

Definizione di pareti di tamponamento ad altissime prestazioni per edifici **nZEB** nel clima Mediterraneo mediante analisi multi - obiettivo



Ing. Cristina Baglivo – Ing. Paolo Maria Congedo





Bari, 2-3 dicembre 2013

www.greencityenergy.it

Gli edifici innovazione habitat tecnologia **a energia zero** vanguardia edificio

DIRETTIVA EUROPEA 31/2010/UE

«Edificio che ha un rendimento molto elevato di energia ...[.]. L'importo quasi pari a zero o molto basso di energia necessaria deve in misura molto significativa essere coperto da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia rinnovabile prodotta in loco o nelle vicinanze».

- 1) **non definisce** una soglia precisa dei consumi energetici
- 2) si limita a stabilire “**l'eventualità**” di produrre in loco l'energia rinnovabile
- 3) non fa alcun riferimento alla **sostenibilità bio-ecologica** del processo edilizio, dei materiali e delle tecnologie costruttive impiegate.

“Edifici a energia quasi zero” come un futuro obbligo di attuare a partire dal 2019 in poi per gli edifici pubblici, e dal 2021 in poi per tutti i nuovi edifici.

La direttiva EPBD **non prescrive** un **approccio uniforme** e non descrive una metodologia di calcolo del bilancio energetico. Richiede agli Stati membri di elaborare piani nazionali specificamente progettati.



La ricerca della **stratigrafia ottimale** è avvenuta mediante comparazione di un elevato numero di combinazioni con tipici materiali da costruzione e materiali di ultima generazione, materiali naturali o derivanti da attività di recupero e riciclo.



fibra di legno pannelli flessibili - rigidi
 lana di legno
 pannelli di sughero espansi
 pannelli morbidi in fibre di cellulosa
 fibre di kenaf - canapa - lino - cocco -mais
 lana di pecora
 granuli di perlite espansa
 vermiculite espansa
 vetro granulare espanso
 calce cemento cellulare
 vetro cellulare
 isolante poliuretano espanso
 isolante Multipor
 polietilene espanso
 pannelli di sughero espanso
 malta di cemento

intonaco a calce idraulica
 intonaco di calce e gesso
 intonaco di gesso puro
 intonaco premiscelato pronto

laterizio forato
 Calcestruzzo
 blocchi in cemento alleggerito con argilla espansa
 mattone in terra cruda
 bimattone bolognesi
 blocco21 fori
 blocco svizzero
 doppio uni
 Neomoltifori
 super 12*25*19
 Biomattone
 Tufo
 Perlitech blocco termico
 lecablocco fonoisolante

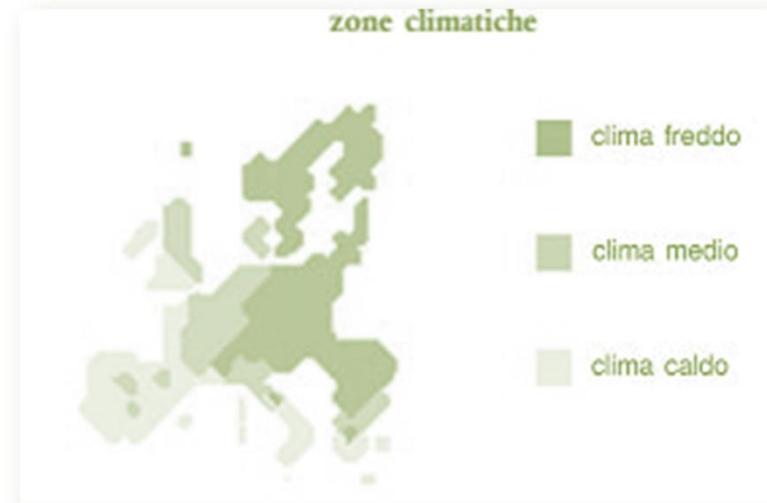


L'analisi è avvenuta tramite comparazione di proprietà termiche quali: la trasmittanza stazionaria, la trasmittanza termica periodica, il fattore di attenuazione, lo sfasamento, Cip e altre variabili come il costo del pacchetto, la percentuale di materiali eco – compatibili e lo spessore totale.

