

Durability.  
Retrofitting.  
Smart Envelope.  
Energy Efficiency.  
Sustainability.  
Renewables.

**certimac**  
certificazione materiali per costruzioni



# Edifici a Energia e Rifiuti quasi zero:

*Edifici green ad alte prestazioni: tecnologie, soluzioni e materiali innovativi*

Ing Luca Laghi | Responsabile Tecnico

Ravenna, 18 maggio 2016

[fondato e partecipato]



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia  
e lo sviluppo economico sostenibile



Consiglio Nazionale delle Ricerche

[supportato]



UNIONE EUROPEA  
Fondo europeo di sviluppo regionale



Regione Emilia-Romagna

[laboratorio accreditato]



PIATTAFORMA  
COSTRUZIONI



**01** Contesto di Riferimento : i numeri e le opportunità

**02** Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

**03** Application 2 | Materiali innovativi di rivestimento per pavimentazioni radianti

**04** Application 3 | Sistemi isolanti a basso spessore per la riqualificazione di edifici storici

**05** Application 4 | Case-study Progetto Green Port Ravenna



**01** Contesto di Riferimento : i numeri e le opportunità

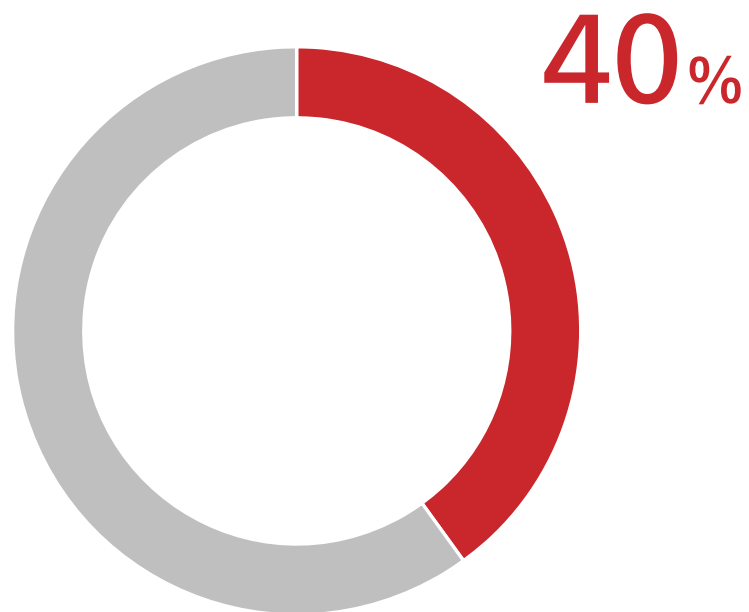
**02** Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

**03** Application 2 | Materiali innovativi di rivestimento per pavimentazioni radianti

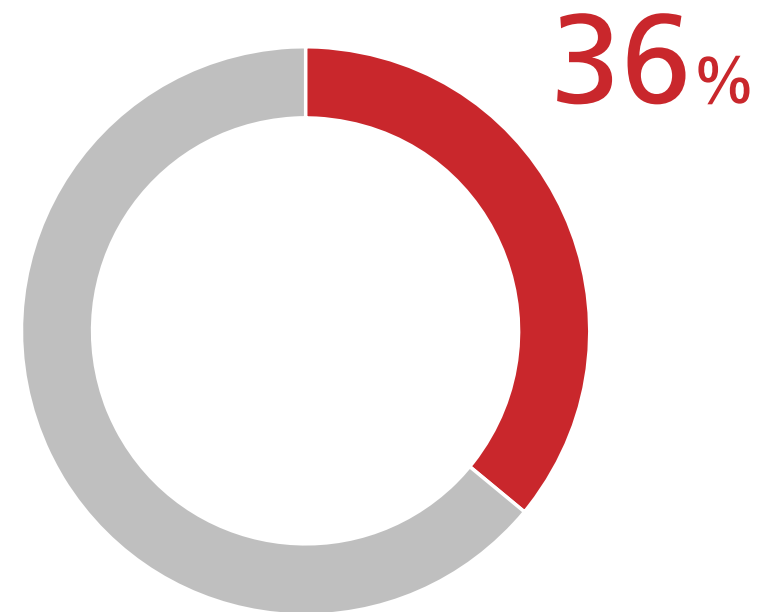
**04** Application 3 | Sistemi isolanti a basso spessore per la riqualificazione di edifici storici

**05** Application 4 | Case-study Progetto Green Port Ravenna

# Consumi energetici: perché gli Edifici «pesano»?



EU – consumi energetici



EU – emissioni CO<sub>2</sub>

data: European Commission



## Contesto di Riferimento

### Prestazione Energetica

Le direttive «Energy Performance of Building Directive - EPBD» (2010) e «Energy Efficiency Directive – EPBD2» (2012) sono i principali riferimenti legislativi EU quando si parla di **riduzione dei consumi energetici in edilizia**.

Tutti gli edifici di nuova costruzione dovranno essere **nZEB** entro il **31 Dicembre 2020** (e non solo: Edifici pubblici dal 2018, **Emilia-Romagna dal 2017**, Lombardia dal 2016...) ed obiettivi ancora più ambiziosi sono stati fissati al **2030**.

### Sostenibilità

Il «nuovo» **Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011)**, in vigore dal **luglio 2013**, regola i criteri di libera circolazione dei prodotti da Costruzione a livello EU – **Marcatura CE** di prodotto - e introduce tra i requisiti essenziali un settimo requisito: la **sostenibilità**.

### Obiettivi EU al 2030

40%

Riduzione GHG

27%

Incremento di RES

27%

Incremento di EE

### Requisiti Essenziali (Cfr. CPR 305/11)

1. Resistenza meccanica
2. Sicurezza in caso d'incendio
3. Igiene, Salute, Ambiente
4. Sicurezza nell'impiego
5. Protezione contro il rumore
6. Risparmio energetico e isolamento termico
7. **Sostenibilità**



## Contesto di Riferimento

Il comparto dei **«materiali per l'involucro»** gioca un ruolo fondamentale in termini di **ricadute energetiche ed ambientali**.

I prodotti da costruzione, quali mattoni, calcestruzzo, elementi per copertura o pavimentazione, costituiscono il fondamento del patrimonio architettonico Europeo storico e la base del «modern design».

Il processo di produzione ha subito importanti modifiche per offrire **prodotti in grado di garantire condizioni di comfort termo-igrometrico elevate e di vita sana**

Verso un approccio di tipo circolare... «circular economy»



La commissione EU ha presentato questa strategia a fine 2015  
(Closing the loop – 2 dicembre 2015)



# Un cambio di Paradigma

Parlando di PRESTAZIONI non si  
possono più scindere  
**PRESTAZIONI TECNOLOGICHE**  
e  
caratteristiche di  
**SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE**



The screenshot shows the European Commission Press Release Database interface. At the top, there is the European Commission logo and the text "EUROPEAN COMMISSION Press Release Database". Below this, there is a navigation bar with links for "Latest updates", "Related links", "Contact", "Search", "Login", and "Subscribe". A search bar is present with a magnifying glass icon. Below the search bar, there is a list of available languages: "FR DE DA ES NL IT SV PT FI EL CS ET HU LT LV MT PL SK SL BG RO HR". There are also links for "Back to the search results", "Expand", and "Share". The main content area displays a press release titled "Closing the loop: Commission adopts ambitious new Circular Economy Package to boost competitiveness, create jobs and generate sustainable growth". The release is dated "Brussels, 2 December 2015". The text of the release states: "Today the Commission adopted an ambitious new Circular Economy Package to stimulate Europe's transition towards a circular economy which will boost global competitiveness, foster sustainable economic growth and generate new jobs." The full text of the release is provided below the summary.

European Commission - Press release

**Closing the loop: Commission adopts ambitious new Circular Economy Package to boost competitiveness, create jobs and generate sustainable growth**

Brussels, 2 December 2015

**Today the Commission adopted an ambitious new Circular Economy Package to stimulate Europe's transition towards a circular economy which will boost global competitiveness, foster sustainable economic growth and generate new jobs.**

Today the European Commission adopted an ambitious new Circular Economy Package to help European businesses and consumers to make the transition to a stronger and more circular economy where resources are used in a more sustainable way. The proposed actions will contribute to "closing the loop" of product lifecycles through greater recycling and re-use, and bring benefits for both the environment and the economy. The plans will extract the maximum value and use from all raw materials, products and waste, fostering energy savings and reducing Green House Gas emissions. The proposals cover the full lifecycle: from production and consumption to waste management and the market for secondary raw materials. This transition will be supported financially by ESIF funding, €650 million from Horizon 2020 (the EU funding programme for research and innovation), €5.5 billion from structural funds for waste management, and investments in the circular economy at national level.

The Package has broken down silos in the Commission and contributes to broad political priorities by tackling climate change and the environment while boosting job creation, economic growth, investment and social fairness. It has been prepared by a core project team



# Risvolti Pratici...

## Energy Efficiency Directive – EPBD2

**Art. 9:** edifici ad altissima prestazione energetica che minimizzano i consumi legati al riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione, produzione di acqua calda sanitaria, utilizzando energia da fonti rinnovabili, elementi passivi di riscaldamento e raffrescamento, sistemi di ombreggiamento e garantendo un'adeguata qualità dell'aria interna e un'adeguata illuminazione naturale in accordo con le caratteristiche architettoniche dell'edificio.

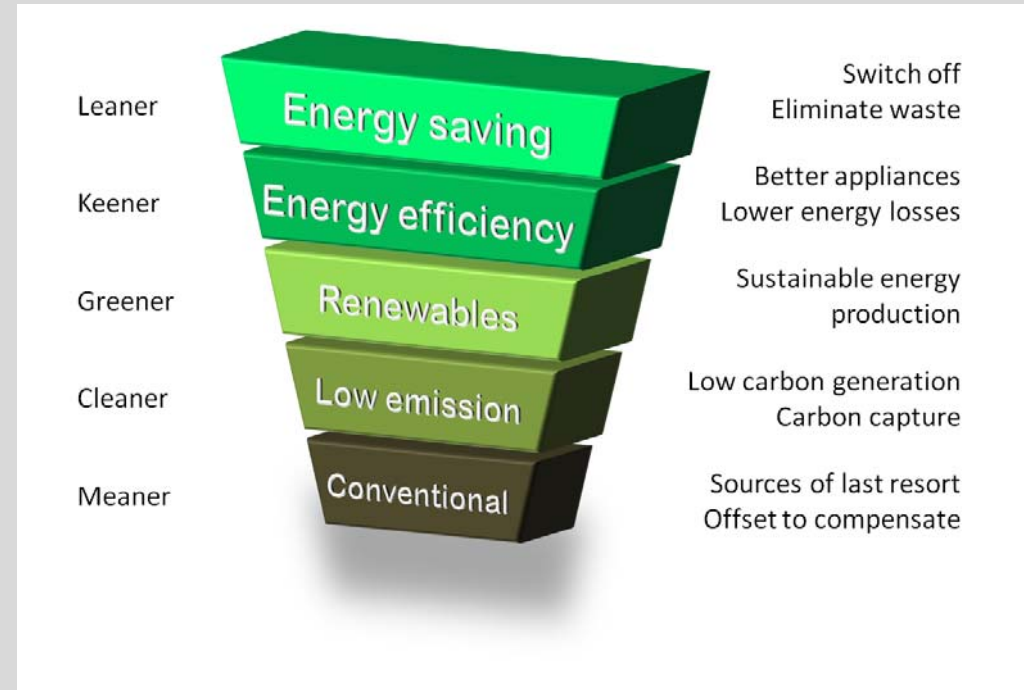


la direttiva 2010/31/UE non fornisce la definizione di edificio NZEB, poiché tale termine deve essere identificato dai singoli Paesi membri

Siamo arrivati anche noi, dopo cinque anni...

