



 POLITECNICO DI MILANO



# La progettazione bioclimatica degli spazi urbani

Valentina Dessì

REBUS® Renovation of public Building and Urban Spaces 1° MODULO CONFERENZA | 02.04.2015



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)  
Project cofinanced by the European Regional Development Fund (ERDF)



REPUBLIC-MED  
RETROFITTING PUBLIC SPACES  
IN INTELLIGENT MEDITERRANEAN CITIES



Regione Emilia-Romagna



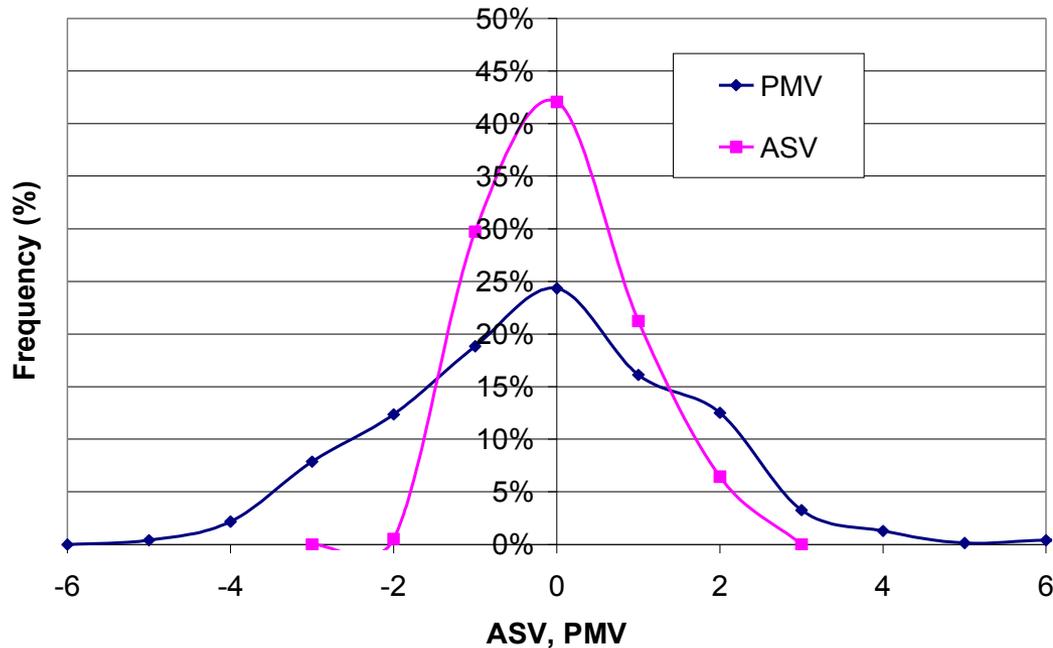
**«Il comfort è la condizione in cui l'individuo esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente che lo circonda»**

(ASHRAE Standard 55 -Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy)

**Definizione basata sulla sensazione  
provata da un individuo,  
che svolge delle attività in uno spazio**

Il comfort termico è inteso come benessere fisico in relazione ai fattori ambientali e fisici che caratterizzano lo spazio urbano e stimolano i sensi (sole, vento ma anche edifici, parterre, vegetazione, acqua, tipo di mobilità)

## Discrepanza tra comfort percepito (ASV) e comfort fisiologico (PMV)



ASV actual sensation vote – valore soggettivo  
 PMV predicted mean vote – valore oggettivo

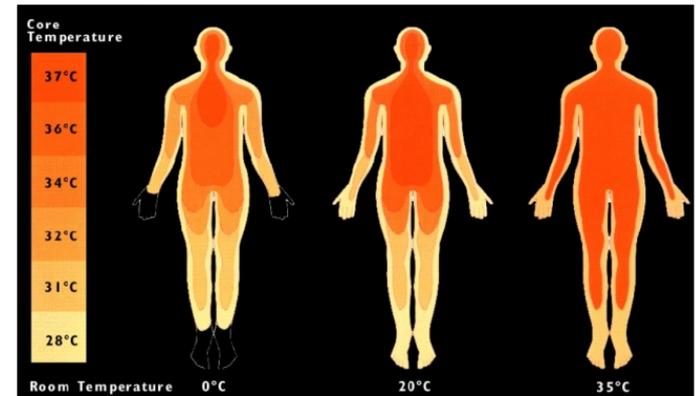


Fig. 2 - Variazioni delle temperature interne del corpo umano in conseguenza degli adattamenti alla temperatura ambientale (termoregolazione). Fonte: Transsolar Energietechnik GmbH. Stuttgart - München - New York.



La sensazione di comfort è strettamente connessa ad aspetti psicologici, culturali e sociali dell'individuo, è funzione del tempo e della capacità di adattamento dell'individuo, ma anche delle aspettative e la motivazione



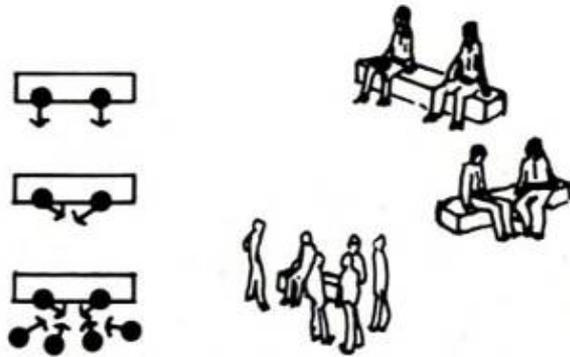
**Naturalmente questi aspetti non sono gli unici a decretare il successo di uno spazio urbano.**

**È certo tuttavia che condizioni ambientali insoddisfacenti, non sono compatibili con un'alta frequentazione e con il senso di appartenenza che lo spazio urbano deve far nascere nelle persone, per essere vissuto come estensione della propria abitazione**



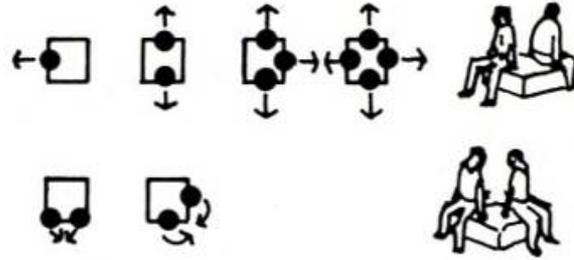
La **sedibilità** è la misura del numero di opportunità di seduta presenti in uno spazio urbano, distinte in sedute primarie (panchine e sedie) e sedute secondarie (muretti, bordi delle fontane, prato...).  
ci devono essere almeno 30 cm lineari di sedute ogni 3m<sup>2</sup> di spazio urbano.

Questo valore, determinato in base alle esperienze americane di città medie, deve essere tarato sulle esigenze di sedibilità locale da valutare in base alla intensità di attività situate determinate dai comportamenti locali.



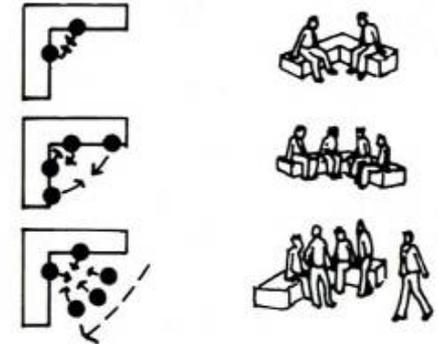
### Panca lineare

Seduta ottimale per singoli individui  
Lungo un'area di passaggio  
Per osservare eventi di fronte  
Non favorevole all'interazione



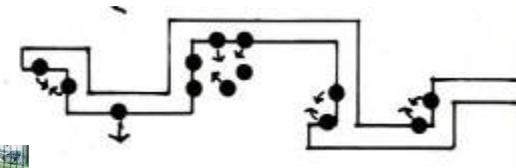
### Seduta puntuale

Seduta ottimale per singoli individui  
Consente la seduta-schiena-schiena  
Non favorevole all'interazione



### Unità ad angoli singoli

Seduta ottimale per la conversazione di piccoli gruppi



### Unità ad angoli multipli

Seduta che risponde alle varie esigenze di singoli o di piccoli gruppi





## Le possibilità di sedersi



**Le scale, i muretti, le aree a prato e i bordi delle fontane costituiscono la più importante forma di seduta in molti spazi urbani.**





## Comfort termico

Il comfort termico è inteso come benessere fisico in relazione ai fattori ambientali e fisici che caratterizzano lo spazio urbano e stimolano i sensi (sole, vento ma anche edifici, parterre, vegetazione, acqua, tipo di mobilità)

Da una parte  
Lo spazio fisico, che ha delle funzioni che supportano delle attività, e ha delle caratteristiche legate al comportamento ambientale, quindi delle **prestazioni**

Dall'altra  
ci sono gli utenti dello spazio che per svolgere un'attività esprimono delle esigenze

La progettazione degli spazi urbani confortevoli richiede un approccio non convenzionale, basato sulle esigenze dell'utente finale.

### A: ESIGENZE

Benessere termico negli spazi esterni

### B: REQUISITI

Controllo radiazione solare e termica

Vento

### C: STRATEGIE

ESTATE:

- Riduzione radiazione solare e termica
- Incentivazione scambi convettivi

INVERNO:

- Incentivare gli scambi radiativi solari e termici
- Ridurre gli scambi convettivi

### D: PRESTAZIONI

$18 < PET < 26$   
 $-50 < BT < 50$   
 $-1 < PMV < 1$



### C1: ELEMENTI

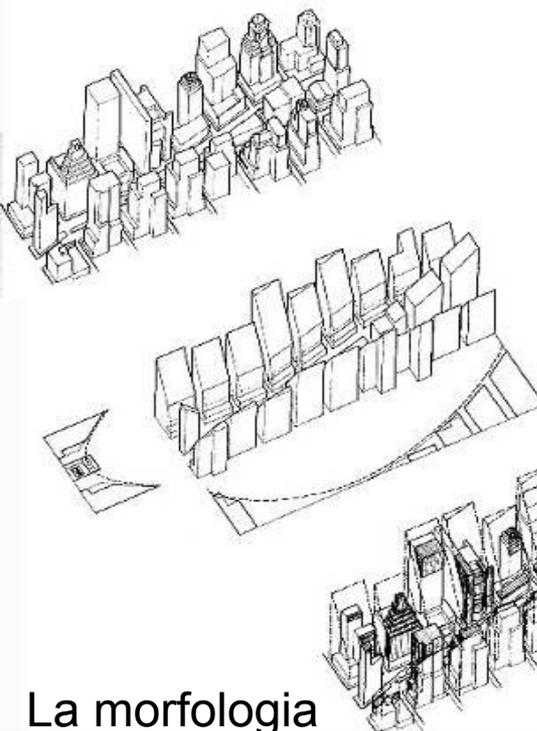
- Limiti
- Vegetazione
- Protezione solare
- Protezione dal vento
- Acqua
- Sistemi speciali

### C2: CARATTERISTICHE

- 1- MORFOLOGICHE
- 2- DEGLI ELEMENTI:
  - Albedo
  - Emissività
  - Conducibilità
  - Capacità termica



# Gli elementi urbani che influenzano il microclima



Gli elementi urbani influiscono sul microclima e di conseguenza sulle condizioni di comfort termico



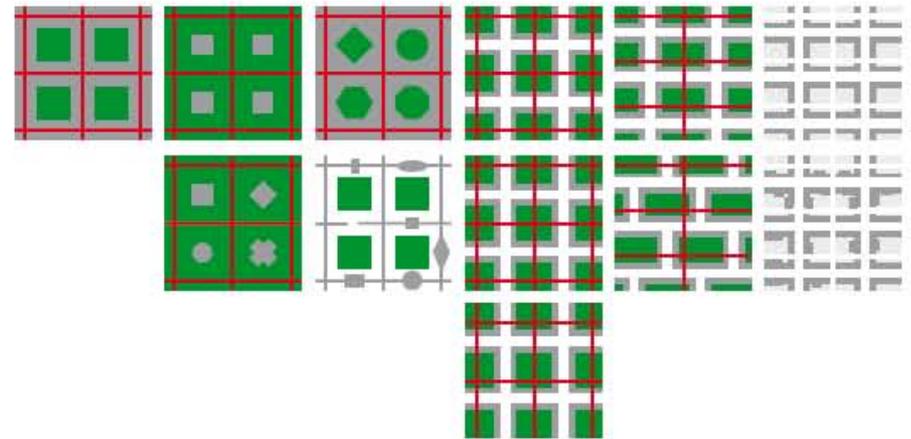
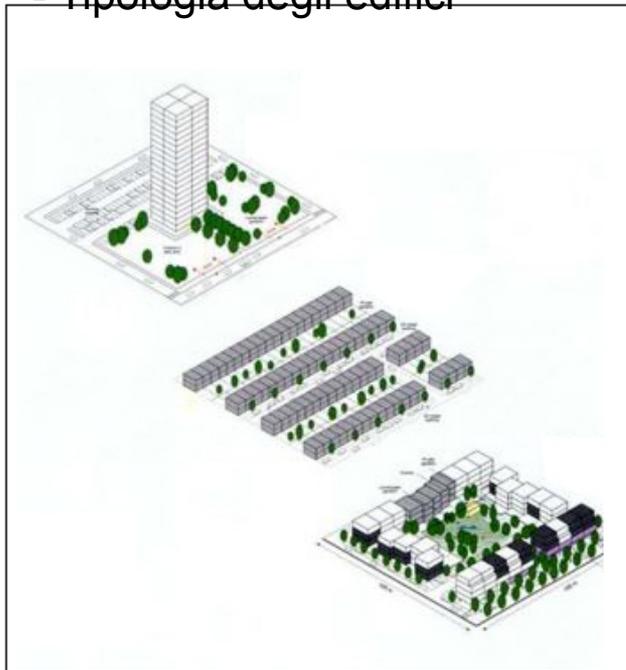


# La morfologia

La morfologia è la rappresentazione 3D dello spazio

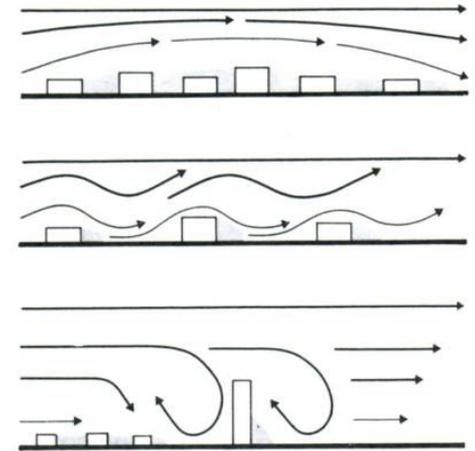
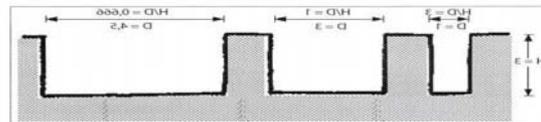
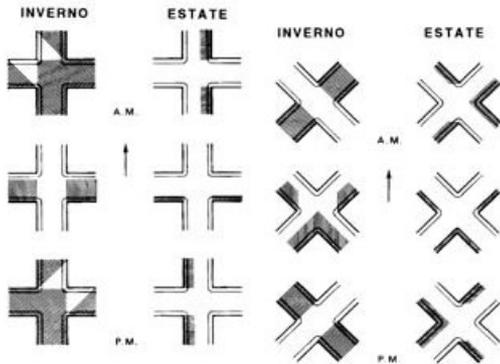
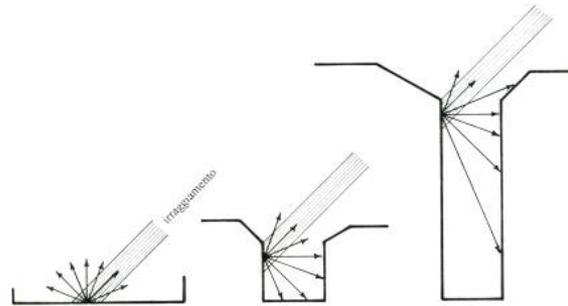
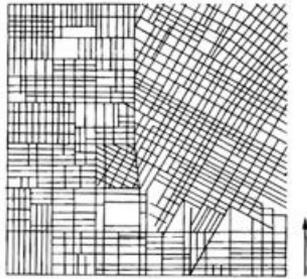
Elementi correlati:

- la forma urbana: città compatta VS città dispersa (urban sprawl)
- orientamento della maglia stradale, orientamento degli edifici
- distanza degli edifici
- Tipologia degli edifici



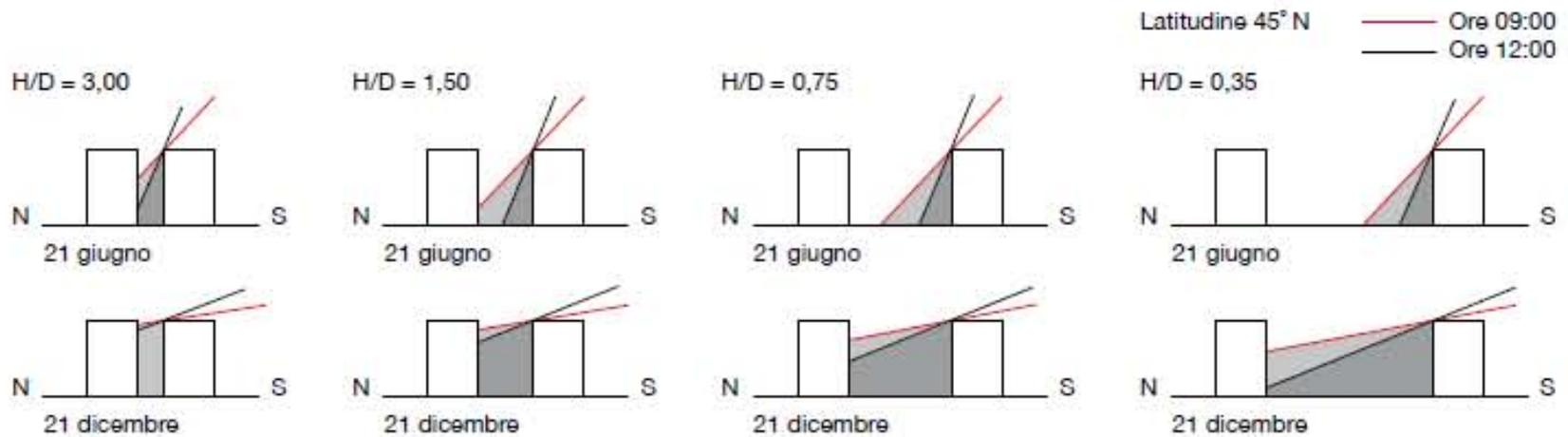
Evoluzione dei modelli di generazione dello spazio pubblico dalla tradizione della corte alla distruzione dello spazio pubblico della tipologia a padiglione promossa dal movimento modern, al ritorno di tipologie generative a corte solare con corpi di fabbrica allungati nell'asse est-ovest per favorire la captazione solare

Schemi di utilizzo del suolo con 3 tipologie edilizie differenti, a padiglione, in linea e a corte





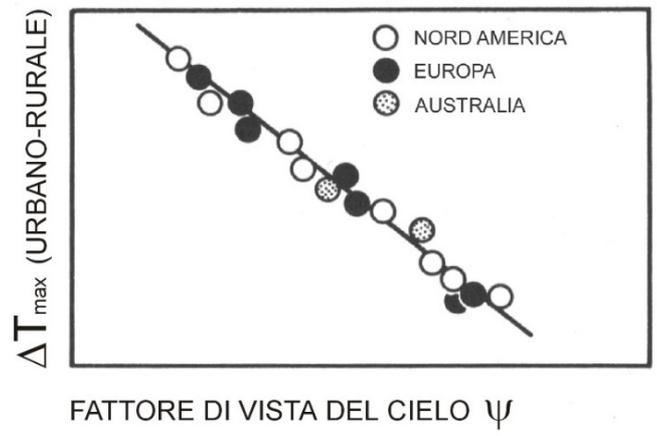
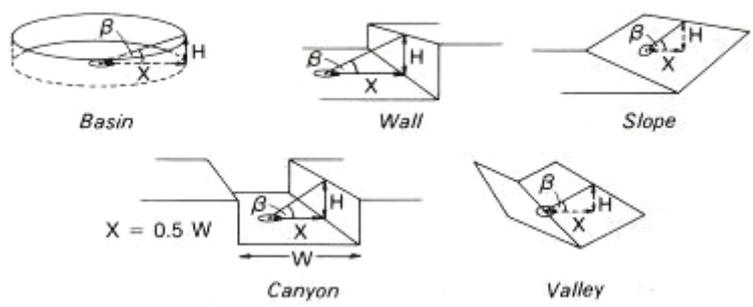
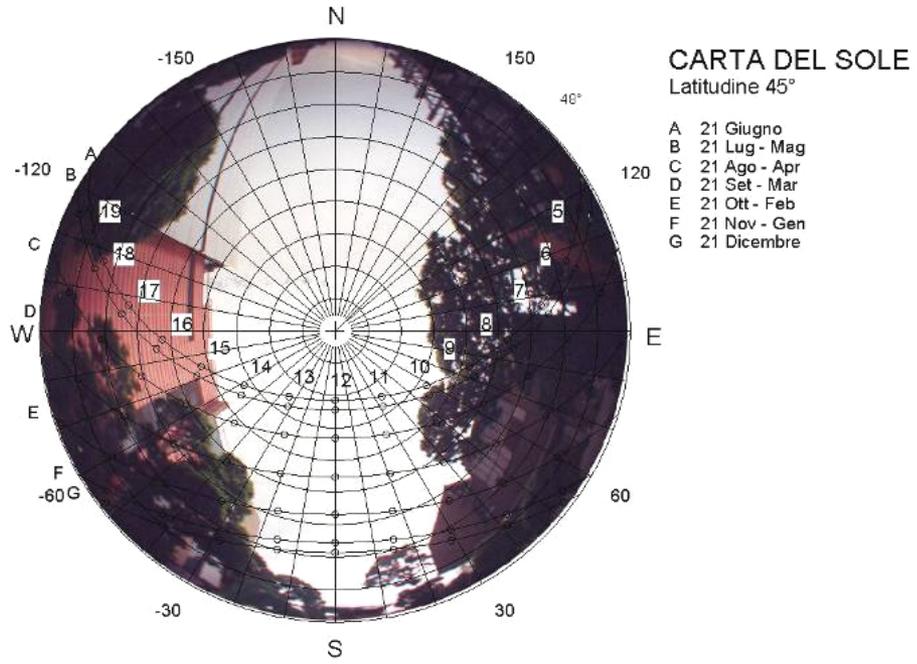
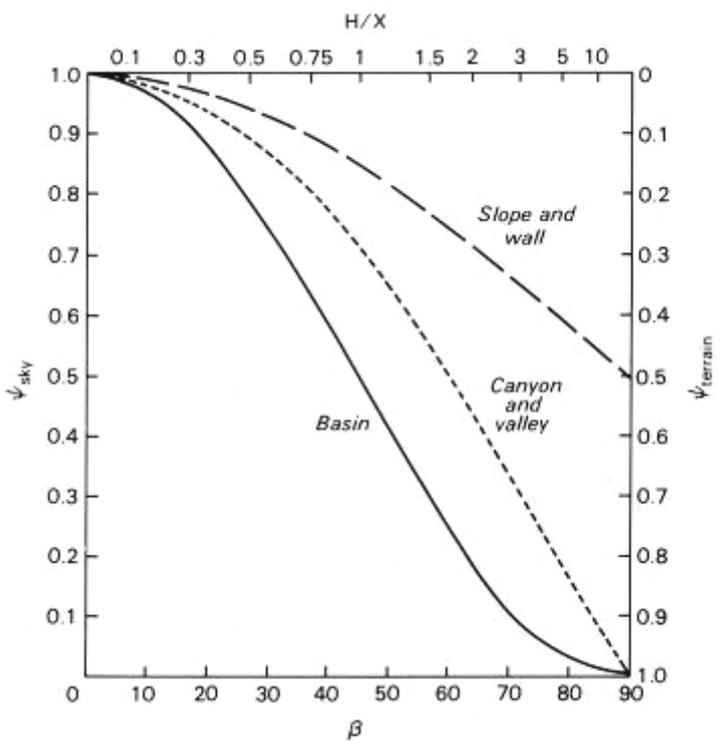
# La morfologia



