“SAPIENZA” UNIVERSITA’ DI ROMA
ANNO ACCADEMICO 2017-2018

Metodologia e Didattica delle Scienze Ecologiche

Prof. Fausto Manes

ENERGIA

- Sfide ed opportunità -

XX secolo: l'impiego di combustibili fossili ha permesso sviluppo economico e tecnologico

Stima relativa al consumo giornaliero:

1000 barili/s ≈ 2 l./giorno pro capite

In particolare: l'energia contenuta in 7 litri di petrolio è spesa per produrre 1 kg di carne

= QUESTIONE ENERGETICA

tra i principali problemi

dell'uomo moderno

Figure 1. In this 1970 picture, an average American family is surrounded by the barrels of oil they consume annually. Now this consumption is about 40% higher.

Punti chiave della questione energetica:

- Legame tra benessere e consumo di energia
- Riduzione dell'impiego di combustibili fossili
- Potranno gli scienziati trovare una fonte di energia alternativa ai combustibili fossili?
- Come migliorare la qualità della vita dei Paesi in via di sviluppo senza "devastare" il pianeta?

COME POSSIAMO LASCIARE IN EREDITA' ALLE GENERAZIONI FUTURE UN PIANETA IN BUONO STATO?

La crisi energetica…

- Uso di risorse che non possono essere rigenerate dalla Biosfera (combustibili fossili e materie prime);
- Alimentazione, acqua, salute, ambiente, educazione, guerre, democrazia "dipendono" dall'energia.

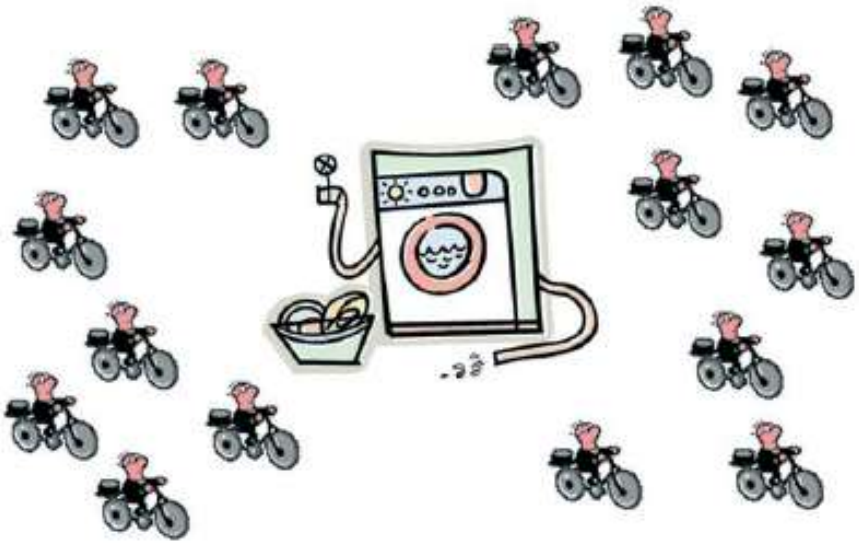
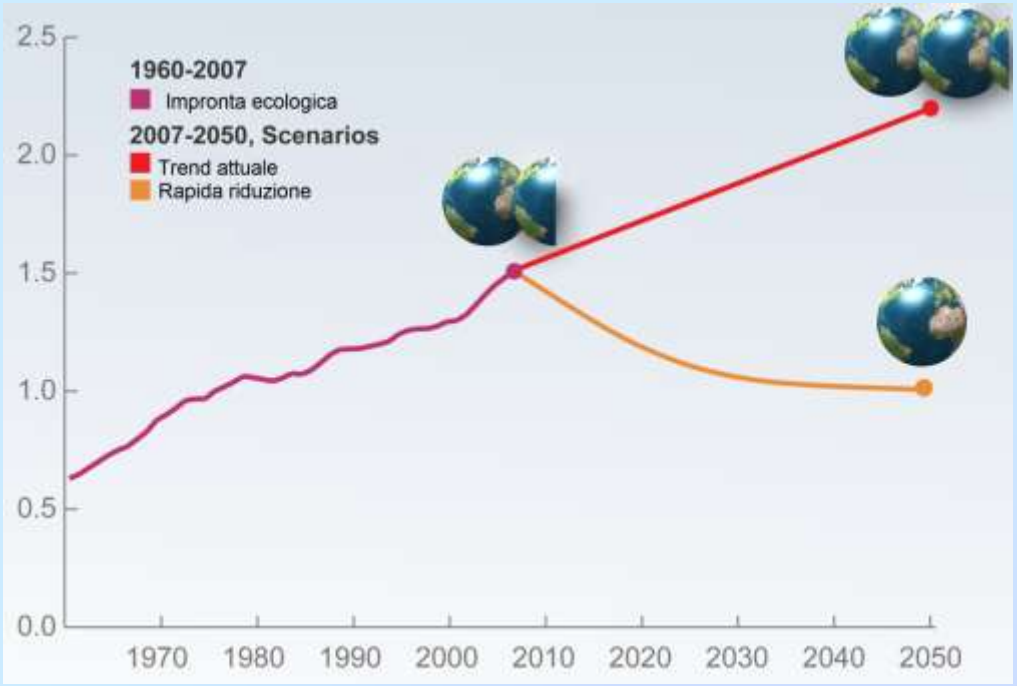


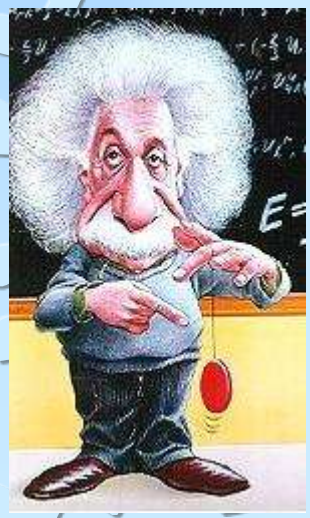
Figure 2. The power at the disposal of energy-affluent people: to run a TV set the continuous muscular work of 2 people would be needed, while for a complete cycle with an energy-efficient washing machine the number is increased to 15. To take-off a fully loaded Boeing 747, 1.6 million "energy slaves" would be required. These examples give an idea of how much energy we use.



• **Impronta ecologica**: Attualmente consumiamo l'equivalente di 1,3 pianeti ogni anno. Con il trend di aumento di popolazione e consumo attuale, nel 2050 saranno necessari più di 2 pianeti per il nostro sostentamento

Cos'è l'ENERGIA?

$E = MC^2$?



- Come si produce? Quanta energia consumiamo? Qual è il costo dell'elettricità? Come possiamo risparmiarla?

- Esiste una forte discordanza tra **il largo uso** che facciamo dell'energia e la **scarsa consapevolezza** degli effetti che ne conseguono

Le ESTERNALITA'

Il petrolio grezzo costa meno dell'acqua minerale servita al ristorante o acquistata al supermercato

ESTERNALITA' = "costi occulti":

- Ricerca nuovi giacimenti
- Estrazione – distribuzione – conversione in Energia
- Inquinamento → danni alla salute
- Accumulo di scorie
- Sicurezza e salvaguardia dei servizi
- Alterazione del ciclo del carbonio → cambiamento globale

..I principali giacimenti petroliferi

Figure 3. The so-called "energy strategic ellipse", an area stretching from Arabian Peninsula to Western Siberia, where about 70% of the world's proven oil and gas reserves are concentrated.

LE FONTI DI ENERGIA

- Errato credere che il BENESSERE delle persone aumenti al crescere del CONSUMO DI ENERGIA!
- In Europa continentale: viene assorbito solo il 10% della CO_2 antropogenica continentale
- 1 abitante USA consuma tanta energia quanto: 3 Italiani; 3 Cinesi; 11 Indiani; 17 Congolesi

  Ovvero: un americano consuma 7 toe*/anno

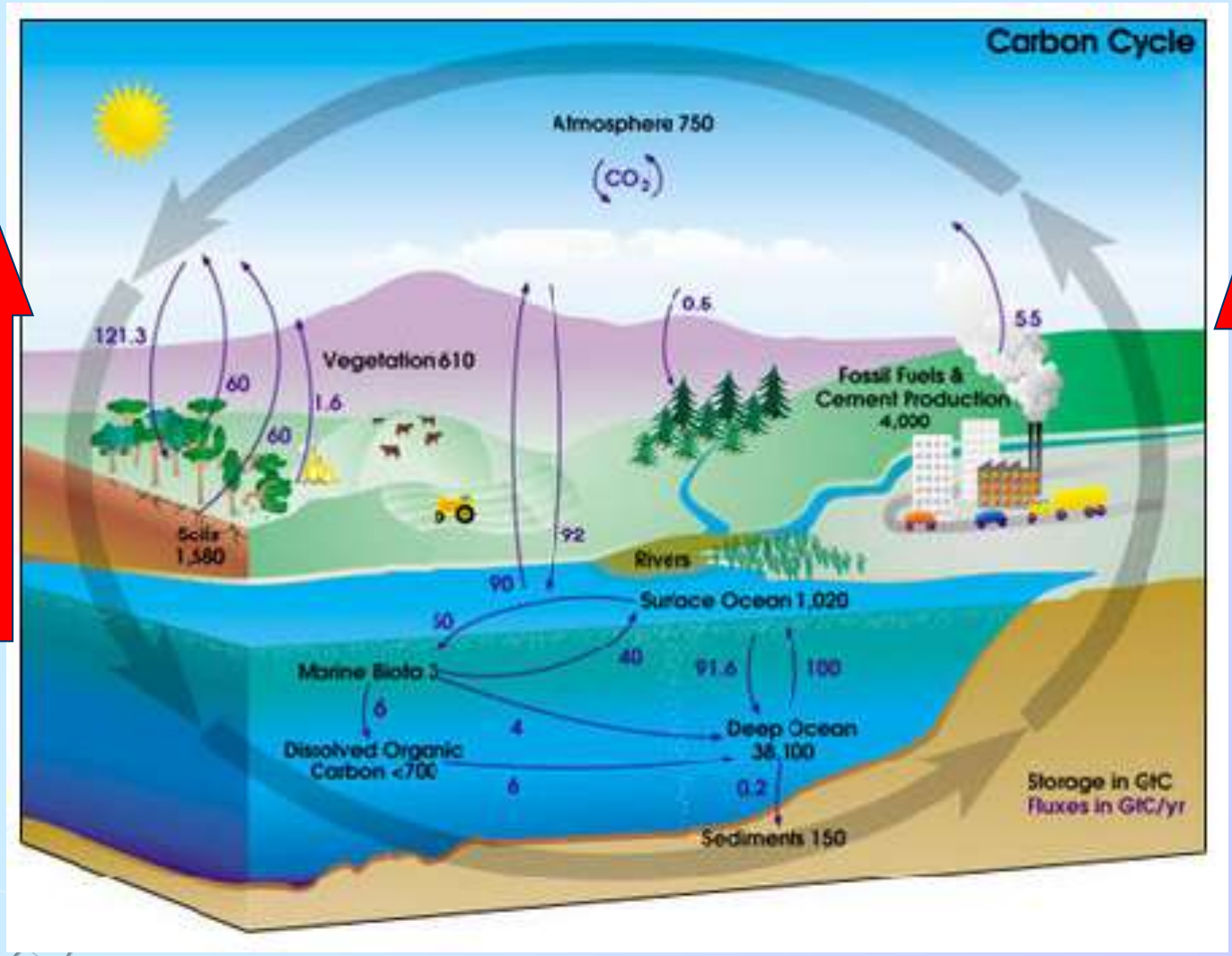
*toe = Tonn of oil equivalents

- Quando il consumo supera le 2,6 toe/anno, non c’è un corrispettivo miglioramento della qualità della vita

=>Oltre un certo limite, un ulteriore incremento di energia peggiora la qualità della vita delle persone e della società, generando RIFIUTI, consumo di MEDICINALI, DIFFERENZE SOCIALI.

