



Efficienza energetica: opportunità e casi di eccellenza

A cura di FIRE e ANEA

Venerdì 23 marzo ore 14.30 – 18.30

Pad. 4 - Sala Europa

Mostra d'Oltremare – ingresso V. Kennedy - Napoli



Edifici a basso consumo energetico per i climi temperati: l'edificio dimostrativo del Comune di Napoli

Prof. Adolfo Palombo

adolfo.palombo@unina.it

DIPARTIMENTO DI ENERGETICA TERMOFLUIDODINAMICA APPLICATA E CONDIZIONAMENTI AMBIENTALI,
UNIVERSITA' DI NAPOLI FEDERICO II, PIAZZALE TECCHIO 80, 80125 NAPOLI

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Obiettivi

Stabilire alcuni criteri per:

- *progettare edifici anche non residenziali a basso consumo energetico per il clima temperato*
- *garantire ottimali livelli di comfort all'interno di tali edifici*

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Passi effettuati

- Studio della **normativa vigente**, degli **attuali standard** riguardanti gli edifici ad energia quasi zero
- Valutazione del **clima**, del **sito individuato** e delle **problematiche degli edifici a energia quasi zero nei climi temperati**
- Scelta della **forma** e dell'**orientamento** dell'edificio in esame
- **Analisi energetica ed economica delle possibili tecnologie** da adottare per ottenere un edificio ad energia quasi zero a Napoli

Strumenti

- **Analisi semi-stazionaria delle prestazioni energetiche del sistema edificio – impianto** (UNI TS 11300)
- **Analisi dinamica delle prestazioni energetiche del sistema edificio – impianto** (EnergyPlus, TRNSYS)

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Nord Europa

*Heating
Dominated
Climate*



Inverno molto rigido e lungo

Napoli

*Heating & Cooling
Dominated
Climate*



Inverno abbastanza rigido e lungo



Estate abbastanza calda e lunga

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Definizioni

Edificio a basso consumo energetico (residenziale) secondo lo standard Passivhaus:

- *fabbisogno energetico per il riscaldamento: $Ep_{i,invol} \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$*
- *fabbisogno energetico per il raffrescamento: $Ep_{e,invol} \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$*
- *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)*
- *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 e per climi temperati:
NON sono attualmente disponibili indicazioni

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Low Energy Need *Building a Napoli*

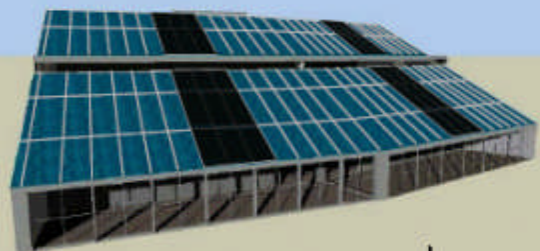
Iniziativa

- Comune di Napoli, Delibera della Giunta comunale di Napoli n. 517 del 21 aprile 2011;
- IX Municipalità (Pianura – Soccavo), Nota n. 357 del 16 febbraio 2011

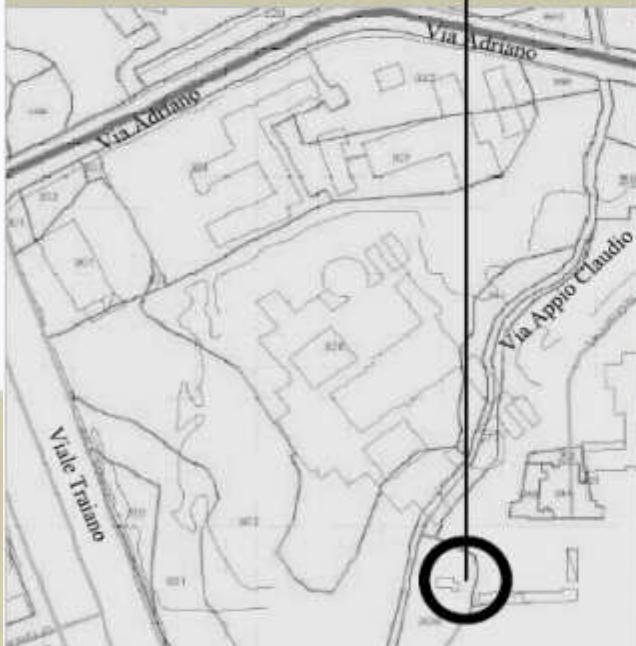
Destinazione d'uso

- Uffici del Servizio Ambiente del Comune di Napoli (primo piano), sala conferenze, spazio espositivo (piano terra), depositi e magazzini (piano seminterrato)

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

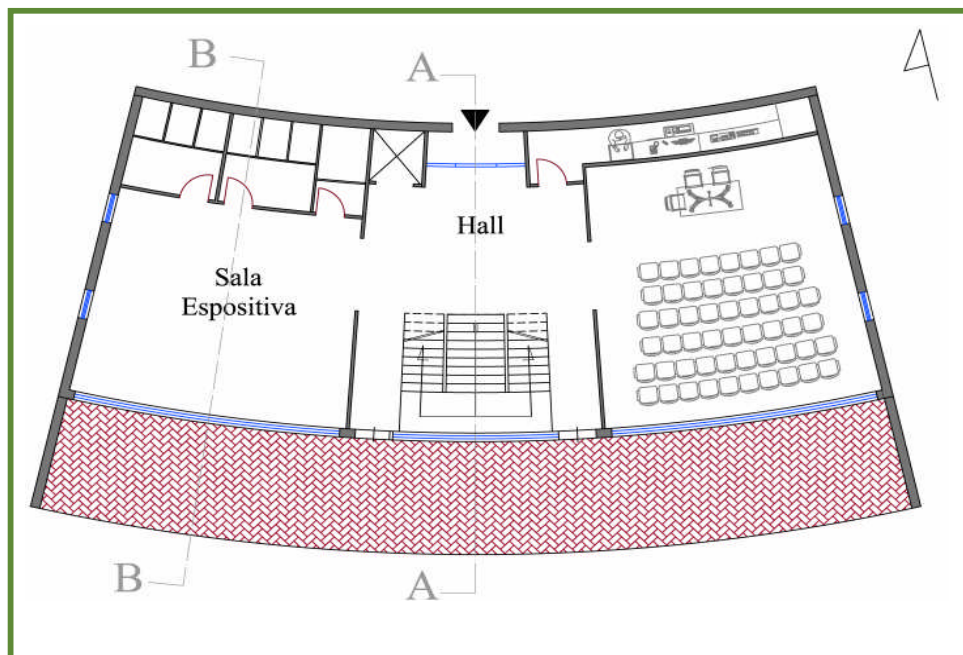


Edificio L.E.N. Napoli
Sito Interessato:
Via Appio Claudio
Soccavo



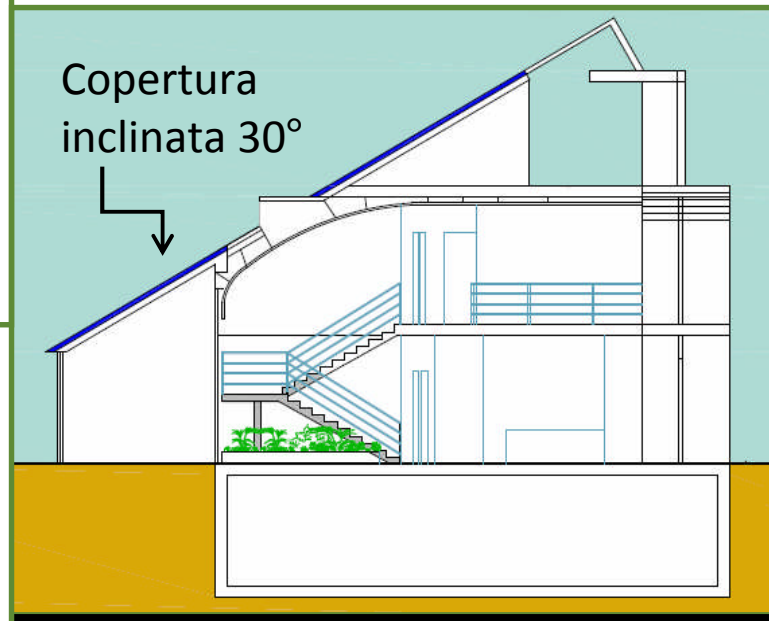
Edificio a basso consumo energetico a Napoli

La forma e l'orientamento (ottimizzazione con EnergyPlus)



Pianta dell'edificio allungata caratterizzata da un'opportuna curvatura e **copertura inclinata a sud** al fine di massimizzare la resa dei pannelli solari e fotovoltaici in copertura. Orientamento 5° sud - ovest

← Pianta Piano Terra con distribuzione degli spazi
↓ Sezione trasversale in corrispondenza della hall