Campo di radiazione/ombreggiamento di una strada al variare della sezione (rapporto altezza/larghezza H/D) . Lat 45°N

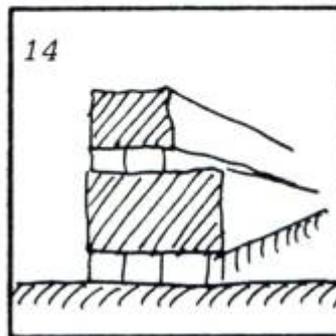
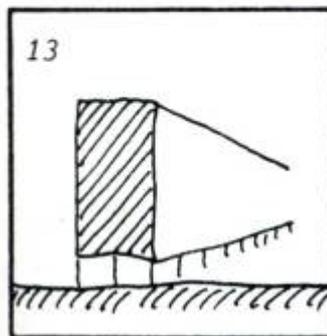
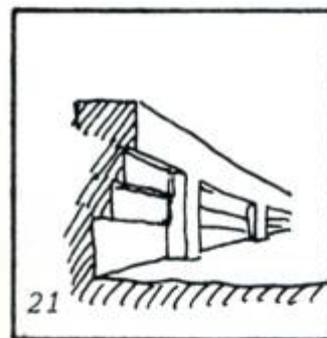
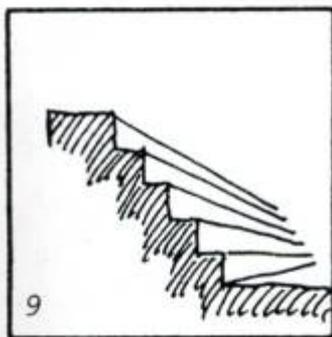
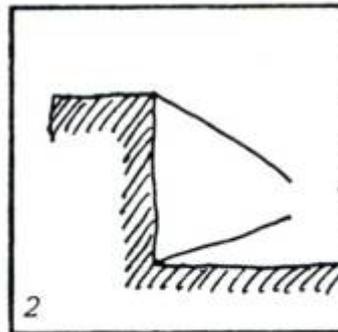
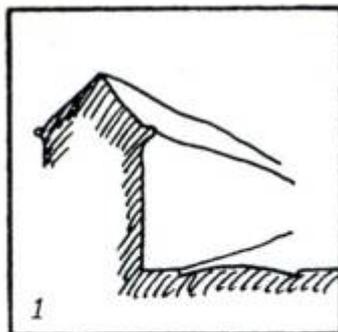


# La morfologia





# La morfologia



l'alzato, costituito dai profili delle case che affacciano sullo spazio urbano. Questo aspetto determina la morfologia in sezione della piazza modificando il rapporto tra i fronti e il parterre.

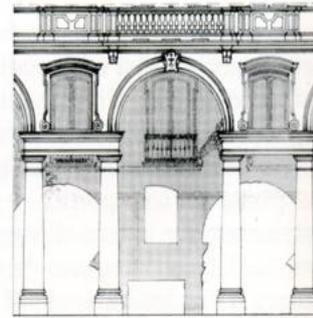
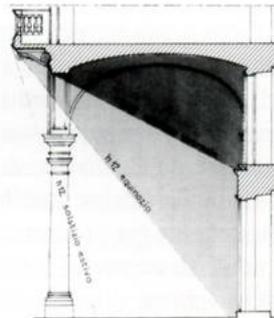
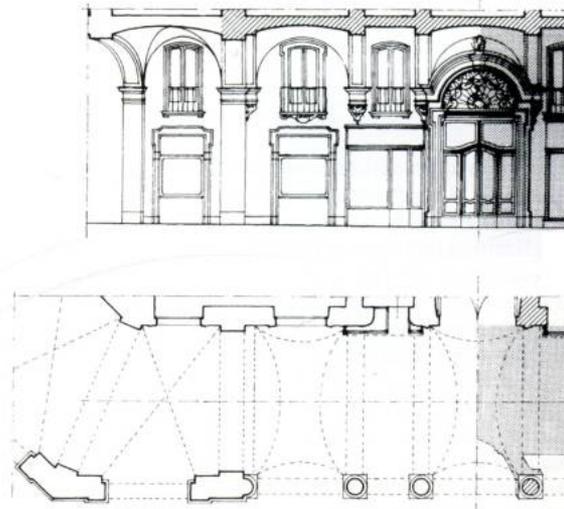


## Il portico



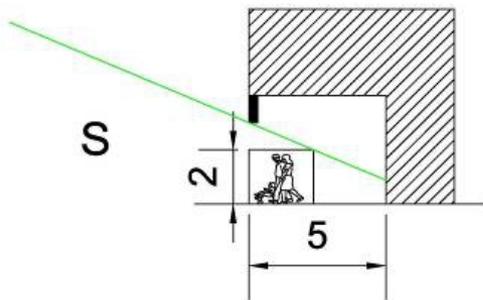
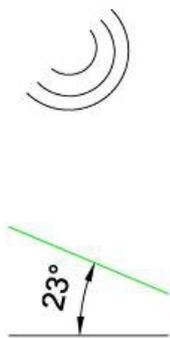
Gli spazi di transizione costituiscono un passaggio “morbido” tra la sfera privata e quella pubblica. Si tratta di corti, portici, verande, ecc..

Hanno la capacità di modificare il microclima sia esterno che interno, per questo motivo possono essere considerati una “strategia” per la modifica delle prestazioni ambientali di uno spazio urbano

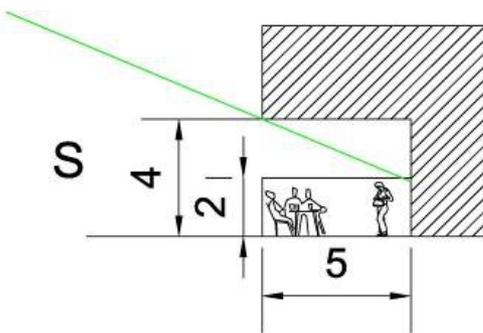
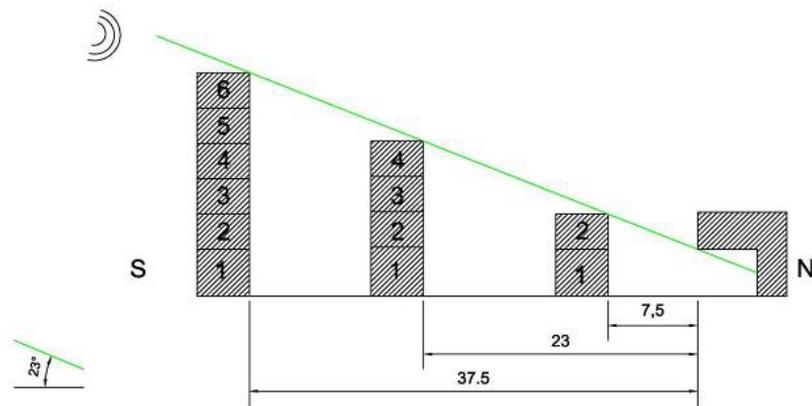




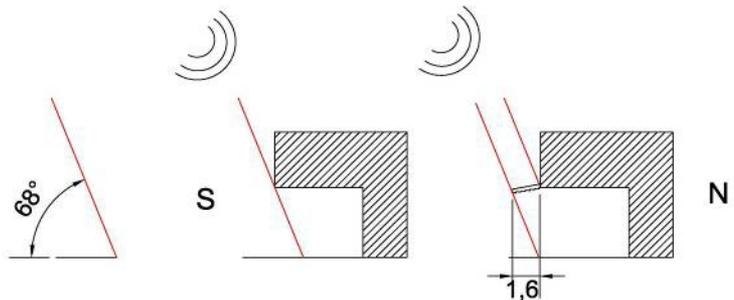
# Il portico



N



N





## I sistemi di schermatura della radiazione solare

La radiazione solare è la componente di guadagno di calore più importante.

Di conseguenza:

Il primo requisito legato al miglioramento delle condizioni di comfort termico è quello di impedire che la radiazione solare raggiunga le persone

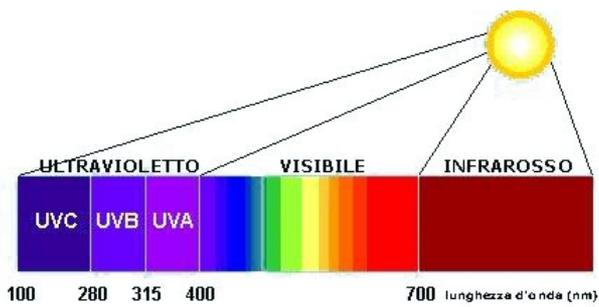
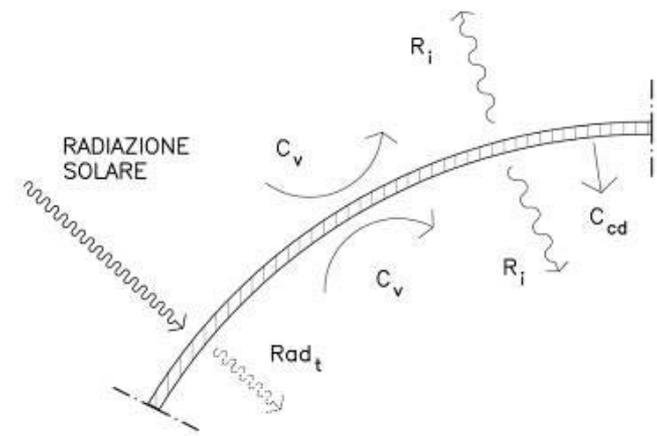
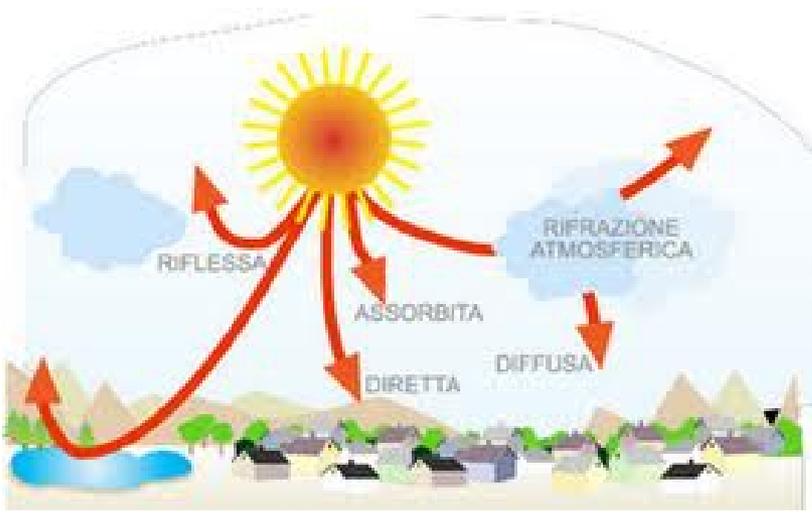


Progettare gli elementi di schermatura è la prima tappa nella progettazione bioclimatica di spazi urbani



# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Una copertura è un elemento che si colloca tra la radiazione solare e la zona occupata



- $Rad_t$  Radiazione solare trasmessa
- $C_v$  Calore scambiato per convezione
- $R_i$  Radiazione infrarossa
- $C_{cd}$  Calore scambiato per conduzione



## I sistemi di schermatura della radiazione solare

Per la scelta di una copertura si devono tenere in considerazione alcuni aspetti che rappresentano le variabili della copertura, cioè le dimensioni, il materiale e la forma. Gli aspetti fondamentali sono tre:

1- La forma: il controllo della radiazione solare è rappresentato dalla quantità d'ombra prodotta in relazione alla superficie totale e dipende dalla forma, dalla dimensione e dalla distanza della copertura dalla zona occupata.

2- Il coefficiente di trasmissione: la qualità dell'ombra ottenuta, o dall'intensità dell'ostruzione, che dipende dal tipo di copertura e dal materiale utilizzato.

3- Il colore e la texture della copertura (l'albedo).

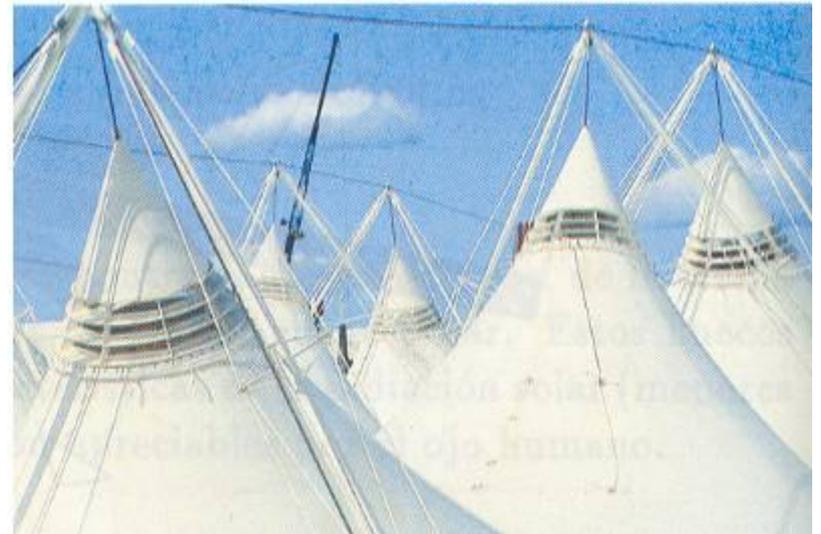


# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Tipi di copertura



Copertura chiusa



Copertura aperta



# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Coperture semplici  
(formate da un solo strato di materiale)



1 - Le vele utilizzate per la protezione dalla pioggia sono eseguite in tessuto Sattler 321.

2 - Le vele usate esclusivamente per la protezione dal sole vengono eseguite in tessuto Soltis a struttura reticolare

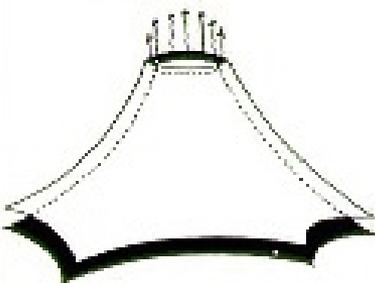
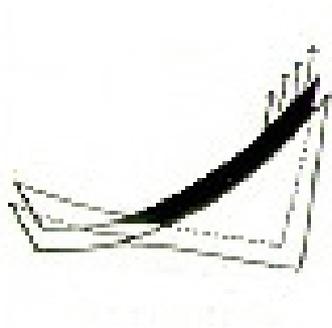
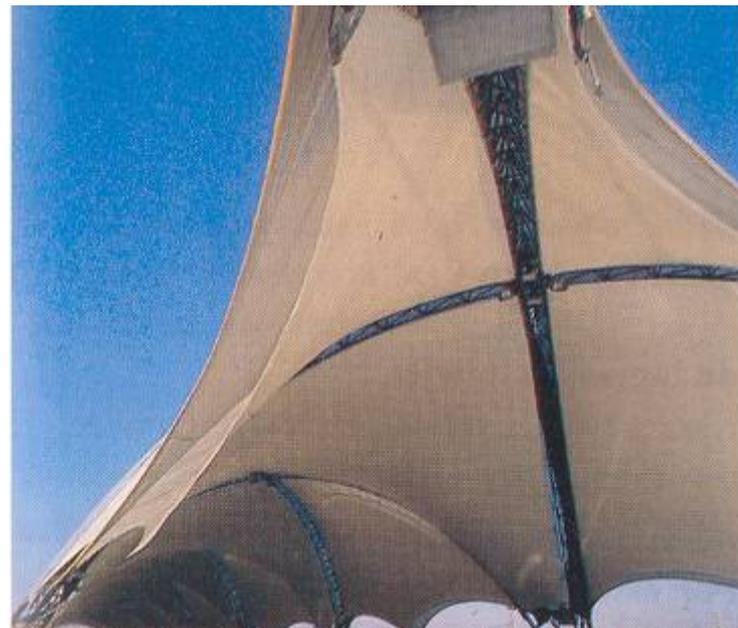
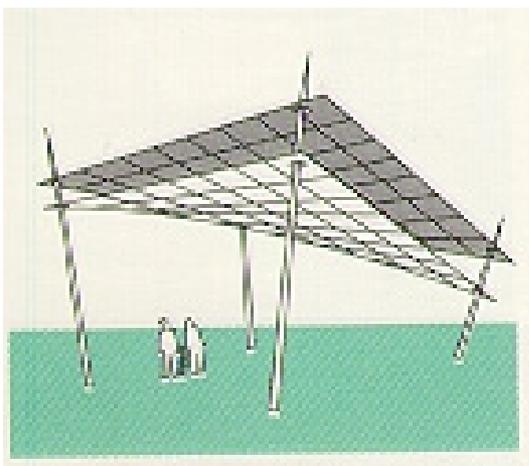




# I sistemi di schermatura della radiazione solare

## Coperture doppie

(formate da due coperture semplici sovrapposte con una camera d'aria all'interno)

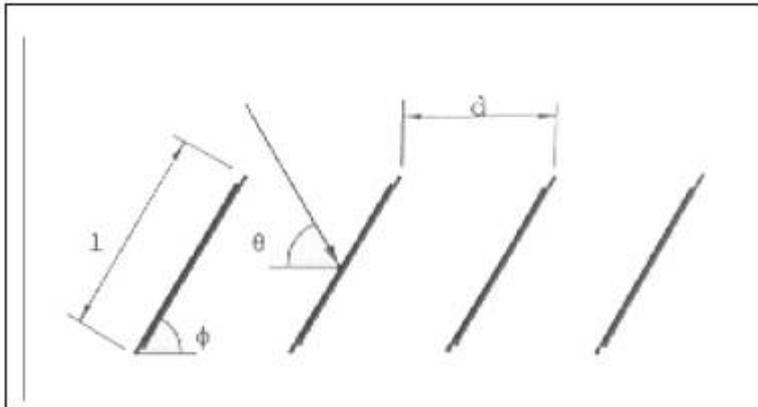




# I sistemi di schermatura della radiazione solare

## Coperture multiple

(formate da lame inclinate che si sovrappongono permettendo la circolazione dell'aria nella parte inferiore e superiore della copertura)





# I sistemi di schermatura della radiazione solare

## Coperture a pergola





# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Tipi di copertura: il tessile

Materiale	Radiazione solare assorbita %	Radiazione solare trasmessa %
Tessile chiaro	10 - 20	25





# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Tipi di copertura: I polimeri

Materiale	Radiazione solare assorbita %	Radiazione solare trasmessa %
Polimeri	10 - 15	15

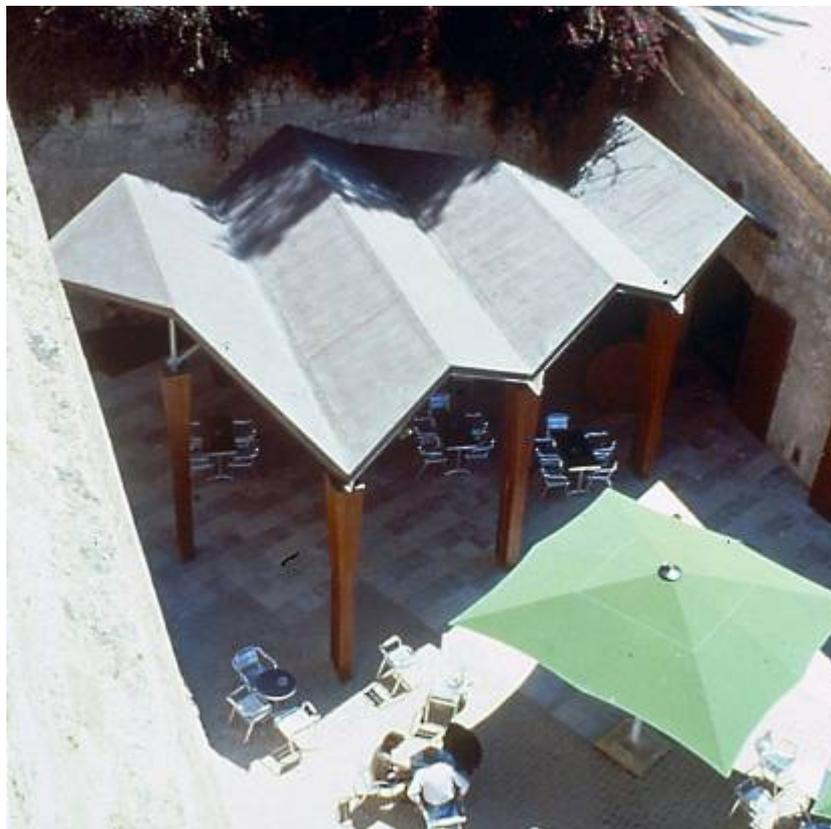




# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Tipi di copertura: l'opaco

Materiale	Radiazione solare assorbita %	Radiazione solare trasmessa %
Materiali Opachi	20 - 70	0

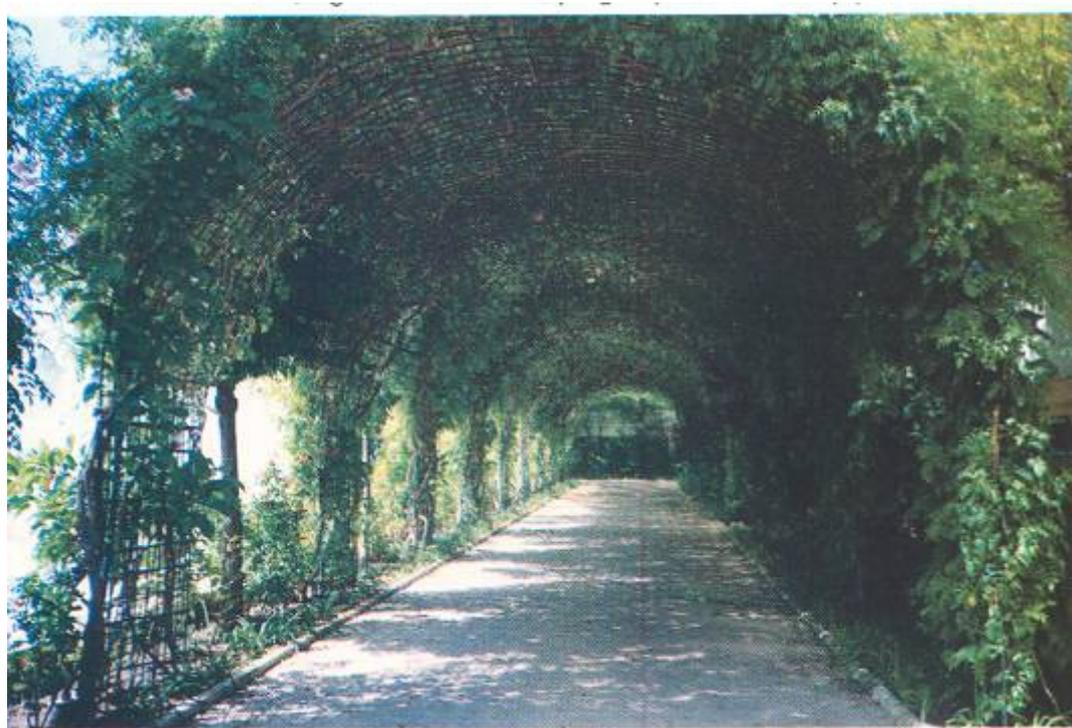




# I sistemi di schermatura della radiazione solare

Tipi di copertura: vegetazione

Materiale	Radiazione solare assorbita %	Radiazione solare trasmessa %
Vegetale	80	0





