



La salubrità degli edifici

“Aspetti problematici dell’isolamento dei fabbricati”

Parco del Laterizio e della
Ceramica - SAIE
Bologna, 23.10.2014

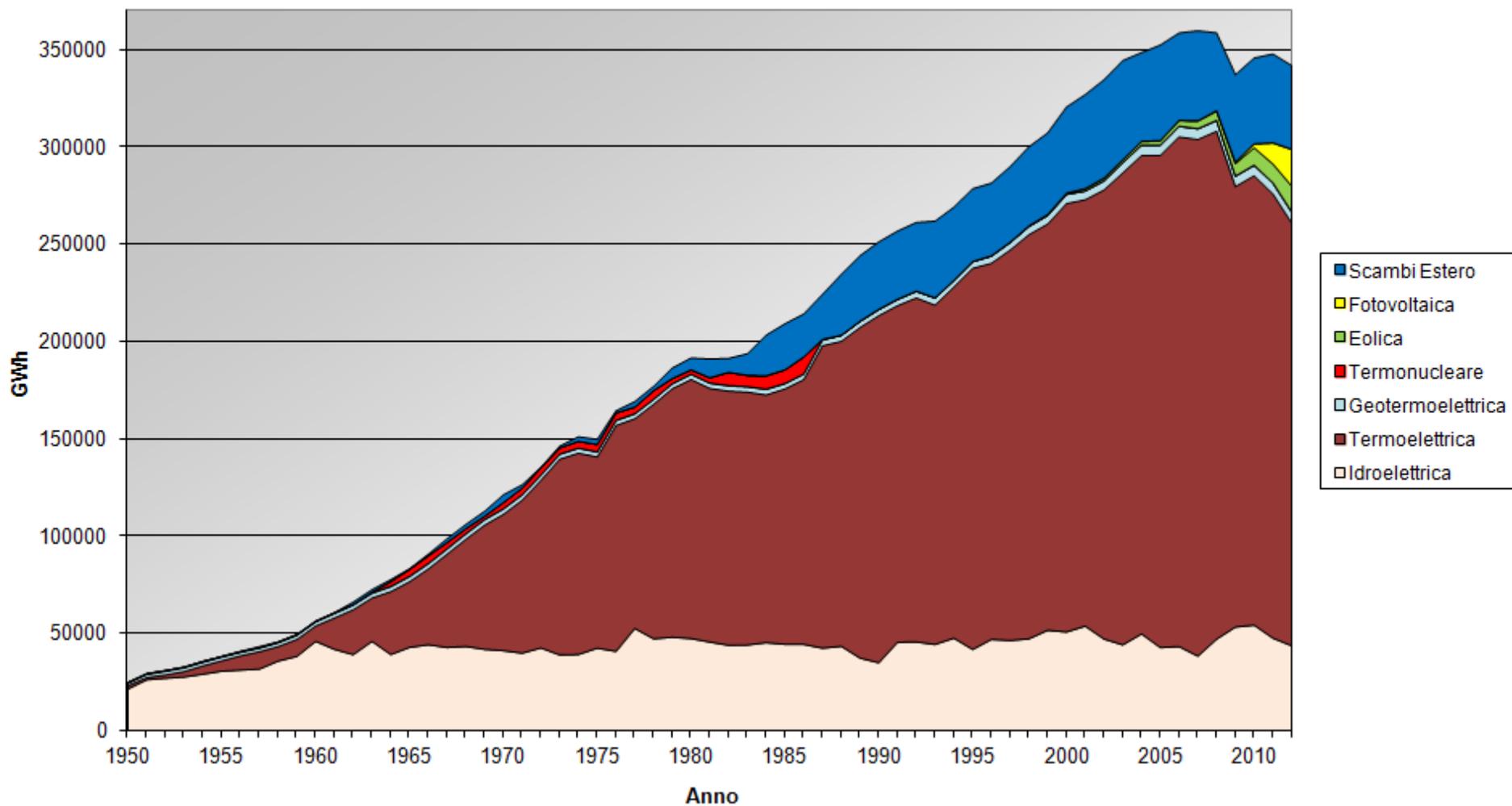
Prof. Ing. Arch. Marco D’Orazio
DICEA Università Politecnica delle Marche
m.dorazio@univpm.it



E' sempre *conveniente* isolare ?

Riduzione uso di risorse non rinnovabili
Riduzione inquinamento ambientale
Costi per riscaldamento e raffrescamento
Confort
Salute

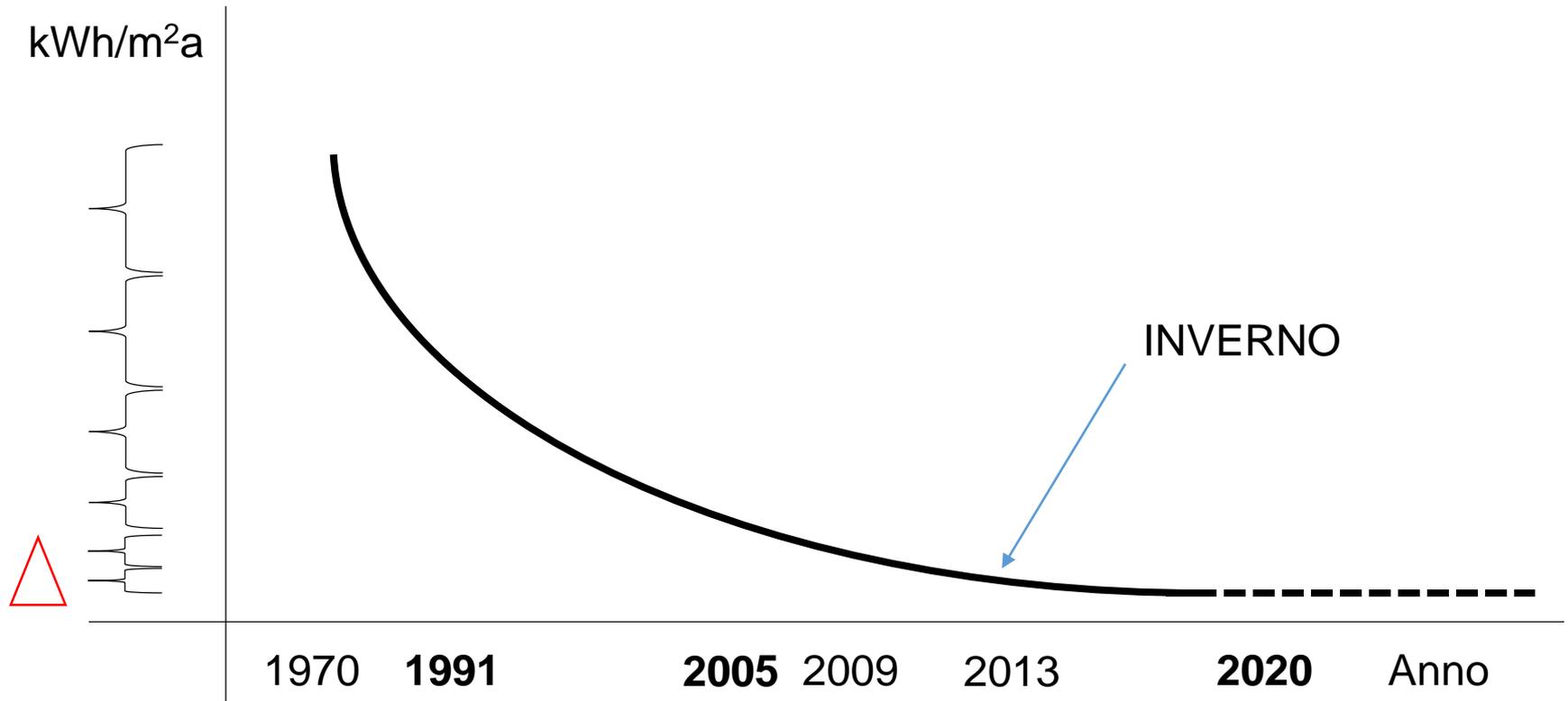
Riepilogo Storico della Produzione di Energia in Italia



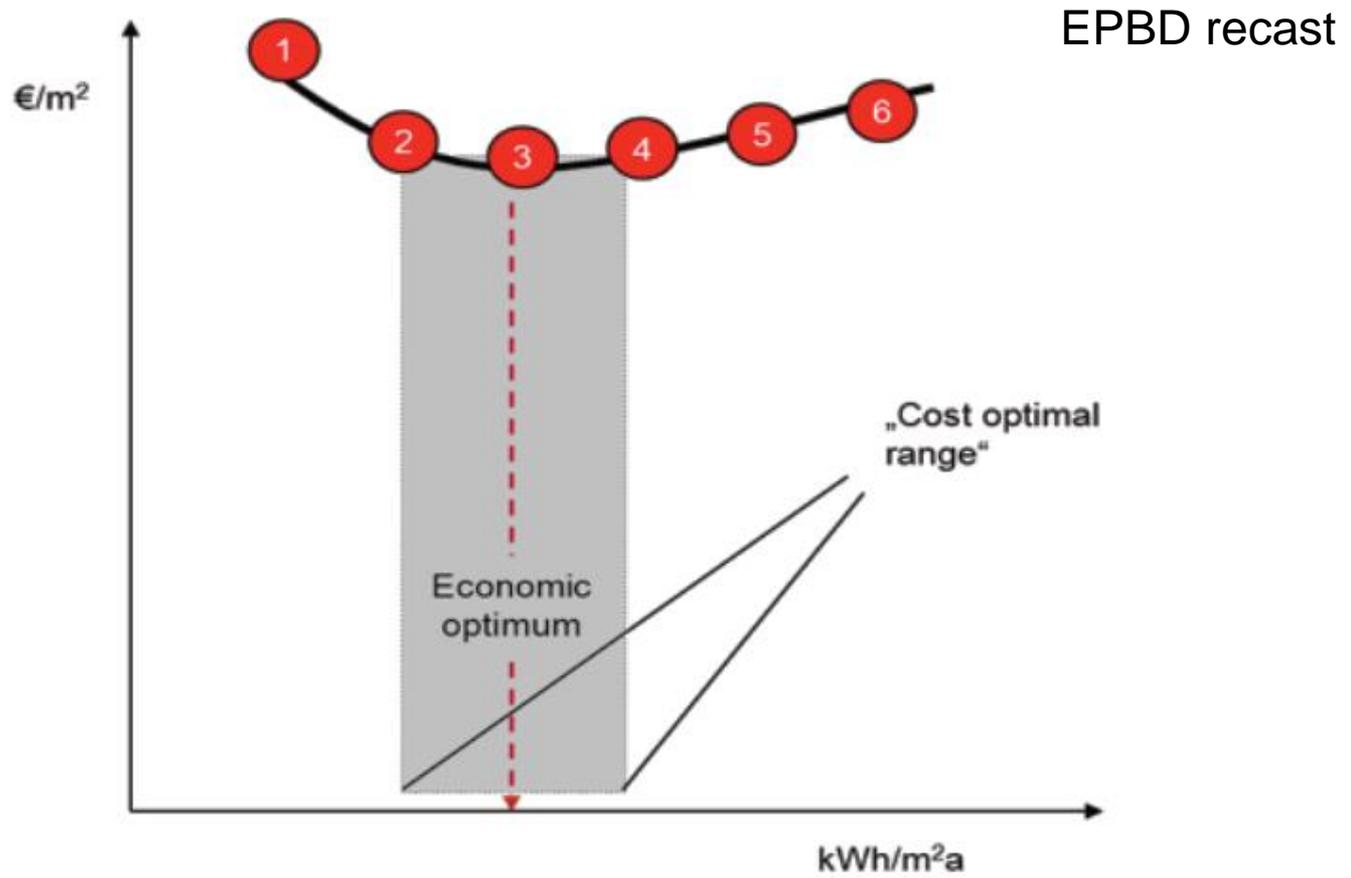
Riduzione uso di risorse non rinnovabili



