



Università degli studi di Roma Tor Vergata

Facoltà di Ingegneria

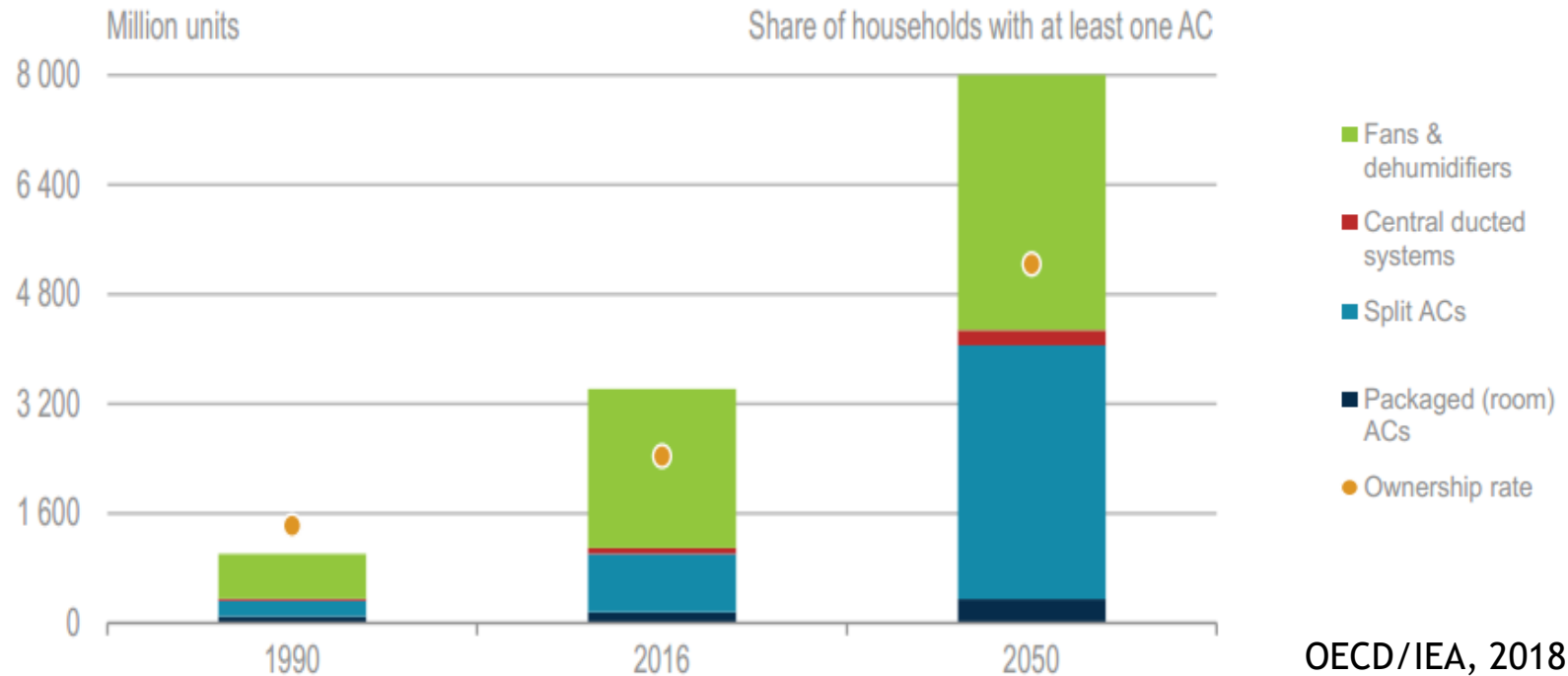
Dipartimento di Ingegneria Industriale



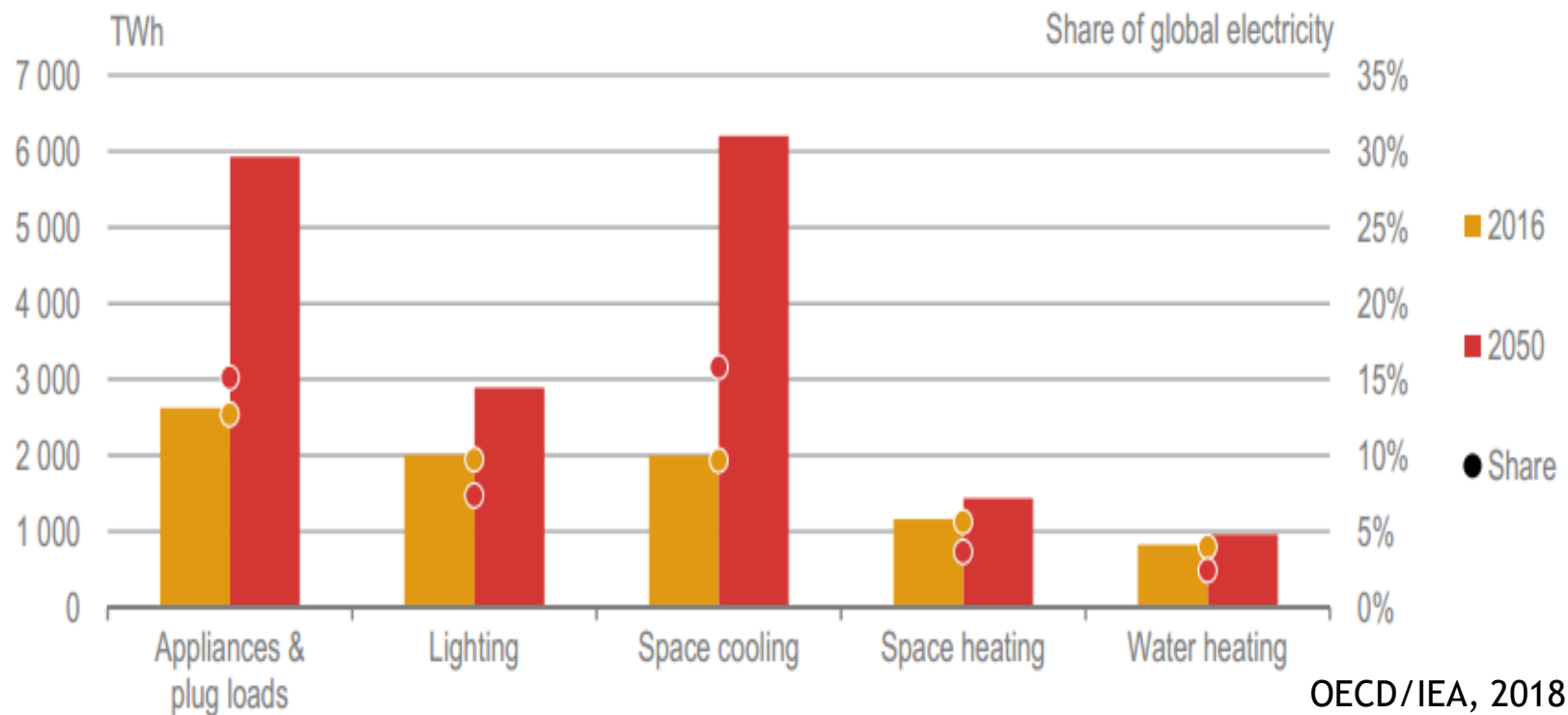
Studio sull'integrazione di sistemi di accumulo a cambiamento di fase in impianti «solar cooling»

Relatore
Prof. Michele Manno

Candidata
