



# Energie rinnovabili

*Federico Porcù ([federico.porcu@unibo.it](mailto:federico.porcu@unibo.it))  
Dipartimento di Fisica e Astronomia  
Università di Bologna*

# sommario



combustibili fossili (effetto serra);

**energia solare fotovoltaica;**

**energia solare termica;**

**energia eolica,**

**bio-combustibili,**

**energia marina.**

# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)



## Caratteristiche della generazione di energia da combustibili fossili

### aspetti positivi:

- alto rapporto energia prodotta/volume combustibile,
- sono facilmente trasportabili (solidi e liquidi),
- sono immagazzinabili con sicurezza,
- sono utilizzabili con tecnologia relativamente semplice,
- costano relativamente poco.

### aspetti negativi:

- sono inquinanti, anche se con l'utilizzo di macchine moderne questo problema si è notevolmente ridotto,
- incrementano la quantità di CO<sub>2</sub> in atmosfera,
- non sono risorse rinnovabili (velocemente).

# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)



## Emissioni in atmosfera

ossidi di zolfo (piogge acide) dalla combustione del carbone e sono abbattuti in: **pre-combustione** trattando il carbone (raro), **caldaia** tramite l'iniezione di composti del calcio che legano con lo zolfo per dare gesso inerte, **post-combustione** tramite lo scrubbing dei fumi con composti del calcio che formano gesso puro (preferita).

ossidi di azoto (nocivo, piogge acide) comune alle centrali a combustione. La produzione viene **limitata all'origine** tramite il disegno dei combustori, evitando porzioni di gas combusti ad eccessivamente alte temperature. In **post-combustione** si agisce con scrubber con ammoniaca o urea.

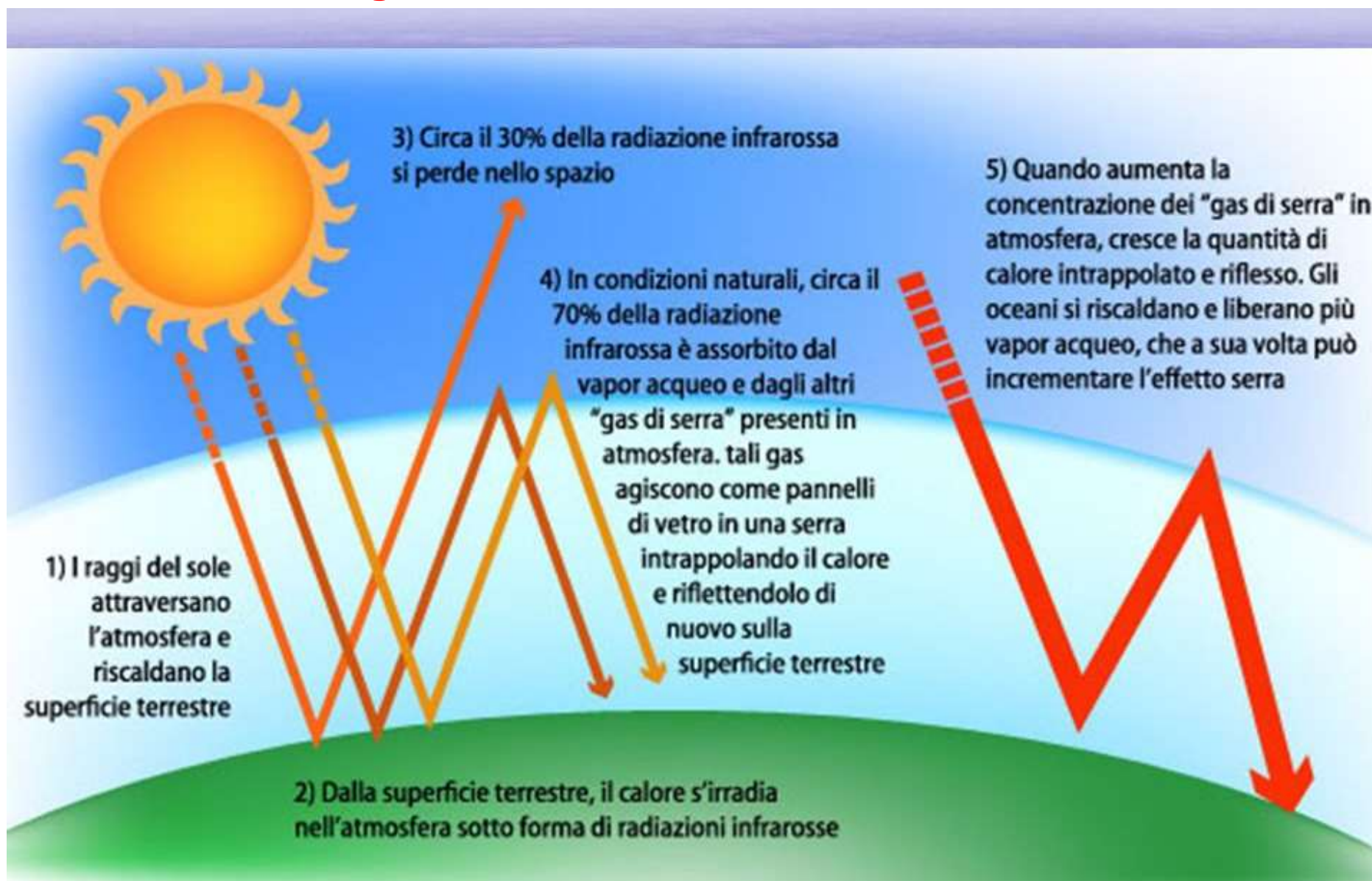
ceneri (carbone). La componente più **leggera** si abbatte con **filtri** elettrostatici e/o meccanici.

anidride carbonica (effetto serra) sequestro e stoccaggio del **carbonio**.

# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)



## Effetto serra sbagliato



# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)



## Effetto serra sbagliato




ISTITUTO MAGAZINE CATALOGO TRECCANI CULTURA TRECCANI

## effetto serra

Enciclopedie on line

Crea un ebook con questa voce | Scaricalo ora (0)

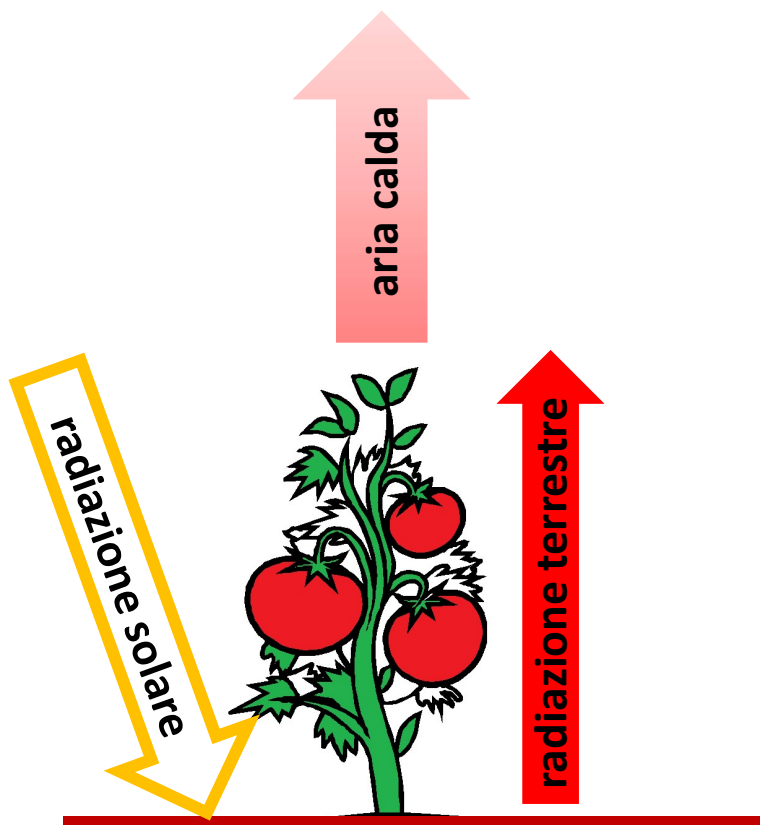
Condividi    

**effetto serra** Fenomeno che si produce allorché un certo mezzo (per es., il vetro con cui sono fatti i tetti delle serre) risulta trasparente alle componenti di breve lunghezza d'onda dello spettro della radiazione solare (per es., alla parte ultravioletta e visibile) ma è opaco rispetto a radiazioni di maggiore lunghezza d'onda come la radiazione infrarossa: un mezzo con queste caratteristiche **trattiene** la radiazione infrarossa emessa dai corpi riscaldati in seguito all'assorbimento della radiazione di minore lunghezza d'onda con un **conseguente aumento della temperatura** sottostante (fig. 1 )

# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)