Riduzione inquinamento ambientale

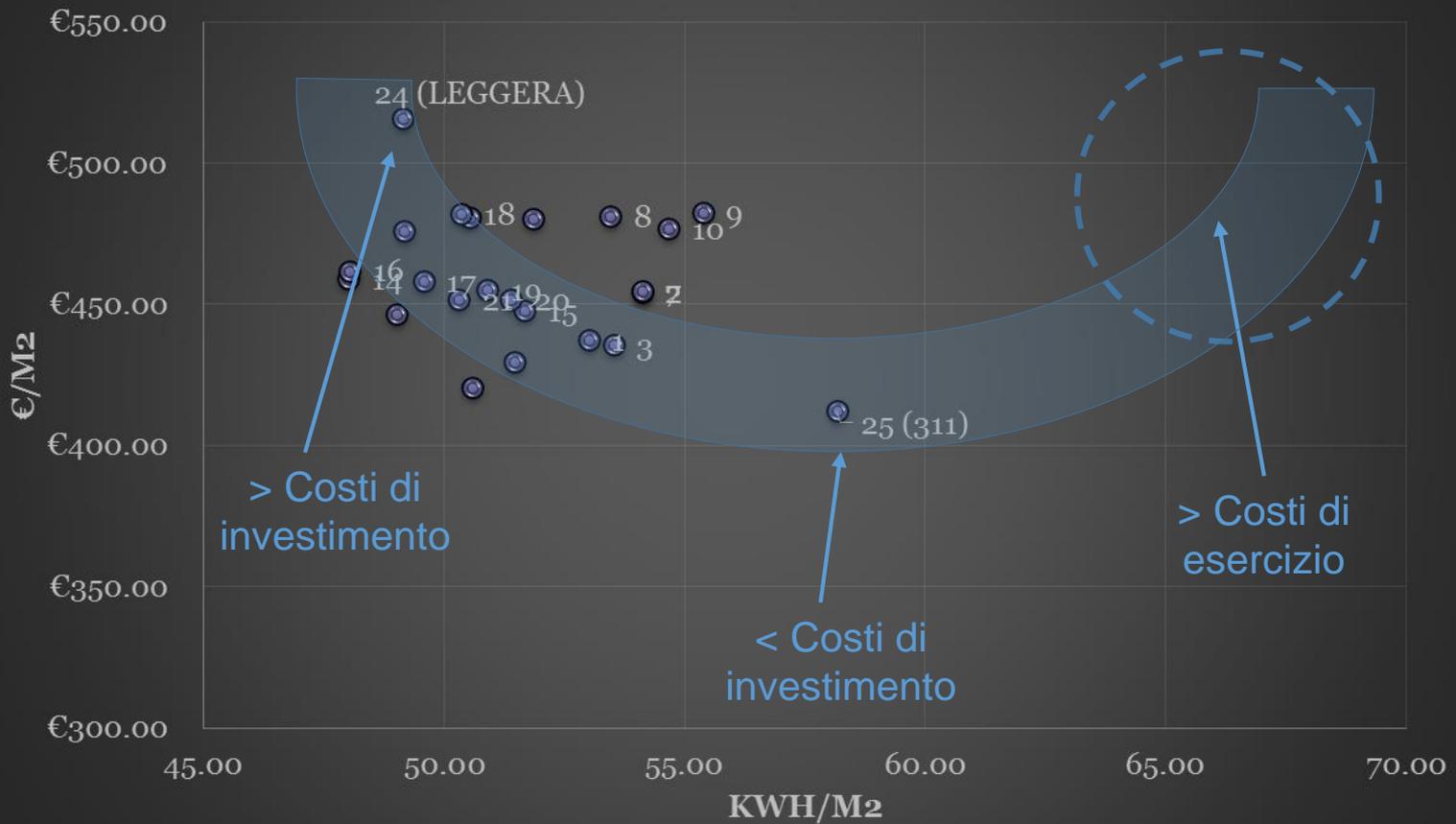


Costi per riscaldamento e raffrescamento

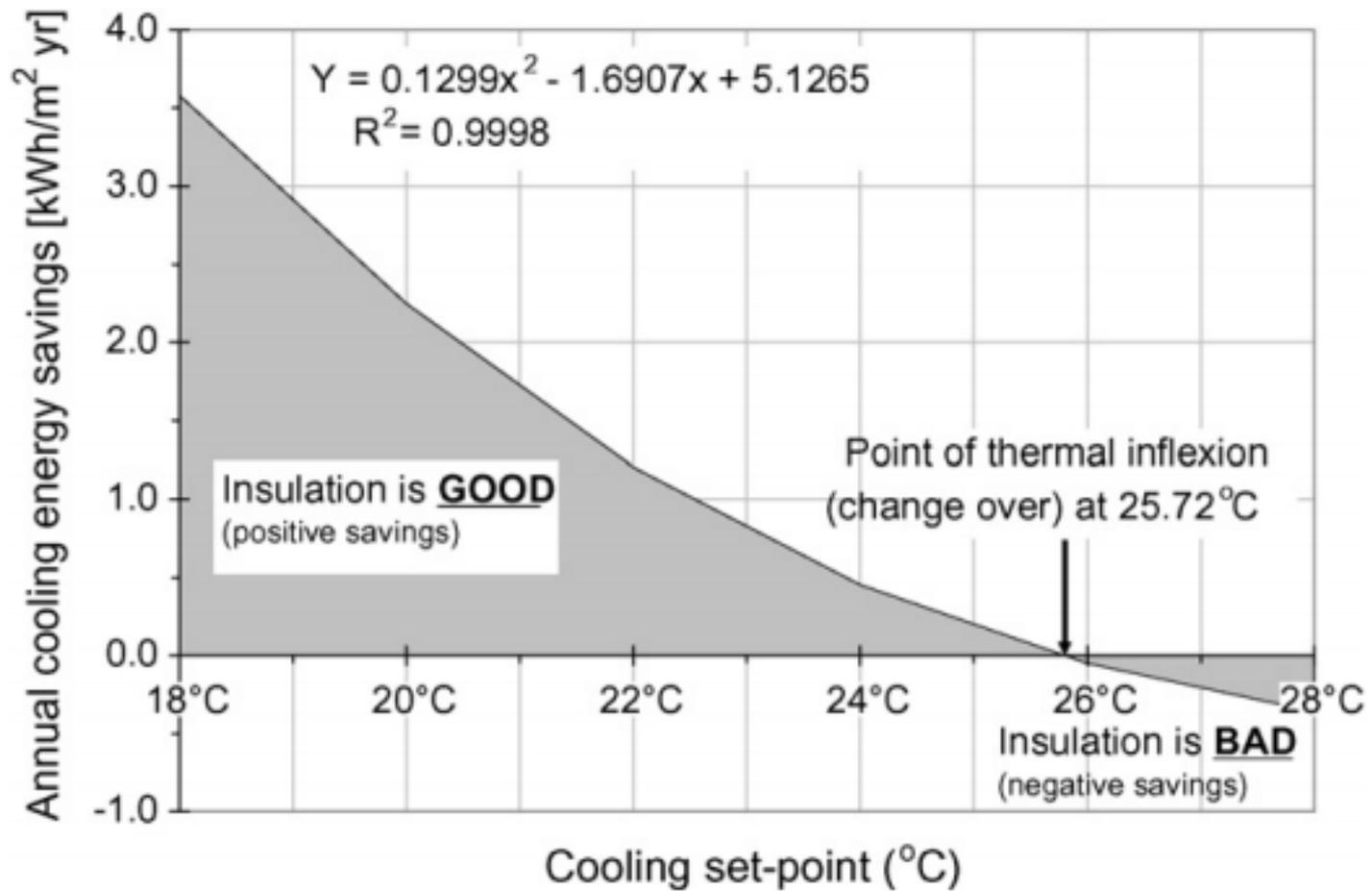


Costi per riscaldamento e raffrescamento

Energy cost €/m²



Costi per riscaldamento e raffrescamento



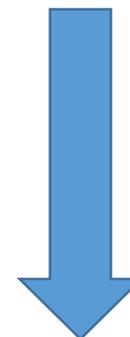
Masoso,Gobler,2008

Costi per riscaldamento e raffrescamento

Confort ?
Salute ?

Tabella 1 - Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso agli incentivi

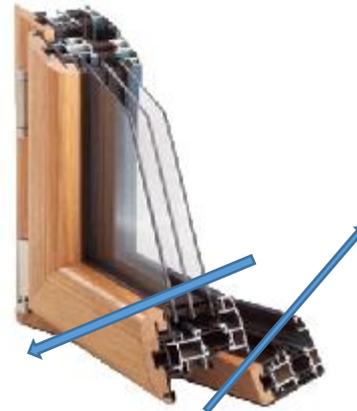
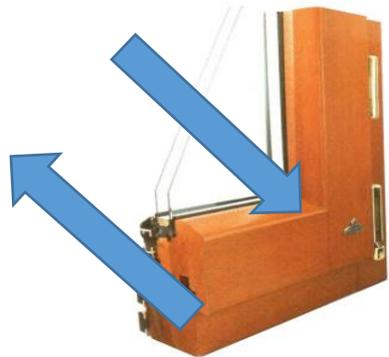
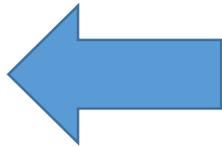
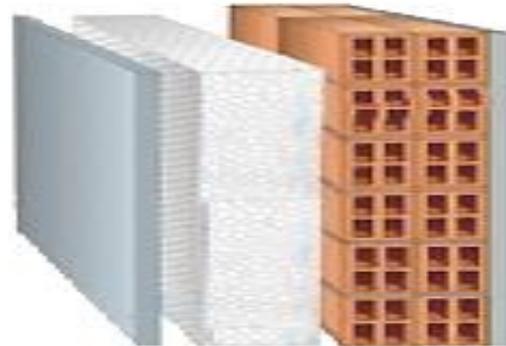
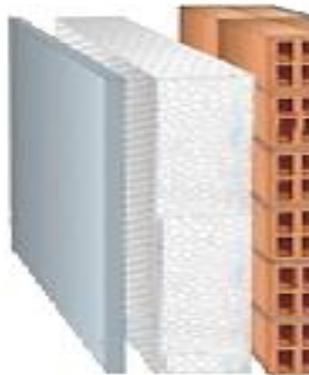
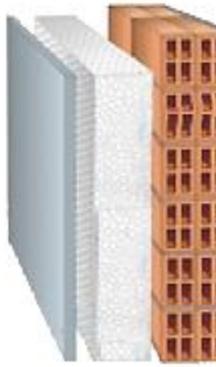
Tipologia di intervento	Requisiti tecnici di soglia per la tecnologia	
	a) Strutture opache orizzontali: isolamento coperture	Zona climatica A
Zona climatica B		$\leq 0,27 \text{ W/mq}^*\text{K}$
Zona climatica C		$\leq 0,27 \text{ W/mq}^*\text{K}$
Zona climatica D		$\leq 0,22 \text{ W/mq}^*\text{K}$
Zona climatica E		$\leq 0,20 \text{ W/mq}^*\text{K}$
Zona climatica F		$\leq 0,19 \text{ W/mq}^*\text{K}$
b) Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti	Zona climatica A	$\leq 0,50 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 0,38 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 0,33 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 0,28 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 0,25 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 0,23 \text{ W/mq}^*\text{K}$
c) Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali	Zona climatica A	$\leq 0,45 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 0,34 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 0,28 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 0,24 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 0,23 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 0,22 \text{ W/mq}^*\text{K}$
d) Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	Zona climatica A	$\leq 3,08 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica B	$\leq 2,00 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica C	$\leq 1,75 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica D	$\leq 1,67 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica E	$\leq 1,50 \text{ W/mq}^*\text{K}$
	Zona climatica F	$\leq 1,33 \text{ W/mq}^*\text{K}$



Per i soli interventi di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), in alternativa al rispetto delle trasmittanze di cui alla Tabella 1, nel caso in cui per l'edificio oggetto dell'intervento sia stata dichiarata la fine dei lavori e sia stata presentata la richiesta di iscrizione al Catasto edilizio urbano prima del 29 ottobre 1993, data di entrata in vigore del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, ai fini dell'accesso all'incentivo è necessario ottenere un miglioramento dell'indice di prestazione energetica almeno del 70% rispetto al valore precedente alla realizzazione dell'intervento stesso. A tal fine il richiedente invia, insieme alla documentazione di cui all'articolo 7, gli attestati di certificazione energetica relativi allo stato dell'immobile prima e dopo la realizzazione dell'intervento.



Sd = 3-5 -----10 -----12----- Sd= 15....



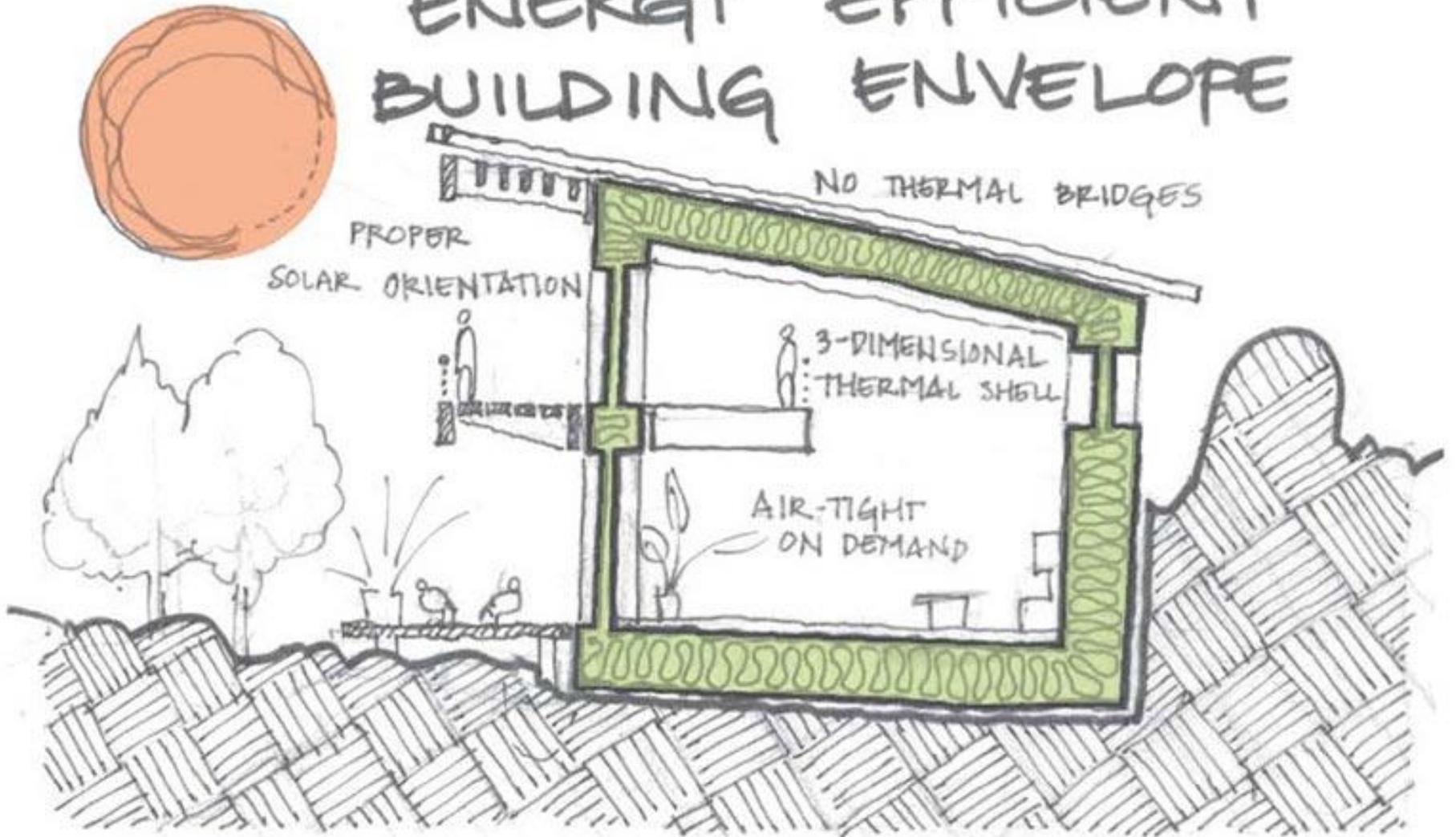
CLASSE 1

2

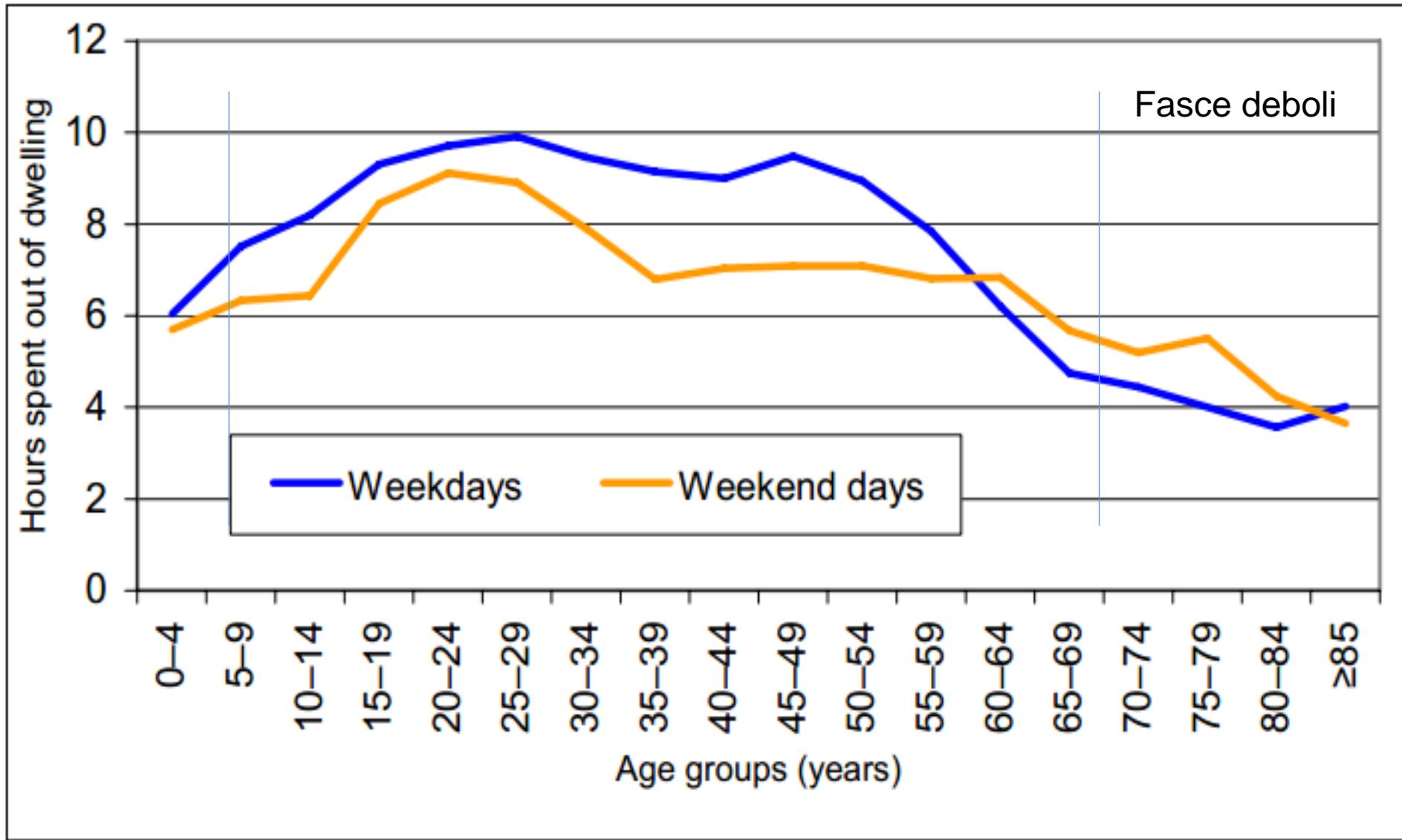
3

CLASSE 4

ENERGY EFFICIENT BUILDING ENVELOPE



Safe?