OUTPUT	
Variabile	Descrizione
fd	fattore di attenuazione
sfas	sfasamento
Y	trasmittanza termica periodica
Cip	Capacità termica aerea lato interno
U	Trasmittanza stazionaria
Yii	Ammetenza termica lato interno
Yee	Ammetenza termica lato esterno
prezzo_mq	Costo del pacchetto al mq
perc_nat	Percentuale materiali eco - compatibili
Stot	Spessore totale
ms	massa superficiale totale (escluso intonaci)



Edifici costruiti in zone climatiche continentali utilizzano tecniche di super isolamento, pareti multistrato leggere.



Gli edifici ad alta efficienza energetica costruiti in Europa adottano prevalentemente la tecnologia delle **pareti multistrato leggere** con materiali strutturali a bassa densità ed **isolanti termici ad elevato spessore** (anche 20-30 cm), a **basso peso specifico** e **bassa massa di accumulo**, per ottenere valori di **trasmissione termica stazionaria molto bassi** (inferiori a 0,15 W/m²K).

Un' ottima coibentazione termica riduce le dispersioni termiche garantendo al contempo temperature superficiali interne più elevate in inverno e più contenute d' estate.



Questa tipologia di involucro “iperisolata”, caratterizzata da una bassa massa termica e, quindi, da una limitata inerzia termica, non permette di “scaricare” adeguatamente nelle ore notturne il calore accumulato **innescando un processo di surriscaldamento.**

In zone climatiche calde e temperate, come l’area del **Bacino del Mediterraneo**, il sovraccarico termico risulta spesso irreversibile se non vi è, nella costruzione, un perfetto controllo delle fonti di irraggiamento solare (effetto serra) ed un’adeguata gestione degli apporti gratuiti di calore all’interno dell’edificio.

Con questa tipologia di involucro non è possibile sfruttare i benefici dei sistemi passivi di riscaldamento, vista la limitatezza e la mancanza di superfici dotate di massa di accumulo termico in grado di immagazzinare il calore quando necessario per poi distribuirlo agli spazi interni quando l’effetto del guadagno solare cessa.





Nassim Yaris © 2009

Per edifici progettati in climi caldi l'aspetto fondamentale è la massa di accumulo, adeguata ammettenza e sufficiente **Cip**

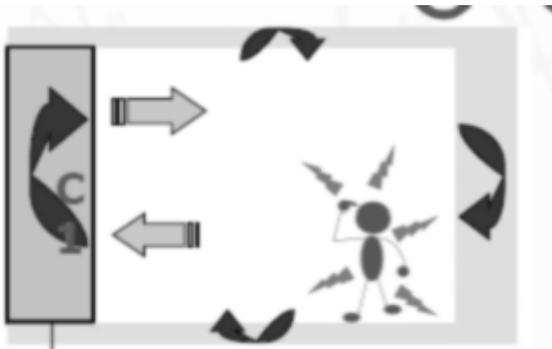
Entra in gioco un'altra proprietà termica dinamica

CAPACITA' TERMICA AREICA INTERNA PERIODICA (C1)

