

REBUS®



CREDITI FORMATIVI PROFESSIONALI
7 Architetti P.P.C.
0,75 Dottori Agronomi e Forestali

I MATERIALI DELLA CITTÀ PER IL COMFORT URBANO

STRUMENTI PER CITTÀ RESILIENTI
BOLOGNA, 23 MARZO 2018, 9.00-17.30

KRISTIAN FABBRI, ARCHITETTO E CONSULENTE REBUS®

Sala 20 Maggio 2012 c/o Regione Emilia-Romagna - Viale della Fiera 8, Bologna





Città e spazi urbani

Comfort - Discomfort

Materiali

Pavimentazioni buone e cattive (asfalti, porfidi), alberature, verde, etc.

Proprietà termofisiche

Bandi Pubblici

Modellazione

Mappatura - Stato di fatto – Stato di progetto - software



Città e spazi urbani

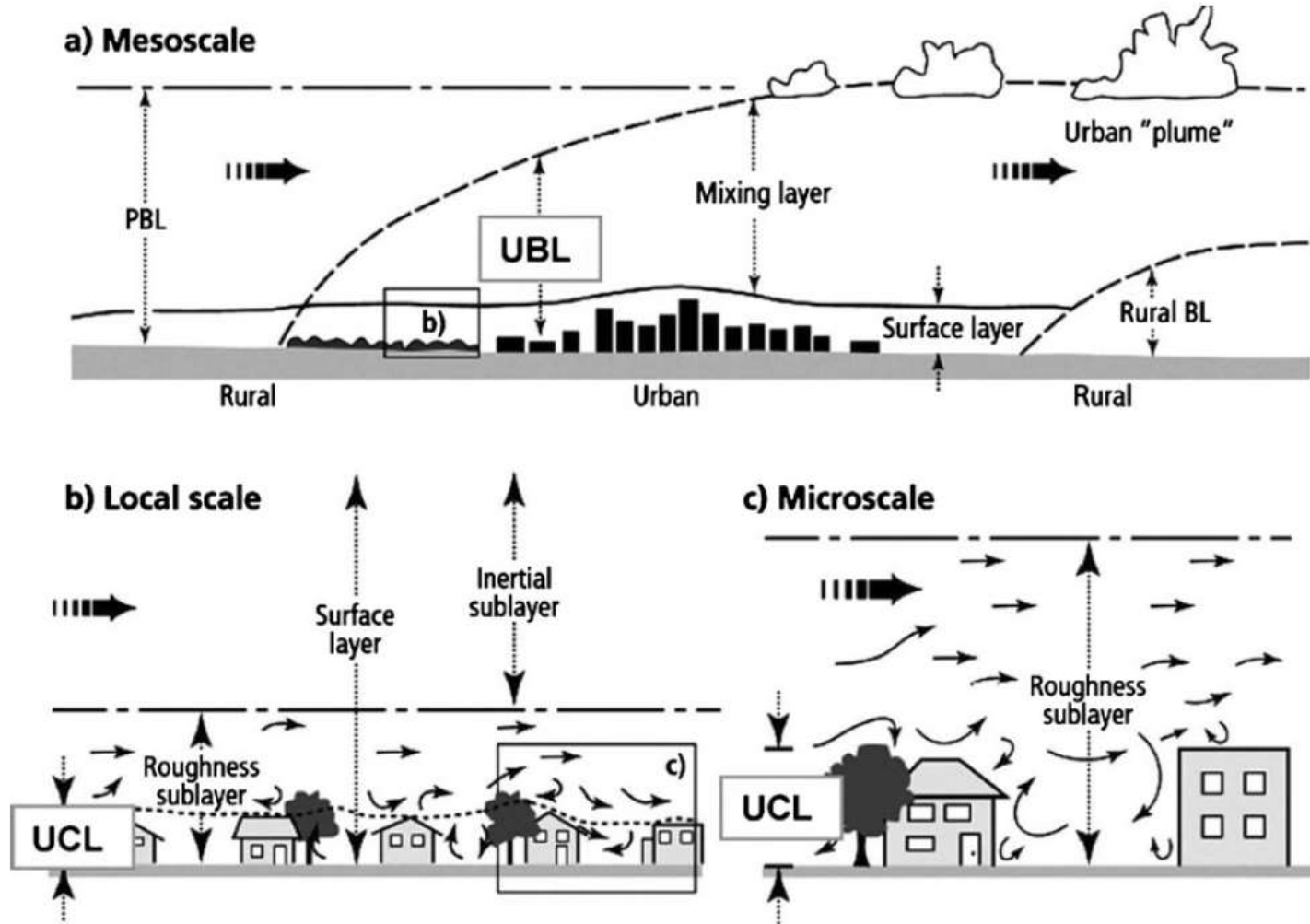


Fig. 2a–c Schematic of the urban boundary layer (UBL) including its vertical layers and scales. *UCL* Urban canopy layer; *PBL* planetary boundary layer. *Vertical dotted arrows* denote the spatial extent of each

layer. *Solid arrows* denote direction of air flow. Modified from Oke (1997) and reproduced from Marshall (2004). a Mesoscale, b local scale, c microscale



oggi

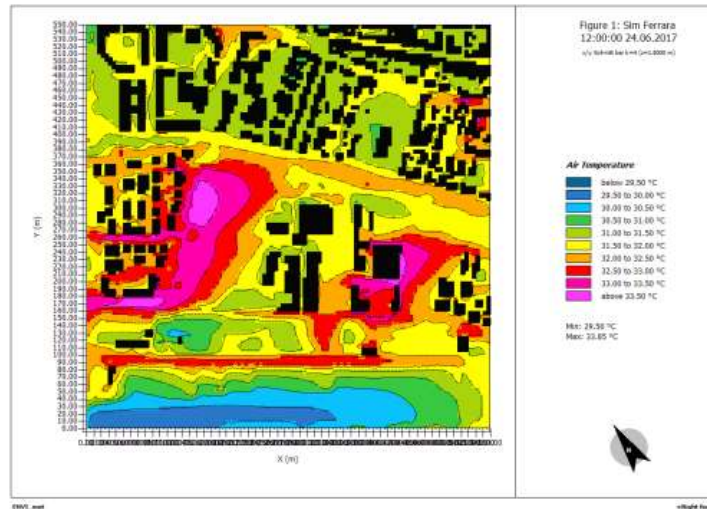


What is better
qual è il comfort
migliore?



progetto

OUTDOOR MICROCLIMATE
MAP



Modellazione e monitoraggio

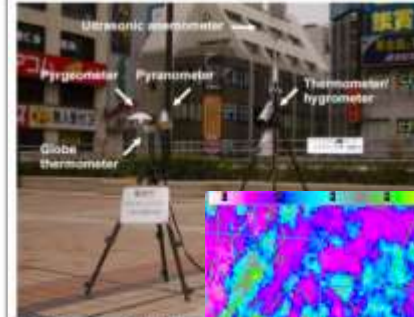
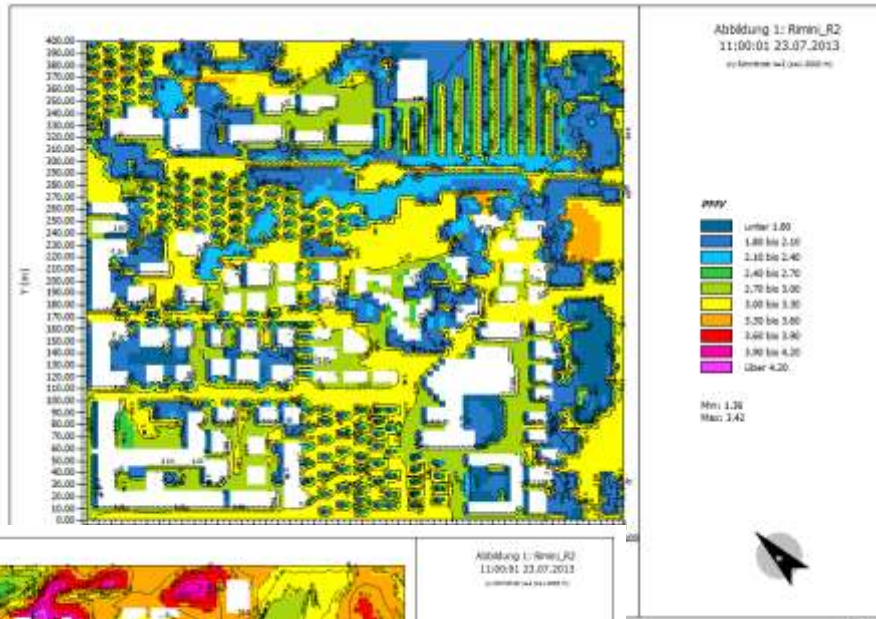
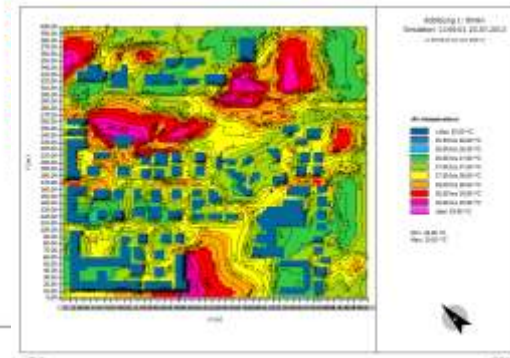
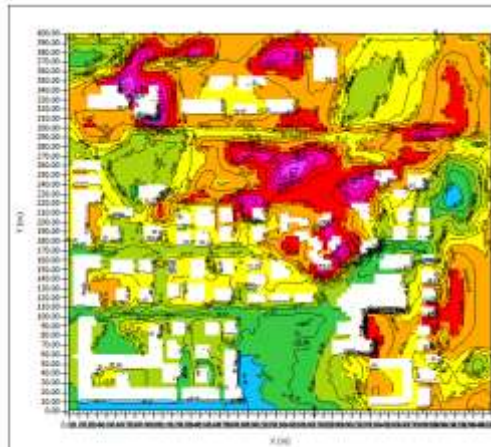
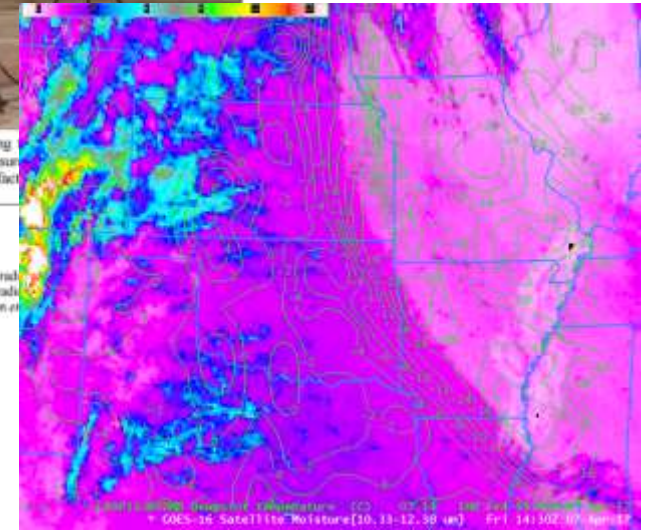


Fig. 1 Photograph Showing measurements for the Measurement Relations between Factor

- Air temperature
- Globe temperature
- Relative humidity
- Wind speed
- Incoming short-wave radiation
- Incoming long-wave radiation (according to Thorsson et al.)



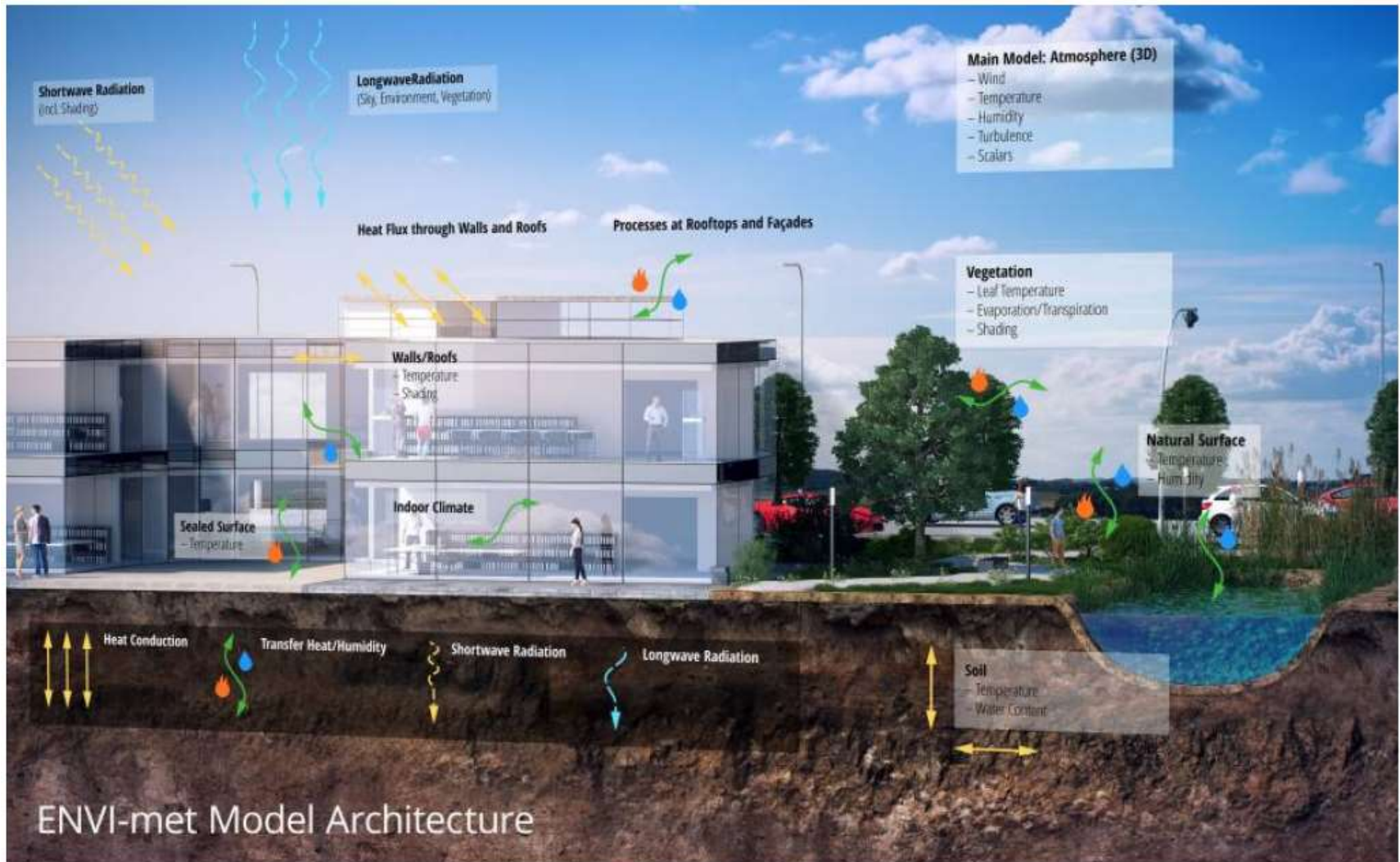
350

E. Johansson et al./Urban Climate 10 (2014) 346–366



Fig. 1. Instrument setup for measuring both shortwave radiation, using pyranometers, and longwave radiation, using pyrgeometers, simultaneously from six directions (downward, upward, north, east, south, west) (Thorsson et al., 2007).

