

**SEMINARIO TEMATICO INTERREGIONALE**  
**Gli strumenti e le buone pratiche per promuovere**  
**l'efficienza energetica negli edifici**  
Giovedì 30 marzo 2017 - SALA VESUVIO - PAD.6

**NZEB nei climi mediterranei: progettazione e  
ottimizzazione energetica di un edificio non  
residenziale situato a Napoli**

*Prof. ing. Adolfo Palombo*

*adolfo.palombo@unina.it*



# Direttiva Europea 2010/31/EU (Energy Performance Building Directive)



**Edifici ad energia quasi zero:** *“edifici ad altissima prestazione energetica, con fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l’energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze.”*



## DM 26/06/2015

**Edifici ad energia quasi zero:** *tutti gli edifici, di nuova costruzione o esistenti, per cui sono contemporaneamente rispettati tutti i requisiti di seguito elencati verificati con i limiti vigenti dal **1 gennaio 2019 per gli edifici pubblici** e dal **1 gennaio 2021 per tutti gli altri edifici.***

- $H'_T$
- $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$
- $EP_{H,nd}$ ,  $EP_{C,nd}$ ,  $EP_{gl,tot}$
- $\eta_{HV}$ ,  $\eta_W$ ,  $\eta_C$
- *gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all’Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del DLgs 28/11.*

# Edifici a basso consumo energetico nei climi temperati

## Standard Passivhaus

### Edificio residenziale a basso consumo energetico:

- fabbisogno energetico per il riscaldamento:  $Ep_{i,inv} \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- fabbisogno energetico per il raffrescamento:  $Ep_{e,inv} \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- carico termico effettivo invernale:  $Q_i \leq 10 \text{ W/m}^2$  (facoltativo)
- carico termico effettivo estivo:  $Q_e \leq 10 \text{ W/m}^2$  (facoltativo)
- tenuta all'aria:  $n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$  (Blower-Door-Test, secondo la UNI EN 13829),  
 $n_{50} \leq 1,0 \text{ 1/h}$  quando viene installato un sistema di ventilazione forzata
- fabbisogno energetico primario di energia per riscaldamento, acqua calda sanitaria ed usi elettrici:  $Ep_{tot} \leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

### Edificio non residenziale a basso consumo energetico:

- NESSUNA indicazione

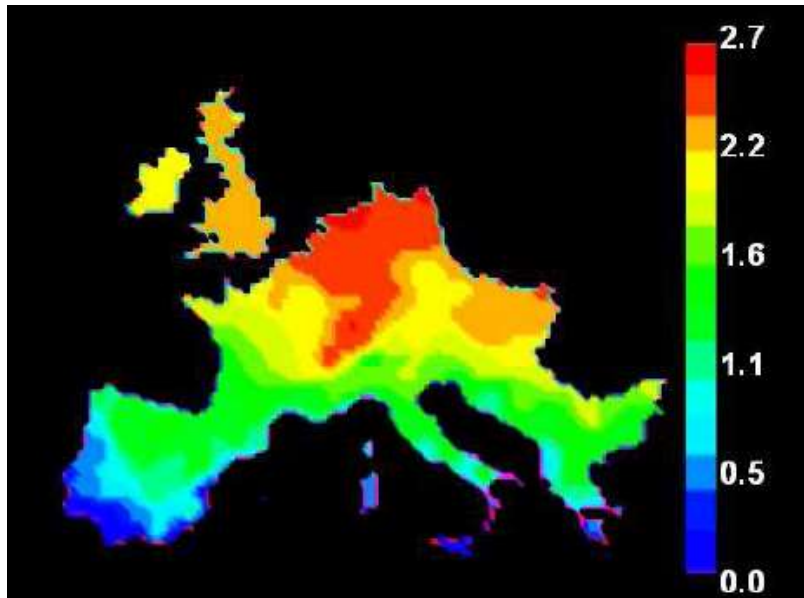
# Edifici a basso consumo energetico nei climi temperati

I criteri con cui deve progettarsi e realizzarsi l'edificio a basso consumo energetico sono differenti

Nord Europa

*Heating dominated climate*

Inverno molto rigido e lungo



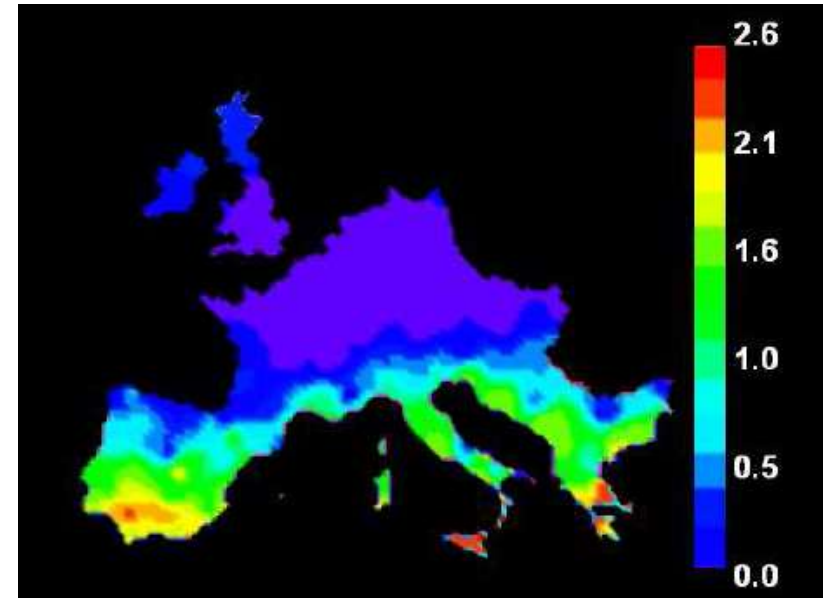
Indice di Severità Climatica invernale (WCS)

Sud Europa

*Heating & Cooling dominated climate*

Inverno abbastanza rigido e lungo

Estate abbastanza calda e lunga



Indice di Severità Climatica estiva (SCS)

# Sommario

- Progetto di un edificio non-residenziale ad energia zero per climi mediterranei da realizzare a Napoli
- Tecnologie innovative integrate nell'edificio per raggiungere l'obiettivo considerato
- Risultati dell'ottimizzazione parametrica effettuata sull'involucro
- Prestazioni del sistema edificio-impianto

# IDEA PROGETTUALE: edificio non-residenziale

## Progetto di un “edificio a fabbisogno energetico nullo del Comune di Napoli” Dimostratore per i climi temperati del centro sud Italia e del sud Europa

### Iniziativa

- Delibera della Giunta del Comune di Napoli n. 517 del 21 aprile 2011
- Nota n. 357 del 16 febbraio 2011 della IX Municipalità (Pianura – Soccavo)
- Convenzione tra il DETEC ed il Comune di Napoli del 21 Ottobre 2011, per la stesura di Linee Guida per la progettazione e realizzazione nel quartiere di Soccavo di un edificio dimostrativo a fabbisogno energetico quasi nullo
- SEAP 2012 (Sustainable Energy Action Plan) del Comune di Napoli – Azione ED 6 (Realizzazione di almeno un edificio dimostrativo “Near-Zero Energy Building” da parte del Comune)
- Richiesta di finanziamento attraverso il POR Campania (a breve)

### Destinazione d’uso

Uffici del Servizio Ambiente del Comune di Napoli, sala conferenze e spazio espositivo



