

TECNOLOGIE PER IL COMFORT ABITATIVO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA



LINEA CASA BENESSERE

CVR

Dal 1980 l'edilizia in buone mani



TECNOLOGIE PER IL COMFORT ABITATIVO



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA



SOMMARIO

RELAZIONE TECNICA SU PITTURA SUN REFLEX	02
RELAZIONE TECNICA SUL MONOTECH SUN REFLEX	15
RELAZIONE TECNICA SU CICLO APPLICATIVO NANOCAP	41
SCHEDA TECNICA PITTURA SUN REFLEX	73
SCHEDA TECNICA MONOTECH SUN REFLEX	75
SCHEDA TECNICA NANOCAP FONDO	77
SCHEDA TECNICA NANOCAP RASATURA	78
SCHEDA TECNICA NANOCAP PITTURA	80



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Relazione tecnica

Convenzione “Efficientamento energetico degli edifici mediante strategie innovative passive di involucro, con particolare attenzione alle proprietà ottico-energetiche superficiali dei rivestimenti ed all’interazione delle stesse con il contesto climatico”. Parti 1-2-3

Analisi della pittura da esterni ad elevata riflettanza di CVR

come da Attività 2 specificata nel documento di cui Prot. n. 2014/0537 del 18/12/2014

1. Pittura SUN REFLEX

INDICE:

SEZIONE A: NOZIONI PRELIMINARI

1. Definizione del calore

2. Modalità propagazione calore

3. Facciate “cool”: mitigazione dell’isola di calore urbana

4. Schema di funzionamento di una pittura da esterni tradizionale

5. Definizione di Spettro solare, Riflettanza solare, Emissività termica ed SRI (Solar Reflection Index)

6. Definizione di Comfort termico, Temperatura operativa, Temperatura media radiante



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull’Inquinamento
e sull’Ambiente “Mauro Felli”



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

SEZIONE B: ANALISI CRITICO-SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DELLA

PITTURA PER ESTERNI CVR

7. Modalità funzionamento della pittura da esterni CVR (ottimizzata C)

8. Presentazione dati di laboratorio

9. Presentazione sperimentazione su testroom

10. Simulazione dinamica e quantificazione del risparmio energetico

SEZIONE A: NOZIONI PRELIMINARI

1. Definizione del calore

In fisica ed in particolare in termodinamica il calore è definito come il contributo di energia consumata o generata a seguito di una reazione chimica o nucleare o trasferita tra due sistemi o tra due parti dello stesso sistema, non imputabile ad un lavoro o ad una conversione tra due differenti tipi di energia. Il calore è pertanto energia in transito. In presenza di un gradiente di temperatura, il calore fluisce dai punti a temperatura maggiore a quelli a temperatura minore, finché non viene raggiunto l'equilibrio termico. In quanto energia, il calore si misura nel sistema Internazionale in joule. Nella pratica viene tuttavia ancora spesso usata come unità di misura la caloria, che è definita come la quantità di calore necessaria a portare la temperatura di un grammo di acqua distillata, sottoposta alla pressione di 1 atm, da 14,5 °C a 15,5 °C.

2. Modalità propagazione calore

Il trasferimento del calore può avvenire attraverso tre modalità principali:

- CONDUZIONE: attraverso il contatto tra corpi (solidi o fluidi) a diversa temperatura;
- CONVEZIONE: attraverso il trasferimento di masse d'aria o di fluidi verso zone con temperature differenti;



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

- **IRRAGGIAMENTO:** trasferimento di calore sotto forma di onde elettromagnetiche.

In ambito edilizio, il tradizionale sistema di isolamento termico viene impiegato al fine di mantenere il calore all'interno degli edifici, sfruttando la resistenza termica del materiale nel periodo invernale, e di impedire l'ingresso di calore all'interno dell'edificio nella stagione estiva. Questo sistema risulta efficace esclusivamente nell'ambito del trasferimento di calore per conduzione e convezione, ma non nel caso dell'irraggiamento. Per questo motivo, la ricerca si è focalizzata principalmente sull'implementazione e ottimizzazione delle prestazioni dei prodotti di finitura CVR, quali pitture, intonaci isolanti e membrane opache per l'involucro edilizio, nei confronti dell'irraggiamento. Tale modalità di trasferimento di calore viene scarsamente considerata a livello commerciale e professionale; essendo una modalità di scambio termico di tipo dinamico, caratterizzante non solo il materiale, ma il rapporto fra il materiale e le condizioni al contorno quali il clima ed il regime occupazionale degli edifici, è più complessa da valutare rispetto alle altre.

3. Facciate "cool": mitigazione dell'isola di calore urbana

Per "*cool facade*" o "facciata fresca" si intende una particolare tipologia di facciata in grado di riflettere parzialmente la radiazione solare ed emettere calore, mantenendo la temperatura superficiale più bassa rispetto a quella di coperture tradizionali, anche quando soggette ad elevata radiazione solare. Grazie a questa tecnologia, che prevede in particolare l'applicazione sullo strato più esterno della parete materiali o vernici caratterizzati da un'elevata riflettanza solare ed emissività termica, è possibile ridurre l'assorbimento della radiazione termica entrante, con conseguente diminuzione della temperatura dell'ambiente interno e quindi della richiesta energetica di raffrescamento dell'edificio in modo passivo.

La presenza di pareti "cool" in edifici apporta numerosi vantaggi su scala del singolo edificio, su scala urbana e su scala globale. Infatti, a scala del singolo edificio, l'applicazione di materiali caratterizzati da elevati valori di riflettanza solare ed emissività termica sulle pareti di edifici consente il miglioramento delle condizioni di comfort dell'ambiente interno nonché un risparmio di energia per il raffrescamento durante la stagione estiva. Su scala urbana, inoltre, l'applicazione di tale tecnologia



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

consente la mitigazione del fenomeno dell'isola di calore, che consiste in un microclima più caldo all'interno delle aree urbane rispetto alle circostanti zone rurali generato da una molteplicità di fattori in interazione tra loro, quali la diffusa cementificazione, la presenza di superfici asfaltate prevalenti rispetto alle aree verdi, le emissioni dei mezzi di trasporto, degli impianti industriali e dei sistemi impiantistici ad uso domestico.

4. Schema di funzionamento di una pittura da esterni tradizionale

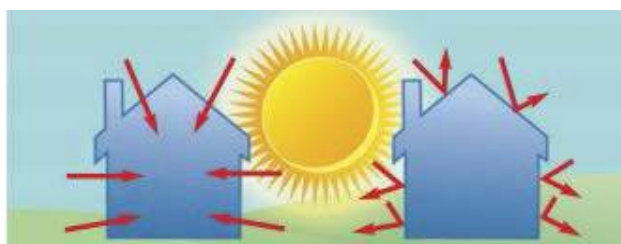


Fig. 1: Confronto in regime estivo tra un edificio convenzionale che assorbe la parte visibile ed infrarossa della radiazione solare incidente e un edificio con involucro "cool" (fresco) che riflette la stessa radiazione solare incidente evitando il surriscaldamento estivo dell'edificio

Nell'ambito della stagione estiva, la radiazione solare genera l'aumento della temperatura superficiale delle pareti esterne dell'edificio; tale calore si accumula parzialmente nel pacchetto murario, viene parzialmente rallentato dallo strato isolante e viene poi trasmesso verso gli ambienti interni con una velocità variabile in relazione allo spessore, alla resistenza termica e alla capacità termica del pacchetto murario. Il calore accumulato all'interno degli ambienti provoca un aumento delle temperature e generalmente viene smaltito molto lentamente a causa della presenza dello strato di isolante tradizionale che impedisce al caldo di fuoriuscire; ciò si traduce nella necessità di un condizionamento tale da incidere notevolmente sui consumi energetici globali. Al fine di evitare il surriscaldamento estivo degli edifici risulta pertanto opportuno intervenire sulle superfici esterne dell'involucro edilizio in modo tale da renderle il più possibile riflettenti ai raggi solari (in particolare alla radiazione infrarossa e visibile, rispettivamente dell'ordine del 55% e 42% della radiazione solare totale). In particolare, le superfici di involucro di un edificio che presentano una riflettanza solare elevata assorbono solo una piccola parte della



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

radiazione solare incidente, ma se esse presentano anche emissività termica parimenti elevata, la maggior parte dell'energia solare che è stata assorbita viene restituita all'ambiente esterno. I materiali e le soluzioni di finitura superficiale contraddistinti da un'elevata riflettanza solare (tendenzialmente superfici di colore bianco o molto chiaro) e da un'elevata emissività termica nell'IR (tutte le superfici non metalliche), le due proprietà da ottimizzare nel caso estivo, vengono infatti denominati "cool roof" nel caso ci si riferisca a coperture e "cool envelope" se ci si riferisce alle superfici verticali di involucro. Dall'applicazione di tali materiali derivano importanti vantaggi non esclusivamente per l'utenza specifica dei singoli edifici, misurabili in termini di comfort interno, qualità dell'aria, risparmio economico e risparmio energetico per il raffrescamento degli ambienti interni, ma anche per la collettività in senso lato, nell'ottica di un minore riscaldamento dell'ambiente urbano circostante (effetto isola di calore urbana) e quindi della riduzione delle emissioni di anidride carbonica prodotte dal funzionamento degli impianti in scala urbana.

5. Definizione di Spettro solare, Riflettanza solare, Emissività termica ed SRI (Solar Reflection Index)

Lo spettro solare è composto da tre bande di lunghezze d'onda: ultravioletto (UV, 300-400 nm), visibile (VIS, 400-700 nm) e vicino infrarosso (NIR, 700-2500) (Fig. 5). L'energia della radiazione solare è concentrata per il 50% nel vicino infrarosso, per ~45% nel visibile e per il restante nell'ultravioletto.

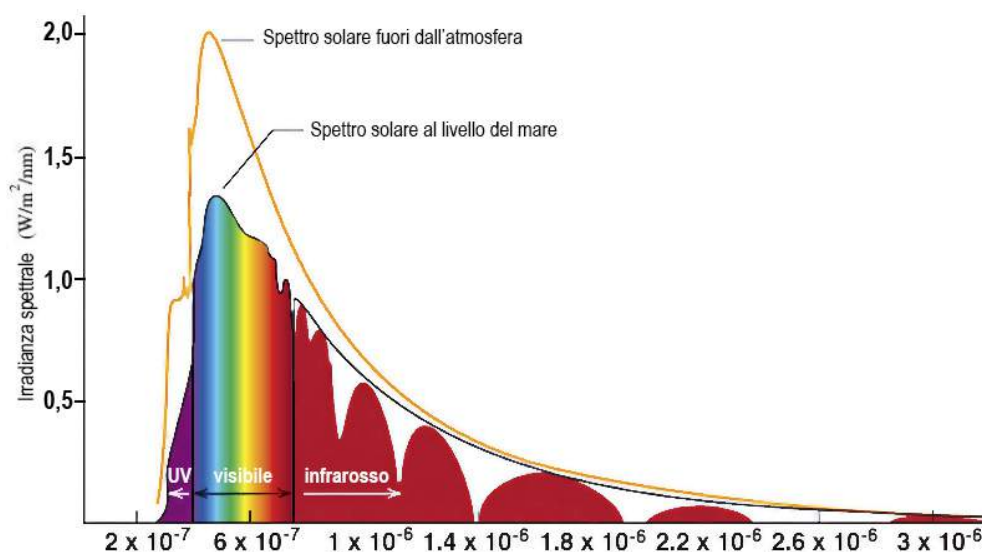


Fig. 5. Spettro solare



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Per riflettanza solare si intende la capacità del materiale di riflettere la radiazione solare incidente; il suo valore varia da 0, per una superficie totalmente assorbente, fino al 1 o 100%, nel caso di una superficie perfettamente riflettente. Al fine di incrementare l'efficienza energetica degli edifici attraverso superfici di tipo "cool" è necessario utilizzare materiali di colore chiaro (riflettenti nel campo del visibile) e materiali riflettenti nel vicino infrarosso dove si concentra circa la metà di energia solare. Lo standard di riferimento per la misura della riflettanza solare è ASTM E903, che prevede di effettuare la misura mediante spettrofotometro con sfera integratrice nelle lunghezze d'onda tra 300-2500 nm.

Per emissività termica si intende la capacità del materiale di emettere calore nella lunghezza d'onda dell'infrarosso; il suo valore varia tra 0 e 1 o 100%. Lo standard adottato per la misura dell'emissività termica della pittura da esterni CVR è ASTM G1371, che prevede l'utilizzo di un emissometro portatile.

Di seguito (Tab. 1), sono riportati i valori di riflettanza ed emissività termica di alcuni materiali edilizi da involucro esterno:

Materiale	Riflettanza solare [-]	Emissività termica [-]
Intonaco calce colore nero vite steso a fresco	0.06÷0.08	~0.90
Intonaco calce colore cinabro steso a fresco	0.50÷0.60	~0.90
Intonaco calce colore ocre rossa stesa a fresco	0.40÷0.50	~0.90
Intonaco bianco lucido	0.70÷0.80	>0.50÷0.90

Ta

b. 1. Valori di riflettanza solare ed emissività termica di alcuni materiali edilizi per involucro esterno.

6. Definizione di Comfort termico, Temperatura operativa, Temperatura media radiante

Si definiscono Condizioni di Comfort o Benessere Termo-igrometrico condizioni per cui i parametri ambientali, agendo sugli scambi sensibili e latenti del corpo umano, annullano le sensazioni di caldo o freddo percepite dall'occupante. Le condizioni di comfort ottimali si hanno quando il corpo riesce a smaltire il proprio calore metabolico secondo corrette proporzioni tra i quattro modi di scambio termico



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

uniformemente su tutto il corpo. Le proporzioni fra i quattro modi di scambio nel caso estivo sono ottimali quando la temperatura delle superfici, dell'aria e l'umidità relativa dell'ambiente consentono al corpo di smaltire tutto il proprio calore metabolico secondo queste percentuali.

Dal punto di vista oggettivo, il comfort termico si definisce come quella situazione in cui il bilancio di energia termica è soddisfatto in assenza di attivazione dei meccanismi di termoregolazione.

Dal punto di vista soggettivo, si parla di comfort termico quando la persona non sente né caldo, né freddo e si dichiara soddisfatta nei confronti dell'ambiente termico.

Secondo la norma UNI EN ISO 7730, il comfort termico viene valutato mediante un indice di comfort globale (*PMV-Predicted Mean Vote*) e quattro indici di *discomfort* locale, legati al rischio di corrente d'aria, alla differenza verticale di temperatura, alla temperatura del pavimento e all'asimmetria radiante.

L'indice PMV rappresenta una sintesi dei due approcci al problema del comfort termico, in quanto è basato sull'equazione di bilancio di energia sul corpo umano, espressa in riferimento all'unità di tempo, nell'ipotesi in cui l'energia termica in uscita dal corpo S sia descritta dalla seguente relazione:

$$M - W - (E + E_{res} + C_{res} + C + R + K) = S \quad (1)$$

con:

- M = metabolismo energetico, W
- W = potenza meccanica, W
- E = potenza termica ceduta per evaporazione dalla pelle, W
- E_{res} = potenza termica ceduta nella respirazione come "calore latente", W
- C_{res} = potenza termica ceduta nella respirazione come "calore sensibile",

W

- C = potenza termica ceduta per convezione, W
- R = potenza termica ceduta per irraggiamento, W
- K = potenza termica ceduta per conduzione, W
- S = variazione di energia interna del corpo umano nell'unità di tempo, W



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Con riferimento al benessere termo-igrometrico, le variabili soggettive sono relative all'attività che l'individuo svolge all'interno dell'ambiente e al tipo di vestiario. Le variabili ambientali in grado di influenzare il benessere termo-igrometrico dipendono invece dalle condizioni climatiche esterne ed interne all'edificio e sono le seguenti:

- Temperatura dell'aria[°C];
- Umidità relativa dell'aria interna [%]: indica il rapporto tra la quantità di vapore contenuto da una massa d'aria e la quantità massima che ne può contenere quella massa d'aria nelle stesse condizioni di temperatura e pressione.
- Temperatura media radiante [°C]; si calcola come media delle temperature delle pareti interne all'ambiente, compresi soffitto e pavimento.
- Velocità dell'aria [m/s].

Al fine di definire un regime di comfort degli utenti all'interno dell'ambiente si fa riferimento alla temperatura operativa T_o , la temperatura uniforme dell'aria e delle pareti di un ipotetico ambiente con il quale il corpo umano scambia la medesima potenza termica per radiazione e convezione di quella scambiata con l'ambiente reale.

- Condizioni invernali: $20^{\circ}\text{C} \leq T_o \leq 24^{\circ}\text{C}$
- Condizioni estive: $23^{\circ}\text{C} \leq T_o \leq 26^{\circ}\text{C}$

La temperatura operativa si calcola come media delle temperature dell'aria (T_a) e media radiante (T_{mr}), ponderate dai rispettivi coefficienti di scambio termico:

$$t_o = (t_a + t_{mr})/2$$



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



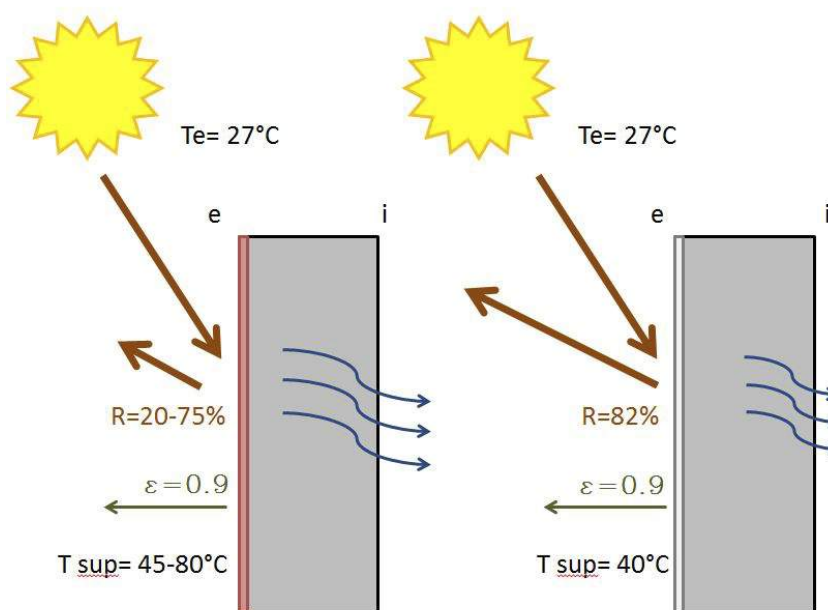
SEZIONE B: ANALISI CRITICO-SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DELLA PITTURA SUN REFLEX CVR

7. Modalità funzionamento della pittura SUN REFLEX CVR

In condizioni di forte irraggiamento solare il carico termico da smaltire attraverso gli impianti di condizionamento di un edificio è strettamente legato al valore della riflettanza solare dell'involucro dell'edificio stesso. La pittura Sun Reflex CVR costituisce un rivestimento per involucro edilizio altamente riflettente in grado di massimizzare la riflessione all'esterno della radiazione solare al duplice fine di:

- Mantenere adeguate condizioni di comfort abitativo interno in regime estivo, in termini di temperatura operativa;
- Garantire un risparmio energetico per il raffrescamento dell'ambiente interno.

Il funzionamento in regime estivo del rivestimento "cool" CVR è riassunto dallo schema seguente (Fig.2):



Pittura da esterni tradizionale (scura-chiara)

Pittura da esterni Sun Reflex CVR

Fig.2. Schema di funzionamento della pittura riflettente CVR.

Rispetto alle pitture tradizionali, la pittura Sun Reflex CVR è in grado di riflettere la radiazione solare incidente durante la stagione estiva, riducendo la temperatura



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

superficiale delle pareti e la quantità di calore entrante nell'ambiente interno dell'edificio, con un conseguente beneficio in termini di comfort abitativo e di riduzione dei consumi per la climatizzazione estiva. Inoltre, la penalty invernale è pari a circa il 10% rispetto al benefit estivo, in quanto in inverno l'intensità e la durata della radiazione solare sono molto ridotte rispetto al caso estivo.

8. Caratteristiche e Dati tecnici Pittura Sun Reflex

Dati tecnici

Vedi scheda tecnica prodotto.

9. Presentazione dati di laboratorio

Le caratteristiche in termini di riflettanza solare (Tab.2, Fig. 3) ed emissività termica sono riportate nella tabella seguente:

Tab.2. Caratteristiche tecniche misurate in laboratorio

Riflettanza solare (ASTM E903) [%]	81.5
Emissività termica (ASTM G1371)	0.90

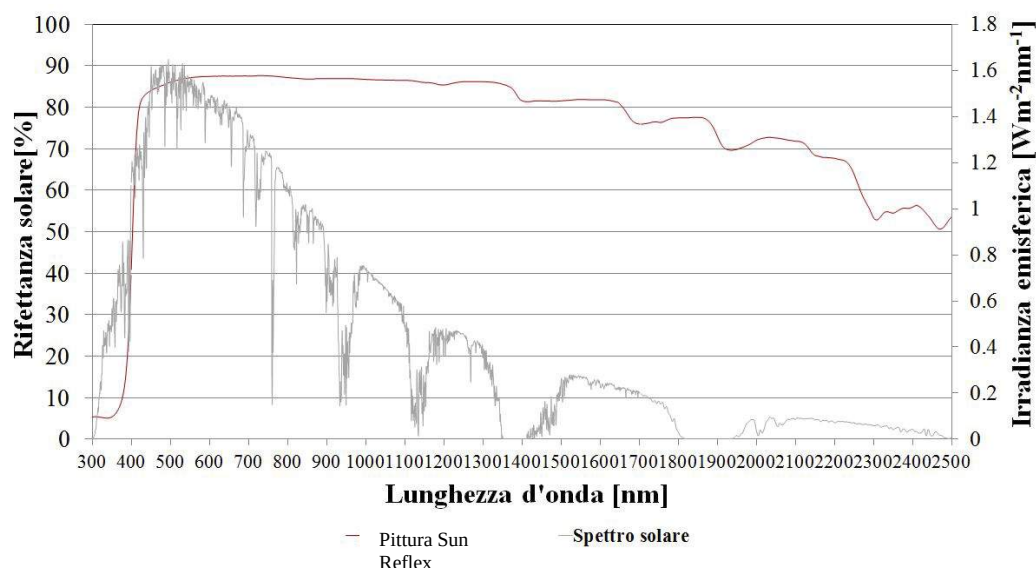


Fig.3. Andamento della riflettanza solare della pittura Sun Reflex CVR nelle varie lunghezze d'onda (300-2500 nm) in relazione allo spettro solare.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

10. Presentazione sperimentazione su testroom

La pittura Sun Reflex CVR è stata applicata sulla facciata orientata a Sud di un edificio prototipo del tipo test-room (Fig.4).



Fig.4. Edificio prototipo

11. Simulazione dinamica e quantificazione del risparmio energetico

La simulazione in regime dinamico consente di verificare l'effetto in termini di riduzione del fabbisogno energetico di raffrescamento apportato dalla pittura esterna riflettente CVR, rispetto ai convenzionali interventi di extra-isolamento termico. In particolare, sono stati messi a confronto 3 scenari di parete perimetrale, in regime estivo:

- muratura tradizionale piena (30 cm) senza cappotto con riflettanza della finitura base (come quella esistente realmente applicata sulla test-room), pari al 40%;
- muratura tradizionale piena (30 cm) senza cappotto, accoppiata a pittura esterna CVR ottimizzata, di riflettanza pari a 81.5%;
- muratura tradizionale piena (30 cm) con cappotto di spessore variabile (5, 10, 20 cm) con riflettanza pari a quella della finitura base (40%).

