

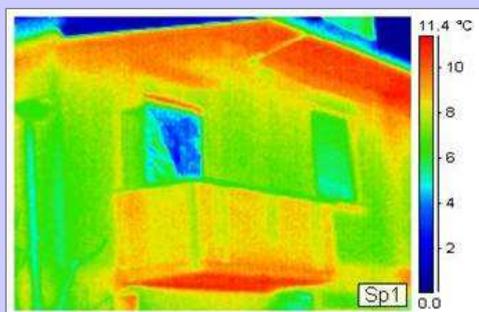
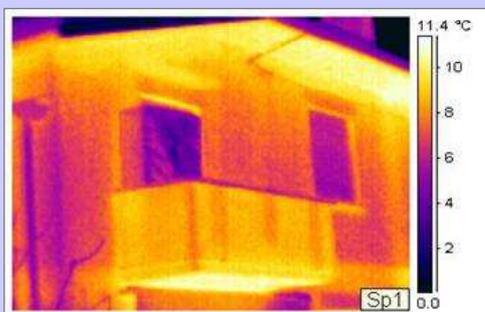
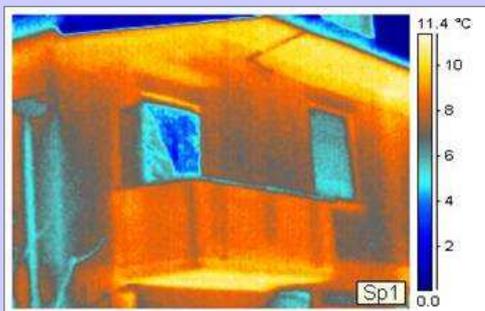
Un pacchetto di copertura che tenga conto del caldo e del freddo

Claudio Pellanda prof.a.c.Università IUAV Venezia

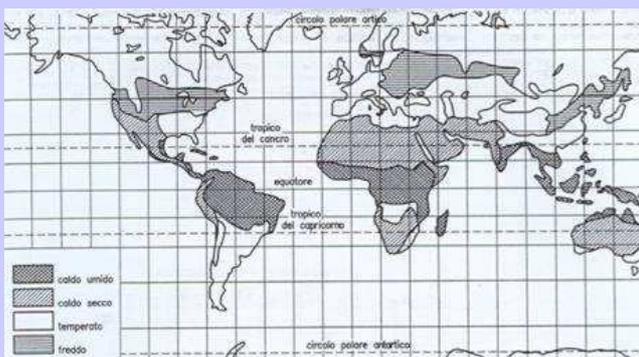
pellanda@iuav.it

presentazione scaricabile dal sito:

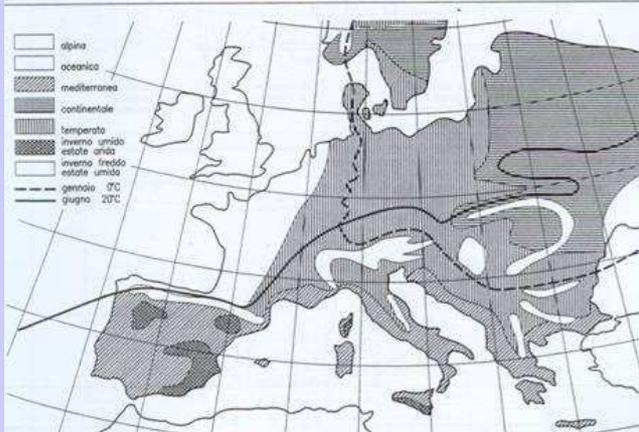
www.klimark.it – area download



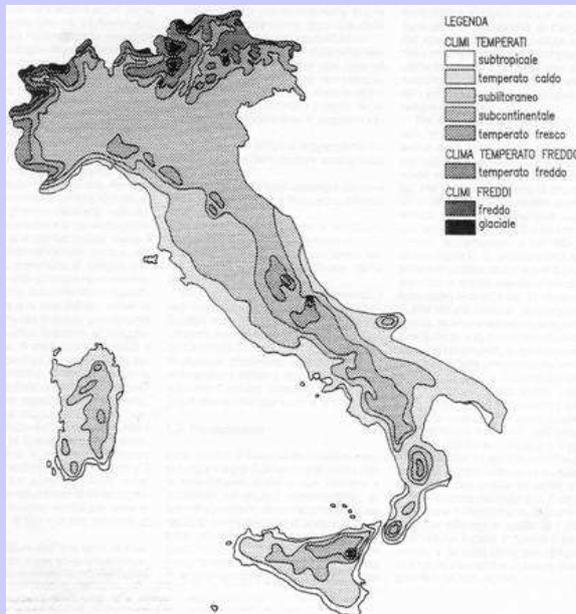
DALLA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI ALLA PROGETTAZIONE DELLE PRESTAZIONI COLLOCAZIONE GEOGRAFICA e RICHIESTE PRESTAZIONALI



Temperato = caldo + freddo: vantaggio o no ?



- MAPPA 1: clima temperato
- MAPPA 2: clima temperato + clima mediterraneo
- MAPPA 3: clima temperato ... clima temperato freddo ... clima freddo ...



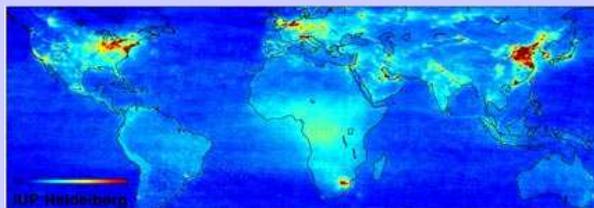
**DALLA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI ALLA PROGETTAZIONE DELLE PRESTAZIONI
RELAZIONARSI ALLA COLLOCAZIONE GEOGRAFICA**

3/51



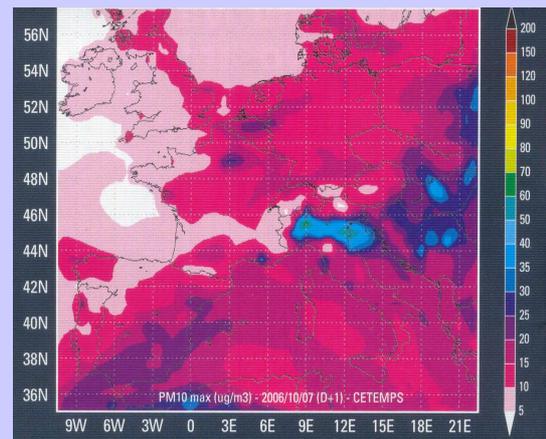
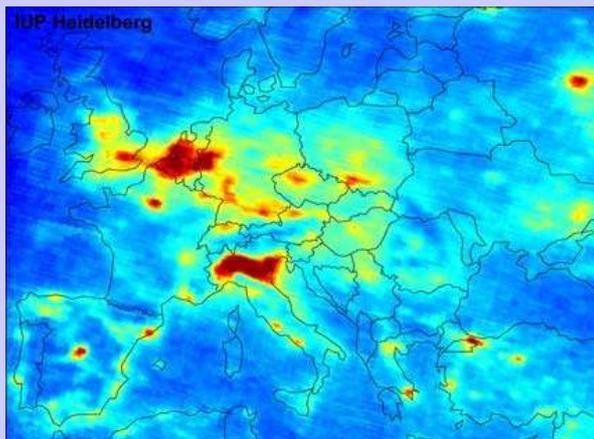
**DALLA PROGETTAZIONE DEGLI EDIFICI ALLA PROGETTAZIONE DELLE PRESTAZIONI
RELAZIONARSI ALLA LIMITATEZZA DELLE RISORSE E DELLE POSSIBILITA' DI EMISSIONI**