# I sistemi di schermatura della radiazione solare

## Tipi di copertura: le membrane

Tessuto	rivestimento	finitura (toap coat)	traslucenza
Poliestere	pvc	Acrilico	12%
Poliestere	pvc	PVDF	12%
Fibra di vetro	PTFE	FEP®	14%
Fibra di vetro	silicone		20% - 40%
Tenara®			20% - 40%
ETFE (film)			95%

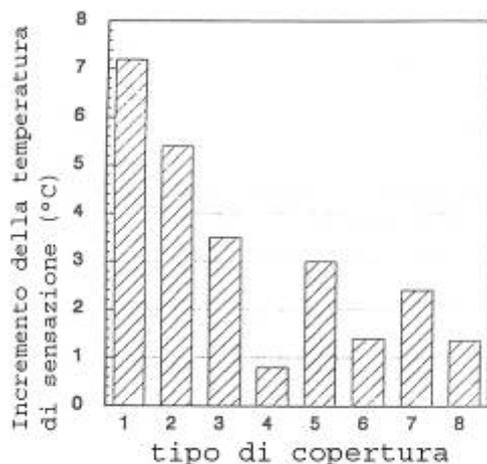
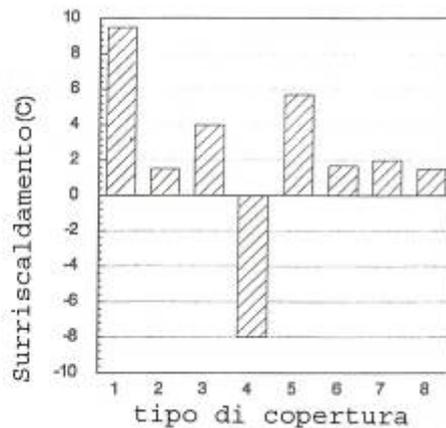
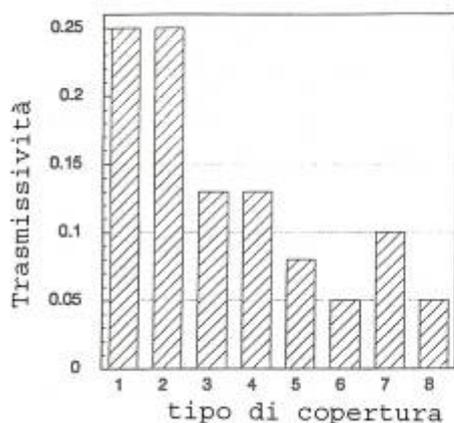


Tipologie di materiali	poliestere/pvc		fibra di vetro/ptfe		poliestere/pvc colore argento <sup>d</sup>	
	0,6	0,8	1,2	0,6	0,9	0,7
spessore (mm)	0,6	0,8	1,2	0,6	0,9	0,7
trasmissione luminosa <sup>a</sup>	12	10	8	17	10	3
trasmissione solare <sup>b</sup>	10	5	4	17	10	3
riflettanza solare <sup>b</sup>	75	77	77	72	70	72
assorbimento solare <sup>b</sup>	15	18	19	11	20	25
emissività all'infrarossi <sup>c</sup>	86	86	86	88	88	35



# I sistemi di schermatura della radiazione solare

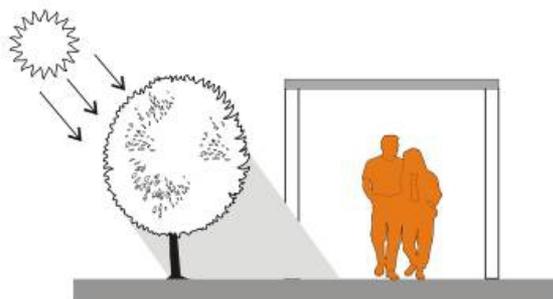
## Confronto tra otto coperture differenti



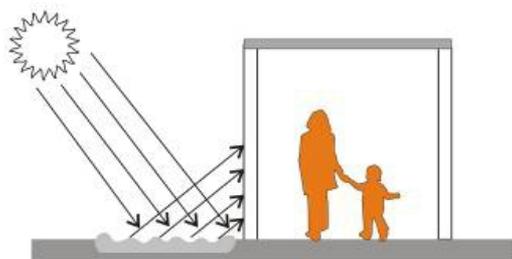
Tipo di copertura (numero di riferimento)	Descrizione
1	Semplice, tessile, chiara, di forma chiusa, sporca
2	Semplice, tessile, chiara, di forma aperta, pulita
3	Semplice, PVC, chiara, di forma aperta, sporca
4	Uguale al tipo 3, con irrigazione
5	Doppia: strato superiore: tessile, chiara, sporca strato inferiore: tessile, chiara, pulita
6	Doppia: strato superiore: PVC, bianca, sporca strato inferiore: tessile, chiara, pulita
7	Multipla: chiara, teli a 45° l/d =2
8	Multipla: chiara, teli a 30° l/d =2,5



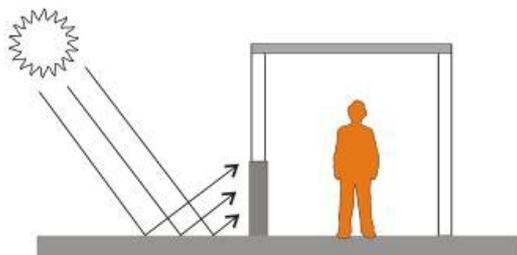
# I sistemi di schermatura della radiazione solare



1. Inserimento di una barriera di alberi



2. Superficie con basso coefficiente di riflessione



3. Inserimento di un elemento verticale nel basamento della zona

Sistemi di schermatura della radiazione riflessa

Barriera composta da vegetazione che intercetta parte della radiazione solare diretta al terreno

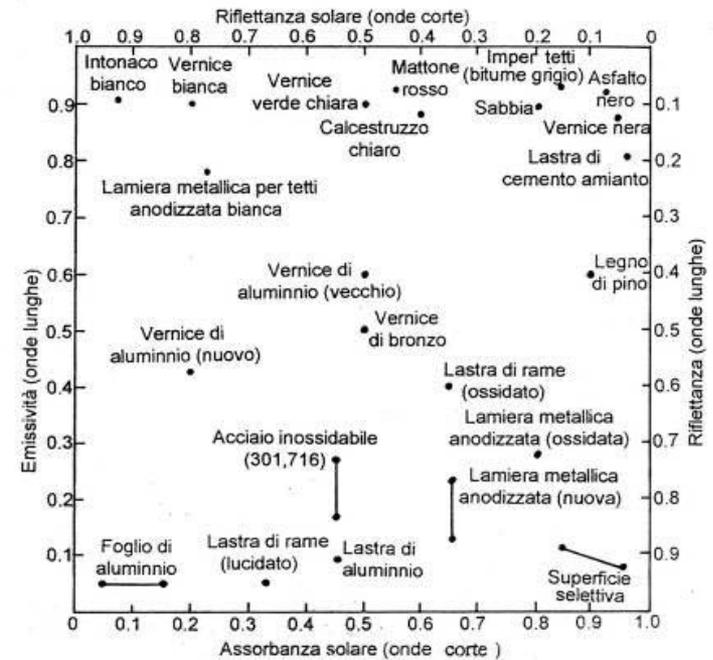
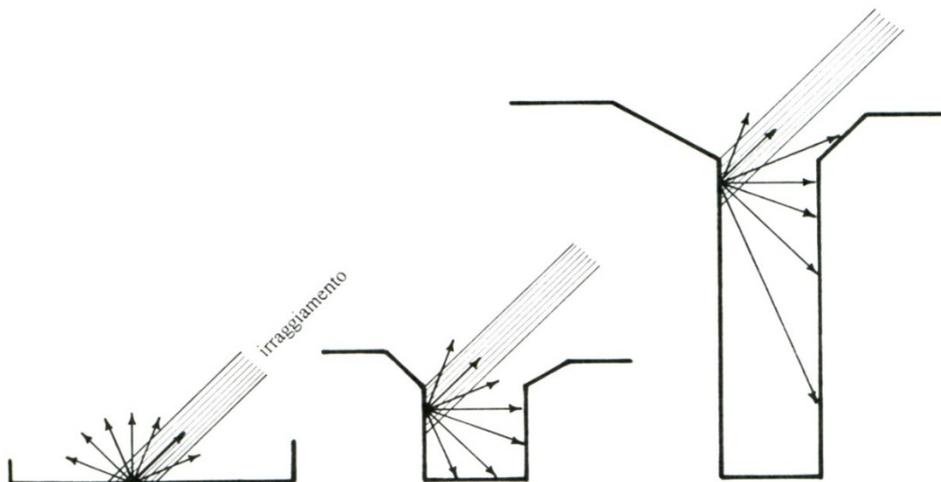
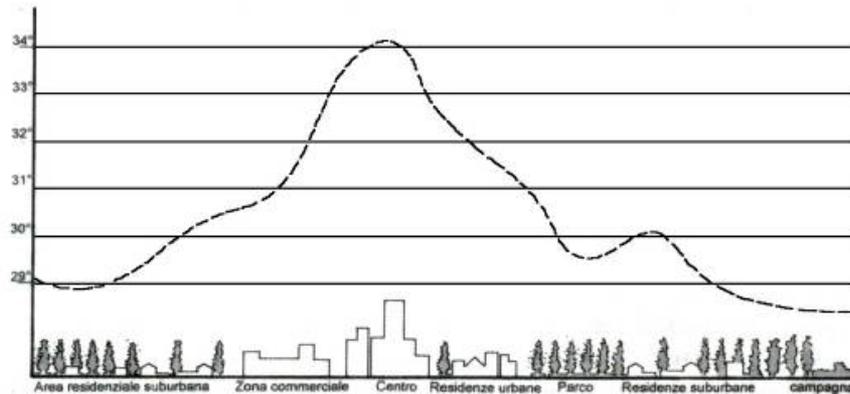
Superficie d'acqua che impedisce la riflessione della radiazione dal terreno (con temperature più elevate).

Al posto dell'acqua ci può essere una superficie erbosa o scura, che assorbe circa l'80% di radiazione e riflette solo il 20%

Barriera opaca che intercetta la radiazione riflessa dal terreno e ne impedisce il passaggio all'area interessata



# I materiali urbani





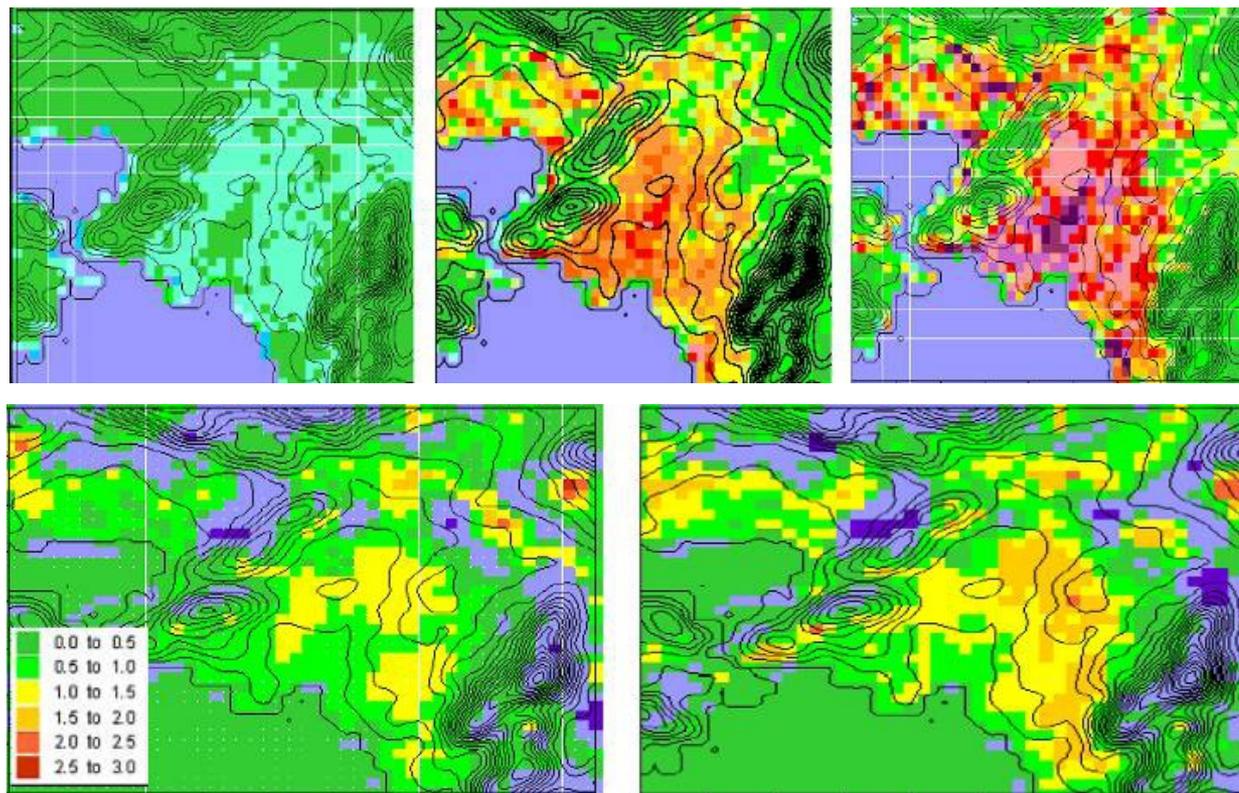
## I materiali urbani



Negli USA si è stimato che l'uso di vernici chiare in copertura "white roof" e ombra prodotta da vegetazione porta ad una riduzione del fabbisogno energetico per raffrescamento pari al 18%



## I materiali urbani



Dalle simulazioni emerge che le aree con maggiori superfici ad albedo elevato presentano temperature superficiali più basse. Il maggior impatto si ha nelle ore centrali della giornata, tra le 12 e le 13. In media quando si passa da un albedo 0,25 a 0,85 si ha una diminuzione della temperatura media dell'aria di 1-2°C.



# I materiali urbani



United States  
Environmental Protection  
Agency

Policy, Planning  
And Evaluation  
(PM-221)

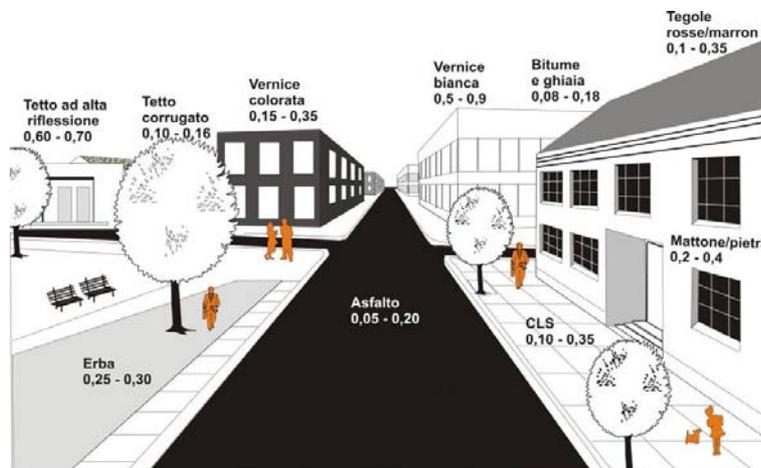
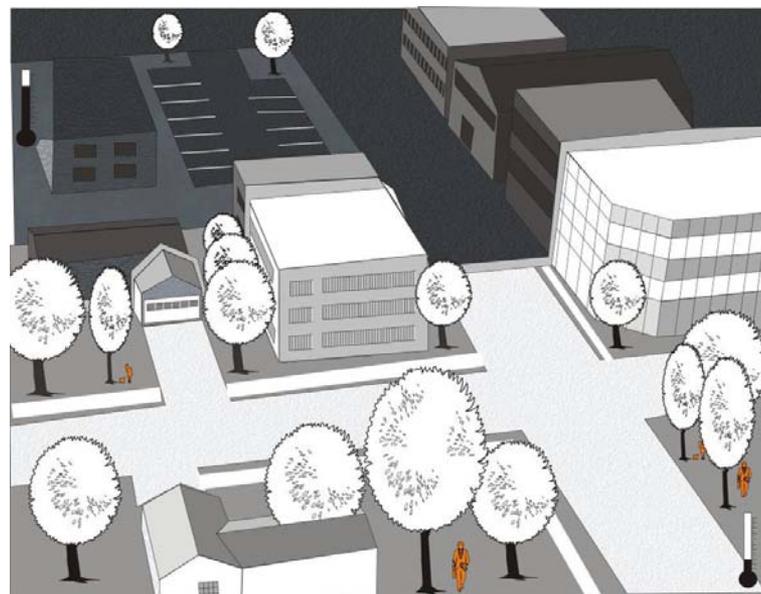
22P-2001  
January 1992

## Cooling Our Communities

### A Guidebook On Tree Planting And Light-Colored Surfacing

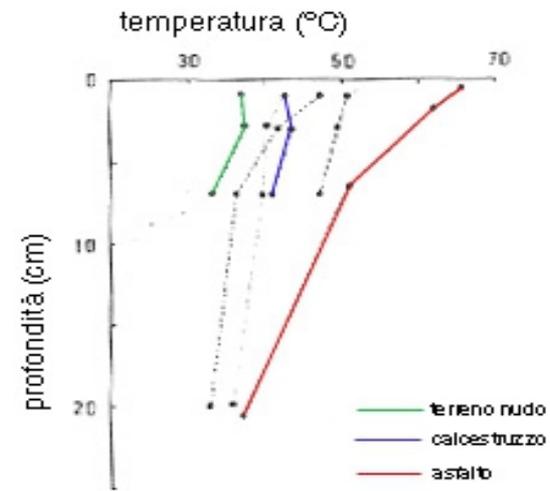
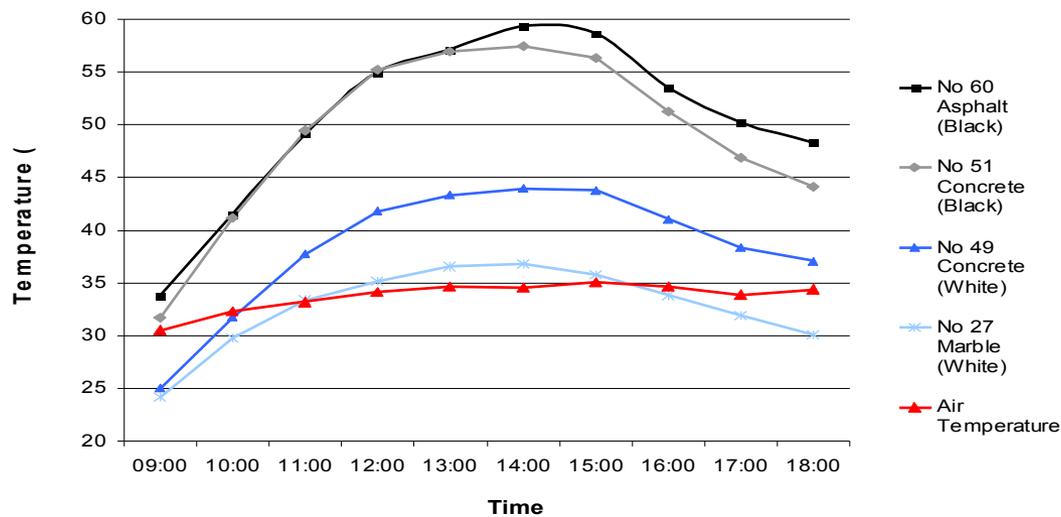
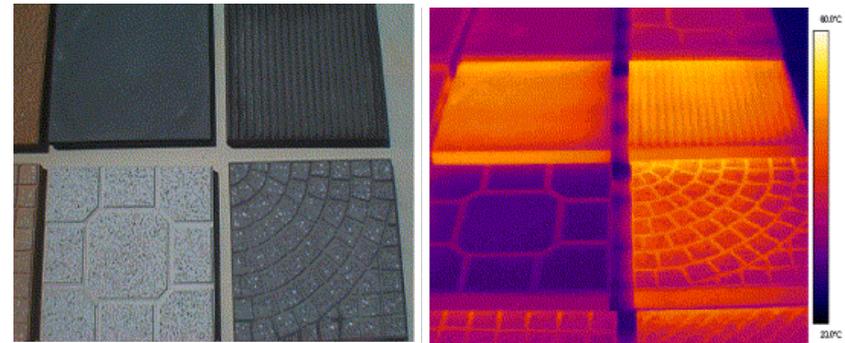
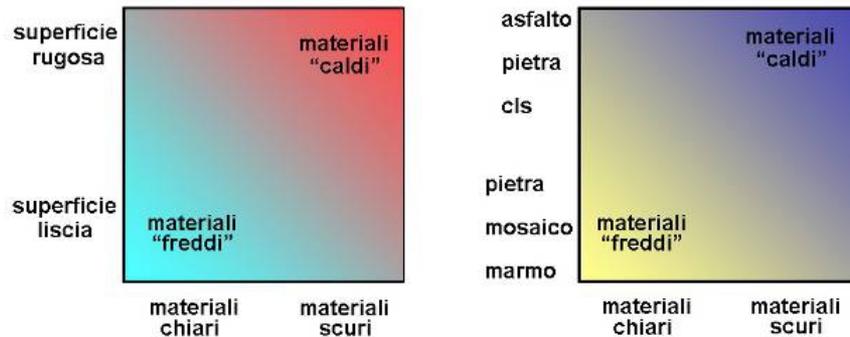