I grafici in Figure 3, 4, 5 rappresentano il confronto in termini di consumi energetici per il raffrescamento (Giugno, Luglio, Agosto) tra le diverse soluzioni esaminate nelle tre differenti condizioni al contorno climatiche quali Roma, Palermo e Milano rispettivamente.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

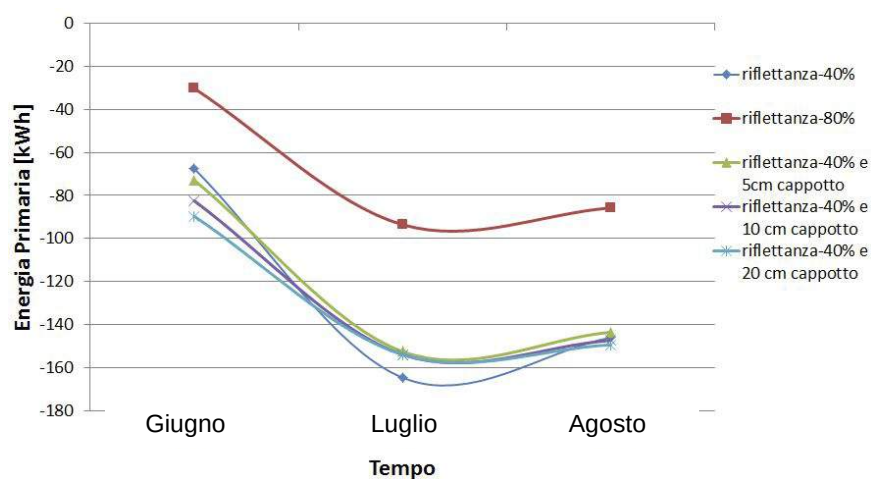


Fig.5. Andamento dei consumi energetici per il raffrescamento estivo nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Roma.

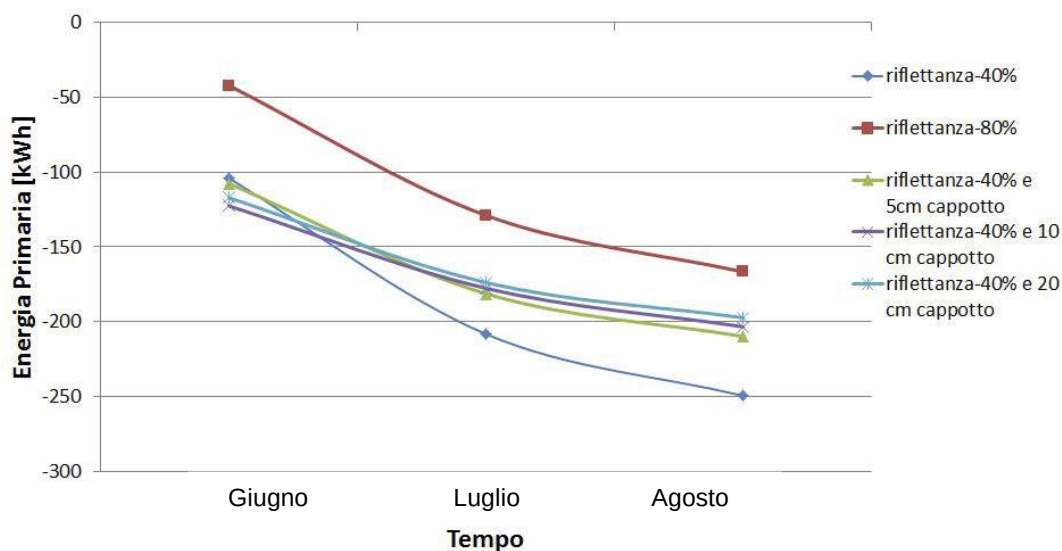


Fig.6. Andamento dei consumi energetici per il raffrescamento estivo nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Palermo.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

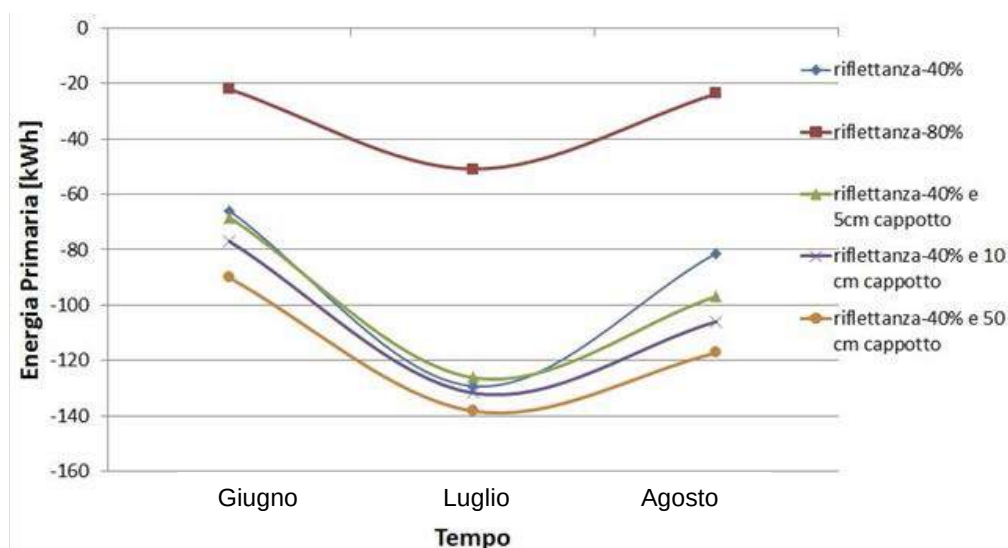


Fig.7. Andamento dei consumi energetici per il raffrescamento estivo nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Milano.

In tutti gli scenari di condizioni al contorno climatiche valutate (Roma, Palermo, Milano) l'applicazione sull'involucro esterno della pittura riflettente CVR, con riflettanza pari a circa 81.5%, sia in grado di garantire un maggior risparmio energetico per raffrescamento estivo possibile rispetto a tutte le altre soluzioni esaminate di isolamento con cappotto esterno.

In particolare, la differenza in termini di consumi estivi per il raffrescamento (Giugno, Luglio, Agosto) tra lo scenario che prevede l'applicazione della finitura esterna di base (riflettanza 40%) e l'applicazione della pittura riflettente da esterno CVR (riflettanza 80%) è pari al 45% nel contesto di Roma, 40% nel contesto di Palermo e infine al 65% nel contesto climatico di Milano.

Il Direttore del CIRIAF

Prof. Ing Franco Cotana

Il responsabile Tecnico-operativo

Ing. Anna Laura Pisello



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

SEZIONE B: ANALISI CRITICO-SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DEL MONOTECH SUN REFLEX

8. Caratteristiche tecniche delle proprietà ottiche

9. Il risparmio energetico

10. CONCLUSIONI

SEZIONE A: NOZIONI PRELIMINARI

1. La tecnologia “cool roof”

Per “cool roof”, in italiano “tetto fresco”, si intende una particolare tipologia di copertura in grado di riflettere grandemente la radiazione solare ed emettere calore, mantenendo la temperatura superficiale della copertura più bassa, fino a 28-33°C inferiore, rispetto a quella di coperture tradizionali, in corrispondenza dei picchi estivi. Grazie alla tecnologia “cool roof”, che prevede l’applicazione sullo strato più esterno a vista della copertura di materiali (vernici, membrane, guaine, tegole, mattonelle, etc..) caratterizzati da un’elevata riflettanza solare/albedo (elevata capacità di riflettere la radiazione solare incidente sul materiale) ed elevata emissività termica (elevata capacità di emettere calore nelle lunghezze d’onda dell’infrarosso), è possibile sia ridurre l’assorbimento della radiazione solare che irradiare verso la volta celeste il calore assorbito durante il giorno (Fig. 2).

Ciò porta alla riduzione del carico termico entrante attraverso la copertura dell’edificio in estate, con conseguente miglioramento del comfort termico degli utenti in ambienti non climatizzati (diminuzione della temperatura operativa interna e riduzione dell’effetto “testa calda”, vedi Fig. 3) o riduzione dei consumi energetici per il raffrescamento in ambienti dotati di impianto di climatizzazione estiva.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull’Inquinamento
e sull’Ambiente “Mauro Felli”



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



Inoltre, la penalizzazione in regime invernale è di molto inferiore (~10%) rispetto ai benefici che si hanno in regime estivo sia in termini di comfort che in termini di risparmio energetico. Nella stagione invernale infatti, l'intensità e la durata della radiazione solare sono ridotte rispetto alle condizioni estive, analogamente all'altezza solare che risulta assai ridotta (vedi Fig.1).

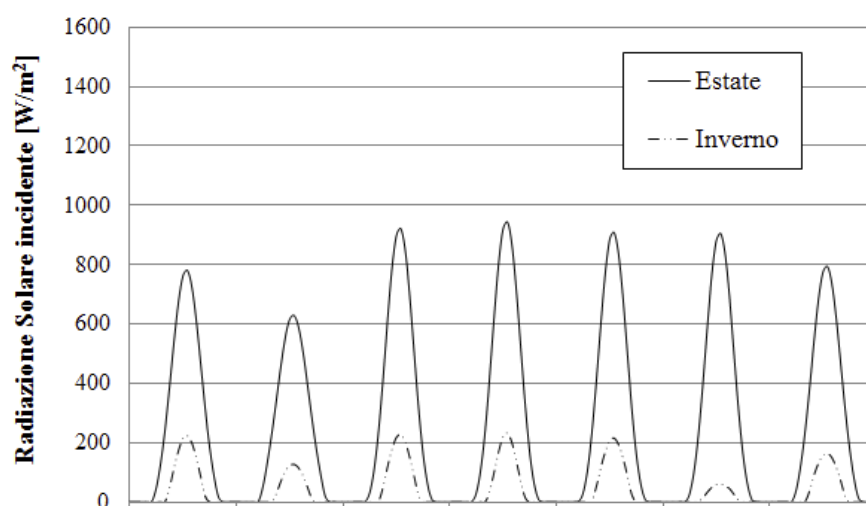
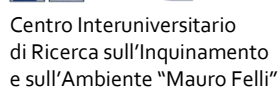
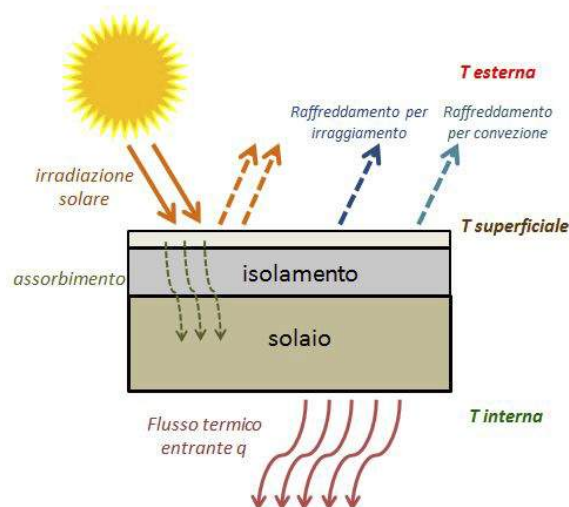


Fig. 1. Confronto della radiazione solare incidente durante una settimana estiva e una invernale



E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



Elevata riflettanza solare:

- riduce il guadagno solare
- diminuisce la temperatura superficiale della copertura

Elevata emissività termica:

- facilita il raffreddamento radiativo
- contribuisce alla riduzione della temperatura superficiale della copertura

Fig. 2. Fenomeni di scambio termico su una copertura piana

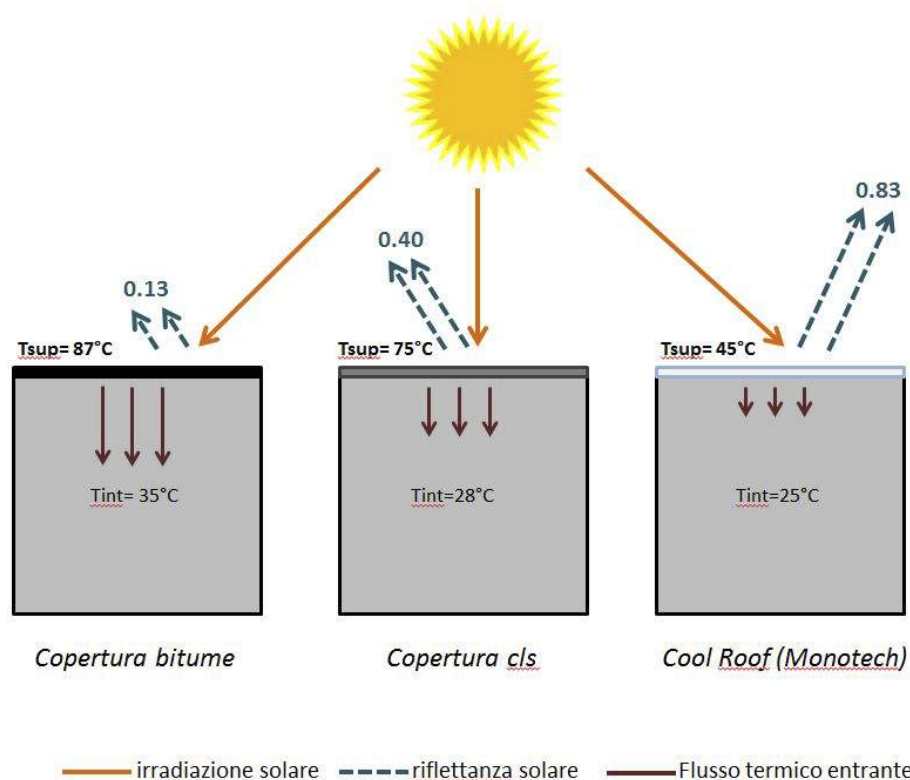


Fig. 3. Funzionamento della tecnologia “cool roof” e miglioramento del comfort termico (“effetto testa calda evitato”) a confronto con una copertura in bitume e in calcestruzzo.

Si definisce inoltre come “effetto attivo” del tetto fresco (“*active cool roof effect*”) la capacità di un tetto fresco di ridurre la temperatura dell’aria di



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

aspirazione delle unità esterne di impianti di climatizzazione situati in copertura. Infatti, il raffrescamento prodotto dalla presenza del tetto fresco genera un beneficio in termini di efficienza energetica dell'impianto tale da produrre una diminuzione della richiesta energetica per il raffrescamento fino al 30%.

Pertanto, è possibile affermare che la tecnologia del tetto fresco costituisce una delle migliori strategie non solo passive, ma anche attive al fine dell'ottimizzazione dell'efficienza energetica per edifici commerciali, industriali o residenziali nel caso di nuove costruzioni o in manufatti esistenti. Se, infatti, l'effetto "passivo" prevede la riduzione dei carichi termici entranti nell'edificio tramite la riflessione della radiazione solare e l'elevata emissività termica della superficie "cool", d'altro canto la tecnologia tetto fresco prevede anche la possibilità di generare un fenomeno di tipo "attivo" tramite la capacità di diminuire il divario di temperatura tra ingresso e uscita nell'ambito di impianti di raffrescamento con unità esterne situate in copertura, con conseguente miglioramento della prestazione energetica e quindi dell'efficienza dell'impianto.

2. La mitigazione dell'isola di calore urbana e del global warming

L'applicazione della tecnologia del tetto fresco o "cool roof" in ambito edilizio apporta numerosi vantaggi su scala del singolo edificio, su scala urbana e su scala globale (Tab. 1). Infatti, a scala del singolo edificio, l'applicazione in copertura di materiali caratterizzati da elevati valori di riflettanza solare ed emissività termica consente il miglioramento delle condizioni di comfort dell'ambiente interno nonché un risparmio di energia per il raffrescamento durante la stagione estiva.

Su scala urbana, inoltre, l'applicazione della tecnologia "cool roof" consente la mitigazione del fenomeno dell'isola di calore (Fig. 4), che consiste in un microclima più caldo all'interno delle aree urbane rispetto alle circostanti zone rurali generato da una molteplicità di fattori antropogenici in combinazione tra loro, quali la diffusa cementificazione, la prevalenza di superfici asfaltate rispetto alle aree verdi, le emissioni dei mezzi di trasporto, degli impianti industriali e dei sistemi impiantistici ad uso domestico.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

L'uso di tali materiali in aree urbane, infatti, porta ad un migliore bilancio energetico relativo alle superfici urbane in gioco, ad un generale raffrescamento ambientale e contribuisce quindi ad un indiretto miglioramento della vivibilità delle aree urbane ed ad un risparmio energetico per la climatizzazione estiva degli edifici.

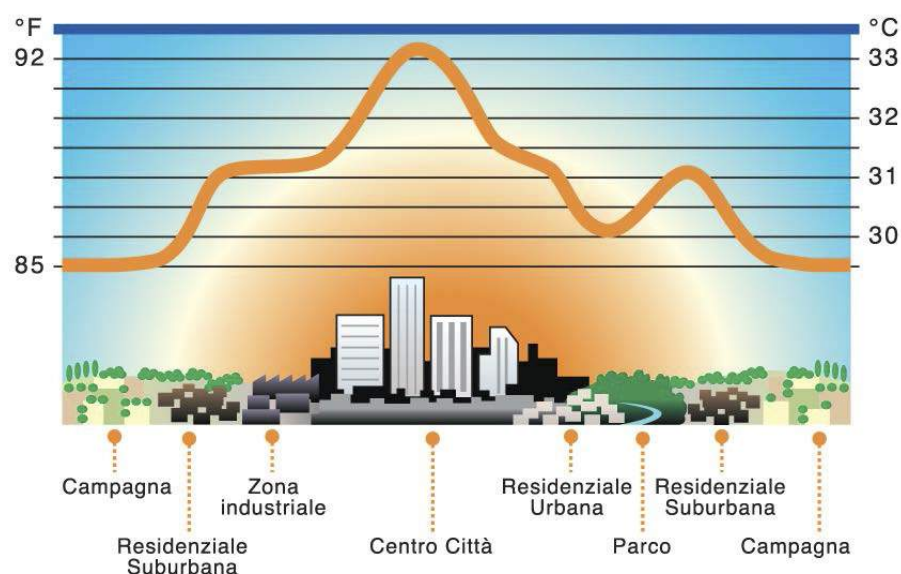


Fig. 4. Rappresentazione del fenomeno isola di calore urbana, che comporta il surriscaldamento fino a 4-5°C della temperatura in aree urbane rispetto alle aree rurali circostanti a causa dell'elevato assorbimento di calore da parte delle superfici urbane, della scarsità di vegetazione e del calore antropogenetico prodotto (impianti edilizi, traffico e attività umane in senso lato).

Spostando l'analisi su una scala ancora maggiore, secondo gli stessi principi, la tecnologia del tetto fresco può consentire benefici anche su scala globale, in termini di riduzione delle temperature superficiali terrestri con conseguente mitigazione del fenomeno climatico del surriscaldamento globale, un problema generato dall'aumento della temperatura media dell'atmosfera terrestre e degli oceani dovute a cause naturali ed antropogeniche (cicli solari, moti della Terra, variazioni dei gas atmosferici, ...).



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

2.1 Vantaggi derivanti dall'applicazione della tecnologia "cool roof"

Vantaggi diretti (scala del singolo edificio)	Vantaggi indiretti (scala urbana e globale)
• Riduzione dei costi energetici per la climatizzazione estiva • Miglioramento del livello di comfort termico a seguito della diminuzione della temperatura dell'ambiente interno e salute degli occupanti • Minori sollecitazioni strutturali della copertura e minore degrado chimico-fisico dei materiali dovuti alle minori oscillazioni di temperatura giorno/notte e stagionali • Aumento della durata delle unità di condizionamento grazie a carichi termici ridotti	• Mitigazione del fenomeno dell'isola di calore urbana grazie al minore riscaldamento dell'ambiente urbano e suburbano • Riduzione delle emissioni di CO₂ in seguito alla riduzione dei consumi elettrici

Tab. 1. Vantaggi della tecnologia "cool roof" su diverse scale.

3. Definizione di Spettro solare, Riflettanza solare, Emissività termica ed SRI (Solar Reflection Index)

Lo spettro solare è composto da tre bande di lunghezze d'onda: ultravioletto (UV, 300-400 nm), visibile (VIS, 400-700 nm) e vicino infrarosso (NIR, 700-2500) (Fig. 5). L'energia della radiazione solare è concentrata per il 50% nel vicino infrarosso, per ~45% nel visibile e per il restante nell'ultravioletto.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

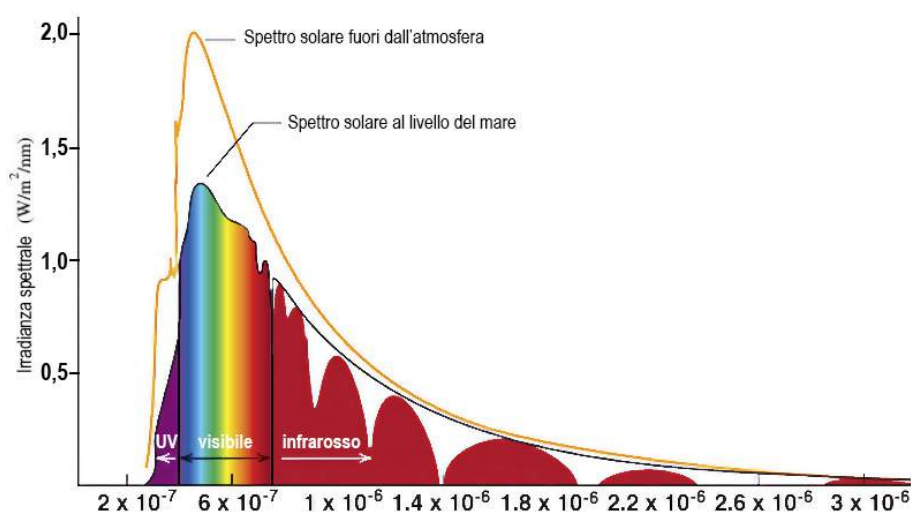


Fig. 5. Spettro solare

Per riflettanza solare si intende la capacità del materiale di riflettere la radiazione solare incidente; il suo valore varia da 0, per una superficie totalmente assorbente, fino al 1 o 100%, nel caso di una superficie perfettamente riflettente. Al fine di incrementare l'efficienza energetica degli edifici attraverso superfici di tipo "cool" è necessario utilizzare materiali di colore chiaro (riflettenti nel campo del visibile) e materiali riflettenti nel vicino infrarosso dove si concentra circa la metà di energia solare.

Per emissività termica si intende la capacità del materiale di emettere calore nella lunghezza d'onda dell'infrarosso; il suo valore varia tra 0 e 1 o 100%.

Di seguito, in Tab. 2, sono riportati i valori di riflettanza ed emissività termica di alcuni materiali edilizi adatti ad applicazioni in copertura.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Materiale	Riflettanza solare [-]	Emissività termica [-]
Membrana bituminosa nera	<0.10	~0.90
Membrane polimeriche di colore bianco	>0.70	~0.90
Coperture metalliche (alluminio, rame)	>0.40	~0.05
Piastrelle e lastre in pietra chiara	0.40÷0.70	~0.90
Coloritura con pitture tradizionali di colore bianco	0.70÷0.90	>0.50÷0.90
Tegole e mattoni in terracotta	<0.30	~0.90

Tab. 2. Valori di riflettanza solare ed emissività termica di alcuni materiali edilizi da copertura.