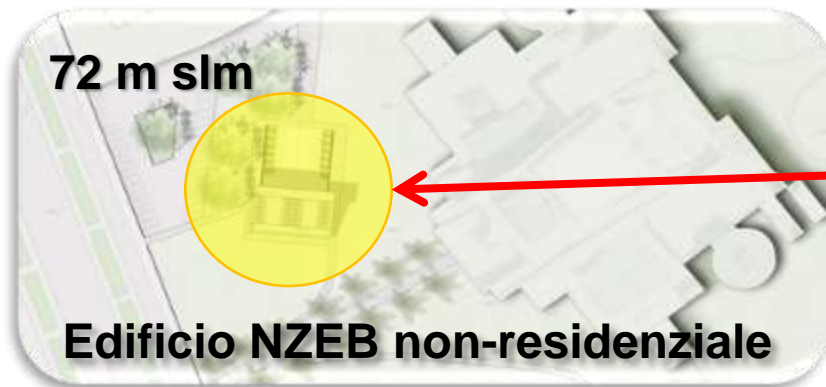
# Il sito

Coordinate geografiche

40°51'46"80 N  
14°16'36"12 E

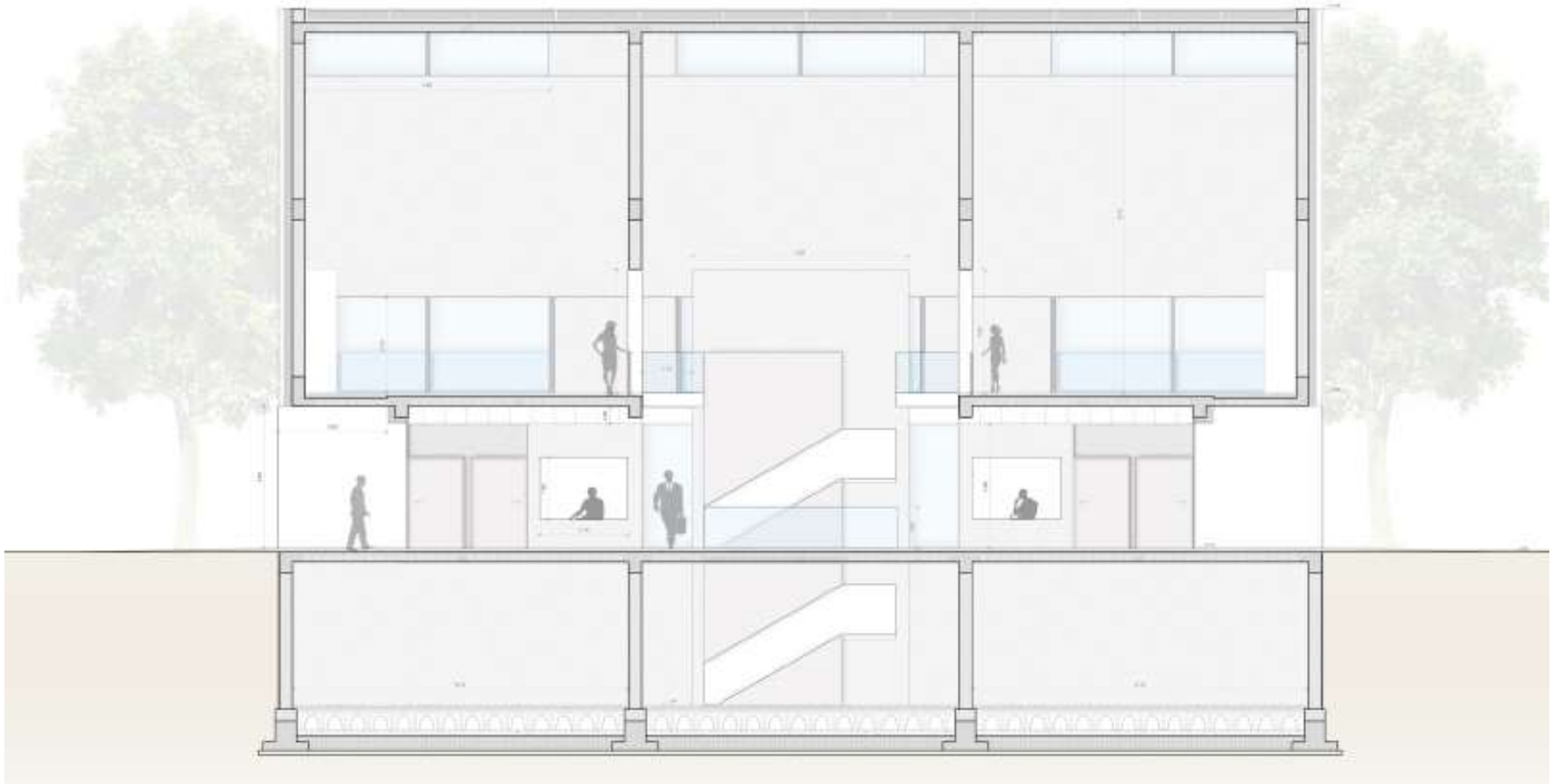
Condizioni climatiche

HDD = 1034 Kd  
CDD = 185 Kd



# Il progetto

- Volume lordo: 3024 m<sup>3</sup>
- Volume climatizzato: 2237m<sup>3</sup>
- Superficie utile lorda: 812 m<sup>2</sup>
- Superficie utile climatizzata: 554 m<sup>2</sup>





# Il progetto





# Il progetto

## Il plastico realizzato

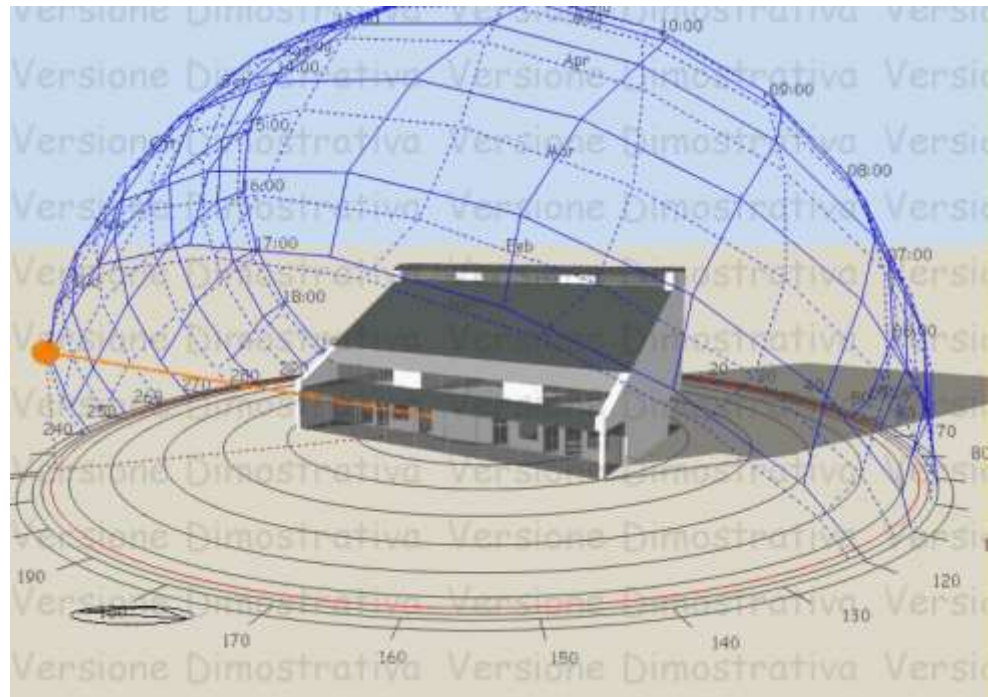


# L'involucro edilizio

- Pianta rettangolare, direttrice longitudinale Est-Ovest
- Rapporto S/V ottimale
- Ampia copertura inclinata a Sud
- Materiali opachi isolanti e capacitivi ecocompatibili (PCMs inclusi)
- Vetrate bassoemissive a controllo solare
- Ampia superficie vetrata solo sulla facciata Sud
- Serra solare invernale
- Spazio aperto porticato estivo
- Schermi solari a geometria variabile
- Effetto camino per la ventilazione naturale
- Scarico della massa attraverso la ventilazione notturna
- recupero energetico attraverso BIPVT

**...progettazione ottimizzata + tecnologie innovative per l'involucro e gli impianti...**

Pareti:  $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $Y_{IE} = 0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Tetto:  $U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $Y_{IE} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Vetro 1:  $U = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\tau = 0.46$   
          vetrata tripla, intercapedine Krypton  
Vetro 2:  $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $\tau = 0.58$   
          vetrata doppia, intercapedine Argon

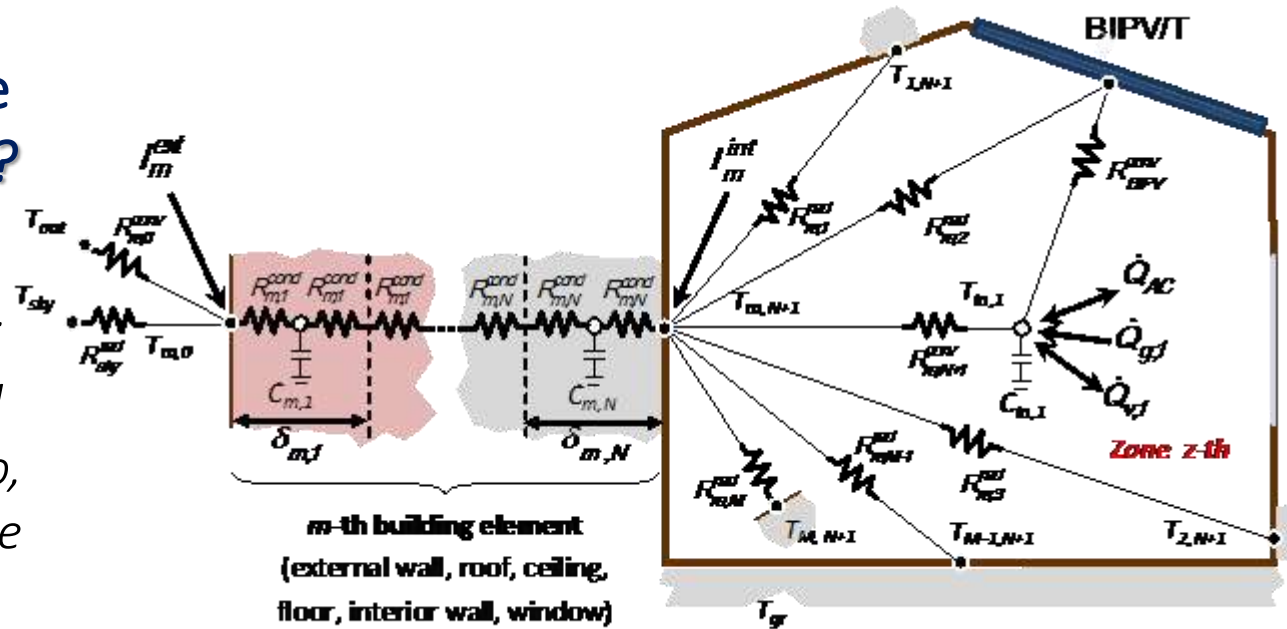




# Modello simulativo del sistema

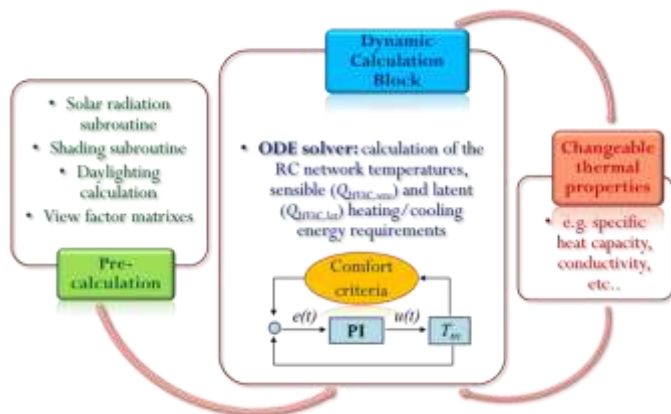
Perché la simulazione dinamica per i NZEBs?

