



# edifici a energia QUASI ZERO

case passive • sostenibili • in classe A

Catania, 22 marzo 2012

Centro Congressuale Le Ciminiere

**Il miglioramento delle prestazioni energetiche in Sicilia:  
aspetti tecnici ed impegno ENEA**

Ing. Francesco Cappello

ENEA Sicilia

Dir. 2010/31/UE 19 maggio 2010 sulla  
prestazione energetica nell'edilizia

Dal 2020

Edifici nuovi a energia  
quasi zero = ?

Consumi da considerare?  
Autosufficienza propria ?  
... o a livello locale ?  
... o nelle vicinanze ?



L'edificio consuma ma  
gli impianti concorrono  
a gestire produzione,  
consumo e flusso, locali,  
di energia.

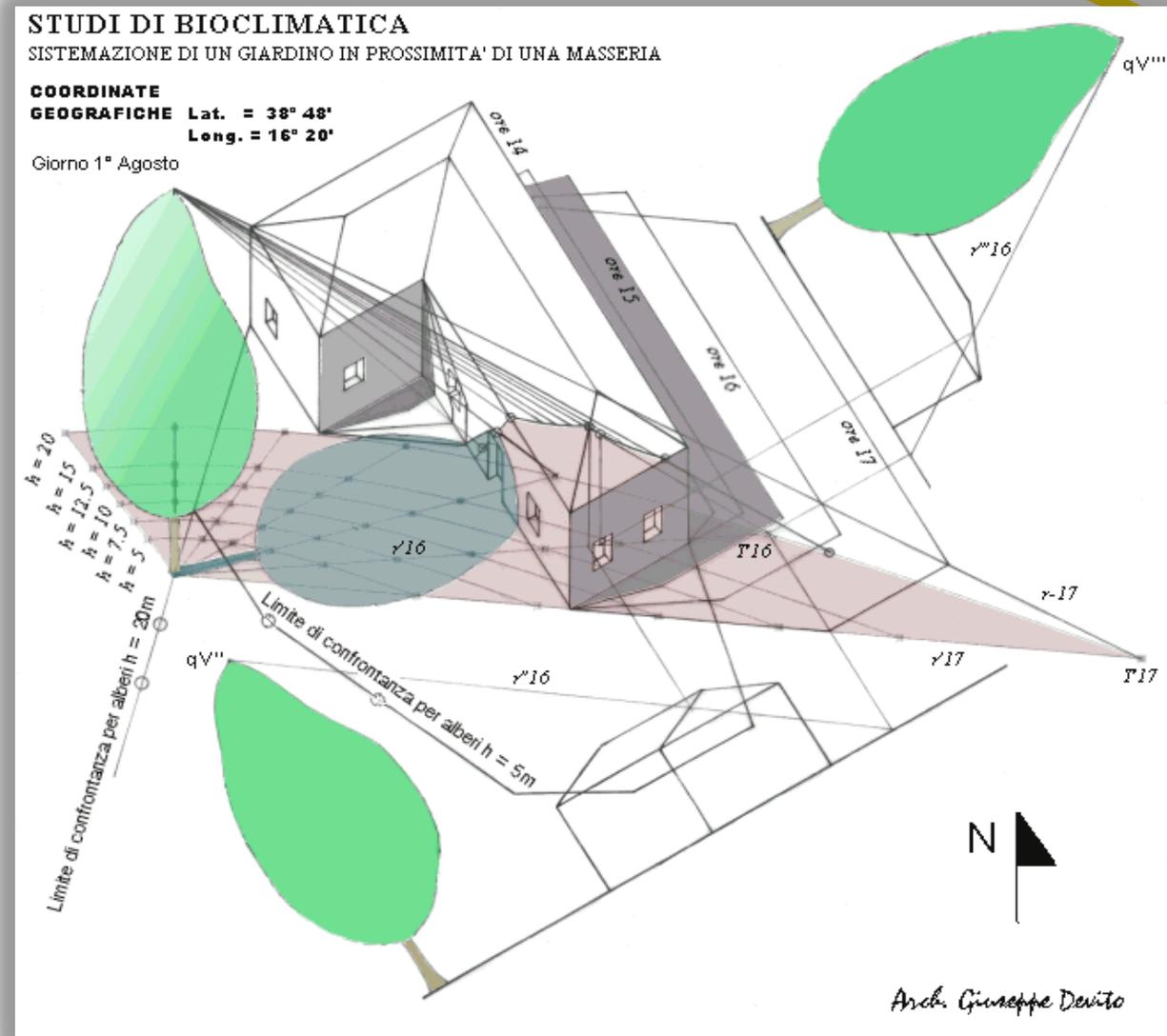
(Smart energy building)

- ♦ 1. Wind catcher, for summer ventilation
- ♦ 2. Solar array at back of house for hot water and electricity
- ♦ 3. High-level of wall insulation
- ♦ 4. Biomass boiler



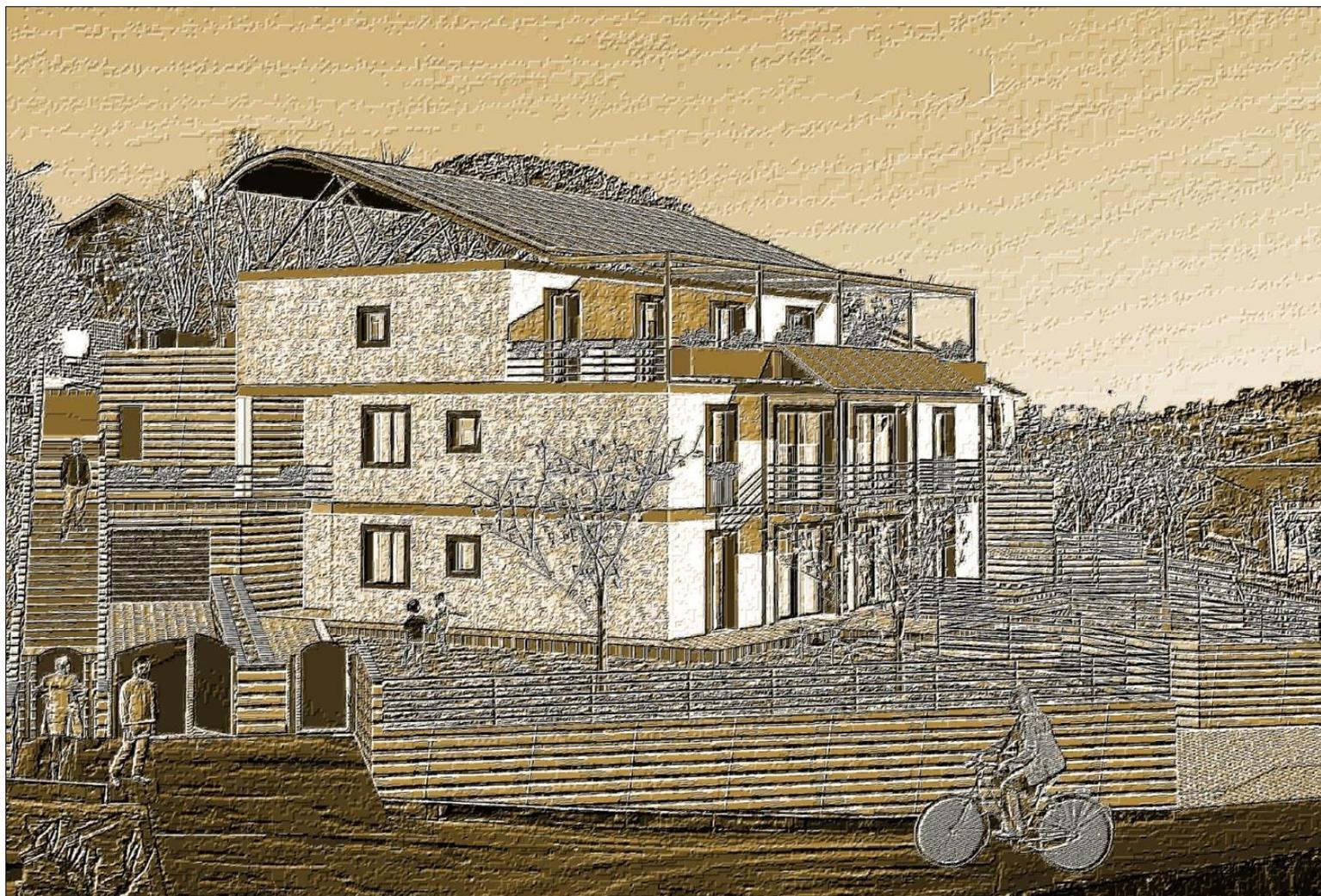
- 1) **Bioclimatica**
- 2) **Involucro / Impianti**
- 3) **Fonti rinnovabili**
- 4) **Domotica**

- ❑ Collettori solari;
- ❑ Fotovoltaico;
- ❑ Solar cooling;
- ❑ Co-Tri-generazione;
- ❑ Mini e micro eolico;
- ❑ Geotermia;
- ❑ PDC ad alta efficienza;
- ❑ Trattamento e utilizzo acque bianche/grigie/nere;
- ❑ Utilizzo, produzione e accumulo di Idrogeno;
- ❑ Fuel Cell;
- ❑ Ricarica moto e auto elettriche;
- ❑ Smart building in smart grid; ...

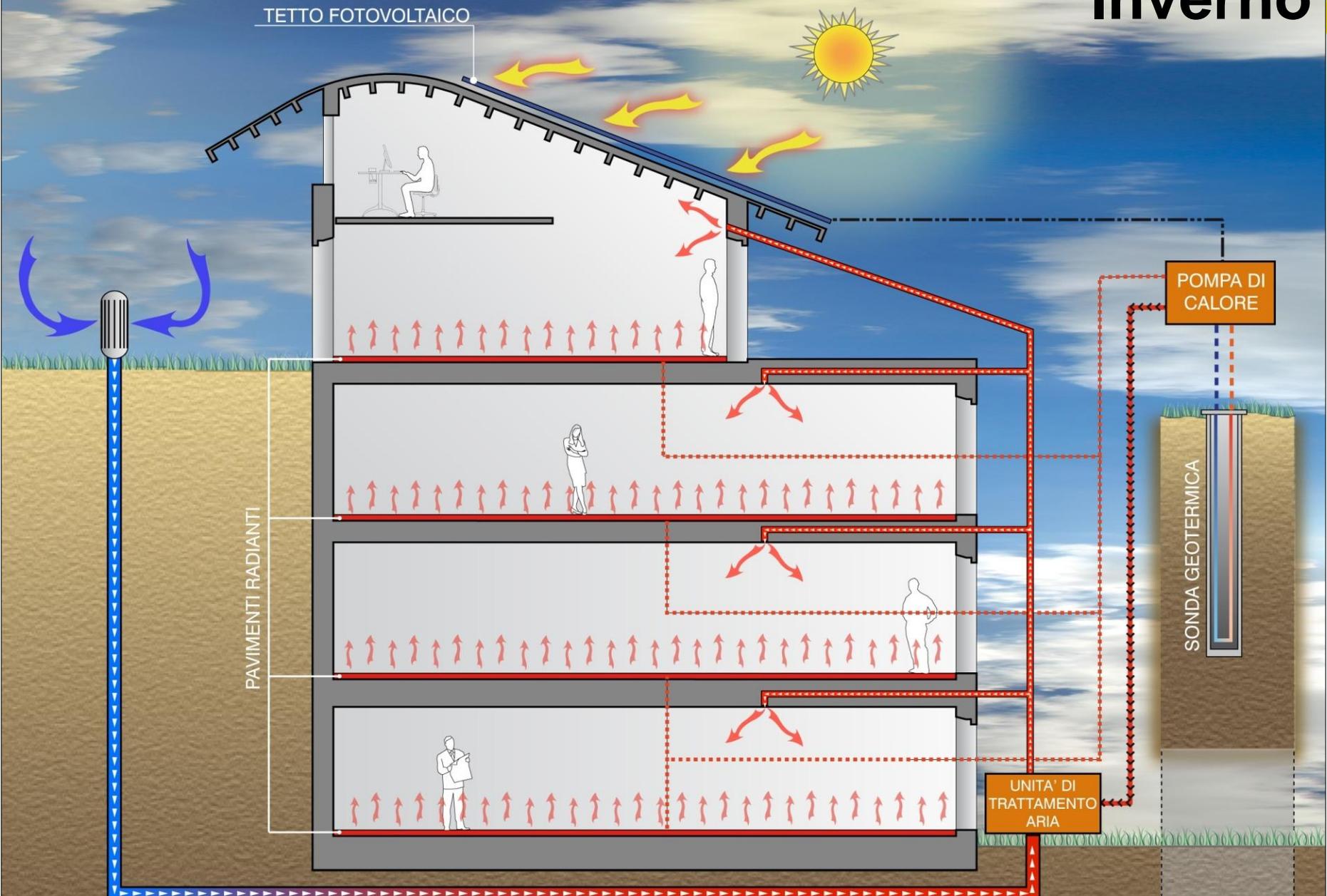


# La Costruzione del nuovo a ZERO EMISSIONI

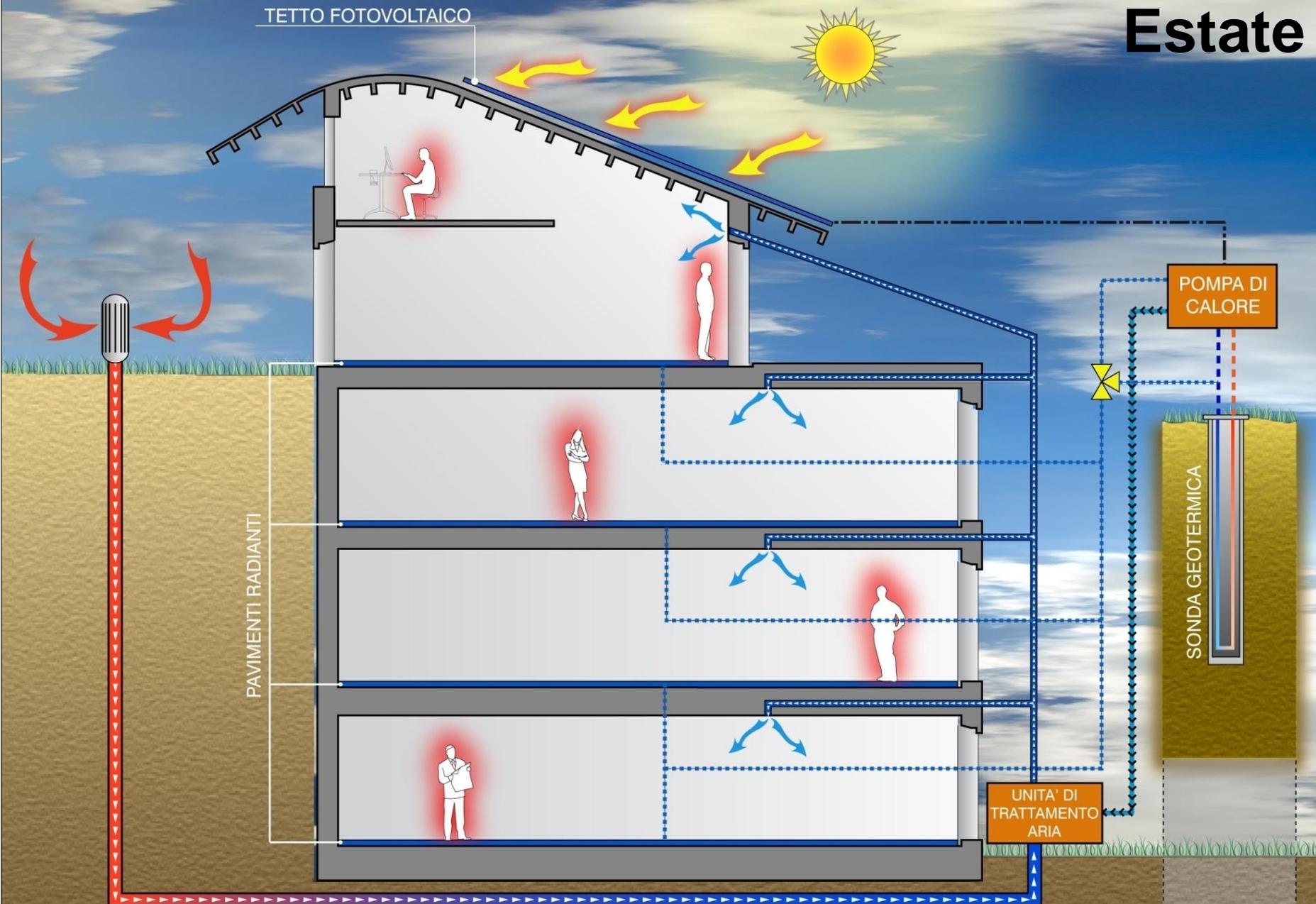
La logica: Efficienza + Impianti elettrici + ff.rr. e Fotovoltaico



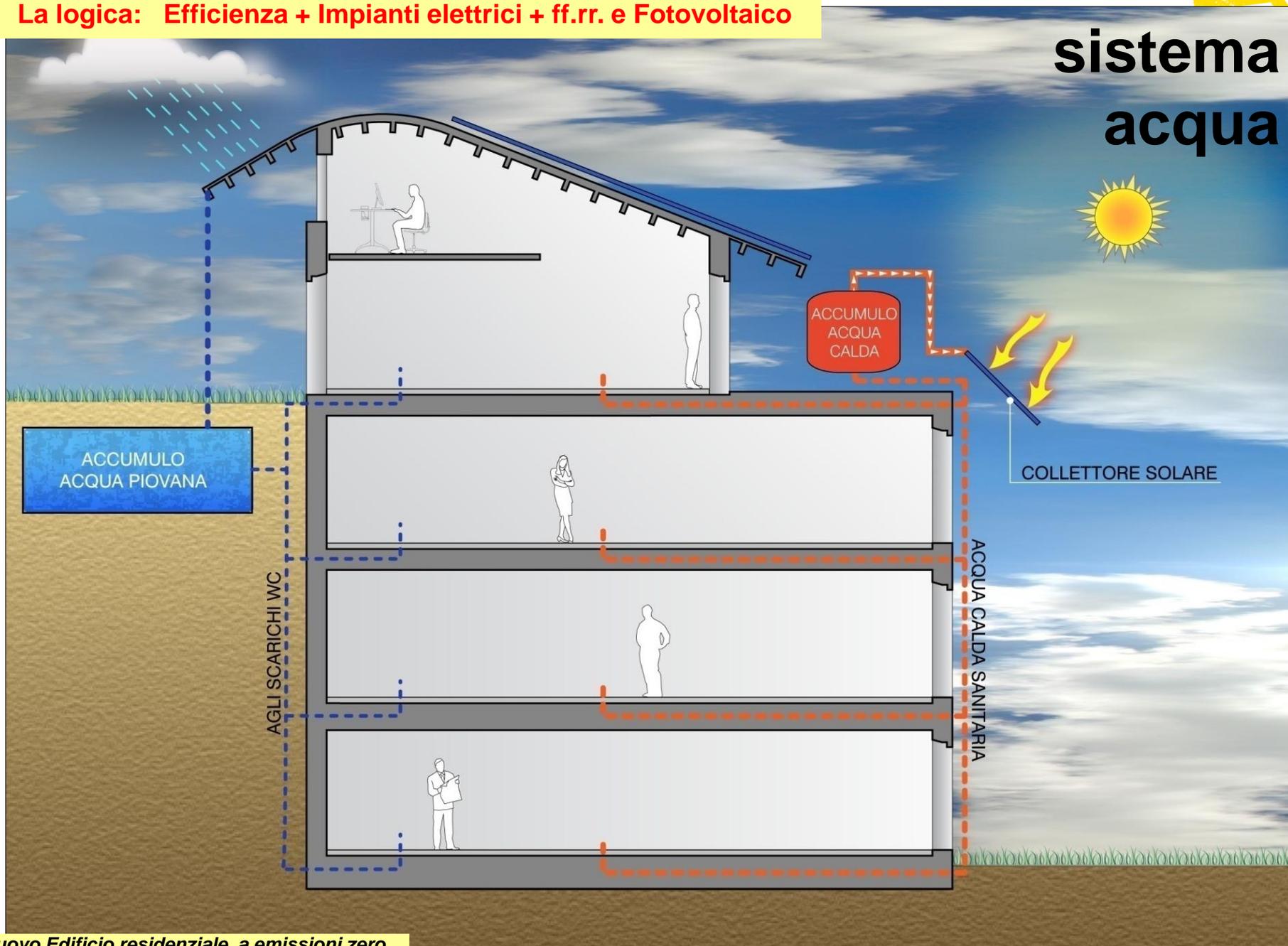
**Nuovo Edificio residenziale a emissioni zero**  
Prog. Arch. M. Butera & Co Agrigento Palermo



Estate

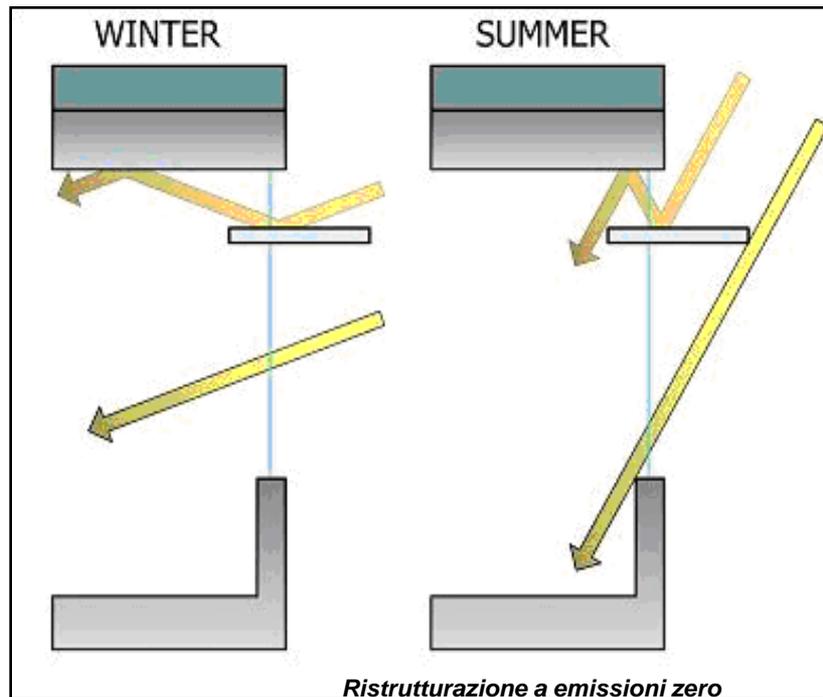
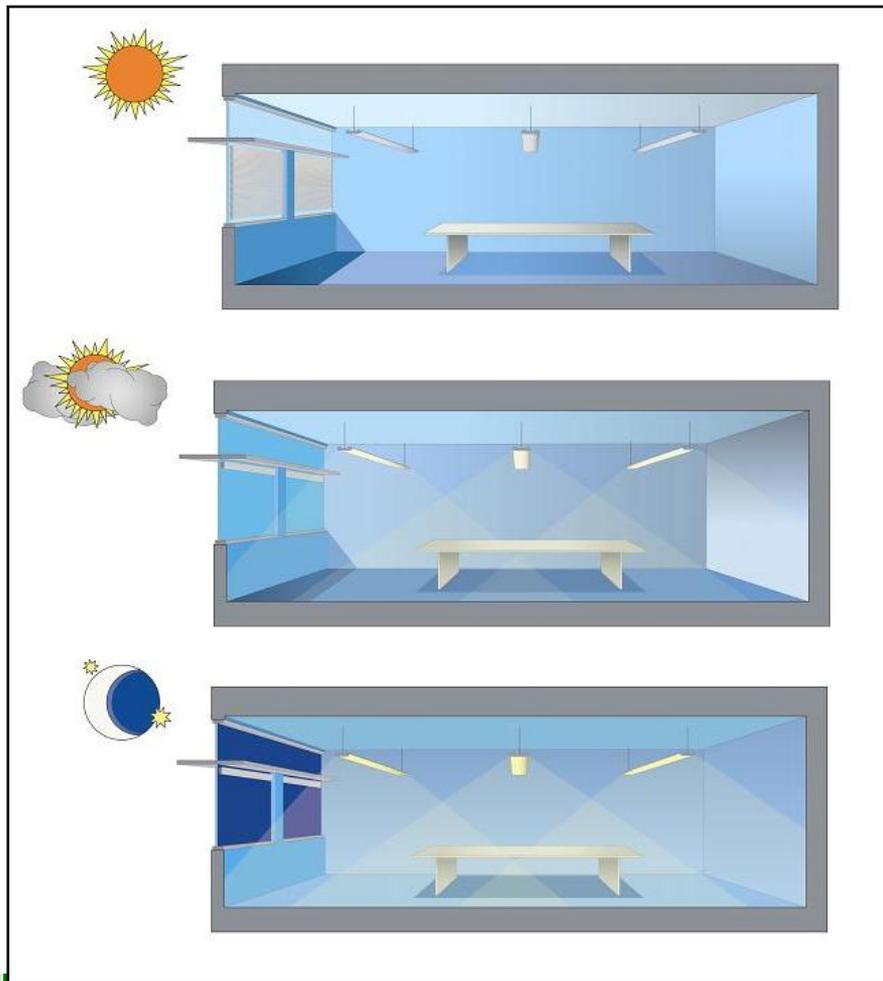


