

FONDAMENTI DI ENERGETICA

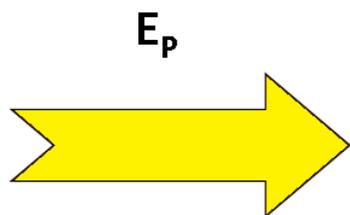
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE**
5° modulo
Fondamenti di energia

- TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE DI ENERGIA;
- BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA - PARAMETRI ED INDICI DI CONFRONTO FRA TECNOLOGIE;
- TECNOLOGIE ENERGETICHE;
 - A.Riscaldamento e calore di processo;
 - B.Condizionamento estivo;
 - C.Refrigerazione industriale;
 - D.Cogenerazione e tri-generazione;
 - E.Generazione elettrica;
 - F.Motori elettrici. Illuminazione. Aria compressa. Sistemi di regolazione e controllo.

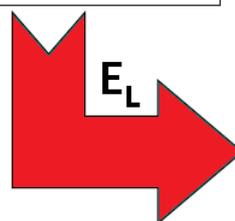
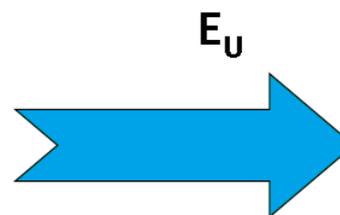
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

**L'ENERGIA È IL PRINCIPIO POSTO ALLA BASE DI OGNI SISTEMA,
CHE NE CAUSA E NE CONSENTE L'EVOLUZIONE.**

Energia PRIMARIA



Energia FINALE (UTILE)



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

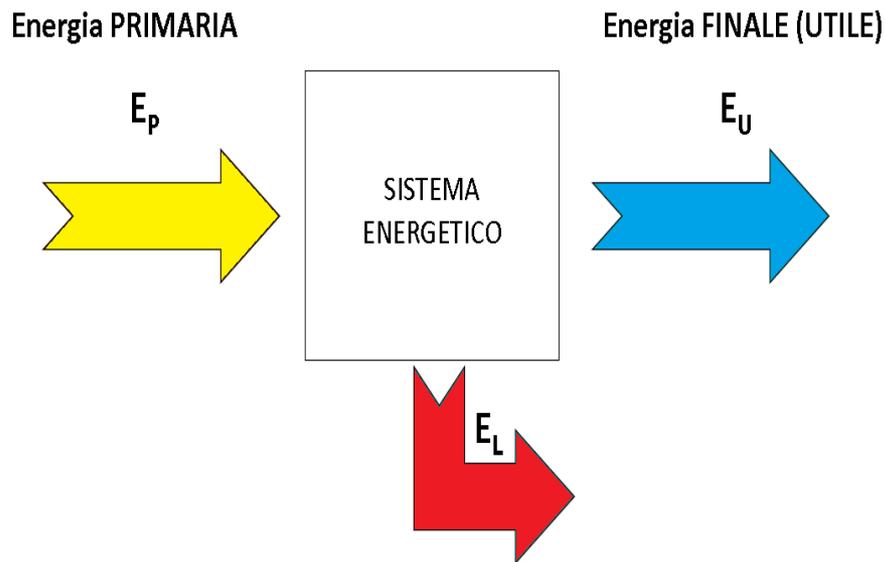
FRA LE TRE COMPONENTI ESISTONO DELLE CORRELAZIONI:

$$E_P = E_U + E_L$$

$$E_U = E_P - E_L$$

$$\eta_{conv} = \frac{E_U}{E_P}$$

$$E_L = E_P \cdot (1 - \eta_{conv})$$



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

ESISTONO MOLTI TIPI DI ENERGIA PRIMARIA :

1. NUCLEARE;
2. CHIMICA;
3. RADIANTE;
4. ELETTRICA;
5. MECCANICA;
6. TERMICA;

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CHE CONVERTIAMO IN ENERGIA UTILE:

1. CHIMICA;
2. RADIANTE;
3. ELETTRICA;
4. MECCANICA;
5. TERMICA;

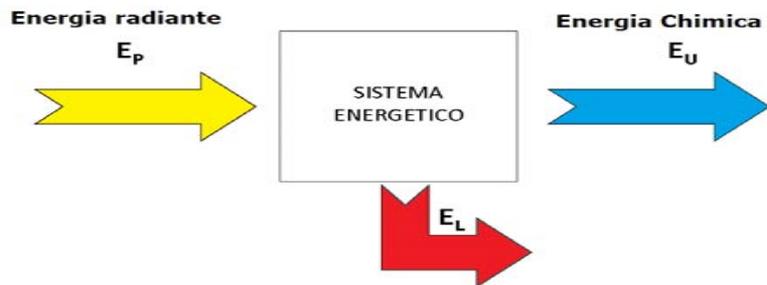
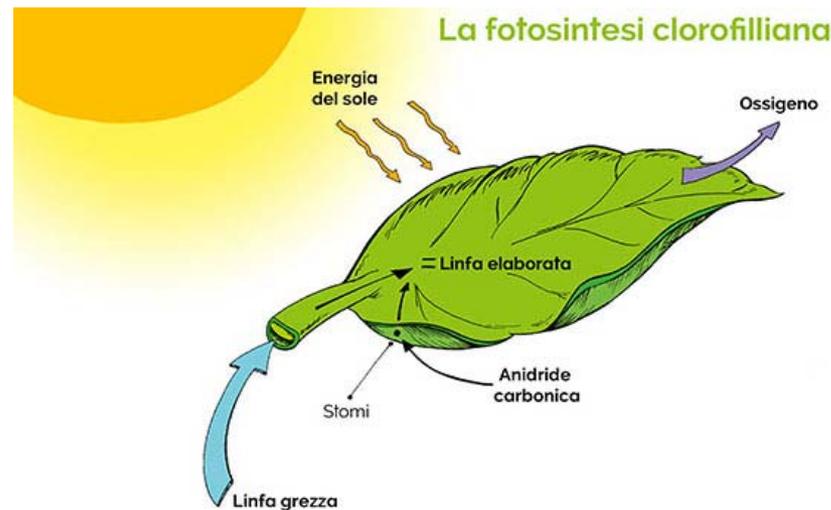
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

Energia primaria	Energia convertita				
	chimica	radiante	elettrica	meccanica	termica
nucleare					Reattori nucleari
chimica			Fuel cells, batterie		Caldaie, Combustori
radiante	Fotosintesi		Celle fotovoltaiche		Collettori solari
elettrica	Elettrolisi	Lampade		Motori elettrici	Pompe di calore
meccanica			Alternatori	Turbine	
termica				Motori termodinamici	Scambiatori di calore

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

Qualche esempio: FOGLIE (1-2%)

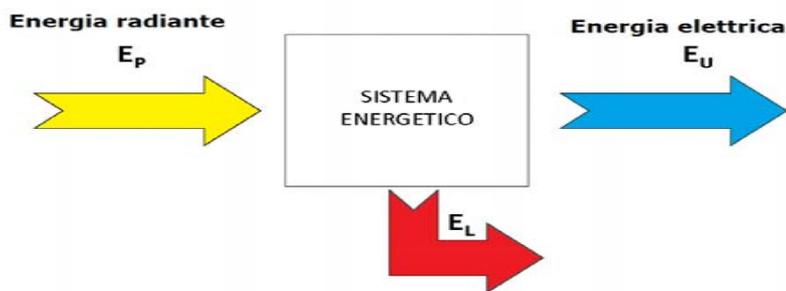
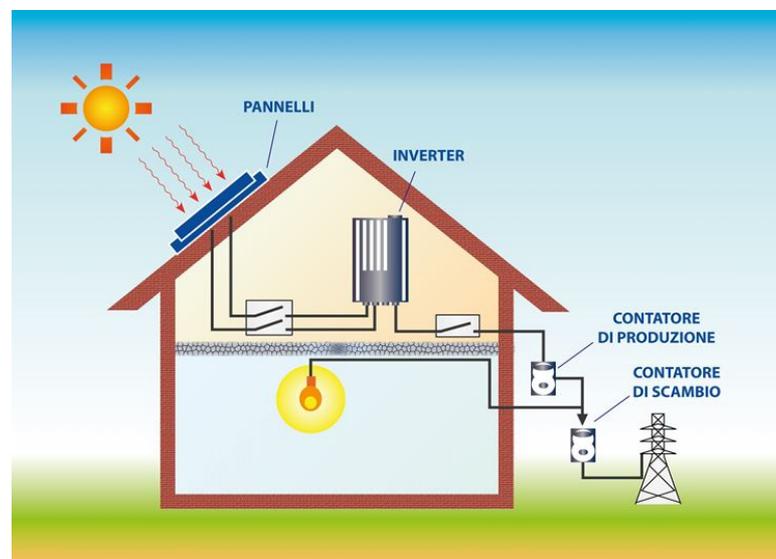
Energia primaria	Energia convertita				
	chimica	radiante	elettrica	meccanica	termica
nucleare					Reattori nucleari
chimica			Fuel cells, batterie		Caldaje, Combustori
radiante	Fotosintesi		Celle fotovoltaiche		Collettori solari
elettrica	Elettrolisi	Lampade		Motori elettrici	Pompe di calore
meccanica			Alternatori	Turbine	
termica				Motori termodinamici	Scambiatori di calore



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

Qualche esempio: PANNELLI FOTOVOLTAICI (16-20%)

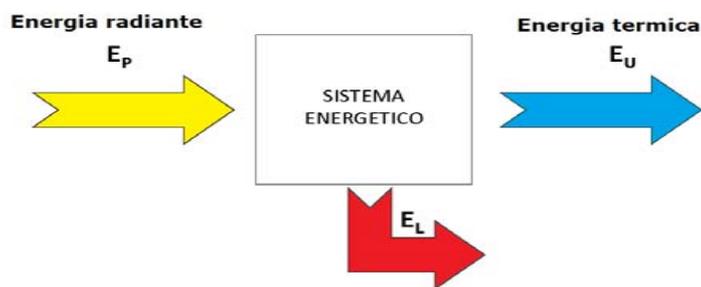
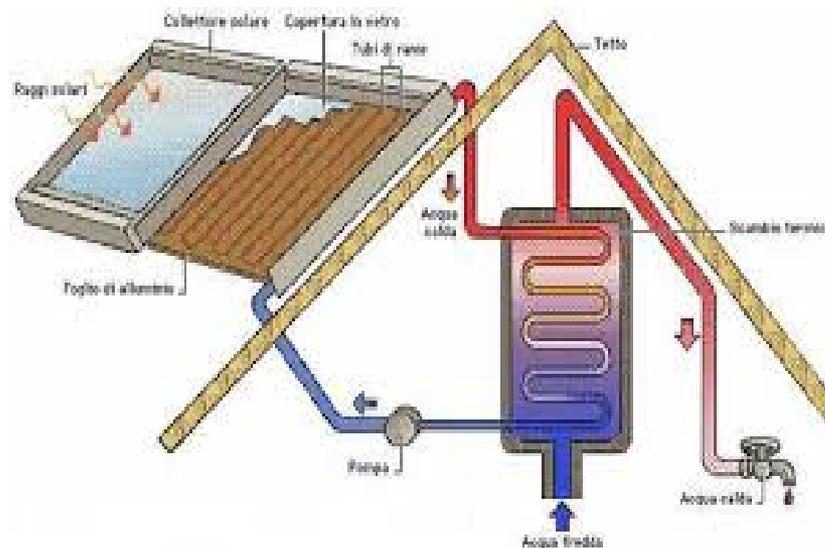
Energia primaria	Energia convertita				
	chimica	radiante	elettrica	meccanica	termica
nucleare					Reattori nucleari
chimica			Fuel cells, batterie		Caldaje, Combustori
radiante	Fotosintesi		Celle fotovoltaiche		Collettori solari
elettrica	Elettrolisi	Lampade		Motori elettrici	Pompe di calore
meccanica			Alternatori	Turbine	
termica				Motori termodinamici	Scambiatori di calore



IV CORSO DI FORMAZIONE IN ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia

Qualche esempio: COLLETTORE SOLARE TERMICO (40-50%)

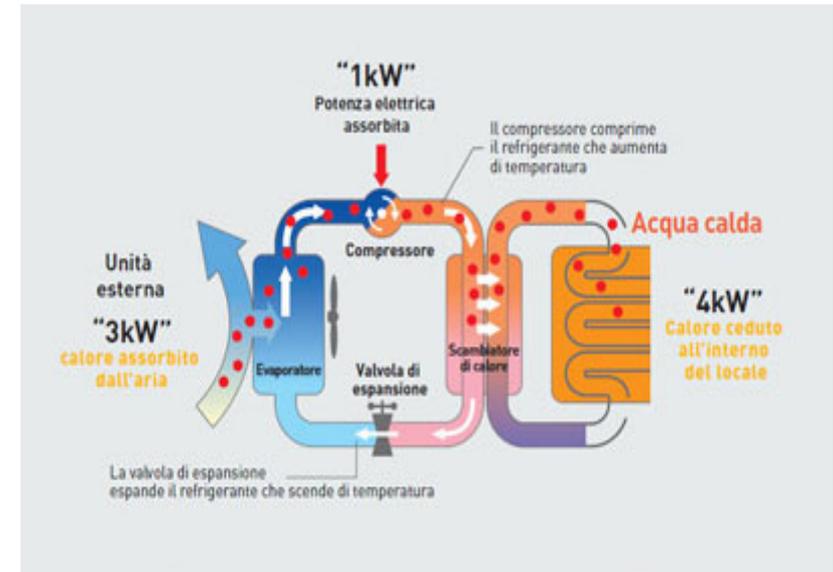
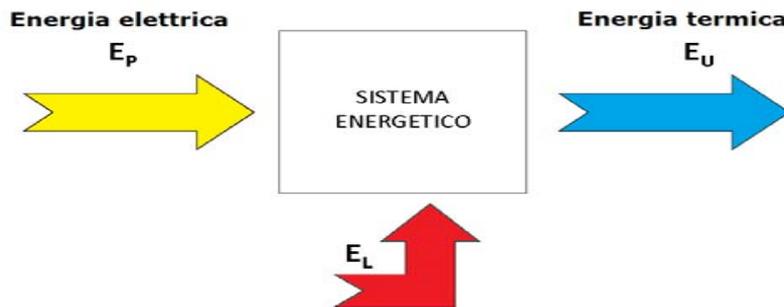
Energia primaria	Energia convertita				
	chimica	radiante	elettrica	meccanica	termica
nucleare					Reattori nucleari
chimica			Fuel cells, batterie		Caldaje, Combustori
radiante	Fotosintesi		Celle fotovoltaiche		Collettori solari
elettrica	Elettrolisi	Lampade		Motori elettrici	Pompe di calore
meccanica			Alternatori	Turbine	
termica				Motori termodinamici	Scambiatori di calore



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

Qualche esempio: POMPA DI CALORE (300-400%)

Energia primaria	Energia convertita				
	chimica	radiante	elettrica	meccanica	termica
nucleare					Reattori nucleari
chimica			Fuel cells, batterie		Caldie, Combustori
radiante	Fotosintesi		Celle fotovoltaiche		Collettori solari
elettrica	Elettrolisi	Lampade		Motori elettrici	Pompe di calore
meccanica			Alternatori	Turbine	
termica				Motori termodinamici	Scambiatori di calore



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

- TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE DI ENERGIA;
- BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA - PARAMETRI ED INDICI DI CONFRONTO FRA TECNOLOGIE;
- TECNOLOGIE ENERGETICHE;
 - A.Riscaldamento e calore di processo;
 - B.Condizionamento estivo;
 - C.Refrigerazione industriale;
 - D.Cogenerazione e tri-generazione;
 - E.Generazione elettrica;
 - F.Motori elettrici. Illuminazione. Aria compressa. Sistemi di regolazione e controllo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

Possiamo distinguere essenzialmente due tipi di sistema energetico, fra quelli che ci interessano:

SISTEMI CIVILI (Involucri ed impianti correlati);

SISTEMI INDUSTRIALI (Cicli produttivi);

I bilanci energetici dei sistemi ci servono per la loro caratterizzazione e ci danno la possibilità di eseguire dei confronti di efficienza fra sistemi omologhi.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: INVOLUCRO

L'involucro è costituito degli elementi (opachi e trasparenti) che circoscrivono il volume di cui desideriamo condizionare l'ambiente per raggiungere determinate condizioni di progetto (comfort ambientale o altre condizioni particolari).

La caratterizzazione di tali elementi riguarda la loro
Trasmittanza termica U [W/m^2K];

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: INVOLUCRO

Altri fattori che influenzano il comport. dell'involucro:

1. Il rapporto di forma S_d/V_c [m^{-1}];
2. L'orientamento degli elementi dell'involucro;
3. I ponti termici (disomogeneità);
4. Il rapporto fra la superficie totale e quella trasparente;
5. La ventilazione necessaria per l'edificio [Vol/h].

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI

Gli impianti generali al servizio di un edificio sono:

- 1. Climatizzazione invernale;**
- 2. Climatizzazione estiva;**
- 3. Aria primaria;**
- 4. Produzione ACS;**
- 5. Illuminazione artificiale;**

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI - INVERNALE

Il fabbisogno di energia termica invernale di un edificio è la quantità di calore che deve essere fornita ad un ambiente al fine di mantenere le condizioni di temperatura prefissate durante la stagione invernale:

$$Q_h = (Q_{t,h} + Q_{v,h}) - \eta_{u,h} \cdot (Q_{s,h} + Q_{i,h}) = Q_{l,h} - \eta_{u,h} \cdot Q_{g,h}$$

Scambio per trasmissione Scambio per ventilazione Fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti Apporti solari Apporti interni

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI - INVERNALE

Il fabbisogno di Energia Primaria per il riscaldamento è la quantità di energia effettivamente consumata, o che si prevede possa essere necessaria per il riscaldamento invernale, poiché tiene conto del rendimento complessivo del sistema edificio-impianto:

$$Q_{p,h} = \frac{Q_h}{\eta_{g,i}}$$

Fabbisogno di energia termica dell'edificio in inverno

Rendimento globale medio stagionale

$$EP_i = \frac{Q_{p,h}}{S_u}$$

Fabbisogno di energia primaria dell'edificio in inverno

Superficie netta calpestando

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI - ESTIVO

Il fabbisogno di energia termica estiva di un edificio è la quantità di calore che deve essere sottratta ad un ambiente al fine di mantenere le condizioni di temperatura prefissate durante la stagione estiva:

$$Q_c = (Q_{s,c} + Q_{i,c}) - \eta_{u,c} \cdot (Q_{t,c} + Q_{v,c}) = Q_{g,c} - \eta_{u,c} \cdot Q_{l,c}$$

↓
↓
↓
↓
↓

Apporti solari Apporti interni Scambio per trasmissione Scambio per ventilazione

 Fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI - INVERNALE

Il fabbisogno di Energia per il raffrescamento è anch'esso riferito all'energia primaria, e non all'energia termica effettivamente "drenata", o che si prevede possa essere necessaria per il raffrescamento estivo, tenendo conto del rendimento complessivo del sistema edificio-impianto:

$$Q_{p,c} = \frac{Q_c}{\eta_{g,e}}$$

Fabbisogno di energia termica dell'edificio in inverno

Rendimento globale medio stagionale

$$EP_e = \frac{Q_{p,c}}{S_u}$$

Fabbisogno di energia primaria dell'edificio in estate

Superficie netta calpestabile

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI - ACS

Il fabbisogno di Energia per la generazione dell'Acqua Calda Sanitaria è riferito all'energia primaria, necessaria alla sua produzione, che può essere calcolata in vari modi (es. UNI 9182:2014 – UNI TS 11300 parte 2), tenendo conto del rendimento complessivo del sistema di generazione, distribuzione ed erogazione:

$$EP_{acs} = \frac{Q_{p,W}}{S_u}$$

Fabbisogno di energia primaria dell'edificio per l'ACS

Superficie netta calpestabile

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: IMPIANTI - ILLUMINAZIONE

Il fabbisogno di Energia per l'illuminazione artificiale è condotto solo gli edifici pubblici e ad uso pubblico utilizzando la norma italiana **UNI EN 15193**, con la quale è stato introdotto l'indice **Lighting Energy Numeric Indicator**, che può essere valutato tramite **misurazione o calcoli più o meno dettagliati**.

$$W = W_L + W_P$$

Fabbisogno di energia per l'illuminazione di progetto Illuminazione di emergenza e controlli

$$LENI = EP_{ill} = \frac{W}{S_u}$$

Fabbisogno di energia primaria dell'edificio per l'illuminazione Superficie netta calpestabile

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: INDICI DI PRESTAZIONE

L'indice di prestazione energetica globale di un edificio EP_{gl} , visto come sistema involucro-impianti, è dato in definitiva dalla somma dei quattro indici visti prima, e cioè:

$$EP_{gl} = EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill}$$

L'indice di prestazione energetica globale di un edificio EP_{gl} quantifica il consumo di energia primaria totale specifico e si esprime in kWh/m²anno

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: BENCHMARKING

Il benchmarking consente il confronto dei sistemi utilizzando grandezze specifiche, come gli indici di prestazione energetica.

