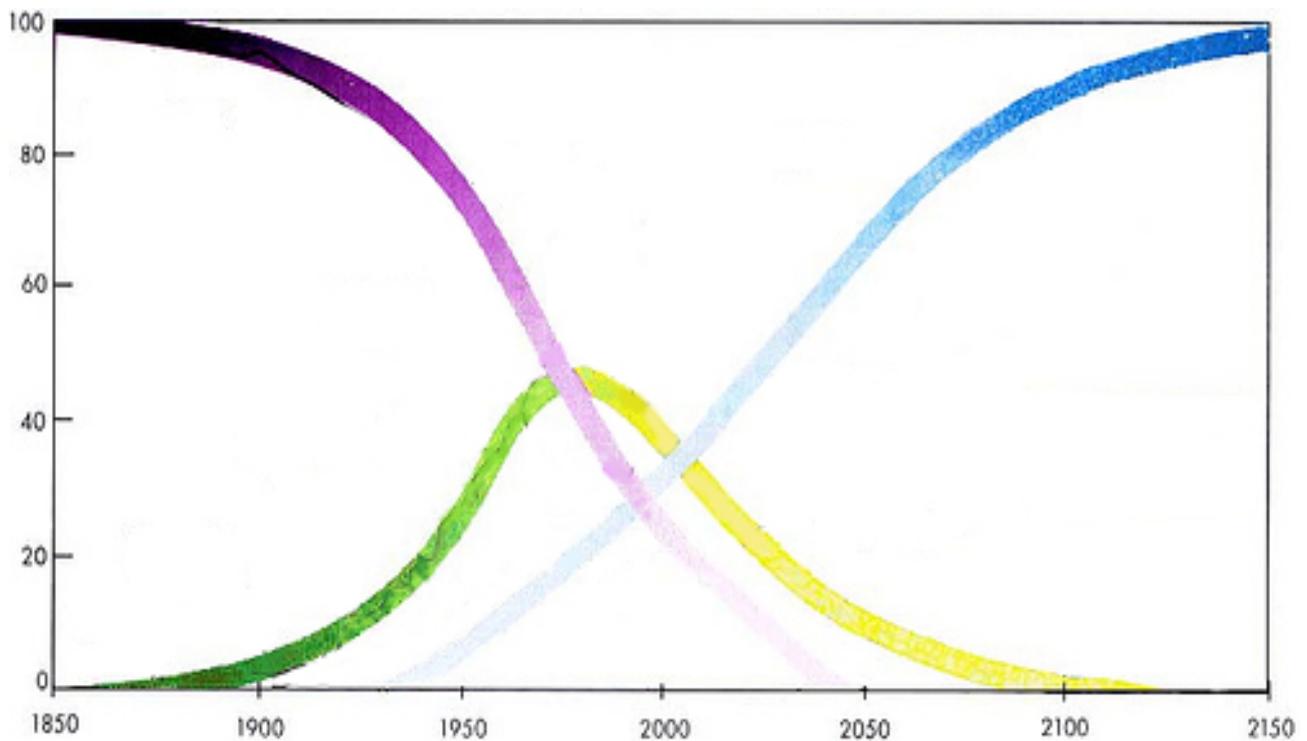




L'energia, un problema ambientale, una risorsa economica ed un determinante sociale

di Giancarlo Fiorito



Giugno 2010

Sommario

Capitoli

- 1 Etimologia, tipologie ed unità di misura
- 2 Breve storia dell'energia - I bisogni, gli usi e la loro evoluzione
- 3 Le fonti energetiche - Fossili e rinnovabili
- 4 L'inquinamento - Le Definizioni, le Tipologie e le Azioni locali e globali
- 5 Quale futuro per l'energia? Una visione soggettiva....ma aperta al confronto

1 Etimologia, tipologie ed unità di misura

Etimologia

Cos'è l'energia - Definizioni

Come si misura?