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

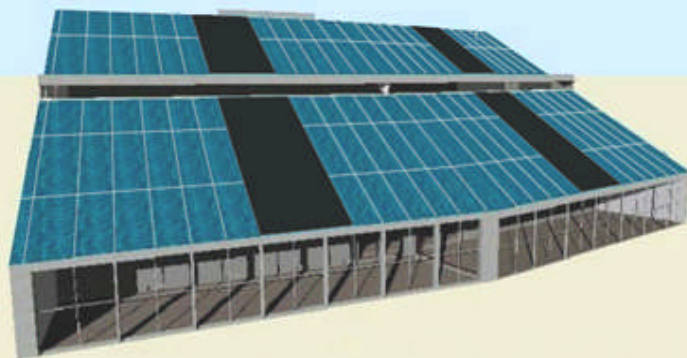
La forma

Inverno

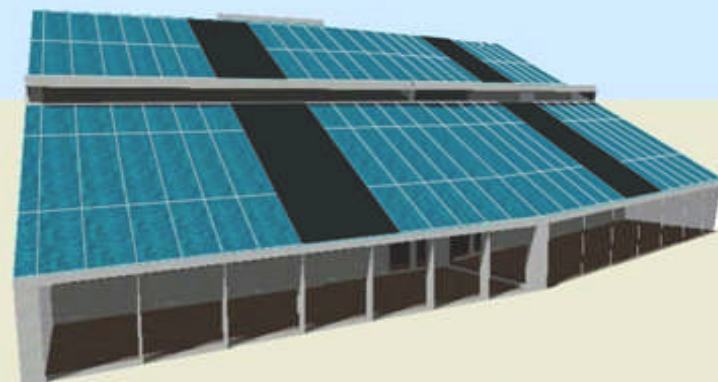
COMPATTA
ridotto S/V

Estate

APERTA
ombreggiamenti e ventilazione naturale



SERRA SOLARE

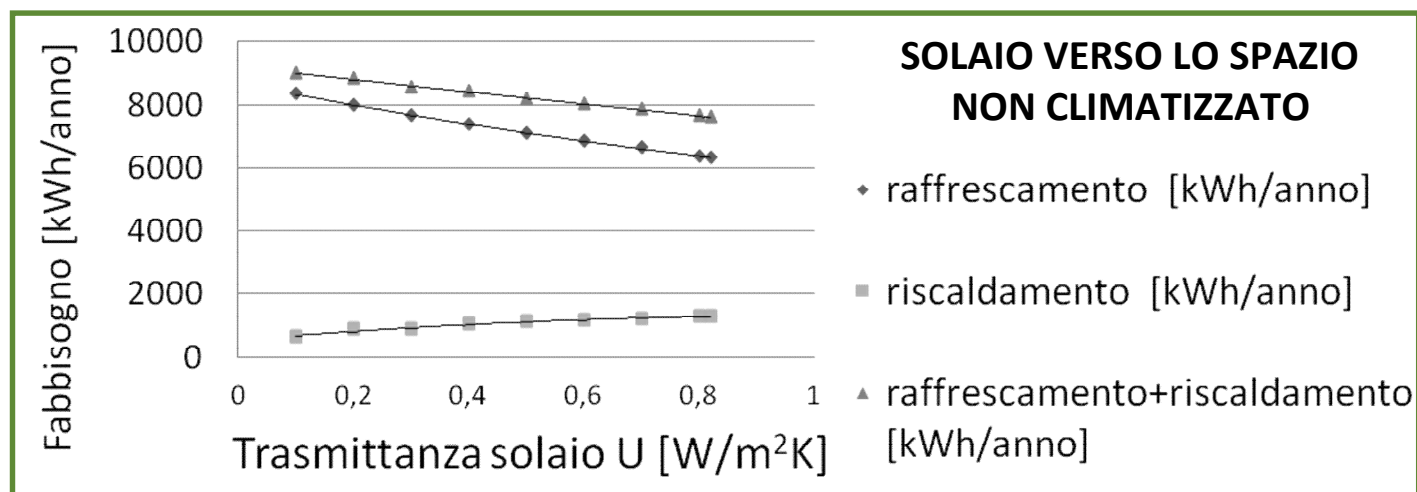


PORTICO

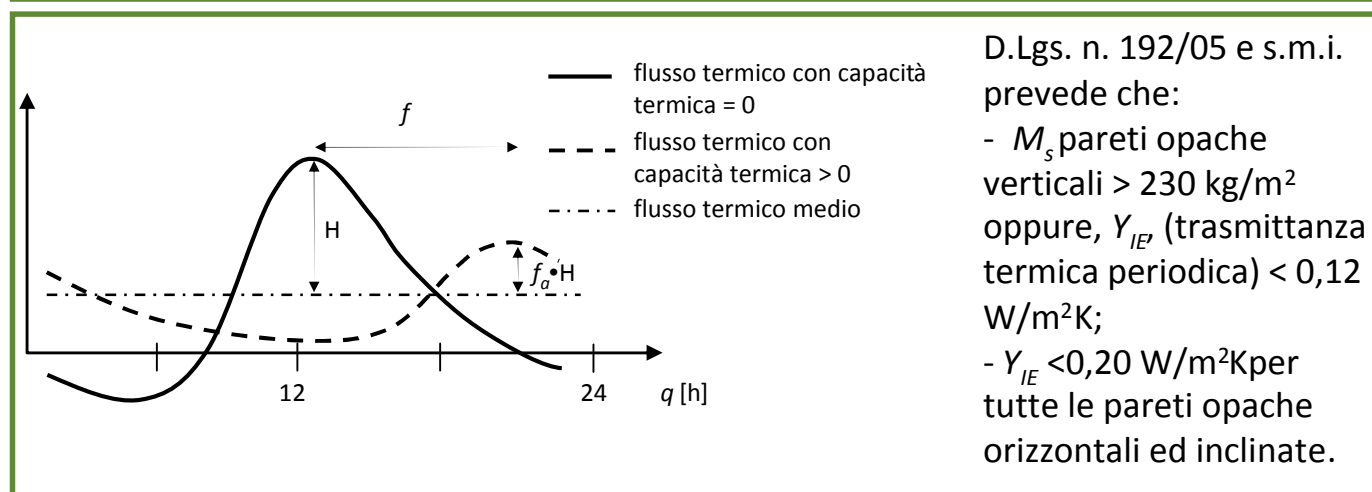
Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Involucro edilizio opaco (ottimizzazione con EnergyPlus)

-
Resistenza



+ **Capacità**



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Involucro edilizio opaco (ottimizzazione con EnergyPlus)

Elemento Opaco	Tipo Coibente	Spessore [cm]	Trasmittanza U [W/m ² K]
Parete verticale est-ovest	Fibra di legno mineralizzata	17	0,30
Parete verticale nord	Fibra di legno mineralizzata	18	0,30
Parete verticale sud (interna alla serra)	-	-	1,52
Parete contro-terra	XPS	2,0	0,90 (anticondensa)
Pavimento contro-terra	XPS	2,0	0,64 (anticondensa)
Tetto	Fibra di legno mineralizzata XPS	15 5,0	0,20
Solaio verso il seminterrato	Fibra di legno mineralizzata	1,0	0,83

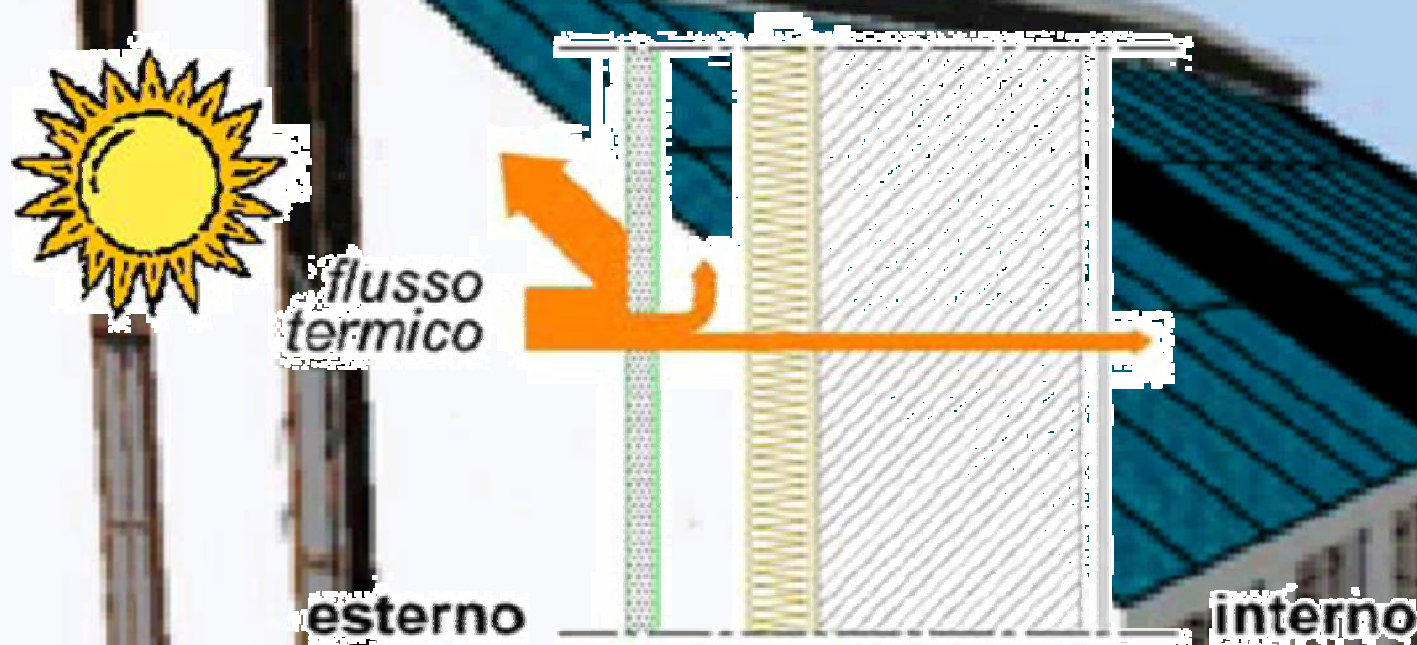
Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Involucro edilizio opaco (ottimizzazione con EnergyPlus)