# sistema acqua





## Ottimizzazione degli apporti di luce naturale



# La logica: Efficienza + Impianti elettrici + ff.rr. Fotovoltaico

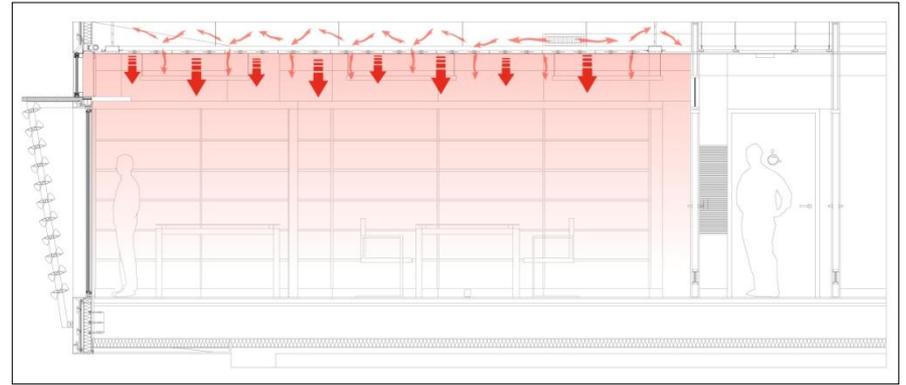
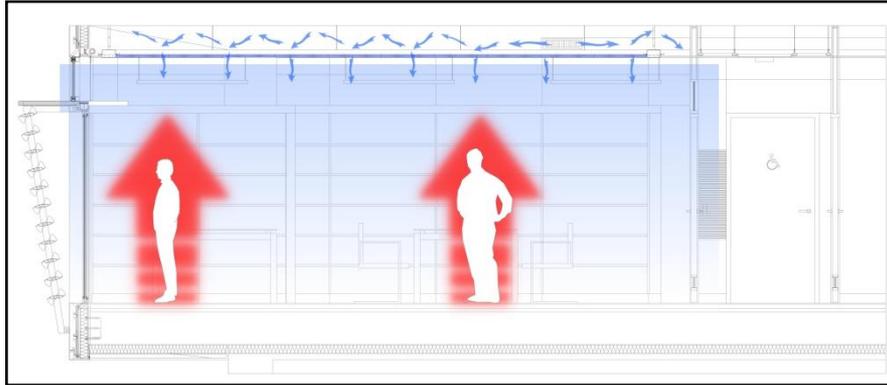


Soffitti radianti per un maggiore comfort e un minore consumo energetico Portata di aria di rinnovo variabile in funzione del numero di occupanti

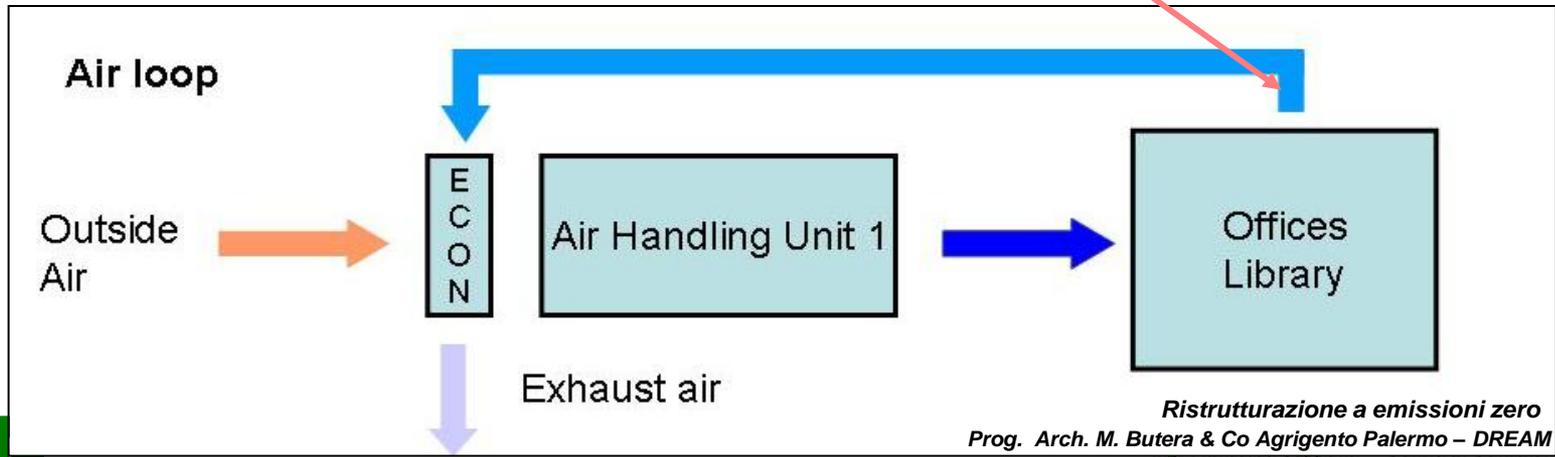
Estate

Uffici e Biblioteca

Inverno



Sensore di CO<sub>2</sub>



# Efficienza Energetica degli Edifici e Fonti Rinnovabili nell'EDILIZIA ESISTENTE



Impianti efficienti



3



fonti rinnovabili



2



Involucro efficiente



1

4

CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Energy certificate	Building Energy Performance		Assessor
	Space to make reference to the certification scheme used		Assessor rating
	Very energy efficient		C
	A		
	B		
C			
D			
E			
F			
Not energy efficient		calculated	
G			
Name of the indicator used	Unit	130	
Space to include additional information on building energy use			



**Isolamento termico  
- Niscemi (CL) 2007 -**

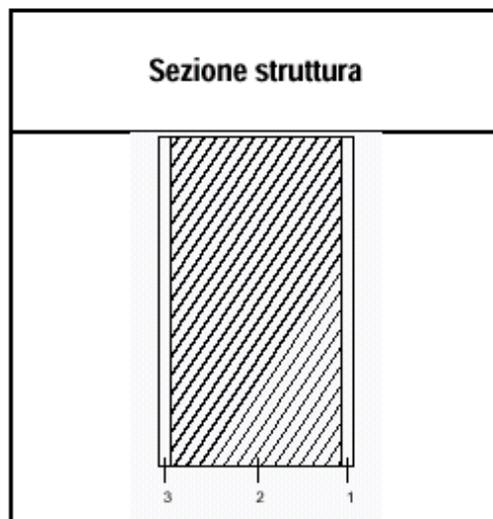
**L'edilizia ha rappresentato fino al 40% del PIL Siciliano**

**Edilizia esistente: problema, necessità, ... possibilità ...**

# L'isolamento termico in SICILIA



STRUTTURA N. 8 DESCRIZIONE Muratura in blocchi squadretti di tufo



Rif.	Materiali	Massa vol. [kg/m³]	Conduttiv. [W/(m·K)]	$\chi$ [kJ/(m²·K)]
1	Intonaco interno (calce e gesso)	1400	0,7	112
2	Blocchi in tufo	1600	0,7	
3	Intonaco esterno	1800	0,9	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Spessori tipici da 30 a 70 cm.

$$R = \Sigma s/\lambda = (0,02/0,7) + (0,27/0,7) + (0,02/0,9) = 0,44 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

$$\text{Resistenza superficiale (interna + esterna)} = 0,13 + 0,04 = 0,17 \text{ (m}^2\text{K/W)}$$

$$\underline{R_{\text{totale}} = 0,44 + 0,17 = 0,61 \text{ (m}^2\text{K/W)}}$$

$$\underline{\text{Trasmittanza totale } U = 1/R = 1,6 \text{ (W/m}^2\text{K)}}$$

# Riqualificazione involucri edilizi in SICILIA



## 2. Trasmittanza termica delle strutture opache verticali

Tabella 2.1 Valori limite della trasmittanza termica  $U$  delle strutture opache verticali espressa in  $W/m^2K$

Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 $U$ ( $W/m^2K$ )	Dal 1 gennaio 2008 $U$ ( $W/m^2K$ )	Dal 1 gennaio 2010 $U$ ( $W/m^2K$ )
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

### Esempio (Palermo - Zona B)

Trasm iniziale  $U_i = 1,6$  ( $W/m^2K$ )

$R_{iniziale} = 1/U = 0,61$  ( $m^2K/W$ );

Trasmit. finale  $U_f = 0,48$  ( $W/m^2K$ )

$R_{finale} = 1/U = 2,1$  ( $m^2K/W$ );

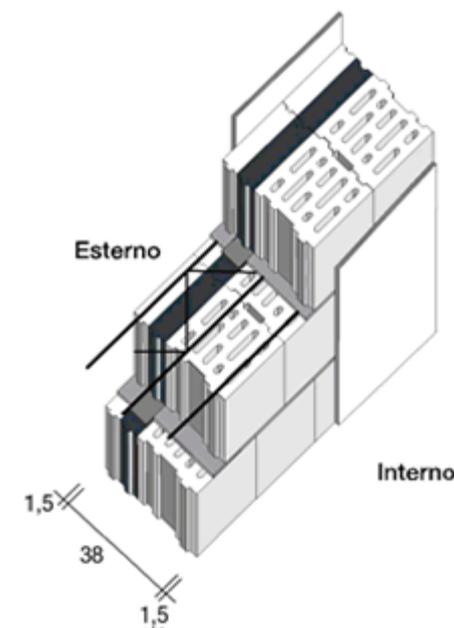
Resistenza termica aggiuntiva =  $R_{ag.} = 2,1 - 0,61 = 1,49$  ( $m^2K/W$ )

Spessore coibentazione  $S = R \times \lambda$  con  $\lambda = 0,04$  (**polistirene**) =>

Spessore di polistirene =  $1,49 * 0,04 =$  **6 cm**



<b>Spessore in cm</b>	<b>38</b>
Dimensioni modulari (H x L) in cm	20 x 25
Peso totale del blocco in condizioni ambiente in kg	15,5
Spessore della parte portante del blocco in cm	24,5
Percentuale di foratura (parte portante)	≤ 30%
<b>Spessore del pannello isolante in polistirene espanso con grafite in cm</b>	<b>7,5</b>
Spessore della tavella esterna in cm	6
Resistenza termica R della parete non intonacata in m <sup>2</sup> K/W	3,53
<b>Trasmittanza termica U della parete intonacata in W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,27</b>
<b>Trasmittanza termica periodica Y<sub>IE</sub> della parete intonacata in W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>0,016</b>
<b>Fattore di smorzamento f<sub>a</sub></b>	<b>0,060</b>
<b>Sfasamento S in h</b>	<b>16,8</b>
<b>Condensazioni all'interno della parete (verifica Glaser)</b>	<b>ASSENT I</b>
Massa superficiale M <sub>S</sub> della parete non intonacata in kg/m <sup>2</sup>	360



Legge 10/91  
Direttiva 2002/31/CE  
DLgs 192/2005  
Certificazione  
energetica

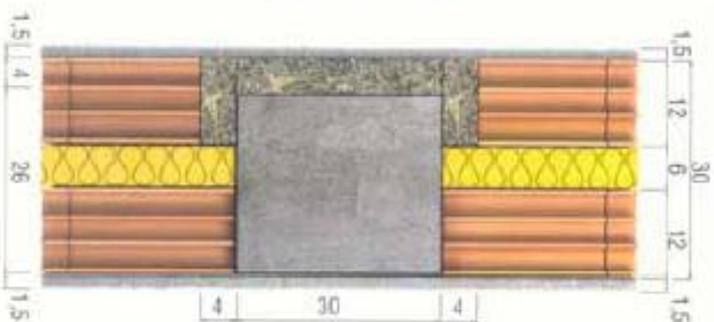
**Miglioramento  
dei prodotti**

## CORREZIONE PONTE TERMICI PILASTRO PARETE



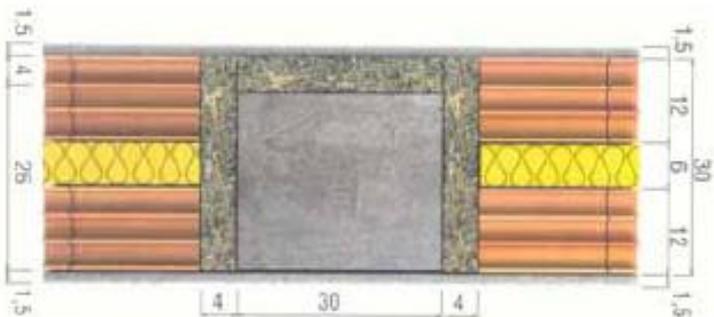
**Ponte termico pilastro parete  
Correzione ordinaria**

**CO**



**Ponte termico pilastro  
parete Correzione accurata**

**CA**

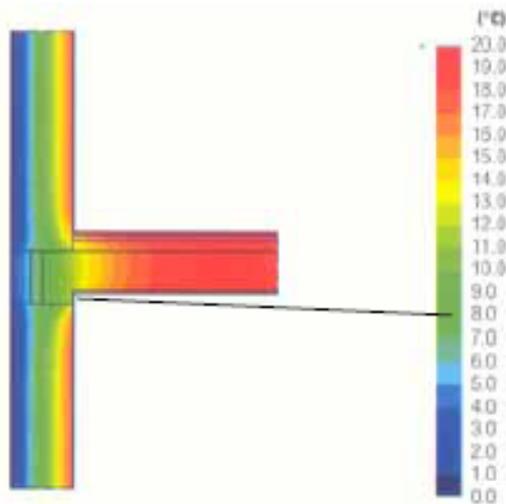


**Ponte termico pilastro parete  
Correzione molto accurata**

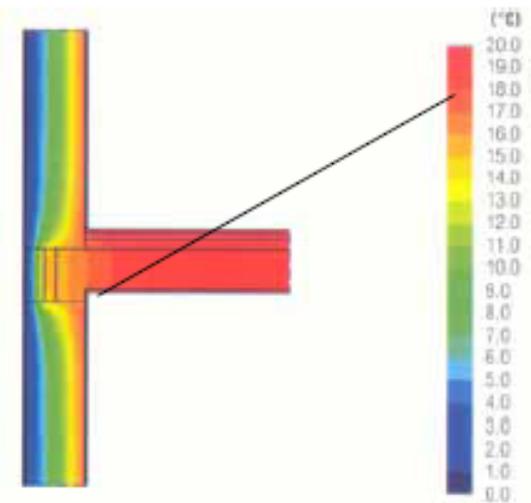
**CMA**

# Ponti termici

Le perdite di calore attraverso gli elementi strutturali di un edificio, ponti termici, possono raggiungere e superare il 20 % delle dispersioni totali e sono causa di condense interne, macchie, muffe, col conseguente deterioramento delle condizioni igienico ambientali e delle parti costruttive.



Ponte termico privo di correzione

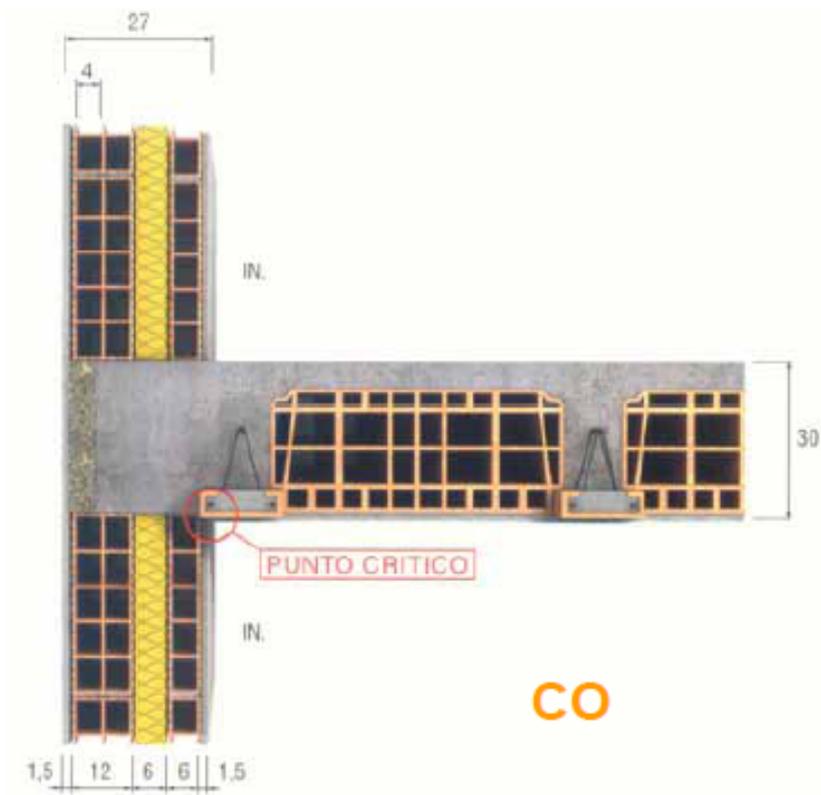


Correzione del ponte termico

Per correggere il ponte termico ed evitare il rischio di condensa è necessario inserire in corrispondenza del ponte termico uno strato di isolamento opportunamente dimensionato in base alle fasce climatiche. La struttura in cemento armato in seguito all'intervento ha una temperatura che poco si discosta da quella dell'aria temp allo spigolo =18°

## CORREZIONE PONTE TERMICI SOLAIO PARETE

Il ponte termico in oggetto riguarda il nodo tra il solaio e la parete. Il punto critico considerato nella sezione è tendenzialmente l'attacco inferiore del solaio con la parete e la sua criticità o meno dipende dalla stratigrafia della parete. La stratigrafia della parete è in accordo con la trasmittanza limite imposta dal Decreto Legislativo n.311 per le varie zone climatiche.



**Ponte termico solaio parete**  
**Correzione ordinaria**

**Isolamento termico  
- Buscemi (SR) 2007 -**



# Efficienza Energetica degli Edifici e Fonti Rinnovabili in Edilizia



Impianti efficienti



3



fonti rinnovabili



2

Involucri efficienti



1

4



CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Energy certificate	Building Energy Performance		As built
	Space to make reference to the certification scheme used		Asset rating
	Very energy efficient A B C D E F G Not energy efficient		C
	Name of the indicator used		Unit
			130
Space to include additional information on building energy use			



# IL SOLARE

Irraggiamento globale giornaliero, medio mensile (azimut=0) [ Wh/m<sup>2</sup>/g ]

**Latitudine del sito  $\varphi$  [DEG]** 38,70  
**Alzo collettore (tilt)  $\beta$  [DEG]** 18,70 Alzi standard Alzi con riferimento  $\varphi$   
**Azimut collettore  $A = 0$**  SUD  
**Coefficiente di riflessione  $\rho$**  0,20

Irraggiamento globale giornaliero, medio mensile, su superficie orizzontale  $H_o$  globale [Wh/m<sup>2</sup>/g]

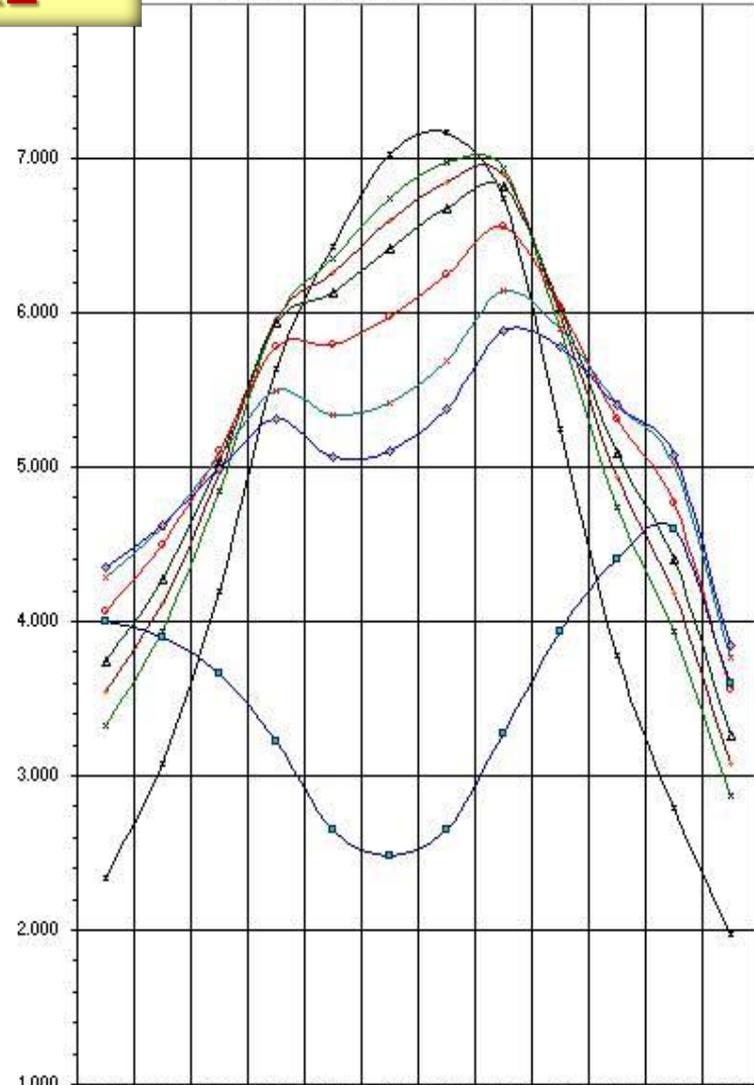
Irraggiamento giornaliero globale (radiazioni: diretta, diffusa, riflessa), medio mensile, per vari valori dell'angolo di alzo  $\beta$  della superficie di raccolta (metodo di Ljù-Jordan) [

Wh/m<sup>2</sup>/g ]

MESE	$\beta = 0,00$	$\beta 18,70$	$\beta 23,70$	$\beta 28,70$	$\beta = \varphi 38,70$	$\beta 48,70$	$\beta 53,70$	$\beta 90,00$
GEN	2.334	3.322	3.542	3.740	4.064	4.283	4.351	3.999
FEB	3.077	3.936	4.114	4.266	4.492	4.608	4.622	3.893
MAR	4.192	4.846	4.956	5.037	5.109	5.060	4.991	3.668
APR	5.638	5.953	5.960	5.932	5.778	5.494	5.307	3.217
MAG	6.431	6.357	6.262	6.135	5.792	5.335	5.069	2.654
GIU	7.026	6.746	6.597	6.416	5.968	5.412	5.099	2.480
LUG	7.174	6.976	6.842	6.675	6.243	5.692	5.377	2.648
AGO	6.735	6.934	6.896	6.820	6.553	6.141	5.884	3.271
SET	5.244	5.892	5.984	6.040	6.042	5.899	5.774	3.931
OTT	3.782	4.739	4.931	5.092	5.318	5.411	5.407	4.397
NOV	2.788	3.929	4.180	4.405	4.769	5.009	5.081	4.601
DIC	1.980	2.875	3.076	3.258	3.560	3.771	3.840	3.591

Ora solare media dell'alba nel mese

Ora solare media del tramonto nel mese



	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
Orizale	2.334	3.077	4.192	5.638	6.431	7.026	7.174	6.735	5.244	3.782	2.788	1.980
18,70	3.322	3.936	4.846	5.953	6.357	6.746	6.976	6.934	5.892	4.739	3.929	2.875
23,70	3.542	4.114	4.956	5.960	6.262	6.597	6.842	6.896	5.984	4.931	4.180	3.076
28,70	3.740	4.266	5.037	5.932	6.135	6.416	6.675	6.820	6.040	5.092	4.405	3.258
38,70	4.064	4.492	5.109	5.778	5.792	5.968	6.243	6.553	6.042	5.318	4.769	3.560
48,70	4.283	4.608	5.060	5.494	5.335	5.412	5.692	6.141	5.899	5.411	5.009	3.771
53,70	4.351	4.622	4.991	5.307	5.069	5.099	5.377	5.884	5.774	5.407	5.081	3.840
Verticale	3.999	3.893	3.668	3.217	2.654	2.480	2.648	3.271	3.931	4.397	4.601	3.591

Medie dell'irraggiamento giornaliero Wh/m<sup>2</sup>/g (in evidenza valore massimo)

<b>Annuale</b>	<b>4.708</b>	<b>5.215</b>	<b>5.283</b>	<b>5.323</b>	<b>5.310</b>	<b>5.178</b>	<b>5.068</b>	<b>3.526</b>
<b>Invernale</b>	<b>3.026</b>	<b>3.941</b>	<b>4.133</b>	<b>4.300</b>	<b>4.552</b>	<b>4.690</b>	<b>4.715</b>	<b>4.024</b>
<b>Estiva</b>	<b>6.381</b>	<b>6.481</b>	<b>6.427</b>	<b>6.340</b>	<b>6.065</b>	<b>5.663</b>	<b>5.419</b>	<b>3.030</b>

Irraggiamento totale kWh/m<sup>2</sup>/a (in evidenza valore massimo)

<b>Annuale</b>	<b>1.719</b>	<b>1.903</b>	<b>1.928</b>	<b>1.943</b>	<b>1.938</b>	<b>1.890</b>	<b>1.850</b>	<b>1.287</b>
<b>Invernale</b>	<b>551</b>	<b>717</b>	<b>752</b>	<b>783</b>	<b>828</b>	<b>854</b>	<b>858</b>	<b>732</b>
<b>Estivo</b>	<b>1.168</b>	<b>1.186</b>	<b>1.176</b>	<b>1.160</b>	<b>1.110</b>	<b>1.036</b>	<b>992</b>	<b>555</b>



**Protezione anti stagnazione  
- Caltagirone 2006 -**

Gli interventi di installazione di impianti solari termici sono considerati attività ad edilizia libera e sono realizzati previa comunicazione, anche per via telematica, dell'inizio dei lavori .... nelle seguenti condizioni:

- a) siano installati impianti aderenti o integrati nei tetti di edifici esistenti con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda e i cui componenti non modificano la sagoma degli edifici stessi;
- b) la superficie dell'impianto non sia superiore a quella del tetto su cui viene realizzato;
- c) gli interventi non ricadano nel campo di applicazione del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, e successive modificazioni.