L'indice di riflessione solare (SRI-Solar Reflection Index) si calcola secondo lo Standard ASTM E1980 a partire dalle misure di riflettanza solare ed emissività termica:

$$SRI = 100 * \frac{T_{nero} - T_{sup,campione}}{T_{nero} - T_{bianco}}$$

Con:

- nero standard (e= 0.9, $r_{sol}=0.05$)→0%
- bianco standard (e= 0.9, $r_{sol}=0.8$)→100%

L' SRI è una misura della capacità del materiale di respingere il calore radiante di origine solare. Essa è definita in modo che un nero standard (riflettanza 0.05, emittanza 0.90) corrisponda al valore 0% ed un bianco standard (riflettanza 0.80, emittanza 0.90) corrisponda al 100%. Ad esempio, il nero standard produce un aumento di temperatura di 50°C in pieno sole, e il bianco standard produce un aumento di temperatura di 8.1°C. Una volta calcolato l'aumento massimo della temperatura di un dato materiale, l'indice di riflessione solare può essere calcolato interpolando tra i valori di bianco e nero standard.

Tali proprietà termo-ottiche consentono il conseguimento di importanti benefici durante la stagione estiva in termini di miglioramento del livello di comfort interno e risparmio energetico per il raffrescamento.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



4. Definizione di Comfort termico, Temperatura operativa, Temperatura

media radiante

Si definiscono Condizioni di Comfort o Benessere Termo-igrometrico condizioni per cui i parametri ambientali, agendo sugli scambi sensibili e latenti del corpo umano, annullano le sensazioni di caldo o freddo percepite dall'occupante. Le condizioni di comfort ottimali si hanno quando il corpo riesce a smaltire il proprio calore metabolico secondo corrette proporzioni tra i quattro modi di scambio termico uniformemente su tutto il corpo. Le proporzioni fra i quattro modi di scambio nel caso estivo sono ottimali quando la temperatura delle superfici, dell'aria e l'umidità relativa dell'ambiente consentono al corpo di smaltire tutto il proprio calore metabolico secondo queste percentuali.

Dal punto di vista oggettivo, il comfort termico si definisce come quella situazione in cui il bilancio di energia termica è soddisfatto in assenza di attivazione dei meccanismi di termoregolazione.

Dal punto di vista soggettivo, si parla di comfort termico quando la persona non sente né caldo, né freddo e si dichiara soddisfatta nei confronti dell'ambiente termico.

Secondo la norma UNI EN ISO 7730, il comfort termico viene valutato mediante un indice di comfort globale (PMV-*Predicted Mean Vote*) e quattro indici di *discomfort* locale, legati al rischio di corrente d'aria, alla differenza verticale di temperatura, alla temperatura del pavimento e all'asimmetria radiante.

L'indice PMV rappresenta una sintesi dei due approcci al problema del comfort termico, in quanto è basato sull'equazione di bilancio di energia sul corpo umano, espressa in riferimento all'unità di tempo, nell'ipotesi in cui l'energia termica in uscita dal corpo S sia descritta dalla seguente relazione:

$$M - W - (E + E_{res} + C_{res} + C + R + K) = S \quad (1)$$

con:

- M = metabolismo energetico, W
- W = potenza meccanica, W



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

- E = potenza termica ceduta per evaporazione dalla pelle, W
- E_{res} = potenza termica ceduta nella respirazione come “calore latente”, W
- C_{res} = potenza termica ceduta nella respirazione come “calore sensibile”, W
- C = potenza termica ceduta per convezione, W
- R = potenza termica ceduta per irraggiamento, W
- K = potenza termica ceduta per conduzione, W
- S = variazione di energia interna del corpo umano nell’unità di tempo, W

Con riferimento al benessere termo-igrometrico, le variabili soggettive sono relative all'attività che l'individuo svolge all'interno dell'ambiente e al tipo di vestiario. Le variabili ambientali in grado di influenzare il benessere termo-igrometrico dipendono invece dalle condizioni climatiche esterne ed interne all'edificio e sono le seguenti:

- Temperatura dell'aria[°C];
- Umidità relativa dell'aria interna [%]: indica il rapporto tra la quantità di vapore contenuto da una massa d'aria e la quantità massima che ne può contenere quella massa d'aria nelle stesse condizioni di temperatura e pressione.
- Temperatura media radiante [°C]; si calcola come media delle temperature delle pareti interne all'ambiente, compresi soffitto e pavimento.
- Velocità dell'aria [m/s].

Al fine di definire un regime di comfort degli utenti all’interno dell’ambiente si fa riferimento alla temperatura operativa T_o , la temperatura uniforme dell’aria e delle pareti di un ipotetico ambiente con il quale il corpo umano scambia la medesima potenza termica per radiazione e convezione di quella scambiata con l’ambiente reale.

- Condizioni invernali: $20^{\circ}\text{C} \leq T_o \leq 24^{\circ}\text{C}$
- Condizioni estive: $23^{\circ}\text{C} \leq T_o \leq 26^{\circ}\text{C}$



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

La temperatura operativa si calcola come media delle temperature dell'aria (T_a) e media radiante (T_{mr}), ponderate dai rispettivi coefficienti di scambio termico:

$$t_o = (t_a + t_{mr})/2$$

5. La soluzione Monotech SUN Reflex

Monotech SUN Reflex ottimizzato CVR è una membrana liquida monocomponente a base di resine poliuretaniche elastiche igro-indurenti a spiccato comportamento idrofobico, impermeabile e resistente ai raggi solari. La reazione del poliuretano con l'umidità presente in atmosfera produce una membrana resistente ed elastica ad elevata capacità adesiva ai substrati su cui viene applicata. Il prodotto presenta un'elevata resistenza agli agenti atmosferici, ai prodotti chimici, ai raggi UV, alle sollecitazioni meccaniche ed agli stress termici. Viene impiegato per l'impermeabilizzazione e la protezione di molteplici materiali sia su supporti verticali che orizzontali.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

6. Dettagli di prodotto

Dettagli di prodotto

Aspetto	composto
Colorazioni disponibili	bianco
Aspetto	fluido viscoso autolivellante
Impiego	membrana per l'impermeabilizzazione e la protezione di supporti verticali ed orizzontali
Materiali ed interventi consigliati	- impermeabilizzazione di coperture piane ed inclinate - trattamento di tettoie e scossaline in lamiera o rame - protezione di elementi in calcestruzzo esposti in ambienti aggressivi - rivestimento di gradinate di stadi, parcheggi, supermercati - protezione o ripristino di membrane bituminose - rivestimento impermeabile di canali e condutture - membrana di protezione ed impermeabilizzazione per massetti
Ambiente	interno - esterno
Sottofondi	- calcestruzzo resistente ripulito da residui di disarmante - pavimentazioni in ceramica, grés porcellanato, clinker - laterizio - pietre naturali - massetti, malte, intonaci cementizi - elementi in lamiera, acciaio e rame
Supporti	orizzontali e verticali
Realizzazione	impasto pronto all'uso
Applicazione	pennello, rullo, spatola inox o a spruzzo con airless (diluire con un 5% di solvente CVR)
Consumo	$\cong 1,0 \text{ kg/m}^2$ per ogni mm di spessore
Condizioni di posa	da +5°C a +30°C e con U.R. <85%
Spessore massimo applicabile per mano	1 mm
Spessore massimo finale	4 mm (in più mani)
Spessore richiesto per durata a vista 10 anni	2 mm
Tempo di essiccazione	6-12 ore
Tempo di attesa per posa 2° mano	6-24 ore
Tempo massimo per posa 2° mano	48 ore
Tempo di attesa per la sovra copertura	48 ore

Tab. 3. Dettagli di prodotto



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

6. Dati tecnici

Vedi scheda tecnica.

SEZIONE B: ANALISI CRITICO-SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DEL MONOTECH SUN REFLEX

8. Caratteristiche tecniche delle proprietà ottiche

Monotech SUN Reflex è una membrana progettata per applicazioni in copertura del tipo “cool roof” in quanto garantisce un’elevata riduzione della temperatura superficiale della copertura grazie ad elevati valori di riflettanza solare ed emissività termica, mantenuti nel tempo. Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio effettuate sulla membrana in esame (Tab. 5 e Fig. 6).

Riflettanza solare (R) ¹ (ASTM E903)	83%
Emissività termica (E) ¹ (ASTM G1371)	90%
Solar Reflectance Index (SRI) ¹ [$h_c=5 \text{ W/m}^2\text{K}$] (ASTM E1980)	105%

¹ Rapporto di prova CIRIAF, Università degli Studi di Perugia

Tab. 4. Proprietà ottiche della membrana CVR



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull’Inquinamento
e sull’Ambiente “Mauro Felli”



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

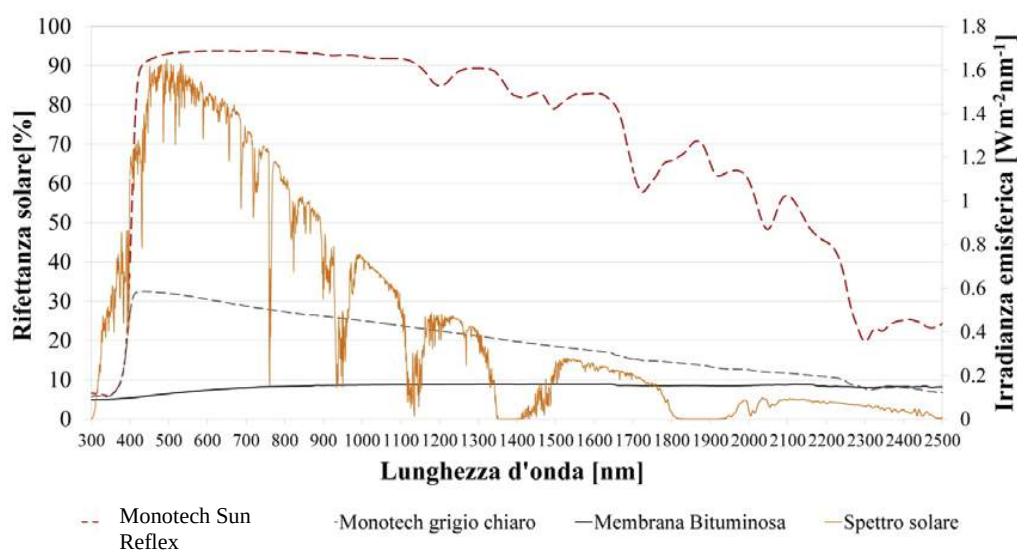


Fig. 6. Andamento della riflettanza solare della membrana Monotech SUN Reflex nelle lunghezze d'onda 300-2500 nm, misurata mediante spettrofotometro con sfera integratrice, in relazione allo spettro solare e alla membrana Monotech grigio chiaro standard e ad una membrana bituminosa tradizionale.

9. Il risparmio energetico

- *Principio di funzionamento a confronto: isolante standard per copertura VS membrana “cool” CVR*

La copertura è un elemento tecnico di primaria importanza e dalle molteplici funzioni. Il tradizionale ruolo di riparo dalle precipitazioni atmosferiche ha subito nel tempo un'evoluzione ed è stato integrato da requisiti di comfort abitativo, legati all'isolamento termico e acustico, nonché all'efficienza energetica del sistema edificio. Un buon “pacchetto” di copertura deve pertanto governare i flussi di calore e di umidità che lo attraversano, sia durante la stagione invernale che durante la stagione estiva, al fine di garantire il comfort degli ambienti sottostanti e limitare i consumi energetici.

I tradizionali pacchetti di copertura prevedono il posizionamento di un isolante interno caratterizzato da un certo spessore “s” e conduttività termica “λ” al fine di opporre resistenza al passaggio del calore attraverso la copertura. La conduttività termica λ è il parametro che caratterizza i materiali isolanti e più il valore è basso e più l'isolante è efficace. Invece, il rapporto “R”=s/ λ (spessore/conduttività) viene definito resistenza termica ed è il parametro al



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente “Mauro Felli”



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

quale ci si riferisce, insieme alla trasmittanza termica " U "= $1/R$, quando si parla di isolamento termico di un materiale.

In estate, il compito dell'isolante in copertura è quello di rallentare il passaggio del calore del sole verso l'interno creando uno smorzamento dell'onda termica entrante per conduzione.

L'applicazione in copertura di una membrana riflettente di tipo "cool" di ridotto spessore, invece, consente sempre una notevole riduzione del flusso termico entrante verso l'interno ma in questo caso grazie alla riflessione della radiazione solare incidente che non viene assorbita dal pacchetto di copertura per la presenza della membrana.

Se infatti un isolante tradizionale, caratterizzato da ridotti valori di conducibilità termica, è in grado di smorzare la radiazione solare assorbita e garantire il mantenimento del comfort interno, la presenza in copertura di una membrana fortemente riflettente e di spessore molto inferiore consente il mantenimento delle condizioni di comfort interno mediante la riflessione della radiazione solare, che non penetra pertanto nell'ambiente interno (Fig. 7).

Se si considerano pari condizioni al contorno in termini di radiazione solare e flusso termico entrante $q_1=q_2=q$, si ha che:

- Un tradizionale rivestimento di copertura in bitume con riflettanza solare r_1 ed emissività termica ε_1 necessita di un isolante standard, caratterizzato da ridotto valore di conducibilità termica λ_1 e un certo spessore s_1 , per avere $q_1=q$.
- Un rivestimento di copertura con Monotech SUN Reflex ottimizzato caratterizzato da una riflettanza solare $r_2 \gg r_1$ ed $\varepsilon_2 \sim \varepsilon_1$, necessita di un isolante standard con $s_2 \ll s_1$ e $\lambda_2 = \lambda_1$ oppure, a parità di spessore $s_2 = s_1$, la conducibilità di questo secondo caso λ_2 può essere molto maggiore di λ_1 , per avere $q_2=q$.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it

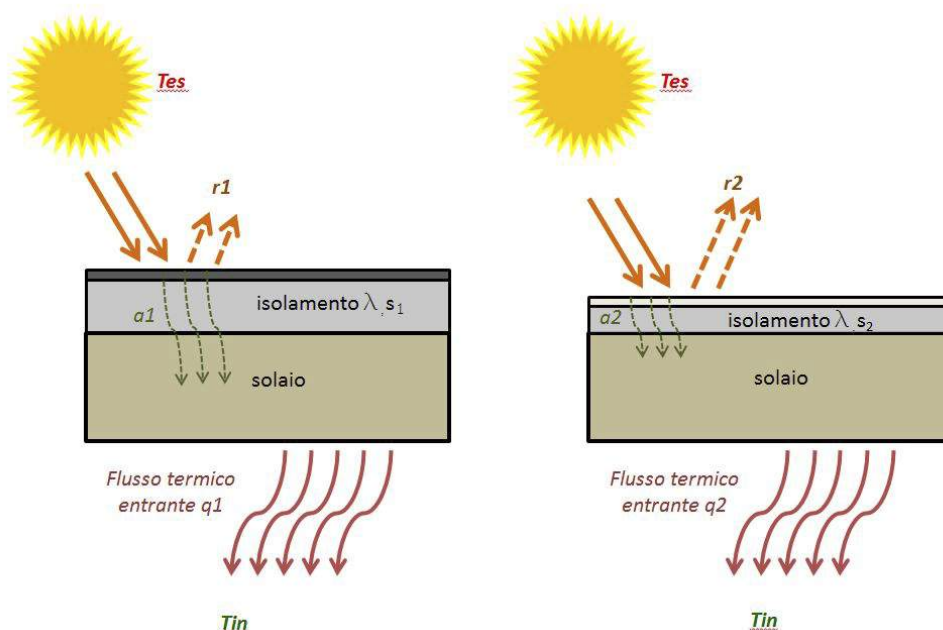


Fig. 7. Confronto tra il funzionamento di un pacchetto di copertura con isolante tradizionale e copertura con Monotech SUN Reflex in regime estivo.

Pertanto, il funzionamento di un pacchetto di copertura tradizionale con isolamento interno prevede il mantenimento delle condizioni di comfort interno mediante ridotti valori di conducibilità termica ed elevati spessori, mentre l'impiego di membrane riflettenti in copertura garantisce il comfort interno mediante un elevato valore di riflettanza solare.

Per questo motivo, il Monotech SUN Reflex garantisce il medesimo livello di comfort interno, a parità di condizioni al contorno, ma con ridotto spessore del pacchetto di copertura rispetto al tradizionale isolante.

- *Simulazione in regime dinamico di un edificio prototipo*

Al fine della quantificazione del risparmio energetico per il raffrescamento conseguibile in regime estivo mediante applicazione della membrana Monotech SUN Reflex, è stata effettuata la simulazione in regime dinamico di un edificio prototipo (Fig. 8) mediante software Energy Plus, in diverse località (Milano, Roma, Palermo).



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA



Fig. 8. Edificio prototipo.

In particolare, il confronto in termini di prestazione energetica dell'edificio prototipo (kWh) è stato effettuato in condizioni di copertura priva di isolamento rivestita con le seguenti metodologie:

- rivestimento in bitume tradizionale;
- rivestimento in cemento;
- rivestimento con membrana impermeabilizzante Monotech SUN

Reflex.

Inoltre, le soluzioni di cui sopra sono state comparate in termini di consumo energetico estivo (Giugno, Luglio, Agosto) alle soluzioni con bitume al variare dello spessore di isolamento (0-5-10-20-40-50-100-140 cm) disposto nel modello di simulazione in posizione sottostante la membrana impermeabilizzante.

I grafici in figure 9-10-11 descrivono l'andamento dei consumi energetici globali per il raffrescamento estivo nei diversi scenari e in riferimento alle tre diverse condizioni al contorno climatiche valutate, quali Milano, Roma e Palermo rispettivamente.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

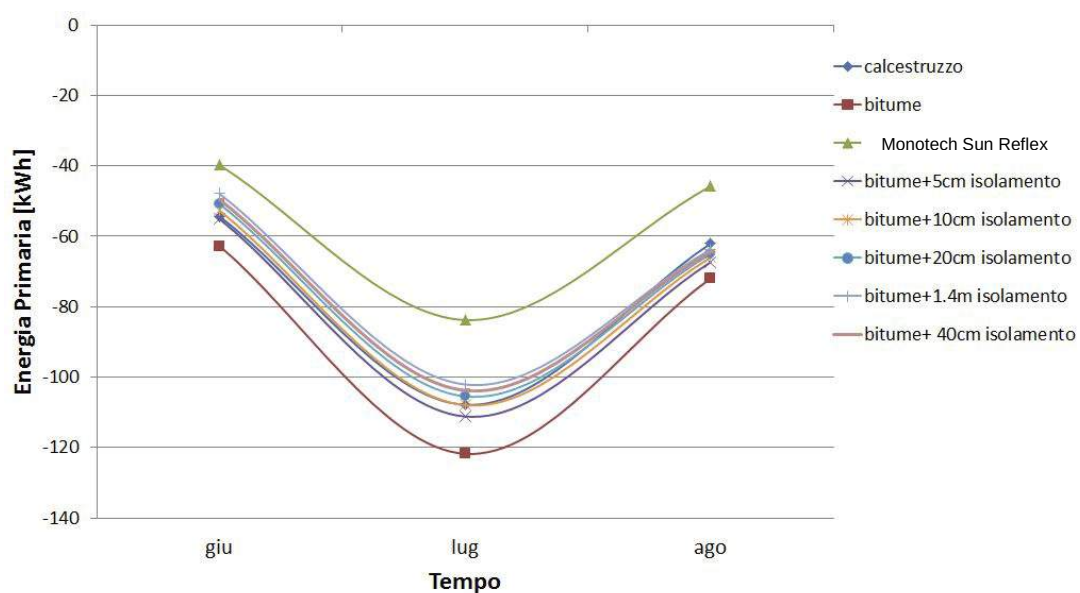


Fig. 9. Andamento dei consumi energetici per il raffrescamento estivo nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Milano.

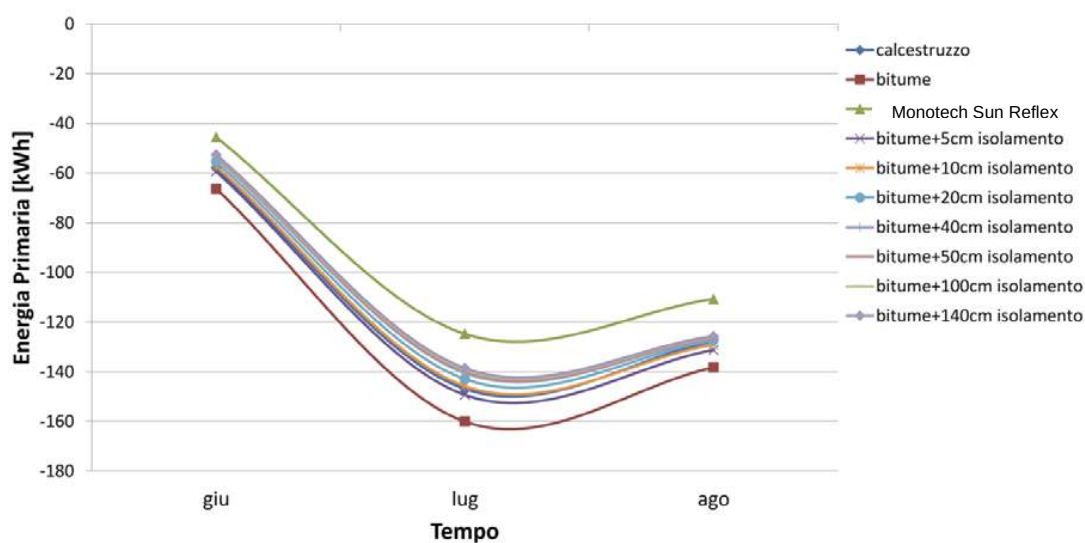


Fig. 10. Andamento dei consumi energetici per il raffrescamento estivo nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Roma.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

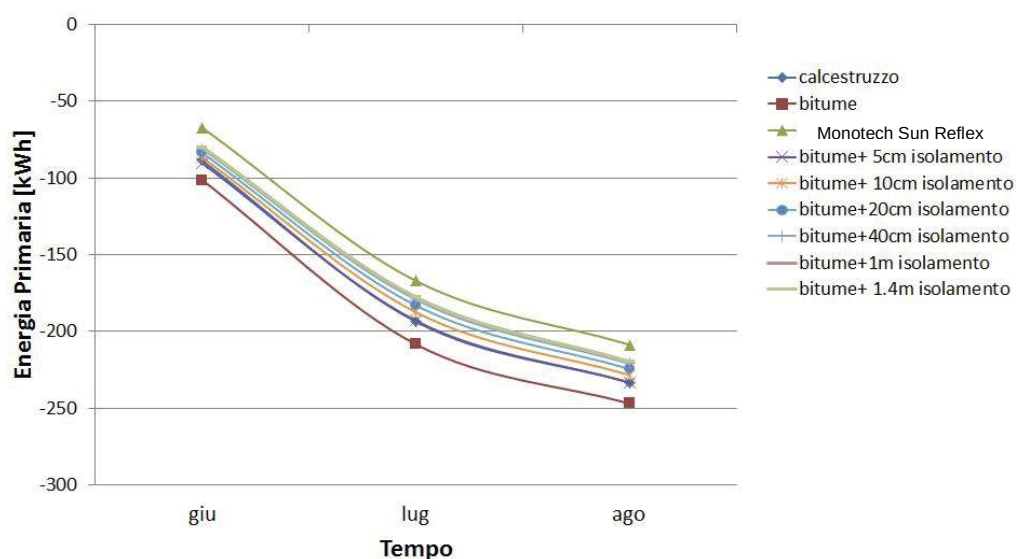


Fig. 11. Andamento dei consumi energetici per il raffrescamento estivo nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Palermo.