Comfort: Modellazione e progetto architettonico-urbanistico



Mappe e progetti

Principles of climate sensitive urban design analysis in identification of suitable urban design proposals. Case study: Central zone of Leskovac competition

Aleksandra Djukić^a, Mileva Vučković^{a,*}, Srdjan Stanković^a

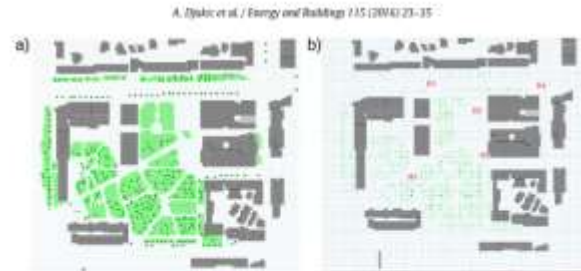
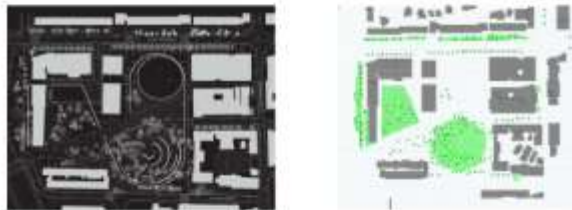


Fig. 5. (a) Area model—existing state and (b) Area model with spatial allocation of receptors.

Competition proposal no. 15498



Competition proposal no. 10194



Fig. 6. Awarded competition proposals. (a) Urban design and (b) Area Model.

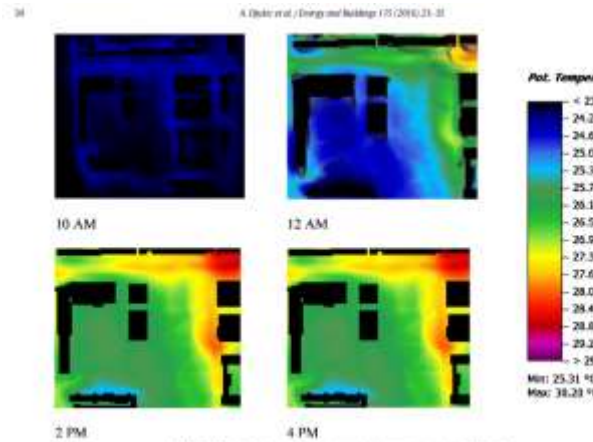


Fig. 15. 3500 level thermal maps of Main Square in Leskovac—existing state, 24.07.2014.

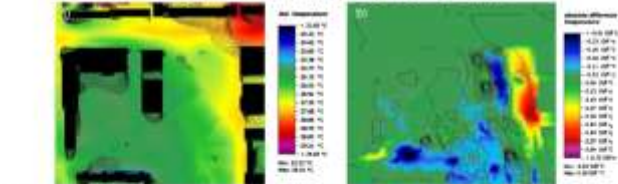


Fig. 12. 3500 level thermal maps: (a) The Critical state of Leskovac proposal no. 10194 and (b) Comparison of thermal maps of the Critical state of Leskovac—existing state vs. competition no. 10194 at 2 PM, 24.07.2014.

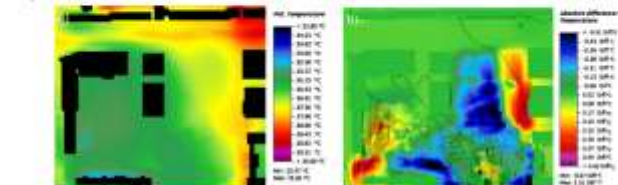


Fig. 18. 3500 level thermal maps: (a) The Critical state of Leskovac proposal no. 15498 and (b) Comparison of thermal maps of the Critical state of Leskovac—existing state vs. competition no. 15498 at 2 PM, 24.07.2014.



Fig. 16. Leskovac—temperature plot at control points (receptors) at 10 AM, 24.07.2014.

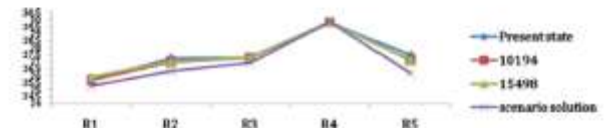


Fig. 17. Leskovac—temperature plot at control points (receptors) at 12 AM, 24.07.2014.



Fig. 18. Leskovac—temperature plot at control points (receptors) at 2 PM, 24.07.2014.

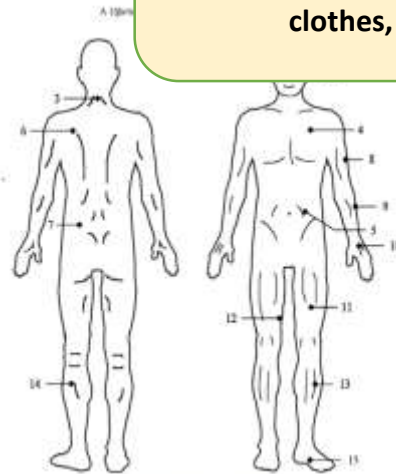


Comfort - Discomfort

Comfort termico outdoor

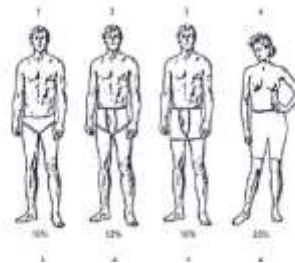


Biometric metabolism, clothes, ...



People outdoor comfort JUDGEMENT (by biometric)

Air Quality Index Levels of Health Concern	Numerical Value	Meaning
Good	0 to 50	Air quality is considered satisfactory, and air pollution poses little or no risk.
Moderate	51 to 100	Air quality is acceptable; however, for some pollutants there may be a moderate health concern for a very small number of people who are unusually sensitive to air pollution.
Unhealthy for Sensitive Groups	101 to 150	Members of sensitive groups may experience health effects. The general public is not likely to be affected.
Unhealthy	151 to 200	Everyone may begin to experience health effects; members of sensitive groups may experience more serious health effects.
Very Unhealthy	201 to 300	Health alert: everyone may experience more serious health effects.
Hazardous	301 to 500	Health warnings of emergency conditions. The entire population is more likely to be affected.



Tsuyoshi HONJO

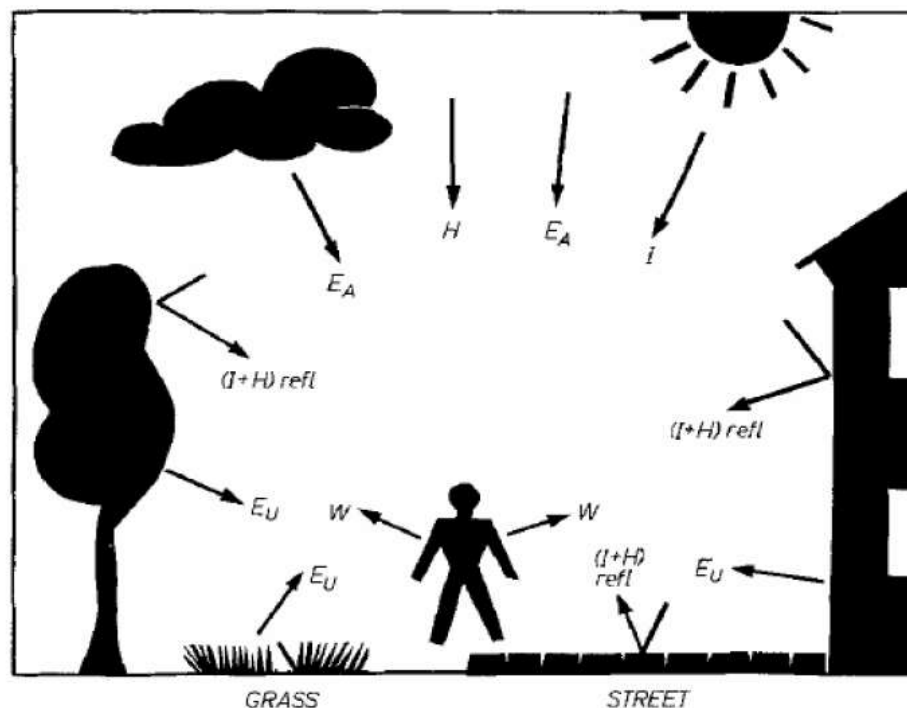


Fig. 2 The components of the human radiant energy budget.

short-wave radiation (0.28-4 μ m): I = direct solar radiation, H = diffuse solar radiation, $(I+H)refl$ = reflected short-wave radiation.

long-wave radiation (4-100 μ m): E_U = atmospheric counter radiation, E_A = long-wave emissions of the surroundings, W = radiation from the man's surface.

(according to Jendritzky & Nübler, 1981)



Materiali

Pavimentazioni buone e cattive (asfalti, porfidi), alberature, verde, etc.

Proprietà termofisiche

Bandi Pubblici

Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials

L. Doulos, M. Santamouris^{*}, I. Livada

Group Building Environmental Studies, Section Applied Physics, Physics Department, University of Athens, Panofthiosoupolis, Athens 115 27, Greece

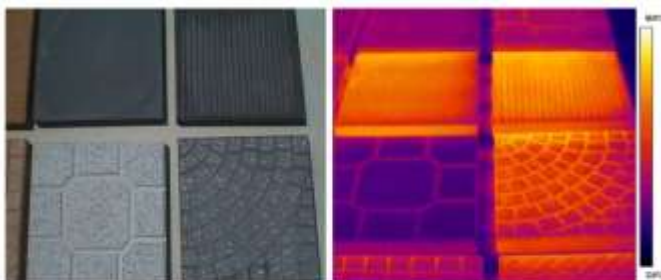


Fig. 4. Visible and infrared image of selected building materials.

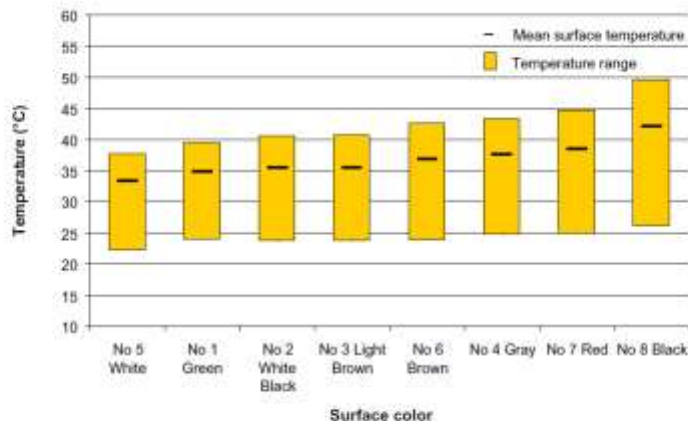


Fig. 7. Mean daily surface temperature and temperature range, within 9:00 to 18:00 for the period of August 2001, for the material tiles made of mosaic.

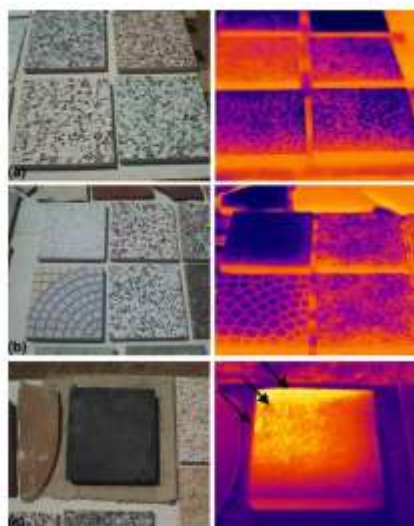
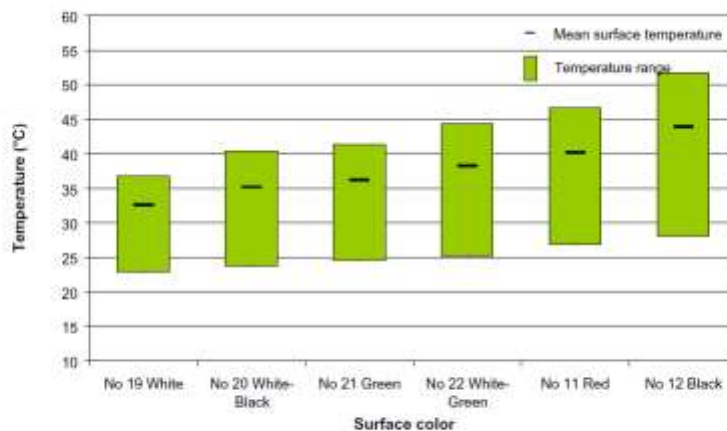


Fig. 8. Same examples of material tiles characterized by non-uniform surface temperature distribution due to color contrast (a), roughness (b) and heat transfer phenomena (the arrows show the direction of the incident solar radiation) (c).



temperature and temperature range, within 9:00 to 18:00 for the period of August 2001, for the material tiles

made of granite.

Proprietà dei materiali

Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials

L. Doulos, M. Santamouris*, I. Livada

Group Building Environmental Studies, Section Applied Physics, Physics Department, University of Athens, Peoplosinaspolis, Athens 115 27, Greece

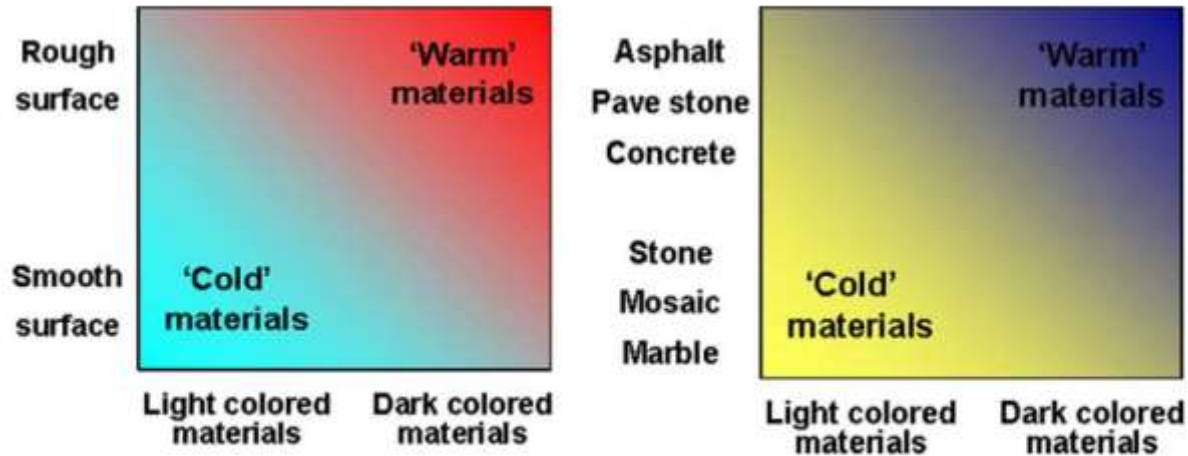


Fig. 24. Definitions of 'cold' and 'warm' materials.