### **D.M. 26 Giugno 2015 – Italia Decreto Requisiti Minimi**

Factsheet BPIE: [Nearly Zero Energy Buildings definitions across Europe](#)





# DM 26/06/2015-2

## Nuove costruzioni

**Ristrutturazioni importanti di 1° livello:** involucro edilizio con incidenza >50% della superficie disperdente lorda e ristrutturazione dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva

confronto con  
prestazioni  
dell'edificio di  
riferimento ↓

### Appendice A (Allegato 1, Capitolo 3)

#### DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO E PARAMETRI DI VERIFICA

Tabella 1- Trasmittanza termica U delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2019/2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

<sup>(1)</sup> dal 1 lugl

<sup>(2)</sup> dal 1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici e a uso pubblico e dal 1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici

**Ristrutturazioni importanti di 2° livello:** involucro edilizio con un incidenza >25% della superficie disperdente lorda e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.

**Riqualificazioni energetiche:** interventi su pareti, solai o infissi dell'edificio che tocchino meno del 25% della superficie esterna, o interventi limitati al solo impianto di climatizzazione invernale

verifica puntuale del  
rispetto di parametri  
limitati all'intervento ↓

### Appendice B (Allegato 1, Capitolo 4)

#### REQUISITI SPECIFICI PER GLI EDIFICI ESISTENTI SOGGETTI A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Tabella 1- Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

<sup>(1)</sup> dal 1 luglio 2015 per tutti gli edifici

<sup>(2)</sup> dal 1 gennaio 2021 per tutti gli edifici



# Risvolti Pratici...

## CPR 305/11

Il Regolamento CPR introduce il settimo requisito **"Uso sostenibile delle risorse naturali"**:

*"Le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile e garantisca in particolare quanto segue:*

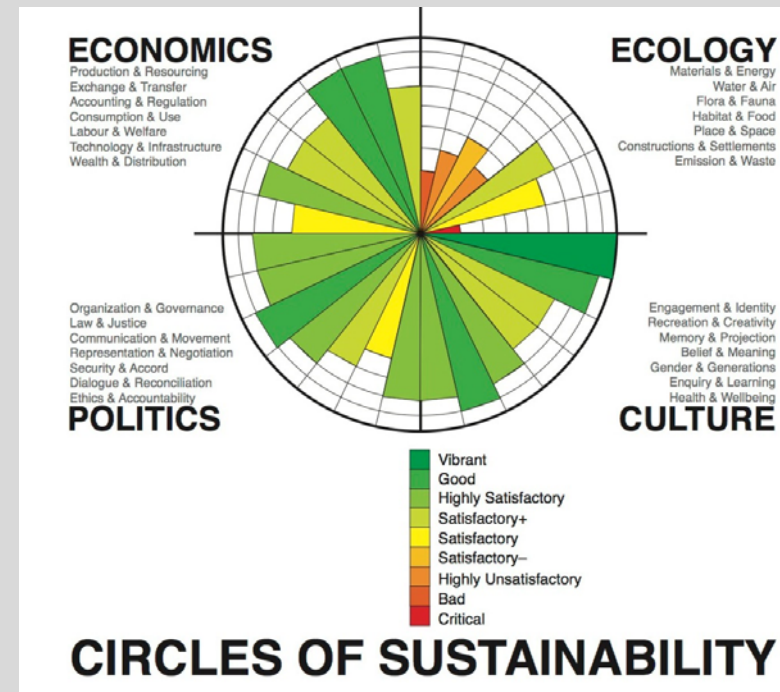
*il riutilizzo o la riciclabilità delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti anche dopo la demolizione;*

*la durabilità nel tempo delle opere di costruzione;*

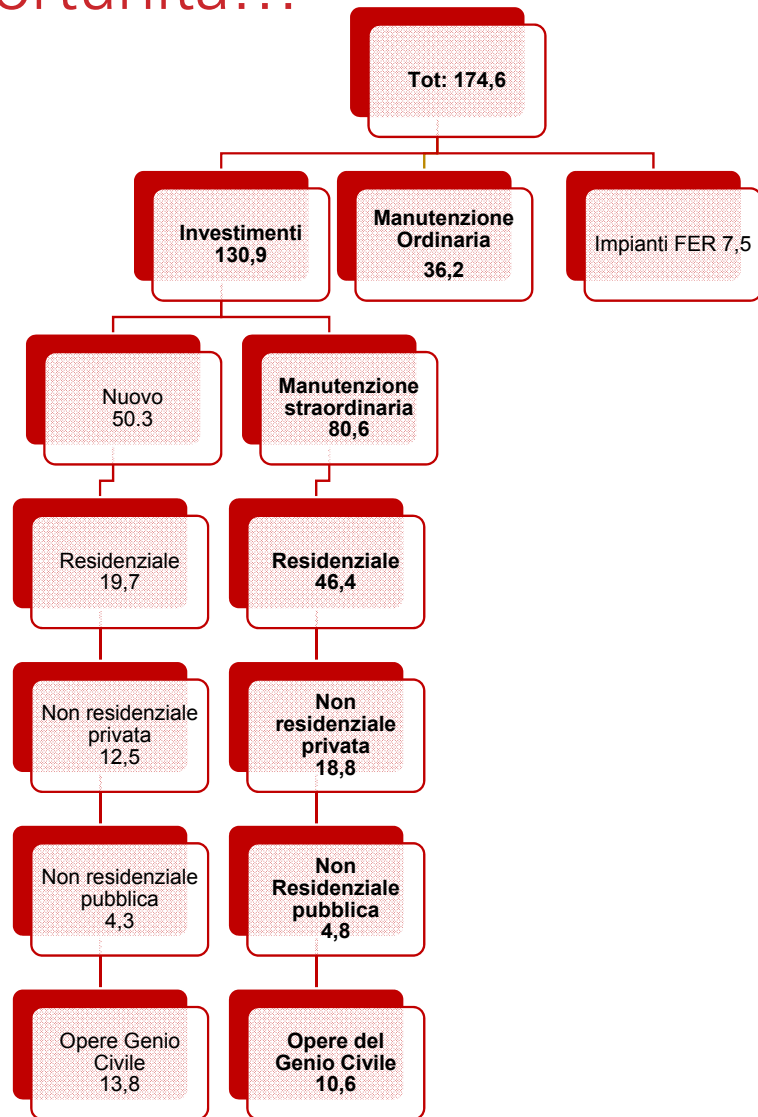
*l'uso, nelle opere di costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili".*



Tale requisito non avrà effetti concreti fino alla definizione, da parte dei singoli Stati membri, di apposite norme nazionali che individuino un criterio oggettivo per definire la sostenibilità di un prodotto.



# L'opportunità...



## Valore della Produzione nelle costruzioni (Milardi €)

La spesa in interventi di manutenzione straordinaria e ordinaria ammonterebbe a **116,8 miliardi di pari al 66,9% del Totale**

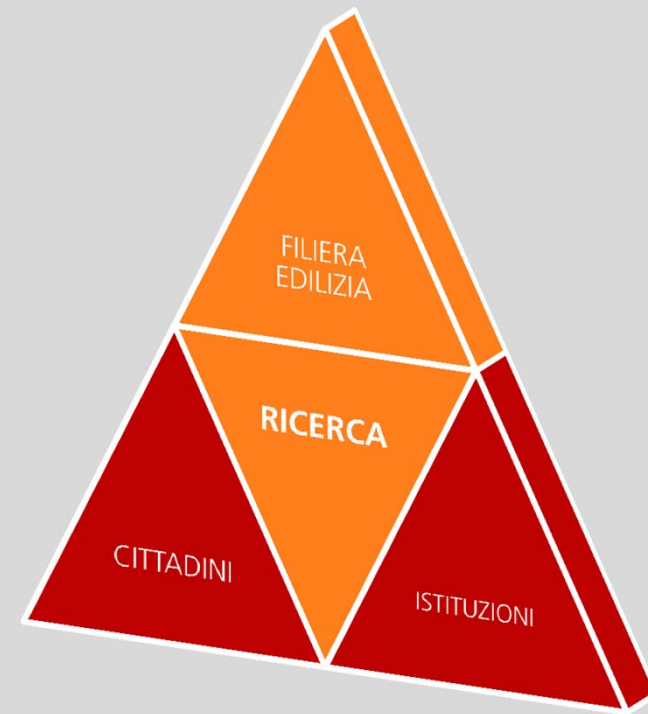


Gli indicatori evidenziano l'importanza della **riqualificazione del patrimonio edilizio**, che diviene il principale driver del mercato delle costruzioni

**...12 milioni di edifici per circa 2 miliardi di m<sup>2</sup> da riqualificare...**

# L'opportunità...

Riqualificare l'esistente – 4 punti per quattro ATTORI



L'opportunità...