## **Obblighi per i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti**

1. Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e delle seguenti percentuali della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento:

- a) il 20 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) il 35 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) il 50 per cento quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è rilasciato dal 1° gennaio 2017.

2. Gli obblighi di cui al comma 1 non possono essere assolti tramite impianti da fonti rinnovabili che producano esclusivamente energia elettrica la quale alimenti, a sua volta, dispositivi o impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento.

**Problema non banale per i progettisti**  
**(Sistemi radianti, integrazione con Pompe di calore .... competizione tra solare termico e fotovoltaico per lo spazio sulle strutture edilizie ...**

# SOLARE TERMICO POTENZIALE IN SICILIA



**200.000 m<sup>2</sup> di collettori solari per ACS**

(dato Scenario virtuoso a medio termine - PEAR Sicilia)

Sicilia stato Attuale: installati circa **25.000 m<sup>2</sup>**

Investimenti: **100 - 200 milioni di euro**

Energia risparmiata: **20.000 – 30.000 tep/anno**

CO<sub>2</sub> evitata: **65.000 – 100.000 ton/anno**

## In fase di definizione “Conto Energia” nazionale solare termico

**Produzione specifica riconosciuta per imp. < 35 kWt (circa 50 m<sup>2</sup>): 700 kWh/m<sup>2</sup>/a**

**Contabilizzazione produzione (impianti superiori, fino a 1.000 kWt)**

**Incentivo (proposta Assolterm) 0,15 €/kWh (2012) → 0,1 €/kWh (2022)**

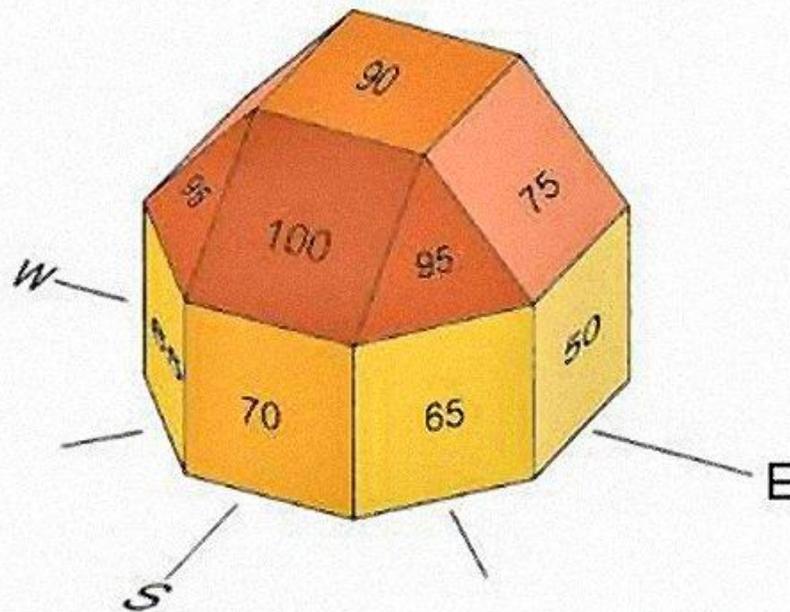
**Durata del beneficio: 10 anni**

## COLLETTORI SOLARI: IL POSIZIONAMENTO



- Per ottimizzare l'angolo di tilt su base annuale si sceglie, in genere, un angolo inferiore di circa  $10^\circ$  alla latitudine del sito di installazione, e questo valore tiene conto – oltre che della variabilità stagionale anche della collocazione geografica del sito di installazione
- Si può, quindi, dire che sistemi con azimut pari a  $0^\circ$  (esposti a sud), con tilt pari, all'incirca alla latitudine del sito meno una decina di gradi, assicurano il massimo rendimento
- Sono ammesse tolleranze che non arrecano eccessive penalizzazioni al rendimento del sistema: ad impianti con azimut pari a  $\pm 30^\circ$ , e tilt variati di  $\pm 20^\circ$  rispetto al tilt ottimale, corrispondono, infatti, rendimenti pari a circa il 90% di quello massimo

**UNI 8477** parte 1  
Calcolo degli apporti in edilizia  
Valutazione dell'energia raggiante ricevuta





## SOLARE TERMICO E SISTEMI RADIANTI

- tubi in polietilene;
- temperature del fluido di 50-40 C in mandata e 40-30 gradi in ritorno;
- Integrazione con caldaia a condensazione;
- **Superficie collettori solari: 0,15 e 0,25 m<sup>2</sup> per metro quadro di locale da riscaldare.**

**Costo: 30-35% in piu' del sistema tradizionale**



- I tubi sono installati sopra del materiale isolante, che previene la dispersione del calore al di sotto del pavimento
- Con l'uso del solare termico le temperature del fluido variano fra un range di 50-40 C in mandata e 40-30 gradi in ritorno
- la superficie dei collettori solari varia tra 0,25 e 0,10 m<sup>2</sup> per metro quadro di locale da riscaldare
- **Costo: 30% - 40% in piu' del sistema tradizionale**

# IL FOTOVOLTAICO

I numeri da ricordare

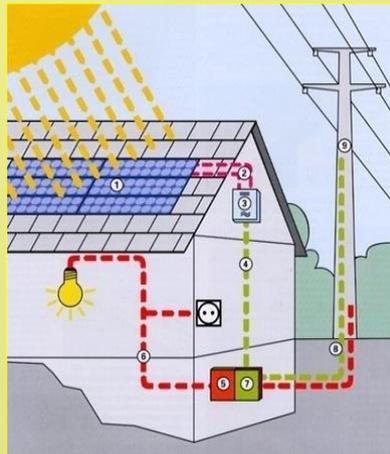
**1 kWp, installato in Sicilia** [insolazione media sul piano dei moduli pari a 1900 kWh/(m<sup>2</sup> anno)], **è in grado di produrre ogni anno** circa **1.450 kWh** di **energia elettrica utile effettiva**.

Dati per ciascun kWp installato:

Energia prodotta = **1.450 kWh/anno**

Costo: = **2.100-3.400 €**

Ingombro: = **10 - 15 m<sup>2</sup>**





## Obblighi per i nuovi edifici o gli edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti

3. Nel caso di edifici nuovi o edifici sottoposti a ristrutturazioni rilevanti, la potenza elettrica degli impianti alimentati da fonti rinnovabili che devono essere obbligatoriamente installati sopra o all'interno dell'edificio o nelle relative pertinenze, misurata in kW, è calcolata secondo la seguente formula:

$$P = \frac{1}{K} \cdot S$$

Dove S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m<sup>2</sup>, e K è un coefficiente (m<sup>2</sup>/kW) che assume i seguenti valori:

- a) K = 80, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 31 maggio 2012 al 31 dicembre 2013;
- b) K = 65, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2014 al 31 dicembre 2016;
- c) K = 50, quando la richiesta del pertinente titolo edilizio è presentata dal 1° gennaio 2017.

4. In caso di utilizzo di pannelli solari termici o fotovoltaici disposti sui tetti degli edifici, i predetti componenti devono essere aderenti o integrati nei tetti medesimi, con la stessa inclinazione e lo stesso orientamento della falda.

# IL MICROEOLICO



Rese energetiche medie  
in funzione della velocità vento  
media ad altezza mozzo rotore

Velocità vento media [m/s]	Produzione media [kWh] (modello R)		
	Giorno	Mese	Anno
3.5	15.5	471	5653
4	23.3	708	8494
4.5	32.0	972	11664
5	41.0	1247	14960
5.5	49.8	1515	18177
6	57.9	1762	21148
6.5	65.1	1980	23755

Turbina eolica BWC Excel 7.5-10 kW	
Tipo	3 Pale Sopravvento
Diametro Rotore	7 m
Velocità Vento:	
Start-up	3.4 m/s
Cut-in	3.1 m/s
Nominale	13.8 m/s
Cut-Out	Nessuna
Furling	15.6 m/s
Max. di Progetto	54 m/s
Potenza	
Nominale	10 kW (S,PV) 7.5 kW (R)
Massima	12 kW (S,PV) 8 kW (R)
Passo Pale	Powerflex
Protezione Sovravelocità	AutoFurl
Moltiplicatore	No (accoppiamento diretto)
Temperature	da -40° a +60° C
Generatore	A magneti permanenti

**Per impianti fino a 200 kW è possibile utilizzare l'energia e scambiarla con la rete con un contributo di 0,3 €/kWh per 15 anni**

(Delibere AEEG 74/2008, 1/2009 e Finanziaria 2008 e basta (D.I.A) fino a 60 kW)

# Efficienza Energetica degli Edifici e Fonti Rinnovabili in Edilizia



Impianti efficienti



3



fonti rinnovabili



2

Involucro efficiente



1

4



CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Energy certificate	Building Energy Performance		As built
	Space to make reference to the certification scheme used		Asset rating
	Very energy efficient 		C
	Not energy efficient		
	Name of the indicator used	Unit	calculated
		130	
Space to include additional information on building energy use			



$$\eta_g = \eta_e \eta_c \eta_d \eta_p$$

$$Q_c = Q_h / \eta_g$$

 $Q_h$ 

$Q_h$  è il fabbisogno energetico utile ideale richiesto da ciascuna zona, in J;

$Q_c$  è il fabbisogno di energia primaria richiesto da ciascuna zona, in J;

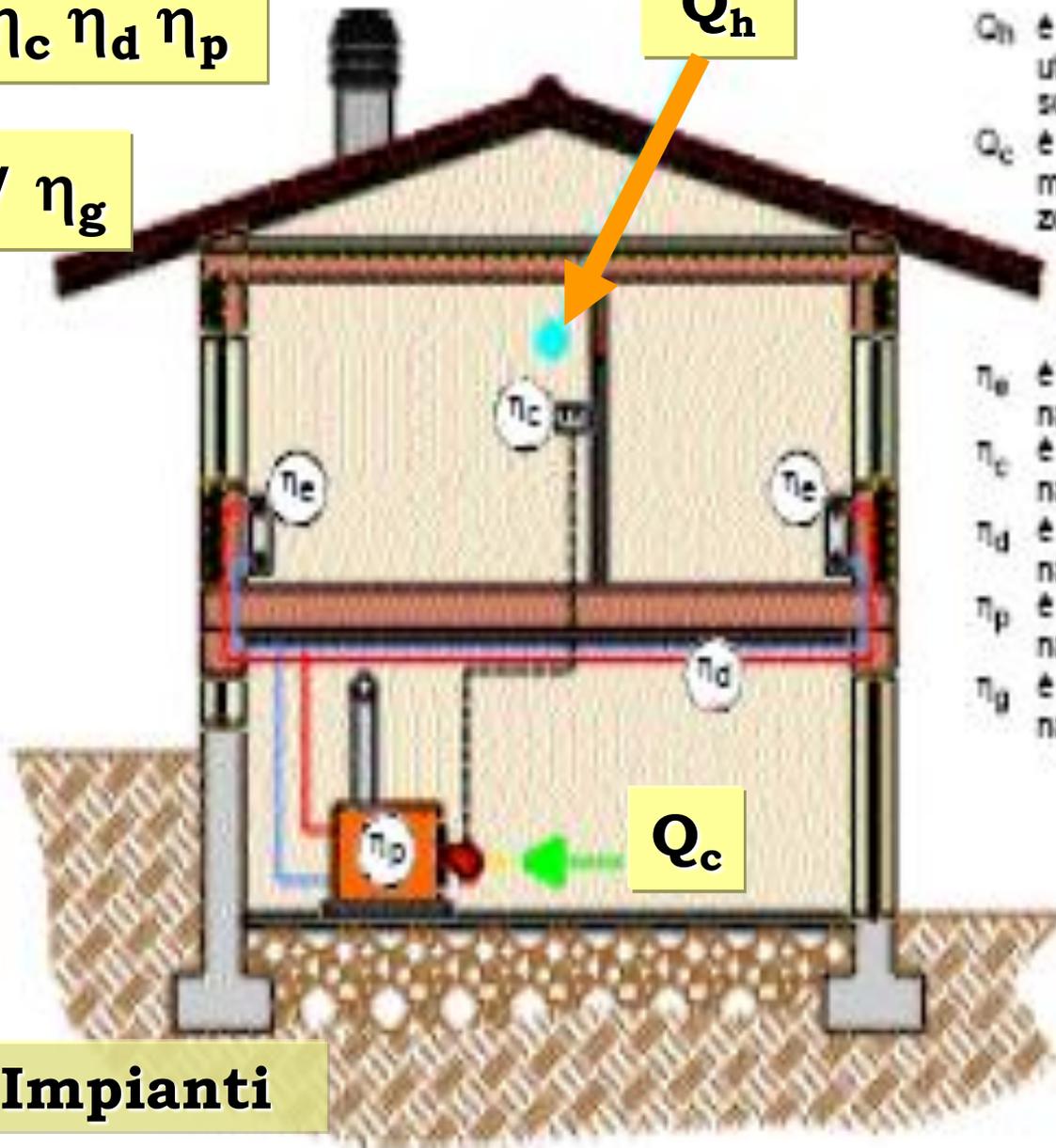
$\eta_e$  è il rendimento medio stagionale di emissione;

$\eta_c$  è il rendimento medio stagionale di regolazione;

$\eta_d$  è il rendimento medio stagionale di distribuzione;

$\eta_p$  è il rendimento medio stagionale di produzione;

$\eta_g$  è il rendimento medio stagionale globale.



**Area Impianti**



## EFFICIENZA DELLE POMPE DI CALORE

# COP

Coefficient Of Performance (Fattore di prestazione)

**Esempio:**

**Energia elettrica consumata dalla pompa di calore: 1 kWh**

**Energia resa dal Fan-coil: 4 kWh termici**

$$COP = \frac{4}{1} = 4$$

**N.B.**

**3 kWh termici sono stati presi gratuitamente dall'ambiente.**

# PERCHE' CONVIENE LA POMPA DI CALORE

*Quando in casa consumo 1 kWh di energia elettrica, nelle centrali elettriche si consumano circa  $1 \text{ kWh} / 0,37^* = 2,7 \text{ kWh}$  di energia*

## Caso A: STUFA ELETTRICA

*Se per riscaldare casa utilizzo una stufa elettrica per 1 kWh elettrico consumato otterrò 1 kWh termico. La convenienza % complessiva del sistema sarà:*

$$\eta_A = E_{\text{resa}}/E_{\text{consum}} \times 100 = \underline{1 / 2,7} \times 100 = \mathbf{37 \%} \quad (\text{ovviamente!})$$

## Caso B: POMPA DI CALORE

*Nel caso di Pompa di Calore con COP = 4 (... medio stagionale) per 1 kWh elettrico consumato avrò, in casa, 4 kWh termici. La convenienza % complessiva sarà:*

$$\eta_B = E_{\text{resa}}/E_{\text{consum}} \times 100 = \underline{4 / 2,7} \times 100 = \mathbf{148 \%}^{**}$$

\*  $\eta_{el} = 0,37 =$  Rendimento medio di produzione e trasporto dell'energia elettrica in Italia in bassa tensione.

$1 \text{ kWh}_{\text{elettrico}} =$  circa 2500 Kcal in centrale, ossia 250 grammi di petrolio !

\*\* Un buon impianto termico con caldaia 3 stelle ha rendimento  $\eta_C \leq 80 \%$

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP	COP
			2008-2009	2010
<b>aria/aria</b>	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entr.: 15	3,8	3,9
<b>aria/acqua</b> potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,9	4,1
<b>aria/acqua</b> potenza termica utile riscaldamento >35 kW	Bulbo secco all'entrata : 7 Bulbo umido all'entrata : 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,7	3,8
<b>salamoia/aria</b>	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entr.: 15	4,0	4,3
<b>salamoia/acqua</b>	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,0	4,3
<b>acqua/aria</b>	Temperatura entrata: 15 Temperatura uscita: 12	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,3	4,7
<b>acqua/acqua</b>	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,4	5,1

## 6 LE DIVERSE POMPE DI CALORE

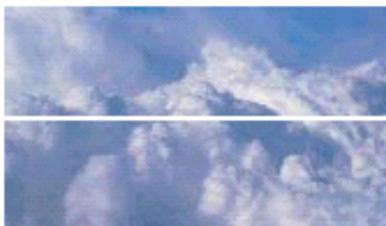
Le pompe di calore si distinguono in base alla sorgente fredda e al pozzo caldo che utilizzano.

Possono quindi essere del tipo:

### ARIA-ACQUA



### ARIA-ARIA



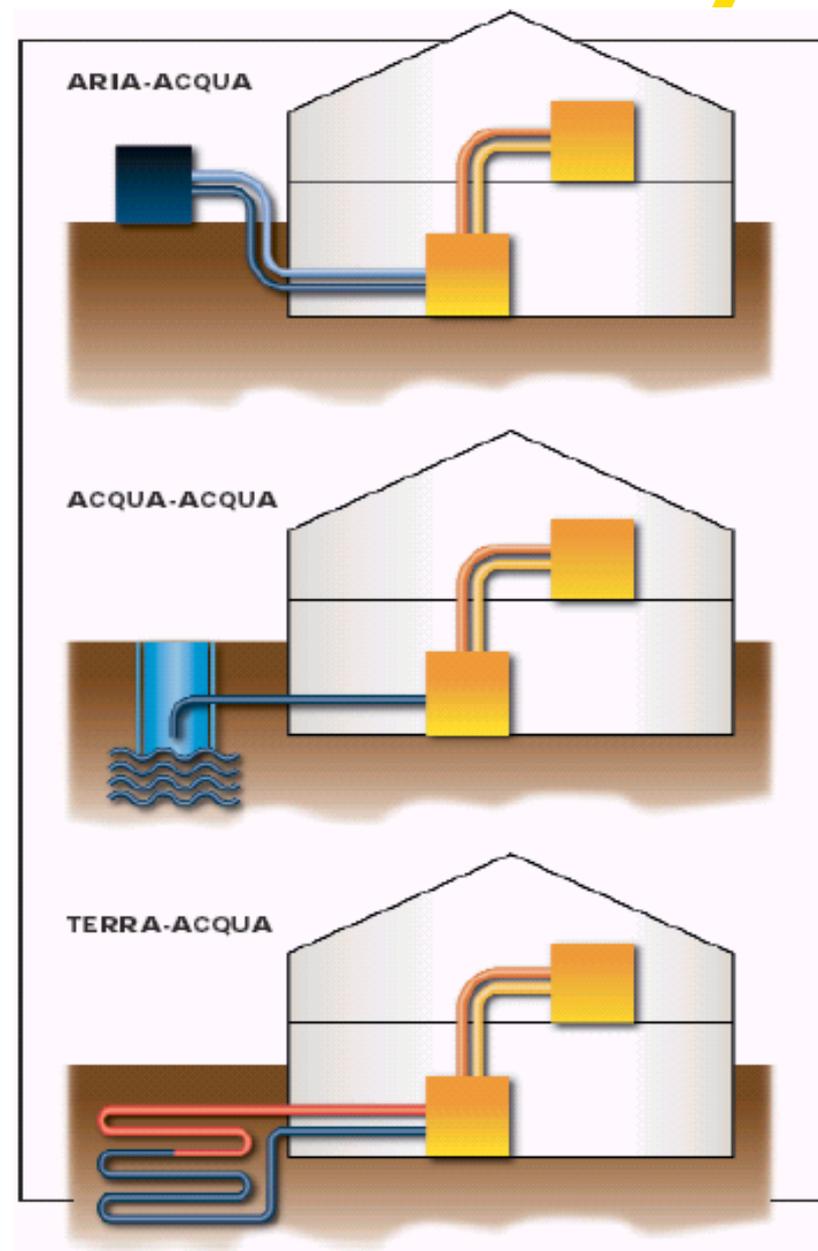
### ACQUA-ACQUA



### ACQUA-ARIA



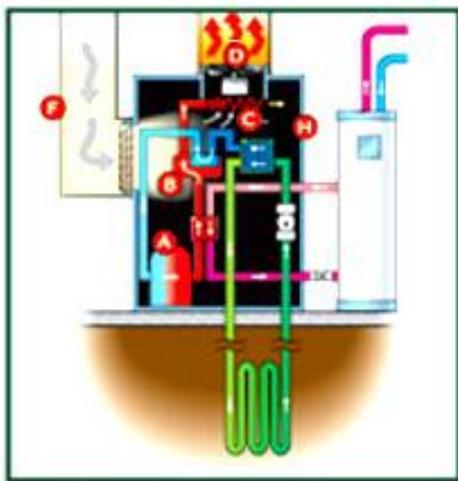
- **L'aria** come sorgente fredda ha il vantaggio di essere disponibile ovunque; tuttavia la potenza resa dalla pompa di calore diminuisce con la temperatura della sorgente. Nel caso si utilizzi l'aria esterna, è necessario (intorno a 0°C), un sistema di sbrinamento che comporta un ulteriore consumo di energia. Diverso e più vantaggioso, è l'impiego come sorgente fredda dell'aria interna viziata (aria estratta) che deve essere comunque rinnovata.
- **L'acqua** come sorgente fredda garantisce le prestazioni della pompa di calore senza risentire delle condizioni climatiche esterne; tuttavia richiede un costo aggiuntivo dovuto al sistema di adduzione.
- **Il terreno**, come sorgente fredda ha il vantaggio di subire minori sbalzi di temperatura rispetto all'aria. Le tubazioni orizzontali vanno interrate ad una profondità minima da 1 a 1,5 metri per non risentire troppo delle variazioni di temperatura dell'aria esterna e mantenere i benefici effetti dell'insolazione. È necessaria una estensione di terreno da 2 a 3 volte superiore alla superficie dei locali da riscaldare. Si tratta quindi di una soluzione costosa, sia per il terreno necessario che per la complessità dell'impianto.



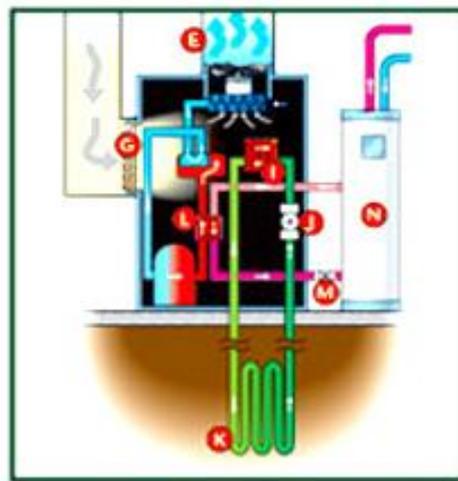
# MINI GEOTERMIA



Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti provvisti di *Pompe di calore ad alta efficienza* e con *impianti geotermici a bassa entalpia*;



Winter-Heating Mode



Summer-Cooling Mode



Figura 37 Sonde geotermiche: configurazione verticale e configurazione orizzontale.