Il ciclo del Carbonio

7 Gt C/anno



≈ 200 Gt C/anno

Italia Black out
28 settembre 2003

1) COMBUSTIBILI FOSSILI

derivano dalla trasformazione, realizzatasi in milioni di anni della SOSTANZA ORGANICA in forme via via più stabili e ricche di CARBONIO.

- hanno un alto rapporto energia/volume
- sono facilmente trasportabili e stoccabili
- costano poco

- sono inquinanti,
- determinano un incremento di CO_2 in atmosfera, maggiore imputato del cambiamento climatico
- non sono rinnovabili in tempi umani

- PETROLIO -

- Principale prodotto valutabile nel commercio
- Combustibile ideale: facile da estrarre, trasportare ed unico in alcuni settori (industria chimica)

Costo del petrolio: 36 $/barile* ≡ 0,23 $/litro

Richiesta giornaliera: 96 milioni di barili

La crescita del mercato asiatico aumenta la richiesta = 5 milioni di barili in più al 2021

*1 barile = 158,9 litri

- GAS NATURALE -

- Metano è il principale componente
- Principale difficoltà è il trasporto, soprattutto via mare
- I gasdotti attraversano diversi stati: regolati da politiche = Inverno 2006 riduzione dei rifornimenti dalla Russia all'Europa

$\Rightarrow$ Sistema di rifornimento fragile

Soluzione: costruire CISTERNE per lo stoccaggio di gas naturale liquido e impianti di RIGASSIFICAZIONE

Queste strutture sono costose e richiedono severe norme di sicurezza

- CARBONE -

- Estratto da miniere a cielo aperto o sotterranee
- Combustibile fossile più abbondante

- Fortemente inquinante (anidride carbonica, anidride solforosa, arsenico, mercurio, uranio e isotopi radioattivi)
- Impatto ambientale delle miniere

Miniere di

Carbone

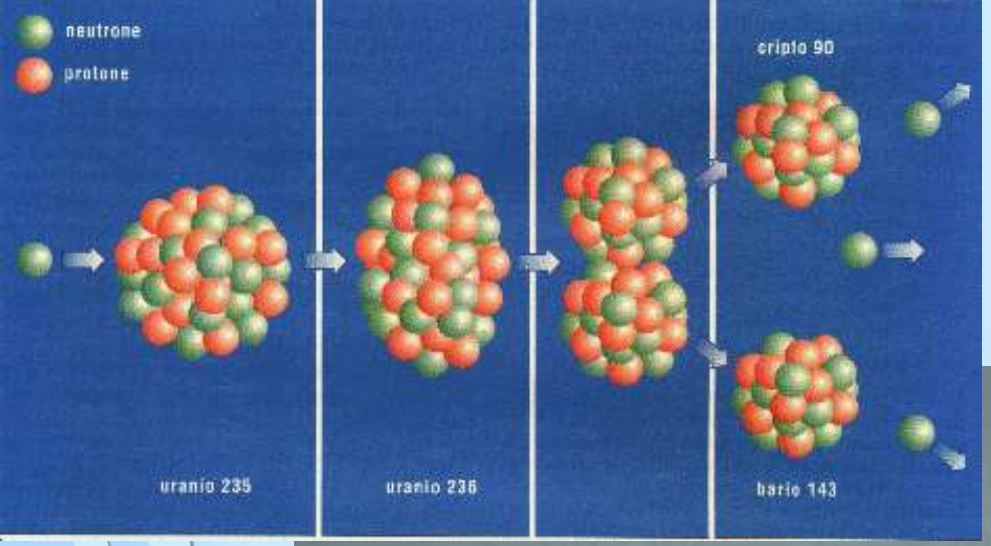
2) ENERGIA NUCLEARE

Può essere ottenuta per FISSIONE o per FUSIONE

- A) FISSIONE = attualmente per produrre E elettrica (spezzando 1 nucleo pesante in nuclei medi)
- B) FUSIONE = ancora in fase di sperimentazione (fondendo più nuclei leggeri in un nucleo medio)

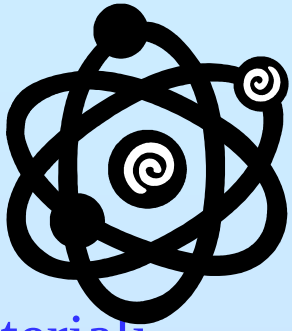
Attualmente 438 centrali nucleari attive in tutto il mondo, 67 in costruzione (100 USA, 58 Francia, 43 Giappone, 34 Russia)

La fissione nucleare:



- Energia dal bombardamento dell'uranio con neutroni
- Il nucleo dell'uranio si divide in due nuclei più piccoli = **fissione nucleare**
- Si genera energia e altri neutroni che, a loro volta, continueranno a far dividere i nuclei di uranio innescando una **REAZIONE NUCLEARE A CATENA**
- Durante questo processo viene emessa radioattività ad alta intensità.

FATTORI OSTACOLANTI



- Incidente di Chernobyl = danni psicologici, fisici e materiali
- Allocazione scorie nucleari e loro stabilità futura
- Centrali nucleari obiettivo terroristico
- Costi per costruzione – salvaguardia – dismissione

Richieste di energia 10 TW* di potenza per un periodo esteso = 1 centrale da 1 GW ogni giorno per i prossimi 50 anni

Al tasso di consumo del 2010, la fonte di uranio basterebbe per 30 anni

Soluzione: ri- processamento del combustibile nucleare => separazione del Plutonio => maggior pericolo per i traffici illeciti di ARMI NUCLEARI

*$1\ TW = 10^{12}\ W$

Disastro di Fukushima

- Fusione dei noccioli della centrale a seguito del terremoto e del maremoto dell'11 marzo 2011
- Classificato al livello massimo della scala INES della gravità degli incidenti nucleari (raggiunto finora solo da Chernobyl)

Conseguenze ambientali

- Radionuclidi entrati nella catena alimentare a larga scala (OMS)
- Nei giorni successivi i livelli di radioattività in mare hanno superato di 4400 volte i limiti di sicurezza
- Quantità di radioattività rilasciata in atmosfera pari a 1/10 di quella del disastro di Chernobyl

Le fonti di ENERGIA RINNOVABILE come il sole, l'acqua e il vento sono servizi forniti dagli ecosistemi gratuitamente, in grado di produrre benefici a livello ambientale, sociale ed economico.
Al 2014, il **28%** dell'energia prodotta a livello globale deriva da fonti rinnovabili.

Trend Annuo	**inizio 2004**	**2013**	**2014**
Potenza prodotta dalle energie rinnovabili (totale)	800	1578	1712 GW
Biomasse	227	396	433 TWh
Idroelettrico	715	1018	1055 GW
Fotovoltaico	2.6	138	177 GW
Concentrazione solare	0.4	3.4	4.4 GW
Eolico	48	319	370 GW
Geotermico	8.9	12.1	12.8 GW

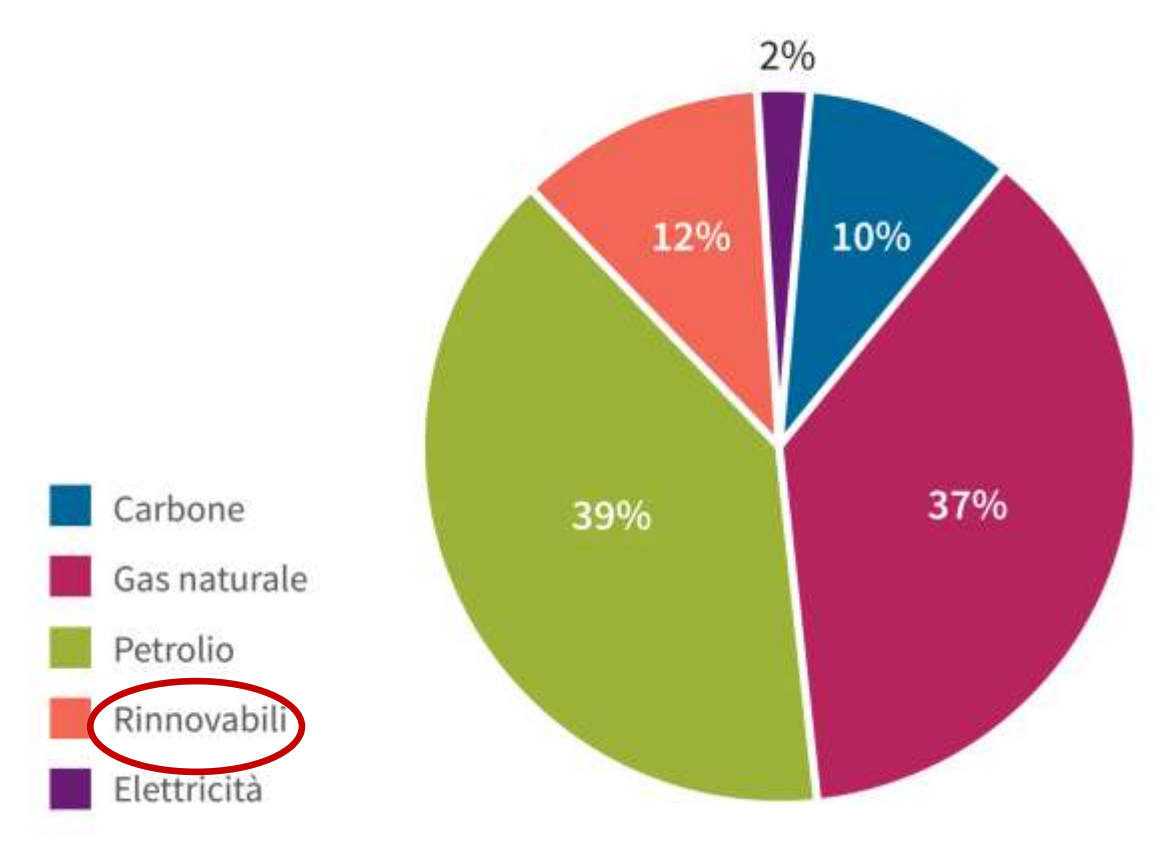
(Renewables Global Status Report, 2015)