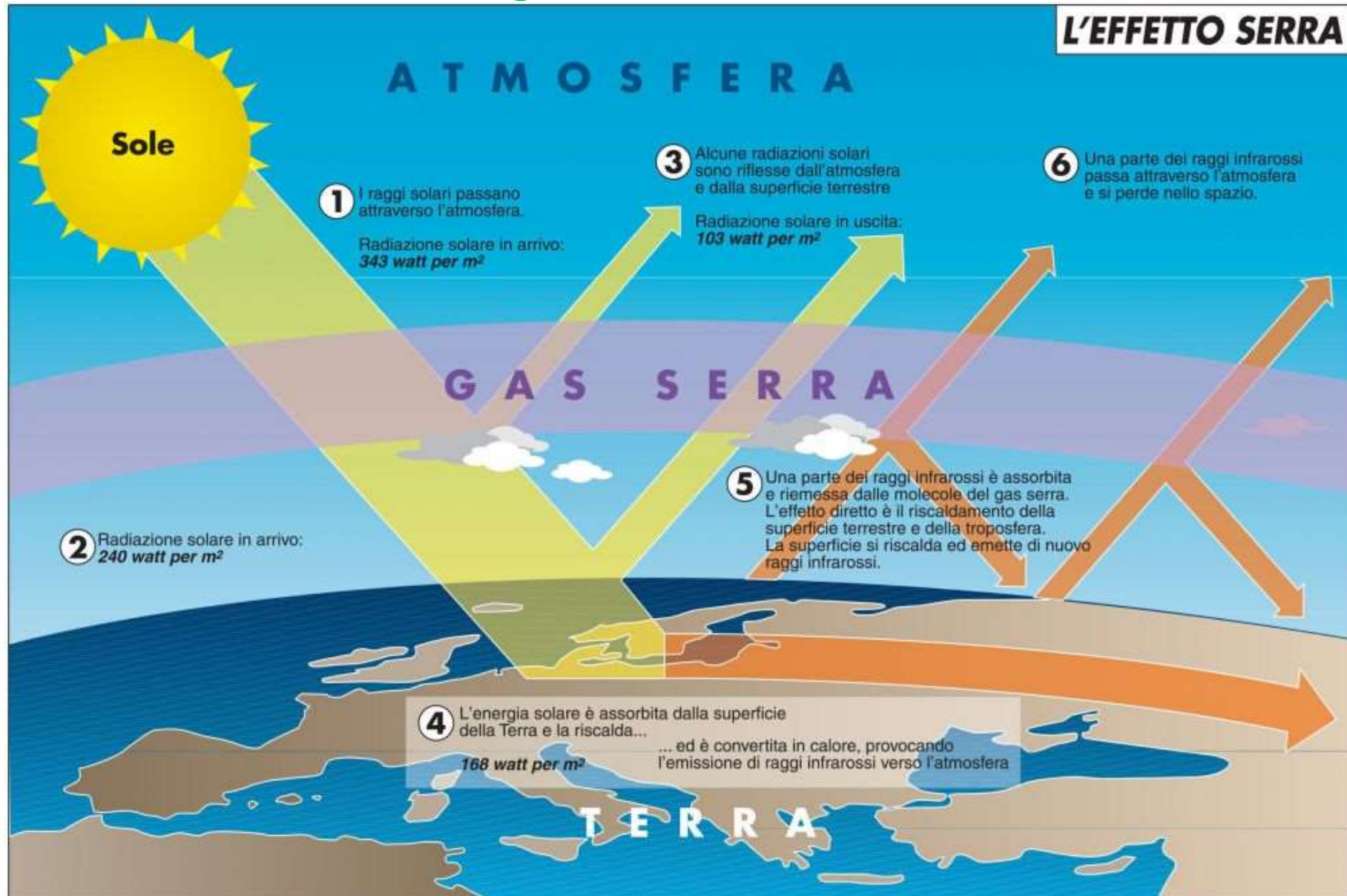
Serra per le piante



# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)



## Effetto serra abbastanza giusto





t1 **energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)**



**GHG**

Molecule	Structure	Permanent dipole moment	May acquire dipole moment
N <sub>2</sub>	N ● ——— ● N	No	No
O <sub>2</sub>	O ● ——— ● O	No	No
CO	C ● ——— ● O	Yes	Yes
CO <sub>2</sub>	O ● ——— ● C ——— ● O ← + →	No	Yes  (in two vibrational modes)
N <sub>2</sub> O	N ● ——— ● N ——— ● O	Yes	Yes
H <sub>2</sub> O	● O /    \ H ●                    ● H	Yes	Yes
O <sub>3</sub>	● O /    \ O ●                    ● O	Yes	Yes
CH <sub>4</sub>	●                    ● /    \                    /    \ H ●                    ● C                    ● H \    /                    \    / ●                    ● H                    H	No	Yes  (in two vibrational modes)

## Diapositiva 9

---

t1

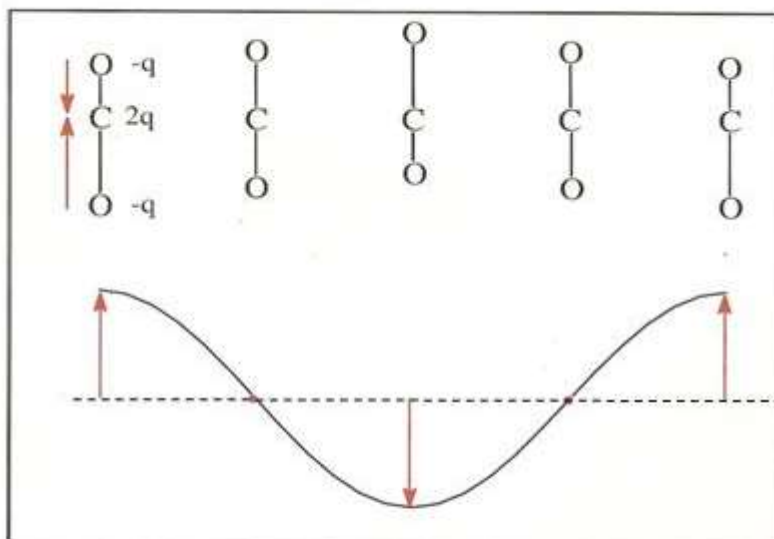
tecnic, 28/05/2019

# energia da combustibili fossili (carbone, gas, petrolio)

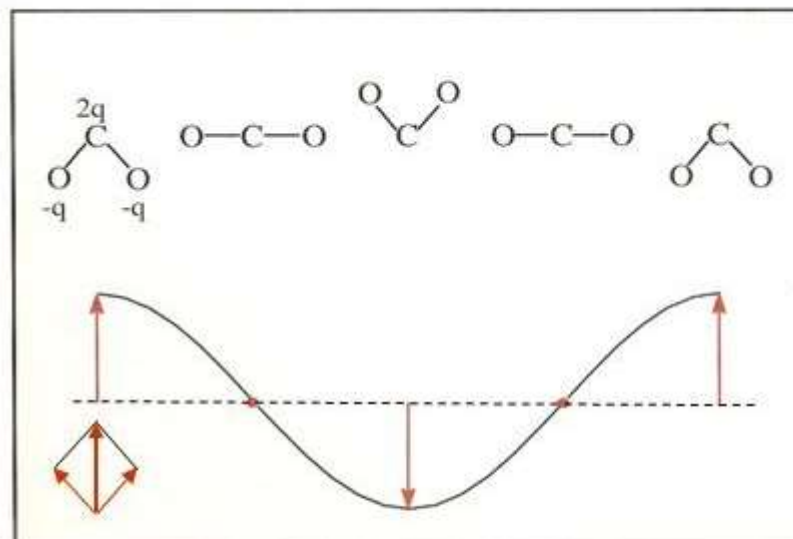
GHG



*Modi otticamente attivi*



Stiramento asimmetrico



Piegamento

# energia solare fotovoltaica



Il **pannello fotovoltaico** sfrutta le proprietà di particolari elementi **semiconduttori** per produrre energia elettrica quando sollecitati dalla luce.

I pannelli solari fotovoltaici convertono la luce solare **direttamente** in energia elettrica. Questi pannelli sfruttano **l'effetto fotoelettrico** e hanno una efficienza di conversione che arriva fino al **32,5%** nelle celle da laboratorio.

In pratica, una volta ottenuti i pannelli dalle celle e una volta montati in sede, l'efficienza è in genere del **13-15%** per pannelli in silicio cristallino e non raggiunge il 12% per pannelli in film sottile.