Elemento Opaco	Tamponatura	Spessore [cm]	Massa superficiale Ms [kg/m ²]	Trasmittanza periodica Y _{IE} [W/m ² K]
Parete verticale nord	intonaco - pannello in fibra di legno - laterizi pieni - intonaco	40	500	0,008
Parete verticale est-ovest	paramento - pannello in fibra di legno - laterizi pieni - intonaco	45	522	0,007
Parete verticale sud (interna alla serra)	intonaco - laterizi pieni - intonaco	27	450	0,620
Parete contro – terra	impermeabilizzante - laterizi pieni XPS - intonaco	28	450	-
Solaio verso il seminterrato	mattonelle in ceramica - sottofondo pav. pannello in fibra di legno - solaio latero cementizio - intonaco	28	338	-
Pavimento contro-terra	pav. in resina - sottofondo pav. - impermeabilizz. - calcestruzzo - vespaio	29	320	-
Tetto	pannelli solari o PV – intercapedine - XPS - pannello in fibra di legno - solaio latero cementizio - intonaco	44	317	0,006

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

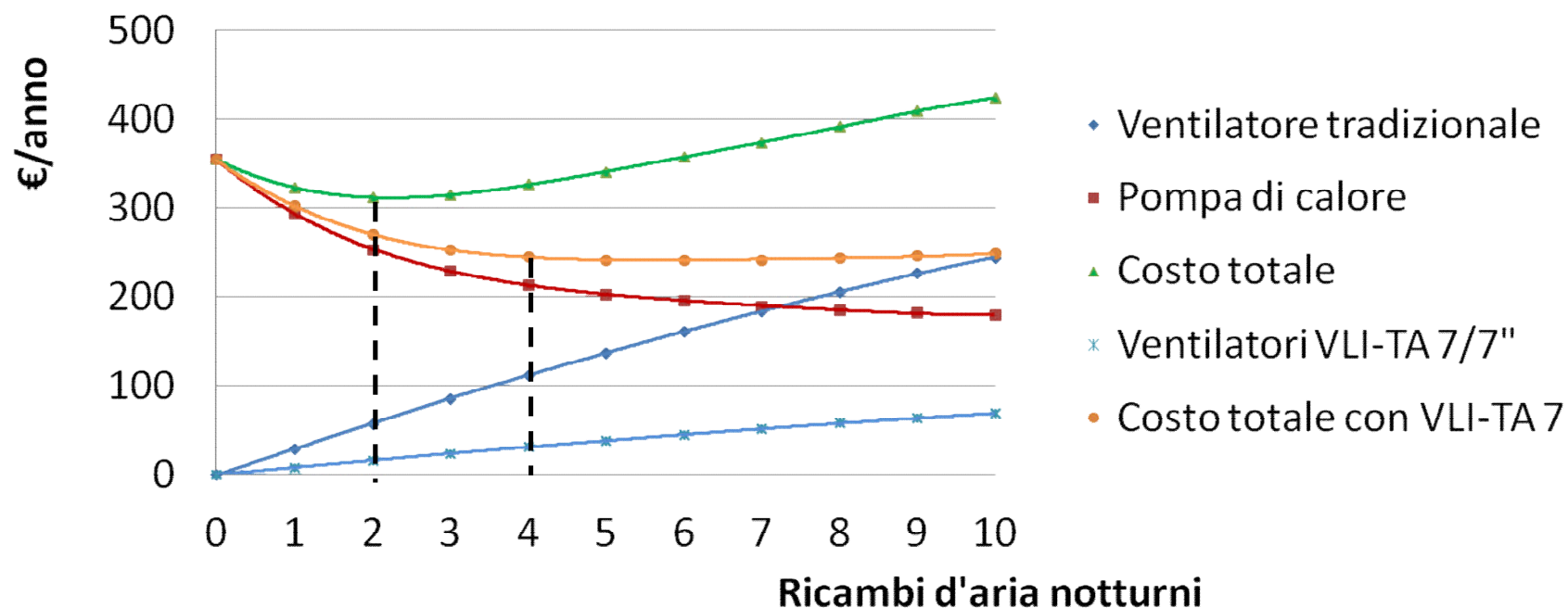
Involucro edilizio opaco



Le facciate ad est ed ovest sono ipotizzate del tipo ad intercapedine ventilata. L'utilizzo di una facciata ventilata può portare potenzialmente a risparmi energetici oltre il 40%.

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

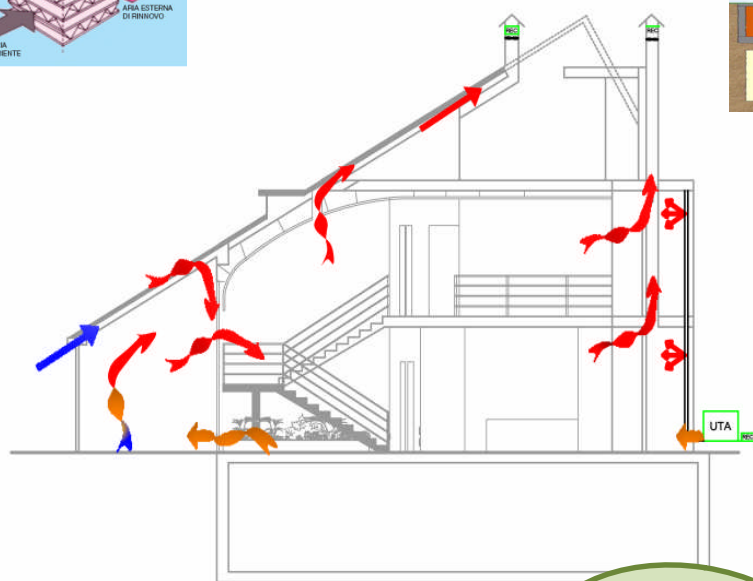
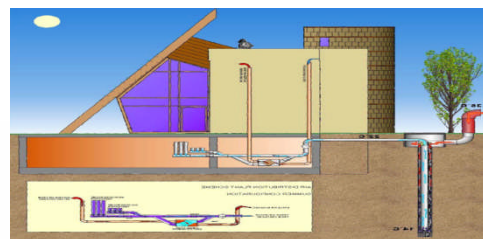
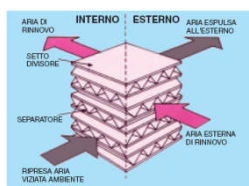
Ventilazione notturna (ottimizzazione con EnergyPlus)



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

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Ventilazione diurna ibrida (naturale + meccanica con recupero)



Inverno

Risparmio
energetico
17%



Estate

Risparmio
energetico
18%

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Portata di ventilazione

controllata in base alle effettive esigenze (con sensore CO₂)

Uffici: **11 l/(s · Pers.)**

Sala convegni: **10 l/(s · pers.)**

Spazio espositivo: **6 l/(s · pers.)**



In condizioni di medio affollamento
si sono ottenuti i seguenti **risparmi**
(EnergyPlus):

