

# (Materia) Energia clima e sostenibilità

Seconda parte

E. Giamello

Università degli Studi di Torino



Nanostructured Interfaces and Surfaces  
Centre of Excellence

# L'astronave terra: un oggetto "finito"

1. Le risorse fossili non sono infinite (petrol peak)



2. Inquinamento e cambiamento climatico

3. Domanda crescente e pressione demografica

# Crisi dell'energia, problematiche ambientali: che fare?

## Possibili azioni

Risparmio energetico

Aumento dell'efficienza

## Possibili soluzioni

Energia nucleare (?)

Fonti rinnovabili. WWS: Wind, Water, Sunlight.

### Un esempio di spreco

Si stima che negli Stati Uniti siano costantemente all'opera 5-7 centrali di grande potenza (800 MW) per alimentare le spie degli apparecchi (TV, Computers, etc.) in "standby".

#### Efficienza

**Abitazioni:** uso di materiali isolanti, orientamento, ecc.

**Industrie:** processi più efficienti.

**Produzione di energia elettrica:** uso di centrali a ciclo combinato (elettricità e calore).

**Trasmissione dell'energia:** riduzione delle perdite delle reti elettriche.

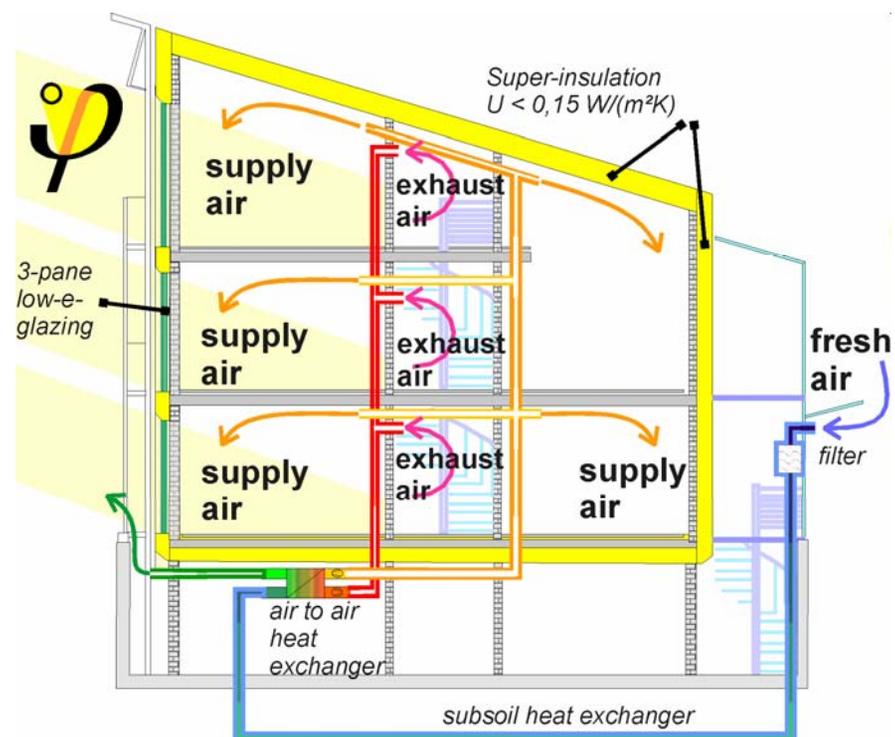
**Trasporti:** uso di veicoli pubblici, riduzione dei consumi delle automobili.

**Elettrodomestici:** temperature controllate, isolamento.

**Illuminazione:** uso di lampade con resa più elevata.

# L'efficienza energetica non è un sogno

## Le "passive houses"



## Il successo della Prius: ci avreste scommesso?



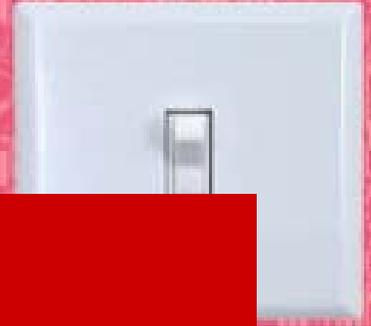
Il SUV. 23 quintali di metallo per trasportare 85 Kg di carne umana!

La vettura possiede due motori: uno a benzina e uno elettrico. Un sofisticato sistema di oltre 40 centraline controlla il consumo delle batterie in relazione all'uso del propulsore elettrico e comanda l'accensione o la pausa del motore tradizionale, riducendo al minimo gli sprechi energetici (HSD)



**SAT  
OCT  
20  
2007** | **8<sup>to</sup> 9<sup>PM</sup>** | **TURN OFF  
YOUR LIGHTS!**

lights out london  
21 june 2007



E POI?

Learning to say “enough” o dell’etica della sufficienza.

Etica della sufficienza vs. Espansione perenne del PIL

(Un contrasto prossimo venturo)

**1 NIGHT** | **1 HOUR** | **1 BULB**  
**SAT 20** | **8<sup>to</sup> 9<sup>PM</sup>** | **FREE CFL\***

\* VISIT LIGHTSOUTSF.ORG FOR MORE INFORMATION. SIGN UP AND GET A FREE COMPACT FLOURESCENT BULB. LIMIT ONE BULB PER HOUSEHOLD.



Pacific Gas and  
Electric Company



WITH THE GRACIOUS SUPPORT OF: CALIFORNIA INTERFAITH POWER AND LIGHT, GOLDEN GATE RESTAURANT ASSOCIATION, FLEX YOUR POWER, CAP INC, SAN FRANCISCO CLIMATE CHALLENGE, RAIN FOREST ACTION NETWORK, SAN FRANCISCO DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, SPORTSBASEMENT, TEACHER WITH THE BUS, YAHOO!, WORKING ASSETS

LIGHTS OUT SAN FRANCISCO IS A TIDES CENTER PROJECT.

**L'IDEA PIU' LUMINOSA? IL RISPARMIO!**

In Italia, una terra povera di materie prime atte a produrre energia esiste un enorme e inutilizzato giacimento di energia pulita e gratuita: il risparmio energetico! Il 15 febbraio invitiamo tutti a saccheggiare gioiosamente questo pozzo senza fondo



[WWW.CATERUEB.RAI.IT](http://WWW.CATERUEB.RAI.IT)

## Due parole sul nucleare

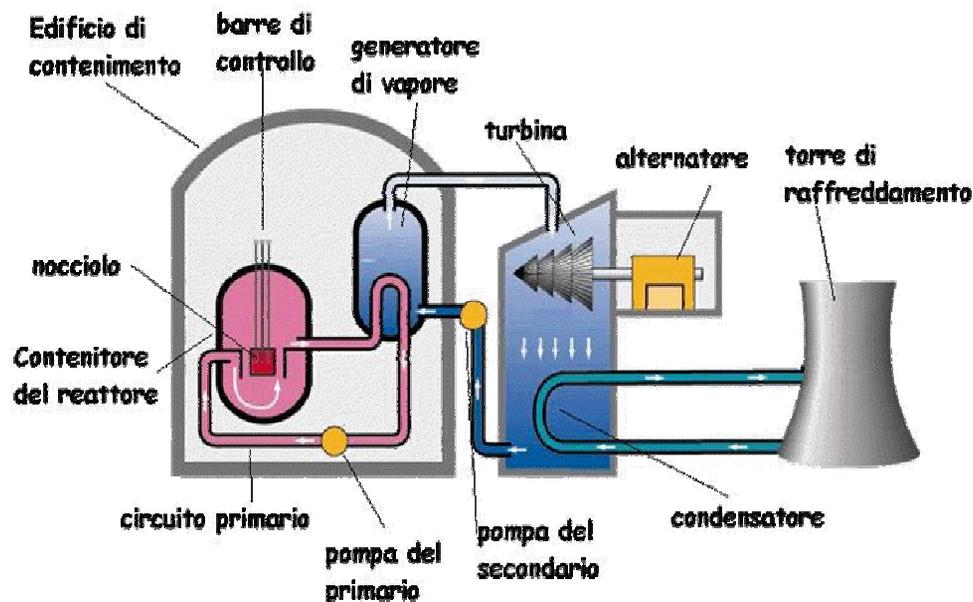
Non è inesauribile: il combustibile deve essere estratto (fonte NON rinnovabile)

Impianti costosi e lenti da costruire, costosissimo lo smantellamento (decommissioning)