4/51



ESA Livelli di NO2 sull'Europa <http://www.esa.int>

CETEMPS Livelli di pm10 sull'Europa il 7.10.2007

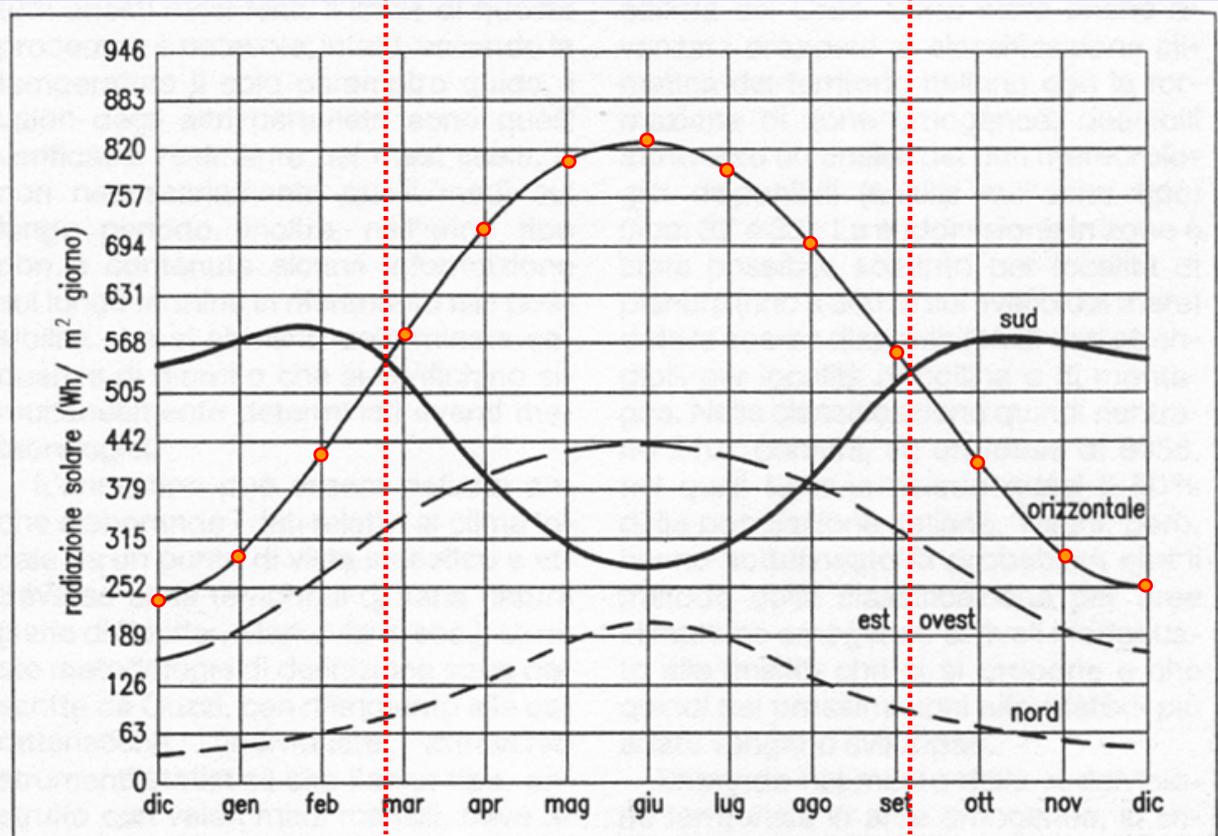


IL PROGETTO DELLE COPERTURE PER IL CONTROLLO DEL SURRISCALDAMENTO ESTIVO

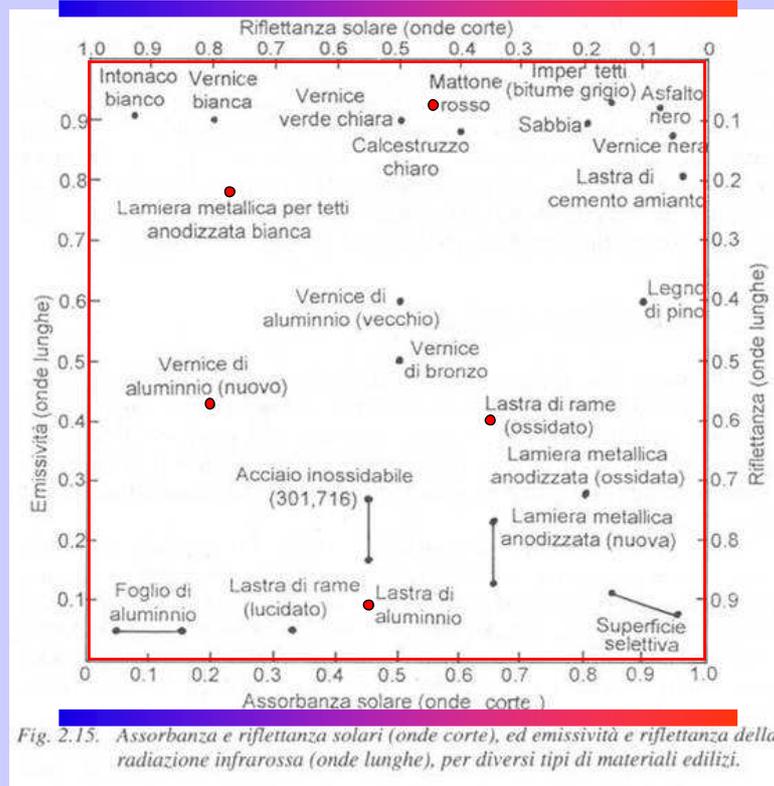


CRITICITA' AMBIENTALI:
situazione estiva

rischio surriscaldamento da copertura

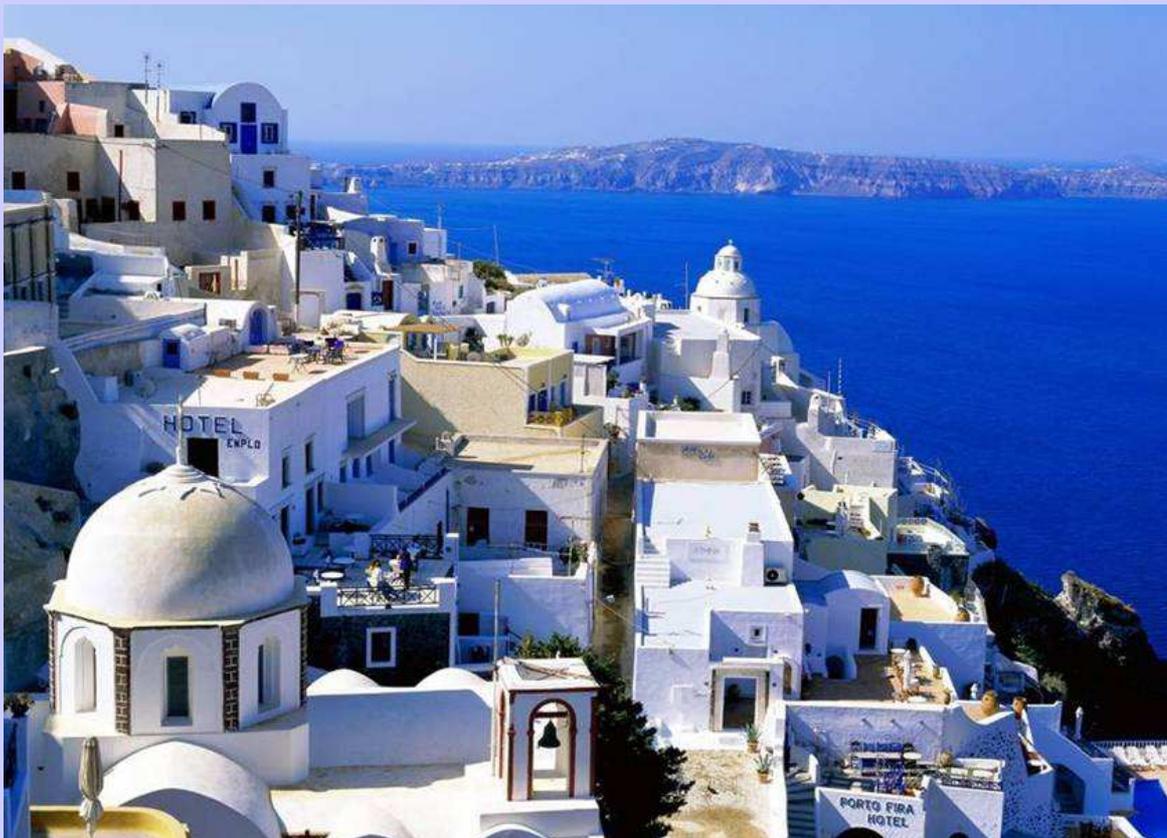


1. limitare l'assorbimento: scelta finiture



tratto da Grosso Mario, Il raffrescamento passivo degli edifici, Ed.Maggioli, Milano 1997

1. limitare l'assorbimento: scelta finiture



1. limitare l'assorbimento: manti massivi



1. limitare l'assorbimento: strati di accumulo

Confronto tra le capacità di accumulo del calore

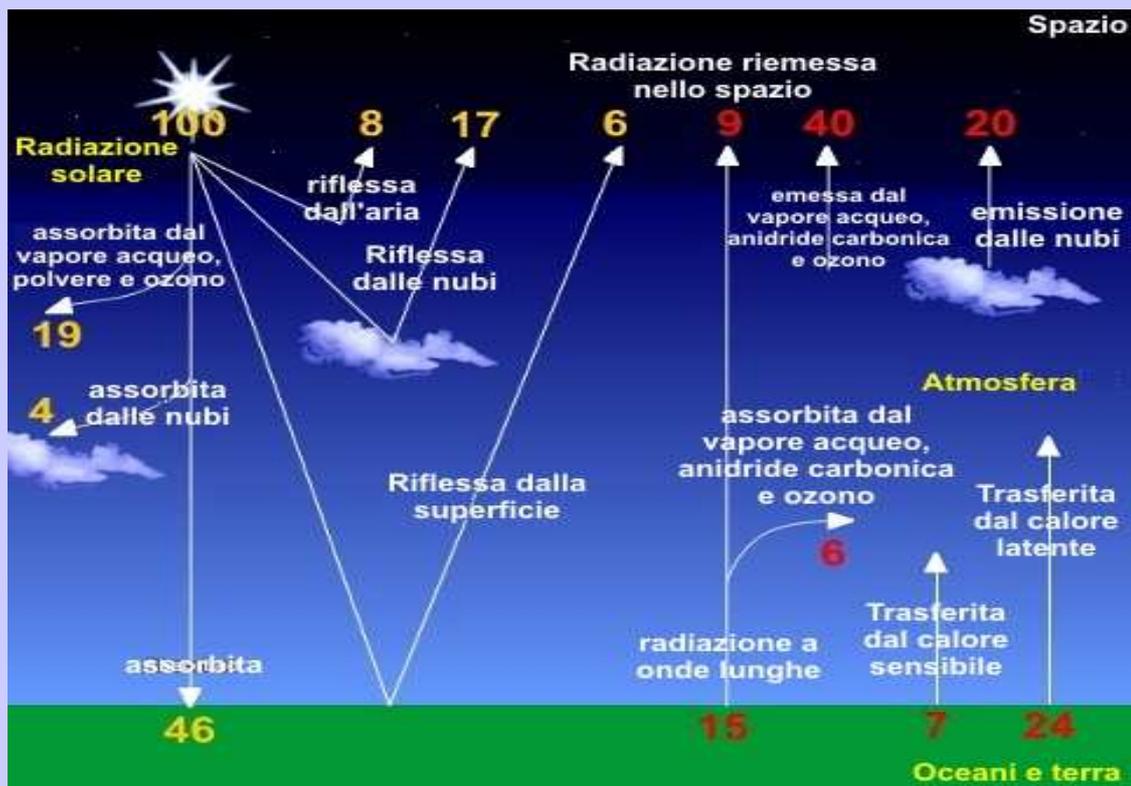
muro di mattoni di 12 cm

parete di calcestruzzo di 9 cm

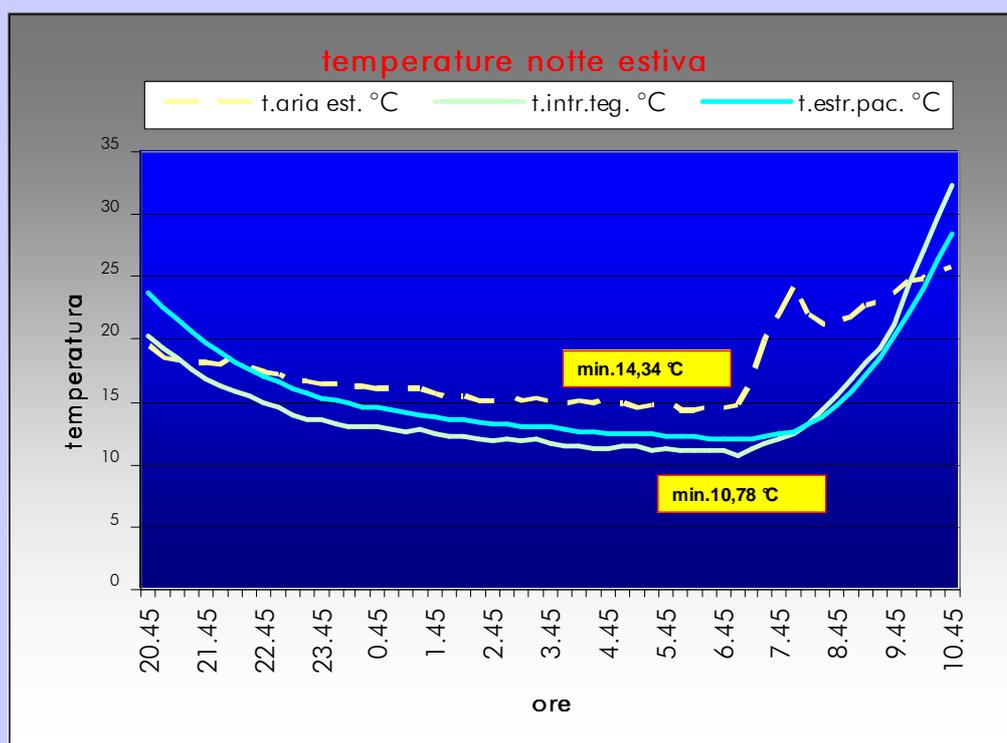
Micronal® PCM SmartBoard™ di 1,5 cm

Fonte: BASF

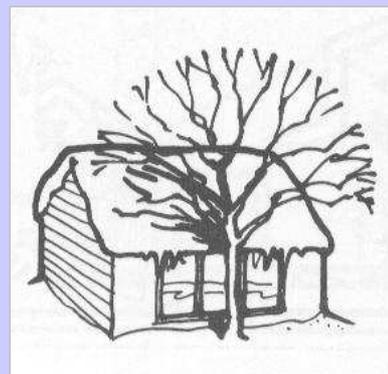
1. limitare l'assorbimento: reirraggiamento