- **fabbisogno di riscaldamento**

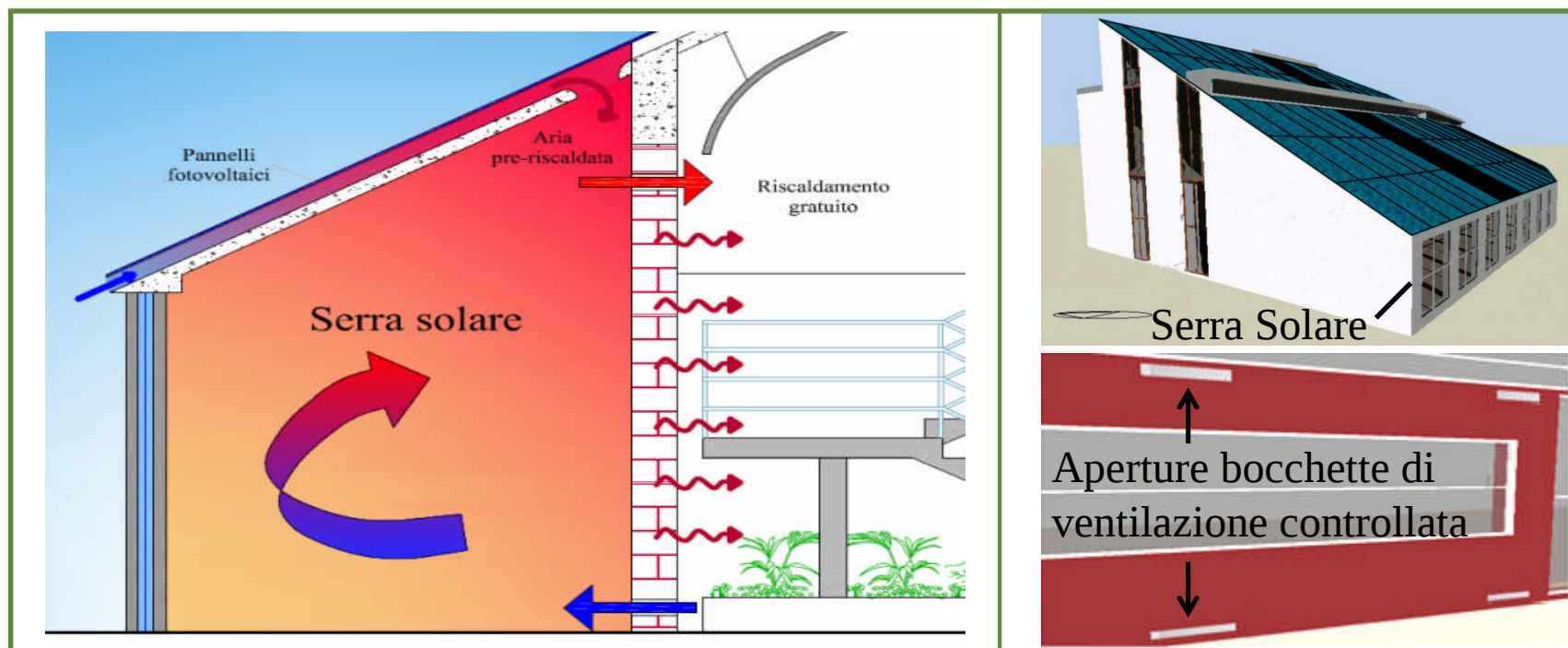
19,0%

- **fabbisogno di raffrescamento**

2,6%

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

La serra solare (ottimizzazione con EnergyPlus)



Elemento	s [mm]/ Gas	U_g [W/m ² K]	U_f [W/m ² K]	τ_{vis} [-]	Fattore solare [-]	ε [-]	Schermo
Finestre Sud (esterne alla serra)	6-12-3-12-6/ Krypton	0,97	3,48	0,71	0,52	0,10	-

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

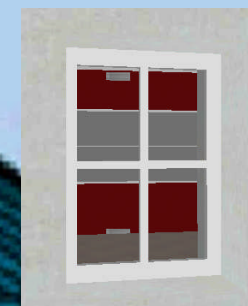
I serramenti



Vetri basso-emissivi
a controllo solare
Schermature
esterne a geometria
variabile

Ovest

Vetri basso-
emissivi
Nord



Est

Sud (abbaino)

Vetri a controllo solare
Aggetti orizzontali superiori

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

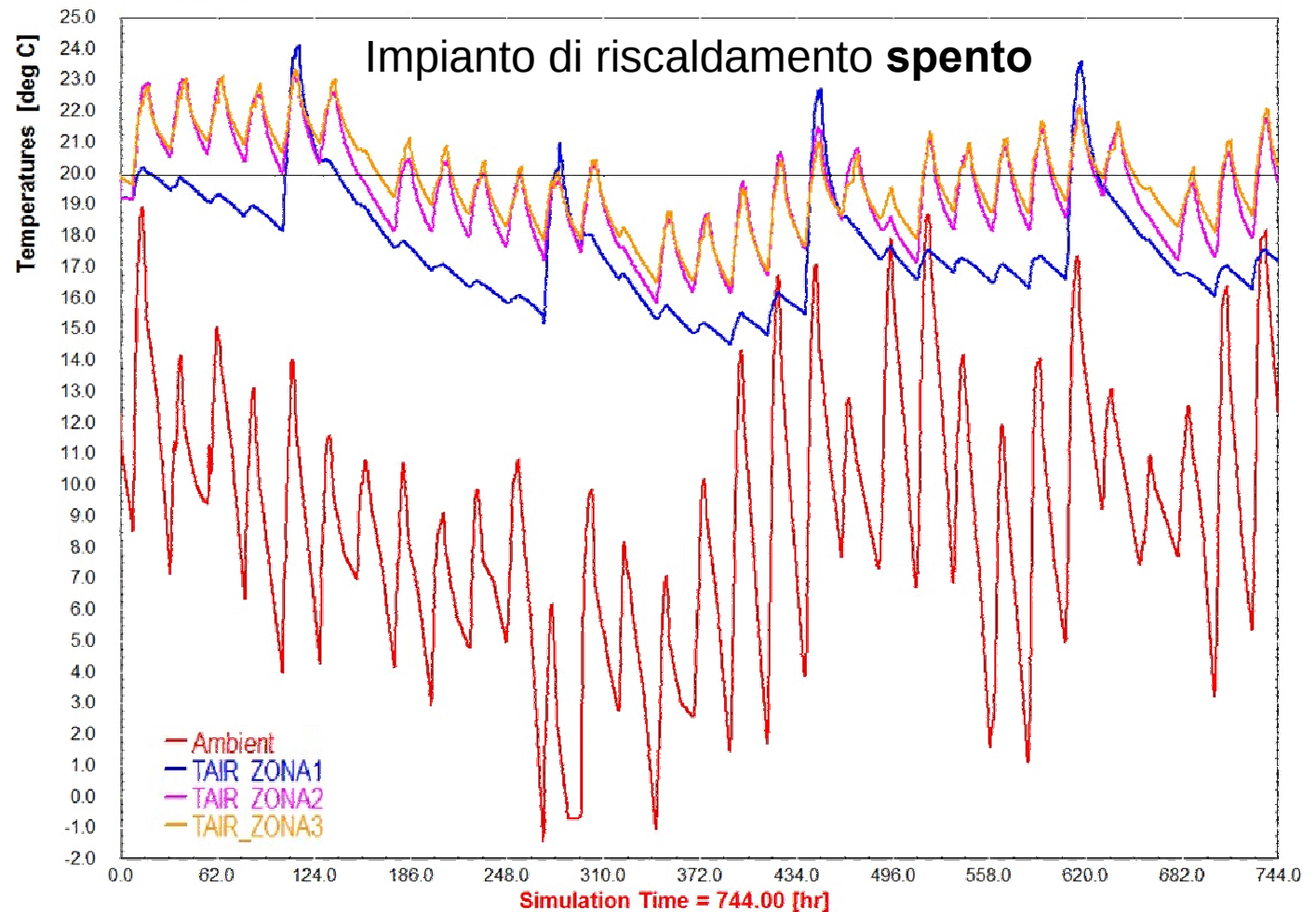
I serramenti (ottimizzazione con EnergyPlus)

Elemento	s [mm]/ Gas	U_g [W/m ² K]	U_f [W/m ² K]	τ_{vis} [-]	Fattore solare [-]	ε [-]	Schermo
Finestre Nord	6-13-6/ Krypton	1,72	3,48	0,75	0,61	0,05	copertura fissa
Finestre Est - Ovest	6-13-5/ Krypton	1,79		0,61	0,39	0,10	a geometria variabile
Finestre Sud (interne alla serra)	6-13-6/ Krypton	2,47		0,78	0,72	0,83	copertura porticato
Finestre Sud (abbaino)	6-13-5/ Krypton	1,79		0,61	0,39	0,10	a geometria variabile + aggetto orizzontale

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Simulazione dinamica delle prestazioni dell'involucro edilizio (TRNSYS)