In ciascuna delle ubicazioni/condizioni al contorno climatiche considerate, l'applicazione del Monotech SUN Reflex prodotto da CVR consente il maggior risparmio per il raffrescamento in termini di kWh di energia primaria (Tab. 5) rispetto a qualsivoglia spessore di isolamento termico, considerando esclusivamente l'effetto passivo.

	Risparmio Energetico		
	Milano	Roma	Palermo
Rispetto al bitume	34%	23%	20%
Rispetto al cls	24%	16%	14%

Tab. 5. Risparmio energetico per il raffrescamento estivo conseguibile mediante applicazione del Monotech SUN Reflex in copertura (da simulazione dinamica).

La tabella seguente (Tab. 6) mostra in particolare la differenza di consumi per il raffrescamento (kWh) per il mese di Agosto tra le varie configurazioni (copertura in bitume, calcestruzzo e Monotech SUN Reflex nei diversi scenari climatici:



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Tipo di copertura	Milano [kWh]	Roma [kWh]	Palermo [kWh]
<i>Bitume</i>	71.9	138.5	247.1
<i>Cls</i>	62.1	127.8	233.3
<i>Monotech UV Reflex</i>	45.7	110.7	208.5

Tab. 6. Confronto in termini di consumi di energia primaria per il raffrescamento [kWh] nei diversi scenari climatici simulati (Milano, Roma, Palermo).

Inoltre, in tutti gli scenari climatici valutati, l'impiego di isolante anche in spessori elevati (fino ad inverosimili valori come 140 cm) non consente il raggiungimento della performance energetica estiva conseguibile mediante applicazione del solo Monotech SUN Reflex, in nessuno dei casi. Pertanto, in ogni condizione climatica simulata nessuno spessore di isolamento, per quanto inverosimilmente elevato per i fini dell'analisi, è sufficiente al raggiungimento del risparmio energetico conseguibile mediante l'applicazione del Monotech SUN Reflex.

- *Analisi delle proprietà termiche e ottiche in opera*

Per dimostrare le effettive potenzialità termiche dell'innovativa membrana bianca Monotech Sun Reflex, caratterizzata da alti valori di riflettanza ed emissività termica, è stata avviata una campagna sperimentale che ha visto l'installazione della membrana CVR sulla copertura piana di un edificio prototipo in scala reale (test-room in Fig. 12) localizzato a Perugia, nelle immediate vicinanze del CIRIAF – Centro interuniversitario di ricerca sull'inquinamento e sull'ambiente Mauro Felli. La campagna di sperimentale si è svolta nell'estate 2014 con il monitoraggio di due configurazioni dell'edificio:

- configurazione iniziale con copertura rivestita da una tradizionale membrana bituminosa;
- configurazione finale con copertura rivestita dalla membrana CVR ottimizzata.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

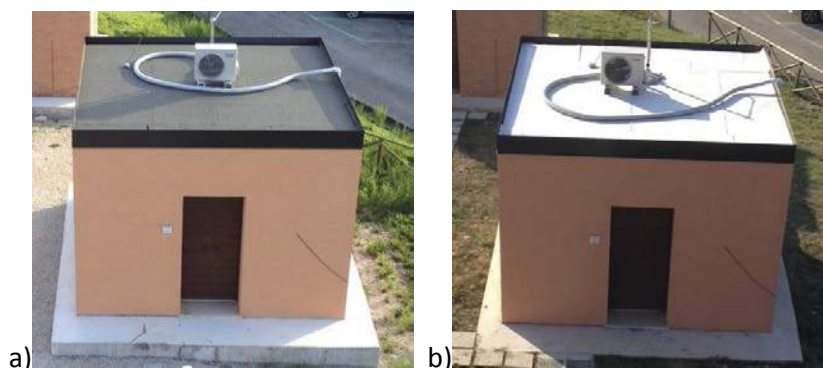


Fig. 12. Test-room in configurazione a) iniziale e b) finale dopo l'applicazione della membrana CVR Monotech Sun Reflex in copertura

L'edificio prototipo è in grado di garantire un ambiente interno perfettamente controllato ed è stato monitorato in modo continuo per quanto riguarda la prestazione termiche degli elementi dell'involucro e le condizioni microclimatiche interne sia prima che dopo l'implementazione della membrana CVR Monotech Sun Reflex.

In Fig. 13 sono riportati alcuni sensori e la stazione microclimatica interni all'edificio prototipo.



Fig. 13. Stazione microclimatica interna e sensoristica presente all'interno dell'edificio prototipo

I risultati del monitoraggio mostrano un risparmio pari a circa il 10-30% ed una riduzione di 1,5-2°C della temperatura interna in funzione delle condizioni climatiche esterne della configurazione finale rispetto a quella iniziale. L'impatto dell'applicazione della membrana CVR ottimizzata è stato valutato in termini di differenza di temperatura tra il caso con sola guaina bituminosa e il caso con la membrana stessa.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

In Fig. 14 sono riportate le temperature superficiali esterne della copertura nelle due configurazioni esaminate in funzione della temperatura dell'aria esterna.

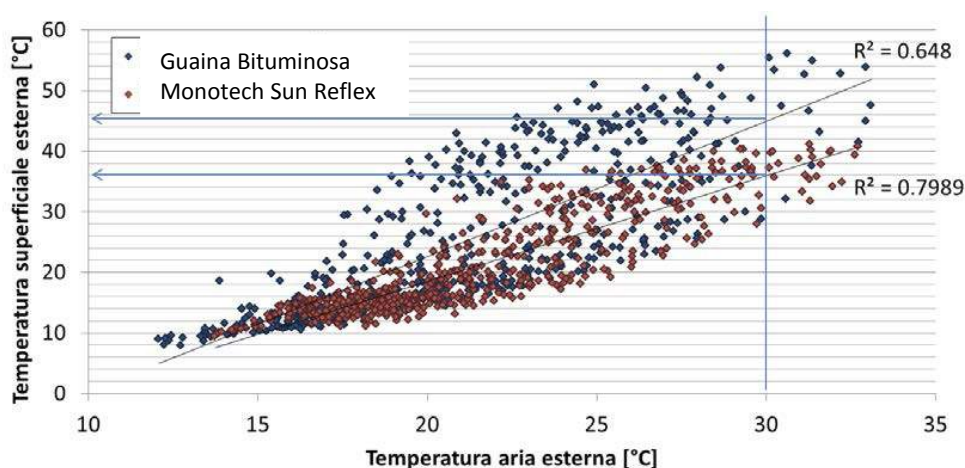


Fig. 14. Temperature superficiali esterne del tetto in configurazione a) iniziale-blu e b) finale-rosso dopo l'applicazione della membrana CVR in copertura normalizzate alla temperatura dell'aria esterna

Prendendo in esame le ore più calde di una tipica giornata estiva in cui la temperatura dell'aria esterna si aggira intorno ai 30°C si sono registrate come temperature superficiali della copertura i seguenti valori:

- $\approx 45^{\circ}\text{C}$ per copertura con tradizionale membrana bituminosa;
- $\approx 36^{\circ}\text{C}$ per copertura con membrana CVR Monotech Sun Reflex.

La soluzione con membrana CVR Monotech Sun Reflex presenta una temperatura superficiale esterna della copertura di circa 9°C più bassa rispetto alla tradizionale copertura con membrana bituminosa. La membrana Monotech Sun Reflex risulta quindi in grado di garantire un notevole raffrescamento superficiale della copertura e della temperatura dell'aria che circola immediatamente al di sopra della copertura. Tale effetto di raffrescamento è inoltre in grado di migliorare la prestazione estiva di eventuali pompe di calore o sistemi fotovoltaici installati in copertura attivando l'effetto attivo dei "cool roof", al quale corrisponde un minor consumo energetico della pompa di calore e una maggiore produttività dell'impianto fotovoltaico.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

La minor temperatura superficiale della copertura ottenuta mediante applicazione della membrana CVR Monotech Sun Reflex implica, nell'ipotesi di parità di trasmittanza termica (U) con la tradizionale membrana bituminosa, una riduzione del flusso di calore entrante nella test-room attraverso la copertura e quindi una riduzione della temperatura operativa interna responsabile del comfort termico. La temperatura operativa, al variare delle condizioni di temperatura dell'aria esterna, ha subito una riduzione media di circa 1,5-2°C dopo l'applicazione della membrana CVR Monotech Sun Reflex.

Questo risultato permette di incrementare, durante la stagione estiva, le condizioni di benessere e di comfort all'interno limitando l'irraggiamento/surriscaldamento che il soffitto produce in corrispondenza della testa degli occupanti e quindi riducendo l'effetto testa calda.

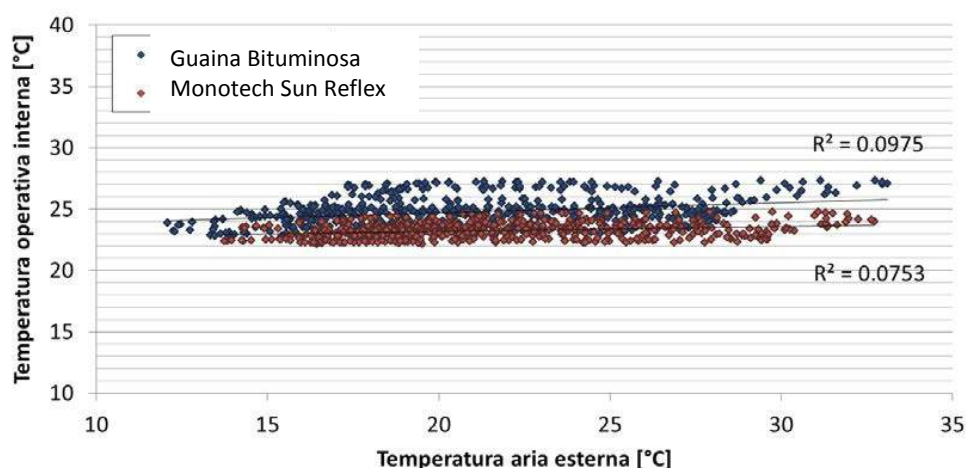


Fig. 15. Temperatura operativa del tetto in configurazione a) iniziale-blu e b) finale-rosso dopo l'applicazione della membrana CVR in copertura normalizzate alla temperatura dell'aria esterna

Parallelamente all'analisi termica, anche l'analisi della proprietà di albedo è stata effettuata nell'edificio prototipo sempre confrontando i risultati registrati nel periodo con solo membrana bituminosa (configurazione iniziale) e nel periodo con sola membrana CVR Monotech Sun Reflex (configurazione finale).

In Fig. 16 sono riportati i valori di albedo misurati al variare del tempo per la membrana CVR Monotech Sun Reflex e per la guaina bituminosa. Dal confronto dei dati si vede come la membrana presenti valori di albedo maggiori e in particolare, mentre la membrana bituminosa presenta un valore medio di



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



albedo (misurato dalle 12:00 alle 14:00 selezionando giorni sereni e soleggiati) di circa 0,11, la membrana Monotech Sun Reflex presenta valori pari a 0,51, registrando un incremento di quasi cinque volte rispetto al bitume (Tab. 7)

	Albedo medio (10:00-18:00)	Albedo medio (12:00-14:00)	Incremento percentuale
Membrana CVR	0.54	0.54	78.9%
Bitume	0.11	0.11	-

Tab.7. Confronto dei dati medi di albedo misurati in opera tra membrana bituminosa e membrana CVR Monotech Sun Reflex.

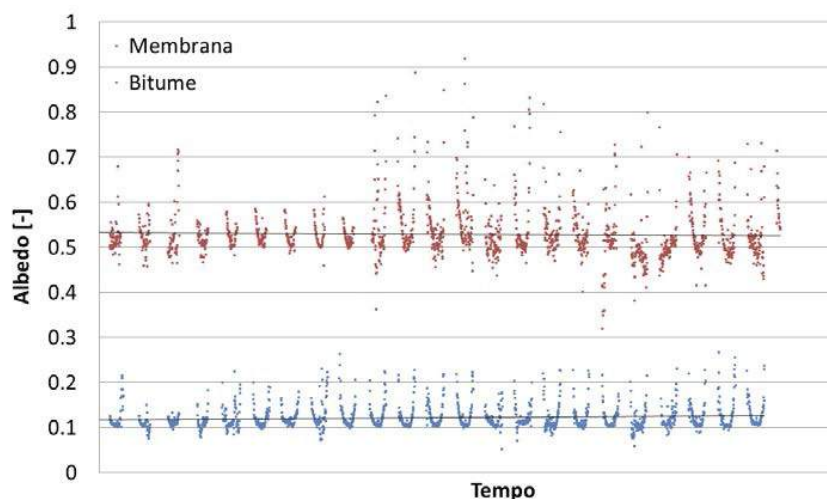


Fig. 16. Andamento dell'albedo nel tempo registrato nella configurazione iniziale-blu e finale-rosso dopo l'applicazione della membrana CVR Monotech Sun Reflex in copertura dell'edificio prototipo.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

10. CONCLUSIONI

Vantaggi derivanti dall'applicazione del Monotech SUN Reflex

"COOL MEMBRANA OTTIMIZZATA"	
Vantaggi per l'utente finale	Vantaggi per l'ambiente
• Riduzione della temperatura della superficie della copertura • Riduzione dei costi energetici per la climatizzazione estiva • Miglioramento del livello di comfort interno • Minori sollecitazioni strutturali della copertura dovute alle minori oscillazioni di temperatura giorno/notte e stagionali • Prodotto di facile applicazione • Aumento del rendimento delle pompe di calore o moduli fotovoltaici posti in copertura • Allungamento della vita dell'impermeabilizzazione • Riduzione della manutenzione delle coperture • Aumento della durata delle unità di condizionamento grazie a carichi termici ridotti	• Mitigazione del fenomeno dell'isola di calore urbana grazie al minore riscaldamento dell'ambiente urbano e suburbano • Riduzione delle emissioni di CO₂ in seguito alla riduzione dei consumi elettrici per la climatizzazione

Tab. 8. Vantaggi della tecnologia "cool roof" su diverse scale.

Il Direttore del CIRIAF

Prof. Ing Franco Cotana

Il responsabile Tecnico-operativo

Ing. Anna Laura Pisello



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Relazione tecnica

Convenzione “Efficientamento energetico degli edifici mediante strategie innovative passive di involucro, con particolare attenzione alle proprietà ottico-energetiche superficiali dei rivestimenti ed all’interazione delle stesse con il contesto climatico”. Parti 1-2-3

Analisi del sistema di intonaco isolante di ridotto spessore Nanocap di CVR.

come da Attività 3 specificata nel documento di cui Prot. n. 2014/0537 del 18 / 12 / 2014:

3. Nanocap per interni CVR

INDICE:

SEZIONE A: NOZIONI PRELIMINARI

1. Definizione del calore

2. Modalità propagazione calore

APPROFONDIMENTO 1: CONDUZIONE

APPROFONDIMENTO 2: CONVEZIONE

APPROFONDIMENTO 3: IRRAGGIAMENTO

APPROFONDIMENTO 4: IRRAGGIAMENTO TERMICO

APPROFONDIMENTO 5: Legge di Stefan-Boltzmann

APPROFONDIMENTO 6: DEFINIZIONI UTILI SULL’IRRAGGIAMENTO

3. Schema di funzionamento di un isolante tradizionale

4. Definizione di Comfort termico, Temperatura operativa, Temperatura media radiante



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull’Inquinamento
e sull’Ambiente “Mauro Felli”



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

5. Modalità di funzionamento di un isolante super-sottile del tipo “scudo

termico” CVR

SEZIONE B: ANALISI CRITICO-SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DEL NANOCAP CVR

6. Analisi termografiche

7. Presentazione dati di laboratorio

8. Sperimentazione su test-room

9. Simulazione dinamica, quantificazione del risparmio energetico e calcolo della U equivalente o ΔR

Nanocap per interni CVR

SEZIONE A: NOZIONI PRELIMINARI

1. Definizione del calore

In fisica, in particolare in termodinamica, il calore è definito come il contributo di energia consumata o generata a seguito di una reazione chimica o nucleare o trasferita tra due sistemi o tra due parti dello stesso sistema, non imputabile ad un lavoro o ad una conversione tra due differenti tipi di energia. Il calore è pertanto energia in transito. In presenza di un gradiente di temperatura, il calore fluisce dai punti a temperatura maggiore a quelli a temperatura minore, finché non viene raggiunto l'equilibrio termico. In quanto energia, il calore si misura nel sistema Internazionale in joule. Nella pratica viene tuttavia ancora spesso usata come unità di misura la caloria, che è definita come la quantità di calore necessaria a portare la temperatura di un grammo di acqua distillata, sottoposta alla pressione di 1 atm, da 14,5 °C a 15,5 °C.

2. Modalità propagazione calore

Il trasferimento del calore può avvenire attraverso tre modalità principali:



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

- CONDUZIONE: attraverso il contatto tra corpi (solidi o fluidi) a diversa temperatura;
- CONVEZIONE: attraverso il trasferimento di masse d'aria o di fluidi verso zone con temperature differenti;
- IRRAGGIAMENTO: trasferimento di calore sotto forma di onde elettromagnetiche.

In ambito edilizio, il tradizionale sistema di isolamento termico viene impiegato al fine di mantenere il calore all'interno degli edifici, sfruttando la resistenza termica del materiale nel periodo invernale, e di impedire l'ingresso di calore all'interno dell'edificio nella stagione estiva. Questo sistema risulta efficace esclusivamente nell'ambito del trasferimento di calore per conduzione e convezione, ma non nel caso dell'irraggiamento. Tale modalità di trasferimento di calore viene scarsamente considerata a livello commerciale e professionale; essendo una modalità di scambio termico di tipo dinamico, caratterizzante non solo il materiale, ma il rapporto fra il materiale e le condizioni al contorno quali il clima ed il regime occupazionale degli edifici, è più complessa da valutare rispetto alle altre. Un'altra modalità importantissima ma ancora poco nota di scambio di calore è quella associata allo scambio di massa, cioè al contenuto d'acqua delle pareti ed alla possibilità di veicolarlo per deumidificare la parete opaca stessa, rendendola quindi più isolante della sua equivalente umida. Come è infatti noto, uno stesso materiale, od una stessa stratigrafia muraria, presenta una conducibilità termica, o una trasmittanza termica, molto minore in condizioni asciutte che in quelle umide, essendo l'acqua un conduttore di calore molto efficace, che quindi è in grado di penalizzare significativamente le prestazioni di isolamento termico dell'involucro edilizio opaco.

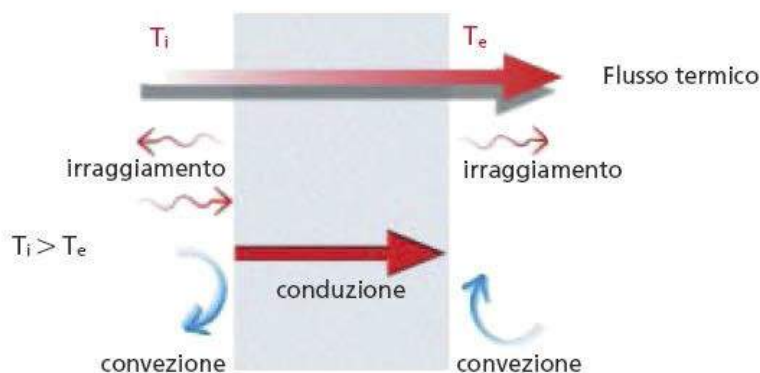


Fig.1. Modalità di propagazione del calore



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



APPROFONDIMENTO 1: CONDUZIONE

A scopo esemplificativo, la figura A1_1 riporta la direzione dello scambio di calore da un corpo caldo (rosso) ad uno freddo (blu) all'interno di un mezzo solido, quindi per mezzo della conduzione

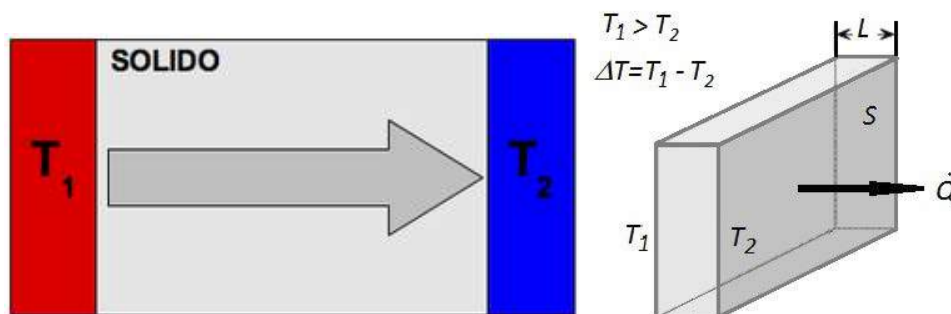


Fig.A1_1. Flusso termico per conduzione attraverso un solido

Sperimentalmente si vede che il calore trasferito per unità di tempo $\dot{Q}$ è direttamente proporzionale alla superficie di scambio ed alla differenza di temperatura, ed inversamente proporzionale allo spessore secondo la seguente relazione:

$$\dot{Q} = \lambda \frac{\Delta T \cdot S}{L}$$

dove la costante di proporzionalità λ è la conducibilità termica.

Se consideriamo uno spessore infinitesimo, invece di "L" poniamo dx , invece di ΔT poniamo $-dT$ ed otteniamo l'equazione di Fourier nel caso monodimensionale, come segue:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot S \frac{dT}{dx}$$

La legge di Fourier regola il meccanismo di scambio termico per conduzione nei corpi solidi, come gli involucri opachi degli edifici, murature, isolanti, ecc.

APPROFONDIMENTO 2: CONVEZIONE

La convezione si definisce come il trasferimento di energia attraverso un fluido associato al trasferimento di materia.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

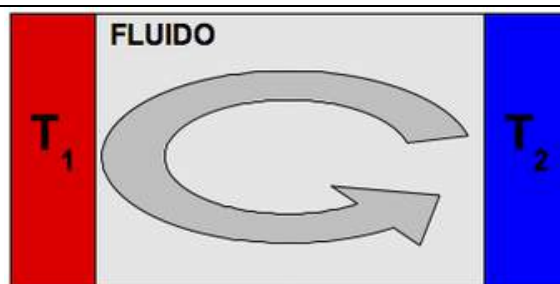


Fig.A2_1. Flusso termico per conduzione attraverso un solido

La potenza termica scambiata fra una parete solida di confine e il fluido può essere calcolata attraverso la legge di Fourier applicata alla parete. La convezione ha luogo quando almeno uno dei due corpi che si scambiano calore è un fluido. Condizione necessaria perché il fenomeno avvenga è che il fluido sia posto, o possa porsi, in moto relativo rispetto all'altro corpo con cui scambia calore.

Dunque la convezione può avvenire tra un solido ed un liquido, tra un solido ed un aeriforme, tra un liquido ed un aeriforme, ma anche tra due liquidi non miscibili.