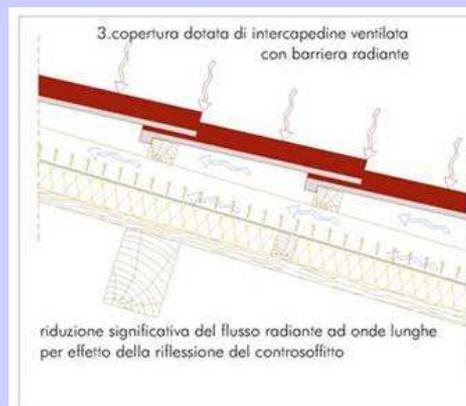
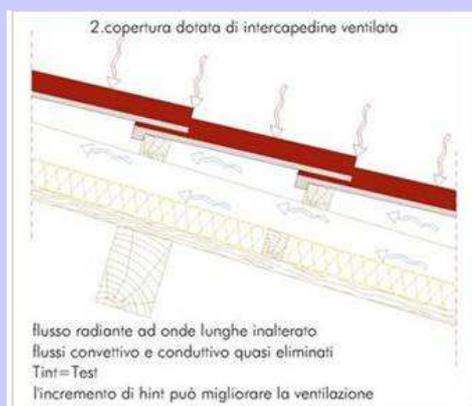
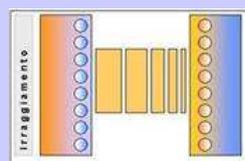
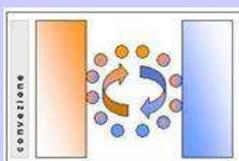
1. limitare l'assorbimento: reirraggiamento



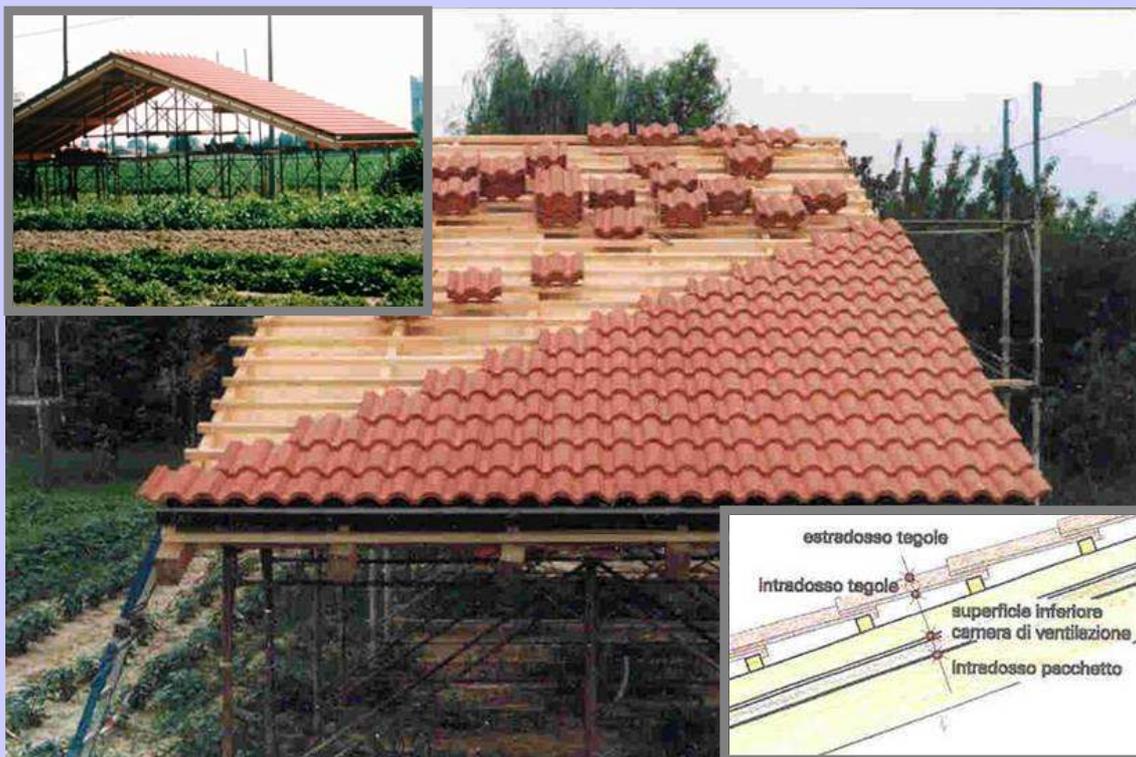
1. limitare l'assorbimento: ombreggiare



conduzione, convezione, irraggiamento



2. limitare l'assorbimento: ventilare



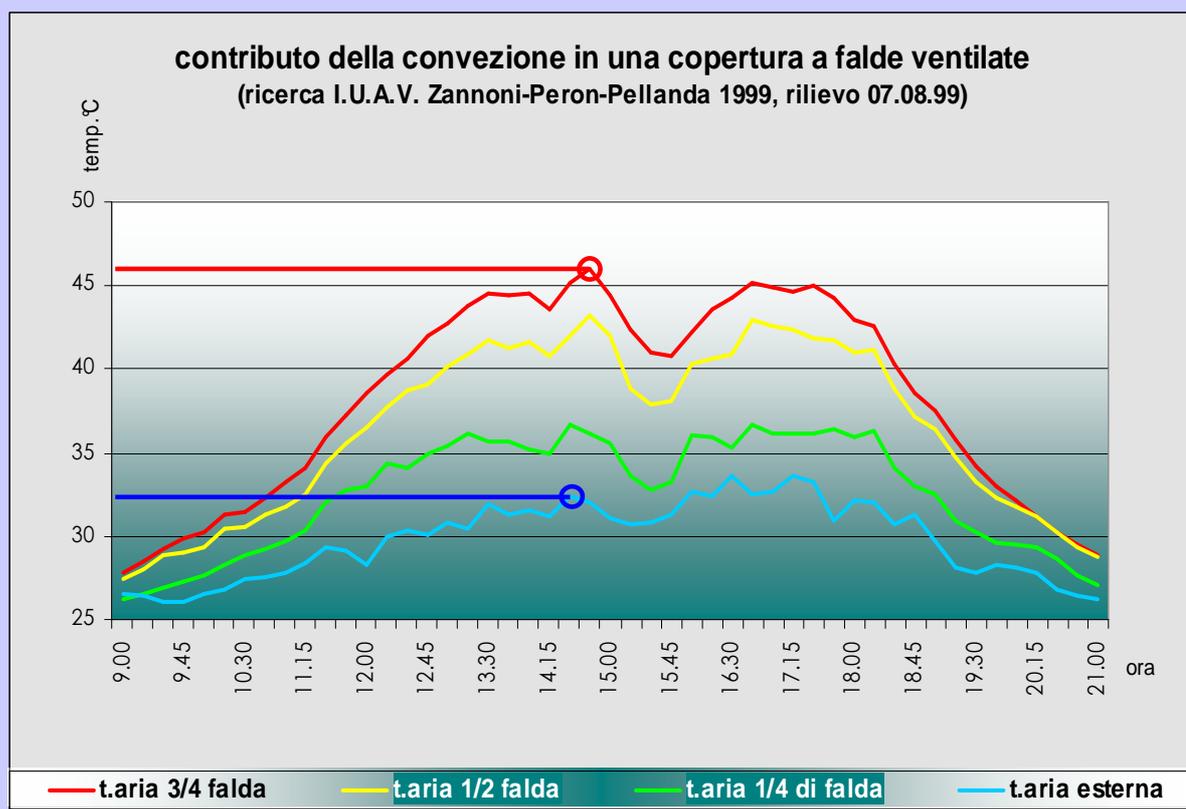
Copertura sperimentale in scala reale in ambiente reale, a due falde ventilate con esposizione nord e sud - Milano - VE
 Ricerca Sperimentale IUAV 1999 Responsabile Scientifico Giovanni ZANNONI con Fabio PERON, Claudio PELLANDA

2. limitare l'assorbimento: ventilare



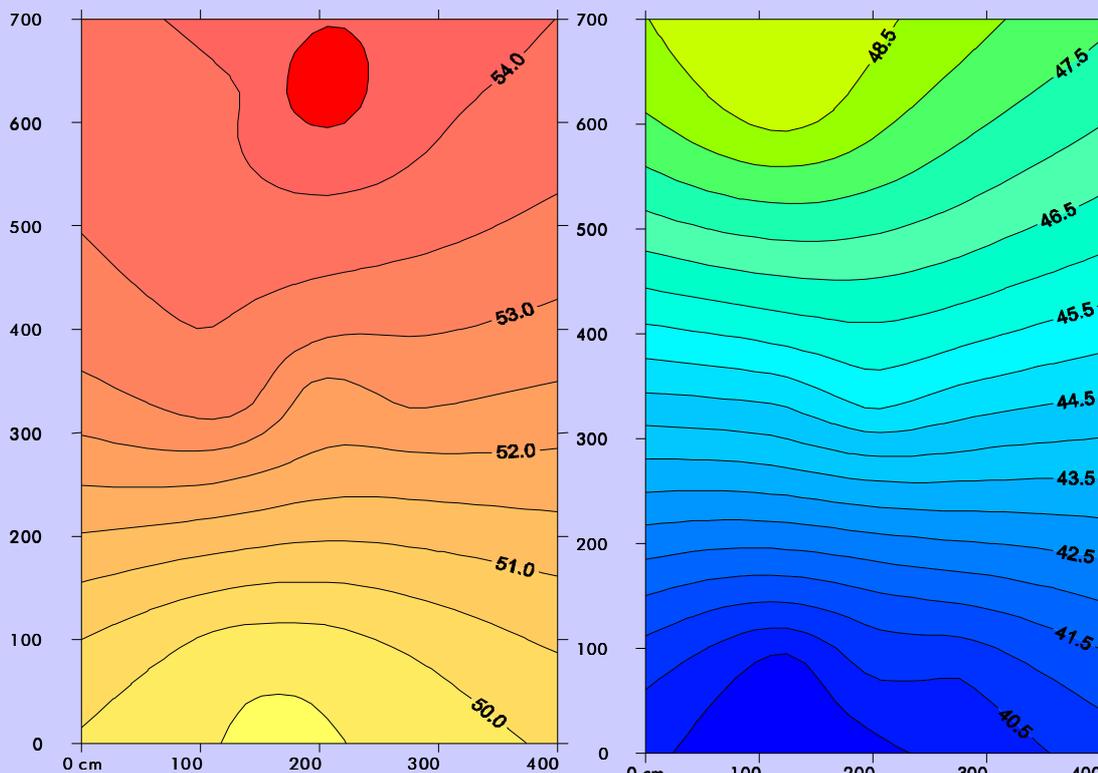
Riprese video sottocolmo di fluido di ventilazione evidenziato con gas tracciante in copertura sperimentale a scala reale
 Ricerca IUAV 1999 Responsabile Scientifico Giovanni Zannoni con Fabio Peron, Responsabile Operativo Claudio Pellanda

2. limitare l'assorbimento: ventilare



Monitoraggio nelle 24 ore di copertura sperimentale in scala reale in ambiente reale, a due falde ventilate
Ricerca IUAV 1999 Responsabile Scientifico Giovanni Zannoni con Fabio Peron, Responsabile Operativo Claudio Pellanda

2. limitare l'assorbimento: ventilare



CONTRIBUTO DEL RAFFRESCAMENTO PER VENTILAZIONE: mappatura termica della superficie superiore delle intercapedini di ventilazione in copertura nell'ora in cui si sono registrate su di essa le temperature maggiori (ricerca I.U.A.V. G.Zannoni - C.Pellanda, 1999)