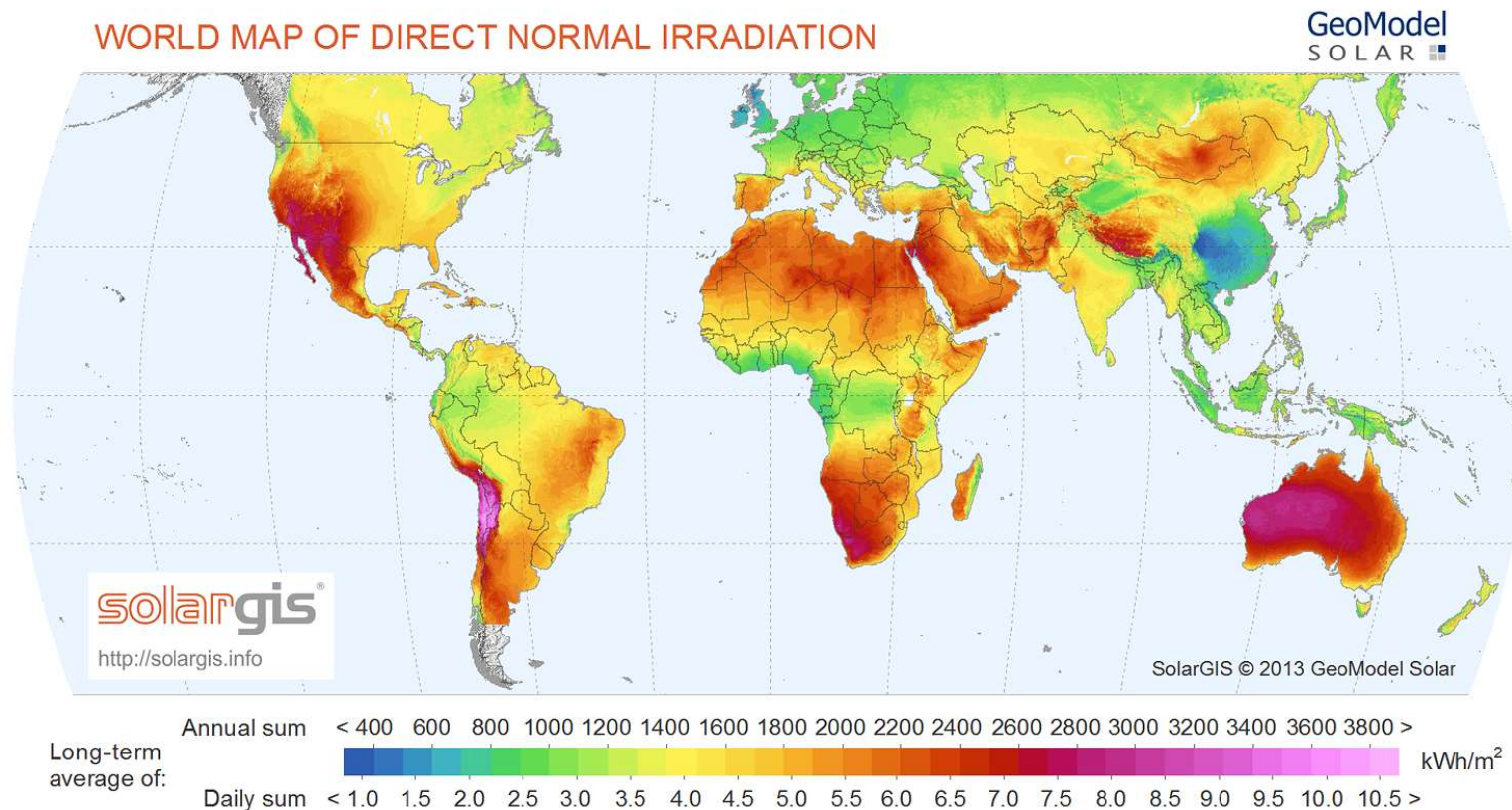
I prodotti commerciali più efficienti, utilizzando celle a multipla giunzione o tecniche di posizionamento dei contatti elettrici sul retro della cella raggiungono il **19-20%**. Questi pannelli, non avendo parti mobili o altro, necessitano di **pochissima manutenzione**: in sostanza vanno solo puliti periodicamente. La durata operativa stimata dei pannelli fotovoltaici è di circa **30 anni**.

# energia solare fotovoltaica



Il difetto principali di questi impianti è il costo dei pannelli, in particolare per la purificazione del biossido di silicio necessaria per ottenere Si ad alta purezza, cioè con impurità inferiori ad 1 ppb.

Il secondo problema è che l'energia viene prodotta solo durante le ore di luce e quindi non è adatta per qualunque situazione, essendo l'elettricità difficilmente accumulabile in grandi quantità.



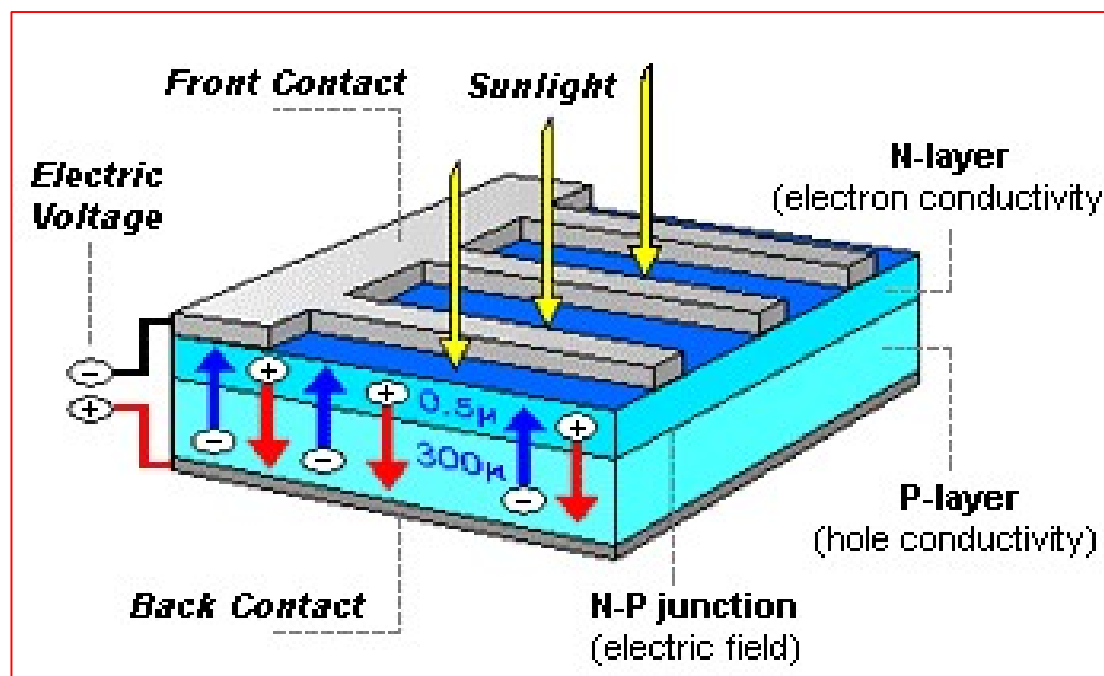
# energia solare fotovoltaica



La cella fotovoltaica utilizza l'effetto fotoelettrico: I fotoni della luce solare, quando colpiscono la cella fotovoltaica, possono essere riflessi, assorbiti, o attraversarla.

Un fotone assorbito produce calore oppure, se ha sufficiente energia, libera un elettrone dallo stato legato spingendolo nella banda di conduzione.

Le coppie elettrone-lacuna così prodotte, risentono del campo elettrico, vengono spinte in direzioni opposte (l'elettrone, nella banda di conduzione, verso la zona N; la lacuna, nella banda di valenza, verso la zona P), dando origine ad un flusso elettronico che, se collegato a conduttori in un circuito chiuso, si traduce in corrente elettrica.



# energia solare fotovoltaica

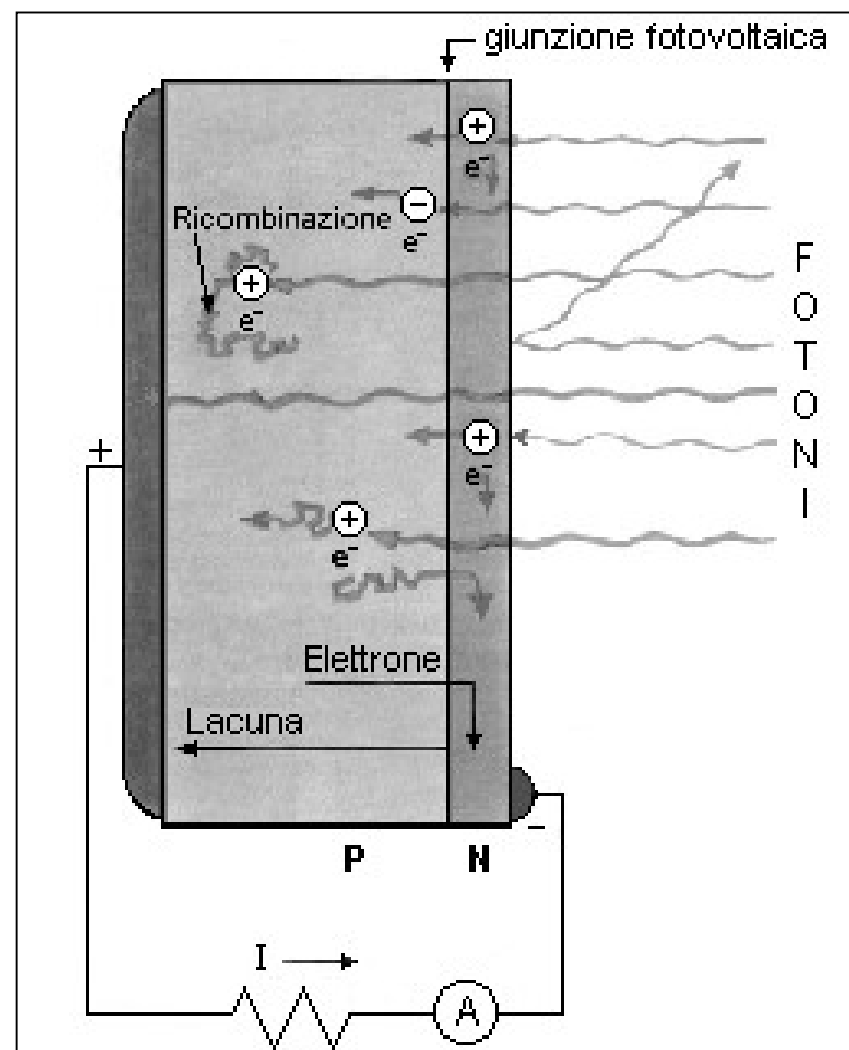


Quindi la cella fotovoltaica genera direttamente corrente elettrica.