Francesca Porziani



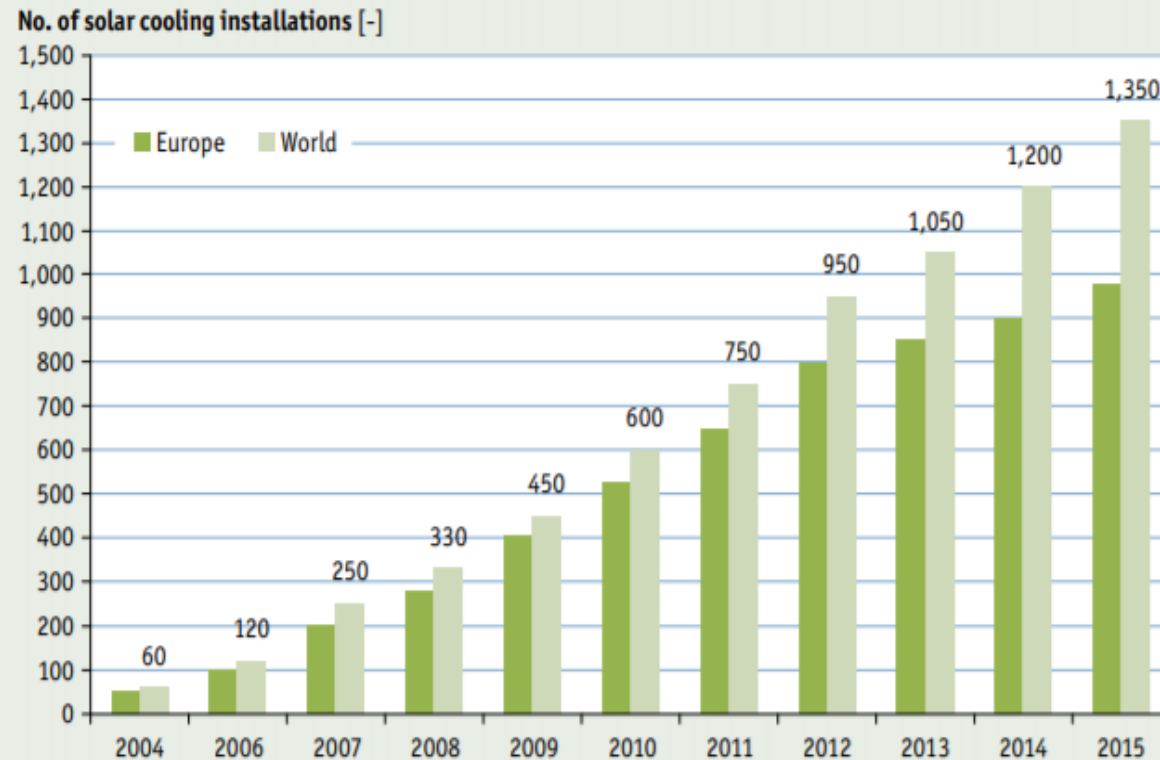
**L'AGENZIA INTERNAZIONALE DELL'ENERGIA PREVEDE
UN AUMENTO DA 3,4 MILIONI DI INSTALLAZIONI DEL 2016 A 8 MILIONI
PREVISTI NEL 2050**



**NEL 2050 IL CONDIZIONAMENTO DI AMBIENTI RISULTA SUPERARE
QUALSIASI ALTRO TIPO DI APPLICAZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
DOMESTICA**