EPRI  
Electric Power  
Research Institute





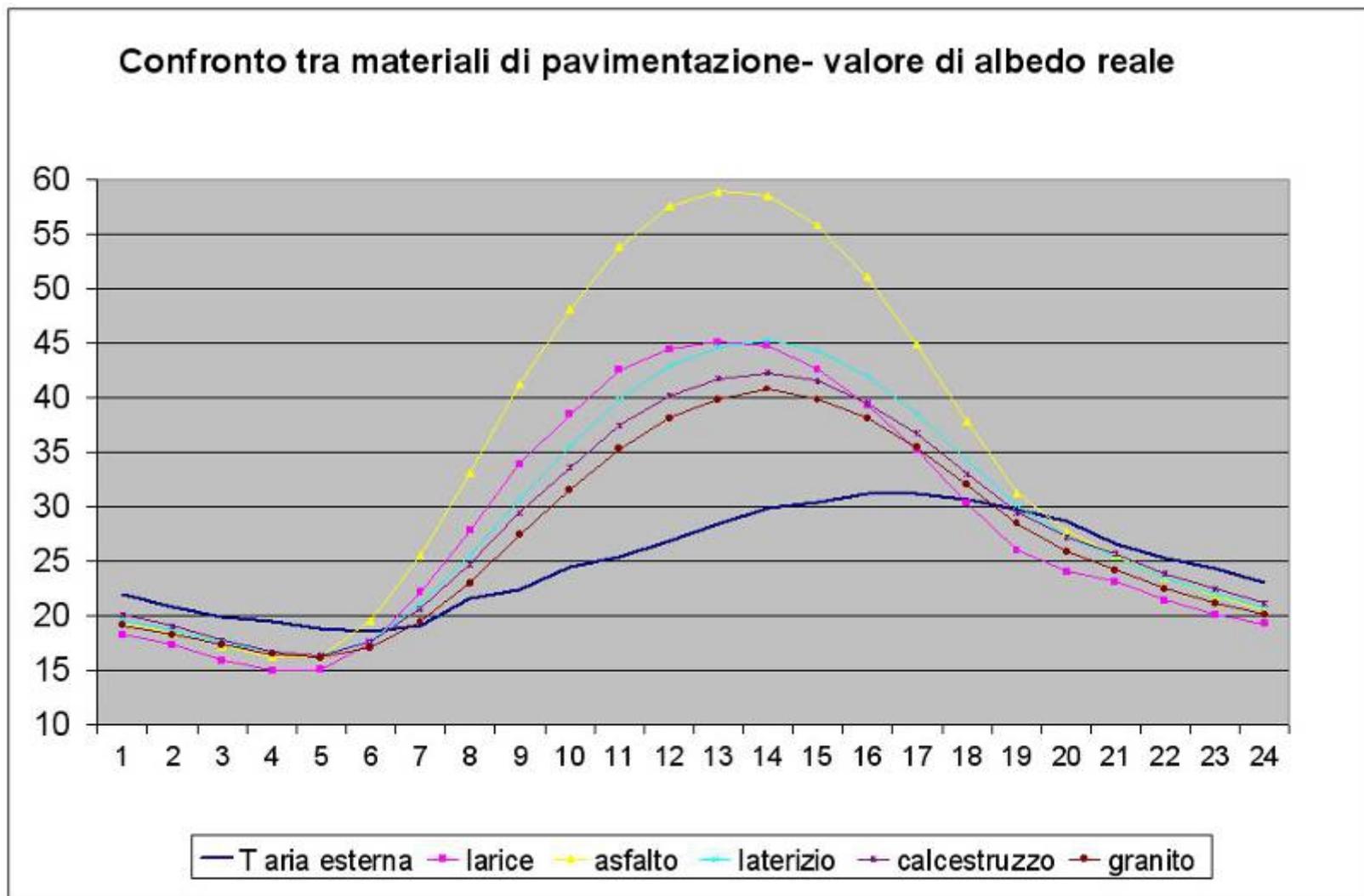
# Materiali da pavimentazione caldi e freddi



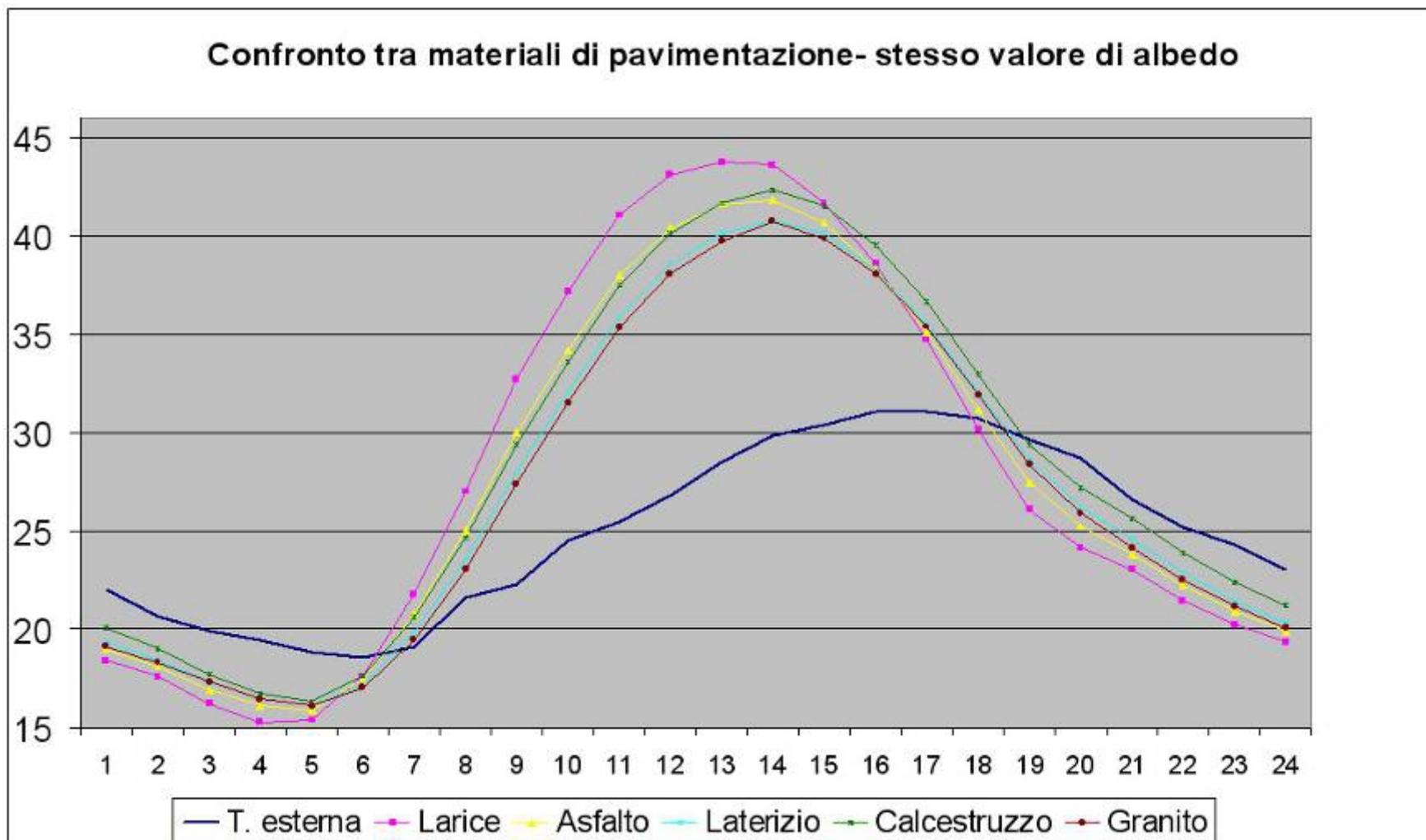
Valori di temperature superficiali in estate-giorno ad Atene



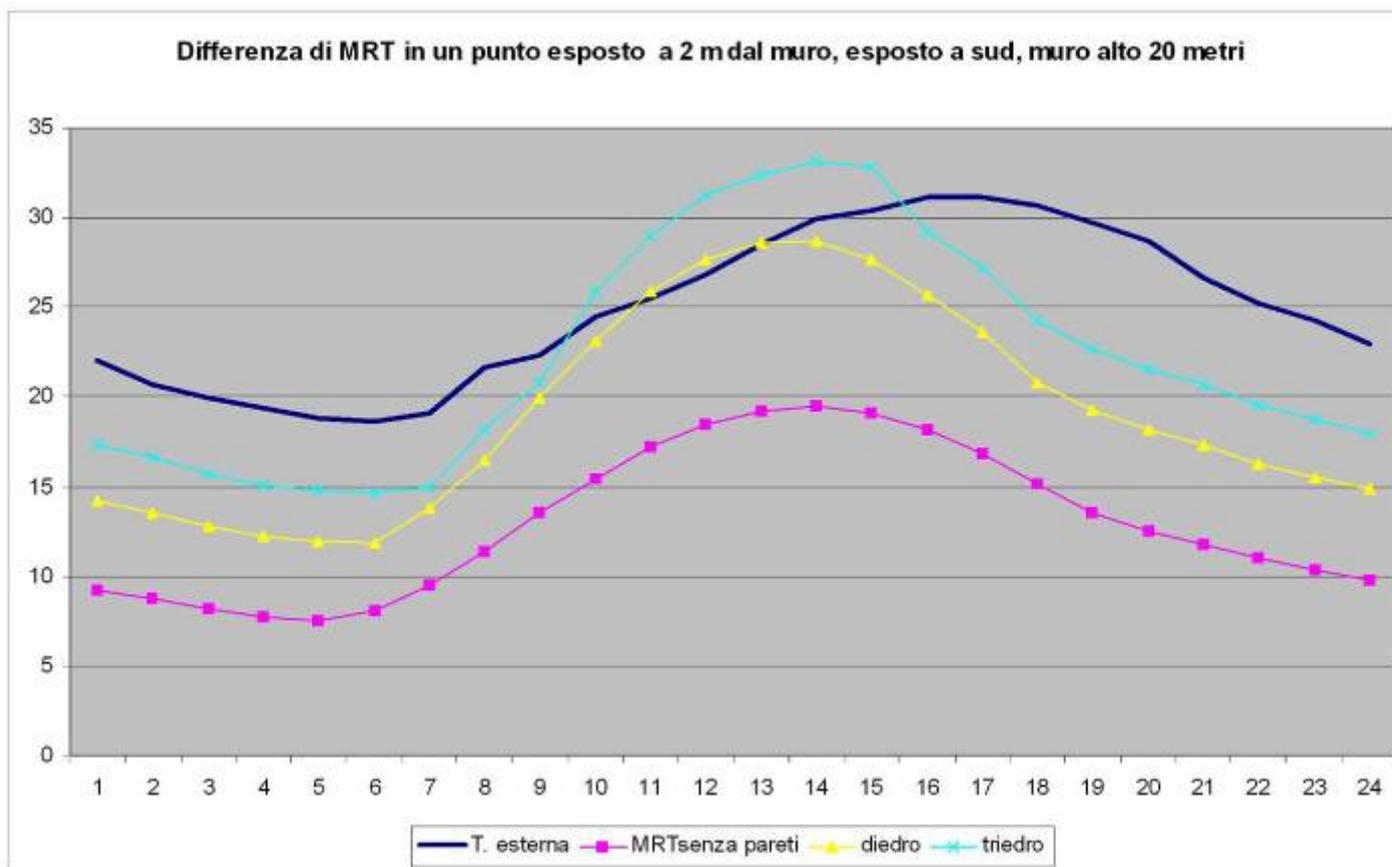
# Differenze di temperature tra differenti materiali

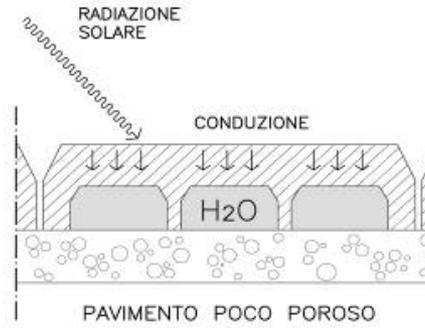
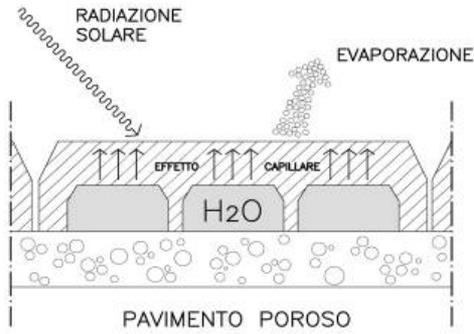
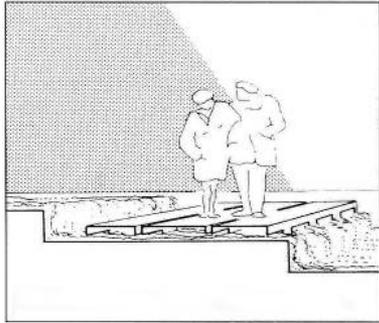


# Differenze di temperature tra differenti materiali



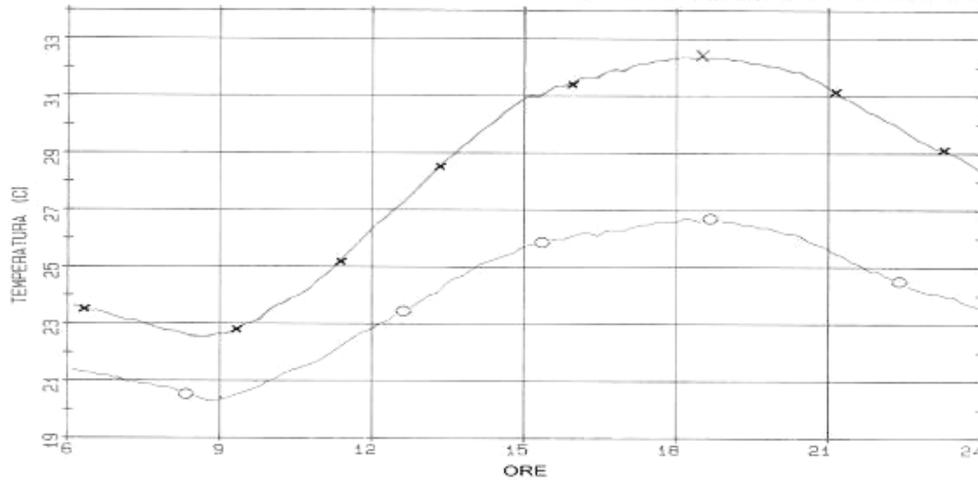
# Differenze di temperature tra differenti materiali





GIORNO: 20 AGOSTO 89

○ TEMP. PAVIM. RAFFRESCATO  
x TEMP. PAVIM. NON RAFFRESCATO

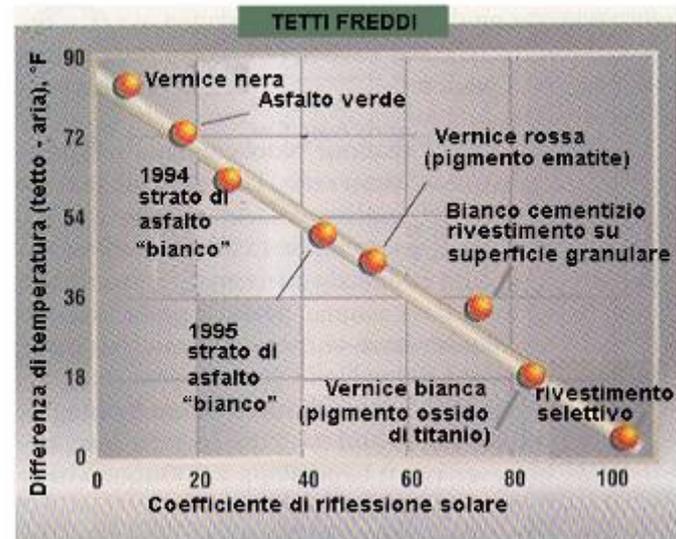
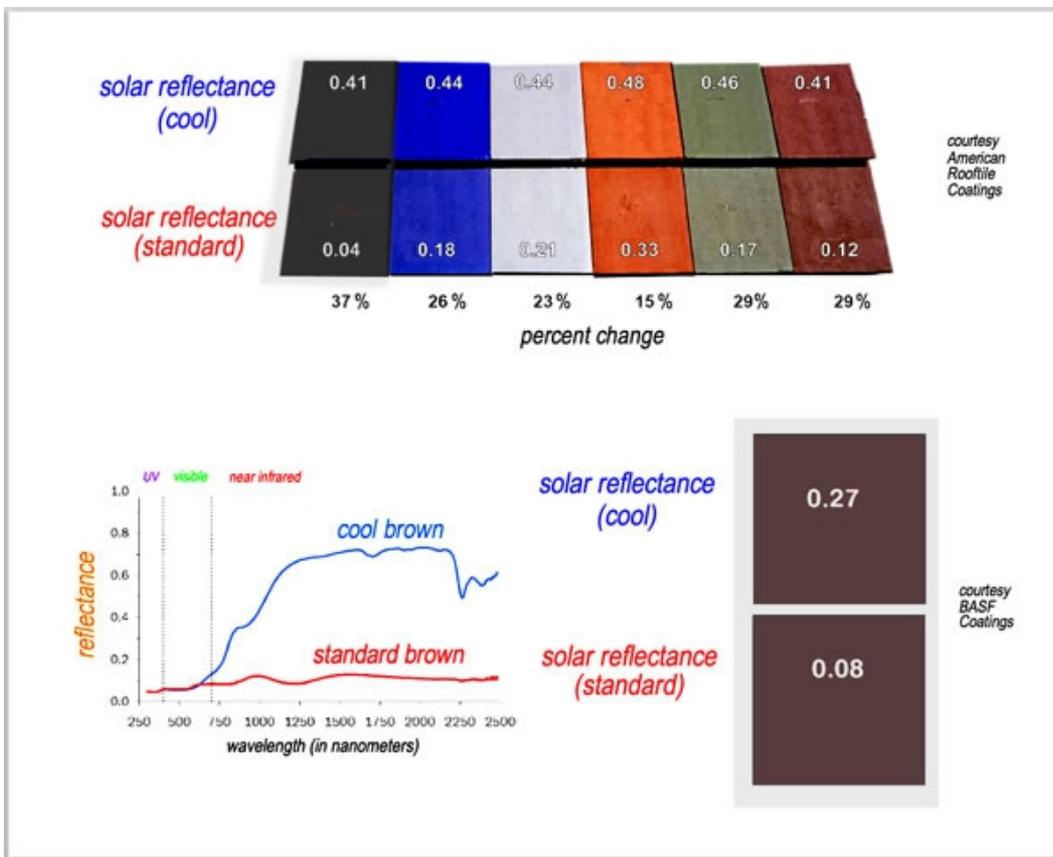


Pavimenti raffreddati con acqua: materiali porosi e materiali compatti



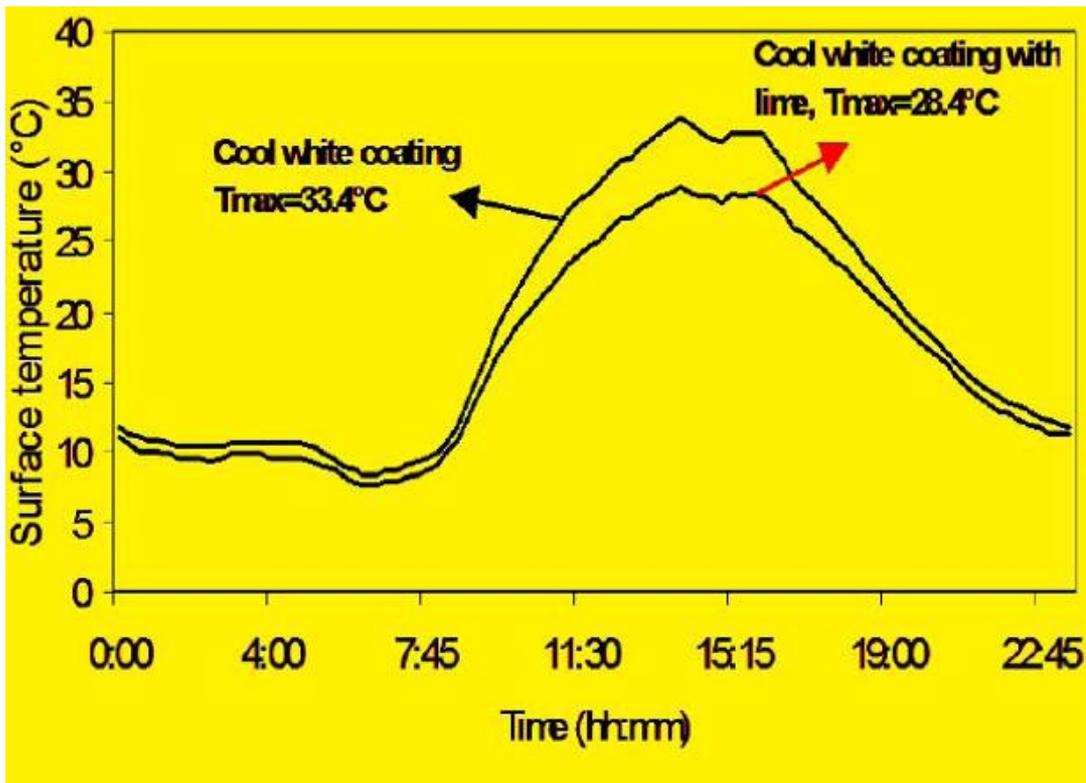
# Le ricerche dell'Università di Atene e di Berkley (Santamouris e Akbari)

- 1- Studiare e classificare i materiali naturali
- 2- Sviluppare e testare le finiture bianche altamente riflettenti
- 3- Sviluppare e testare i materiali colorati altamente riflettenti
- 4- Sviluppare e testare i materiali colorati altamente riflettenti con PCM
- 5- Sviluppare e testare i materiali termocromici





## vernici bianche altamente riflettenti



Una finitura che usa il calcare (calcio idrossido), come componente principale migliora la riflessione solare di superfici esterne di edifici e pavimentazioni.

La temperatura superficiale è stata misurata durante il periodo estivo molto caldo. Durante il giorno il prototipo di rivestimento fresco bianco presenta temperature più basse che variano in un range di 1-5°C, con la differenza massima osservata alle 14. Durante la notte la differenza di temperatura è di circa 1°C; sebbene il rivestimento bianco abbia un'emissività più elevata rispetto al prototipo con il calcare, ha sempre una temperatura più elevata



## vernici colorate riflettenti

Sono state confrontate le proprietà ottiche e le prestazioni ambientali di 10 prototipi di finiture colorate con altre dello stesso colore, di tipo convenzionale. La riflessione spettrale è stata misurata, mentre è stata calcolata la riflettanza solare.

È stata anche misurata l'emissività nell'infrarosso. La temperatura superficiale della pittura sulle mattonelle di cls è stata monitorata per 24h nel periodo da dicembre ad agosto 2005, con l'obiettivo di verificare le migliori prestazioni del rivestimento delle pitture fresche nel tenere le temperature superficiali più basse rispetto alle pitture convenzionali, di giorno e di notte, sia d'inverno che d'estate.

Standard	Cool	Standard	Cool
Orange		Anthracite	
Light blue		Brown	
Blue		Chocolate brown	
Green		Light brown	
Black (1)		Black (2)	



## vernici colorate riflettenti

Le caratteristiche spettrali dei materiali freschi e convenzionali sono state misurate e sono state calcolate la riflettanza solare per ogni finitura.