## Obiettivo Innovazione

**Trasferire all'industria soluzioni innovative a partire da materiali «tradizionali» per un nuovo COSTRUITO e per far fronte alle sempre più stringenti politiche EU**

### *Contesto Normativo*

- CPR 305/'11
- EPBD2



### *Opportunità/Necessità*

- Produzione secondo elevati standard di qualità
- Nuove soluzioni eco-efficienti per la riqualificazione
- Innovazione di prodotto/processo

## Il valore aggiunto...

### I Rifiuti come potenziale risposta ad un bisogno

Molteplici tipologie di materiali solidi o semi-solidi, entro certi limiti tipologici e di compatibilità chimico-fisica con il materiale oggetto del settore industriale di riferimento, possono essere integrati in processi industriali per la costituzione di nuovi materiali o nuovi prodotti, al fine di:

- **Completare il mix design**
- **Aumentare determinate proprietà, ridurre certi effetti**
- **Alleggerire il prodotto finito**

Necessità sempre crescente nel campo delle costruzioni per i componenti dell'involucro edilizio alte prestazioni

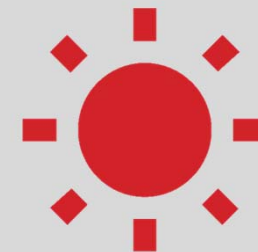


Una sempre maggiore attenzione per la sostenibilità ambientale dei materiali impiegati



Aumento di interesse nei paesi mediterranei per materiali traspiranti e ad alta prestazione termica

Soluzione passiva per ridurre la domanda di energia di raffreddamento



## Scegliere ed Utilizzare “Rifiuti”

E' pressoché **impossibile definire il rifiuto ideale a priori** e definirne la sua implementazione in termini assoluti

Sei elementi principali possono contribuire a tracciare le linee guida per risolvere questa complessità



**Composizione chimica del rifiuto**



**Condizioni per la corretta applicazione  
(granulometria, umidità, massima %  
additivabile, forma in cui additivare...)**



**Variabilità compositiva nel tempo**



**Classificazione del rifiuto e condizioni  
per un possibile utilizzo**



**Effetti del rifiuto ad ogni specifico  
impasto/miscela con differenti  
caratteristiche chimico-fisiche e  
compositive**



**Disponibilità (volumi prodotti / tempo)**

## Da rifiuto a Materia prima seconda (MPS)

### Obiettivi

- **Riduzione dei costi di produzione**
- **Ottimizzazione proprietà (es. conducibilità termica)**
- **Riduzione impatto ambientale**

Non si parla più di **rifiuti**, ma di **materie prime seconde** in quanto costituiscono un'opportunità strategica per il miglioramento economico dei prodotti fabbricati

### Requisiti Essenziali



#### Disponibilità

continua lungo l'intero periodo di produzione  
low-cost  
a km 0



#### Compatibilità

di Processo  
di Prodotto (miscela, impasto, ecc.)





**01** Contesto di Riferimento : i numeri e le opportunità

**02** Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

**03** Application 2 | Materiali innovativi di rivestimento per pavimentazioni radianti

**04** Application 3 | Sistemi isolanti a basso spessore per la riqualificazione di edifici storici

**05** Application 4 | Case-study Progetto Green Port Ravenna

# Ottimizzazione della prestazione energetica di Blocchi per Muratura

L'ottimizzazione in ottica nZEB di blocchi da muratura, oltre che un requisito imposto dalla normativa EU (Cfr. EPBD2) costituisce una leva strategica per lo sviluppo del settore costruzioni

## UNI EN 1745

Determinazione della Resistenza Termica (R) e Trasmittanza (U) in condizioni di scambio termico stazionario ( $\theta_{int}$  e  $\theta_{ext}$  fissate)

## Processo di Ottimizzazione

1. Definizione delle caratteristiche iniziali delle **materie prime** e loro ottimizzazione (e.g. aggiunta MPS, alleggerimento)
2. Sviluppo di **un layout geometrico ottimizzato**
3. Ingegnerizzazione di prodotto (riempimento isolante, coating basso-emissivi, PCM, etc.)

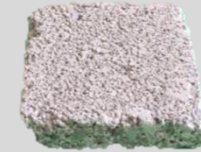
Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

02

Materie Prime



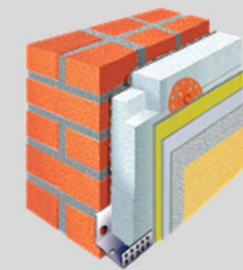
Impasto |  $\lambda_{10,mat}$



Blocco |  $\lambda_{10,unit}$



Prestazione Sistema | R



## Innovazione di Prodotto

### IDEA

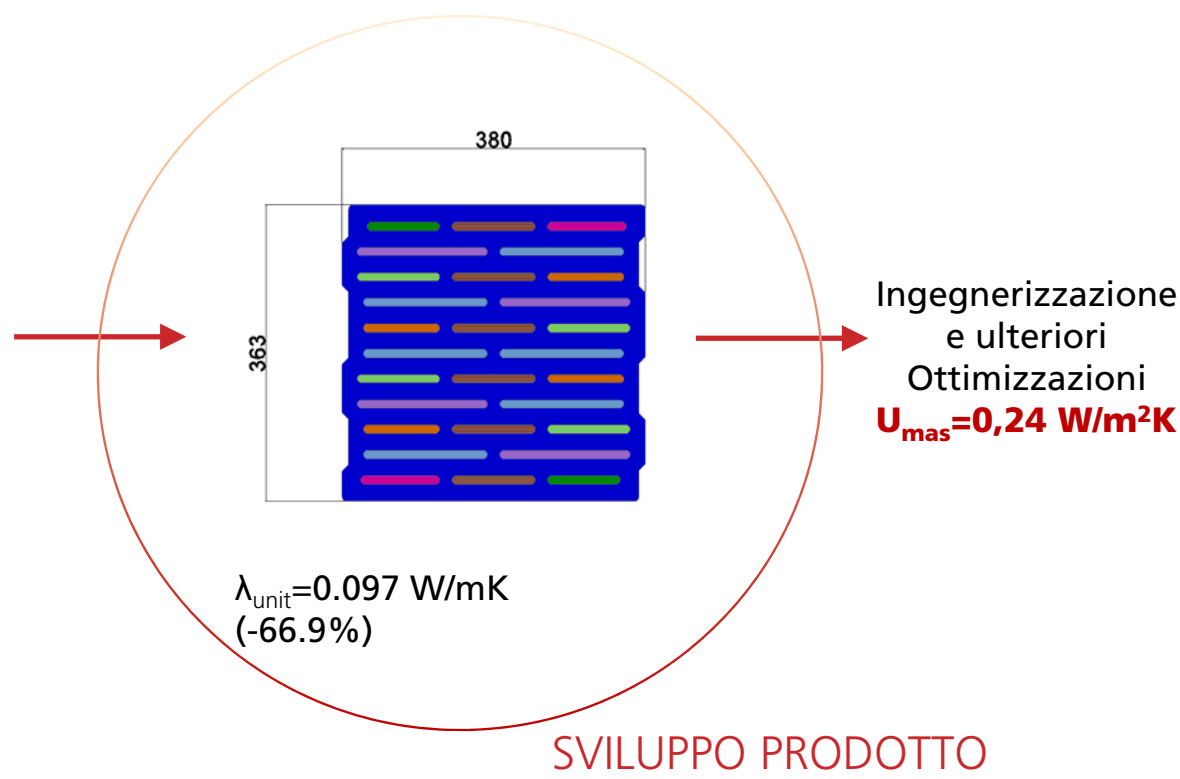
- ✓ Sviluppo di un nuovo “mix design” per l’impasto cementizio;
- ✓ Sviluppo di nuove geometrie di blocchi per muratura;

### MILESTONE

- ✓ Alleggerimento dell’impasto cementizio mediante inserimento di **Perlite Espansa**. Ottimizzazione del comportamento termico mediante riduzione della conducibilità termica;
- ✓ **Riduzione del contenuto di cemento** verso una **produzione eco-friendly** senza ridurre le prestazioni meccaniche – additivazione di **loppa d’altoforno** a granulometria controllata (effetto pozzolanico) e **fly ash** fino al 50% per valutare prestazioni energetiche ed ambientali;
- ✓ Sviluppo di **layout/geometrie** innovative ottimizzate per soddisfare i requisiti energetici, di trasporto ed installazione;



# Innovazione di Prodotto



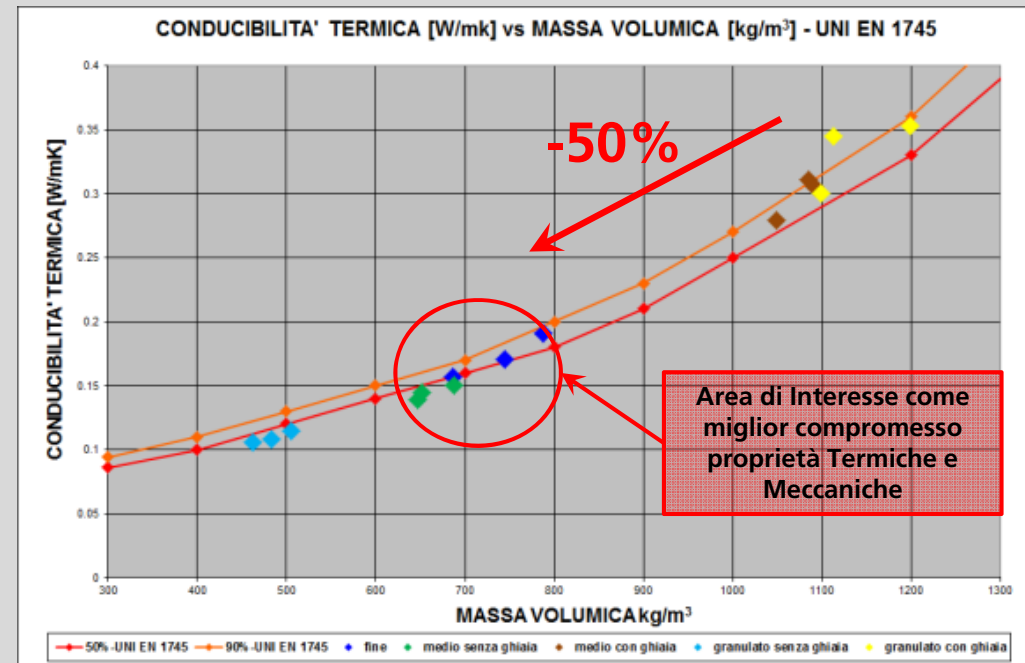
## Ottimizzazione dell'impasto

Analisi **TERMICA** comparativa su **cinque** differenti tipologie di impasto messe a punto da M.V.B. a base di perlite e cemento:

- ✓ **Influenza granulometria inerte;**
- ✓ **Valutazione della prestazione al variare della percentuale di perlite e cemento;**
- ✓ **Additivazione progressiva di Loppa d'Altoforno e Fly ash**

## Risultati:

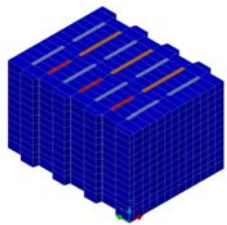
- ✓ Mappatura Conducibilità Termica vs Massa Volumica;
- ✓ Confronto con **Valori Tabellari** (UNI EN 1745);
- ✓ Scelta dell'**impasto di Riferimento** in relazione alle criticità del processo industriale: vibro-compressione, sformo, lavorabilità dell'impasto, stabilità dimensionale, ecc..