Il Solar Cooling

sfrutta la radiazione solare per la produzione di freddo

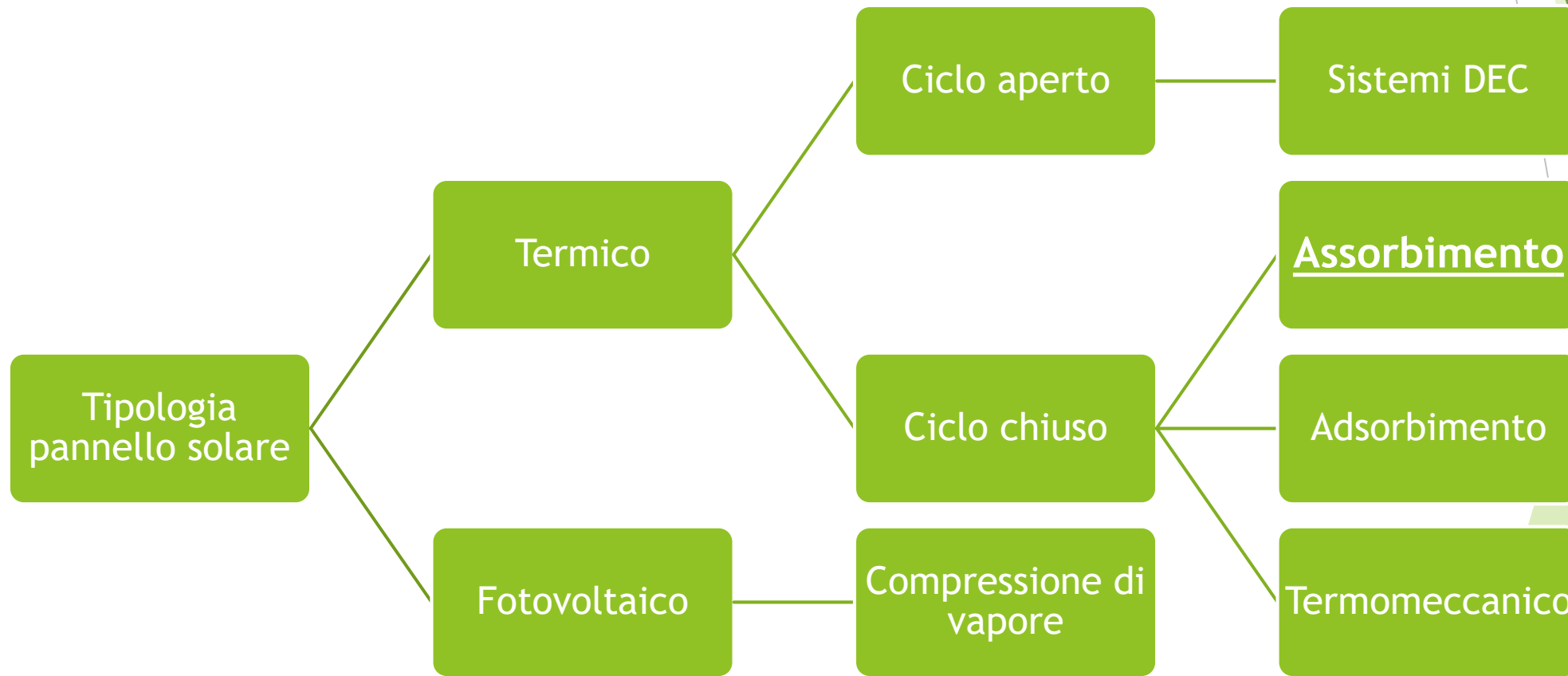


IEA, 2017



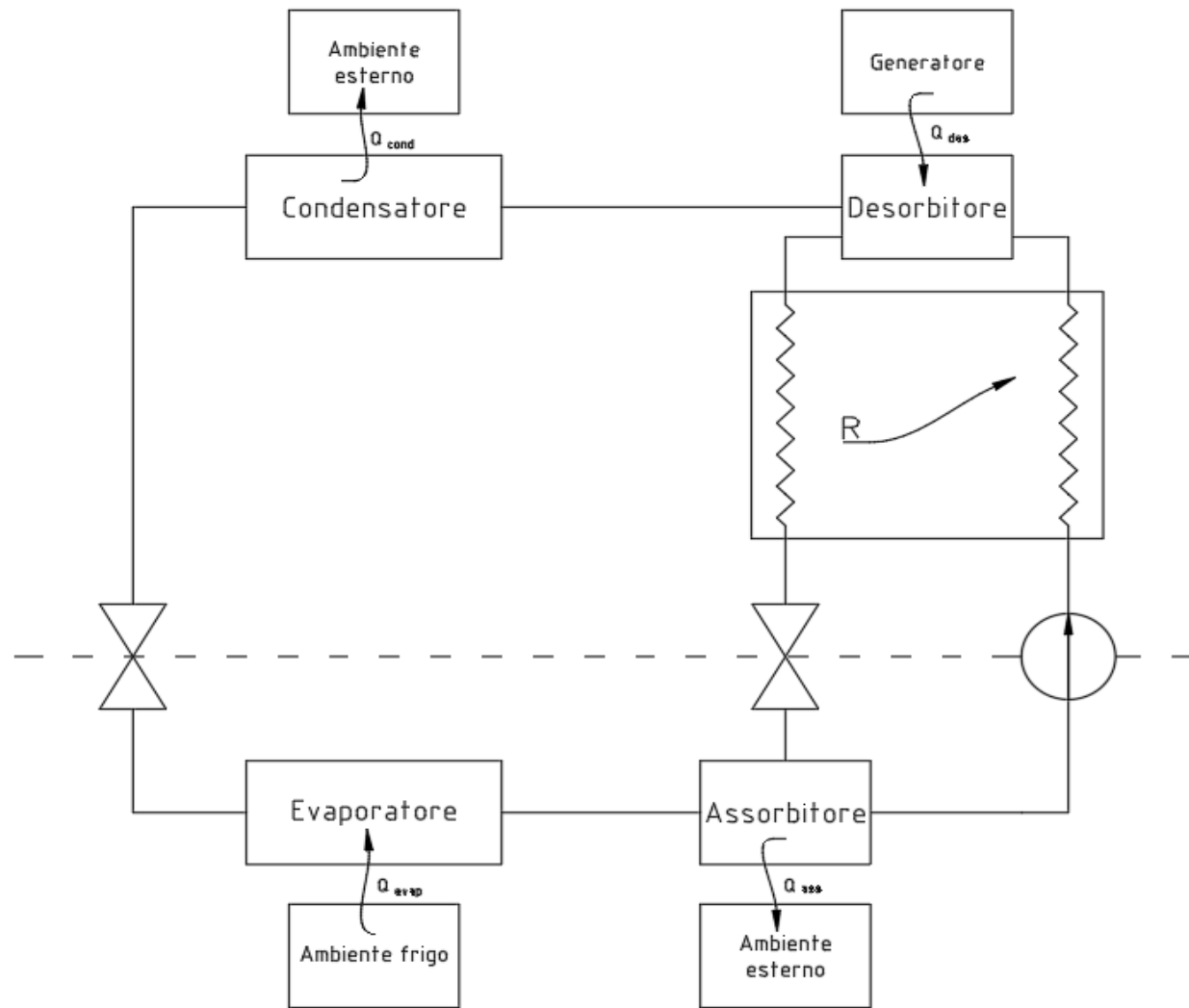
- ▶ Riduzione CO₂
- ▶ Aumento dei prezzi dell'energia proveniente da fonti fossili
- ▶ Massima potenza frigorifera coincide con massima domanda di raffrescamento
- ▶ Bassi consumi per la ventilazione
- ▶ Uso di refrigeranti naturali → in linea con Regolamentazione n.517/2014 del Parlamento Europeo e del Consiglio sui gas fluorurati a effetto serra
- ▶ Incentivi → Conto Termico 2.0