passiamo il 90% del nostro tempo in ambienti abitati

Dirt



Insects



Feathers

Pet Dander



Dust Mites

Smoke



Cooking Odors

Poisons

Chemicals



Mold



Bacteria



Fel d 1

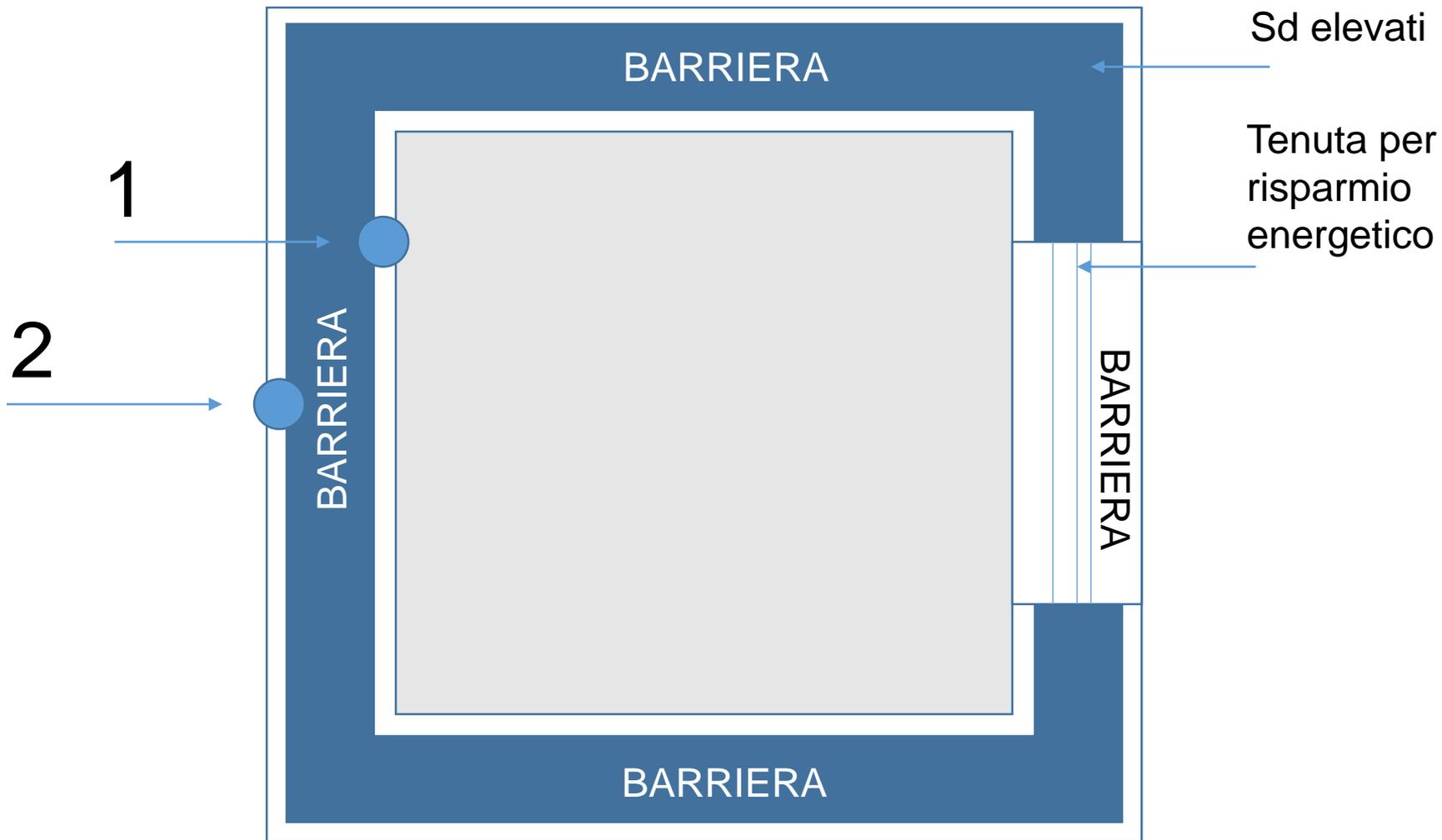
House Plants



Pollen

Dust



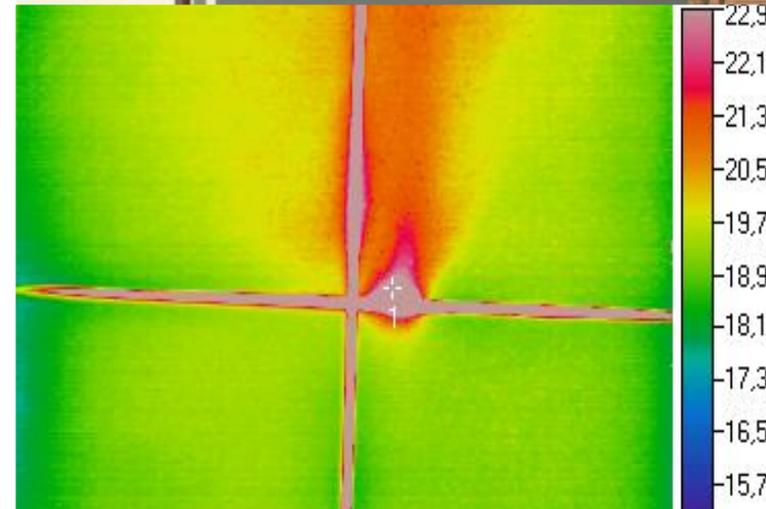


Ciò che si produce rimane all'interno

Il passaggio all'edificio NZE fondato sull'iper-
isolamento può avere un impatto negativo sulla
salute delle persone e sulla **durata**
dell'elemento costruttivo stesso

Sono state condotte attività di ricerca volte ad indagare gli effetti dell'introduzione del concetto di NZEB sulla qualità dell'abitare

1. Sperimentazioni sul comportamento termico di componenti edilizi fortemente isolati in ambito mediterraneo
2. Sperimentazioni sulle modifiche del confort collegate a questi modelli
3. Sperimentazioni relative all'impatto di tale mutamento sulla salute dell'uomo
4. Sperimentazioni relative alla durata dei componenti edilizi fortemente isolati



1

NZEB e Indoor Air Quality



Un caso di studio

Zona climatica E
Utilizzo incentivi

Isolamento copertura
16 cm Isolante fibroso

Cappotto
Interno 10 cm EPS

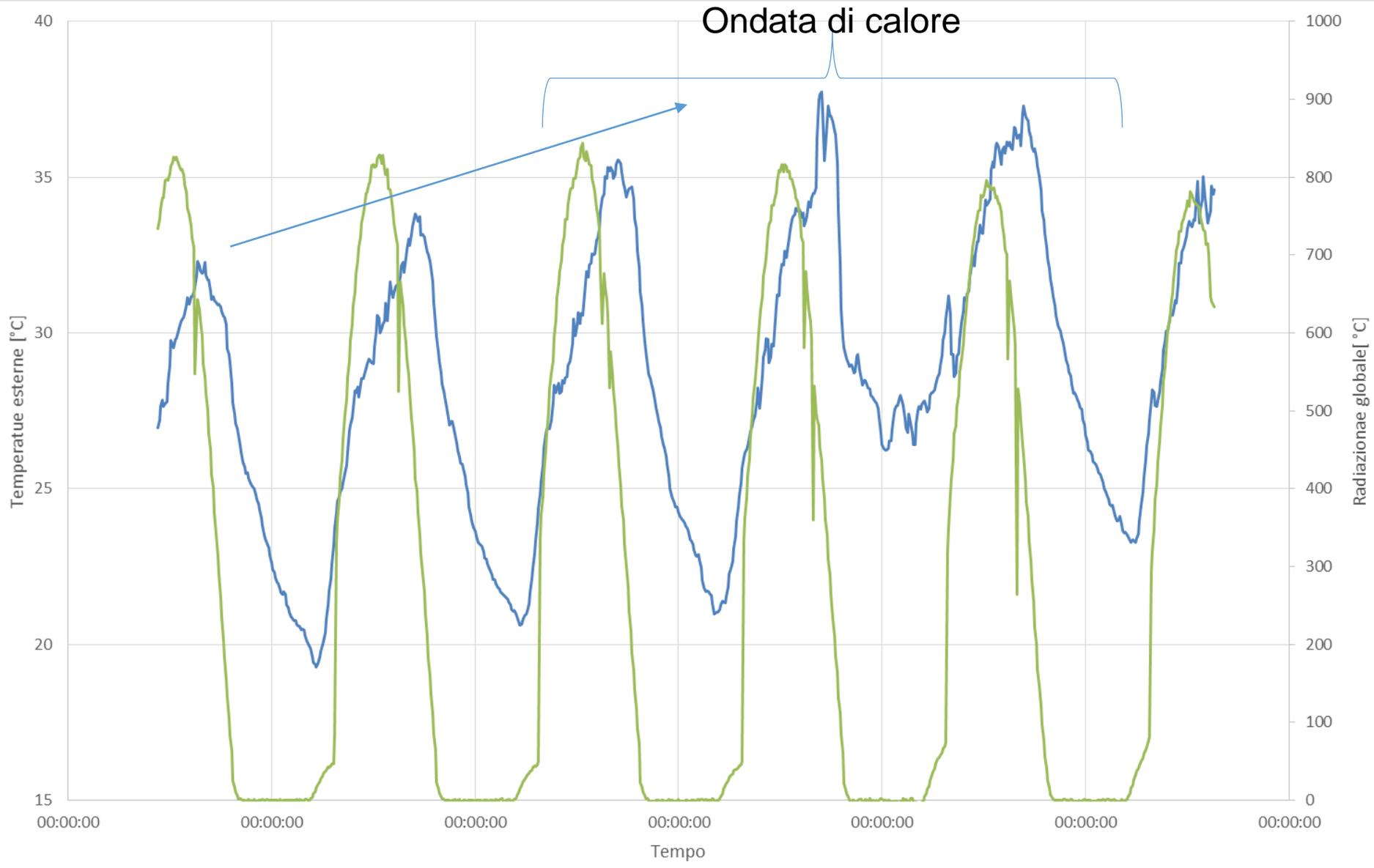


Finestre classe A4

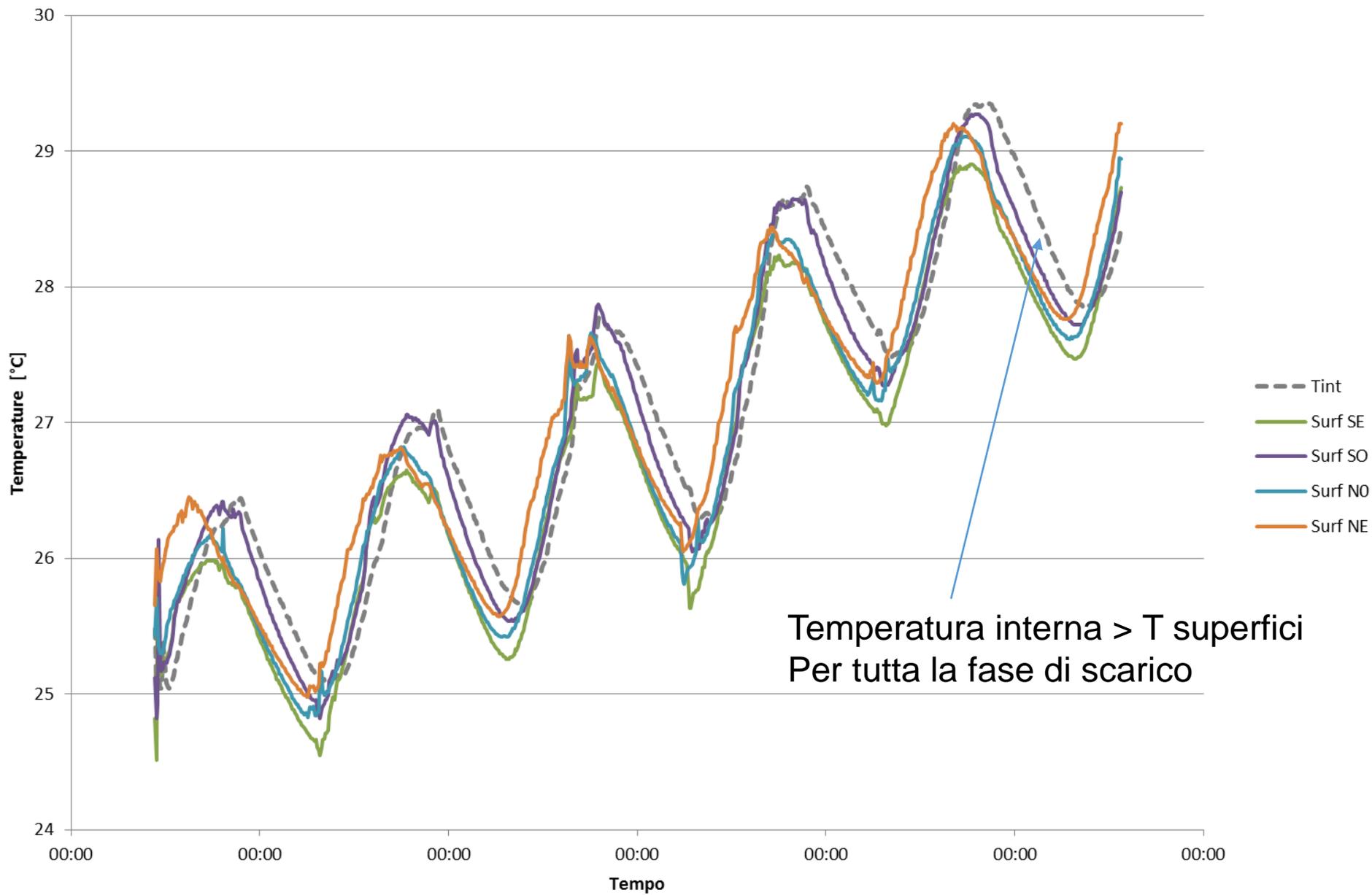


Le verifiche

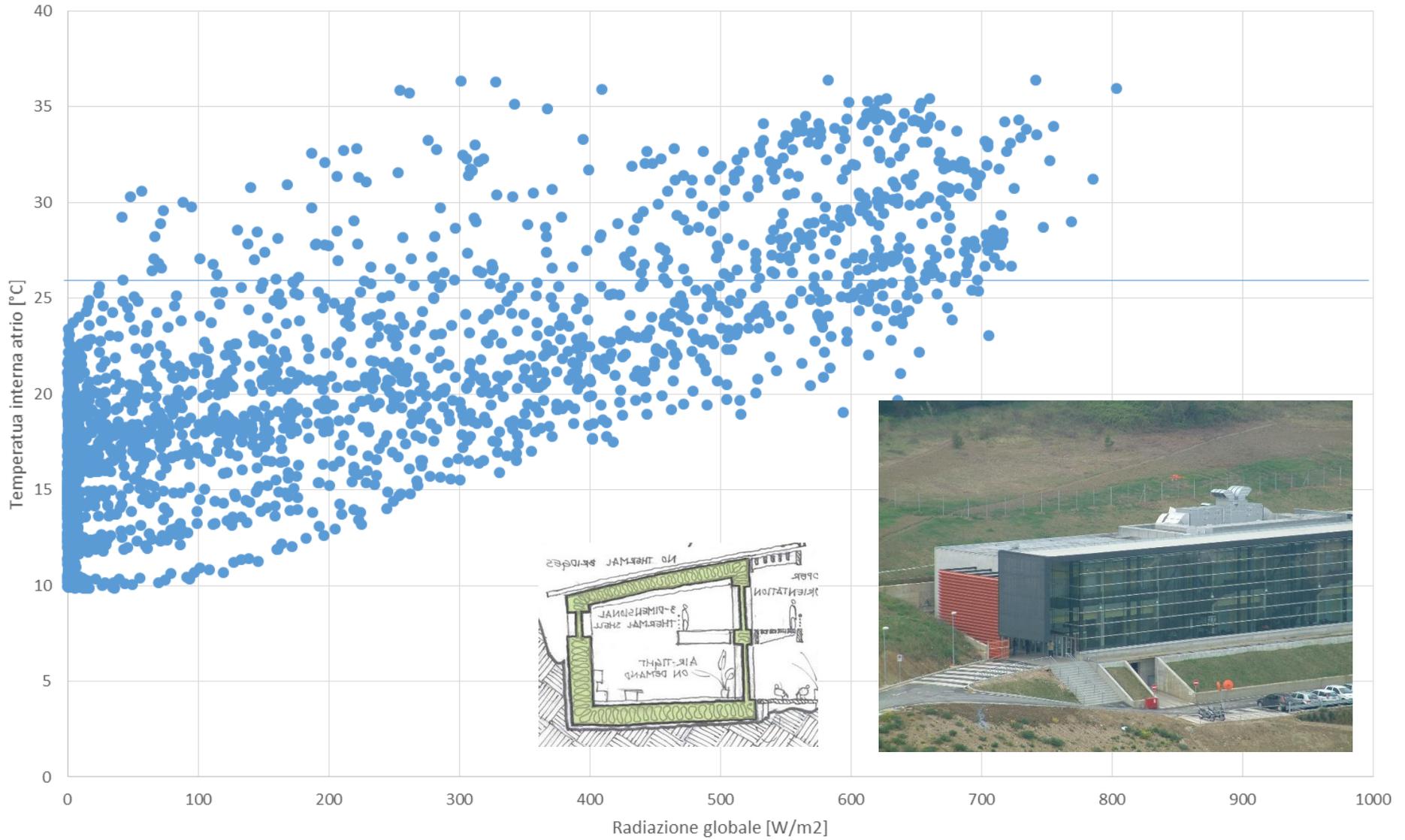
- Sollecitazioni termiche in fase estiva
 - Temperature interne
 - Temperature superficiali
 - Flussi termici
- Sollecitazioni igrometriche in fase invernale
 - UR% ambientali
 - Contenuti d'acqua negli strati superficiali