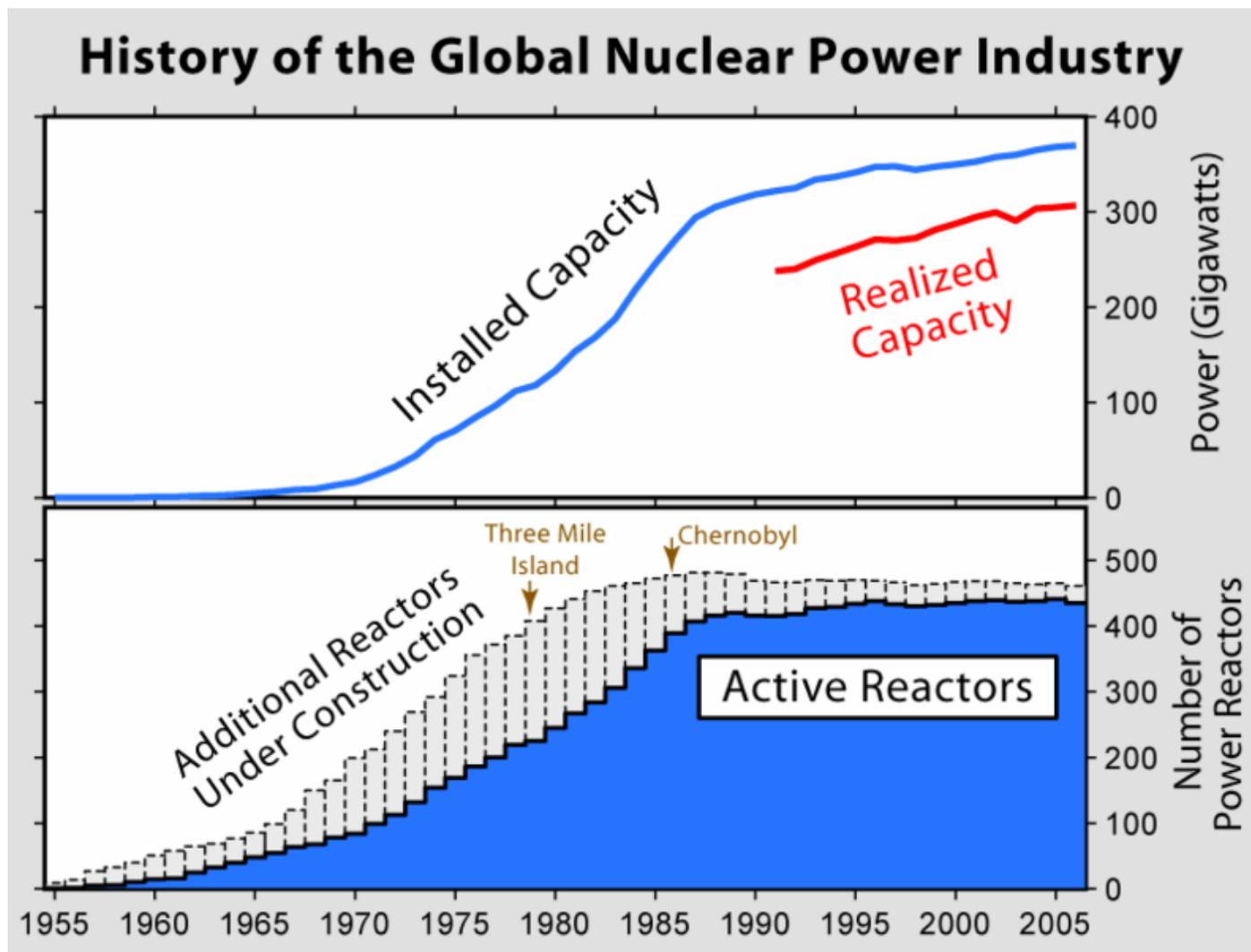
Non è pulita: le scorie

Complica le relazioni tra gli stati , necessita di un forte controllo.

**PWR** pressurized water reactor



# Impianti nucleari in costruzione



## Ancora sul nucleare

Non è inesauribile: il combustibile deve essere estratto (fonte NON rinnovabile)

Impianti costosi e lenti da costruire. In realtà molta energia “fossile” (quella che produce CO<sub>2</sub>) è associata alla costruzione di un impianto

E' una energia costosa. Gli economisti stanno ora inserendo nei conti i costi (ENORMI) del “decommissioning” (spegnimento, chiusura, smantellamento)

Complica le relazioni tra gli stati (vedi IRAN), necessita di un forte controllo. Alcuni paesi riprocessano le scorie per estrarre Plutonio ma questo elemento può essere anche usato a scopi militari (“weapon grade plutonium da reattori autofertilizzanti)

L'italia NON è indipendente ( non ha uranio).

Non è pulita: le scorie

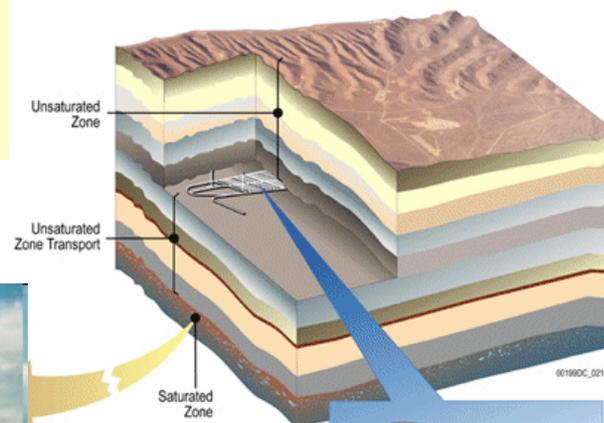
**Prolifera  
nucleare**



## Dove tenere le scorie radioattive

Il sito di YUCCA MOUNTAIN nel Nevada

Si comincerà a stivare le scorie nel 2015-2017 . Sarà subito saturo



Garanzie di sicurezza: 10.000 - 20.000 anni

Dopo 22 anni di dibattiti e circa 8 Miliardi di dollari di spese preventive il progetto è stato sospeso nel 2009 dall'amministrazione Obama con l'indicazione della necessità di nuove strategie per il deposito delle scorie.

# Sito della centrale di Yankee Rowe, USA



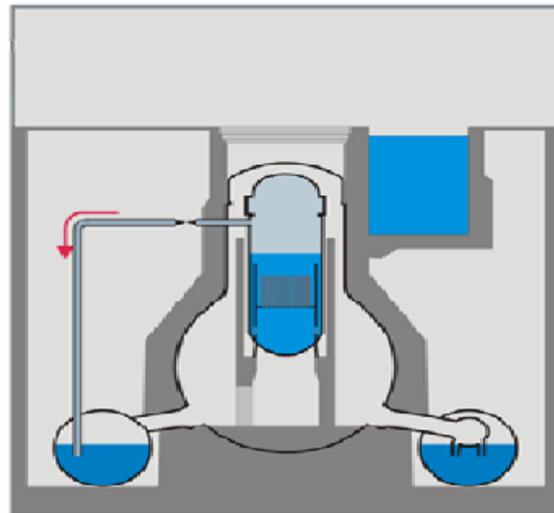
## Gli incidenti: Fukushima 2011



Per ridurre la pressione nei reattori sono state aperte le valvole di sicurezza per scaricare il vapore nel wet-well.

Così però il livello dell'acqua nel reattore si è abbassato ed il combustibile si è scoperto e surriscaldato:

- >1200° reazione metallo-acqua e formazione di Idrogeno
- >2800° fusione del combustibile



# Uno sguardo alle energie rinnovabili (o alternative)

Impossibile un quadro esaustivo delle alternative (in qualche decina di minuti)

Poche parole su:

Idroelettrico    Eolico    Geotermico

Qualche parola in più su

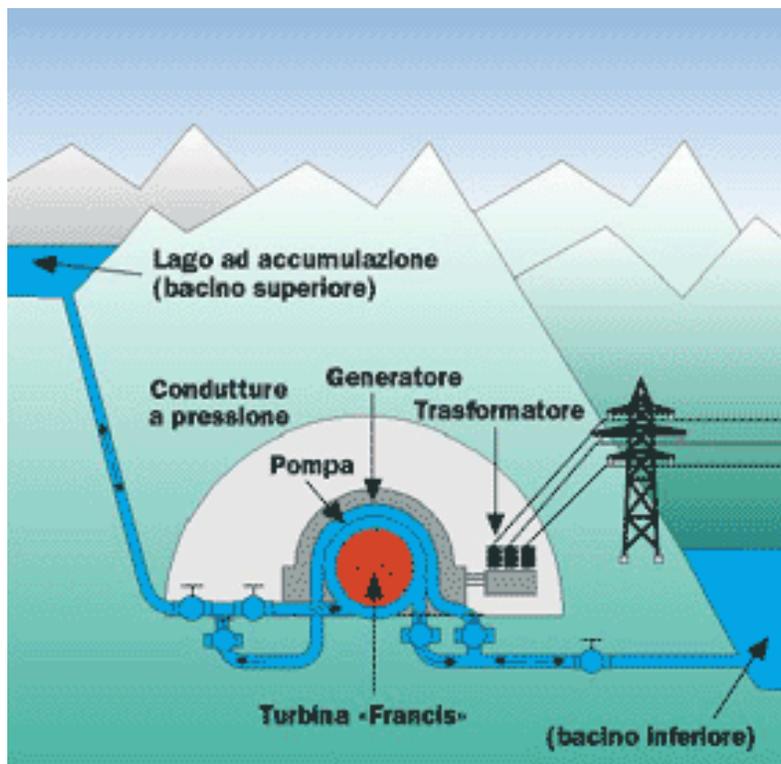
**Risparmio energetico (?)**

**Solare**

# Uno sguardo alle rinnovabili: idroelettrico

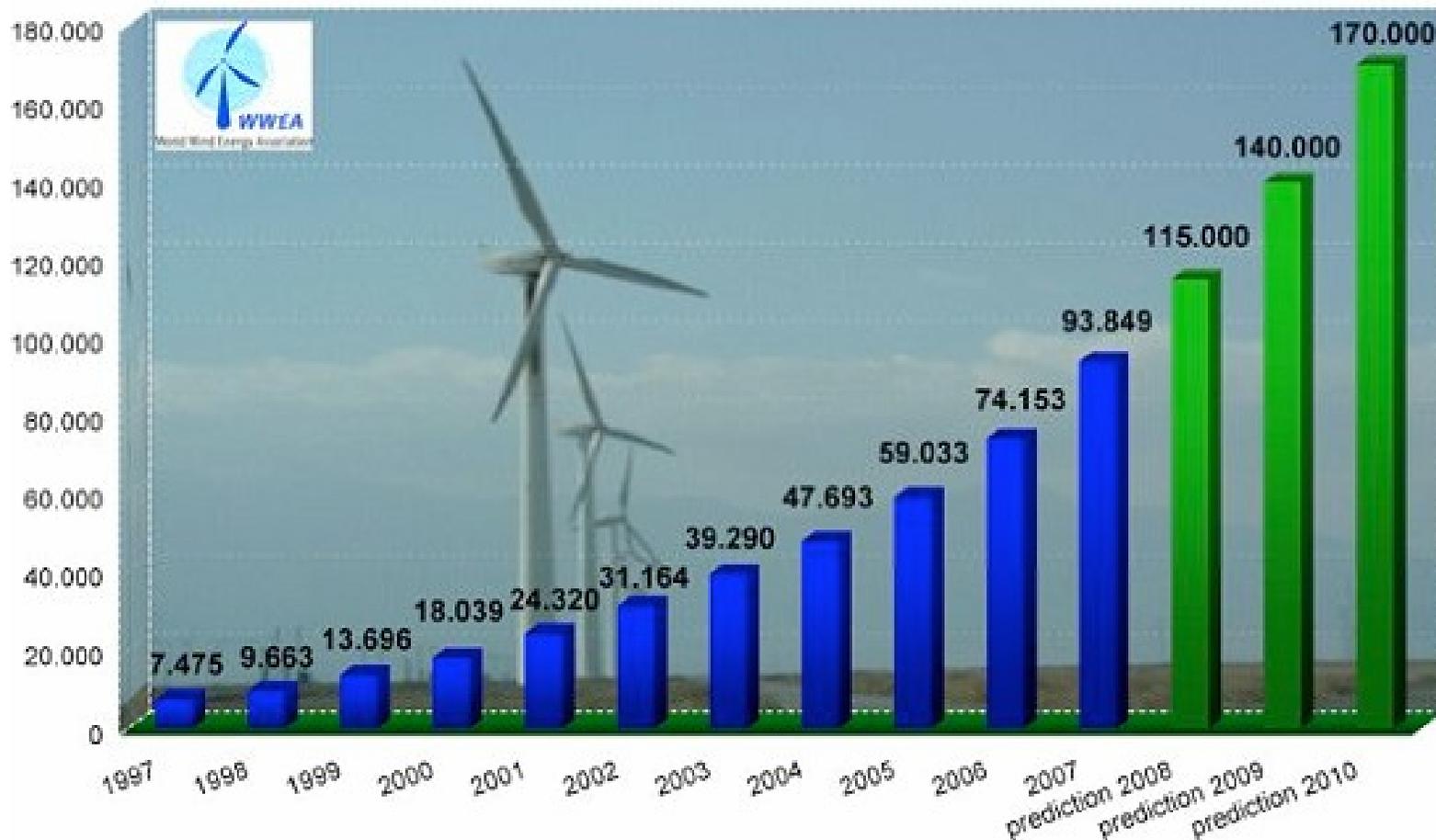
I grandi impianti nel mondo stanno crescendo meno rispetto al MICROIDROELETTRICO (USA, Canada) a minore impatto ambientale

In Italia la fonte idrica è la più importante delle rinnovabili. Il suo incremento nel 2009 (+13%) è legato alla piovosità e non a nuovi impianti



# Uno sguardo alle rinnovabili: eolico

World Wind Energy - Total Installed Capacity and Prediction 1997-2010 [MW]



# Uno sguardo alle rinnovabili: eolico

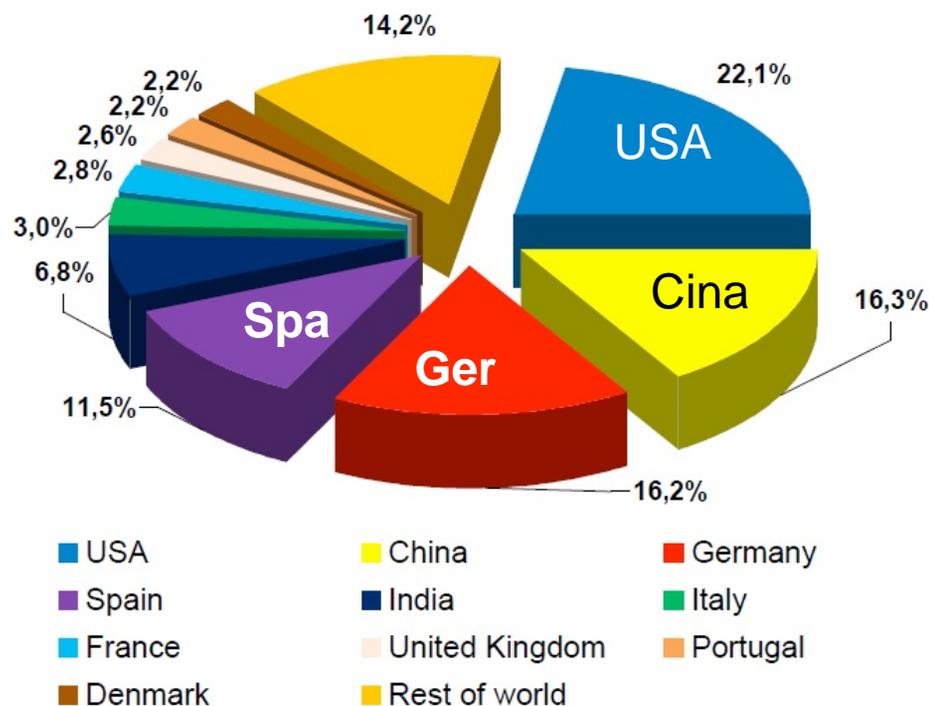


Poco programmabile: adatta come fonte integrativa alle reti elettriche tradizionali