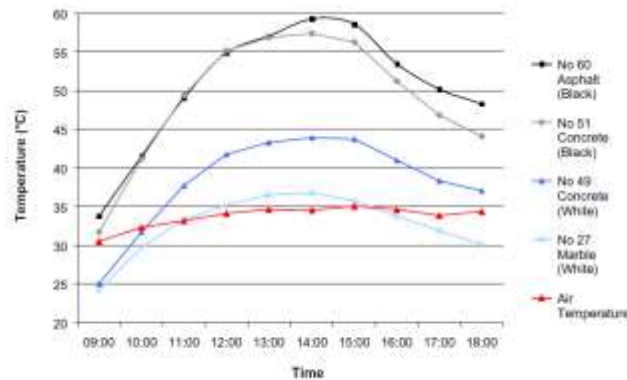


Fig. 21. Distribution of surface temperatures within 9:00 to 18:00 of 7th August 2001, between selected material tiles.

Albedo

Albedo: A Reflectance App

Thomas Leeuw Strumenti ★★★★★

PEGI 3

L'app è compatibile con tutti i tuoi dispositivi.

Aggiungi a lista desideri 1,13 € Acquista

Tradurre la descrizione in Italiano utilizzando Google Traduttore? Traduci

Albedo is an app designed to measure the albedo (or reflectance) of a surface. Albedo is simply defined as the ratio of light reflected from a surface to the light incident upon the surface. The albedo of a surface can be easily interpreted as the percent of incident light reflected by the surface (e.g. Albedo of fresh snow = 90%; Albedo of asphalt = 10%). The Albedo app is able to measure both the broadband albedo (across the entire visible spectrum) and the spectral albedo in the red, green, and

Maine In-situ Sound & Color Lab
School of Marine Sciences

- Home
- Research
- Education
- Instrumentation
- Publications
- Software
- Service
- People
- Data
- MISC

MISC Lab
University of Maine
45B Aubert Hall
Orono, ME 04469
(207) 581-4378

Search UMaine: Go

[What's New!](#)
[Contact Us](#)
[Webmaster](#)

HydroColor

The idea behind HydroColor (Apple App Store, Google Play Store, Facebook Page) is similar to that of Ocean Color satellites: the light emanating from the water, when normalized by the incoming radiation, is proportional to the water backscattering coefficient and inversely proportional to the water absorption coefficient. Hence, all else being equal, an increase in turbidity will increase the intensity of light emanating from the water. Particles containing pigments, such as phytoplankton, modulate the color emanating from the water, and hence can be diagnosed by ratios of radiance at different wavelengths (colors). Dissolved substances, such as plant extract (or tea) absorb light while negligibly scattering and hence decrease the intensity of light emanating from water (indeed some lakes in Maine with high concentrations of such dissolved materials appear black).

The use of a pocket camera (Nikon Coolpix) to estimate chlorophyll concentration for both water quality and plant research has been demonstrated (L. M. Goddijn-Murphy, 2009, <http://www.geos.ed.ac.uk/homes/wingate/coolpix.pdf>). HydroColor has taken this a step further by using a more robust method to measure reflectance and by providing an estimate of water turbidity.

How HydroColor Works

The methodology used by HydroColor is similar to that used with precision radiometers (Mobley, 1999). HydroColor uses three images collected by the user to: (1) measure how much light is emanating from the waters surface, (2) correct that value for sun glint off the surface, and (3) normalize it by the total incoming radiation. This provides a nearly illumination independent measure of the amount light reflected out of the water. This measure of the waters reflectance is known as remote sensing reflectance (R_{rs}). Using the camera on a smartphone, HydroColor can calculate remote sensing reflectance in the red, green, and blue (RGB) color channels of the camera (figure 1; figure 4). The absolute or relative magnitude of remote sensing reflectance in the RGB channels can then be used to measure chlorophyll and/or turbidity of a water body.



Proprietà materiali

Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials

Angeliki Chatzidimitriou^{a,*}, Simos Yannas^b



Chatzidimitriou, S. Yannas / Energy and Buildings 108 (2015) 156–174

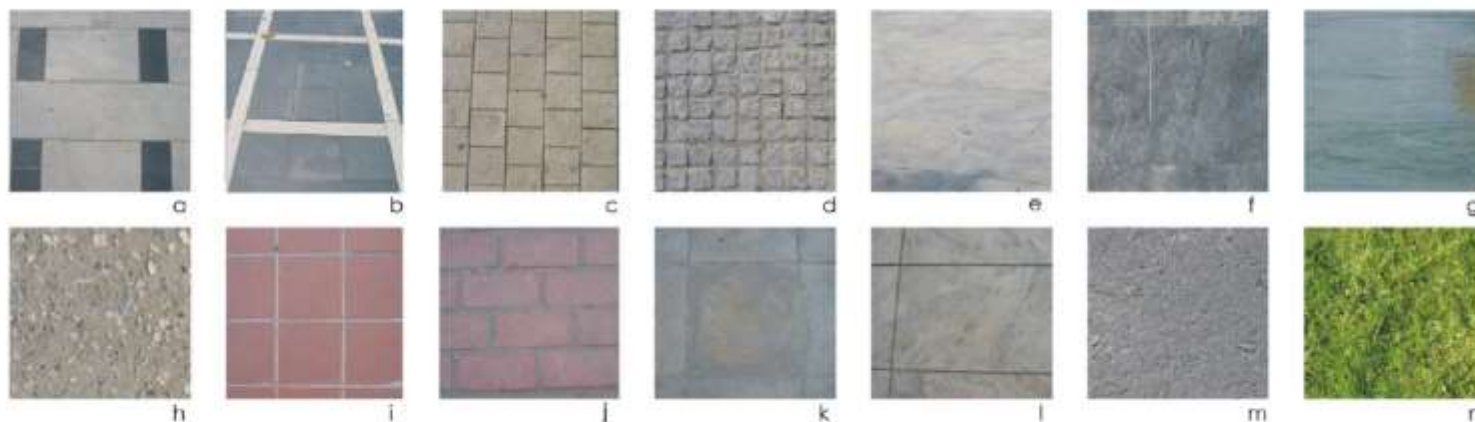


Fig. 2. Ground surface materials at the examined urban sites: (a) marble white (and (e) marble white (plain), (f) marble dark grey, (g) water surface (fountain), (h) concrete grey), (m) asphalt and (n) grass. (For interpretation of the references to colour in this figure legend, the reader is referred to the web version of this article.)

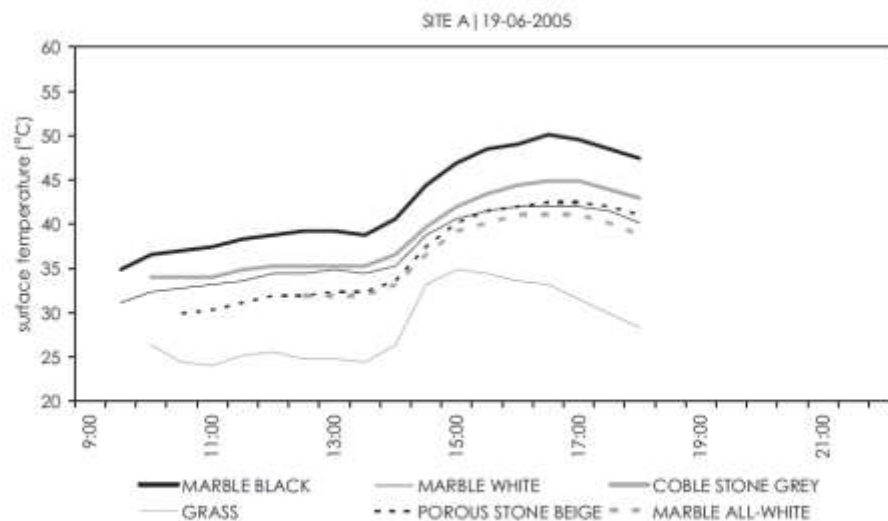


Fig. 7. Ground surface temperatures at the large square (site A) on 19-06-2005.



Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials



Angeliki Chatzidimitriou^{a,*}, Simos Yannas^b



Fig. 17. Views of the park with the fountain at site C.



Fig. 18. Monitoring spots at the park with the fountain at site C: (a) grass, (b) flowing water, (c) marble dark grey and (d) asphalt.

Proprietà materiali

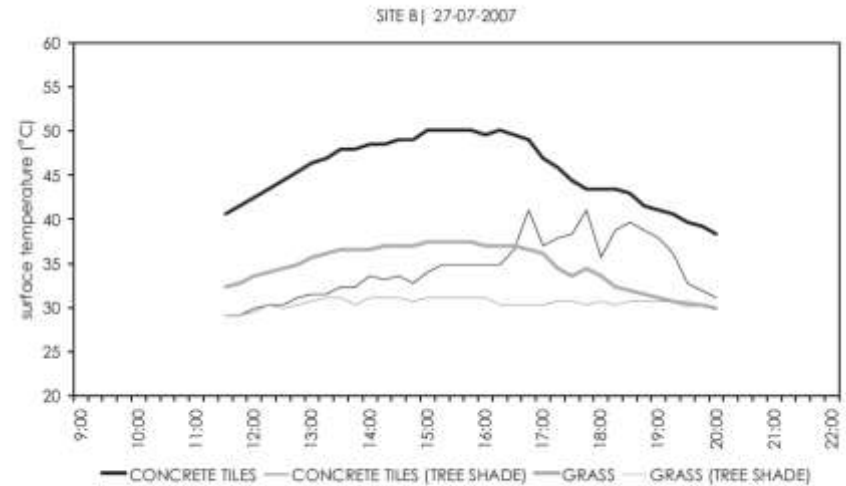


Fig. 13. Ground surface temperatures at the coastal park (site B) on 27-07-2007.

Proprietà dei materiali

The screenshot shows the ENVI-met DBManager v4.0 interface. The 'Materials' panel is active, displaying a tree view of material categories. Under 'Cement and Concrete', the material '[C2] Concrete: lightweight' is selected. The right-hand pane shows the properties for this material, including a table of physical characteristics.

Schlüssel	Wert
Default Thickness	0.30000
Absorption	0.70000
Transmission	0.00000
Reflection	0.30000
Emissivity	0.90000
Specific Heat	840.00000
Thermal Conductivity	0.20000
Density	620.00000
Extra ID	0

Data loaded from file: C:\ENVI\met4\sys.basedata\database.edb

ABSORPTION.

Valore che esprime la capacità di un materiale di assorbire la radiazione elettromagnetica incidente.

EMISSIVITY (emissività)

The ability to radiate energy. Emissivity is commonly measured as the ratio of a material's energy radiated to that of a black body (i.e. a perfect emitter) at the same temperature.

Proprietà dei materiali

CAPACITA' TERMICA

La quantità di energia richiesta per innalzare la temperatura di un oggetto di un grado Kelvin (J/kgK) (RUROS, 2004).

ENVI-met DBManager v4.0 - [Walls]

File Window Extras Help

Selected Project: Parma-Pasubio

Database-ID: [C1]
Name: Concrete Wall (heavy)
Color: [Color]

Schlüssel	Wert
Thickness of Layers	0.10,0.10,0.10
Possible Usage	Wall or Roof
Picture	False

Wall

0.10 m 0.10 m 0.10 m

Calc. Transmission:00,0000

33% 33% 33%

Outside [C1] [C1] [C1] Inside

10cm 10cm 10cm

30cm

Materials

- Glass
 - [Cu] Copper
 - [G1] Heat protection glass
 - [G2] Plexiglass
 - [5G] Shading Plexiglass
 - [G4] clear float glass
 - [G3] foamed glass
 - [G5] glass brick surface
- Metal
 - [AL] Aluminium
 - [IR] Iron
 - [ST] Steel
- Misc
 - [PV] PVC
- Natural
 - [O2] Air
 - [MH] Masonry: heavyweight
- Stone
 - [B1] Brick: aerated
 - [B2] Brick: burned
 - [B3] Brick: reinforced
- Tiles
 - [R2] Roofing: terracotta
 - [R1] Roofing: tile

Autoassign color from outer Material

This Wall is read only.

OK Cancel

Data loaded from file: C:\ENVI\met4\sys_basedata\database.edb

Risorse del computer ENVIMET-PASUBIO Microsoft Excel

Proprietà dei materiali: ALBERATURE

UMIDITA' RELATIVA

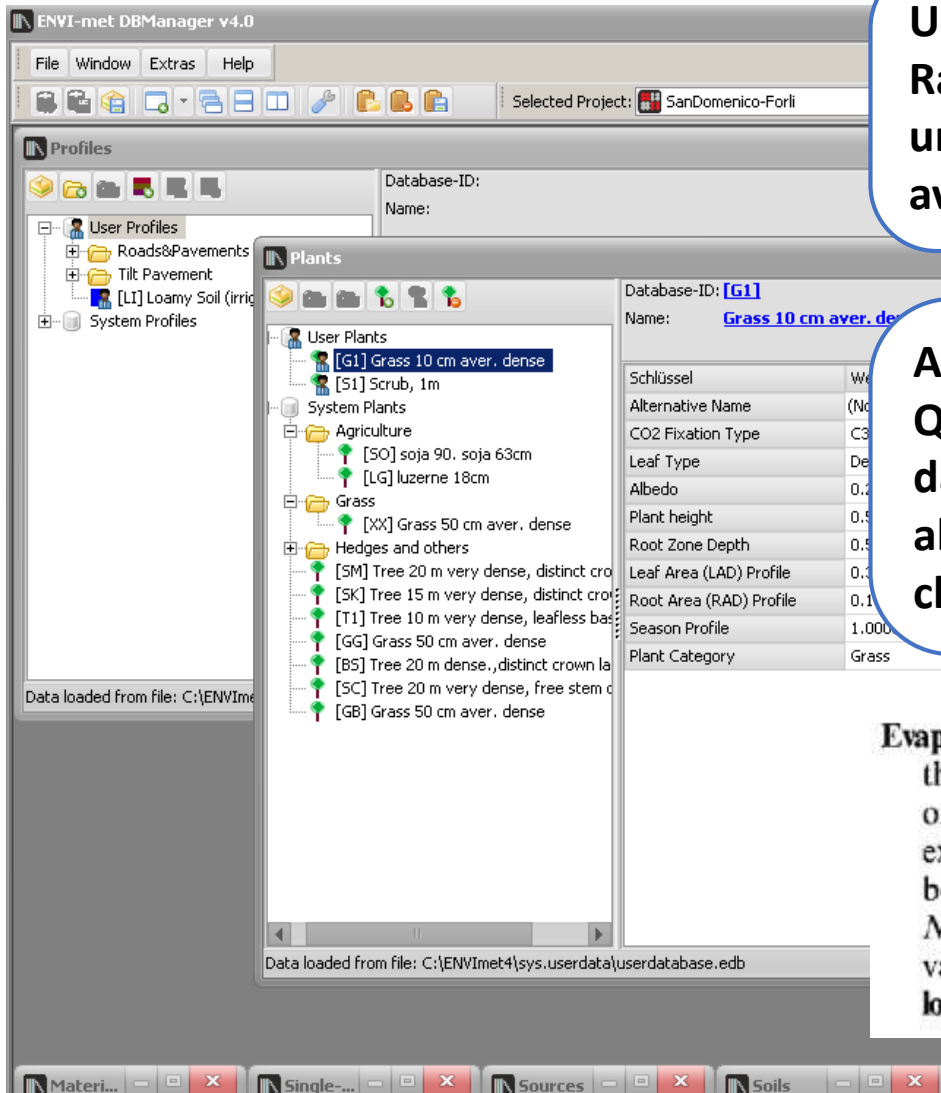
Rapporto tra la pressione di vapore dell'aria umida e la pressione di vapore che questa avrebbe se fosse in condizioni di saturazione

ALBEDO

Quantità di energia solare incidente riflessa da una superficie (RUROS, 2004). Il valore di albedo può essere compreso tra 0 e 1 (corpo che riflette tutta l'energia incidente).