... *mutua relazione tra i molteplici parametri del sistema edificio-impianto, il fabbisogno energetico e le possibili fonti di energia...*



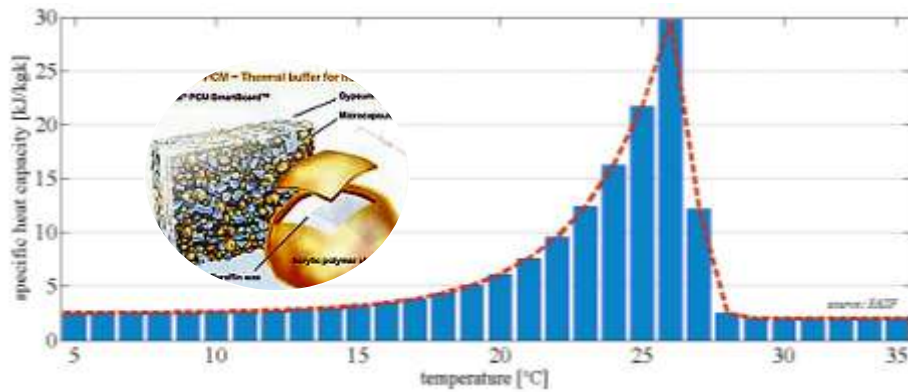
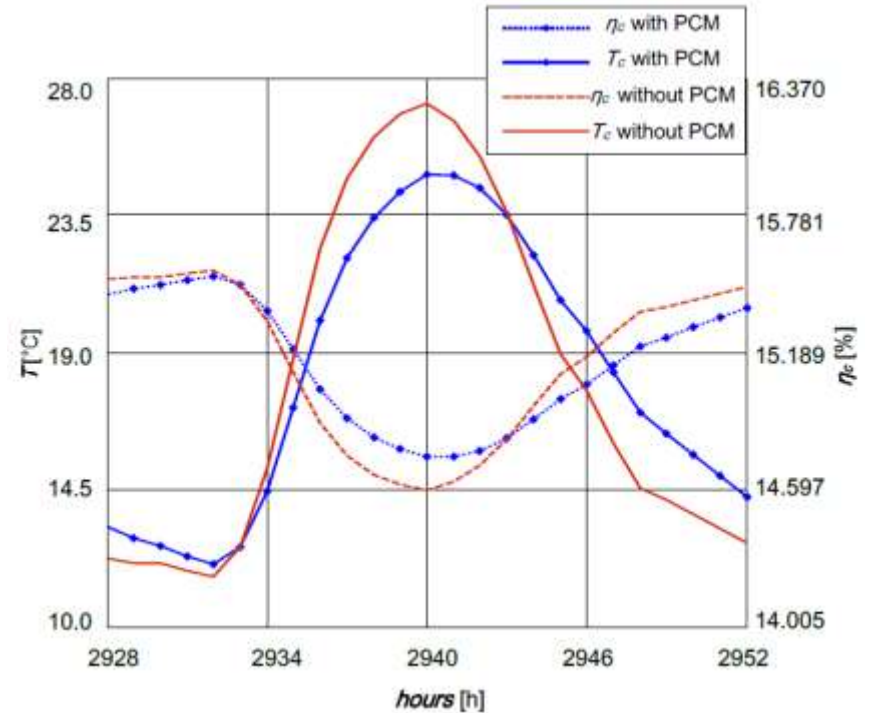
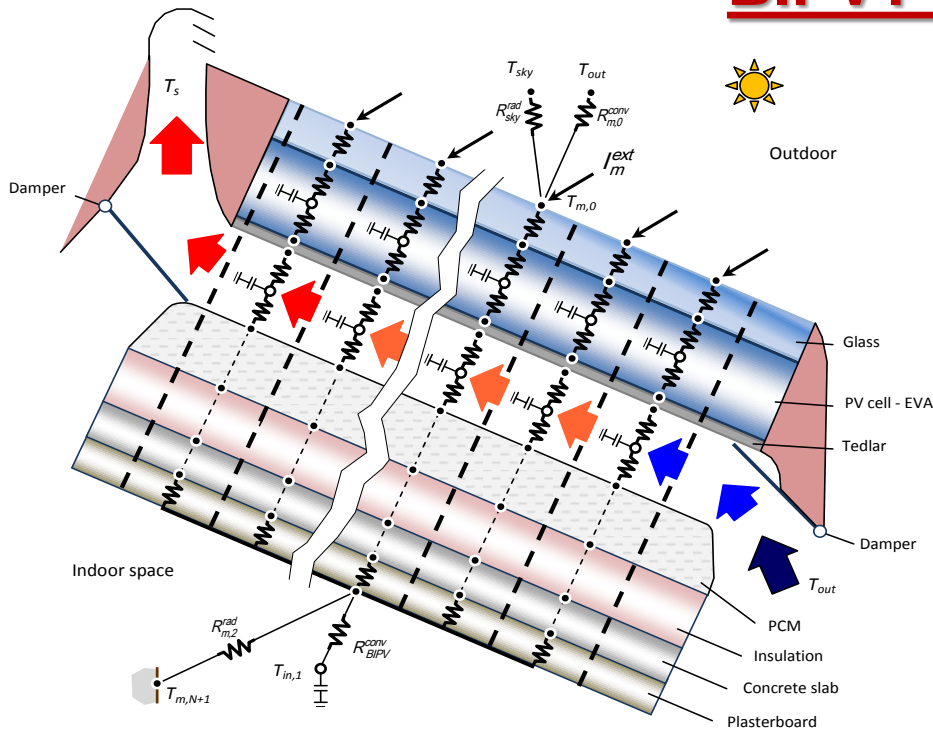
...*effettuare analisi di sensibilità per l'ottimizzazione del sistemi...*

...*studiare nuove tecnologie per l'involucro edilizio e gli impianti supportati dalle rinnovabili e da controlli avanzati (anche per la definizione di NZEB)...*



# Collettori fotovoltaici cogenerativi con PCM

## BIPVT – PCM



...architettivamente integrati nell'involucro edilizio (effetto attivo e passivo)...il recupero energetico è sfruttato all'evaporatore di una pompa di calore...



# Analisi parametrica

## Elementi trasparenti dell'involucro edilizio

Sono state analizzate 8 differenti configurazioni di pacchetto murario o tetto

Tabella 1

Elemento		Config.	Strati considerati nella parete o tetto
<p>Diagram illustrating the wall structure layers: outdoor (o), A, B, C, indoor (i).</p>	1	A = isolante; B = mattone forato / lastra cemento	
	2	A = PCM; B = isolante; C = mattone forato / lastra cemento	
	3	A = isolante; B = PCM; C = mattone forato / lastra cemento	
	4	A = isolante; B = mattone forato / lastra cemento; C = PCM	
	5	A = mattone forato / lastra cemento; B = isolante	
	6	A = PCM; B = mattone forato / lastra cemento; C = isolante	
	7	A = mattone forato / lastra cemento; B = PCM; C = isolante	
	8	A = mattone forato / lastra cemento; B = isolante; C = PCM	

N.B. *o* = rivestimento esterno, *i* = rivestimento interno.