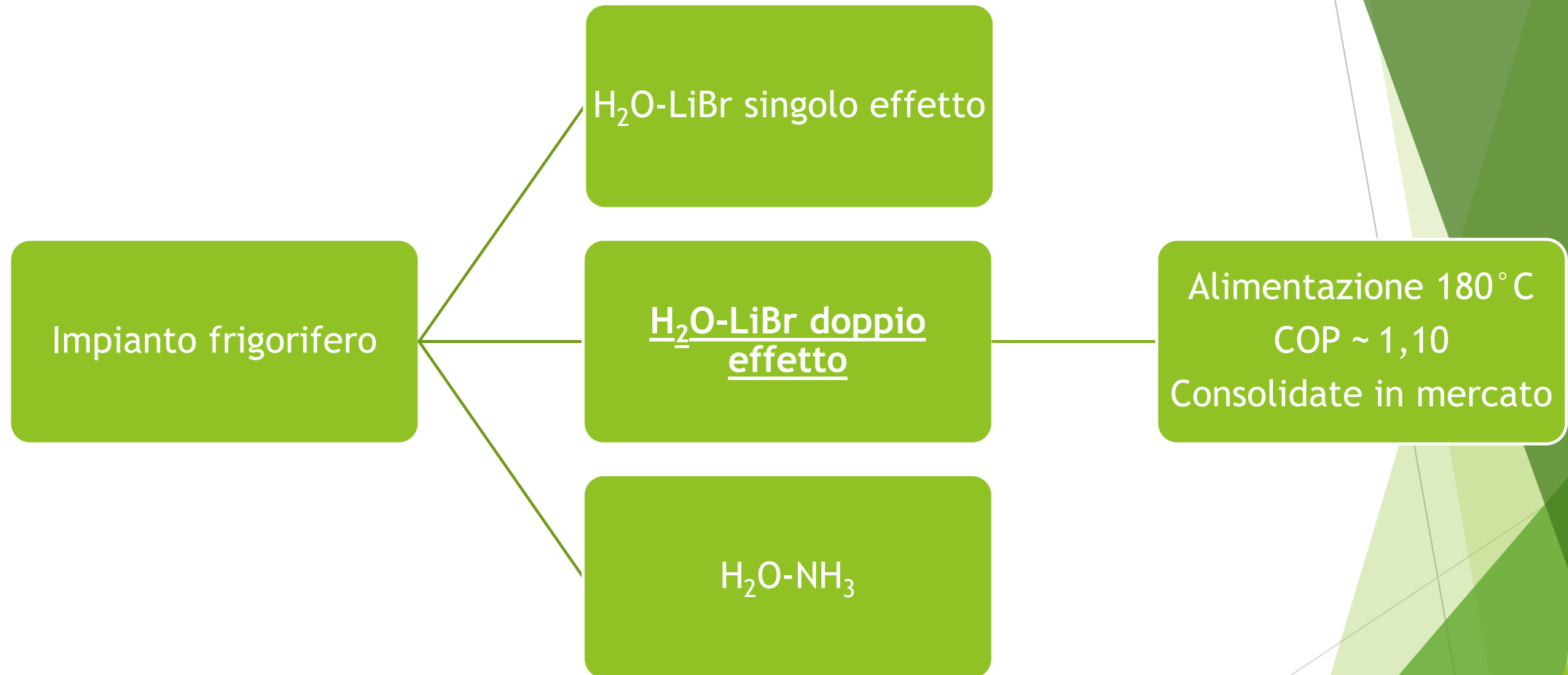
L'impianto solar cooling



L'assorbimento

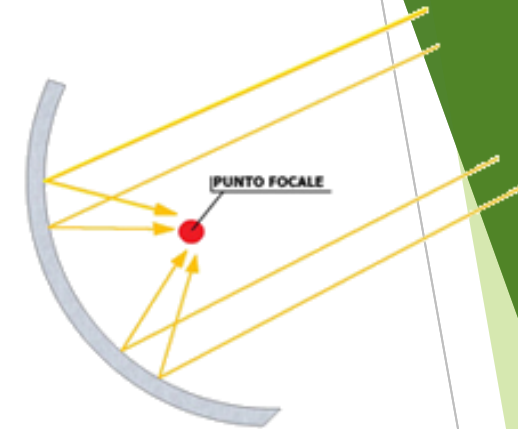
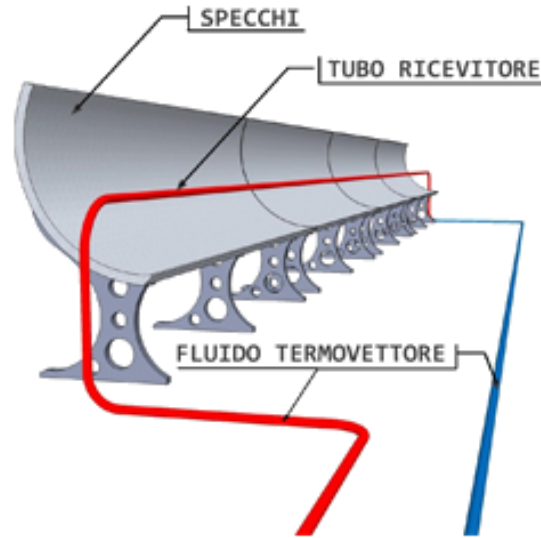
- ▶ È il fenomeno per cui si ha il trasferimento di una specie chimica (ovvero uno scambio di materia) attraverso l'interfaccia di separazione tra due fasi.
- ▶ Nell'industria si intende un'operazione unitaria consistente nel trasferire uno o più componenti di una miscela gassosa dalla loro fase di gas verso una fase liquida.
- ▶ È una trasformazione esotermica
- ▶ Viene eseguito industrialmente all'interno di organi chiamati colonne/torri di assorbimento





Collettori parabolici lineari