Evaporative heat gain: evaporative heat transfer from the ambiance to the body (i.e., gain of heat energy) due to condensation of vapor on the skin and/or the surfaces of the respiratory tract, usually expressed in terms of energy per unit time and unit area of total body surface. $[W \cdot m^{-2}]$ or $[W]$

Note: evaporative heat transfer most frequently occurs by vaporization of water from body surfaces and is evaporative heat loss.



Proprietà dei materiali: Terreni

The screenshot displays the ENVI-met DBManager v4.0 interface. The main window is titled 'Soils' and shows a tree view on the left with 'Natural Soils' expanded to 'Smashed brick'. The right pane shows the properties for this material, including a table of physical and chemical parameters.

Database-ID: [BS]
Name: Smashed brick
Color: [Orange]

Schlüssel	Wert
Typ of material	Natural soil
Water content at saturation	0.39500
Water content at field capacity	0.13500
Water content at wilting point	0.00680
Matrix potential	-0.12100
Hydraulic conductivity	176.00000
Volumetric heat capacity	2.00000
Clapp & Hornberger Constant	4.05000
Heat Conductivity	0.00000

Data loaded from file: C:\ENVI\met4\sys_basedata\database.edb

COMFORT TERMICO

COMFORT

Lo stato di complete benessere fisico, mentale e benessere sociale e non la semplice assenza di malattia o infermità (WHO,1999).

COMFORT TERMICO

La condizione (mentale) nella quale viene espressa soddisfazione in merito all'ambiente termico valutato mediante una valutazione soggettiva (ASHRAE 55)

PHYSIOLOGICAL EQUIVALENT TEMPERATURE

Physiological equivalent temperature (PET) is a human biometeorological parameter that describes the thermal perception of an individual. It is defined as the air temperature at which, in a typical indoor setting (without wind and solar radiation), the heat budget of the human body is balanced with the same core and skin temperature as under the complex outdoor conditions to be assessed (Höppe 1999). The typical indoor setting is an indoor room, with windspeed (v)= 0.1 ms⁻¹, vapour pressure (VP)=12 hPa and **mean radiant temperature** (T_{mrt}) equal to the air temperature (T_a). For calculating the physiological parameters PET makes use of the **Munich energy balance model for individuals (MEMI)**.

Guida REBUS - Materiali



COMFORT PERMEABILITÀ SICUREZZA IDRAULICA ECONOMICITÀ
PRATI GRASS

ECONOMICITÀ

SICUREZZA IDRAULICA

PERMEABILITÀ

QUALI SONO LE DIVERSE TIPOLOGIE DI PRATO?

Esistono differenti tipologie di prato in funzione degli usi. Tra quelli più utilizzati per gli spazi pubblici, nel nostro clima troviamo quattro tipologie di prati:

- **rustici**, richiedono poca manutenzione, sono perlopiù utilizzati per stabilizzare le rive di fiumi, i corsi d'acqua, gli spazi pubblici inondabili;
- **ornamentali**, utilizzati nei giardini pubblici e privati, devono resistere al calpestio. A seconda degli usi e del clima, vengono sfalcati da 7 a 20 volte all'anno, possono essere irrigati o meno e costituiti da specie macro o microterme.
- **sportivi**, sono formati da specie che permettono un elevatissimo calpestio e possono richiedere cure quotidiane;
- **fioriti e tappezzanti**, sono costituiti da miscugli di piante erbacee da fiore - annuali o perenni - oppure da tappezzanti coprisuolo e privi di graminacee. Sono molto decorativi per 4-5 mesi e richiedono 2 sfalci all'anno. A seconda delle specie vegetali utilizzate, non necessitano di irrigazione regolare, ma solo di soccorso.

A seconda del progetto è poi possibile prevedere sfalci differenziati dei prati, sia per consentire e guidare la fruizione, sia per favorire la biodiversità, le fioriture e ridurre la manutenzione.

QUALI VANTAGGI APPORTA IL PRATO ALL'AMBIENTE URBANO?

Il prato è una superficie permeabile che in ambito urbano svolge tre importanti funzioni, oltre a quella ricreativa e sociale:

- **riduce il run-off**, ovvero lo scorrimento superficiale delle acque pluviali, garantendo una gestione sostenibile delle piogge intense; 🌧️🌧️🌧️🌧️🌧️
- **in prossimità degli edifici ha un ruolo nella regolamentazione termica**, riducendo la riflessione dei raggi infrarossi notturni e permettendo una benefica escursione tra notte e giorno. In una giornata estiva, un prato di 1000 mq restituisce all'atmosfera per evaporazione circa 3000 litri di acqua. Di conseguenza, la temperatura del prato può essere inferiore anche di 5°C rispetto al terreno nudo e di 15°C rispetto a un marciapiede d'asfalto; 🌞
- **negli spazi industriali, nelle fasce residuali e nei parcheggi a ridosso delle strutture viarie svolge le funzioni di assorbimento di CO₂, di stoccaggio dei metalli pesanti e delle polveri sottili, di miglioramento del deflusso idrico e di degradazione degli oli versati dai motori.** 🌱



albedo

0,2



manutenzione

sfalci 1-2 volte l'anno per tappezzanti coprisuolo
 sfalci da 7 a 20 volte l'anno per i prati

Guida REBUS - Materiali



COMFORT PERMEABILITÀ ECONOMICITÀ RESILIENZA TERRE BATTUTE E CALCESTRE TERRE BATTUTE

QUALI VANTAGGI OFFRONO LE TERRE BATTUTE E IL CALCESTRE NEI CONTESTI URBANI?

Le terre battute e il calcestre appartengono alle superfici semi-permeabili. Vengono utilizzate in ambito urbano come una vera e propria pavimentazione - realizzata in diversi strati di terra e conglomerati - favorendo evaporazione, alimentazione della falda acquifera e deflusso superficiale dell'acqua. Anche le terre battute e il calcestre, come il terreno e il prato, trattengono e rilasciano le acque meteoriche gradualmente contribuendo a contrastare gli effetti negativi dovuti all'eccesso di impermeabilizzazione della città costruita. Il colore di finitura riprende quello del tipo di terra o del tipo di calcare utilizzato nella miscela.

DOVE E COME IMPIEGARLI?

Le terre battute (o stabilizzate) e il calcestre sono utilizzati in ambito urbano per realizzare sia **percorsi pedonali e ciclabili in aree verdi, giardini e parchi, sia aree di sosta.**  L'impiego è favorito dalla facile manutenzione e dal costo contenuto. Il manto è realizzato utilizzando essenzialmente l'argilla mescolata ad inerti di piccola pezzatura e leganti. Il manto può arrivare ad avere uno spessore di 15-20 cm ed è formato da vari strati dello stesso materiale. Grazie a ripetute bagnature e successive rullature l'argilla si lega agli inerti, generando una superficie compatta ed asfittica in cui normalmente l'erba tende a non crescere. Nel sottofondo e agli estremi dell'area di scavo possono essere previste misure di contenimento dell'apparato radicale del prato - quando contiguo - prevedendo sia il tessuto-non tessuto, sia dei cordoli. Il manto conserva una discreta dose di permeabilità. Le superfici di terra battuta conferiscono agli spazi pubblici urbani un carattere rustico, di facile manutenzione, soprattutto quando alternate a prati e ad aiuole di piante coprisuolo tappezzanti.



albedo
densità
calore specifico

0.4-0.6
2180 Kg/mc
720 J/kg K



manutenzione

reintegro del materiale dove e quando si creino lacune

Guida REBUS - Materiali



COMFORT PERMEABILITÀ ORNAMENTALITÀ FLESSIBILITÀ
LEGNO WOOD

QUALI SONO I VANTAGGI DEL LEGNO?

Il legno è il tessuto vegetale che costituisce il fusto delle piante, in particolare dagli alberi e di alcuni arbusti.

Le principali proprietà fisiche del legno sono la resistenza, l'elasticità, la durezza, la rigidità e la densità (che fornisce l'indicazione delle proprietà meccaniche).

La resistenza comprende un numero di caratteristiche eterogenee e varia con il grado di stagionatura o di umidità del legno e con la direzione della venatura: il legno risulta sempre più resistente se viene tagliato lungo la venatura piuttosto che perpendicolarmente ad essa.

Il legno possiede una grande resistenza alla compressione: in alcuni casi, proporzionalmente al peso, è superiore a quella dell'acciaio ed ha bassa resistenza a trazione e una discreta resistenza al taglio.

Il legno usato come materiale da costruzione nell'edilizia deve essere elastico e molto resistente alla compressione.

COME E DOVE IMPIEGARE IL LEGNO NEGLI SPAZI PUBBLICI?

Il legno viene largamente impiegato nel settore dell'arredo urbano (realizzato in fabbrica o su misura), ma anche nella realizzazione dei percorsi e delle attrezzature, permanenti e temporanee della città (pedane, spazi per spettacoli, allestimenti, aree mercatali, soste, chioschi,...). ●●●●●

Nel design degli spazi esterni è particolarmente apprezzato perché può non necessitare di fondazioni, essere autoportante e rimovibile.

Le attrezzature in legno, per la loro versatilità e per la costruzione veloce con tecnologie a secco (di precisione), possono personalizzare e rendere accoglienti piazze, strade, giardini e aree a parcheggio, stimolando il recupero di aree degradate e/o marginali con piccoli interventi, facilmente realizzabili.



albedo
 densità
 calore specifico

0,25-0,4
 650 Kg/mc
 1660 J/kg K



manutenzione

consigliato trattamento con olio di protezione superficiale ogni 2 anni

Guida REBUS - Materiali



PAVIMENTAZIONI DRENANTI 5

COMFORT PERMEABILITÀ SICUREZZA IDRAULICA ECONOMICITÀ
PAVIMENTAZIONI DRENANTI GRASS

DOVE APPLICARE LE PAVIMENTAZIONI DRENANTI?

Le pavimentazioni drenanti in calcestruzzo sono **durevoli, economiche e consentono di realizzare soluzioni progettuali personalizzate e eco-compatibili.**

I masselli autobloccanti sono una valida alternativa alla pietra naturale e al bitume per la pavimentazione di aree esterne e di parcheggio.

Per le loro caratteristiche intrinseche le pavimentazioni trovano applicazione in contesti molto diversi, adattandosi a differenti esigenze d'intervento nelle pavimentazioni esterne, conservando economicità e prestazioni, fatta salva la necessità di porre attenzione sia alla progettazione sia alle operazioni di posa. Si possono applicare:

- giardini 🌱🌱
- piazze, bordi stradali e percorsi 🚶
- parcheggi verdi 🌱
- giardini della pioggia 🌧️

COME REALIZZARLE?

Le pavimentazioni drenanti sono realizzate in **grigliato di calcestruzzo vibrocompreso con una percentuale di superficie piena media rispetto alla vuota del 65% (pieno) contro il 35% (vuoto).**

La parte a vista, di spessore non minore a 4 mm, è prodotta con sabbie naturali (oppure con sabbie di quarzo) (classe 0-3 mm) ben assortite.

Il piano di posa, costituito da almeno 40 cm di misto granulare dovrà essere particolarmente ben compattato (oppure costituito da platea in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata a maglie quadrate e forata per permettere il drenaggio dell'acqua nel terreno sottostante).

Le parti in calcestruzzo sono posate a secco su letto di pietrisco fino (classe 0-4 mm) ben compattato e livellato per uno spessore massimo di 3 cm. Gli spazi vuoti sono riempiti con terreno vegetale, opportunamente concimato, idoneo alla crescita del manto erboso, fino a completa saturazione degli spazi vuoti.

ECONOMICITÀ

SICUREZZA IDRAULICA

PERMEABILITÀ



albedo
permeabilità

0.2-0.3
40/60 % in base alla tipologia



manutenzione

sfalci periodico dell'erba
reintegro di terreno concimato in caso di lacune

Guida REBUS - Materiali



MANUTENIBILITÀ ECONOMICITÀ FLESSIBILITÀ ADATTABILITÀ
ASFALTO CONCRETE ASPHALT ROAD

COS'È L'ASFALTO?

L'asfalto, è un materiale bituminoso, viscoso e nero che con sabbia o ghiaia, viene usato per pavimentare strade e per impermeabilizzare muri e coperture.

È uno dei materiali conosciuti dall'uomo fin dall'antichità. Grazie all'asfalto le città si sono modificate e sviluppate, soprattutto dall'800, incentivando mobilità, commercio, turismo.

Tuttora l'asfalto è molto utilizzato per la realizzazione di strade per la facilità di posa, la rapida manutenzione ed economicità.

Una superficie asfaltata si realizza in base alla tipologia di traffico che deve sostenere. Le pavimentazioni più flessibili sono generalmente costituite da uno strato di usura, uno strato di collegamento (binder), uno strato di base ed una fondazione, mentre le stratificazioni per il traffico più intenso presentano, in aggiunta agli strati della sovrastruttura flessibile, uno strato di misto cementato posto tra la fondazione e lo strato di base.

Grazie alle capacità meccaniche del materiale la struttura della pavimentazione risulta poco sensibile all'umidità e alla penetrazione dell'acqua piovana, ad eccezione degli asfalti permeabili di nuova generazione che possono garantire l'assorbimento di importanti quote di pioggia anche fino a 600 litri d'acqua al minuto per metro quadrato.

DOVE E COME APPLICARLO?

Poiché l'asfalto è un materiale coerente e coeso, capace di resistere a carichi importanti, ha le proprietà ideali per pavimentazioni che svolgono diverse funzioni: strade, percorsi veicolari, ciclabili, pedonali, aree a parcheggio e gioco.

Nell'ambiente urbano è utile associare l'asfalto a superfici e materiali sia con albedo più adatta al clima e al calore (per abbassare le temperature delle superfici urbane), sia ad aree e superfici permeabili e semipermeabili, ad esempio a bordo strada e nei parcheggi, contribuendo a una migliore gestione delle acque piovane, soprattutto quando intensificate. 🌞 🌧️ 🚶 🚲

Oltre che per la realizzazione, è economico anche per la manutenzione.

Nel tempo possono verificarsi dei problemi dovuti a crepe e fessurazioni: la durata media dell'asfalto è infatti di circa 5/6 anni.

Nel caso di manutenzione ordinaria, si sostituisce il solo strato di usura (5 cm). Si realizza attraverso una prima fase di scarifica a freddo del manto usurato (fino a 6 cm) e la successiva posa del tappetino (5 cm).

Nel caso di strade vecchie, sotto il manto di usura si può trovare ancora la massicciata. In quel caso, la manutenzione consiste nel rimuovere anche parte della massicciata e realizzare uno strato di *tout venant* e il manto di usura.