In particolare EP_i ed EP_{acs} vengono confrontati con dei valori stabiliti dalle normative vigenti (DM 26/6/2009 e DPR 412/93)

$EP_{i,lim}$	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
Rapporto di forma dell'edificio S/V	fino a 600 GG ²	da 601 GG	a 900 GG	da 901 GG	a 1400 GG	da 1401 GG	a 2100 GG	da 2101 GG	a 3000 GG	Oltre 3000 GG
$\leq 0,2$	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
$\geq 0,9$	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

IV CORSO DI FORMAZIONE IN ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia

SISTEMI CIVILI: BENCHMARKING - EP_i

Classe	Prestazione EP _i
A+	$EP_i < 0.25 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
A	$0.25 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}} \leq EP_i < 0.5 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
B	$0.5 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}} \leq EP_i < 0.75 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
C	$0.75 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}} \leq EP_i < 1 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
D	$1 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}} \leq EP_i < 1.25 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
E	$1.25 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}} \leq EP_i < 1.75 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
F	$1.75 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}} \leq EP_i < 2.5 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$
G	$EP_i > 2.5 EP_{i \text{ Lim kWh/m}^2\text{anno}}$

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

SISTEMI CIVILI: BENCHMARKING - EP_{acs}

Classe	Prestazione EPACS
A	$EP < 9 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$
B	$9 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno} \leq EP < 12 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$
C	$12 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno} \leq EP < 18 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$
D	$18 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno} \leq EP < 21 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$
E	$21 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno} \leq EP < 24 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$
F	$24 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno} \leq EP < 30 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$
G	$EP \geq 30 \text{ kWh} / \text{m}^2\text{anno}$

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

- TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE DI ENERGIA;
- BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA - PARAMETRI ED INDICI DI CONFRONTO FRA TECNOLOGIE;
- TECNOLOGIE ENERGETICHE;
 - A.Riscaldamento e calore di processo;
 - B.Condizionamento estivo;
 - C.Refrigerazione industriale;
 - D.Cogenerazione e tri-generazione;
 - E.Generazione elettrica;
 - F.Motori elettrici. Illuminazione. Aria compressa. Sistemi di regolazione e controllo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

TECNOLOGIE ENERGETICHE

L'attenzione alle tematiche energetiche ed ambientali, unitamente all'evoluzione tecnologica negli ultimi anni ha reso disponibili sistemi impiantistici che da un lato migliorano sensibilmente il livello di comfort negli ambienti e nei processi di produzione, e dall'altro riducono significativamente i consumi energetici correlati ai servizi forniti.

Nel seguito faremo una carrellata di tecnologie energetiche attuali collegate alla fornitura dei servizi energetici.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

- TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE DI ENERGIA;
- BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA - PARAMETRI ED INDICI DI CONFRONTO FRA TECNOLOGIE;
- TECNOLOGIE ENERGETICHE;
 - A.Riscaldamento e calore di processo;
 - B.Condizionamento estivo;
 - C.Refrigerazione industriale;
 - D.Cogenerazione e tri-generazione;
 - E.Generazione elettrica;
 - F.Motori elettrici. Illuminazione. Aria compressa. Sistemi di regolazione e controllo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

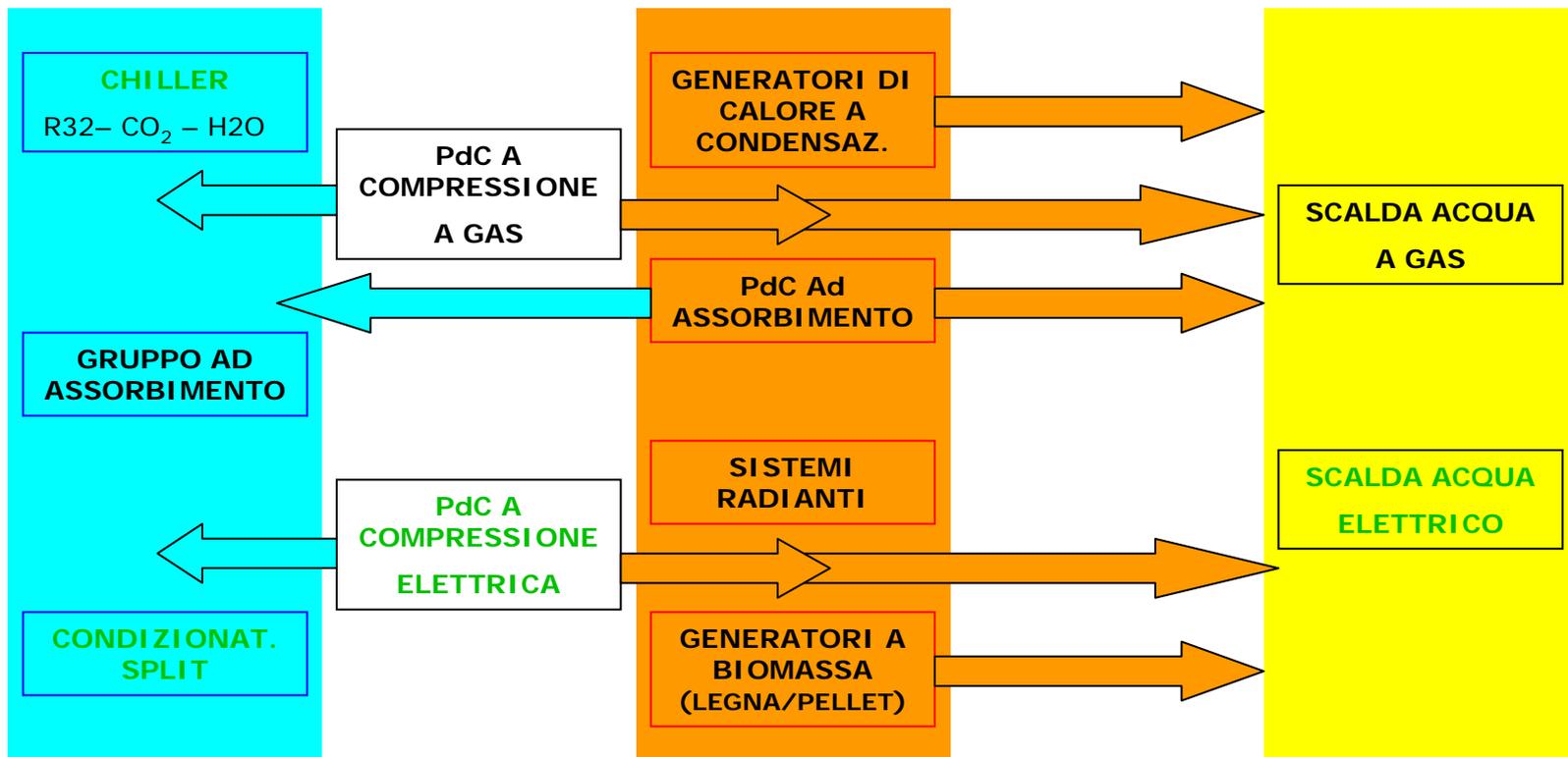
PRODUZIONE DI CALDO E FREDDO

Oggi è disponibile sul mercato un'ampia varietà di tecnologie per la produzione di "caldo" e "freddo", ciascuna con caratteristiche tipiche e ben distinte:

- per tipo di fonte energetica utilizzata (combustibili fossili, elettricità, energia solare, biomasse, geotermica);
- tecnologie per produzione di calore, acqua e vapore di processo;
- tecnologie esclusive per il riscaldamento degli ambienti;
- tecnologie esclusive per il raffrescamento degli ambienti;
- tecnologie integrate per riscaldamento, raffrescamento, ACS.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PRODUZIONE DI CALDO E FREDDO



03.03.2018 - REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

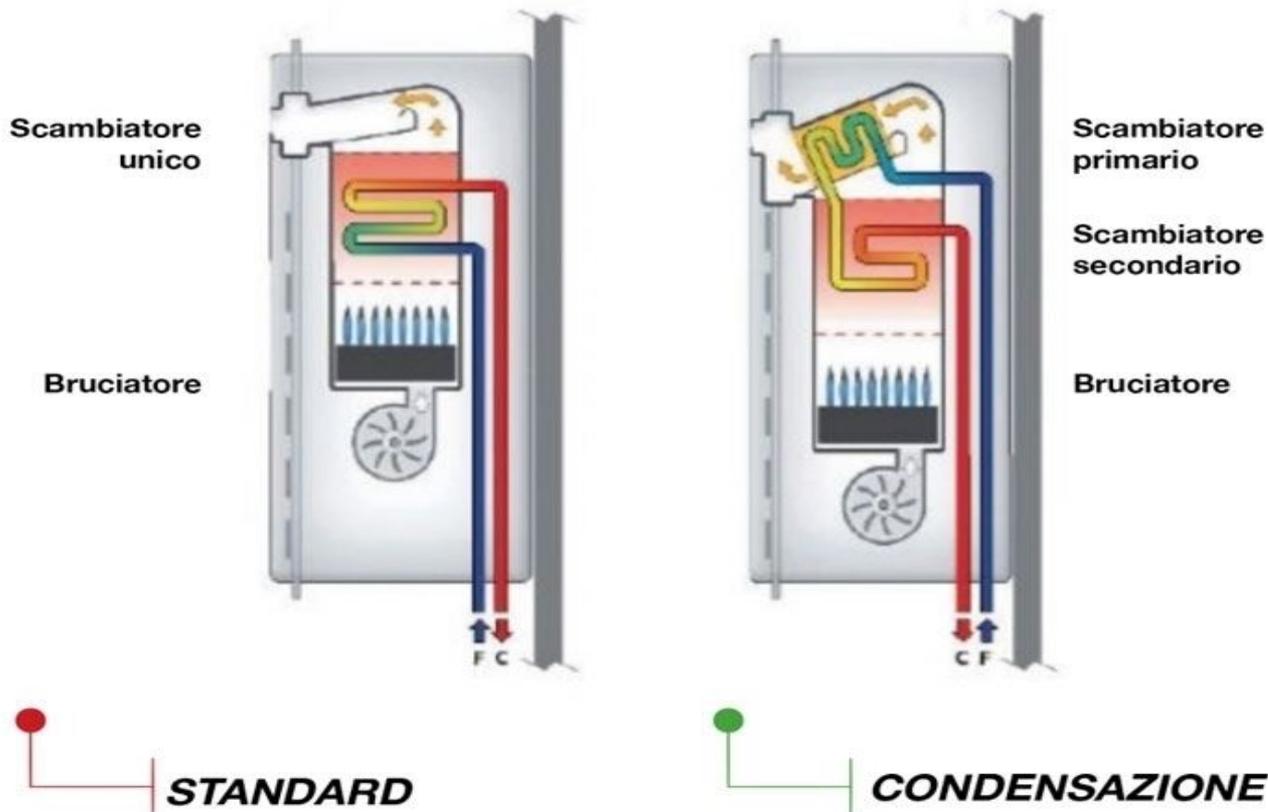
CALDAIE A CONDENSAZIONE

Con la condensazione parte del calore contenuto nei gas di scarico viene recuperato sotto forma di vapore acqueo, consentendo un migliore sfruttamento del combustibile e quindi il raggiungimento di rendimenti più alti.

I prodotti della combustione, prima di essere espulsi all'esterno, attraversano uno speciale scambiatore all'interno del quale il vapore acqueo condensa, cedendo parte del calore latente di condensazione all'acqua del primario. In tal modo, i gas di scarico fuoriescono ad una temperatura di circa 60°C

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CALDAIE A CONDENSAZIONE

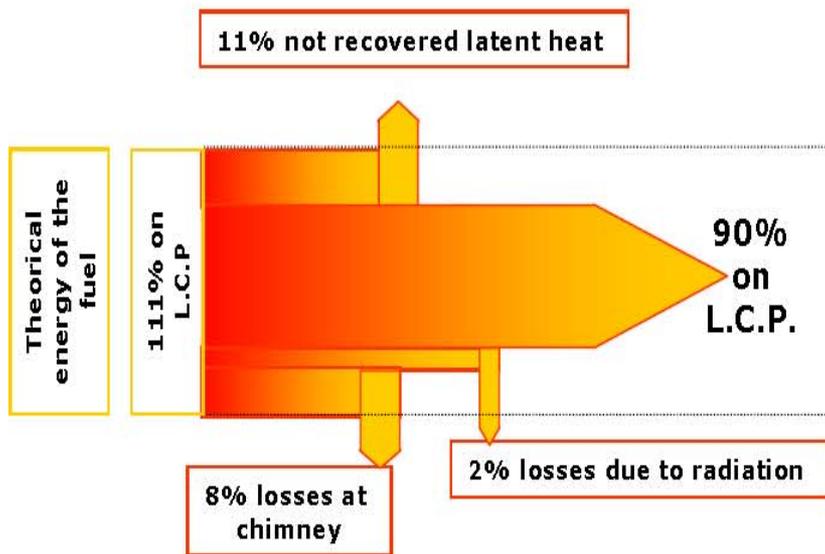


03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

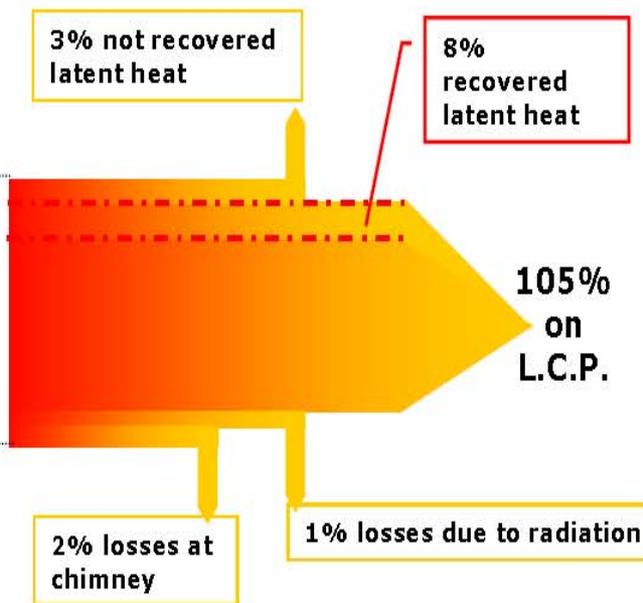
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CALDAIE A CONDENSAZIONE

Conventional Boiler



Condensing Boiler



03.03.2018 - REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

CALDAIE A CONDENSAZIONE

Dati		
Località	MILANO	
Gradi Giorno	2.404	
Temperatura Media Stagionale	°C	6,61
Temperatura Interna Capannone	°C	16
Lunghezza	m	60
Larghezza	m	20
Altezza	m	8
Cd Edificio	W/m³K	0,67
Ricambi d'aria	Vol/h	0,4
Giorni Funzionamento Settimanale (da 4 a 7)	5	
Ore di funzionamento giornaliero	8	

Confronto consumo combustibile		Kondensa	ON-OFF
Consumo stagionale di combustibile - Metano	m³	7.995	13.177
Risparmio stagionale di combustibile	m³	5.182	
Confronto stagionale dei parametri ambientali		Kondensa	ON-OFF
Emissione di CO ₂	kg	15.742	25.946
Emissione di CO	kg	0	7,37
Emissione di NO _x	kg	2,98	22,72
Riduzione Emiss. CO₂	kg	10.204	
Riduzione Emiss. CO	kg	7,4	
Riduzione Emiss. NO_x	kg	20	

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI RADIANTI

Il riscaldamento per irraggiamento consiste nella trasmissione di radiazioni infrarosse da un corpo emittente, con le seguenti caratteristiche:

Propagazione nel vuoto ed in tutte le direzioni;

Assorbimento nell'aria praticamente trascurabile;

Una volta assorbite dai corpi solidi, si degradano in calore;

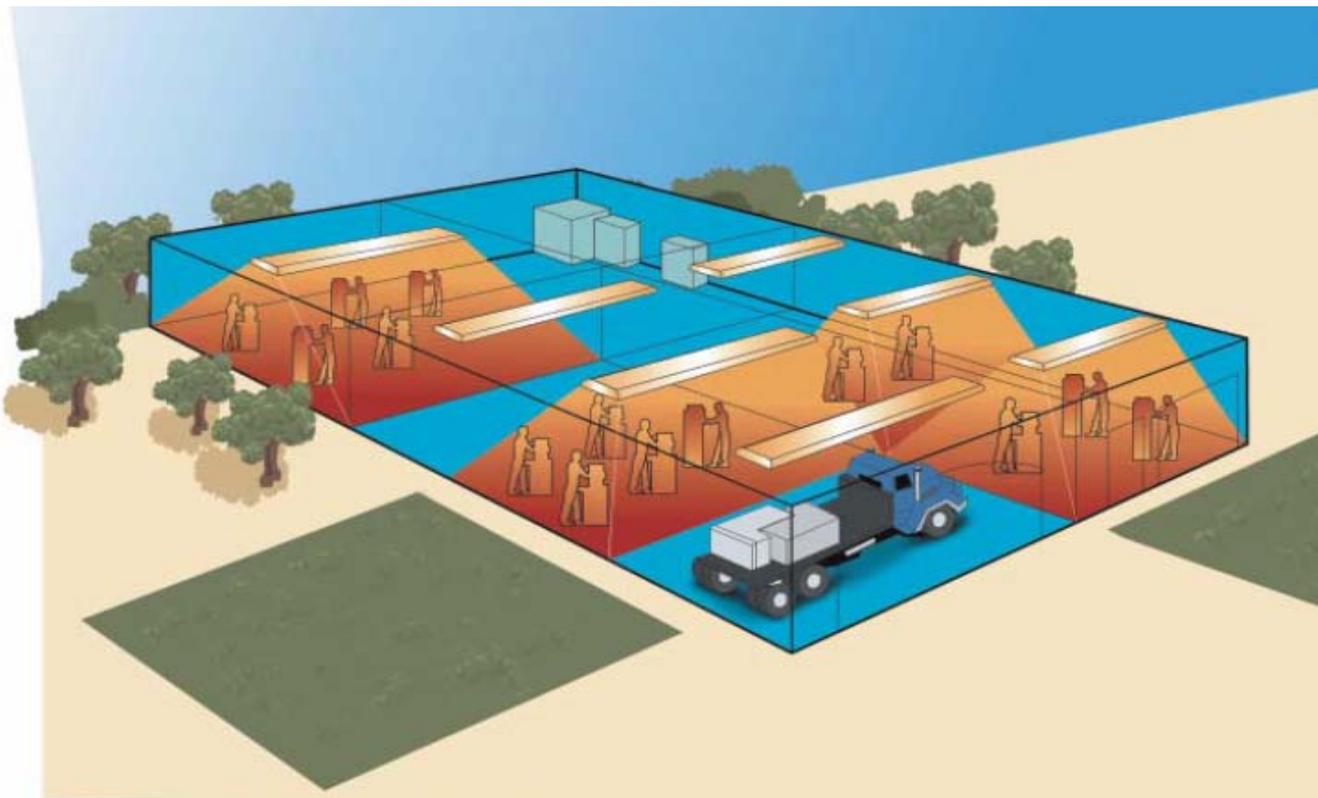
Le superfici emittenti ($T < 60^{\circ}\text{C}$) possono essere appese al soffitto;

Nessun rumore e spostamento di aria;

Gradiente termico verticale praticamente nullo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI RADIANTI



