretta, consentendo una piena e libera visione dell'esterno e del cielo.

Quando l'altezza del sole è più bassa rispetto alla retta di piena insolazione, come accade in inverno, in autunno inoltrato e in primavera, la finestra riceve gradualmente la radiazione solare. Tuttavia, la parte superiore del serramento risulta schermata, riducendo il guadagno termico.

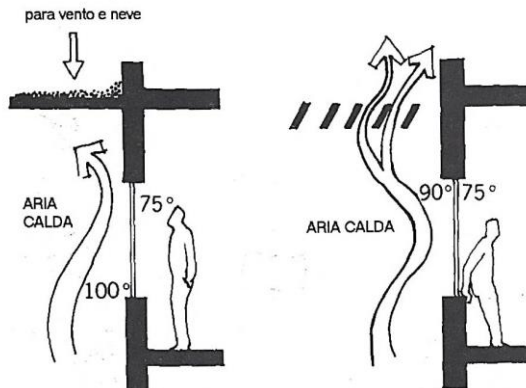


Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

70/151

## Progetto di schermi per infissi esposti a sud

Un unico oggetto orizzontale può essere sostituito da una **serie di elementi schermanti inclinati** la cui dimensione e la cui distanza saranno determinati in modo tale da impedire il passaggio della radiazione solare diretta. In questo modo si riduce sia il **carico strutturale**, sia il **sovraccarico accidentale**, lasciando permeabilità al vento e alla neve. In estate, la presenza di un elemento permeabile permette lo smaltimento dell'aria calda che si accumula nelle immediate vicinanze dell'edificio.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

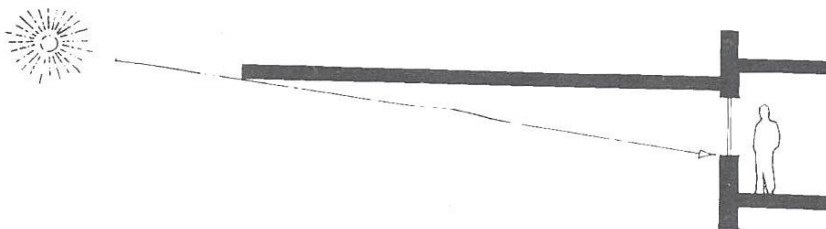
71/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## Gli schermi solari verticali

Le schermature con elementi verticali sono impiegate generalmente per i **fronti est e ovest**, sui quali la radiazione solare incide con un'altezza inferiore rispetto all'orizzonte (mattino e pomeriggio). In questi fronti non è possibile schermare efficacemente la radiazione solare attraverso dispositivi fissi, quali gli aggetti.

L'effetto di schermatura può essere ottenuto anche mediante **elementi inclinati** rispetto al fronte dell'edificio, con **elementi mobili** (orientabili secondo le diverse ore del giorno) e mediante la **combinazione di elementi orizzontali e verticali**.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

72/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

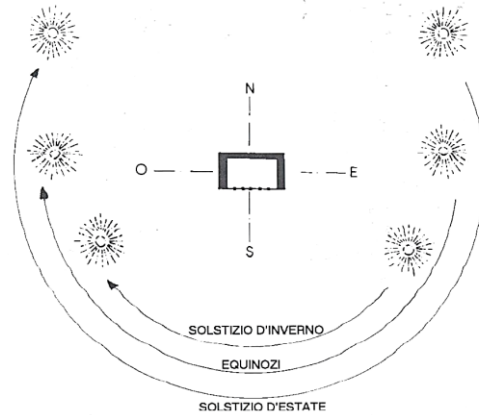
## Progetto di schermi per infissi esposti a est e ovest

Poiché il contributo di guadagno diretto invernale dei fronti est e ovest non è sostanziale, il progetto degli schermi può basarsi esclusivamente sulle necessità estive.

Per avere maggiore schermatura delle pareti est e ovest ci si può avvalere degli **schermi verticali**. A parte il periodo invernale, dalla primavera all'autunno, le superfici est e ovest sono irraggiate in modo diretto e, dunque, devono essere protette.

Per minimizzare questa radiazione è necessario valutare l'inclinazione degli schermi: ciò si può ottenere **diminuendo lo spazio tra gli elementi, la dimensione e la profondità**.

Per raggiungere migliori prestazioni gli elementi dovrebbero essere talmente vicini tra loro e così inclinati da rendere impossibile la visione verso l'esterno.



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

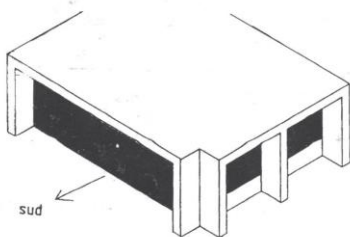
73/151

## Progetto di schermi per infissi esposti a est e ovest

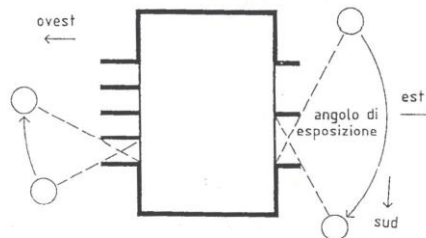
Una migliore soluzione sarebbe utilizzare schermi verticali inclinati verso nord e disegnati in modo tale da bloccare completamente la radiazione solare diretta; ciò comporterebbe una notevole riduzione della visione esterna, se non si prevede l'utilizzo di schermi mobili.

Se agli schermi orizzontali è permessa la rotazione seguendo il percorso solare durante l'arco della giornata sarà più probabile una migliore intercettazione della radiazione diretta prima che essa incida sui carichi termici, mantenendo al tempo stesso una visuale più libera.