Una cella fotovoltaica è sostanzialmente un diodo di grande superficie.

Esponendola alla radiazione solare, la cella si comporta come un generatore di corrente.

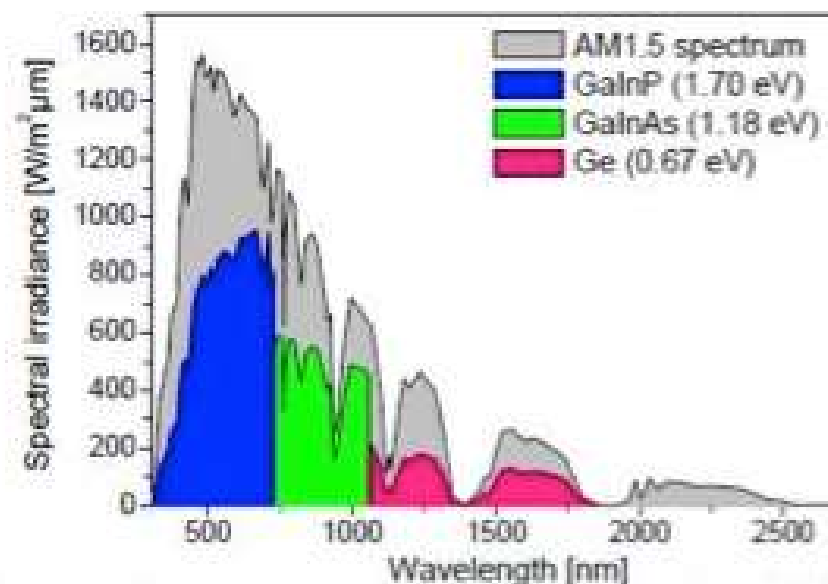
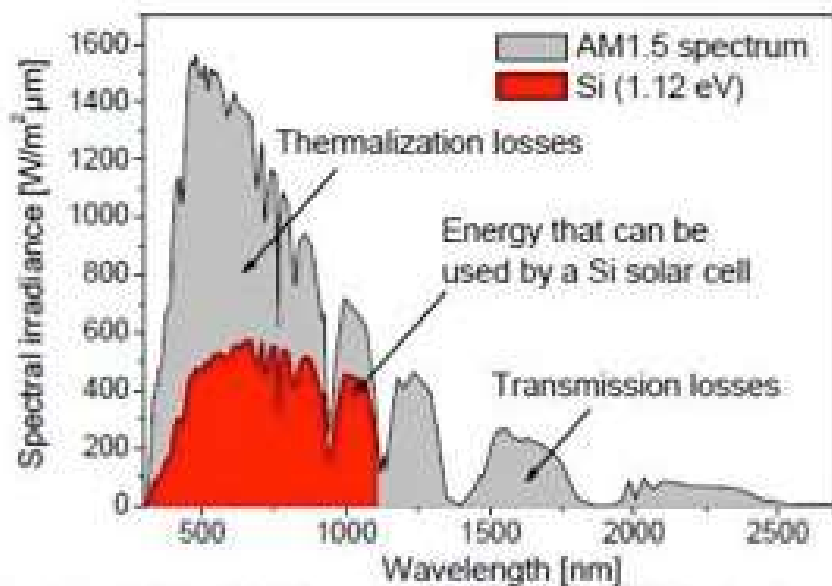
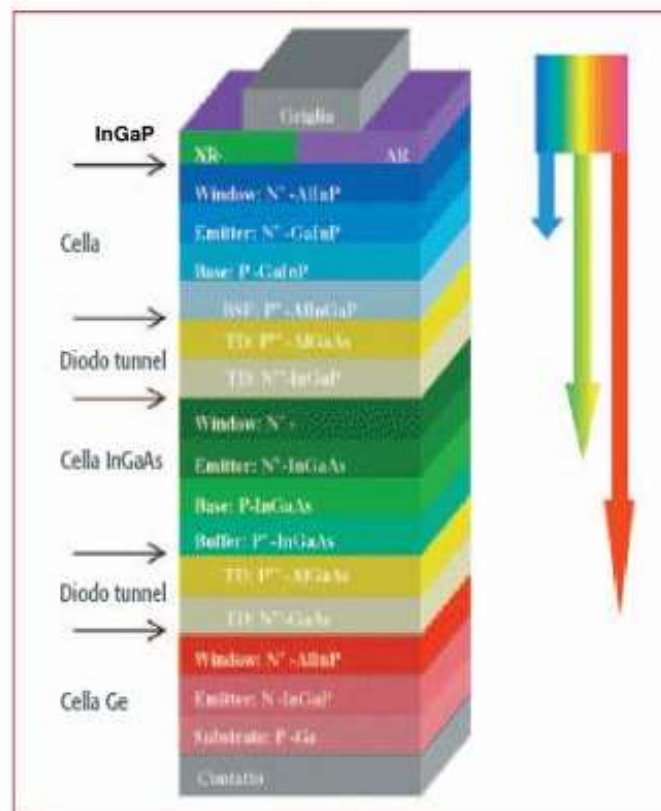
Ogni cella produce una tensione di circa 0.6 V