**2009** : anno importante

158 Gwatt di energia prodotta da impianti eolici nel mondo: energia residenziale a 250 Milioni di persone

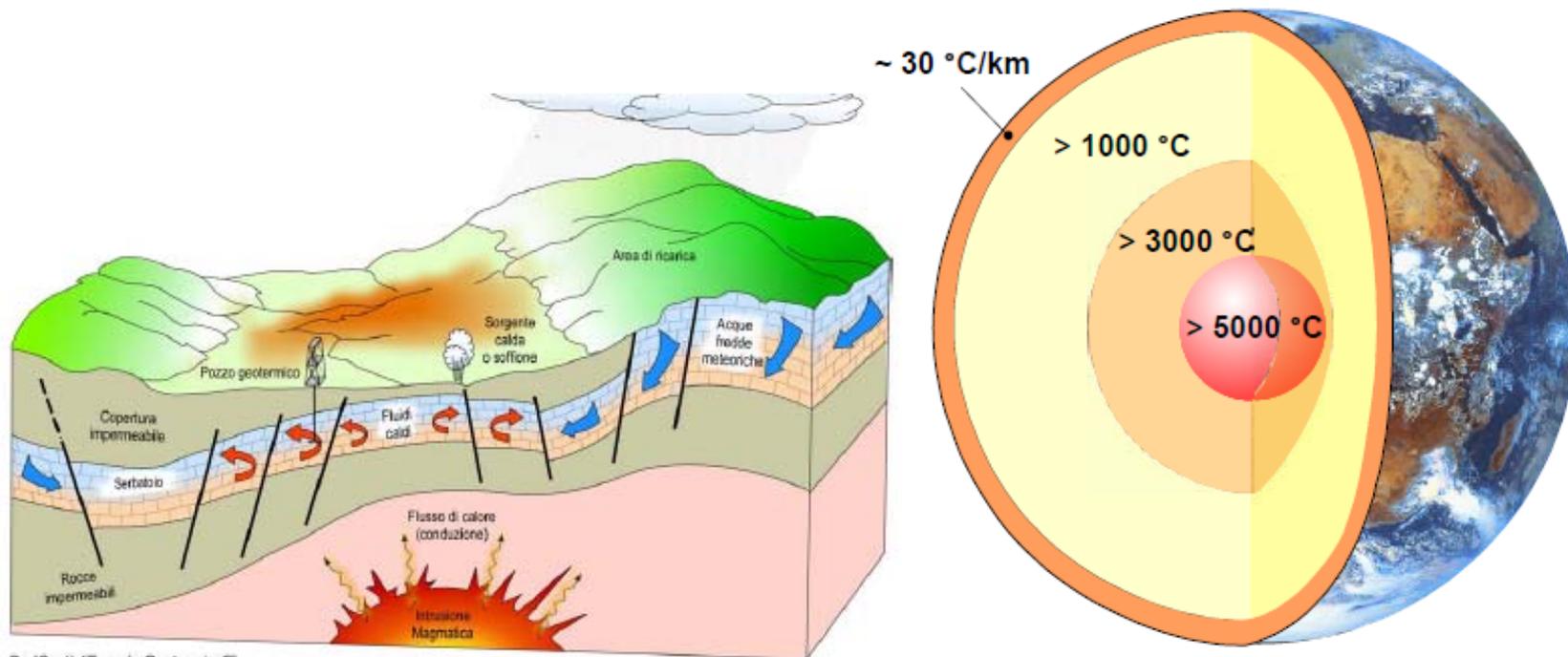
Country Share of Total Capacity 2009



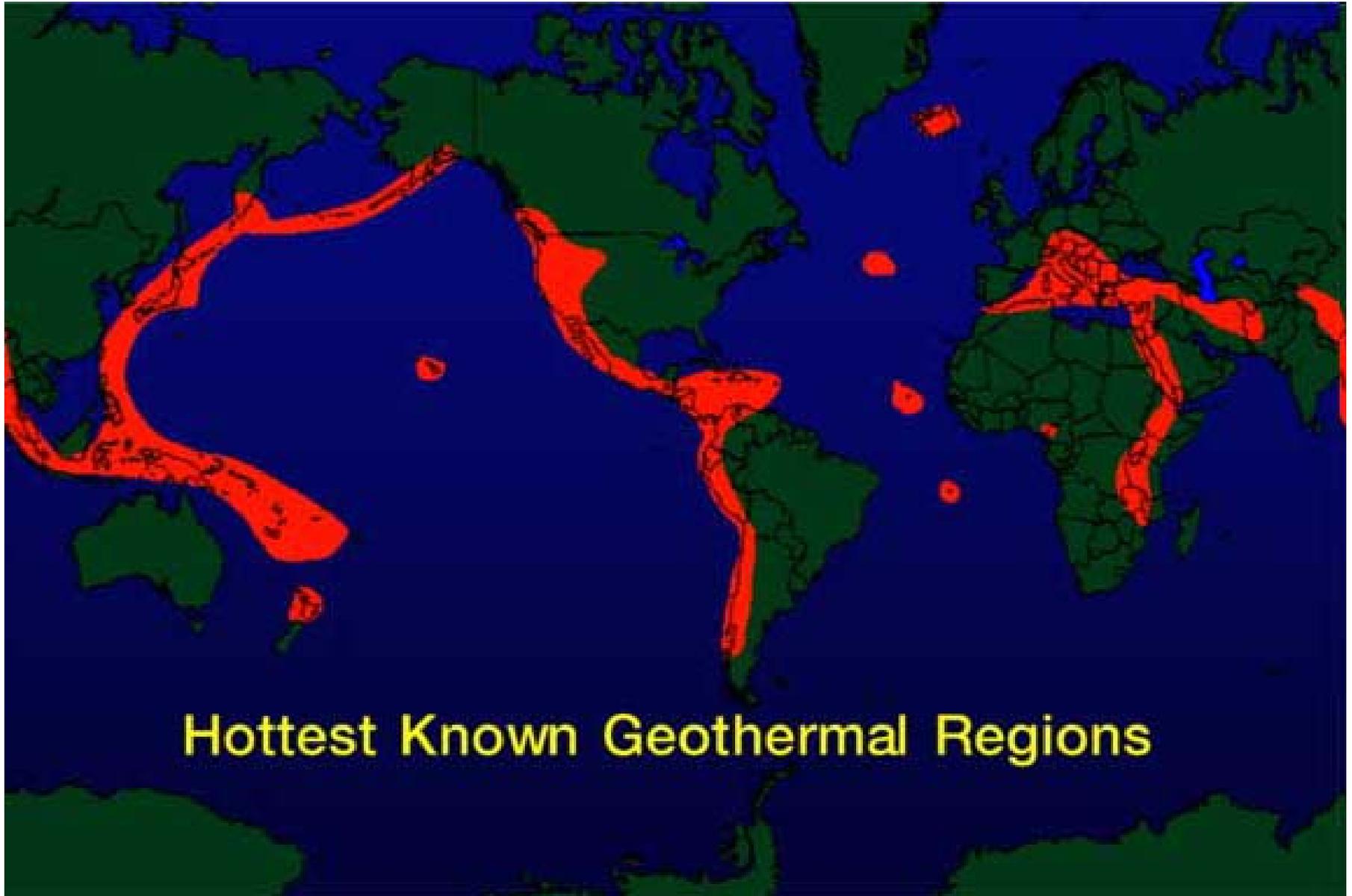
# Uno sguardo alle energie alternative: geotermico

L'energia geotermica è l'energia termica immagazzinata sotto la superficie terrestre

La geotermia convenzionale è quella dei sistemi idrotermali (moto convettivo dell'acqua dalla superficie a zone calde profonde) che trasferiscono energia termica alla superficie o a zone economicamente raggiungibili



Il geotermico in Italia potrebbe avere grandi prospettive.....



Hottest Known Geothermal Regions

# Uno sguardo alle rinnovabili: geotermico



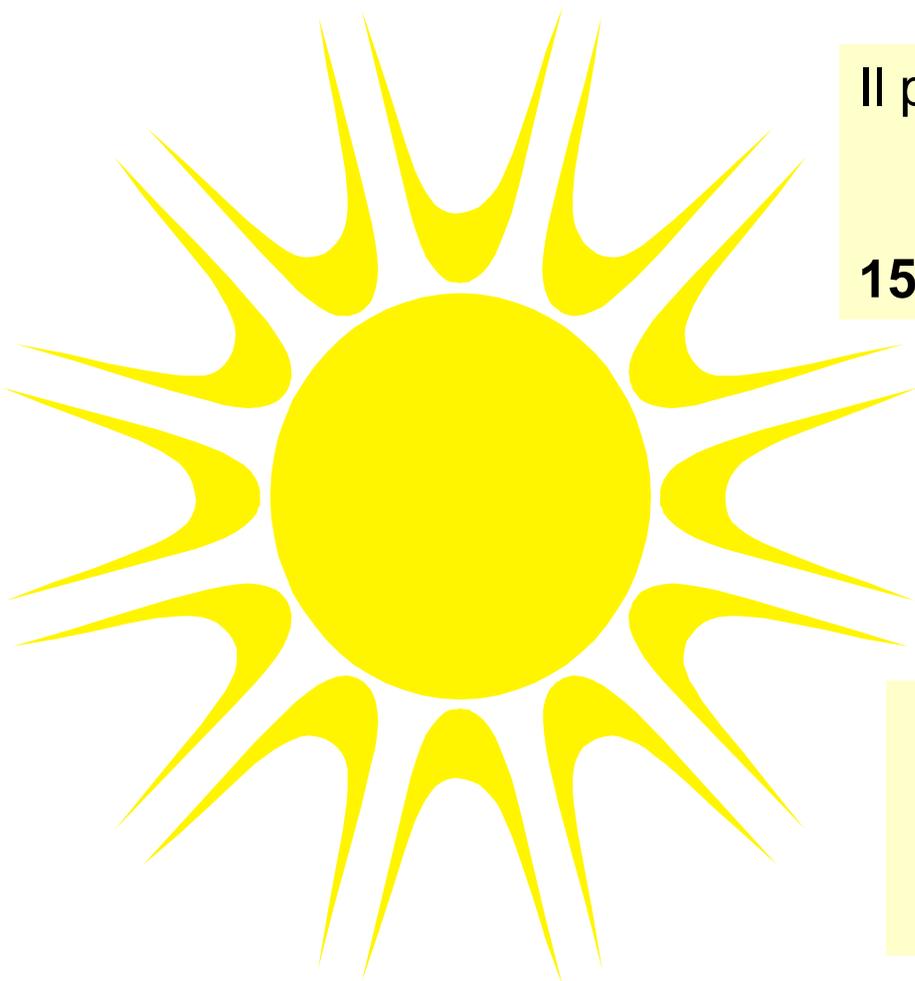
Acqui Terme (AL) La bollente



## Riscaldamento urbano a Ferrara

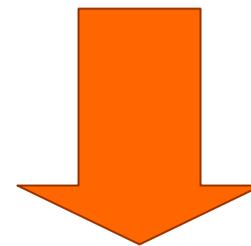
Una trivellazione petrolifera ha evidenziato nel 1965 una risorsa geotermica a 102 °C ad una profondità di 1.1 km. Sono attualmente in funzione tre pozzi, due di produzione e uno di reiniezione. Dopo gli scambiatori di calore situati a prossimità dei pozzi, una condotta isolata di 2 km trasporta l'acqua di riscaldamento a 95 °C verso la centrale: questa è composta da serbatoi di stoccaggio, da caldaie a gas per i picchi di domanda e da un inceneritore. La rete di distribuzione, di una lunghezza totale di 30 km, alimenta una parte importante della città di Ferrara. *Il contributo della geotermia sulla rete rappresenta circa il 60 % del fabbisogno di calore e permette di sostituire 5'000 tonnellate di petrolio all'anno.*