Color	Solar reflectance (%)		% Increase $SR_{(cool-stand)}$
	Cool	Standard	
Orange	63	53	19
Light blue	42	40	5
Blue	33	18	83
Green	27	20	35
Black (1)	12	6	100
Anthracite	26	7	271
Brown	34	23	48
Chocolate brown	27	9	200
Light brown	36	22	64
Black (2)	27	5	440

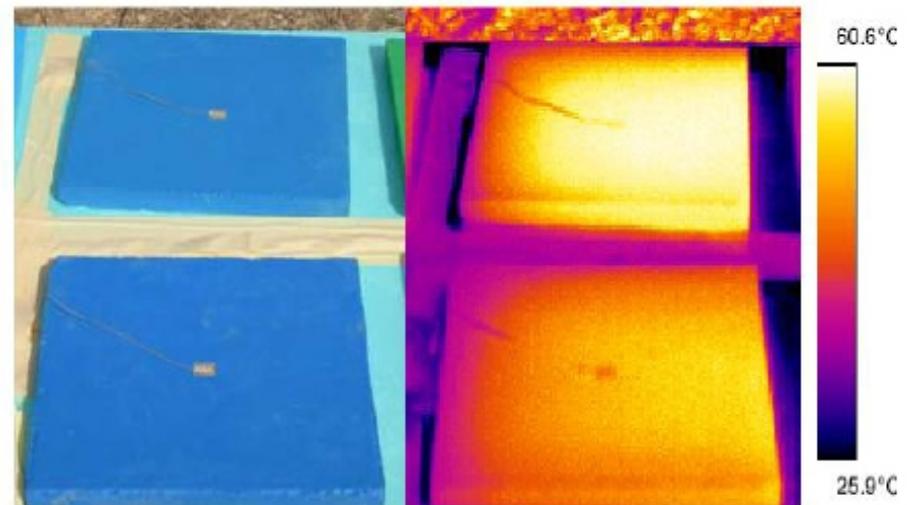
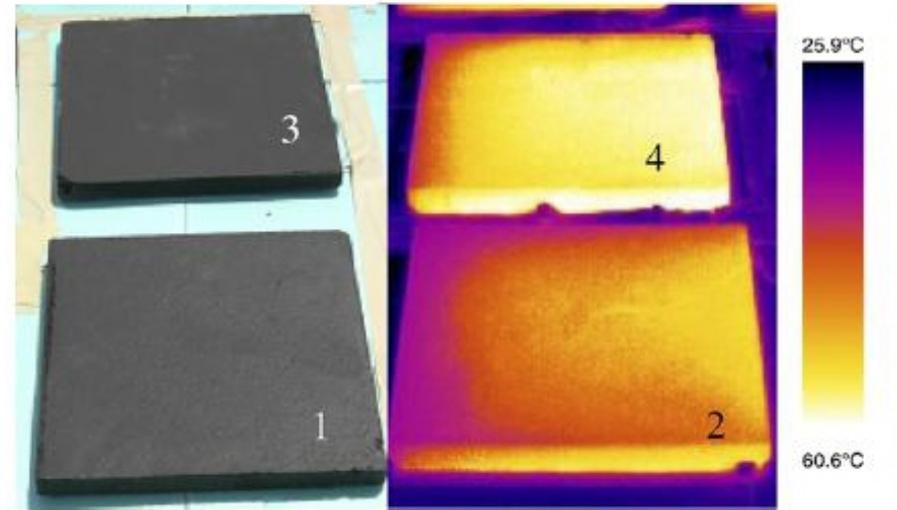


## vernici colorate riflettenti

Durante il giorno tutte le finiture fresche hanno temperature superficiali più basse delle pitture convenzionali. Le prestazioni migliori appartengono alle finiture di colore nero, marrone, blu e antracite che hanno differenze medie giornaliere rispetto ai i loro corrispondenti nel mese di agosto pari a 5.2, 4.7, 4.7 e 2.8°C.

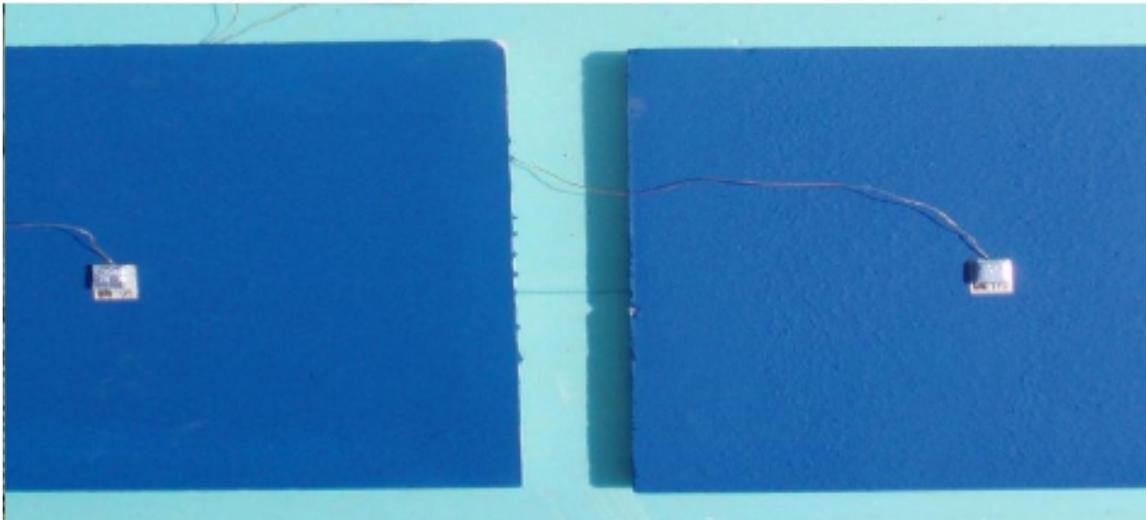
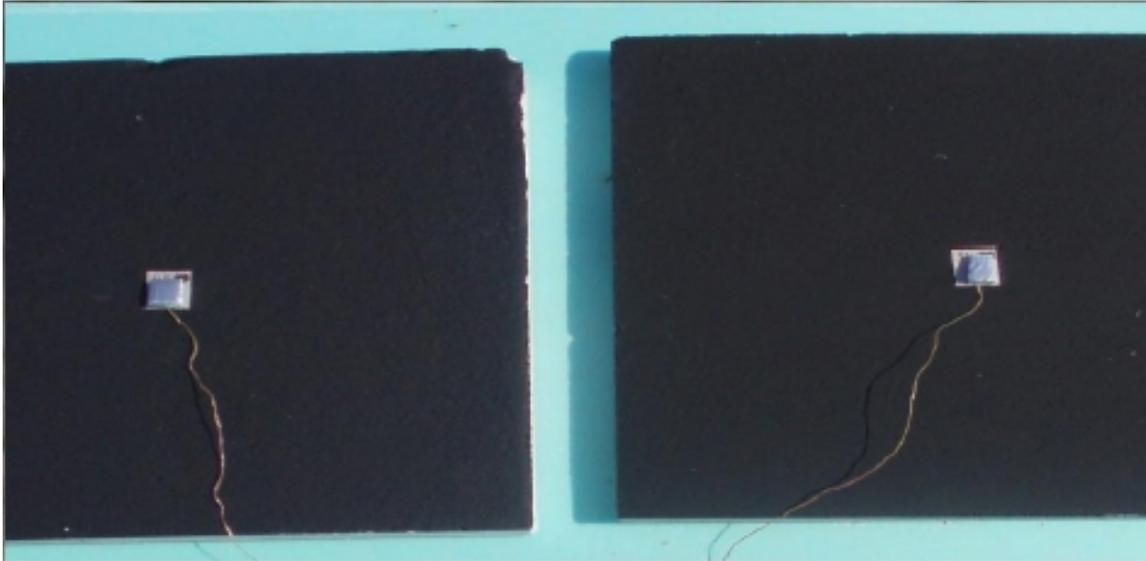
La differenza massima osservata è relativa alla finitura di colore nero, uguale a 10.2°C corrispondente a una differenza di riflessione solare dell'ordine di 0.22.

La differenza minore è stata osservata per il colore verde, pari a 1.6°C in agosto che corrisponde ad una differenza nel coefficiente di riflessione solare di 0.07.





## Uso di PCM nelle vernici colorate altamente riflettenti



3 Per diminuire ulteriormente la temperatura superficiale delle finiture colorate altamente riflettenti sono state incorporate nella pittura microcapsule PCM contenenti paraffina (temperatura di cambiamento di fase =  $18^{\circ}\text{C}$ ). Le microcapsule hanno diametro di 17-20  $\text{nm}$  e protette esternamente da materiali polimerici.

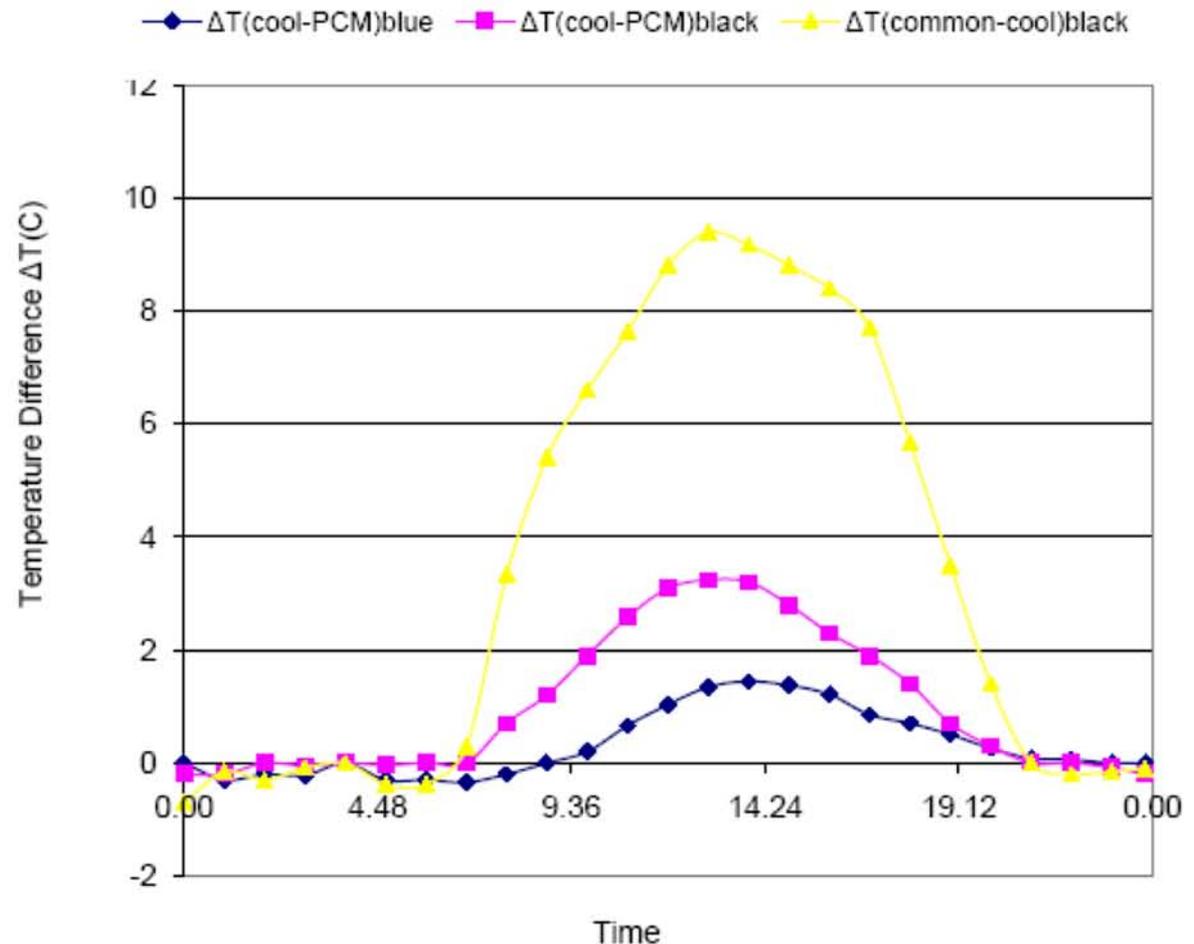


## Uso di PCM nelle vernici colorate altamente riflettenti

### Differenze di T rispetto ad una pittura convenzionale

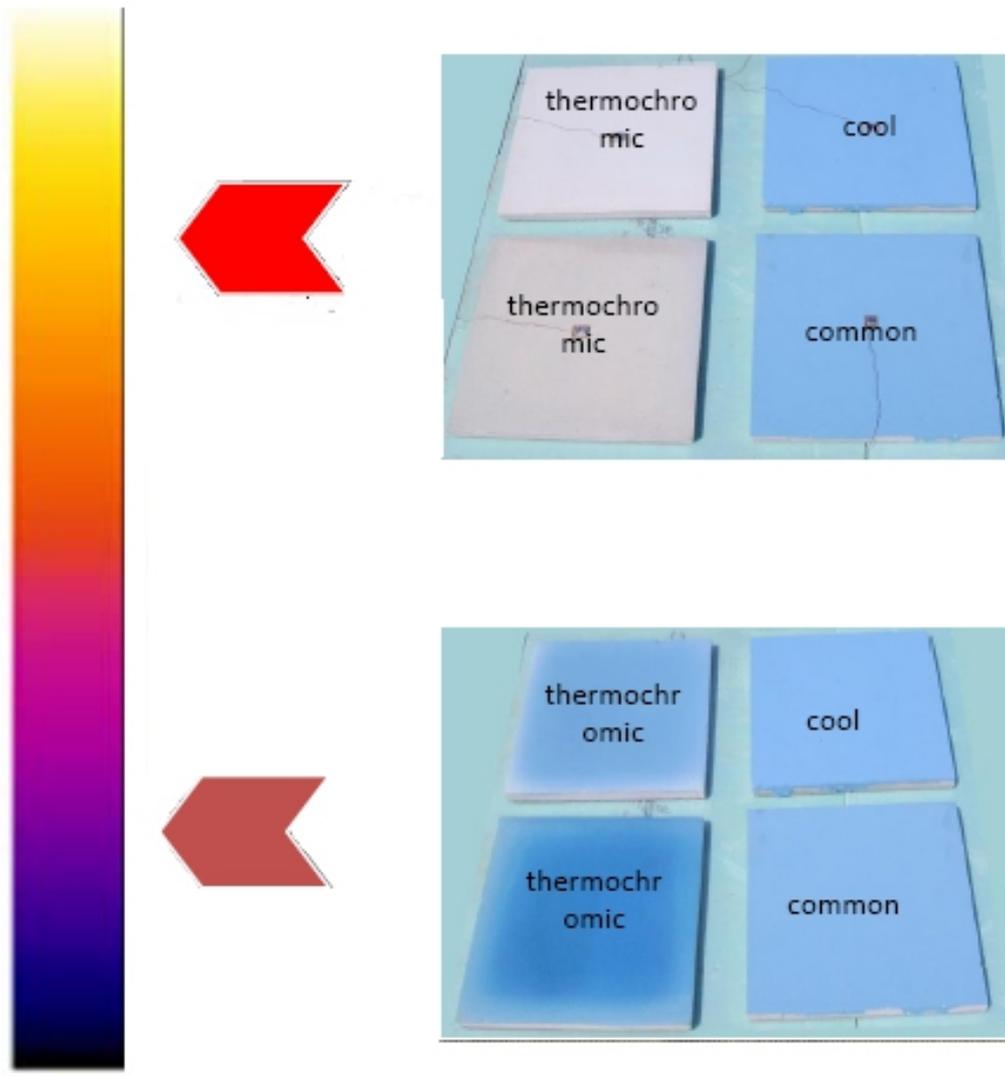
La differenza di temperatura di un campione di colore nero, fresco e con PCM rispetto alla finitura fresca è di  $3,8^{\circ}\text{C}$  e di  $13,3^{\circ}\text{C}$  rispetto ad una finitura dello stesso colore di tipo convenzionale.

La pittura blu fresca con PCM risulta di  $1,8^{\circ}\text{C}$  più fresca rispetto ad un blu fresco.





## vernici termocromiche



Le finiture termocromiche cambiano colore in funzione della temperatura dell'ambiente.

Per temperature esterne basse, in inverno, la finitura può essere più scura andando ad assorbire maggior quantità di radiazione solare.

Per temperature più alte, in estate, la finitura diventa più chiara presentando una maggiore riflettanza.

Può presentare le migliori prestazioni lungo tutto l'arco dell'anno.



# vernici termocromiche

Il termocromismo è il cambiamento di colore reversibile indotto dal cambio di temperatura.

Composizione delle tinte organiche termocromiche

Come si forma il colore:

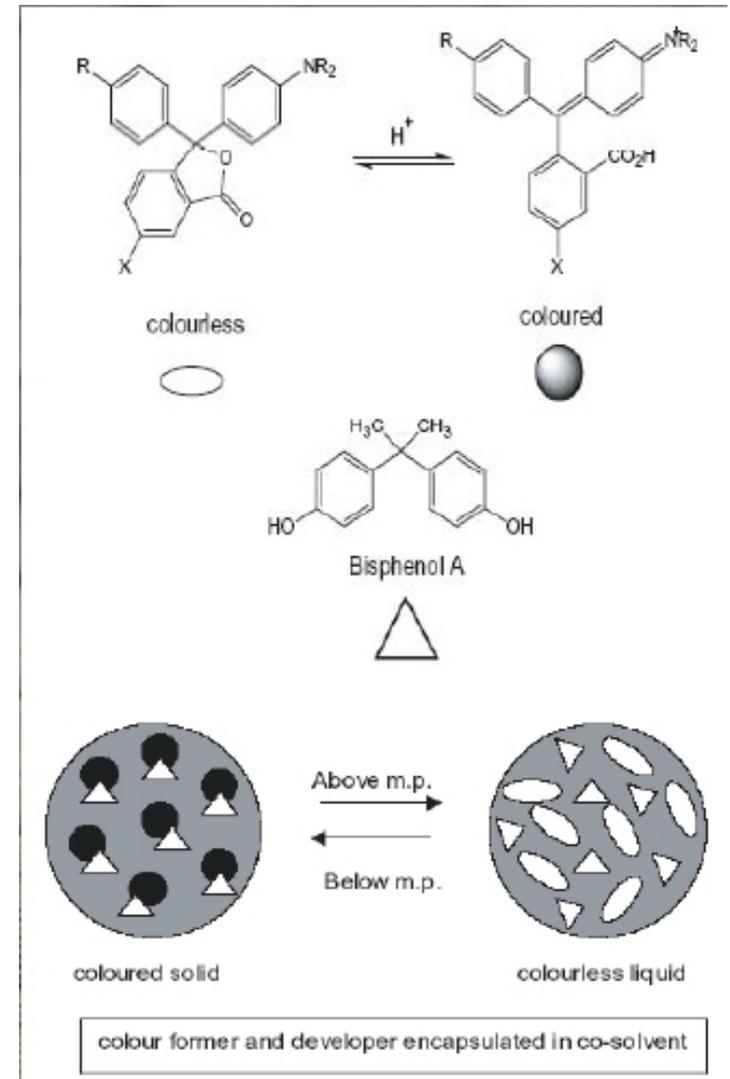
Di solito un estere ciclico che determina il colore del prodotto finale nel suo stato colorato (estere= Composto organico che deriva dalla condensazione di un acido, organico o inorganico, con un alcol, con perdita di una molecola d'acqua )

Come si sviluppa il colore:

normalmente un acido debole che distribuisce il cambio di colore reversibile al materiale termocromico ed è responsabile per l'intensità di colore del prodotto finale

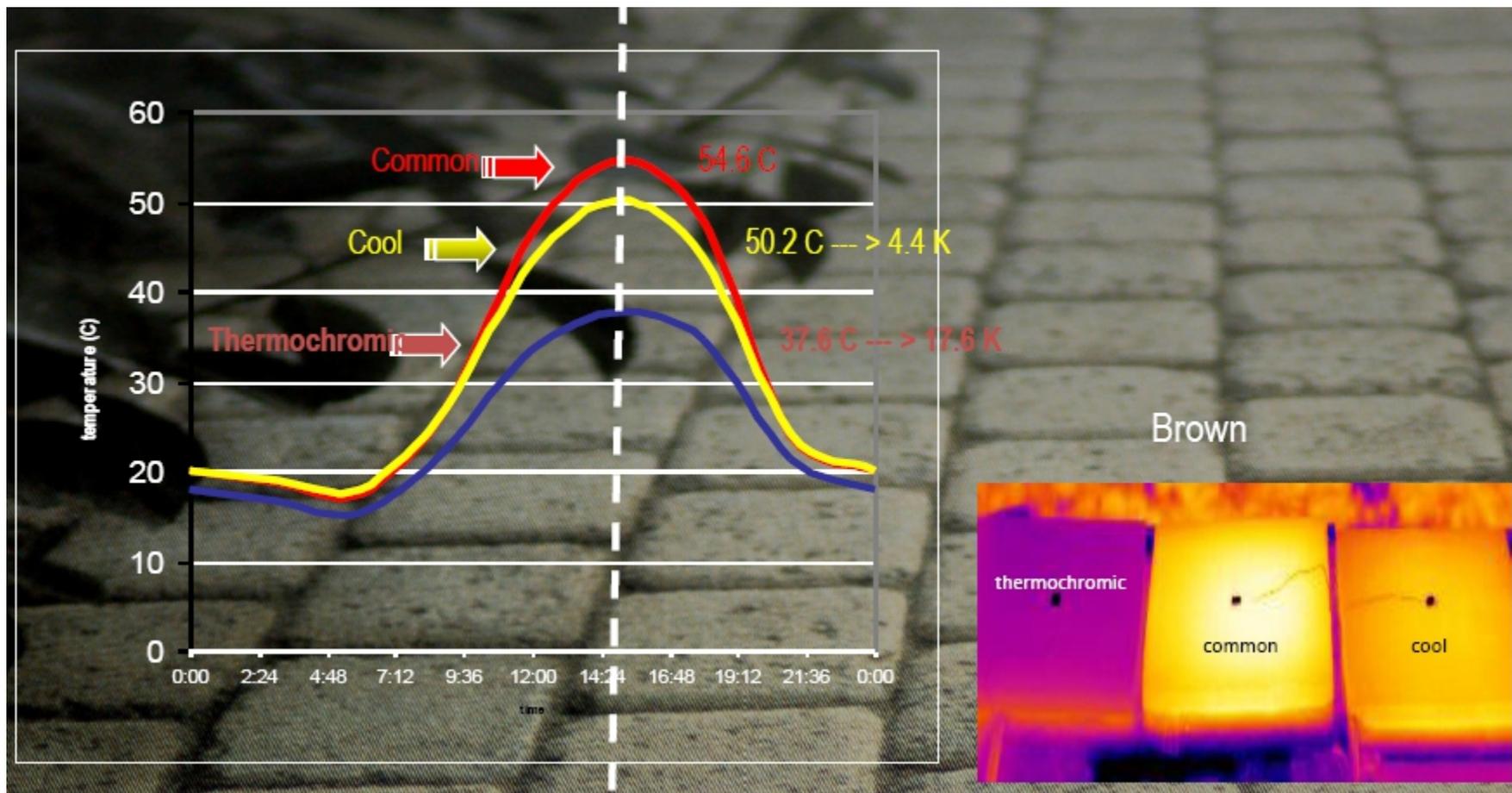
Il solvente

Di solito un alcool o un estere, il cui punto di scioglimento controlla la temperatura alla quale interviene il cambio di colore





# vernici termocromiche





## Pigmentazioni per asfalto

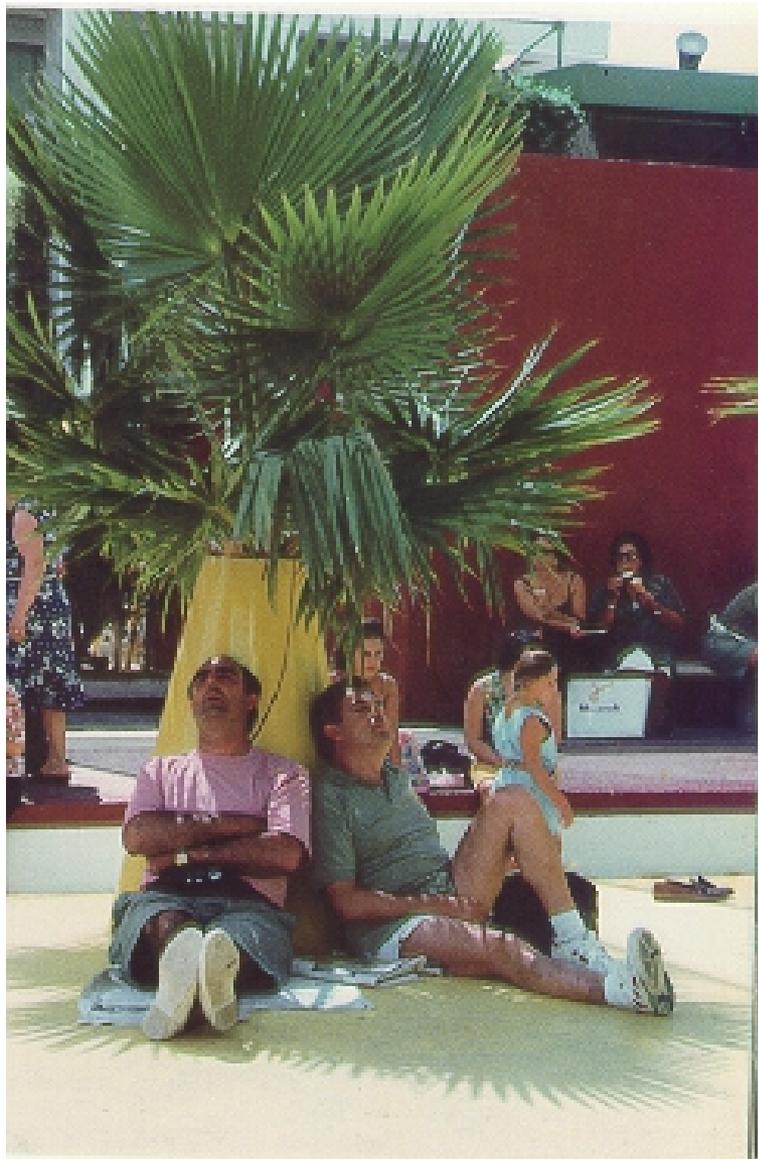


I materiali freschi per asfalto possono sostituire i materiali convenzionali e sono disponibili in diverse colorazioni

Presentano una più elevata riflettanza e temperature superficiali più basse rispetto a materiali convenzionali



## la vegetazione





## la vegetazione

La presenza di un parco contribuisce a ridurre la temperatura dell'aria nelle vicinanze del parco fino a 200-400 metri dai margini di un ampio parco.