CONTRIBUTO DEL RAFFRESCAMENTO PER VENTILAZIONE: mappatura termica della superficie inferiore delle intercapedini di ventilazione in copertura nell'ora in cui si sono registrate su di essa le temperature maggiori (ricerca I.U.A.V. G.Zannoni - C.Pellanda 1999)

OPPORTUNITA' PRESTAZIONALI: la difesa termica estiva

3. ostacolare il flusso di calore nel pacchetto

Valori di diffusività ed effusività per alcuni materiali da costruzione		
diffusività: capacità di un materiale di diffondere il caldo e il freddo		
effusività: capacità di un materiale di assorbire il caldo e il freddo		
materiale	Diffusività (m ² /h 10 ⁻⁴)	Effusività (W/K m ²) ^{1/2}
Pietra dura	11,1	87,0
Calcestruzzo normale	7,6	63,4
Calcestruzzo cellulare	3,6	11,5
Terra cruda (adobe)	4,3	31,2
Laterizio	7,0	45,3
Polistirene	0,1	1,0
Gesso	4,2	24,5
Legno	2,2	10,1
Fibra di legno	1,7	9,0
Acciaio	134,0	450,0
Alluminio	968,0	739,0
Vetro	2,3	73,0

Fonte: J.L.Izard, "Architectures d'été" Edisud, 1993

OPPORTUNITA' PRESTAZIONALI: diffusività termica

3. ostacolare il flusso di calore nel pacchetto

Materiale	Calore specifico KJ/Kg °K	Densità Kg/mc	Capacità termica KJ/mc °k
Fibreboard	1	300	300
Cemento leggero	1	600	600
Legno	1.21	600	726
Intonaco	1	1300	1300
Mattoni	0.8	1700	1360
Cemento	0.84	2100	1760
Acqua	4.2	1000	4200
PCM	5.1	1355	6910

Calore specifico, densità
e capacità termica
di diversi materialidiffusività termica $a = \lambda / c \cdot \delta$ diffusività = $\frac{\text{conducibilità}}{\text{calore specifico} \times \text{massa}}$

	densità kg/m3	calore sp. kJ/kgK	lambda W/mK	diffusività termica m2/s*10(-5)
legno di quercia	600	2,39	0,17	0,011
legno di quercia	800	2,39	0,21	0,012
terreno	2050	1,84	0,52	0,014
sughero espanso 45	45	1,88	0,036	0,015
lana di vetro	200	0,67	0,04	0,028
mattoni asciutti	1750	0,84	0,38	0,028
mattoni asciutti	1800	0,84	0,52	0,034
sughero espanso 120	120	1,88	0,036	0,044
calcestruzzo	1900	0,88	0,81	0,049
calcestruzzo	2300	0,88	1,4	0,070
argilla	1457	0,88	1,279	0,101
marmo	2600	0,81	2,8	0,139

PREVISIONI PRESTAZIONALI IN RELAZIONE ALLA TIPOLOGIA DEI MATERIALI



pannello in fibra di legno 160 kg/mc 60 mm

pannello in fibra di legno 160 kg/mc 60 mm

tavolato in abete 22 mm

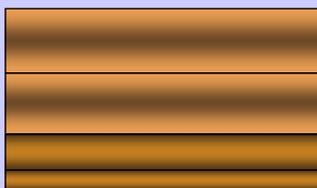
spessore totale 14,2 cm

PRESTAZIONI ESTIVE**PRESTAZIONI INVERNALI**

Attenuazione: 0,51

Trasmittanza: 0,30 W/m²K

Sfasamento: 7 h 39'



pannello in fibra di legno 160 kg/mc 60 mm

pannello in fibra di legno 160 kg/mc 60 mm

tavolato in abete 40 mm

tavolato in abete 22 mm

spessore totale 18,2 cm

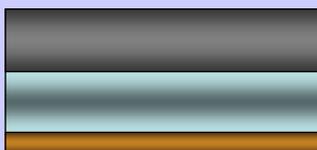
PRESTAZIONI ESTIVE**PRESTAZIONI INVERNALI**

Attenuazione: 0,25

Trasmittanza: 0,27 W/m²K

Sfasamento: 11 h 00'

PREVISIONI PRESTAZIONALI IN RELAZIONE ALLA TIPOLOGIA DEI MATERIALI



pannello in legnocemento/legnomagnesite 60 mm 400 kg/mc

pannello in XPS 60 mm

tavolato in abete 22 mm

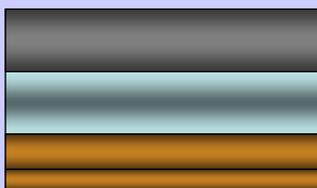
spessore totale 14,2 cm

PRESTAZIONI ESTIVE**PRESTAZIONI INVERNALI**

Attenuazione: 0,44

Trasmittanza: 0,32 W/m²K

Sfasamento: 8 h 35'



pannello in legnocemento/legnomagnesite 60 mm 400 kg/mc

pannello in XPS 60 mm

tavolato in abete 40 mm

tavolato in abete 22 mm

spessore totale 18,2 cm

PRESTAZIONI ESTIVE**PRESTAZIONI INVERNALI**

Attenuazione: 0,18

Trasmittanza: 0,27 W/m²K

Sfasamento: 12 h 55'

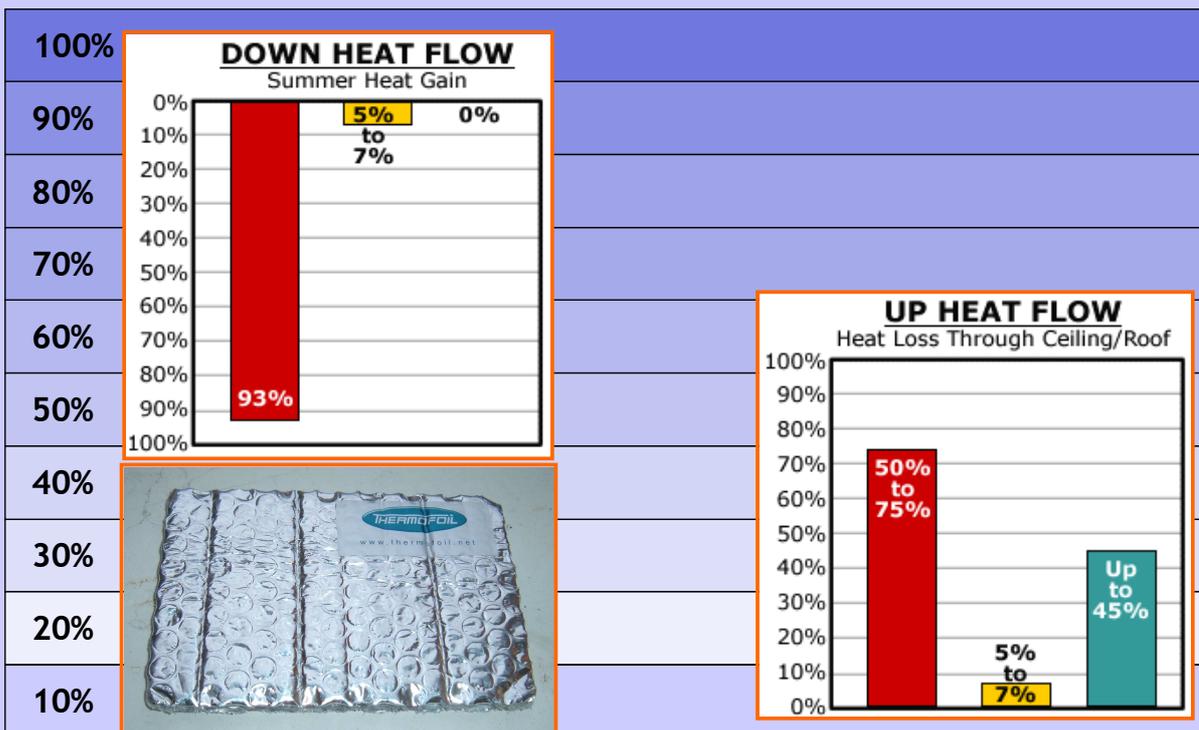
3. ostacolare il flusso di calore nel pacchetto



4: respingere la radiazione termica in ingresso

TRASMISSIONE DEL CALORE IN COPERTURA: CONDUZIONE-CONVEZIONE-IRRAGGIAMENTO

Legge di Stefan – Boltzmann: definisce il quantitativo di energia complessiva emessa da un corpo nero: $q_0 = \delta_0 \cdot T^4$



■ irraggiamento
 ■ convezione
 ■ conduzione

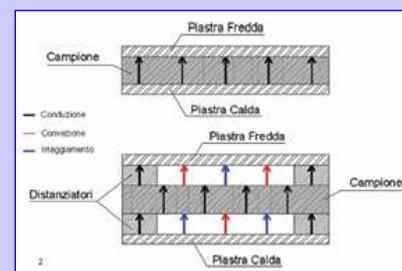
4: respingere la radiazione termica in ingresso



4: respingere la radiazione termica in ingresso

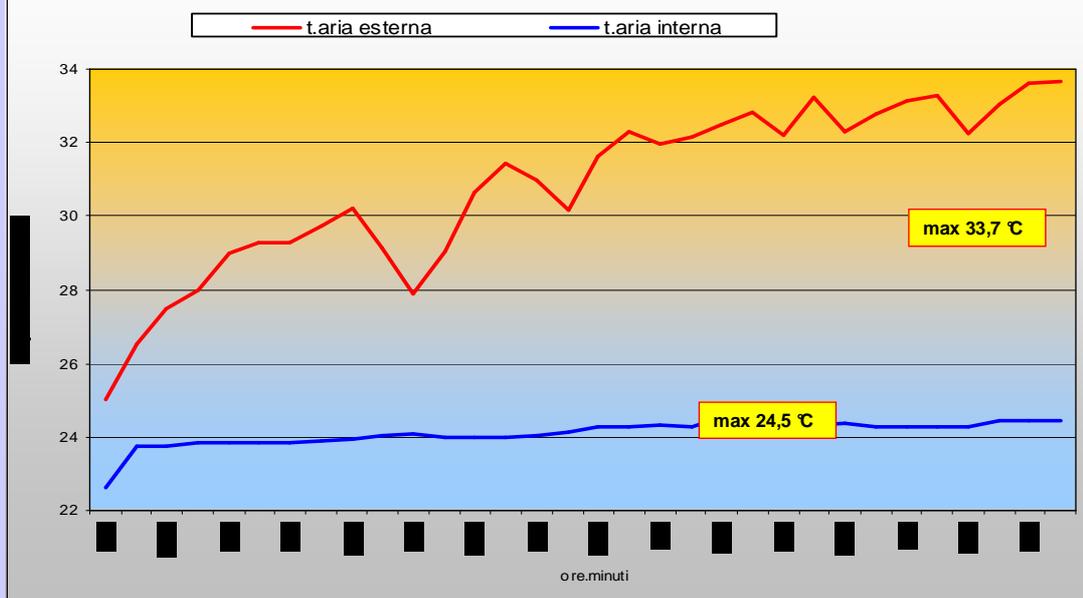
OPPORTUNITA' PRESTAZIONALI: materiali e tecniche innovative: BARRIERE RIFLETTENTI – ISOLANTE ESTIVO