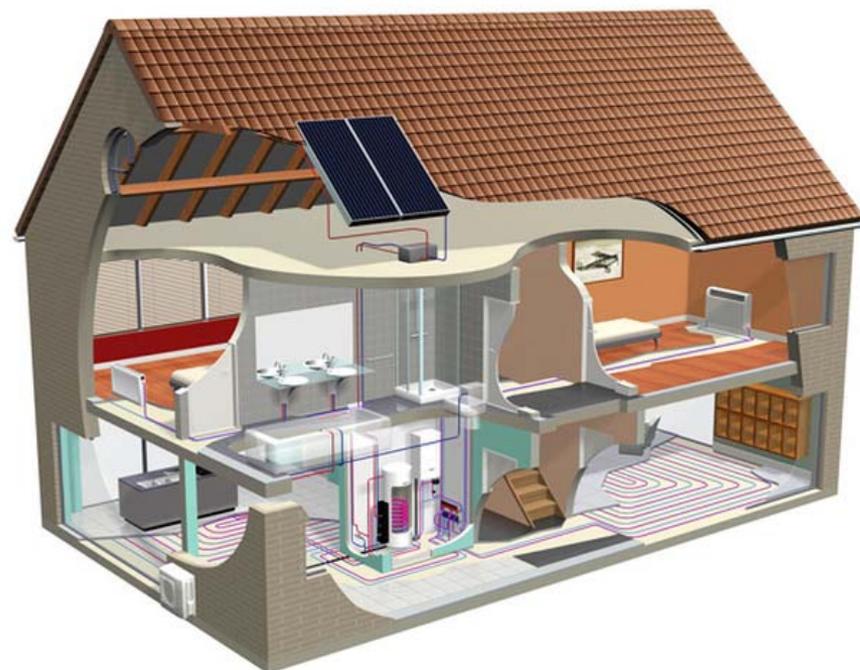
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

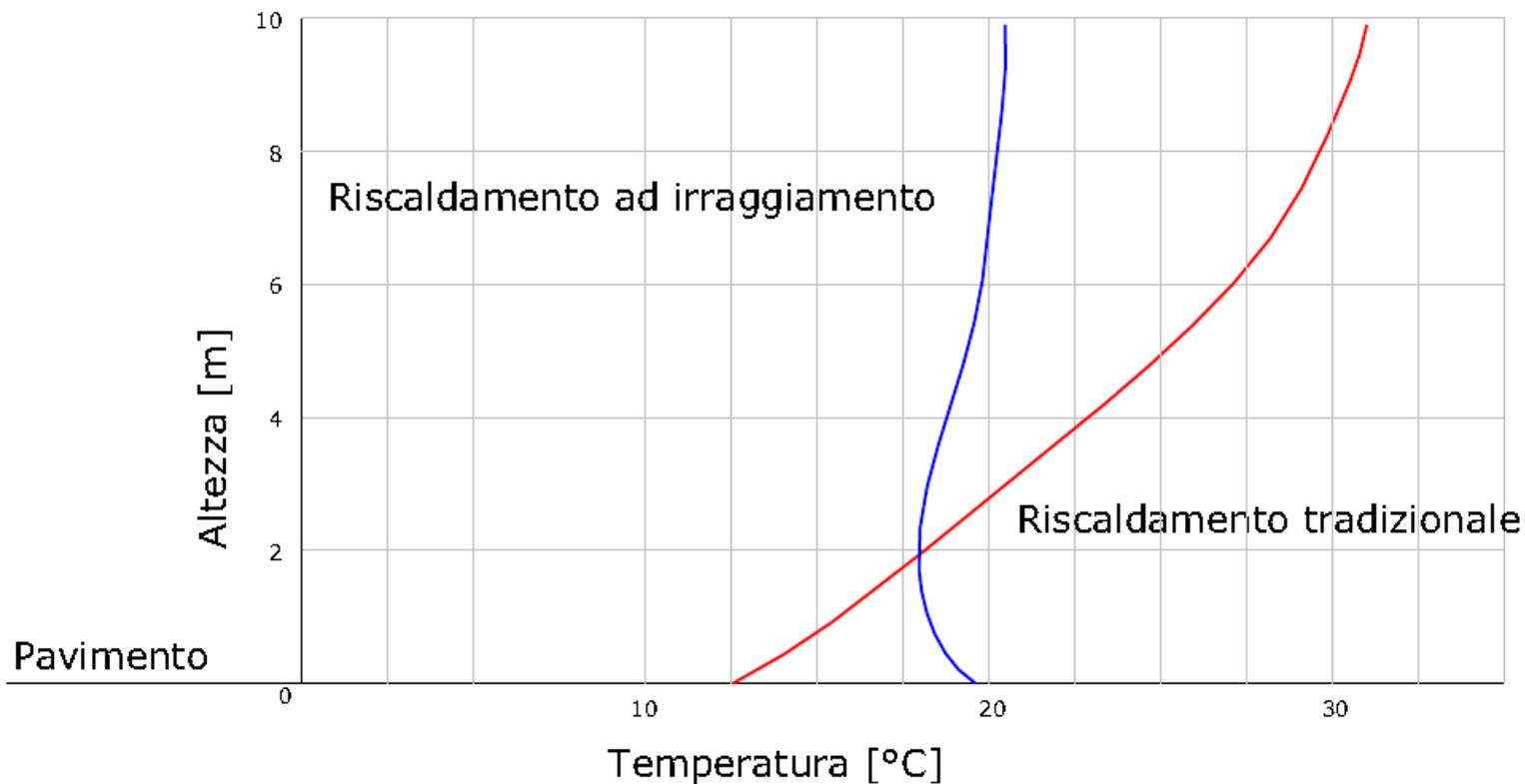
SISTEMI RADIANTI

03.03.2018 – REGGIO CALABRIA



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI RADIANTI

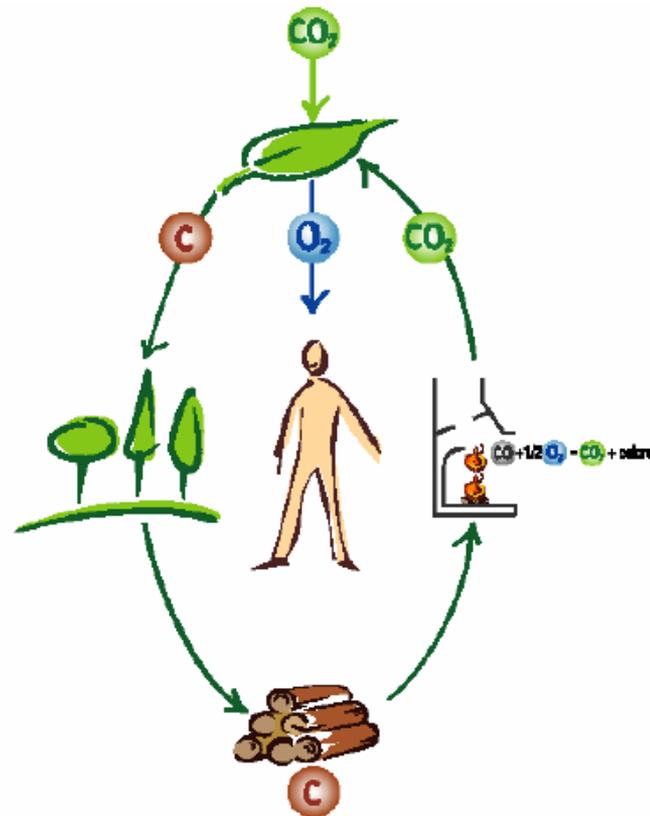


**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI A BIOMASSA

(LEGNA E PELLETT)

Le caldaie a biomassa sono oggi considerate uno dei sistemi di riscaldamento più efficienti attualmente presenti sul mercato. Tanto è vero che le installazioni di tali generatori stanno crescendo sia in ambito residenziale che commerciale e industriale.



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI A BIOMASSA (LEGNA E PELLETT)

Le caldaie a biomassa hanno i seguenti vantaggi:

Bassi costi di installazione e manutenzione

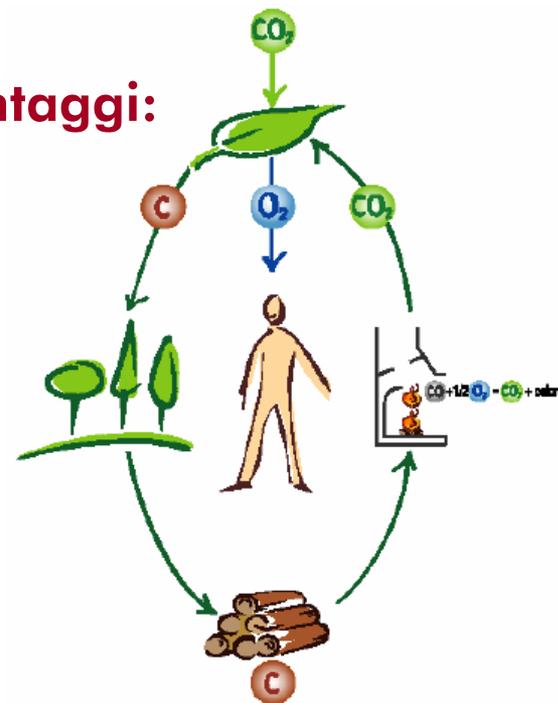
Rendimento dei generatori a legna > 75%

Rendimento dei generatori a pellet > 85%

Facile integrazione con altri sistemi

Bilancio neutro della CO₂

Abbattimento polveri in atmosfera



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI A BIOMASSA (LEGNA E PELLETT)

In particolare il pellet ha dei vantaggi aggiuntivi:

- caricamento combustibile automatico
- accensione automatica/remota
- programmazione giornaliera / settimanale
- modulazione automatica della potenza
- controllo automatico della combustione

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI A BIOMASSA (LEGNA E PELLETT)



World Sustainable
Energy Days

2018

28 February - 2 March



European Pellet
Conference **2018**

28 February - 1 March 2018
Austria

www.Pellets18.eu



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



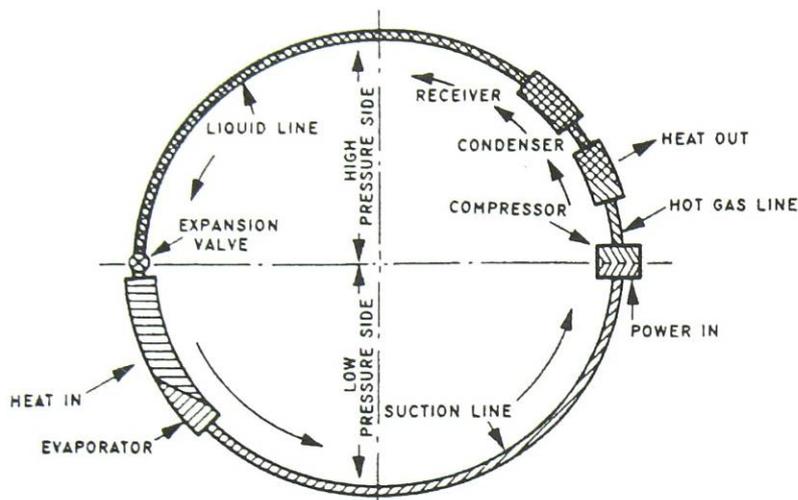
Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

POMPE DI CALORE

La pompa di calore è una tecnologia, in grado di funzionare secondo un ciclo reversibile, tramite la quale si estrae calore da una sorgente a bassa temperatura (aria esterna/acqua/terreno) per trasferirlo ad un ambiente a temperatura più alta. Dal punto di vista termodinamico, ciò avviene grazie al cosiddetto “ciclo frigorifero” che si basa essenzialmente sulla proprietà dei gas di raffreddarsi espandendosi.

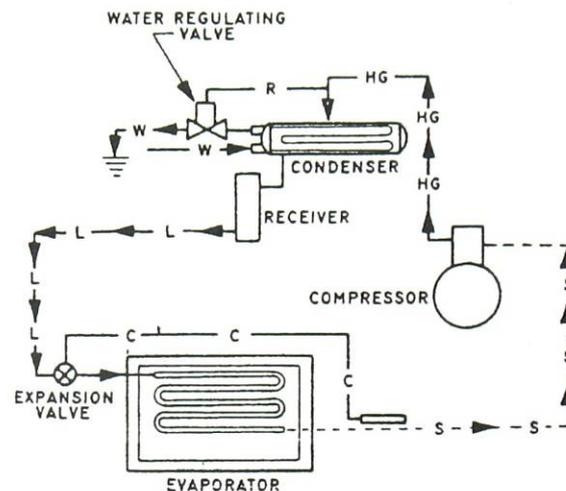
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

POMPE DI CALORE



REFRIGERANT STATE AND ENERGY CYCLE

- KEY
- LOW PRESSURE LIQUID
 - LOW PRESSURE VAPOR
 - HIGH PRESSURE VAPOR (HOT GAS)
 - HIGH PRESSURE LIQUID



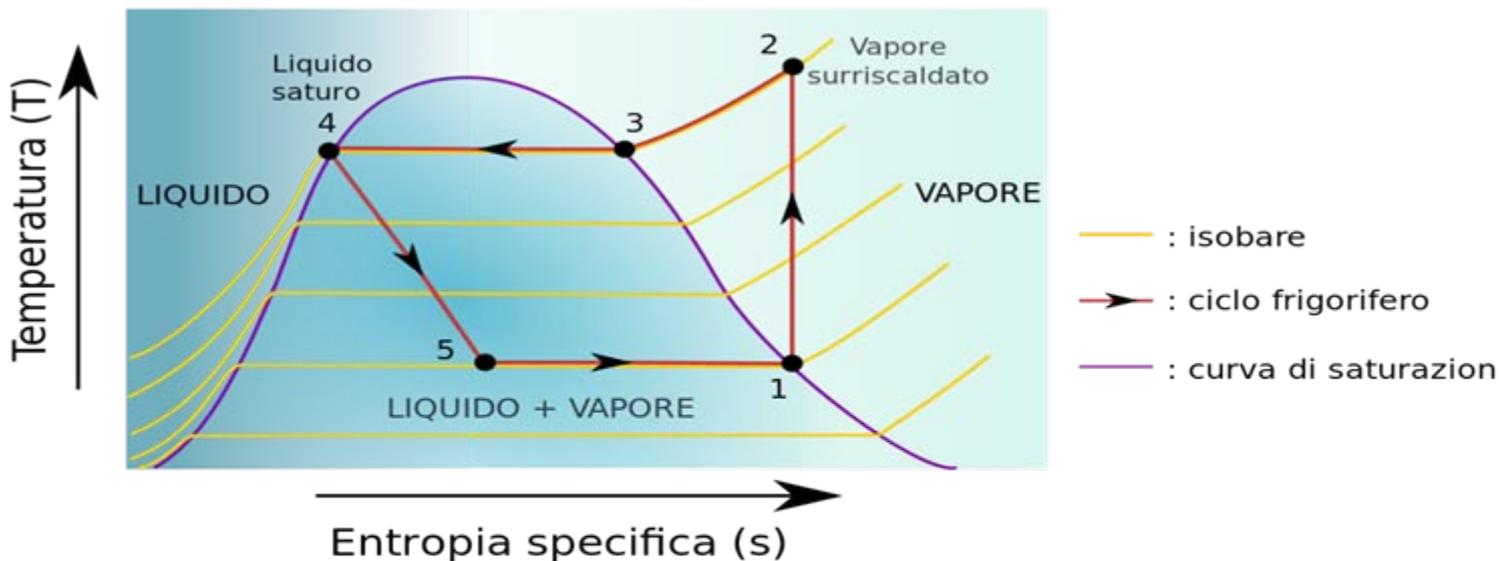
DIAGRAMMATIC REFRIGERATION CYCLE

- KEY
- LIQUID LINE
 - SUCTION LINE
 - HOT GAS LINE
 - CONDENSER WATER LINE
 - CAPILLARY TUBE
 - REGULATING VALVE TUBE

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

Ing. Giuseppe Corso
 Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
 Esperto in Gestione dell'Energia
 Settore Civile e Industriale
 UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
 AJA Registrars Europe
 Certificazione delle Persone

POMPE DI CALORE



- 1 - 2: Compressione del vapore
- 2 - 3: Raffreddamento del vapore surriscaldato nel condensatore
- 3 - 4: Condensazione del vapore
- 4 - 5: Raffreddamento del liquido
- 5 - 1: La miscela liquido+gas è completamente vaporizzata nell'evapora

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

POMPE DI CALORE

$$\text{COP}_{\text{riscaldamento}} = \frac{\Delta Q_{\text{caldo}}}{\Delta A} \leq \frac{T_{\text{calda}}}{T_{\text{calda}} - T_{\text{fredda}}} = \frac{1}{\eta_{\text{ciclo di Carnot}}}$$

$$\text{COP}_{\text{raffreddamento}} = \text{EER} = \frac{\Delta Q_{\text{freddo}}}{\Delta A} \leq \frac{T_{\text{fredda}}}{T_{\text{calda}} - T_{\text{fredda}}}$$

Esistono vari tipi di pompa di calore, che si possono distinguere

per tipo di applicazione:

PdC di tipo Aria/Aria

PdC di tipo Aria/Acqua

PdC di tipo Acqua/Acqua;

PdC di tipo Geotermico.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



KOMPETERE



POMPE DI CALORE – SORGENTI TERMICHE

SORGENTI	CARATTERISTICHE
<p>ARIA</p> <p>↑</p> <p>Convenzionale</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Disponibilità elevata – Praticità d'uso – Prestazioni energetiche variabili – Formazione di brina – Rumore e ingombro ventilatori esterni
<p>ACQUA</p> <p>↑</p> <p>Non convenzionali</p> <p>↓</p> <p>TERRENO</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Prestazioni costanti e migliori rispetto alla sorgente aria – Disponibilità variabile per tipo di fonte – Necessità di opere di prelievo e scarico – Problemi connessi alle caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua – Vincoli normativi per prelievo e scarico – Buone prestazioni energetiche – Tecnologia poco diffusa – Elevati costi di realizzazione – Disponibilità limitata per necessità di ampie superfici

03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

IV CORSO DI FORMAZIONE IN ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia




Ing. Giuseppe Corso
 Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
 Esperto in Gestione dell'Energia
 Settore Civile e Industriale
 UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
 AJA Registrars Europe
 Certificazione delle Persone

POMPE DI CALORE

Il fluido termovettore di un ciclo frigorifero è detto refrigerante o fluido frigorifero. Ne esistono naturali (CO_2 , NH_3 , CH_4 , ecc.) o artificiale, comunemente chiamati Freon.

Le caratteristiche utili di un fluido refrigerante sono la densità elevata, l'alto calore latente di evaporazione ed una temperatura di ebollizione bassa, o comunque compresa fra le temperature caratteristiche del ciclo considerato.

I CloroFluoroCarburi (o meglio alogenuri aliclici) si ottengono sostituendo atomi di idrogeno di un idrocarburo di partenza con atomi di fluoro e cloro (che consentono di aumentare la densità e di ridurre la temperatura di ebollizione) sono i più diffusi. Sono chimicamente stabili, non infiammabili, incolore, inodore e non tossici, oltre che termicamente ed acusticamente isolanti.

Hanno "solo" la spiccata tendenza a decomporre lo strato di ozono che protegge la terra dagli UV.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

POMPE DI CALORE

Il protocollo di Montreal (1987) ha previsto la messa al bando dei CFC – oltre che di altre sostanze dannose per lo strato di ozono – entro il 2030, con piani di smaltimento cadenzati in tempi intermedi. 192 nazioni hanno ratificato il protocollo, ad esclusione di Andorra, Iraq, Timor Est e Città del Vaticano.

La comunità europea ha recepito il protocollo di Montreal nel 1994, anticipando la messa al bando di CFC ed HCFC al 2015.

Sembra che, dall'entrata in vigore del Protocollo di Montreal, le concentrazioni di CFC (e composti affini) sia diminuite o stabilizzate ovunque, ad eccezione della Cina e dell'India.

La classificazione utilizzata è quella dell'ASHRAE, mutuata a sua volta dalla DUPONT, che ha brevettato a suo tempo i CFC.