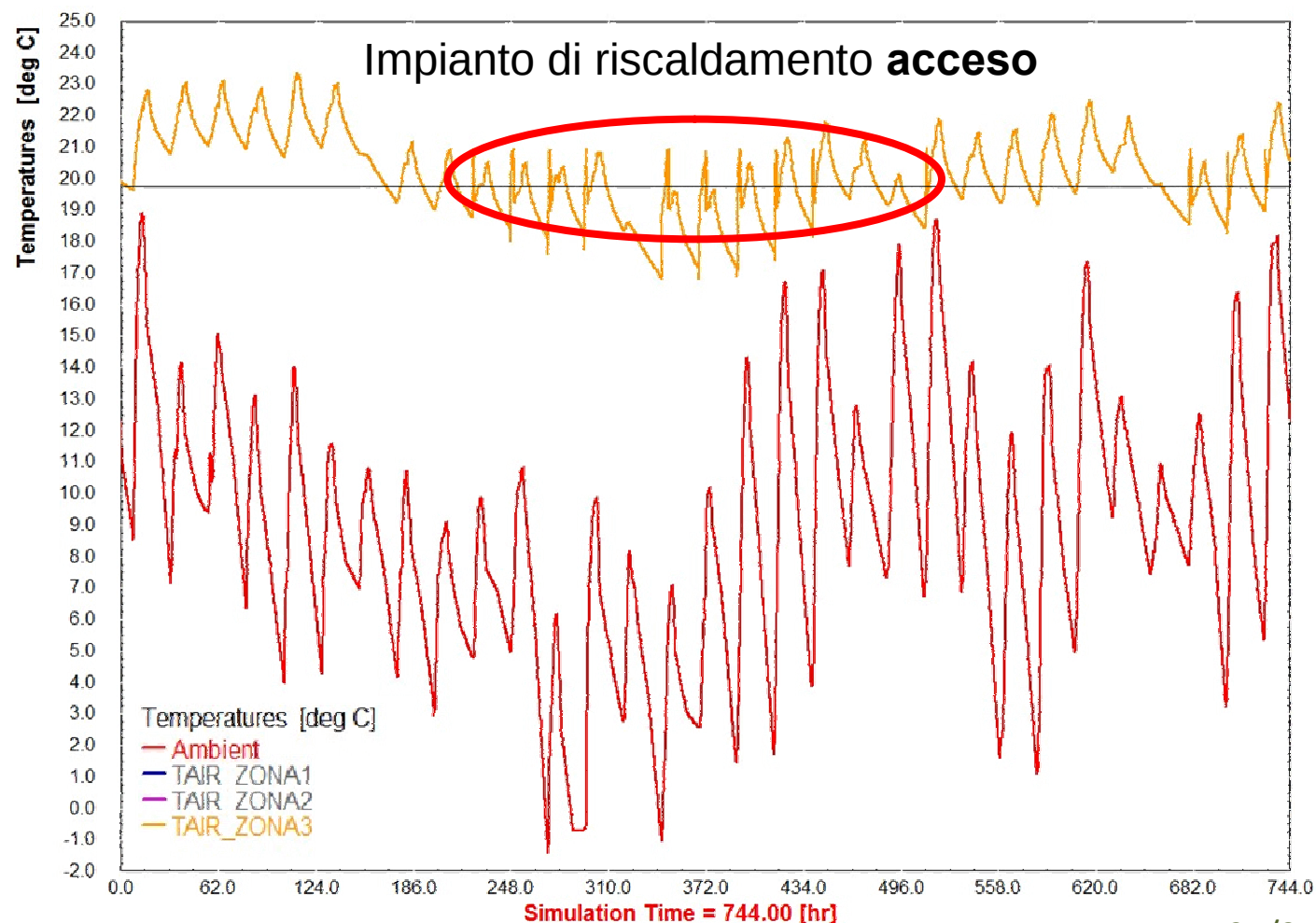
Fluttuazione libera oraria della temperatura nel mese di **Gennaio**: il solo involucro protegge dalle sollecitazioni climatiche esterne



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Simulazione dinamica delle prestazioni dell'involucro edilizio (TRNSYS)

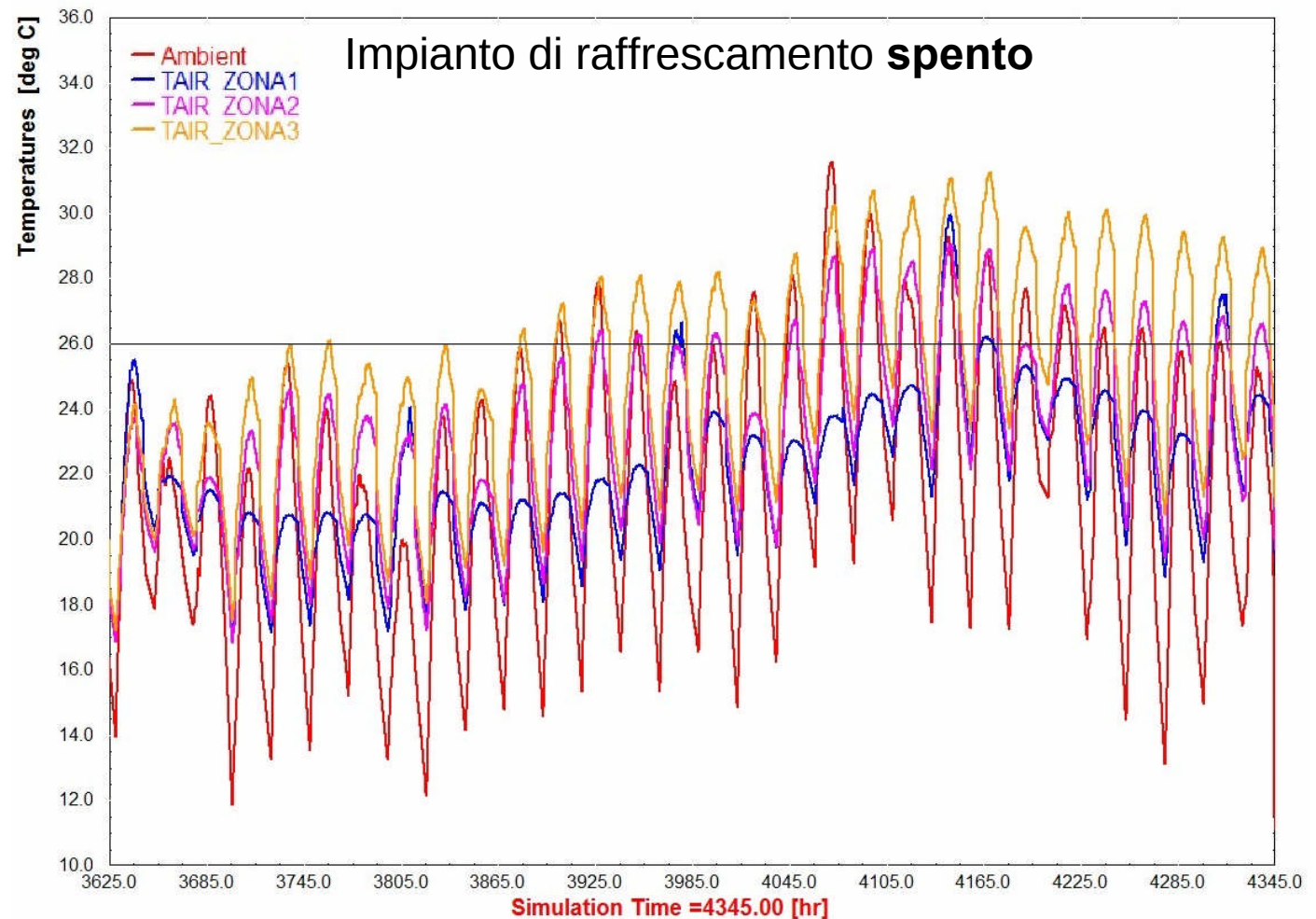
Andamento orario della temperatura nel mese di **Gennaio**:
l'utilizzo dell'impianto nella ZONA 3 (uffici) è limitato



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Simulazione dinamica delle prestazioni dell'involucro edilizio (TRNSYS)