Tipo di pompa di calore Ambiente esterno/interno	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	EER	
			2008-2009	2010
aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	3,3	3,4
aria/acqua	Bulbo secco all'entrata: 35 Bulbo umido all'entr.: 24	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	3,4	3,8
salamoia/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	4,2	4,4
salamoia/acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,2	4,4
acqua/aria	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Bulbo secco all'entrata: 27 Bulbo umido all'entr.: 19	4,2	4,4
acqua/acqua	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	Temperatura entrata: 23 Temperatura uscita: 18	4,6	5,1

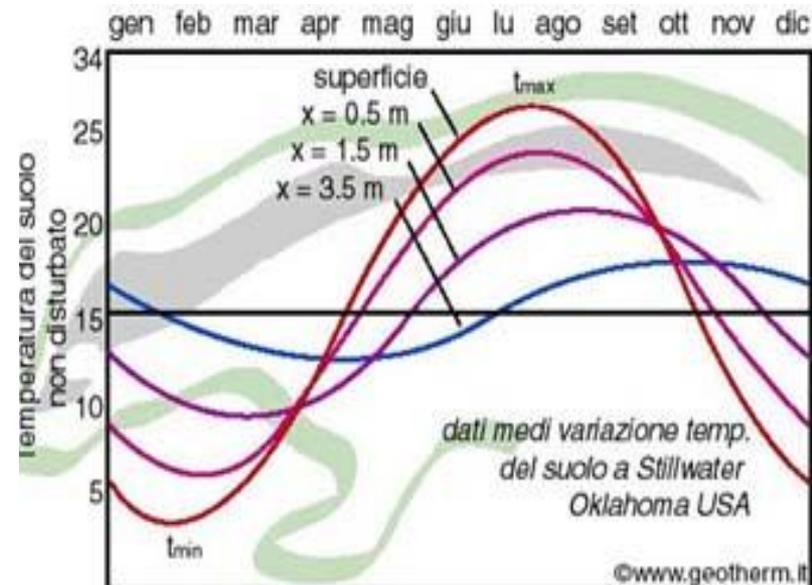


Tabella 12 Valori minimi dell'indice di prestazione energetica (EER) per pompe di calore elettriche



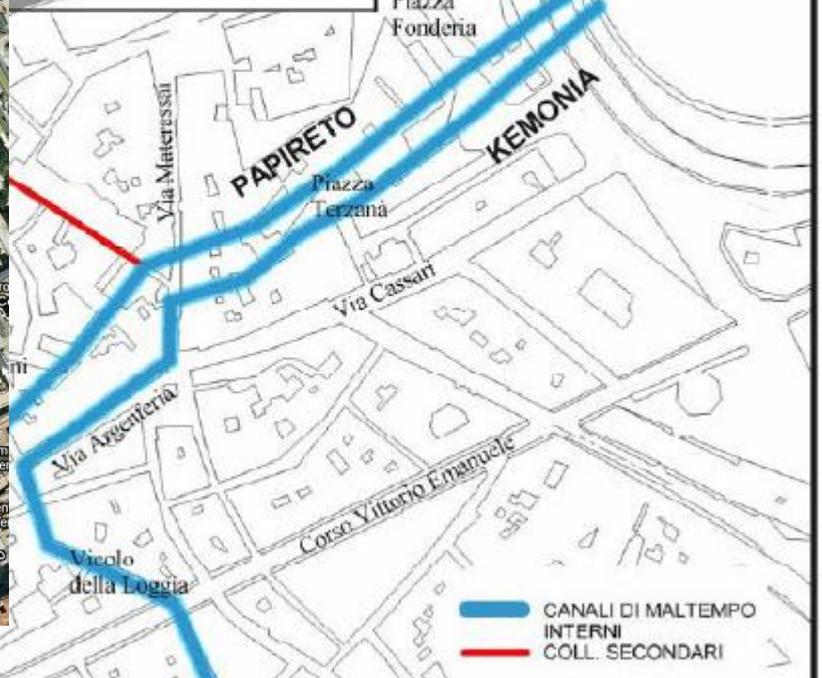
## PANORMUS

### Papireto e Kemonia: i torrenti dimenticati

*Pompe di calore ad alta efficienza e con impianti geotermici a bassa entalpia*







# PANORMUS

## Papireto e Kemonia: i torrenti dimenticati

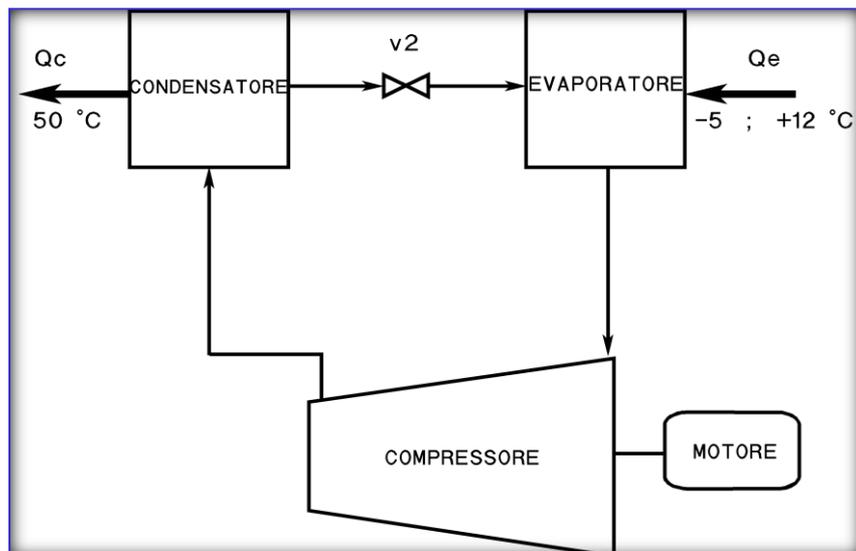
*Pompe di calore ad alta efficienza e con impianti geotermici a bassa entalpia;*



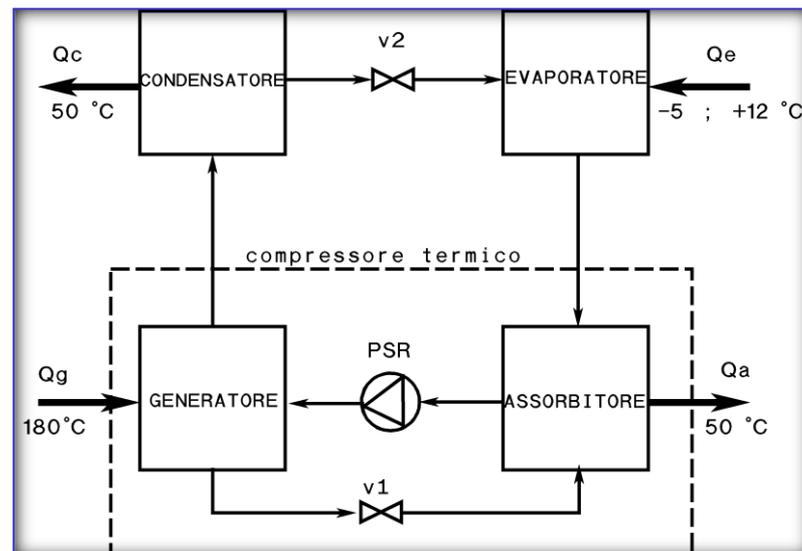
# IL SOLAR COOLING



## Frigorifero a compressione



## Frigorifero ad assorbimento



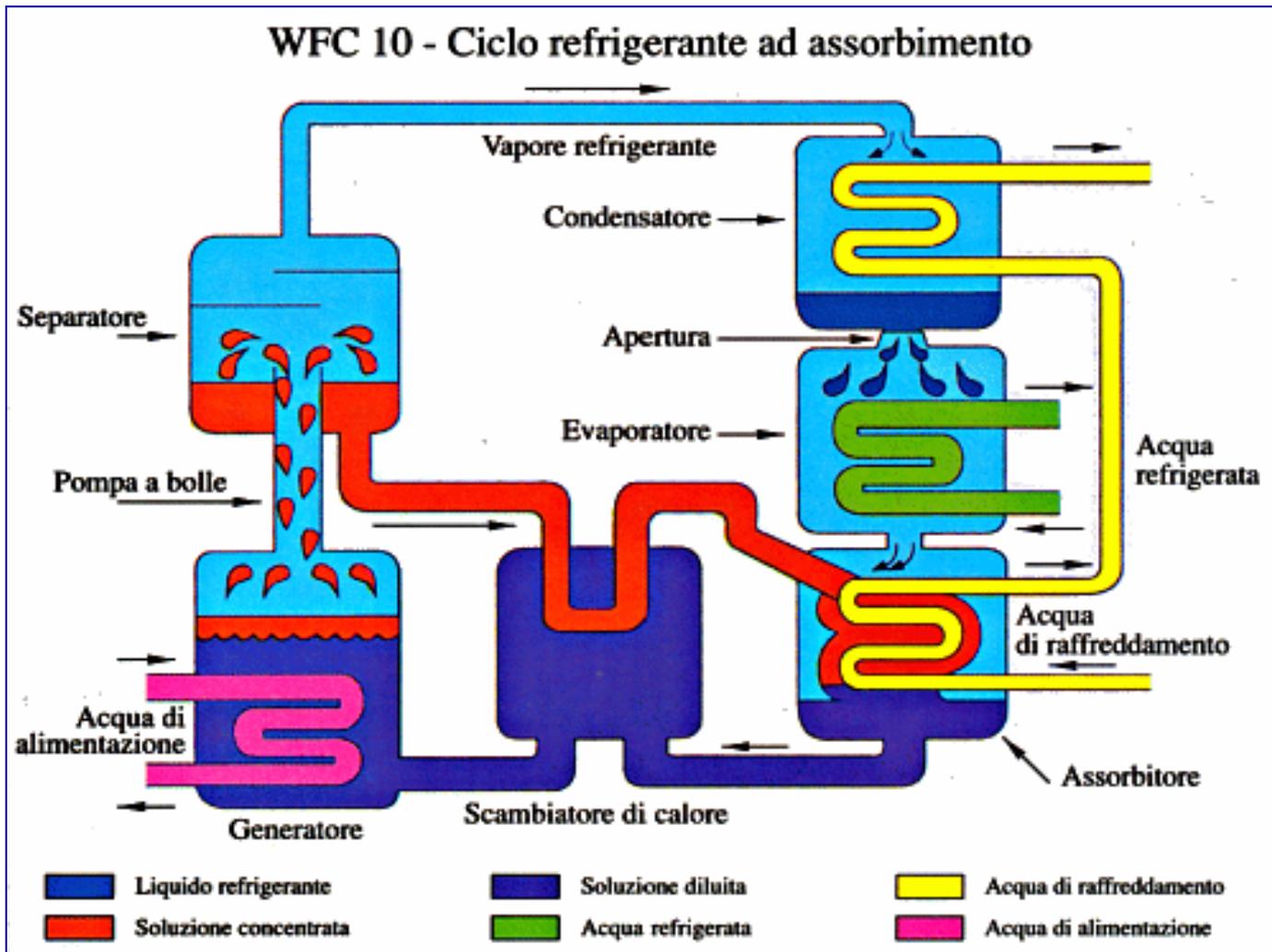
**I gruppi frigoriferi ad assorbimento non utilizzano compressori elettrici per compiere il ciclo frigorifero ma pompe o circolatori.**

**Conseguenza:**

**Un gruppo frigorifero a compressori da 500 kW frigoriferi, mediamente, assorbe una potenza elettrica di 170/180 kW mentre un gruppo frigorifero ad assorbimento da 500 kW frigoriferi assorbe soltanto 4,5 kW di potenza elettrica.**



# CICLO REFRIGERANTE AD ASSORBIMENTO



## Le macchine ad assorbimento oggi



# Efficienza Energetica degli Edifici e Fonti Rinnovabili in Edilizia



Impianti efficienti



3



fonti rinnovabili



2

Involucro efficiente



1



4

CERTIFICAZIONE ENERGETICA

Building Energy Performance		As built
Space to make reference to the certification scheme used		Asset rating
Very energy efficient		C
A		
B		
C		
D		
E		
F		
Not energy efficient		calculated
Name of the indicator used	Unit	130
Space to include additional information on building energy use		

## **PRINCIPALI RIFERIMENTI LEGISLATIVI**

- 1. Legge 09.01.1991 n. 10** *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.*
- 2. D.P.R. 26.08.1993 n. 412** *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, quarto comma, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.*
- 3. D.P.R. 21.12.1999 n. 551** *Regolamento recante modifiche al DPR 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia.*
- 4. Direttiva 2002/91/CE** *Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 16.12.02 sul rendimento energetico nell'edilizia.*
- 5. DLgs. 19.08.2005 n. 192** *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*
- 6. Circ. 23.05.2006 n. 8895** *Chiarimenti e precisazioni riguardanti le modalità applicative del decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 192, di attuazione della direttiva 2002/91 CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*
- 7. DLgs. 29.12.2006 n. 311** *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192.*
- 8. DLgs. 30.05.2008 n. 115** *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici.*
- 9. D.P.R. 02.04.2009 n. 59** *Attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192.*
- 10. D.M. MSE 26.06.2009** *“Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”.*
- 11. Direttiva 2010/31/UE** *Rifusione Direttiva del Parlamento Europeo 2002/91/CE rendimento energetico nell'edilizia.*
- 12. D.A.R. Energia 03.03.2011** *Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione Siciliana.*



Classe **A**<sub>gl</sub> + < 0,25 EPI<sub>L</sub> + 9 kWh/m<sup>2</sup> anno

0,25 EPI<sub>L</sub> + 9 kWh/m<sup>2</sup> anno ≤ Classe **A**<sub>gl</sub> < 0,50 EPI<sub>L</sub> + 9 kWh/m<sup>2</sup> anno

0,50 EPI<sub>L</sub> + 9 kWh/m<sup>2</sup> anno ≤ Classe **B**<sub>gl</sub> < 0,75 EPI<sub>L</sub> + 12 kWh/m<sup>2</sup> anno

0,75 EPI<sub>L</sub> + 12 kWh/m<sup>2</sup> anno ≤ Classe **C**<sub>gl</sub> < 1,00 EPI<sub>L</sub> + 18 kWh/m<sup>2</sup> anno

1,00 EPI<sub>L</sub> + 18 kWh/m<sup>2</sup> anno ≤ Classe **D**<sub>gl</sub> < 1,25 EPI<sub>L</sub> + 21 kWh/m<sup>2</sup> anno

1,25 EPI<sub>L</sub> + 21 kWh/m<sup>2</sup> anno ≤ Classe **E**<sub>gl</sub> < 1,75 EPI<sub>L</sub> + 24 kWh/m<sup>2</sup> anno

1,75 EPI<sub>L</sub> + 24 kWh/m<sup>2</sup> anno ≤ Classe **F**<sub>gl</sub> < 2,50 EPI<sub>L</sub> + 30 kWh/m<sup>2</sup> anno

Classe **G**<sub>gl</sub> ≥ 2,50 EPI<sub>L</sub> + 30 kWh/m<sup>2</sup> anno

# REQUISITI ENERGETICI DEGLI EDIFICI



## 1. Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale $E_{Pi \lim}$ [kWh / (m<sup>2</sup> anno)]

(DL 192/2005 e 311/2006 Allegato C - Tabelle 1)

### 1.1 Edifici residenziali della Classe E1, esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme

Tabella 1.3 - Valori di Prestazione Energetica in vigore dal 1-1-2010

3

GG=729

Zona ==> Climatica (Gradi Giorno)	A		B		C		D		E		F
	GG fino a <b>600</b>	da <b>601</b>	GG a <b>900</b>	da <b>901</b>	a <b>1400</b>	da <b>1401</b>	a <b>2100</b>	GG da <b>2101</b>	a <b>3000</b>	GG oltre <b>&gt;= 3000</b>	
<b>S/V</b>	[kWh / (m <sup>2</sup> anno)]										
<b>0,2</b>	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8	
<b>0,9</b>	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116	

S/V=0,77

Comune	Provincia	h slm [m]	Zona Climatica	Gradi Giorno
Barcellona Pozzo di Gotto 515	ME	60	B	729

$$E_{Pi \lim} = 35,4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ anno}}$$

S/V dell'Edificio

**0,77**

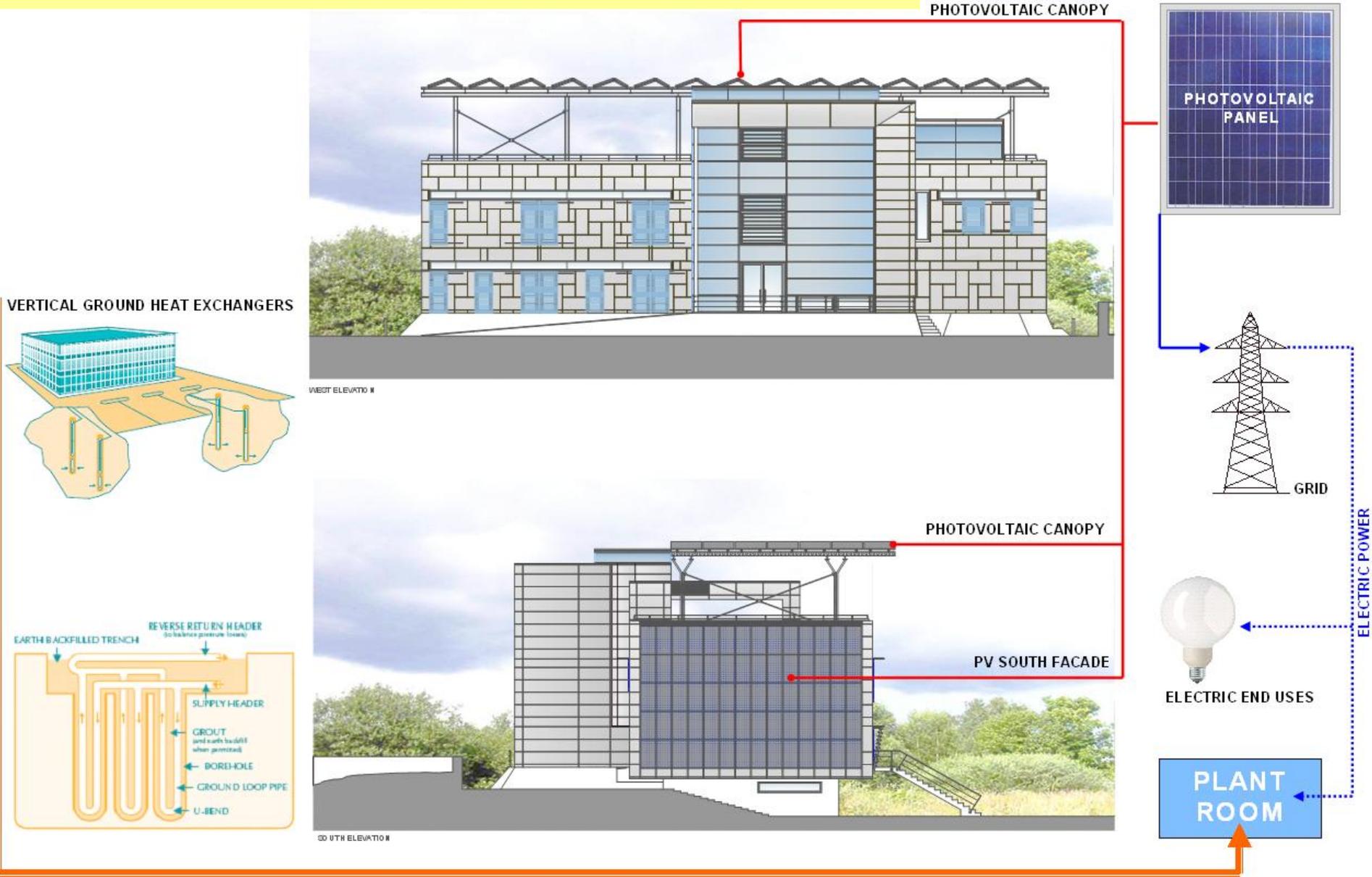
1) Per GG = 729  $E_{Pi (S/V=0,2)} = 8,5 + (12,8 - 8,5) / (900 - 601) \times (729 - 601) = 10,340$

2) Per GG = 729  $E_{Pi (S/V=0,9)} = 36 + (48 - 36) / (900 - 601) \times (729 - 601) = 41,137$

3) Per S/V = 0,77  $E_{Pi} = 10,340 + (41,137 - 10,340) / (0,9 - 0,2) \times (0,77 - 0,2) = 35,4$

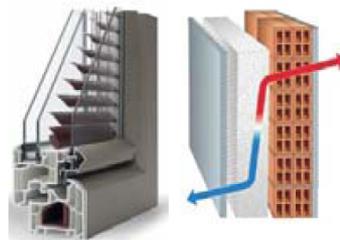
# La Ristrutturazione innovativa a ZERO EMISSIONI

La logica: efficienza + impianti elettrici + ff.rr. (Fotovoltaico)





**Edificio in classe A  
(REGIONE LOMBARDIA)  
29 kWh/m<sup>2</sup> a**



**Fabbisogno Energia Elettrica**

Dimezzando i consumi  
 $2700 \times 0,5 = 1350 \text{ kWh/a}$



**Fabbisogno Riscaldamento**

Superficie 100 m<sup>2</sup>  
 $100 \times 29 = 2900 \text{ kWh/a}$

**Fabbisogno ACS**

1900 kWh/a



**Fabbisogno termico**

$2900 + 1900 = 4800 \text{ kWh/a}$

**Pompa di calore**

COP = 4  
 $4800/4 = 1200 \text{ kWh/a}$



**Consumo elettrico complessivo**

$1350 + 1200 = 2550 \text{ kWh/a}$

**Potenza fotovoltaico**

1170 kWh/kWp  
 $2550/1170 = 2,18 \text{ kWp}$

**Superficie fotovoltaico**

8 m<sup>2</sup>/kWp  
 $2,18 \times 8 = 17,4 \text{ m}^2$



## EDIFICIO IN CLASSE B

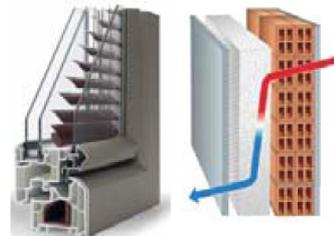
(PALERMO:  $100 \text{ m}^2$  751 GG e  $S/V = 0,55 \Rightarrow EP_{iL} = 32,5 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$ )

$EP_i$  75% di  $EP_{iL} = 24,4 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$

$\eta_{\text{glob impianto termico}} = 75 + 3 \text{ Log } 25 = 80 \%$

$EP_i$  involucro =  $19,3 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$  =

=  $E_{\text{Pestivo involucro}} = 19,3 \text{ kWh/m}^2/\text{a}$



### Fabbisogno Energia Elettrica

Riducendo i consumi  
 $2.700 \Rightarrow 2.000 \text{ kWh/a}$

### Fabbisogno Riscaldamento

+ Raffrescamento  
 $38,6 \times 100 = 3.900 \text{ kWh/a}$

### Fabbisogno ACS

Per integrazione  
 $1.100 \text{ kWh/a}$



### Fabbisogno termico

$5.000 \text{ kWh/a}$

### Consumo elettrico complessivo

$2.000 + 1.700$   
 $3.700 \text{ kWh/a}$

### Pompa di calore

$\eta \times \text{COP} = 3$   
 $1.700 \text{ kWh/a}$



### Potenza fotovoltaico

$1.450 \text{ kWh/kWp/a}$   
 $2,6 \text{ kWp}$

### Superficie fotovoltaico

$10 \text{ m}^2/\text{kWp}$   
 $26 \text{ m}^2$   
 $\frac{1}{4}$  della superficie  
dell'appartamento



## 7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO

SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE Riscaldamento  Raffrescamento  Acqua calda sanitaria

<b>A+</b>	< 17,4 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>A</b>	< 25,8 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>B</b>	< 37,1 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>C</b>	< 51,5 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>D</b>	< 62,9 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>E</b>	< 82,6 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>F</b>	< 113,8 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)
<b>G</b>	≥ 113,8 kWh/(m <sup>2</sup> ·anno)

67,0 kWh/(m<sup>2</sup>·anno)

**Classe E**

# Villetta a schiera

(106 m<sup>2</sup> - Palermo - solo climatizzazione invernale e ACS)

**Caldaia combinata 3 stelle metano**

## 10. EDIFICIO

Tipologia edilizia				Foto dell'edificio (non obbligatoria)
Tipologia costruttiva				
Anno di costruzione		Numero di appartamenti		
Volume lordo riscaldato V (m <sup>3</sup> )	441,6	Superficie utile m <sup>2</sup>	106,52	
Superficie disperdente S (m <sup>2</sup> )	313,5	Zona climatica/GG	B/751	
Rapporto S/V	0,71	Destinazione d'uso	Residenziale	

## 8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI

8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPi)	44,2	Indice energia primaria (EPacs)	22,8
Indice energia primaria limite di legge		Indice en. primaria limite di legge (d.lgs. 192/05)	33,5		
Indice involucro (EPe,invol)	30,6	<b>Indice involucro (EPi,invol)</b>	<b>26,7</b>	Fonti rinnovabili	
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto ( $\eta_g$ )	0,64		
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili			

# Villetta a schiera

(106 m<sup>2</sup> - Palermo - solo climatizzazione invernale e ACS)

**Caldaia combinata 3 stelle metano**

**+ 4 m<sup>2</sup> ST + 30 m<sup>2</sup> PV**

A <sup>+</sup>	17.4 < kWh/m <sup>2</sup> anno
A	25.8 < kWh/m <sup>2</sup> anno
B	37.1 < kWh/m <sup>2</sup> anno
C	51.5 < kWh/m <sup>2</sup> anno
D	62.9 < kWh/m <sup>2</sup> anno
E	82.7 < kWh/m <sup>2</sup> anno
F	113.8 < kWh/m <sup>2</sup> anno
G	113.8 ≥ kWh/m <sup>2</sup> anno

**Classe C**

## 10. EDIFICIO

Anno di costruzione		Numero di appartamenti		Foto dell'edificio (non obbligatoria)
Volume lordo riscaldato V (m <sup>3</sup> )	441,6	Superficie utile m <sup>2</sup>	106,52	
Superficie disperdente S (m <sup>2</sup> )	313,5	Zona climatica/GG	B/751	
Rapporto SV	0,71	Destinazione d'uso	Residenziale	

## 8.DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI

8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPi)	43,7	Indice energia primaria (EPacs)	0
Indice energia primaria limite di legge		Indice en. primaria limite di legge (d.lgs. 192/05)	33,5		
Indice involucro (EPe,invol)	32,1	Indice involucro(EPi,invol)	27,7	Fonti rinnovabili	18,1
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto (ηg)	0,72		
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili	1,1		

# Villetta a schiera

(106 m<sup>2</sup> - Palermo - solo climatizzazione invernale e ACS)

**PDC COP = 3 e Boiler metano**

<b>A<sup>+</sup></b>	17.4 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>A</b>	25.8 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>B</b>	37.1 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>C</b>	51.5 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	Rif. legislativo = 51.5 kWh/m <sup>2</sup> *anno
<b>D</b>	62.9 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	53.3 kWh/m <sup>2</sup> *anno
<b>E</b>	82.7 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>F</b>	113.8 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>G</b>	113.8 ≥ kWh/m <sup>2</sup> *anno	

**Classe D**

8.DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI					
8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (E <sub>Pe</sub> )		Indice energia primaria (E <sub>Pi</sub> )	29,8	Indice energia primaria (E <sub>Pacs</sub> )	23,5
Indice energia primaria limite di legge		Indice en. primaria limite di legge (d.lgs. 192/05)	33,5		
Indice involucro (E <sub>Pe,invol</sub> )	32,1	Indice involucro(E <sub>Pi,invol</sub> )	27,7	Fonti rinnovabili	0
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto (η <sub>g</sub> )	0,93		
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili	0		

# Villetta a schiera

(106 m<sup>2</sup> - Palermo - solo climatizzazione invernale e ACS)

**PDC COP = 3 e Boiler metano con 1.54 m<sup>2</sup> ST + 7.12 m<sup>2</sup> PV**

<b>A<sup>+</sup></b>	17.4 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	0.5 kWh/m <sup>2</sup> *anno
<b>A</b>	25.8 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>B</b>	37.1 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>C</b>	51.5 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>D</b>	62.9 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>E</b>	82.7 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>F</b>	113.8 < kWh/m <sup>2</sup> *anno	
<b>G</b>	113.8 ≥ kWh/m <sup>2</sup> *anno	

**Classe A+**

Rif. legislativo = 51.5 kWh/m<sup>2</sup>\*anno

## 8.DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI

8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPi)	0,3	Indice energia primaria (EPacs)	0,2
Indice energia primaria limite di legge		Indice en. primaria limite di legge (d.lgs. 192/05)	33,5		
Indice involucro (EPe,invol)	32,1	Indice involucro(EPi,invol)	27,8	Fonti rinnovabili	18
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto (ηg)	0,93		
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili	11,4		

# IL SETTORE EDILE SETTORE NEVRALGICO:

40% sul consumo di energia primaria mondiale

24 % contributo emissioni di gas serra.