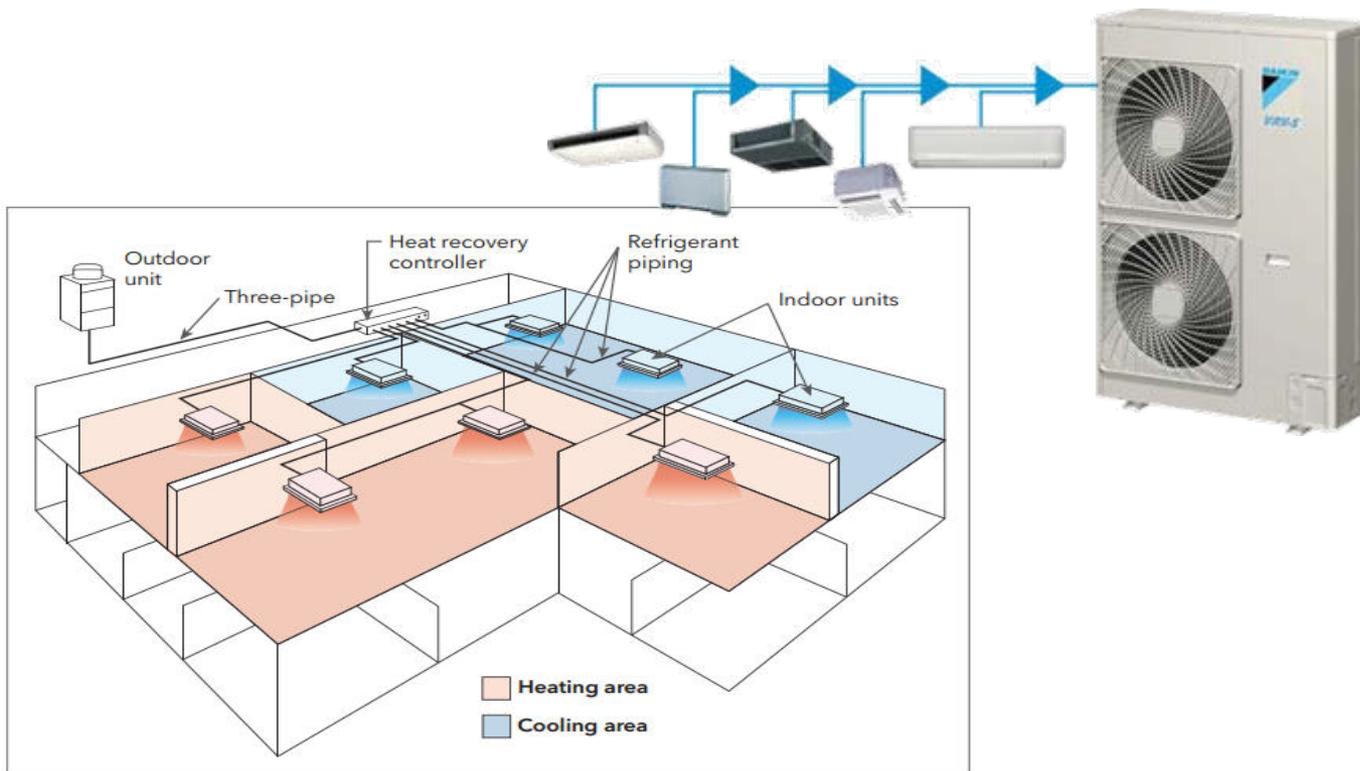
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

POMPE DI CALORE

TIPO		Formula chimica	Pressione di saturazione [bar]		Volume specifico [m ³ /kg]	Calore latente di vaporiz. [kJ/kg]	Produtz. frig. volumetrica [kJ/m ³]	ODP	GWP	
			-10 °C	25 °C	-10 °C	1 bar	-10÷25 °C			
NATURALI	Vapore d'acqua (R718)	H ₂ O		0.0317		2257		0	0	
	Ammoniaca (R717)	NH ₃	2.899	10.00	0.419	1369	2700	0	<1	
	Anidride carbonica (R744)	CO ₂							1	
	Propano (R290)	C ₃ H ₈							3	
	Idrocarburi in genere	-								
SINTETICI	CFC (cloro-fluoro-carburi)	R11	CFCl ₃	0.257	1.064	0.612	182	267	1	4000
		R12	CF ₂ Cl ₂	2.193	6.517	0.077	162	1608	0.9÷1	8500
		R13	CF ₃ Cl	15.202	35.5	0.010	150		?	?
	HCFC (idro-cloro-fluoro-carburi)	R22	CHF ₂ Cl	3.545	10.438	0.065	234	2623	0.04÷0.06	1700
		R123	CHCl ₂ CF ₃	0.204	0.913	0.690	170	215	0.01÷0.02	93
	HFC (idro-fluoro-carburi)	R407C	mixture							1500
R134a		C ₂ H ₂ F ₄	2.005	6.655	0.100	217	1589	0	1300	

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

POMPE DI CALORE – ARIA/ARIA



Variable refrigerant flow systems can deliver cooling to some zones and heating to others, with no reheat needed (an air-source system is shown here).

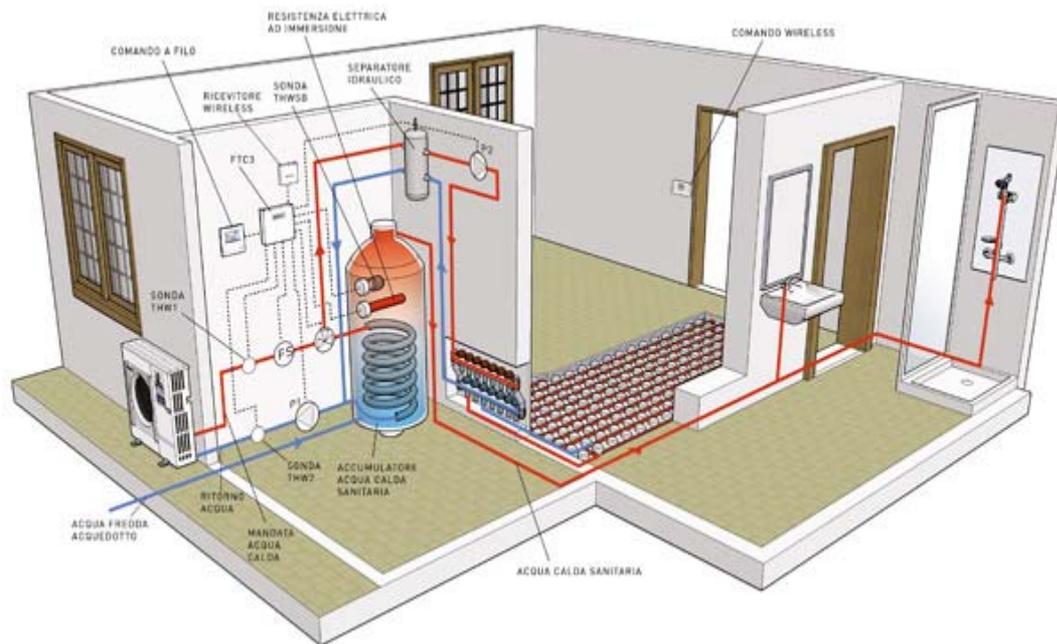
03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

Ing. Giuseppe Corso
 Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
 Esperto in Gestione dell'Energia
 Settore Civile e Industriale
 UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
 AJA Registrars Europe
 Certificazione delle Persone

POMPE DI CALORE – ARIA/ACQUA

03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

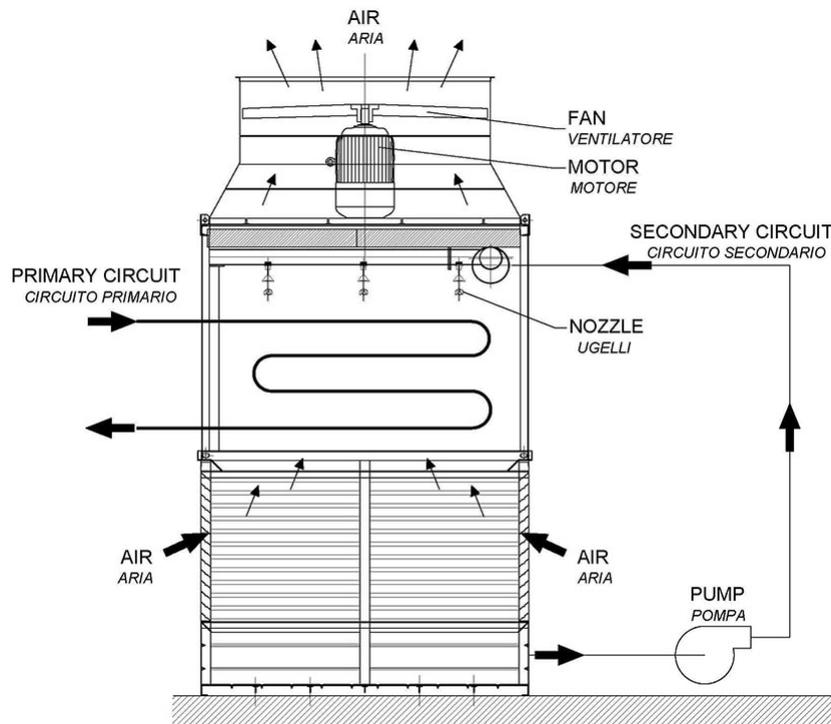


**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

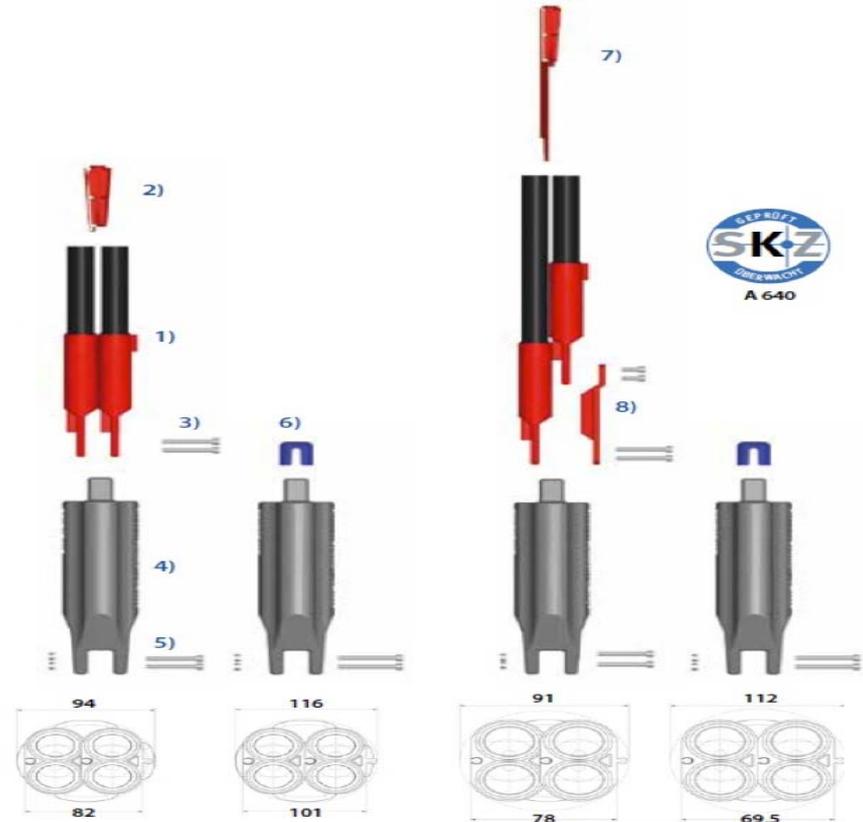
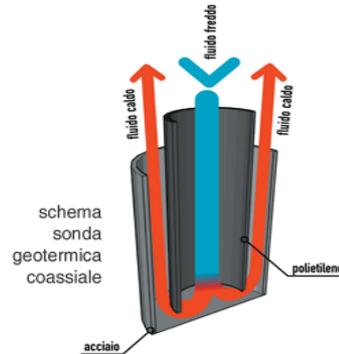
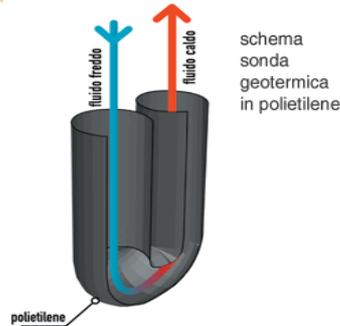
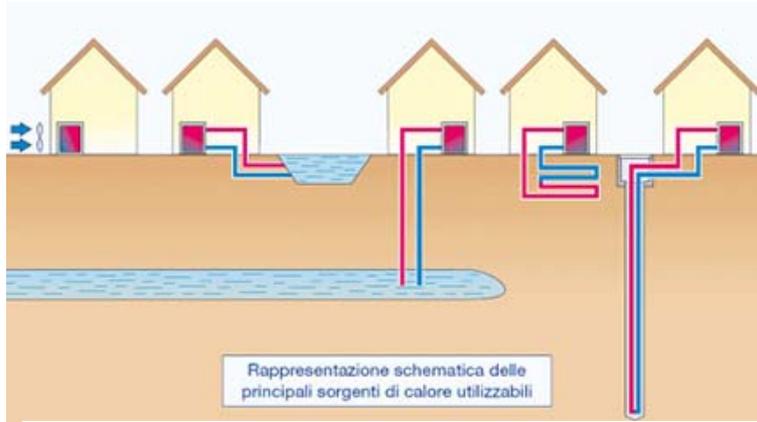
POMPE DI CALORE – ACQUA/ACQUA



03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

POMPE DI CALORE - GEOTERMICA



IV CORSO DI FORMAZIONE IN ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia

ACCREDIA
 LINEE DI ACCREDITAMENTO

AJA EUROPE

Ing. Giuseppe Corso
 Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
 Esperto in Gestione dell'Energia
 Settore Civile e Industriale
 UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
 AJA Registrars Europe
 Certificazione delle Persone

SISTEMI AD ASSORBIMENTO

Come le pompe di calore a compressione, anche il ciclo ad assorbimento è reversibile: uno stesso sistema può funzionare per produzione di calore e per produzione di acqua refrigerata.

Le caratteristiche tecnologiche dei cicli ad assorbimento fanno sì che i prodotti presenti sul mercato siano ottimizzati per una delle due funzionalità, in particolare:

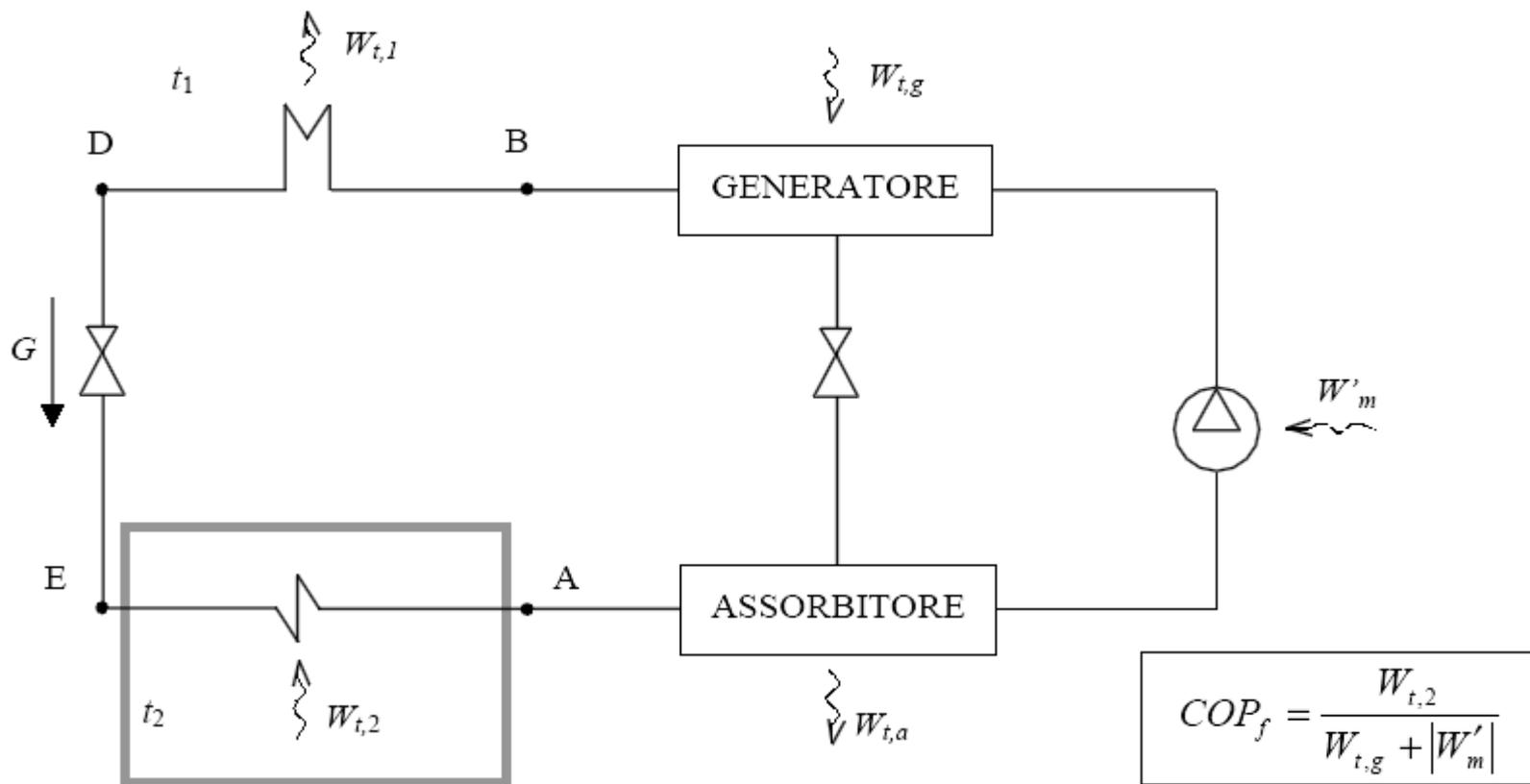
I cicli a bromuro di litio sono ottimizzati per il funzionamento estivo (frigorifero)

I cicli ad acqua-ammoniaca sono ottimizzati per il funzionamento invernale (PdC)

Entrambi in cicli, essendo reversibili, sono comunque in grado di operare anche nell'altra funzionalità, a ciclo invertito.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

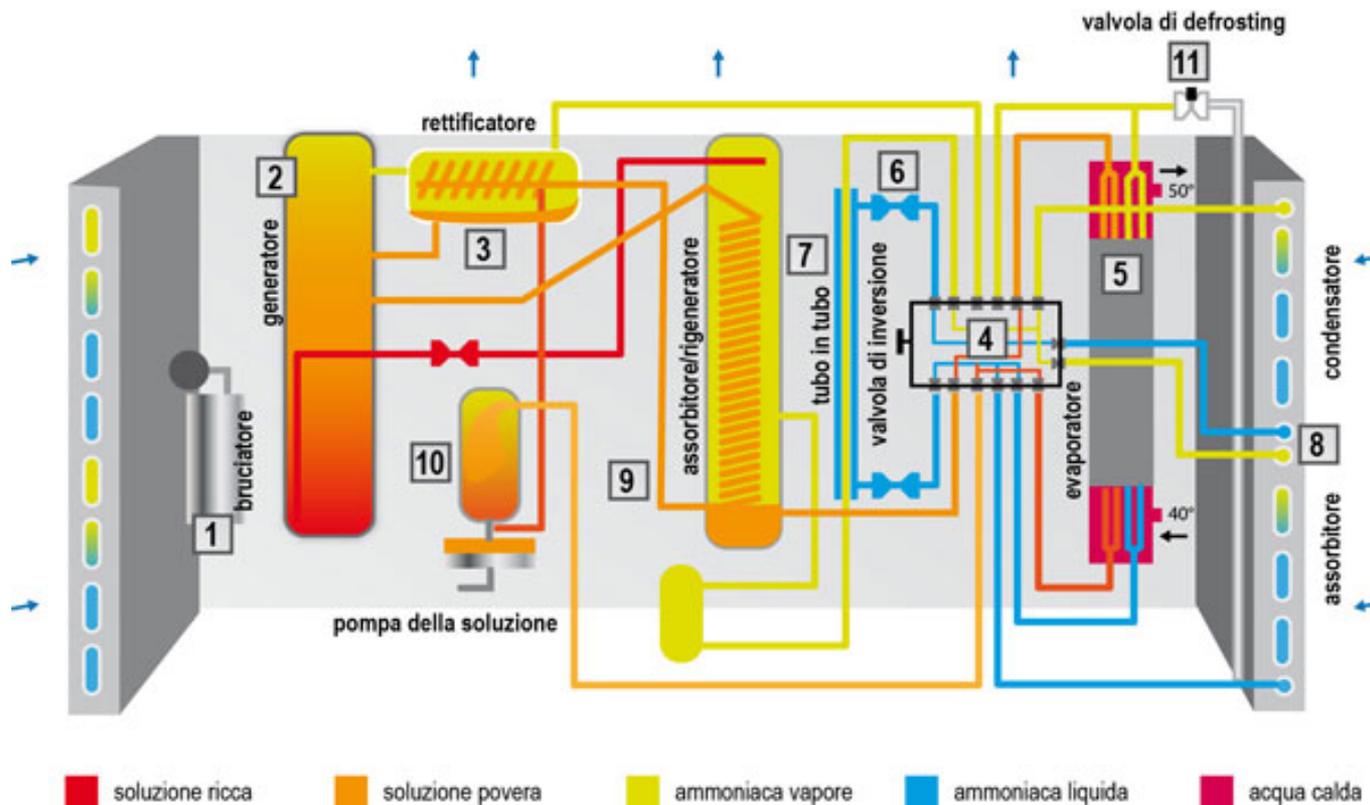
SISTEMI AD ASSORBIMENTO



03.03.2018 - REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

SISTEMI AD ASSORBIMENTO



03.03.2018 - REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

Ing. Giuseppe Corso
 Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
 Esperto in Gestione dell'Energia
 Settore Civile e Industriale
 UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
 AJA Registrars Europe
 Certificazione delle Persone

SISTEMI AD ASSORBIMENTO: VANTAGGI

Riduzione della domanda di energia elettrica (fino all'85%) in quanto l'energia primaria utilizzata è il gas. L'energia elettrica viene impiegata esclusivamente per il funzionamento delle apparecchiature ausiliarie di controllo, di circolazione dei fluidi di lavoro e per i ventilatori. Inoltre si ha elevata affidabilità e ridotta manutenzione grazie al piccolo numero di parti meccaniche in movimento per cui si ha funzionamento silenzioso e ridotta usura dei componenti.