Caratteristiche fisiche

Unità di misura

Suffissi

L'energia chiave di lettura del processo storico ed economico

3 dimensioni dell'energia

- L'energia per fonti primarie
- L'energia e le infrastrutture di trasporto
- L'energia per tipo di carburanti

Gli stadi dell'energia

Dove va l'energia – Diagramma “Sankey”

Gli stadi dell'energia

Energia primaria: le fonti

L'energia secondaria: i vettori energetici

L'Energia finale (o distribuita)

L'Energia utile

Energia primaria un confronto tra paesi e nel tempo

2 Breve storia dell'energia - I bisogni, gli usi e la loro evoluzione

Energia umana o metabolica

- In termini di potenza
- In termini di energia

Una digressione sull'energia e la gerarchia dei bisogni umani

L'Evoluzione storica del consumo di energia

Popolazione ed energia

Arriva la rivoluzione Industriale

I motori della rivoluzione industriale

L'energia nel mondo, in Europa e...in casa

3 - Le fonti energetiche

Le energie fossili

Definizione di risorse e riserve
Riserve provate
Riserve probabili
Riserve possibili

Carbone

I diversi tipi di carbone
A cosa serve?
Il Carbone in Europa
Una brutta reputazione
Risorse e riserve di Carbone
I limiti del carbone
Il sequestro del carbonio (CCS)

Il Petrolio

La storia recente in un barile
I numeri del petrolio: riserve e vita utile
Produzione e consumi di petrolio per paese
Dimensioni delle riserve e loro controllo nel tempo
Il petrolio in Europa
Gli usi del petrolio nei settori dell'economia
Domanda ed offerta di petrolio
Conclusioni e previsioni sul petrolio

Gas naturale

La storia
Risorse e Riserve
Riserve e vita utile per paese
Gli impieghi
Conclusioni e futuro del gas naturale

Energia nucleare

Il nucleare, un'energia che divide
Perche il nucleare oggi?
Il nucleare in Italia
Tecnologia nucleare
Tipologia dei reattori nucleari
Costo di una centrale nucleare
Tempi di costruzione
Il "Decommissioning"
L'uranio nel mondo
Il nucleare europeo: ieri e oggi
Riserve di combustibile nucleare e vita utile

Le Energie rinnovabili

Energia prodotta in Europa da fonti rinnovabili
...e in Italia

Idroelettricità

Limiti e problemi dell'idroelettrico
Gli impatti dell'energia idroelettrica
Capacità di generazione elettrica da fonte idroelettrica
Produzione di energia idroelettrica
Considerazioni finali

Energia Solare

La storia
L'irraggiamento nel mondo
Capacità installata
Produzione di energia elettrica fotovoltaica
Favorevoli e contrari
Energy payback time
Area necessaria per dare energia al mondo
Un dimensionamento
Il costo di produzione dell'energia solare

Energia eolica

La capacità installata
Potenziale eolico
Confronto della capacità installata per fonte
Produzione di energia eolica
Considerazioni sull'eolico
Limiti e futuro dell'eolico
Il mini eolico "chiavi in mano"

Biomasse e biocarburanti

Il ciclo del carbonio
Definizione di biomassa
Tipologia
Dalla biomassa all'etanolo
Produzione di etanolo 2004-2008

Geotermia

Le potenzialità della geotermia
La storia della geotermia in Italia
Il potenziale geotermico in Italia
Conclusioni

L'Idrogeno

Perché l'idrogeno?
Le unità dell'idrogeno
L'idrogeno nel sistema energetico futuro
Un sistema energetico rinnovabile basato sull'idrogeno

4 L'inquinamento - Le definizioni, le tipologie e le azioni locali e globali

Definizione
Tipologie di inquinamento
Classificazione dell'inquinamento
Le prime analisi nella Storia
La progressiva comprensione dell'inquinamento
Digressione sull'inquinamento sonoro
Approfondimenti sull'inquinamento sonoro
Inquinamento ed energia
Un'equazione per la stima dell'inquinamento
Metodologia per la stima delle emissioni
Inquinanti ed effetti
Unità di misura dei gas ad effetto serra
Ultimi dati e possibili effetti
L'obiettivo 2°C dell'IPCC
La posizione europea
La posizione dei paesi in via di sviluppo
Le politiche di intervento In Italia
Le azioni secondo le aree di intervento
La stima degli effetti
La crisi economica e l'effetto serra
Le principali criticità relative alla lotta all'effetto serra
L'economia internazionale e cambiamenti climatici
Inesorabilmente la CO₂
Le politiche per ridurre la CO₂
Riferimenti ed approfondimenti