L'asfalto può essere utilizzato per i marciapiedi, realizzando un massetto in cls e uno strato di asfalto colato di 2 cm.



albedo
 densità
 calore specifico

0,1 (di recente realizzazione) 0,2 (invecchiato)
 2300 Kg/mc
 1700 J/kg K



manutenzione

ripristino di eventuali lacune
 sostituzione dopo 5-7 anni

ADATTABILITÀ

FLESSIBILITÀ

ECONOMICITÀ

Guida REBUS - Materiali



IMPERMEABILITÀ ECONOMICITÀ FLESSIBILITÀ ADATTABILITÀ
ASFALTO COLORATO CONCRETE ASPHALT ROAD

COS'È L'ASFALTO COLORATO?

L'asfalto colorato consente di coniugare le caratteristiche e le funzioni dell'asfalto nero con le esigenze di differenziare porzioni di strade e aree e ottenere con poca spesa pavimentazioni di maggior pregio, ma anche più sicure. Si può ottenere sia attraverso la colorazione del manto di copertura, oppure attraverso la modifica dell'asfalto. Nel primo caso bisogna distinguere se la superficie è destinata ad una bassa, media o alta percorrenza dei veicoli. Nel caso di pavimentazioni prevalentemente pedonali, la vernice si stende a rullo o a spatola su un massetto di cls o sul tappetino bituminoso. Il costo è intorno ai 15-17€ al mq. Esistono dei prodotti adatti al passaggio frequente di veicoli che hanno migliori prestazioni a fronte di un costo elevato, circa 30-35€ al mq. Rispetto all'asfalto nero ha prestazioni termiche migliori, perché qualsiasi colore diverso dal nero riflette una quantità maggiore di radiazione solare evitando l'assorbimento e dunque un conseguente aumento della temperatura superficiale.

DOVE E COME APPLICARLO?

L'asfalto colorato è utilizzato negli ambienti esterni per dare rilievo a zone urbane e spazi pubblici e, nelle aree riservate alla sicurezza stradale, dove può evidenziare un attraversamento pedonale o una zona particolare. Inoltre, sempre più l'asfalto colorato viene richiesto dalle amministrazioni locali in occasione della pavimentazione di aree sottoposte a vincolo paesaggistico, data la capacità di ridurre l'impatto visivo. Ciò consente anche una migliore prestazione rispetto al calore, l'asfalto colorato ha un albedo superiore e si scalda meno alle alte temperature rispetto a quello nero.

La durata è di circa 3-5 anni. Dopo questo periodo occorre ripetere la posa. Per migliorare la durata si utilizzano gli asfalti modificati. In questo caso il bitume viene trattato per togliere la parte bituminosa nera (asfalto albino). A questo impasto si aggiungono inerti che danno il colore, per esempio aggiungendo il calcare ridotto in piccoli pezzi si ottiene il colore ocra, aggiungendo il granito rosa si ottiene il rosa, ecc.

Il tappeto dell'asfalto rosso, utilizzabile sia per i percorsi ciclabili sia per le aree pedonali, può contenere nell'impasto ossido di ferro sintetico oppure polvere di rocce porfiriche che ha una durata maggiore, ma un costo più elevato.

La manutenzione segue la stessa procedura dell'asfalto non colorato, si può rifare il tappeto previa scarifica, oppure, nel caso di asfalto colorato, si ripristina il massetto e si cola l'impasto colorato.



albedo 0,2
 densità 2300 Kg/mc
 calore specifico 1700 J/kg K



manutenzione ripristino di eventuali lacune sostituzione dopo 3-5 anni

ADATTABILITÀ

FLESSIBILITÀ

ECONOMICITÀ

Guida REBUS - Materiali



COMFORT DURABILITÀ MITIGAZIONE
COOL MATERIALS REFLECTIVE SURFACES

COSA SONO I COOL MATERIALS?

I *cool materials* sono materiali caratterizzati da elevata riflettanza solare, ottenuta attraverso l'utilizzo di tinte chiare (tipicamente il bianco) o con colori più scuri, trattati però con speciali pigmenti riflettenti all'infrarosso vicino, che aumentano la riflettanza nel vicino infrarosso mantenendo la risposta cromatica desiderata. Se raggiunti da radiazione solare, l'elevata riflettanza permette di limitare l'innalzamento della temperatura superficiale, quando sottoposti a carichi solari. Un'alta emissività inoltre determina un più favorevole rilascio termico in fase notturna del calore immagazzinato durante le ore diurne, con effetti sulla riduzione del flusso di calore rilasciato all'ambiente. C'è da dire che tutti i materiali chiari sono *cool materials*, ma per l'uso negli spazi urbani è importante che la riflessione non raggiunga le persone presenti.

L'incremento dell'albedo rispetto ai materiali convenzionali varia a seconda del colore. Secondo uno studio greco, il nero cool registra un incremento del 100% rispetto al nero convenzionale, il blu l'83%, il verde del 35%, il marrone del 48%.

COME E DOVE UTILIZZARLI?

I *cool materials* danno un importante contributo alla riduzione del carico termico e si impiegano nelle coperture e negli spazi esterni, applicandoli a porzioni di percorsi pedonali e ciclabili.

Le soluzioni per facciate e pavimentazioni possono essere differenti: nel primo caso si parla perlopiù di vernici riflettenti, nel secondo alcune ditte, oltre alle pitture, cominciano a produrre anche mattonelle per pavimentazioni urbane. Le pitture per tetti e facciate si stendono esattamente come le pitture convenzionali, cioè senza che i supporti abbiano requisiti differenti da quelli delle altre. Esiste una differenza di prezzo, che può essere del 20-30% in più, compensata tuttavia da una maggiore durabilità (20-30% in più) rispetto alle pitture convenzionali.

Per quanto riguarda le pavimentazioni urbane è preferibile l'uso di mattonelle, ancora poco conosciute in Italia. Sia le superfici orizzontali, che quelle verticali, devono essere mantenute pulite perché altrimenti le proprietà riflettenti si riducono e le prestazioni non vengono più garantite.



riflettanza solare %	cool	standard
bianco	100	90
azzurro	42	40
marrone	34	23
verde	27	20
nero	27	5



manutenzione lavaggio e/o pulitura periodica

Guida REBUS - Materiali



RESISTENZA ECONOMICITÀ ADATTABILITÀ IMPERMEABILITÀ CERAMICA GRES TILES PAVEMENT GRAY/RED

CHE COS'È IL GRÈS?

Il gres porcellanato è un materiale ceramico, compatto, resistente e caratterizzato da una porosità e valore di assorbimento di acqua molto basso. Grazie alle sue caratteristiche di resistenza e durabilità è un materiale molto utilizzato negli spazi pubblici.

Nella sua produzione vengono utilizzate le materie più pure - minerali, caolino, feldspati, argilla - per comporre il 99% di ogni singola piastrella, così da ottenere un omogeneo e compatto grazie alla pressatura meccanica ed alla cottura ad oltre 1.250 °C.

Le norme UNI definiscono porcellanato la ceramica che possiede un coefficiente di assorbimento all'acqua minore dello 0,5% (UNI EN 176 ISO BII). Le piastrelle sono di vari formati variabili da 5X5 a 180X180 cm, con spessori da 7 a 20 mm, e possono essere smaltate e non smaltate. L'impasto di colore beige chiaro, può anche venire colorato nella fase di atomizzazione così da renderlo adatto alle applicazioni per uso esterno.

COME E DOVE APPLICARLO?

I pavimenti realizzati con materiali ceramici sono molto diffusi per motivi economici e di praticità. La ceramica, essendo un prodotto industriale, consente di realizzare pavimenti che rispondono a precise richieste di mercato relative a formato, spessore, colore e finitura.

Nelle applicazioni da esterni, grazie alle diverse cromie, può essere utilizzato per segnare percorsi o decorazioni nella pavimentazione degli spazi aperti, nella creazione di cornici ed altri dettagli, da utilizzarsi preferibilmente per passaggi pedonali, in associazione ad elementi ed arredi urbani, come fontane, percorsi affiancati dall'acqua, sedute e pensiline.

Le modalità di posa del gres sono diverse e si adattano alle più svariate esigenze. Possono essere posate senza colla su prato, sopraelevata su supporti, oppure sigillate su uno strato di ghiaia o un massetto di ghiaia e cemento. In questo caso le mattonelle si incollano al massetto. Nella posa occorre prestare attenzione alle variabili che servono a garantire la buona riuscita del montaggio, quali l'integrità delle piastrelle, la resistenza nel tempo e l'armonia della pavimentazione.



albedo
densità
calore specifico

0,2-0,3 (a seconda della colorazione e la rugosità)
1670 Kg/mc
1010 J/kg K



manutenzione

variabile in funzione del tipo di posa
in caso di rottura si provvede alla sostituzione parziale
nel caso in cui le mattonelle siano incollate occorrerà
pulire il sottofondo prima di incollare le nuove

Guida REBUS - Materiali



COMFORT ORNAMENTALITÀ DUREVOLEZZA ADATTABILITÀ
MATERIALI LAPIDEI PORPHYRY-BASALT-MARBLE PAVEMENT-DARK GRANIT PAVEMEN

QUALI SONO I VANTAGGI DELLA PIETRA?

Le pavimentazioni in pietra, presenti dovunque fin dall'antichità, presentano una notevole resistenza e durata (soprattutto porfido, basalto e granito), ridotte spese di manutenzione ed elevato valore artistico.

In linea di massima i materiali maggiormente adoperati sono i porfidi, i basalti, i graniti i calcari compatti, i marmi, le arenarie e le pietre. Ciottoli di cava, fiume o mare sono tuttora usati per realizzare pavimentazioni a mosaico.

Le pavimentazioni prendono nomi diversi a seconda della posa e del trattamento della pietra. I più comuni sono due: i **ciottolati**, con sassi a spigoli quasi arrotondati e facilmente reperibili nei corsi d'acqua dei fiumi in mare o nelle cave - il selciato, realizzato da elementi di forma cubica o parallelepipedica; i **lastricati**, realizzati con lastre di dimensioni adeguata per sfruttare al meglio i blocchi che si estraggono dalle cave e ridurre il fenomeno del cullamento, che si può presentare quando un veicolo solca il bordo dell'elemento.

COME E DOVE UTILIZZARLI?

I materiali lapidei sono utilizzati per pavimentare gli spazi esterni, in particolare in piazze e spazi pubblici. ☹️

Non tutti i materiali e non tutte le modalità di posa sono ottimali per la viabilità, per esempio i cubi di porfido o granito o i ciottoli, pur sopportando il transito veicolare, non sono ottimali a causa del disagio che creano dai continui piccoli sobbalzi che generano, ma sono adatti per pavimentazioni pedonali.

La **posa su letto di malta** è utilizzata per elementi lapidei di limitato spessore che necessitano di un sottofondo rigido.

La **posa su letto di sabbia** è utilizzata per elementi di notevole spessore, con superficie di qualsiasi misura. Quest'ultimo tipo di messa in opera, di facile realizzazione, permette una rimozione e un ripristino veloci degli elementi qualora si rendessero necessari interventi nel sottosuolo o in caso di rottura.

Il tipo di posa va comunque scelto tenendo conto, oltre che dell'aspetto funzionale ed estetico, anche delle sollecitazioni da sostenere. In questo caso la posa ottimale è quella ad archi contrastanti, specialmente per i percorsi carrabili, perché evita che la direzione del moto veicolare coincida con quella dei giunti. Altri tipi di posa sono a coda di pavone, a corsi regolari e a *redans*.

materiale	densità Kg/mc	calore specifico J/kg K	albedo
ciottoli	500	840	0,45
porfido	2200	700	0,15
marmo chiaro	2500	880	0,54
granito	2650	900	0,45
basalto	2700	720	0,15



albedo 0,15-0,54 a seconda del materiale
densità 500-2700 Kg/mc a seconda del materiale
calore specifico 700-900 J/kg K a seconda del materiale



manutenzione variabile in funzione del tipo di posa in caso di rottura si provvede alla sostituzione parziale dei ciottoli o conici o lastre

ADATTABILITÀ

DUREVOLEZZA

ORNAMENTALITÀ

Guida REBUS - Materiali



COMFORT RAFFRESCAMENTO MITIGAZIONE SOCIALITÀ LAME D'ACQUA

QUAL È IL RUOLO DELLE LAME D'ACQUA NEGLI SPAZI URBANI?

Le lame sono delle vere e proprie pareti d'acqua che possono scorrere lungo una superficie verticale oppure rappresentare esse stesse un limite verticale nello spazio urbano. Si tratta di acqua che scorre per una superficie più o meno ampia. Il contributo al miglioramento del microclima e del comfort termico varia in funzione della dimensione della lama d'acqua, mentre l'effetto di raffreddamento risulta evidente sia se raggiunta da radiazione solare che all'ombra.

Rispetto alla superficie orizzontale, l'utilizzo dell'acqua su una lama verticale risulta vantaggioso perché è maggiore la superficie di scambio con il corpo di una persona.

COME LE LAME D'ACQUA AUMENTANO IL COMFORT PERCEPITO DALLE PERSONE?

La presenza di una lama d'acqua in uno spazio urbano è caratterizzata da una serie di fenomeni che contribuiscono al miglioramento delle condizioni di comfort termico.

L'acqua è caratterizzata da un basso coefficiente di riflessione verso l'ambiente, ma a questo non corrisponde un aumento della temperatura superficiale. Infatti l'acqua che evapora richiede un'energia che viene ceduta dall'aria che a sua volta si raffredda.

Altro importante vantaggio è che gli scambi energetici persona-lama sono negativi. In altre parole, le persone che camminano o sostano nelle vicinanze (con una temperatura corporea di circa 37°C) cedono calore alla lama d'acqua che dovrebbe essere intorno ai 20°C. Basti pensare che una parete mineralizzata soleggiata, può tranquillamente superare la temperatura del corpo umano e, di conseguenza, cedere calore alla persona, che vede così aumentare il proprio bilancio termico.

In zone di sosta, si possono combinare più sistemi di raffreddamento. ☺ ☹ ☹



albedo
densità
calore specifico

0,05-0,1 (sole allo zenit) 0,5-0,8 (sole all'orizzonte)
1000 Kg/mc
4180 J/kgK



manutenzione

pulizia periodica dei filtri ed eventuale disincrostazione in caso di deposito calcareo

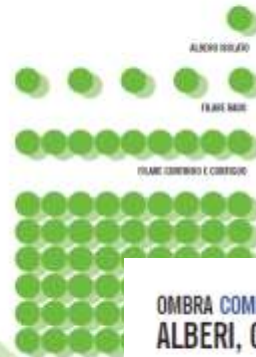
Guida REBUS - Materiali



Le piante utilizzano una minima parte della radiazione solare (CS) per la fotosintesi (2%), ne riflettono circa il 20% (RI) e il 18% (O) la trasmettono al terreno riscaldandolo il 20% sotto forma di 'calore sensibile' (CS) e il 60% in 'calore latente' (CL) attraverso un meccanismo naturale che abbassa la temperatura dell'aria: l'evapotraspirazione, cioè l'emissione di vapore acqueo.



ALBERI ²³ OMBRA ED EVAPOTRASPIRAZIONE INFLUENZARE LO STATO TERMICO



OMBRA COMFORT MITIGAZIONE ORNAMENTALITÀ ALBERI, OMBRA ED EVAPOTRASPIRAZIONE VEGETATION

PERCHÉ L'ALBERO ABBASSA LA TEMPERATURA DELL'ARIA?