# Analisi parametrica

## Elementi trasparenti dell'involucro edilizio

Sono state analizzate 6 differenti tipologie di vetrate

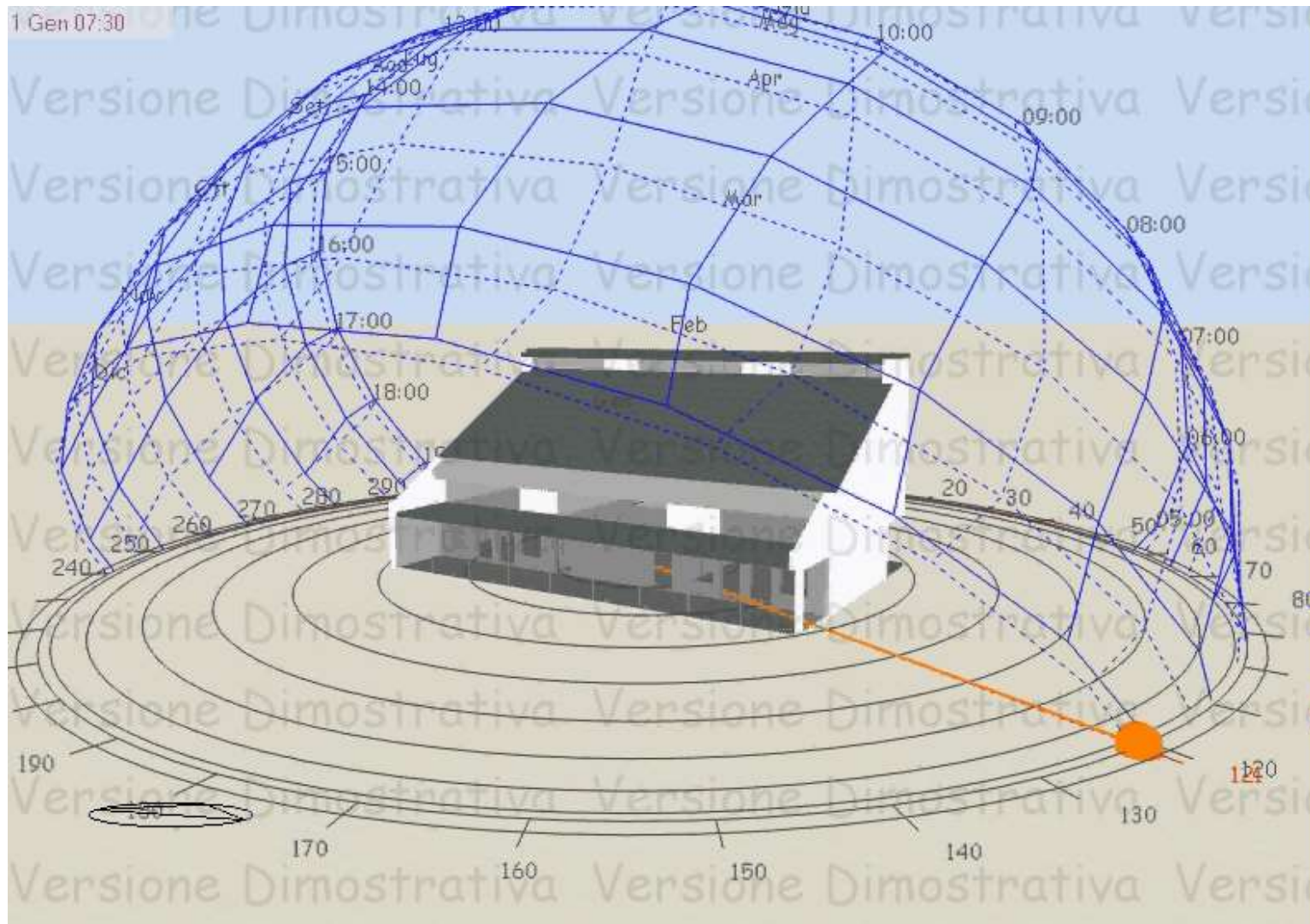
Tabella 2

	Tipo di vetrata	Intercapedine	Trasmittanza U [W/m <sup>2</sup> K]	Fattore solare g [%]	Trasmittanza solare $\tau_{sol}$ [%]	Trasmittanza visibile $\tau_{vis}$ [%]	Emittenza $\epsilon$ [-]
1	6/13/6	Air	2.7	0.70	0.61	0.78	0.84
2	6/13/6	Argon	2.5	0.70	0.60	0.78	0.84
3	6/13/6 (low- $\epsilon$ )	Argon	1.6	0.58	0.51	0.75	0.10
4	6/8/6 (low- $\epsilon$ )	Krypton	1.3	0.54	0.47	0.74	0.10
5	6/13/6/13/6	Air	1.7	0.61	0.48	0.71	0.84
6	6/8/6/8/6 (low- $\epsilon$ )	Krypton	0.9	0.46	0.29	0.63	0.10

Tutte le finestre sono realizzate con telaio metallico con doppio taglio termico

# Simulazione dinamica: soleggiamento invernale

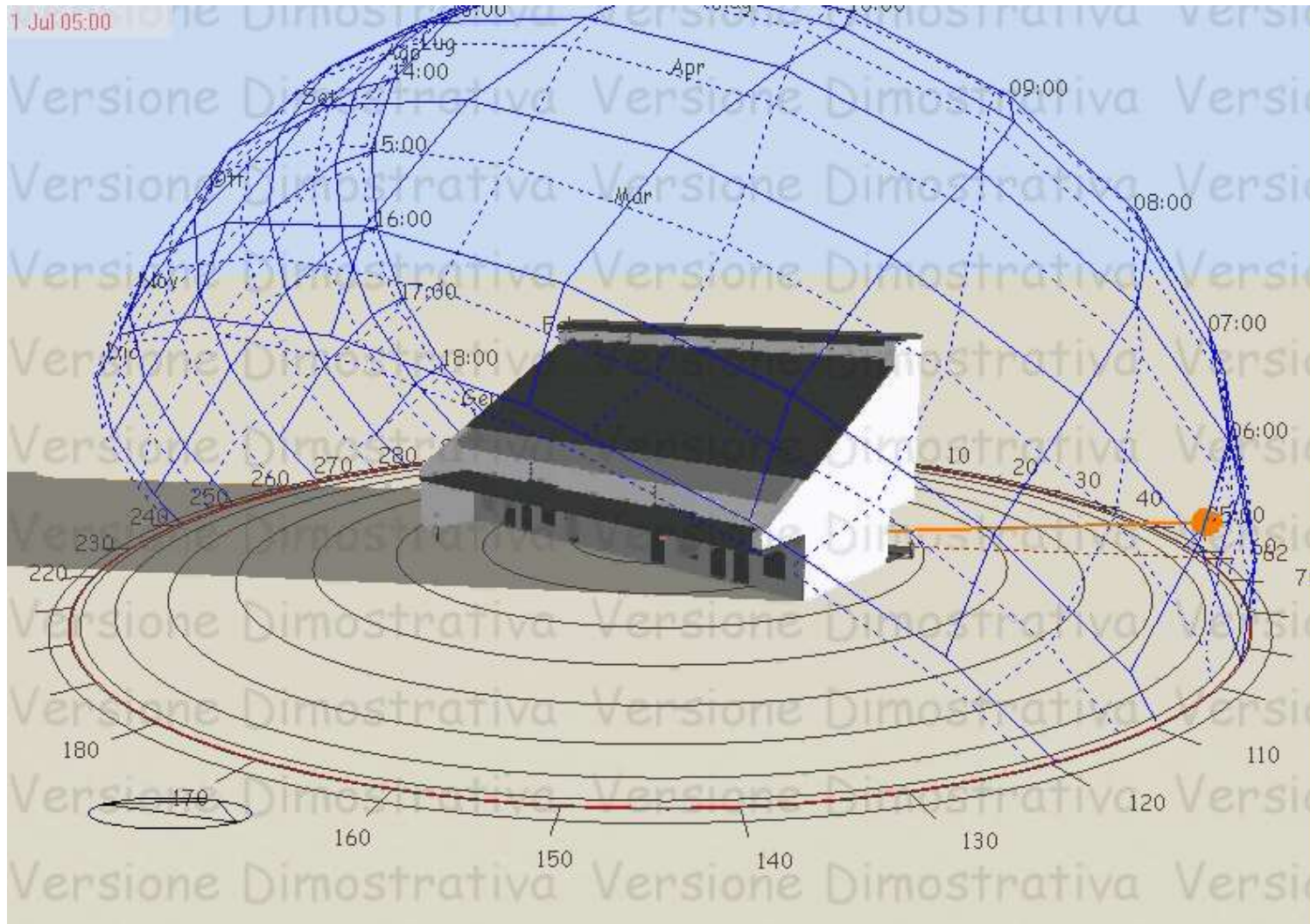
Serra solare: la radiazione incide anche sulle finestre degli uffici





# Simulazione dinamica: ombreggiamento estivo

Porticato aperto: la zona rimane in ombra



# Analisi parametrica

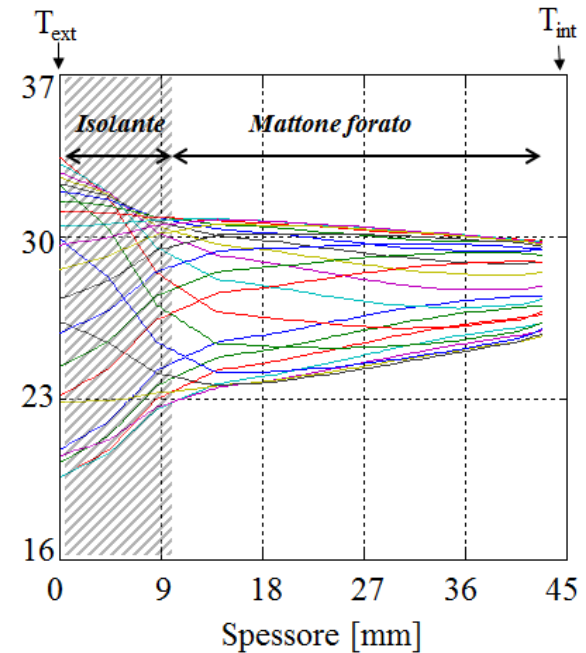
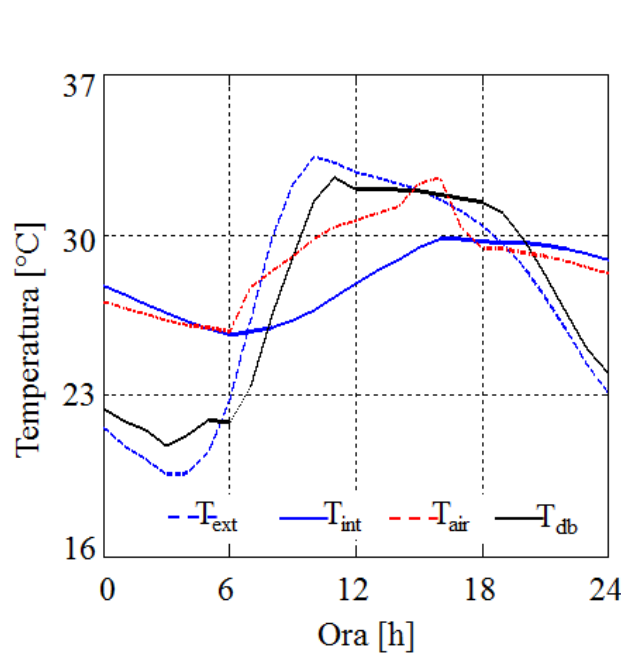
## Parametri ottimizzati