- ▶ Temperature fino a 400 °C
- ▶ Ingombro limitato
- ▶ Convertono radiazione solare in energia termica, mediante processi di concentrazione ottica



L'accumulo di calore

Previene la perdita di energia termica accumulandone l'eccesso qualora fosse presente

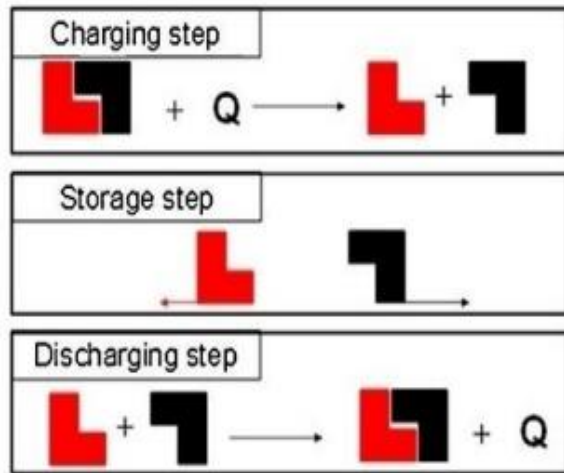
Consente di disaccoppiare la produzione di raffrescamento dalla radiazione solare

Si sceglie l'installazione dell'accumulo lato caldo perché:

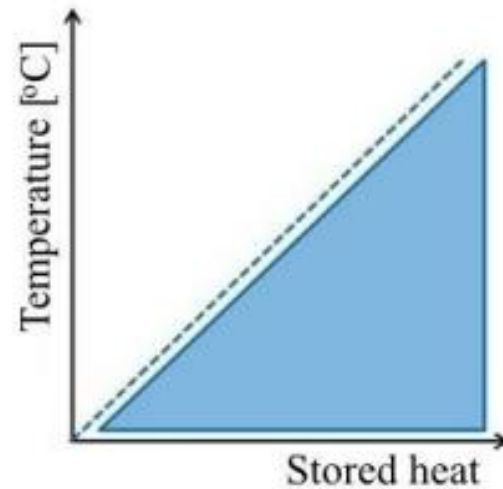
- ▶ Consente l'alimentazione diretta della macchina frigorifera
- ▶ Per la progettazione residenziale può essere utilizzato come fonte di calore anche per il riscaldamento invernale