L'impatto ambientale è mitigato dall'uso di gas come combustibile e si presta bene all'integrazione con le fonti rinnovabili (Collettori termici)

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI AD ASSORBIMENTO: LiBr

Consente di ricavare contemporaneamente fluido termovettore per il raffrescamento (7°) e il riscaldamento e l'ACS (55°).

Gli impianti sono semplici, silenziosi e compatti.

Il fluido di lavoro impiegato è una soluzione di bromuro di litio ed acqua, chimicamente stabile, non infiammabile, ma può comunque essere nociva per l'uomo, anche se non dannosa per l'ozono

Riguardo all'efficienza abbiamo praticamente questi limiti attuali:

$$\text{EER} = 1,32 - \text{COP} = 0,92$$

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

SISTEMI AD ASSORBIMENTO: LiBr

Installazione presso una piscina



- ❖ Assorbitori a gas funzionanti in modalità pompa di calore per deumidificazione aria e riscaldamento acqua di vasca
- ❖ Viene sfruttato anche il calore di condensazione (per scaldare l'acqua della vasca)
- ❖ 2x105 kW frigoriferi

Impianto climatizzazione uffici



- ❖ 423 kW frigoriferi e 342 kW termici
- ❖ COP: 1,13

SISTEMI AD ASSORBIMENTO: $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$

Ne esistono due modelli: Aria/Acqua ed Acqua/Acqua

ARIA/ARIA

campo operativo -20°C a
 $+45^\circ\text{C}$

COP = 1,5

Temperatura acqua: 70°C in
ciclo invernale e 3°C in estate

Adatto per installazione
esterna

ACQUA/ACQUA

Sonde Geotermiche ridotte
del 40%

COP = 1,0

Produzione contemporanea
di acqua fredda e calda:
(70°C e -10°C)

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

- TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE DI ENERGIA;
- BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA - PARAMETRI ED INDICI DI CONFRONTO FRA TECNOLOGIE;
- TECNOLOGIE ENERGETICHE;
 - A.Riscaldamento e calore di processo;
 - B.Condizionamento estivo;
 - C.Refrigerazione industriale;
 - D.Cogenerazione e tri-generazione;
 - E.Generazione elettrica;
 - F.Motori elettrici. Illuminazione. Aria compressa. Sistemi di regolazione e controllo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

COGENERAZIONE E TRIGENERAZIONE

La cogenerazione è un processo di produzione contemporanea di energia meccanica/elettrica e di calore. Il calore è utilizzabile per riscaldamento di edifici e/o per processi produttivi-industriali.

La trigenerazione è una particolare applicazione della cogenerazione per cui, oltre a produrre energia elettrica, si utilizza l'energia termica recuperata dalla trasformazione termodinamica anche per produrre energia frigorifera (acqua refrigerata) per il condizionamento o per i processi industriali, fino alla temperatura di $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ come acqua glicolata o ammoniaca liquida.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

COGENERAZIONE

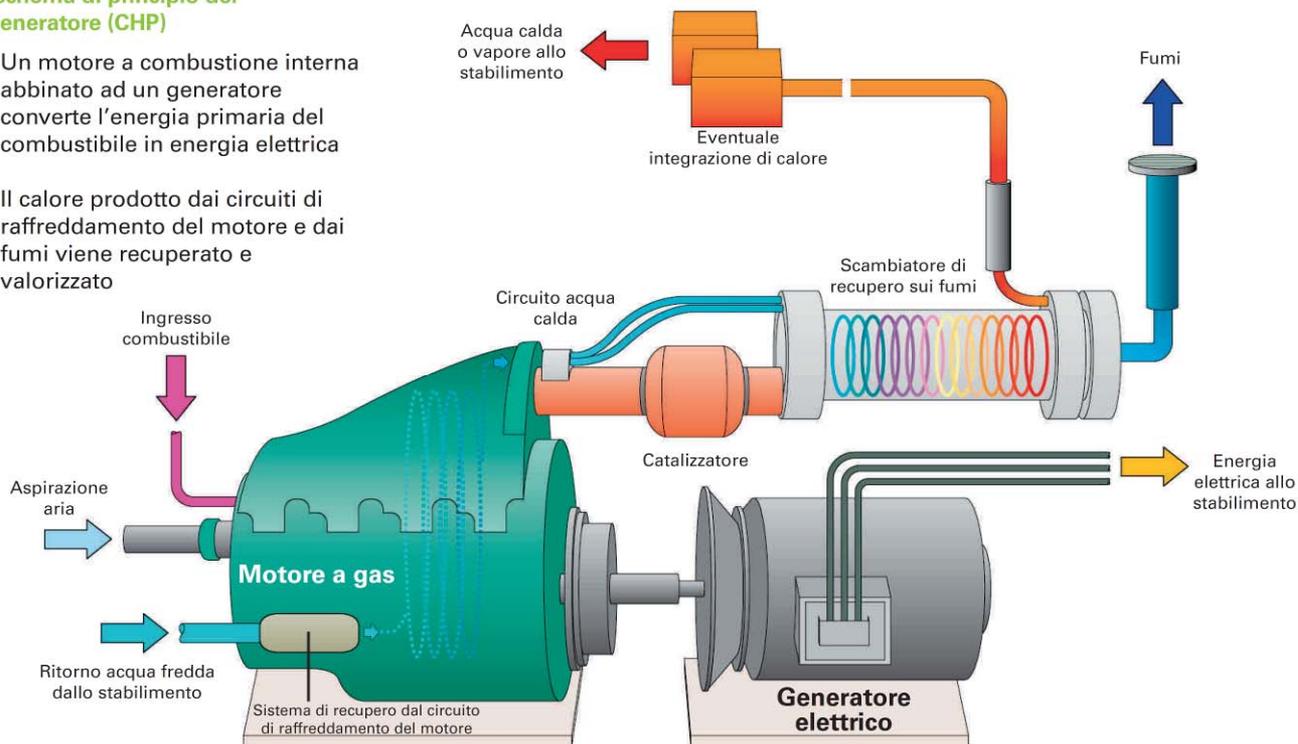
La cogenerazione viene generalmente utilizzata in particolari centrali termoelettriche, dove si recuperano l'acqua calda o il vapore di processo e/o i fumi, prodotti da un motore primo alimentato a combustibile fossile (gas naturale, olio combustibile, ecc.) o da combustibili organici non fossili (biomasse, biogas, gas di sintesi), ottenendo un significativo risparmio di energia rispetto alla produzione separata dell'energia elettrica (tramite generazione in centrale elettrica) e dell'energia termica (tramite centrale termica tradizionale), in quanto l'energia termica è rappresentata dai cascami termici del motore primo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

COGENERAZIONE

Lo schema di principio del cogeneratore (CHP)

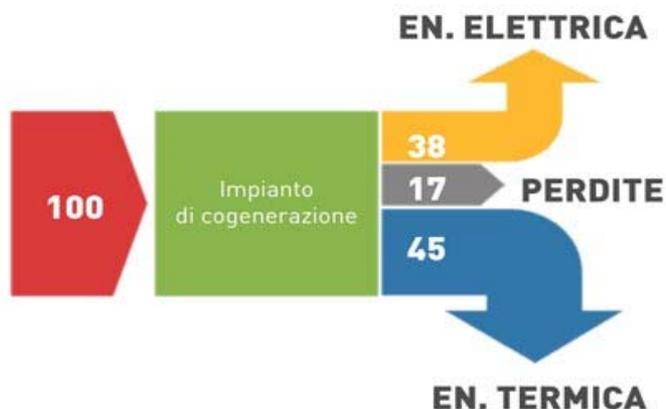
1. Un motore a combustione interna abbinato ad un generatore converte l'energia primaria del combustibile in energia elettrica
2. Il calore prodotto dai circuiti di raffreddamento del motore e dai fumi viene recuperato e valorizzato



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

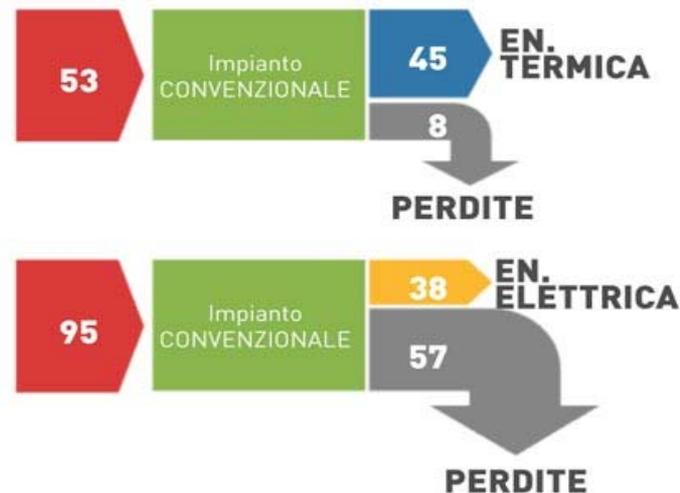
COGENERAZIONE

PRODUZIONE IN COGENERAZIONE



ENERGIA PRIMARIA UTILIZZATA
 100

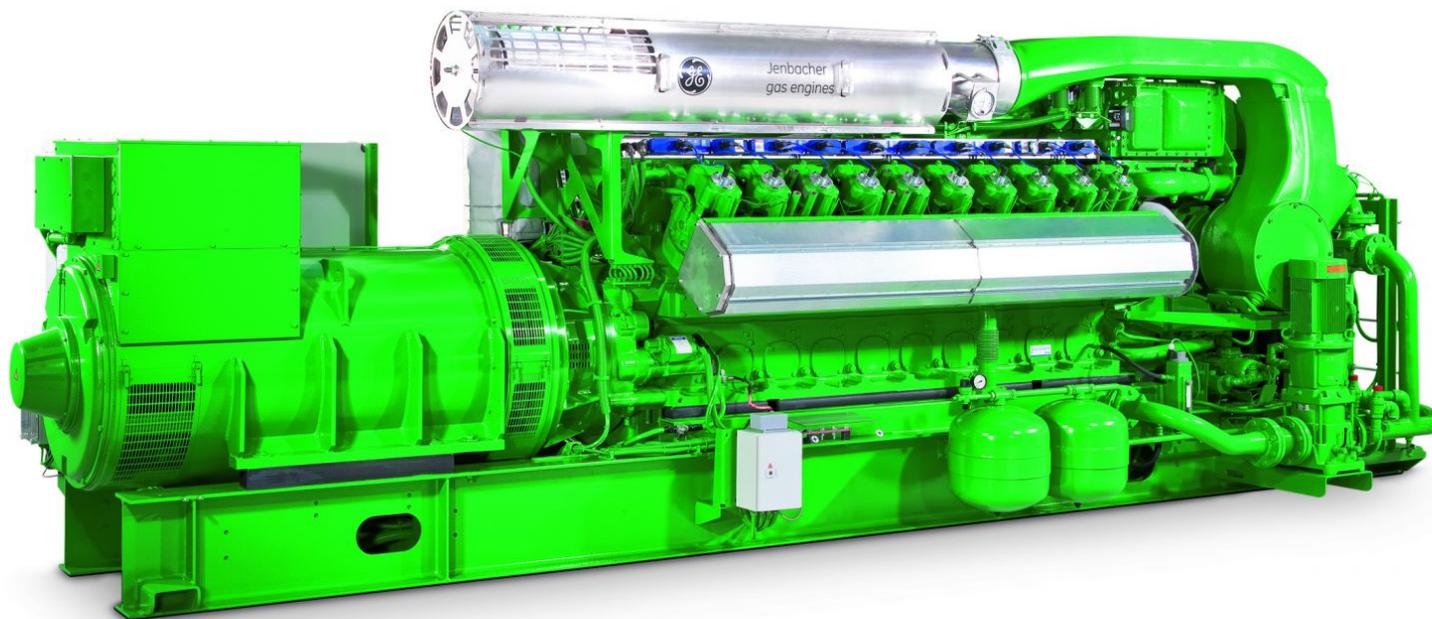
PRODUZIONE SEPARATA



ENERGIA PRIMARIA UTILIZZATA
 $53+95=148$

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

COGENERAZIONE



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

TRIGENERAZIONE

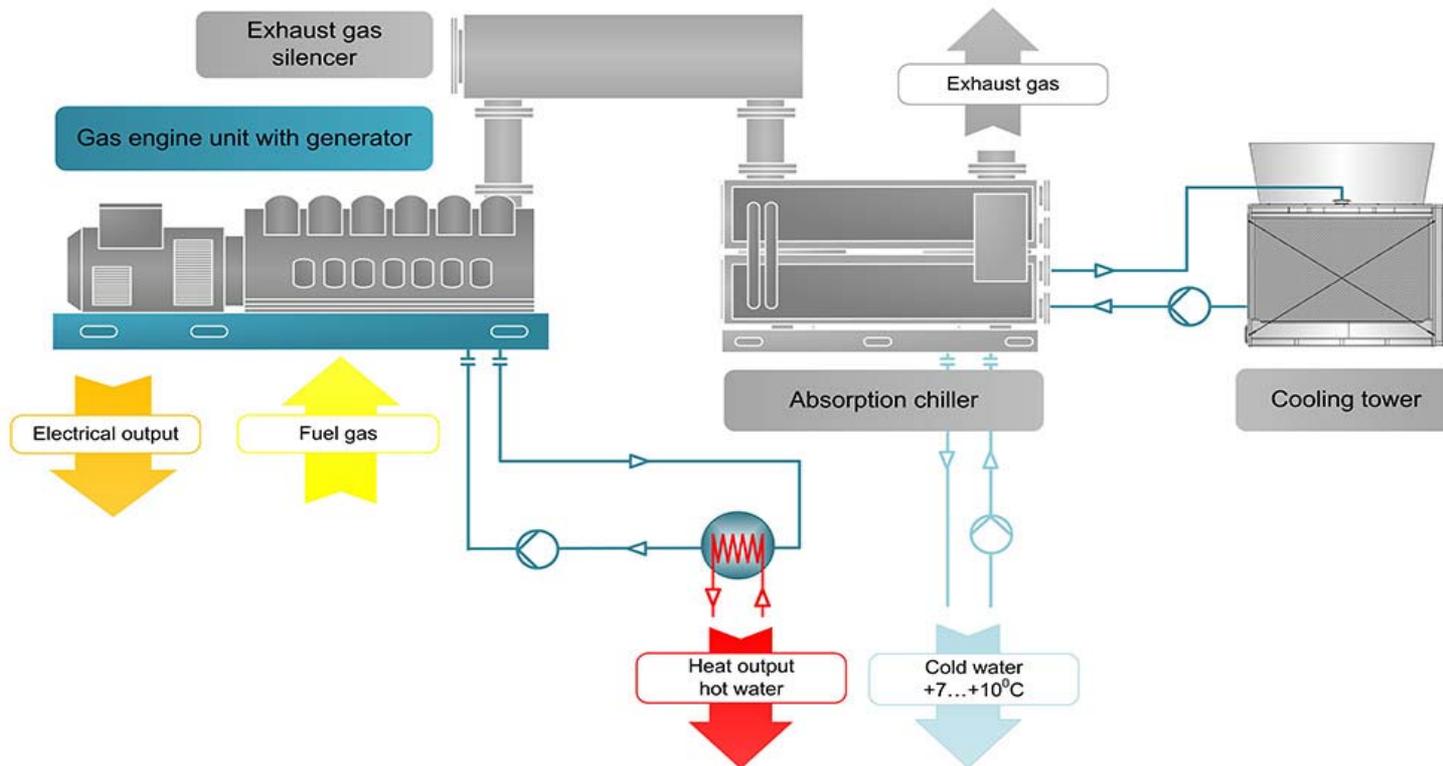
I sistemi di trigenerazione possono sfruttare qualsiasi fonte primaria di calore.

Questi sistemi, tecnologicamente ormai maturi e quindi convenienti dal punto di vista economico possono avere molteplici configurazioni:

1. sistemi di trigenerazione con combustibili fossili;
2. co-trigenerazione con impianti solari termici o termodinamici;
3. co-trigenerazione con biogas;
4. sistemi ibridi di cogenerazione e trigenerazione.