Principali Paesi nel mondo produttori di ENERGIE RINNOVABILI: Cina, Stati Uniti, Canada, Brasile, Germania/India.
In particolare:

ENERGIA	1	2	3	4
Energie rinnovabili (totale)	Cina	USA	Brasile	Germania
Energie rinnovabili (idroelettrica esclusa)	Cina	USA	Germania	Italia/Spagna
Biomasse	USA	Germania	Cina	Brasile
Idroelettrica	Cina	Brasile	Canada	USA
Fotovoltaico	Germania	Cina	Giappone	Italia
Fotovoltaico pro capite	Germania	Italia	Belgio	Grecia
Eolico	Cina	USA	Germania	Spagna

(Renewables Global Status Report, 2015)

Consumi di energia primaria in Italia
Anno 2011



Rapporto Energia e Ambiente 2013
ENEA

3) ENERGIA SOLARE

- Non inquinante, abbondante, economica
- 120.000 TW di Radiazione elettromagnetica proveniente dal sole
- Coprendo lo 0,16% delle terre emerse con sistemi di conversione di E solare (efficienza 10%), si otterrebbero 20 TW di potenza, circa il DOPPIO del consumo dei combustibili fossili ≈ 20.000 centrali nucleari da 1GW

Non può essere impiegata come tale => CONVERSIONE

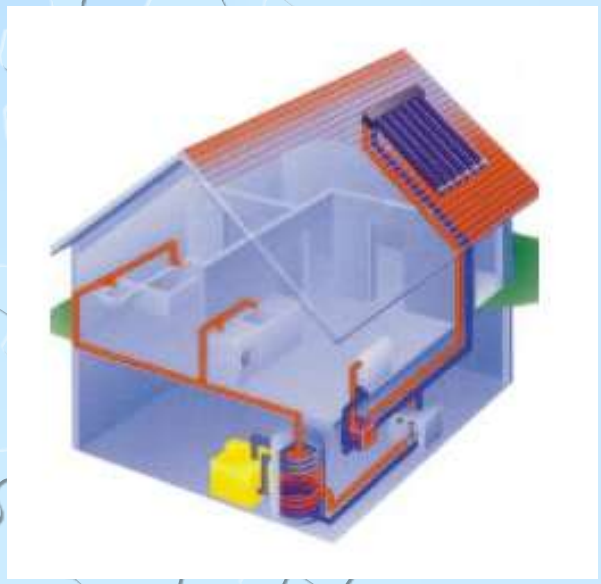
- Attualmente ciascuna delle strade impiegate per convertire energia solare in calore, elettricità e combustibile non è competitiva con i combustibili fossili rispetto ai prezzi di mercato

- SPS = Solar Power Satellite: sfruttamento dell'energia attraverso un sistema di satelliti

Come si “cattura” l’energia solare?

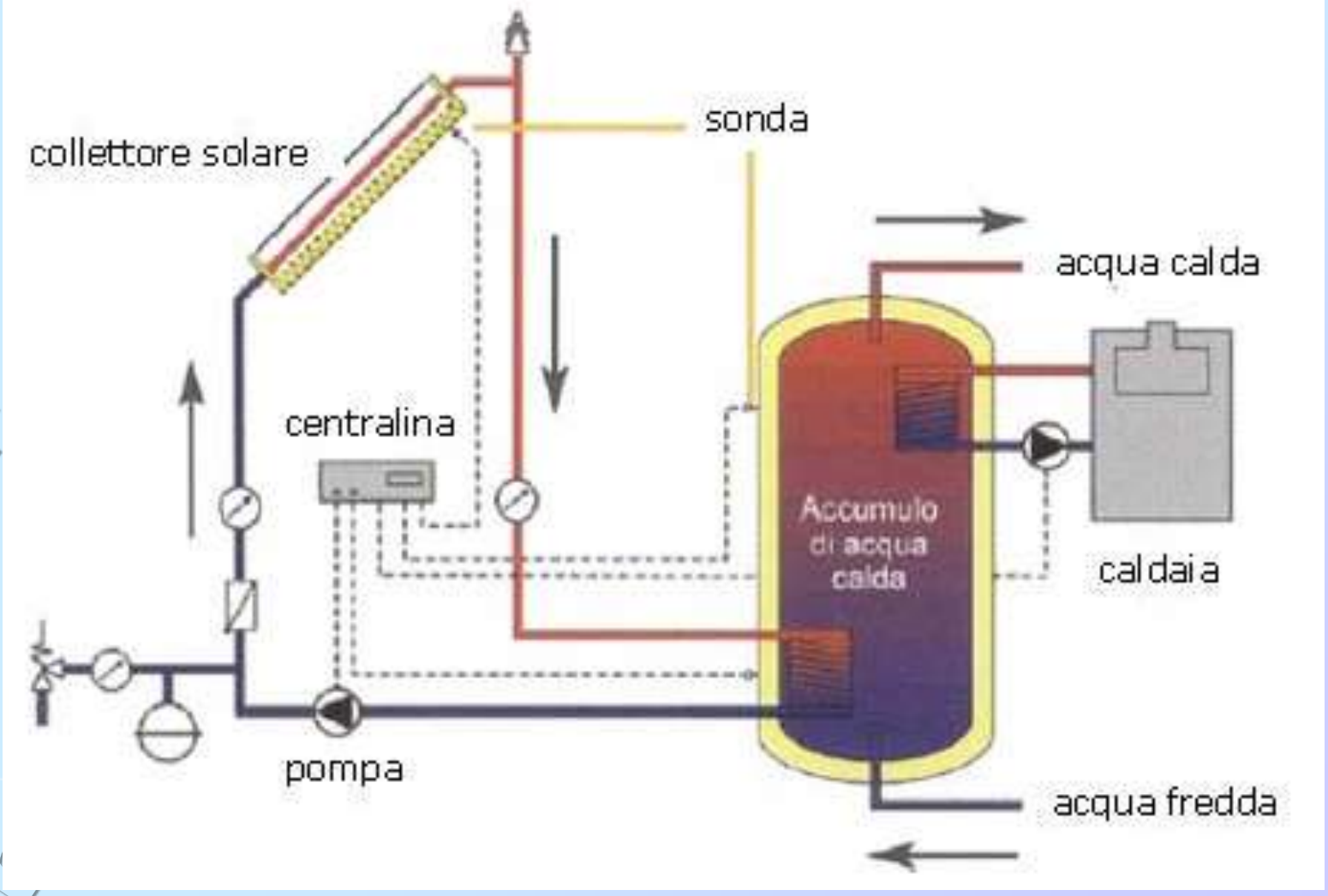
a) PANNELLI SOLARI TERMICI

- Trasformano E solare in calore
- Sistema semplice, non richiede E concentrata



Principio di funzionamento: un liquido viene riscaldato – trasferisce il calore per conduzione all’acqua per uso domestico

Impianto a pannelli solari termici



- Più del 50% del consumo domestico per: riscaldamento, lavare, cucinare; la diffusione dei pannelli solari termici potrebbe alleviare in modo sostanziale il consumo di E del settore residenziale

A livello globale, fino al 2014, si stima una potenza fino a 406 GW per l'energia prodotta dal solare termico, anche se lo sviluppo di nuove tecnologie tende a rallentare per il declino degli investimenti

I principali Paesi promotori di tale tecnologia sono: Cina, Turchia, Brasile, India e Germania.

(Renewables Global Status Report, 2015)

b) Pannelli fotovoltaici (PV = PhotoVoltaic)

- Trasformano E solare in E elettrica
- Le celle o tetti fotovoltaici hanno il vantaggio di poter essere collegati alla rete elettrica

<u>Principio di funzionamento:</u>
L'unità base è la CELLA fotovoltaica, una piastrina di materiale semiconduttore (monocristallino, policristallino, elettrolita – TiO_2)

- Il limite termodinamico per la conversione è del 5-15% I generazione (Si monocristallino); II generazione (TiO_2) con bassi costi di realizzazione e maggior rendimento (attualmente solo a scala di lab)
- Ad oggi >526.000 impianti fotovoltaici in Italia
- Potenza attuale a livello globale: 10.7 GW
- Tempo di ammortamento del costo di 1 pannello = 5-6 anni
- Produzione E > 10 volte costi produzione

Occorre considerare che l'E dal Fotovoltaico sarebbe COMPETITIVA con quella dei combustibili fossili, se venissero prese in considerazione le ESTERNALITA' associate a queste ultime