Classificazione per metodologia di accumulo termico

Accumulo termochimico

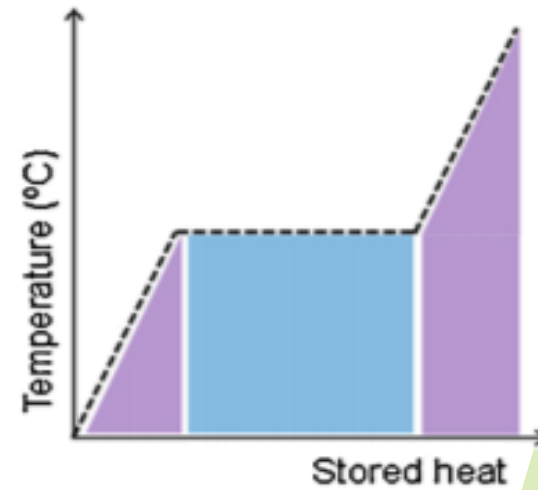


Accumulo sensibile



$$Q = mc_p \Delta T$$

Accumulo latente

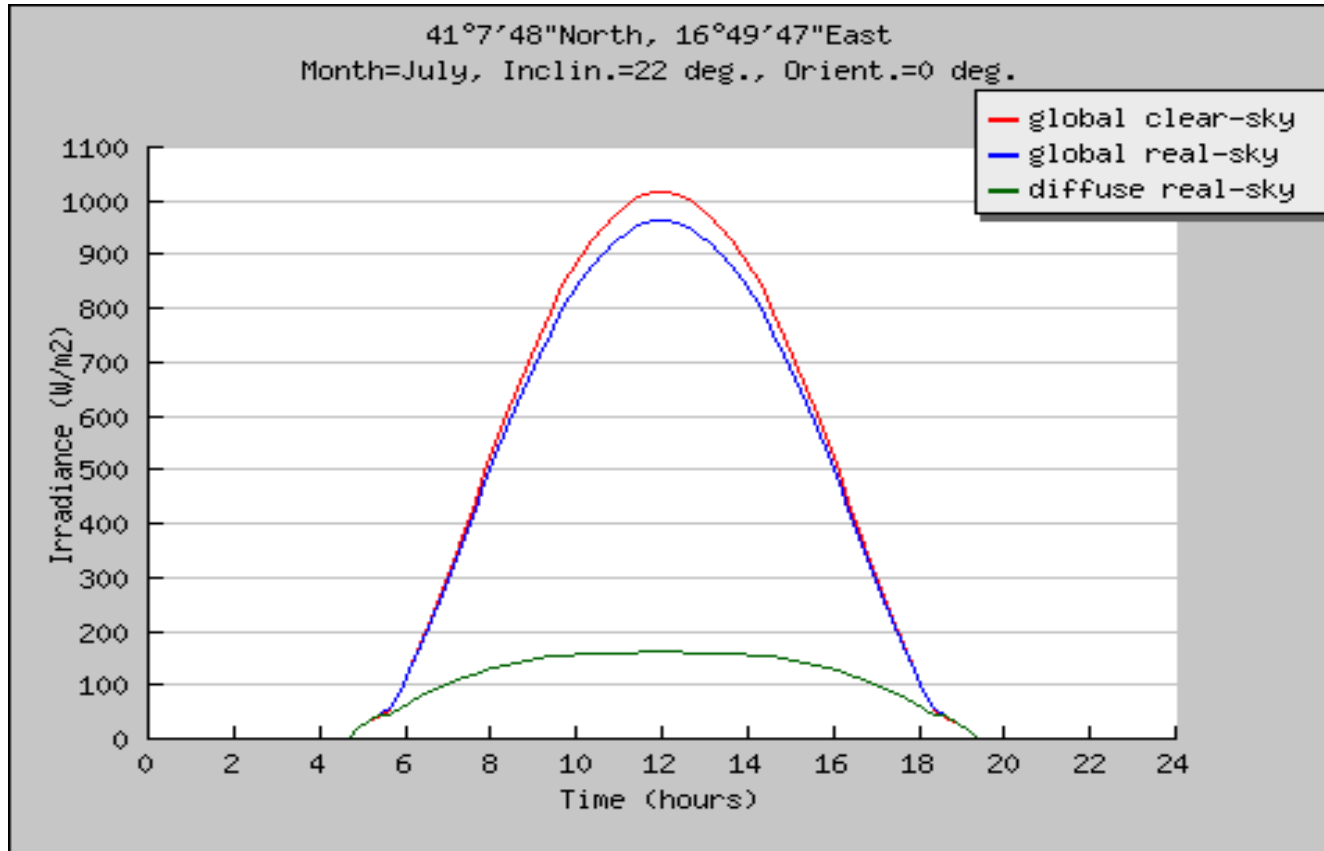


$$Q = m L$$

Materiali a cambiamento di fase
PCM ¹²

CASO STUDIO

- ▶ Bari
- ▶ 4 appartamenti da 125 m²
- ▶ Temperatura interna richiesta 25° C
- ▶ ISO 52016
- ▶ Assorbitore Broad H₂O-LiBr a doppio effetto 23 kW