Gli alberi creano una 'bolla di penombra', più o meno ampia e intensa a seconda dell'altezza e della forma dell'esemplare arboreo e della forma e densità delle foglie, nella quale il livello di comfort termico è maggiore. Le chiome vegetali inoltre intercettano la radiazione solare, determinando una temperatura radiante delle superfici costruite ombreggiate inferiore a quella delle superfici esposte alla radiazione diretta.

Sono 10 le persone che vivono grazie all'ossigeno rilasciato da una pianta e il beneficio che trae un individuo che cammina protetto dagli alberi è molteplice: l'ombra diretta, l'abbassamento della temperatura dell'aria e il fatto che la persona 'scambia' calore con un elemento che ha una temperatura più bassa (la chioma dell'albero ed eventualmente le pareti ombreggiate degli edifici).

Un albero adulto può traspirare fino a 450 litri di acqua al giorno (1000 MJ) e, per ogni grammo di H₂O evaporata, occorrono 633 calorie, che sono sottratte all'ambiente, producendo un abbassamento di temperatura equivalente alla capacità di cinque condizionatori di aria di piccola potenza operanti 20 ore al giorno. Inoltre, più la vegetazione è densa e più energia viene assorbita in quanto la massa verde si comporta come un corpo scuro.

COME USARE GLI ALBERI PER LA MITIGAZIONE TERMICA?

L'efficacia di raffreddamento di una massa vegetativa è generata dalla somma dell'effetto di evapotraspirazione e ombreggiamento ed è proporzionale alla continuità del primo e alla contiguità del secondo. Lo stesso numero di alberi possiede una maggiore efficienza termoregolatrice quanto minori sono le loro distanze, compatibilmente con le esigenze di crescita, dipendenti dalla specie e varietà di appartenenza.

Perciò, a seconda della morfologia dello spazio urbano, gli alberi possono essere presenti come unico individuo, organizzati in filari (singoli, doppi, a gruppo o misti) o come massa vegetata. 🌳🌳🌳🌳🌳

Lungo i percorsi generalmente si utilizza il filare, mentre nelle piazze, nei giardini e nei parcheggi 🌳🌳🌳🌳🌳🌳🌳 sia i filari (anche doppi) sia le masse vegetate che generano un effetto bosco. L'impiego complessivo e la messa a dimora degli alberi nelle diverse forme conferisce continuità all'infrastruttura verde della città. 🌳

Nella disposizione si deve tener conto della dimensione del raggio della chioma dell'albero che sarà la metà del sesto di impianto per impedire che l'accrescimento della chioma di un albero interferisca con la chioma di quello vicino.



albedo
calore assorbito

0,2
fino a 280 milioni di calorie sottratte all'ambiente da un albero adulto al giorno in fase vegetativa



assimilazione CO₂

5-10 kg/anno: albero di nuovo impianto
30 kg/anno: albero del diametro di 23-30 cm di tronco
70-250 kg/anno: albero adulto secondo la specie
20 alberi assimilano la CO₂ prodotta in 1 anno da un'auto (10 mila km)



Modellazione

Mappatura - Stato di fatto – Stato di progetto - software

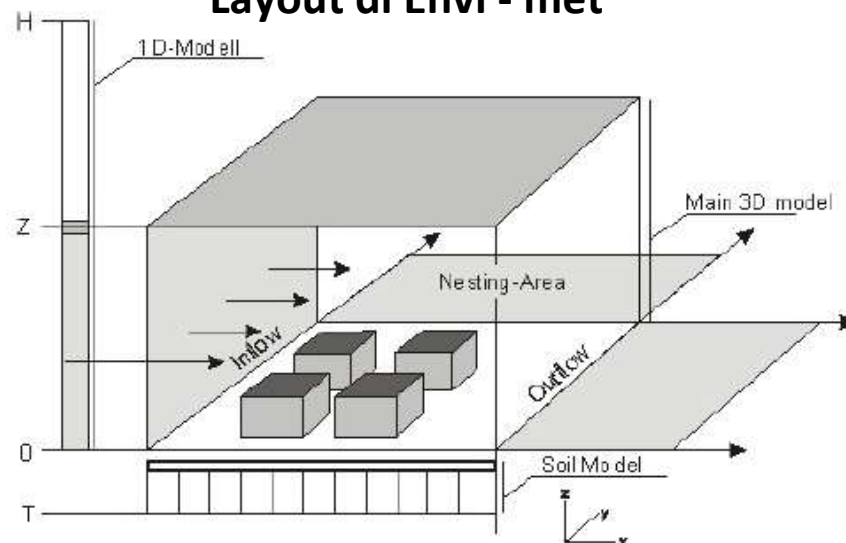
SKY VIEW FACTOR

Consiste nella misurazione tridimensionale dell'angolo solido della vista del cielo da uno spazio urbano. Determina lo scambio di calore radiante tra la città e il cielo. Se l'SVF è 1 significa che la vista del cielo è totale, ad esempio all'aperto, con la conseguente stretta correlazione tra temperature e valori meteorologici. Se l'SVF è 0 significa che la vista del cielo è totalmente ostruita e conseguentemente le temperature sono fortemente legate al contesto urbano (RUROS, 2004).

IRRADIANZA

Rapporto tra l'energia radiante per unità di tempo (dovuta alla ricezione della radiazione solare) che incide su una superficie (di qualunque inclinazione e orientazione) e l'area della superficie stessa.

Layout di Envi - met



RIFLETTANZA SOLARE

La frazione della radiazione solare incidente che viene direttamente riflessa da una superficie irradiata; il suo valore varia da 0, per una superficie totalmente assorbente, fino a 1 (o al 100%), per una superficie perfettamente riflettente.

Si tratta di una caratteristica rilevante ai fini di limitare gli apporti solari estivi attraverso l'involucro edilizio, con la realizzazione dei cosiddetti "cool roofs".

La modellazione della turbolenza

Si basa su due variabili: la turbolenza locale (E) e il suo tasso di dissipazione (ϵ).

L'energia cinetica in questo caso rappresenta una misura dell'intensità delle turbolenze dell'aria; essa risulta direttamente legata al trasporto locale di calore e umidità.

Il sistema implementato è di due equazioni di cui la prima descrive la distribuzione di energia cinetica nell'aria in funzione della produzione dei moti convettivi e la seconda esprime la dissipazione dell'energia stessa.

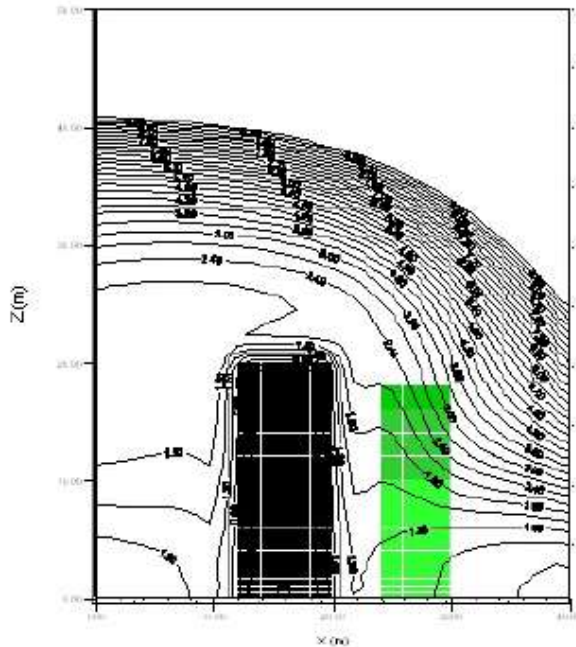
$$\begin{aligned} \frac{\partial E}{\partial t} + u \frac{\partial E}{\partial x} + v \frac{\partial E}{\partial y} + w \frac{\partial E}{\partial z} = & \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(K_E \frac{\partial E}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_E \frac{\partial E}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_E \frac{\partial E}{\partial z} \right) & \\ + K_m \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right. & \\ \left. + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right\} - \frac{g}{\theta} K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} + Q_E(x, y, z) - \epsilon & \end{aligned}$$

on is similar but describes the Dissipation Rate of TKE (ϵ or eps):

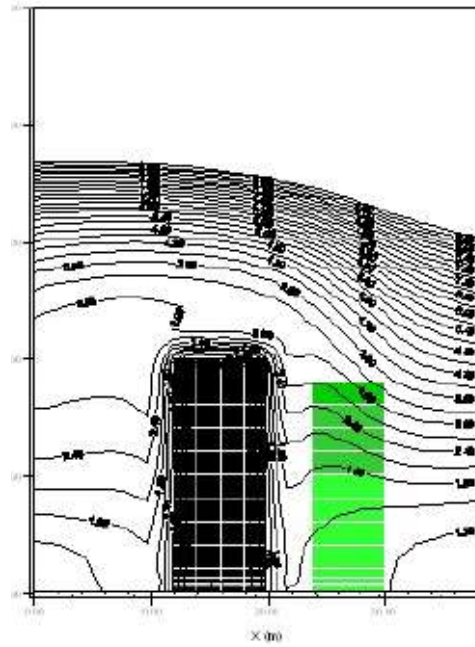
$$\begin{aligned} \frac{\partial \epsilon}{\partial t} + u \frac{\partial \epsilon}{\partial x} + v \frac{\partial \epsilon}{\partial y} + w \frac{\partial \epsilon}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_\epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_\epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_\epsilon \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \right) & \\ + c_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{E} K_m \left\{ 2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right. & \\ \left. + 2 \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right\} & \\ - c_{3\epsilon} \frac{\epsilon}{E} \cdot \frac{g}{\theta} K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} - c_{2\epsilon} \frac{\epsilon^2}{E} + Q_\epsilon(x, y, z) & \end{aligned}$$

Boundary layer

Lateral boundary conditions (LBC) define the way, the model behaves at its lateral boundaries. This is a very specific setting and you normally do not need to change these settings.

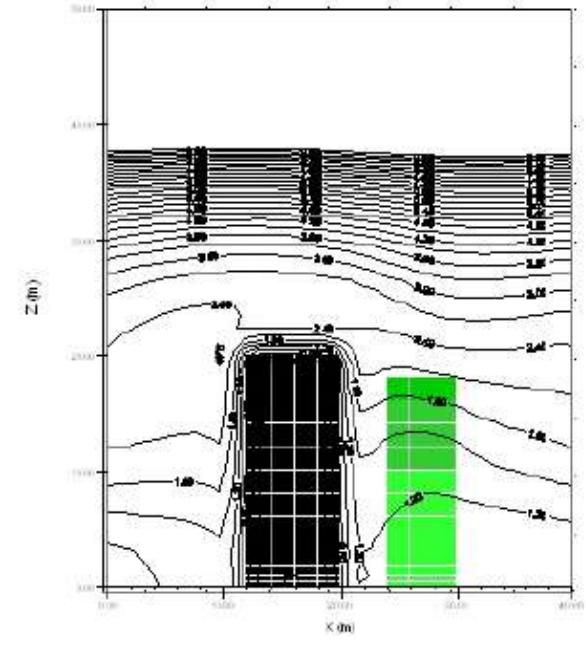


Km distribution for forced/closed LBC



Km distribution for open LBC

low boundary is now more similar to the



Km distribution for cyclic LBC

From Version 4 on, it is recommended to use at least the “Simple Forcing” option for temperature and humidity. This overcomes almost all problems that have been observed with the lateral boundaries in the former versions.

MAPPATURA DEL COMFORT TERMICO

MAPPATURA DEL COMFORT TERMICO

Le mappe di confort si riferiscono ad un ambiente urbano su scala di quartiere ed hanno l'obiettivo di aiutare a prevedere e valutare le condizioni bioclimatiche, l'uso dello spazio e l'influenza del progetto urbano attraverso: la focalizzazione sull'analisi spaziale delle zone di confort termico all'interno del sito, la facilitazione del confronto delle condizioni di confort termico tra siti differenti, la possibilità di confrontare le condizioni di confort termico tra diverse concezioni progettuali, la elaborazione di informazioni sulla stretta relazione tra confort termico e uso dello spazio (RUROS, 2004).

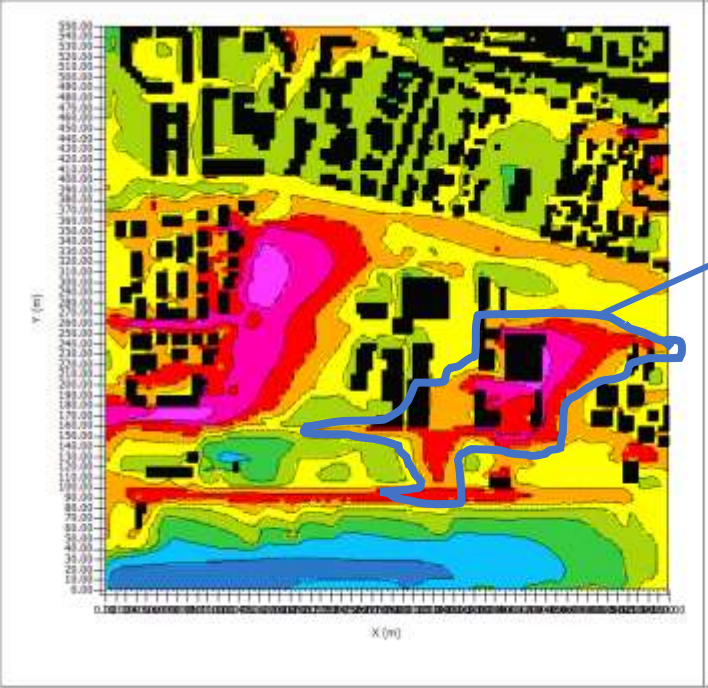


Figure 1: Sim Ferrara
12:00:00 24.06.2017
s/y 164x168 km 1x1 (z=1.0000 m)

Riduzione/alimnazione area con $T > 33^{\circ}\text{C}$

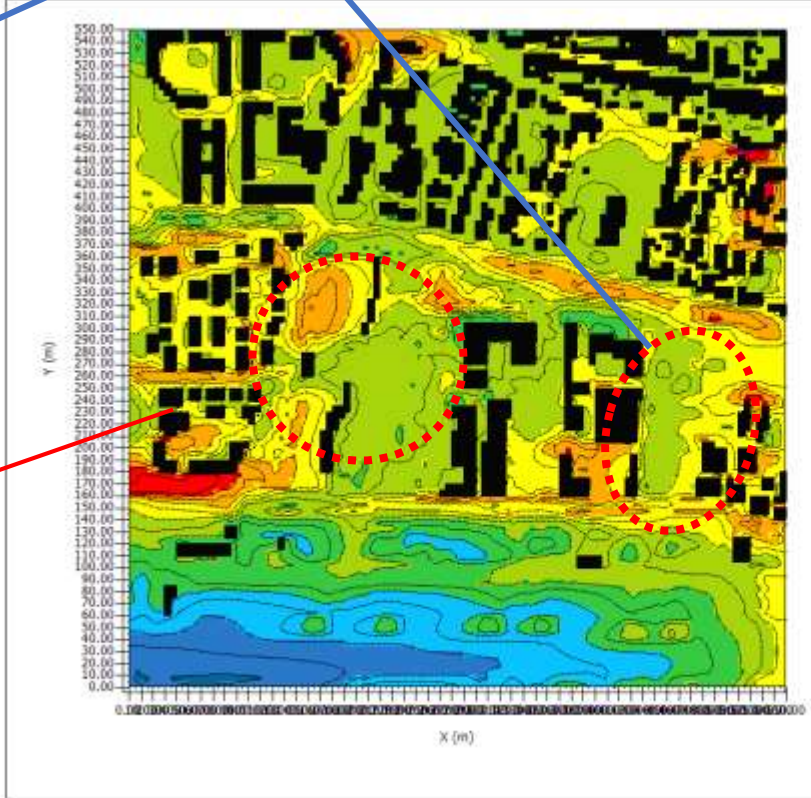
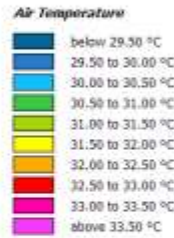