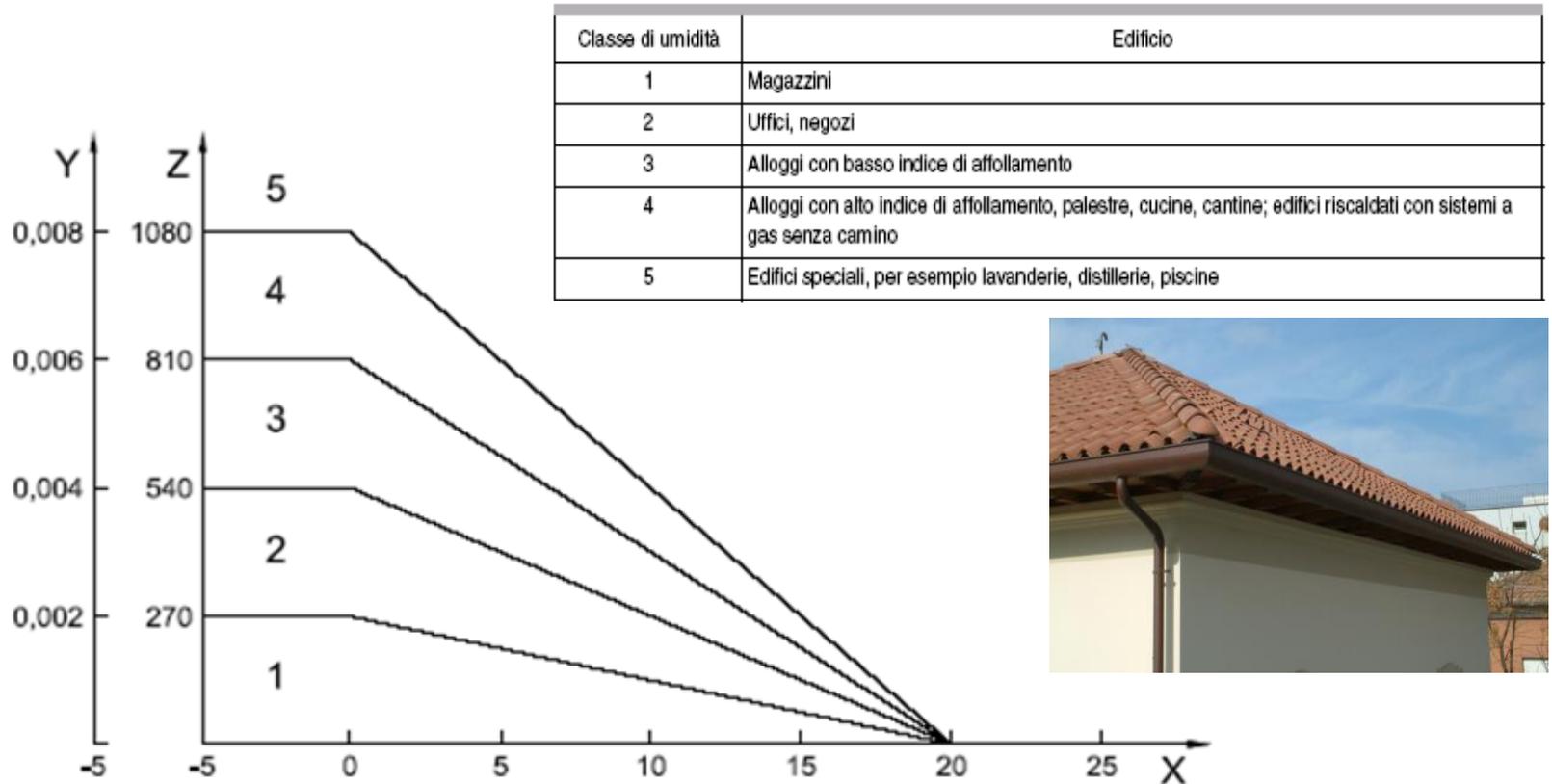
— ESTERNO TempARIA — ESTERNO RadGLOBale



Temp_interna_atrio_aule

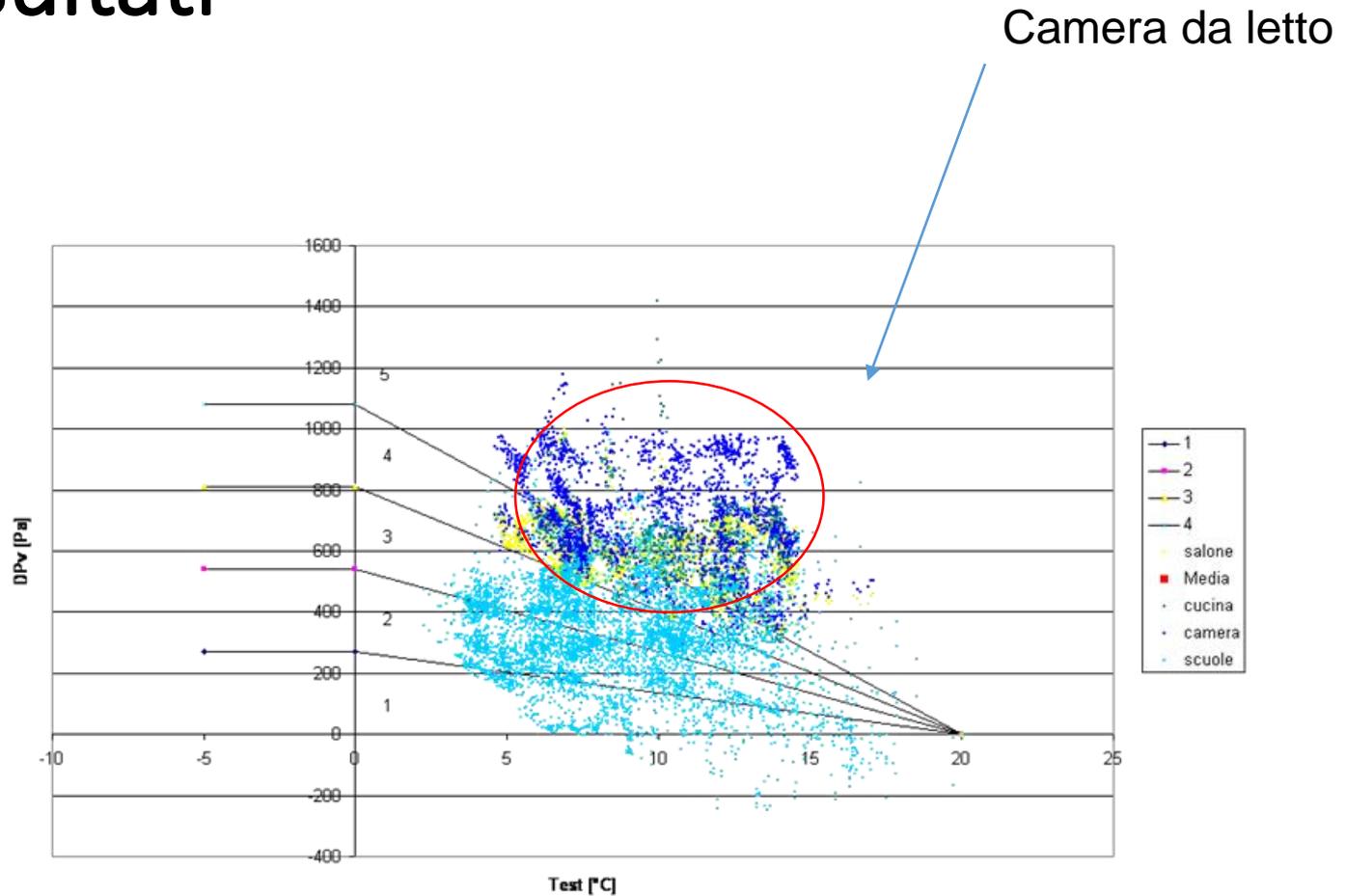


Gli aspetti igrometrici (e di IAQ)



UNI 13788

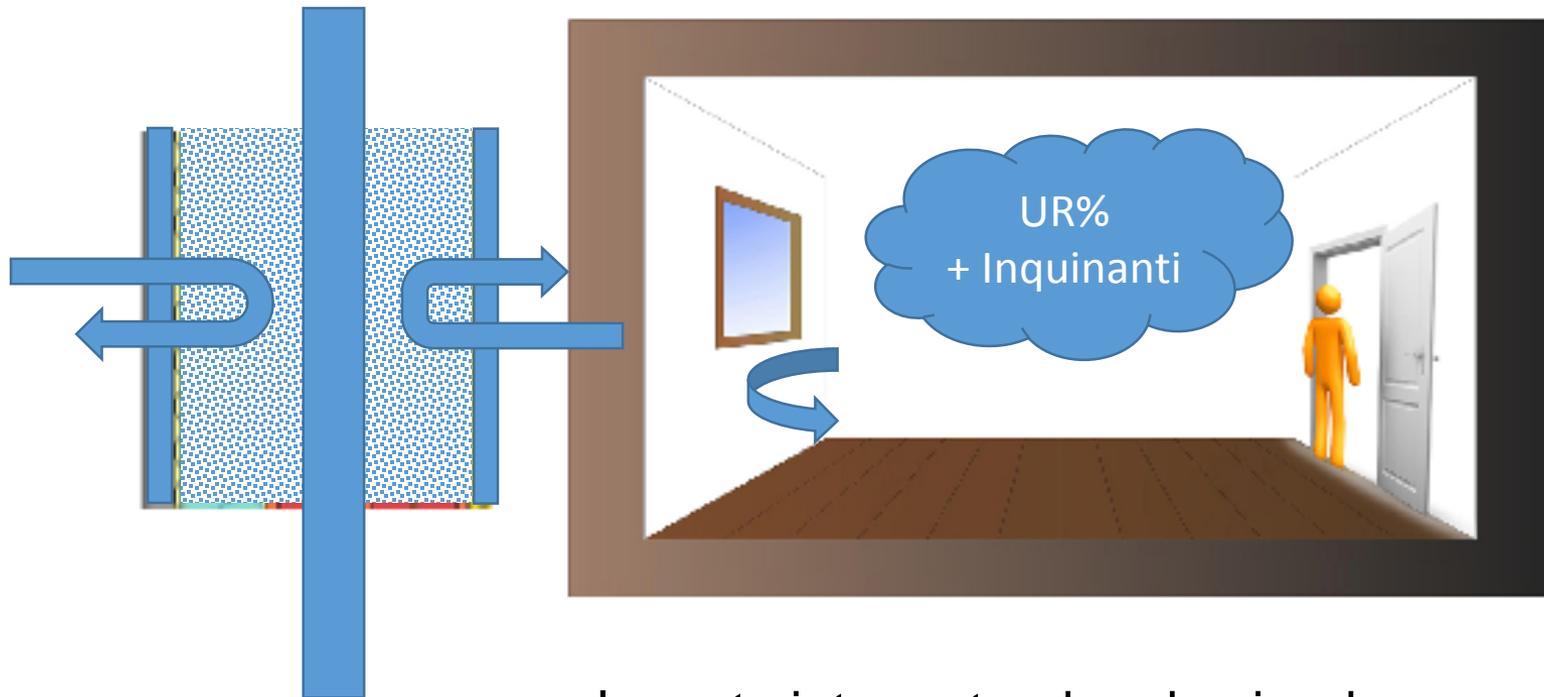
I risultati



Temperatura esterna

No interventi

Stiamo introducendo un nuovo modello di funzionamento dell'involucro



la parte interna tende ad agire da sistema di accumulo e rilascio (**tampone**) verso l'interno di quanto prodotto internamente all'ambiente

Perché è un problema ?

A CASE OF INFECTION WITH ASPERGILLUS VERSICOLOR*

BY ALBERT E. STEELE, M.D.

ASPERGILLUS infections have been reported in medical literature since 1842 by many writers. Most of the cases have been reported by French and German workers.

The impression that one receives from a study of the literature is that the organisms, in the majority of instances, were remotely associated with the disease.

A few facts are, however, well established—that some of the Aspergilli are pathogenic for man—that they have been seen in the sections of the lung—and that animal inoculation has produced definite lesions.

Koch's laws have been fulfilled in the case of the *Aspergillus Fumigatus*. This organism produces a disease of the lung which is common among pigeon crammers about Paris. Much pathological, bacteriological and serological work has been done with this *Aspergillus* by French observers. Infection with it appears to be uncommon in this country.

Aspergillus bronchialis is an organism which was found post-mortem growing in the bronchial tree of a diabetic. The author, Professor Chiari, believed it to be pathogenic. No pathologic lesions which were due to it have been demonstrated since.

Aspergillus Pictor is believed by some to be the cause of Pinta, a skin disease of Central America. It is commonly associated with the disease but no other facts have as yet been demonstrated.

Aspergillus Nidulans is believed by some to be the cause of some cases of Mycetoma and possibly Otomycoosis. It has been found in numerous cases of the former in smear preparation. Many other *Aspergilli* have been described and

ease is in harmony with that of other *Aspergillus* infections; and the histological reactions of the tissues are similar to those which are due to other organisms of this group.

F. C., 57 years old, white, male, carpenter, entered the Massachusetts General Hospital, West Medical Service, on April 27, 1923, and was discharged May 24, 1923.

The previous history was that "some skin trouble" had been present since he was 19 years of age. Dry papules appeared on the hands, became scaly and itched. These gradually spread all over the body. After some years these lesions improved and he has few such lesions now. He has had dry, thick nails with swelling of the skin about their base for several years. About four years ago he noticed a swelling in the left axilla which was painful. In two months it became as large as an egg, opened spontaneously and discharged a large amount of purulent material. Two months ago a painless swelling commenced on the left chest, which recently opened. Three months ago a similar swelling was incised in a hospital. There has been much cough and sputum for the past six months.

On physical examination, the skin of the forehead showed numerous discrete papules from 1 mm. to 1 cm. in diameter, scattered irregularly about the scalp; an indurated lesion 5 to 6 cm. long over the right forehead which is purplish red in color. The skin over the entire body is dry. In the left axilla there is a desquamating area about 4 cm. in diameter. The patient also has desquamating areas over both buttocks, back of thighs and left neck. In the left neck there is a sinus which discharges a thin, sero-purulent material. At the left side of the sternum there are three discharging sinuses. The whole anterior left chest is red and indurated. The cervical and inguinal lymph nodes are enlarged.

The left chest shows relative dullness over the upper half and sonorous rales over this area. There are a few sonorous rales over the apex of the right lung. Otherwise nothing remarkable is noted.

The X-ray report states that the left chest shows density which is most marked in the



Mold (*Aspergillus versicolor*). Conidia (asexual spore structures / sporangia). *Aspergillus versicolor* is very common on carpets, mattresses, upholstered-furniture and damp dairy products. It can produce a mycotoxin, sterigmatocystin, reported to be carcinogenic to the liver and kidney, and stomach. This genus can also cause skin infections known as aspergillosis (secondary infection to AIDS).

La pericolosità

- Classe A: funghi e loro prodotti metabolici che hanno la caratteristica di essere altamente patogeni. Per la gravità dei loro effetti sulla salute dell'uomo, non deve essere ammessa la loro presenza all'interno degli ambienti;
- Classe B: Funghi e loro prodotti metabolici che diventano patogeni se l'organismo umano viene sottoposto ad una loro esposizione per lungo tempo e che possono essere causa di reazioni allergiche;
- Classe C: Funghi che non sono pericolosi per la salute dell'uomo, ma che possono comunque causare danni alle superfici.



Irritazione degli occhi
Irritazioni della pelle
Reazioni allergiche
Difficoltà respiratorie
Infezioni croniche
Asma, bronchitis
Effetti sul sistema nervoso e
immunitario
Contributo a patologie tumorali
(microtossine)
Infezioni che causano direttamente
il decesso



Il ciclo vitale

- Germinazione
 - Le spore si stabilizzano sulle superfici e restano inoperose fino all'attivazione che avviene per assorbimento di umidità e sostanze nutrienti provenienti dal substrato (se non c'è umidità le spore non germinano)
- Crescita ifale (vegetale)
 - Avviene dopo la germinazione – le ife sono filamenti pluricellulari ed il loro addensarsi forma una massa chiamata micelio
- Riproduzione /sporulazione
 - Dopo aver costituito una unità produttiva i funghi si riproducono per mezzo di spore

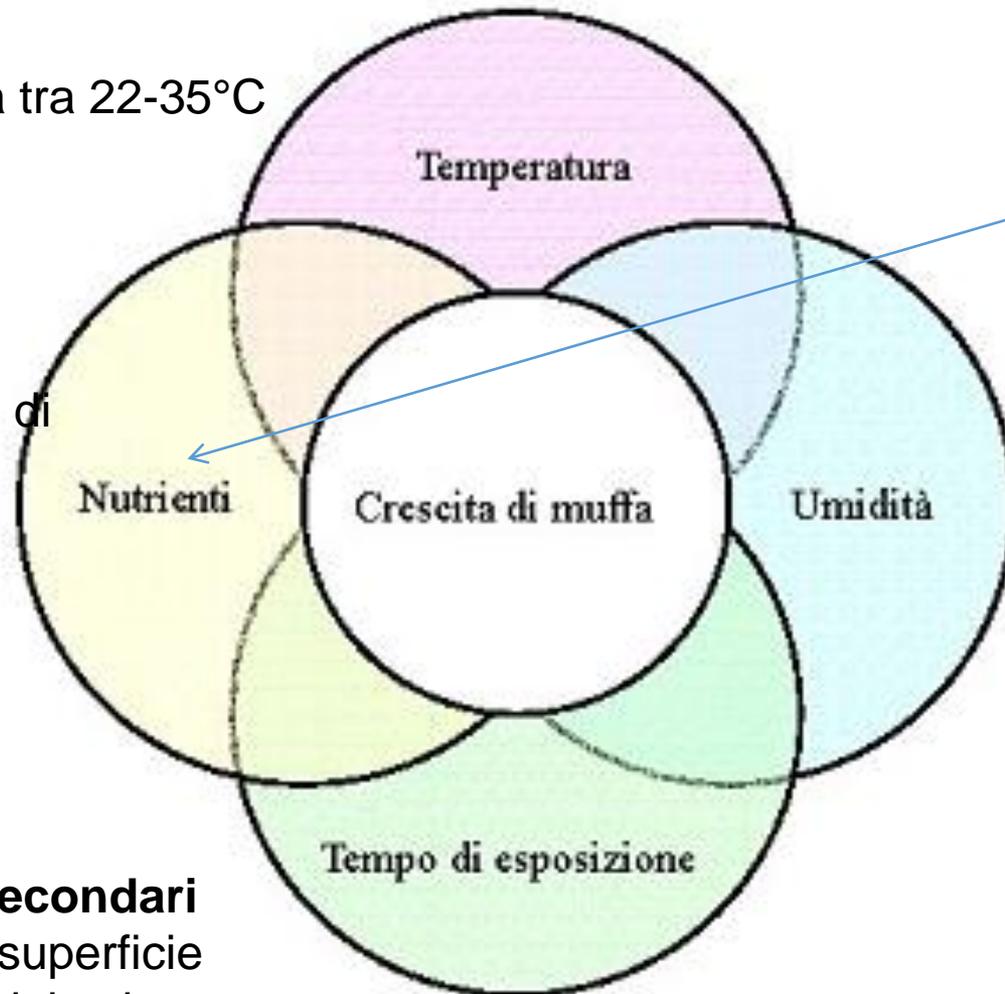
Le condizioni per la crescita

Temperatura tra 22-35°C

Sono saprofiti
Si possono nutrire di

- Carboidrati
- Proteine
- Lipidi

Fattori secondari
pH della superficie
Ruvidezza del substrato
Velocità dell'aria interna



SONO I FATTORI
PREPONDERANTI

UR% tra 65-94%

Condizioni per alcune specie

Livello di umidità	Categoria	
High (aw > 0.9; ERH% > 90%)	Tertiary colonizers (hydrophilic)	Alternaria alternata; Aspergillus fumigatus; epicoccum spp.; exophiala spp. fusarium moniliforme; mucr plumbeus; phoma erbarum; phialophora spp.; rhizopus spp.; stachybotrys chartarum (s. atra); trichoderma spp.; ulocladium consortiale; sporobolomyces spp.
	Actinobacteria (or Actinomycetes)	
Intermediate (aw 0.8-0.9; ERH% 80-90%)	Secondary colonizers	Aspergillus flavus; aspergillus versicolor; cladosporium cladosporioides; cladosporium sphaerospermum; mucor circinelloides; rhizopus oryzae
Low (aw < 0.8; ERH% < 80%)	Primary colonizers (xerophilic)	Alternaria citri; aspergillus (eurotium) amstelodami; aspergillus candidus; aspergillus (eurotium) glaucus; aspergillus niger; aspergillus penicilloides; aspergillus (eurotium) repens; aspergillus restrictus; aspergillus versicolor; paenicillium variatii; paenicillium aurantiogriseum; paenicillium brevicompactum; paenicillium chrysogenum; paenicillium commune; paenicillium expansum; paenicillium greseofulvum; wallema sebi.