Variabile	Range	Step	Valore iniziale (CASE 0)	Valore ottimale (CASE OPT)
Spessore Isolamento delle pareti [mm]	40 - 90	10	50	90 (wall: $U_{OPT} = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Posizione isolante nelle pareti	Tabella 1	1	Config. 1	Config. 4 (uffici) and 8 (altro)
Densità strato capacitivo pareti [ $\text{kg/m}^2$ ]	800 - 1300	250	800	1050
Spessore PCM nelle pareti [mm]	10 - 30	10	0	30
Posizione PCM nelle pareti	Tabella 1	1	-	Config. 4 (uffici) and 8 (altrove)
Spessore isolamento del tetto [mm]	60 - 110	10	80	110 (tetto: $U_{OPT} = 0.23 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
Posizione isolante nel tetto	Tabella 1	1	Config. 1	Config. 2
Densità strato capacitivo tetto [ $\text{kg/m}^2$ ]	800 - 1300	250	1050	1300
Spessore PCM nel tetto [mm]	10 - 30	10	0	30
Posizione PCM nel tetto	Tabella 1	1	-	Config. 2
Rapporto sup. finestre-muro sud [%]	30 - 70	20	70	70
Tipologia delle vetrate serra	Tabella 2	1	Vetrata 1	Vetrata 3
Tipologia delle altre vetrate	Tabella 2	1	Vetrata 3	Vetrata 3 (Ufficio Est, conferenze) Vetrata 6 (altrove)
Sporgenza serra [m]	1 - 5	1	4	3
Assorbanza parete serra	0.3 - 0.6	0.15	0.6	0.6
Assorbanza pavimento serra	0.3 - 0.6	0.15	0.6	0.45
Spessore parete serra [mm]	0.15 - 0.30	0.05	0.25	0.30
Tasso ventilazione notturna [vol/h]	1 - 3	0.5	0.5	3

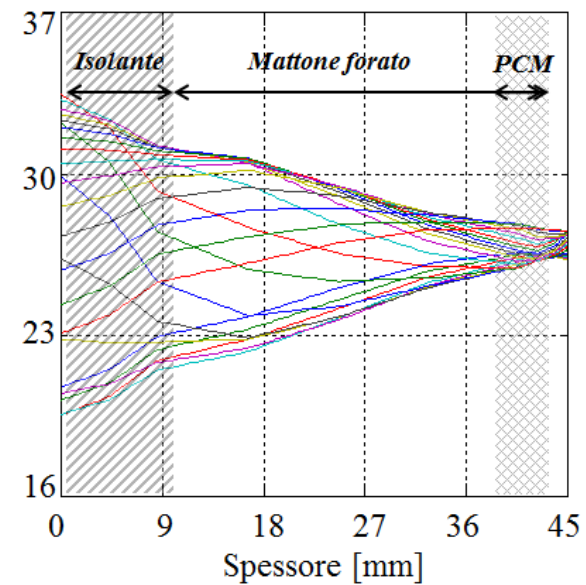
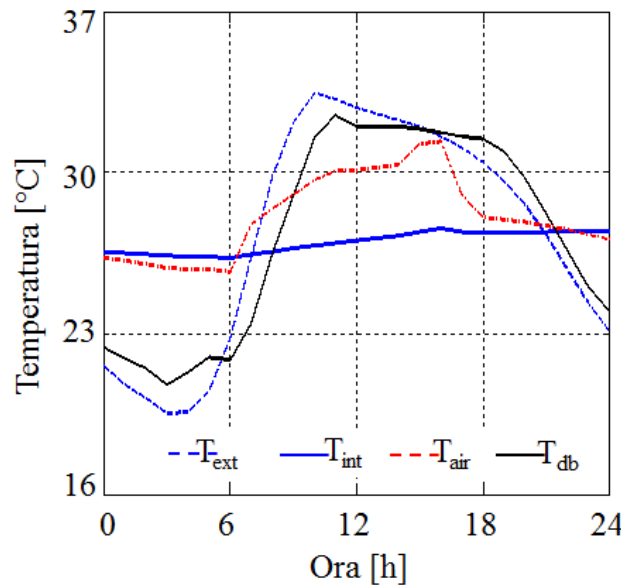
# Pareti perimetrali con PCM – stagione estiva

*Variazione della temperatura all'interno della parete Est, 13 giugno*

**NZEB senza PCM**



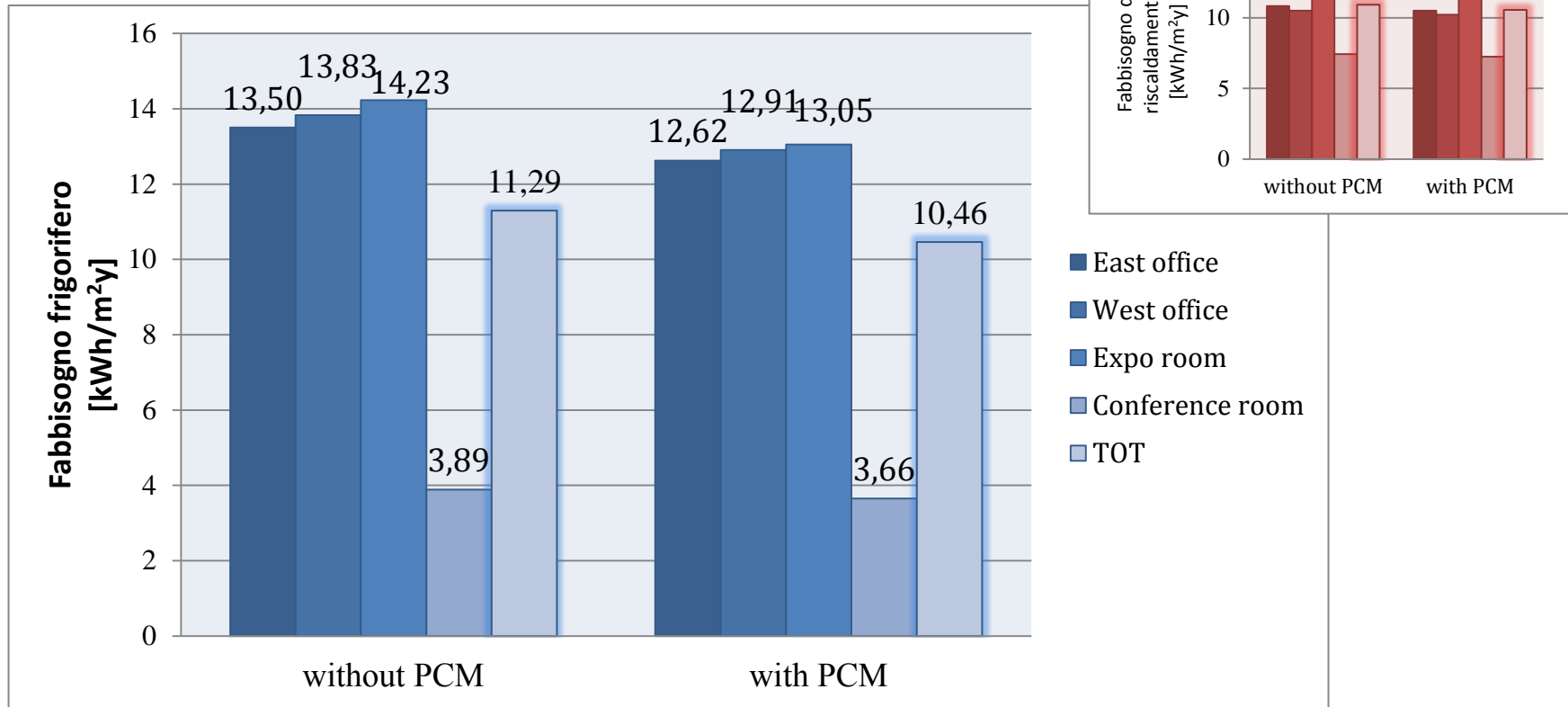
**NZEB con PCM  
(3 cm, 42% PCM, 58% gesso)**