APPROFONDIMENTO 3: IRRAGGIAMENTO

Si consideri un corpo caldo collocato in un ambiente in cui è stato fatto il vuoto (assenza di materia) le cui pareti si trovino ad una temperatura uniforme ed inferiore a quella del corpo; dopo un po' di tempo si potrà constatare che il corpo si è raffreddato ed ha raggiunto l'equilibrio termico con le pareti. Data l'assenza di materia nello spazio tra il corpo considerato e le pareti lo scambio termico non è avvenuto né per conduzione né per convezione, ma attraverso un altro meccanismo di trasmissione del calore che viene definito irraggiamento. Spesso nelle applicazioni pratiche i tre meccanismi di trasmissione dell'energia termica hanno luogo contemporaneamente con diversa intensità; nel vuoto, invece, la trasmissione del calore può avvenire solo per irraggiamento.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it

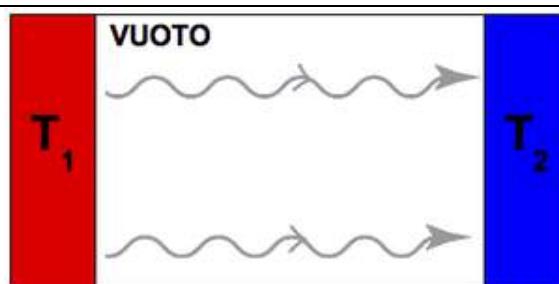


Fig.A3_1. Flusso termico per irraggiamento

Ogni corpo emette delle radiazioni la cui energia è direttamente proporzionale alla quarta potenza della temperatura, ed è data da una formula tipo:

$$E = k \cdot T^4$$

La figura seguente rappresenta due corpi che irradiano energia a temperature diverse.

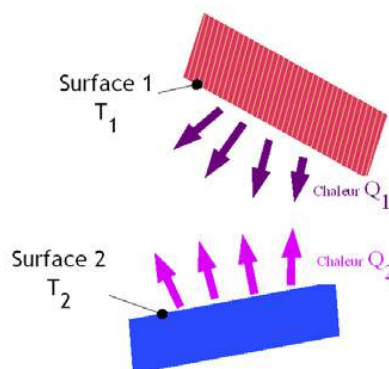


Fig.A3_2. Energia emessa da due corpi a temperature diverse per irraggiamento

APPROFONDIMENTO 4: IRRAGGIAMENTO TERMICO

L'irraggiamento termico è uno dei meccanismi di trasmissione dell'energia sotto forma di calore. La sua peculiarità è di non necessitare di un supporto materiale, potendo avvenire anche attraverso il vuoto, come l'irraggiamento in generale. L'irraggiamento, per esempio, è il meccanismo mediante il quale l'energia emessa dal Sole raggiunge e riscalda la Terra.

La trasmissione del calore per irraggiamento tra due corpi può avvenire anche in presenza di un mezzo di separazione più freddo di entrambi i corpi: per esempio, l'energia termica emessa da una fiamma raggiunge una persona attraversando aria più fredda, oppure la radiazione solare raggiunge la superficie della Terra dopo aver



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

attraversato, alle elevate altitudini, strati d'aria molto freddi.

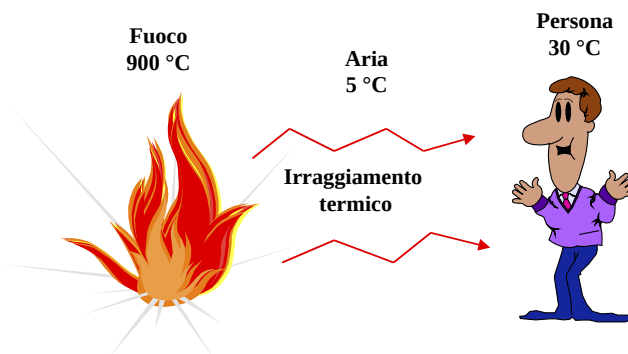


Fig.A4_1. Energia emessa da due corpi a temperature diverse per irraggiamento

L'irraggiamento termico rientra nel più vasto fenomeno fisico della radiazione elettromagnetica. Tutti i corpi materiali, i solidi così come i liquidi ed i gas, emettono energia sotto forma di radiazione elettromagnetica e sono in grado di assorbire tale energia radiante: è così possibile realizzare tra due corpi un trasferimento di energia.

Esistono diversi tipi di onde elettromagnetiche, ciascuno prodotto da una differente causa: i raggi gamma sono prodotti da reazioni nucleari, i raggi X sono prodotti dal bombardamento di metalli con elettroni di alta energia, le microonde sono prodotte da speciali tubi elettronici come il magnetron, le onde radio sono prodotte dal flusso di corrente alternata in conduttori elettrici e la radiazione termica è causata dalla temperatura dei corpi.

L'irraggiamento pertanto si occupa non dello studio di tutta la radiazione elettromagnetica ma solo dello studio della radiazione termica cioè dell'energia elettromagnetica emessa dai corpi a causa della loro temperatura.

Le radiazioni elettromagnetiche differiscono molto nel loro comportamento al variare della lunghezza d'onda. Esse coprono un esteso campo di lunghezze d'onda della radiazione elettromagnetica illustrato nella figura seguente.

La radiazione termica è caratterizzata da lunghezze d'onda che variano da circa 0,1 μm a 100 μm . Essa include quindi tutta la radiazione visibile, caratterizzata da lunghezze d'onda comprese tra 0,38 e 0,78 μm , e parte della radiazione infrarossa e ultravioletta.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

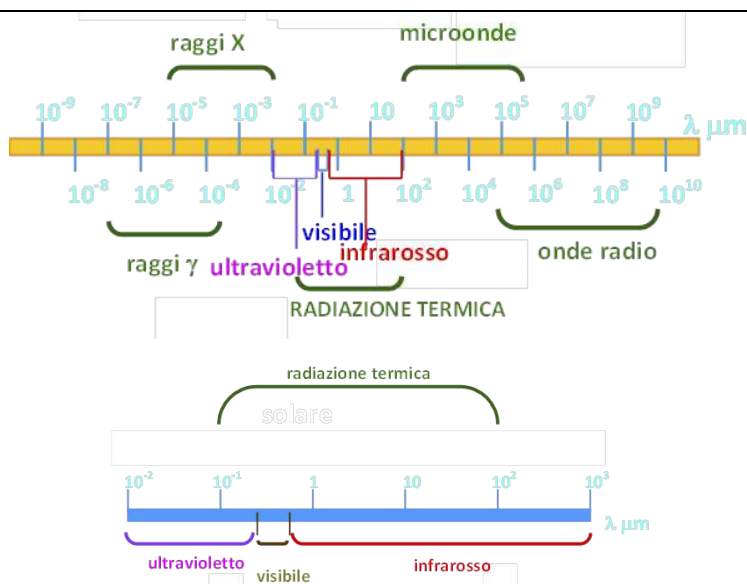


Fig.A4_2. Spettro di emissione della radiazione elettromagnetica

Per meglio comprendere il comportamento dei corpi rispetto allo scambio termico per radiazione, si è ricorsi all'elaborazione di un modello, ovvero alla definizione di un corpo ideale che viene denominato **corpo nero** e che possiede le seguenti proprietà:

- a) assorbe tutta la radiazione incidente a qualsiasi lunghezza d'onda;
- b) fissate temperatura e lunghezza d'onda, emette più energia di qualsiasi altro corpo;
- c) emette in modo uniforme in ogni direzione.

Pertanto: un corpo nero è un perfetto emettitore ed assorbitore di radiazione poiché emette la massima radiazione per ogni temperatura e lunghezza d'onda ed assorbe tutta la radiazione incidente su di esso indipendentemente da direzione e lunghezza d'onda.

Una cavità di forma irregolare dotata di un'apertura verso l'esterno di dimensioni medie molto piccole rispetto al diametro medio della cavità stessa costituisce una buona approssimazione del corpo nero. Tutta la radiazione incidente sull'apertura viene ripetutamente riflessa (ed assorbita) all'interno della cavità senza che nessuna frazione di essa riesca a fuoriuscire. Tra i corpi esistenti in natura, un manto di neve



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

soffice, per le lunghezze d'onda dell'infrarosso, è da considerarsi un assorbitore perfetto.

In riferimento al corpo nero è stata ricavata la seguente **legge fisica di PLANCK** che consente di determinare la distribuzione spettrale della radiazione emessa dal corpo nero, calcolando l'intensità di emissione monocromatica direzionale del corpo nero. Il grafico seguente rappresenta la funzione di Planck per un corpo nero a quattro temperature diverse, crescenti dalla curva in basso a 3000 K fino alla curva in alto a 6000 K. Il grafico dimostra lo spostamento del massimo di emissione verso lunghezze d'onda più corte all'aumentare della temperatura. All'aumentare della temperatura il massimo di emissione si sposta verso lunghezze d'onda minori e quindi energie maggiori. Questo spiega perché, ad esempio guardando le piastre elettriche dei nostri fornelli, al salire della temperatura, vediamo anche una emissione luminosa della piastra di colore rossastro, accompagnata alla radiazione termica.

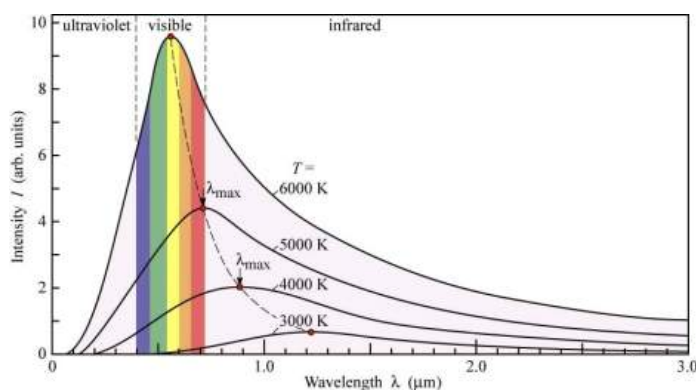


Fig.A4_2. Spettro di emissione di un corpo nero

La figura seguente invece riporta lo spettro di emissione solare in relazione a quello di una lampada di riferimento che emette soprattutto radiazione termica (nel campo dell'infrarosso lontano).



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it

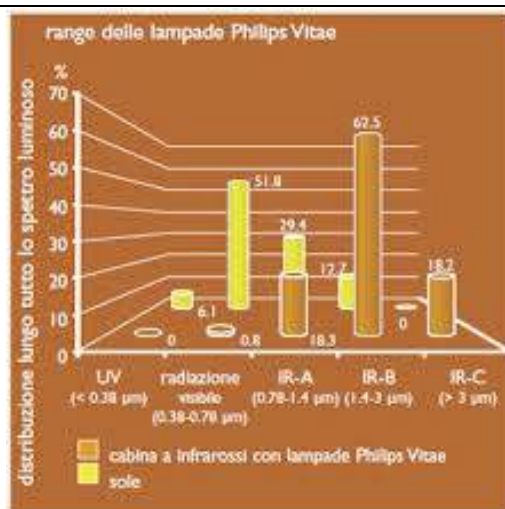


Fig.A4_3. Distribuzione dello spettro di emissione di lampade ad IR e del sole

Se ne deduce che al variare della temperatura del corpo varia anche il colore. La temperatura di colore è la temperatura cui corrisponde un ben determinato massimo di emissione. In pratica, più caldo è un oggetto, più corta è la lunghezza d'onda a cui emetterà radiazione. Per esempio, la temperatura superficiale del Sole è di 5778 K, il che dà un picco a circa 500 nm. Questa lunghezza d'onda è vicina al centro dello spettro visibile (compreso fra 380 e 780 nm). Una lampadina che ha un filamento luminoso con una temperatura leggermente più bassa, risulta in un'emissione di luce gialla, mentre un oggetto che si trovi al "calor rosso" è ancora più freddo. Vediamo alcuni esempi.

La radiazione termica è una radiazione elettromagnetica emessa dalla superficie di un oggetto che è dovuta alla temperatura degli oggetti. La radiazione infrarossa da un comune termosifone o stufa elettrica è un esempio di radiazione termica, come la luce emessa da una lampadina. La radiazione termica si genera quando il calore prodotto dal movimento di particelle cariche all'interno degli atomi è convertito in radiazione elettromagnetica.

La frequenza dell'onda emessa da una radiazione termica è una distribuzione probabilistica che dipende solo dalla temperatura, e nel caso del corpo nero è data dalla Legge di Planck per la radiazione. La legge di Wien dà la frequenza più probabile



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

della radiazione emessa e la legge di Stefan-Boltzmann dà l'intensità di calore. Matematicamente, la potenza totale irradiata cresce in modo direttamente proporzionale alla quarta potenza della temperatura assoluta, secondo la legge di Stefan-Boltzmann.

APPROFONDIMENTO 5: Legge di Stefan-Boltzmann

La radiazione termica è un concetto importante nella termodinamica essendo parzialmente responsabile dello scambio di calore tra gli oggetti, dato che i corpi più caldi irradiano più di quelli più freddi.

In pratica a temperatura ambiente, gli oggetti perdono una quantità considerevole di energia per la radiazione termica. Tuttavia, l'energia persa emettendo radiazione infrarossa è recuperata dall'ambiente circostante che assorbe calore. Per esempio, un uomo, di superficie pari a circa 1 m^2 , alla temperatura di 310 Kelvin, emette continuamente circa 500 Watt.

Per analizzare la potenza termica emessa per radiazione da un corpo a temperatura T , che non è assimilabile ad un corpo nero teorico, bisogna considerare il fattore di correzione di emissività ϵ . Questo fattore deve essere moltiplicato con la formula dello spettro di radiazione prima dell'integrazione. L'equazione risultante per l'energia uscente può essere scritta in un modo che contiene un fattore di correzione dipendente dalla temperatura che è spesso chiamato anch'esso emissività, come segue:

$$P = \epsilon(T) \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$

La radiazione elettromagnetica emessa da un corpo per irraggiamento varia sensibilmente al variare della temperatura del corpo, della lunghezza d'onda, del materiale costituente il corpo e del trattamento superficiale di quest'ultimo.

Ad esempio, a parità di lunghezza d'onda e di temperatura, una superficie di ferro ossidato emette grosso modo quanto una superficie intonacata a calce; se il ferro è



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



accuratamente lucidato, la radiazione emessa diventa meno della decima parte.

L'energia termica emessa da una superficie, così come tutte le grandezze che entrano in gioco nell'irraggiamento termico, dipende dalla lunghezza d'onda; per evidenziare questa dipendenza, tutte queste grandezze sono denotate con l'aggettivo monocromatico o spettrale e si usa, in genere, il pedice λ (che indica la lunghezza d'onda appunto).

La radiazione termica è anche quella che comunemente osserviamo come emessa dai radiatori, spesso anche descritta come radiazione infrarossa.

La radiazione infrarossa è una radiazione naturale che possiamo incontrare ogni giorno in tante occasioni: come il sole emettono radiazione infrarossa tutti i corpi caldi come il fuoco del camino, una stufa di maiolica o qualunque termosifone caldo.

La radiazione infrarossa rappresenta una parte dell'intero spettro della radiazione elettromagnetica del nostro sole. Il termine "infrarosso", cioè inferiore del rosso, indica che la sua frequenza si trova subito sotto quella del colore rosso della luce visibile. Come anticipato, viene spesso chiamato "radiazione termica" o "radiazione di calore". In pratica ogni corpo emette radiazione in questa banda, se la sua temperatura è superiore allo zero assoluto (che corrisponde ad una temperatura di 1 K (Kelvin) uguale a $-273,15^\circ\text{C}$).

Più alta la temperatura del corpo, più alta la sua emissione di calore e quindi della radiazione infrarossa, come vediamo all'interno dello spettro elettromagnetico riportato di seguito.

Da queste relazioni segue che:

- 1) fissata la lunghezza d'onda, la radiazione monocromatica emessa aumenta all'aumentare della temperatura; ciò accade anche per le grandezze totali: al crescere della temperatura del corpo nero aumenta notevolmente la radiazione emessa (la radiazione termica che investe un individuo posto di fronte alla fiamma di un camino è notevolmente maggiore di quella che investe lo stesso individuo posto di fronte ad un termosifone);
- 2) la radiazione monocromatica emessa dal corpo nero è una funzione continua

Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

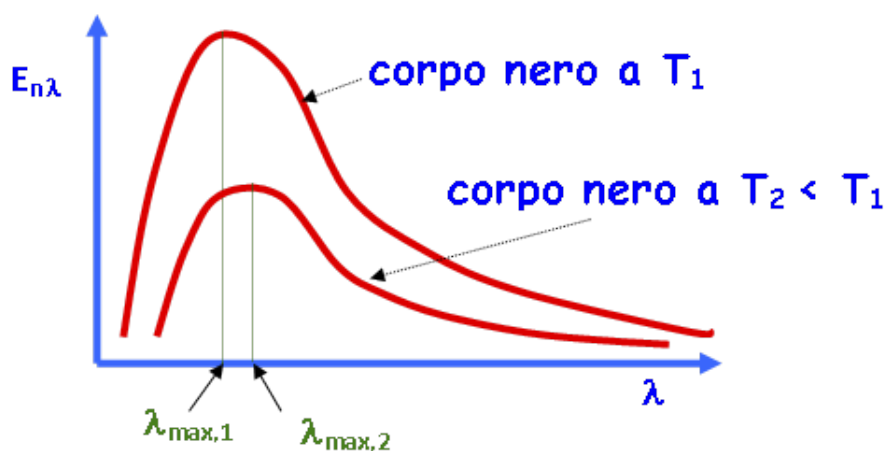
Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



della lunghezza d'onda e, ad una fissata temperatura, all'aumentare della lunghezza d'onda aumenta sino a raggiungere un valore massimo per poi decrescere;

- 3) all'aumentare della temperatura le curve si spostano verso sinistra per cui a temperature elevate una frazione sempre maggiore di radiazione termica è emessa a lunghezze d'onda più corte.



4)

La radiazione monocromatica emessa dal Sole, considerato come un corpo nero a circa 6000 K, raggiunge il suo valore massimo nella zona del visibile dello spettro della radiazione elettromagnetica ($\lambda_{\max} = 0,48 \mu\text{m}$) ed il 90% della radiazione è emessa a lunghezze d'onda inferiori a $1,5 \mu\text{m}$.

La resistenza di una stufa elettrica raggiunge una temperatura all'incirca di 1600°C pertanto il suo potere emissivo spettrale raggiunge il suo valore massimo per una lunghezza d'onda pari a $1,55 \mu\text{m}$ con una notevole percentuale della radiazione emessa nel campo del visibile, mentre superfici a temperature minori di 800 K emettono quasi interamente nella regione dell'infrarosso e perciò non sono visibili dall'occhio umano a meno che non riflettano radiazione elettromagnetica proveniente da altri corpi che, come il Sole o una lampada ad incandescenza, emettono sostanzialmente nello spettro del visibile. Questo spiega perché quando si spegne la luce in un locale la resistenza di una stufa elettrica continua a vedersi mentre gli altri oggetti non si



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





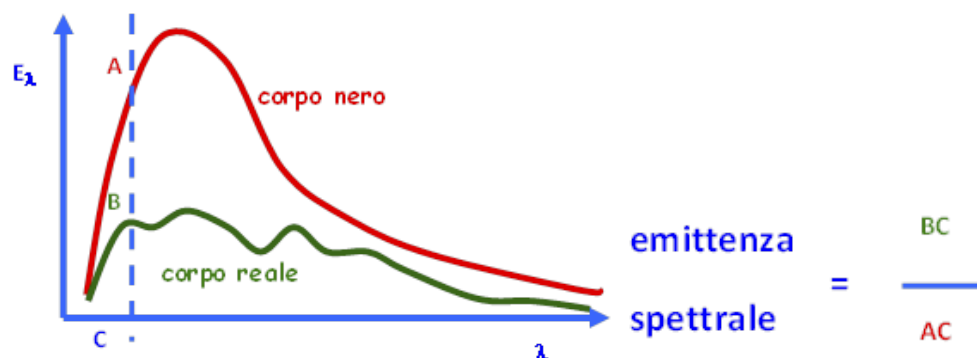
vedono.

La maggior parte delle superfici che si incontrano nelle applicazioni ingegneristiche non hanno comportamento da corpo nero e per caratterizzarle in problemi di irraggiamento termico si usano grandezze adimensionali come l'**emittenza** che confronta la capacità di una superficie reale di emettere a quella che avrebbe un corpo nero alla stessa temperatura superficiale del corpo reale.

L'**emittenza spettrale** ε_λ di una superficie reale è definita come il rapporto tra il potere emissivo spettrale del corpo reale e quello del corpo nero alla stessa temperatura.

$$\varepsilon_\lambda = \frac{E_\lambda(T)}{E_{n\lambda}(T)}$$

Questa grandezza è adimensionale ed è compresa nell'intervallo 0 - 1.



Accanto all'emittenza spettrale ε_λ è definita anche l'emittenza totale ε di una superficie. Quest'ultima è definita come il rapporto tra il potere emissivo totale del corpo reale e quello del corpo nero alla stessa temperatura.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{E_{\lambda}(T)}{E_{n\lambda}(T)}$$

La radiazione emessa da un corpo reale è valutabile quindi molto semplicemente come:

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

Tra l'emittenza spettrale ed il coefficiente di assorbimento spettrale di una superficie sussiste una importante relazione denominata legge di Kirchhoff:

per qualunque superficie l'emittenza spettrale è uguale al coefficiente di assorbimento spettrale.

In generale per una superficie reale il coefficiente di assorbimento totale e l'emittenza totale non sono uguali pur essendo uguali i valori delle corrispondenti grandezze monocromatiche.

Nei problemi di irraggiamento termico una approssimazione spesso accettabile è quella di ritenere trascurabile la variazione dell'emittenza con la lunghezza d'onda ($\varepsilon_{\lambda} = \text{costante}$); in questo caso si parla di **corpo grigio** e, com'è facile riconoscere, l'emittenza monocromatica ε_{λ} coincide con quella totale ε . Nella figura sottostante sono rappresentati qualitativamente gli andamenti del potere emissivo spettrale di un corpo nero, di un corpo grigio e di un corpo reale, *a parità di temperatura*.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



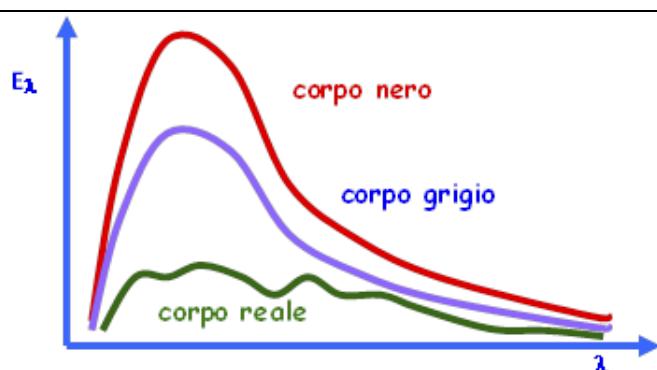
Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA



Per alcune superfici la dipendenza delle caratteristiche radiative dalla lunghezza d'onda non può essere trascurata; se però si suddivide l'intero campo di lunghezze d'onda in più intervalli, è possibile assegnare, in ciascuna banda, un valore costante all'emittenza ed ai coefficienti di assorbimento, di riflessione e di trasmissione. In questo caso si dice che la superficie è grigia a bande. Ad esempio, per una superficie vetrata si può ritenere che il coefficiente di trasmissione sia molto alto nel campo delle basse lunghezze d'onda mentre sia molto basso per elevate lunghezze d'onda (superficie praticamente trasparente alle basse lunghezze d'onda ed opaca alle alte lunghezze d'onda). Su questo comportamento selettivo del vetro è basato l'effetto serra: la radiazione solare incidente sulla superficie vetrata è in buona misura trasmessa, in quanto, come si è visto, essa ricade quasi completamente nel campo delle basse lunghezze d'onda. La radiazione incidente emessa da corpi a temperature non molto discoste da quella ambiente viene quasi completamente riflessa perchè ricade, per la maggior parte, nel campo delle elevate lunghezze d'onda.