Irradiazione solare annua in Europa

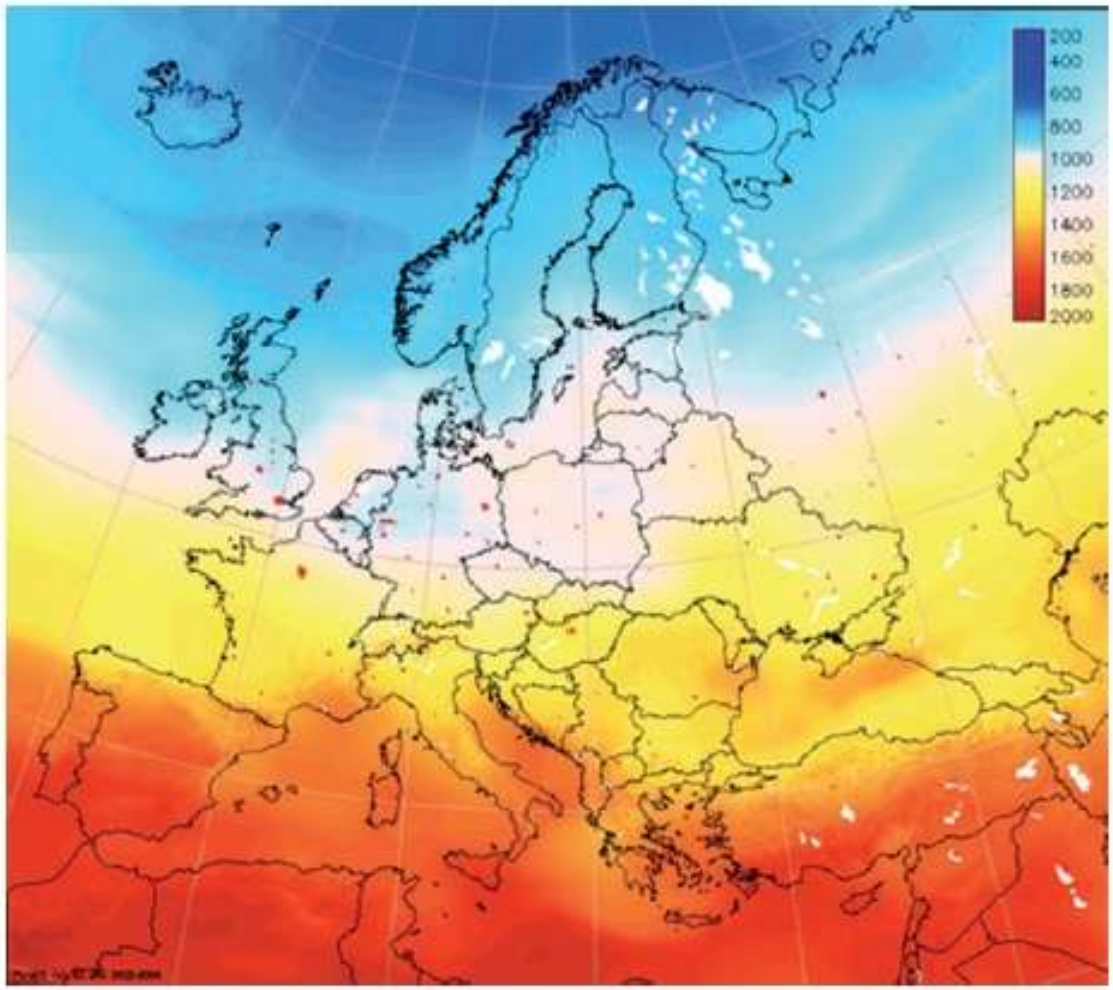
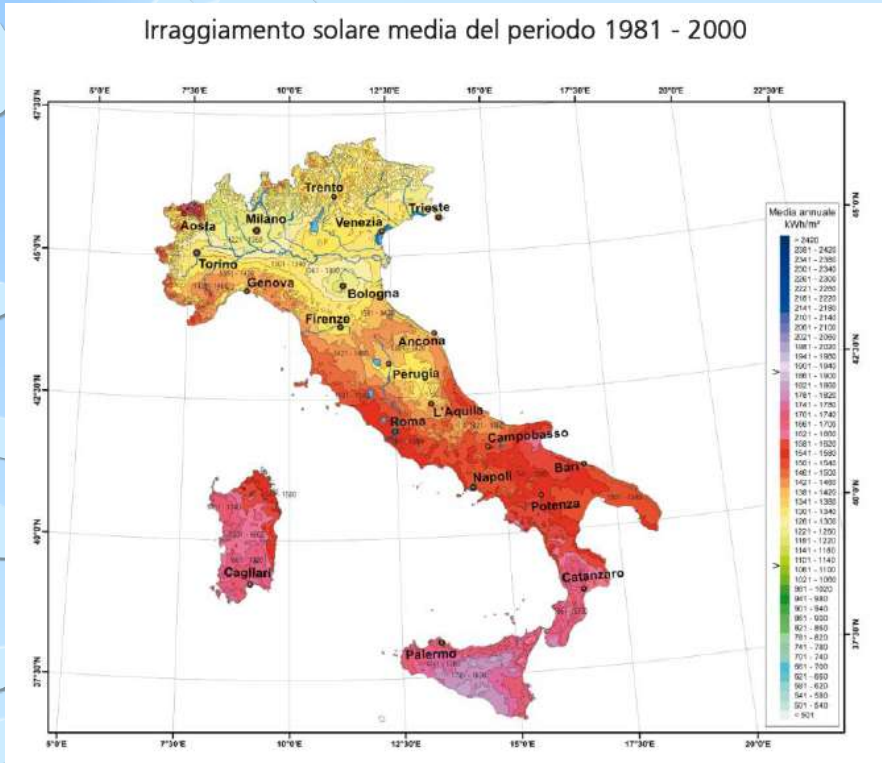
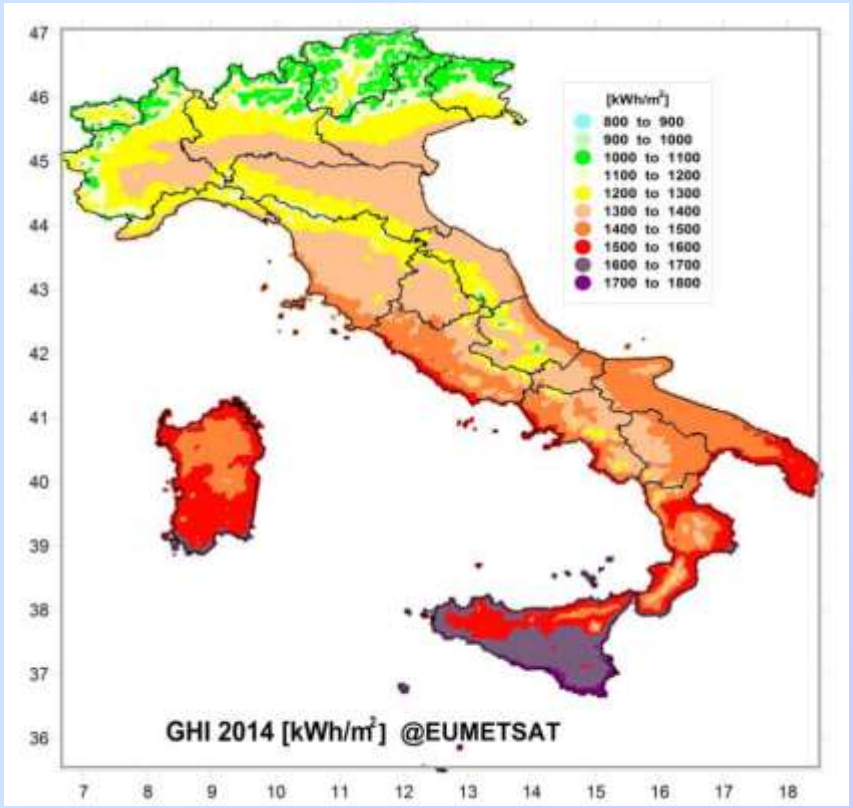


Figure 10. Yearly sum of solar irradiation on horizontal surface in Europe in kWh m^{-2}; there is only a factor of 1.6 between the values for Rome and London (data from European Commission Joint Research Center). Isolated red dots are major metropolitan areas.

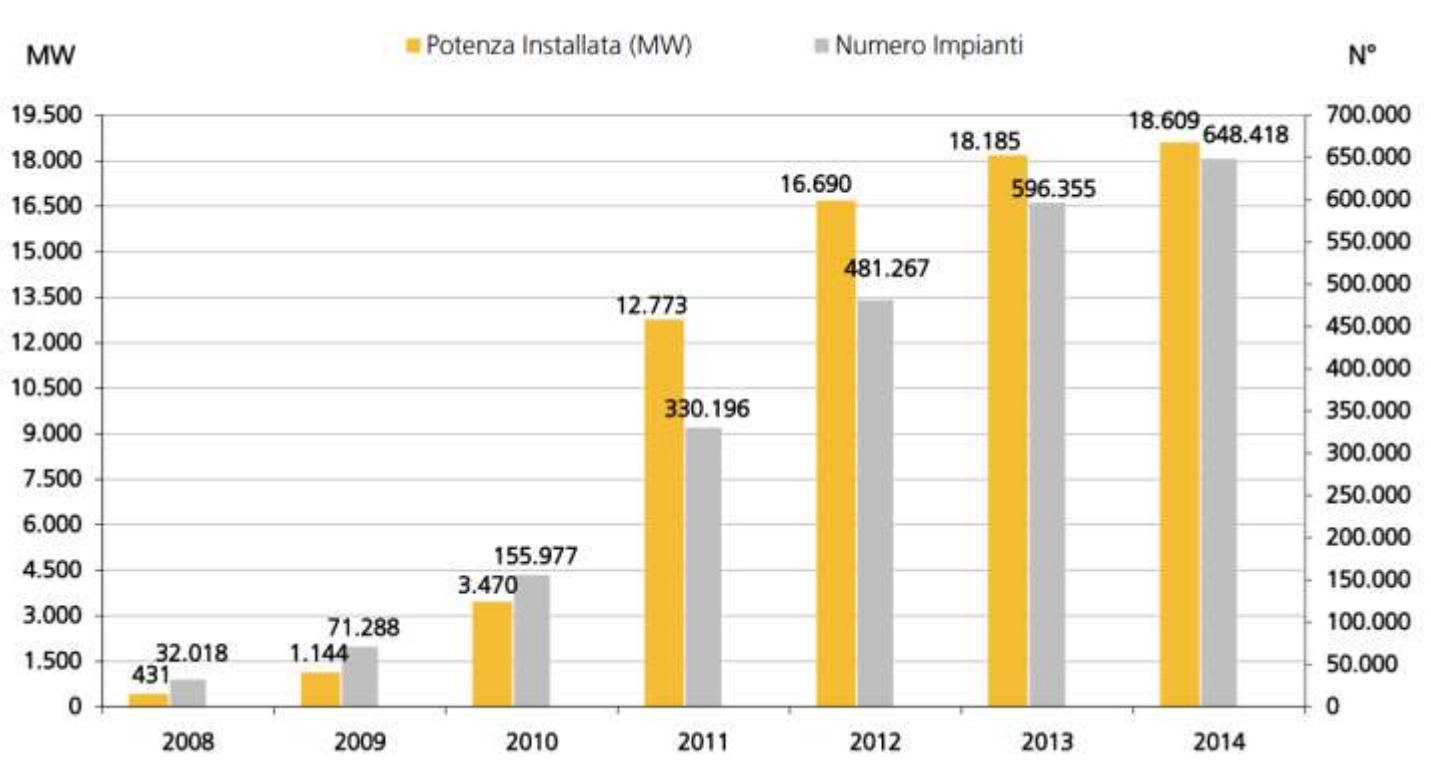
Mappa della radiazione solare storica e del 2014 in Italia