«aw» è l'attività dell'acqua sulla superficie; concetto simile all'UR%

I materiali del substrato

Categoria del substrato	
0	mezzo di coltura ottimale
I	materiali da costruzione biologicamente riciclabili come carta da parati, cartongesso, materiali da costruzione fatti con materiali bio-degradabile materiali per la permanenza di articolazioni elastiche
II	materiali biologicamente molto poco utili, come ad esempio materiali minerali da costruzione con struttura porosa come malta per intonaco, alcuni tipi di legno e materiali isolanti non coperti da materiali appartenenti al substrato I.
III	materiali da costruzione che non sono nè biodegradabili nè contengono sostanze nutritive.

Classi in cui possono essere divisi i materiali da costruzione in relazione alla potenzialità di crescita di muffe. Fonte: *Sedlbauer K. (2001)*

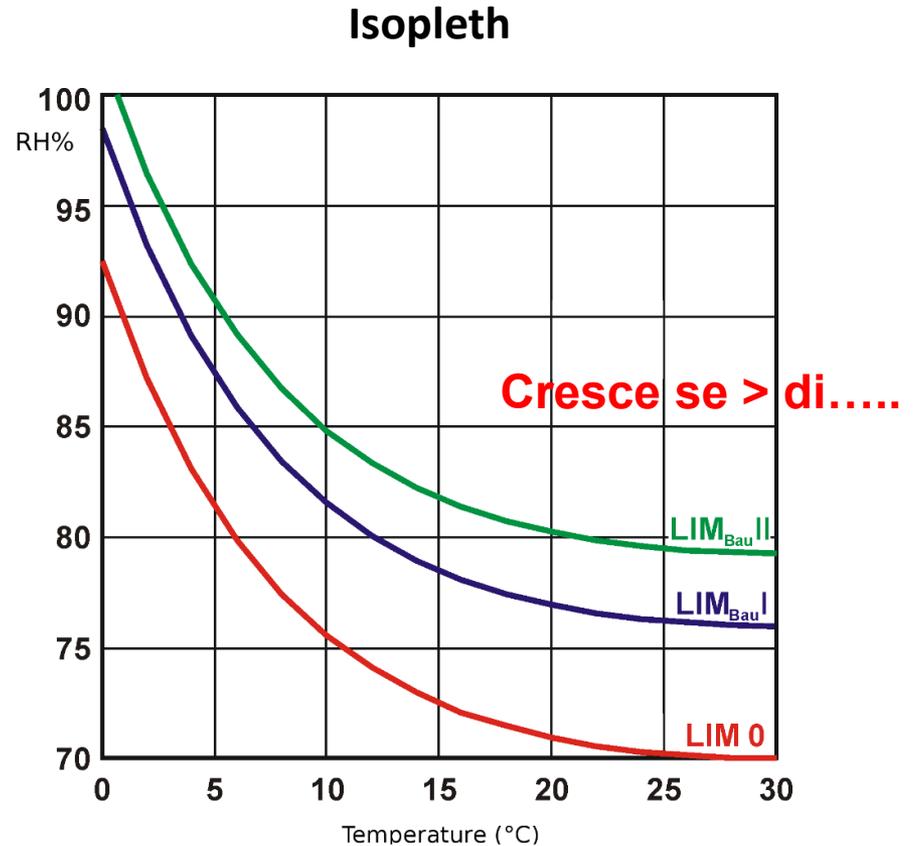
I materiali del substrato

Materiali	Umidità Relativa (%)
Legno	75-80
Carta e intonaci plastici	80-85
Isolante minerale	90-95
Isolante EPS	90-95
Cemento	90-95
Laterizi	90-95
Gesso	90-95

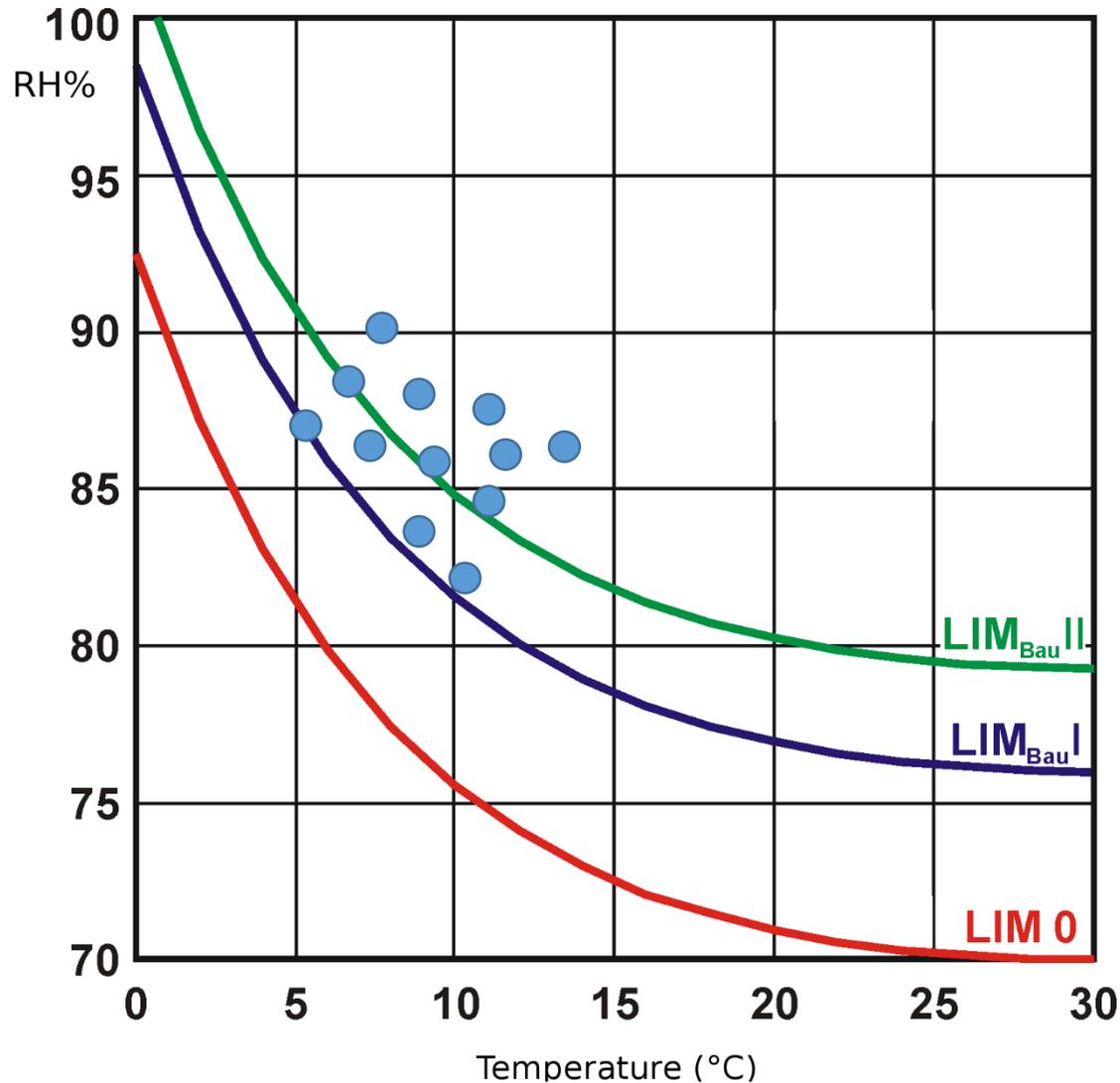
Ma non c'è accordo perfetto su questi valori

Il modello di crescita

- LIM II
 - Materiali biologicamente avversi alla crescita
- LIM I
 - Materiali che permettono la crescita
- LIM 0
 - Mezzo di coltura ottimale



Si verificano T e UR%
delle superfici durante l'anno



....ma nelle abitazioni non si produce
solo vapore...

Ambiente	Fonti	Inquinanti
Casa	Fumo di tabacco	Particolato aerodisperso; monossido di carbonio; composti organici volatili; formaldeide.
	Forni a gas e caldaie a gas	Biossido di azoto; monossido di carbonio; biossido di zolfo.
	Forni a legna e caminetti	Particolato aerodisperso; biossido di azoto; monossido di carbonio; biossido di zolfo; idrocarburi policiclici aromatici.
	Materiali da costruzione	Radon; formaldeide; composti organici volatili; amianto.
	Arredamenti e prodotti di consumo	Formaldeide; composti organici volatili; pesticidi.
	Condizionatori e superfici umide	Agenti biologici; particolato aerodisperso.
	Apparecchiature elettriche	Campi elettromagnetici.
Uffici e scuole	Fumo di tabacco	Particolato aerodisperso; monossido di carbonio; composti organici volatili; formaldeide.
	Materiali da costruzione	Radon; formaldeide; composti organici volatili; amianto.
	Arredi	Formaldeide; composti organici volatili.
	Stampanti e fotocopiatrici	Composti organici volatili; ozono.
	Impianti di condizionamento e di ventilazione	Agenti biologici; particolato aerodisperso; biossido di azoto; monossido di carbonio.
	Materiale didattico e di cancelleria	Composti organici volatili.
Mezzi di trasporto	Fumo di tabacco	Particolato aerodisperso; monossido di carbonio; composti organici volatili; formaldeide.
	Inquinanti esterni	Monossido di carbonio; benzene; biossido di azoto; particolato aerodisperso; ozono.
	Condizionatori	Agenti biologici.

Elaborazione: ISPRA, 2009

Inquinante	Abitazione	Ambiente lavorativo	Scuola	Biblioteca	Outdoor	Tempo di misura	Riferimento
CO	2,4·10 ³ *	2,2·10 ³ * (a)				48 h	Bruinen de Bruin, 2004
	2,0-3,9 mg/m ³						Malanca, 1993
NO ₂	45,2				41,5	14 giorni	Ponzio, 2006
	24-28* (Pisa) e 28-41* (Delta del Po)				26-39* (Pisa) e 17-45* (Delta del Po)	1 settimana	Simoni, 2004
	40,0					1 settimana	Gallelli, 2002
	28-39*					1 settimana	Simoni, 2002
	24-60*				17-45*	1 settimana	Simoni, 1998
Formaldeide		14,7			3,7	1 settimana	Bruinen de Bruin, 2008
	12,3-13,2				2,7	10 giorni	Fuselli, 2007
	20,7	17,9 (b)			10,8	30 giorni	Fuselli, 2006
		9,0-23,2 (c)	8,5-22,3		2,4-4,9	1 settimana	Kotzias, 2005
		86-490* (a)				30 minuti	Proietti, 2004
				5-30,7		4 h	Righi, 2002
Benzene		3,0-5,0			4,0-60,6	4 h	Fantuzzi, 1996
				1,7-67,8	4,2-7,2	1 settimana	Bruinen de Bruin, 2008
	2,7-5,9				5,2-7,1	4 giorni	Fondelli, 2008
		2,8-17,1 (c)	2,3-4,4		2,0-8,0	1 settimana	Kotzias, 2005
	2,1-7,2				2,0-8,0	15 giorni	Fuselli, 2002
	1,5-9,1				1,6-3,6	1 mese	Bertoni, 2002
				6,5-39		4 h	Righi, 2002
VOC	51,8-58,6*			4,7-39,0	1,9-14,0	4 h	Fantuzzi, 1996
		175,3-1.393,3 (d)			52,4-59,7*	24 h	Gilli, 1994
		2,9-157,1 (c)	17,9-192,7		14,9-105,8	1 settimana	Kotzias, 2005
				203-749		4 h	Righi, 2002
PM _{2,5}				102-936	181-895	4 h	Fantuzzi, 1996
		25,1-65,7 (e)			27,2 (d)	20 minuti	Valente, 2007
		5-199 (f)				13-16 h	Tominz, 2006
		24-141 (g)			9-101 (f)	30 minuti per conc. outdoor, 3-4 h per conc. indoor	Ruprecht, 2006
	47-67 e 50-76					48 h	Simoni, 2004
	24-31	21-28 (a)			20-40	24 h	Cattani, 2003
PM ₁₀	42,7	59,0 (a)				48 h	Rotko, 2002
		57-153 (d)				13-16 h	Tominz, 2006
		28-47 (a)			24-47	24 h	Cattani, 2003