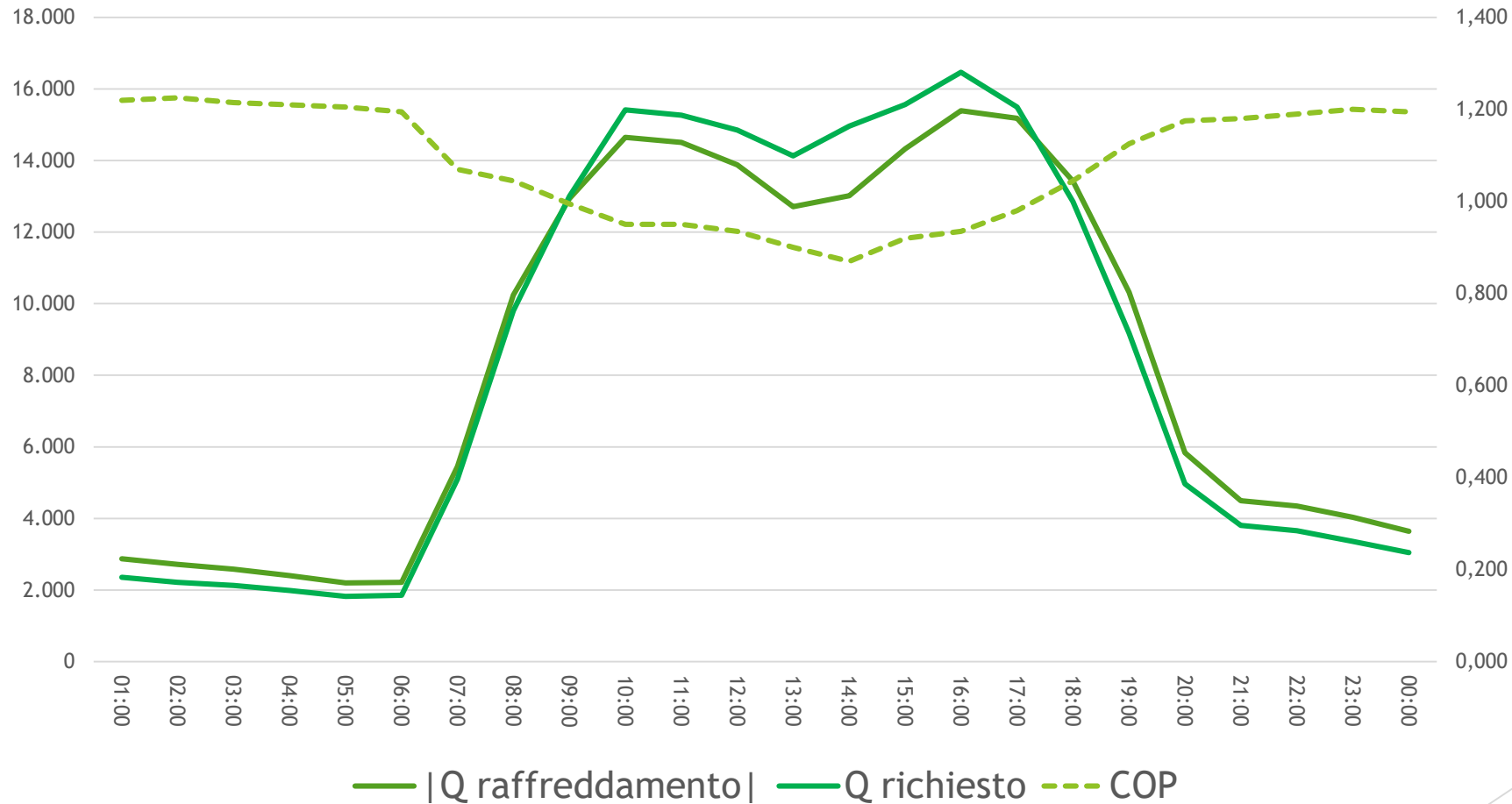


pvgis

$$e_{solare} = \int_{day} \eta G d\tau \left[\frac{Wh}{m^2} \right]$$

Dimensionamento del campo solare

$$Q_{richiesto} = \frac{Q_{raffreddamento}}{COP}$$



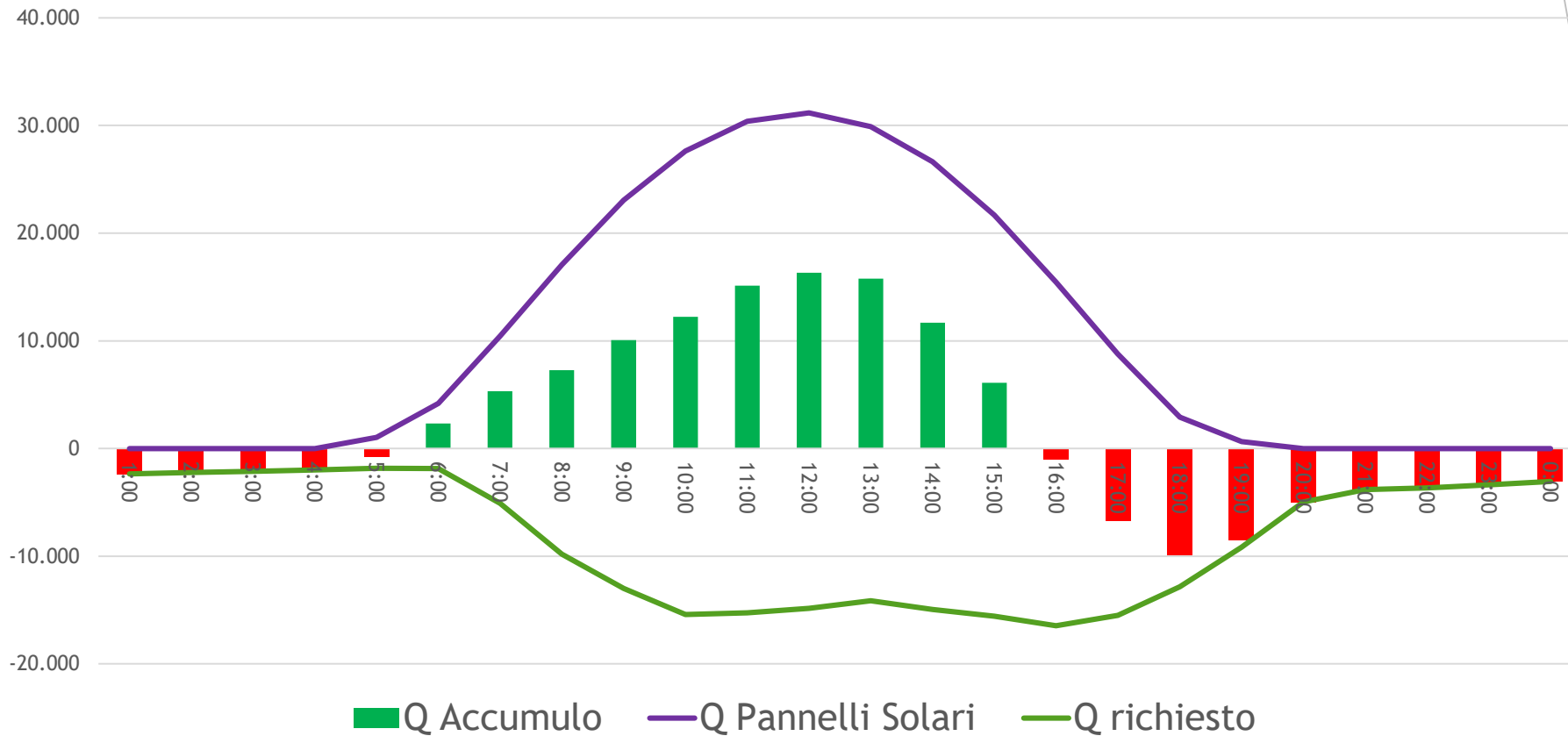
$$E_{richiesta} = \int_{day} Q_{richiesto} d\tau \text{ [Wh]}$$

$$A_{utile} = \frac{E_{richiesta}}{e_{solare}} = 44 \text{ m}^2$$



$$A_{collettore} = 54 \text{ m}^2 \Rightarrow Q_{pannelli\ solari} = e_{solare} A_{collettore}$$

Dimensionamento del sistema di accumulo



$$E_{scarica} = \int_{Scarica} Q_{accumulo} d\tau \cong 55 \text{ [kWh]}$$

<i>Latente</i>	Nome	$T_{fusione}$	Densità	Calore latente	Capacità termica volumetrica		Calore specifico s.s.	Volume	Variazione vs acqua
		[°C]	[kg/m3]	[kJ/kg]	[MJ/m3]	[kWh/m3]	[kJ/kg K]	[m3]	
	<i>Litio</i>	181	512	432,2	226	62,8	3,6	0,88	-74%
	<i>Hydroquinone</i>	172	1358	258	351	97,5	n.a.	0,56	-83%
	<i>Galattitolo</i>	185	1470	351,8	517,1	143,6	n.a.	0,38	-89%
	<i>p-Aminobenzoic Acid</i>	187	1347	153	206,1	57,3	1,36	0,96	-71%
	<i>H190</i>	191	2300	170	391	108,6	1,51	0,51	-85%
<i>Sensibile</i>		T_{funz}		ΔT			Calore specifico s.l.		
		[°C]		[°C]			[kJ/kg K]		