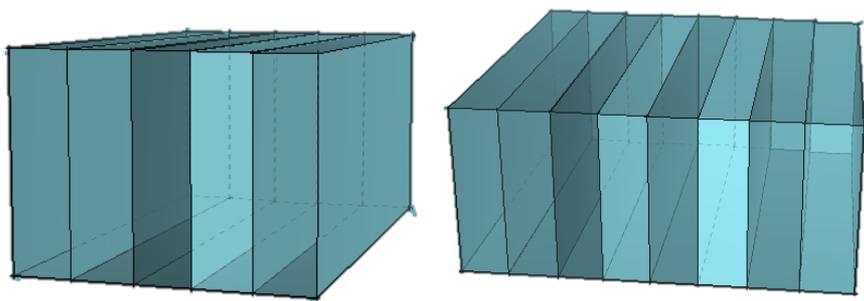


Fattore di inerzia

- Capacità effettiva di accumulo di energia sul lato interno parete



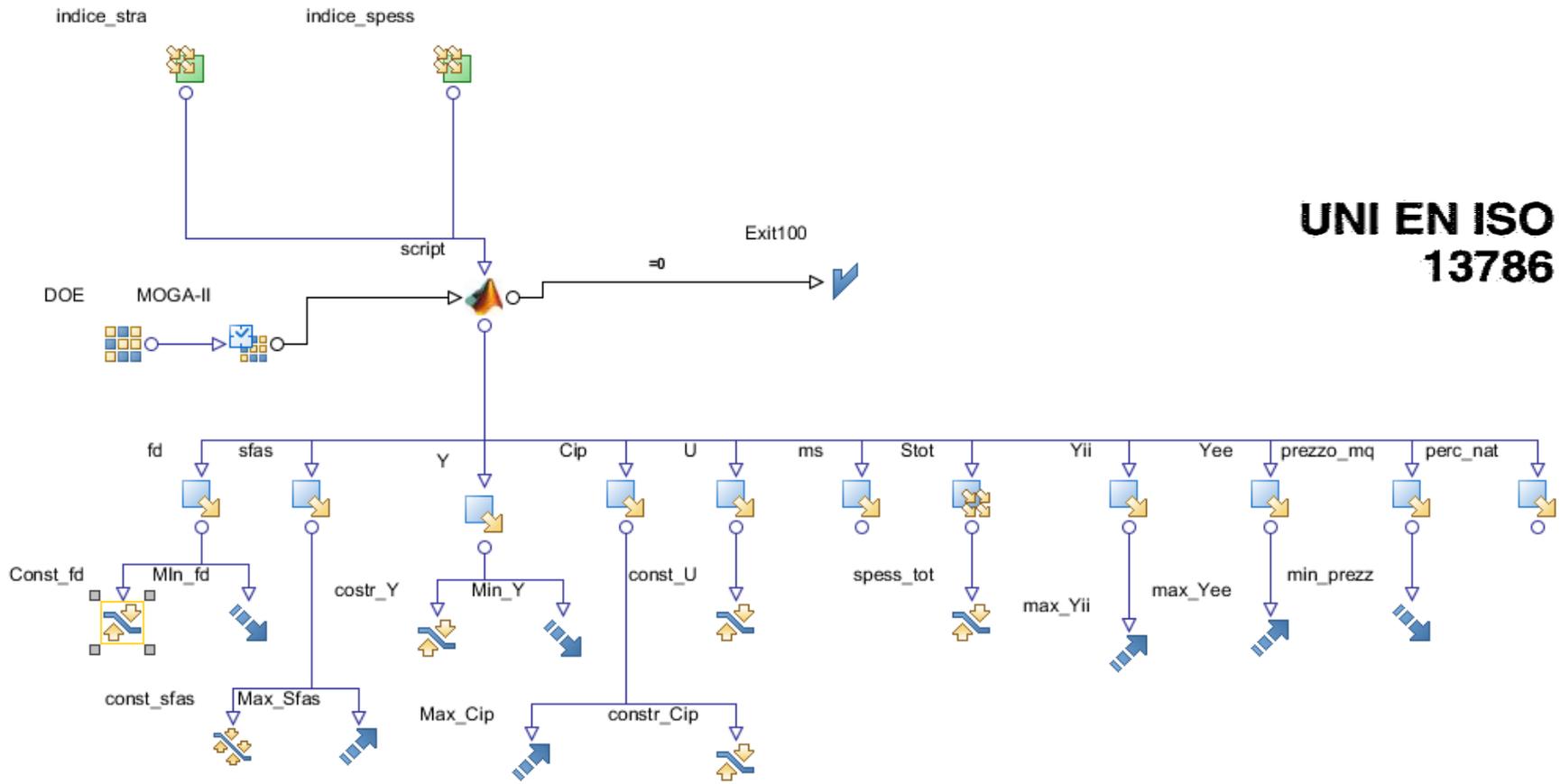
Il Software *Modefrontier* ha consentito l'ottimizzazione multi-obiettivo.
Ha permesso numerosissime combinazioni.



INPUT			
	Variabile	Descrizione	Range
interno			
indice materiali	1	indice relativo allo strato 1	[1 48]
	2	indice relativo allo strato 2	[1 48]
	3	indice relativo allo strato 3	[1 48]
	4	indice relativo allo strato 4	[1 48]
	5	indice relativo allo strato 5	[1 48]
	6	indice relativo allo strato 6	[1 48]
	7	indice relativo allo strato 7	[1 48]
	8	indice relativo allo strato 8	[1 48]
esterno			
interno			
indice spessori	1	indice relativo allo strato 1	[1 12]
	2	indice relativo allo strato 2	[1 12]
	3	indice relativo allo strato 3	[1 12]
	4	indice relativo allo strato 4	[1 12]
	5	indice relativo allo strato 5	[1 12]
	6	indice relativo allo strato 6	[1 12]
	7	indice relativo allo strato 7	[1 12]
	8	indice relativo allo strato 8	[1 12]
esterno			