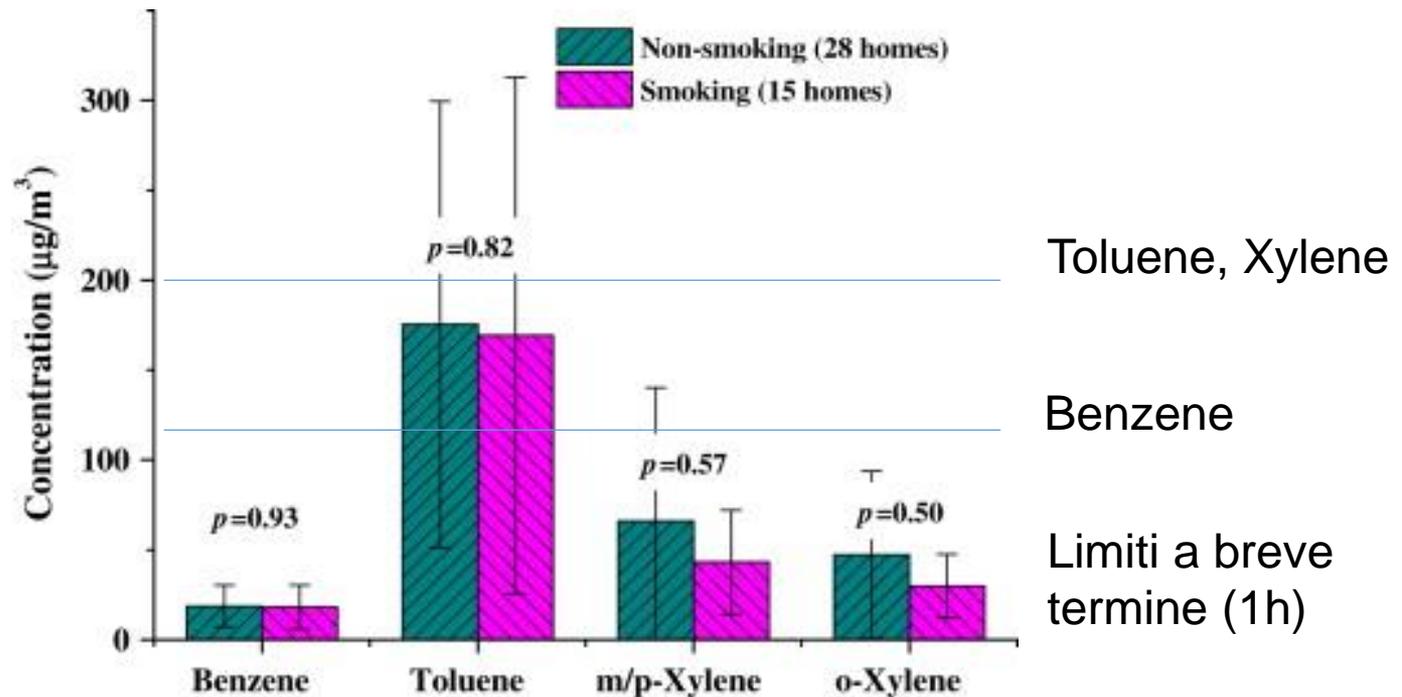
µg/m³,

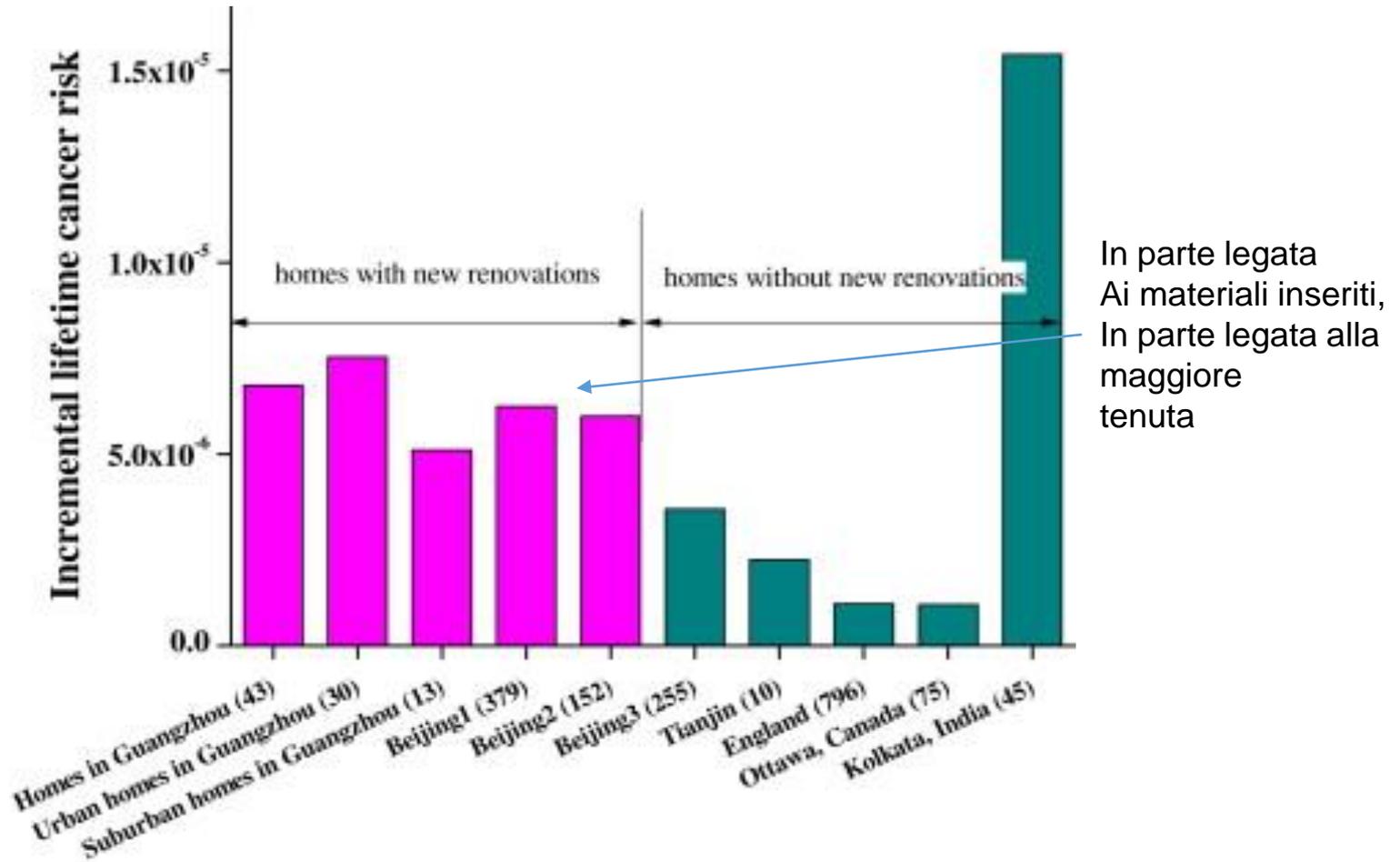
Inquinante	Indoor/outdoor Giorno	Indoor/outdoor Notte
Numero di campioni	98	97
Benzene		
Media	3,78	2,68
Deviazione standard	12,13	4,03
Toluene		
Media	1,11	2,86
Deviazione standard	0,32	5,15
Xileni		
Media	1,02	2,58
Deviazione standard	0,29	3,22
BTX		
Media	1,67	3,12
Deviazione standard	2,93	5,58

Rapporto dei livelli di BTX tra aria interna ed esterna per la città di Torino

Fonte: ISPRA

Analisi di 240 edifici – pre e post innalzamento livelli di isolamento





I valori limite della esposizione giornaliera (per inalazione) a benzene, toluene, *m/p*-xylene e *o*-xylene sono: BENZENE 0.1 µg/kg/giorno
 TOLUENE 1.2 µg/kg/giorno
m/p XYLENE 0.4 µg/kg/giorno
 O-XYLENE 0.3 µg/kg/giorno

Un **eccessivo efficientamento energetico
rischia di aumentare l'insalubrità degli edifici**

Quali soluzioni

1. Utilizzo di materiali a bassa «ricettività» (basso contenuto di sostanze organiche) e con agenti antimuffa (ma efficaci solo per 2-3 anni)
2. Utilizzo di materiali con capacità di accumulo e rilascio (moisture buffering)
3. Ventilazione con sistemi a basso consumo energetico (risolve problemi di salute ma non di crescita)

1



- A,B rasanti per cappotto
- C,D,E Finiture da interno
- F,G Pitture (F tempera)



Support surface	<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Stachybotrys chartarum</i>
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			

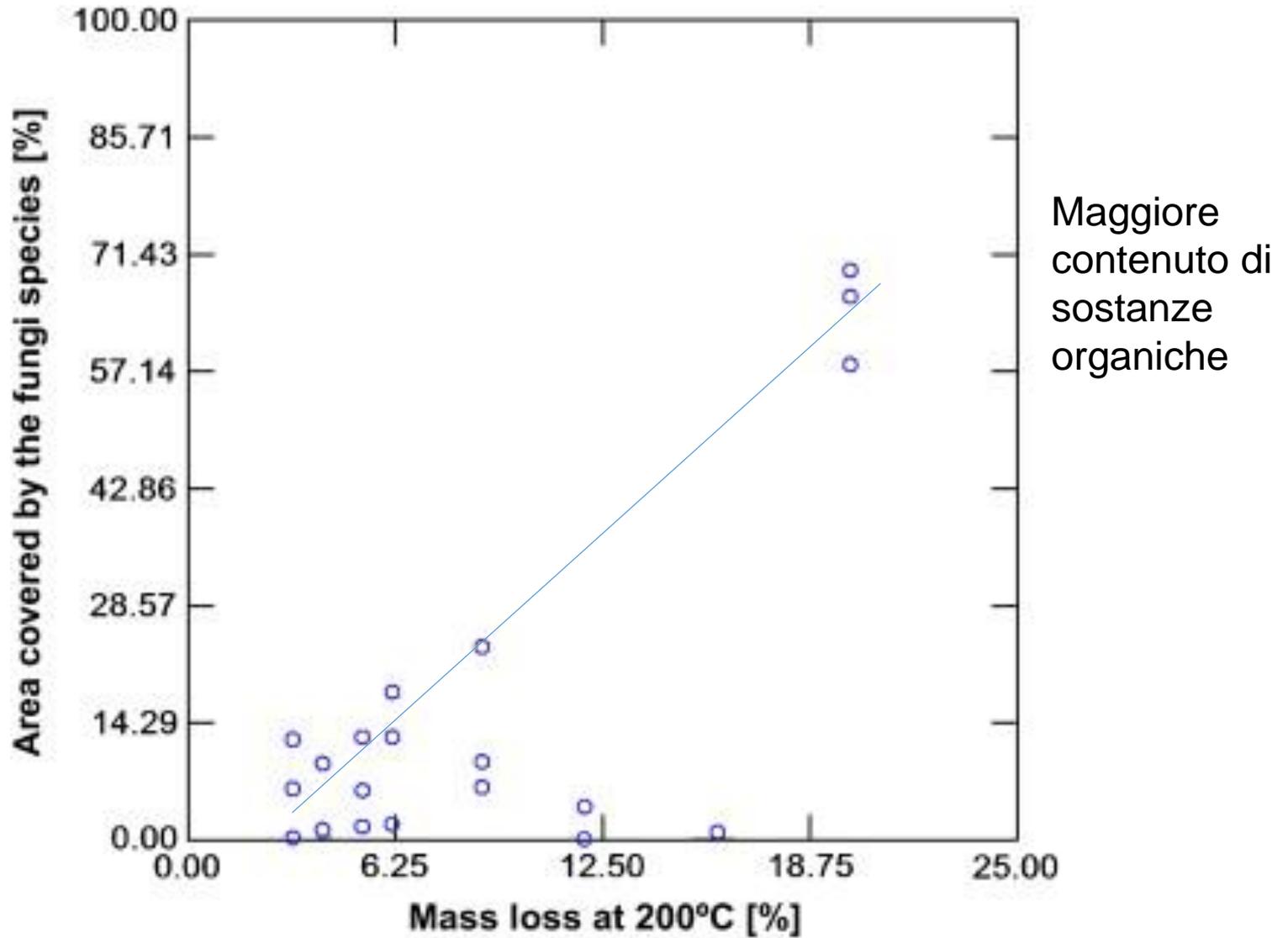
I risultati

Cod.	Mould index			% di superficie coperta		
	<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Stachybotrys chartarum</i>	<i>Aspergillus versicolor</i>	<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Stachybotrys chartarum</i>
A	3	3	2	6.9%	9.2%	1.1%
B	2	4	4	1.8%	12.4%	17.9%
C	0	3	4	0.1%	6.1%	12.1%
D	3	3	5	6.3%	9.4%	23.4%
E	4	2	3	12.4%	1.5%	5.9%
F	6	7	7	57.8%	66.1%	69.3%
G	2	0	1	3.9%	0.0%	0.8%

- A,B rasanti per cappotto
- C,D,E Finiture da interno
- F,G Pitture

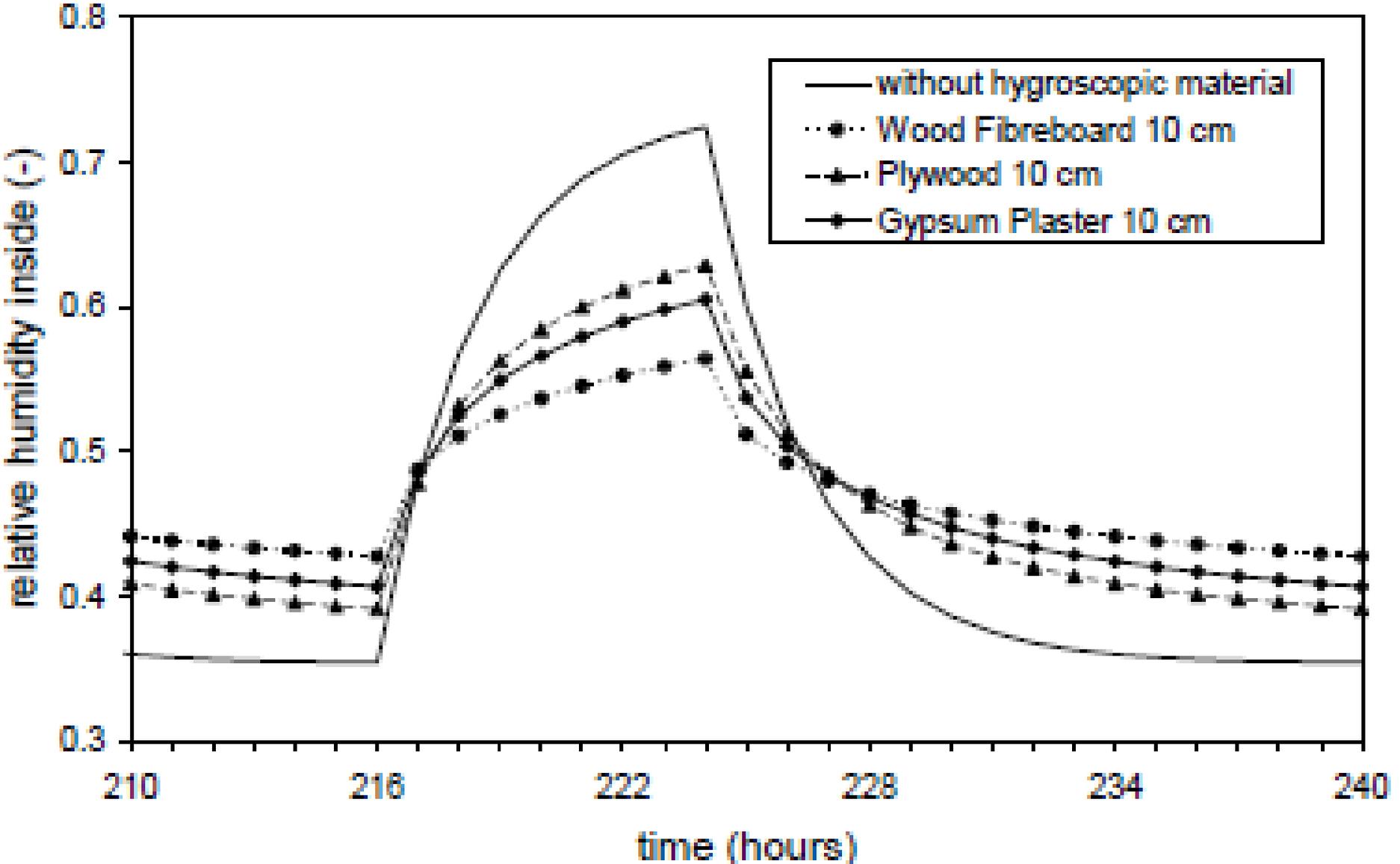


In soli 15 giorni



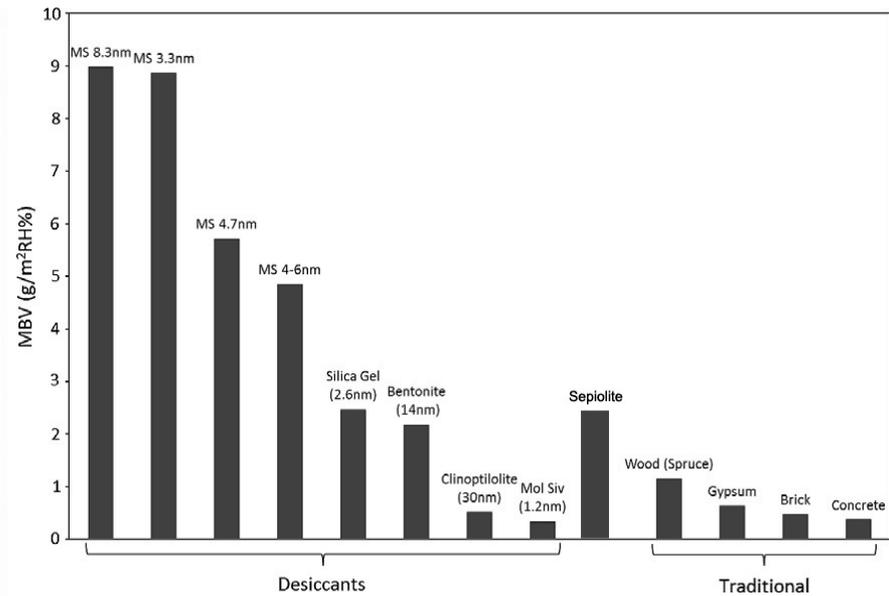
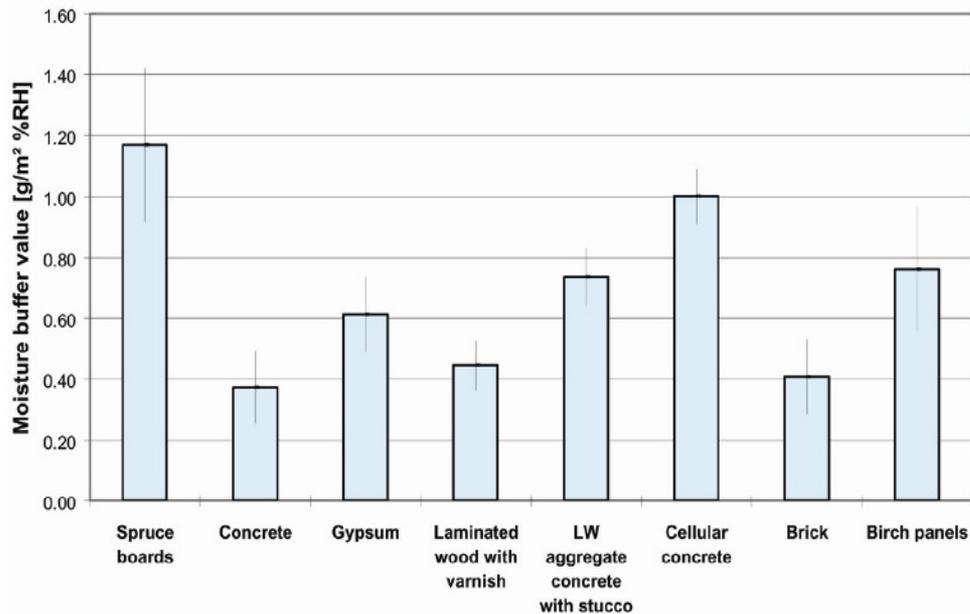
La presenza di acqua e sostanze organiche nei materiali di finitura eleva il rischio di muffe e funghi.