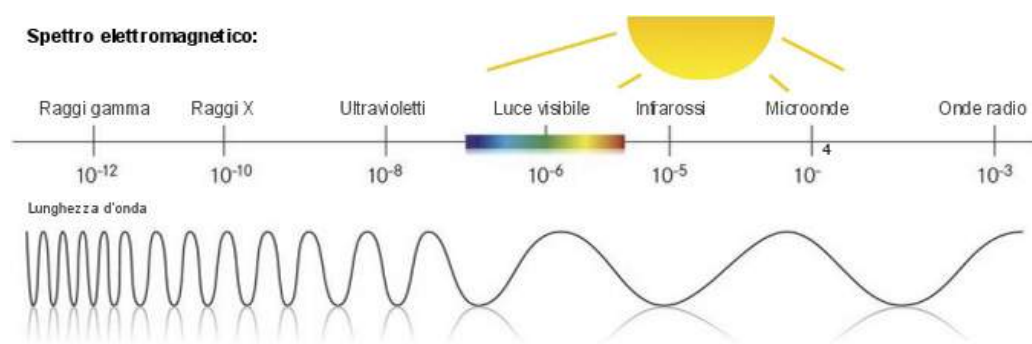


Fig.A4_4. Spettro elettromagnetico



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



APPROFONDIMENTO 6: DEFINIZIONI UTILI SULL'IRRAGGIAMENTO

La **radiazione infrarossa** (IR) è la radiazione elettromagnetica con una frequenza inferiore a quella della luce visibile, ma maggiore di quella delle onde radio. Il termine significa "sotto il rosso" (dal latino infra, "sotto"), perché il rosso è il colore visibile con la frequenza più bassa. La radiazione infrarossa ha una lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm. Viene spesso associata con i concetti di "calore" e "radiazione termica", poiché ogni oggetto con temperatura superiore allo zero assoluto (in pratica qualsiasi oggetto reale) emette radiazione in questa banda.

Si definisce **potere emissivo spettrale o monocromatico** e si indica con E_λ la radiazione termica emessa, in tutte le direzioni, per unità di area e per unità di tempo nell'intervallo di lunghezze d'onda λ e $\lambda+d\lambda$; si misura in $W/m^2\mu m$.

Il **potere emissivo totale**, E , è la radiazione termica emessa in tutte le direzioni, per unità di area e di tempo su tutto il campo di lunghezze d'onda; si misura quindi in W/m^2 .

Si definisce **irradiazione spettrale o monocromatica** e si indica con G_λ la radiazione termica incidente su di una superficie di area unitaria, per unità di tempo nell'intervallo di lunghezze d'onda.

L' **irradiazione totale**, G , è la radiazione termica incidente su di una superficie, per unità di area e di tempo su tutto il campo di lunghezze d'onda; si misura quindi in W/m^2 .

Si definisce **radiosità spettrale o monocromatica** e si indica con J_λ tutta la radiazione termica che lascia una superficie, per unità di area, per unità di tempo e nell'intervallo di lunghezze d'onda.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

3. Schema di funzionamento di un isolante tradizionale



Fig.2 Confronto in regime invernale tra un edificio convenzionale che disperde il calore prodotto internamente attraverso l'involucro e un edificio con pareti interne riflettenti nell'infrarosso che trattiene tale calore all'interno dell'edificio

Focalizzandoci sulla radiazione, in condizioni invernali l'obiettivo è quello di ridurre le dispersioni verso l'esterno del calore radiante prodotto all'interno degli edifici (radiazione nel lontano infrarosso). Ciò è possibile incrementando ed omogeneizzando la temperatura superficiale delle pareti interne, aumentando così la temperatura media radiante e minimizzando i ponti termici. L'effetto poi della rasatura isolante consente di minimizzare le extra-dispersioni verso l'ambiente esterno. Inoltre, la conformazione fisica della stessa consente di mantenere asciutta la parete, con conseguenti importanti benefici di minimizzazione della trasmittanza in opera. Focalizzandoci sul trasporto di massa, e quindi di energia (calore) ad esso associato, in condizioni invernali una pittura oppure uno strato isolante sottile che sia in grado di veicolare il contenuto d'acqua esportandolo dalla parete (mediante sfere cave ecc.) riesce a mantenere la stratigrafia più "secca" e quindi più isolante per sua natura.

La combinazione di questi due fenomeni consente di limitare le perdite di calore in maniera significativa in condizioni invernali, con penalizzazioni trascurabili in regime estivo, per i motivi suddetti.

4. Definizione di Comfort termico, Temperatura operativa, Temperatura media radiante

Si definiscono Condizioni di Comfort o Benessere Termo-igrometrico condizioni per cui i parametri ambientali, agendo sugli scambi sensibili e latenti del corpo umano, annullano le sensazioni di caldo o freddo percepite dall'occupante. Le condizioni di comfort ottimali si hanno quando il corpo riesce a smaltire il proprio



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

calore metabolico secondo corrette proporzioni tra i quattro modi di scambio termico uniformemente su tutto il corpo. Le proporzioni fra i quattro modi di scambio nel caso estivo sono ottimali quando la temperatura delle superfici, dell'aria e l'umidità relativa dell'ambiente consentono al corpo di smaltire tutto il proprio calore metabolico secondo queste percentuali.

Dal punto di vista oggettivo, il comfort termico si definisce come quella situazione in cui il bilancio di energia termica è soddisfatto in assenza di attivazione dei meccanismi di termoregolazione.

Dal punto di vista soggettivo, si parla di comfort termico quando la persona non sente né caldo, né freddo e si dichiara soddisfatta nei confronti dell'ambiente termico.

Secondo la norma UNI EN ISO 7730, il comfort termico viene valutato mediante un indice di comfort globale (*PMV-Predicted Mean Vote*) e quattro indici di *discomfort* locale, legati al rischio di corrente d'aria, alla differenza verticale di temperatura, alla temperatura del pavimento e all'asimmetria radiante.

L'indice PMV rappresenta una sintesi dei due approcci al problema del comfort termico, in quanto è basato sull'equazione di bilancio di energia sul corpo umano, espressa in riferimento all'unità di tempo, nell'ipotesi in cui l'energia termica in uscita dal corpo S sia descritta dalla seguente relazione:

$$M - W - (E + E_{\text{res}} + C_{\text{res}} + C + R + K) = S \quad (1)$$

con:

- M = metabolismo energetico, W
- W = potenza meccanica, W
- E = potenza termica ceduta per evaporazione dalla pelle, W
- E_{res} = potenza termica ceduta nella respirazione come "calore latente", W
- C_{res} = potenza termica ceduta nella respirazione come "calore sensibile", W
- C = potenza termica ceduta per convezione, W
- R = potenza termica ceduta per irraggiamento, W
- K = potenza termica ceduta per conduzione, W
- S = variazione di energia interna del corpo umano nell'unità di tempo, W



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Con riferimento al benessere termo-igrometrico, le variabili soggettive sono relative all'attività che l'individuo svolge all'interno dell'ambiente e al tipo di vestiario. Le variabili ambientali in grado di influenzare il benessere termo-igrometrico dipendono invece dalle condizioni climatiche esterne ed interne all'edificio e sono le seguenti:

- Temperatura dell'aria [°C];
- Umidità relativa dell'aria interna [%]: indica il rapporto tra la quantità di vapore contenuto da una massa d'aria e la quantità massima che ne può contenere quella massa d'aria nelle stesse condizioni di temperatura e pressione.
- Temperatura media radiante [°C]; si calcola come media delle temperature delle pareti interne all'ambiente, compresi soffitto e pavimento.
- Velocità dell'aria [m/s].

Al fine di definire un regime di comfort degli utenti all'interno dell'ambiente si fa riferimento alla temperatura operativa T_o , la temperatura uniforme dell'aria e delle pareti di un ipotetico ambiente con il quale il corpo umano scambia la medesima potenza termica per radiazione e convezione di quella scambiata con l'ambiente reale.

- Condizioni invernali: $20^{\circ}\text{C} \leq T_o \leq 24^{\circ}\text{C}$
- Condizioni estive: $23^{\circ}\text{C} \leq T_o \leq 26^{\circ}\text{C}$

La temperatura operativa si calcola come media delle temperature dell'aria (T_a) e media radiante (T_{mr}), ponderate dai rispettivi coefficienti di scambio termico:

$$t_o = (t_a + t_{mr})/2$$

5. Modalità di funzionamento di un isolante super-sottile del tipo "scudo termico" CVR

Problemi legati alla formazione di condensa ed alla conseguente comparsa di macchie di umidità e di muffe sulle pareti degli ambienti abitati sono una tra le patologie più diffuse nell'ambito delle costruzioni. Tali fenomeni generano un importante e dannoso livello di discomfort abitativo interno e un aumento significativo dei consumi energetici per il riscaldamento durante la stagione invernale.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Rispetto alle finiture da interni tradizionali, la rasatura Nanocap CVR risulta caratterizzata da un'elevata riflettanza nel campo dell'infrarosso e da un'importante capacità di deumidificare le pareti opache in cui viene applicata, con conseguente importante diminuzione della trasmittanza termica in opera dell'involucro edilizio. Ciò comporta non solamente il raggiungimento di una maggiore efficienza energetica globale dell'edificio mediante la riduzione della dispersione del calore verso l'esterno, ma anche un notevole miglioramento del comfort abitativo in condizioni invernali. In particolare, l'applicazione di Nanocap CVR consente l'asciugatura della parete tradizionale in laterizio mediante adsorbimento dell'acqua contenuta nella parete stessa, con conseguente diminuzione della trasmittanza in opera. Di conseguenza si ha un aumento della temperatura superficiale della parete in seguito alla diminuzione dell'umidità della parete, eliminando oltre al rischio di discomfort termico anche problemi comuni e diffusi quali la formazione di muffe e macchie sulla parete.

L'applicazione del rasante **Nanocap** CVR consente quindi un aumento ed un'omogeneizzazione della temperatura superficiale delle pareti, con un conseguente aumento della temperatura operativa interna che comporta il miglioramento del comfort abitativo interno e la riduzione dei consumi per il riscaldamento in regime invernale. L'omogeneizzazione della temperatura superficiale interna delle pareti dell'edificio consente infatti una riduzione dei moti convettivi e pertanto dell'extra-dispersione del calore ad essi associata.

Il **Nanocap** CVR si configura pertanto come un materiale sottile da rivestimento interno di pareti opache in grado di garantire (i) un miglioramento del comfort, (ii) una riduzione degli consumi in regime invernale grazie alle proprietà di riflessione nel campo dell'infrarosso, (iii) un aumento del potere deumidificante della parete opaca traspirante.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

SEZIONE B: ANALISI CRITICO-SPERIMENTALE DELLE PRESTAZIONI DEL

NANOCAP CVR

6. Analisi termografiche

La termografia è una tecnica di analisi non distruttiva basata sull'acquisizione di immagini nell'infrarosso.

Tale tecnica è molto diffusa in ambito edile e consente di eseguire:

- diagnosi energetica degli edifici
- verifica dello stato di conservazione degli immobili
- ricerca di guasti impiantistici

In particolare, attraverso le indagini termografiche si è in grado di determinare la temperatura di una superficie attraverso la misura della radiazione infrarossa emanata, con una sensibilità che può arrivare sino a pochi centesimi di grado.

Pertanto, la termografia risulta utile anche per diagnosticare problematiche tipo:

- dispersioni termiche e individuazione dei ponti termici
- infiltrazioni d'acqua
- perdite o infiltrazioni di aria
- umidità di risalita
- perdite negli impianti tradizionali e riscaldamento a pavimento
- imperfezioni nel cappotto termico o nell'isolamento

Al fine di confrontare le caratteristiche in termini di temperatura superficiale in opera del Nanocap CVR con quelle di altri prodotti tradizionali, sono state eseguite delle analisi termografiche di pannelli 30x30 cm applicati sulla parete di un edificio prototipo del tipo test-room mediante termocamera. La radiazione registrata dalla termocamera è composta da raggi a onda lunga emessi, riflessi e trasmessi, provenienti dagli oggetti all'interno del campo visivo dell'obiettivo della termocamera. Le immagini ottenute mediante termocamera sono riportate di seguito:



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

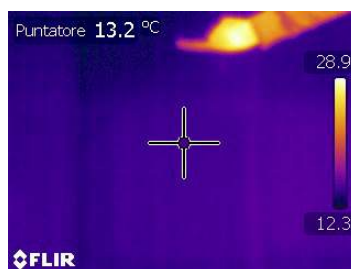


Fig.3 Immagine termografica del campione con finitura tradizionale con solo fondo omogeneizzante dopo 1 ora dall'installazione



Fig.4 Immagine termografica del campione con Nanocap Fondo rivestito con Nanocap Rasatura dopo 1 ora dall'installazione

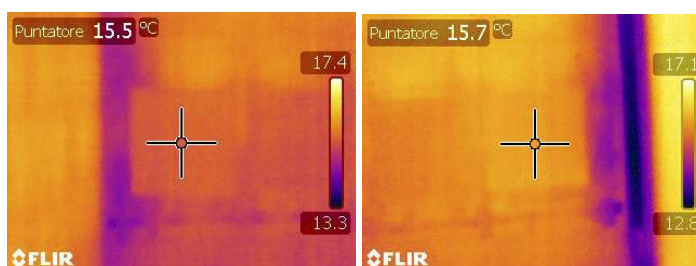


Fig.5 Immagini termografiche dei diversi campioni da sinistra verso destra: (i) campione con finitura tradizionale con solo fondo omogeneizzante e (ii) campione con Nanocap Fondo rivestito con Nanocap Rasatura, esposti al calore del radiatore

I risultati delle analisi termografica dimostrano pertanto che il **Nanocap** CVR presenta la temperatura superficiale più elevata rispetto a tutti gli altri campioni valutati, sia in condizioni di equilibrio termico dopo 1 ora dall'installazione che quando sottoposto ad una fonte di calore radiante tradizionale (radiatore ad uso domestico). Ciò conferma la capacità del **Nanocap** CVR di contribuire al miglioramento del comfort abitativo interno mediante aumento della temperatura media radiante e quindi della temperatura operativa interna con conseguente riduzione dei consumi per il riscaldamento invernale.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

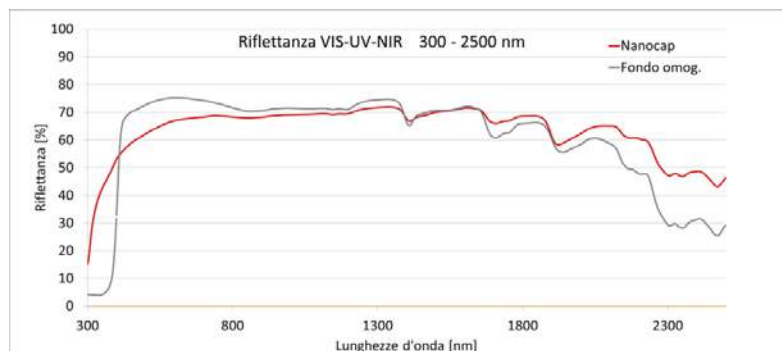
E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

7. Presentazione dati di laboratorio

Seguono i dati derivanti dalla caratterizzazione in laboratorio delle proprietà di riflettanza solare ed emissività termica del Nanocap, ottenuti mediante spettrofotometro con sfera integratrice ed emissometro portatile.



Riflettanza solare (ASTM E903)	65%
Emissività termica (ASTM G1371)	90%

Fig.6 Profilo di riflettanza del fondo omogeneizzante in confronto a quella del Nanocap rasatura

Risulta importante notare come la riflettanza del Nanocap all'inizio della zona infrarossa vicina della radiazione (radiazione termica, non visibile) risulti più alta di quella del fondo tradizionale di circa il 20%. L'emissività termica risulta allo stesso modo elevata, come tutti i materiali da costruzione tradizionali, privi di contenuto metallico.

8. Sperimentazione su test-room

Il monitoraggio in continuo delle condizioni interne ed esterne di un edificio prototipo (test-room) a seguito dell'applicazione del Nanocap CVR su tutte le pareti dell'edificio ha consentito un'analisi in opera delle prestazioni della soluzione in termini di consumi, temperatura dell'aria indoor e temperature superficiali interne, ed anche analisi igrometriche interne all'ambiente.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciraf@unipg.it
Web: www.ciraf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

Di seguito sono riportati i confronti tra le condizioni iniziali, in assenza di Nanocap e successive all'applicazione del Nanocap. In figura 6 sono riportati i consumi energetici della test-room in funzione della temperatura dell'aria esterna in assenza e presenza del Nanocap per mantenere la temperatura dell'aria costante e pari a circa 23,5 °C. Mediamente i consumi si aggirano intorno ai 0,03 KWh sia prima che dopo l'applicazione del Nanocap, ma in corrispondenza di valori ridotti di temperatura dell'aria esterna si registrano consumi energetici maggiori in assenza di Nanocap di circa il 10% con temperature esterne di circa 6°C.

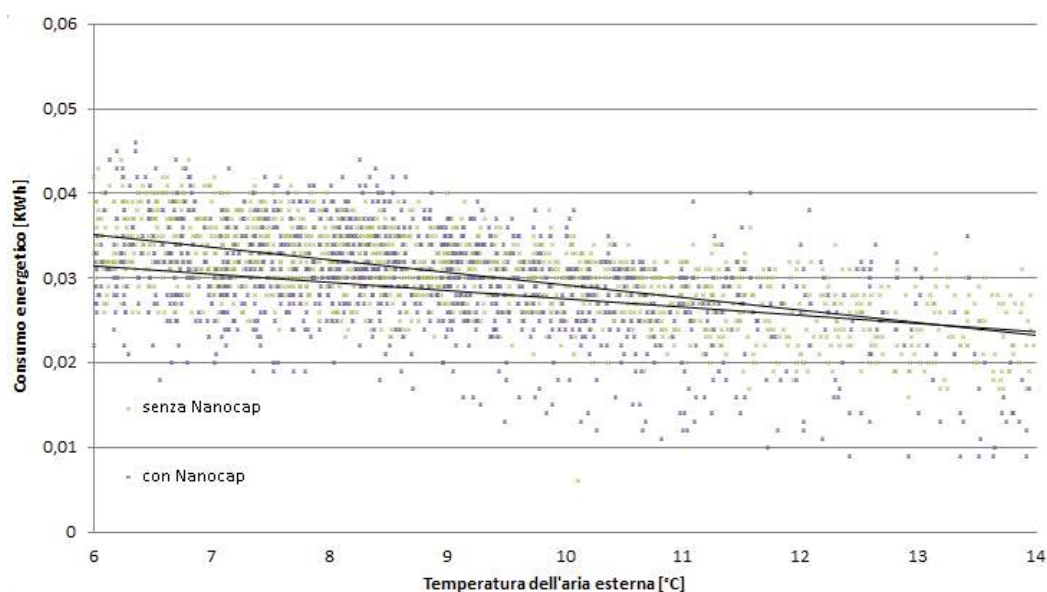


Fig.7 Consumi energetici della test-room con e senza applicazione del Nanocap.

Si riportano di seguito i grafici relativi all'andamento della temperatura superficiale interna di copertura, parete nord e sud della test-room prima e dopo l'applicazione del Nanocap CVR.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

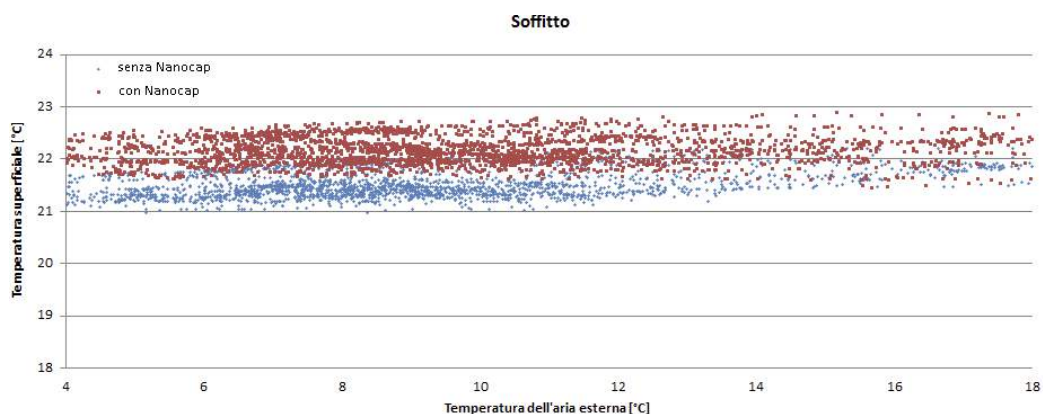


Fig.8 Andamento della temperatura superficiale interna della copertura prima e dopo l'applicazione del Nanocap CVR.

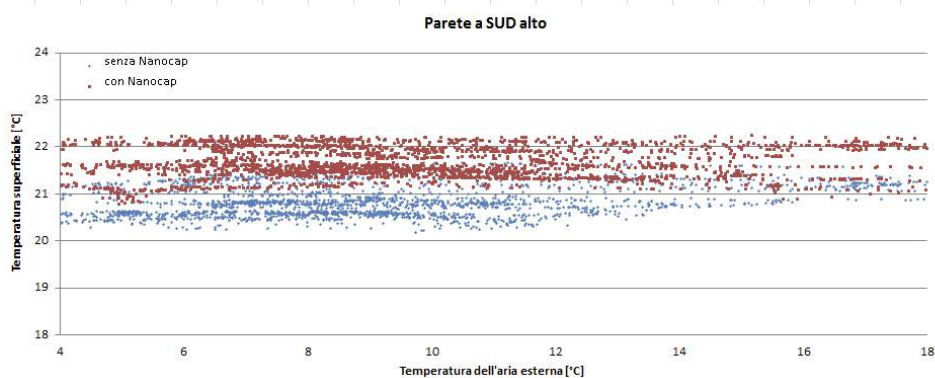


Fig.9 Andamento della temperatura superficiale interna della parete esposta a sud (sensore in alto) prima e dopo l'applicazione del Nanocap CVR.