Campione	λ (W/mK)	Spessore (mm)	Resistenza termica (mK/W)	Densità del flusso termico (W/m ²)	Temperatura media superficie campione lato freddo (°C)	Temperatura media aria lato freddo (°C)	Temperatura media superficie campione lato caldo (°C)	Temperatura media aria lato caldo (°C)
polistirolo	0.0353	40.8	1.13	17.7	10.0	---	30.0	---
polistirolo rivestito in alluminio	0.0354	39.8	1.124	17.8	10.0	---	30.0	---
polistirolo con distanziatori	0.0697	99.0	1.42	14.1	13.3	11.3	27.2	29.7
polistirolo con alluminio e distanziatori	0.0680	99.2	1.46	13.7	19.5	13.9	21.1	29.9
poliuretano	0.0291	30.2	1.04	19.3	10.0	---	30.0	---
poliuretano rivestito in alluminio	0.0292	30.3	1.04	19.3	10.0	---	30.0	---
poliuretano con distanziatori	0.0691	89.5	1.29	15.5	13.0	11.9	27.7	28.9
poliuretano con alluminio e distanziatori	0.0640	89.7	1.40	14.3	19.1	13.7	21.5	28.1



monitoraggio delle temperature in edificio ottimizzato con accorgimenti bioclimatici

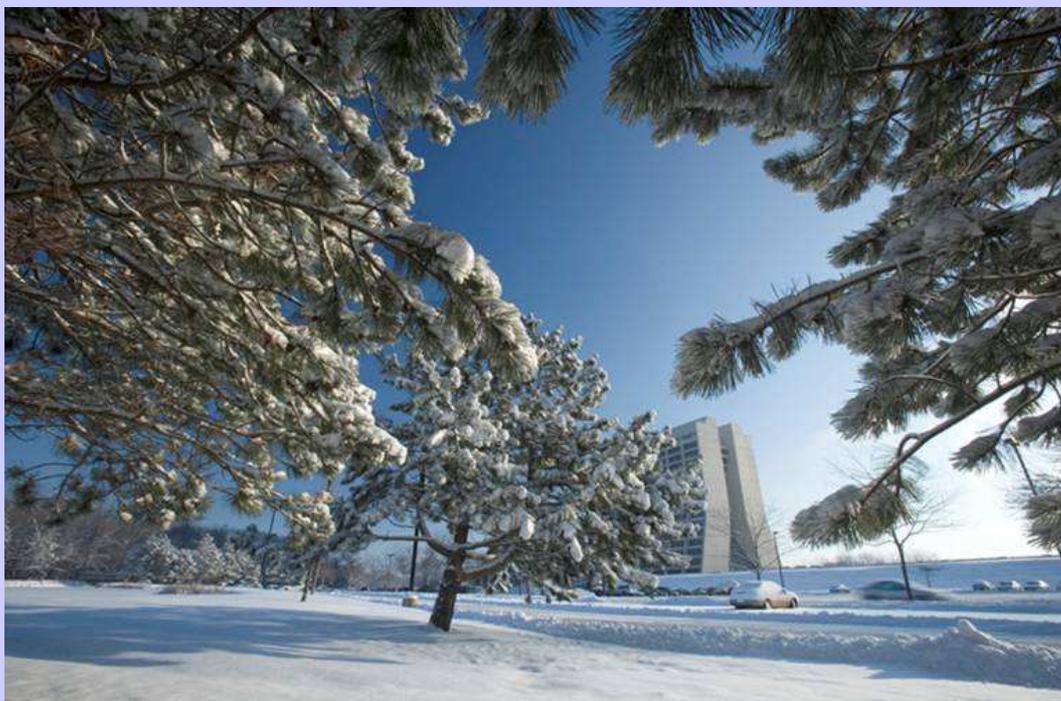
(ricerca Pellanda 2002, rilievo: 17/06/2002)



Comportamento microclimatico di un involucro edilizio capace di un efficace smorzamento dell'onda termica. E' il risultato di un buon isolamento termico (6 cm di Polistirene Estruso), una elevata capacità termica (solaio in laterocemento 20+4 cm) ed un'efficace ventilazione sottomanto (h.intercapedine 6 cm) sottomanto.

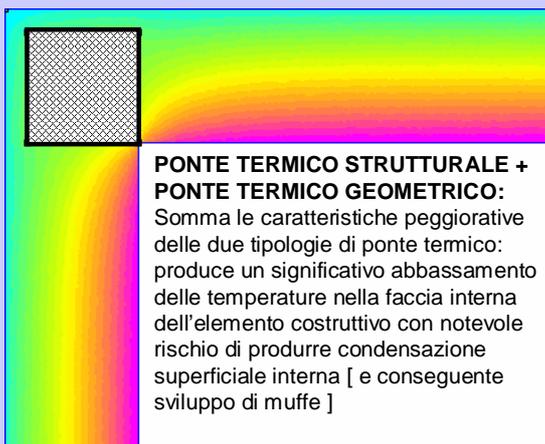
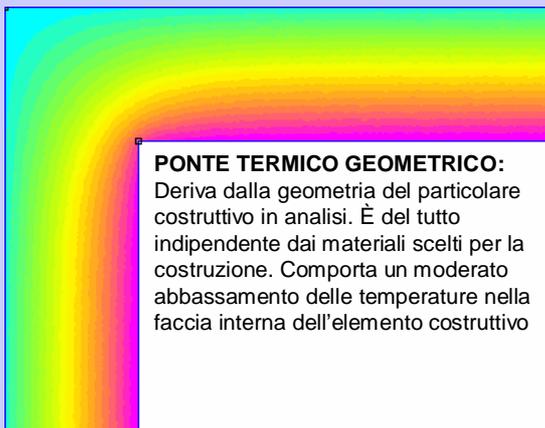
Con la temperatura dell'aria esterna di 33,7 °C la temperatura dell'aria interna arriva al massimo a 24,5 °C

IL PROGETTO DELLE COPERTURE PER IL CONTROLLO DELLA DISPERSIONE DI CALORE INVERNALE



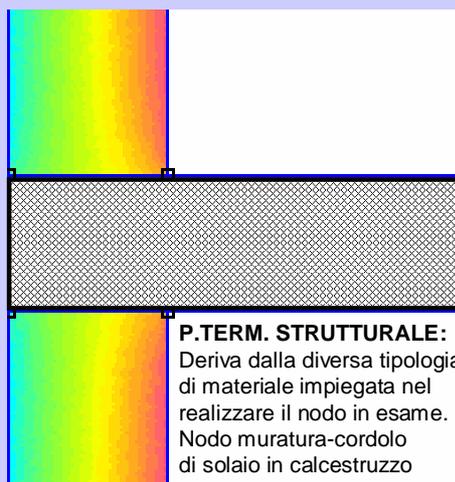
PONTI TERMICI

1. evitare i ponti termici



17	2.904e+002	>2.916e+002
16	2.892e+002	2.904e+002
15	2.881e+002	2.892e+002
14	2.869e+002	2.881e+002
13	2.857e+002	2.869e+002
12	2.846e+002	2.857e+002
11	2.834e+002	2.846e+002
10	2.822e+002	2.834e+002
9	2.810e+002	2.822e+002
8	2.799e+002	2.810e+002
7	2.787e+002	2.799e+002
6	2.775e+002	2.787e+002
5	2.764e+002	2.775e+002
4	2.752e+002	2.764e+002
3	2.740e+002	2.752e+002
2	2.729e+002	2.740e+002
1	2.717e+002	2.729e+002
0	2.705e+002	2.717e+002
-1	2.693e+002	2.705e+002
-2	<2.682e+002	2.693e+002

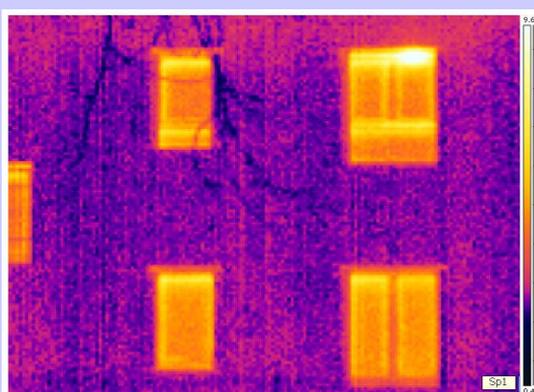
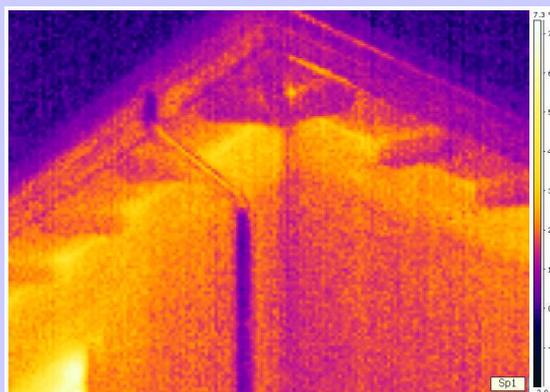
Density Plot: Temperature (K)