Figure 1: Sim Ferrara_Post
12:00:00 24.06.2017
s/y 164x168 km 1x1 (z=1.0000 m)



Min: 25.43 °C
Max: 33.36 °C



Incremento area con $T < 31 - 32^{\circ}\text{C}$

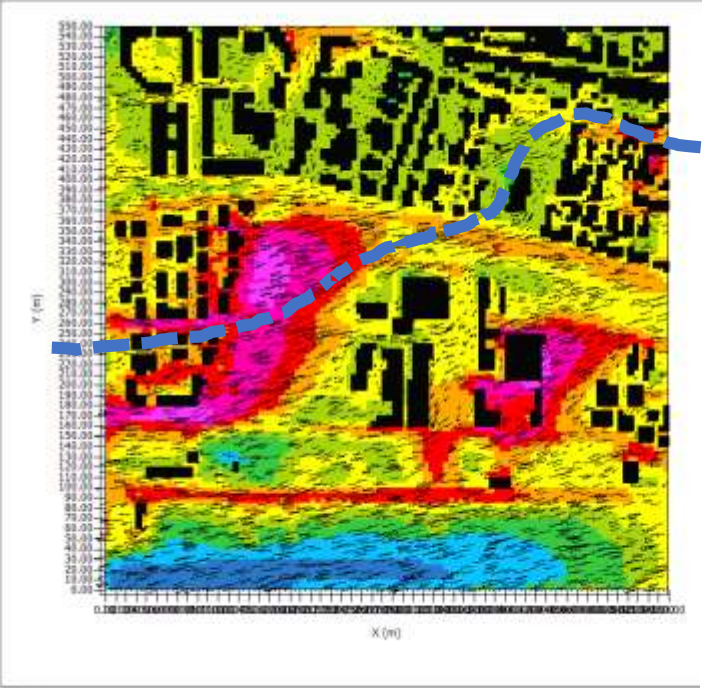


Figure 1: Sim Ferrara
12:00:00 24.06.2017
u/v: 10:00:00 km/h (m=1.0000 m)

Air Temperature
 below 29.50 °C
 29.50 to 30.00 °C

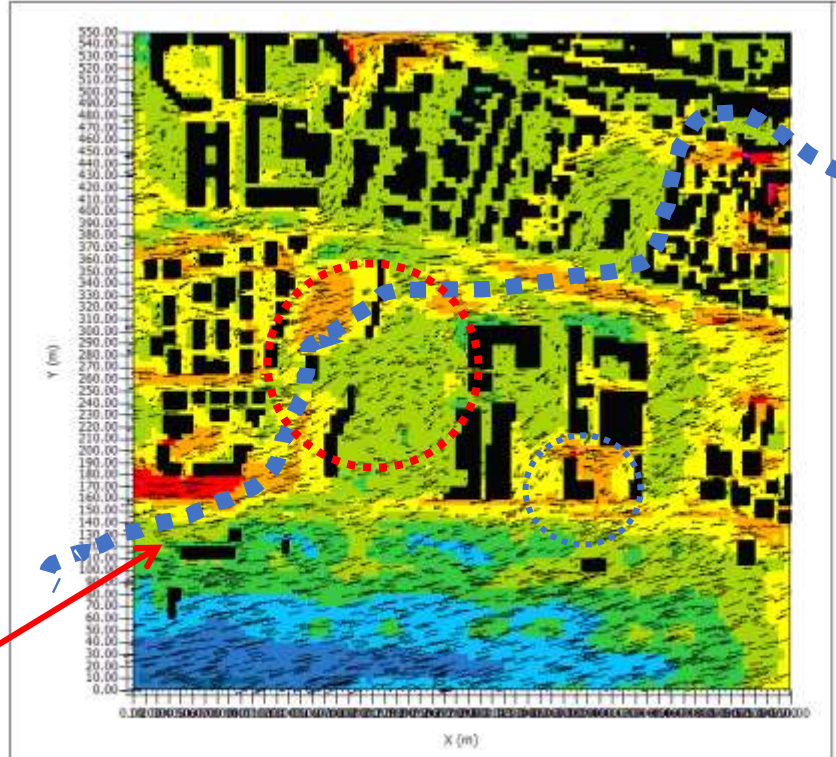


Figure 1: Sim Ferrara_Post
12:00:00 24.06.2017
u/v: 0:00:00 km/h (m=1.0000 m)

Air Temperature
 below 29.50 °C
 29.50 to 30.00 °C
 30.00 to 30.50 °C
 30.50 to 31.00 °C
 31.00 to 31.50 °C
 31.50 to 32.00 °C
 32.00 to 32.50 °C
 32.50 to 33.00 °C
 33.00 to 33.50 °C
 above 33.50 °C

Min: 29.43 °C
 Max: 33.36 °C

Flow v
 0.60 m/s
 1.20 m/s
 1.80 m/s
 2.40 m/s
 3.00 m/s



Minore intensità del vento
(numero vettori)

Turbolenza (bordo modello)

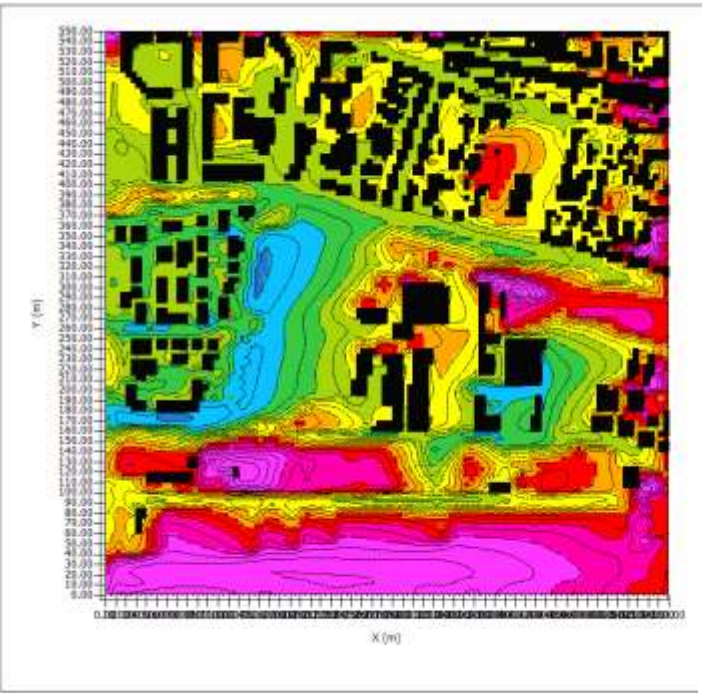


Figure 1: Sim Ferrara
12:00:00 24.06.2017
s/y Cut at 4 m (z=1.8000 m)

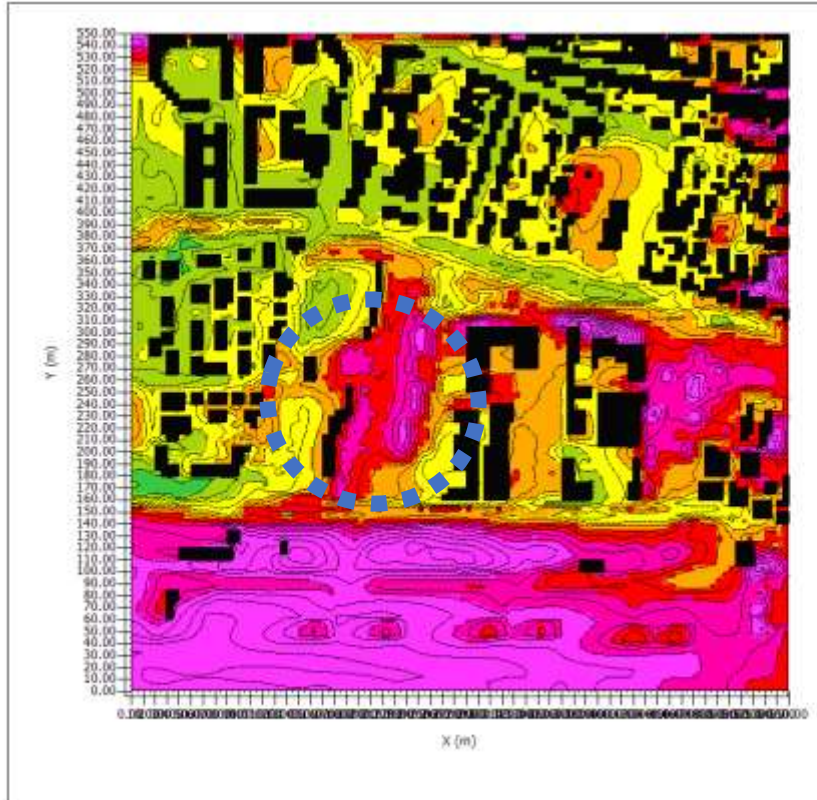
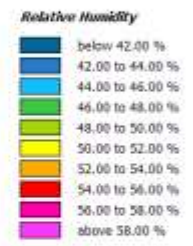


Figure 1: Sim Ferrara_Post
12:00:00 24.06.2017
s/y Cut at 4 m (z=1.8000 m)



Min: 47.09 %
Max: 65.15 %



AUMENTO valore RH in tutte le aree
(positivo? Valutare su PET: rischio caldo umido)

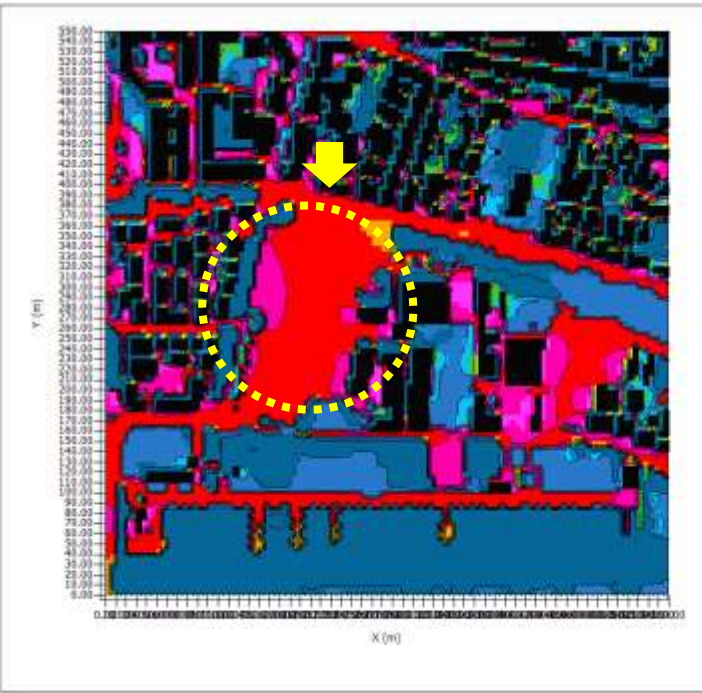


Figure 1: Sim Ferrara
12:00:00 24.06.2017
s/y Cut at h=0 (z=0.000 m)

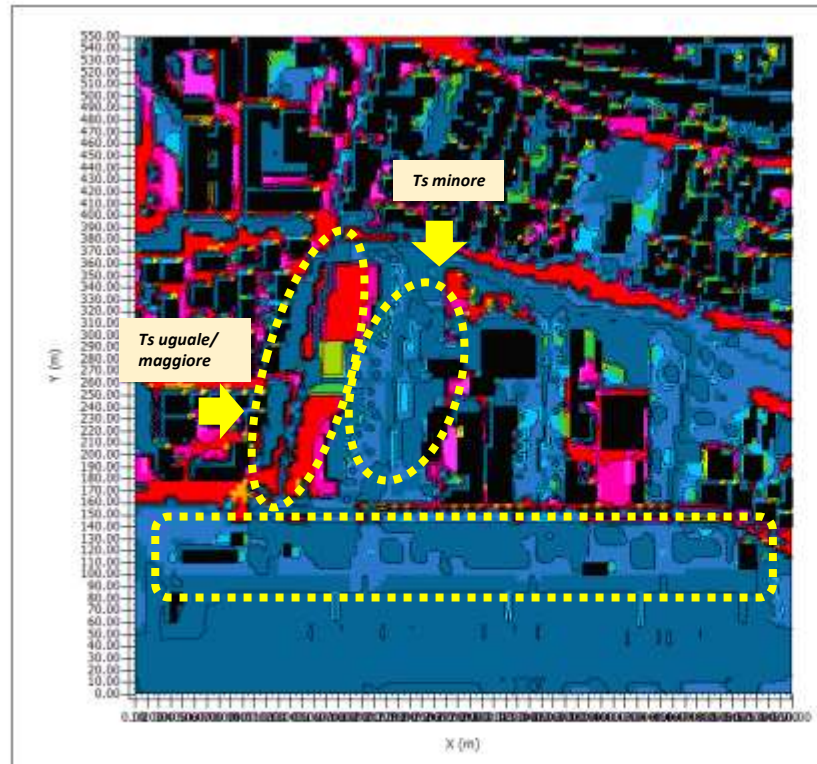


Figure 1: Sim Ferrara_Post
12:00:00 24.06.2017
s/y Cut at h=0 (z=0.000 m)

T Surface

Dark Blue	below 30.80 °C
Blue	30.80 to 32.60 °C
Light Blue	32.60 to 34.40 °C
Green	34.40 to 36.20 °C
Yellow-Green	36.20 to 38.00 °C
Yellow	38.00 to 39.80 °C
Orange	39.80 to 41.60 °C
Red	41.60 to 43.40 °C
Pink	43.40 to 45.20 °C
Magenta	above 45.20 °C

Min: 19.85 °C
Max: 46.97 °C





Figure 1: Sim Ferrara
12:00:00 24.06.2017
v/v CA at k=1 (n=1.4000 m)

miglioramento PET da VERY HOT a WARM
(ma solo in alcune aree, non tutta l'area ...)