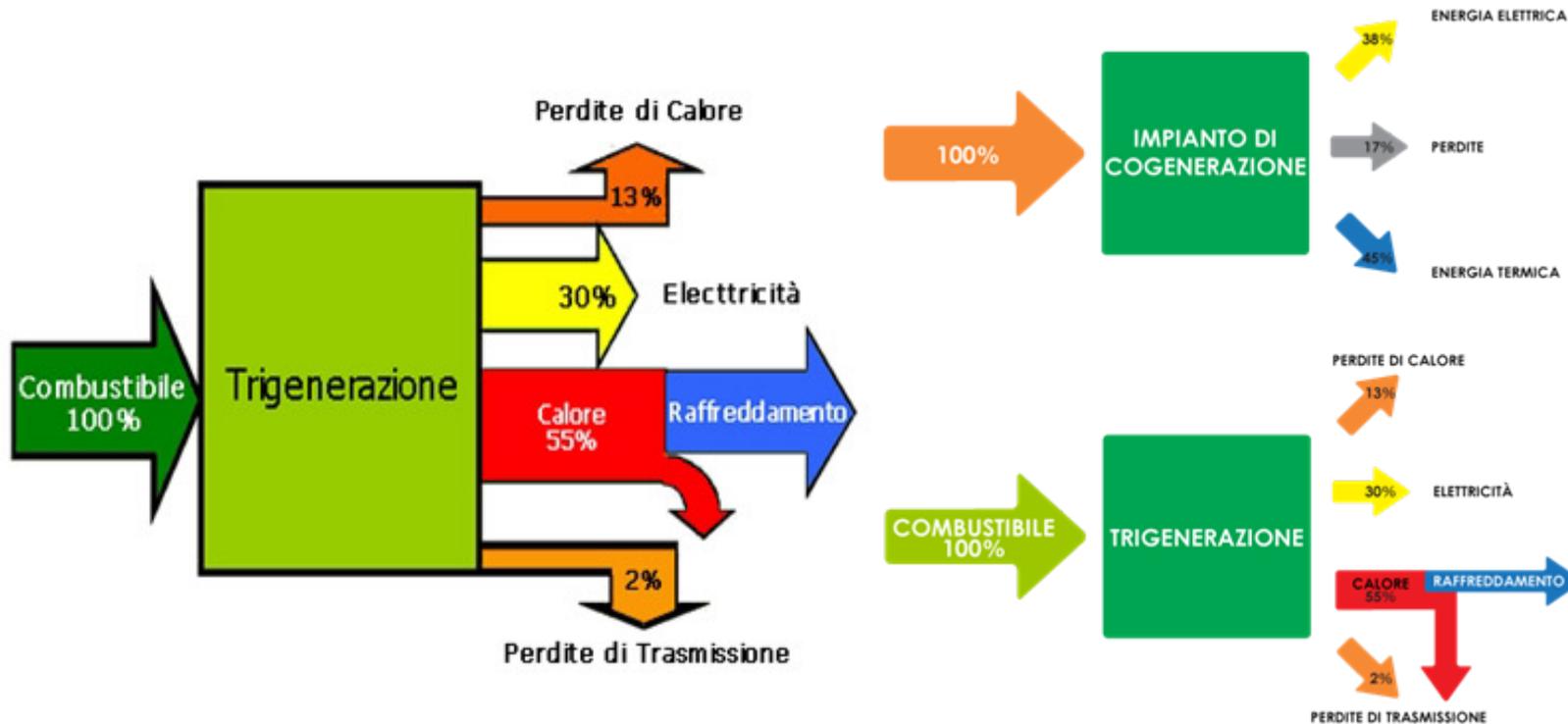
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

TRIGENERAZIONE



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

TRIGENERAZIONE



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

TRIGENERAZIONE



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

- TECNOLOGIE PER LA CONVERSIONE DI ENERGIA;
- BILANCI ENERGETICI DI SISTEMA - PARAMETRI ED INDICI DI CONFRONTO FRA TECNOLOGIE;
- TECNOLOGIE ENERGETICHE;
 - A.Riscaldamento e calore di processo;
 - B.Condizionamento estivo;
 - C.Refrigerazione industriale;
 - D.Cogenerazione e tri-generazione;
 - E.Generazione elettrica;
 - F.Motori elettrici. Illuminazione. Aria compressa. Sistemi di regolazione e controllo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI DI ELETTRICITA'

Per generatore elettrico si intende un qualunque dispositivo destinato a produrre energia elettrica a partire da una diversa forma di energia.

L'energia primaria, che deve essere trasformata in elettrica, di norma è rappresentata da:

- energia meccanica (Generatori ad induzione/piezoelétrici)
- energia chimica (Pile, celle a combustibile)
- energia luminosa (Pannelli fotovoltaici)
- energia termica (Termoelettrici/generatori a radioisotopi)

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI AD INDUZIONE

Gli alternatori sono macchine elettriche rotanti che funzionano sul principio della legge di Faraday-Neumann (induzione elettromagnetica). Sono in grado di convertire l'energia meccanica fornita dal motore primo in energia elettrica sotto forma di corrente alternata.

La conversione elettromeccanica dell'energia, che ha un'efficienza prossima al 100%, utilizza campi magnetici variabili come mezzo intermedio.

Attualmente, la rete elettrica è, per lo più alimentata da alternatori.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI AD INDUZIONE SINCRONI

La macchina sincrona è costituita da uno statore cavo fisso al cui interno vi è il rotore, costituito da una parte cilindrica calettata sull'albero di rotazione.

Il rotore genera il campo magnetico rotante per mezzo di elettromagneti (o magneti permanenti). Il campo magnetico rotante generato interagisce con gli avvolgimenti elettrici dello statore, in cui nascono le correnti indotte.

La frequenza di variazione della corrente dipende dalla velocità di rotazione del rotore e dal numero di poli nel rotore e nello statore.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI AD INDUZIONE SINCRONI

La costituzione della macchina varia notevolmente a seconda del tipo di motore primo a cui è accoppiata: Nel caso di centrali idroelettriche, dove la turbina idraulica ruota a frequenze non troppo elevate, dell'ordine di poche centinaia di giri al minuto, l'avvolgimento rotorico sporge rispetto all'albero e si hanno molte coppie polari; Nel caso di turbomacchine (turbine a gas o a vapore), anche l'avvolgimento rotorico è alloggiato in apposite cave, e si hanno meno copie polari in quanto il motore primo ruota a frequenze simili con le frequenze di rete.

Il rendimento di questi alternatori è molto alto, intorno al (97%).

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI AD INDUZIONE SINCRONI

03.03.2018 - REGGIO CALABRIA



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

GENERATORI AD INDUZIONE ASINCRONI

La macchina asincrona viene utilizzata come generatore soltanto quando le potenze in gioco sono contenute e soprattutto quando è collegato a una rete elettrica, che è mantenuta in tensione da alternatori sincroni.

Il motore asincrono per poter funzionare come generatore preleva energia reattiva dalla rete per magnetizzare il circuito rotorico (essendo i circuiti rotorici a gabbia di scoiattolo privi d'eccitazione), il rotore, spinto dal motore primo viene portato in condizione di ipersincronismo, diventando generatore di energia.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI AD INDUZIONE ASINCRONI

Mentre eroga potenza attiva verso la rete prevalente, assorbe contemporaneamente potenza reattiva per tenere alimentato il campo magnetico rotante.

Il rendimento di tali macchine dovrebbe essere intorno al 60%, ma sono macchine molto più robuste e semplici da gestire, in quanto, in caso d'aumento della coppia motrice non si ha la sovralfrequenza (frequenza più elevata), ma sovrapproduzione di corrente.

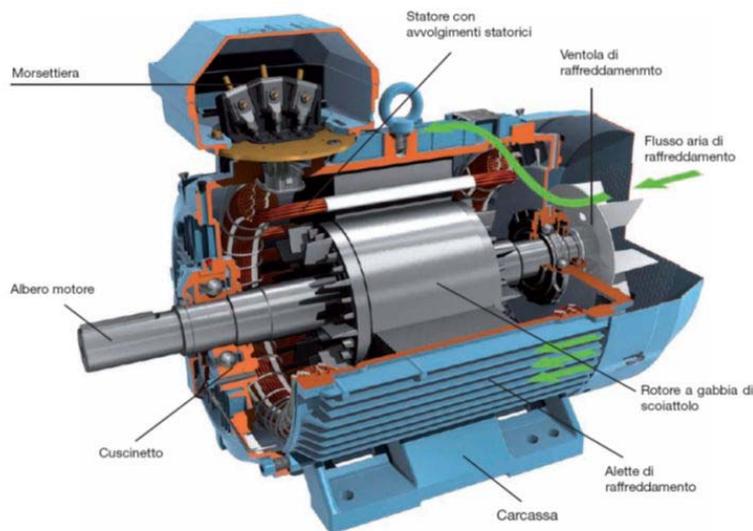
Per far funzionare un generatore asincrono in isola, si utilizzano dei condensatori collegati ai morsetti del motore che forniscono la potenza reattiva necessaria al funzionamento come generatore.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

GENERATORI AD INDUZIONE ASINCRONI

In questo caso è necessario regolare la frequenza direttamente sul
motoer primo.

Macchina asincrona



Macchina asincrona, spaccato

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

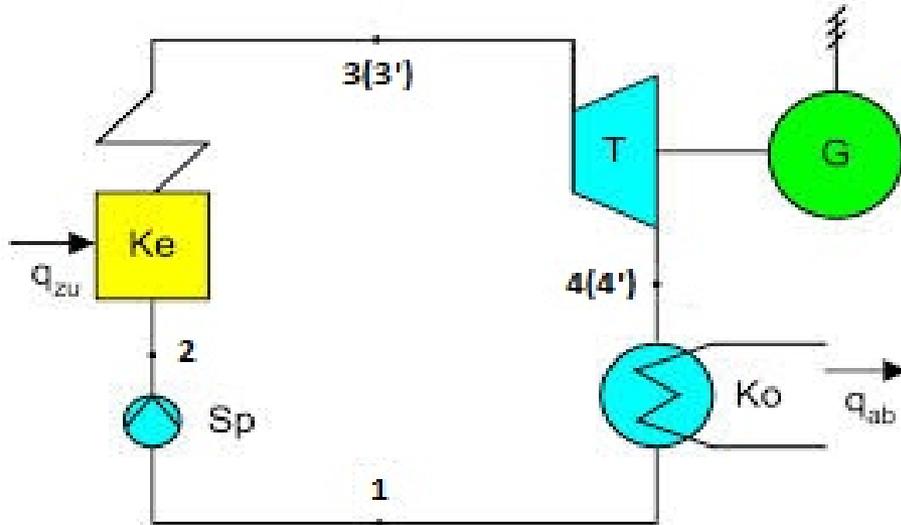
GENERATORI AD INDUZIONE

Le diverse modalità di generazione sono legate alla disponibilità della forma di energia primaria, oltre che dalla tecnologia esistente.

- impianti termoelettrici con turbina a vapore e combustibili tradizionali (carbone, gas naturale, olio combustibile);
- impianti termoelettrici con turbina a vapore e combustibili nucleari;
- Impianti termoelettrici con turbine a gas;
- Impianti a ciclo combinato;
- Gruppi elettrogeni, ottenuti dall'accoppiamento di un motore diesel con un alternatore.

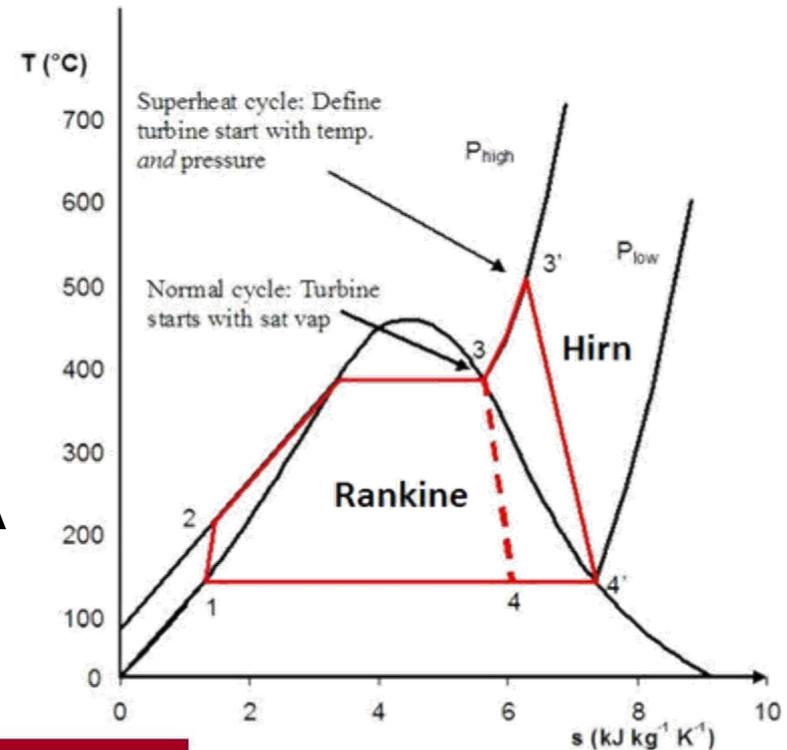
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

TURBOVAPORE



- S_p = POMPA DI ALIMENTAZIONE DELLA CALDAIA
- K_e = GENERATORE DI VAPORE
- T = TURBINA A VAPORE
- G = GENERATORE
- K_o = CONDENSATORE

T-s diagram for steam



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

TURBOVAPORE

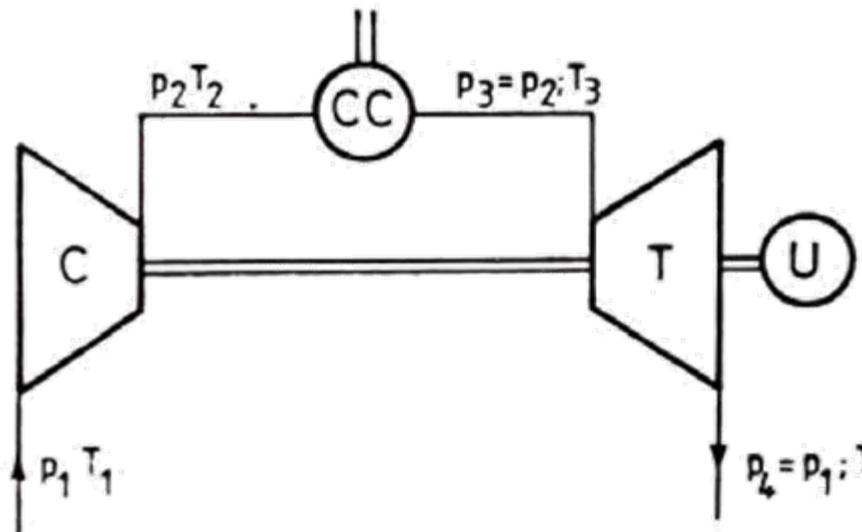
CARATTERISTICHE DEI GRUPPI TURBOALTERNATORI A VAPORE

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. DIMENSIONI: | contenute; |
| 2. TEMPO DI AVVIAMENTO: | molto lungo (ore); |
| 3. REGOLAZIONE NUMERO DI GIRI: | lenta; |
| 4. REGOLARITÀ COPPIA MOTRICE: | ottima; |
| 5. REGIME: | medio (≈ 3.000 giri/min); |
| 6. SOVRACCARICABILITÀ: | media ($\approx 30\%$); |
| 7. EFFICIENZA: | ottima ($>40\%$); |
| 8. COMBUSTIBILE: | molto vario (dal carbone al nucleare). |

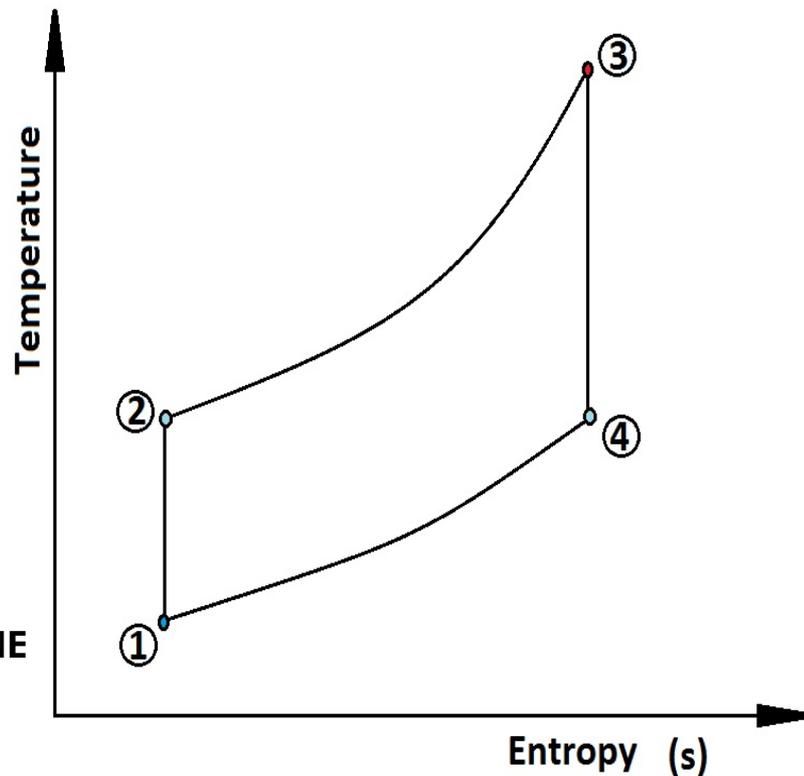
TROVA APPLICAZIONE NELLE CENTRALI PRINCIPALI

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

TURBOGAS



C = COMPRESSORE
 CC= COMBUSTORE – CAMERA DI COMBUSTIONE
 T = TURBINA A GAS
 U = UTILIZZATORE (GENERATORE)



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

TURBOGAS

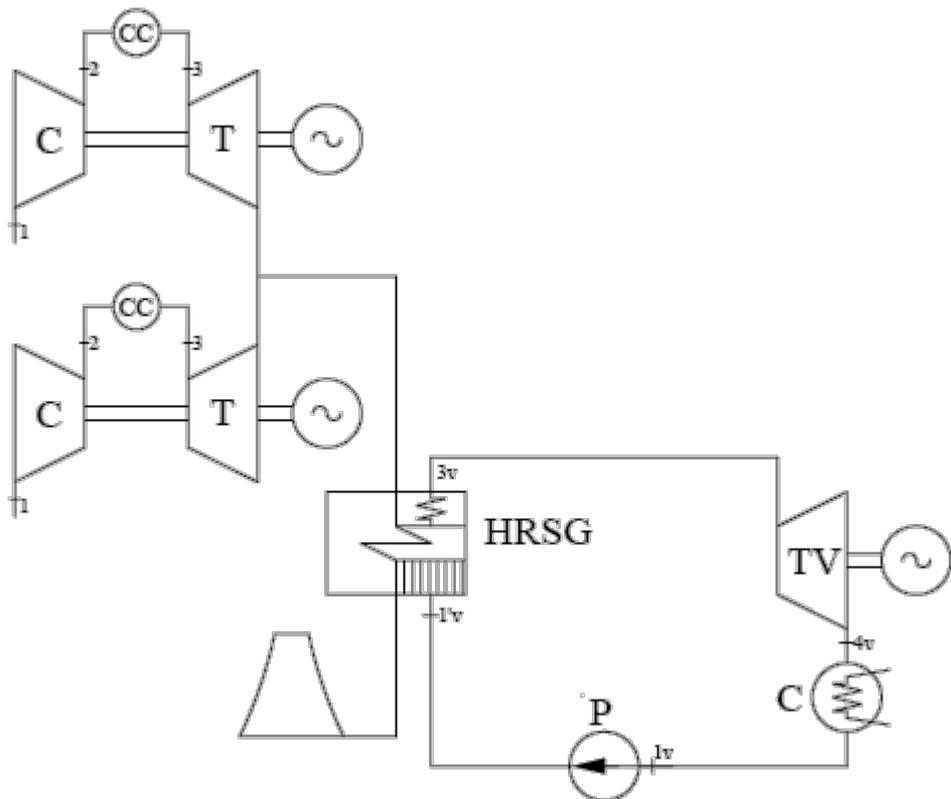
CARATTERISTICHE DEI GRUPPI TURBOALTERNATORI A GAS

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. DIMENSIONI: | molto contenute; |
| 2. TEMPO DI AVVIAMENTO: | rapidissimo (minuti); |
| 3. REGOLAZIONE NUMERO DI GIRI: | molto rapida; |
| 4. REGOLARITÀ COPPIA MOTRICE: | ottima; |
| 5. REGIME: | molto veloce (≈ 30.000 giri/min); |
| 6. SOVRACCARICABILITÀ: | media ($\approx 50\%$); |
| 7. EFFICIENZA: | buona ($\approx 30\%$); |
| 8. COMBUSTIBILE: | pregiato (Gas, kerosene, metano). |

TROVA APPLICAZIONE NELLE CENTRALI PRINCIPALI

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CICLO COMBINATO



CICLO TURBOGAS

C = COMPRESSORE

C_c = CAMERA DI COMBUSTIONE

T = TURBINA A GAS

CICLO TURBOVAPORE

C = CONDENSATORE

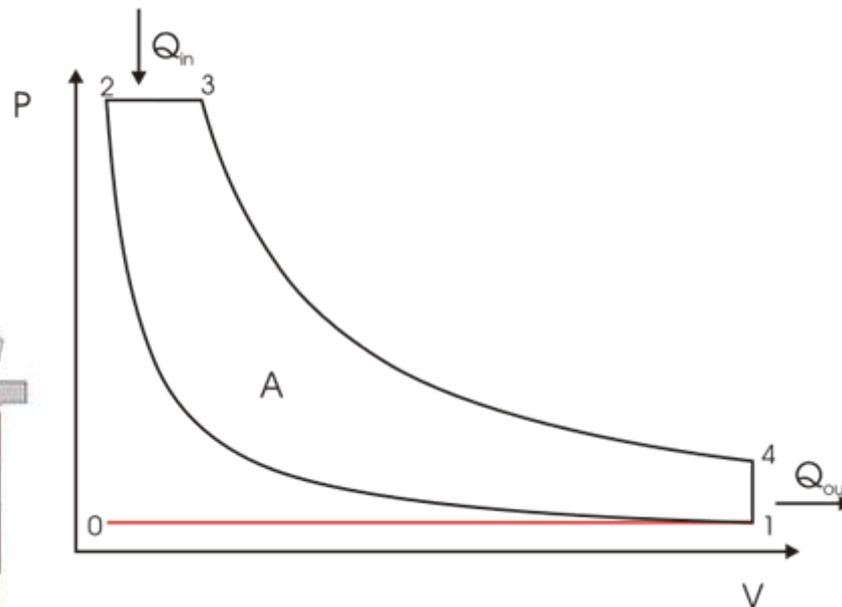
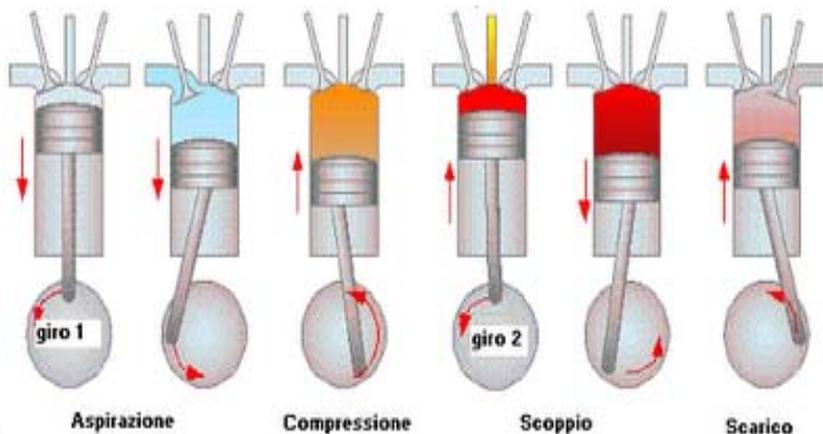
P = POMPA ACQUA CONDENSATA

HRSG = GENERATORE A RECUPERO

TV = TURBINA A VAPORE

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

GRUPPI ELETTROGENI DIESEL



03.03.2018 - REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

GRUPPI ELETTROGENI DIESEL

CARATTERISTICHE DEI GRUPPI DIESELALTERNATORI

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. DIMENSIONI: | medie; |
| 2. TEMPO DI AVVIAMENTO: | non autoavviante rapido (minuti); |
| 3. REGOLAZIONE NUMERO DI GIRI: | lenta; |
| 4. REGOLARITÀ COPPIA MOTRICE: | pulsante (risonanza con sist. elettrico); |
| 5. REGIME: | lento (600 – 1.800 giri/min); |
| 6. SOVRACCARICABILITÀ: | bassa ($\approx 10\%$); |
| 7. EFFICIENZA: | buona ($\approx 35\%$); |
| 8. COMBUSTIBILE: | Gasolio/Gas. |

TROVA APPLICAZIONE NELLE CENTRALI PRINCIPALI

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CELLE A COMBUSTIBILE

Una cella (o anche pila) a combustibile è un dispositivo elettrochimico che permette di ottenere energia elettrica diretta dalla combinazione chimica di alcuni elementi, tipicamente da idrogeno ed ossigeno, senza che avvenga alcun processo di combustione termica.