5 Quale futuro per l'energia?

Flophenhagen o Hopenhagen?
La triplice prospettiva dell'energia futura
1) I Trasporti
Il picco del petrolio
2) "A tutto rinnovabile"?
Ultime Notizie
Inoltre...l'idrogeno
La domanda energetica futura
L'evoluzione della rete elettrica
3) Risparmio ed efficienza energetica
Un riassunto delle tendenze di fondo
Quali scenari per il futuro?
Una transizione all'orizzonte
Le rinunce
Un ricordo
Panta rei

1 L'energia - etimologia, definizioni, forme, tipologie e unità di misura

Etimologia

La parola energia deriva dal greco *energheia*, parola usata dal filosofo Aristotele nel senso di "azione efficace", composta da "en", particella intensiva, ed "ergon", significa

→ **capacità di agire**

Durante il Rinascimento, ispirandosi alla poesia aristotelica, il termine fu associato all'idea di forza espressiva.

Nel 1619 un astronomo, matematico e musicista tedesco, Giovanni Keplero, scopritore delle leggi che regolano il movimento dei pianeti (chiamate leggi di Keplero), usò il termine nell'accezione moderna di energia.

Cos'è l'energia?

2 Definizioni

1) *attitudine a compiere lavoro che un corpo o un sistema possiede in conseguenza di determinate caratteristiche, che cede o acquista al cambiare di queste; misurata nel primo caso dal lavoro che può compiere, e nel secondo da quello, fatto o subito, che provoca o potrebbe provocare il cambiamento.*

(Devoto-Oli, Dizionario della Lingua Italiana)

2) *grandezza fisica che misura, in linea di principio, il lavoro che un sistema può compiere e si esplica in varie forme convertibili l'una nell'altra e può essere scambiata tra sistemi diversi*

(De Mauro, Dizionario on-line)

Come si misura?

L'unità di misura per l'energia (e il lavoro) è il *joule* (J), in onore del fisico inglese James Prescott Joule e dei suoi esperimenti sull'equivalente meccanico del calore.

1 joule esprime l'energia usata (o il lavoro effettuato) per esercitare una forza di 1 newton per una distanza di un metro.

→ **1 joule equivale a 1 newton*metro**

in termini di unità base dello Standard Internazionale,

→ **1 J = 1kg*m²/s²**

(in unità CGS l'unità base è l'**erg** = 1grammo*cm²/s²).

Caratteristiche fisiche

Per determinare la quantità di energia di un sistema si deve tenere conto delle diverse forme nelle quali l'energia si presenta entro un sistema; le principali forme di energia (non tutte fondamentali) sono:

- Energia meccanica: somma di energia cinetica ed energia potenziale;
- Energia chimica: immagazzinata nei legami chimici;
- Energia nucleare: derivante da trasformazioni nei nuclei atomici;
- Energia elettrica: legata a forze e campi di origine elettrica, ovvero che coinvolge il movimento di cariche elettriche;
- Energia luminosa: en. termica o elettrica, prodotta sfruttando direttamente l'energia irradiata dal Sole;
- Energia termica: posseduta da qualsiasi corpo che abbia una temperatura superiore allo zero assoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$);
- Energia biochimica: impiegata dagli esseri viventi per la sintesi proteica ed altre funzioni vitali.

Nel caso sopra discusso, “energia” significa quanto lavoro un sistema (motore, turbina, braccio, ecc.) è in grado di compiere. Nel caso unidimensionale, impiegato da Joule, l'applicazione di una forza per una distanza richiede un'energia pari al prodotto del modulo della forza per lo spostamento.

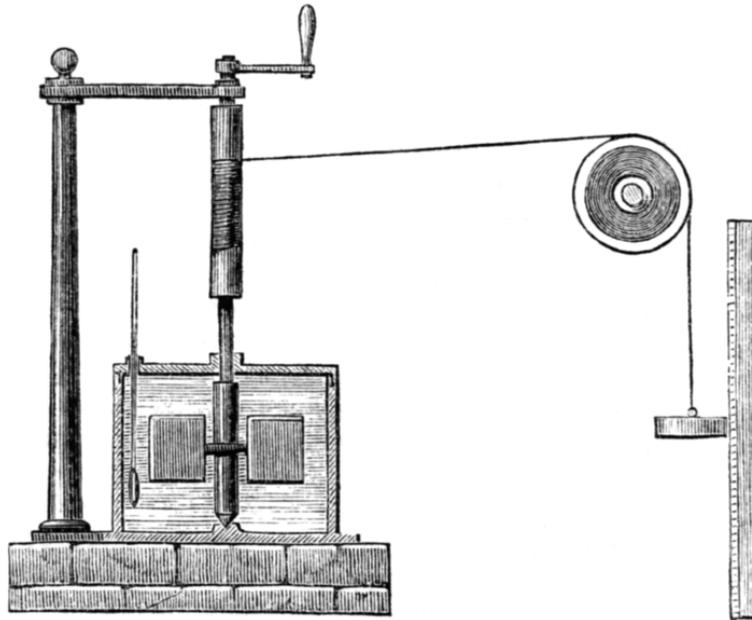
L'esperimento di Joule era volto a dimostrare l'esistenza di un equivalente meccanico del calore. Joule costruì un apparecchio isolato termicamente all'interno del quale inserì una ruota a pale immersa nell'acqua con ghiaccio. Attaccata alla ruota a pale si trova una carrucola che trasporta una fune tra la ruota e un peso. Lasciando cadere il peso da una certa altezza, esso faceva ruotare per mezzo della carrucola la ruota a pale. Dopo vari movimenti di questo peso, il ghiaccio si era sciolto.