Tabella: Variabili in input relativi alla simulazione





UNI EN ISO 13786





Bari, 2-3 dicembre 2013

www.greencityenergy.it

Trasmittanza termica periodica [W/m²K]

Capacità termica areica interna periodica [kJ/m²K]

$$Y_{ie} \leq 0,04$$

$$C_{ip} \geq 50$$

$$0,04 < Y_{ie} \leq 0,08$$

$$C_{ip} \geq 70$$

$$0,08 < Y_{ie} \leq 0,12$$

$$C_{ip} \geq 90$$

OUTPUT

Variabile	Descrizione	Unità di Misura	Obiettivi	Vincoli
fd	fattore di attenuazione	-	MIN	fd<0,11
sfas	sfasamento	h	MAX	10<sfas<18
Y	trasmittanza termica periodica	W/mqK	MIN	Y<0.04
Cip	Capacità termica aerea lato interno	kJ/mqK	MAX	Cip>50
U	Trasmittanza stazionaria	W/mqK	-	U<0,4
Yii	Ammetenza termica lato interno	W/mqK	MAX	-
Yee	Ammetenza termica lato esterno	W/mqK	MAX	-
prezzo_mq	Costo del pacchetto al mq	€/mq	MIN	-
perc_nat	Percentuale materiali eco - compatibili	%	-	-
Stot	Spessore totale	m	-	Stot<0,43
ms	massa superficiale totale (escluso intonaci)	kg/mq	-	

Tabella: Obiettivi e vincoli relativi alla simulazione



IL PROTOCOLLO ITACA

Si è dato peso maggiore a materiali naturali o di riciclo con l'obiettivo di raggiungere un elevato punteggio sul Protocollo Itaca.

- 1 Prestazione inferiore allo standard e alla pratica corrente.
- 0 Prestazione minima accettabile definita da norme vigenti o, se assenti, livello di pratica corrente.
- 1 Lieve miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente.
- 2 Significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti e alla pratica corrente.
- 3 Notevole miglioramento della prestazione rispetto alle norme vigenti e alla pratica corrente, ossia migliore pratica.
- 4 Significativo incremento della prestazione della migliore pratica.
- 5 Prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla migliore pratica, di carattere sperimentale.