Moisture Buffering Materials



MBV=	0-0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-2	>2
Trascurabile	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Limitato	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Moderato	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue	Light Blue
Buono	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow	Light Blue
Eccellente	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Yellow

Classificazione dei materiali in termini di MBV (g/m² %RH 8/16h)



Valori di MBV ricavati per differenti materiali (g/m² %RH 8/16h).



POLIACRILATO DI SODIO



GESSO



CELLULOSA



PERLITE

MATERIALE	DENSITA' ρ_0 [kg/m ³]	PERMEABILITA' AL VAPORE [10 ⁻⁸ *kg/(Pa*m*s)]	DIMENSIONI DEL PROVINO [mm]
Perlite	100	1,2	195x195x90
Cellulosa	35	5,88	195x195x90
Gesso	700		280x144x12
Poliacrilato di sodio	1055		195x195x90

Le modalità di prova

- ✓ *Fase di stabilizzazione* in camera climatica:

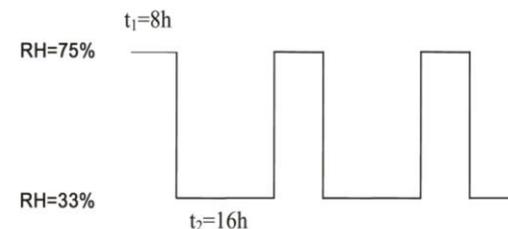
Temperatura	$T = 23^{\circ}\text{C}$
Umidità Relativa	$\text{RH} = 50\%$

- ✓ *Fase di esposizione ciclica:*

Temperatura	$T = 23^{\circ}\text{C}$
Livelli alti di RH per 8h	$\text{RH} = 75\%$
Livelli bassi di RH per 16h	$\text{RH} = 33\%$

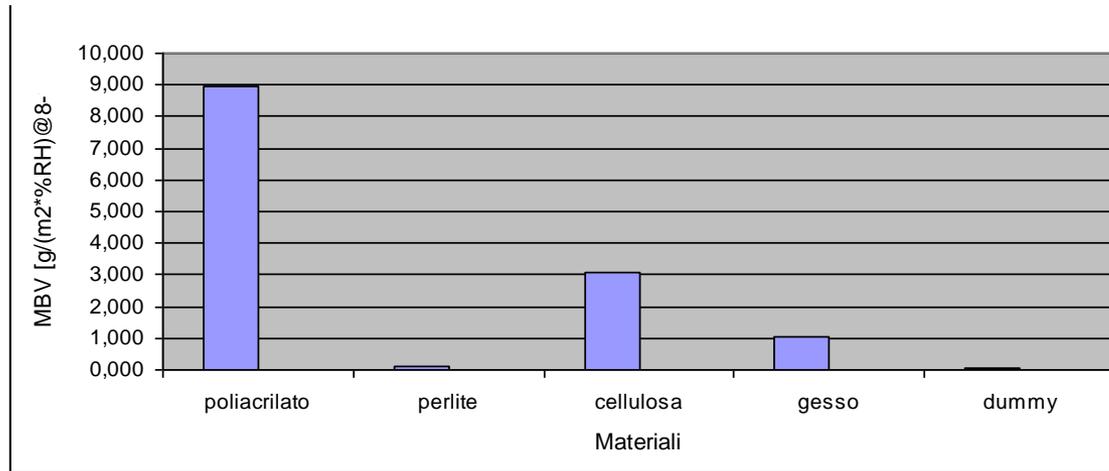
- ✓ *Misurazioni periodiche delle variazioni di peso dei provini (bilancia analitica):* necessarie per ricavare il Moisture Buffering Value del provino testato.

Per Moisture Buffering Value (MBV) s'intende l'accumulo/rilascio di umidità che si ha quando il materiale è soggetto a significative oscillazioni di umidità relativa tra il 75% RH durante 8 ore e il 33% RH durante le restanti 16 ore. Il valore MBV è normalizzato rispetto alla superficie esposta [m²] e alla variazione di umidità relativa [$\Delta\text{RH}\%$].



I risultati

1. Moisture Buffering Value (MBV)



Il poliacrilato di sodio e la cellulosa risultano i migliori materiali dal punto di vista di adsorbimento di RH ad un'esposizione ciclica.

- ➔ Poliacrilato di sodio: MBV *più elevato* = ~9 g/[m²*%RH]
- ➔ Cellulosa: MBV *elevato* = ~3 g/[m²*%RH]
- ➔ Gesso: MBV *buono* = ~1 g/[m²*%RH]
- ➔ Perlite: MBV *trascurabile* = 0,085 g/[m²*%RH]

3

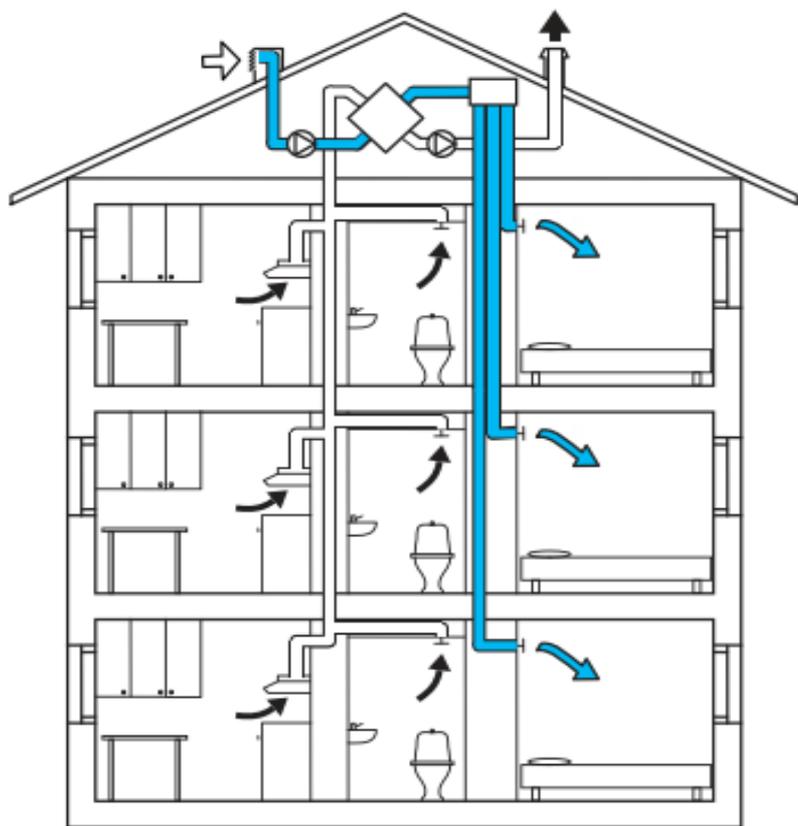
Ventilazione

- Abbassa il rischio per la salute e modifica le UR% ambientali (quando attiva) ma va commisurata alle esigenze di risparmio energetico
- La ventilazione naturale con infissi a altissima tenuta è pressoché nulla

Delta termico [°C]						
	20°C	10°C	5°C	20°C	10°C	5°C
Velocità dell'aria [m/s]						
Classe	5	5	5	0	0	0
Ricambi orari [1/h]						
A1	0.171	0.159	0.153	0.088	0.062	0.044
A2	0.092	0.086	0.082	0.048	0.034	0.024
A3	0.031	0.029	0.027	0.016	0.011	0.008
A4	0.010	0.010	0.009	0.005	0.004	0.003

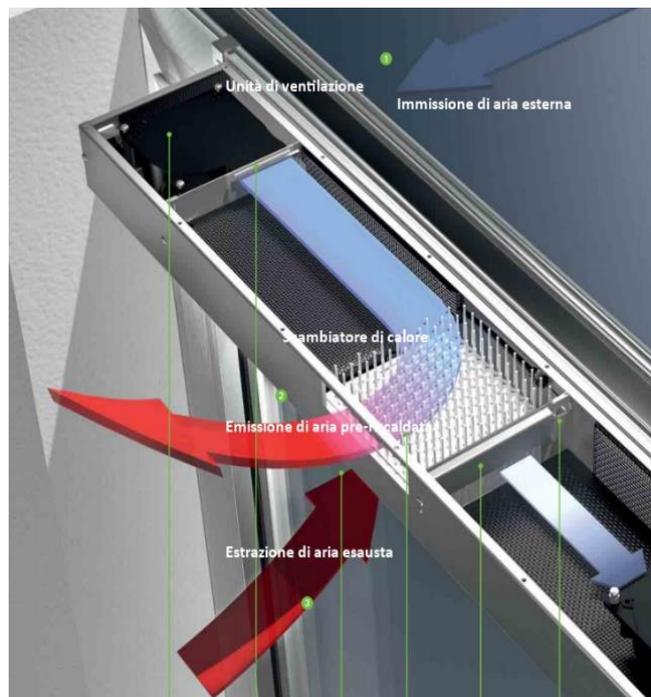
Ricambi d'aria ottenibili grazie alla permeabilità all'aria degli infissi in relazione alla classe (A1..A4) dati il delta termico e la velocità media del vento per una stanza di ca. 50 m³ con una finestra pari a 1/8 della superficie del pavimento e con un delta di pressione pari a 4 Pa.

Estrazione e ventilazione
con recuperatori di
calore (es.VMC)



Consumo
Energetico può superare
i 4-5 kWh/m²a

Estrazione
con
recuperatori di
calore locali

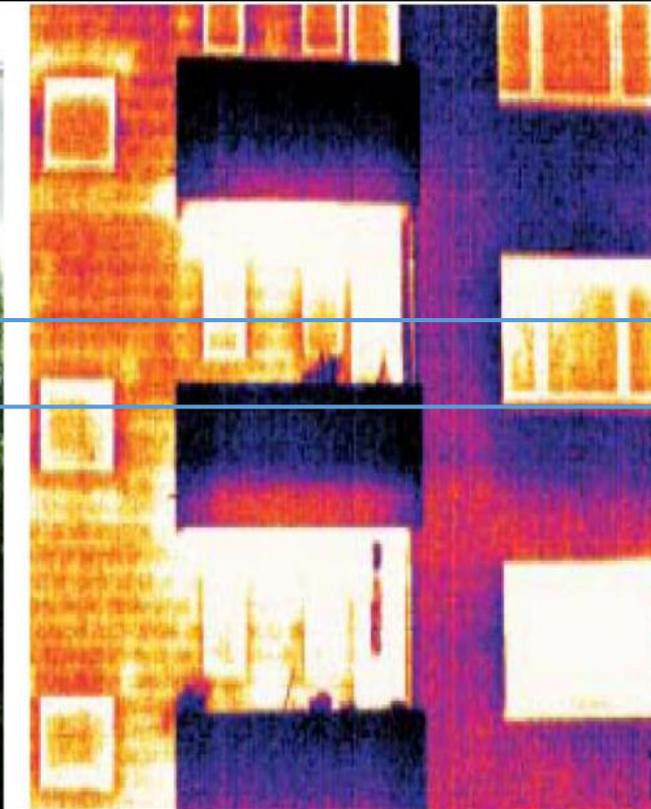


2

Verso l'NZEB

Gli effetti «secondari» sulla durata dei
componenti edilizi

- Anche la parte esterna dell'involucro soffre del disaccoppiamento interno/esterno
- Si verificano, rispetto al passato accumuli igroscopici maggiori a carico dei materiali esterni con maggiore velocità di crescita di organismi biologici (alghe, cianobatteri - Aspetto già rilevato in Germania su sistemi ETICS ad alto spessore a metà degli anni 2000)
- In fase estiva i materiali sono costretti a *lavorare* a temperature maggiori



→ Isolato
→ Non isolato

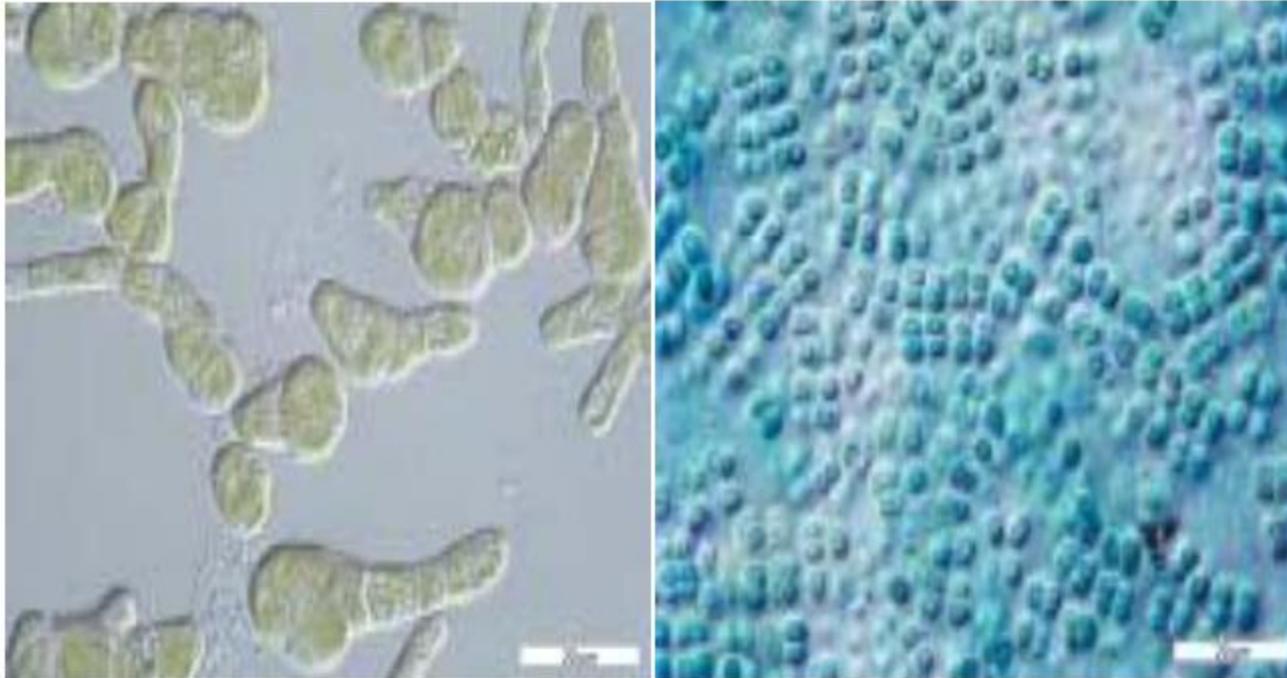
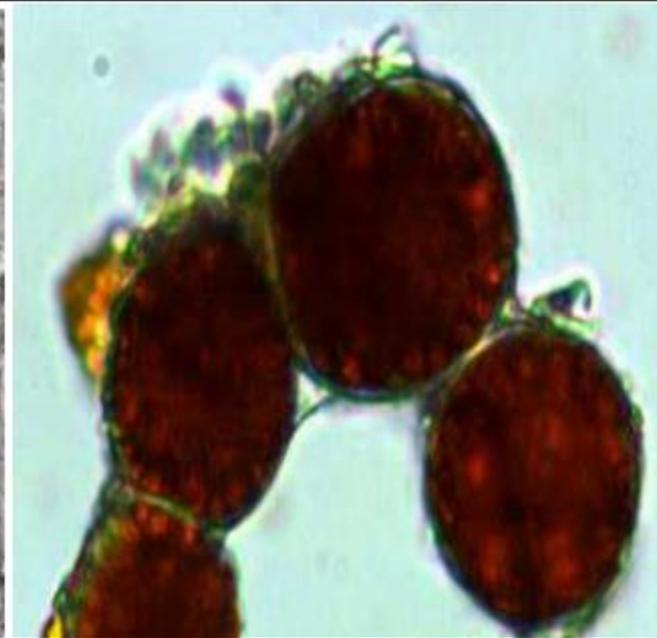