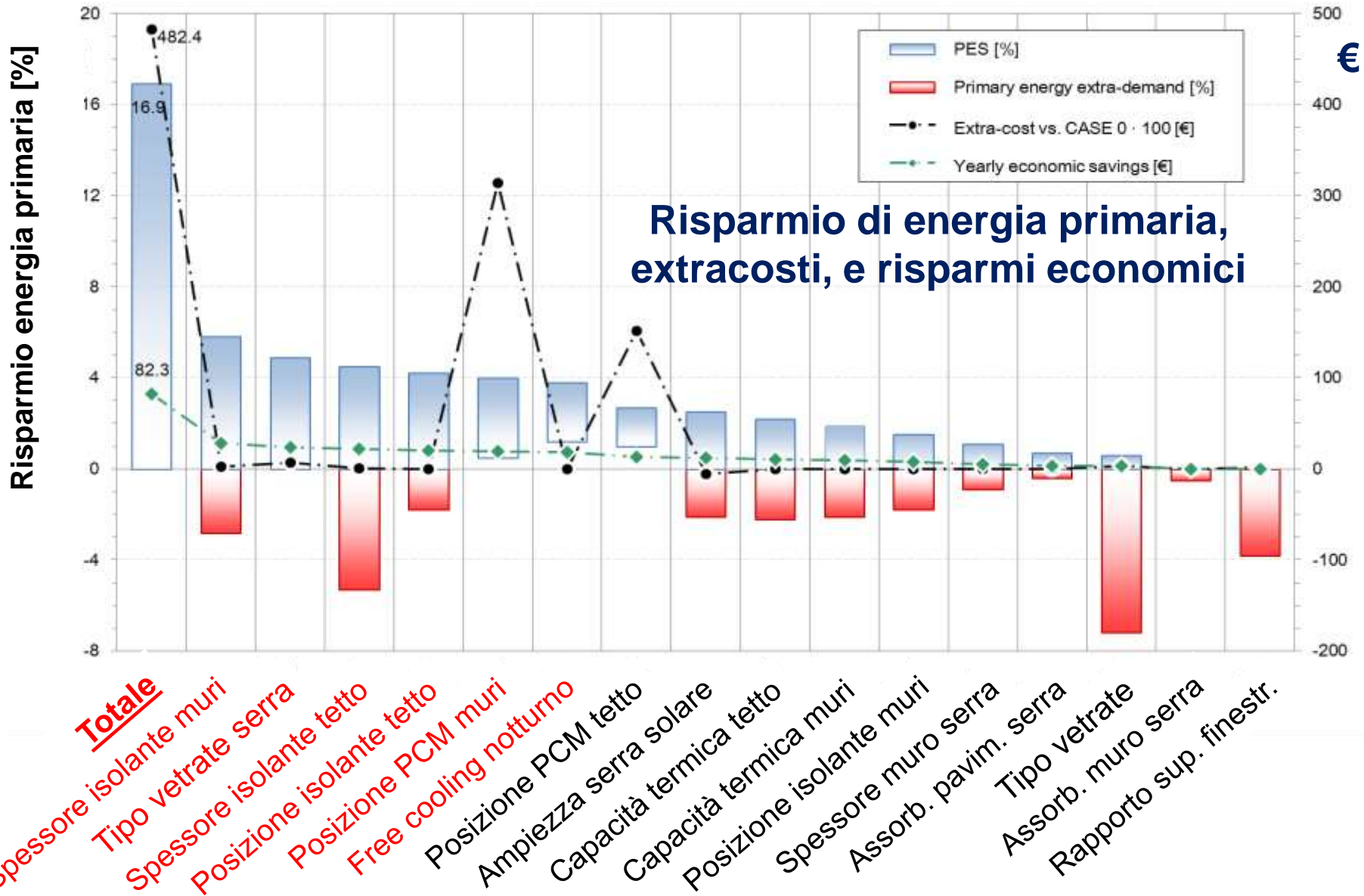
# Effetto del PCM – stagione estiva

Prestazione energetica dell'edificio...



...- 6% richiesta energetica

# Analisi parametrica – Costi e benefici



# Costi economici iniziali

Elemento tecnologico	€ / (m <sup>3</sup> /h)	€ / m <sup>2</sup>	€ / m	k€ / kW	k€ / cad.
UTA speciali ad alta efficienza	2 ÷ 3				
Recuperatori di calore	0,7 ÷ 1,5				
Vetri basso emissivi		50 ÷ 70			
Vetri a controllo solare		60 ÷ 80			
Pannello in fibra di legno mineralizzata		25 ÷ 30			
Collettori solari sottovuoto		700 ÷ 800			
Scambiatore aria - terreno			120 ÷ 300		
Sonde geotermiche			50 ÷ 80		
Impianto fotovoltaico (monocristallino)				3 ÷ 4	
Impianto Solar Heating and Cooling				2 (H <sub>2</sub> O-LiBr) ÷ 4	
Chiller/pompa di calore efficiente				0,25 ÷ 0,4	
Ventilatore con tecnologia brushless					0,8 ÷ 1

# Analisi dinamica: prestazioni energetiche dell'edificio

Sono state analizzate le differenti zone termiche e l'intero edificio  
L'indagine è riferita all'involucro edilizio (non è quindi valutata l'energia primaria)

Modo	Edificio		Ufficio Est		Ufficio Ovest		Sala conferenze		Sala Expo	
	CASO									
	0	OPT	0	OPT	0	OPT	0	OPT	0	OPT
Fabbisogno di riscaldamento [kWh/m <sup>3</sup> y]	1.1	0.9	1.6	1.4	1.5	1.3	1.3	1.1	1.2	0.9
[kWh/m <sup>2</sup> y]	4.8	3.8								
Fabbisogno di raffrescamento [kWh/m <sup>3</sup> y]	1.8	1.5	3.3	2.7	3.2	2.6	1.1	0.9	2.3	1.9
[kWh/m <sup>2</sup> y]	8.1	6.6								

# Gli impianti

- **Climatizzazione uffici:**

- Estate: impianto Solar Cooling con 58 m<sup>2</sup> di collettori sottovuoto (potenza di picco di circa 37 kWp) + macchina frigorifera ad assorbimento bistadio ad H<sub>2</sub>O-LiBr.

Eventuale integrazione con chiller elettrico ad alta efficienza energetica.

- Inverno: impianto Solar Heating. Eventuale integrazione con pompa di calore a compressione di vapore ad alta efficienza.

- **Climatizzazione spazio espositivo e sala convegni:** Chiller/pompa di calore elettrica elioassistita ad alta efficienza energetica.

UTA a portata variabile supportate da recuperatori di calore sull'aria di espulsione (evaporative cooling estivo) e scambiatore di calore aria – terreno. Fan coil ad elevata efficienza con motori brushless (classe A Eurovent)

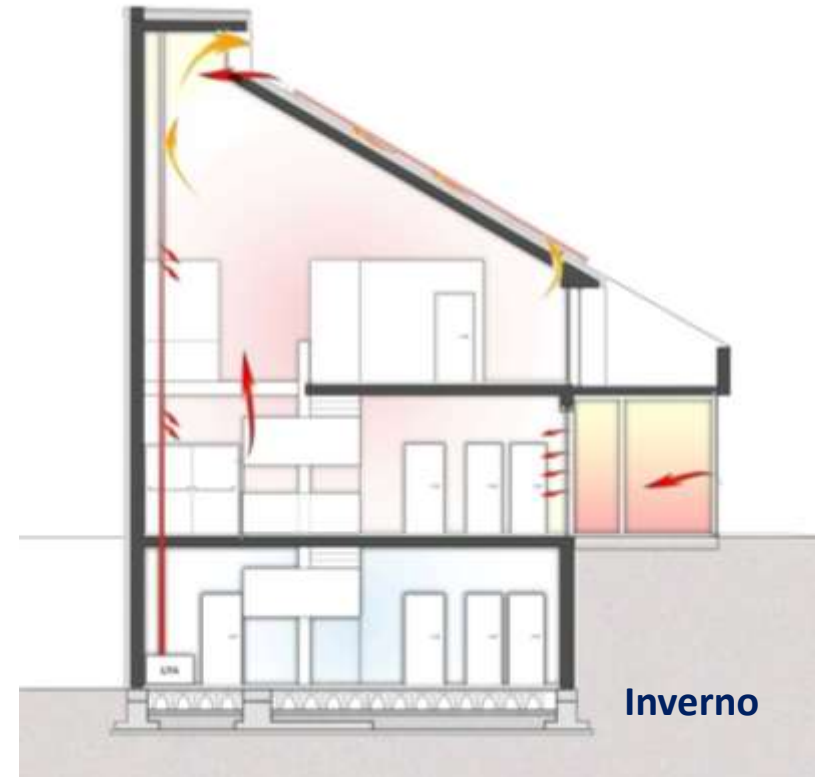
- **Produzione elettrica:** 135 m<sup>2</sup> di pannelli fotovoltaici monocristallini cogenerativi (BIPV/T) con potenza di picco di circa 16.5 kWp

- **Illuminazione:** Apparecchi a basso consumo energetico e sensori di presenza

- **Impianto smart per l'ombreggiamento:** schermi alle finestre a geometria variabile

- **Impianto di recupero delle acque meteoriche**

# La ventilazione (naturale + meccanica con recupero)

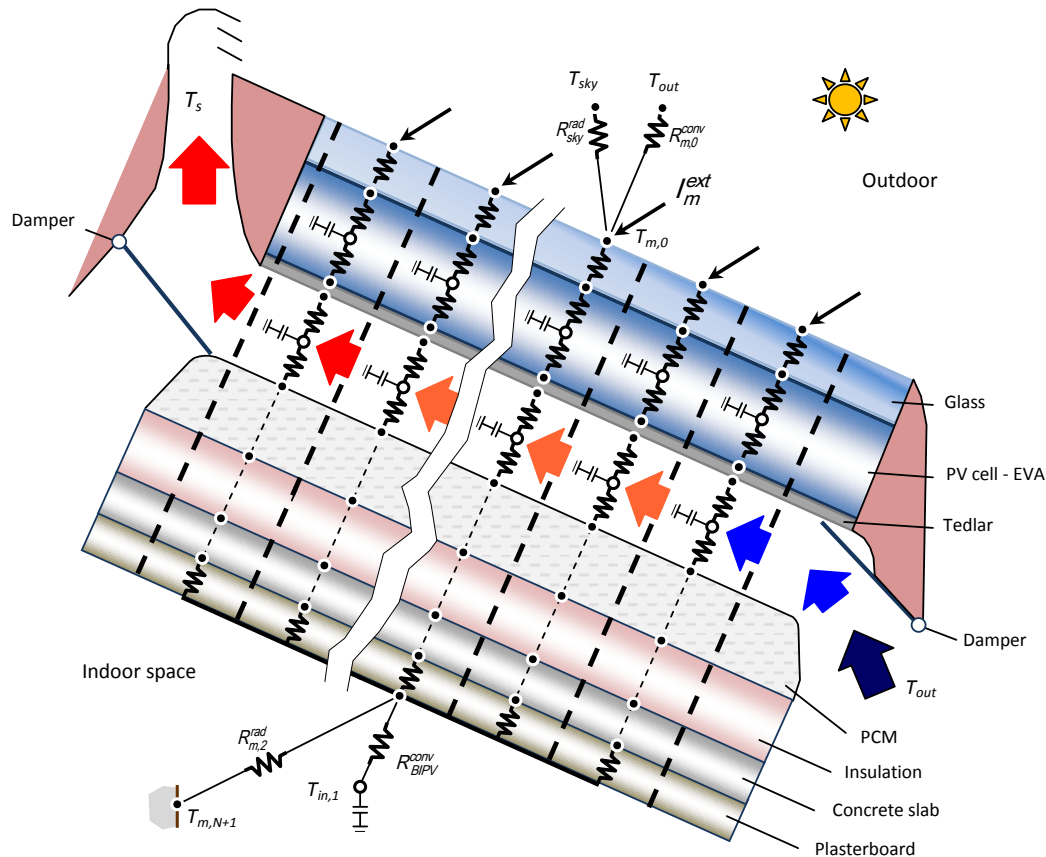


	Fascia oraria	Logica	Funzionamento
<i>Accensione ventilatori</i>	8:00 - 18:00	Sensore CO <sub>2</sub>	on
	18:00 - 8:00	$T_i > T_e + 1$	
$T_i < T_e + 1$			