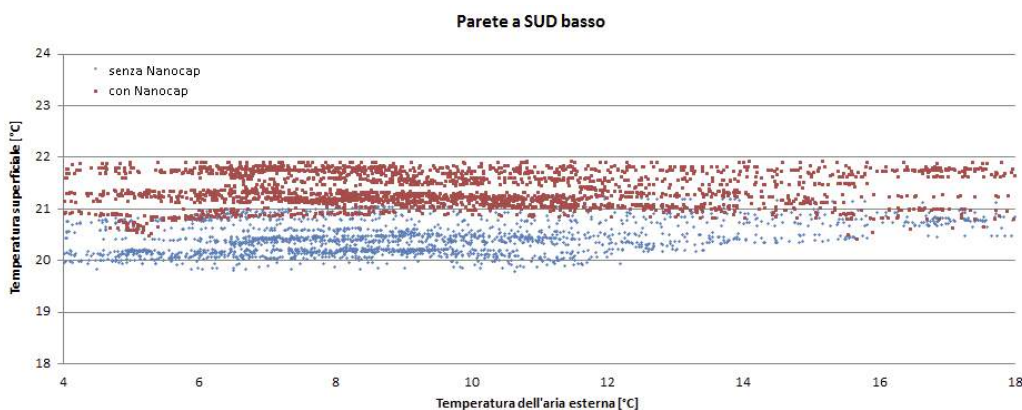


Fig.10 Andamento della temperatura superficiale interna della parete esposta a sud (sensore in basso) prima e dopo l'applicazione del Nanocap CVR.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriac@unipg.it
Web: www.ciriac.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

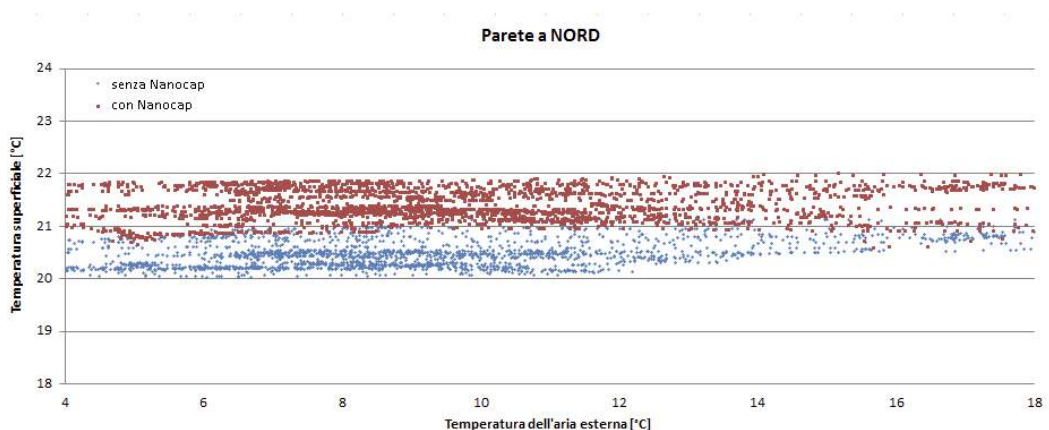


Fig.11 Andamento della temperatura superficiale interna della parete esposta a nord prima e dopo l'applicazione del Nanocap CVR.

I grafici mostrano come, prima dell'applicazione del Nanocap, la temperatura superficiale delle pareti (soffitto, nord, sud alto e sud basso) risultava più bassa rispetto a quella misurata a seguito dell'applicazione del prodotto di circa 1°C o più, in tutte le superfici interne. Ciò conferma la capacità del Nanocap di garantire un miglioramento del comportamento termico delle pareti interne in termini di temperatura superficiale, con conseguente miglioramento del livello di comfort interno nonché riduzione dei consumi per la climatizzazione in regime invernale.

Importanti analisi e considerazioni sul campo sono state effettuate anche per valutare la capacità del Nanocap rasente di deumidificare la parete e l'ambiente interno. Tale fenomeno, come anticipato nelle sezioni precedenti, produce i fondamentali benefici di:

(i) miglioramento delle condizioni di benessere termoigrometrico interno da parte degli occupanti, data anche la ridotta permeabilità di involucri molto isolati,

(ii) riduzione dell'umidità nelle pareti opache in cui viene occupato, con conseguente importante miglioramento delle capacità di isolamento delle stesse pareti che, più asciutte, presentano una trasmittanza termica minore, a parità di tutte le altre condizioni (stessa stratigrafia di involucro, stessi materiali e spessori, etc.)

Tale fenomeno è stato osservato sperimentalmente in condizioni invernali, ad impianti di riscaldamento accesi, all'interno della test-room oggetto di monitoraggio. Il grafico seguente ne riporta i risultati fondamentali.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

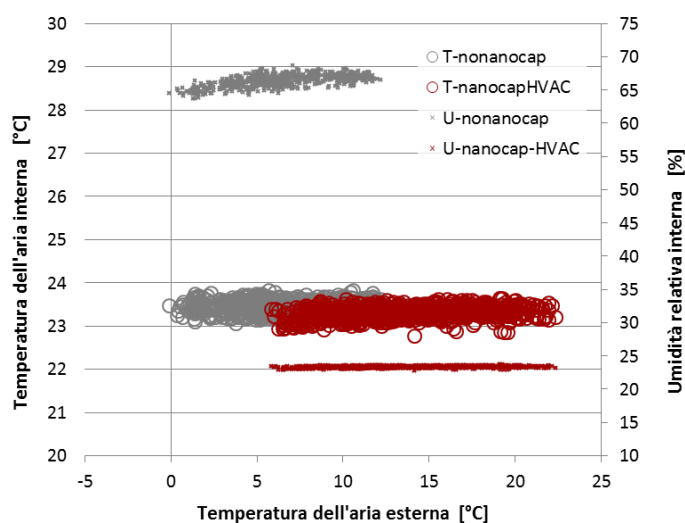


Fig. 12. Andamento della temperatura dell'aria interna e dell'umidità relativa interna in funzione della temperatura esterna di riferimento, prima e dopo l'applicazione del Nanocap rasante (indicatori rossi).

Dal grafico si nota infatti come, in condizioni di riscaldamento acceso, la temperatura dell'aria sia sostanzialmente la stessa prima e dopo l'applicazione, dato il set-point costante termico. Importanti differenze si notano invece in termini di umidità relativa interna, che passa da circa 65-70% della situazione prima del Nanocap, a circa il 25% dopo l'applicazione del Nanocap. L'ambiente quindi ne risulta, così come le pareti, come precedentemente osservato, più asciutto. Viene quindi minimizzato il rischio di condensazione superficiale ed interstiziale e l'insorgere di muffe.

L'effetto del Nanocap, traendo le principali conclusioni da quanto sperimentalmente osservato nell'edificio reale monitorato, consiste in:

- **diminuzione dei ponti termici ed omogeneizzazione della temperatura superficiale interna**
- **aumento della temperatura superficiale interna, con conseguente aumento della temperatura radiante e diminuzione del fabbisogno di riscaldamento**
- **minimizzazione del rischio di condensazione interna e dell'insorgere di muffe**
- **deumidificazione delle pareti perimetrali opache con conseguente diminuzione della trasmittanza termica in opera dell'involucro dell'edificio.**



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

9. Simulazione dinamica, quantificazione del risparmio energetico e calcolo

della U equivalente o ΔR

La simulazione in regime dinamico della *performance* energetica invernale di un edificio prototipo di riferimento ha consentito un'analisi comparativa dell'effetto di soluzioni a ridotto spessore come quella proposta da CVR, caratterizzata da elevata capacità di isolamento ed omogeneità termica all'interno dell'involucro, rispetto a soluzioni più tradizionali come quella del cappotto isolante esterno.

L'obiettivo è quindi stato quello di comparare il beneficio prodotto da nanocap ed osservato sperimentalmente su un edificio reale, rispetto ai valori numerici ottenuti a parità di altre condizioni, aumentando lo spessore di isolamento esterno con un cappotto tradizionale di riferimento. In pratica, l'effetto del nanocap viene comparato a quello di tradizionali spessori di isolamento a cappotto, per quantificare quanto una soluzione così sottile sia in grado di ridurre la dispersione termica in termini di resistenza termica equivalente, calcolata come equiparazione rispetto ad un isolante termico tradizionale sottoforma di cappotto esterno.

In particolare, sono stati valutati diversi scenari, ottenuti facendo variare lo spessore dell'isolamento tradizionale a cappotto (3, 5, 7, 10 cm) a partire dalla configurazione di base costituita da muratura tradizionale piena (30 cm) non isolata. Questi scenari sono stati analizzati in tre contesti climatici italiani differenti (Roma, Palermo, Milano) appunto per valutare l'effetto del nanocap in ogni condizione al contorno significativa e realistica del territorio.

Tali scenari sono quindi stati messi a confronto con un ultimo scenario caratterizzato sperimentalmente mediante monitoraggio in continuo degli edifici prototipo a scala reale situati presso il CIRIAF. Questo scenario reale consiste nella stratigrafia da muratura tradizionale piena con cappotto esterno da 10 cm e con rasante isolante interno ("Nanocap") da 2 mm prodotto ed ottimizzato da CVR.

Tale scenario, monitorato effettivamente nel corso dell'inverno 2014, rappresenta la base da cui verificare comparativamente l'effetto dei sistemi di



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

isolamento esterno a cappotto di diverso spessore, in termini di risparmio energetico in kWh della test-room di riferimento.

I risultati sono riportati nelle Figure 13-14-15 che rappresentano il risparmio energetico conseguibile nella stagione invernale (Dicembre, Gennaio, Febbraio) mediante applicazione del rasante “Nanocap” CVR sul lato interno della parete opaca, nelle tre diverse ubicazioni.

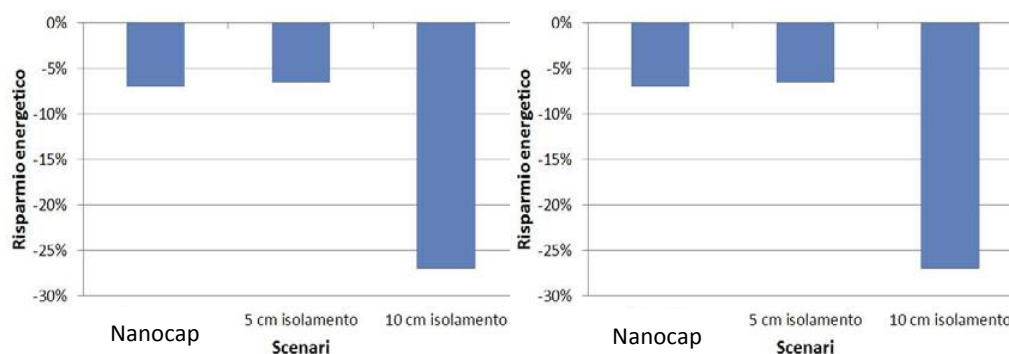


Fig. 13(a, b). Andamento dei consumi energetici per il riscaldamento invernale nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Roma.

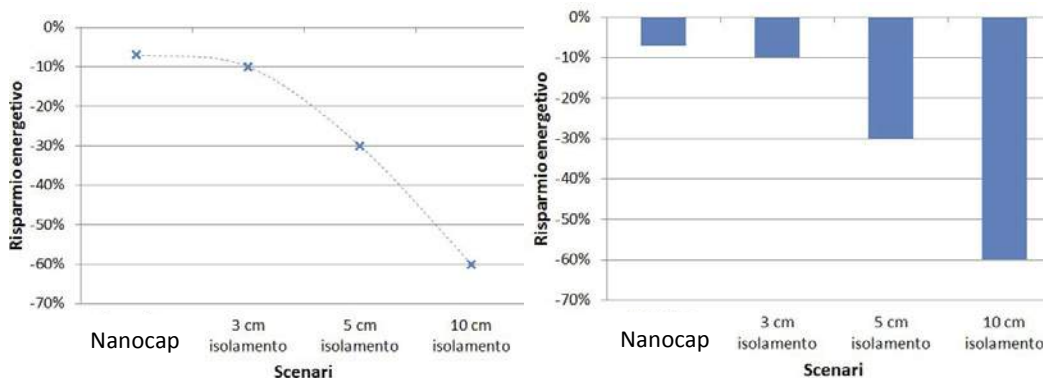


Fig. 14(a, b). Andamento dei consumi energetici per il riscaldamento invernale nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Palermo.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull’Inquinamento
e sull’Ambiente “Mauro Felli”



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PERUGIA

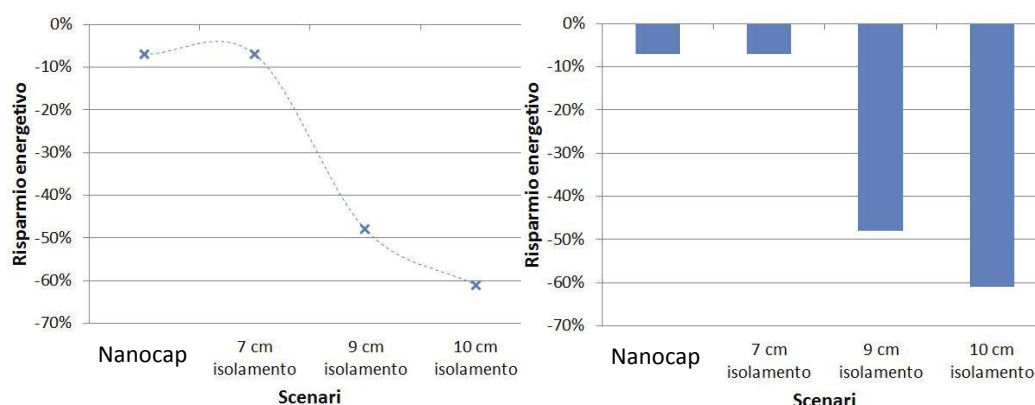


Fig. 15(a, b). Andamento dei consumi energetici per il riscaldamento invernale nei diversi scenari di copertura simulati nel contesto climatico di Milano.

Lo spessore di isolamento tale da garantire una prestazione dell'involucro edilizio equivalente a quella prodotta dall'applicazione del Nanocap di CVR varia a seconda dell'ubicazione/condizione al contorno climatica considerata.

In particolare, nel caso di Roma, 5 cm di isolante corrispondono al risparmio energetico conseguibile mediante applicazione di Nanocap sulle pareti interne dell'edificio, pari a circa 7%.

Nel caso di Palermo, è necessario inserire 3 cm di isolamento a cappotto per raggiungere la performance invernale dell'edificio garantita dall'applicazione del Nanocap, pari ad un risparmio energetico di circa 8%.

Nel contesto climatico di Milano, invece, è necessario uno spessore di 7 cm di isolamento al fine di garantire un risparmio energetico invernale pari a quello garantito dall'applicazione del Nanocap prodotto da CVR, cioè dell'8%.

Traducendo tutto in termini di resistenza termica equivalente, è possibile affermare che:

- nel caso del contesto climatico di Roma, il Nanocap (0,2 cm spessore) è in grado di produrre una extra resistenza termica equiparabile a quella offerta da un cappotto tradizionale di 5 cm di spessore, cioè pari a $1,22 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- nel caso di Palermo, il Nanocap (0,2 cm spessore) è in grado di produrre una extra resistenza termica equiparabile a quella offerta da un cappotto tradizionale di 3 cm di spessore, cioè pari a $0,72 \text{ m}^2\text{K/W}$.



Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento
e sull'Ambiente "Mauro Felli"



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it



- Si può quindi dedurre che l'applicazione del Nanocap, rispetto ad un classico isolamento a cappotto, è in grado di apportare una extra-resistenza termica pari a 0,72, 1,22, 1,72 m²K/W rispettivamente a Palermo, Roma e Milano.

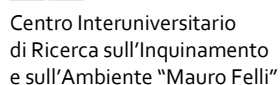
Si conclude quindi che in contesti climatici più rigidi come quello di Milano, l'effetto del Nanocap è ancora più efficace rispetto ai casi situati in zone climatiche miti. In sostanza, Nanocap è una soluzione tanto più efficiente quanto più il contesto climatico lo richiede.

Prof. Ing Franco Cotana

John C. L.

Ing. Anna Laura Pisello

Lucy Anne Davis



Polo Ingegneria
Via G. Duranti, 63
06125 Perugia - Italia

Tel.: +39 075 585 3717
Fax: +39 075 585 3697

E-mail: centro.ciriaf@unipg.it
Web: www.ciriaf.it

PITTURA SUN REFLEX®

PITTURA SUN REFLEX è una pittura extra bianca per esterni ad alta riflettanza solare ed elevata emissività termica, appositamente studiata per riflettere la radiazione solare e quindi ridurre sensibilmente il carico termico sull'involucro edilizio durante la stagione estiva. La radiazione solare incidente sull'esterno dell'edificio genera un aumento della temperatura superficiale delle pareti. Tale calore si accumula progressivamente nel pacchetto murario, viene in parte smorzato dall'isolante ove presente e poi viene trasmesso verso gli ambienti interni con una velocità variabile in relazione allo spessore, alla resistenza termica ed alla capacità termica del pacchetto murario. Tale calore produce un sensibile aumento della temperatura interna e tale fenomeno interessa in particolare i locali a diretto contatto con l'involucro esterno dell'edificio. Il calore accumulato all'interno degli ambienti viene inoltre smaltito molto lentamente a causa della frequente presenza dell'isolante tradizionale che impedisce al caldo di fuoriuscire. Tutto ciò comporta la necessità di raffrescare attivamente l'edificio mediante idonei impianti di climatizzazione sostenendo elevati costi energetici. PITTURA SUN REFLEX attraverso la spiccata capacità riflettente abbate l'assorbimento della radiazione solare incidente sull'involucro esterno ed, attraverso un elevato valore di emissività, restituisce all'ambiente esterno la maggior parte dell'energia assorbita raffrescando passivamente gli ambienti interni. Si riesce in tal modo a raggiungere un netto miglioramento delle condizioni di comfort dell'ambiente interno nonché un sensibile risparmio di energia spesa per il raffrescamento durante la stagione estiva.

Benefici:

- riduzione della temperatura operativa $T_o = (T_a + T_{mr})/2$ o viceversa abbattimento dei consumi energetici grazie all'innalzamento della temperatura dell'aria (valore impostato sul climatizzatore) a pari T_o
- omogeneizzazione delle temperature nei differenti punti della stanza con conseguente riduzione dei moti convettivi, presenti invece in caso di gradienti termici più elevati
- attenuazione del fenomeno dell'isola di calore tipico delle aree urbane e caratterizzato da un micro clima più caldo rispetto a quello delle zone rurali
- minori sollecitazioni meccaniche sulle facciate e quindi minore degrado fisico chimico dei materiali correlato ad escursioni termiche giorno - notte o da repentine variazioni di temperatura a seguito di mutate condizioni meteorologiche (temporali estivi)
- migliore rendimento degli impianti di climatizzazione installati in facciata che, prelevando aria ad una temperatura più bassa, necessitano di minore energia
- trascurabile penalizzazione invernale rispetto al beneficio estivo in quanto in inverno l'intensità e la durata della radiazione solare risultano sensibilmente ridotte rispetto al caso estivo

Tutti questi aspetti concorrono ad un sensibile miglioramento delle condizioni di benessere termo-igrometrico interno percepito dagli occupanti dell'involucro edilizio.

Pittura acrilica universale per esterni ad elevato potere coprente, ottima idrorepellenza, eccellente capacità di adesione, formulata con speciali resine e cariche che rendono il rivestimento estremamente resistente all'invecchiamento, all'aggressione degli inquinanti e degli agenti atmosferici.



CONFEZIONI vasi in plastica da 14 lt.

CONSERVAZIONE 12 mesi dalla data di produzione nelle confezioni integre stoccate in luogo coperto ed asciutto

DESCRIZIONE

Aspetto	pasta di colore bianco
Impiego	pittura per esterni riflettente la radiazione solare
Supporti compatibili	intonaci di sottofondo a base calce, cemento e calce e cemento elementi in calcestruzzo, pannelli prefabbricati, laterizio guaine bituminose, coperture in lamiera, lastre ondulate in fibro cemento rasature acriliche o silossaniche pitture acriliche, ai silicati, calce o silossaniche
Preparazione superfici lisce o tinteggiate	NANOCAP FONDO
Consolidamento supporti	ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE
Primer per intonaci e rasature consistenti	ISOEDIL-A
Miscelazione impasto	trapano miscelatore
Applicazione	airless, rullo o pennello in due o più mani
Diluizione 1° mano	10 - 15% di acqua
Diluizione 2° mano	5 - 10% di acqua
Tempo di attesa tra la 1° e la 2° mano	4 - 12 ore
Condizioni di posa	da +5°C a +35°C
Stagionatura intonaco di sottofondo	28 giorni
Posa rasature	3 - 7 giorni prima della posa del pittura
Posa NANOCAP FONDO	12 - 24 ore prima della posa del pittura
Posa ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE	8 - 24 ore prima della posa del pittura
Posa ISOEDIL- A	4 - 24 ore prima della posa del pittura
Resa (vaso da 14 lt.)	40 - 50 m ² /vaso in due mani

DATI TECNICI

Massa volumica della pasta	1100 gr/dm³	
VOC	39 gr/lt	
Emissività (ASTM E903)	90%	
Riflettanza solare (ASTM E903)	82%	
Solar Reflectance index SRI (ASTM E1980)	105%	
Extra Resistenza Termica *	contesto climatico di Milano	Δ = - 65%
	contesto climatico di Roma	Δ = - 45%
	contesto climatico di Palermo	Δ = - 40%

Riduzione del fabbisogno energetico di raffrescamento apportato dalla pittura esterna PITTURA SUN REFLEX rispetto ad una normale pittura con riflettanza pari al 40%. Dati ottenuti mediante simulazione calibrata e validata sperimentalmente in regime dinamico della prestazione energetica estiva (giugno-luglio-agosto) eseguita su parete tradizionale piena avente spessore 30 cm in assenza di isolamento termico.

VOCE DI CAPITOLATO

La tinteggiatura di facciate, la verniciatura di coperture piane o inclinate ove risultino presenti guaine bituminose, lamiera, lastre ondulate in fibro cemento, il trattamento di superfici in calcestruzzo, sarà eseguito mediante posa di specifica pittura acrilica extra bianca per esterni ad alta riflettanza ed elevata emissività appositamente studiata per riflettere la radiazione solare e quindi ridurre sensibilmente il carico termico sull'involucro edilizio durante la stagione estiva tipo il PITTURA SUN REFLEX della Società CVR. Il sottofondo dovrà risultare pulito, asciutto, stagionato e compatto. Superfici lisce non assorbenti, supporti metallici, sottofondi tinteggiati, dovranno essere preparate 12 - 24 ore prima mediante posa di opportuno NANOCAP FONDO. La pittura sarà applicata in due mani mediante airless, rullo in micro fibra o pennello avendo cura di avere perfettamente coperto il sottofondo.

AVVERTENZE

- Impiegare solo su supporti puliti, resistenti, compatti e stabili
- Attendere almeno 28 giorni in caso di applicazioni su nuovi intonaci al fine di assicurare la perfetta maturazione ed essiccazione del supporto
- Trattare preventivamente con il primer ISOEDIL A, diluito 1:3 con acqua, sottofondi che presentano aree con sensibili diversità di assorbimento
- Trattare preventivamente con il NANOCAP FONDO supporti lisci, scarsamente assorbenti, già tinteggiati, lamiera o metallo; lasciare asciugare 12 - 24 ore
- Trattare preventivamente con il NANOCAP FONDO supporti lisci, scarsamente assorbenti o già tinteggiati; lasciare asciugare 12 - 24 ore
- Eventuali avvallamenti, buchi, irregolarità del sottostante intonaco dovranno essere eliminati 2 - 7 giorni prima dell'intervento mediante una rasatura di regolarizzazione
- Eseguire opportuni trattamenti finalizzati alla rimozione di muffe o alghe eventualmente presenti sulla superficie da rasare
- Il prodotto messo in opera deve essere protetto almeno per 12 - 24 ore da gelate, nebbie, dilavamenti da pioggia e da evaporazioni repentine prodotte da sole battente o forte ventilazione. il prodotto è pronto all'uso, non aggiungere leganti o inerti che andrebbero a compromettere i requisiti tecnici del materiale
- Eliminare con trattamenti preventivi muffe, alghe, funghi o efflorescenze saline e procedere alla perfetta pulizia della superficie prima di procedere alla posa del primer e pittura.