AGGETTO ORIZZONTALE A SUD, AGGETTO ORIZZONTALE E VERTICALE A EST



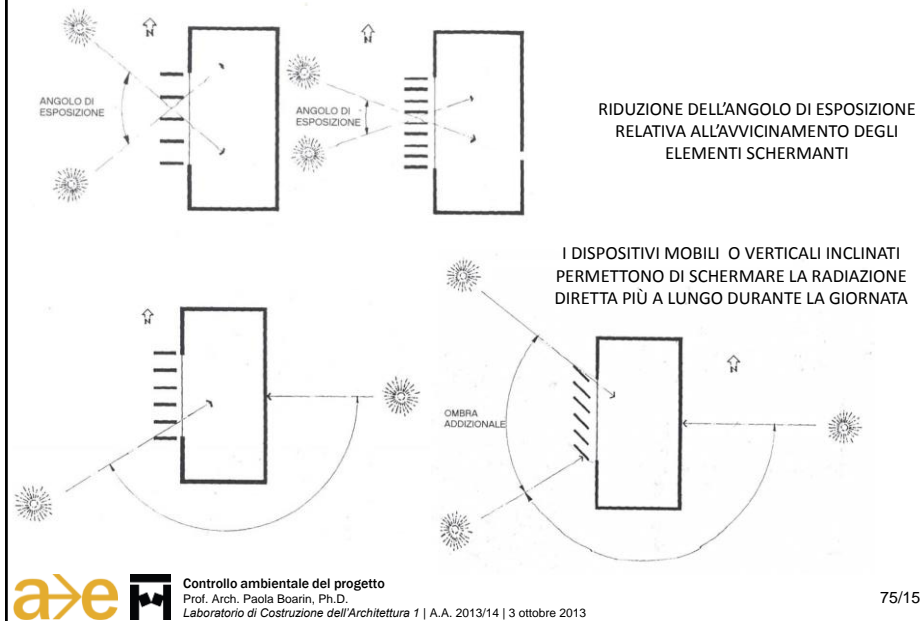
SCHEMA DI AGGETTO VERTICALE PERPENDICOLARE AL FRONTE



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

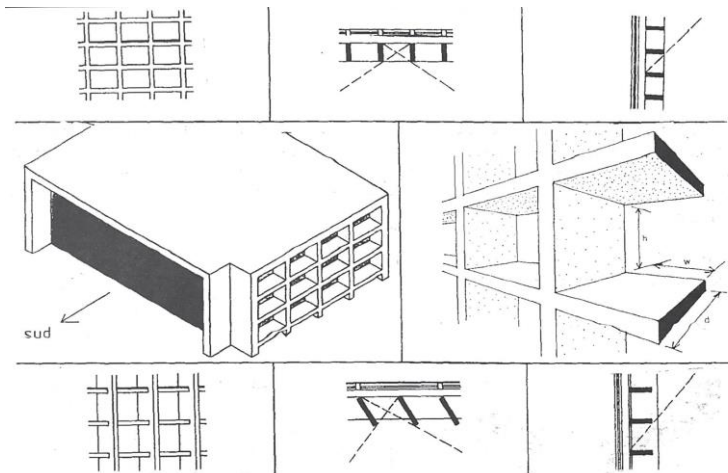
74/151

## Progetto di schermi per infissi esposti a est e ovest



## Progetto di schermi per infissi esposti a est e ovest

I dispositivi fissi posti perpendicolarmente tra loro (a "carabottino") sono i più adatti alla protezione delle superfici est e ovest in climi molto caldi. Il sistema è particolarmente efficace poiché permette il controllo dei raggi solari sia nelle diverse ore del giorno che nelle diverse stagioni, ma riduce notevolmente la visione verso l'esterno.





Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

77/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

78/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

79/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## Gli schermi solari vegetali

Le schermature vegetali consistono nell'**uso di alberi o piante rampicanti per controllare il soleggiamento estivo su un edificio.**

Si può intervenire in due modi:

- **Piantumando alberi a foglie caduche nei pressi dell'edificio.** In questo modo la facciata vicina agli alberi sarà ombreggiata in estate, quando gli alberi hanno le foglie, e soleggiata in inverno, quando gli alberi le perdono.
- **Piantumando uno o piú rampicanti, in modo che si aggrappino direttamente alla facciata o ad una struttura leggera** di cavi incrociati che può essere realizzata in orizzontale partendo dalla facciata, o in verticale a pochi cm di distanza dalla facciata. Il funzionamento estivo e invernale è lo stesso che per gli alberi: deve essere scelto un tipo di rampicante che perda le foglie in inverno, in modo da ombreggiare in estate e consentire il soleggiamento in inverno. Questo tipo di schermatura ha anche il vantaggio di influire positivamente sul microclima intorno all'edificio così come avviene per i tetti verdi.



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

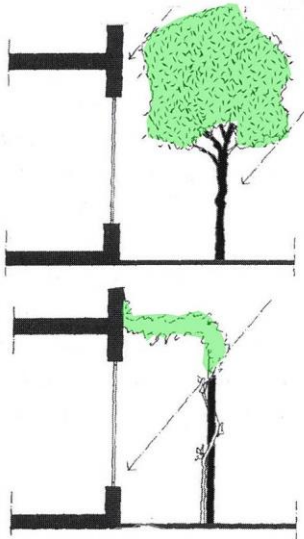
80/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

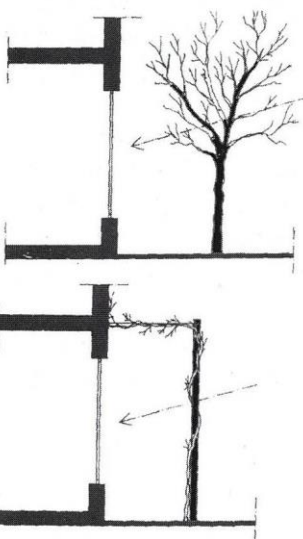



### Gli schermi solari vegetali

**CONFIGURAZIONE ESTIVA**



**CONFIGURAZIONE INVERNALE**



**a>e**  **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

81/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA





# Ventilazione naturale e progetto



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

85/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## La ventilazione naturale

La ventilazione naturale all'interno di un edificio avviene grazie a:

- **Movimenti di aria prodotti da differenze di pressione**
- **Ricambi d'aria provocati da una differenza di temperatura**

Queste due azioni possono avvenire in modo separato le une dalle altre, in combinazione o opposizione, in relazione alle condizioni atmosferiche e alla configurazione dell'edificio.

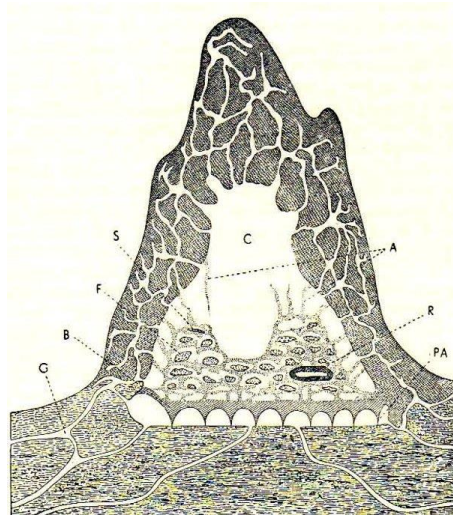


Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

86/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## La ventilazione naturale: gli esempi della natura



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

87/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

## Sistemi per il controllo della ventilazione e raffrescamento

Gli archetipi costruttivi per il controllo della temperatura e la ventilazione, diffusi principalmente nell'area del Medio Oriente, sono associati a principio di **raffrescamento dissipativo** e sono costituiti da:

- Elementi di **captazione dell'aria**
- Elementi di **estrazione dell'aria**
- Elementi con **funzione combinata di estrazione e captazione dell'aria**
- Sistemi costruttivi a **ventilazione naturale diretta**, con gli elementi di captazione/estrazione direttamente comunicanti con gli ambienti da raffrescare
- Sistemi costruttivi a **ventilazione naturale indiretta** e raffrescamento geotermico passivo, con gli elementi di captazione non comunicanti direttamente con gli ambienti da raffrescare, ma attraverso un condotto interrato



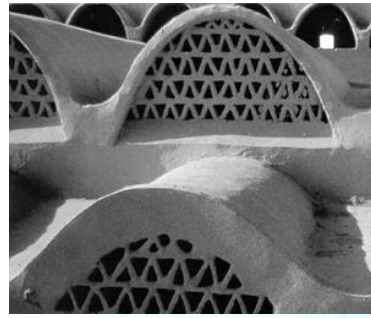
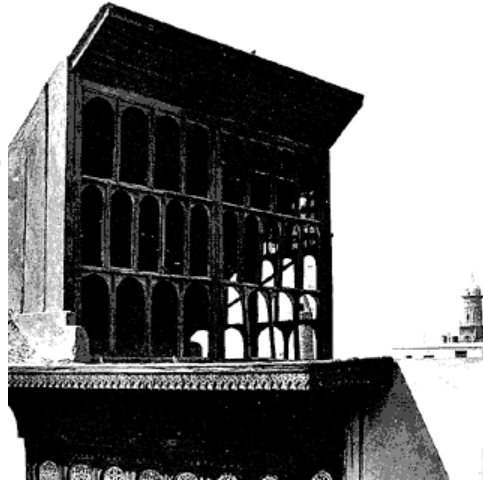
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

88/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

**Malqaf egiziano**

Malqaf, ovvero **torri del vento tradizionali**. L'apertura rivolta a Nord, è in grado di captare le brezze dominanti (in Egitto provenienti da quella direzione) e di evitare che la radiazione solare diretta penetri nei cortili o nei locali coperti da tali sistemi.