# Il solare



Il pianeta ha consumato (2005) 500 EJ  
corrispondenti

**15.8TW (TeraWatt) =  $1.58 \times 10^{13}$  W (J/s)**



Il sole riversa in media sul pianeta

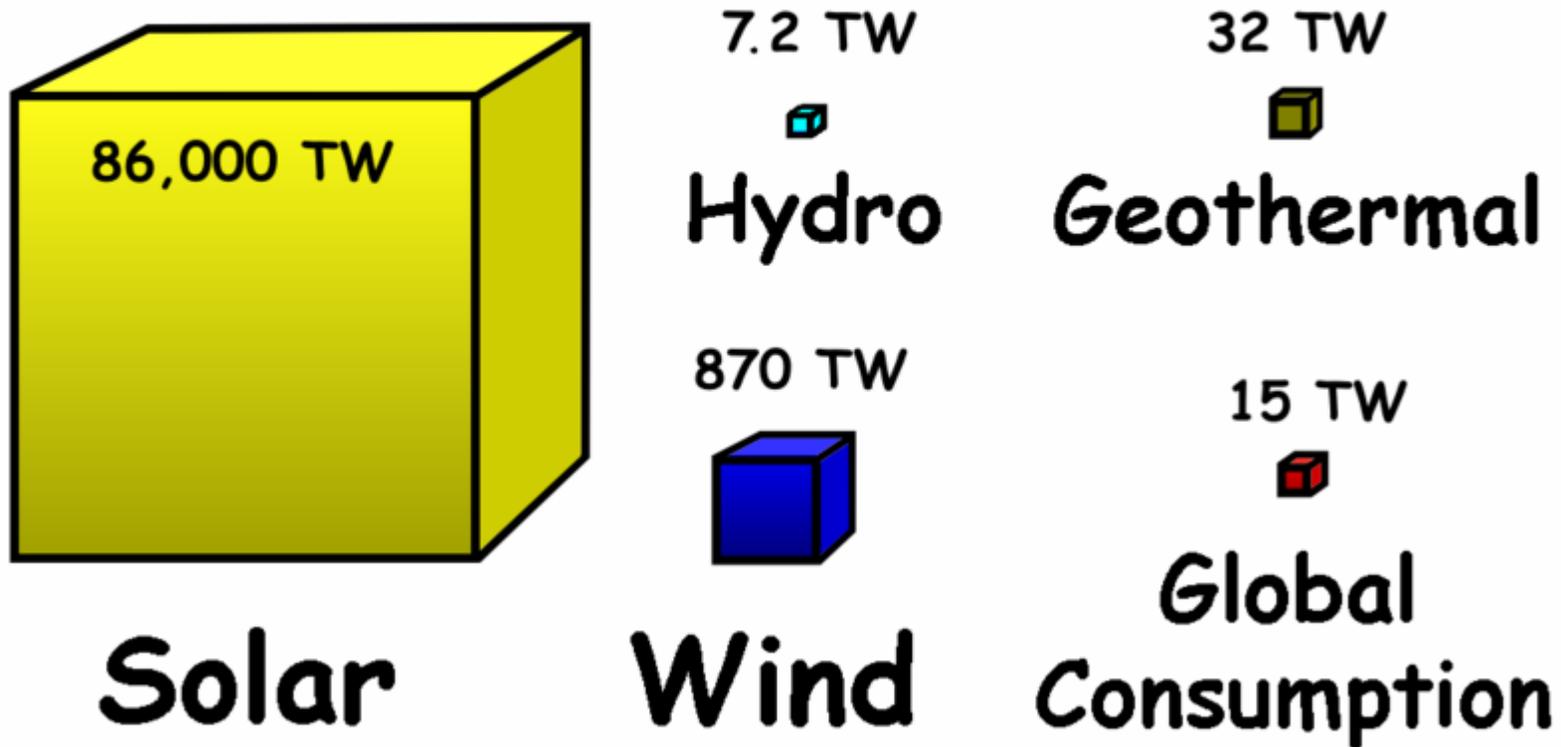
**120000 Terawatt**

Ossia quasi 8000 volte il necessario

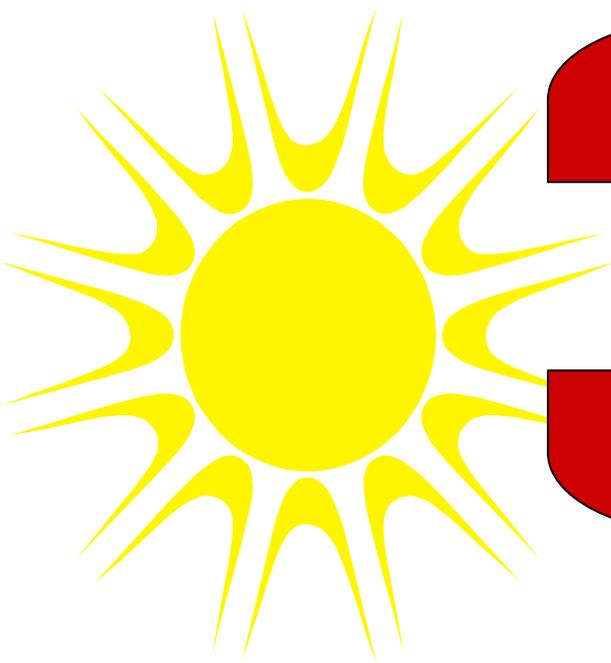
**IL SOLE: una stazione di servizio PERENNE, DIFFUSA e soprattutto**

**GRATIS!!!!!!!!!!**

# Il solare e le rinnovabili: sapessimo sfruttarle



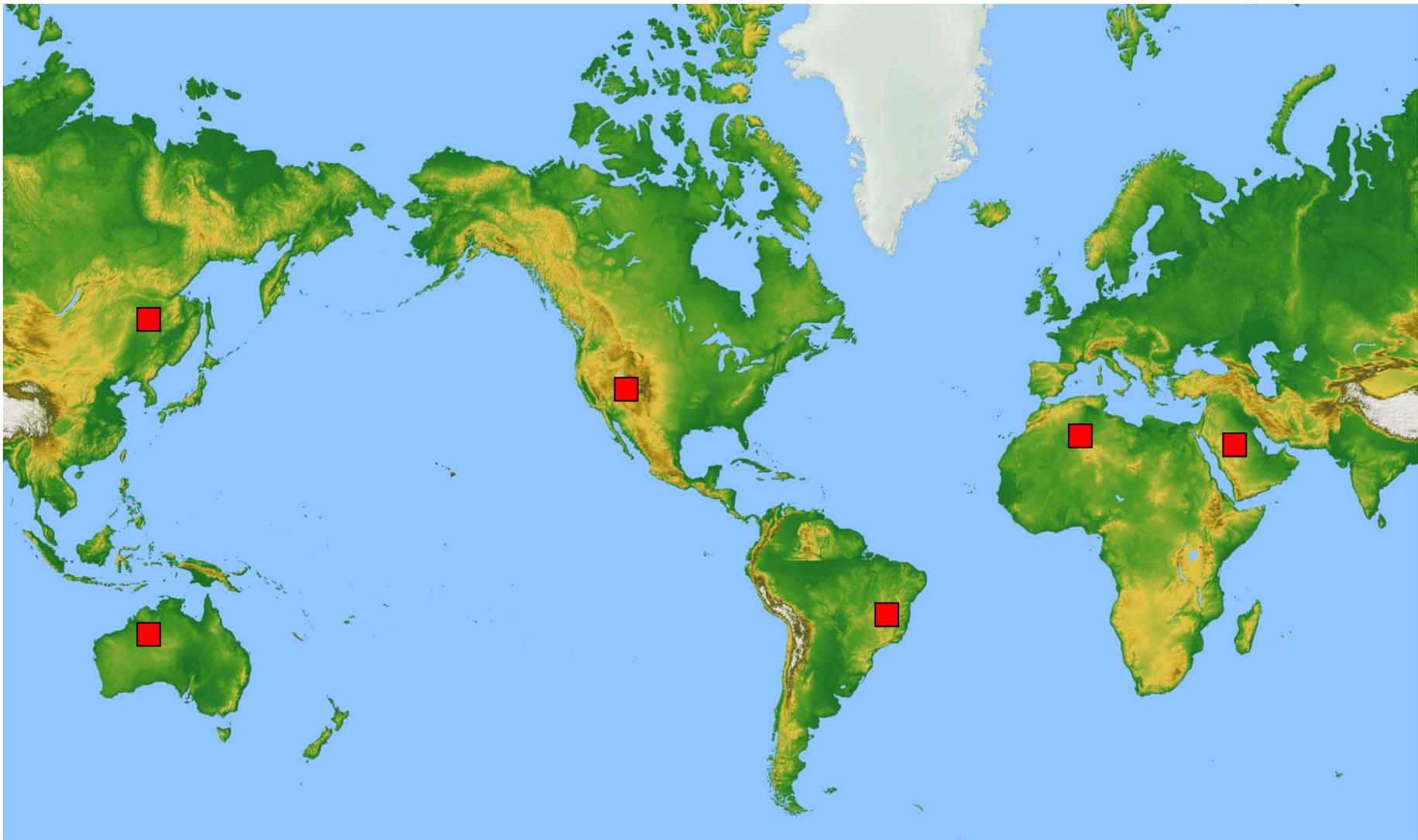
# Che fare con il sole?



**Calore**  
(Solare diretto o solare termico)

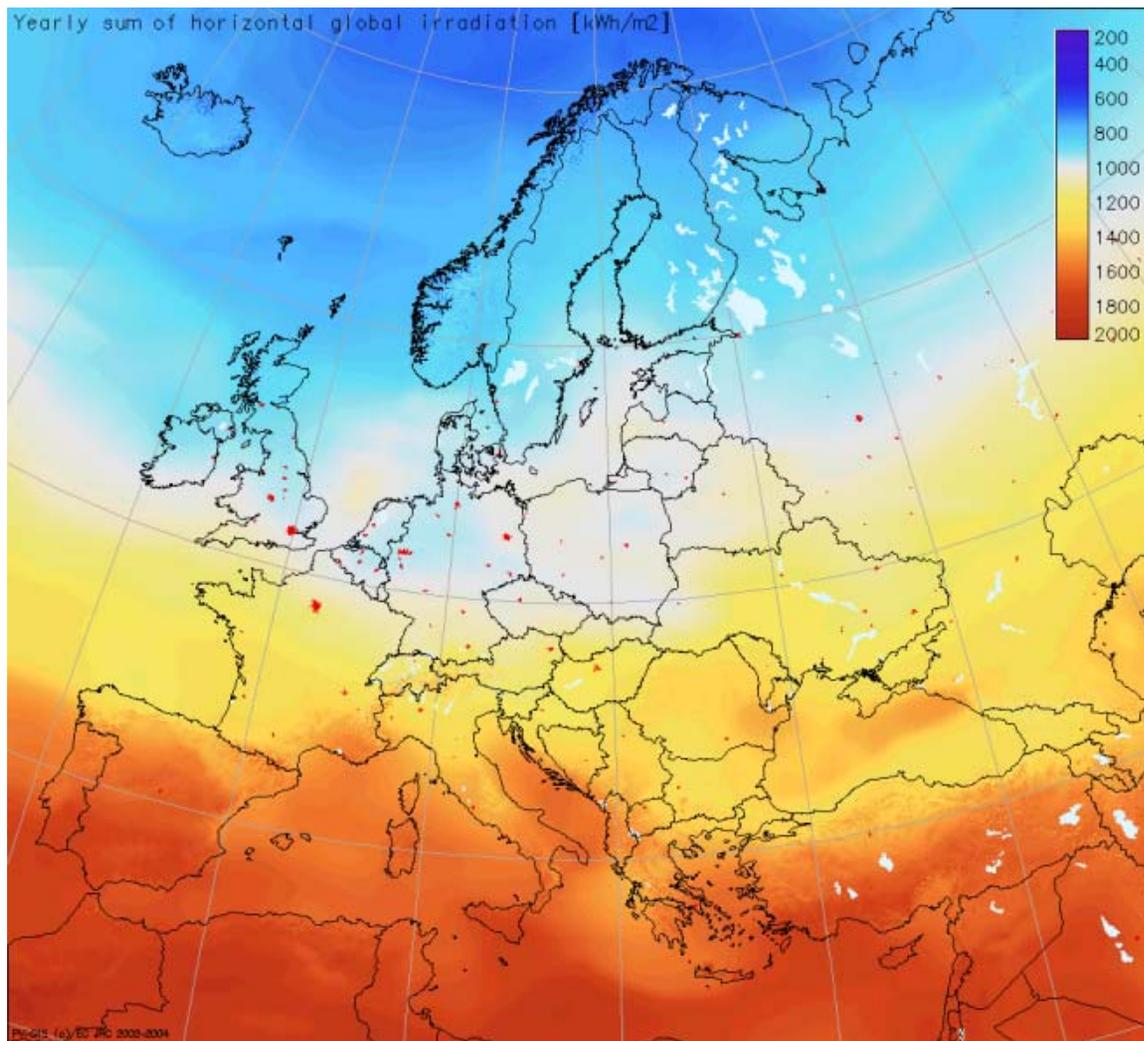
**Elettricità**  
(Sistemi fotovoltaici)

**Combustibili**  
(biomasse,  
fotosintesi artificiale...)



Tutta l'energia consumata nel mondo potrebbe essere prodotta **in teoria**, coprendo con pannelli fotovoltaici le aree della Terra indicate dai quadratini rossi (in totale, 0.16% della superficie della Terra).