Per chiarimenti, ulteriori informazioni o particolari problematiche è possibile contattare il servizio tecnico di assistenza al numero 075-92974 r.a.. CVR mette a disposizione tecnici qualificati per assistenza telefonica o per sopralluoghi in cantiere.

MONOTECH SUN REFLEX®



MONOTECH SUN REFLEX è una membrana poliuretanica bianca per esterni ad alta riflettanza solare ed elevata emissività termica, appositamente studiata per riflettere la radiazione solare e quindi ridurre sensibilmente il carico termico incidente sulla copertura dell'involucro edilizio durante la stagione estiva. La radiazione solare incidente sulla copertura dell'edificio genera un aumento della temperatura superficiale del tetto. Tale calore si accumula progressivamente nella copertura, viene in parte smorzato dall'isolante se presente e poi viene trasmesso verso gli ambienti interni con una velocità variabile in relazione allo spessore, alla resistenza termica ed alla capacità termica dell'elemento di copertura. Tale calore porta ad un sensibile aumento della temperatura interna dei locali a diretto contatto con il tetto del fabbricato. Il calore accumulato all'interno degli ambienti viene inoltre smaltito molto lentamente a causa della frequente presenza dell'isolante tradizionale che impedisce al caldo di fuoriuscire. Tutto ciò comporta la necessità di raffreddare attivamente l'edificio mediante idonei impianti di climatizzazione sostenendo elevati costi energetici. **MONOTECH SUN REFLEX** attraverso la spiccata capacità riflettente abbate l'assorbimento della radiazione solare incidente sull'involucro esterno ed attraverso un elevato valore di emissività restituisce all'ambiente esterno la maggior parte dell'energia assorbita. Con il solo contributo di raffreddamento passivo apportato dal **MONOTECH SUN REFLEX**, si riesce in tal modo a raggiungere un netto miglioramento delle condizioni di comfort dell'ambiente interno nonché un sensibile risparmio di energia spesa per il raffreddamento durante la stagione estiva.

Benefici:

- riduzione della temperatura operativa $T_o = (T_a + T_{mr}):2$ e/o abbattimento dei consumi energetici grazie all'innalzamento della temperatura dell'aria (valore impostato sul climatizzatore) a parità di T_o
- omogeneizzazione delle temperature nei differenti punti della stanza con conseguente riduzione dei moti convettivi, presenti invece in caso di gradienti termici più elevati
- attenuazione del fenomeno dell'isola di calore urbana, tipico delle aree cittadine e caratterizzato da un micro clima più caldo rispetto a quello delle zone rurali
- minori sollecitazioni meccaniche sugli involucri degli edifici e quindi minore degrado fisico chimico dei materiali correlato ad escursioni termiche giorno - notte o da repentine variazioni di temperatura a seguito di mutate condizioni meteorologiche (temporali estivi)
- migliore rendimento degli impianti di climatizzazione presenti sulla copertura che, prelevando aria ad una temperatura sensibilmente più bassa, necessitano quindi di minore energia
- trascurabile penalizzazione invernale rispetto al beneficio estivo in quanto in inverno l'intensità e la durata della radiazione solare risultano sensibilmente inferiori rispetto al caso estivo
- tutti questi aspetti concorrono ad un sensibile miglioramento delle condizioni di benessere termo-igrometrico interno percepito dagli occupanti dell'involucro edilizio.

Vernice poliuretanica per esterni ad elevata resistenza, perfetta impermeabilità, ottimo potere coprente, eccellente capacità di adesione, formulata con speciali resine e cariche che rendono il rivestimento estremamente resistente all'invecchiamento, all'aggressione degli inquinanti e degli agenti atmosferici.

CONFEZIONI vasi da 25 kg

CONSERVAZIONE 12 mesi dalla data di produzione nelle confezioni integre stoccate in luogo coperto ed asciutto

DESCRIZIONE

Aspetto	pasta di colore bianco
Impiego	trattamento poliuretanico riflettente la radiazione solare
Supporti compatibili	elementi in calcestruzzo, pannelli prefabbricati, lastrici solari pavimentati guaine bituminose, lastre ondulate in fibro cemento impermeabilizzazioni sottostanti realizzate con il MONOTECH pannelli in legno, USB, truciolare coperture, tettoie e scossaline in lamiera o rame

PREPARAZIONE SUPPORTI

EPOXY AD	supporti umidi o con rischio di risalita capillare guaina bituminosa massetti cementizi, supporti in cls piastrelle in grés, clinker, pietre naturali
PRIMER POLIURETANICO SIGILLANTE	lastrici solari, lamiere, supporti metallici sottofondi scarsamente assorbenti legno
Miscelazione impasto	trapano miscelatore a basso numero di giri
Applicazione	airless, rullo o pennello in due o più mani
Tempo di attesa tra la 1° e la 2° mano	8 - 24 ore
Condizioni di posa	da +5°C a +35°C
Tempo di essiccazione	12 - 24 ore
Consumo	0.20 - 0.40 kg/m ²

DATI TECNICI

Emissività (ASTM E903)		90%
Riflettanza solare (ASTM E903)		83%
Solar Reflectance index SRI (ASTM E1980)		105%
Riduzione consumi estivi *	contesto climatico di Milano	ΔΔ - 34%
	contesto climatico di Roma	ΔΔ - 23%
	contesto climatico di Palermo	ΔΔ - 20%

Riduzione del fabbisogno energetico di raffrescamento apportato dalla vernice MONOTECH SUN REFLEX rispetto ad una guaina bituminosa. Dati ottenuti mediante simulazione, calibrata e validata sperimentalmente, in regime dinamico della prestazione energetica estiva (giugno-luglio-agosto) eseguita su copertura piana in assenza di isolamento termico.

VOCE DI CAPITOLATO

La verniciatura di coperture piane o inclinate ove risultino presenti guaine bituminose, lamiera, lastre ondulate in fibro cemento, lastrici solari pavimentati, sarà eseguito mediante posa di specifica vernice poliuretanica extra bianca per esterni ad alta riflettanza ed elevata emissività appositamente studiata per riflettere la radiazione solare e quindi ridurre sensibilmente il carico termico incidente sulla copertura dell'involucro edilizio durante la stagione estiva tipo il MONOTECH SUN REFLEX della Società CVR. Il sottofondo dovrà risultare pulito, asciutto, stagionato e compatto. Superfici lisce non assorbenti, supporti metallici, sottofondi umidi, dovranno essere opportunamente trattati con primer 12 - 24 ore prima mediante posa. La verniciatura sarà realizzata in due mani mediante airless, rullo in micro fibra o pennello avendo cura di avere perfettamente coperto il sottofondo.

AVVERTENZE

- impiegare solo su supporti puliti, resistenti, compatti e sufficientemente asciutti (umidità massima del supporto <5%)
- prima della posa, ove necessario, procedere a regolarizzare il supporto con rasature cementizie di adeguate resistenze
- trattandosi di un poliuretano igro indurente assicurarsi che le confezioni, una volta aperte, sia richiuse perfettamente per evitare che il prodotto possa reagire con l'umidità ed indurire all'interno del barattolo
- non impiegare a contatto diretto con l'acqua delle piscine contenente cloro
- Il prodotto messo in opera deve essere protetto almeno per 12 ore da gelate, nebbie, dilavamenti da pioggia e da evaporazioni repentine prodotte da sole battente
- su guaina bituminosa applicare sempre il primer EPOXY AD al fine di evitare macchiature superficiali per migrazione del bitume.

Per chiarimenti, ulteriori informazioni o particolari problematiche è possibile contattare il servizio tecnico di assistenza al numero 075-92974 r.a.. CVR mette a disposizione tecnici qualificati per assistenza telefonica o per sopralluoghi in cantiere.

NANOCAP® FONDO

NANOCAP FONDO è un fissativo micro granulare traspirante a base di polimeri non filmanti a spiccata capacità adesiva su supporti lisci o scarsamente assorbenti. Il prodotto garantisce un'elevata copertura ed un effetto uniformante garantendo una buona permeabilità al vapore acqueo. NANOCAP FONDO rende ruvide superfici lisce o tinteggiate con idropitture migliorando le operazioni di posa e l'aggrappo finale del NANOCAP RASATURA. Rende uniforme l'assorbimento dei materiali da tinteggiare allungando il tempo di lavorazione e migliorando l'uniformità cromatica della successiva finitura.

Fissativo ruvido traspirante specifico per il trattamento di intonaci micro fessurati e la preparazione di supporti lisci quali intonaci a gesso, pannelli in cartongesso e pareti tinteggiate ove si voglia migliorare la posa e l'adesione del NANOCAP RASATURA.



CONFEZIONI secchi in plastica da 14 lt.

CONSERVAZIONE 12 mesi dalla data di produzione nelle confezioni integre stoccate in luogo coperto ed asciutto

DESCRIZIONE

Aspetto	pasta bianca
Impiego	fissativo ruvido di fondo
Ambiente	interno - esterno
Sottofondi	intonaci a base calce, gesso e calce e cemento superfici tinteggiate con idropitture pareti in cartongesso o fibrocemento pannelli in legno truciolare, compensato o OSB
Realizzazione impasto	diluire ed omogeneizzare con trapano miscelatore prima dell'utilizzo
Applicazione	pennello - rullo
Diluizione	30% (1 litro di NANOCAP FONDO + 0,30 litri di acqua)
Tempo di attesa per il ricoprimento	24 - 48 ore
Condizioni di posa	da +5°C a +35°C
Consumo	4 m ² ogni litro - circa 50 mq/vaso

DATI TECNICI

Fuso granulometrico	0 - 0,5 mm.
Massa volumica apparente del prodotto in pasta	1.60 kg/lt.
Massa volumica apparente del prodotto indurito essiccato	1.35 kg/m ³

AVVERTENZE

- impiegare solo su supporti puliti, resistenti, compatti e stabili
- trattare preventivamente con il primer ISOEDIL A o con l'ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE sottofondi che tendono a sfarinare, particolarmente assorbenti e che presentano aree con sensibili diversità di assorbimento.
- eventuali avvallamenti, buchi, irregolarità del sottostante intonaco debbono essere eliminati prima dell'applicazione del NANOCAP FONDO
- non applicare su sottofondi su supporti verniciati con smalti, su elementi in legno, metallo o plastica
- il prodotto messo in opera deve essere protetto almeno per 72 ore da gelate, dilavamenti da pioggia e da evaporazioni repentine prodotte da sole battente o forte ventilazione
- il prodotto è pronto all'uso, non aggiungere leganti o inerti che andrebbero a compromettere i requisiti tecnici del materiale
- evitare applicazioni su facciate riscaldate da sole battente o in presenza di forte ventilazione
- sigillare preventivamente eventuali fessurazioni presenti sul supporto utilizzando rasature coprenti a media deformabilità

I dati e le informazioni contenuti nella presente scheda sono il risultato delle conoscenze disponibili alla data della pubblicazione. La Società non si assume alcuna responsabilità per danni a persone o a cose che possono derivare da un uso del prodotto diverso da quello per cui è stato destinato. La scheda non sostituisce ma integra i testi o le norme che regolano l'attività dell'utilizzo. L'utilizzatore ha piena responsabilità per le precauzioni che sono necessarie per l'uso che farà del preparato. Per tutto quanto non riportato si rimanda alla scheda di sicurezza del prodotto.

NANOCAP[®] RASATURA



NANOCAP RASATURA è un rivestimento avente finalità di scudo termico specifico per il miglioramento delle prestazioni energetiche e l'innalzamento del livello di comfort abitativo di edifici che presentano forte dissipazione del calore verso l'esterno, ponti termici, vani con temperature disomogenee, elevata umidità relativa, fenomeni di condensazione superficiale del vapore acqueo e presenza di muffe. NANOCAP RASATURA agisce sullo scambio di calore tramite irraggiamento: trasferimento di energia mediante radiazione termica. La radiazione termica emessa da sorgenti quali stufe, camini, radiatori, pavimenti radianti, si propaga nell'ambiente sotto forma di onda elettromagnetica. Quando una radiazione incide su di una superficie, un'aliquota di questa viene riflessa. La radiazione non riflessa penetra nel corpo e attraversandolo viene parzialmente attenuata. L'aliquota che riemerge dalla parte opposta rappresenta la radiazione trasmessa, mentre quella attenuata è la radiazione assorbita. NANOCAP RASATURA interessato dalla radiazione termica riesce a riflettere, nel vicino infrarosso, circa il 46% della radiazione incidente. La restante aliquota di radiazione viene assorbita dal rivestimento ma, al contrario di quello che accadrebbe per le normali finiture, il calore trasmesso per conduzione e quindi disperso attraverso la muratura risulta minimo. Questo particolare fenomeno è reso possibile attraverso milioni di micro cellule indipendenti di aria incapsulata in grado di smorzare l'onda elettromagnetica all'interno dello spessore di prodotto. Tale fenomeno riduce drasticamente la propagazione e quindi la trasmissione della radiazione termica attraverso il paramento murario verso l'esterno. A fronte di un'elevata percentuale di calore assorbito si genera una minima quantità di calore perso. Ne deriva un sensibile innalzamento della temperatura superficiale del NANOCAP RASATURA senza che questo comporti un extra flusso di calore e quindi una perdita di energia verso l'esterno. La composizione e la tessitura finale del prodotto in opera unitamente ad una emissività del materiale pari al 90% garantiscono che il rivestimento riemetta, ossia ceda nuovamente all'ambiente, un'elevata percentuale della radiazione termica ricevuta ed assorbita. Viene in tal modo a crearsi una diffusa ed estesa superficie radiante coincidente con pareti e soffitto (superfici opache) in grado di innalzare ed uniformare la temperatura delle superfici opache interne.

L'innalzamento della temperatura superficiale porta inoltre ad eliminare i fenomeni di condensazione del vapore acqueo sulle superfici interne degli ambienti e crea un processo di richiamo ed evaporazione dell'umidità presente all'interno del paramento murario che in tal modo viene deumidificato migliorando ulteriormente la prestazione energetica dell'involucro edilizio.

Questo comporta:

- aumento della temperatura operativa $T_o = (T_a + T_m):2$ e/o riduzione dei consumi energetici grazie all'abbassamento della temperatura dell'aria (valore impostato a termostato) a pari T_o
- eliminazione dei punti freddi (ponti termici) causa di dispersione termica e di condensazione del vapore acqueo
- omogeneizzazione delle temperature nei differenti punti della stanza con conseguente riduzione dei moti convettivi, presenti invece in caso di gradienti termici più elevati
- superfici a vista termo regolate e quindi riduzione del flusso di calore degli occupanti verso superfici fredde
- effetto igro regolatore tramite riduzione e stabilizzazione dell'U.R. dei locali
- innesco di un progressivo e costante processo di deumidificazione della muratura e quindi miglioramento delle prestazioni energetiche relative alla parete opaca
- tutti questi aspetti concorrono ad un sensibile miglioramento delle condizioni di benessere termo igrometrico interno percepito dagli occupanti dell'involucro edilizio.

CONFEZIONI vasi in plastica da 15 kg.

CONSERVAZIONE 12 mesi dalla data di produzione nelle confezioni integre stoccate in luogo coperto ed asciutto

DESCRIZIONE

Aspetto	pasta di colore bianco
Impiego	finitura per intonaci avente finalità di scudo termico
Ambiente	interno - esterno
Supporti compatibili	intonaci di sottofondo cementizi, a base calce e cemento o gesso pannelli in cartongesso, fibro cemento
Preparazione superfici lisce o tinteggiate	NANOCAP FONDO
Consolidamento fondi	ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE
Realizzazione impasto	trapano miscelatore
Applicazione	con spatola inox liscia in due mani ad incrociare
Spessore minimo	1 mm.
Spessore massimo per mano	2 mm.
Spessore massimo finale	5 mm.
Tempo di attesa tra la 1° e la 2° mano	8 - 24 ore
Condizioni di posa	+5°C +35°C
Stagionatura intonaco di sottofondo	28 giorni
Posa Nanocap pittura	48 ore
Consumo	1.0 kg/mq. ogni mm. di spessore

DATI TECNICI

Fuso granulometrico	0 – 0.8 mm.	
Massa volumica della pasta	1050 gr/dm ³	
Diluizione	5%	
Massa volumica apparente della malta indurita	850 gr/dm ³	
Resistenza media a compressione a 28 gg.	≥ 1.0 N/mm ²	
Resistenza media all'aderenza a 28 gg. su cls "fu"	≥ 0.5 N/mm ²	
VOC	39 gr/lt	
Emissività (ASTM E903)	90%	
Riflettanza solare (ASTM E903)	65%	
Extra Resistenza Termica *	contesto climatico di Milano	ΔR 1,72 m²K/W (equivalente a 7 cm. di polistirene)
	contesto climatico di Roma	ΔR 1,22 m²K/W (equivalente a 5 cm. di polistirene)
	contesto climatico di Palermo	ΔR 0,72 m²K/W (equivalente a 3 cm. di polistirene)

Dati ottenuti tramite simulazione calibrata e validata sperimentalmente in regime dinamico della prestazione energetica invernale di un edificio prototipo dove sulle pareti interne è stato applicato il NANOCAP RASATURA con spessore omogeneo pari a 2 mm. I dati dimostrano che NANOCAP RASATURA è una soluzione tanto più efficiente quanto più risulta severo il contesto climatico.

VOCE DI CAPITOLATO

Il miglioramento delle prestazioni energetiche e l'innalzamento del livello di comfort abitativo di edifici che presentano forte dissipazione del calore, ponti termici, vani con temperature disomogenee, elevata umidità relativa, fenomeni di condensazione del vapore acqueo e presenza di muffe sarà eseguito mediante posa di specifico rivestimento denominato NANOCAP RASATURA della Società CVR avente funzione di scudo termico. Il sottofondo dovrà risultare pulito, asciutto, stagionato e compatto. Superfici lisce, non assorbenti o tinteggiate dovranno essere preparate almeno 12 - 24 ore prima mediante posa di opportuno NANOCAP FONDO. Il rasante sarà applicato in due mani ad incrociare mediante spatola inox liscia realizzando uno spessore uniforme pari a 2 mm. Spessori superiori potranno essere realizzati a 24 ore di distanza evitando di superare i 5 mm. complessivi. La seconda mano di rasatura sarà rifinita mediante apposito frattazzo liscio. Ad avvenuta asciugatura del rasante e comunque attendendo almeno 24 ore, procedere alla posa del NANOCAP PITTURA.

AVVERTENZE

- Impiegare solo su supporti puliti, resistenti, compatti e sufficientemente ruvidi
- Procedere a consolidare supporti o pitture scarsamente resistenti applicando l'ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE; lasciare asciugare 12 – 24 ore
- Trattare preventivamente con il NANOCAP FONDO supporti lisci, scarsamente assorbenti o già tinteggiati; lasciare asciugare 12 – 24 ore
- Eventuali avvallamenti, buchi, gibbosità del sottostante intonaco debbono essere eliminati 24 ore prima dell'intervento mediante una prima rasatura di regolarizzazione
- Non applicare su elementi in legno, metallo o plastica
- Eseguire opportuni trattamenti finalizzati alla rimozione di muffe o alghe eventualmente presenti sulla superficie da rasare
- Per esaltare la capacità risanante del NANOCAP RASATURA e quindi migliorare le prestazioni energetiche dell'intero pacchetto murario, specie nei primi periodi, prevedere un adeguato ricambio di aria nei locali al fine di allontanare il vapore acqueo proveniente dalla deumidificazione delle murature
- Non posare su NANOCAP RASATURA rivestimenti o pitture diverse dalla linea NANOCAP. Qualsiasi altro prodotto andrebbe ad annullare le prestazioni energetiche del rasante.

Per chiarimenti, ulteriori informazioni o particolari problematiche è possibile contattare il servizio tecnico di assistenza al numero 075-92974 r.a.. CVR mette a disposizione tecnici qualificati per assistenza telefonica o per sopralluoghi in cantiere.

NANOCAP® PITTURA

Pittura extra bianca per interni ad alta riflettanza ed elevata emissività appositamente studiata per la tinteggiatura del rivestimento NANOCAP RASATURA. NANOCAP PITTURA in abbinamento con NANOCAP RASATURA creano un rivestimento avente finalità di scudo termico specifico per il miglioramento delle prestazioni energetiche e l'innalzamento del livello di comfort abitativo di edifici che presentano forte dissipazione del calore, ponti termici, vani con temperature disomogenee, elevata umidità relativa, fenomeni di condensazione del vapore acqueo e presenza di muffe, permettendo un sensibile miglioramento del benessere termo igrometrico percepito dagli occupanti dell'involucro edilizio.

Pittura lavabile per interni ad elevato potere coprente, ottima idrorepellenza, eccellente capacità di adesione, effetto vellutato, formulata con speciali resine e cariche che rendono il rivestimento estremamente stabile e resistente.



CONFEZIONI secchi in plastica da 14 lt.

CONSERVAZIONE 12 mesi dalla data di produzione nelle confezioni integre stoccate in luogo coperto ed asciutto

DESCRIZIONE

Aspetto	pasta di colore bianco
Impiego	pittura per interni
Supporti compatibili	NANOCAP RASATURA
Preparazione superfici lisce o tinteggiate	NANOCAP FONDO + NANOCAP RASATURA
Consolidamento supporti	ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE
Stagionatura NANOCAP RASATURA	24 - 48 ore
Posa ISOLANTE ALTA PENETRAZIONE	8 - 24 ore prima della posa della pittura
Posa ISOEDIL- A	4 - 24 ore prima della posa della pittura
Diluizione 1° mano	30% di acqua
Diluizione 2° mano	20% di acqua
Miscelazione impasto	trapano miscelatore
Applicazione	airless, rullo o pennello
Tempo di attesa tra la 1° e la 2° mano	4 - 12 ore
Condizioni di posa	da +5°C a +35°C
Resa (vaso da 14 lt.)	50 m ² /vaso (in due mani)

DATI TECNICI

Massa volumica della pasta	1,50 gr/dm ³
Emissività (ASTM E903)	90%
Riflettanza solare (ASTM E903)	82%

VOCE DI CAPITOLATO

La tinteggiatura del Nanocap Rasatura sarà eseguita mediante posa di specifica pittura acrilica extra bianca per esterni ad alta riflettanza ed elevata emissività appositamente studiata per riflettere la radiazione termica e quindi ridurre sensibilmente la dispersione termica tipo il NANOCAP PITTURA della Società CVR. Il sottofondo precedentemente rasato con il Nanocap Rasatura dovrà risultare sufficientemente asciutto e stagionato. Eventuali irregolarità presenti sulla rasatura potranno essere eliminate mediante lieve carteggiatura. La pittura sarà applicata in una o due mani mediante rullo in micro fibra o pennello avendo cura di avere perfettamente coperto il sottofondo.

AVVERTENZE

- Impiegare solo su supporti puliti, resistenti, compatti e stabili.
- Trattare preventivamente con il NANOCAP FONDO supporti lisce, scarsamente assorbenti o già tinteggiati; lasciare asciugare 12 - 24 ore.
- Eventuali avvallamenti, buchi, irregolarità del sottostante intonaco dovranno essere eliminati 7 giorni prima dell'intervento mediante una rasatura di regolarizzazione.
- Eliminare con trattamenti preventivi muffe, alghe, funghi o efflorescenze saline e procedere alla perfetta pulizia della superficie prima di procedere alla posa del primer e pittura.



Dal 1980 l'edilizia in buone mani



Zona Industriale Padule
06024 Gubbio (Perugia) | Italy
Tel: 075.92974 | Fax: 075.9292030
info@cvr.it | www.cvr.it