L'efficienza o rendimento delle pile a combustibile può essere molto alta ma i limiti tecnologici attuali sui processi di catalisi e la resistenza interna dei materiali pongono limiti pratici alla loro efficienza.

Attualmente, le migliori celle a combustibile si attestano sul 60% di efficienza.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

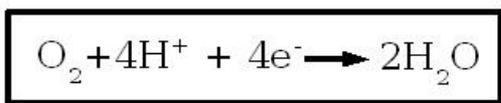
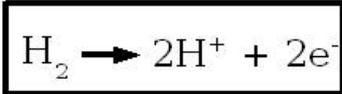
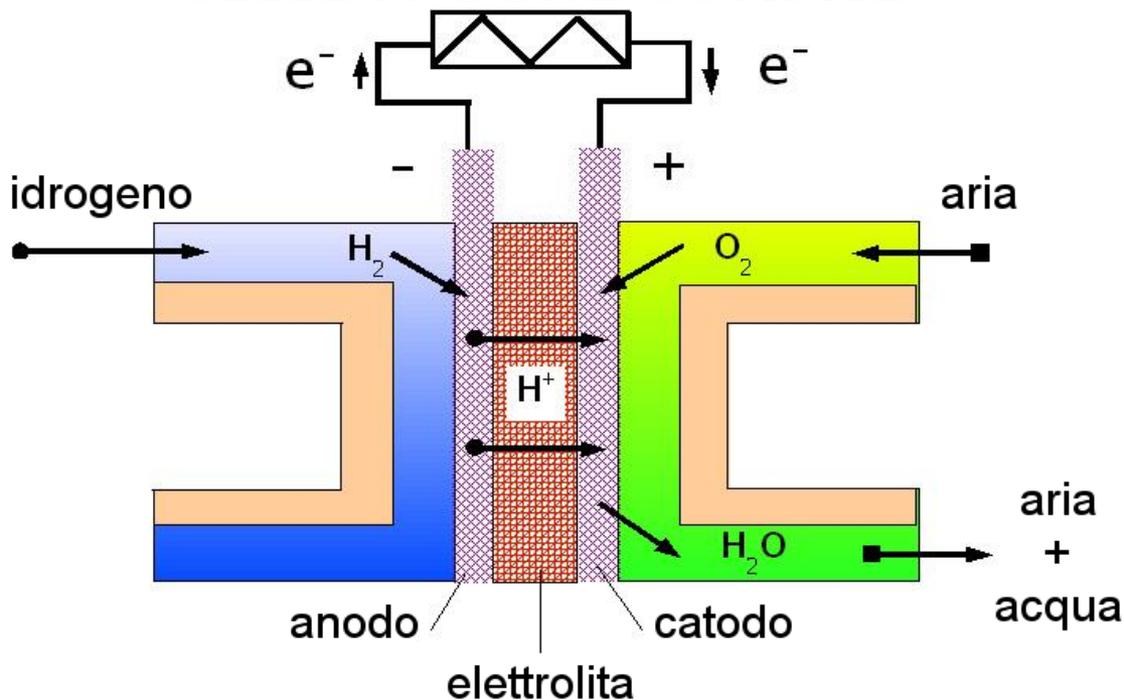
CELLE A COMBUSTIBILE

La reazione elettrochimica si basa sulla produzione di ioni positivi ed elettroni dalle molecole di combustibile e comburente. Gli elettroni passano dal circuito elettrico, fornendo la corrente, mentre gli ioni si combinano grazie ad un elemento intermedio – elettrolita – che contiene un catalizzatore che aiuta la reazione.

La corrente elettrica prodotta è proporzionale alla velocità della reazione chimica. Il calore prodotto è utilizzabile per la cogenerazione.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CELLE A COMBUSTIBILE



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

CELLE A COMBUSTIBILE

L'idrogeno è il tipico combustibile perchè può essere ionizzato facilmente, perché la sua molecola è costituita da due soli atomi legati da un legame relativamente debole (H-H)

Si usa anche il metano, ma deve subire prima un processo di reforming per liberare il Carbonio.

Il comburente usato è l'ossigeno dell'aria: non solo reagisce con l'idrogeno dando un prodotto innocuo come l'acqua, ma è anche disponibile in abbondanza e gratuitamente dall'atmosfera.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CELLE A COMBUSTIBILE

Esistono moltissimi tipi di celle a combustibile, sviluppate per le più diverse applicazioni:

Le pile a ossido solido (SOFC) che lavorano ad altissime temperature (da 800 a 1.000 °C) e sono costituite da materiali ceramici (applicazioni statiche). Si avviano lentamente (8 ore).

I combustibili nelle pile a ossido solido possono essere diversi: oltre all'idrogeno, anche gli idrocarburi e perfino il monossido di carbonio possono generarvi elettricità. L'alta temperatura può anche essere utilizzata a valle della pila per ottenere un ciclo combinato.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

CELLE A COMBUSTIBILE

Le Celle ad acido fosforico (PAFC), considerate una tecnologia "matura" e dalla quale non ci si aspettano ulteriori avanzamenti.

Le Celle alcaline (AFC), che non sono più considerate pratiche perché non tollerano la presenza di CO₂, presente nell'atmosfera.

Sono state usate nelle missioni Apollo e nello Space Shuttle.

Le Celle a carbonati fuso (MCFC), ad alta temperatura (circa 600 °C) presentano alti rendimenti ma hanno problemi di corrosione.

Le pile a metanolo diretto (DMFC) ed etanolo diretto (DEFC), a bassa temperatura, utilizzano un combustibile liquido (metanolo o etanolo) ed aria in ingresso preriscaldata a circa 80 °C. Come catalizzatori si usano leghe Platino-Rutenio e si ottengono densità di potenza superiore ai 100 mW/cm²

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOVOLTAICI

Il pannello fotovoltaico (detto anche modulo) è un dispositivo optoelettronico, composto da celle fotovoltaiche, in grado di convertire l'energia solare radiante in energia elettrica tramite effetto fotovoltaico. Normalmente i pannelli fotovoltaici in commercio, sono costituiti da 60, 72 oppure fino a 96 celle ognuno.

I moduli possono essere in silicio mono o poli-cristallini e prevedono che ogni cella fotovoltaica sia cablata in superficie con una griglia di materiale conduttore che ne capta gli elettroni liberati.

Ogni cella viene collegata alle altre mediante nastri metallici, in modo da formare opportuni circuiti in serie e in parallelo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOVOLTAICI

Nonostante il materiale base, il silicio, sia un materiale povero in quanto largamente disponibile in natura, il costo di produzione delle celle fotovoltaiche è alto perché le procedure di purificazione dell'ossido di silicio sono energivore e quindi costose.

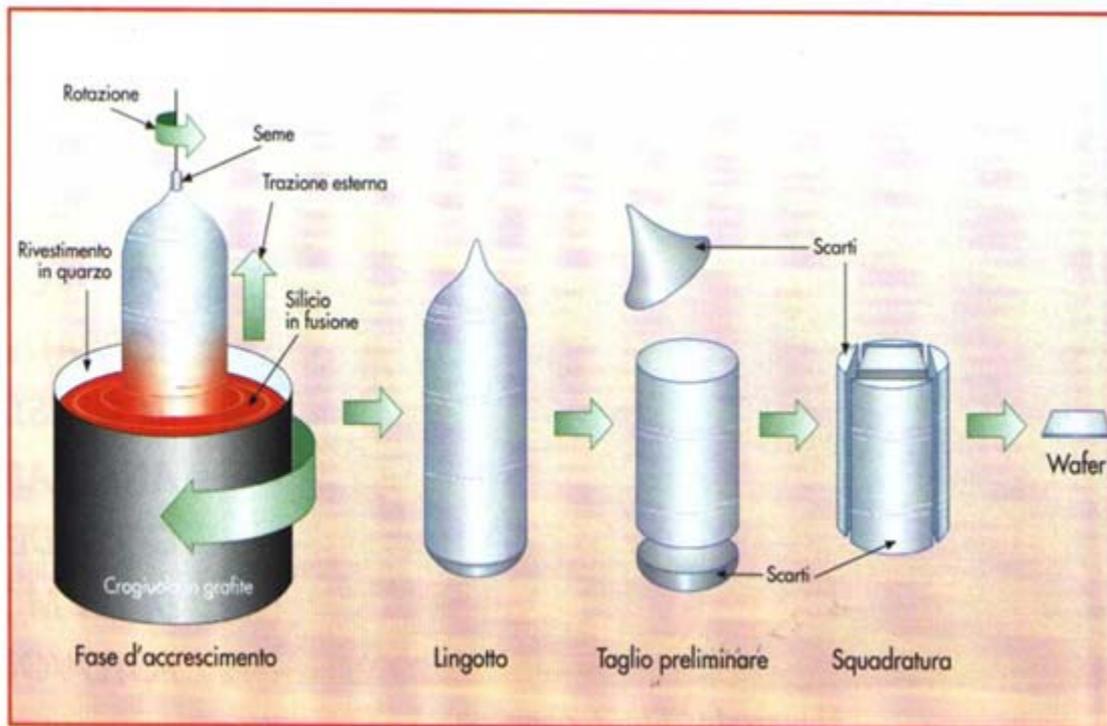
Le principali tipologie costruttive delle celle fotovoltaiche sono:

Silicio monocristallino: le celle presentano un'efficienza $>20\%$. Sono costose i wafer vengono tagliati da lingotti cilindrici.

Silicio policristallino: sono più economici, ma meno efficienti (15-17%), il vantaggio principale sta nella forma rettangolare per cui è possibile riempire la superficie del modulo per intero.

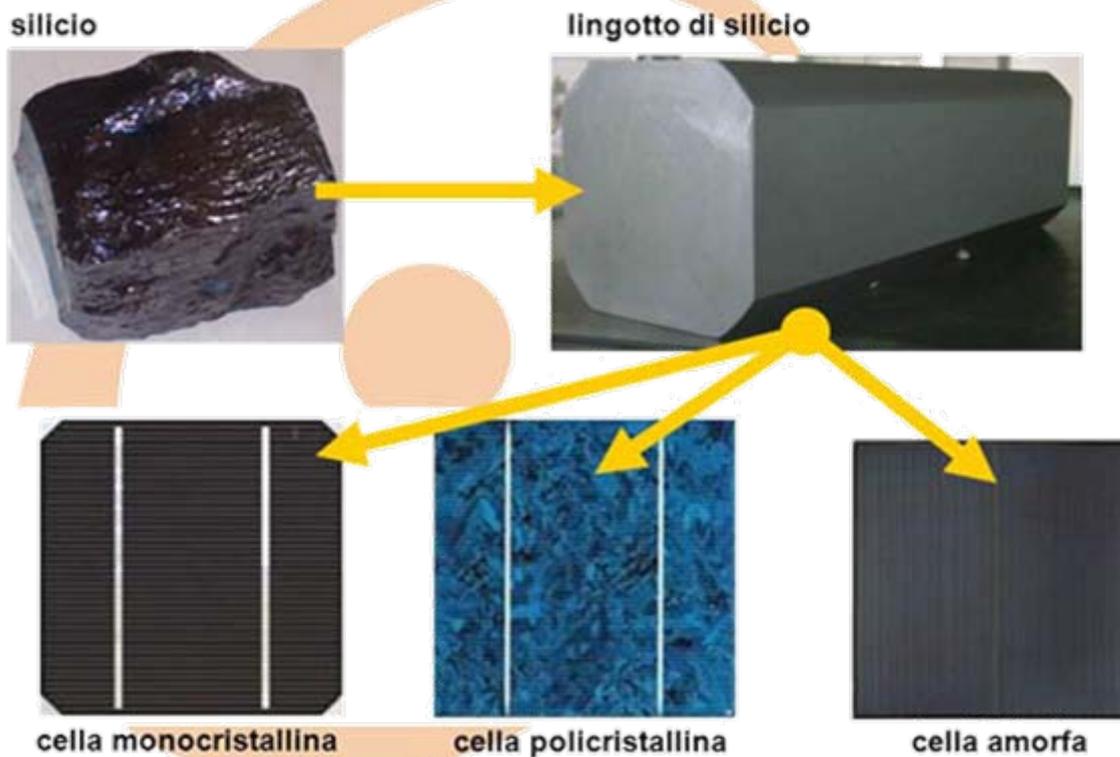
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOVOLTAICI



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOVOLTAICI



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOVOLTAICI

Silicio "ribbon" (a nastro): le celle sono preparate da silicio fuso colato in strati piani. Queste celle hanno un rendimento $< 15\%$ ma hanno il vantaggio di ridurre al minimo lo spreco di materiali. In alcuni casi si ricopre l'intero modulo con il materiale desiderato e si disegnano le celle successivamente con un laser.

Silicio amorfo: depositato da fase vapore, hanno un'efficienza bassa (8%), ma sono molto più economiche da produrre. Il silicio amorfo è più efficiente nell'assorbire la parte visibile dello spettro della luce solare, ma meno efficace nel raccoglierne la parte infrarossa.

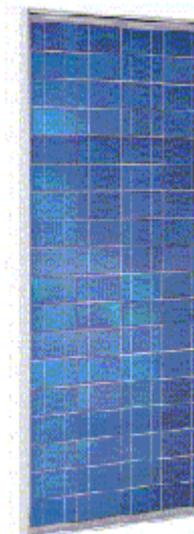
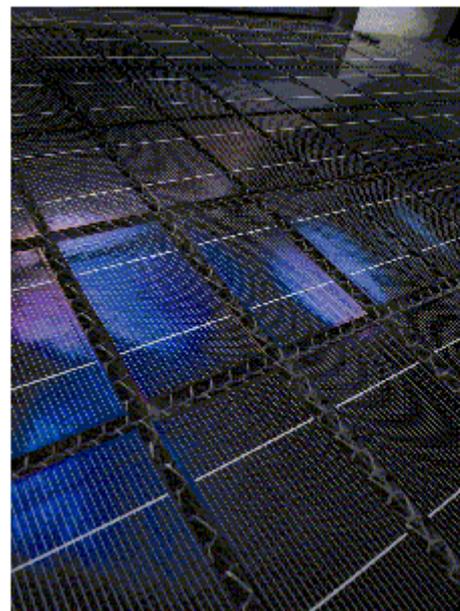
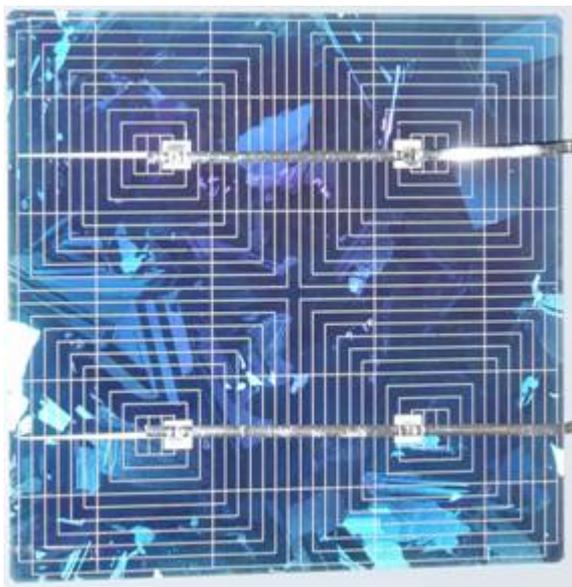
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

(ad es. Cu(InxGa1-x))
na il loro costo e ancora



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
S.p.A. - Via Villaggio Industriale, 10
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

PANNELLI FOTOVOLTAICI – SILICIO RIBBON



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone

PANNELLI FOTOVOLTAICI – SILICIO AMORFO



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOELETTOCHIMICI

Celle fotoelettrochimiche: realizzate per la prima volta nel 1991, furono concepite per imitare il processo di fotosintesi.