Edificio ad Energia Netta Zero, tema di ricerca dell'IEA SHC **Task 40/ECBS Annex 52** “Towards Net Zero Energy Solar Buildings”.

**Task 40** (20 gruppi di ricerca internazionali. Per l'Italia .... ENEA, UNIPA *Prof. Maurizio Cellura*)

## Sub Task

- A) Definizione condivisa di Net Zero Energy Building;**
- B) Test software di progettazione di Edifici NZE;**
- C) Problematiche di integrazione architettonica**

*Collaborazione Gruppo Loccioni (building automation), proprietario edificio Carbon Neutral “Leaf House” interamente monitorato nei consumi e nel comfort ambientale*

**Maurizio Cellura**  
Dipartimento Energia  
Università degli Studi di  
Palermo

**Alessandra Scognamiglio**  
ENEA CR Portici (NA)

**Valerio Calderaro**  
Università degli Studi di Roma  
"La Sapienza"

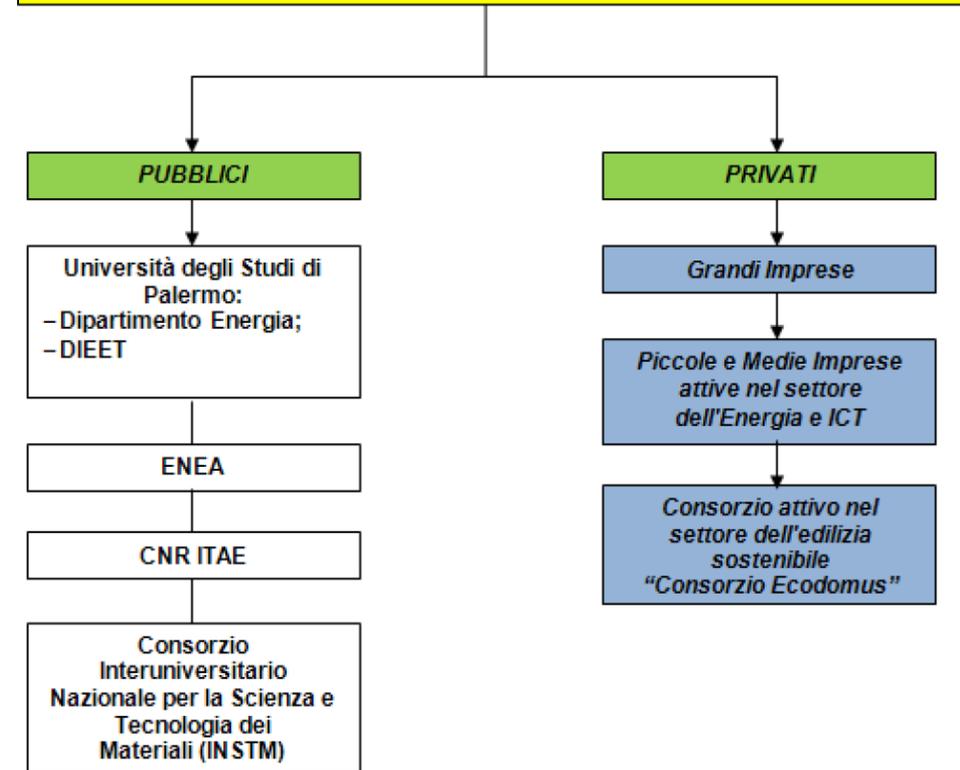
**Salvatore Carlucci**  
**Lorenzo Pagliano**  
**Paolo Zangheri**  
  
Politecnico di Milano

**Stefano Avesani**  
**Roberto Lollini**  
**Assunta Napolitano**

EURAC Research  
Institute for Renewable  
Energy (BZ)



**PRINCIPALI ATTORI PUBBLICI E PRIVATI DEL TESB – Tecnopolo dell'Energy Smart Building**



Realizzazione di un laboratorio di ricerca per la qualificazione e certificazione secondo gli standard ISO e CEN e per la marchiatura *Solar Keymark* di componenti e sistemi solari termici - fotovoltaici e per le loro applicazioni nel settore civile.

Creazione di un laboratorio di Ricerca e Sviluppo sulle tecnologie trasmissive delle Wireless Sensor Network

Realizzazione di un edificio pilota "Net Zero Energy Building" ospitante un Centro di Ricerca e Trasferimento Tecnologico per l'edilizia sostenibile

Piani di Formazione Aziendale per l'innovazione

Master Alta Formazione per ricercatori ed operatori del settore delle tecnologie energetiche innovative e dell'edilizia sostenibile

Creazione di un software di diagnosi e ottimizzazione energetica, di un software per l'Analisi del Ciclo di Vita e di un database ambientale di eco profili di materiali e componenti caratteristici dell'area mediterranea

Gestione efficace delle strategie di energy management e sviluppo di una piattaforma orientata ai servizi per il monitoraggio in tempo reale dei consumi energetici (elettrici, gas, acqua, climatizzazione) residenziali

Attività di sviluppo di coperture innovative a verde ed utilizzo di mix di materiali minerali e naturali: effetti energetici ed ambientali

Definizione di modelli previsionali e realizzazione di software di simulazione per impianti mini, microeolici e fotovoltaici

Sviluppo di sistemi architettonici finalizzati al risparmio energetico

# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## IL PALAZZO MIRTO a Palermo

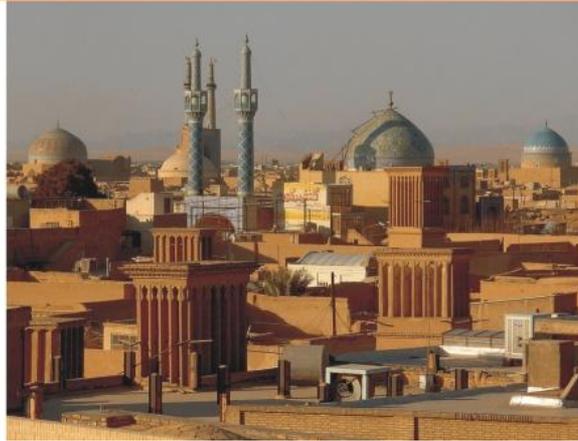


# ENEA



# geon

GEOTERMIA



**Sede ospitante: ENEA (Agenzia per le nuove Tecnologie, l'Energia e lo sviluppo economico sostenibile – Unità Tecnica per l'Efficienza energetica  
Sede di Palermo**

**Tutors: Ing. Francesco Cappello – ENEA  
Ing. Roberto Sannasardo – Assessorato dei Beni Culturali  
Ing. Ph.D. Alessandro Buscemi – GEON Consorzio ARCA  
Prof. Ing. Antonino Valenza UNIPA**

**Arch. Massimo Scibetta  
Arch. Elena Tartamella  
Arch. Maria Clara Valenti**



# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



**L'approccio**



**1. Analisi diagnostica**



**2. Verifica del comfort  
ambientale interno**



**3. Studio di un sistema  
geotermico**

# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



Acquisizione dei dati - Sopralluogo

- Rilievo architettonico
- Rilievo fotografico
- Valutazione degli impianti preesistenti

Osservazioni

- Infissi
- Ponti termici
- Impianto termico
- Impianto elettrico



**Diagnostica**  
**Verifica del comfort ambientale**  
**Studio di un sistema geotermico**

# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



### Infissi



### Impianto elettrico



**Problematiche**

### Ponti termici



### Impianto termico



# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## IL PALAZZO MIRTO a Palermo

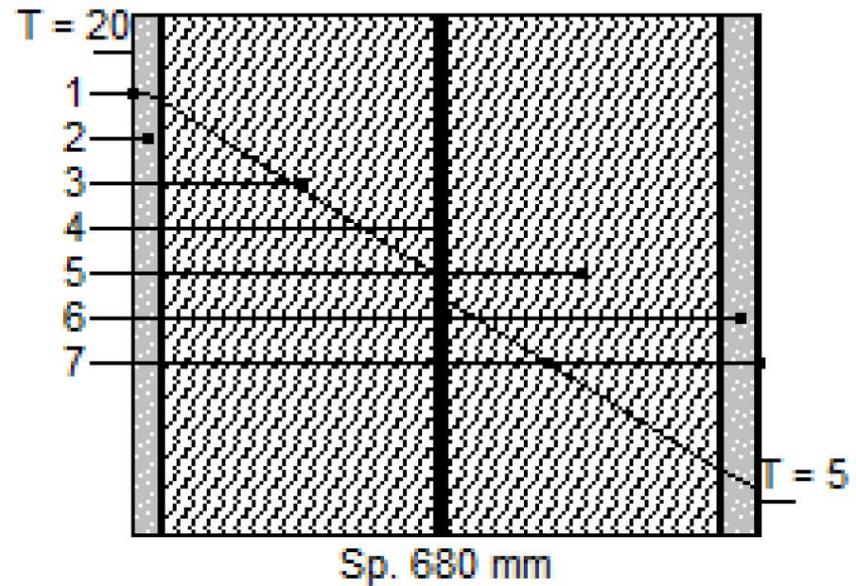


### Rilievo diagnostico – Studio della trasmittanza

#### Stratigrafia

1. Aduttanza esterna
2. Intonaco esterno
3. Blocco di biocalcarenite
4. Strato d'aria
5. Blocco di biocalcarenite
6. Intonaco interno
7. Aduttanza interna

#### STRATIGRAFIA STRUTTURA



**IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA  
Il PALAZZO MIRTO a Palermo**



**TERMUS**

**Metodo semplificato sulla base delle normative UNI per la certificazione energetica degli edifici**

**Letteratura scientifica**

**Metodo semplificato sulla base della letteratura scientifica**

**Termoflussimetro**

**Metodo strumentale di rilievo sul campo con l'utilizzo di apparecchiatura (termoflussimetro)**

# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo

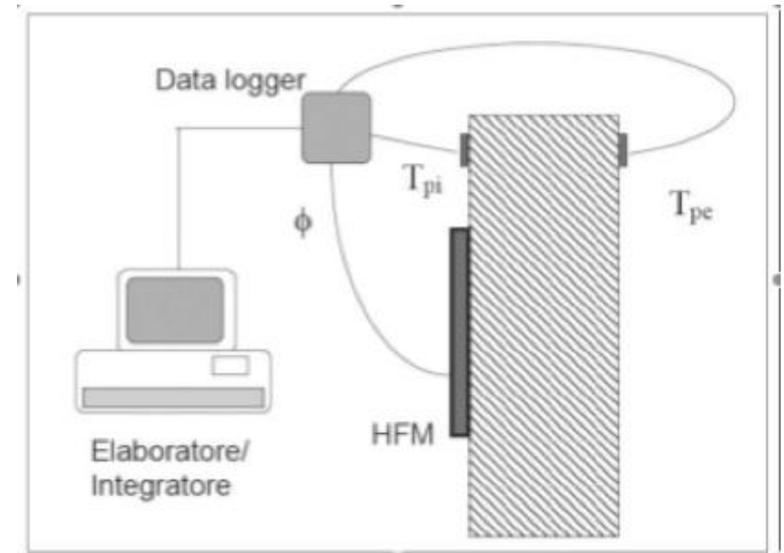


### Termoflussimetro



Parete nord-est sala da pranzo

- Due sonde per rilevare la temperatura interna ed esterna della parete
- Due sonde per rilevare la temperatura esterna ed interna dell'aria

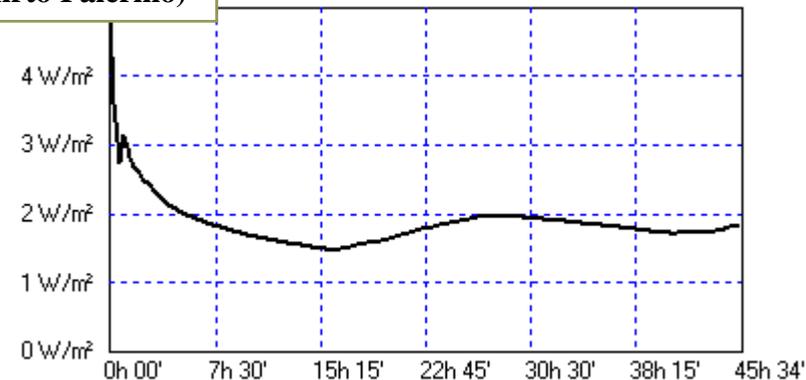


**DATI**  
Flusso misurato

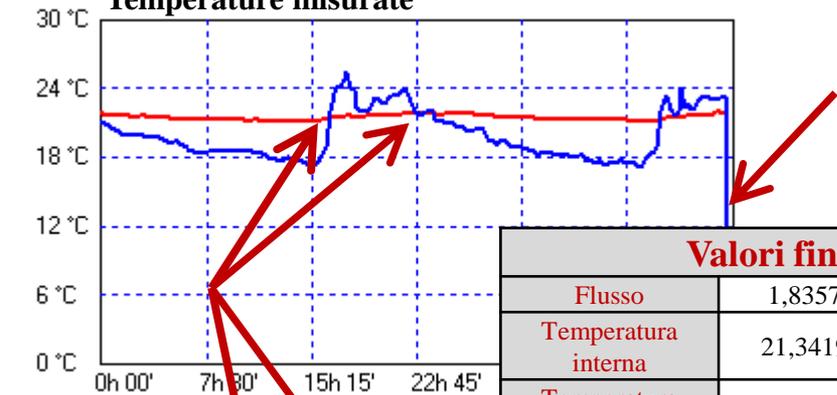
**MISURA DELLA CONDUTTANZA TERMICA IN OPERA**  
Asses. Reg.le BB.CC.AA - - (Palazzo Mirto Palermo)

**MEDIE PROGRESSIVE**  
Flusso medio

Inizio misura	02.11
Termine misura	04.11
Nr. misurazioni	185
Passo temporale	15'

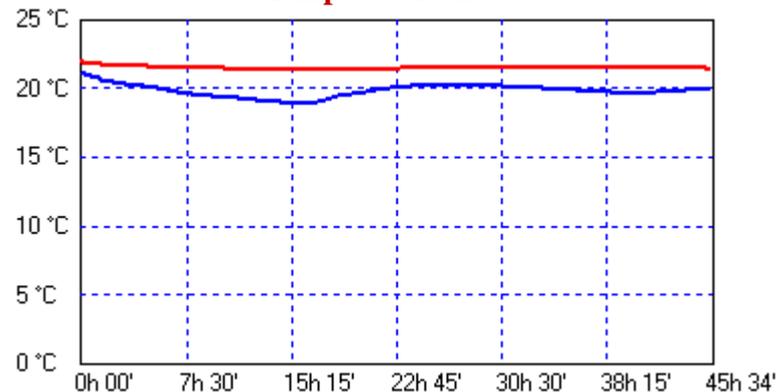


Temperature misurate

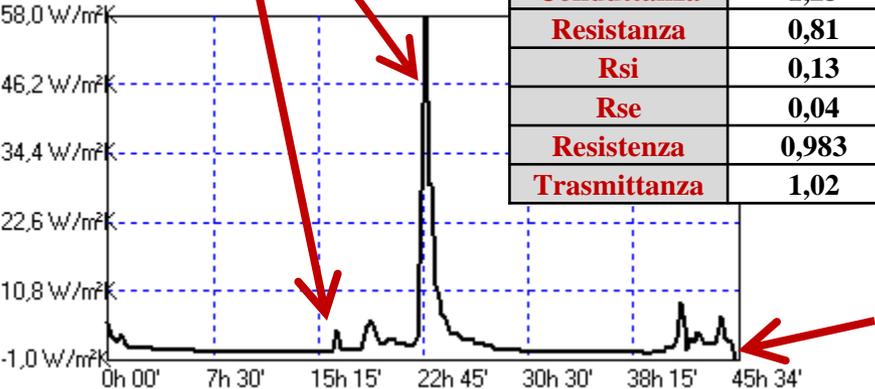


Valori finali		
Flusso	1,8357	W/m²
Temperatura interna	21,3419	°C
Temperatura esterna	19,8454	°C
<b>Conduttanza</b>	<b>1,23</b>	W/m²K
<b>Resistenza</b>	<b>0,81</b>	m²K/W
<b>Rsi</b>	<b>0,13</b>	m²K/W
<b>Rse</b>	<b>0,04</b>	m²K/W
<b>Resistenza</b>	<b>0,983</b>	m²K/W
<b>Trasmittanza</b>	<b>1,02</b>	W/m²K

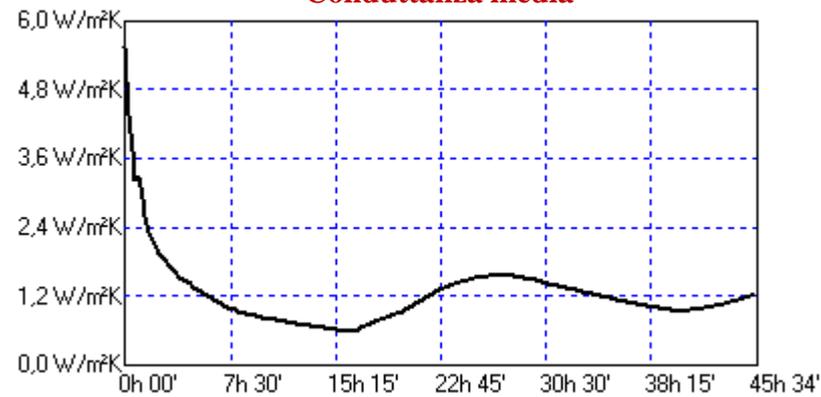
Temperature medie



Conduttanza istantanea

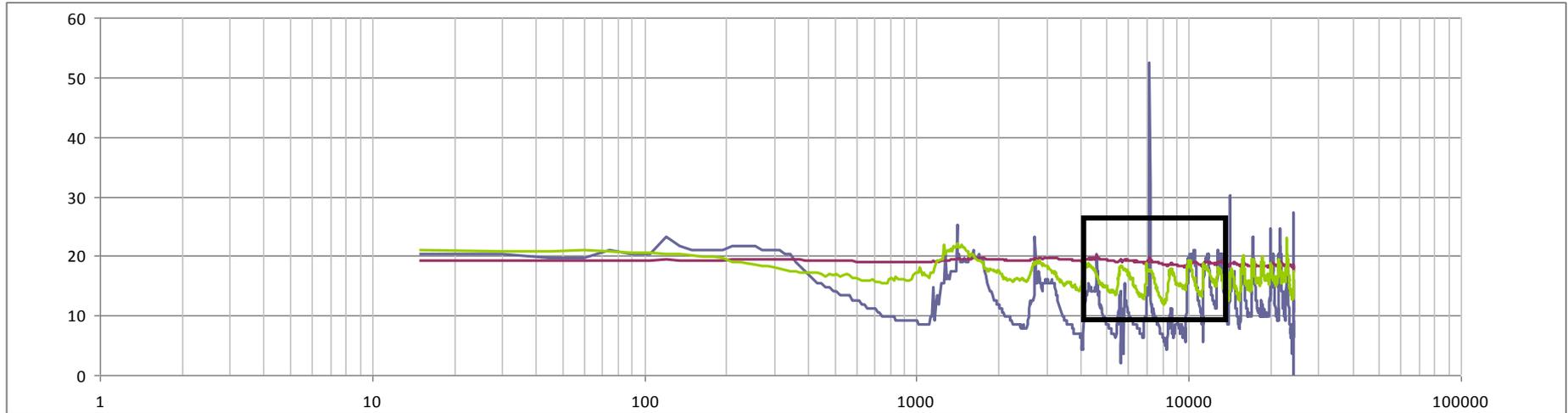


Conduttanza media



# CRITERI PER IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



Temperature rilevate interne



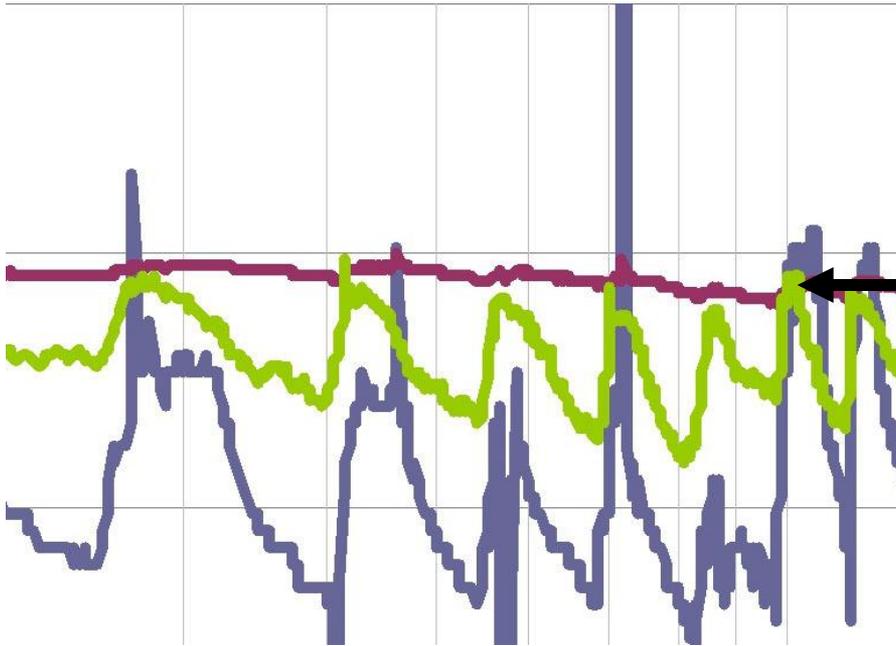
Temperature rilevate esterne



Flusso termico

# CRITERI PER IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



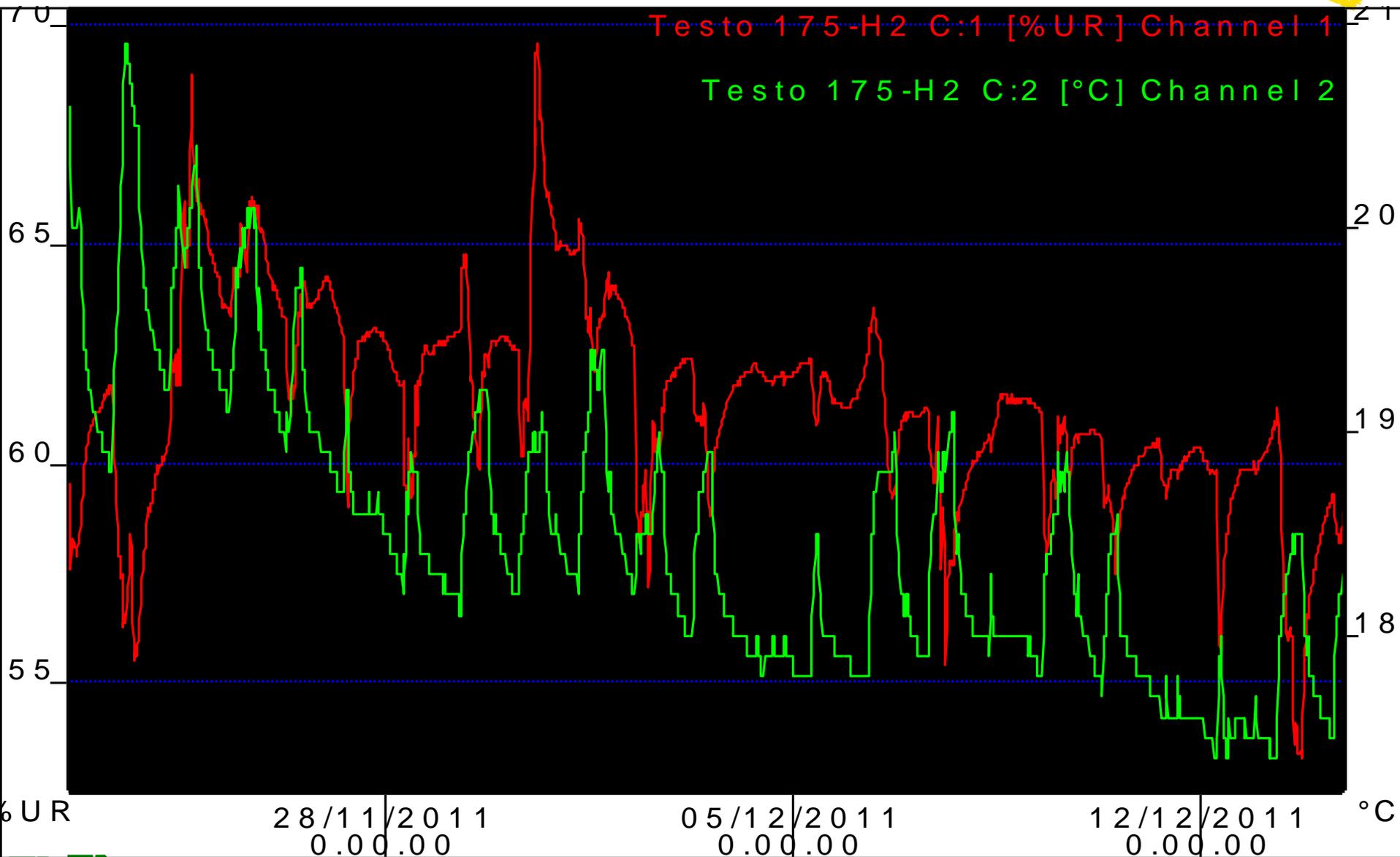
Nel dettaglio si evince che i picchi del flusso termico coincidono con i picchi della temperatura interna