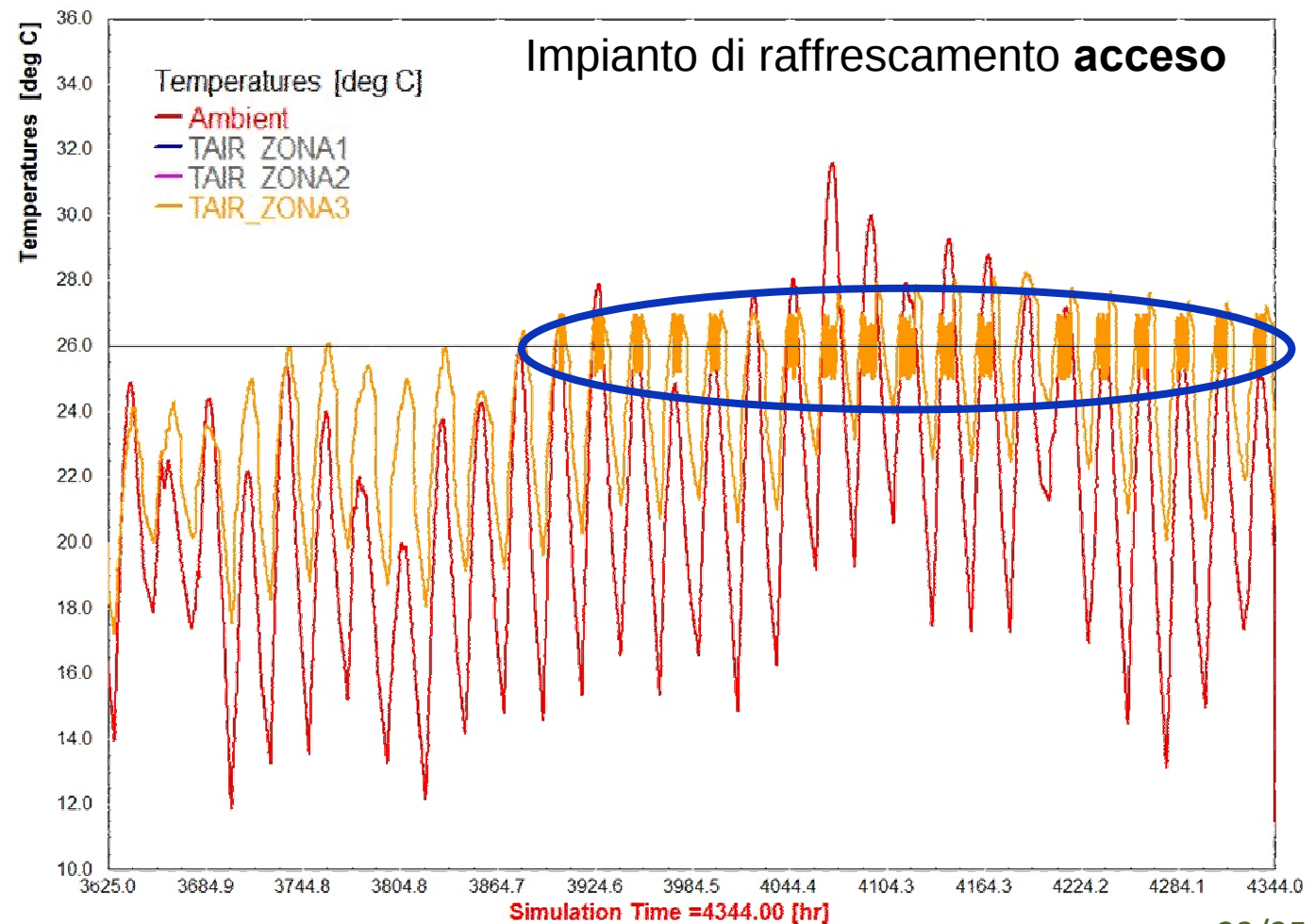
Fluttuazione libera oraria della temperatura nel mese di **Giugno**: l'involucro protegge dal clima esterno le zone dove i carichi endogeni sono limitati (ZONA 1 – spazio espositivo)



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Simulazione dinamica delle prestazioni dell'involucro edilizio (TRNSYS)

Andamento orario della temperatura nel mese di **Giugno**: l'utilizzo dell'impianto nella ZONA 3 (uffici) è significativo



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Prestazioni energetiche dell'involucro valutate attraverso TRNSYS:

Zone Termiche	Fabbisogno per raffrescamento [kWh/m ² anno]	Carico frigorifero di picco [W/m ²]	Fabbisogno per riscaldamento [kWh/m ² anno]	Carico termico di picco [W/m ²]
Uffici	16,0	37,4	0,42	18,5
Sala convegni	11,1	38,4	0,77	24,0
Hall - Sala esposizioni	4,1	73,5	0,20	28,0
Superficie netta climatizzata: 412 m ² ; volume lordo climatizzato: 1420 m ³ Riscaldamento: 15/11 - 31/3, dalle 8.00 alle 18.00 (tranne domenica), $t_{\text{set point}} = 20^{\circ}\text{C}$ Raffrescamento: 1/6 - 30/9, dalle 8.00 alle 18.00 (tranne domenica), $t_{\text{set point}} = 26^{\circ}\text{C}$				

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Impianti

Climatizzazione estiva ed invernale

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)

- **Uffici:**

Estate - Impianto Solar Cooling con 64 m² di collettori sottovuoto (oppure 35 m²) + **macchina frigorifera ad assorbimento** NaNO₃ / H₂O - LiBr. Eventuale integrazione con chiller elettrico ad alta efficienza energetica (oppure caldaia e accumulatore).

Inverno - Impianto Solar Heating. Eventuale integrazione con pompa di calore a compressione di vapore (PDC) ad alta efficienza (oppure caldaia).

- **Spazio espositivo e sala convegni:**

Chiller/pompa di calore elettrica ad alta efficienza energetica **supportata opzionalmente da energia solare e/o sonde geotermiche a sviluppo verticale.**

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Impianti

Produzione di elettricità

245 m² di **pannelli fotovoltaici monocristallini** con potenza di picco di circa 40 kWp

Recupero acque meteoriche

Accumulo interrato per irrigazione giardini e funzionamento servizi

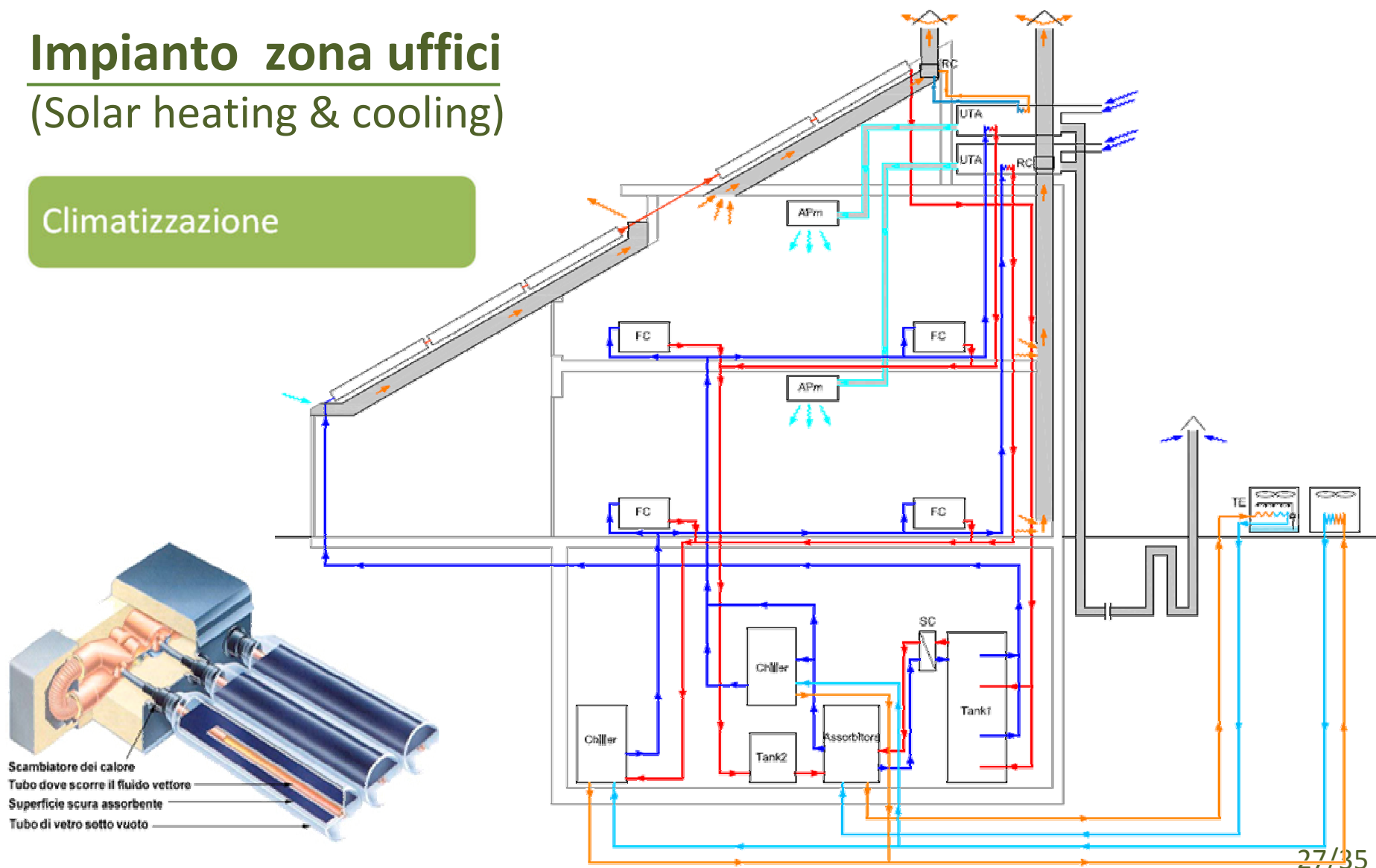
Illuminazione

Apparecchi a basso consumo energetico e sensore per rilevare la presenza delle persone

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Impianto zona uffici (Solar heating & cooling)