# energia solare fotovoltaica

## Pannelli multigiunzione:

diversi semiconduttori si attivano in differenti bande dello spettro solare

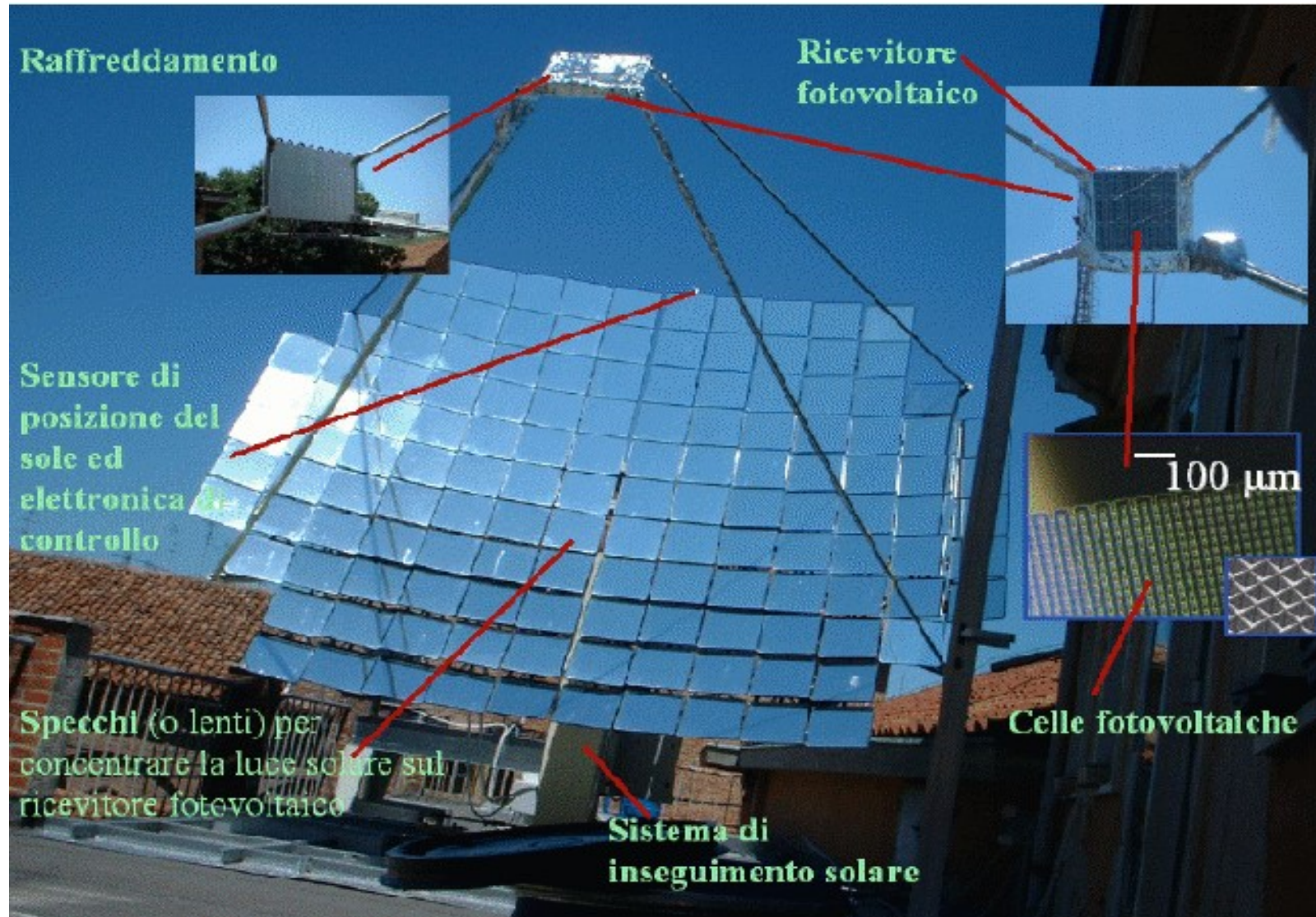




# energia solare fotovoltaica



**Pannelli a concentrazione:** la radiazione solare viene concentrata su piccoli pannelli solari

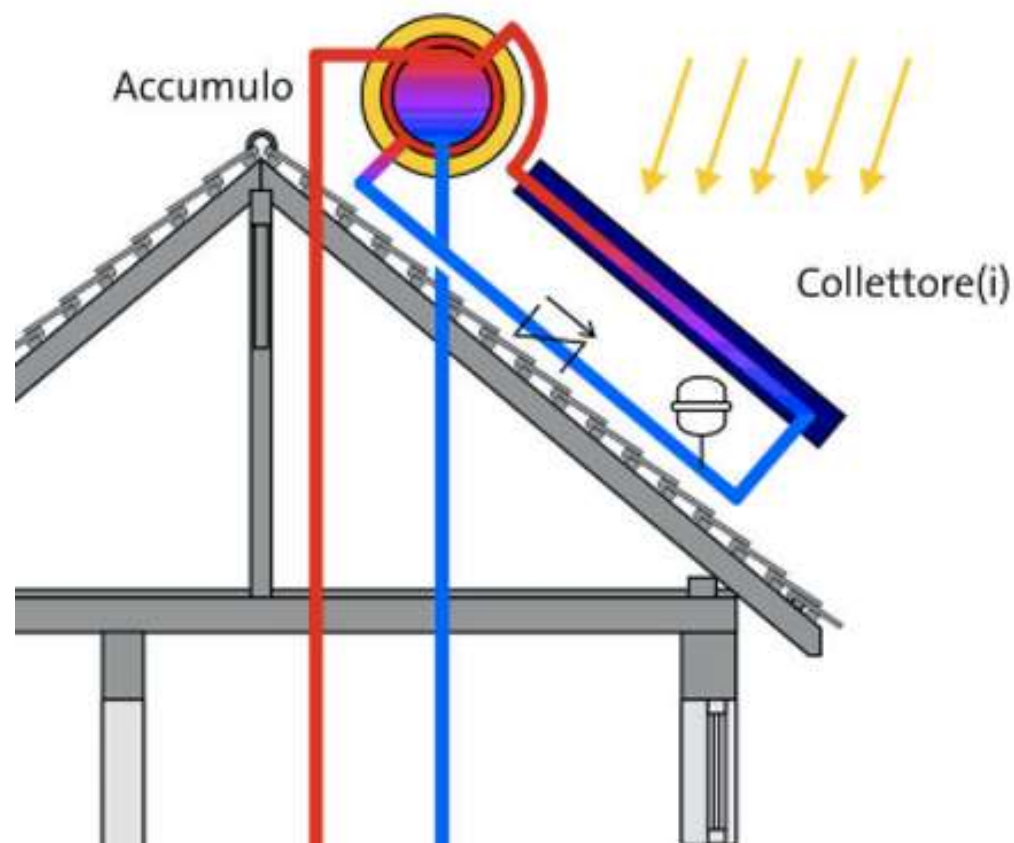




# energia solare termica



Si sfrutta l'energia solare direttamente per riscaldare l'acqua, per usi domestici o industriali



# energia solare termica



# energia solare termodinamica



Il fluido che si riscalda è una miscela di sali fusi (nitrati di sodio e di potassio) che raggiungono i 550°

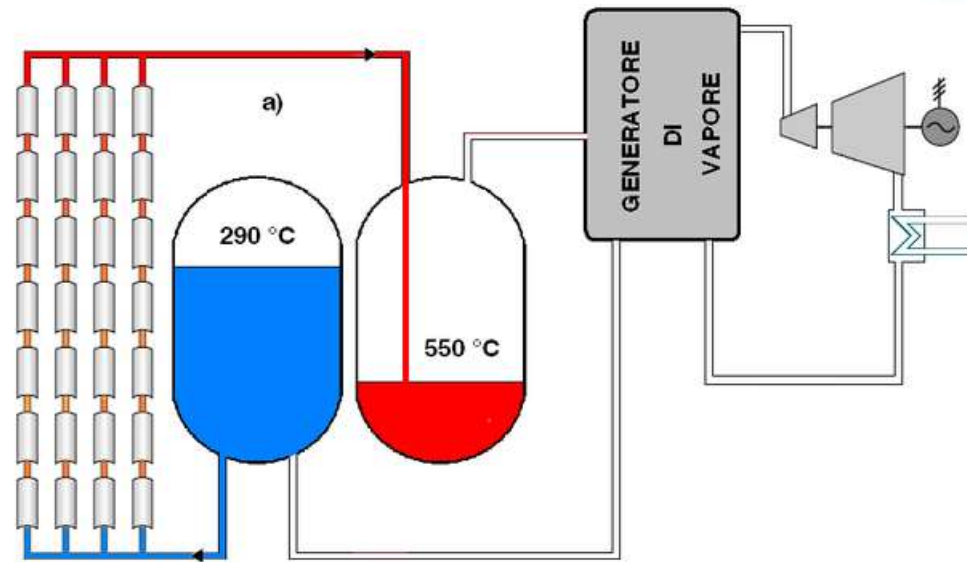


# energia solare termodinamica

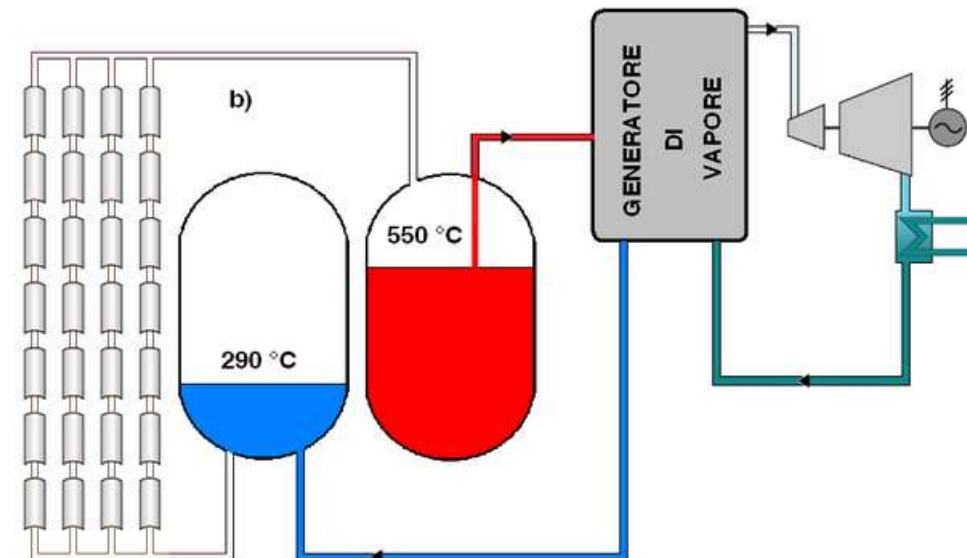


Esempio di un impianto per la produzione di energia elettrica, con le due fasi indicate:

- a) Carica del serbatoio caldo
- b) Scarica.



E' possibile l'integrazione di questo tipo di impianti con altri generatori.



# energia eolica



Per energia eolica si intende l'energia ricavata dal movimento delle masse d'aria atmosferiche, generati da gradienti di pressione/temperatura.

Vi sono diverse geometrie possibili per ottenere energia dal vento:

asse orizzontale (1, 2, 3 pale)



asse verticale (varie forme)



# energia eolica



Ricaviamo la potenza meccanica fornita da una massa d'aria di densità  $\rho$  e velocità  $v$  ad un rotore con pale di raggio  $r$

$$E = \frac{1}{2} m v^2$$

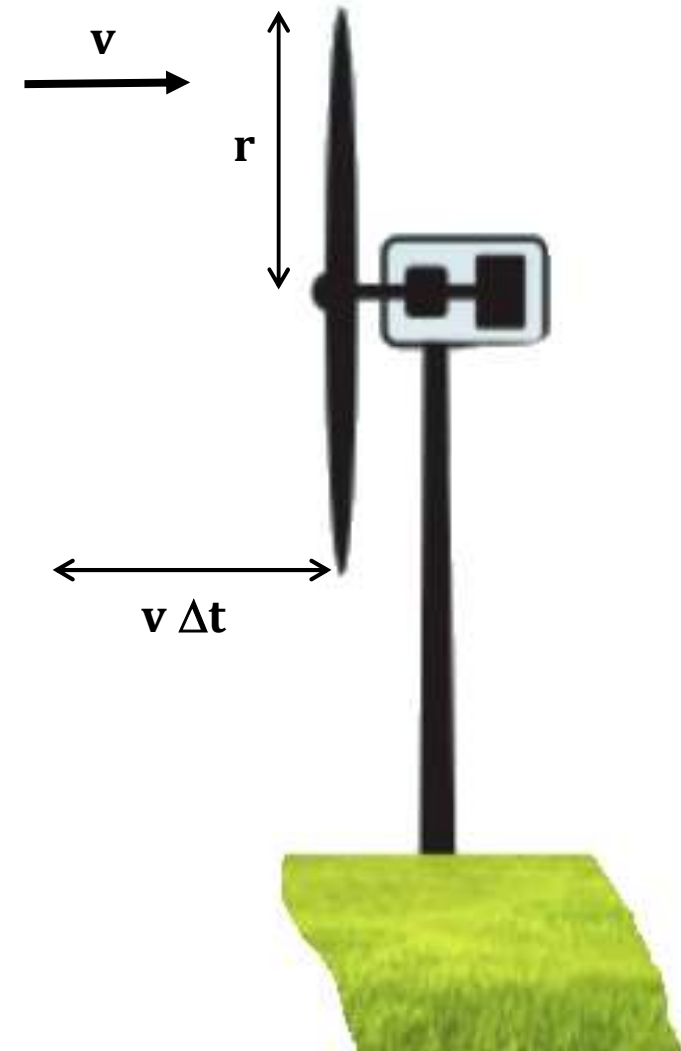
$$\Delta E = \frac{1}{2} \Delta m v^2 = \frac{1}{2} \rho \Delta V v^2$$

$$\Delta V = \pi r^2 v \Delta t = A v \Delta t$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} \rho A \Delta t v^3$$

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

il che significa che la potenza è maggiore se l'aria è più densa (a bassa quota e temperatura bassa), se la pala è grande ( $r$  grande) e se la velocità del vento è grande.