1. La discrepanza è dovuta all'irraggiamento solare (effetto serra), che riscalda l'aria interna e falsa le misure

2. Lo spessore della parete rallenta il flusso termico dall'esterno, quindi conduttanza non è misurabile nel breve periodo

# CRITERI PER IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo

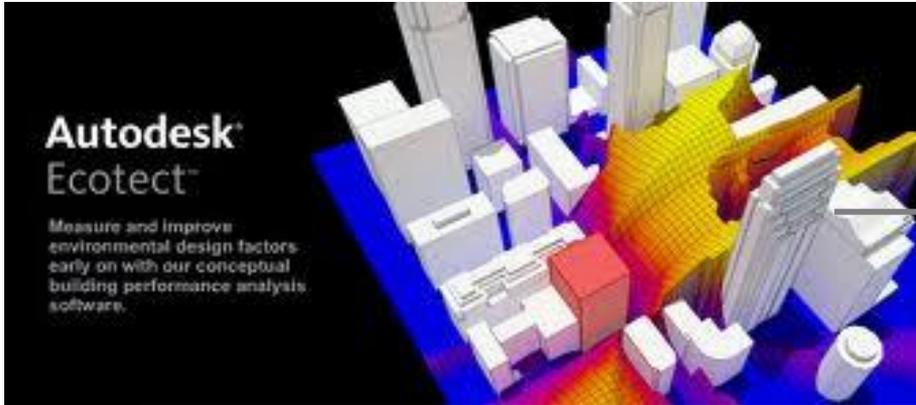


# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

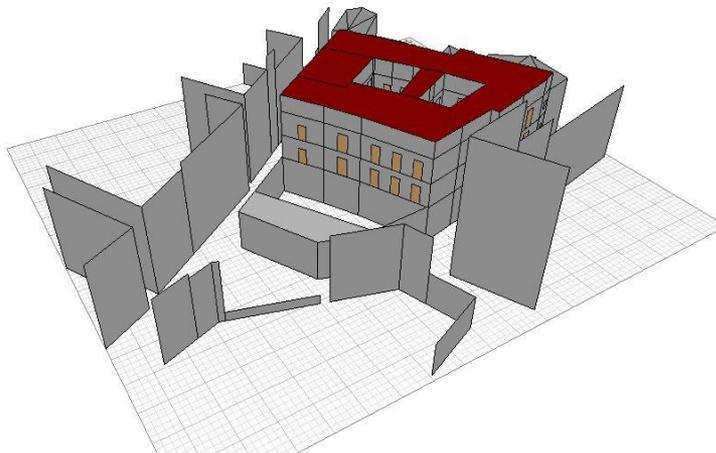
## IL PALAZZO MIRTO a Palermo



### LE SIMULAZIONI NUMERICHE - Ecotect



Consente di effettuare analisi approfondite sulle prestazioni energetiche e l'integrazione climatica degli edifici



Modello di Palazzo Mirto in Ecotect e divisione in tre zone termiche:

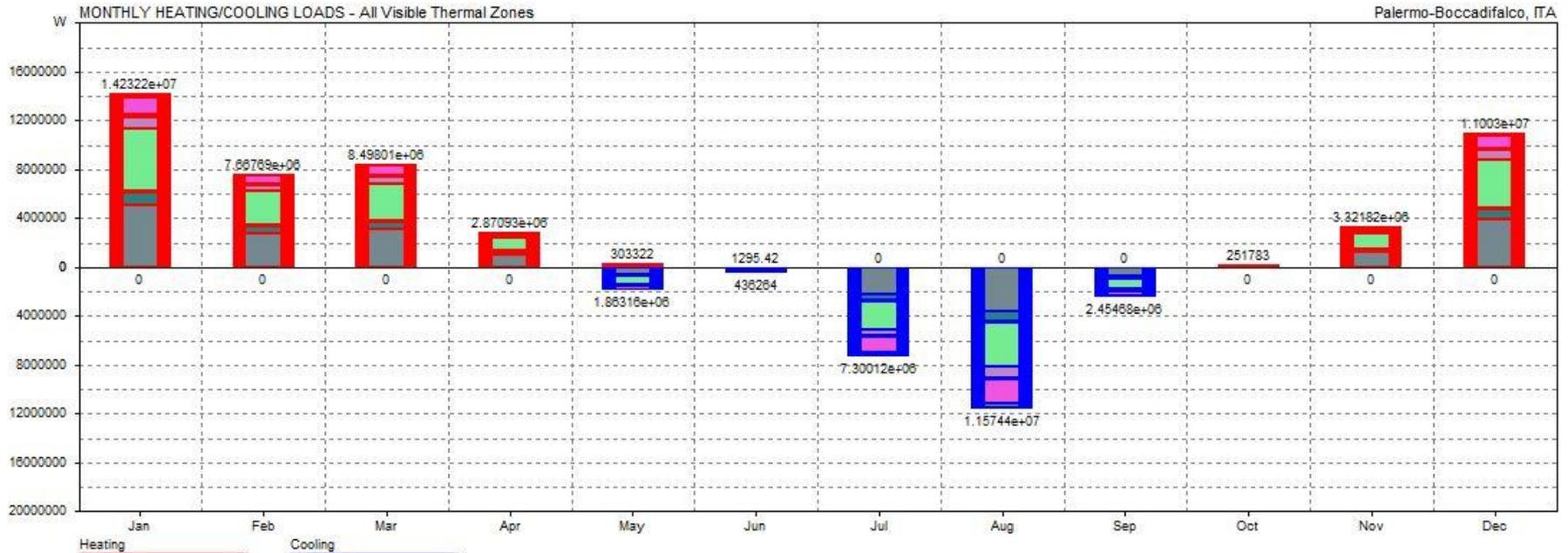
- Piano Nobile
- Piano secondo
- Uffici

# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## II PALAZZO MIRTO a Palermo



### Analisi Ecotect:



### Carichi termici mensili

- Riscaldamento



- Raffreddamento

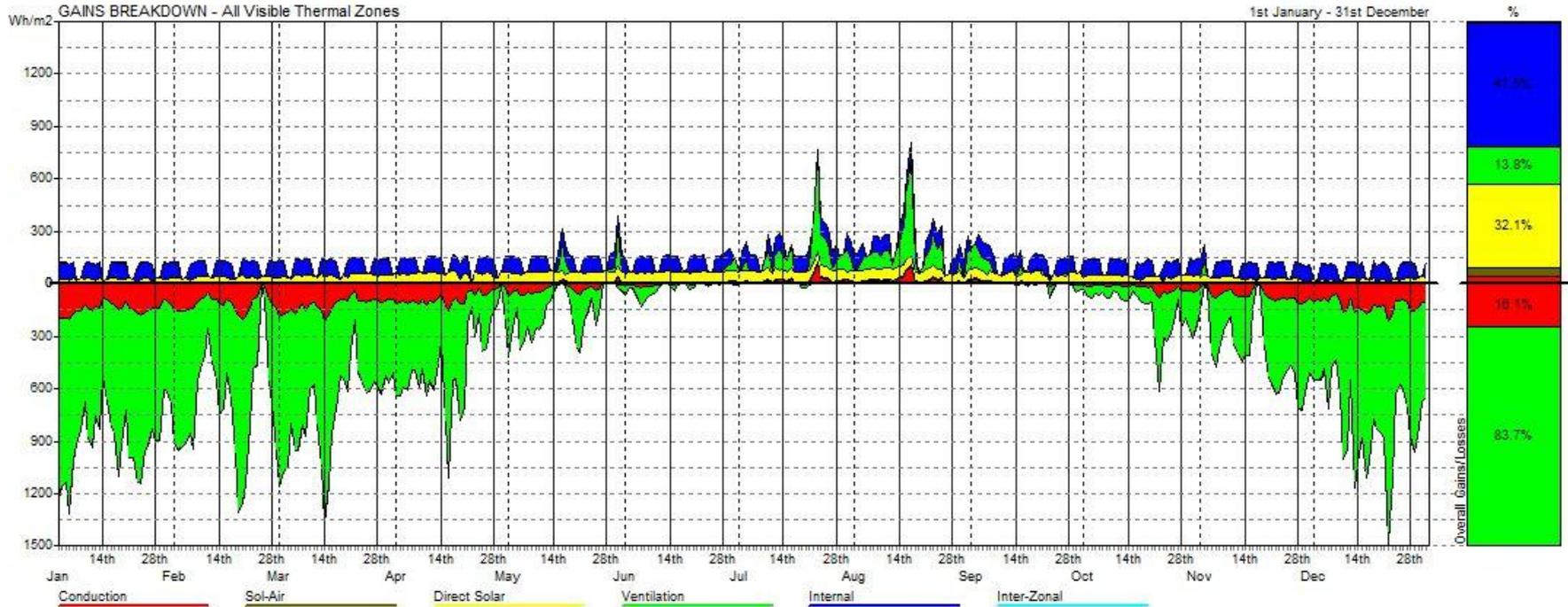


# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## II PALAZZO MIRTO a Palermo



### Analisi Ecotect:



## Guadagni/Perdite termici passivi dell'edificio

(valori in percentuale annuale)

- Conduzione



-interni



- Irraggiamento

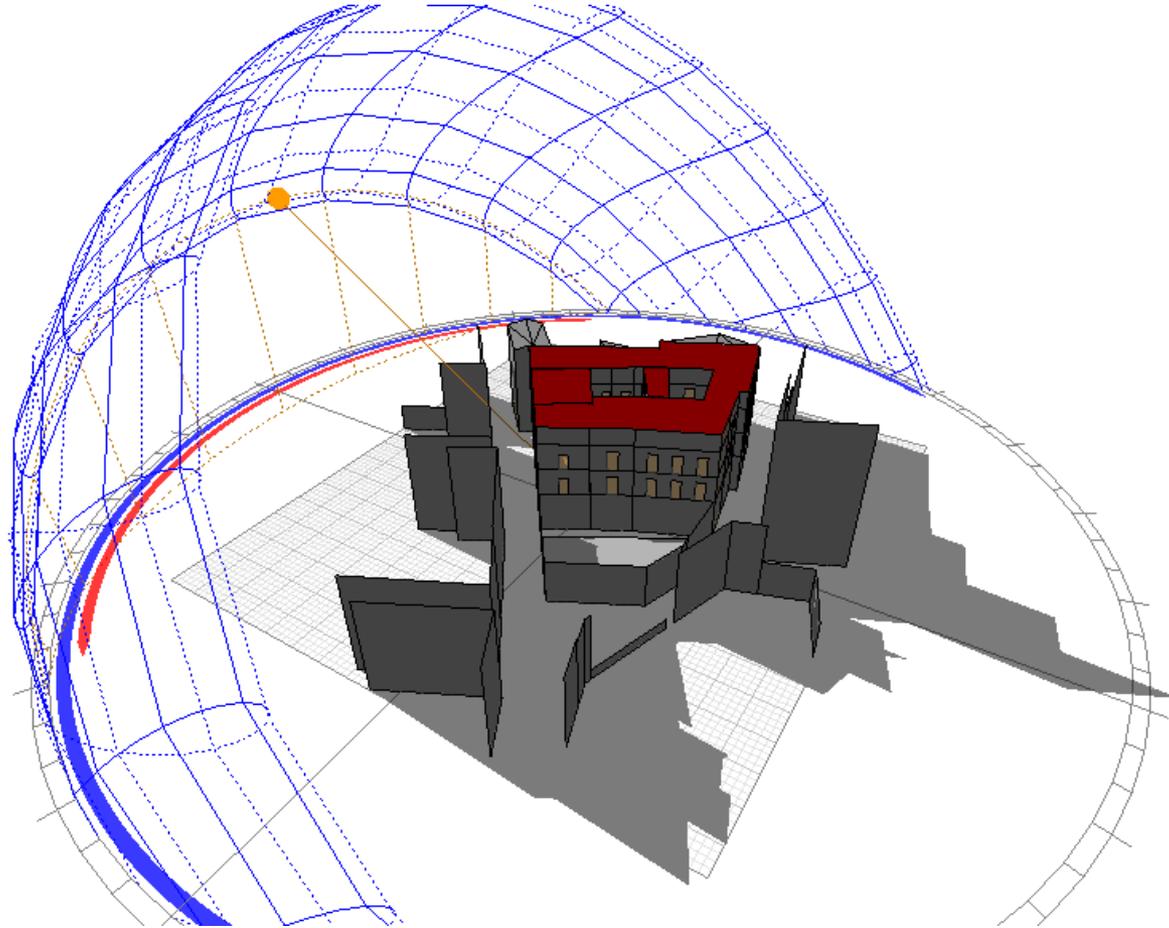


- Ventilazione



# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

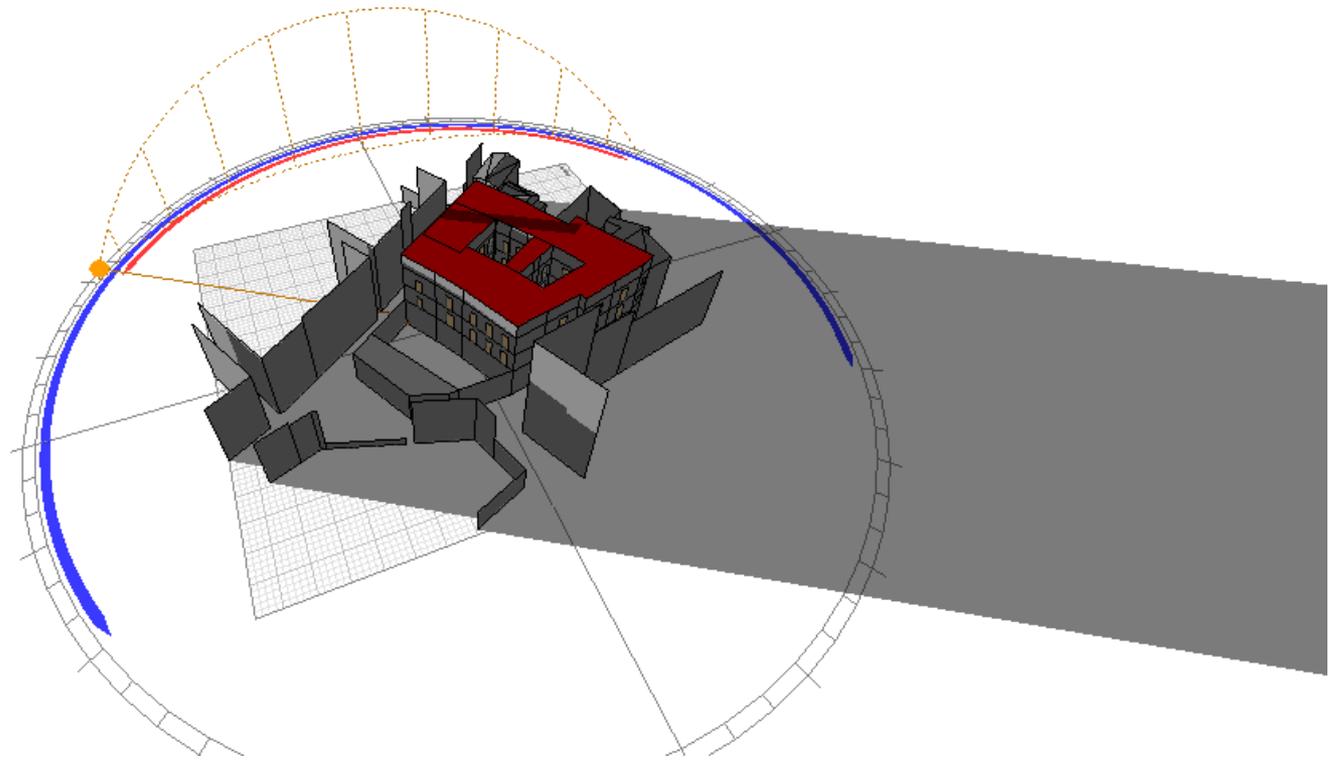
## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



**Analisi qualitativa  
dell'ombreggiamento e  
dell'esposizione solare annuale**

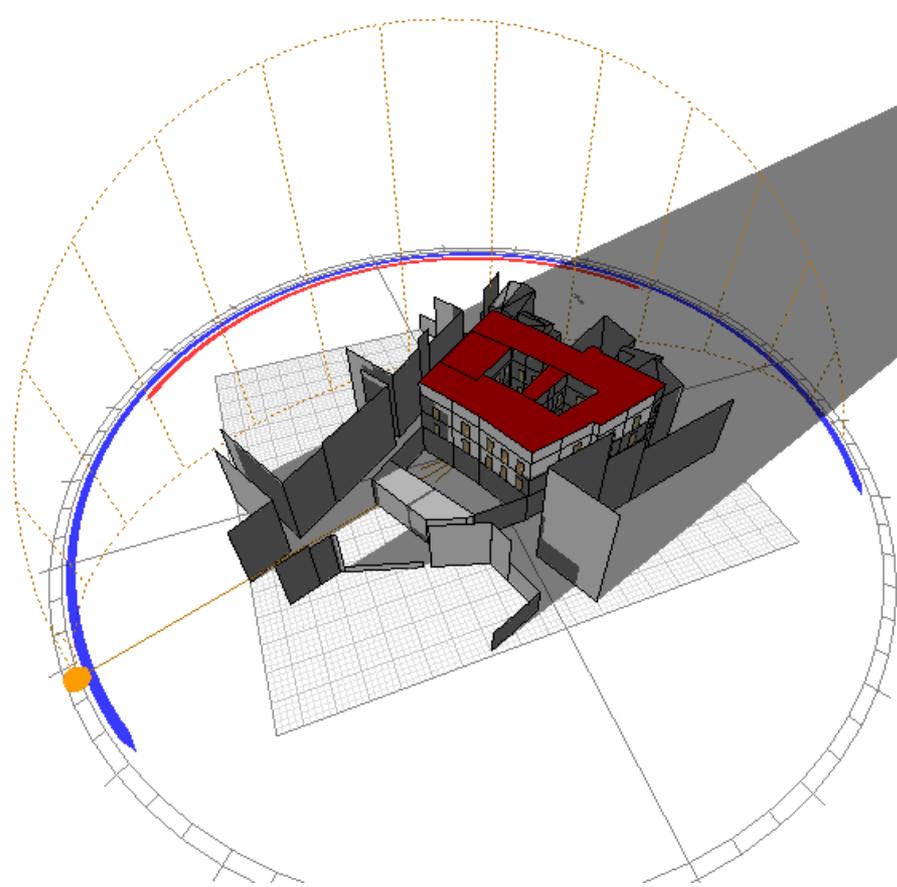
# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## IL PALAZZO MIRTO a Palermo



**Analisi qualitativa  
dell'ombreggiamento e  
dell'esposizione solare invernale**

# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA Il PALAZZO MIRTO a Palermo



**Analisi qualitativa  
dell'ombreggiamento e  
dell'esposizione solare estiva**

**Caso a latere:**

## **Biblioteca centrale della Regione siciliana (A. Bombace - Palermo)**



**D.M. 468 del 19 maggio 2011**

**Cofinanziamento di progetti per l'impiego di tecnologie per l'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili nelle strutture edilizie di proprietà pubblica.**



# **ENEA**

AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE  
TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO  
SVILUPPO ECONOMICO SOSENBILE



Regione Siciliana  
Assessorato Beni culturali

**geon**  
GEOTERMIA

**-Impiego di fonti rinnovabili integrate nelle strutture edilizie in combinazione con tecnologie per l'efficienza energetica**

**- promozione di impianti di trigenerazione ad alta efficienza**

**- utilizzo di calore derivante da impianti geotermici a bassa entalpia incluse le pompe di calore**

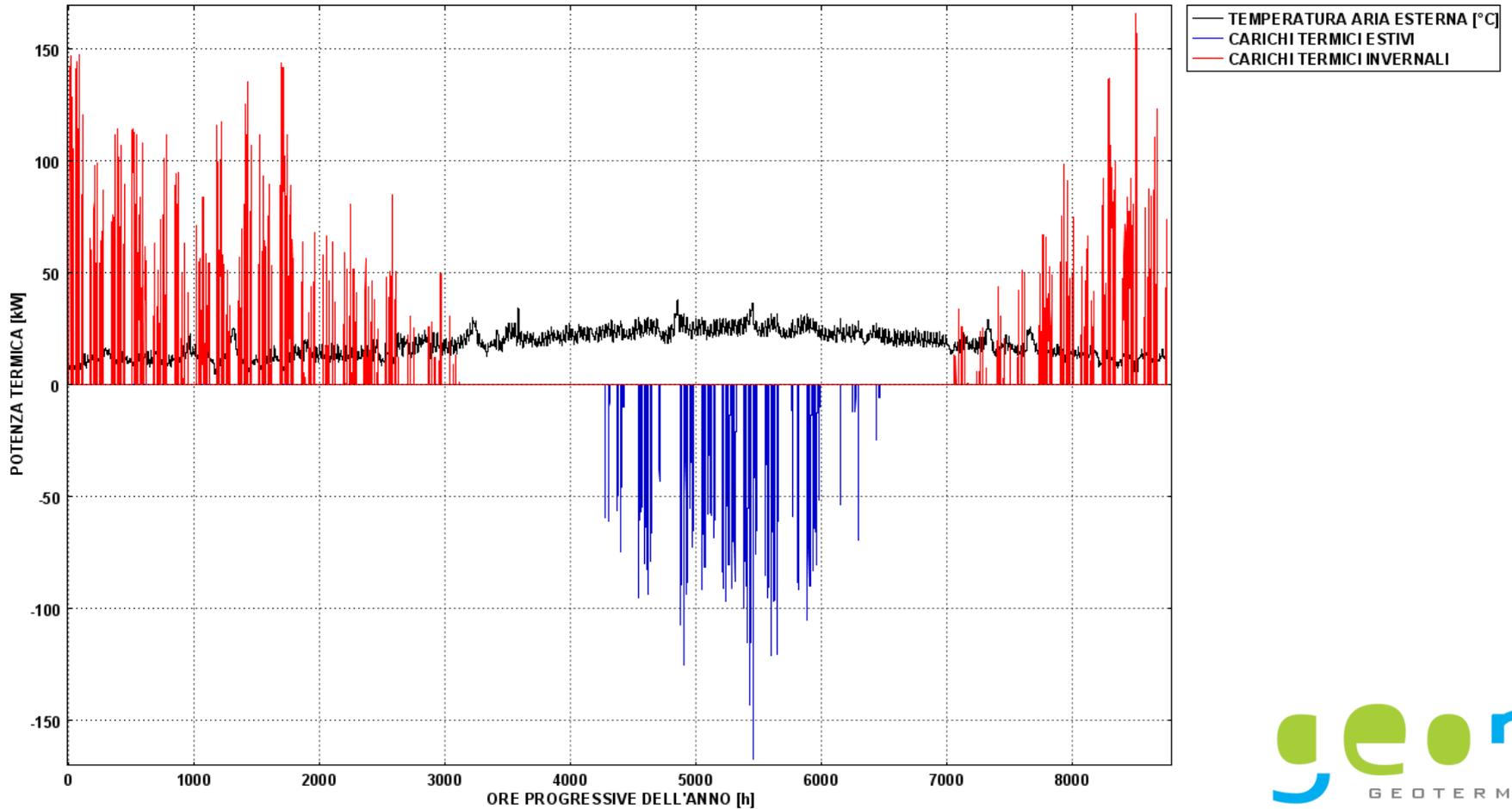
# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## Il PALAZZO MIRTO a Palermo