Climatizzazione



Edificio a basso consumo energetico a Napoli

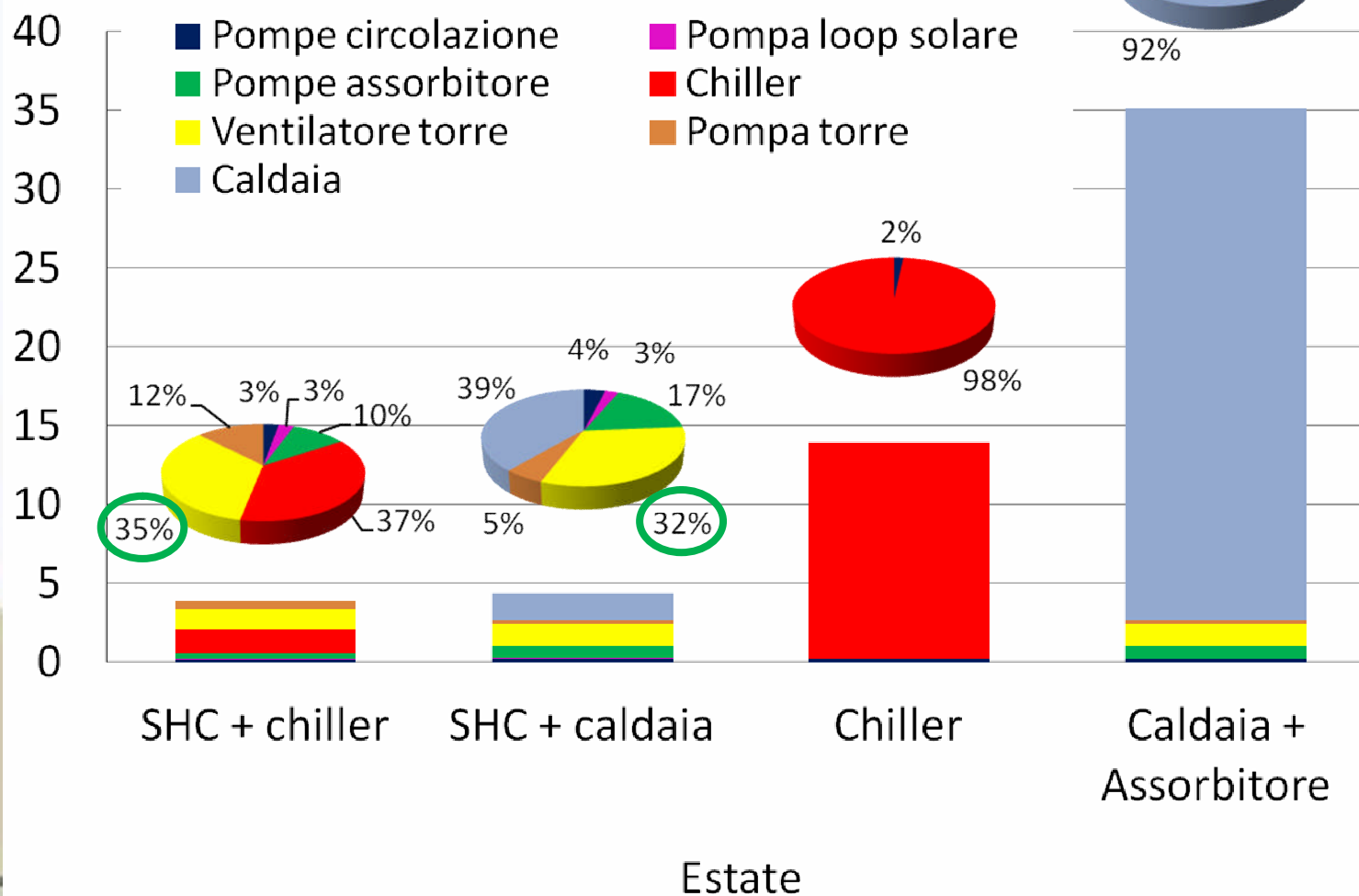
Impianto (Solar cooling)

Configurazione		Ep' [kwh/m ²]	Risparmio [%]
		estate	estate
Tradizionale: Chiller/PDC		14,0	-
SHC + Chiller/PDC	Campo solare: 64 m ²	4,0	71,7
SHC + Caldaia		4,4	68,3
SHC + Chiller/PDC	Campo solare: 35 m ²	4,6	67,0
SHC + Caldaia		9,4	32,7
Tradizionale: Caldaia + Assorbitore		35,2	-
SHC + Chiller/PDC	Campo solare: 64 m ²		88,8
SHC + Caldaia			87,4
SHC + Chiller/PDC	Campo solare: 35 m ²		86,9
SHC + Caldaia			73,3

Impianto (Solar cooling)

Campo solare: 64 m²

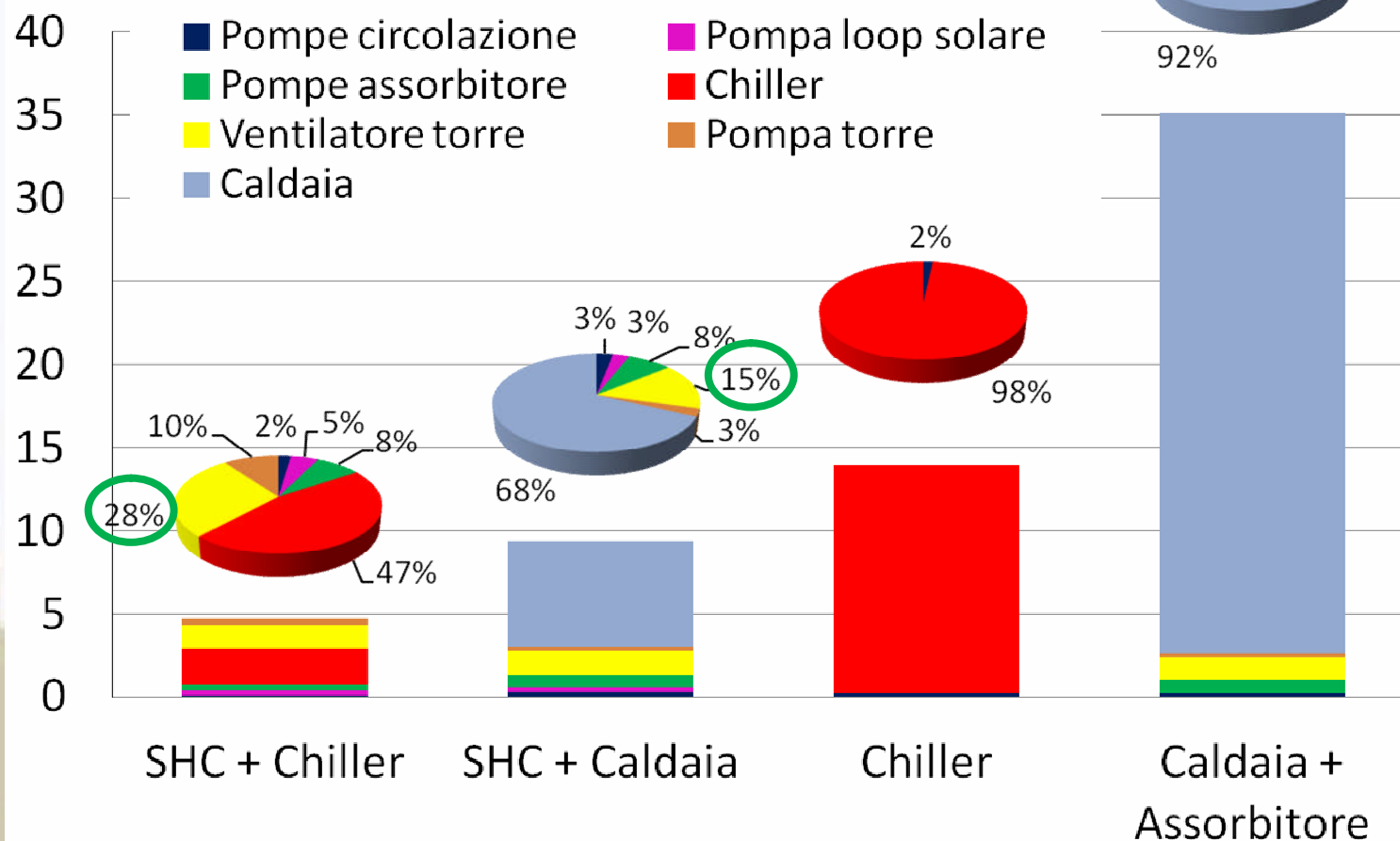
Energia primaria [kWh/m²a]



Impianto (Solar cooling)

Campo solare: 35 m²

Energia primaria [kWh/m²a]