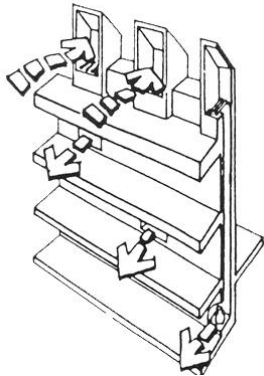
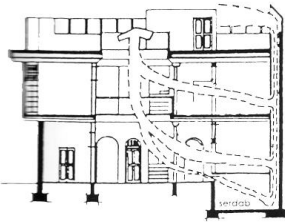


Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

89/151

**Torri del vento in Iran e Pakistan | L'esempio della città di Sind, Pakistan**

Si tratta di pannelli inclinati aventi la funzione di deviare i flussi eolici nel canale della torre, affinché vengano convogliati ai piani inferiori



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

90/151



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

91/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

Elementi di captazione dell'aria

### Quartiere BedZED (Beddington Zero Emission Development), Wallington (UK)



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

92/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

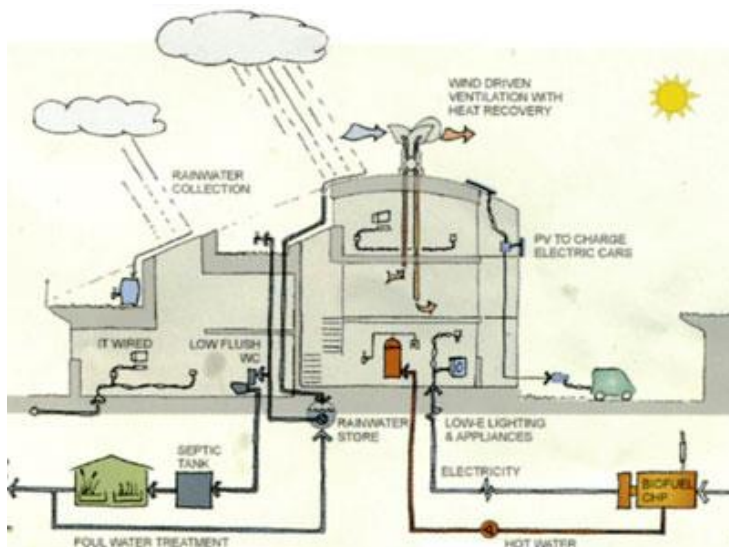
Quartiere BedZED (Beddington Zero Emission Development), Wallington (UK)



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

93/151

Quartiere BedZED (Beddington Zero Emission Development), Wallington (UK)

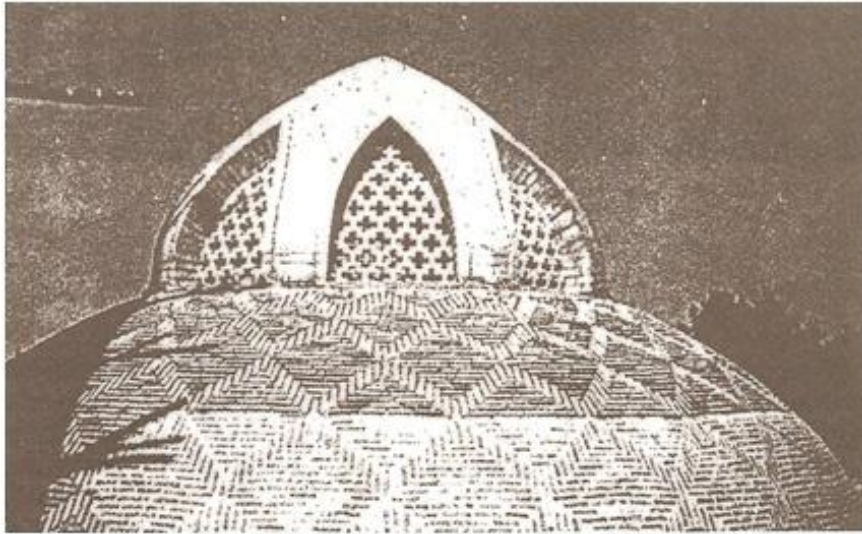


Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

94/151

Elementi di estrazione dell'aria

Lanternino per l'uscita dell'aria calda in un qà'a iraniano



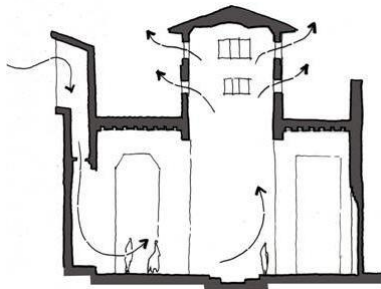
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

95/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

Elementi a funzione combinata

Captazione ed estrazione | Badgir iraniano a pianta quadrata



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

96/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



**Elementi a funzione combinata**

### Captazione ed estrazione

Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

97/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

**Ventilazione naturale diretta**

### Requisiti progettuali e spaziali per il raffrescamento naturale bioclimatico

- Distribuzione orizzontale degli elementi spaziali ad uso primario, in rapporto alla potenzialità di ventilazione naturale passante da vento
- Distribuzione verticale degli elementi spaziali intercomunicanti, in rapporto alla potenzialità di ventilazione passante da gradiente termico

**Ventilazione efficiente**

**Ventilazione inefficiente**

Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

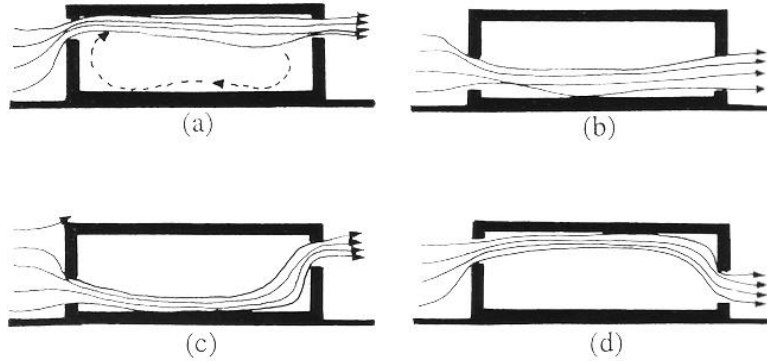
98/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

**Requisiti delle chiusure permeabili all'aria**

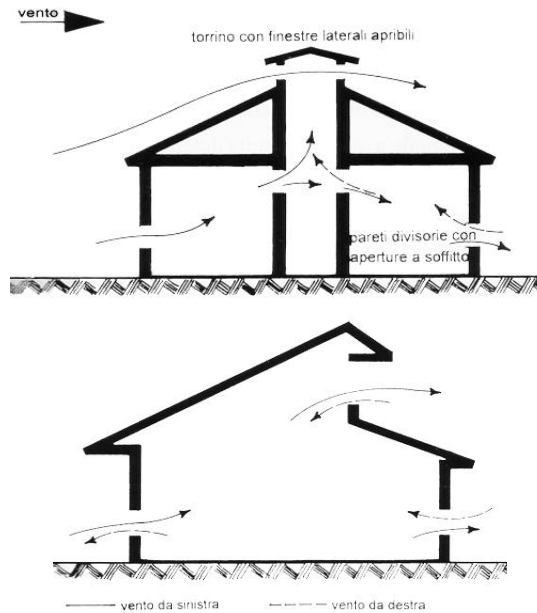
I requisiti che devono soddisfare le chiusure, per contribuire a innescare un flusso di ventilazione naturale efficace sono relativi ai seguenti aspetti:

- Localizzazione orizzontale e verticale
- Area dell'apertura
- Tipo di chiusura
- Modalità di apertura



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

99/151

**Requisiti delle chiusure permeabili all'aria**

Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

100/151

**Requisiti delle chiusure permeabili all'aria | Direzione di apertura del serramento**

**Ventilazione naturale diretta**

Pianta (a) Pianta (b)

Sezione (c) (c) Sezione

Sezione (d)

Pendenza di falda  $\le 22^\circ$

Pendenza di falda  $> 22^\circ$

Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

101/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

**Requisiti delle chiusure permeabili all'aria | Presenza di elementi schermanti**

**Ventilazione naturale diretta**

(a) Pianta

(b) Sezione

(c) Sezione

(d) Sezione

Controllo ambie...  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

102/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

# Esempi progettuali



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

103/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

# Nuova sede degli uffici ARPA

**Tipo di intervento** | nuova costruzione  
**Destinazione d'uso** | Edificio ad uso terziario  
**Ubicazione** | Ferrara  
**Committente** | ARPA  
**Progettazione** | Mario Cucinella Architects