Irraggiamento solare nel 2014

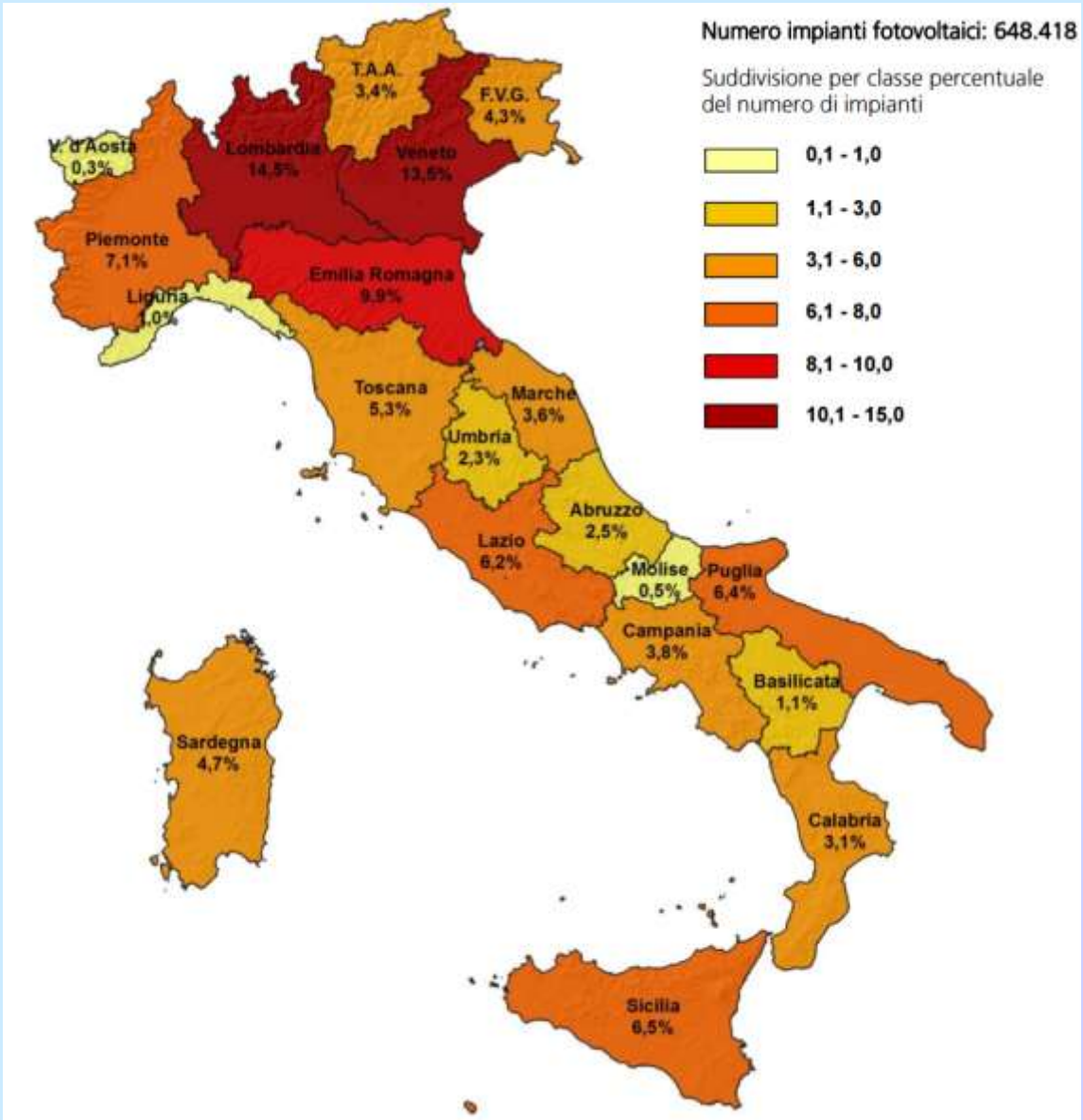


Potenza e numerosità degli impianti fotovoltaici in Italia



Rapporto Statistico 2014, Solare Fotovoltaico. GSE

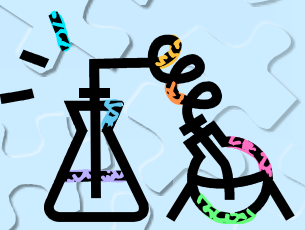
Distribuzione regionale del numero degli impianti a fine 2014

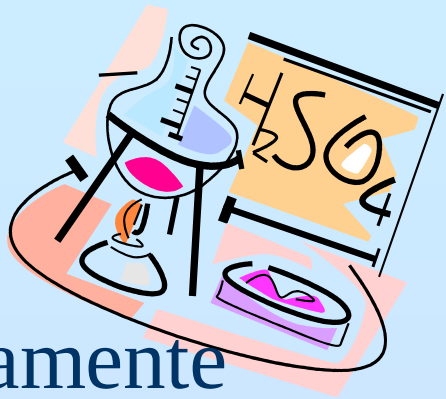


c) Biocombustibili

- La produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili come il sole e l'acqua rappresenta la migliore forma di E poiché sfrutta specifici processi di conversione, tra questi i maggiormente impiegati sono:

1. Elettrolisi dell'acqua (produce idrogeno + ossigeno), metodo estremamente costoso
2. Fotosintesi (produzione di biomassa come combustibile)





- 1) **Elettrolisi**: per essere economicamente vantaggiosa e sostenibile il materiale deve essere abbondante ed economico: ad es. acqua;

  Acqua === H_2 e O_2

Sono necessari **CATALIZZATORI** per velocizzare i processi.

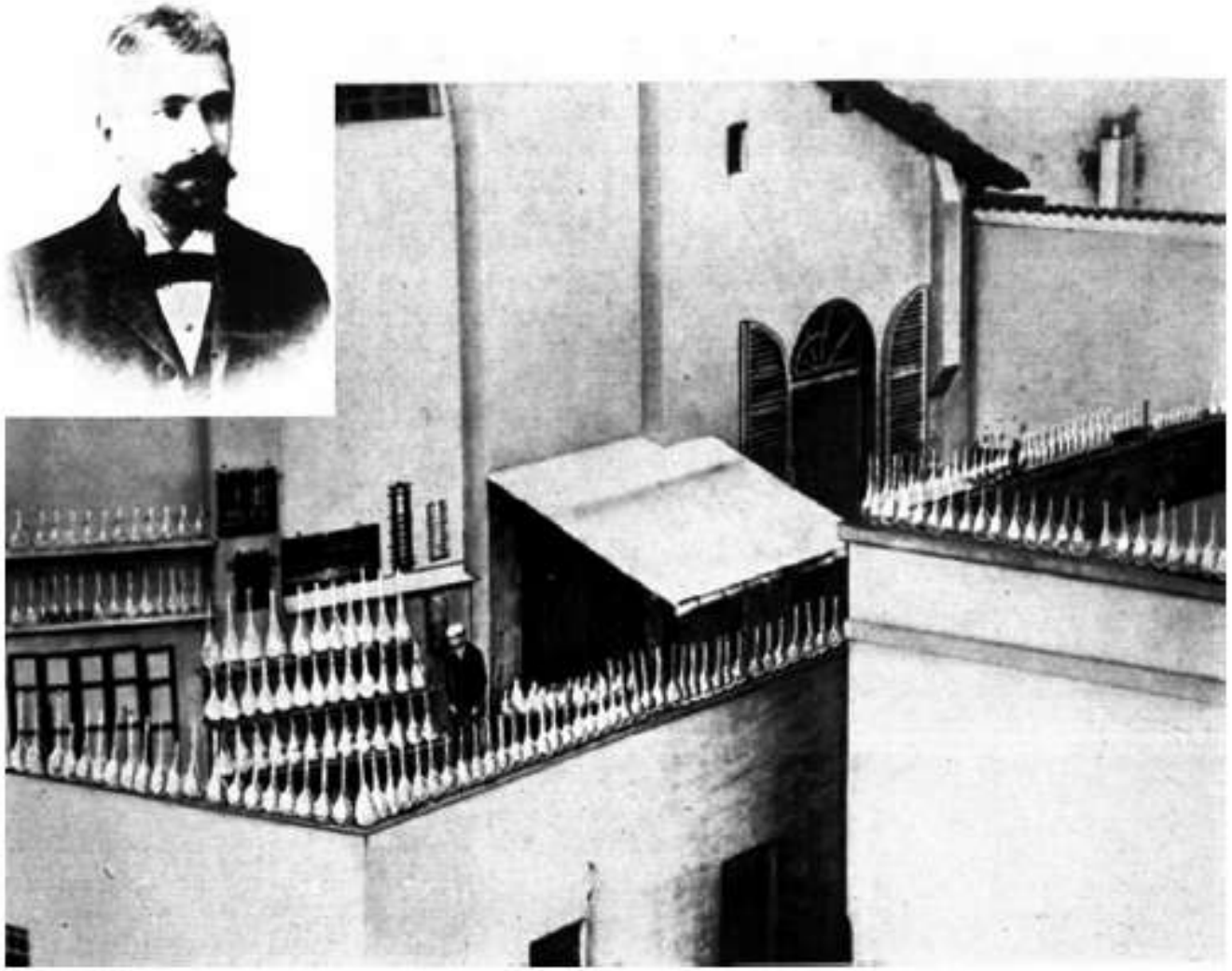


Figure 7. Giacomo Ciamician, pioneer of photochemistry and prophet of the energy transition, while watching his flasks under solar irradiation on the roof of his laboratory at the University of Bologna, Italy, circa 1910.

2) Fotosintesi

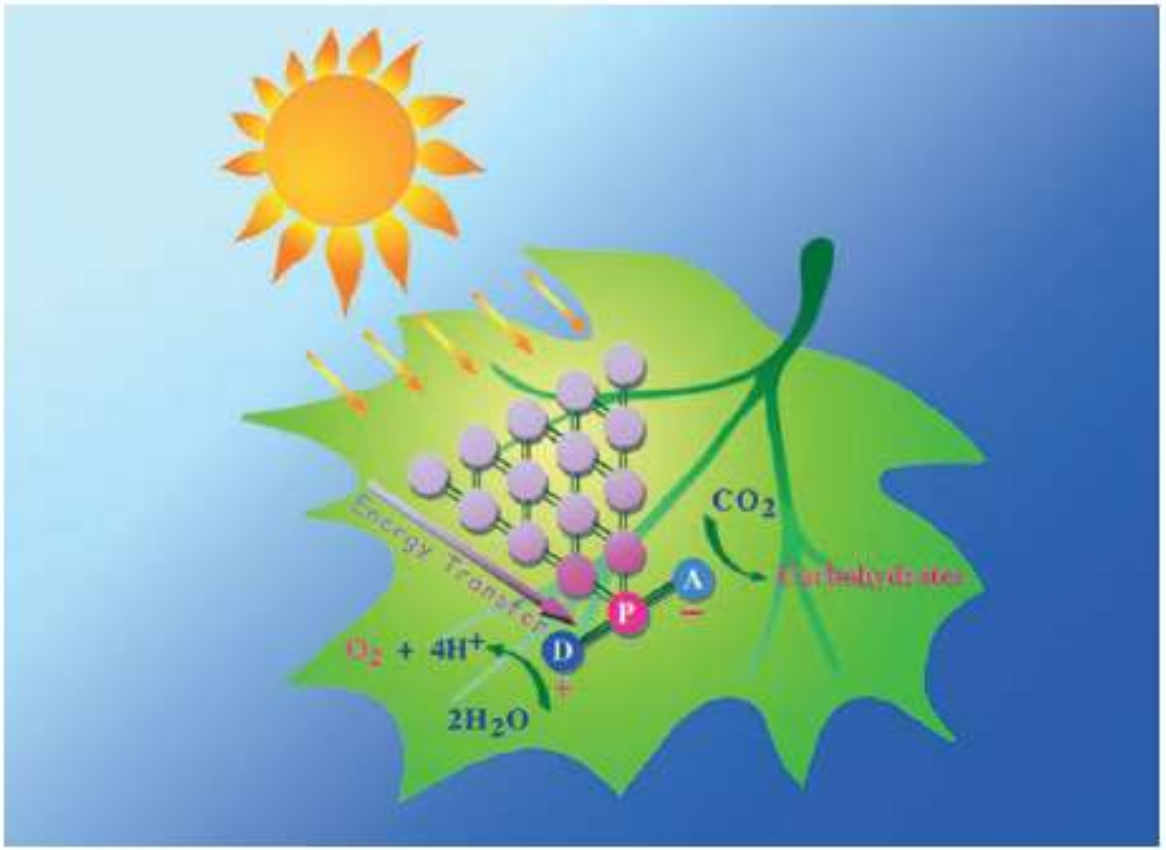


Figure 6. A very simplified sketch representing key processes in natural photosynthesis: solar light harvesting by pigments, energy transfer to the reaction center, charge separation, production of carbohydrates and oxygen (courtesy of Dr. Lella Serroni, University of Messina). D donor, A acceptor, P photosensitizer.