B.4 Materiali eco-compatibili

Riutilizzo delle strutture

B.4.1 esistenti

B.4.6 Materiali riciclati/recuperati

Materiali da fonti

B.4.7 rinnovabili

Materiali

B.4.8 locali

Materiali locali per

B.4.9 finiture

Materiali riciclabili e

B.4.10 smontabili

Materiali

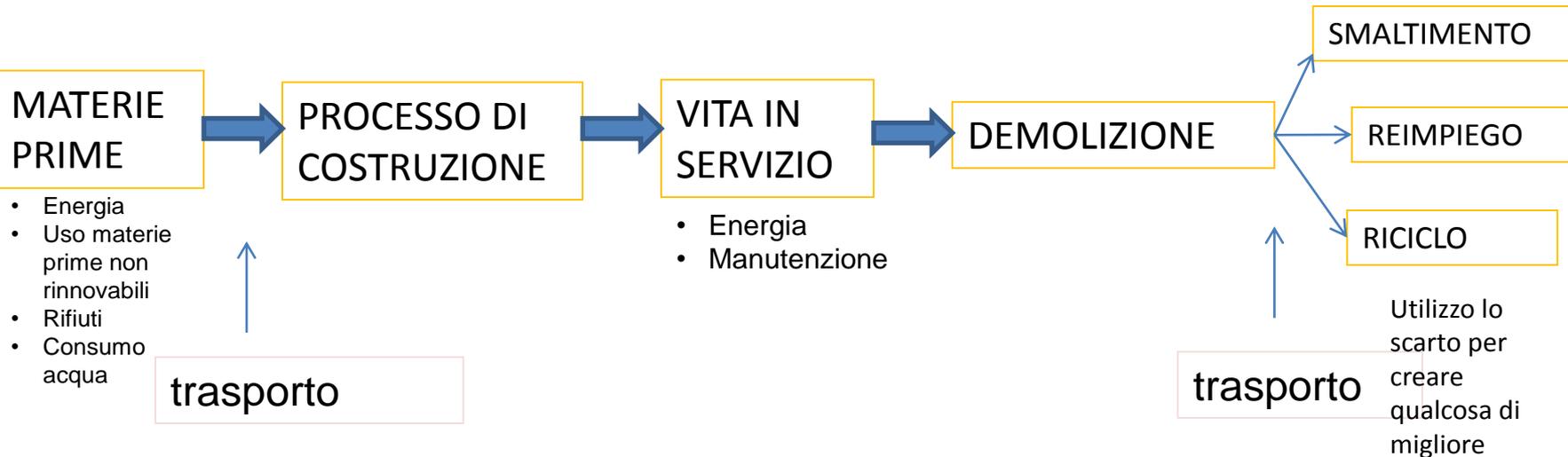
B.4.11 biosostenibili



ATTENZIONE A:

BILANCIO ECOLOGICO: prospetto complessivo e comparato degli effetti, positivi e negativi, di un determinato prodotto sull' ambiente.

Analisi intero ciclo di vita del materiale: un prodotto nasce, cresce, si trasforma, invecchia e muore. In questo processo lascia dei segni sull' ambiente



Analisi fase di utilizzo: problema salubrità degli ambienti interni.



Analisi dei costi UN INVESTIMENTO CHE SI RIPAGA

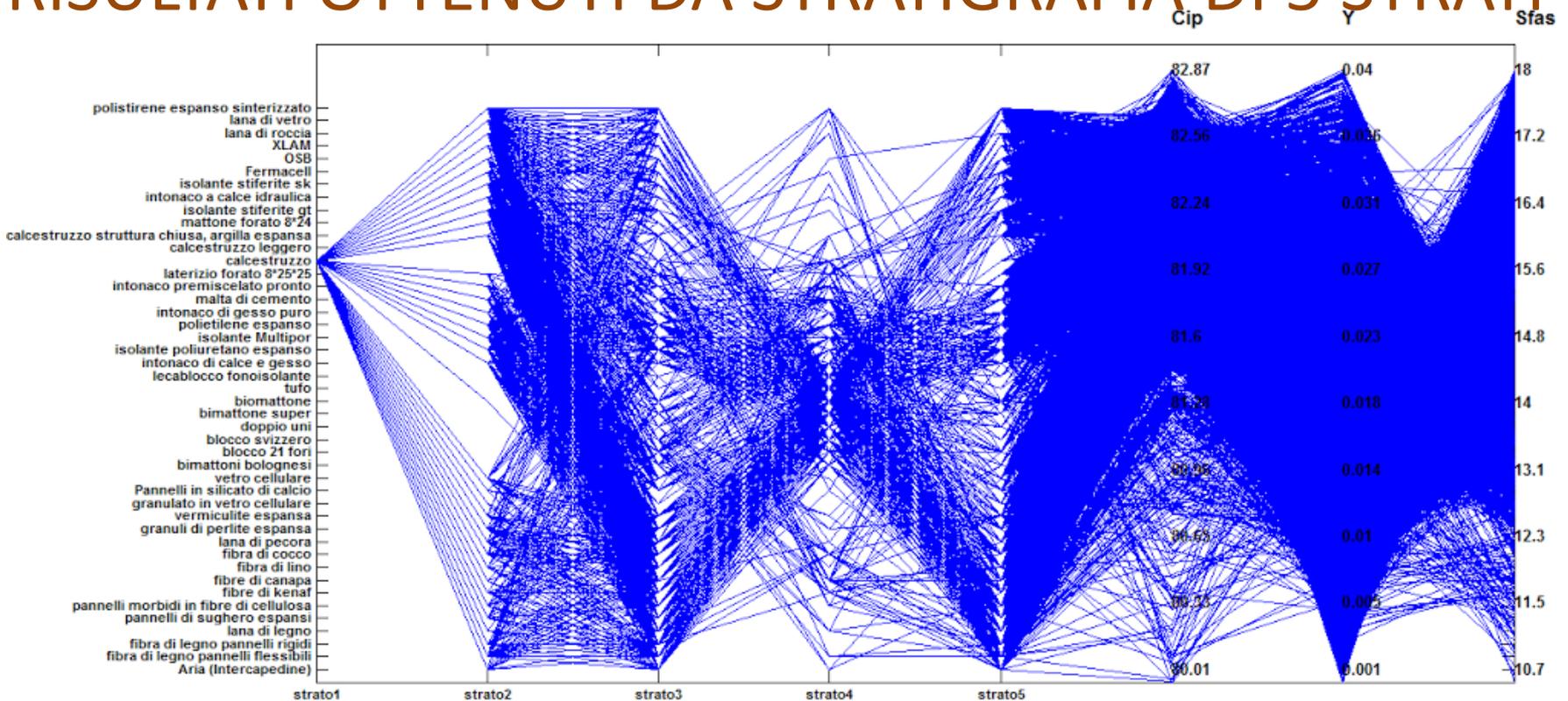
Si ritiene fondamentale la **fase progettuale**.