Le superfici verdi si possono incrementare grazie alla creazione di nuovi parchi urbani ma anche grazie all'uso diffuso all'interno del tessuto urbano, e anche nelle pareti e nelle coperture.

Per avere un effetto climatico significativo un parco deve avere dimensioni di almeno 1 ha (10.000 mq).

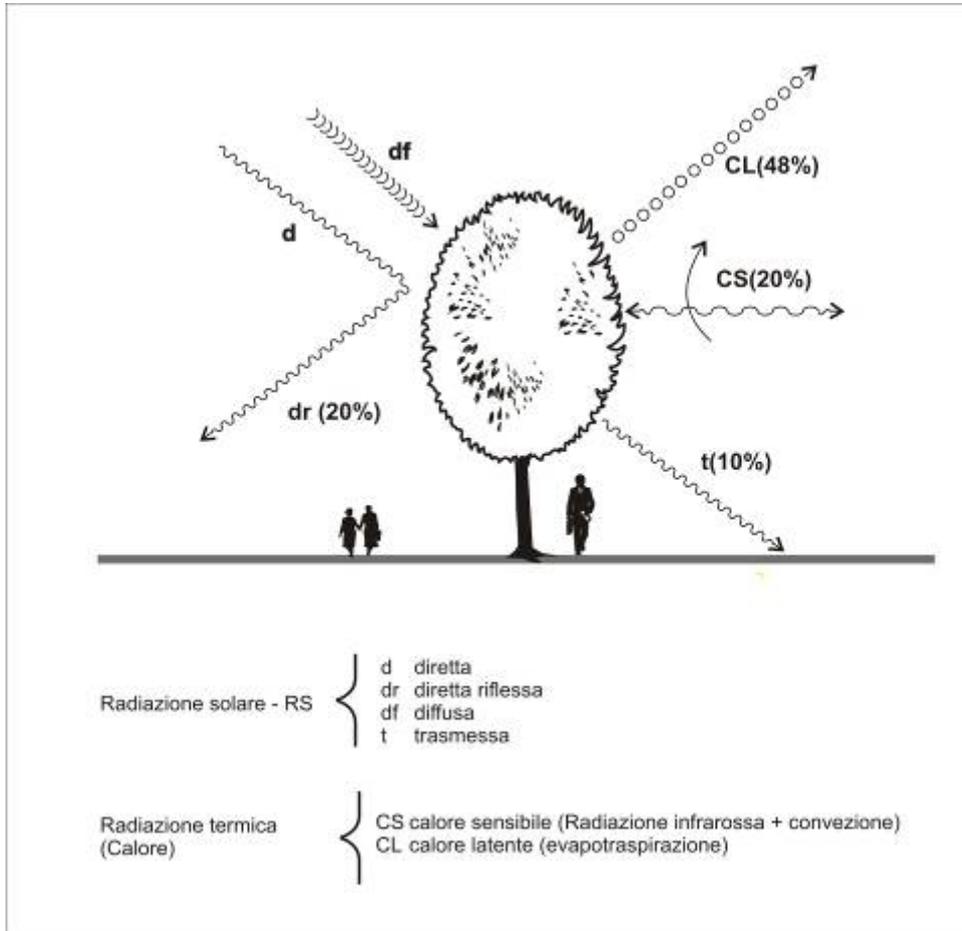
È più utile dunque provvedere ad una rete di verde densa all'interno del area urbana





# la vegetazione

## Scambi energetici tra vegetazione e ambiente



Nel caso della presenza di alberature folte, il contributo al microclima non deriva solo dall'ombra creata ma anche dalla riduzione della temperatura dell'aria, della temperatura superficiale del suolo e della temperatura radiante.

la temperatura della foglia è molto vicino a quella dell'aria.

Si è osservato che la differenza di temperatura tra la parte superiore e la parte inferiore di una pergola è dell'ordine di 1-2°C, che equivale a dire che la presenza della radiazione solare viene praticamente annullata.

Di fatto la massa vegetale si comporta quindi come un "soffitto raffrescante".



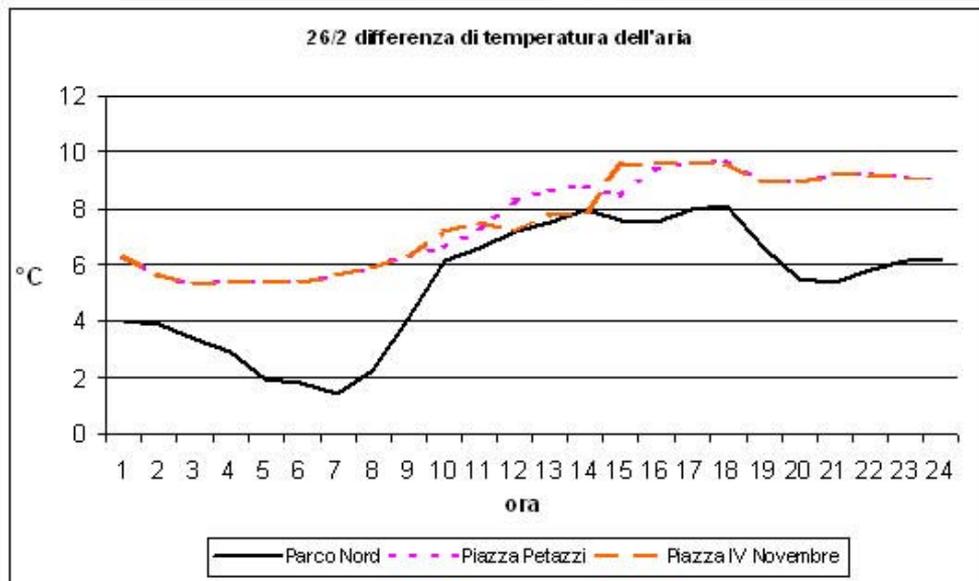
# la vegetazione

## PROCESSI DI EVAPOTRASPIRAZIONE

L'evapotraspirazione comporta il passaggio dell'acqua, dallo stato liquido a quello di vapore.

Questo passaggio comporta un assorbimento di energia termica: per ogni grammo di acqua evaporata occorrono 633 cal.: una quantità di CALORE LATENTE elevata.

Tale fenomeno in ambiente urbano contribuisce notevolmente a correggere situazioni di surriscaldamento estivo, riducendo localmente la temperatura.





## Classificazione delle specie

In un' AREALE - AREA DI DISTRIBUZIONE DI UNA SPECIE - è possibile classificare la vegetazione in funzione dell'origine.

### AUTOCTONA

Vegetazione originaria dell'areale che fa parte della vegetazione potenziale di un luogo e dove si moltiplica spontaneamente.

### REALE

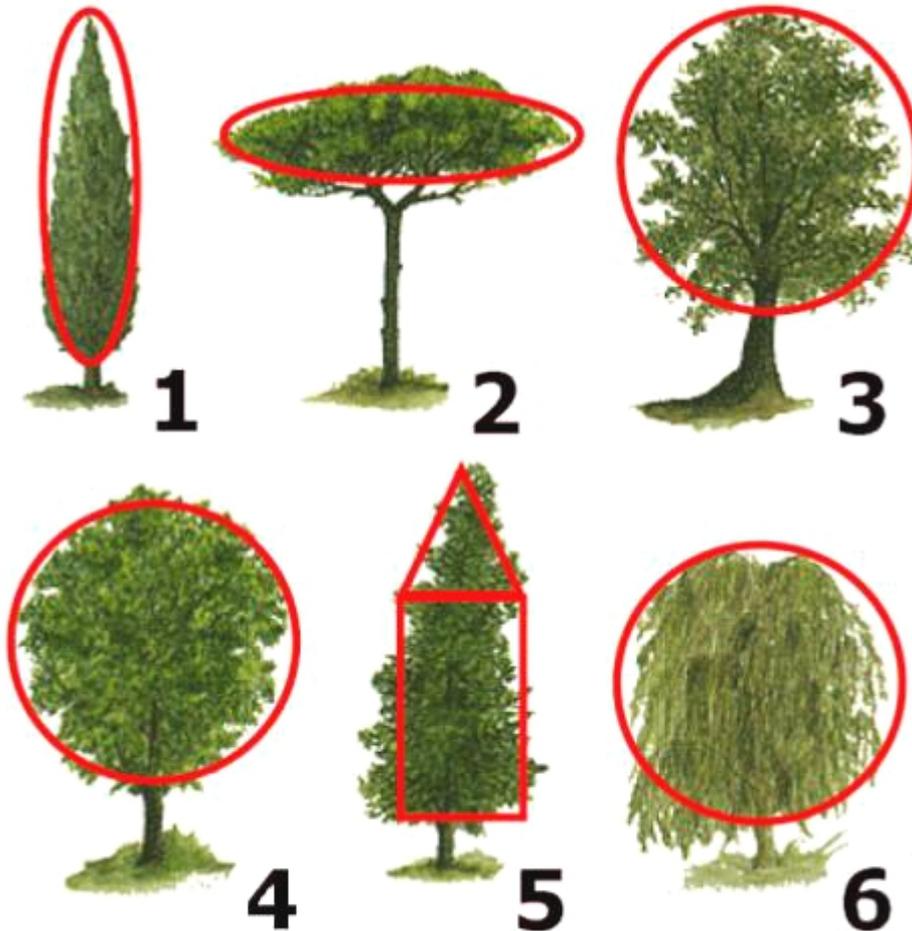
Vegetazione che si ha in un determinato luogo antropizzato per effetti diretti o indiretti dell'antropizzazione.

La vegetazione reale può essere in grado di adattarsi meglio alle condizioni dell'ambiente antropizzato e svilupparsi più rapidamente.

Esiste il rischio che alcune tipologie di essenze reali abbiano il sopravvento su tipologie autoctone



# la vegetazione



- 1=fastigiato
- 2=espanso
- 3=ovoidale
- 4=arrotondato
- 5=conico
- 6=piangente



# la vegetazione

Classificazione in base al portamento

Portamento	Piante	Caratteristiche
1) Fastigiato (Slanciato) (Colonnare)	<i>Populus nigra, Quercus, Libocedrus, Cupressus sempervirens, Cupressus arizonica, Thuya, Taxus baccata fastigiata, Carpinus</i>	La chioma ed i rami che la determinano aderiscono al tronco formando angoli molto stretti di circa 30°
2) Espanso	<i>Catalpa, Cedrus Libani, Pinus pinea, Paulownia</i>	E' dato dalla divaricazione dei rami rispetto al tronco con il quale formano angoli di circa 90° con andamento orizzontale
3) Ovoidale	<i>Betula alba, Quercus, Tilia, Prunus, Acer, Juglans, Platanus, Ulmus, Robinia, Sorbus, Cupressus, Pinus sylvestris, Pinus nigra, Fraxinus, Juniperus communis</i>	Predominanza dei rami centrali sui laterali che formano con il tronco angoli da 40° a 70° con andamento rivolto verso l'alto
4) Arrotondato	<i>Aesculus, Citrus, Olea, Sophora, Prunus pissardi</i>	I rami sono inseriti al fusto con il quale formano angoli da 40° a 70°
5) Conica	<i>Carpinus, tutte le conifere, Magnolia grandiflora, Sequoia, Cedrus atlantica, Taxodium distichum</i>	I rami si allontanano simmetricamente dall'asse principale formando angoli di 90°
6) Piangente	<i>Salix babilonica, Betula pendula, Fraxinus pendula, Sophora pendula</i>	I rami sono rivolti verso il suolo
7) Strisciante e Tappezzante	<i>Picea, Cotoneaster, Vinca minor, Hedera, Sagina subulata</i>	Piante che si sviluppano al suolo
8) Cespuglioso	<i>Berberis, Buxus, Viburnum tinus, Lauros nobilis, Mahonia</i>	Si tratta di un portamento più o meno compatto tipico di molti arbusti
9) Rampicante	<i>Ampelopsis, Clematis, Hedera, Jasminum, Wistaria, Polygonum</i>	Si differenziano a seconda del sistema di ancoraggio

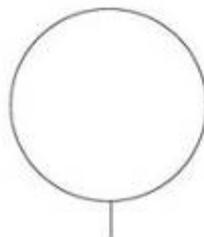


# la vegetazione

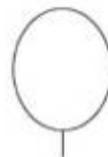
A - Portamento arrotondato, esteso

Classe di grandezza

1  
H > 16 m.  
S.I. L > 15



2  
H 16-10m.  
S.I. L 15-8



3  
H < 10 m.  
S.I. L < 8



Ombra persistente			o
Albero isolato	150 m <sup>2</sup>	80 m <sup>2</sup>	(Ornamentale)
Filare	135 m <sup>2</sup>	72 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup> 15 m <sup>2</sup>
Gruppo	120 m <sup>2</sup>	64 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup> 13.5 m <sup>2</sup>
			24 m <sup>2</sup> 12 m <sup>2</sup>

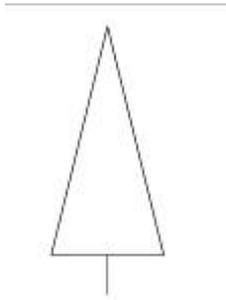


# la vegetazione

B - Portamento fastigiato, colonnare, ovoidale			
Classe di grandezza	1 H>16 m. S.I. L varia in funzione del portamento	2 H 16-10m. S.I. L varia in funzione del portamento	3 H<10 m. S.I. L varia in funzione del portamento
			
Ombra persistente Albero isolato Filare Gruppo	Ovoidale    Fast., colon. 40 m <sup>2</sup> 30 m <sup>2</sup> 36 m <sup>2</sup> 27 m <sup>2</sup> 32 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	30 m <sup>2</sup> 27 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup> 7 m <sup>2</sup> 6 m <sup>2</sup>



# la vegetazione

C – Portamento piramidale	
Classe di grandezza	1 H>16 m. S.I. L> 15
	
Ombra persistente Albero isolato	100 m <sup>2</sup>
Filare	90 m <sup>2</sup>
Gruppo	80 m <sup>2</sup>



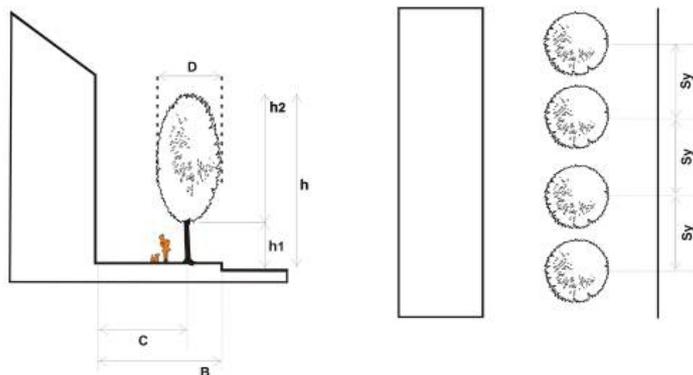
# la vegetazione

NOME BOTANICO	COEFFICIENTI DI OMBREGGIAMENTO ( % DI TRASMISSIONE )	
	ESTATE	INVERNO
<i>Acer platanoides</i>	0.12	0.69
<i>Acer rubrum</i>	0.24	0.74
<i>Acer saccharinum</i>	0.17	0.71
<i>Acer saccharum</i>	0.16	0.69
<i>Aesculus hippocastanum</i>	0.11	0.73
<i>Albizzia julibrissin</i>	0.17	0.68
<i>Amelanchier canadensis</i>	0.23	0.57
<i>Betula alba</i>	0.18	0.62
<i>Carya ovata</i>	0.23	0.66
<i>Catalpa speciosa</i>	0.24	0.68
<i>Celtis australis</i>	0.08	0.53
<i>Celtis occidentalis</i>	0.12	
<i>Crataegus laevigata</i>	0.14	
<i>Crataegus lavalleyi</i>	0.11	
<i>Eleagnus angustifoli</i>	0.13	
<i>Fagus sylvatica</i>	0.12	0.83
<i>Fraxinus excelsior</i>	0.15	0.59
<i>Ginkgo biloba</i>	0.19	0.63



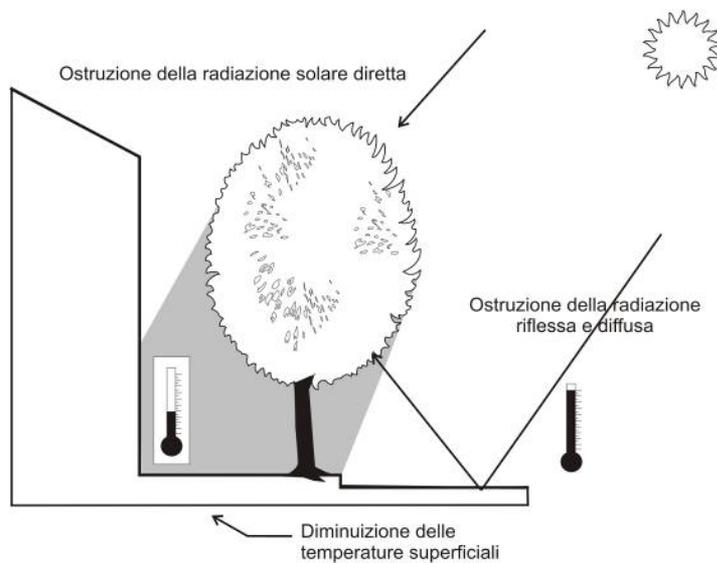
# la vegetazione

## Alberatura lineare



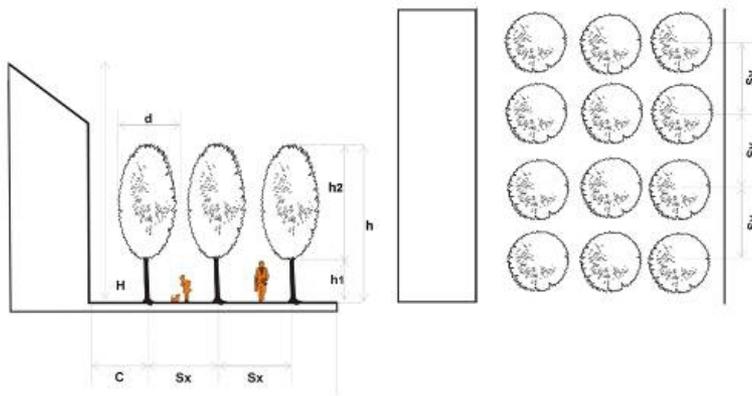
### LEGENDA

- h** Altezza totale dell'albero
- h1** Altezza del tronco
- h2** Altezza della chioma
- Sy** Distanza longitudinale tra i tronchi
- D** Diametro della chioma
- C** Distanza tra il filare ed il limite edificato
- B** Ampiezza del marciapiede





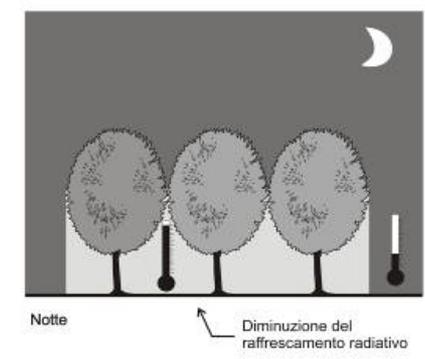
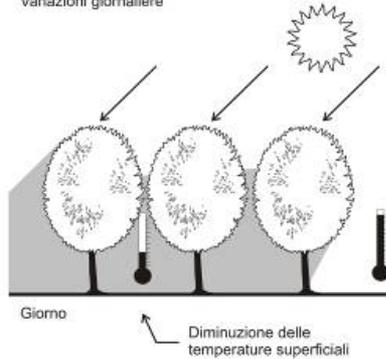
## Alberatura a gruppo



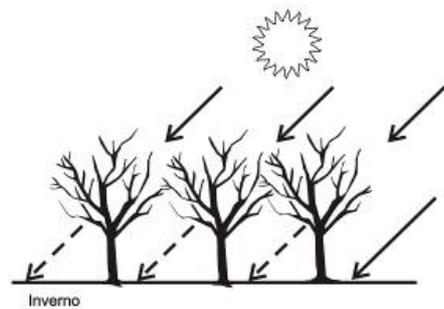
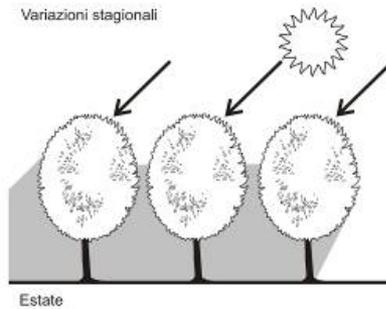
### LEGENDA