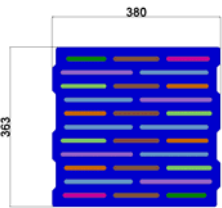
# Progettazione del Blocco innovativo mediante Strumenti di Modellazione Numerica

Simulazione termica e comparazione di 4 diversi layout mediante **FEM Numerical Modeling**:

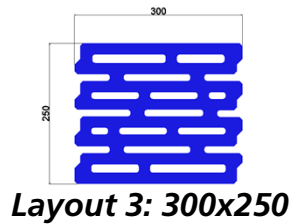
- ✓ Ottimizzazione dello spessore del Blocco;
- ✓ Ottimizzazione della geometria delle cavità d'aria e dei setti;
- ✓ Valutazione di soluzioni alternative con cavità riempite di perlite espansa o sola aria;



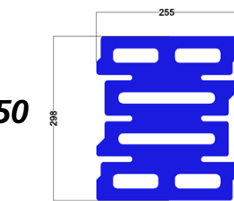
Layout 1: 300x400



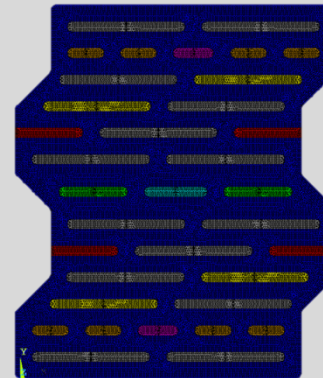
Layout 2: 380x360



Layout 3: 300x250



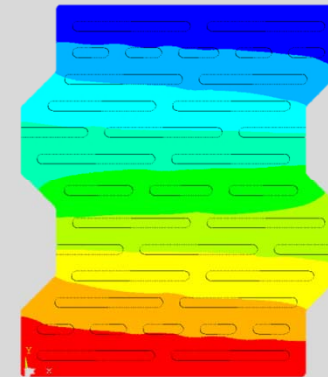
Layout 4: 255x300



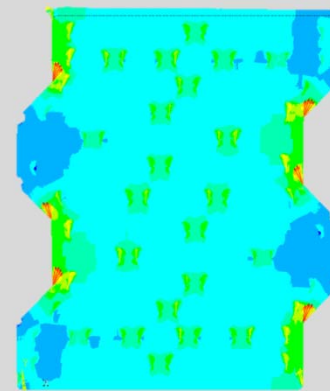
Mesh del blocco

$$\lambda_{unit} = 0.097 \text{ W/mK}$$

$$U_{mas} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$



Distribuzione delle Temperature



Andamento vettoriale flusso

OTTIMIZZAZIONI ULTERIORI...



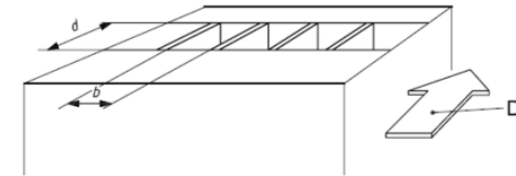
## Layout delle Cavità d'Aria

La **geometria delle cavità** influenza lo scambio termico per irraggiamento e convezione attraverso l'aria che le occupa.

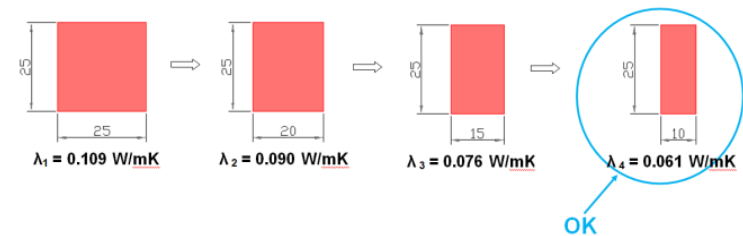
Definiti  $b$  e  $d$  i parametri geometrici caratteristici della cavità, è possibile osservare come la conducibilità equivalente delle cavità d'aria cambia con la dimensione.

Una **riduzione del 50% della dimensione perpendicolare al flusso termico ( $d$ ) comporta una riduzione globale della conducibilità equivalente della cavità fino al 44%.**

Viceversa, variazioni lungo la dimensione parallela ( $b$ ) non generano effetti significativi sulla conducibilità della cavità nel suo complesso.



### ⊥ al flusso termico



### // al flusso termico

$b(\text{mm})$	$\lambda_{\text{eq}} \text{ (W/mK)}$	$\Delta \lambda_{\text{equ}} \%$
15	0.058	-4.9
20	0.060	-1.6
25	0.061	0.0
30	0.061	0.0
35	0.062	1.6
48	0.063	3.2





# Emissività delle Cavità ( $0 < \epsilon < 1$ )

Parametro relativo allo scambio termico per **irraggiamento**.

In assenza di specifiche, il valore comunemente impiegato nei calcoli, è pari a **0,9**.

Riducendo l'emissività delle superfici interne alla cavità d'aria si riduce la conducibilità termica della medesima cavità fino al **50%** (Tab. 1) e fino al **30%** per il blocco nel suo complesso (Tab 2)

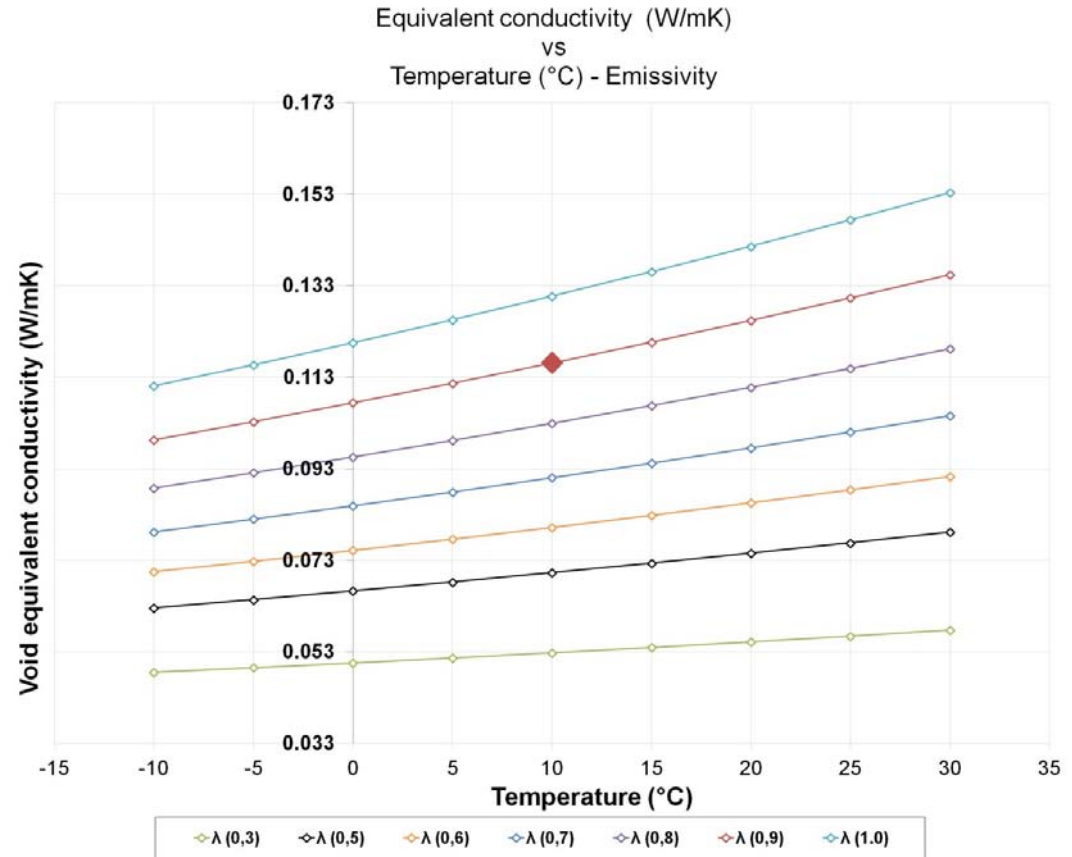


$T_m$ (°C)	$\epsilon$	$\lambda_{eq}$ (W/mK)	$\Delta \lambda_{eq}$ %
10	0.7	0.0910	-21.04
10	0.5	0.0703	-39.05
10	0.3	0.0528	-54.21

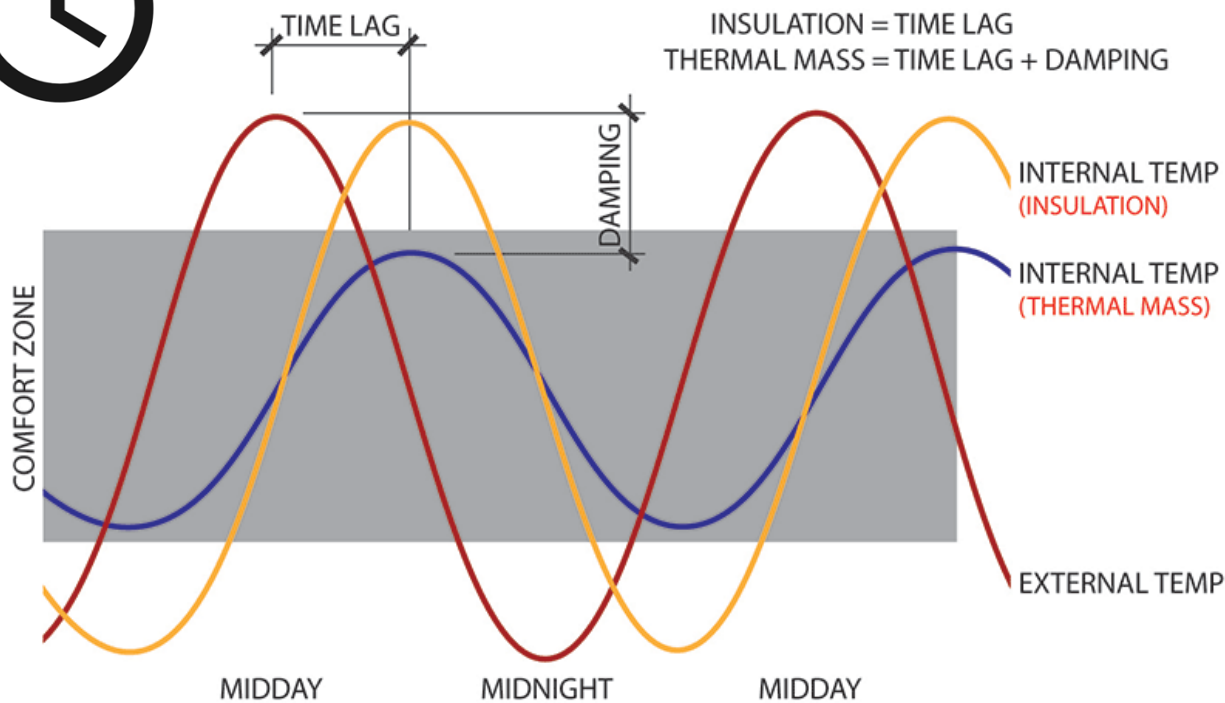
Tab. 1 Single void equivalent conductivity