Spessori di coibentazione più elevati potrebbero portare a costi maggiori, ma il prezzo dei materiali aggiuntivi rimane generalmente contenuto e anche i costi di messa in opera non aumentano significativamente.

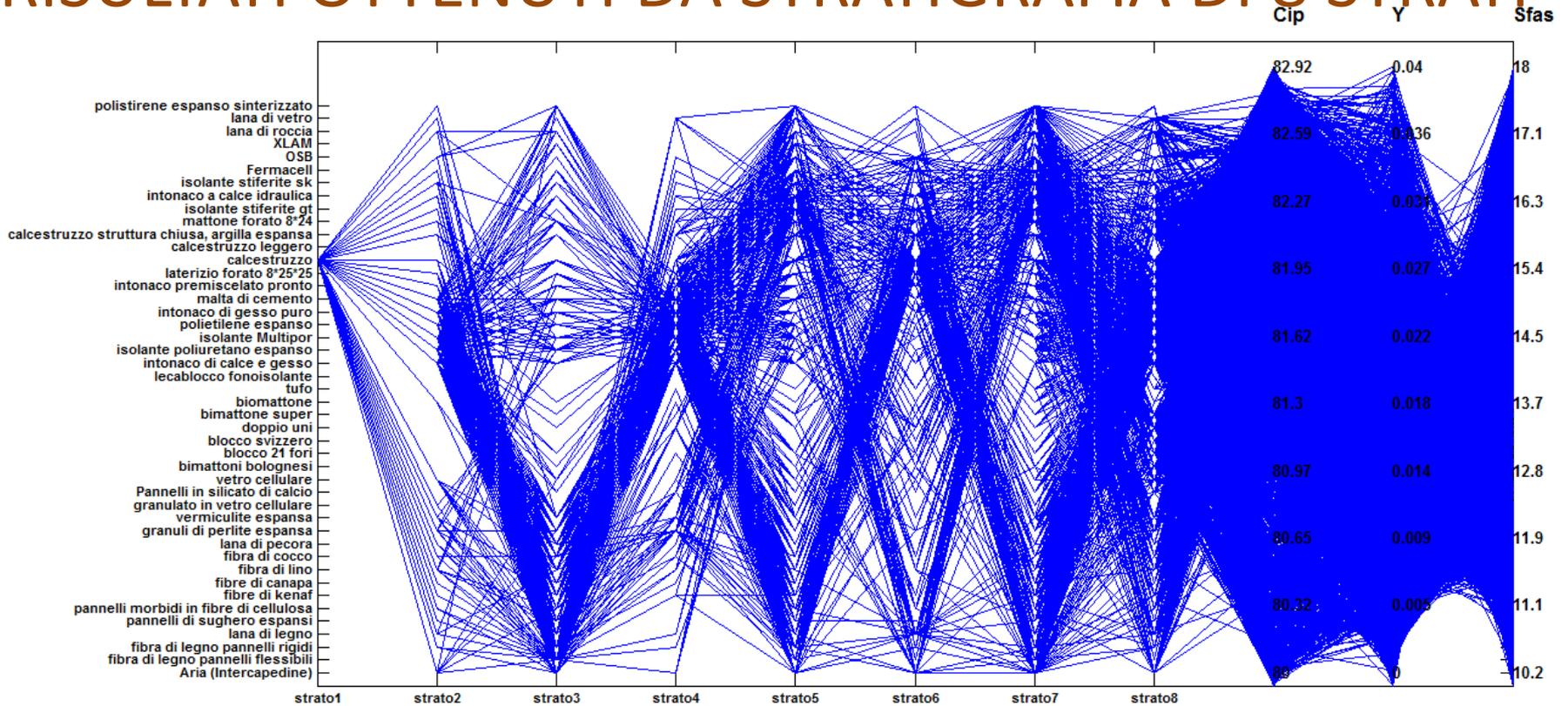
Si predilige la messa in opera in cantiere dei vari materiali, per ovviare a spese di trasporto.