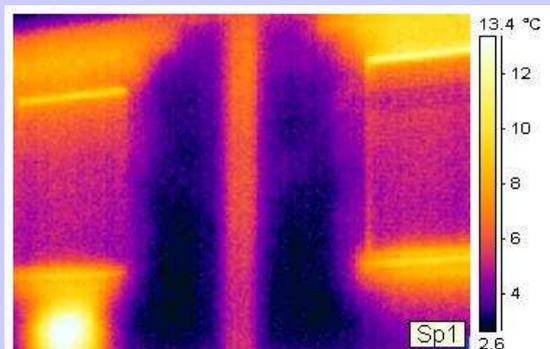
OMOGENEITA' DI MATERIALI = OMOGENEITA' DI TENUTA TERMICA DI INVOLUCRO

1. evitare i ponti termici

EDIFICIO A TELAIO DI LEGNO

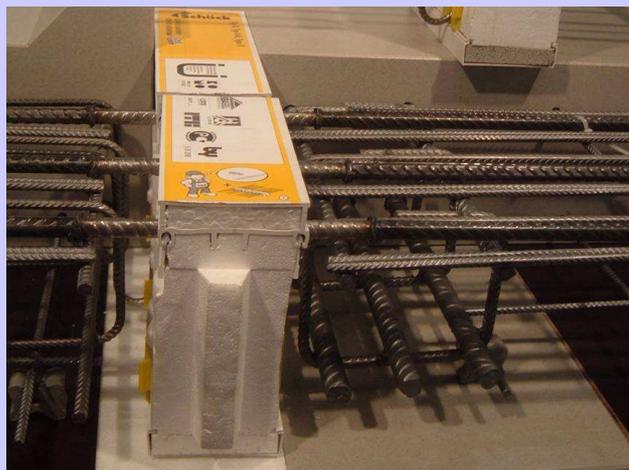


EDIFICIO IN MURATURA E LATEROCEMENTO



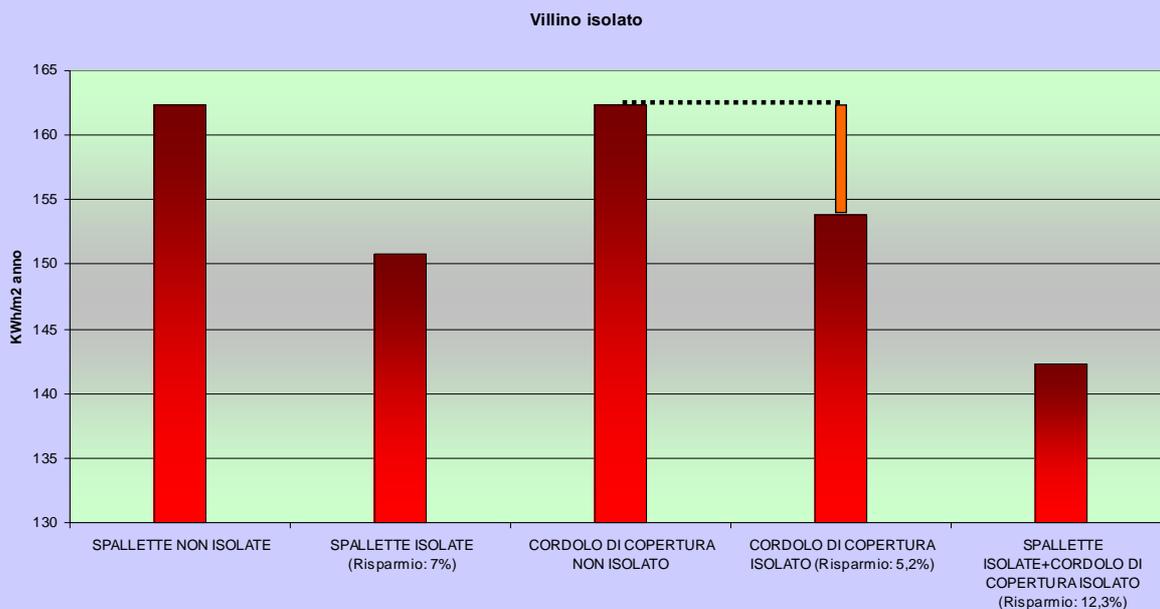
NECESSITA' DI DISPOSITIVI CORRETTIVI DEI PONTI TERMICI IN STRUTTURE IN MURATURA

1. evitare i ponti termici



INCIDENZA ECONOMICA NELLA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE PER PONTI TERMICI

1. evitare i ponti termici



LA SOLA ELIMINAZIONE DEL PONTE TERMICO DATO DAL CORNICIONE DI GRONDA IN UN VILLINO ISOLATO PORTA AD UN RISPARMIO SUL FABBISOGNO ENERGETICO PER CLIMATIZZAZIONE **SUPERIORE AL 5%**

AFFINITA' PRESTAZIONALI TRA MATERIALI DA COSTRUZIONE E CONTROLLO DEI PONTI TERMICI

Valori di conducibilità termica per alcuni materiali da costruzione

materiale	Conducibilità Termica [W/(m ² /K)] minima	Conducibilità Termica [W/(m ² /K)] massima
Fibre minerali (d=20-100 kg/m ³)	0,03	0,05
Sughero (d=150-300 kg/m ³)	0,04	0,05
Legno (abete f.perpend.f. d=420 kg/m ³)	0,12	0,15
Calcestruzzo cellulare (d=400-800)	0,15	0,25
Laterizio forato (d=700 kg/m ³)	0,49	
Laterizio semipieno (d=1100 kg/m ³)	0,54	
Laterizio pieno (d=1700 kg/m ³)	0,74	
Intonaco di calce-cemento (d=1800)	0,9	1
Calcestruzzo (d=2400 kg/m ³)	2,0	2,4



1. evitare i ponti termici

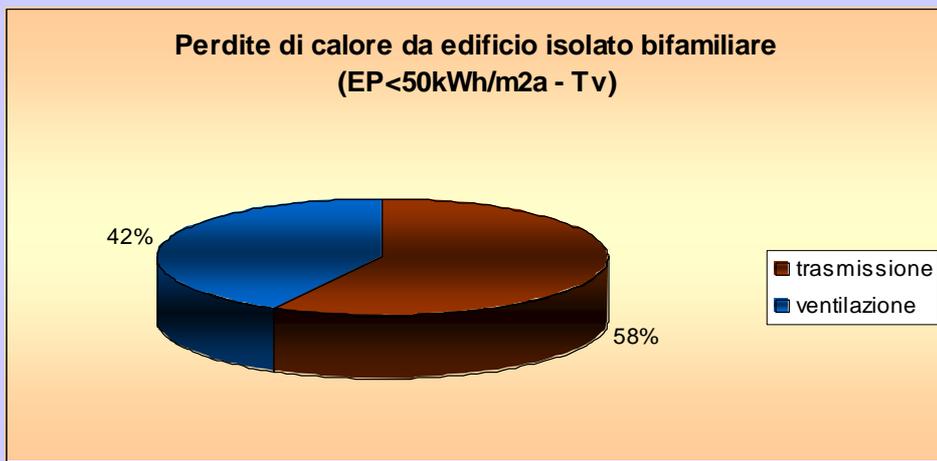
AFFINITA' PRESTAZIONALI TRA MATERIALI DA COSTRUZIONE E LIBERTA' COMPOSITIVA



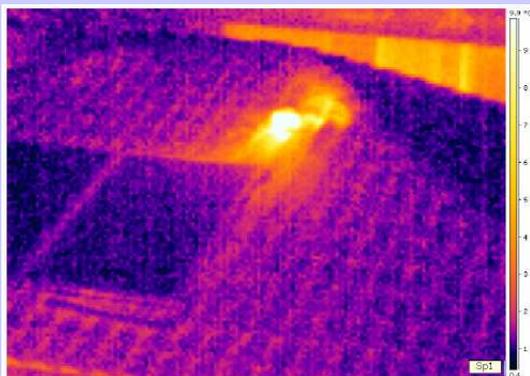
1. evitare i ponti termici

PERDITE DI CALORE DAGLI EDIFICI PER VENTILAZIONE

2. realizzare una ventilazione efficiente

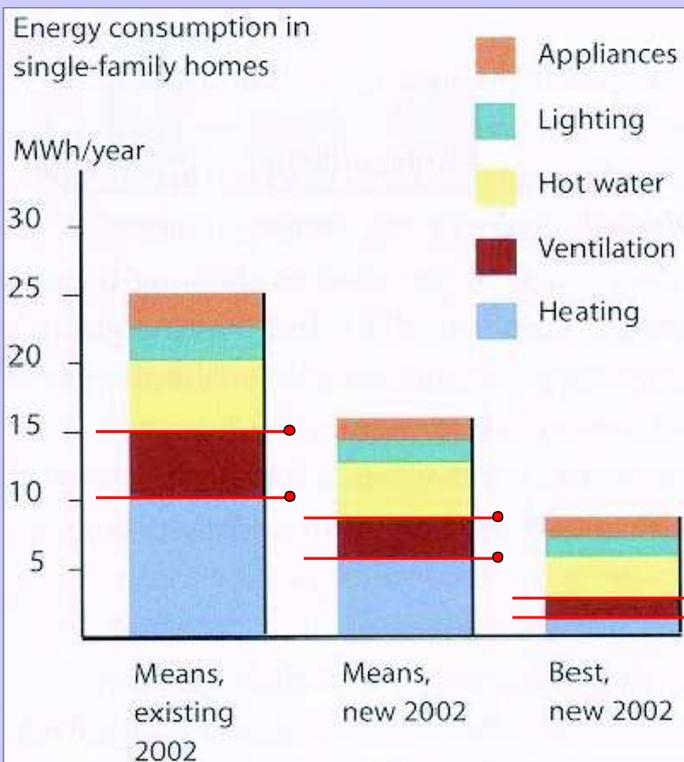


LA VENTILAZIONE E L'AERAZIONE SENZA RECUPERO DI CALORE



LA VENTILAZIONE NECESSARIA: IL PROBLEMA DELLA QUALITA' DELL'ARIA INDOOR

2. realizzare una ventilazione efficiente



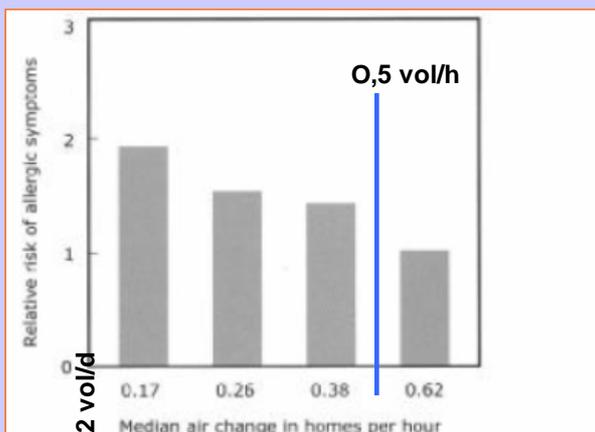
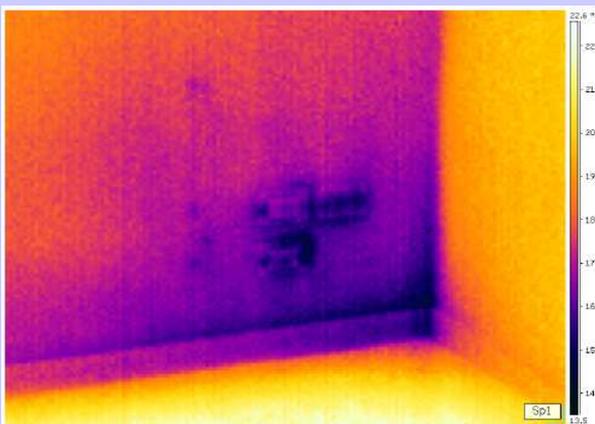
Fonte: The Future Energy System - Distributed Production and Use
 Tau International - Opening conference: The environment: a challenge for growth
 24 Januar 2006 Milan
 Hans Larsen - Risø National Laboratory - Denmark





Luogo	Fonti	Inquinanti
Abitazioni, locali ricreativi	Fumo di tabacco	Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili.
	Forni a gas	Biossido di azoto; ossido di carbonio.
	Forni a legna e caminetti	Particolato respirabile; ossido di carbonio; idrocarburi policiclici aromatici.
	Materiali da costruzione	Radon; formaldeide
	Arredamenti e prodotti di consumo	Formaldeide; composti organici volatili.
	Caldaie a gas	Biossido di azoto; ossido di carbonio.
	Polvere	Agenti biologici;
	Materiale isolante	Asbesto, fibre di vetro.
Uffici	Superfici umide	Agenti biologici; particolato respirabile.
	Fumo di tabacco	Particolato respirabile; ossido di carbonio; composti organici volatili.
	Materiali da costruzione	Formaldeide; composti organici volatili.
	Arredi	Formaldeide; composti organici volatili.
	Fotocopiatrici	Composti organici volatili.
	Impianti di condizionamento	Agenti biologici, particolato respirabile, biossido di azoto, ossido di carbonio.

(Lozar, 1997; modificata)

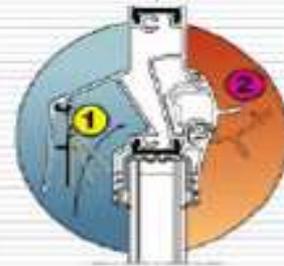


GLI SPIFFERI SONO CAUSA DI **SPRECO ENERGETICO**,
LA VENTILAZIONE PER RICAMBIO D'ARIA E' INVECE FONDAMENTALE PER LA **SALUTE DELLE PERSONE** E DELL'EDIFICIO

Figure 1. Low ventilation rates in dwellings increase the risk of allergic symptoms among children. Each column represents about 90 dwellings (Bornehag, 2005).