## L'irraggiamento è generale



Irradiazione solare annuale in Europa, in kWh/m<sup>2</sup>  
(fra Roma e Londra c'è un fattore 1,6)

# Che fare con il sole? Solare termico

Applicazioni molto diffuse di riscaldamento di acqua da pannelli assorbenti. Ci sono collettori media e bassa temperatura. Non c'è conversione in elettricità dell'energia.

I collettori ad alta temperatura concentrano la radiazione solare con lenti o specchi su un fluido surriscaldato che viene usato per produrre vapore d'acqua e di qui energia elettrica (detto anche **solare termodinamico**)

**Archimede:** progetto ENEL a Priolo (SR). 360 specchi concentrano la luce solare su tubi contenenti una miscela di sali fusi (nitrati di sodi e potassio) portati a  $550^{\circ}\text{C}$  e in grado di accumulare calore e di essere usati nella produzione di vapore per turbine.

L'energia è accumulata nel fluido



Impianto Archimede a Priolo

# Scienza e tecnologia tedesche al lavoro: il progetto DESERTEC

Un progetto di collaborazione tra paesi europei, del nord Africa e del Medio Oriente

Un sistema integrato di solare termico, eolico e fotovoltaico produce energia elettrica che verrà veicolata in Europa da reti a corrente continua e alto voltaggio (minori perdite). Si prevedono **400 Miliardi di Euro** di investimenti per soddisfare fino al **15% della domanda europea** di energia elettrica.

Possibili controindicazioni

Impianti fortemente centralizzati (rischi vari)

Buone relazioni necessarie tra paesi confinanti

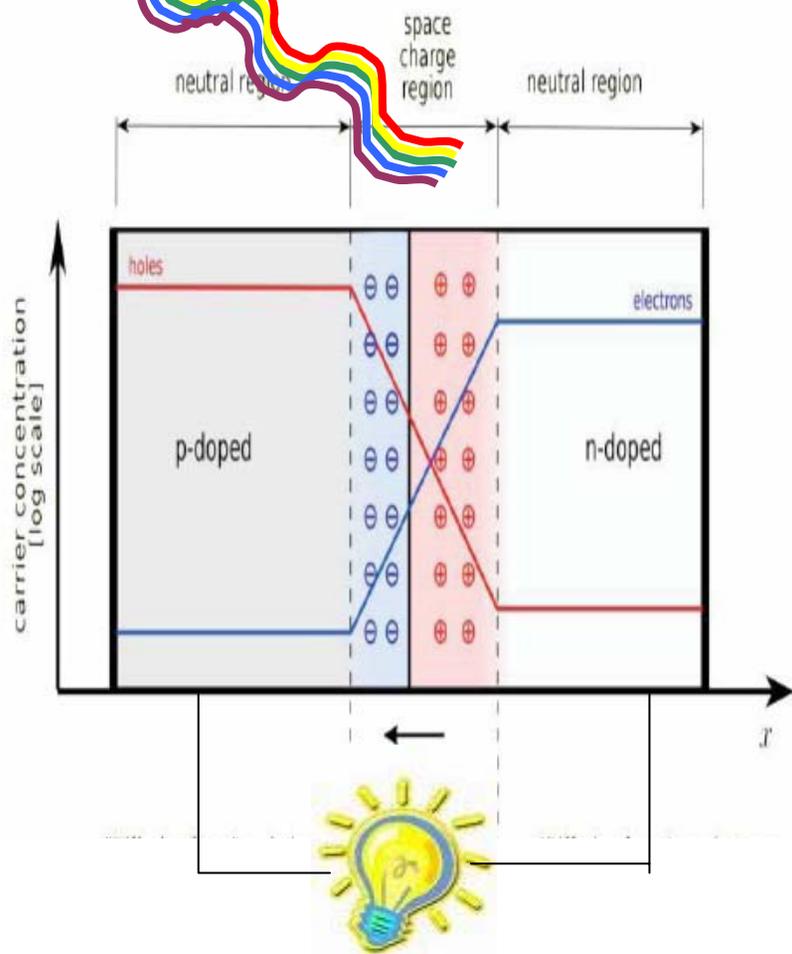
Richiesta forte di acqua: sopportabile senza danni alle popolazioni?



# Che fare con il sole? Il fotovoltaico (PV)



E' il processo di conversione dell'energia solare in energia elettrica



In un sistema fotovoltaico un “fotone”, quanto di energia luminosa che arriva dal sole è catturato dal dispositivo ed eccita un elettrone formando una coppia elettrone – lacuna. Queste sono incanalate in direzioni opposte su un circuito esterno (generando corrente elettrica)

Il dispositivo è basato su una giunzione n-p. Tipico esempio è il silicio “drogato” n e quello drogato p (es Si drogato con P e B rispettivamente)

Nuovi materiali più efficienti ma più costosi del Silicio sono disponibili (GaAs, CIGS)

# Fotovoltaico (grandi impianti ed energia diffusa)

Costruzione di un impianto fotovoltaico a 40 megawatt (MW) in Sassonia su una ex base militare. E' grande quanto **200 campi di calcio**

Il fotovoltaico. Ideale per il fabbisogno di elettricità dove manca una rete di distribuzione elettrica



# Nuovi approcci al fotovoltaico (basso costo, no silicio)

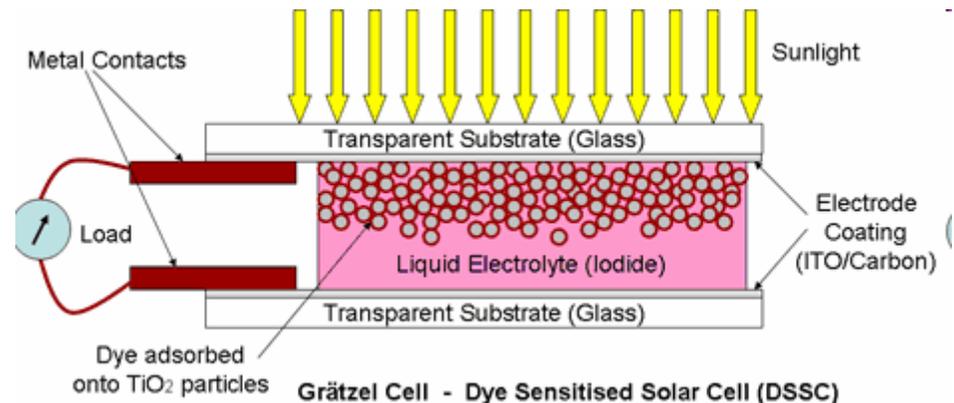
Le celle di Graetzel o DSSC : fotovoltaico di terza generazione (ovvero il ruolo della ricerca scientifica)



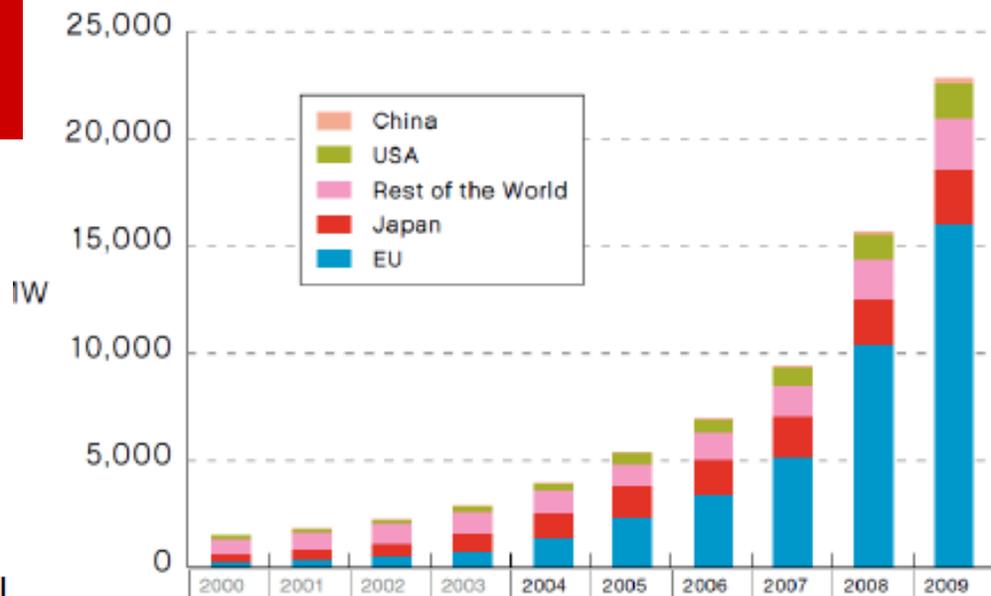
Sono dispositivi fotoelettrochimici basati su uno strato di semiconduttore (biossido di titanio) sensibilizzato con un **colorante** che fa da antenna intercettando la radiazione solare come nella clorofilla delle piante (fotosintesi)

La radiazione espelle un elettrone dalla molecola del colorante che entra in un circuito elettrico.