# energia eolica



L'efficienza massima di un impianto eolico può essere calcolata utilizzando la Legge di Betz, che mostra come l'energia massima che un generatore eolico qualunque può produrre sia il 59,3% di quella posseduta dal vento che gli passa attraverso.

$$P_e = w P \quad w = 16/27 \text{ coefficiente di carico}$$

Tale efficienza è il massimo raggiungibile e un aerogeneratore con un'efficienza compresa tra il 40% al 50% viene considerato ottimo.

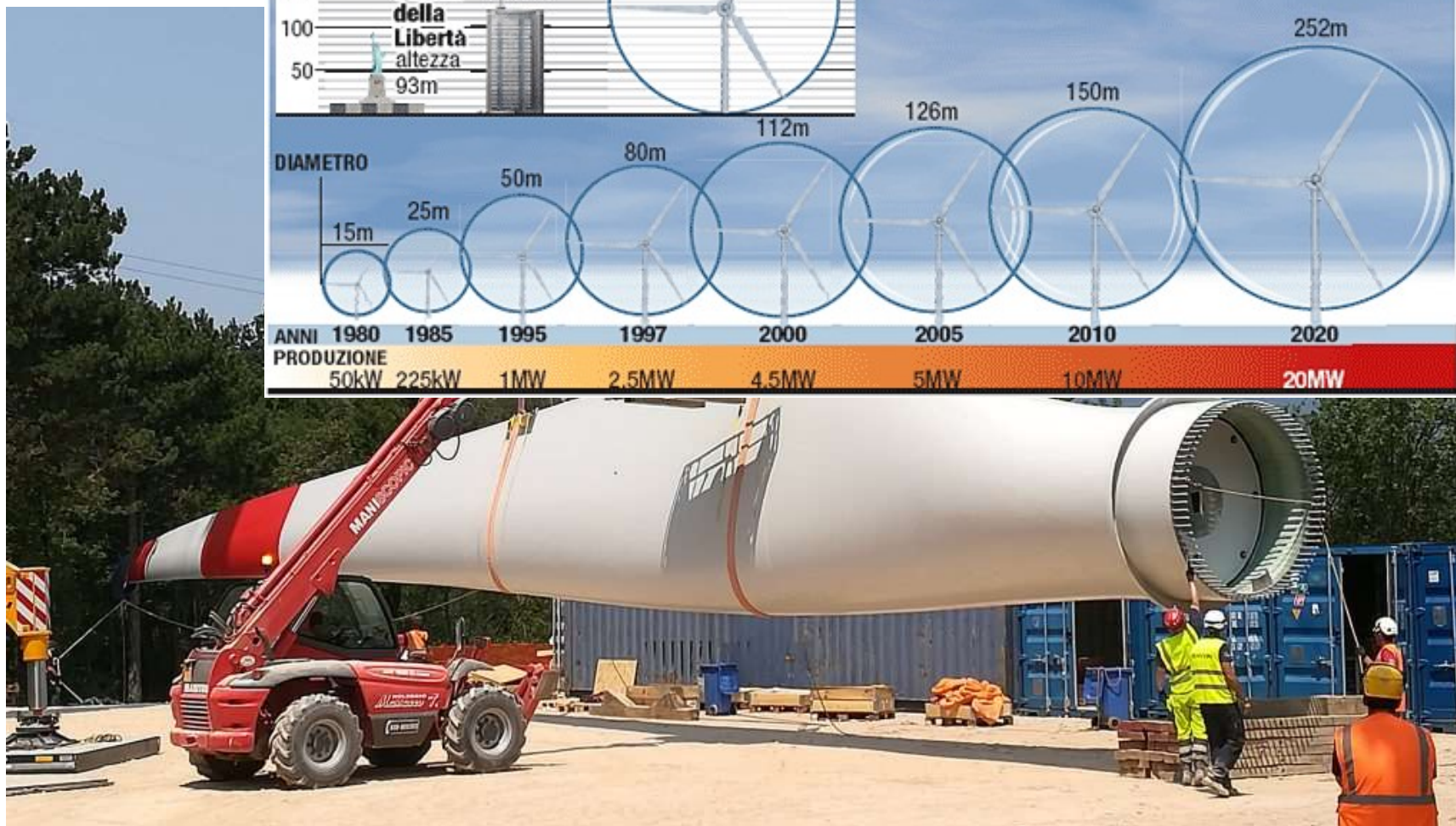
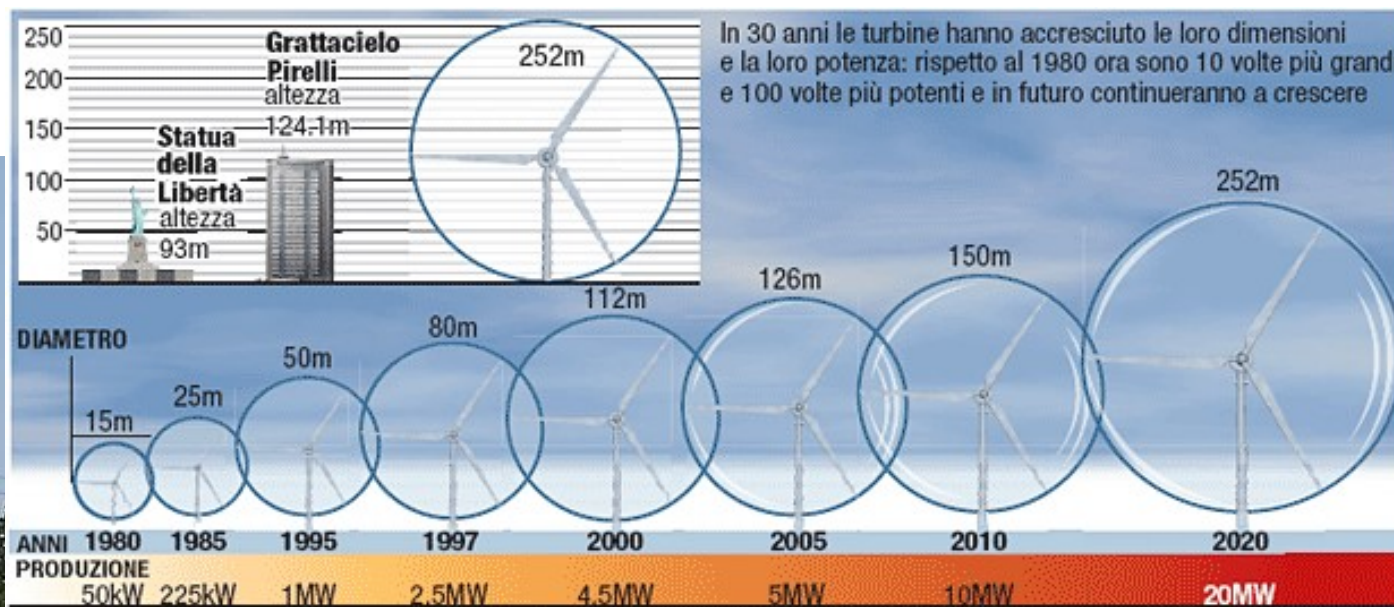
Altri approcci riguardano:

- generatori ad alta quota (venti più intensi)
- uso di nastri vibranti (micro generatori)