$T_m$ (°C)	$\epsilon$	$\lambda_{equ}$ (W/mK)	$\Delta \lambda_{equ}$ %
10	0.7	0.1897	-10.17
10	0.5	0.1609	-23.81
10	0.3	0.1408	-33.33

Tab. 2 Masonry unit equivalent conductivity



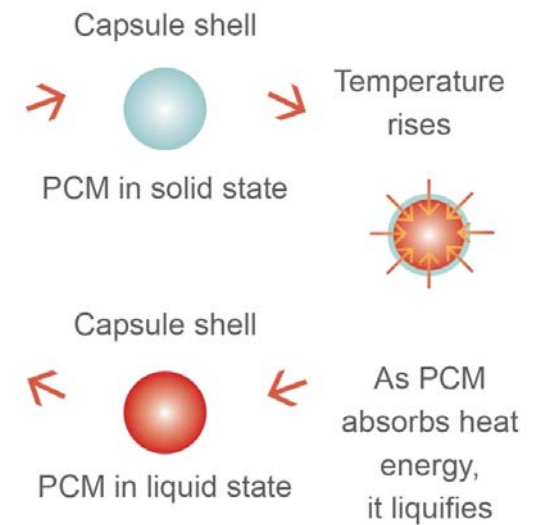
# Riempimento con Materiali innovativi – P.C.M.



As PCM solidifies, heat energy is released back into the environment



Temperature falls





**01** Contesto di Riferimento : i numeri e le opportunità

**02** Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

**03** Application 2 | Materiali innovativi di rivestimento per pavimentazioni radianti

**04** Application 3 | Sistemi isolanti a basso spessore per la riqualificazione di edifici storici

**05** Application 4 | Case-study Progetto Green Port Ravenna

## OMISSIS – Materiale Riservato





**01** Contesto di Riferimento : i numeri e le opportunità

**02** Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

**03** Application 2 | Materiali innovativi di rivestimento per pavimentazioni radianti

**04** Application 3 | Sistemi isolanti a basso spessore per la riqualificazione di edifici storici

**05** Application 4 | Case-study Progetto Green Port Ravenna

# Agenda

## Sistemi innovativi per la riqualificazione di edifici «Storici»

- ✓ Si stima che il **98% degli edifici che saranno presenti tra 50 anni sono già stati costruiti**, mentre le nuove costruzioni costituiranno solo il **2% sul totale**.
- ✓ Patrimonio immobiliare italiano secondo più vecchio d'Europa (la maggior parte delle abitazioni ha più di **40 anni**).
- ✓ **76% del patrimonio edilizio esistente italiano** è antecedente al **1976** e la prestazione energetica si colloca tra **200 e 250 kWh/m2anno** (edifici "colabrodo")
- ✓ Stock edilizio di oltre **2.3 milioni in condizioni manutentive mediocri** (Dati CRESME).
- ✓ Oltre il **20%** di tali abitazioni sono concentrate nel **centro storico** e **soggette a vincoli dettati dal Regolamenti Edilizi Urbani** che pongono limiti agli interventi in facciata.

Con un tasso di riqualificazione annuo del **5%**, sarebbe possibile riqualificare circa **250.000 abitazioni/anno**, innescando un circolo virtuoso di carattere economico e occupazionale e sostenendo uno **sviluppo sostenibile senza ulteriore consumo di suolo**

*(target European Environmental Agency).*



## Come riqualificare edifici «in centro storico»?

Quali strategie per l'involucro edilizio?

Sistemi che agiscano dall'**interno** lasciando intaccata la facciata

- **+ Riduzione Costi ponteggio**
- + Rapidità di installazione**
- Riduzione delle Volumetrie disponibili**
- Gestione delle «condense»**

Dove si riesce ad arrivare in termini di performance?

Il livello **nZEB** è **pressoché irraggiungibile**, nell'ambito dei + e dei - citati

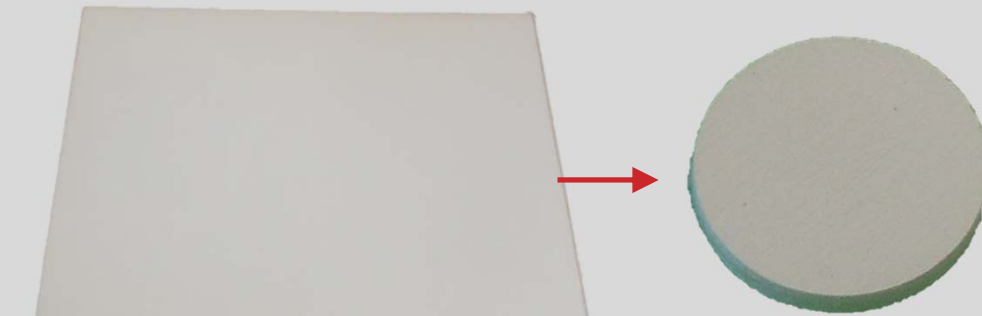
↓  
**Compromesso prestazione-costi-comfort**  
**Considerati i «vincoli» al contorno**



## Come riqualificare edifici «in centro storico»?

In questo contesto sono stati testati e ottimizzati molteplici **sistemi multi-layer a spessore ridotto (8mm .ca)** per applicazioni interne:

- *Collante cementizio*
- *Materassino isolante in fibra naturale **5 mm***
- *Rasatura armata*
- *Pittura **Termoriflettente** (lato interno)*



Contributo all'isolamento termico mediante **ottimizzazione Conducibilità Termica e Emissività termica.**

Contributo allo scambio termico

**CONDUTTIVO e RADIATIVO**





# Come riqualificare edifici «in centro storico»?

Risultati: ( $s = 8\text{mm}$ )

## Ciclo Multistrato

- *Conducibilità termica a 10 °C:* **0,095 W/mK**
- *Resistenza Termica:* **0,084 m<sup>2</sup>K/W**
- *Emissività Termica:* **0,59**

**Conducibilità Termica ottimizzata**

**<<0,9**

**Resistenza superficiale  
ottimizzata: incremento del 31%  
(da 0,13 a 0,17 m<sup>2</sup>K/W)**

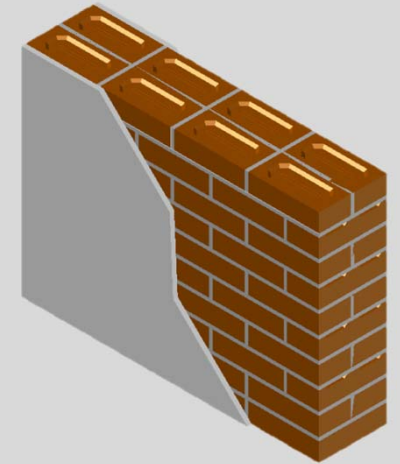
**...nulla di entusiasmante??**



# Come riqualificare edifici «in centro storico»?

Calcoli in parete

Dati di input del calcolo – Parete A		
	Caratteristiche Dimensionali (mm)	Proprietà termiche:
<b>Mattone in Laterizio Pieno + Giunti di malta Tradizionale</b>	275x150x55 Spessore Giunti = 12	Resistenza Termica <b>0.47 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>Intonaco a Base calce e gesso</b>	Spessore = 15	Conducibilità Termica <b>0.700 W/mK</b>



Struttura tipica del dopo guerra: bimattone pieno a due teste, intonaco di calce e gesso

$$RT = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 1,48 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Ciclo Multistrato (8mm,  $\epsilon \downarrow \downarrow$ )**

$$U = 1,27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**-14,2%**

## Come riqualificare edifici «in centro storico»?

Quindi:

Riduzione **U del 14,2%**: tanto in «relativo», poco in termini «assoluti», ma:

- **Compatibilità Materiali Garantita,**
- **Elevata Traspirabilità** (riduzione rischio formazione condense) –  $S_D = 0,28 \text{ m}$

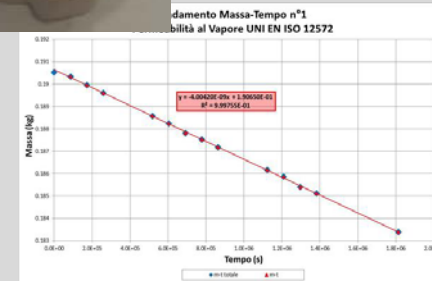
Ottimizzando ulteriormente le proprietà di scambio termico per irraggiamento si può arrivare a:

$$\epsilon = 0,3$$



**Resistenza superficiale  
ottimizzata: incremento del 82%**  
(da  $0,13$  a  $0,237 \text{ m}^2\text{K/W}$ )

$$U = 1,17 \text{ W/m}^2\text{K} \longrightarrow -21\%$$





**01** Contesto di Riferimento : i numeri e le opportunità

**02** Application 1 | Blocchi per muratura ad alte prestazioni termiche ed elevata percentuale di MPS

**03** Application 2 | Materiali innovativi di rivestimento per pavimentazioni radianti

**04** Application 3 | Sistemi isolanti a basso spessore per la riqualificazione di edifici storici

**05** Application 4 | Case-study Progetto Green Port Ravenna

# OBIETTIVI PROGETTO GREEN PORT

*Linea di Ricerca 2*

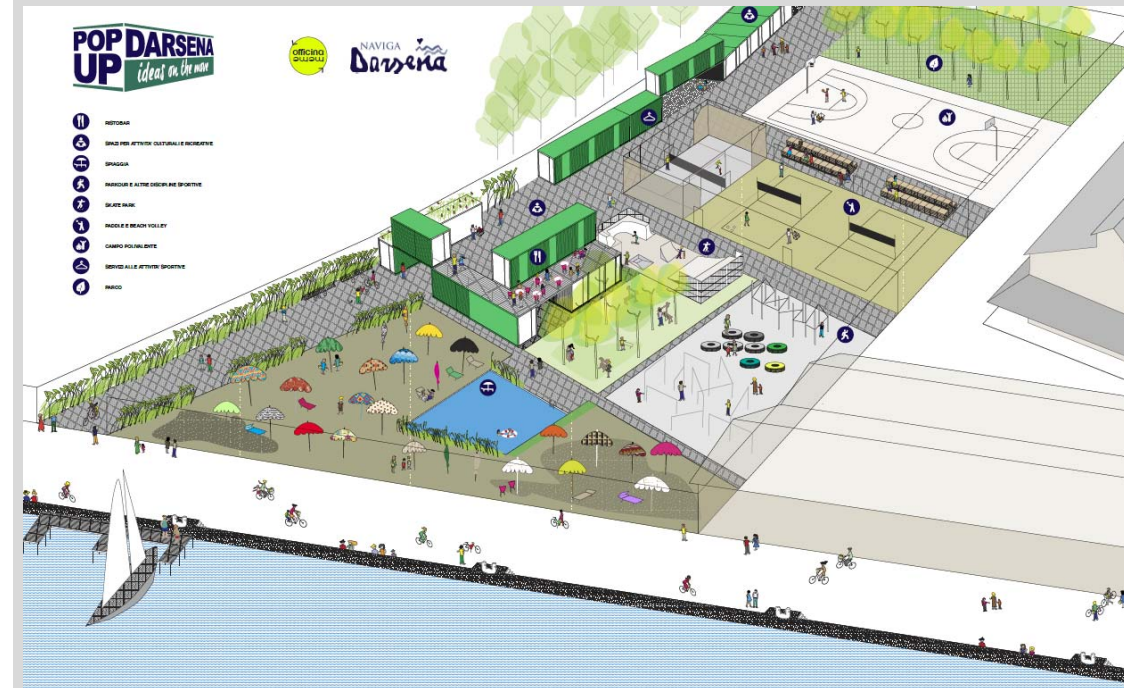
- ✓ Analisi del **fabbisogno energetico** delle strutture edilizie esistenti e delle infrastrutture strategiche che caratterizzano l'area portuale
- ✓ Definizione e **sviluppo di soluzioni di involucro** innovative e cost-effective idonee alla riduzione del fabbisogno energetico e dei consumi degli edifici esistenti
- ✓ **Installazione di sistemi dimostrativi prototipali** a basso impatto per la riqualificazione degli edifici strategici



## CASE-STUDY POP UP DARSENA

### Attività a Supporto di MEME Exchange e Ass.ne Navigare in Darsena

- ✓ Ricerca di **soluzioni energeticamente efficienti** ed economicamente sostenibili per la riqualificazione ad uso civile di **container** inizialmente ad uso industriale (stivaggio e trasporto)
- ✓ Definizione degli **scenari di intervento** a differenti gradi di impatto tecnologico ed economico
- ✓ Valutazione del **fabbisogno di energia primaria in regime INVERNALE ed ESTIVO** dei container adibiti a molteplici destinazioni d'uso
- ✓ Determinazione delle **Potenze necessarie per la corretta climatizzazione, produzione di ACS e ventilazione**



Ricerca di soluzioni energeticamente efficienti ed economicamente sostenibili per la riqualificazione ad uso civile di container inizialmente ad uso industriale (stivaggio e trasporto):

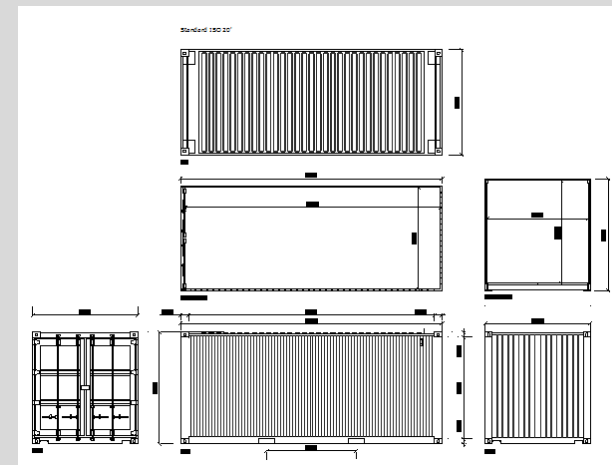
- ✓ **Analisi di involucro Container** (pareti perimetrali, copertura, pavimentazione, nodi con funzione strutturale, sistemi Twistlock) – **20" / 40" high Cube**
- ✓ **Analisi Orientazione** (Orientazioni tipo) e **Destinazioni d'uso**
- ✓ **Identificazione superfici disperdenti** (calcolo conservativo)



Dettaglio Costruttivo Connessione



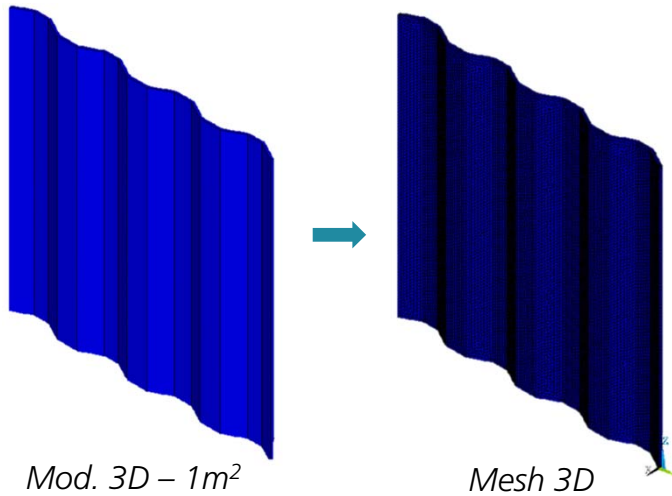
Assemblaggio in SITU – Zona Ristorante



Viste DWG Container Standard

Ricerca di soluzioni energeticamente efficienti ed economicamente sostenibili per la riqualificazione ad uso civile di container inizialmente ad uso industriale (stivaggio e trasporto):

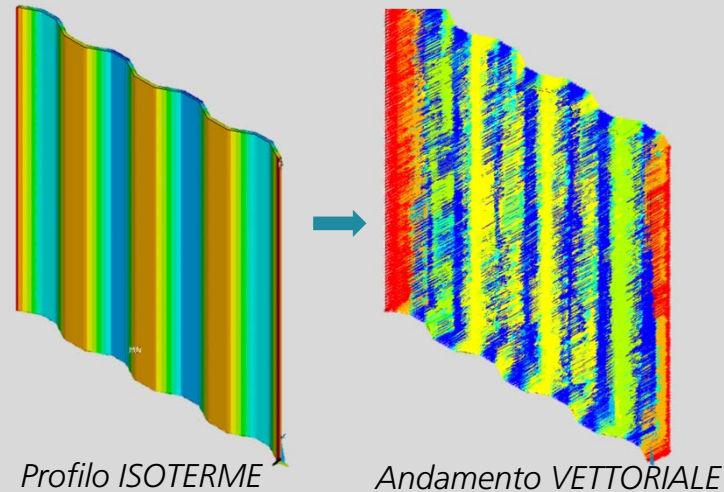
- ✓ **Analisi preliminare materiali impiegati**
- ✓ **Definizione della superficie specifica di Scambio** (-0,5% U)



Dettaglio Intercapedine



Dettaglio Layout Interno – connessione copertura/pareti perimetrali e cavità di ventilazione





## Definizione degli Scenari di Intervento

Definizione degli scenari di intervento a differenti gradi di impatto tecnologico ed economico

### ✓ Soluzioni di Isolamento Pareti Perimetrali

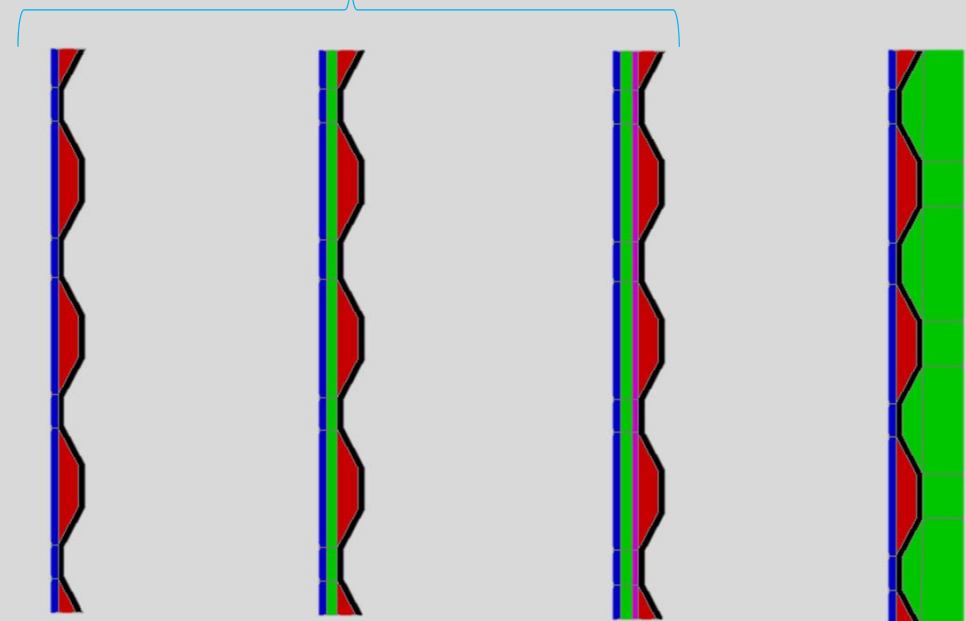
- **Isolamento dall'interno** (resa estetica inalterata) per container «esposti»
- **Isolamento dall'esterno** per container affiancati non direttamente «esposti»
- Accoppiato **Cartongesso-Isolante a spessore ridotto** (30 mm). Valutazione soluzioni alternative a diverso impatto economico
- **Intercapedine d'aria ventilata** per ridurre le problematiche di condensa e ampliamento **fori di ventilazione**
- Valutazione applicazione **sistemi di rivestimento termo-riflettenti e basso-emissivi** – incremento di performance a parità di spessore