PET physiological effective temperature

PMV	PET (°C)	Thermal perception	Grade of physiological stress
-3.5	4	Very cold	Extreme cold stress
-2.5	8	Cold	Strong cold stress
-1.5	13	Cool	Moderate cold stress
-0.5	18	Slightly cool	Slight cold stress
0.5	23	Comfortable	No thermal stress
1.5	29	Slightly warm	Slight heat stress
2.5	35	Warm	Moderate heat stress
3.5	41	Hot	Strong heat stress
		Very hot	Extreme heat stress

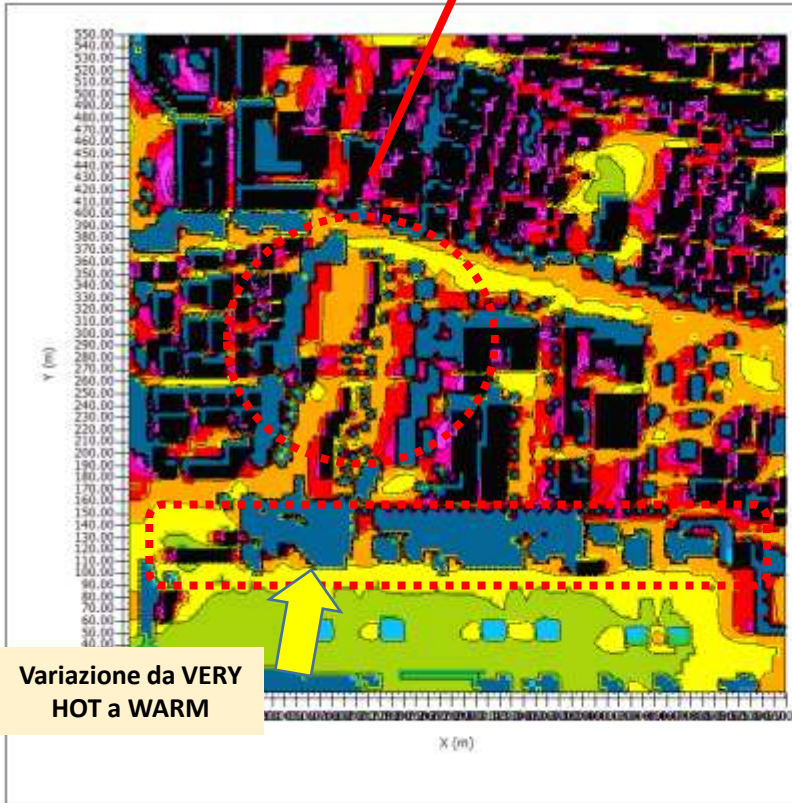


Figure 1: Sim Ferrara_Post
12:00:00 24.06.2017
v/v CA at k=1 (n=1.4000 m)

- PET
- below 37.00 °C
 - 37.00 to 38.00 °C
 - 38.00 to 39.00 °C
 - 39.00 to 40.00 °C
 - 40.00 to 41.00 °C
 - 41.00 to 42.00 °C
 - 42.00 to 43.00 °C
 - 43.00 to 44.00 °C
 - 44.00 to 45.00 °C
 - above 45.00 °C

Min: 31.67 °C
Max: 52.80 °C

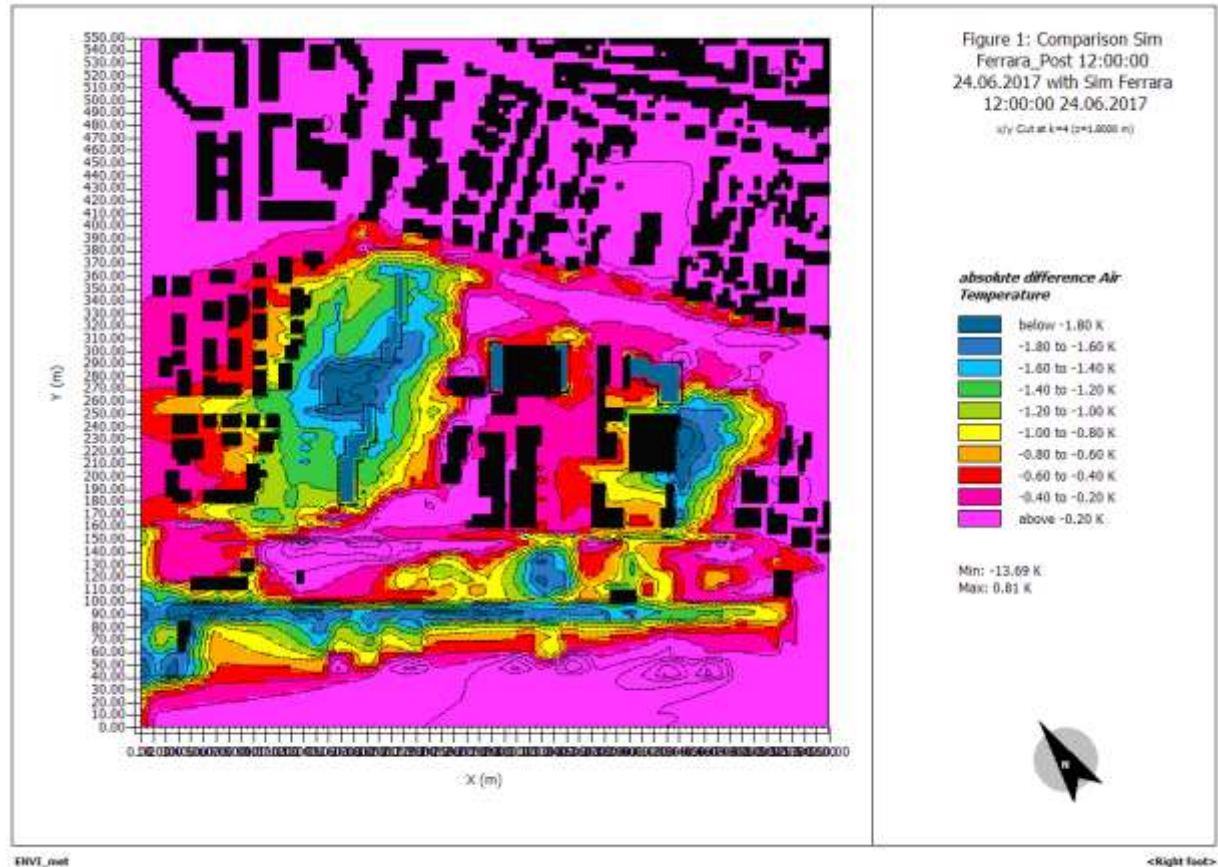
Variazione da VERY HOT a WARM



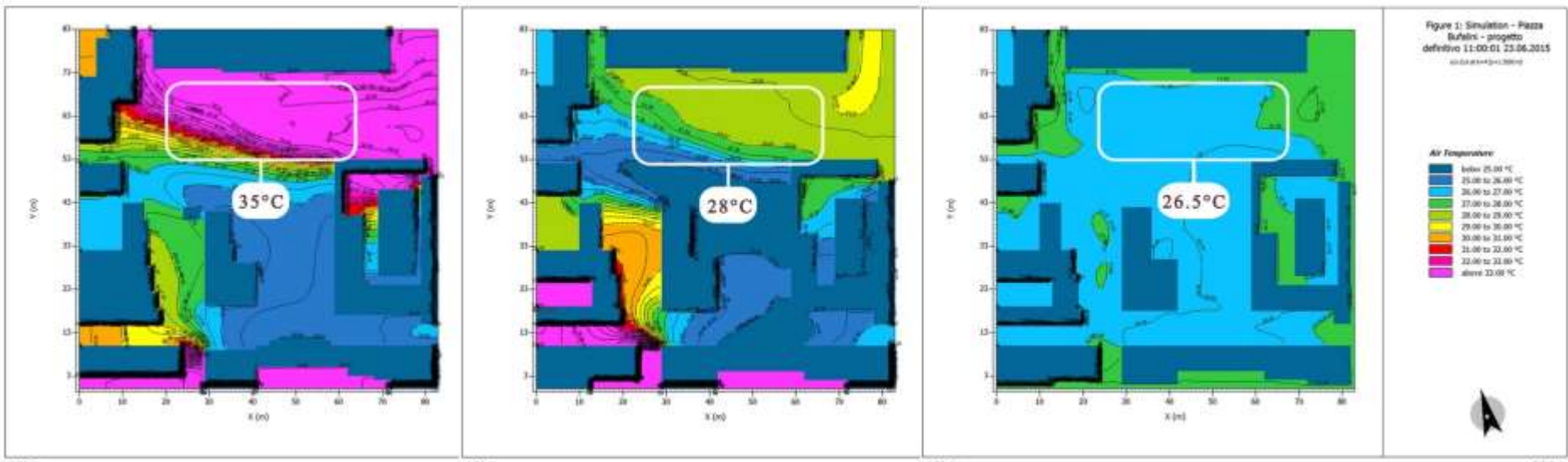
Differenza di temperatura: T progetto – T stato di fatto

(il valore negativo corrisponde a una riduzione di temperatura nel progetto rispetto allo stato di fatto)

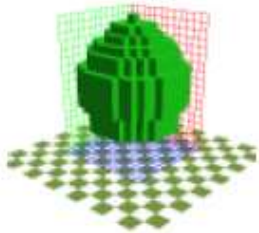
- Riduzione temperatura di circa -0.6°C su quasi tutta l'area
- Riduzione di circa -1.8°C nelle due zone aperte e presso la banchina della darsena
- Riduzione di circa -1.4°C – -1.2°C nelle due zone aperte e presso la banchina della darsena
- L'area libera da edificazioni subisce variazioni di -0.2°C (positivo: riverbero degli effetti)
- Il progetto ha effetti positivi sulla temperatura, vento e temperatura superficiale, meno su HR e PET



Cso studio P.zza Bufalini CESENA



Cosa si può modellare con ENVI-MET – Vegetazione e Alberature



3D Plant Geometry

ENVI-met supports simple vertical plants such as grass or corn, but also allows complex 3D vegetation geometries like large trees. All plants are treated as individual species with an

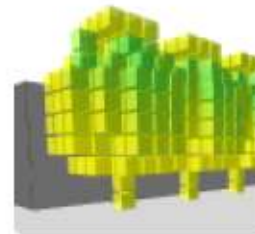
integrated water balance control and heat and water stress reaction concept.



Vegetation water supply

Plants are living organisms and will only contribute in positive way to the local microclimate, if enough water is available in the soil within the root zone. Together with the simulation of the soil

water content and the new sophisticated 3D root model, the dynamic water supply of the plant and the resulting water extraction from the soil can be calculated.



Foliage temperature

The temperature of the leafs is calculated by solving the energy balance of the leaf surface with respect to the actual meteorological and plant physiological conditions for each grid box of the plant

canopy. The health status of the plant and the water supply by the soil regulate, beside other factors, the plants transpiration rate and thereby the leaf temperature. ENVI-met uses a sophisticated model to simulate the stomata behaviour of the vegetation in response to microclimate, CO₂ availability and water stress level.

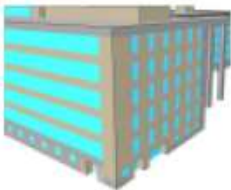
Cosa si può modellare con ENVI-MET – Edificio e involucro



Surface and soil temperature

The surface temperature and the distribution of soil temperature is calculated for natural soils and for artificial seal materials down to a depth of -4m. For each

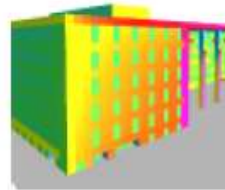
vertical grid layer a different soil or sealing material can be chosen in order to simulate different soils structures. The heat conductivity of natural soils is calculated with respect to the actual soil water content.



Detailed building materials

In Detailed Design Mode, ENVI-met allows to assign individual wall types to each wall and roof surface. The wall types can be composed out of 3 layers of different materials with individual

physical properties such as solar radiation transmission, heat capacity or heat conductivity. The different wall and roof materials can be designed graphically using the Database Manager.



Each wall and roof segment in ENVI-met is represented by its own thermodynamical model consisting of 7 prognostic calculation nodes. The temperature of the outside node is updated continuously with respect to the meteorological variables

at the facade and the thermal state of the buildings and other objects within the view range of the facade/roof element considered. The thermal state of the inner wall nodes is calculated from the physical properties assigned to the wall/roof based on Fourier's law of heat conduction

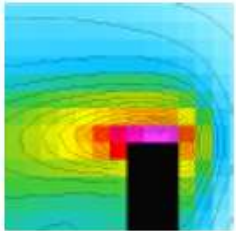


Full 3D building geometry & Single walls

Complex buildings and other structures can be constructed in full 3D with no limitations in complexity as far as the cubic base structure

allows. This allows the simulation of semi-open spaces such as the soccer stadium shown in the icon and in this example. Moreover, ENVI-met Professional allows the usage of single thin walls that can be applied to any grid which can be used to represent spaces which are enclosed by walls but do not behave like a building e.g. bus stop shelters, shading structures...

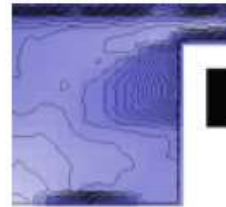
Cosa si può modellare con ENVI-MET – Situazioni specifiche



Turbulence

Turbulence is calculated using the E-epsilon 1.5order closure ("E-epsilon" or "k-epsilon" model). Two prognostic equations for turbulent energy production (E) and its dissipation (ϵ) are used to

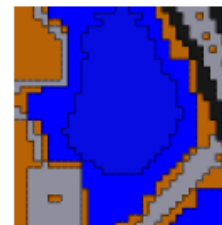
simulate the distribution of turbulent energy. Exchange coefficients (K_x) in the air are calculated using the Prandtl-Kolmogorov relation. For low wind situations, the 1st order mixing length model can be used instead of the E-epsilon model (which often fails in this situations).



Soil water content

Simulating the water balance of the surface and the soil is a crucial aspect in urban microclimatology. While humid soils can act as cooling devices, dry soils are often hotter than asphalt. In

addition, the cooling effect, and -on a longer time perspective- the vitality of vegetation depends on available soil water. ENVI-met dynamically solves the soil hydraulic state of the soil based on Darcy's law



Water bodies and ponds

Water bodies are represented as a special type of soil. The calculated processes inside the water include the transmission and absorption of shortwave radiation inside the water. No second energy

balance is used for the ground surface of the water pool, so that heating of shallow systems is lower than under real conditions where the main source of energy is the convection from the water ground surface rather than the absorption of radiation. In addition, no turbulent mixing is included in the model so that the use is restricted to still waters (e.g. lakes).

Ringraziamenti

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Arch. Kristian Fabbri

e.mail: info@kristianfabbri.com

www.kristianfabbri.com

DISCLAIMER

Disclaimer

Materiale didattico. È vietata la diffusione, stampa , pubblicazione e riproduzione in qualunque forma, cartaceo o digitale, al di fuori dell'attività didattica svolta presso l'ente formatore



È vietata la riproduzione di parte o di tutto il contenuto di questa pubblicazione senza il consenso dell'arch. Kristian Fabbri.

I contenuti di questa pubblicazione non devono essere intesi quale consulenza professionale o legale; dato il rapido ritmo di cambiamento della legislazione e normativa di settore i contenuti potrebbero non riflettere sviluppi giurisprudenziali e dottrinali più recenti. Raccomandiamo di consultare la legislazione vigente e/o avvalersi della consulenza del relatore per successivi chiarimenti. Qualsiasi utilizzo illecito e non autorizzato anche del marchio, sono perseguibili ai sensi delle vigenti normative in materia.

Arch. Kristian Fabbri

e.mail: info@kristianfabbri.com

www.kristianfabbri.com