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

104/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA



**a>e**  **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

105/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



**a>e**  **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

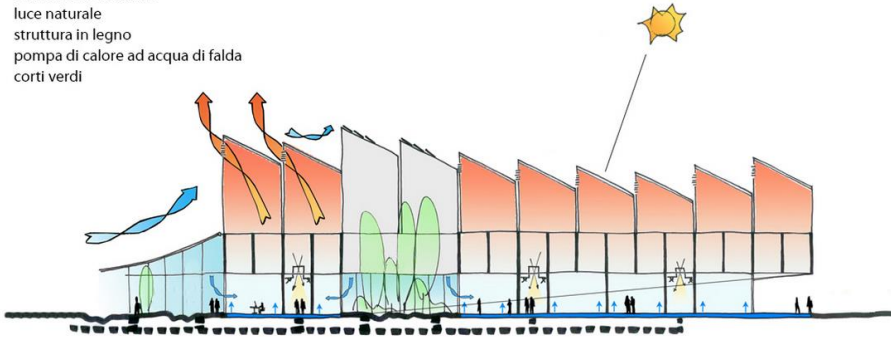
106/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

## strategie ambientali

### estate

schermature solari camino  
 ventilazione naturale  
 luce naturale  
 struttura in legno  
 pompa di calore ad acqua di falda  
 corti verdi



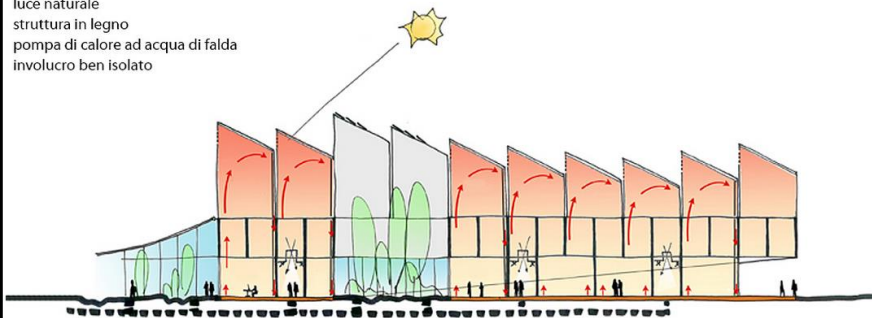
Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

107/151

## strategie ambientali


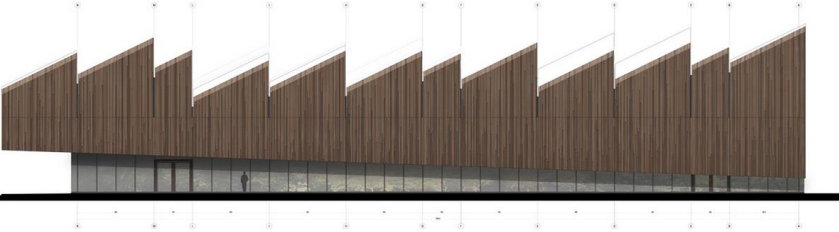
### inverno


camino solare  
 effetto serra  
 luce naturale  
 struttura in legno  
 pompa di calore ad acqua di falda  
 involucro ben isolato



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

108/151



**a>e**  **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

109/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



**a>e**  **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

110/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

111/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

112/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Contours of Total Temperature (K) FLUENT 5.6.04 segregated, kg

Contours of Velocity Magnitude (m/s) FLUENT 5.6.04 segregated, kg

Lux

1500  
1300  
1100  
900  
700  
500  
300  
100

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

113/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

**a>e** **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

114/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

# Adattamento e ampliamento di un ex edificio postale in uffici

**Tipo di intervento** | Adattamento e ampliamento di un ex edificio postale in uffici

**Destinazione d'uso** | Edificio ad uso terziario

**Ubicazione** | Bolzano

**Committente** | Provincia di Bolzano

**Progettazione** | Michael Tribus Architecture



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

115/151

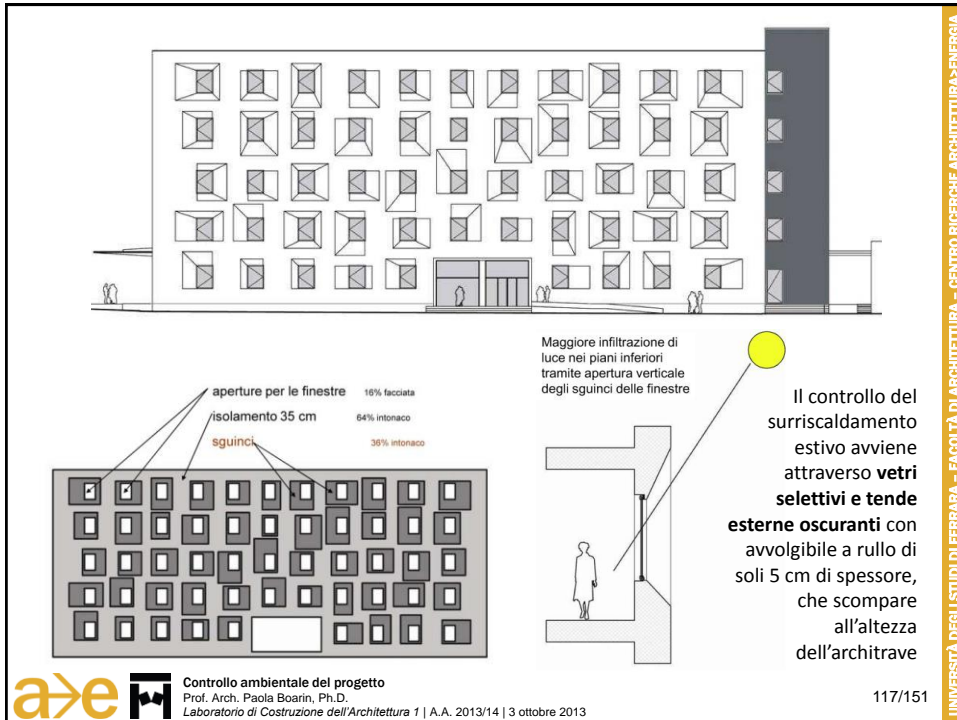
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

116/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA



Il risanamento dell'edificio delle ex-Poste presso la stazione FF.SS. di Bolzano è il primo edificio amministrativo d'Italia in standard Casa Passiva.

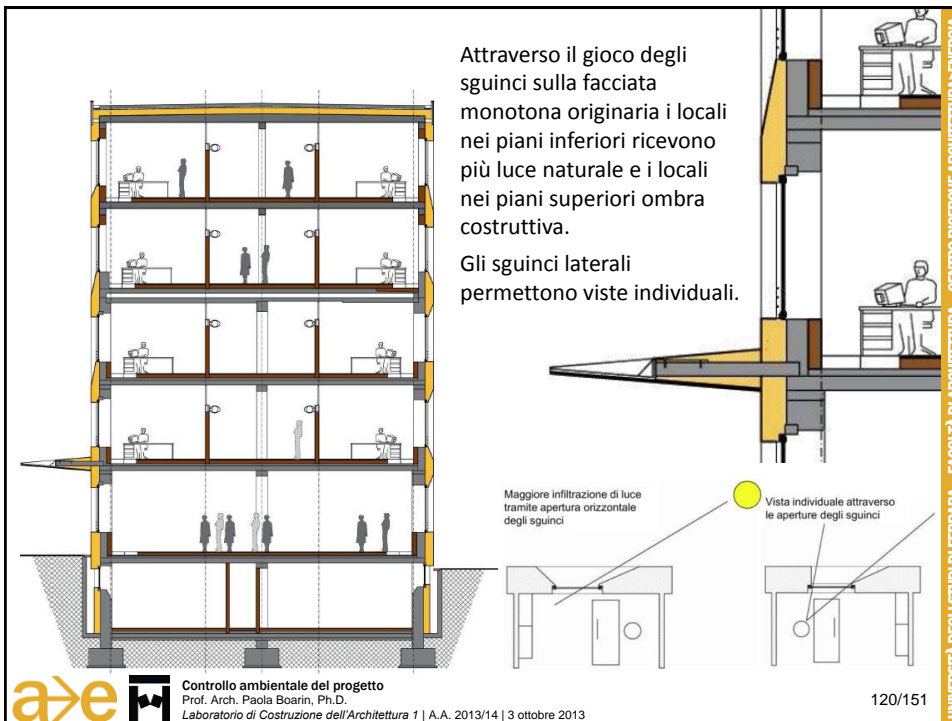
**Soluzioni con surplus di performance** (rispetto allo standard per la "casa da 1 litro") **nella maggior parte dell'involucro** (64% della facciata, con  $U=0,092 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), per poter poi inserire, nelle parti residuali, soluzioni morfologiche sì meno prestanti, ma più interessanti per la qualificazione architettonica (le aperture, assieme agli sguinci, occupano una porzione nel complesso pari al 36%; l'U medio nella zona dello sgancio a 120 cm è di  $0,135 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

119/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Attraverso il gioco degli sguinci sulla facciata monotona originaria i locali nei piani inferiori ricevono piú luce naturale e i locali nei piani superiori ombra costruttiva.