## Sezioni 2D del Modello di Calcolo

05

INT

EXT



1-Cartongesso, Aria

2-Cartongesso,  
Isolante, Aria

3-Cartongesso,  
Isolante, Intercapedine  
Ventilata, Aria

4-Cartongesso,  
Isolante ext in  
intercapedine



## Definizione degli Scenari di Intervento

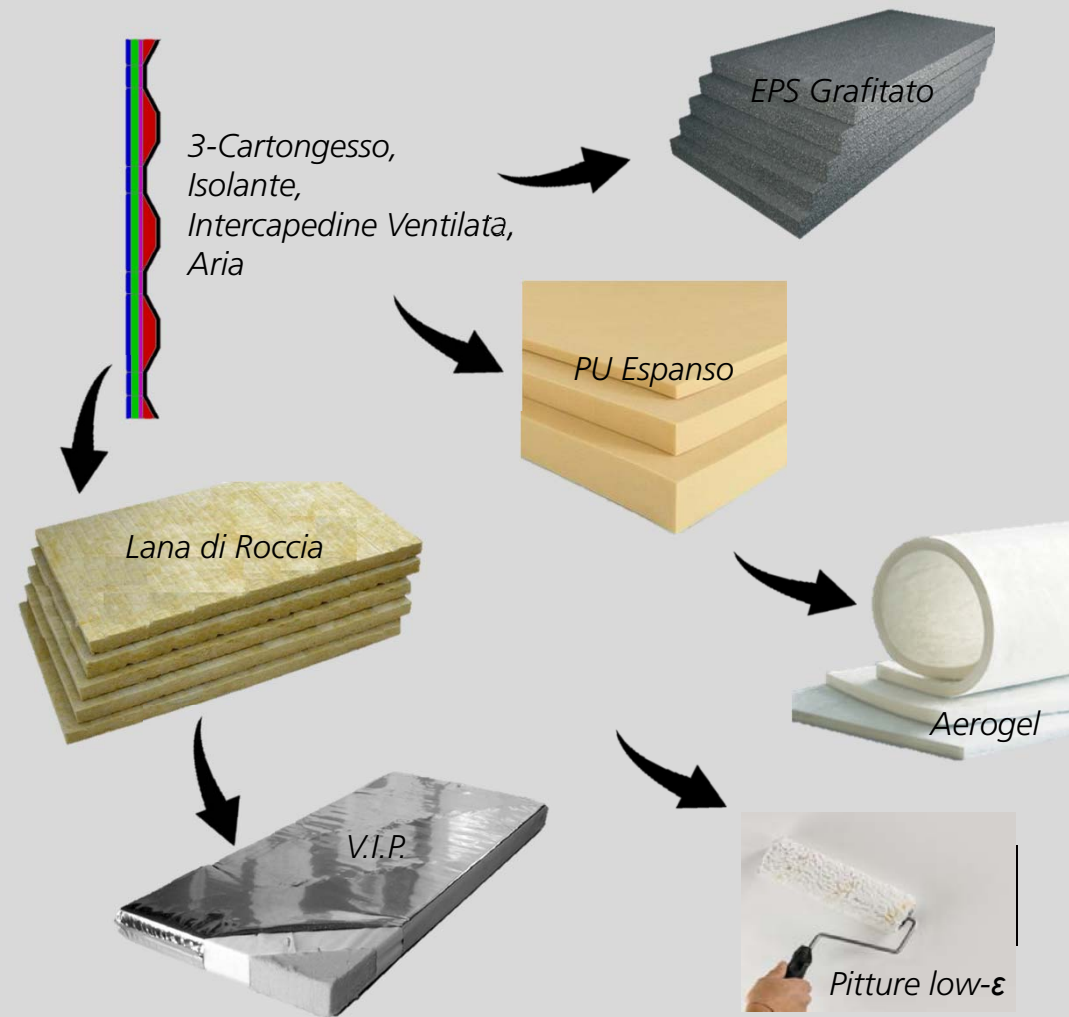
Definizione degli scenari di intervento a differenti gradi di impatto tecnologico ed economico

### ✓ Soluzioni di Isolamento Pareti Perimetrali

- Isolamento dall'interno (resa estetica inalterata)
- Accoppiato Cartongesso-Isolante a spessore ridotto (30 mm). Valutazione soluzioni alternative a diverso impatto economico
- Intercapedine d'aria ventilata per ridurre le problematiche di condensa e ampliamento fori di ventilazione
- Valutazione applicazione sistemi di rivestimento termoriflettenti e basso-emissivi – incremento di performance a parità di spessore

## Sezioni 2D del Modello di Calcolo

05

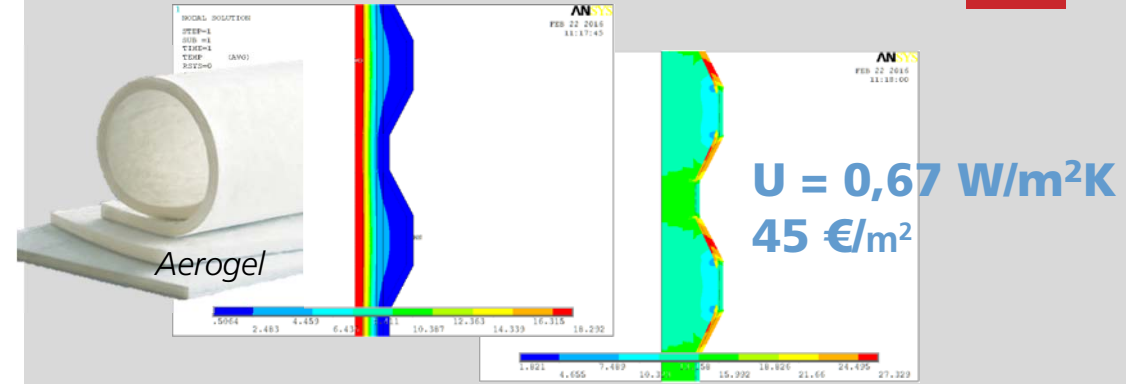
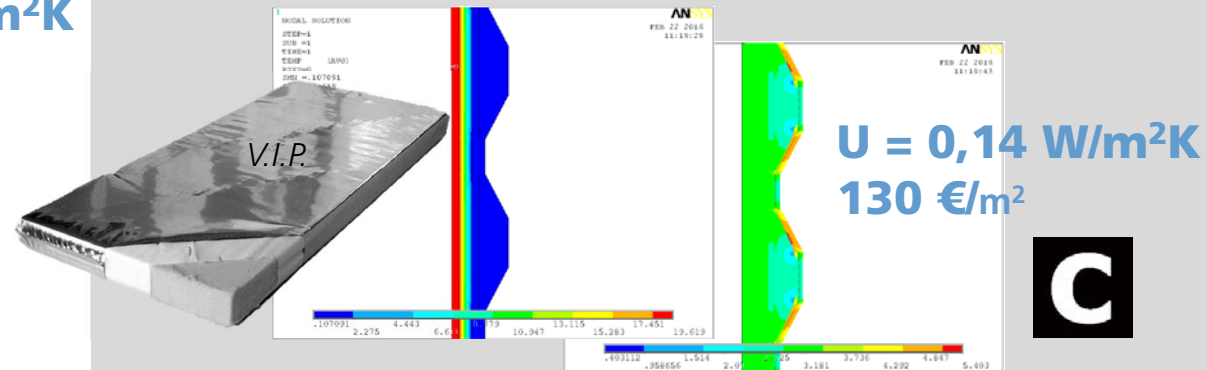
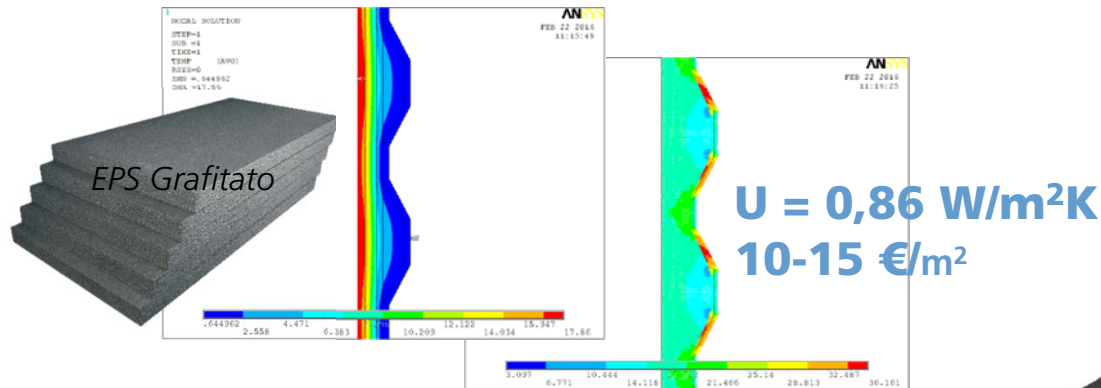


# Risultati

## ✓ Soluzioni di Isolamento Pareti Perimetrali

Stato di fatto – Lamiera in Corten sp. 10 mm ( $\lambda = 50 \text{ W/mK}$ )

- 12 mm Cartongesso
- 20 mm isolante
- 10 mm intercapedine d'aria ventilata



## Definizione degli Scenari di Intervento

Definizione degli scenari di intervento a differenti gradi di impatto tecnologico ed economico

### ✓ Soluzioni di Isolamento Copertura / Pavimentazione

- **Isolamento dall'esterno**
- Cartongesso interno + Isolante a spessore (70-100 mm). Valutazione soluzioni alternative a diverso impatto economico
- **Intercapedine** d'aria ventilata per garantire **passaggio cavi e HVAC**
- Valutazione applicazione **sistemi di rivestimento termo-riflettenti o tetti verdi all'esterno** per ridurre i carichi termici estivi

### Sezioni 2D del Modello di Calcolo

05



Cartongesso,  
Intercapedine Ventilata,  
isolante esterno



Pavimento in Legno,  
isolante a chiudere



Lana di Roccia



Perlite Espansa

Cellulosa fiocchi

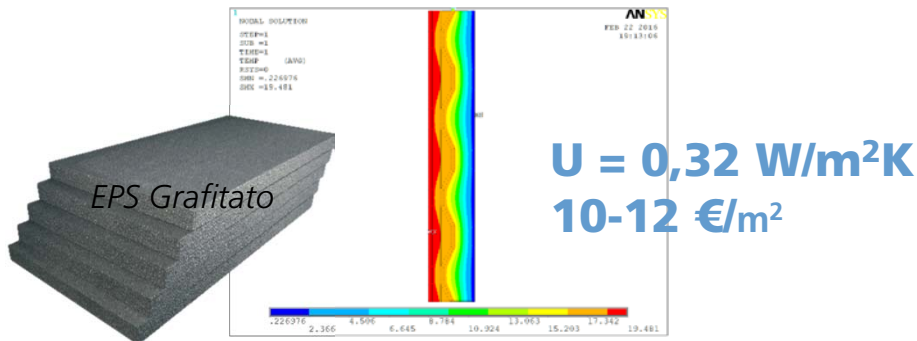


## ✓ Soluzioni di Isolamento in Copertura

Stato di fatto :

Lamiera in Corten sp. 10 mm ( $\lambda = 50 \text{ W/mK}$ )

- 12 mm Cartongesso
- 30 mm intercapedine d'aria ventilata interna
- 70-100 mm isolante