	<i>Calorie HT43</i>	12-260	867	15		7,9	2,2	6,92	+105%
	<i>Acqua pressurizzata</i>	160-185	883,46	15		16,34	4,439	3,4	0%

Confronto dei risultati

- ▶ Serra transgenica del centro ENEA Casaccia
- ▶ Analisi di sistemi di accumulo a cambiamento di fase nel solar cooling, ENEA
- ▶ Analisi di sistemi di accumulo per il solar cooling, Università di Padova

Sviluppi

- ▶ Accumulo freddo
- ▶ Applicazione di pannelli solari fotovoltaici per generazione di elettricità

Conclusioni

Scelta PCM

Pro

- ▶ Diminuzione volume accumulo
- ▶ Funzionamento a temperatura costante
- ▶ Costi contenuti rispetto alle alternative a calore sensibile

Contro

- ▶ Scarsa conducibilità termica →

- ▶ Aggiunta elementi ad elevata conducibilità
- ▶ Incapsulazione
- ▶ Adozione di particolari scambiatori

Conclusioni

Solar cooling

Pro

- ▶ Riduzione dei costi operativi
- ▶ Riduzione del picco di energia elettrica
- ▶ Perfetta sovrapposizione di domanda e produzione di freddo

—————▶ riduzione di CO₂

Contro

- ▶ Intermittenza della fonte solare
- ▶ Pay back period attorno ai 20-25 anni

—————▶ ▶ Accumulo di calore latente

{ ▶ Diminuzione del costo dei pannelli solari termici

▶ Incentivi

Grazie per l'attenzione