Colture ad uso energetico

Si distinguono in 3 categorie:

1. Biomasse lignocellulosiche

- SRF (Short Rotation Forestry) = pioppo, salice, eucalipto, robinia
- ERBACEE PLURIENNALI (cardo, miscanto, canna)/ANNUALI (Kenaf, colza, girasole, sorgo)

2. Oleaginose (soia, mais, produzione di biodiesel)

3. Colture da carboidrati (canna da zucchero per etanolo addizionato alle benzine)

Conversione Biomassa - Energia (calore/elettricità)

In relazione alla tipologia di biomasse, si distinguono 2 classi principali:

1. Processi TERMOCHIMICI, attraverso la combustione. Legna e derivati, scarti di lavorazione (truciolati, segatura, gusci frutta secca); C/N>30;
2. Processi BIOCHIMICI, contributo di enzimi, funghi e microorganismi. Biomassa da carboidrati ed oleaginose; C/N<30;

- E’ necessario individuare vaste aree coltivabili e grandi disponibilità idriche
- Sviluppare sistemi di raccolta della biomassa che tengano conto del contesto ambientale locale
- E’ stato stimato che, al tasso di consumo attuale, la sostituzione del 5%di benzina e diesel richiede il 20% dei territori coltivabili di Europa e Stati Uniti
- Attualmente la ricerca è focalizzata sull’incremento della resa della canna da zucchero per produrre etanolo tramite gassificazione ->Syngas (miscela di CO ed H_2)

4) ALTRE ENERGIE RINNOVABILI

- Energia eolica
- Energia idroelettrica
- Energia geotermica, correnti marine, gradiente termico, maree

- Energia dall'idrogeno

E. Eolica

Vantaggi:

- Nessun costo del combustibile primario
- Nessuna emissione di inquinanti in atmosfera o dissipazione di calore
- Tecnologia semplice
- Tempi di realizzazione brevi e capacità da pochi a oltre 100 MW
- In tempi lunghi più competitiva

Svantaggi:

- Variabilità della direzione del vento
- Distanza parchi eolici e centri di consumo dell'E
- Forte impatto visivo ed ambientale

Località Mucuripe - Brasile

- Al 2014 l’ammontare dell’E eolica è 370 GW
- Principali produttori: Cina, Stati Uniti, Germania, Spagna (l'Italia è settima nella classifica delle nazioni con le maggiori capacità installate)
- Nuovi mercati in Russia, Cina e Brasile

Si stima che a fine millennio saranno istallate circa 75.000 MW di turbine eoliche = 200 milioni di abitanti

…principio di funzionamento

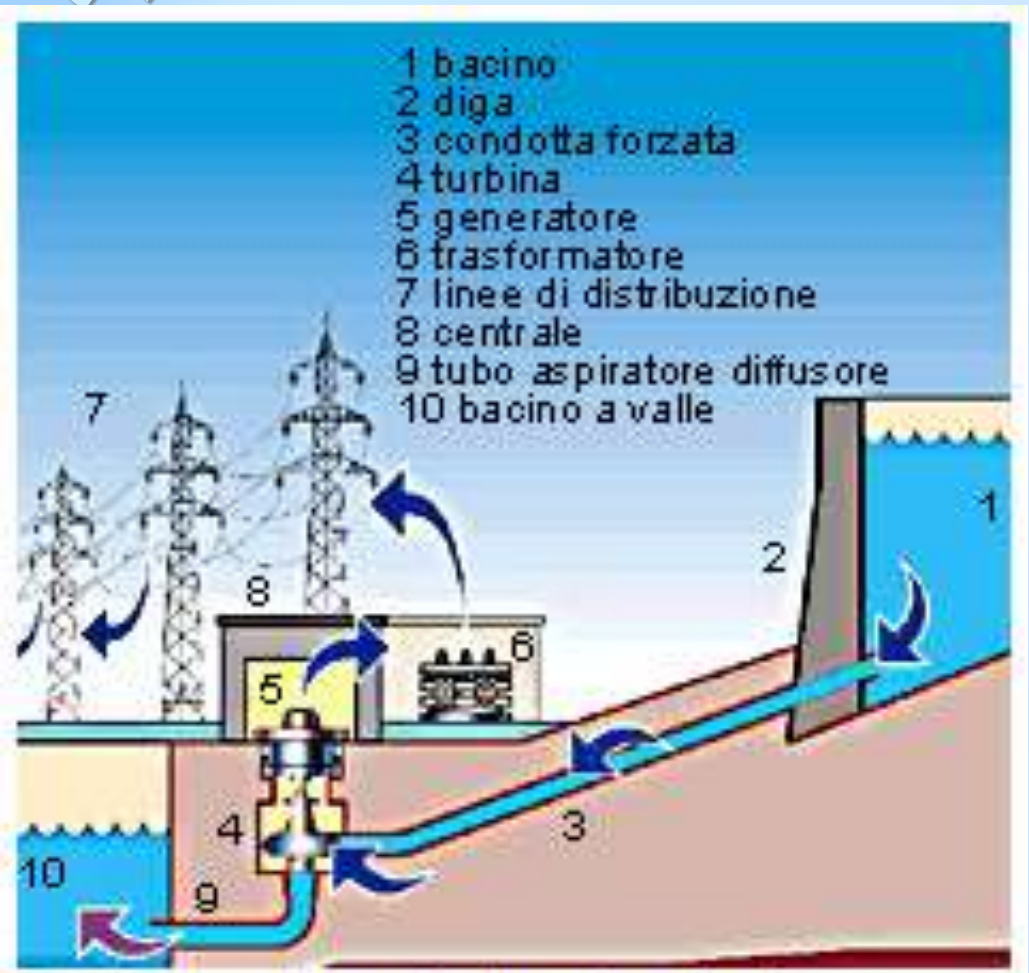
E. Idroelettrica

Tecnologia più antica per produrre E elettrica

Vantaggi:

- Produzione di E a basso costo
- Disponibilità di E immediata in caso di forti richieste
- Rifornimento di acqua potabile/irrigua
- Sistema di protezione dalle inondazioni

..principio di funzionamento



Schema di un impianto a bacino

- Sbarramento del corso di un fiume (diga) in cui si raccoglie acqua (bacino artificiale)
- Convogliata tramite una condotta forzata ad un sistema di turbine che permette la produzione di E elettrica
- L'acqua viene fatta fluire a valle

Svantaggi:

- I territori adibiti allo sfruttamento di tale fonte occupano una superficie grande quanto l'Italia (300.000 km^2) e suppliscono il 3% delle richieste energetiche mondiali
- La costruzione di dighe implica lo spostamento di un elevato numero di abitanti, spesso appartenenti ai Paesi più poveri, con disagi economici e sociali
- Solo una piccola frazione è utilizzabile in modo economico e sostenibile (circa 0,5 TW)

© Thepops

Diga del Vajont - Veneto

E. Geotermica

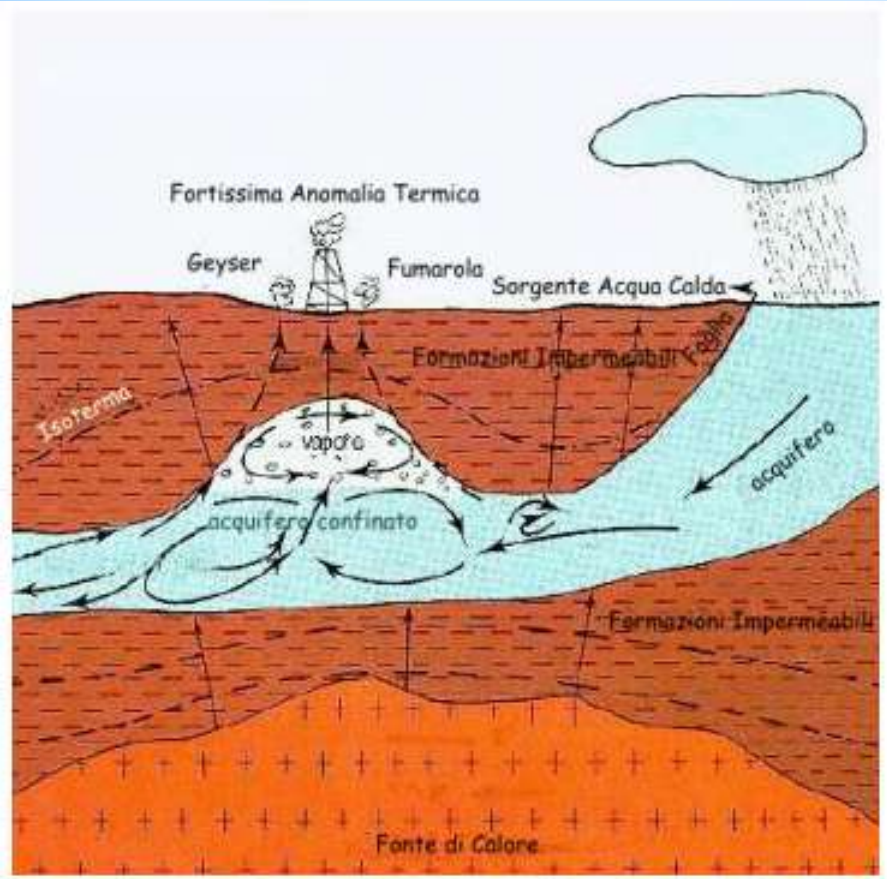
- T crosta terrestre aumenta di 3°C ogni 100m
- T del mantello è più omogenea per la presenza di moti convettivi
- “Hot spots” legati alla tettonica o all’attività vulcanica rendono possibile lo sfruttamento del calore in risalita
- Può essere sfruttato calore per produrre E elettrica per il 3-5% del consumo attuale