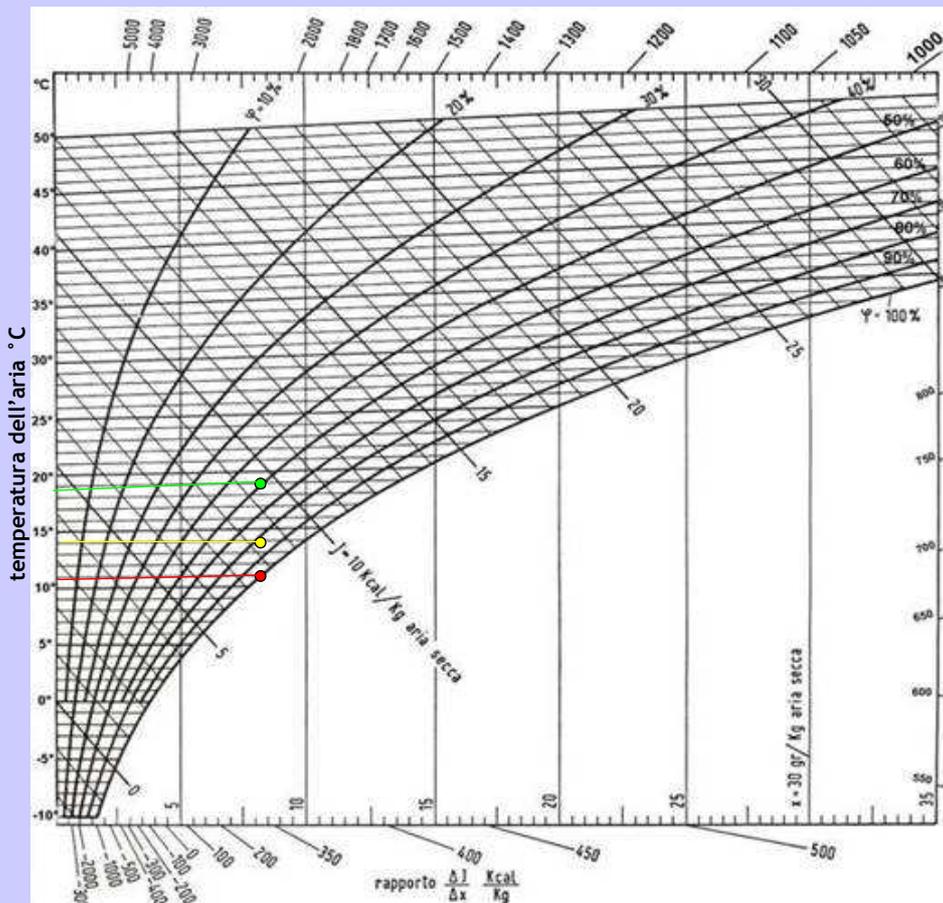
2. realizzare una ventilazione efficiente

LA VENTILAZIONE NECESSARIA: IL PROBLEMA DELLA QUALITA' DELL'ARIA INDOOR



3. controllare il vapore

CONCENTRAZIONE DI VAPORE NELL'ARIA



umidità relativa %

μ = coefficiente di resistenza al passaggio del vapore
 coefficiente specifico che il materiale oppone al passaggio del vapore
 (non considera lo spessore)

Sd

resistenza che il prodotto **oppone al passaggio del vapore** in relazione a uno strato
 equivalente di aria

$Sd = \mu \times \text{spessore del materiale in metri}$

es.muratura intonacata: $\mu=20$ spessore in metri 0,25 $Sd \mu = 20 \times 0,25 = 5$
 es.polistirene: $\mu=60$ spessore in metri 0,05 $Sd \mu = 60 \times 0,05 = 3$

	Coefficiente di resistenza	Spessore (metri)	Sd Spessore aria eq. (m)
al passaggio di vapore acqueo			
cappa cls 2400 40 mm	150	0,04	6
pse 30 50 mm	60	0,05	3
25 cm laterizio intonacato	20	0,25	5
30 cm laterizio intonacato	20	0,3	6
abete per.fibre 24 mm	20	0,025	0,5
abete per.fibre 34 mm	20	0,035	0,7
telo traspirante leggero			0,02
membrana lega poliolefine	20	0,0015	0,03
membrana bitume-polimero	50000	0,003	150

Prodotto	Spessore equivalente di diffusione S_D (m)	Permeabilità al vapore W_{DD} (g/m ² 24 h)
<i>Guaine a diffusione</i>	< 0,2	> 120
Telo traspirante acrilico 320 g/m ²	0,04	600
Guaina di cellulosa 110 g/m ²	0,04	600
Pannelli in fibra di legno impr. spess. 2 cm	0,12	200
Guaina trasp. Klöber Permo®	0,02	1200
<i>Freni al vapore</i>	> 0,2	< 120
Guaina di cellulosa oleata 160 g/m ²	0,3	80
Cartonfeltro bitumato	30	0,8
Foglio di polietilene 0,2 mm	50	0,5
Klöber Wallint® T3	3	8
<i>Barriere al vapore</i>	> 100	< 0,24
Velo di vetro bituminoso	150	0,16
Foglio di alluminio + rivestimento plastico	2000	0,0012

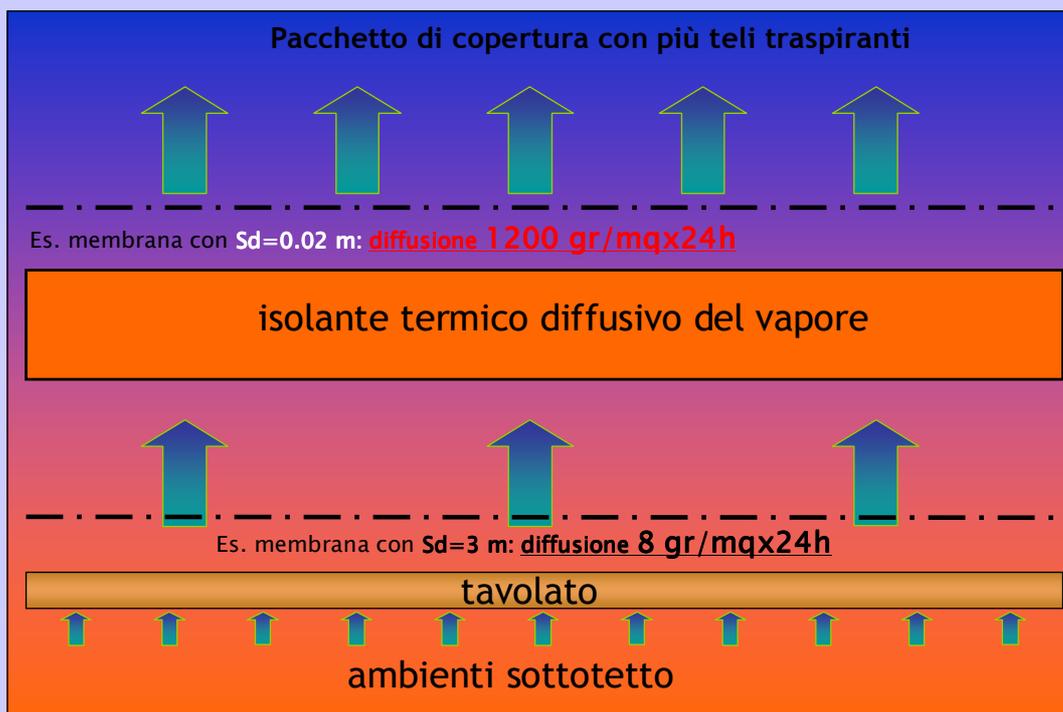
INDICAZIONI OPERATIVE:

difendere dall'ingresso di vapore i pacchetti contenenti isolanti termici a bassa resistenza al suo passaggio

FIBRA DI LEGNO:

esempio di confinamento tra due teli diversamente diffusivi del vapore in zone ad elevato contenuto di U.R. in esterno

3. controllare il vapore

**INDICAZIONI OPERATIVE:**

difendere dall'ingresso di vapore i pacchetti contenenti isolanti termici a bassa resistenza al suo passaggio



opportunità di posa di uno strato di controllo del vapore

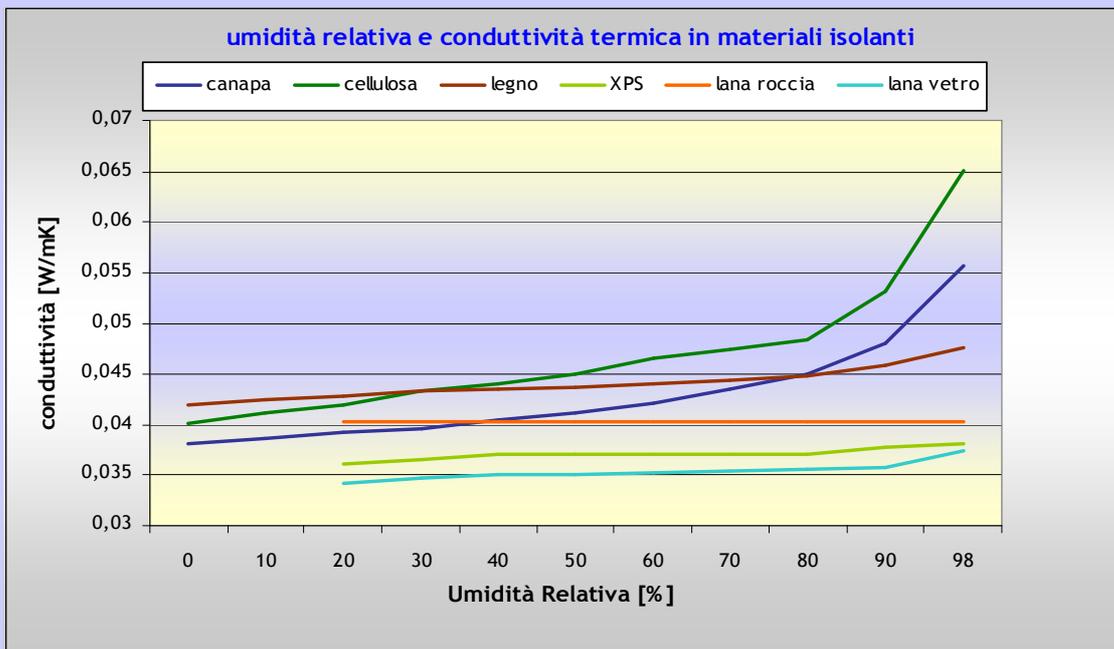


opportunità di posa dell'isolante in doppio strato
opportunità di chiusura del pacchetto con telo traspirante



I MATERIALI ISOLANTI SENSIBILI ALL'UMIDITA' E ATTI AD ADSORBIRLA DALL'ARIA VANNO DIFESI, IN CONTESTI AD ELEVATI TENORI DI U.R. ESTERNA, DAL CONTATTO CON L'ARIA LIBERA