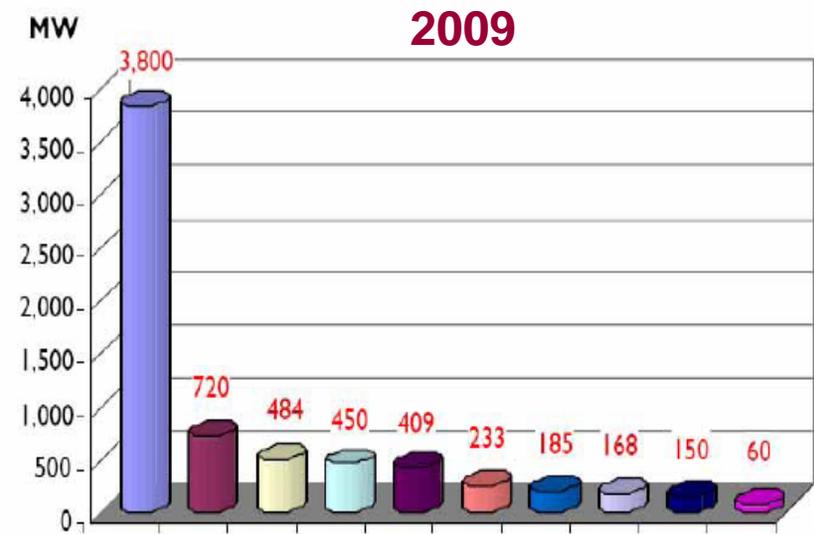
Rese ancora basse ma costo del materiale basso che le rende competitive



# Il fotovoltaico è in crescita



Nuova capacità fotovoltaica installata nel mondo nel



## Fotovoltaico. Capacità globale installata in MW

- Germany
- Italy
- Japan
- USA
- Czech Republic
- Belgium
- France
- South Korea
- China
- Spain

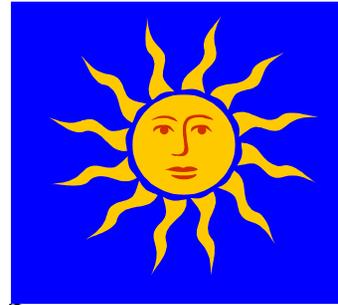
# Che fare con il sole: biomasse

Sono state pressoché l'unica risorsa energetica in era preindustriale.

Oggi si tende sia all'utilizzo diretto (recupero scarti legnosi) che alla produzione di carburanti (**bioetanolo e biodiesel**) derivati da coltivazioni ad hoc (**canna da zucchero, oli vegetali**)



**Fertilizzanti**, Irrigazione,  
Pesticidi, Raccolta,  
Trasporto  
Lavorazione, Distribuzione



Biocombustibile

# Uno sguardo alle rinnovabili: biomasse

**Esistono:**

**dubbi sul bilancio energetico complessivo**

**accuse di sottrazione di risorse alimentari a paesi che ne hanno necessità**

**Ma esistono approcci alternativi ( anche Piemonte!)**



GRUPPO MOSSI & GHISOLFI



**ETANOLO DI SECONDA GENERAZIONE:**  
materia prima sostenibile, a **basso impatto ambientale e indipendente dalla catena alimentare** che consente di trasformare biomasse vegetali in biocarburante.

2009

Consumi di **energia primaria** ~2000 TWh -6% dal 2008

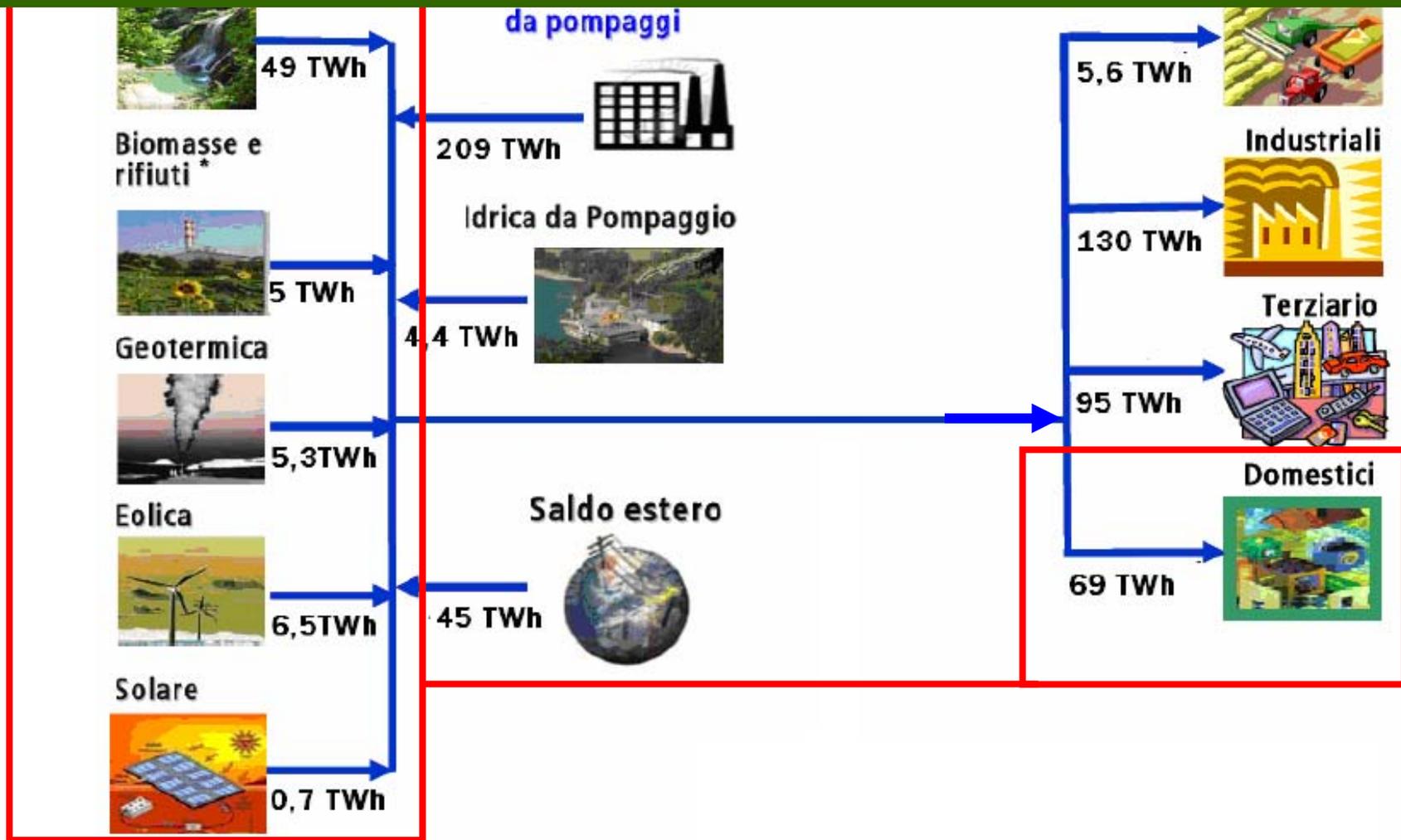
Crisi economica, flessione PIL

Consumi di **energia elettrica** ~337 TWh -6% dal 2008

Consumo **elettrico lordo** ~850 TWh

# Bilancio elettrico italiano 2009

La quantità di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili nel 2009 ha eguagliato il totale dei consumi domestici nazionali. (Elaborazione dati Terna)



## Eppure le cose van cambiando anche in Italia.....

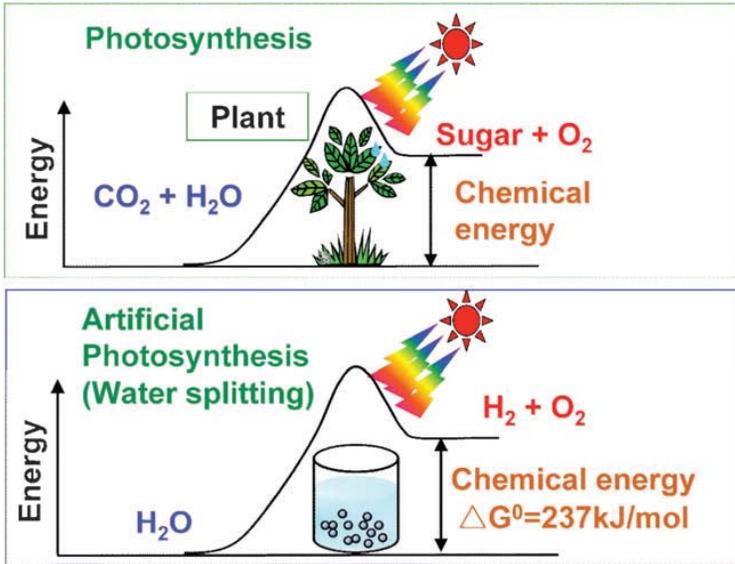
Consumi: 300 TWh Perdite di rete: 20,35 TWh  
Totale Richiesta 320 TWh

- ▶ La produzione lorda nazionale è calata dell'8,3%, nonostante il calo della domanda di energia elettrica.
- ▶ I consumi sono scesi del 6%, in particolare il settore industriale ha ridotto i consumi del 13,8%.
- ▶ Grazie alla piovosità, la produzione idrica è aumentata a livelli record, +13,2% rispetto ad un già ottimo 2008. Complessivamente la produzione da fonti rinnovabili è in crescita di oltre il 19% rispetto all'anno precedente, in particolare:
  - eolico: + 34,6%
  - fotovoltaico: + 251%
  - biomasse: +27,9%.
- ▶ La produzione da fonti tradizionali è calata del 14%.