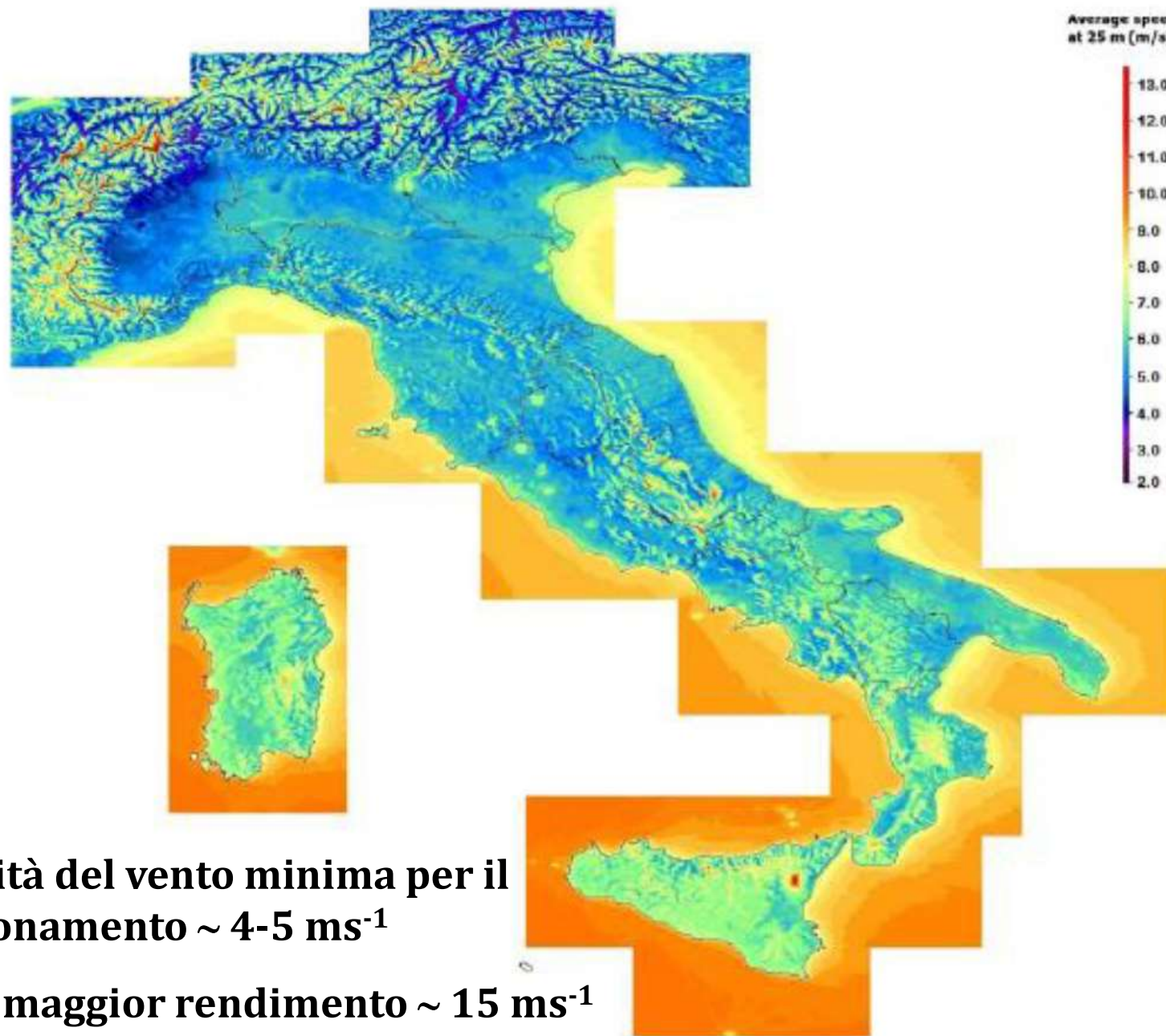
# energia eolica



Le centrali eoliche sono formate da rotori con pale sempre più grandi  
( $P \propto r^2$ )



# energia eolica



# energia da bio-carburanti



La prima generazione dei bio-combustibili comprende tutte quelle sostanze prodotte dalla fermentazione di **zuccheri** derivati dalle piante (mais, barbabietola, tapioca...)

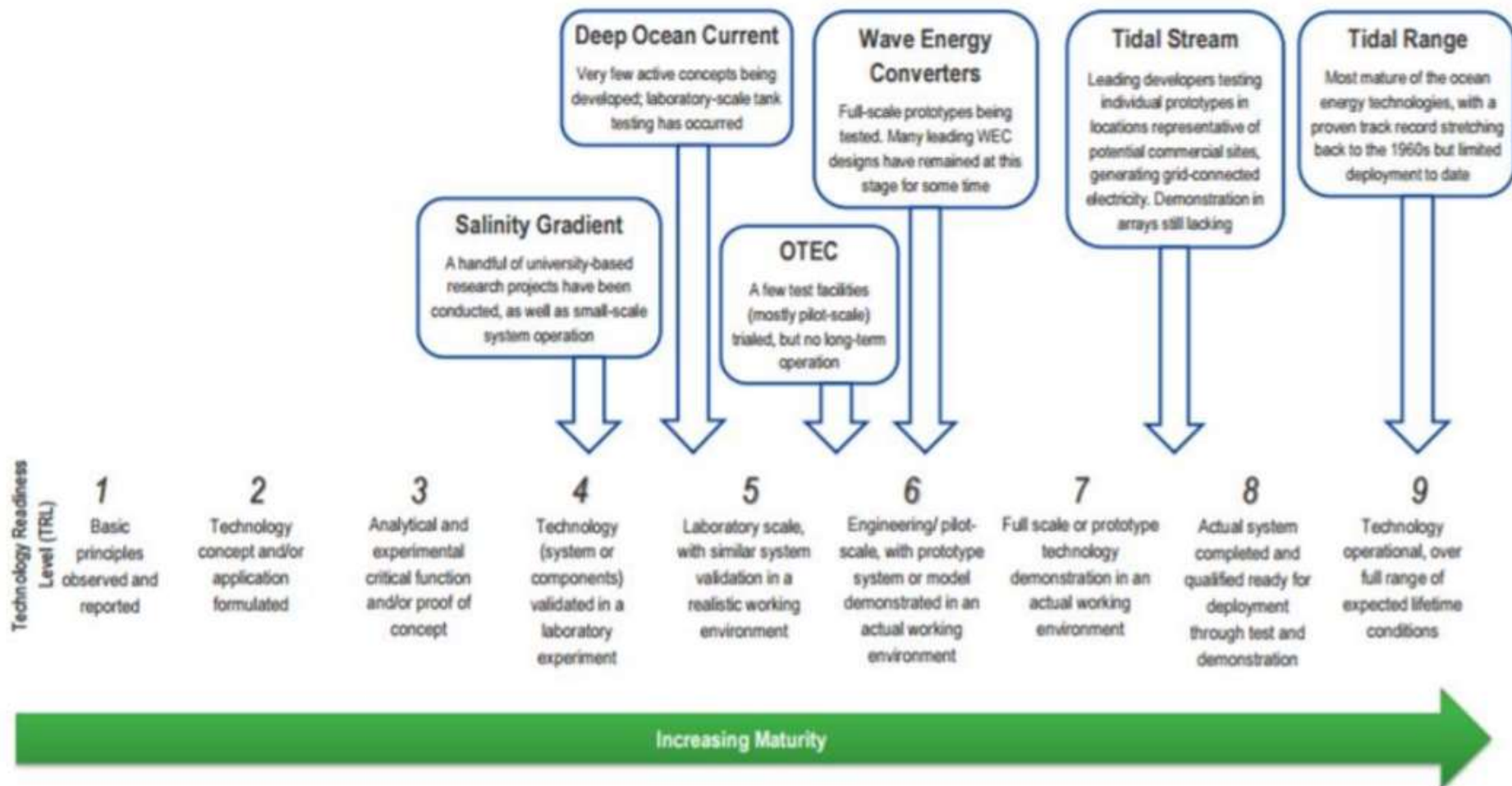
La seconda generazione riguarda sostanze ottenute dalla fermentazione di parti vegetali **non commestibili** ad alto contenuto di cellulosa. Contengono carboidrati complessi che richiedono metodi avanzati (e costosi) di pre-trattamento prima di ottenere la fermentazione.

I bio-combustibili della terza generazione sono ricavati da **alghe** e si pensa possano offrire un rendimento molto superiore (+3000%) rispetto a quelli delle prime due generazioni. Dalle alghe si possono ottenere molti combustibili **liquidi o gassosi** attraverso procedimenti (costosi). Allevamenti intensivi di alghe **geneticamente modificate** possono utilizzare gli scarichi di CO<sub>2</sub> prodotti da centrali a combustibili fossili.

# energia marina

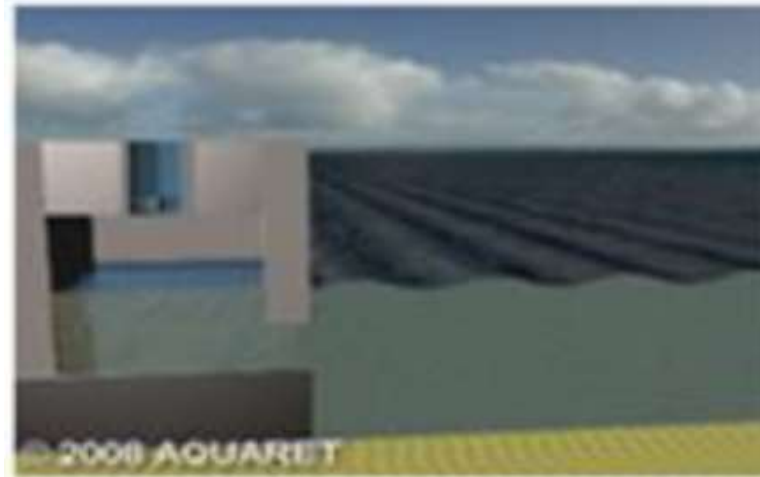


Si stima (Mørk et al., 2010) che dagli oceani si possano estrarre fino a 32 PWh in un anno (il doppio della produzione globale del 2008) utilizzando vari processi.