Islanda

California

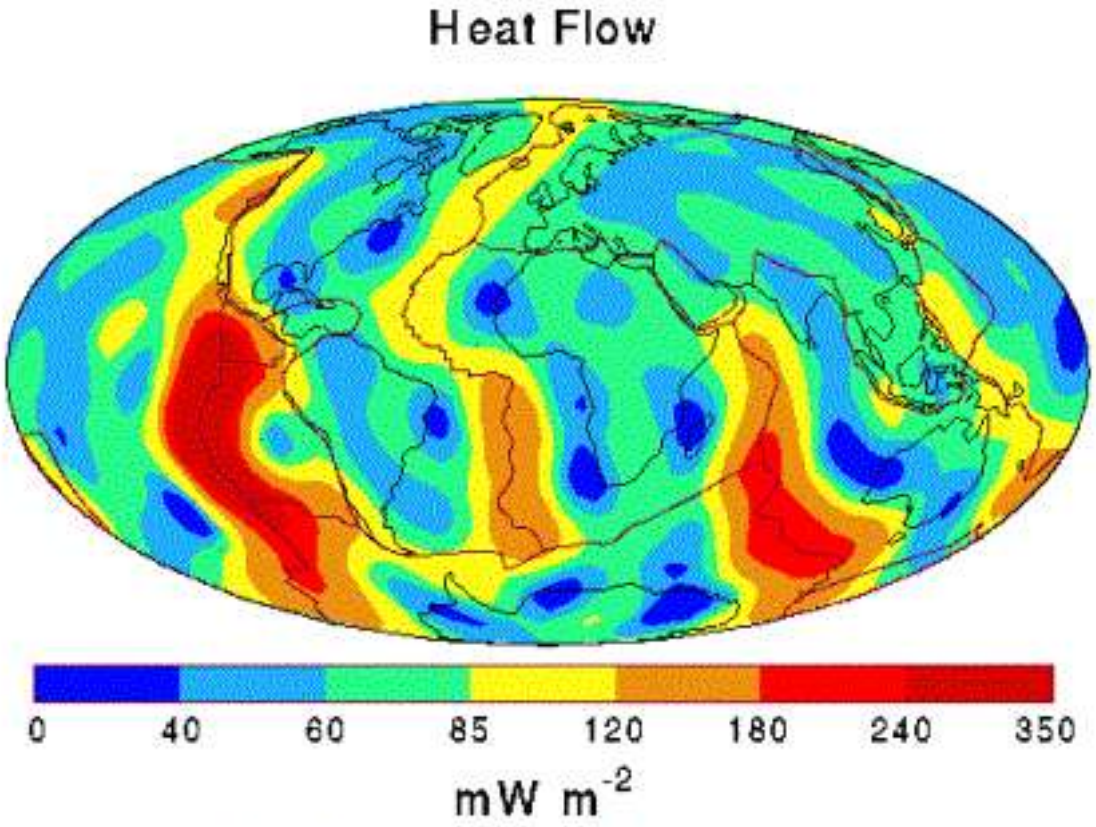
Toscana

..principio di funzionamento:

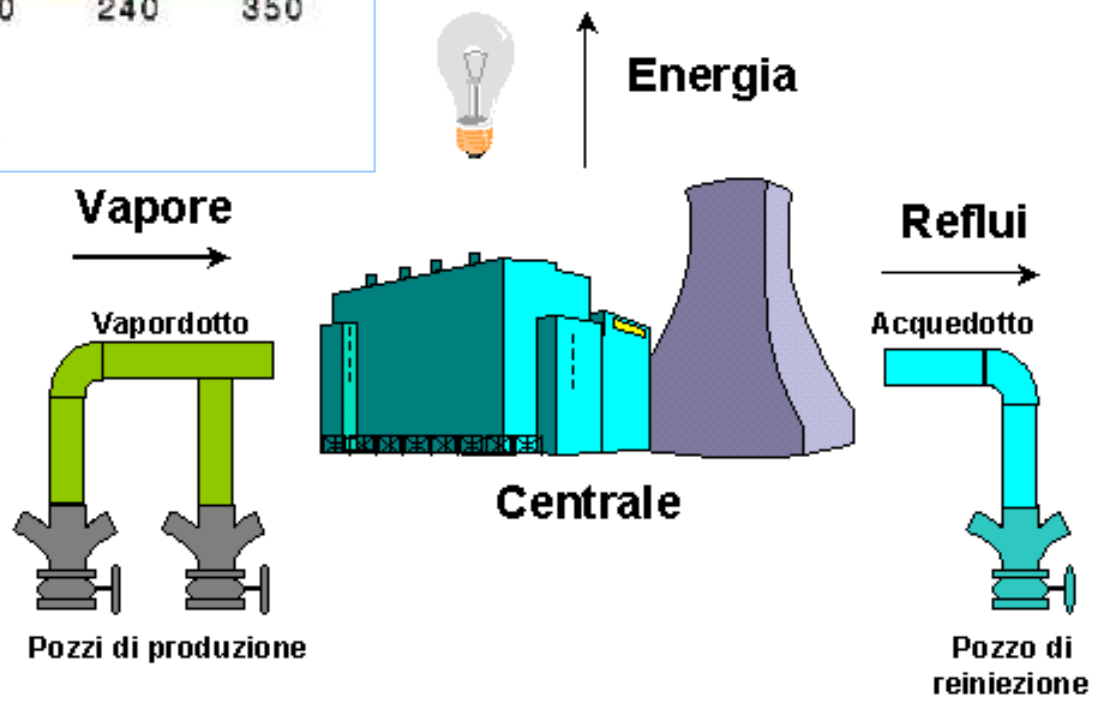


Schema di sistema geotermico.

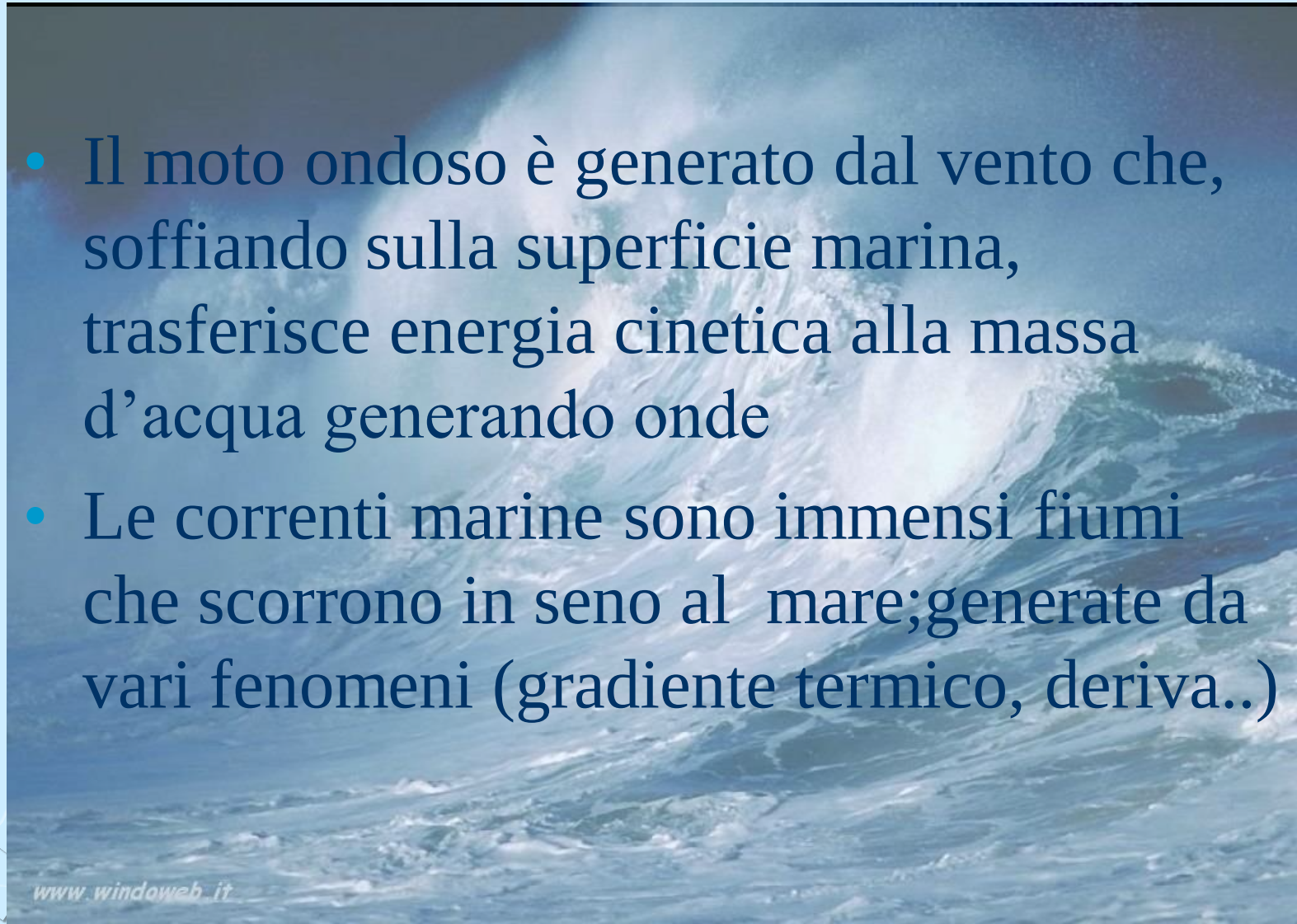
- Nel sottosuolo il passaggio delle acque (di falda o iniettate) in prossimità di una massa magmatica, genera VAPORI
- Questi vapori tendono a risalire attraverso fratture della roccia
- Si generano degli Hot Spots
- I vapori vengono convogliati ad un sistema di turbine per produrre E elettrica e calore



Distribuzione del flusso di calore endogeno.



Moto ondoso e correnti



- Il moto ondoso è generato dal vento che, soffiando sulla superficie marina, trasferisce energia cinetica alla massa d'acqua generando onde
- Le correnti marine sono immensi fiumi che scorrono in seno al mare;generate da vari fenomeni (gradiente termico, deriva..)