RISULTATI OTTENUTI DA STRATIGRAFIA DI 5 STRATI



RISULTATI OTTENUTI DA STRATIGRAFIA DI 8 STRATI



ESEMPIO:

Dopo aver ottenuto i risultati da *Modelfrontier*, si è effettuata una analisi applicando ulteriori filtri ai risultati, in particolare:

- strato più esterno intonaco;
- % più elevata di materiali eco-compatibili;
- prezzo più basso;
- presenza di tufo.



Con questi ulteriori vincoli si ottiene una unica stratigrafia così composta:

		spessori [cm]						
		10	3	10	15	1.5		
interno		calcestruzzo	polietilene espanso	lana di pecora	tufo	intonaco di calce e gesso		esterno



La tabella seguente mostra le proprietà termiche dei vari strati:

INPUT			
MATERIALE	PROPRIETA TERMICHE		
	conducibilità termica [W/(m*K)]	calore specifico [J/(kg*K)]	densità [kg/m ³]
calcestruzzo	1.67	880	2200
polietilene espanso	0.027	430	33
lana di pecora	0.042	1750	14
tufo	0.263	1300	1200
intonaco di calce e gesso	0.7	1010	1400



La tabella seguente mostra le grandezze termiche, sia in regime stazionario che in dinamico, ottenute con la suddetta stratigrafia:

OUTPUT	
GRANDEZZA	VALORE
U [W/(m ² *K)]	0.21
Y [W/(m ² *K)]	0.02
<u>Y_{ee}</u> [W/(m ² *K)]	5.27
<u>Y_{ii}</u> [W/(m ² *K)]	5.97
<u>f_d</u>	0.10
massa superficiale [kg/m ²]	183.66
percentuale <u>nat</u> [%]	40.07
sfasamento [h]	13.86
Cip [kJ/(m ² *K)]	82.28
spessore totale [m]	0.40
prezzo mq [€/m ²]	71.74



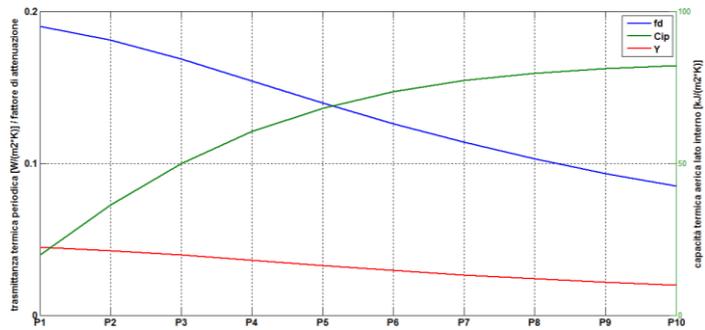
Una volta ottenuto questo, si è voluto indagare sulla possibilità di modificare gli spessori dei singoli strati (senza variarne il materiale) al fine di aumentare le prestazioni termiche dell'intero pacchetto. Gli spessori dei singoli strati sono stati fatti variare rispettando la disponibilità in commercio degli stessi, in particolare:

STRATO	spessori analizzati [cm]
calcestruzzo	[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10]
polietilene espanso	[0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.8 1 1.2 1.5 2 2.5 3]
lana di pecora	[10 15]
tuofo	[11 15 18 20 25]
intonaco di calce e gesso	1.5

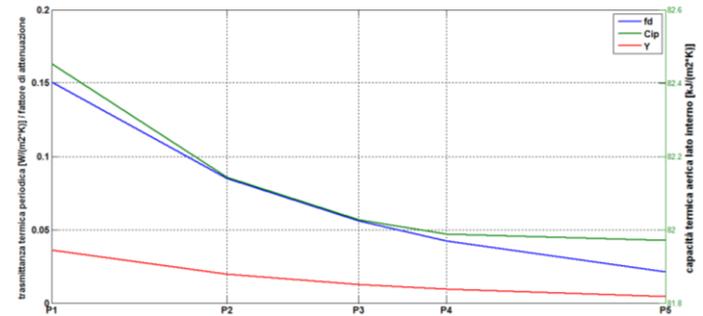
Ci si è resi conto, che il calcestruzzo (primo strato) ed il tuofo (secondo strato) incidono in maniera preponderante.



CALCESTRUZZO



TUFO





Bari, 2-3 dicembre 2013

www.greencityenergy.it

GRAZIE
PER L'ATTENZIONE