# La ventilazione attraverso il sistema BIPV/T

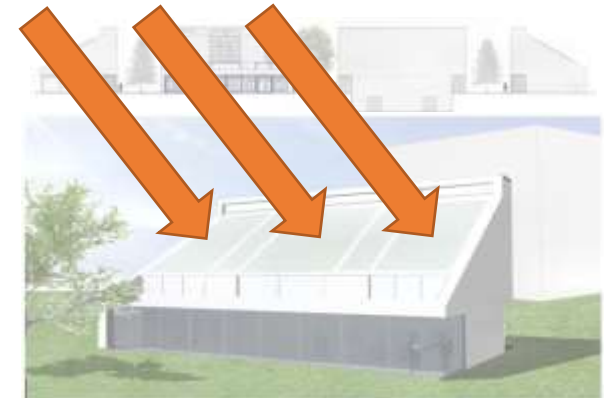
## (naturale + meccanica con recupero)



Collettori solari fotovoltaici  
cogenerativi integrati  
architettonicamente nell'edificio  
(building Integrated  
PhotoVoltaic/Thermal system)

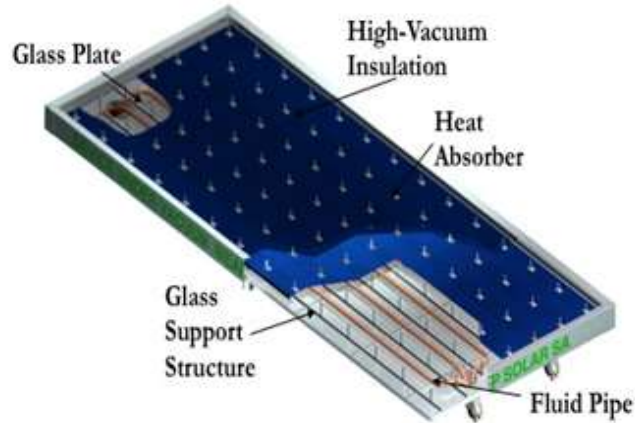
Incremento dell'efficienza  
elettrica del campo PV (+3.5%)

L'aria all'uscita dal sistema (0.5  
kg/s) è utilizzata o meno a  
seconda della sua temperatura



- 23.5% fabbisogno riscaldamento  
+ 10.0% fabbisogno raffrescamento

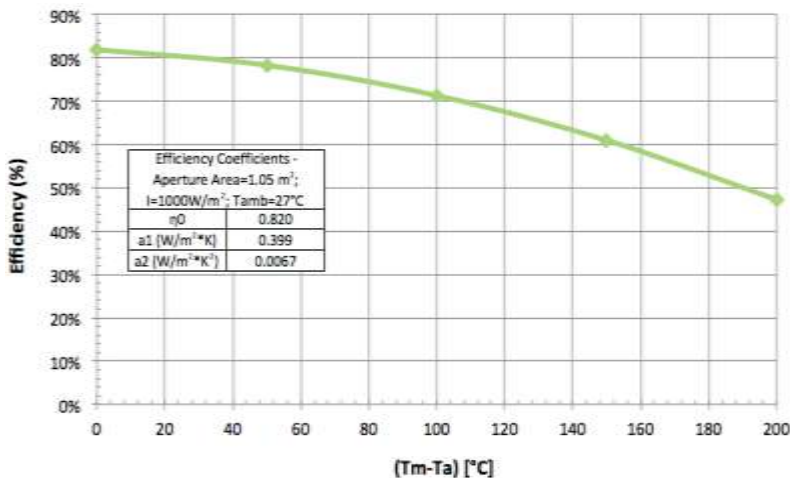
# I collettori solari termici



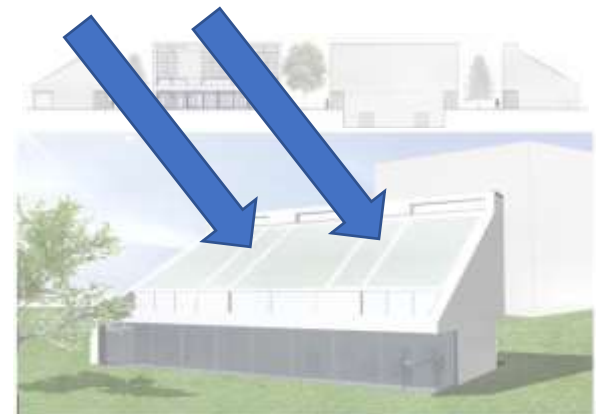
Collettori solari termici planari sottovuoto (TVP Solar)

Alta temperatura (fino a 250°C),  
Vuoto spinto ( $p = 10^{-4} - 10^{-9}$  mbar)

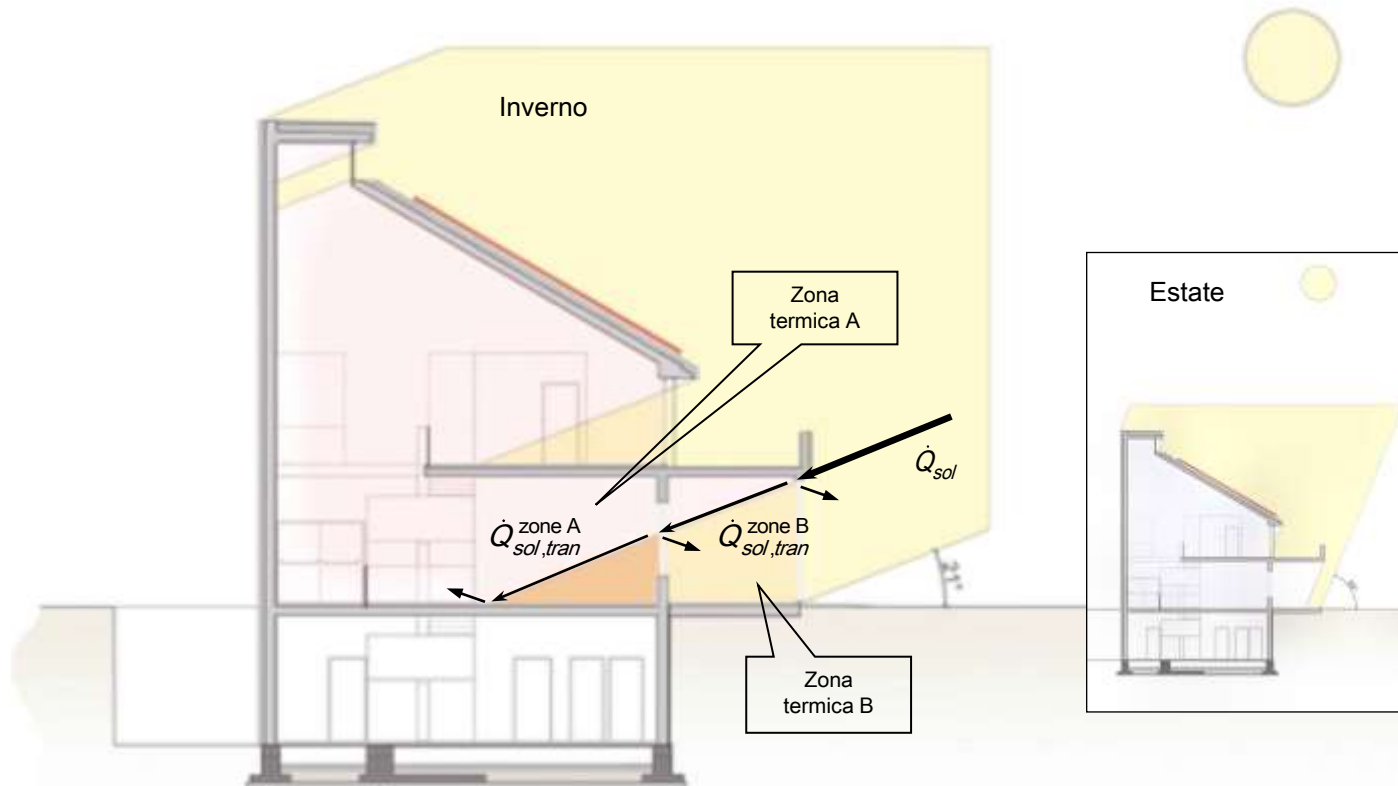
Ideali per l'accoppiamento con un  
**assorbitore bistadio** per il **solar cooling**



Incidence Angle Modifier (IAM) Coefficients								
Einfallswinkel $\theta$ incident angle $\theta$	0	20	30	40	50	60	70	90
$K_{inc}(\theta)$ :	1	0.99	0.98	0.95	0.91	0.84	0.70	0.00