Gli sguinci laterali permettono viste individuali.

Maggiore infiltrazione di luce tramite apertura orizzontale degli sguinci

Vista individuale attraverso le aperture degli sguinci



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

120/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

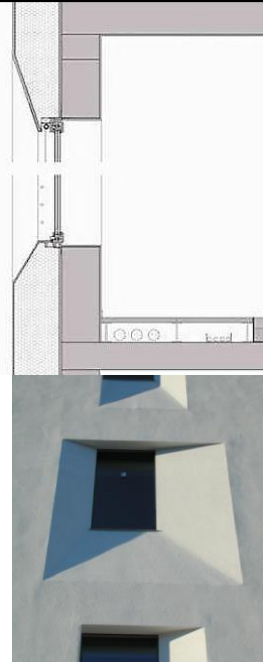
La tecnologia tipo adottata in facciata permette di ricoprire senza soluzione di continuità tutti gli apparati strutturali. Questo prevede **35 cm di EPS** (polistirolo espanso, giudicata la soluzione più economica, con  $\lambda$  pari a 0,031 W/mK).

**Negli sguinci lo spessore medio non scende al di sotto di 23 cm.**

**Lo spessore al piano terreno della pelle isolante si riduce a 15 cm**, soddisfacendo le esigenze di rispetto delle distanze dai binari ferroviari, senza però mettere in crisi il bilancio energetico globale.

Utilizzo di un repertorio di **pannelli isolanti presagomati**, di livello comunque economico, in corrispondenza delle finestre.

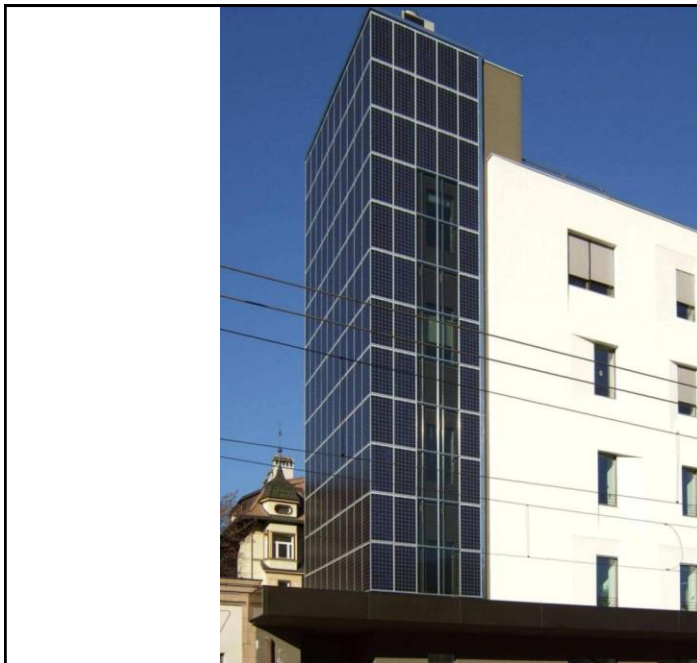
In base al basso consumo energetico preventivato inferiore a 1,5 litri d'oli combustibili per metro quadro annuo l'edificio ha ricevuto la targhetta CasaClima Oro (<10 kWh/m<sup>2</sup>a).



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

121/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

122/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA



# Scuola per l'infanzia

**Localizzazione** | Ponticelli, Imola (BO)

**Progetto architettonico** | Alessandro Contavalli

**Anno di costruzione** | 2005 – 2006

**Superficie** | 830 mq

*Premio IQU "Innovazione e qualità urbana", 2005*

*Premio "Le città per un costruire sostenibile", 2004*



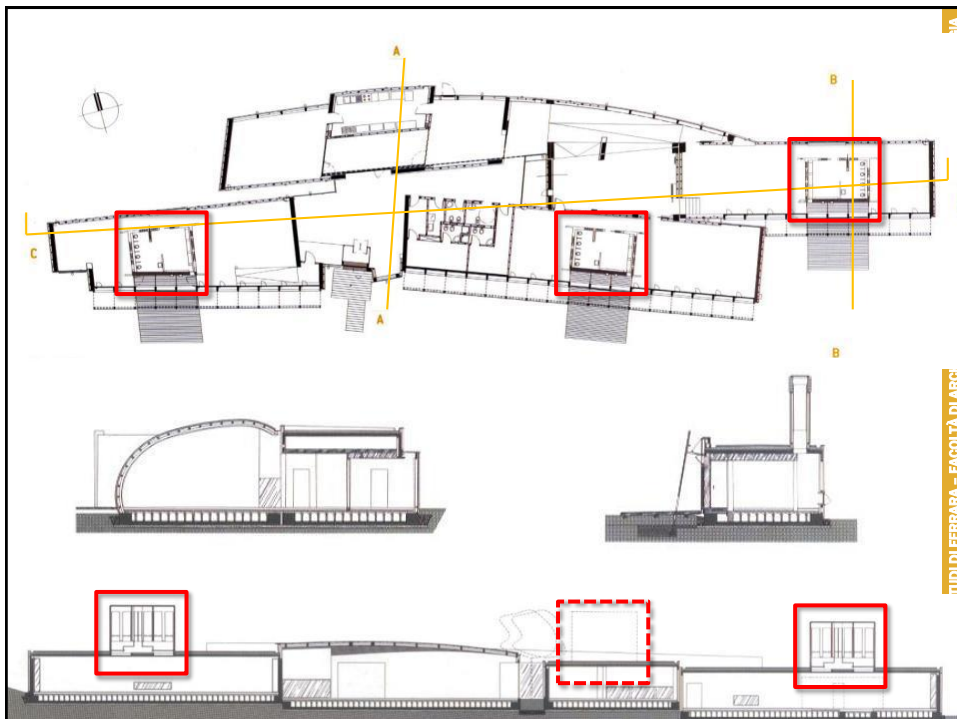
Controllo ambientale del progetto

Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.