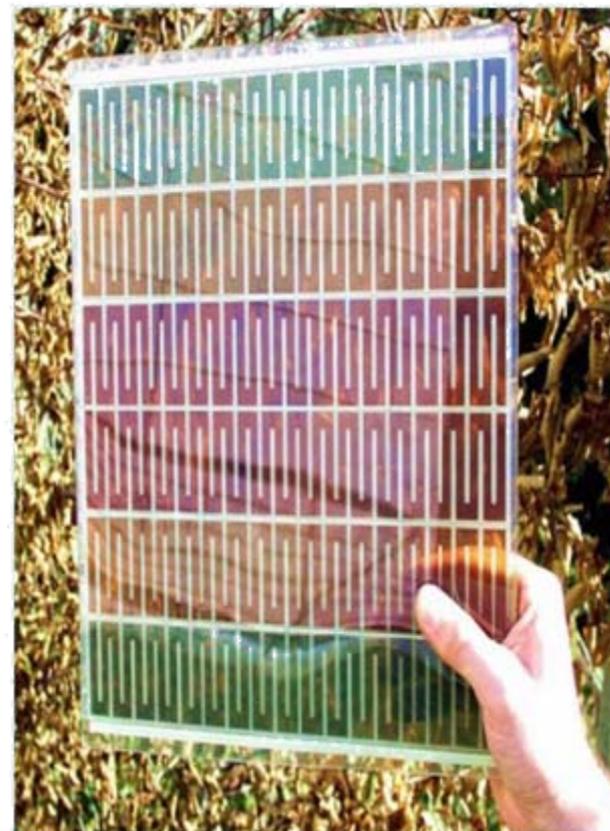
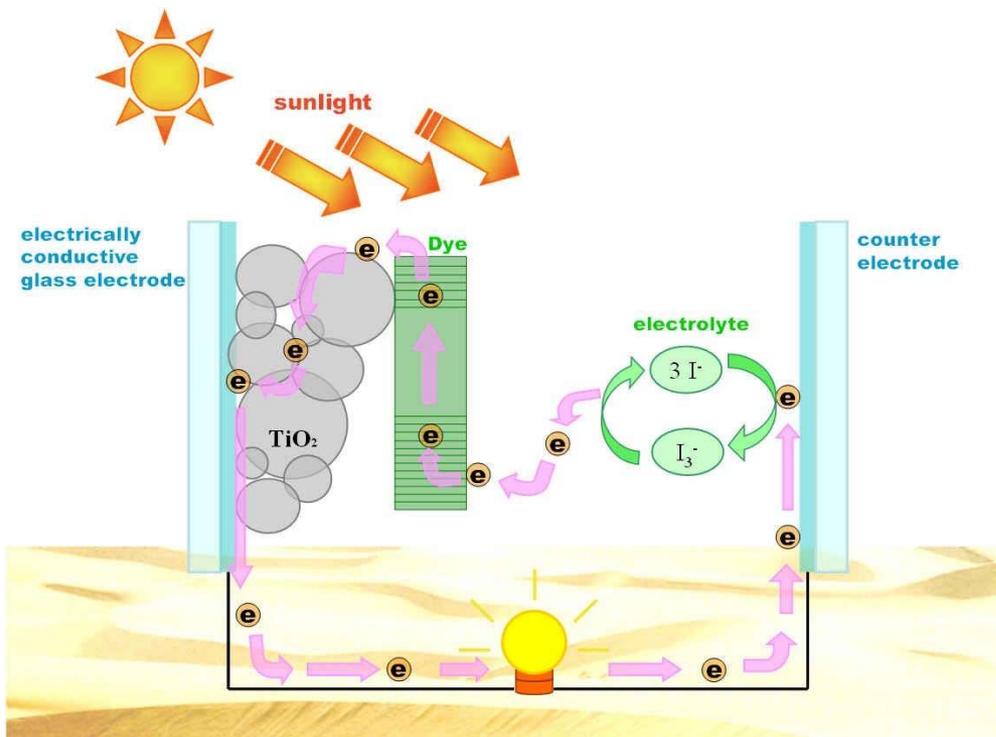
Sono note come Celle di GRAETZEL

Si usano materiali organici poveri e catalizzatori e la tecnologia di produzione è poco costosa. Tuttavia, i coloranti usati in queste celle si degradano se esposti al calore o alla luce ultravioletta.

Nonostante questo problema, questa è una tecnologia emergente con un impatto commerciale significativo a breve.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

PANNELLI FOTOELETTOCHIMICI



03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

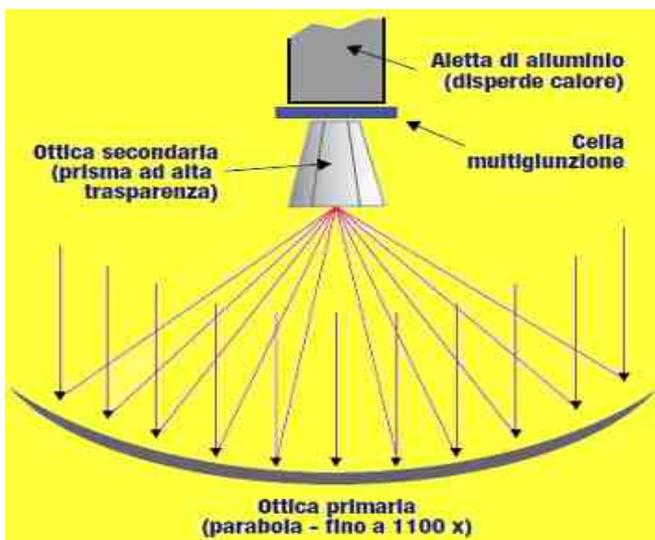
**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
 Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
 Esperto in Gestione dell'Energia
 Settore Civile e Industriale
 UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
 AJA Registrars Europe
 Certificazione delle Persone

PANNELLI A CONCENTRAZIONE

Cella fotovoltaica a concentrazione: unisce alle varie tecnologie fotovoltaiche, delle lenti a concentrazione solare che aumentano sensibilmente l'efficienza.



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI

Gli accumulatori di carica elettrica (batterie ricaricabili) sono batterie la cui carica può essere completamente ristabilita.

Le caratteristiche fondamentali sono la tensione ai morsetti (V) e la capacità (Ah).

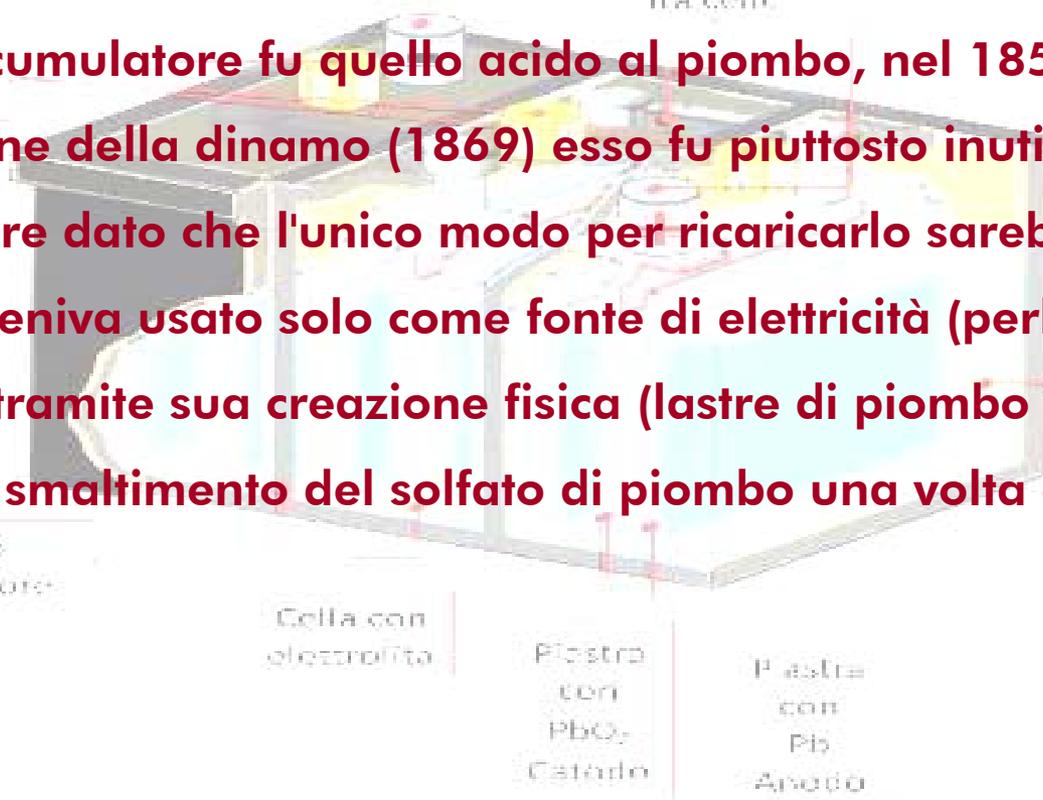
Alcuni tipi di batterie ricaricabili sono suscettibili di danni dovuti a una scarica completa (Pb, Li-ion) mentre altre devono essere ciclicamente scaricate a fondo per evitare l'effetto di isteresi.

Batterie di tensione e capacità uguale possono essere collegate tra loro sia in serie che in parallelo, mentre nel caso di capacità differenti, ma pari tensione possono essere collegate solo in parallelo.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI

Il primo accumulatore fu quello acido al piombo, nel 1859. Tuttavia fino all'invenzione della dinamo (1869) esso fu piuttosto inutile come accumulatore dato che l'unico modo per ricaricarlo sarebbe stato tramite altre pile; veniva usato solo come fonte di elettricità (perlopiù per il telegrafo), tramite sua creazione fisica (lastre di piombo immerse in acido solforico) e smaltimento del solfato di piombo una volta esaurita la carica.



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI

Ne esistono moltissimi tipi, con diverse capacità elettriche, differenti composizioni chimiche, forma e dimensioni:

Batteria piombo-acido; Batteria gel;

Batteria agli ioni di litio;

Batteria sodio-zolfo; Batterie nichel-ferro

Batteria nichel-metallo idruro (NiMH); Batterie nichel-cadmio (Ni-Cd);

Batteria sodio-metallo cloruro

Batteria nichel-zinco; Batteria argento-zinco

Batteria a sale fuso

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI – PIOMBO/ACIDO

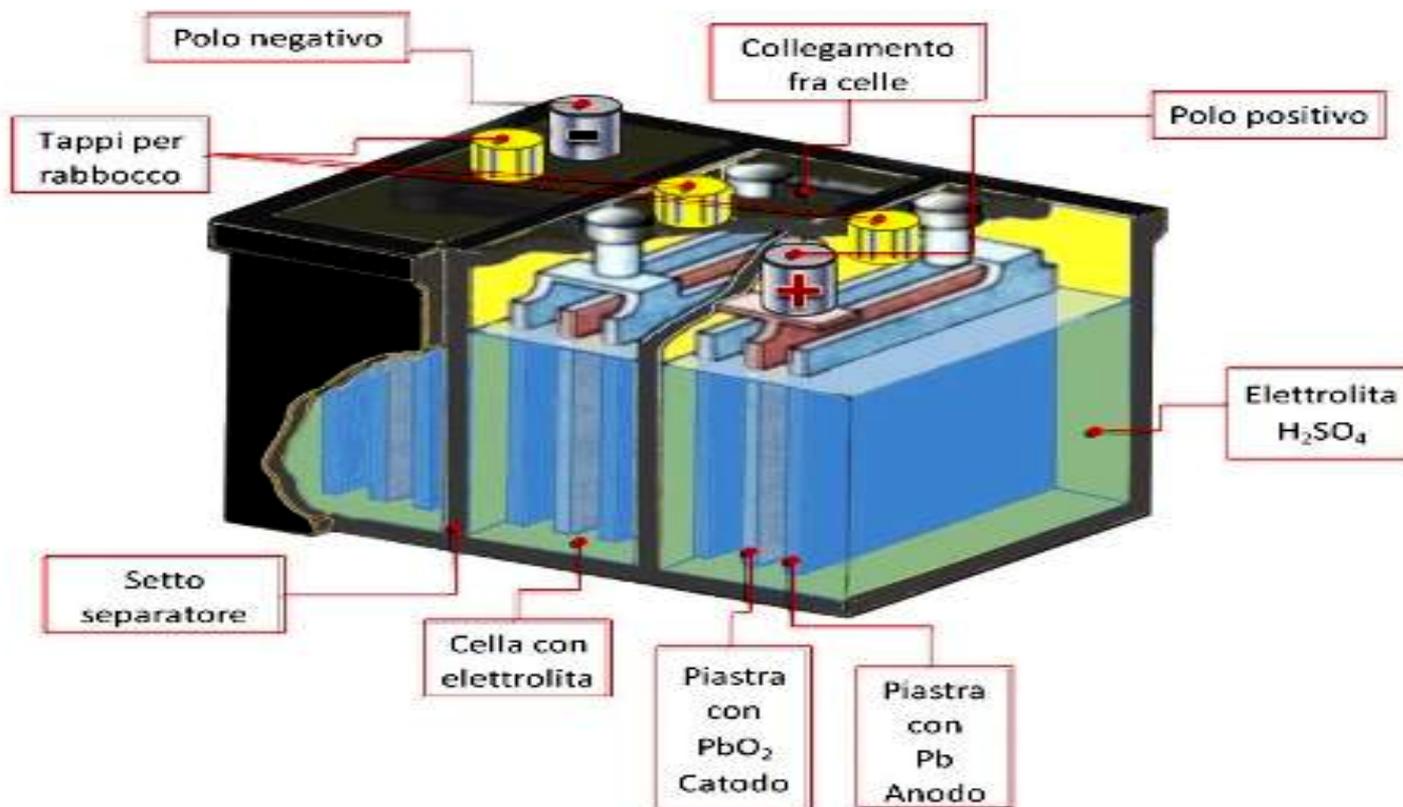
La batteria piombo-acido è stata la prima e più diffusa. La differenza di potenziale (ΔE) a circuito aperto e a piena carica ai poli di una singola cella piombo-acido è di 2,12 V; gli accumulatori costituiti da sei celle piombo-acido in serie generano una differenza di potenziale complessiva di 12,70 V.

Vantaggi: eroga correnti molto elevate, affidabile e di lunga vita, basso costo, funziona bene anche a basse temperature.

Svantaggi: il piombo è un metallo pesante ed è tossico. Perdita di capacità dovuta a stress meccanici. Non adatta a scariche troppo prolungate a causa del fenomeno della solfatazione. Le dimensioni e il peso ne limitano l'utilizzo nelle piccole applicazioni.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI – PIOMBO/ACIDO



03.03.2018 – REGGIO CALABRIA

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI – IONI DI LITIO

Gli accumulatori al litio, sono costituiti da un anodo in strati di grafite dove sono "immersi" atomi di litio, mentre il catodo è un sale di litio (solitamente LiMn_2O_4) e l'elettrolita è una soluzione di perclorato di litio LiClO_4 in etilencarbonato $\text{C}_2\text{H}_4\text{CO}_3$, un solvente organico.

Gli accumulatori al litio hanno densità energetica, numero di cicli di carica-scarica e prestazioni complessive parecchio maggiori rispetto alle altre ma costi più alti.

Vengono usati nei laptop, nei moderni telefoni e praticamente in tutti i dispositivi portatili ad alta tecnologia e non risentono dell'effetto memoria.

L'ultima generazione di tali batterie sarà largamente utilizzata per applicazioni mobili e fisse.

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

ACCUMULATORI ELETTRICI – IONI DI LITIO

Vantaggi: estremamente potente e leggera: solo 7 grammi di metallo producono fino a una mole di elettroni. Nessun “effetto memoria”.

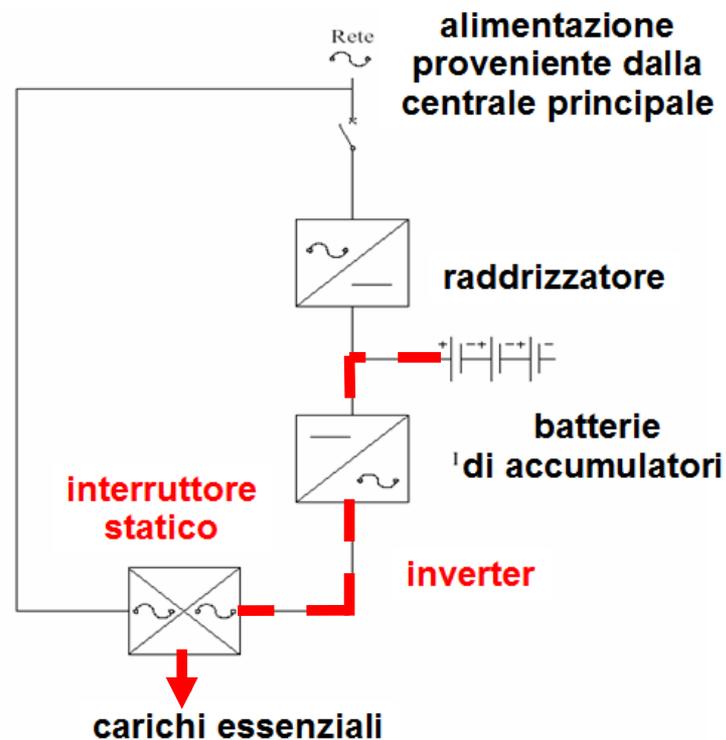
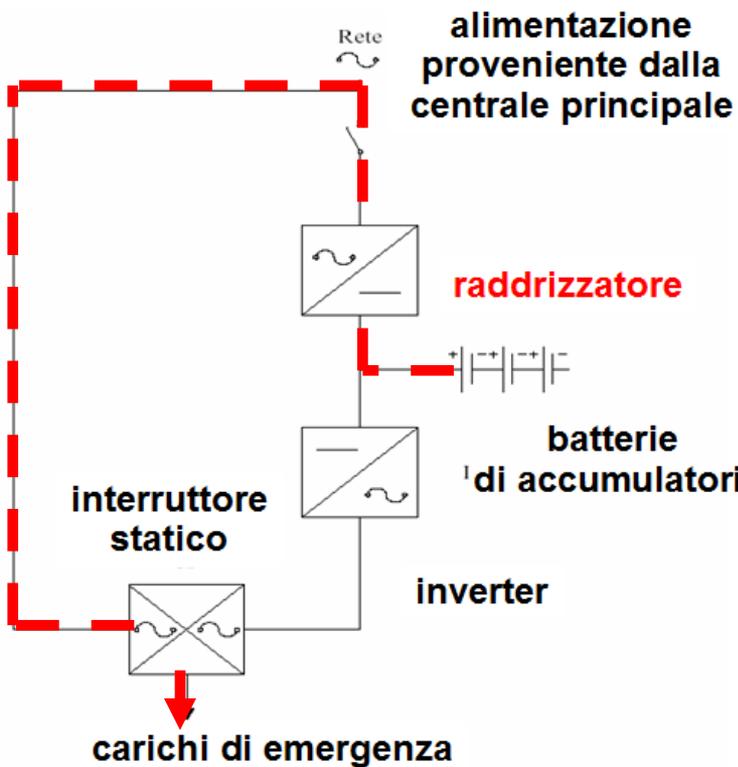
Svantaggi: piuttosto costosa, il solvente può essere infiammabile. Se non sono applicati alcuni accorgimenti possono esplodere in modo pericoloso.



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**

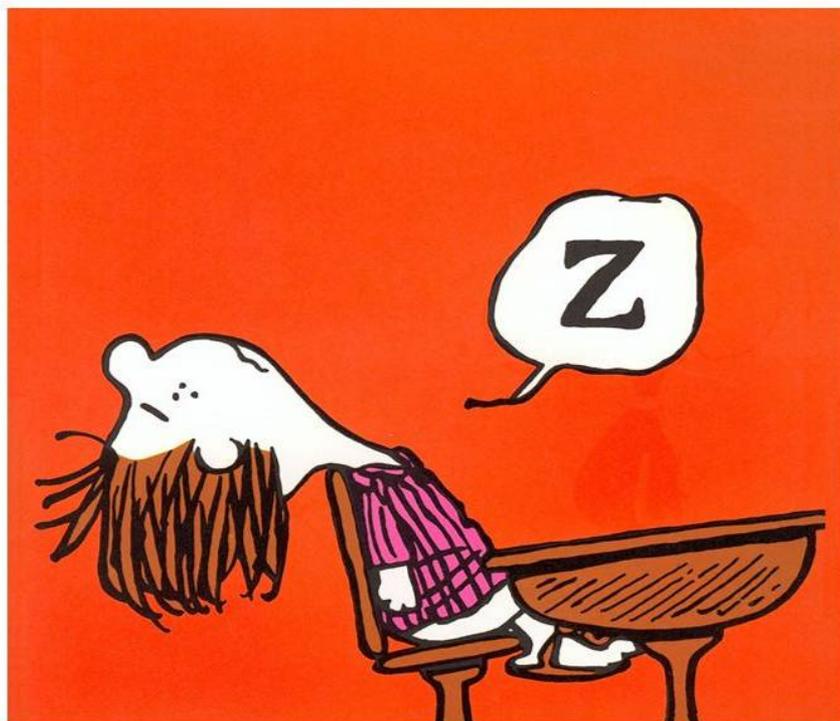
ACCUMULATORI ELETTRICI – APPLICAZIONI

03.03.2018 – REGGIO CALABRIA



**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
 ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
 5° modulo
 Fondamenti di energia**

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



<http://www.ingcorso.it>

**IV CORSO DI FORMAZIONE IN
ENERGY MANAGER NELLE IMPRESE
5° modulo
Fondamenti di energia**



Ing. Giuseppe Corso
Certificato N. XPERT-EGE/18/3109
Esperto in Gestione dell'Energia
Settore Civile e Industriale
UNI 11339 - D.Lgs. 102/2014 - D.D. 12/05/2015
AJA Registrars Europe
Certificazione delle Persone