3. controllare il vapore



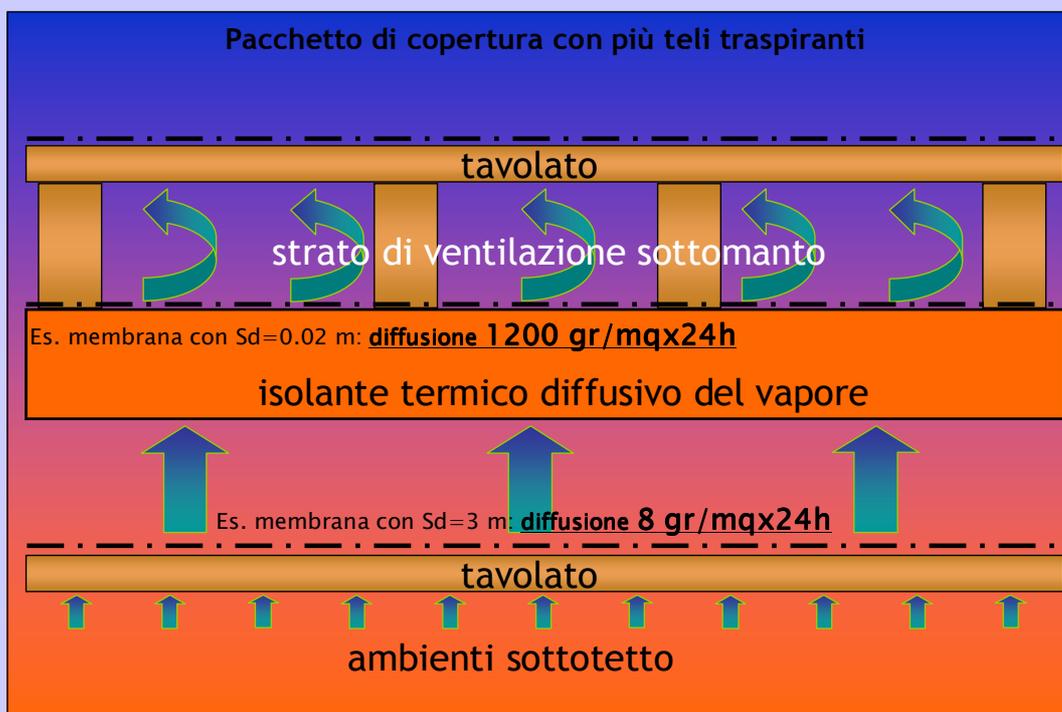
Ricerca Università Politecnica delle Marche – Facoltà di Ingegneria – Resp. Scientifico Diego Dogana
atti delle Giornate di Studio "Architettura e Tecnica delle Coperture" 10-11 marzo 2006 – Ed. Be-Ma-MI

INDICAZIONI OPERATIVE:

difendere dall'ingresso di vapore i pacchetti contenenti isolanti termici a bassa resistenza al suo passaggio

FIBRA DI LEGNO:

esempio di confinamento tra due teli diversamente diffusivi del vapore in zone ad elevato contenuto di U.R. in esterno



verifica di Glaser:

hp1: strati continui

hp2: vapore in movimento solo per diffusione

hp3: conducibilità costanti al variare di u.r.

Regole operative:

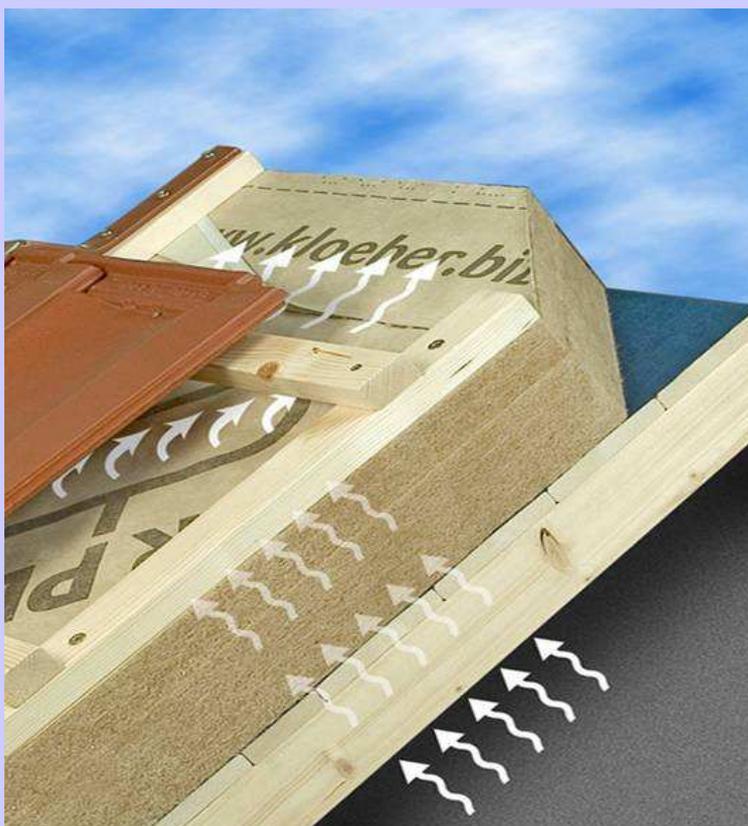
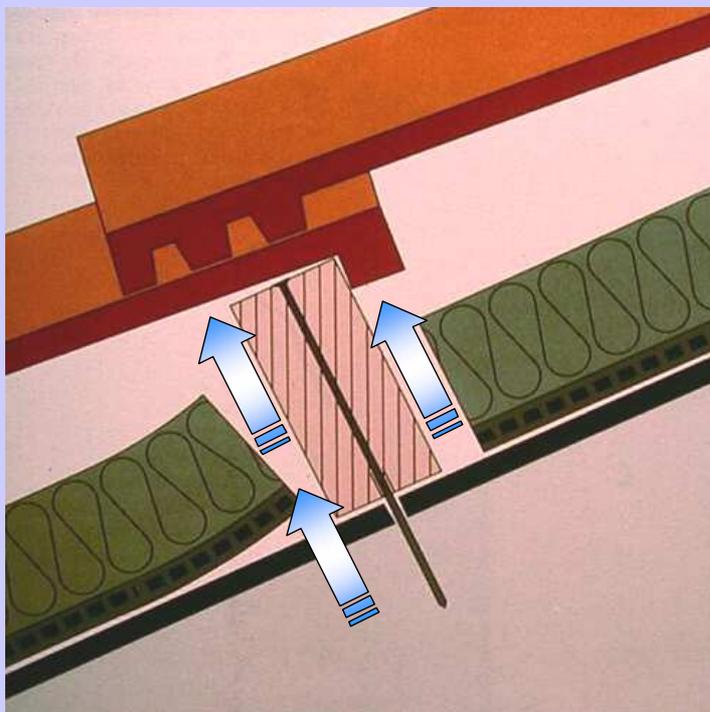
certificazioni delle caratteristiche igroscopiche dei **materiali isolanti**

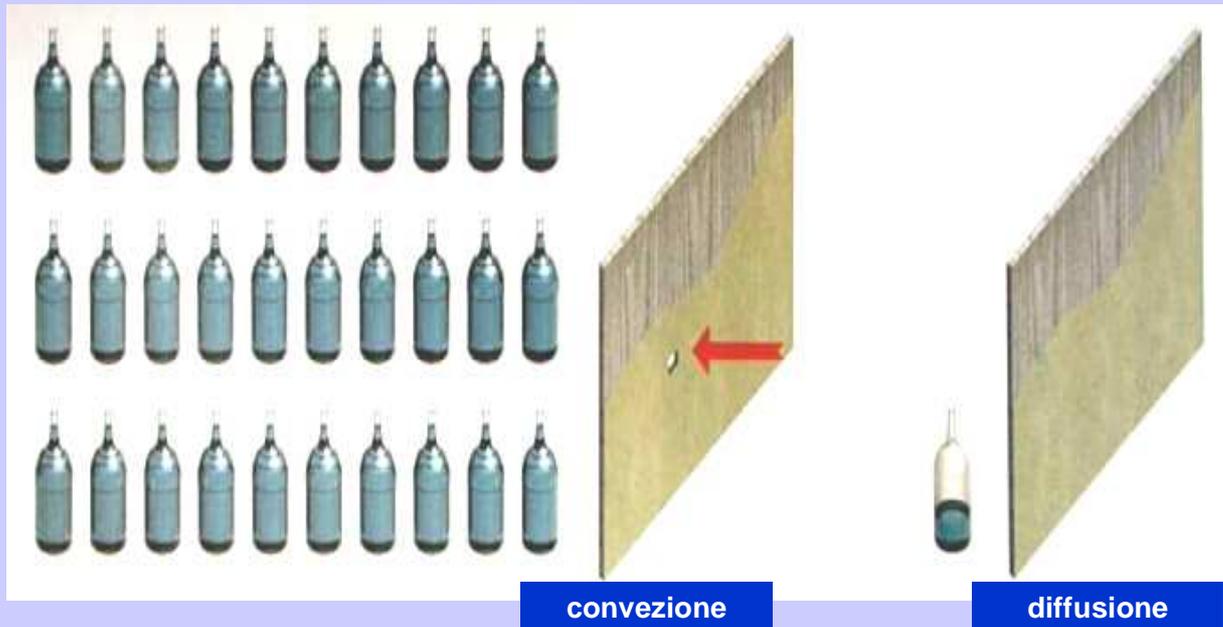
-corretta posa in opera o elementi battentati o doppi strati di isolanti

-tenuta al vento

-freno vapore interno -telo traspirante esterno

esterno





la quantità di acqua sotto forma di vapore che passa attraverso un freno al vapore, nell'unità di tempo, è circa 1/100 di quella che passa attraverso un foro di 2 x 2 centimetri

Ricerca IUAV DCA 1996 - G.Zannoni-F.Peron-G.Rossi-A.Mingozzi

Condizioni imposte:

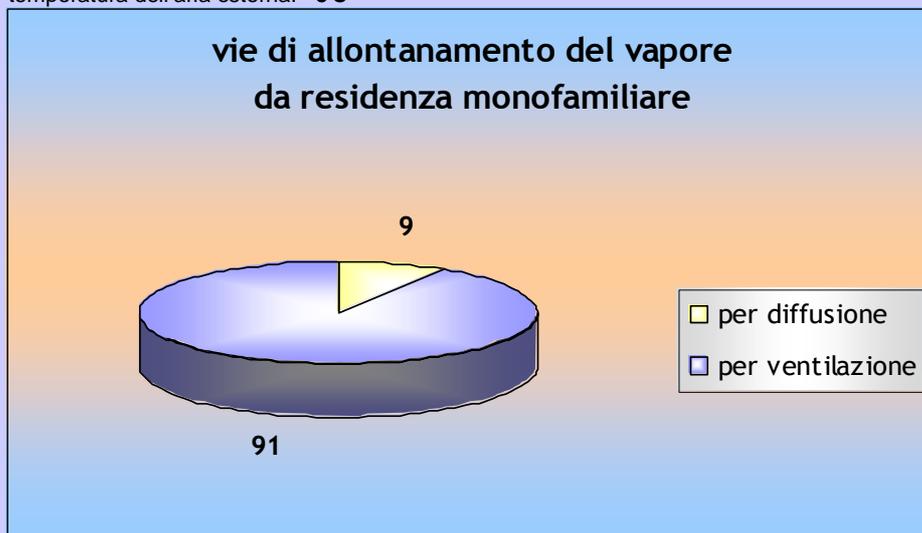
produzione vapore: **0.1 kg/h*persona**

temperatura interna: **20°C**

umidità relativa interna: **98%**

umidità relativa esterna: **70%**

temperatura dell'aria esterna: **-5°C**



INVOLUCRO DOTATO DI BARRERA VAPORE

INVOLUCRO SENZA BARRERA VAPORE

smaltiti per **DIFFUSIONE**: 0 g/giorno

smaltiti per **VENTILAZIONE**: 12.000 g/giorno

smaltiti per **DIFFUSIONE**: 1.097 g/giorno

smaltiti per **VENTILAZIONE**: 10.903 g/giorno

Grazie per l'attenzione. Un cordiale arrivederci.

per PerCorsi Legno

Arch. Claudio PELLANDA

docente a.c. in Tecnologia dell'Architettura

Laurea Magistrale in Architettura per la Sostenibilità

Università IUAV Venezia

pellanda@iuav.it

info@klimark.it

Il mondo
tutti lo pretendiamo
il migliore possibile:
iniziamo dal costruirlo !