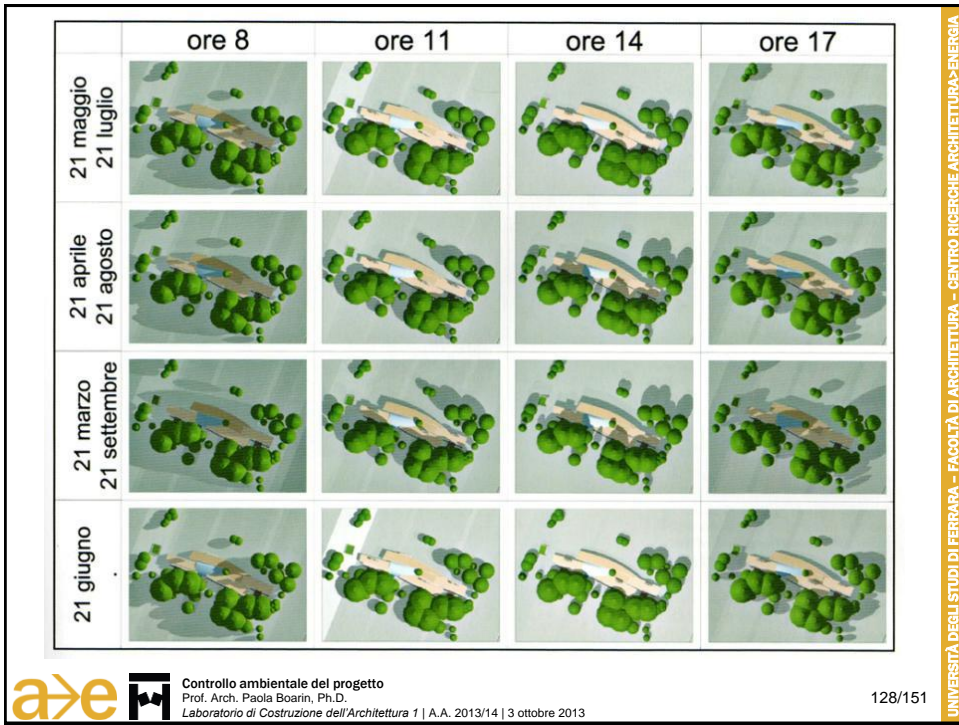
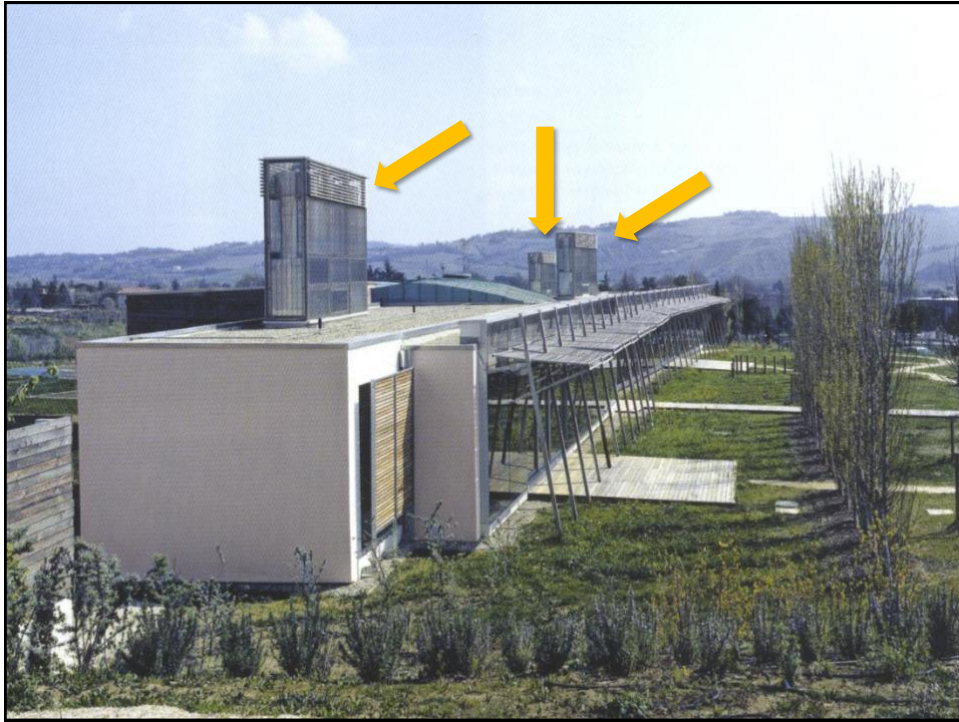
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

125/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA – CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

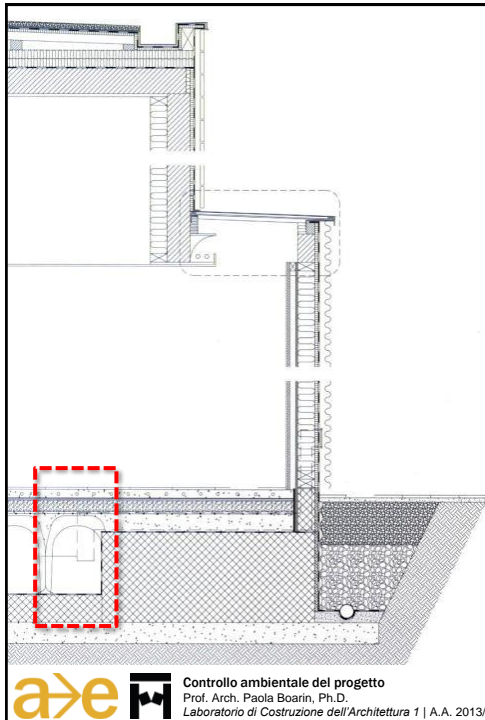


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA – FACOLTÀ DI ARCHITETTURA



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarini, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013





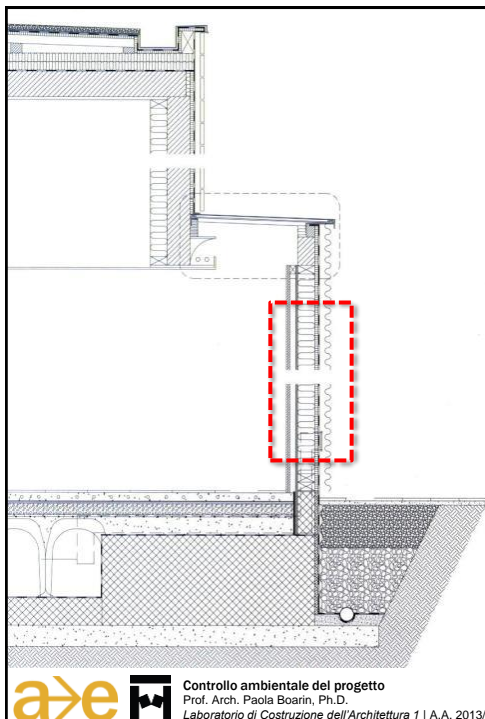
### CHIUSURA ORIZZONTALE INFERIORE

- Piastrelle in ceramica
- Massetto con pannello radiante, sp. 60 mm
- Cartone nervato idrorepellente
- Doppio strato di pannelli in fibra di legno ad alta densità non igroscopica
- Granulato livellante portante coibente termoacustico a base di perlite idrofobica
- Soletta in calcestruzzo armato con rete di polipropilene
- Sistema per vespaio ventilato in moduli in plastica rigenerata (iglù)



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

129/151



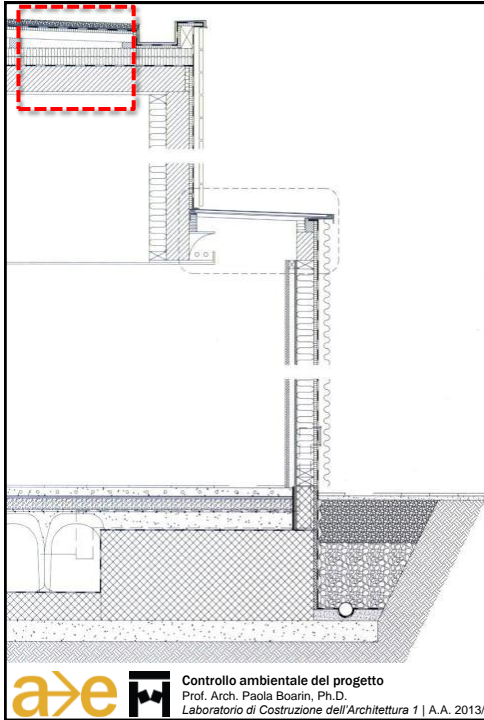
### CHIUSURA VERTICALE

- Rivestimento interno in piastrelle in gres
- Pannello in fibra di gesso
- Intercapedine impiantistica ottenuta con listello in legno di abete, sp. 40 mm
- Pannello OSB, sp. 15 mm
- Isolamento in pannelli di fibra di legno montati a giunti sfalsati
- Struttura in legno di abete, sp. 120 mm
- Tavolato grezzo in legno di abete, sp. 25 mm
- Guaina di tenuta al vento altamente traspirante (freno a vapore)
- Intercapedine di ventilazione ottenuta con listelli in legno di larice, sp. 40 mm
- Lamiera di rame con finitura verde patinato