…principio di funzionamento

www.energoclub.it

L'E cinetica della massa d'acqua mette in moto dei pistoni situati all'interno della barriera, oppure tale E viene trasferita a galleggianti ancorati al fondo del mare con cavi che si avvolgono e svolgono sull'asse di un alternatore

Gradiente termico marino

- La prima centrale OTEC è nata nel 1996 al largo delle isole Hawaii
- L'energia solare assorbita dalla superficie del mare la riscalda, creando un ΔT fra le acque superficiali, e quelle situate ad una profondità di 600 m. -> Se c'è ΔT c'è E libera per produrre lavoro
- I vapori ad alta pressione, mettono in moto una turbina e un generatore di elettricità, passano in un condensatore e tornano allo stato liquido raffreddati dall'acqua aspirata dal fondo
- i costi sono molto alti e la tecnologia è applicabile solo in determinate zone

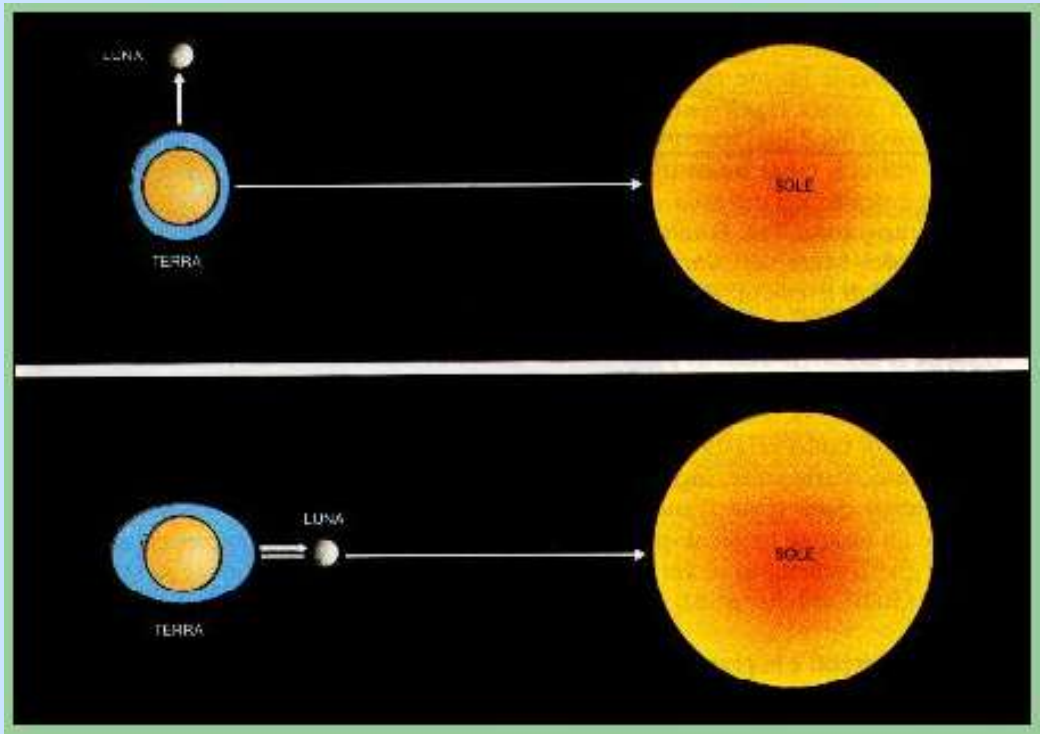
Maree

- Flusso e riflusso del livello del mare
- fenomeno a carattere universale, persistente e periodico
- Lo sfruttamento dell'E dalle maree si basa sugli stessi principi dell'idroelettrico (dighe), ma può essere applicato solo laddove l'escursione di marea è notevole

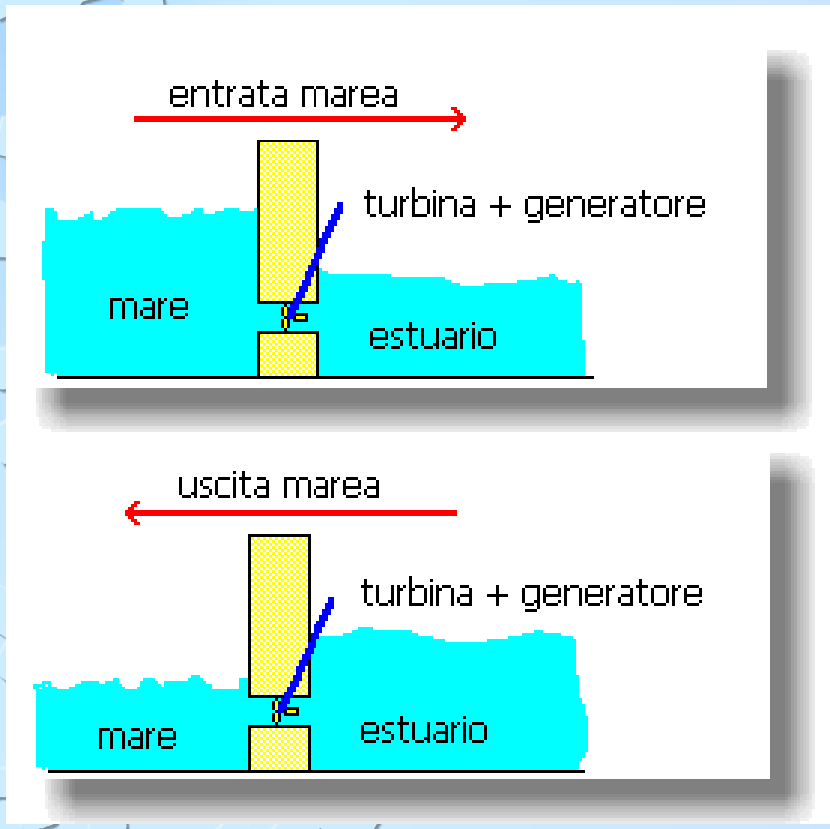
Mont Saint Michel - Francia

…le maree

- Attrazione luni-solare della terra
- Nell'arco di un giorno avvengono due cicli di alta e bassa marea.



…principio di funzionamento



- Sfruttamento dell'escursione di marea per:
  - sollevamento di un peso in contrapposizione alla forza di gravità;
  - compressione dell'aria;
  - movimento di ruote a pale;
  - riempimento di bacini e successivo svuotamento immesso in turbine.

E. dall'idrogeno

- Per combustione, l'idrogeno produce calore ed acqua
- E' possibile produrre E dall'H_2 collegando al sistema di combustione le turbine
- Si trarrebbero enormi benefici se si potessero sostituire le fonti fossili con l'H_2 per la produzione di E…

Come produrre H?

Attraverso 2 modi:

- Processo di REFORMING = Il gas naturale + carbone in un catalizzatore ad alte temperature. Gli atomi di idrogeno si scindono da quelli di carbonio
- Processo di ELETTROLISI = L'energia elettrica in una massa d'acqua divide gli atomi di idrogeno da quelli di ossigeno.

Svantaggi

- Sfortunatamente non ci sono fonti di idrogeno molecolare sulla terra
- Esso deve essere “prodotto” a partire da composti ricchi di idrogeno
- Per produrlo bisogna utilizzare energia!!
- Rappresenta quindi una fonte secondaria di E, ma con il vantaggio di poter essere immagazzinato rispetto alla elettricità
- Forma di E pulita solo nella misura in cui viene prodotto (dipende dall’E primaria impiegata)
- L’elettrolisi ha costi di produzione molto elevati

I Certificati:

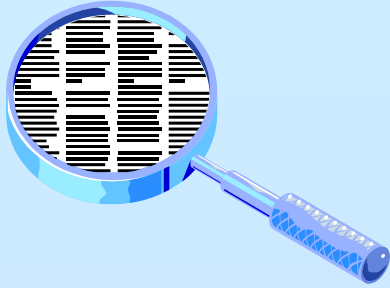
- **Certificati bianchi**: introdotti per promuovere il risparmio energetico; tramite presentazione di un progetto è possibile ricevere i TEE (Titoli di Efficienza Energetica); tali titoli, una volta ottenuti, sono scambiabili
- **Certificati verdi**: titoli annuali attribuibili alla produzione di E da fonti rinnovabili in impianti entrati in servizio o ripotenziati dopo il 1 aprile 1999 (come da Decreto Bersani); tali certificati, una volta ottenuti, sono scambiabili

(*www.mercatoelettrico.org*)

..Alcune considerazioni

- Le maggiori fonti di E sono quella nucleare e quella solare
- E’ necessario diversificare le fonti energetiche
- Ogni fonte risulta essere più o meno competitiva in base alle potenzialità intrinseche legate all’ambiente, alle tecnologie e alla politica di ciascun Paese
- Il benessere e la felicità non sono identificati con l’aumento del consumo energetico
- Lo sviluppo della ricerca in campo chimico può aiutare a trovare nuovi composti o processi per convertire E solare

- Non ci sono abbastanza risorse per permettere a tutti gli abitanti del Pianeta di vivere secondo gli standards dei Paesi ricchi = è necessario il RISPARMIO ENERGETICO ed il RICICLO delle materie prime
- Sostituire nel nostro linguaggio il concetto di efficienza con quello di SUFFICIENZA: ridurre gli standard dei Paesi ricchi ed aumentare quello dei Paesi in via di sviluppo
- Sostegno ai Paesi in via di sviluppo (approvvigionamenti E, salute pubblica, agricoltura, istruzione di base)



Conclusioni..

- Nella consapevolezza che le risorse E sono limitate, è necessario:
- Ridurre l'uso dei combustibili fossili
- Lanciare piani per la ricerca e lo sviluppo di fonti rinnovabili, attraverso la diversificazione e la realtà locale
- Problema energetico tra le priorità dei Capi di Stato di tutte le Nazioni
- Più aumenta la disparità tra gli individui, più dimunuisce la stabilità della società stessa
- L'uso di fonti rinnovabili è un'alternativa applicabile sin da ora!!!

…link utili:

http://www.isprambiente.gov.it/it/temi

http://www.minambiente.it/home_energia

http://www.greencrossitalia.it/ita/energia/energia.htm

http://www.energoclub.it/doceboCms/page/11/Energia_idroelettrica.html

http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics.html

http://www.ambientediritto.it/Educazione/energia.htm

www.mercatoelettrico.org

http://www.accordodiparigi.it/

http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/

Conferenza di Parigi sui cambiamenti climatici (COP 21) – cosa prevede l'Accordo di Parigi

- Aumento della temperatura entro i 2°C, con sforzi per mantenerlo entro gli 1.5°C rispetto all'era pre-industriale
- Controlli ogni 5 anni tramite nuove conferenze, con revisione degli obiettivi
- Fondi per le energie rinnovabili – i paesi più industrializzati verseranno 100 Mld/anno (dal 2020) per finanziare lo sviluppo sostenibile nei paesi meno sviluppati
- Rimborsi ai paesi più esposti al rischio dei cambiamenti climatici