- H Altezza del limite verticale
- h Altezza totale dell'albero
- h1 Altezza del tronco
- h2 Altezza della chioma
- Sx Distanza trasversale dei tronchi
- Sy Distanza longitudinale tra i tronchi
- D Diametro della chioma
- C Distanza tra il filare ed il limite edificato
- B Ampiezza del marciapiede (solo nelle strade)

Variazioni giornaliere



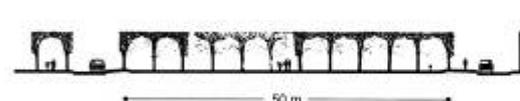
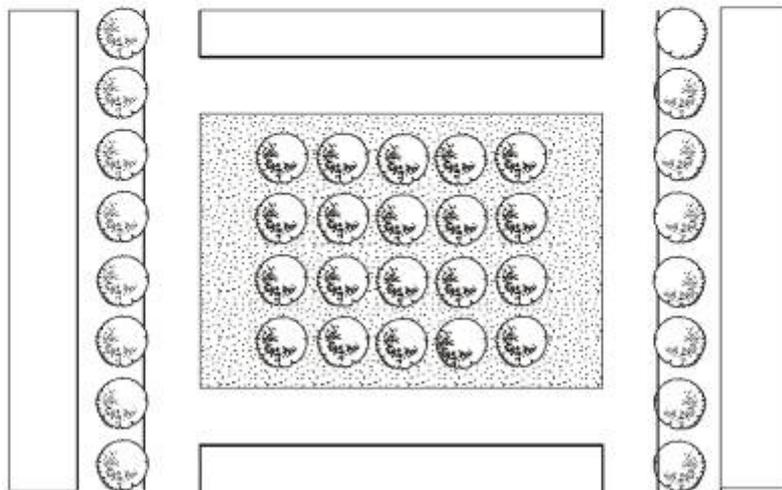
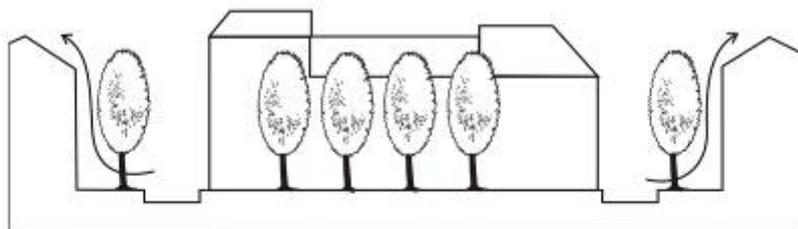
Variazioni stagionali





# la vegetazione

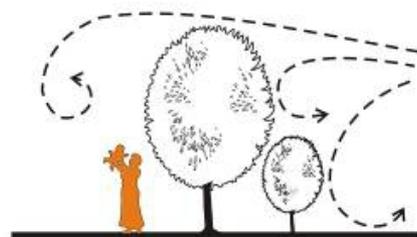
## Alberatura mista lineare/a gruppo



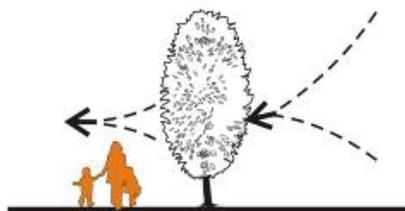


# la vegetazione

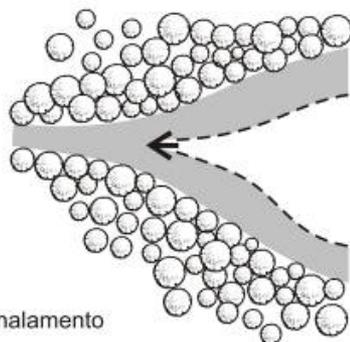
## L'effetto sulla ventilazione



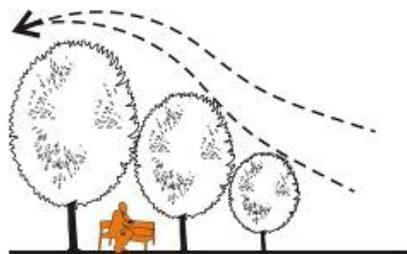
Ostruzione



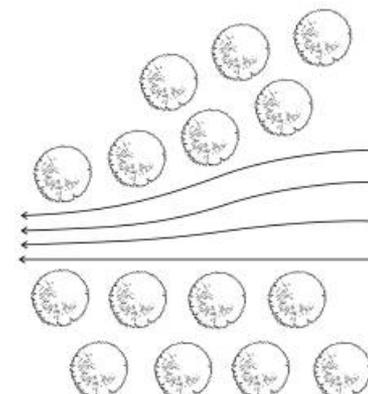
Filtrazione



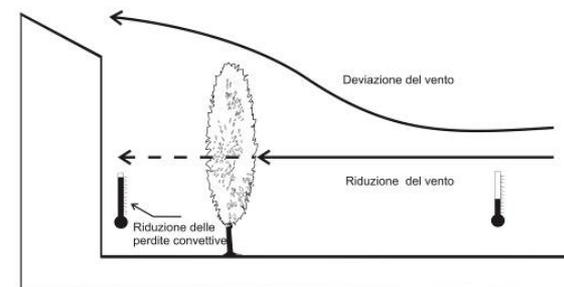
Incanalamento



Deviazione

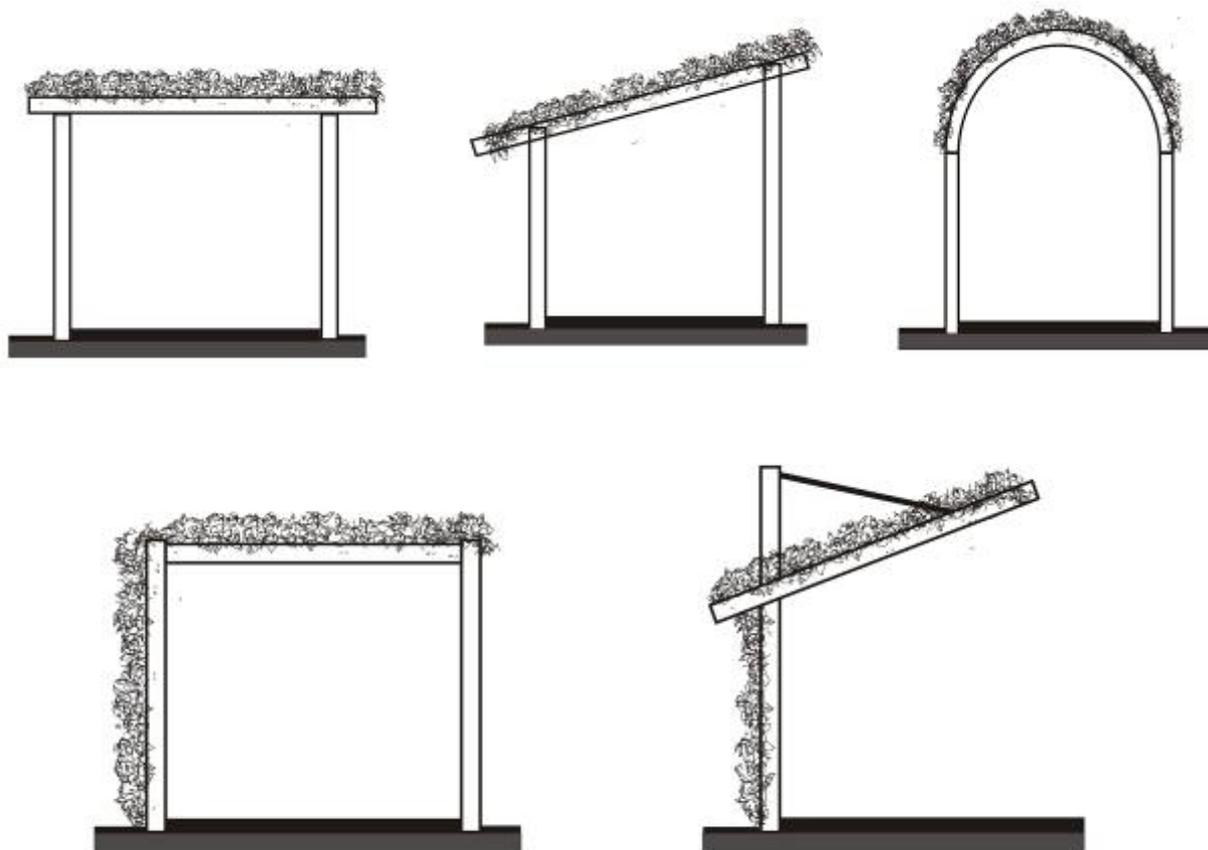


Incanalamento del vento





## La pergola





# la vegetazione



Una pergola in estate



Una pergola in inverno

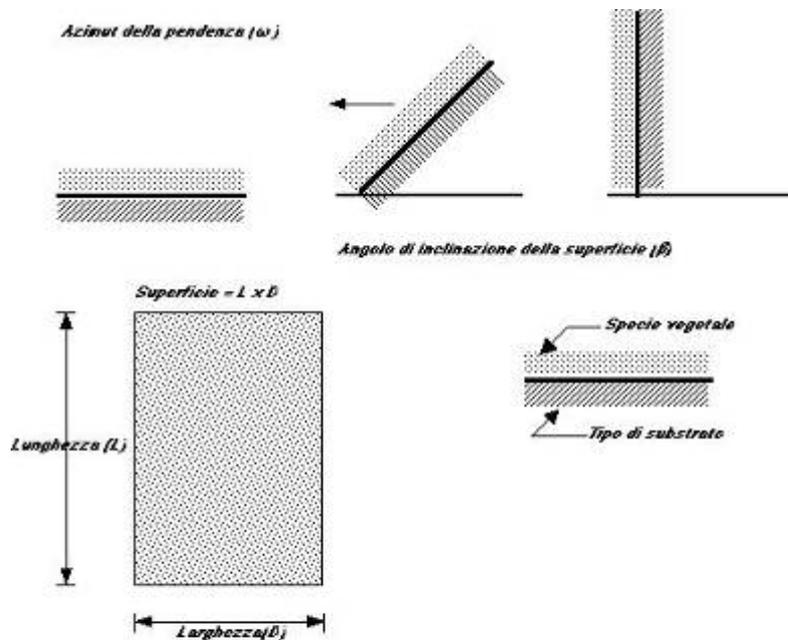


Con acqua nebulizzata

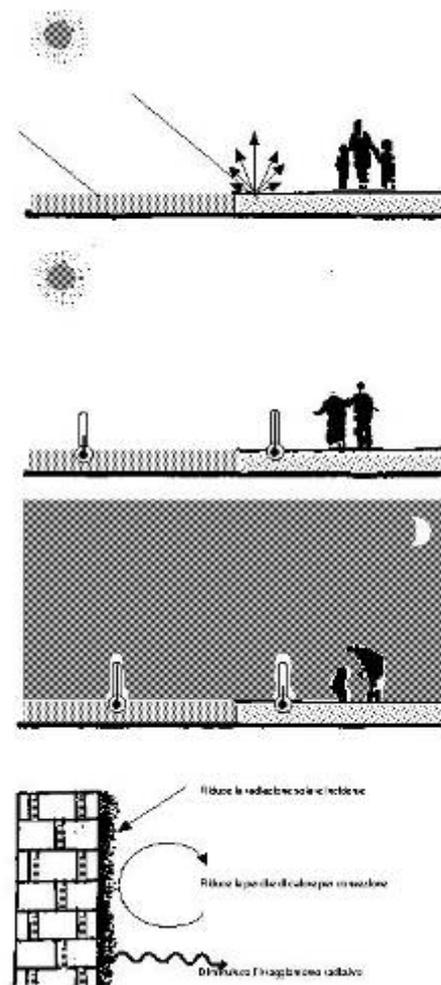


# la vegetazione

## Configurazione vegetale di superficie



Variabili geometriche

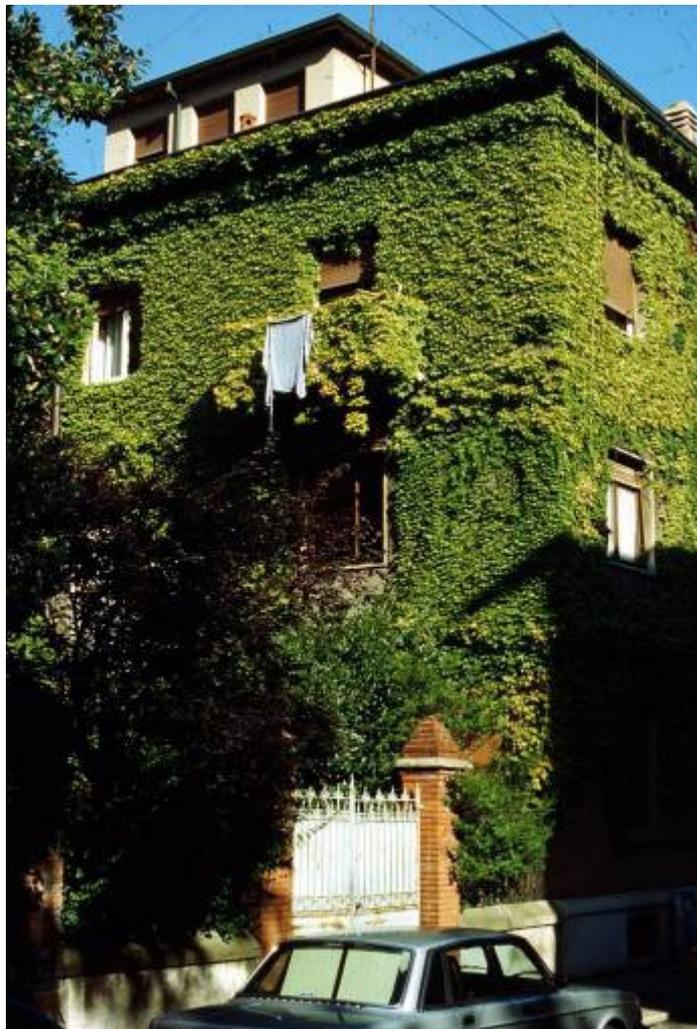


Azioni microclimatiche

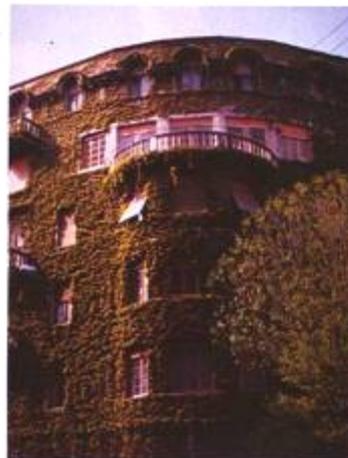


# la vegetazione

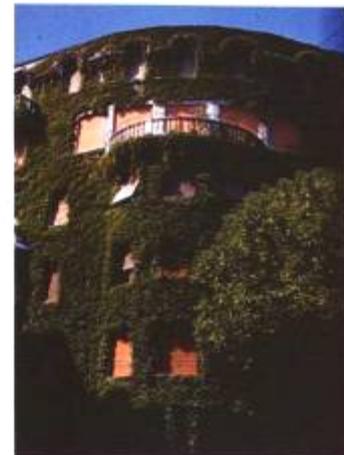
## Il verde parietale



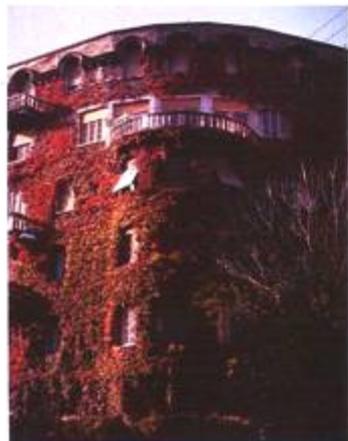
MILANO - CASA D'ABITAZIONE IN VIA VAINA N°10 , 1938.



ASSETTO PRIMAVERILE



ASSETTO ESTIVO



ASSETTO AUTUNNALE



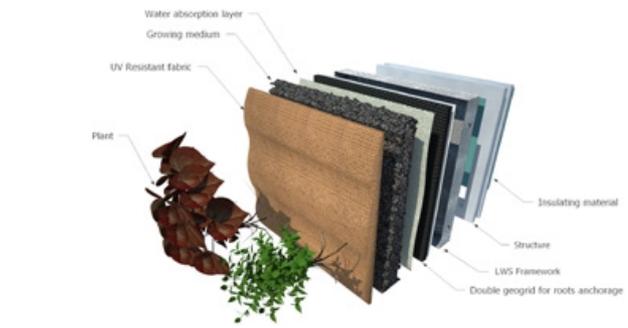
ASSETTO INVERNALE



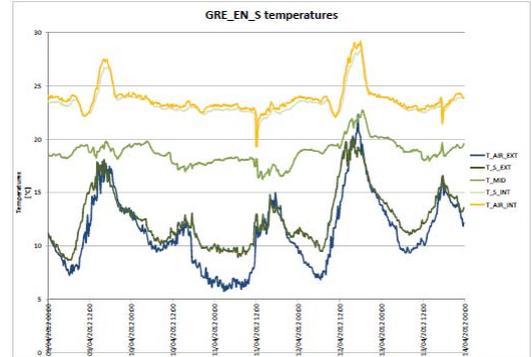
# MUSÉE DES ARTES PREMIERS QUAY BRANLY

Patrick Blanc  
Parigi, Francia  
2004

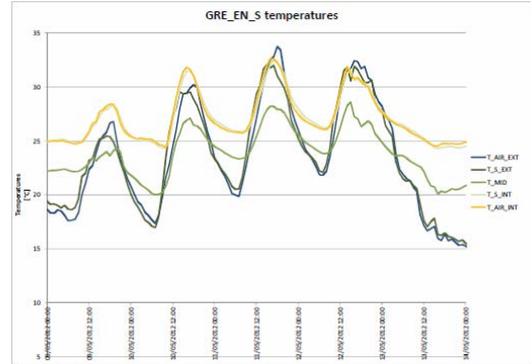




-  Temp aria interna
-  Temp superf. interna
-  Temp intercapedine d'aria
-  Temp superf. esterna
-  Temp aria esterna



Parete sud – rilievo invernale



Parete sud – rilievo estivo

**GRE\_EN\_S** è il sistema parete vegetale modulare innovativo realizzato con materiali ecocompatibili. Un sistema unico sul mercato in grado di unire elevati standard di efficienza energetica e di comfort al rispetto per la natura.



# la vegetazione

## GREEN GREEN SCREEN

Klein Dytam Architecture  
Ornotesando, Tokyo, 2003





## la vegetazione

I tetti verdi possono contribuire significativamente alla mitigazione dell'isola di calore urbana.

I tetti verdi hanno temperature superficiali più basse di superfici dure e contribuiscono a diminuire la temperatura dell'aria grazie ai moti convettivi e all'evapotraspirazione.

Parallelamente rappresentano una misura di isolamento termico degli edifici





# la vegetazione





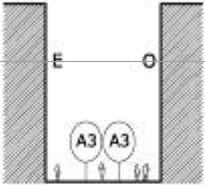
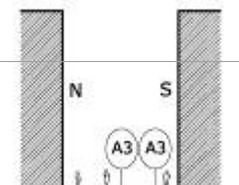
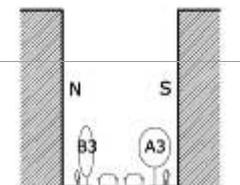
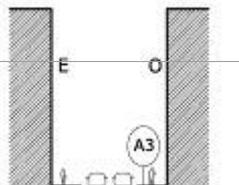
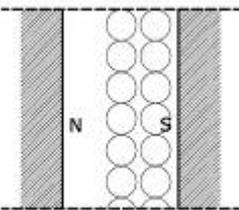
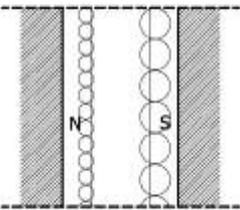
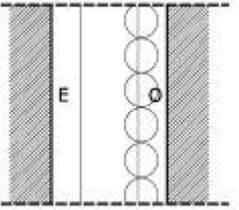
# la vegetazione



Orientamento NS	Orientamento EO
Strada con traffico veicolare	Strada a traffico veicolare
Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 13	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 9 e alle 17
Proposta di progetto: 2 filari di alberi tipo B2 ovoidali (15x2 individui) 1 filare di tipo A2 (15 individui)	Proposta di progetto: 2 filari di alberi tipo A3 (30x2 individui) 1 filare di alberi tipo A2 (15 individui)



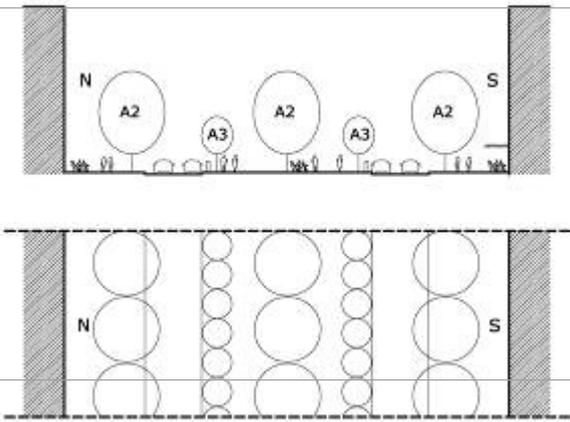
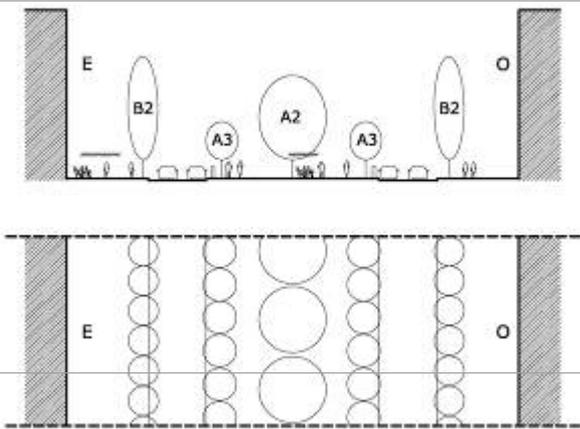
# la vegetazione

Orientamento NS	Orientamento NS	Orientamento EO	Orientamento EO
Strada con traffico veicolare	Strada pedonale	Strada a traffico veicolare	Strada pedonale
La strada presenta un buon grado di ombreggiamento	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 13	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 17	Situazione critica da correggere soprattutto alle ore 17
   			
Proposta di progetto: filare di alberi tipo A3o (30 individui)	Proposta di progetto: Doppio filare di alberi tipo A3o (60 individui)	Proposta di progetto: Filare di alberi tipo B3 (60 individui fastigiati) filare di alberi tipo A3o (30 individui)	Proposta di progetto: Doppio filare di alberi tipo A3o (60 individui)