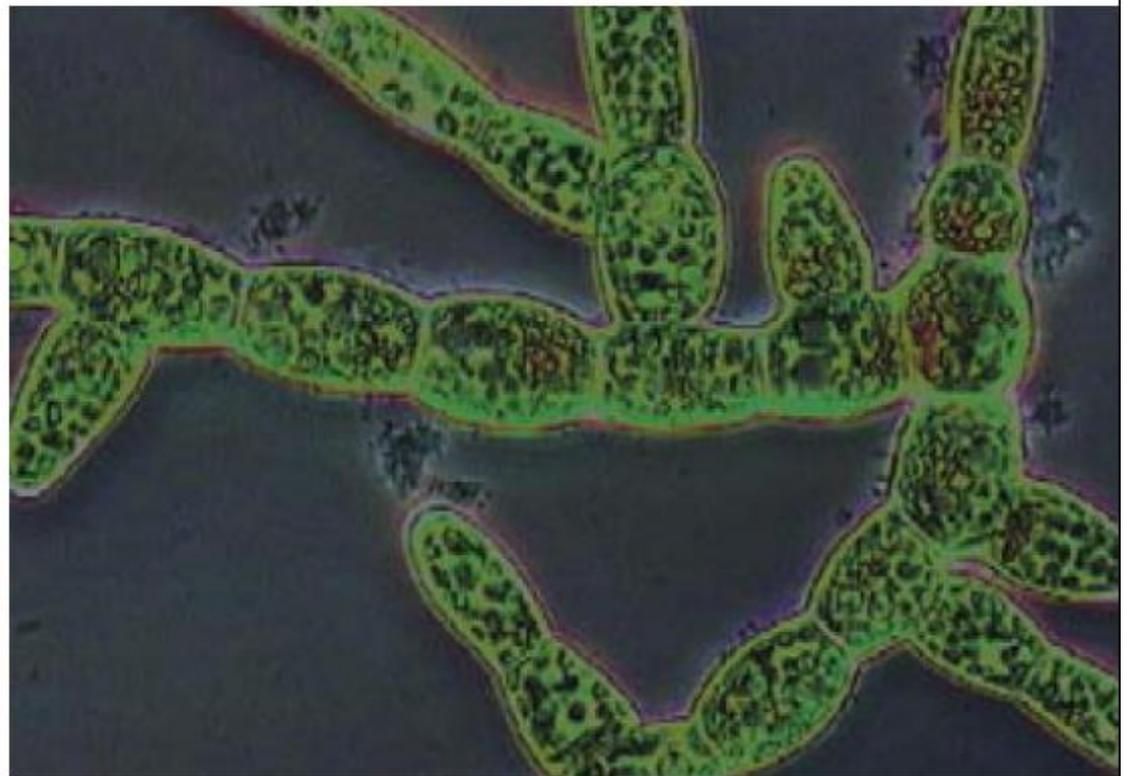
Figura 2: a sinistra: *Heterococcus crassullus*, alga verde. A destra: *Eucalyps alpina*, ciano batterio. Fonte: (3)

Sono organismi autotrofi : sintetizzano quanto necessario alla loro sopravvivenza grazie all'acqua ed alla luce (sintesi clorofilliana)



Haematococcus
pluvialis

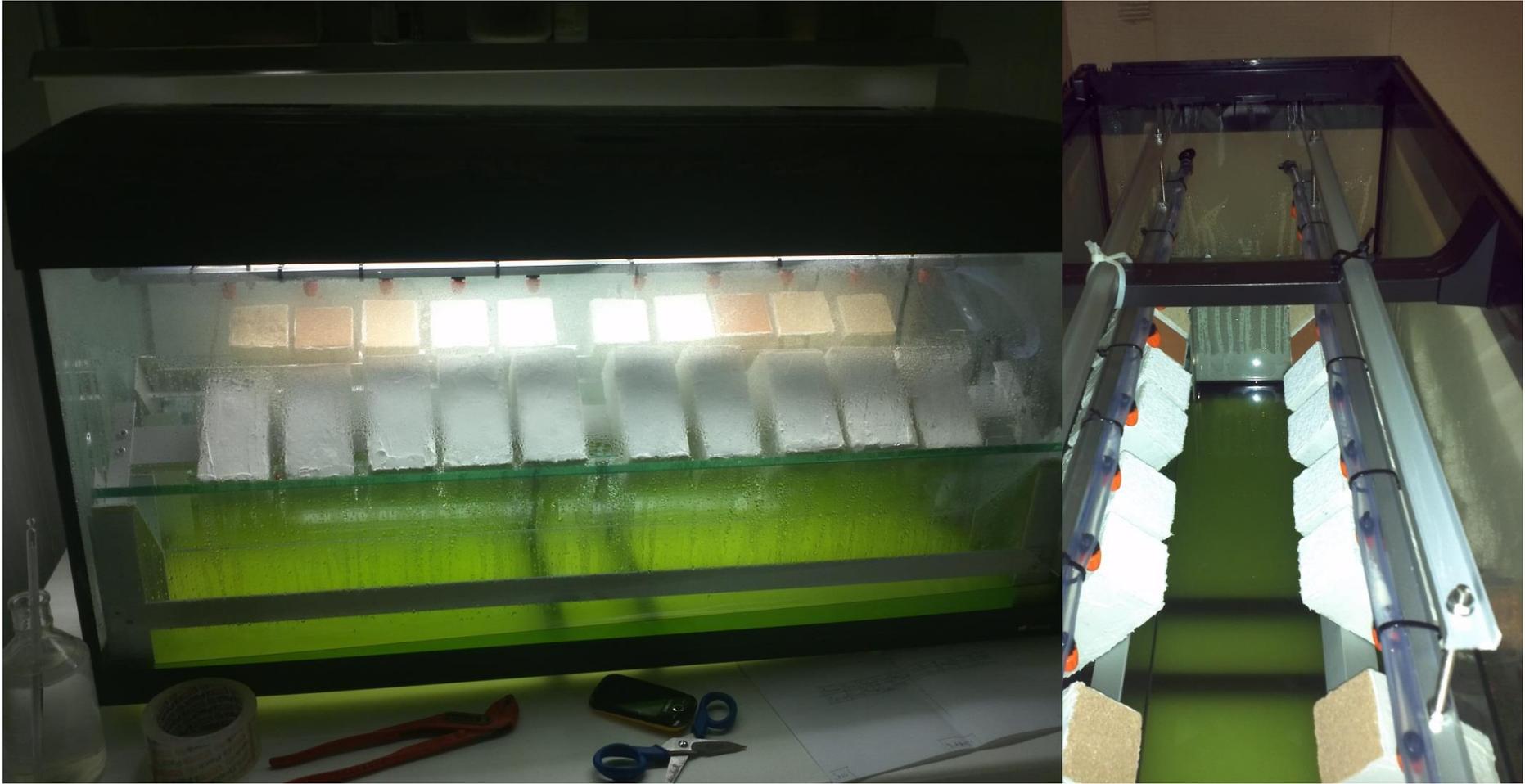
Alghe verdi



Le attività

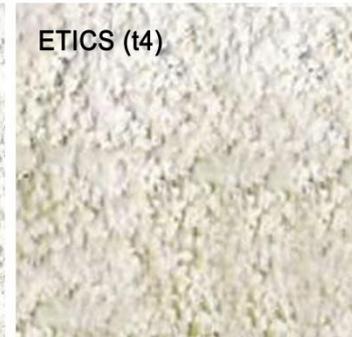
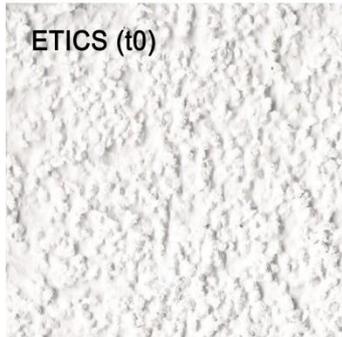
- Fase analitica
 - Valutazione TOW, PC,PU per diverse tipologie di pareti e diverse condizioni di esposizione
- Fase sperimentale
 - Caratterizzazione di materiali di finitura esterna
 - Rugosità, Struttura porosa, capacità di adsorbimento e assorbimento
 - Crescita in camere climatiche di alghe su superfici di finitura esterne
 - confronto finiture x ETICS e Laterizi con cicli di esposizione con bagnatura ciclica e irraggiamento diurno / fase notturna

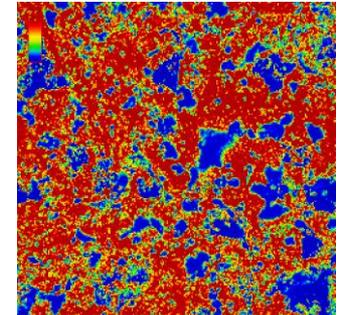
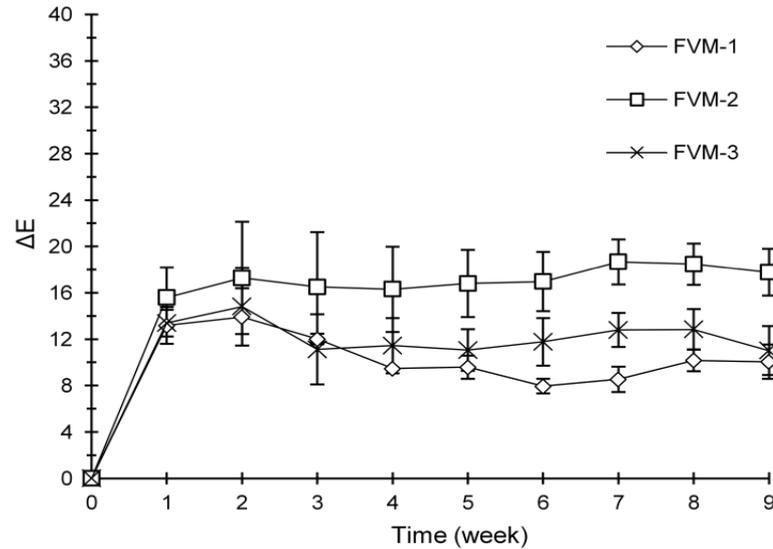
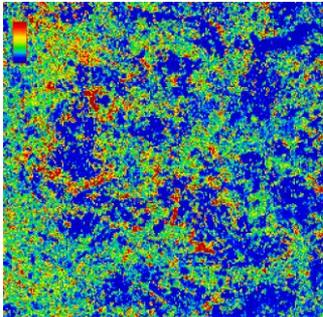
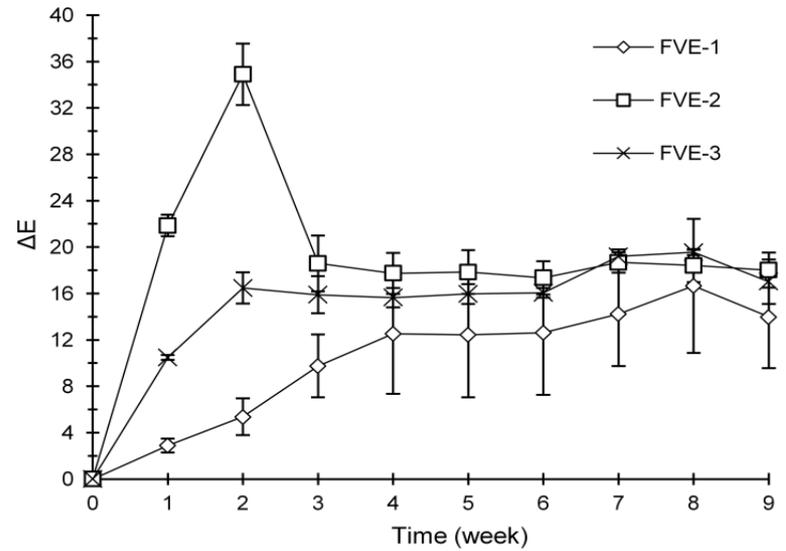
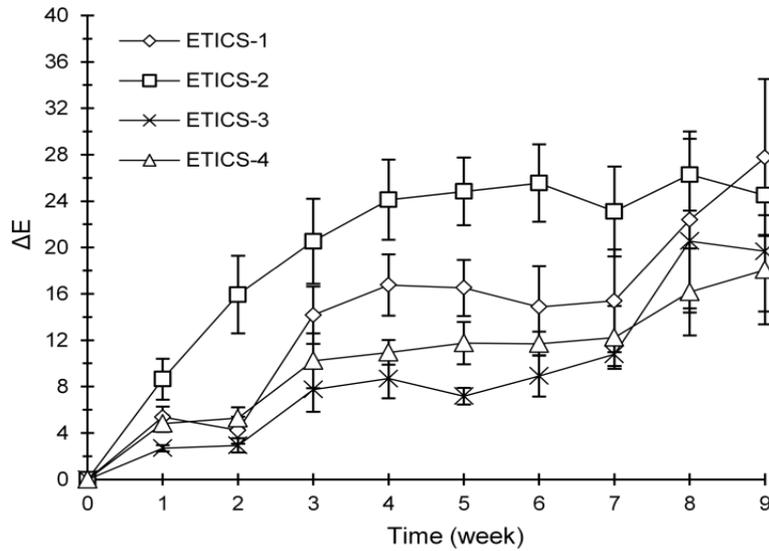
La fase sperimentale



La fase sperimentale

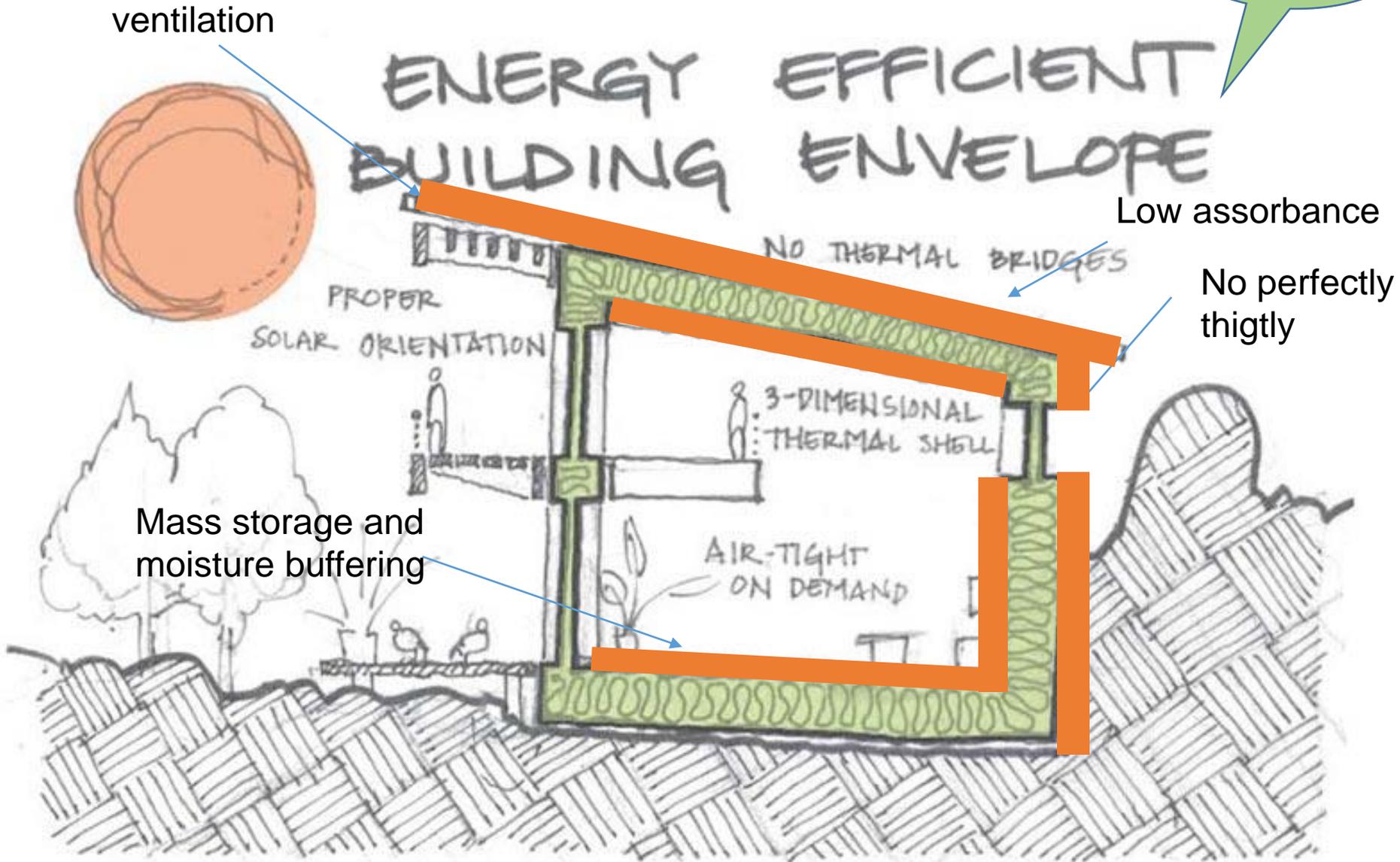
Rif.	Tipo	AW [Kg/m ² s ^{0.5}]	R _a [μm]	R _z [mm]
<u>Gruppo ETICS</u>	ETICS-1	0.0071	317	0.99
	ETICS-2	0.0043	441	1.33
	ETICS-3	0.0011	403	1.23
	ETICS-4	0.0027	485	1.71
<u>Gruppo FVE</u>	FVE-1	0.0370	161	0.56
	FVE-2	0.0440	235	0.82
	FVE-3	0.0500	6	0.03
<u>Gruppo FVM</u>	FVM-1	0.1332	287	1.05
	FVM-2	0.2872	261	0.91
	FVM-3	0.2675	284	1.03





Molto dipende dalla natura del materiale utilizzato in superficie
 Stiamo sperimentando funzionalizzazioni delle superfici per attenuare i problemi ste

But safe



Una riflessione conclusiva