**La quantità di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili è cresciuta del 19% rispetto al 2008, toccando i 69 TWh, eguagliando il totale dei consumi domestici nazionali.**

**(Elaborazione dati Terna)**

# Nuove vie verso il solare: la fotosintesi artificiale

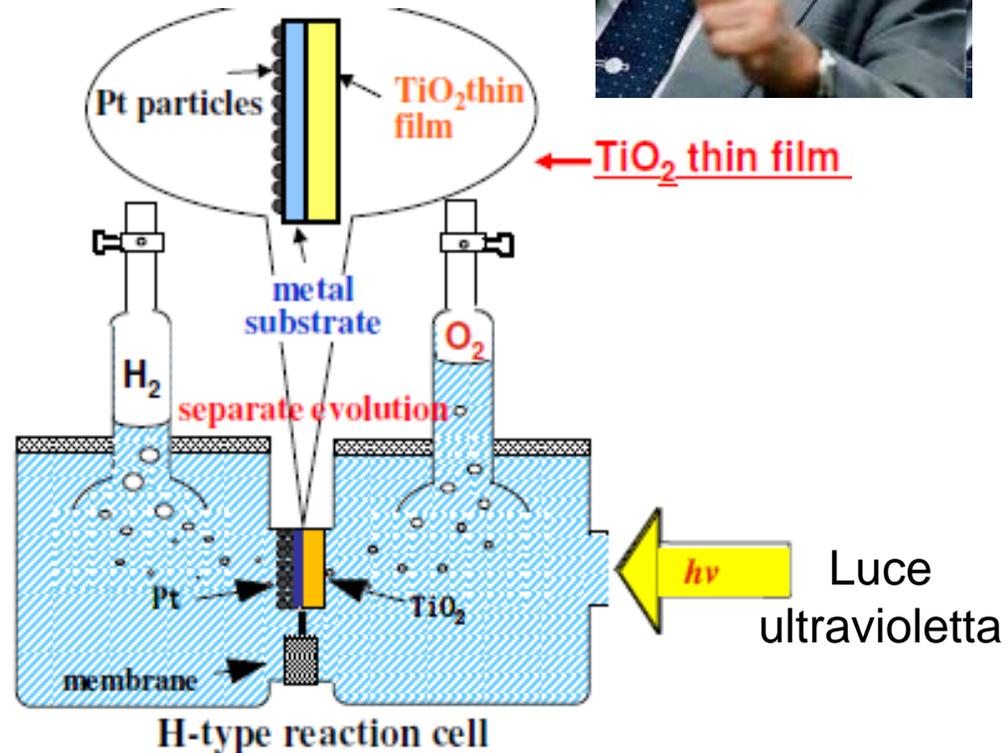


L'energia prodotta dal sole deve essere immagazzinata esattamente come fanno le piante verdi

Akira Fujishima



La fotosintesi è una reazione "in salita" (up-hill reaction) che inizia con la scissione dell'acqua con l'energia della luce solare. E' possibile imitare questo processo?



# Nuove vie verso il solare: la fotosintesi artificiale

La fotosintesi artificiale vuole imitare le prime fasi di quella naturale immagazzinando l'energia luminosa (solare) nei legami chimici di idrogeno e ossigeno



Gli esperimenti di Fujishima con luce ultravioletta devono essere estesi alla luce solare.

Esistono vari approcci tra cui quello di Nocera che ha realizzato un nuovo elettrodo per l'ossigeno con materiali a basso costo

In questa prospettiva l'idrogeno "solare" diventa un possibile vettore di energia del futuro

NB. Serve energia e servono vettori di energia come sono oggi gli idrocarburi.

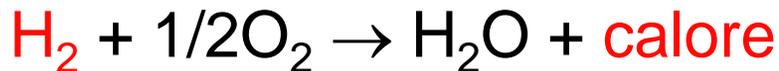


Dan Nocera MIT

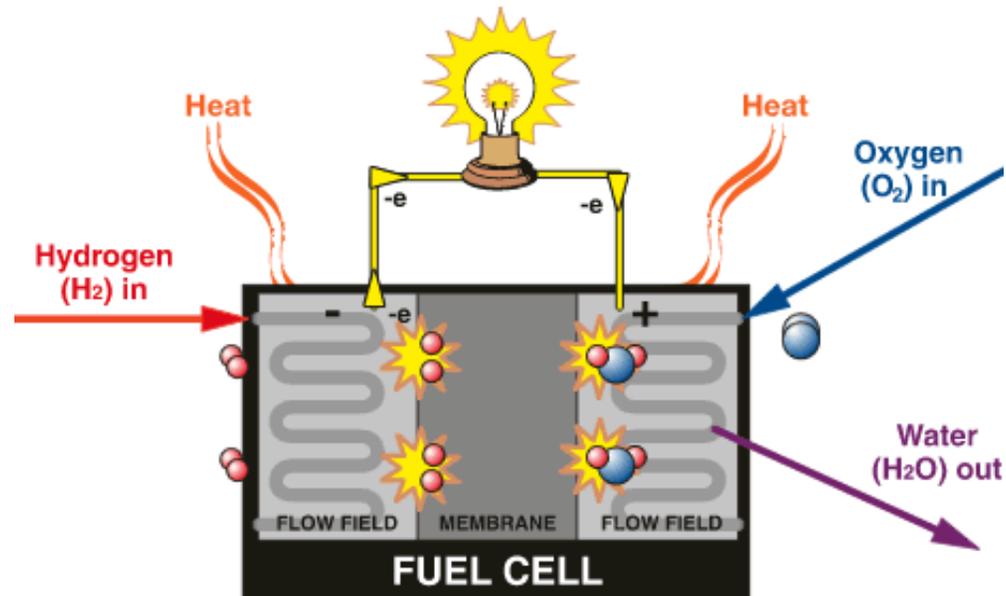
# la fotosintesi artificiale e il sogno dell'idrogeno



Combustione

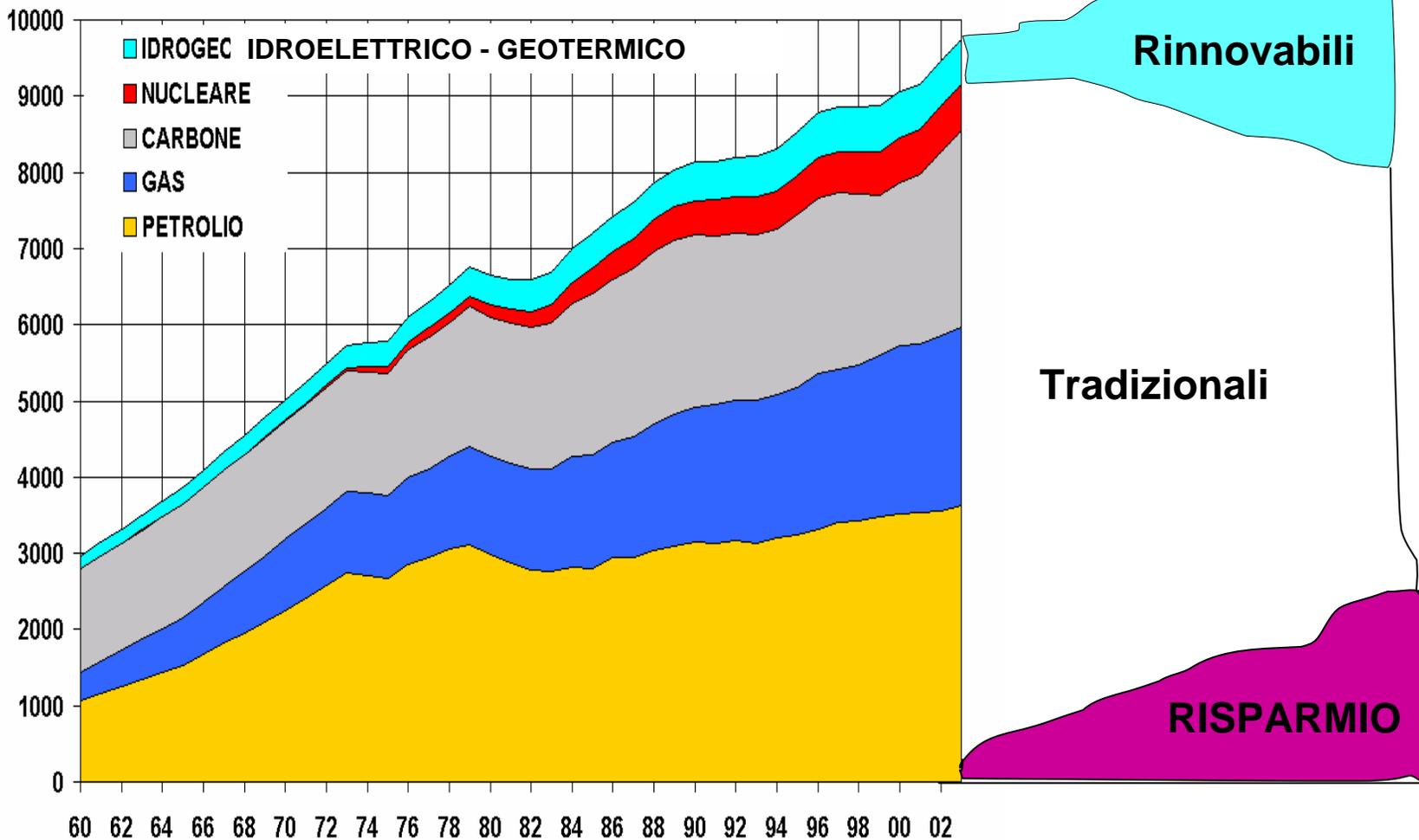


Celle a combustibile (sistemi elettrochimici ad alta resa)



# Una opzione finale: come potrebbero andare le cose

CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA NEL MONDO DAL 1960 AL 2003  
PER FONTE (Mtep)



Fonte: Unione Petrolifera (da BP)

**IERI e OGGI**

**DOMANI**

# Non tutti son d'accordo ovvero la strada non è tutta in discesa.....

AMERICAN

Scientist, May 2011

Vaclav Smil, **Global Energy :The Latest Infatuations**

**“Renewable renaissance?”**

Unfortunately this has led to exaggerated expectations rather than realistic appraisal.

The global shift away from fossil fuels to the scale of the required transformation implies an enormous **infrastructural** requirements resulting from the inherently low power densities with which we can harvest renewable energy flows and their immutable stochasticity.

The scale of the required transition is **immense”**.

## Sviluppo sostenibile

*Molti degli sforzi attuali volti ad assicurare il progresso umano, a soddisfare i bisogni umani sono semplicemente insostenibili.*

*Le nazioni ricche attingono in misura eccessiva e troppo rapidamente a risorse ambientali già troppo sfruttate ... Se nei bilanci della nostra generazione tale sfruttamento appare sotto la voce profitti, i nostri figli erediteranno solo le perdite.*

*Why should I care about posterity? What's posterity ever done for me?*

**Brundtland Commission (1987):**



**Groucho Marx**

# La cruna dell'ago