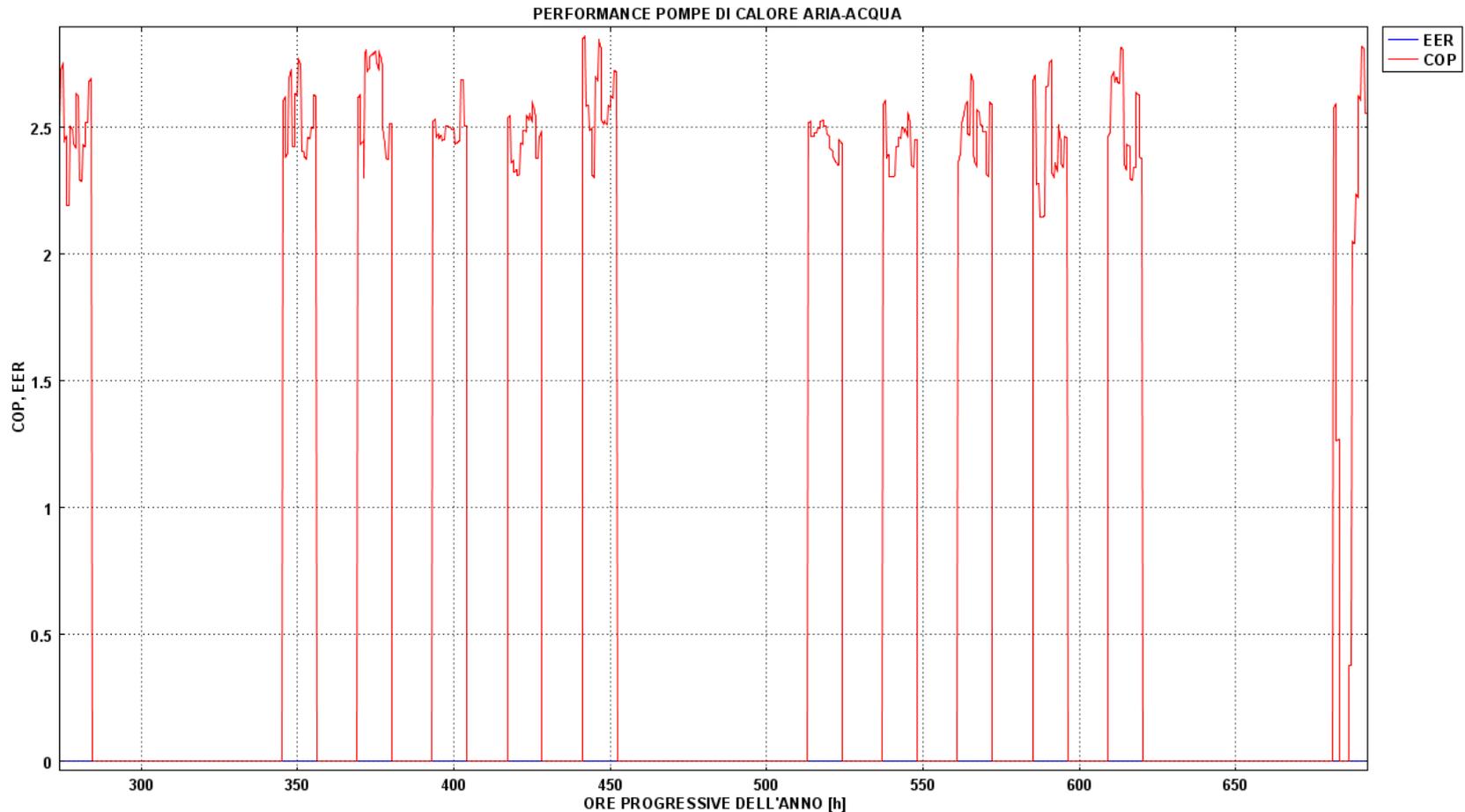
# FABBISOGNI TERMICI ORARI

CARICHI TERMICI ORARI PALAZZO MIRTO



# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA Il PALAZZO MIRTO a Palermo

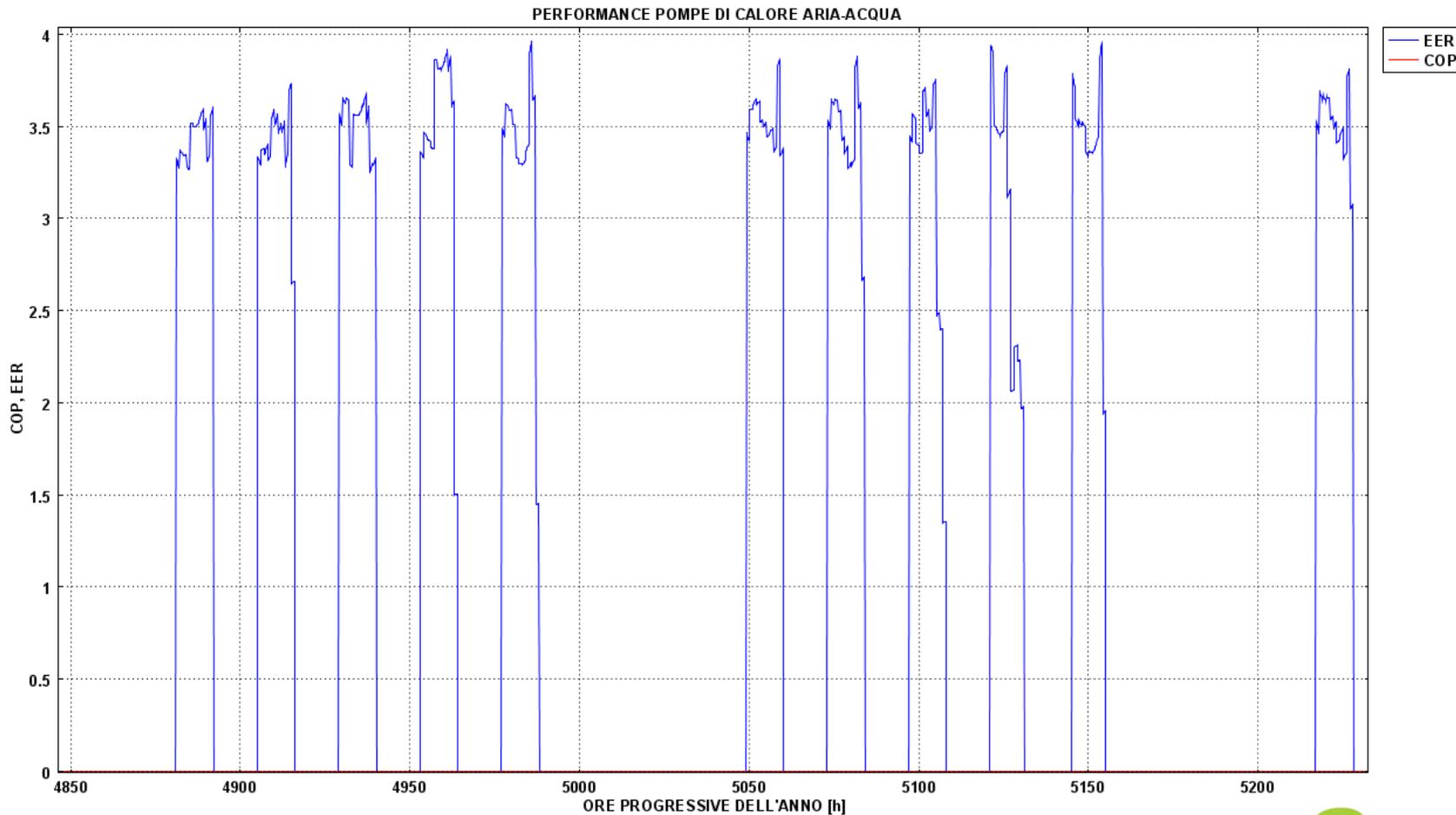
## C.O.P. P.d.C. DI CALORE A-W



**C.O.P. medio=2.71**  
**(p.d.c+inverter)**



IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA  
Il PALAZZO MIRTO a Palermo  
**E.E.R. P.d.C. DI CALORE A-W**



**E.E.R. medio=3.78 (p.d.c. + inverter)**



# GEOTERMIA SCAMBIO CON FALDA



Come riferimento per il dimensionamento geotermico si è scelto *il pozzo Pecoraino*. Il pozzo è posto a una quota di m 44 s.l.m. ed è profondo 71 m; il suo livello piezometrico è di m 25,6 s.l.m. E' sito in località S. Maria di Gesù nel territorio del comune di Palermo.

Il pozzo è ubicato nella falda meridionale dell'agro palermitano e insiste su terreni argillosi e su calcari dolomitici.

I valori di portata oscillano in un intervallo compreso tra i 28 e i 71 l/s.

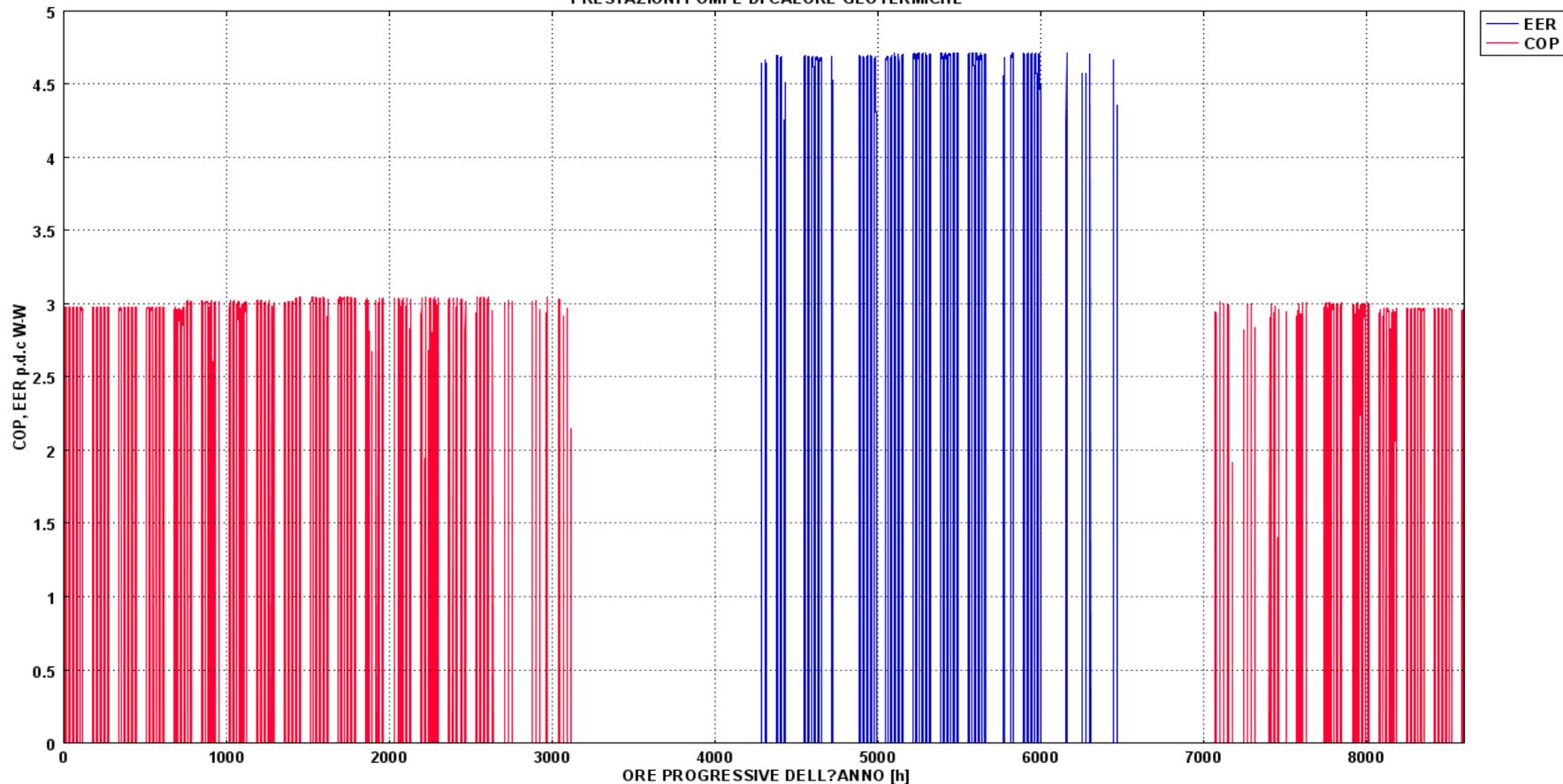
## Valore medio mensile della temperatura [°C]:

Gennaio	17.15
Febbraio	18,0
Marzo	18.53
Aprile	18.54
Maggio	18.67
Giugno	19.03
Luglio	18.73
Agosto	18.5
Settembre	18.5
Ottobre	18.25
Novembre	17.7
Dicembre	17,0
Valore medio	18.21

# PRESTAZIONI POMPE DI CALORE W-W (GEOTERMIA SCAMBIO CON FALDA)



PRESTAZIONI POMPE DI CALORE GEOTERMICHE



**C.O.P. medio=2.94**

**E.E.R. medio = 4.75**



## RISULTATI SIMULAZIONI NEI DIFFERENTI CASI

P.d.C Aria-Acqua (senza inverter)

C.O.P. medio = 2.26

E.E.R. medio = 3.30

E.S.E.E.R. = 3.30

quest'ultimo valore calcolato con il modello è prossimo al parametro certificato EUROVENT per le condizioni medie stagionali estive della macchina (E.S.E.E.R.=3.29)

P.d.C Aria-Acqua Reversibili (con inverter)

C.O.P. medio = 2.71

E.E.R. medio = 3.78

P.d.C Acqua-Acqua Reversibili (con inverter) - Geotermia Prelievo Acqua di Falda

C.O.P. medio = 2.94

E.E.R. medio = 4.75





## *IPOTESI BASE (Caldaia Inverno + Pompa di Calore A-W Estate)*

### CONSUMI

IPOTESI BASE (Caldaia Inverno + Pompa di Calore Estate)

kWh termici riscald. Metano	56.035 kWh
m <sup>3</sup> metano annui	6.001 m <sup>3</sup>
Consumo Elettrico P.d.C. Solo Estivo	7.808 kWh
E.E.R. medio estivo	3,34
Ore P.d.C. Estivo	459 h

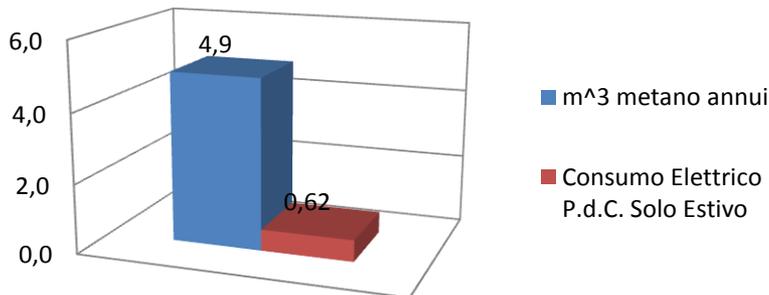
Risparmio in combustibile fossile e emissioni di CO<sub>2</sub>

	T.E.P.
Metano	4,9
Consumo elettrico P.d.C	0,67
TOTALE	5,59

Emissioni di CO<sub>2</sub>

Metano	11.196 kg
Consumo elettrico P.d.C.	3.373 kg
TOTALE	14.569 kg

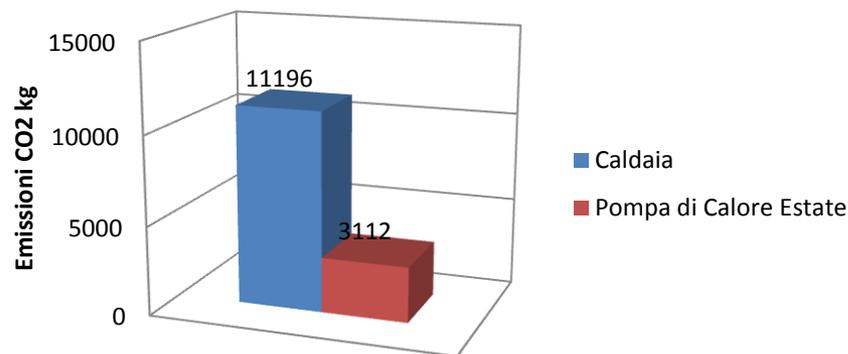
T.E.P.



### COSTI ENERGETICI

Costo Annuale Riscaldamento (Caldaia Metano)	€ 4.441
Costo Annuale Climatizzazione Estiva (P.d.C AW)	€ 1.405
Totale	€ 5.846

### Emissioni CO<sub>2</sub>





## *IPOTESI A (Pompa di Calore reversibile A-W)*

### CONSUMI

Numero di P.d.C.	4
Consumo Elettrico P.d.C. rev Inverno	23180 kWh
Consumo Elettrico P.d.C. rev Estate	7901 kWh
C.O.P. medio invernale	2,26
E.E.R. medio estivo	3,30
Ore P.d.C. Invernali	1.141 h
Ore P.d.C Estivo	459 h
C.O.P. medio annuo	2,6

### COSTI ENERGETICI

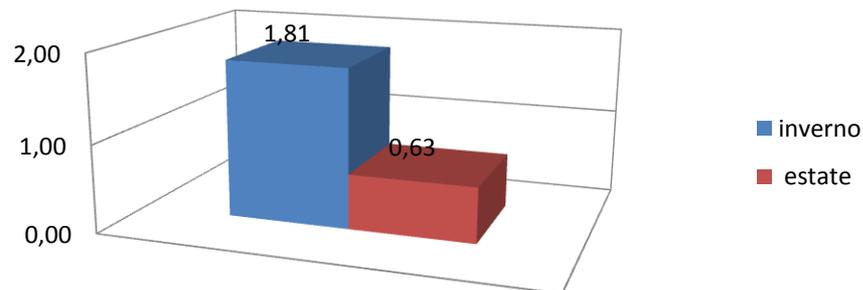
Costo Annuale Riscaldamento Invernale (P.d.C rev A-W)	€ 4.172
Costo Annuale Climatizzazione Estiva (P.d.C rev A-W)	€ 1.422
Totale	€5.595

### Risparmio in combustibile fossile e emissioni di CO<sub>2</sub>

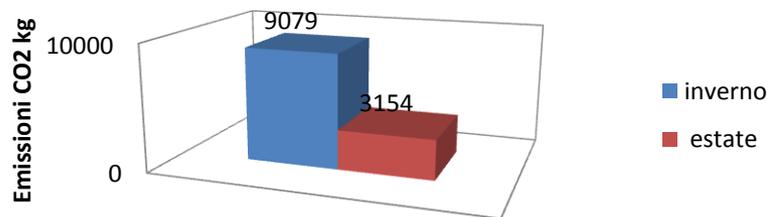
	T.E.P.
P.d.C. rev inverno	2,00
P.d.C. rev estate	0,68
TOTALE	2,68

Emissioni di CO <sub>2</sub>	
P.d.C. rev inverno	10.014 kg
P.d.C. rev estate	3.413 kg
TOTALE	13.427 kg

### T.E.P.



### Emissioni CO<sub>2</sub>





## IPOTESI B (Pompe di Calore Acqua-Acqua + Sistema Geotermico (Prelievo in Falda))

### CONSUMI

Numero di P.d.C.	4
Consumo Elettrico P.d.C. rev Inverno	18.756 kWh
Consumo Elettrico P.d.C. rev Estate	5.761 kWh
Potenza Elettrica Max Impegnata	69 kW
COP medio invernale	2,71
EER medio estivo	3,78
Ore p.d.c. Invernali	1.141 h
Ore p.d.c. Estivo	459 h
COP medio annuo	3,1

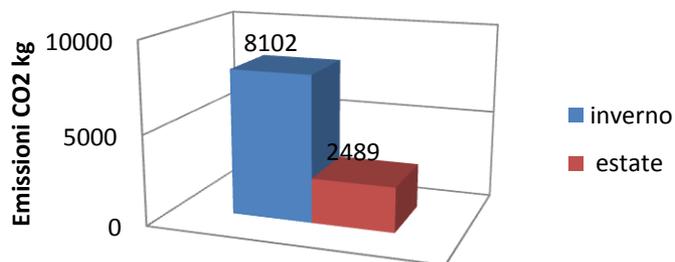
### Risparmio in combustibile fossile e emissioni di CO<sub>2</sub>

	T.E.P.
P.d.C. rev inverno	1,62
P.d.C. rev estate	0,50
TOTALE	2,11

### Emissioni di CO<sub>2</sub> [kg]

P.d.C. rev inverno	8.102 kg
P.d.C. rev estate	2.489 kg
TOTALE	10.591 kg

### Emissioni CO<sub>2</sub>

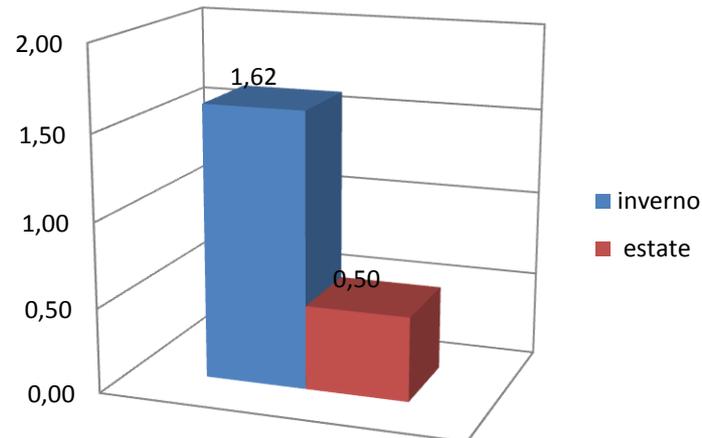


### COSTI ENERGETICI

Costo Annuale Riscaldamento Invernale (P.d.C rev AW)	€ 3.376
Costo Annuale Climatizzazione Estiva (P.d.C rev AW)	€ 1.037
Totale	€ 4.413

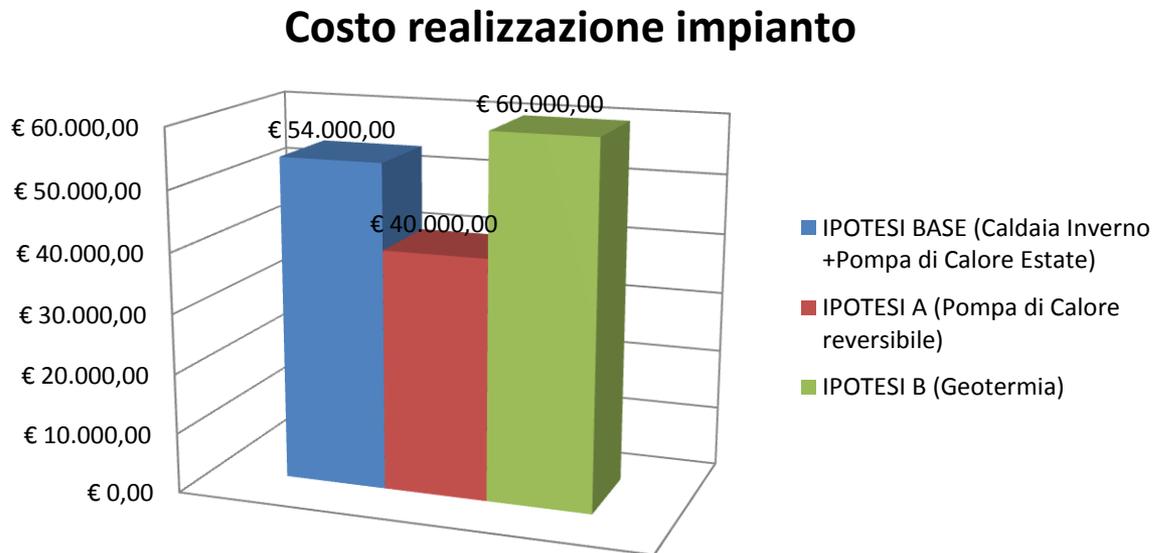
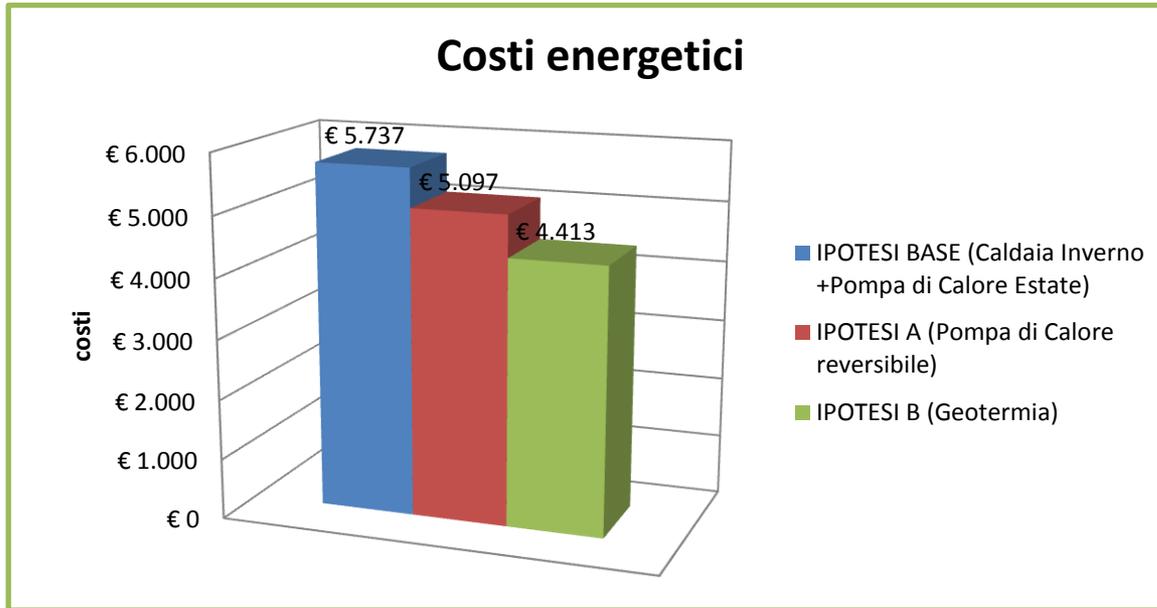
Pozzo caratteristiche generali  
diametro 300 mm;  
profondità 80 - 100 m;  
prelievo acqua 0,028 m<sup>3</sup>/s.