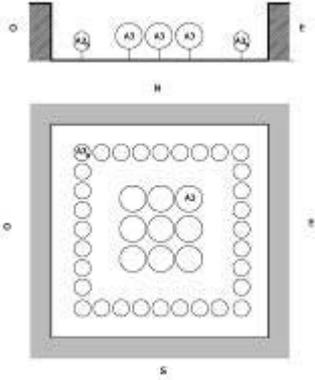
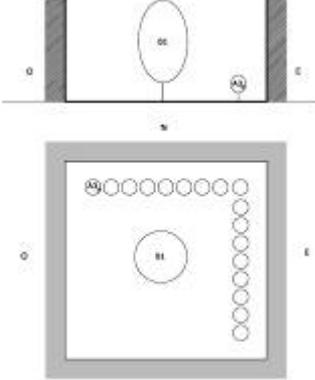
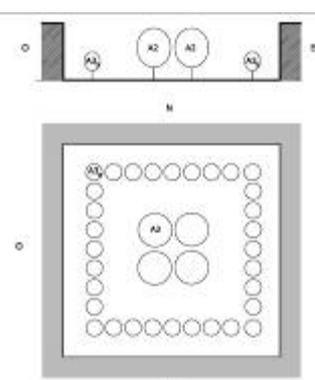


# la vegetazione

Orientamento NS	Orientamento EO
Strada con traffico veicolare	Strada a traffico veicolare
Situazione critica da correggere dalle 9 alle ore 17	Situazione critica da correggere dalle ore 9 alle 17
	
Proposta di progetto: 2 filari di alberi tipo B2 ovoidale (15 x2 individui) 1 filare di alberi tipo A2 (15 individui) 2 filari di alberi tipo A3 (30 x 2)	Proposta di progetto: 3 filari di alberi tipo A2 ovoidale (10 x3 individui) 2 filari di alberi tipo A3 (45 individui)

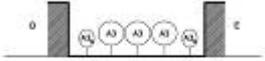
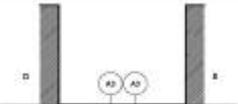
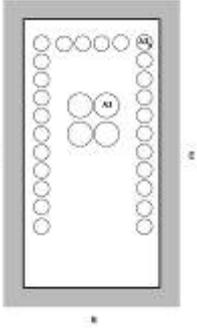
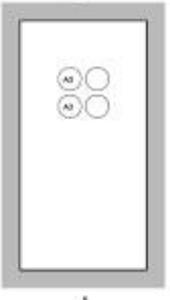
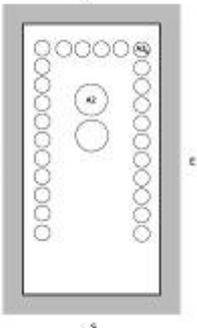


# la vegetazione

$(h/d1 = 0,25; h/d2 = 0,25)$	$(h/d1 = 0,25; h/d2 = 0,25)$	$(h/d1 = 0,5; h/d2 = 0,5)$
SOLUZIONE A	SOLUZIONE B	
		
Proposta di progetto: 1filare di alberi tipo A3o (34) gruppo di alberi tipo A2 (4)	Proposta di progetto: 1filare di alberi tipo A3o (34) gruppo di alberi tipo A3 (9)	Proposta di progetto: 1filare di alberi tipo A3o (17) albero isolato B1 (1)



# la vegetazione

(h/d1 = 0,4; h/d2 = 0,2)	(h/d1 = 0,4; h/d2 = 0,2)	(h/d1 = 0,8; h/d2 = 0,4)
Orientamento NS	Orientamento NS	Orientamento NS
Lo spazio presenta uno scarso grado di ombreggiamento nelle ore centrali della giornata		Lo spazio presenta un insufficiente grado di ombreggiamento nelle ore centrali della giornata
SOLUZIONE A	SOLUZIONE B	
		
		
<p>Proposta di progetto:          filare di alberi tipo A3o (26)          gruppo di A3 (4)</p>	<p>Proposta di progetto:          filare di alberi tipo A3o (26)          filare di A2 (2)</p>	<p>Proposta di progetto:          gruppo di alberi tipo A3 (4)</p>



La selezione delle essenze in ambiente urbano avviene sulla base delle funzioni e delle interazioni che intercorrono tra una specie vegetale e le condizioni ambientali

Per agevolare le modalità di selezione è possibile utilizzare strumenti specifici di natura informatica (BANCHE DATI) e sistemi di analisi del contesto urbano





# VEGET@ACTION Daniela Bouvet, Elena Montacchini

Acer campestre L.

Identificazione della specie	Caratteristiche estetico-formali	Esigenze ecologiche	Caratteristiche funzionali
<b>Portamento</b> Portamento: <input type="text" value="Albero"/>	<b>Caratteristiche dimensionali</b> Altezza massima (m): <input type="text" value="20"/> Altezza media (m): <input type="text" value="12"/> Diametro chioma: <input type="text" value="Medio (&lt; 10 m)"/> Radici: <input type="text" value="Verticali"/>	<b>Foglie</b> Fogliazione: <input type="text" value="Caducifolia invernale"/> Tipologia: <input type="text" value="Latifolia"/> Colore: <input type="text" value="Verde"/> Colore "autunnale": <input type="text" value="Giallo"/> note: <input type="text"/>	<b>Fiori e coni</b> Fioritura evidente: <input type="text" value="No"/> Periodo fioritura: <input type="text" value="Primavera"/> Colore: <input type="checkbox"/> rosa <input type="checkbox"/> bianco <input type="checkbox"/> giallo <input type="checkbox"/> arancione <input type="checkbox"/> rosso <input type="checkbox"/> viola <input type="checkbox"/> blu <input checked="" type="checkbox"/> verde <input type="checkbox"/> marrone note: <input type="text" value="fiori giallo-verdastro"/> Profumazione: <input type="text" value="Assente"/>
<b>Accrescimento</b> Accrescimento: <input type="text" value="Lento"/>	<b>Longevità</b> Longevità: <input type="text" value="Media"/>	<b>Frutti o semi</b> Fruttificazione evidente: <input type="text" value="Si"/> Periodo "fruttificazione": <input type="text" value="Estate"/> Colore: <input type="text" value="Verde"/> note: <input type="text" value="sempre olivati, verde-rossato poi marrone"/> Utilizzo: <input type="text" value="Non commestibili"/> note: <input type="text"/>	
<b>Chioma</b> Tipologia: <input type="text" value="Steroidale-ovoidale"/> Densità: <input type="text" value="Fitta"/>	<b>Corteccia</b> Colore: <input type="text" value="Grigio"/> Aspetto a maturità: <input type="text" value="Scropolata verticalmente"/> note: <input type="text" value="grigio-rossata"/>		

La scheda 'Caratteristiche estetico-formali' descrive i fattori che determinano le caratteristiche estetiche, formali ed ornamentali della specie. Le caratteristiche estetiche e formali si riferiscono ad un individuo allo stadio adulto cresciuto in condizioni ambientali adatte; queste caratteristiche possono essere molto variabili nell'ambito della stessa specie in funzione anche dall'ambiente in cui si trova a svilupparsi.

Criteri di Ricerca  
Guida in Linea

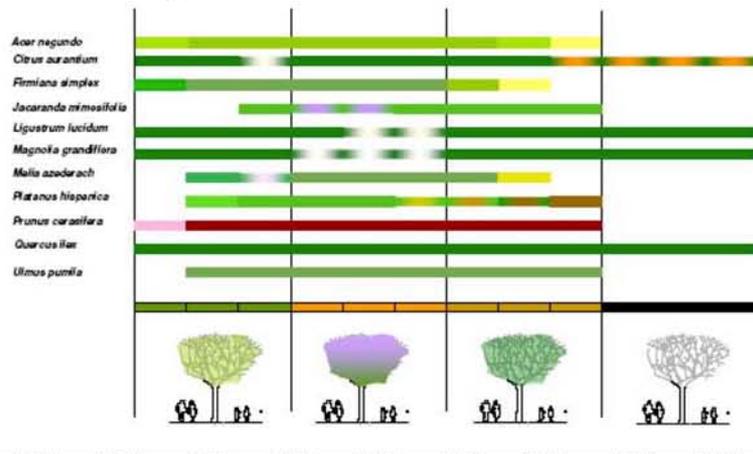


# la vegetazione

## La scelta delle essenze

CARATTERISTICHE DELLA SPECIE							REQUISITI PARTICOLARI			REQUISITI DI LUMINOSITA' TOLLERANZA ALL'OMBRAFIA			REQUISITI IDRICI	OBSERVAZIONI
FOGLIAZIONE		INFLORESCENZA		FRUTTIFICAZIONE		DENSITA'	AMPIEZZA CAPFADA	ALTEZZA	PORTAMENTO	BASSA	MEDIA	ALTA	CONSUMI D'ACQUA	
PERENNE	COLORE	EPOCA	COLORE	EPOCA	COLORE									
	Verde	Maggio - giugno	infiorescenza poco appariscente. Bianco-giallo	settembre-novembre	frutto verde dorato		8 - 10	15 - 20	cilindrica				elevato	albero resistente all'inquinamento
													basso	odore intenso dalle foglie
													tolera la siccità	varietà senza spine

## Cronologia annuale delle alberature



## Variazione cromatica



## Assetto primaverile



## Assetto autunnale

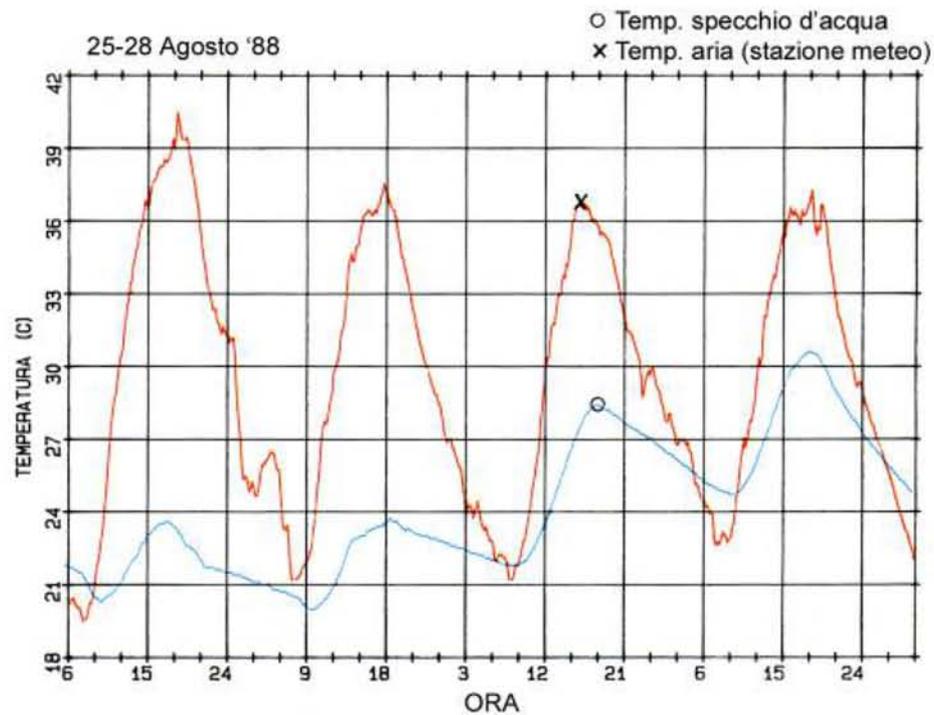
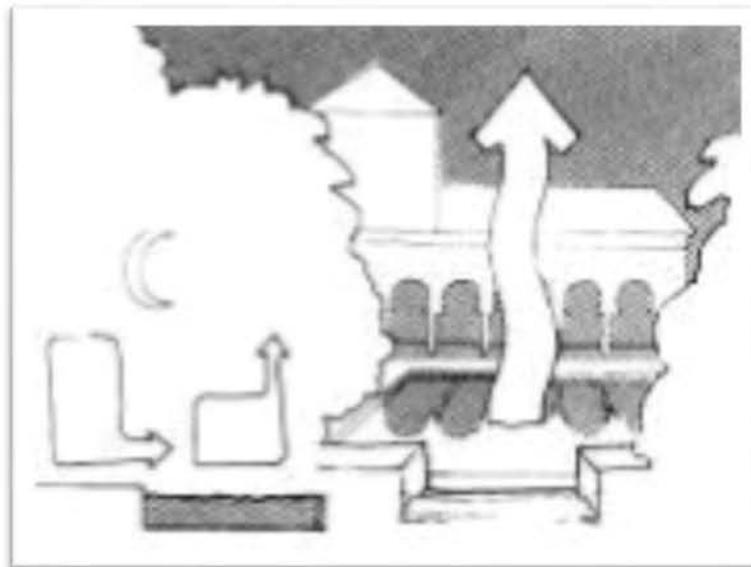


# L'acqua





# L'acqua





# L'acqua

## Lame d'acqua

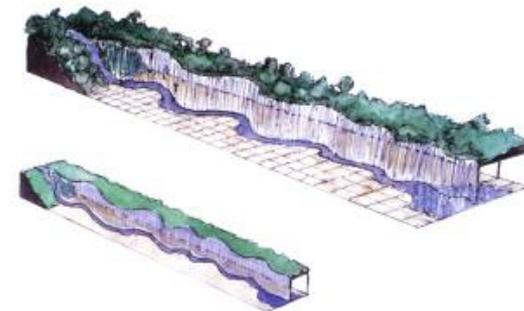


2 i vantaggi:

-la temperatura dell'acqua risulta inferiore a quella ambiente

-bassa riflessione verso l'ambiente.

Il forte assorbimento non produce aumento della temperatura a causa dell'evaporazione





## Specchi d'acqua



2 i vantaggi:

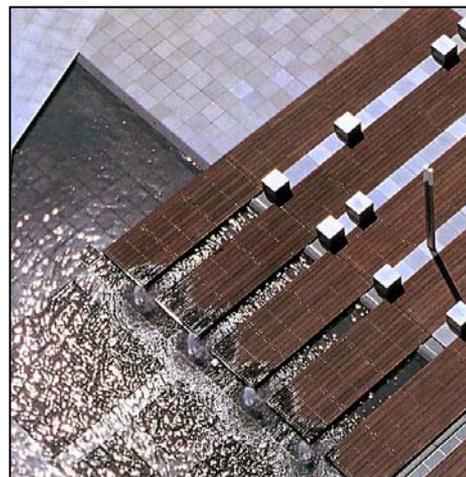
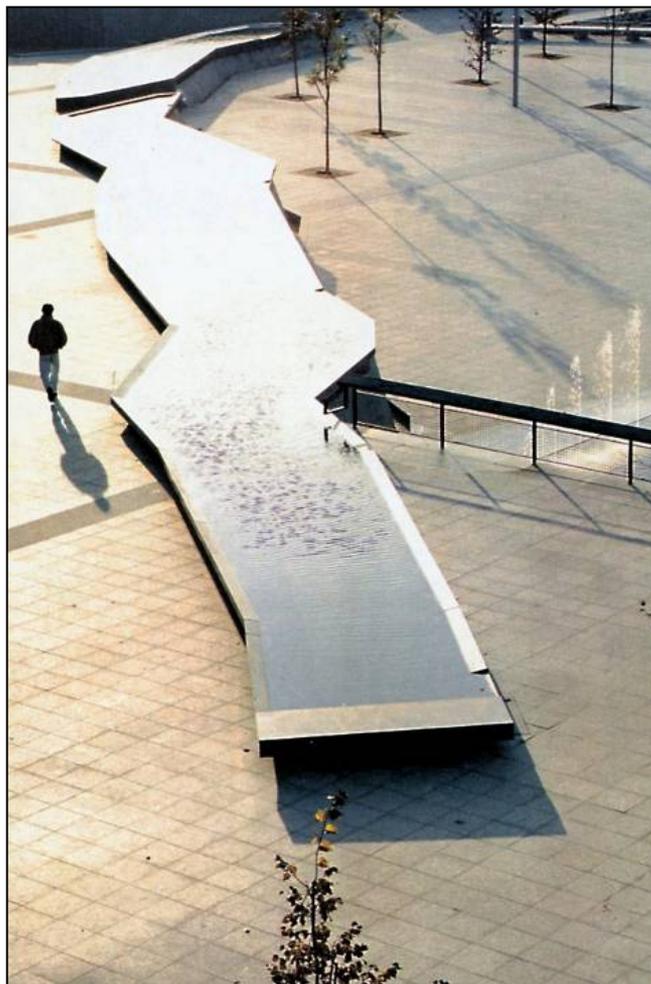
- la temperatura dell'acqua risulta inferiore a quella ambiente
- bassa riflessione verso l'ambiente, mai  $>$  del 3% nelle ore più calde (sole più alto all'orizzonte)

Il forte assorbimento non produce aumento della temperatura a causa dell'evaporazione. A seconda dello spessore dello strato d'acqua può essere assorbito fino all'80% del calore



# L'acqua

## L'acqua lungo i percorsi





## LES JARDINS DE L'IMAGINAIRE

Kathryn Gustafson  
Terrason-Lavillededieu, Francia  
1999-2003



## Parc Citroen, Parigi, P. Berger, G. Clement, J.P. Viguier e J.F. Jodry



## Fontana scultorea di J.M. Llorca nel Parc Atlantico, Parigi



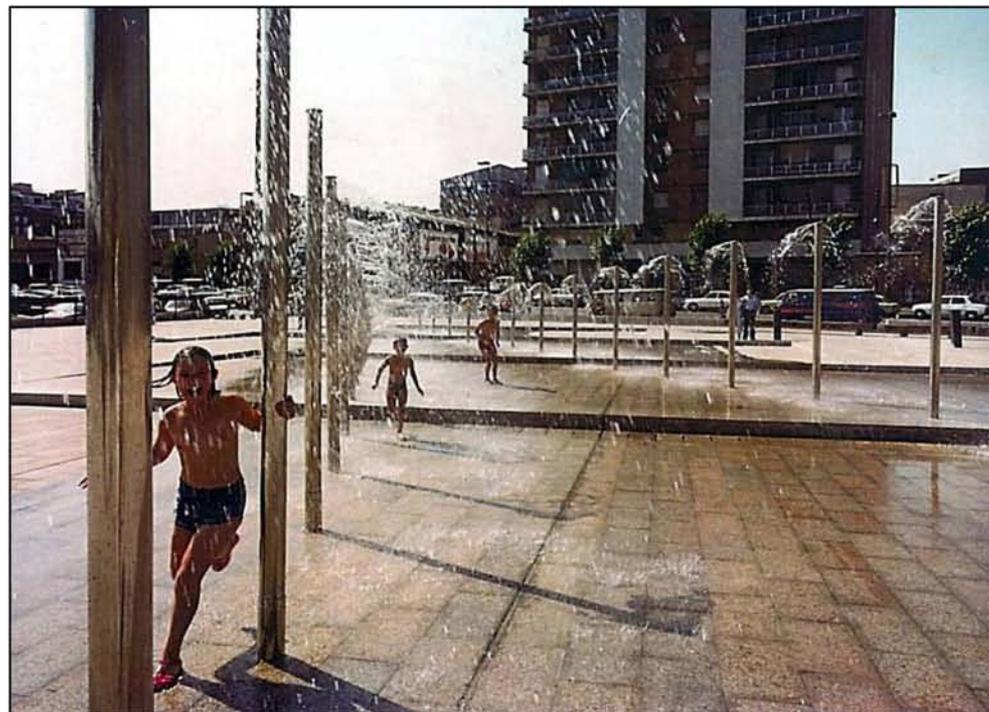


## fontane con finalità di controllo microclimatico

Piazza di Sants di Viaplana e Piñon



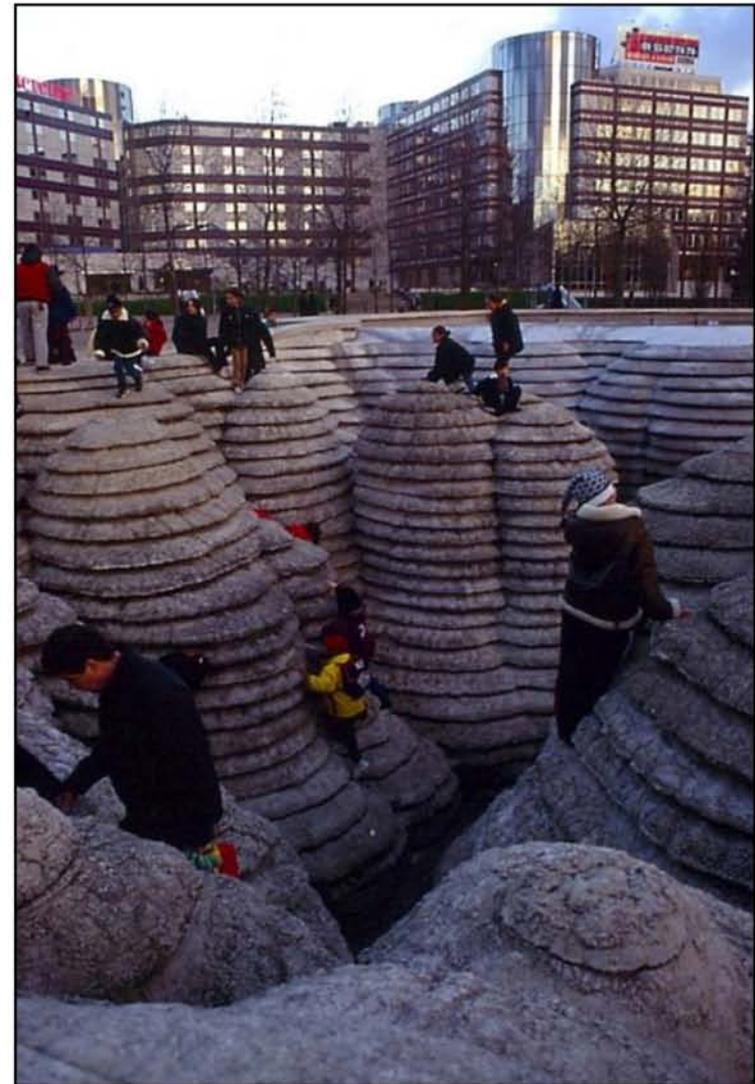
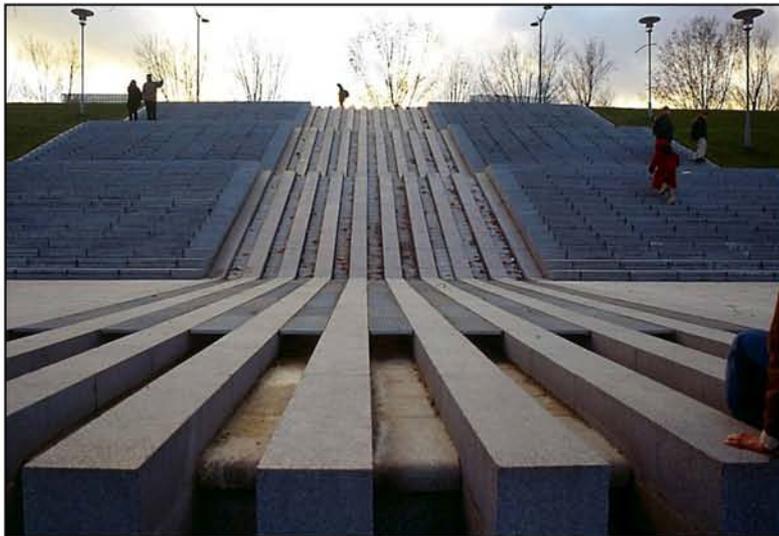
Piazza di Lerida di P.Ganchegui, Spagna





# L'acqua

Cascata d'acqua nel Parco di Bercy, spenta perché fotografata in inverno, Parigi, di B. Huet



spenta d'inverno diventa un luogo di gioco