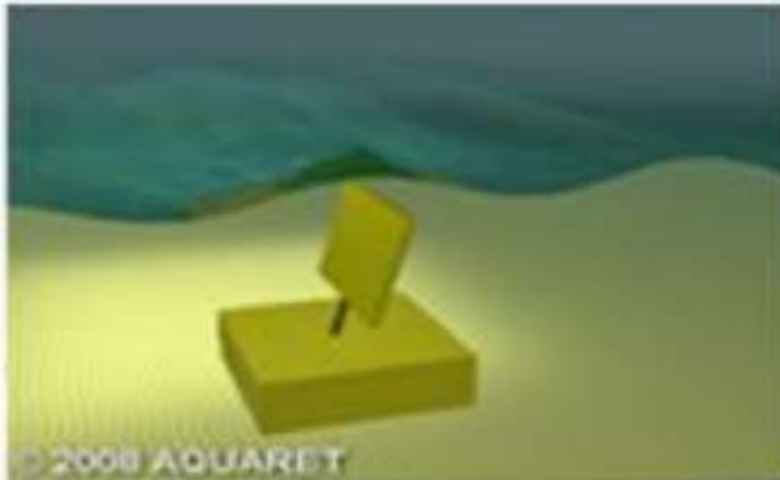


# energia marina

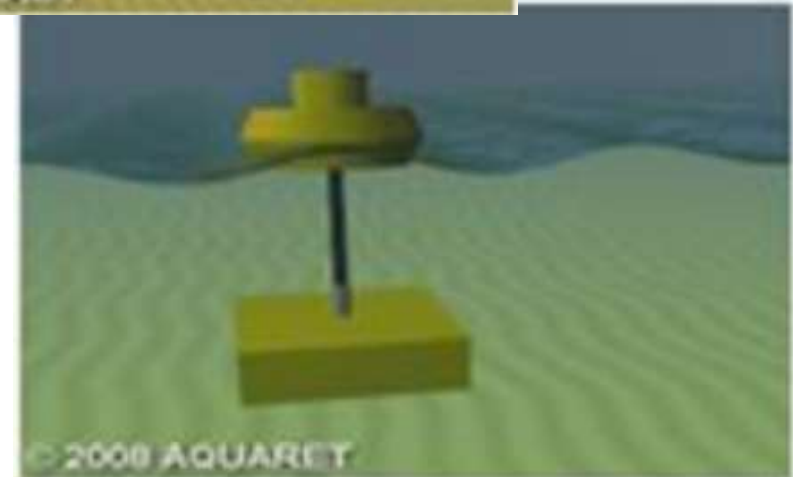
Esempi di strutture per lo sfruttamento dell'energia delle onde



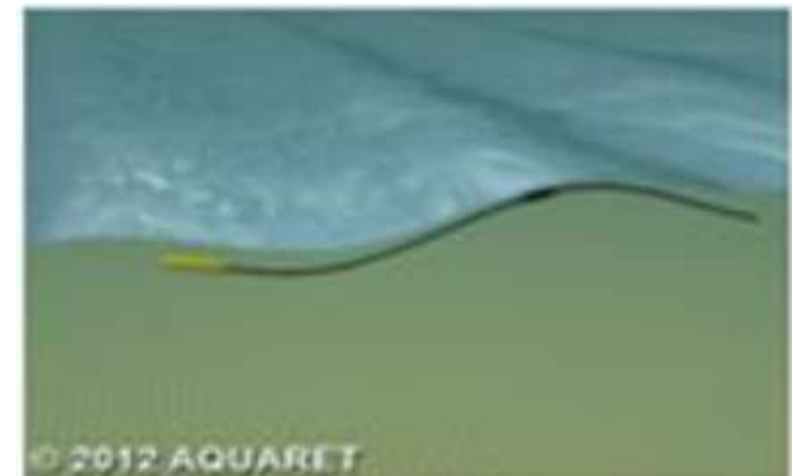
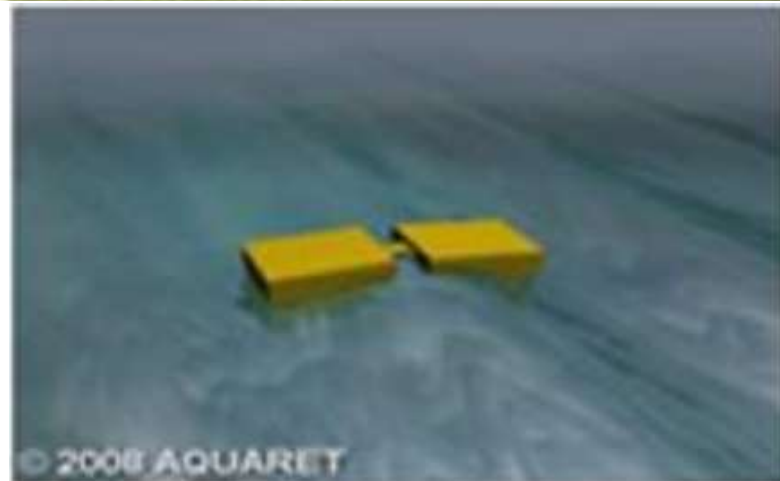
sulla  
costa

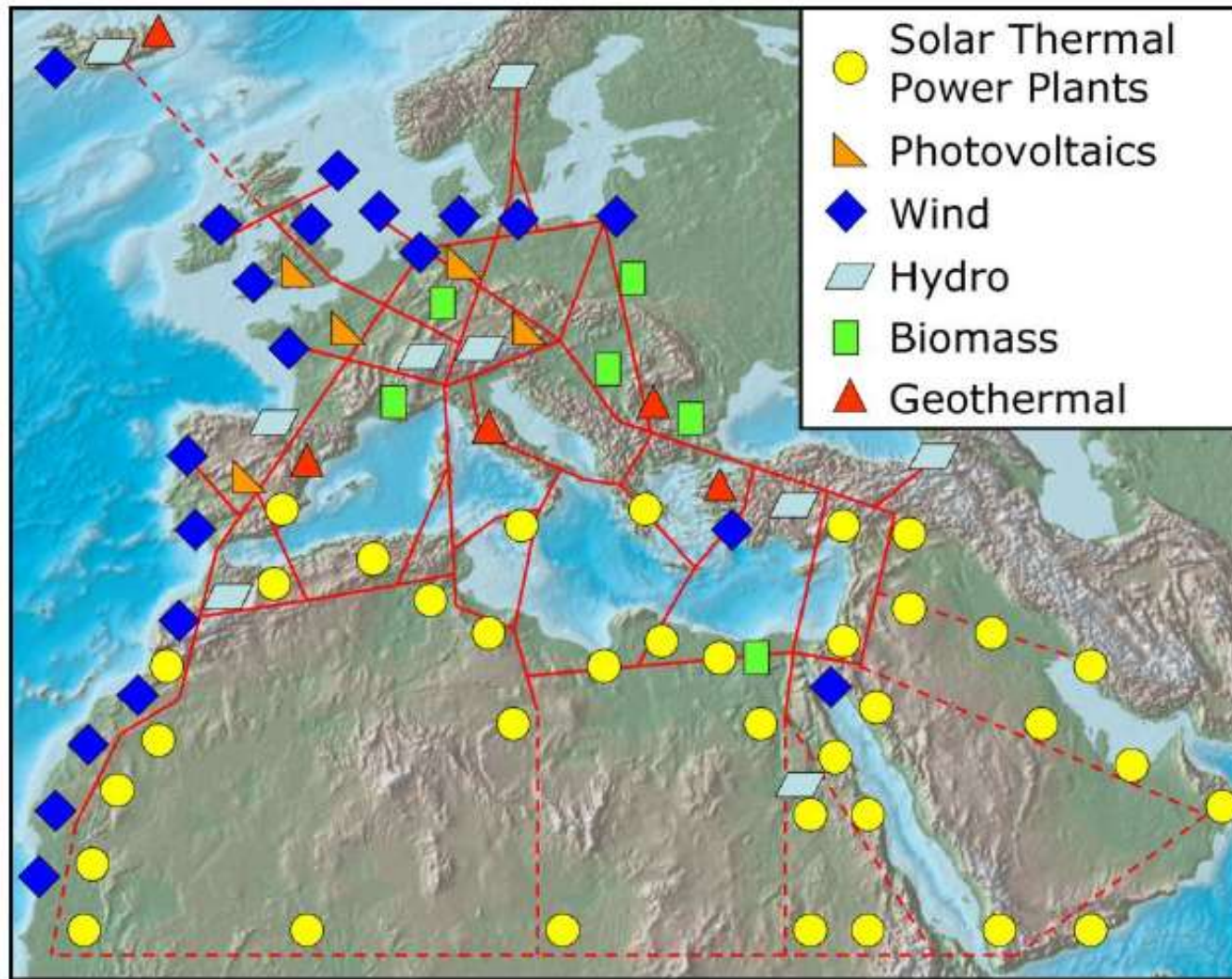


al  
largo



in mare  
aperto





**Supergrid europea con un collegamento EU-MENA Schema di realizzazione** di una possibile infrastruttura per l'approvvigionamento sostenibile di energia ai paesi **EU-MENA**.