### T.E.P.



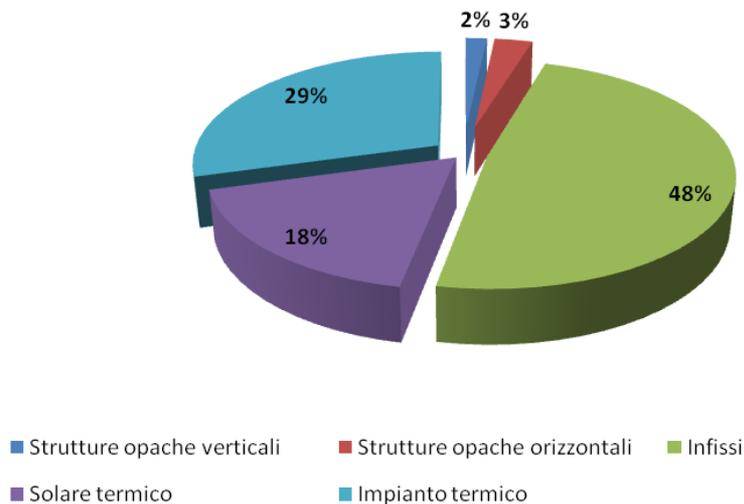
# IL RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA STORICA

## IL PALAZZO MIRTO a Palermo

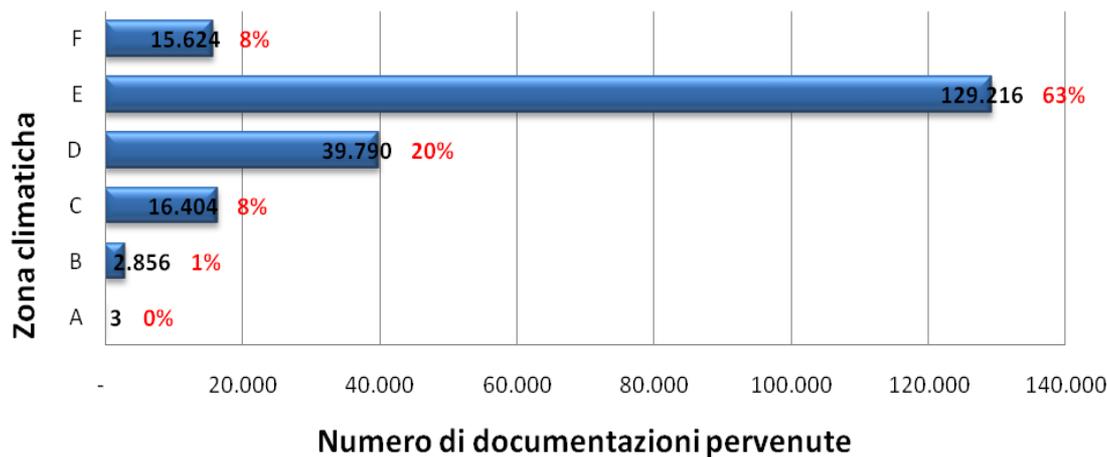




### DISTRIBUZIONE INTERVENTI 2008



### Distribuzione interventi (riferiti solo alle tipologie di immobili con destinazione d'uso residenziale) in base alle diverse fasce climatiche



# SICILIA



## Resoconto economico

Tipologia di intervento	Costo Totale (€)	Importo portato in detrazione (55%) (€)	Costo medio per intervento (€)
Strutture opache verticali	510.872	280.979	16.480
Strutture opache orizzontali	2.656.305	1.460.968	37.413
Infissi	19.049.244	10.477.084	10.021
Solare termico	4.319.454	2.375.700	4.821
Impianto termico	5.428.363	2.985.600	5.856
Interventi combinati	17.493.566	9.621.461	28.725
<b>Totale</b>	<b>49.457.804</b>	<b>27.201.792</b>	

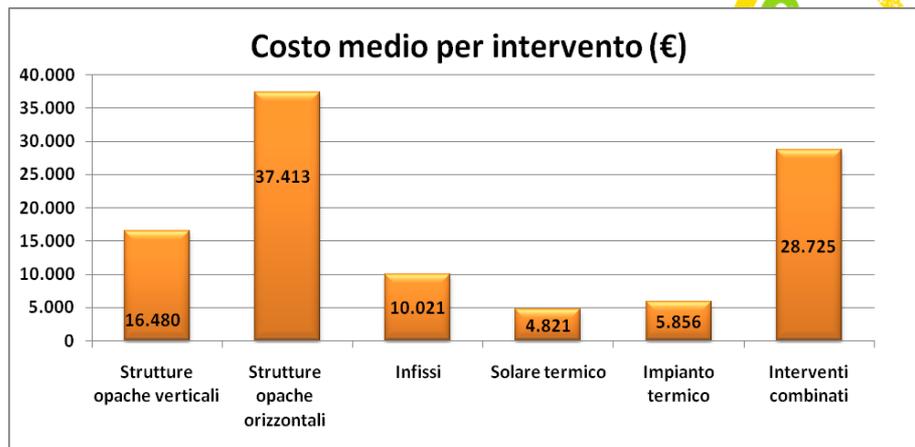


Figura 15: Resoconto economico della regione Sicilia

# LOMBARDIA

## Resoconto economico

Tipologia di intervento	Costo Totale (€)	Importo portato in detrazione (55%) (€)	Costo medio per intervento (€)
Strutture opache verticali	18.542.609	10.198.435	20.090
Strutture opache orizzontali	53.046.979	29.175.838	41.090
Infissi	253.318.649	139.325.257	10.142
Solare termico	31.651.403	17.408.272	8.760
Impianto termico	169.270.306	93.098.669	14.080
Interventi combinati	270.854.806	148.970.143	37.401
<b>Totale</b>	<b>796.684.752</b>	<b>438.176.614</b>	

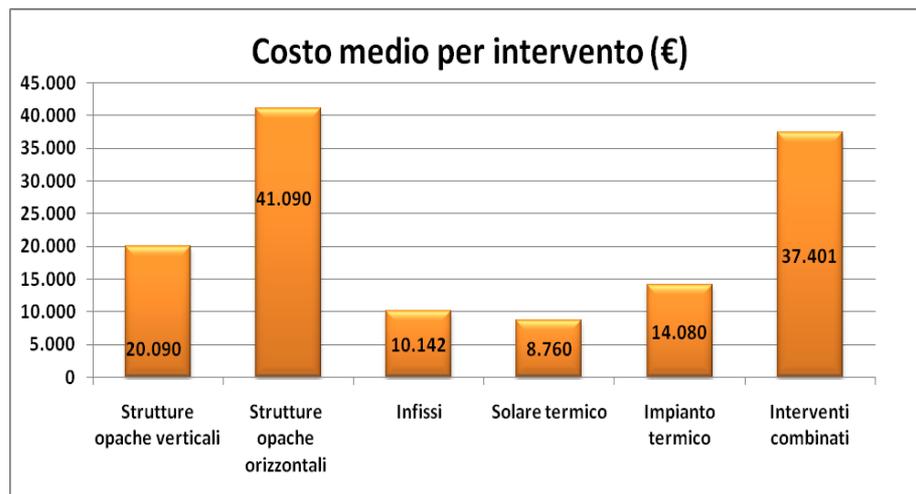


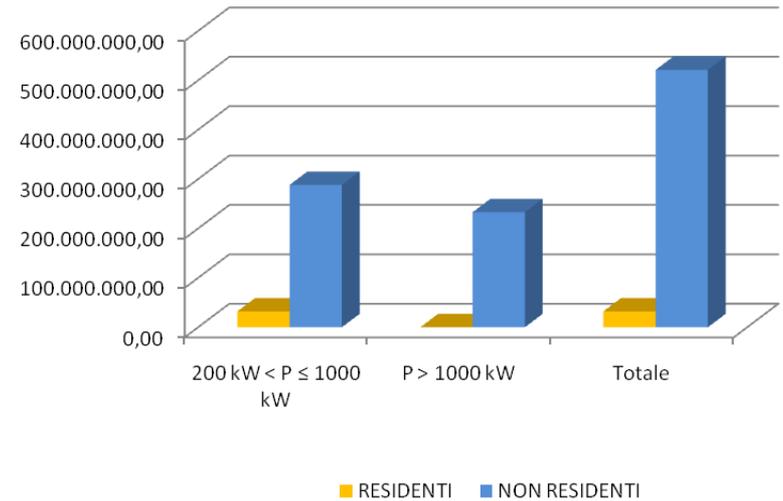
Figura 15: Resoconto economico della regione Lombardia

## Impianti > 200 kWp

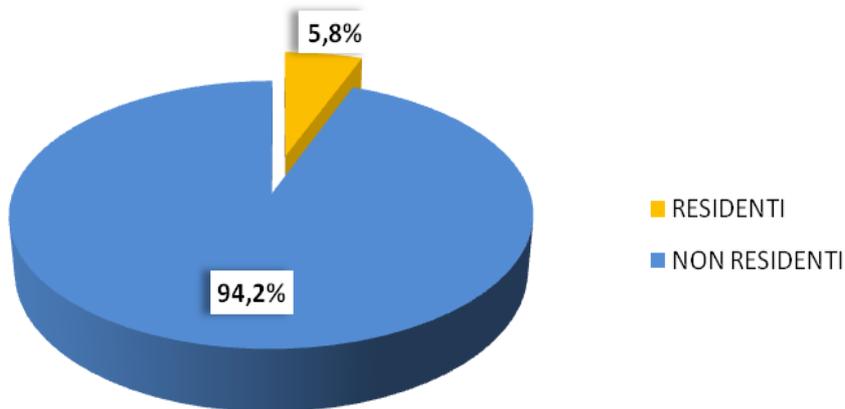
**Producibilità annua: 1.480 kWh/kWp**

**Prezzo vendita energia: 0.11 €/kWh**

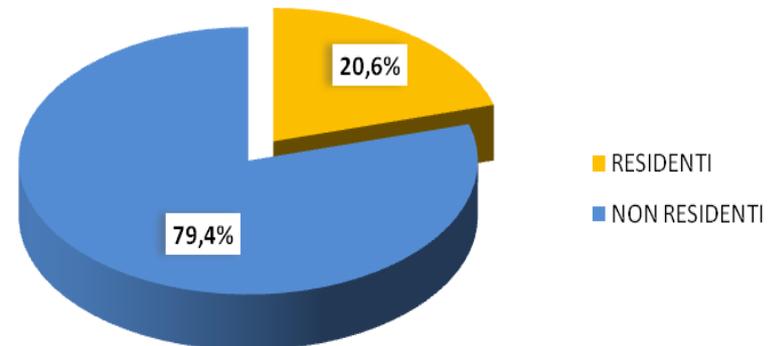
**Costo impianto: 3.200 €/kWp**



Distribuzione ricavi da vendita e da incentivazione tra operatori locali e non residenti



Distribuzione valore investimento e operational management tra operatori locali e non residenti



## Impianti < 200 kWp

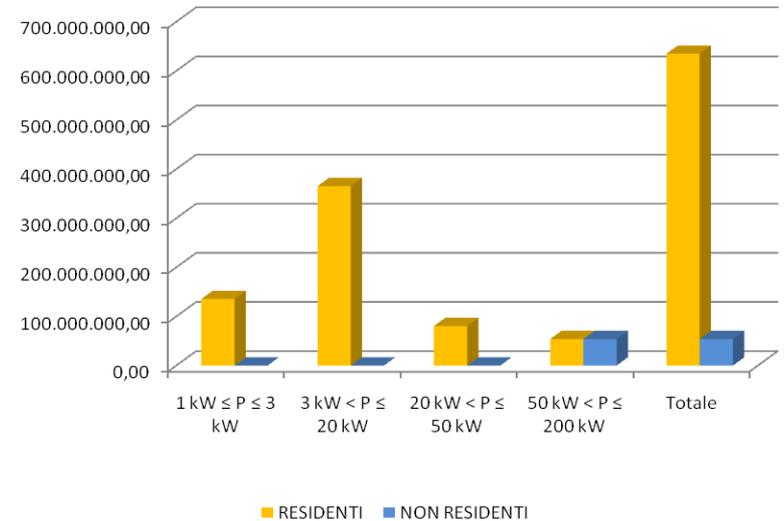
**Producibilità annua:** 1.480 kWh/kWp

**Prezzo vendita energia:** 0.11 €/kWh

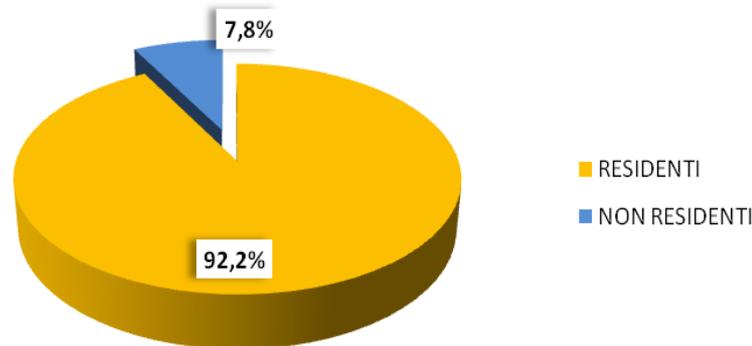
**Costo impianto :**

4.000 €/kW      kWp < 50

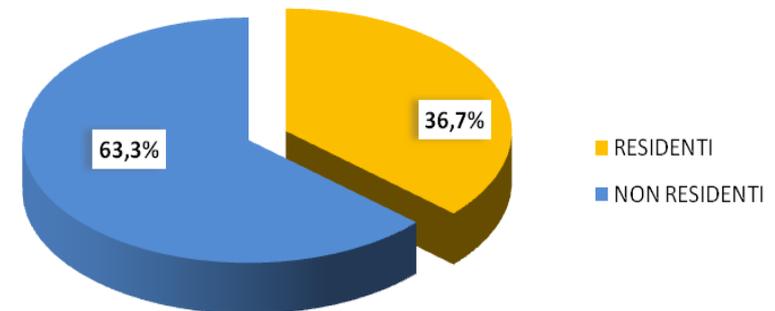
3.600 €/kW      50 < kWp < 200



Distribuzione ricavi da vendita e da incentivazione tra operatori locali e non residenti



Distribuzione valore investimento e operational management tra operatori locali e non residenti



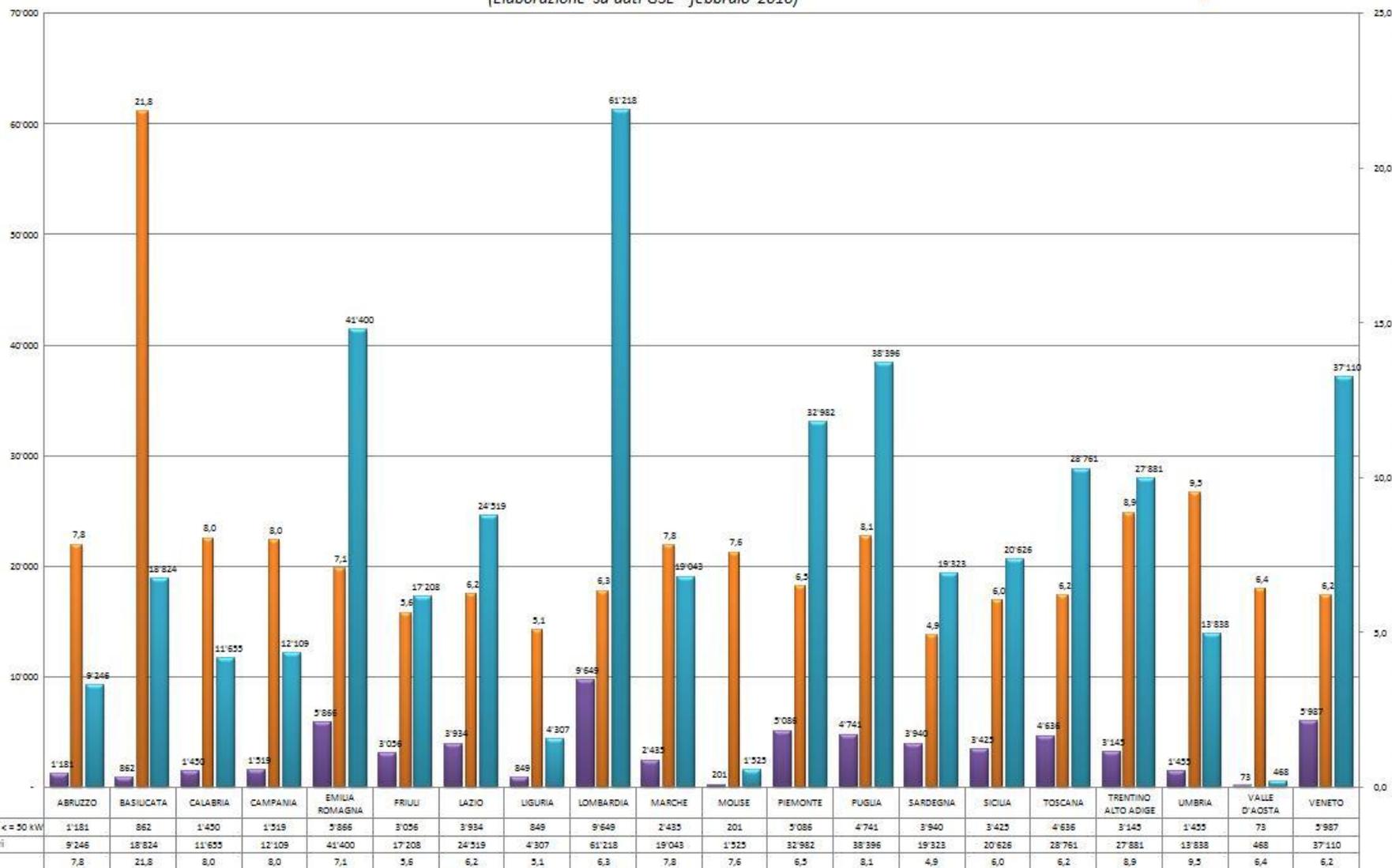
# Impianti fotovoltaici di potenza <= 50 kWp

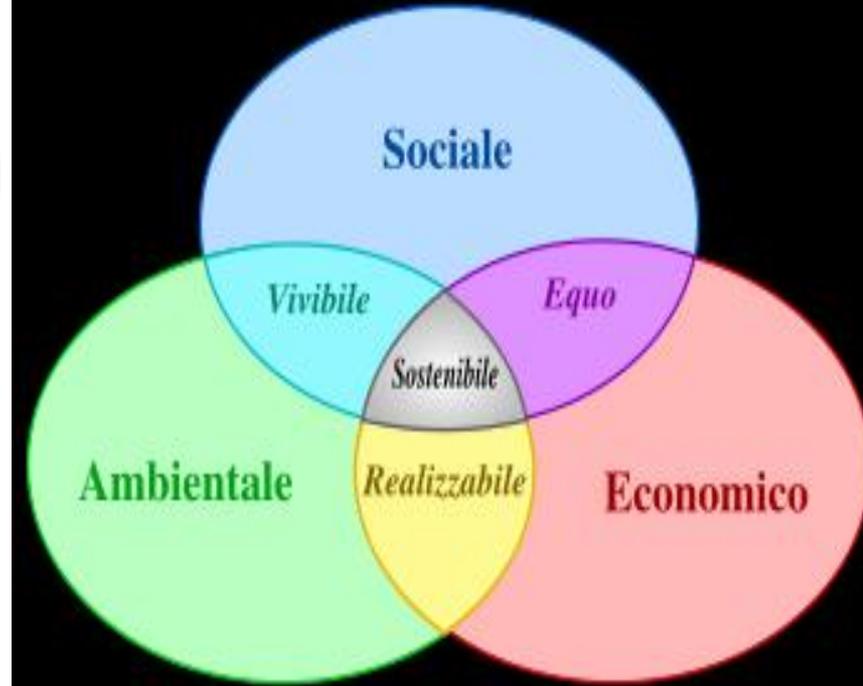
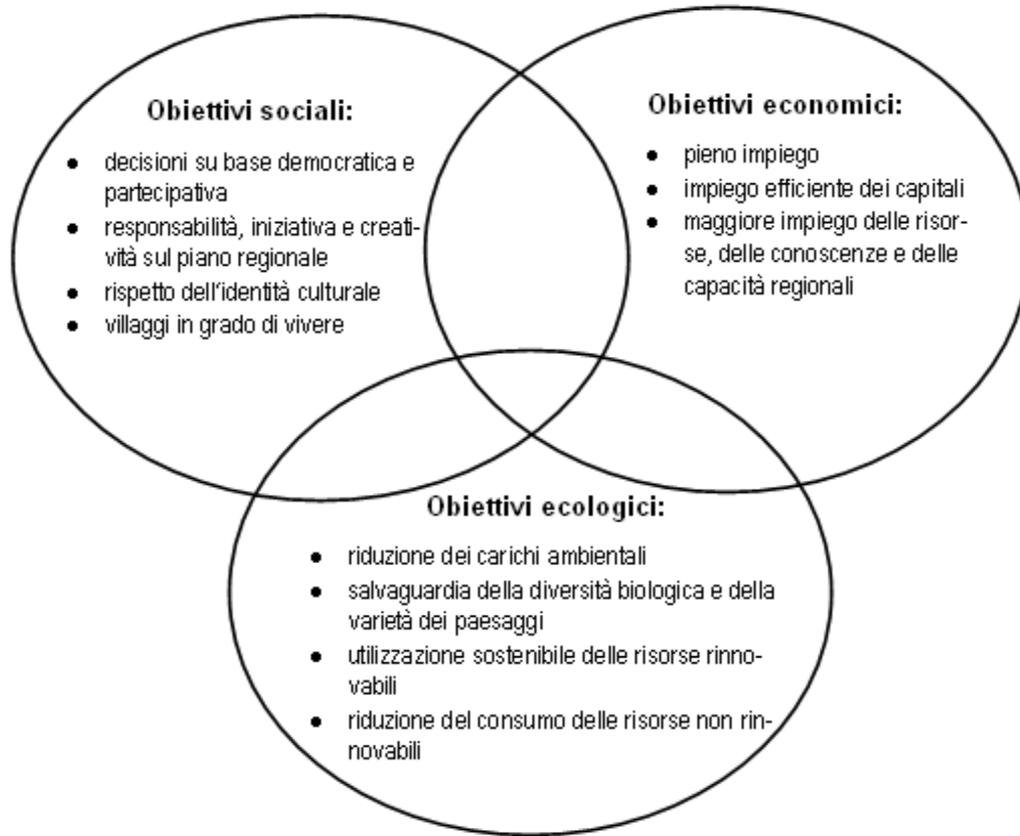
## Dati regionali

(Elaborazione su dati GSE - febbraio 2010)

**kW di picco medi**

**Numero di impianti  
kW di picco complessivi**





**La riflessione parte dalla semantica: sviluppo <> sostenibile, una evidente contraddizione. Lo sviluppo definisce una crescita continua e, quindi, prima o poi, il consumo di maggiori risorse. Un sistema basato sulla crescita infinita bisogna pertanto di risorse infinite. Ecco che scompare la sostenibilità!**

*Il cosiddetto sviluppo sostenibile è un tentativo per mantenere in vita il suicida sistema economico occidentale, il sistema economico del PIL, il sistema che ha dimenticato la centralità dell'Uomo, il sistema che ha portato alla crisi attuale.*

*... Non è totalmente da escludere la crescita sostenibile, se fosse solo un passaggio per arrivare alla simbiosi col pianeta. Questi concetti sono ormai condivisi da molti e alcuni Amministratori illuminati cominciano a dar loro concretezza, dimostrandone la praticabilità. Se fossi un amministratore considererei queste questioni prioritarie ( ..... liberamente tratto da internet)*

*... Il pensiero scientifico è ancora molto giovane e non è potuto venire a capo di moltissimi dei sommi problemi.*

*Una concezione del mondo eretta sulla scienza ha, tranne l'accentuazione del mondo esterno reale, tratti essenzialmente negativi come quello di accettare solo la verità e di rifiutare le illusioni.*

*Chi fra di noi mortali è insoddisfatto di questa situazione, chi pretende qualcosa di più per trovare una momentanea consolazione, cerchi questo qualcosa dove potrà trovarlo. Noi non ce ne avremo a male: non possiamo aiutarlo, ma nemmeno, per riguardo al lui, pensare diversamente.*

*Sigmund Freud - Medico 1856-1939*

Grazie per l'attenzione .