# La gestione della radiazione solare (schermi alle finestre a geometria variabile)

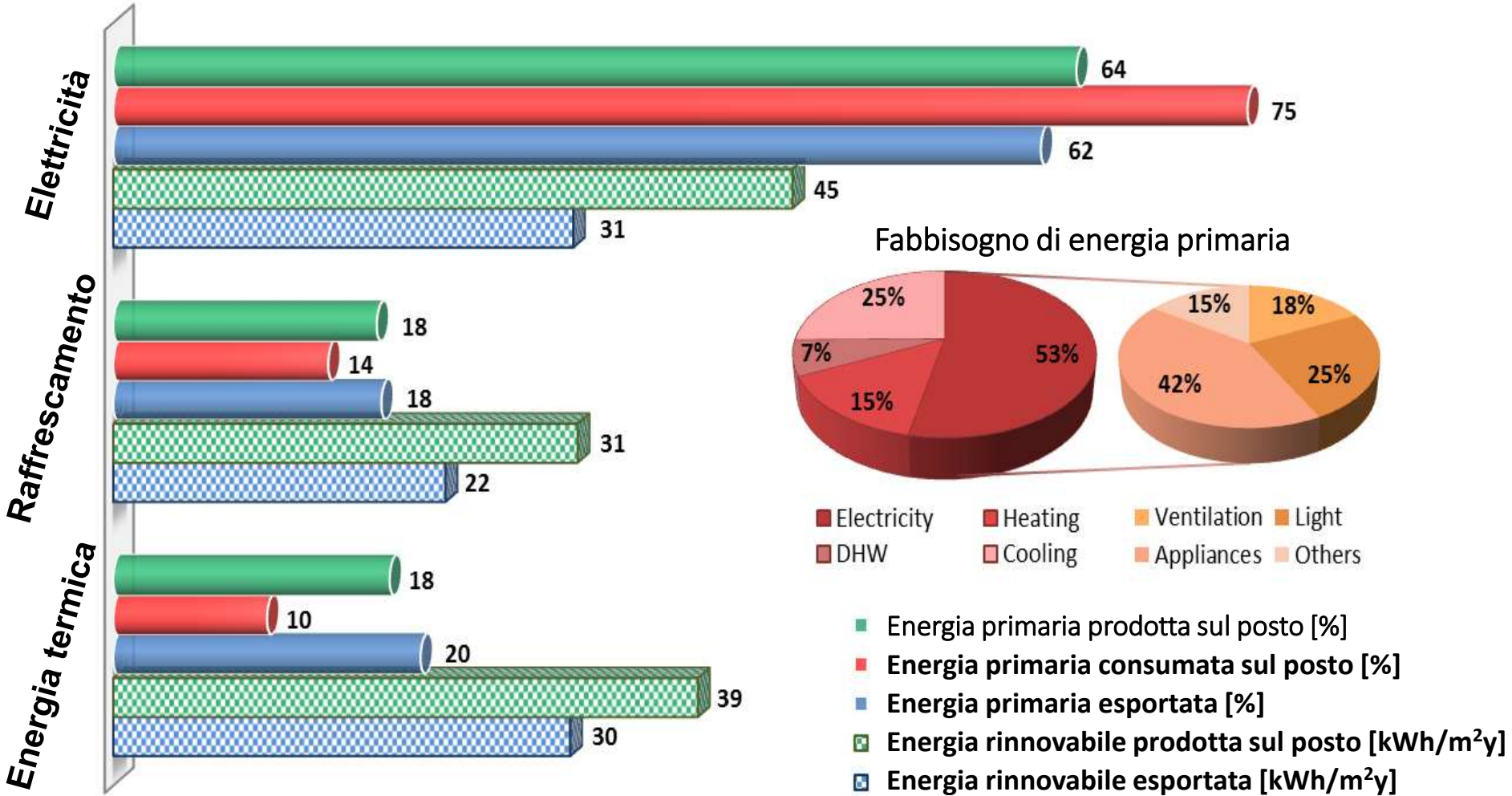


Zona	Minimo daylighting (estate)	Target
Uffici	500 lux	Minimo carico frigorifero
Expo	200 lux	

# Prestazione energetica - Risultati

Fabbisogno [kWh/m <sup>2</sup> ·y]		Riscaldam.	ACS	Raffresc.	Elettricità			
					Ventilaz.	Illum.	Applic.	Ventilatori, pompe, torre evaporativa
Totale		3.90	1.85	6.70				
Vettore	Electricità	0.13	0.21	0.19	2.50	3.51	5.96	2.18
	Solare	3.47	1.21	5.62				
Rinnovabile [kWh/m <sup>2</sup> ·y]		Termico			Raffrescamento		Elettricità	
Prodotta sul posto		38.9			30.9		45.2	
Esportata		30.4			22.1		30.6	
Energia primaria [kWh/m <sup>2</sup> ·y]		Prodotta sul posto	Prodotta e consumata sul posto		Esportata	Importata		Rinnovabile
		153.9	45.9		108.0	32.0		235%
Fabbisogno e classe		Metodologia	Energia primaria per il riscaldamento [kWh/m <sup>3</sup> ·y] (Classe)			Fabbisogno per il raffrescamento (non primaria) [kWh/m <sup>2</sup> ·y] (Classe)		
		UNI TS 11300	1.92	(A+)		9.39		(I)

# Prestazione energetica - Risultati





# NZEB, approvato il Piano d'azione nazionale

(28 Novembre 2016) <http://www.nextville.it/news/2668>

Il **Ministero dello sviluppo economico** ha approvato il **Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero** (Nearly Zero Energy Buildings - NZEB). Si attende la pubblicazione in Gazzetta Ufficiale.

Il Dlgs 192/2005 (comma 2, articolo 4-bis) aveva disposto la stesura del Piano d'azione nazionale per incrementare gli edifici a energia quasi zero entro il 31 dicembre del 2014.

Ricordiamo che il decreto legge 4 giugno 2013, n. 63, di recepimento della direttiva 2010/31/UE (anche nota come EPBD2), è intervenuto a modificare il Dlgs 192/2005.

Elaborato da un gruppo di lavoro composto dall'Enea, l'RSE e il CTI, il Piano è stato approvato dal Ministero e prevede:

- l'applicazione della **definizione di edifici a energia quasi zero alle diverse tipologie di edifici e indicatori numerici del consumo di energia primaria**, espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno;
- i **costi connessi alla realizzazione degli edifici a energia quasi zero**;
- una **panoramica sul parco immobiliare nazionale**;
- le **politiche e le misure finanziarie** o di altro tipo previste per **promuovere gli edifici a energia quasi zero**, comprese le informazioni relative alle misure nazionali previste per l'integrazione delle fonti rinnovabili negli edifici, in attuazione della direttiva 2009/28/CE;
- la stima dei **potenziali di risparmio raggiungibili nel periodo 2015-2020**, nell'ipotesi che, degli edifici esistenti soggetti a riqualificazione energetica, a ristrutturazione importante o di nuova realizzazione, una percentuale dell'1% per anno consegua i requisiti degli NZEB.

# Conclusioni

- Progetto del primo edificio non-residenziale ad energia zero per il clima mediterraneo;
- Ottimizzazione dei parametri progettuali ed operativi del NZEB (ottenuti attraverso un apposito codice di simulazione dinamica delle prestazioni energetiche e del controllo avanzato di temperatura ed umidità);
- Analisi degli effetti attivi e passivi sul fabbisogno energetico dell'edificio delle tecnologie per il risparmio energetico integrate nell'involucro edilizio: BIPV/T e BIPV, anche con PCM;
- I requisiti di NZEB plus sono ottenuti attraverso le fonti rinnovabili;
- Migliori prestazioni sono ottenute con il BIPV/T piuttosto che BIPV:
  - Maggior produzione elettrica (+ 3.5%)
  - Più bassi fabbisogni globali per riscaldamento e raffrescamento
- Collettori solari piani ad alta temperatura (fino a 250°C) e vuoto spinto ( $10^{-4}$  -  $10^{-9}$  mbar) per il solar cooling con assorbitore bistadio
- Il risparmio economico ottenuto col PCM non bilancia gli elevati costi iniziali in tempi ragionevoli

# Grazie per l'attenzione

## Ulteriori dettagli sono disponibili su:

- **Milano Finanza** del 21 giugno 2016. "A Napoli il primo edificio non residenziale ad energia zero del Mediterraneo"
- Buonomano A., De Luca G., Montanaro U., Palombo A. "*Innovative technologies for NZEBs: an energy and economic analysis tool and a case study of a non-residential building in Mediterranean climate*" **Energy and Buildings**, Vol. 121, June 2016, pp. 318-343.
- Becchio C.; Buonomano A.; Cappelletti F.; Corgnati S. P.; Dalla Mora T.; Palombo A.; Peron F.; Romagnoni P. "*Towards nZEBs: experiences in Italy*" **CLIMA 2016 - 12<sup>th</sup> REHVA World Congress**. Aalborg, Denmark. May 22 - 25. Vol. 10. ISBN:87-91606-35-7.
- Buonomano A. "*Code-to-Code Validation and Application of a Building Dynamic Simulation Tool for the Building Energy Performance Analysis*" **Energies**, Vol. 9, Issue 4, pp. 301-330, April 2016.
- Buonomano A., Palombo P. "*A non-residential NZEB in Naples*" **Rehva Journal**, Issue 6, December 2015, ISSN 1307-3729, pp. 46-48.
- Buonomano A., Montanaro U., Palombo A., Vicidomini M. "*NZEBs in Mediterranean climates: energy design and optimization for a non-residential building*". **Energy Procedia**, Volume 82, December 2015, Pages 458–464.
- Buonomano A., Palombo P. "*Modelling PCM, BIPV/T and other innovative technologies for energy efficiency in buildings: a case study*" Smart Net Zero Resilient Buildings and Communities **CZEBS-iiSBE-APEC Net Zero Built Environment 2015 Symposium**. Concordia University, Montreal (Quebec, Canada). August 20-21 2015.
- Buonomano A., Montanaro U., Palombo A., Vicidomini M. "*Energy saving technologies for a non-residential NZEB in Mediterranean climate*" **EURO-ELECS 2015**, Latin American and European Conference on Sustainable Buildings and Communities. Guimaraes (Portugal), July 21-23 2015.
- **Il Mattino** del 28 gennaio 2012 "Eco-energia senza sprechi nascono gli uffici del futuro A Soccavo sorgerà la nuova sede dell'assessorato all'Ambiente"