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

130/151



### CHIUSURA ORIZZONTALE SUPERIORE

- solaio a vista formato da tavole in abete inchiodate, sp. 180 mm
- barriera al vapore
- isolamento in pannelli di fibra di legno posati a giunti sfalsati, sp. 2x120 mm
- intercapedine ottenuta attraverso listelli a sezione variabile per formazione pendenza
- tavolato grezzo di abete
- strato di compensazione in feltro 300 gr/mq
- manto sintetico impermeabile antiradice
- strato di protezione e accumulo idrico in feltro 300 gr/mq
- ghiaia

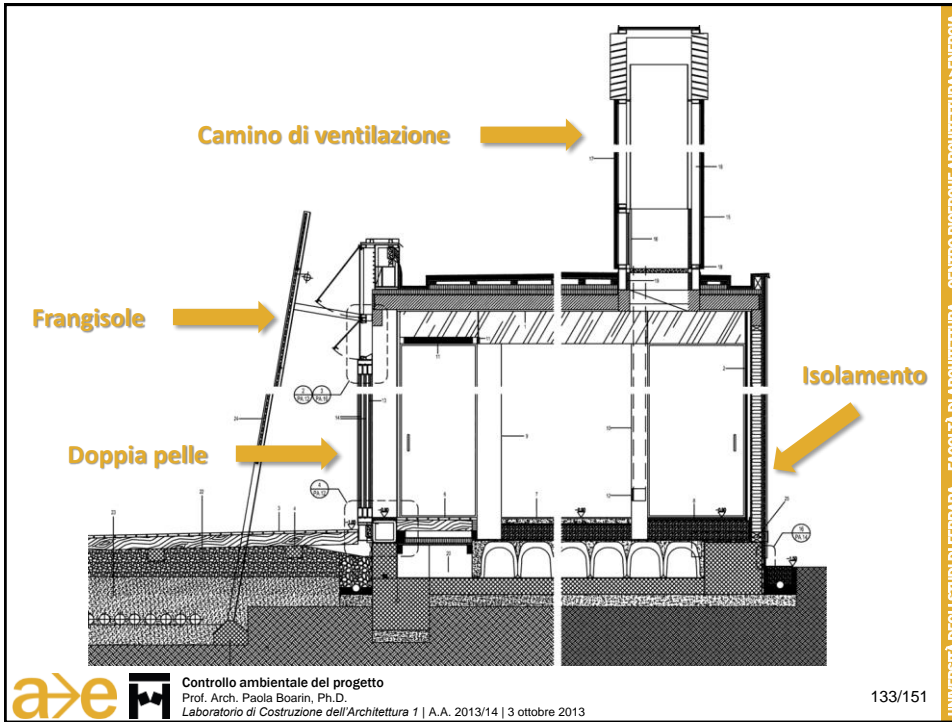


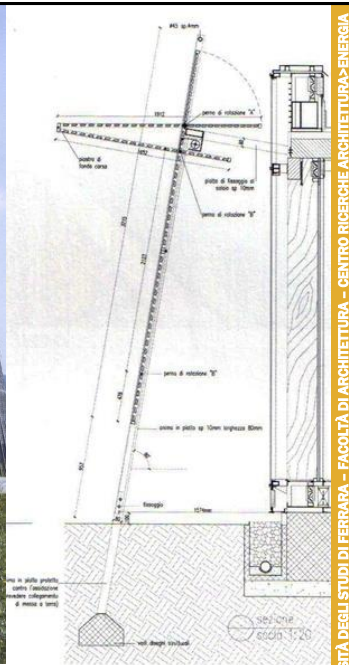
Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013


131/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA



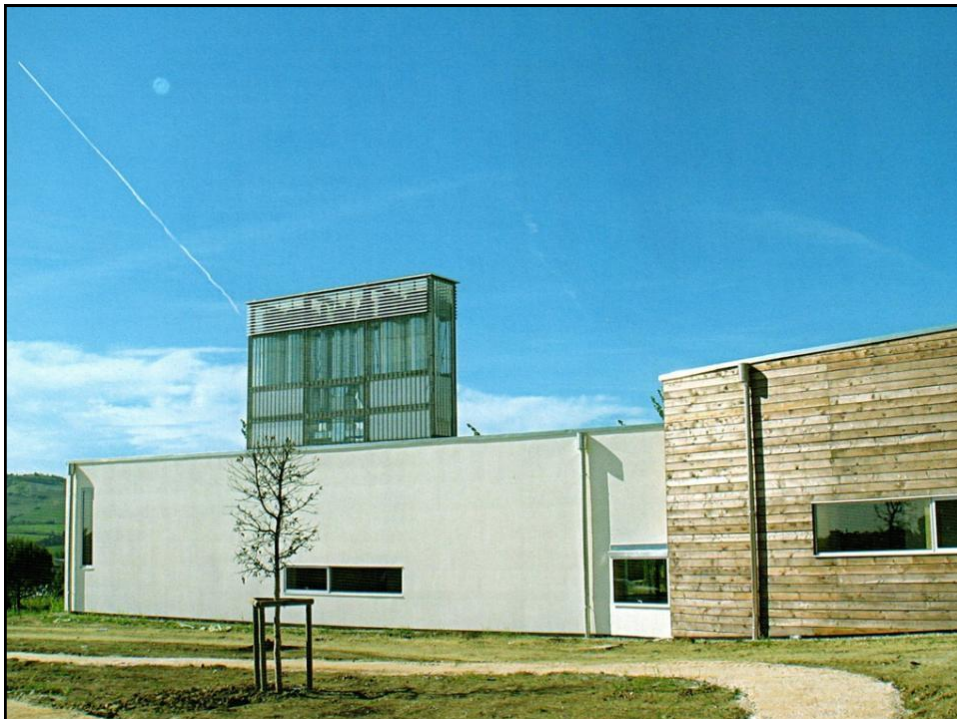
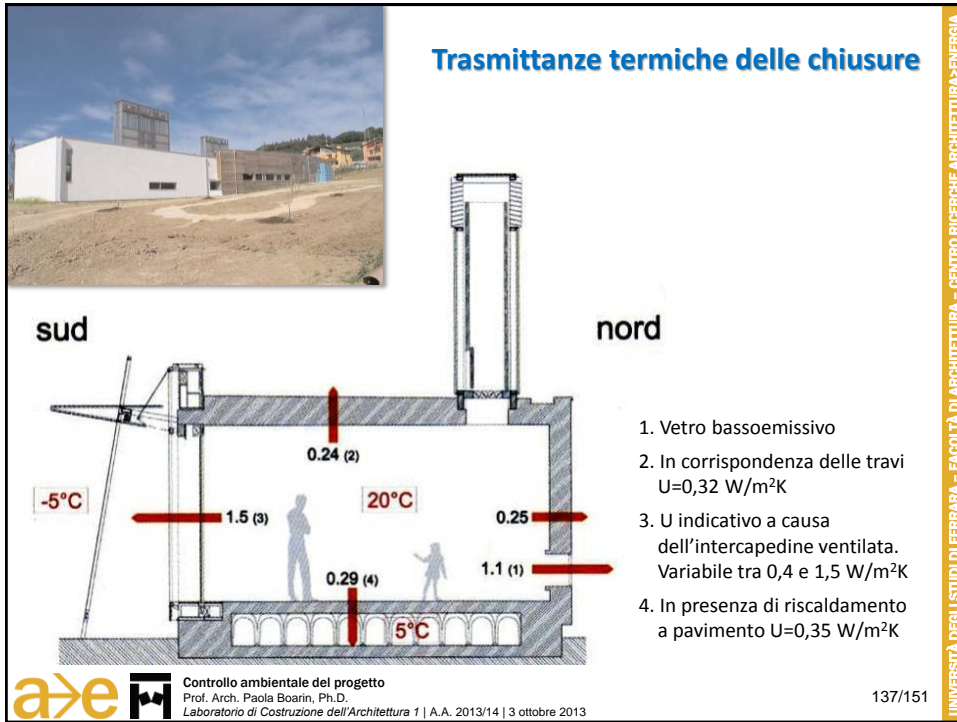