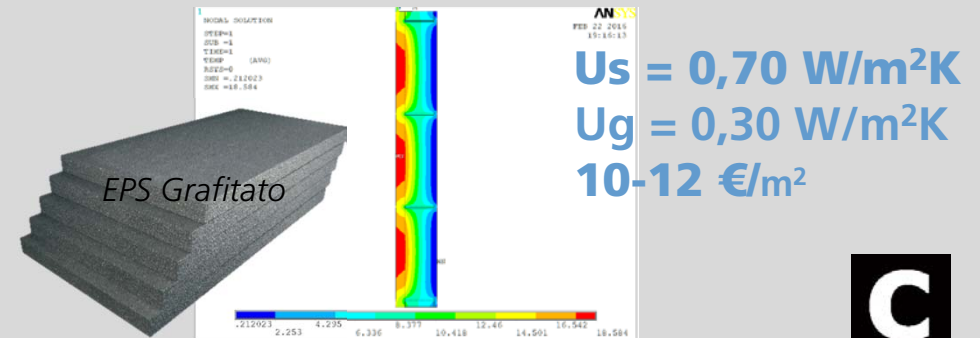
## ✓ Soluzioni di Isolamento in Pavimentazione

Stato di fatto :

Traversi in Corten sp. 4,5 mm ( $\lambda = 50 \text{ W/mK}$ )

Pavimentazione sp. 40 mm .ca in Compensato ( $\lambda = 0,44 \text{ W/mK}$ )

- 100 mm isolante a riempire
- Compensato a chiudere
- Riempimento giunti strutturali con materiali incoerenti per correzione ponti termici



## Carico termico invernale



### UNI 12831

La norma UNI 12831 fornisce metodi di calcolo **stazionario** delle dispersioni termiche di progetto e del carico termico in condizioni di progetto in assenza di apporti solari «gratuiti».

$$\dot{Q} = \dot{Q}_T + \dot{Q}_V + \dot{Q}_{RH} \quad [W]$$



$$\dot{Q}_T = H_T (T_{int} - T_{prog}) \quad [W]$$

Dispersioni per trasmissione



$$H_T = \underbrace{UA}_{\text{Pareti}} + \underbrace{\psi l}_{\text{Ponti termici}}$$



$$\dot{Q}_V = H_V (T_{int} - T_{prog}) \quad [W]$$

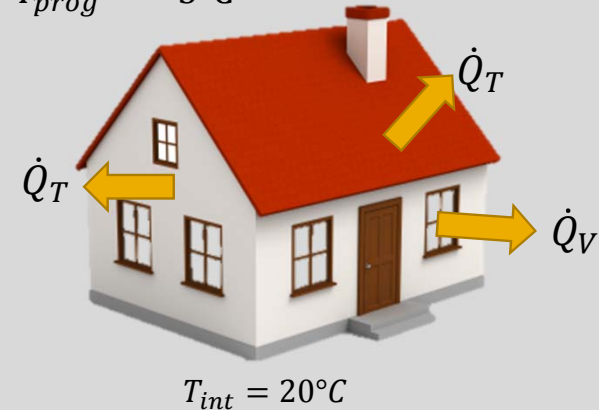
Dispersioni per ventilazione



$$\dot{Q}_{RH} \quad [W]$$

Potenza di ripresa impianto

$$\text{Fascia E} - T_{prog} = -5^\circ C$$



## Acqua Calda Sanitaria

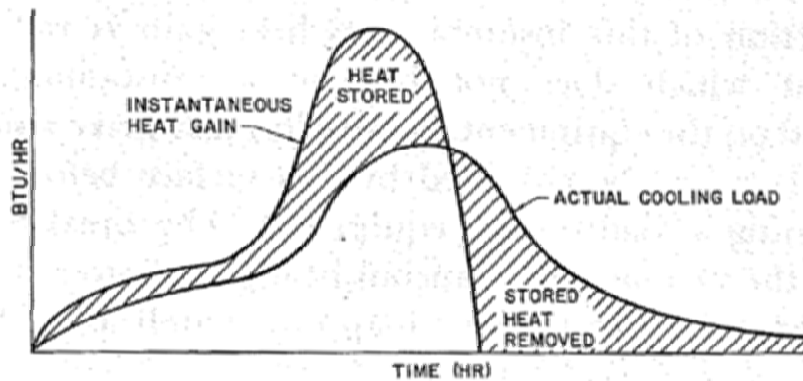
Potenza istantanea di acqua calda richiesta da docce, lavabo, lavastoviglie...

$$\dot{Q}_{ACS} = \Sigma \rho c V (40^\circ C - 15^\circ C) t \quad [W]$$

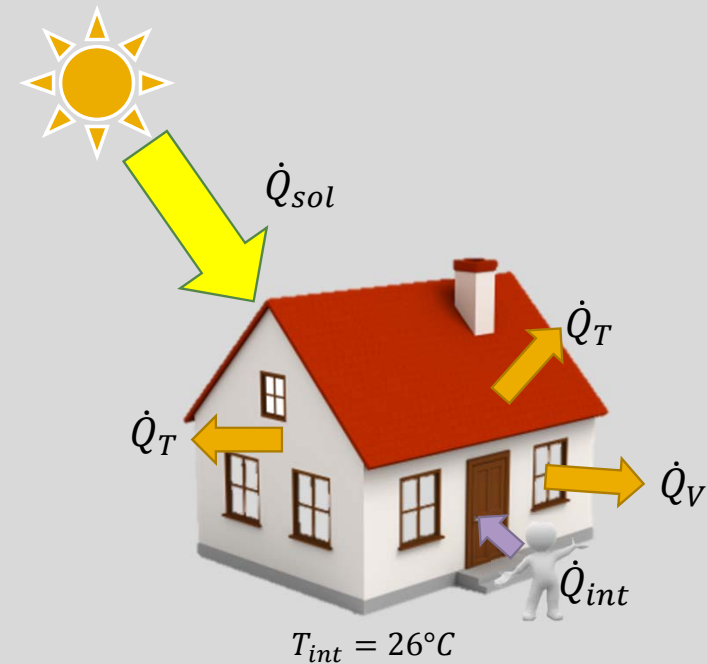
## Carico termico estivo



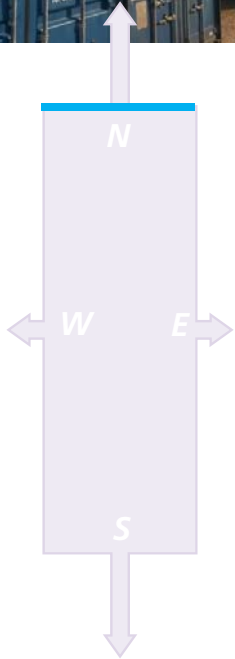
I carichi termici sono estremamente variabili nel corso della giornata e strettamente influenzati dalle **caratteristiche inerziali delle strutture**, responsabili di fenomeni di **attenuazione e sfasamento** temporale del carico termico effettivo rispetto all'apporto di calore istantaneo.



Per questo il sistema **non** può essere considerato in regime stazionario e viene utilizzato, per le analisi energetiche estive, il **metodo delle funzioni di trasferimento (TFM)**, che tiene in considerazione i fabbisogni dell'edificio insieme ai consumi del sistema HVAC.



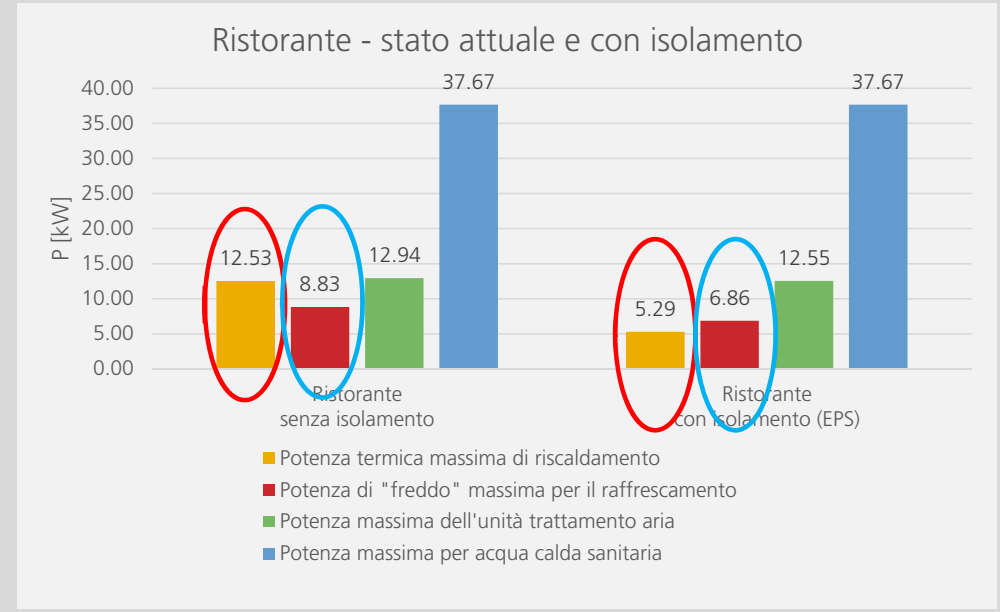
# Risultati Caso Ristorante



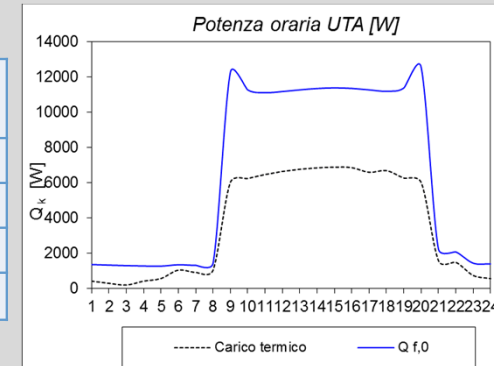
Parete laterale		
	Spessore [m]	Conducibilità termica [W/mK]
Lamiera	0,01	50
Intercapedine aria	0,01	0,067
Isolante - EPS	0,02	0,031
Cartongesso	0,012	0,21
U		0,87 W/m2K

Soffitto		
	Spessore [m]	Conducibilità termica [W/mK]
Lamiera	0,01	50
Intercapedine aria	0,03	0,067
Cartongesso	0,012	0,21
Isolamento EPS	0,07	0,031
U		0,32 W/m2K

Pavimento		
	Spessore [m]	Conducibilità termica [W/mK]
Legno compensato	0,03	0,44
U		0,27 W/m2K



	P [kW]
Potenza termica di riscaldamento	<b>5,29</b>
Potenza termica di raffrescamento	<b>6,86</b>
Potenza progetto UTA	<b>12,55</b>
Potenza picco per ACS	<b>37,67</b>







## Contatti



Via Granarolo 62, 48018 Faenza (RA), Italy



+39 0546 678548



[www.certimac.it](http://www.certimac.it)



[l.laghi@certimac.it](mailto:l.laghi@certimac.it)



[www.slideshare.com/CertiMaC](http://www.slideshare.com/CertiMaC)



[www.linkedin.com/company/certimac](http://www.linkedin.com/company/certimac)



[twitter.com/tecnopolomital](https://twitter.com/tecnopolomital)