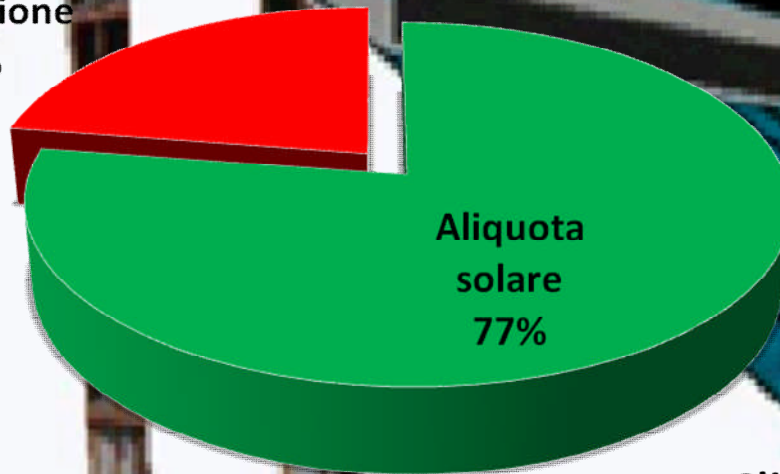


Estate

Impianto (Solar heating & cooling - SHC)

Climatizzazione estiva - Integrazione con chiller

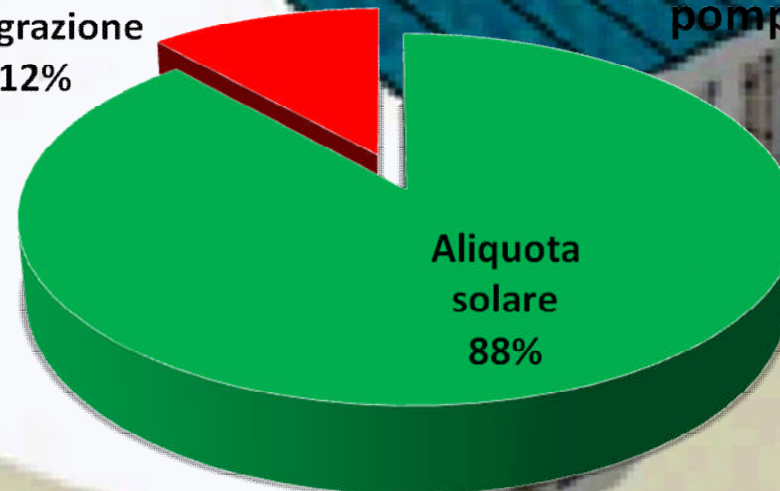
Integrazione
23%



Campo solare: 64 m²

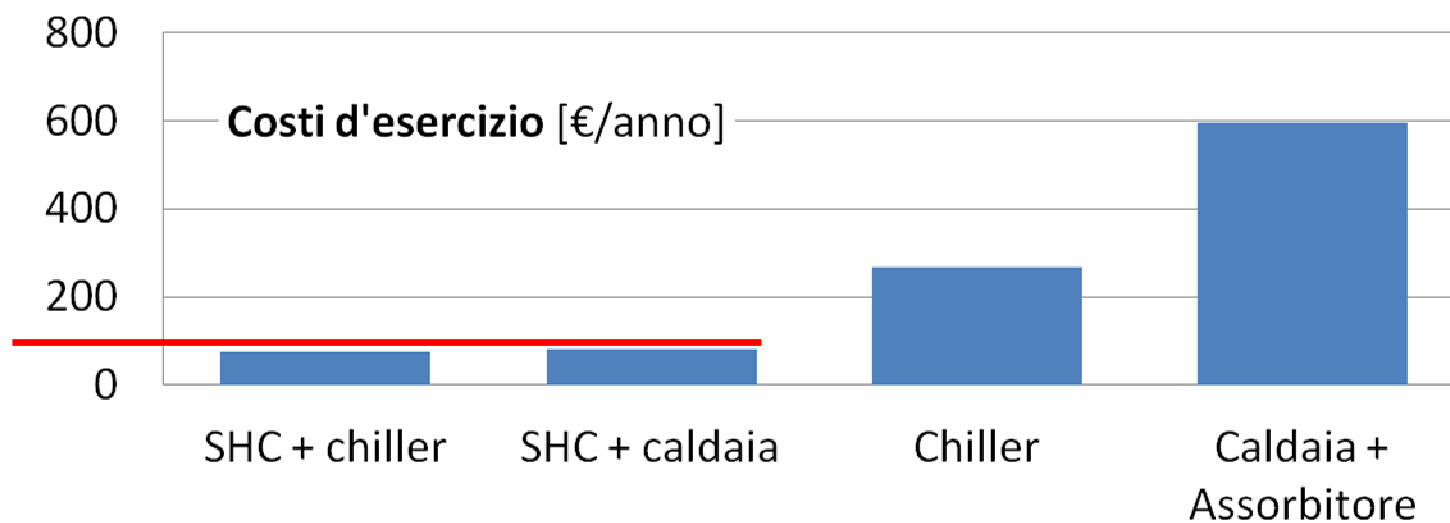
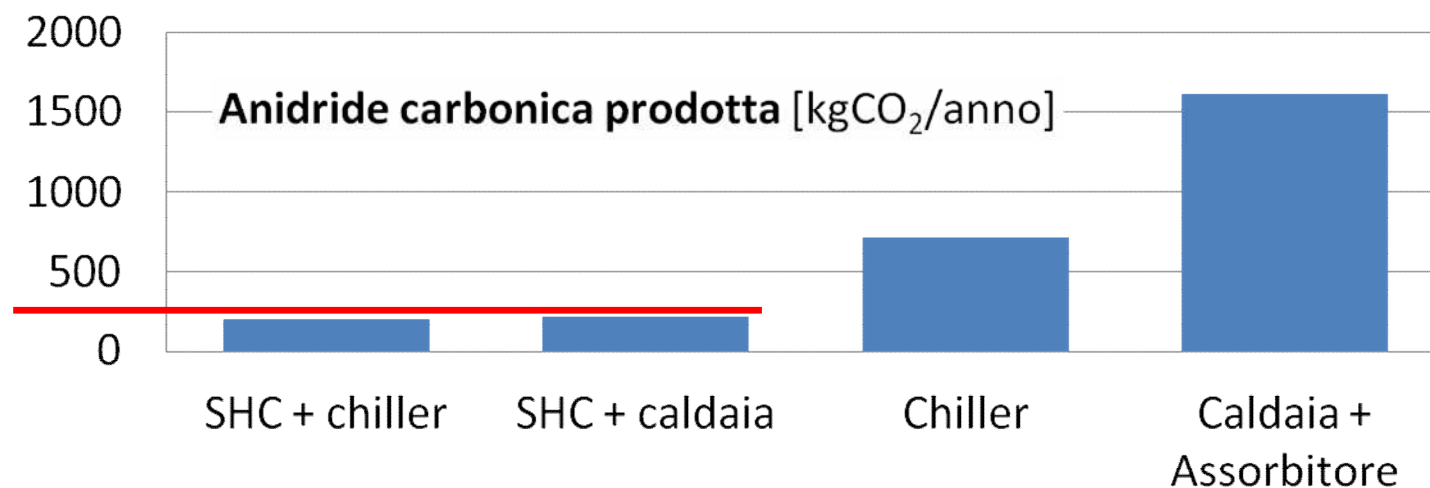
Climatizzazione invernale - Integrazione con pompa di calore

Integrazione
12%



Impianto (Solar cooling)

Campo solare: 64 m²



Estate

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Costi economici iniziali...

Elemento tecnologico	€ / (m ³ /h)	€ / m ²	€ / 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)				3,5 ÷ 4	
Impianto Solar Heating and Cooling				2 (H ₂ O-LiBr) ÷ 4	
Chiller/pompa di calore efficiente				0,25 ÷ 0,4	
Ventilatore con tecnologia brushless					0,8 ÷ 1

Edifici a basso consumo energetico nel mondo

Tecnologie a basso consumo per il raffrescamento (fonte: IEA T40/A52)		Località	Isolamento	Ombreggiamento	Ventilazione naturale	Scambiatore aria-terreno	Ventilazione notturna	Tetto verde	Camini di ventilazione	Evaporating cooling
Clima temperato	Lajon	Lajon Ried (Italia)								
	Pixel	Melbourne								
	Solon SE headquarters	Berlino								
	Solvis	Braunschweig (Germania)								
	Solar XXI	Lisbona								
	Acciona	Sarriguren (Spagna)								
	RSF	Golden (Colorado)								
	L.E.N. Napoli	Napoli								
Clima caldo (prevalentemente)	Enerpos	Saint-Pierre (France)								
Clima freddo (prevalentemente)	Benasque	Benasque (Spagna)								
	Oberlin	Oberlin (Ohio)								

Edificio a basso consumo energetico a Napoli

Conclusioni

- **Prestazioni ed ottimizzazioni energetiche del sistema edificio-impianto valutate attraverso EnergyPlus e TRNSYS (forma, orientamento, componenti edilizi, strategie di ventilazione, impianti, etc.)**
- **Fabbisogni energetici invernali quasi nulli (il sistema in inverno praticamente è più che autosufficiente)**
- **Fabbisogni energetici estivi molto contenuti nonostante la destinazione d'uso dell'edificio (elevati carichi endogeni)**
- **Impatto ambientale e costi d'esercizio bassissimi**



Grazie per l'attenzione

Prof. Adolfo Palombo
adolfo.palombo@unina.it