**a>e**  **Controllo ambientale del progetto**  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

136/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA+ENERGIA



## Ventilazione naturale

Schema del raffreddamento notturno

Il sistema di ventilazione naturale

zero del calore

ne dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

a>e

Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarini, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

140/151

Arch. Andrea Oliva | Casa sulla Morella, Castelnovo Sotto, Reggio Emilia



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

141/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

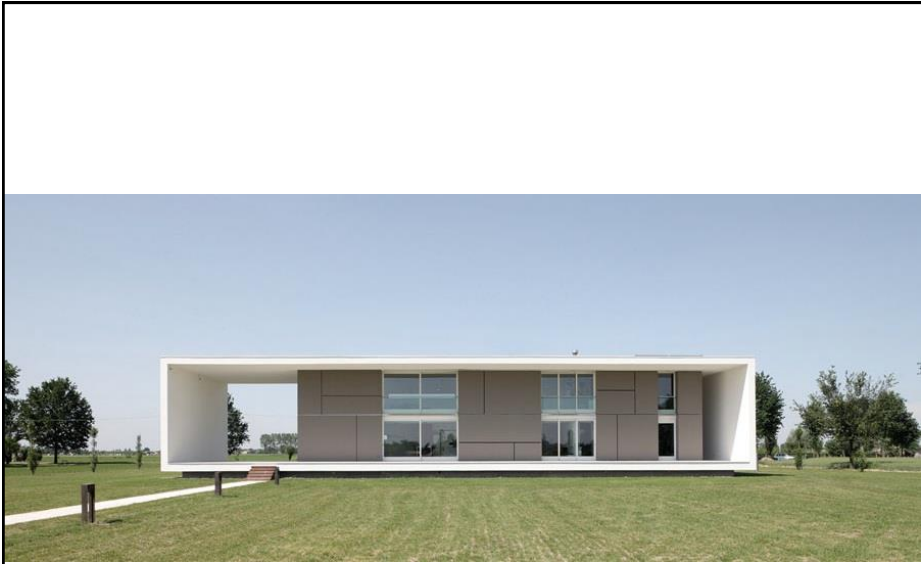
dimensioni: 300 mq  
data: 2008 - 2010



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

142/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA

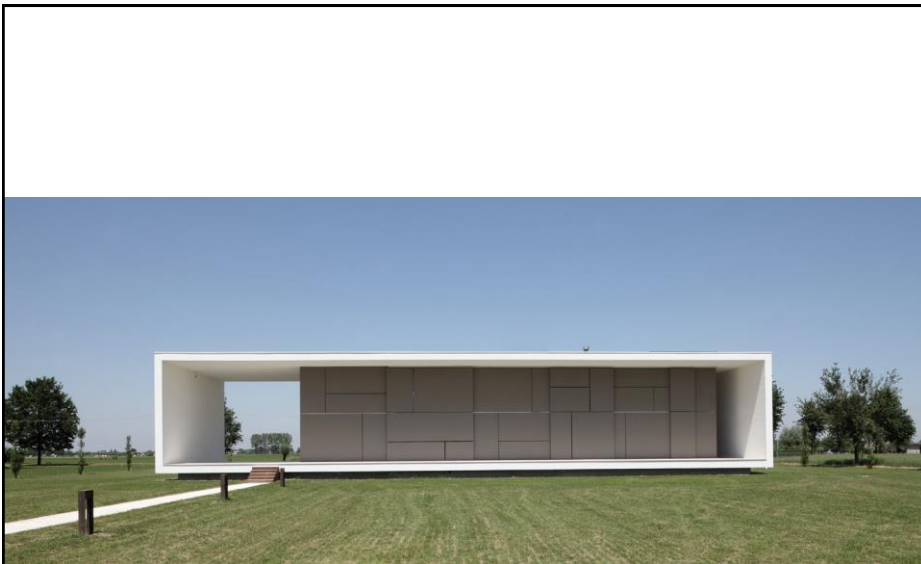


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

143/151



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA>ENERGIA



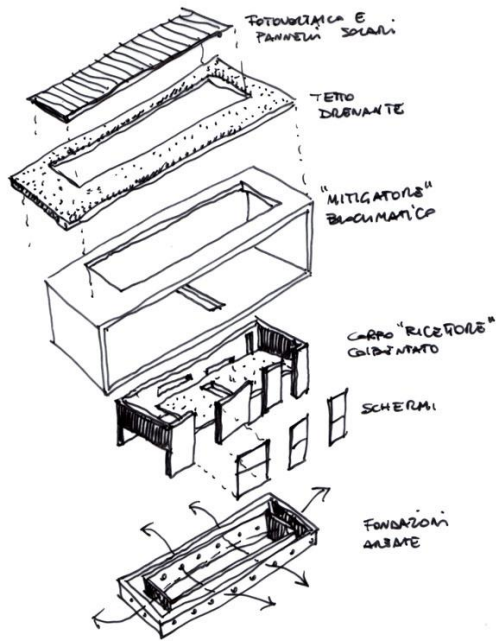
Controllo ambientale del progetto  
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

144/151



L'abitazione ha una struttura a setti portanti (minore presenza di ponti termici) costituita da un laterizio porizzato di 38 cm accoppiato ad uno strato di isolante a cappotto sul lato esterno di 10 cm, i solai sono in laterocemento con cordoli e solette in cemento armato opportunamente coibentate e disgiunte mentre la copertura conta uno strato di 22 cm di isolamento accoppiato ad un manto di copertura in parte in lamiera e in parte drenante collegato ad un sistema per la raccolta dell'acqua piovana. I serramenti sono in legno lamellare e vetrocamera basso emissiva con gas argon.

L'impiantistica integrata con domotica consente una riduzione dei consumi mediante il controllo della temperatura dei singoli locali, la predisposizione del lavoro efficiente dei grandi elettrodomestici, lo spegnimento automatico delle luci in locali vuoti, la generazione controllata dell'acqua calda sanitaria e la regolazione dei tempi di utilizzo dei singoli apparecchi.



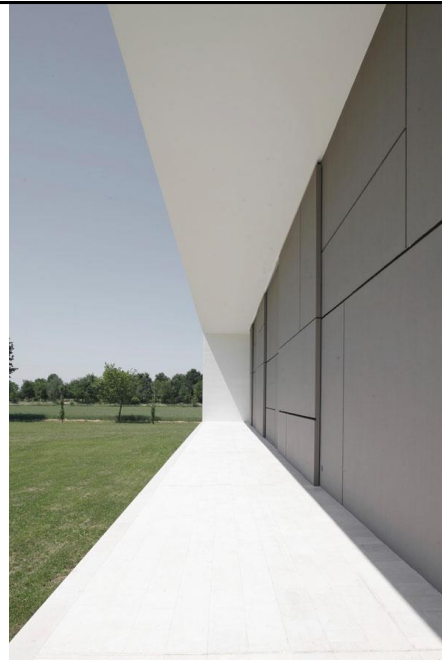
Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

145/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA



Con un orientamento di 18° verso ovest la casa sfrutta al meglio gli apporti bioclimatici che, per effetto della geometria del portico, delle ampie superfici vetrate a sud e degli oscuramenti scorrevoli, anticipano l'apertura all'irraggiamento del sole invernale e la protezione dal sole estivo pomeridiano



Controllo ambientale del progetto  
 Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.  
 Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2013/14 | 3 ottobre 2013

146/151

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA - FACOLTÀ DI ARCHITETTURA - CENTRO RICERCHE ARCHITETTURA&gt;ENERGIA