La domanda: *“Come era possibile sciogliere il ghiaccio se non entrava calore all'interno dell'apparecchio?”*

Joule dimostrò che era stato il movimento della ruota a pale a far sciogliere il ghiaccio. Attraverso l'uso di alcune formule fisiche, è stato in grado di fornire un valore abbastanza preciso dell'energia meccanica necessaria per fornire calore all'acqua. Per mezzo di tale esperimento Joule determinò un valore dell'equivalente meccanico del calore pari a $4,18\text{J/caloria}$. Un valore di straordinaria precisione per i tempi.

Vedi: http://it.wikipedia.org/wiki/Mulinello_di_Joule

Figura 1 – L'esperienza di joule



Fonte: Wikipedia

Unità di misura

Tonnellate equivalenti petrolio (TOE) è l'unità più frequentemente utilizzata dalle Organizzazioni Internazionali (IEA, OCSE, ecc.) per i bilanci energetici nazionali.

1 toe = 42 GJ
1 toe = 11.63 MWh (42 GJ/3600 secondi)

La Caloria

1 kilo caloria è la quantità di calore necessaria per far alzare di 1 °C un kg di acqua, da 14,5 °C a 15,5 °C (esperimento di Joule)
1 cal = 4,18J = 0.00396 BTU = 0.001163 Wh

N.B. La caloria è utilizzata per la misura dell'energia necessaria a uomini ed animali (spesso in kilocalorie).

1 caloria = 4,19 joules
1 J = 1 Wsecondo
1 Wh = 3600 Ws (= 3600J)
1 hp (cavallo vapore) = 0.736 kW → misura di potenza istantanea
1 toe = 10 Gcal = 11.6 Mwh = 42 GJ
1 m3 legno = 1.92 Mwh = 6919MJ=6.9GJ
1 kg petrolio = 42MJ
1 kg coke = 32MJ
1 kg carbone = 22/29 MJ
1 litro diesel 10 kWora
1 litro benzina 8,8 kWora

Da ricordare

La prima confusione DA NON FARE è tra potenza (kW, cavalli), ed energia (chilowattora, joules, calorie, BTU)

- La potenza è una sorta di intensità (istantanea)
- L'energia è la sua somma nel tempo

Come distinguerle?

→ Pensate a getto d'acqua da un rubinetto (POTENZA) e al bicchiere riempito (ENERGIA)



→ Pensate alla lampadina: x watt di potenza, per un'ora = x*wattora

Suffissi

Kilo (K) = 10^3
Mega (M) = 10^6
Giga (G) = 10^9
Tera (T) = 10^{12}
Peta (P) = 10^{15}
Exa (E) = 10^{18}

L'energia chiave di lettura del processo storico ed economico

Dopo aver accennato ai fondamentali teorici dell'energia, è necessario considerare ciò che l'energia rappresenta nella dimensione storica, sociale ed economica. Infatti, al di là delle unità fisiche e delle tipologie, intuitivamente e secondo l'opinione diffusa, l'energia oggi, rappresenta:

- una dimensione fondamentale dello sviluppo umano;
- una chiave di lettura socio-economica dalla Rivoluzione industriale;
- un fattore di produzione della crescita economica, insieme a capitale e lavoro;
- la principale causa dell'inquinamento;
- il carburante dei motori che muovono il mondo.

3 dimensioni dell'energia

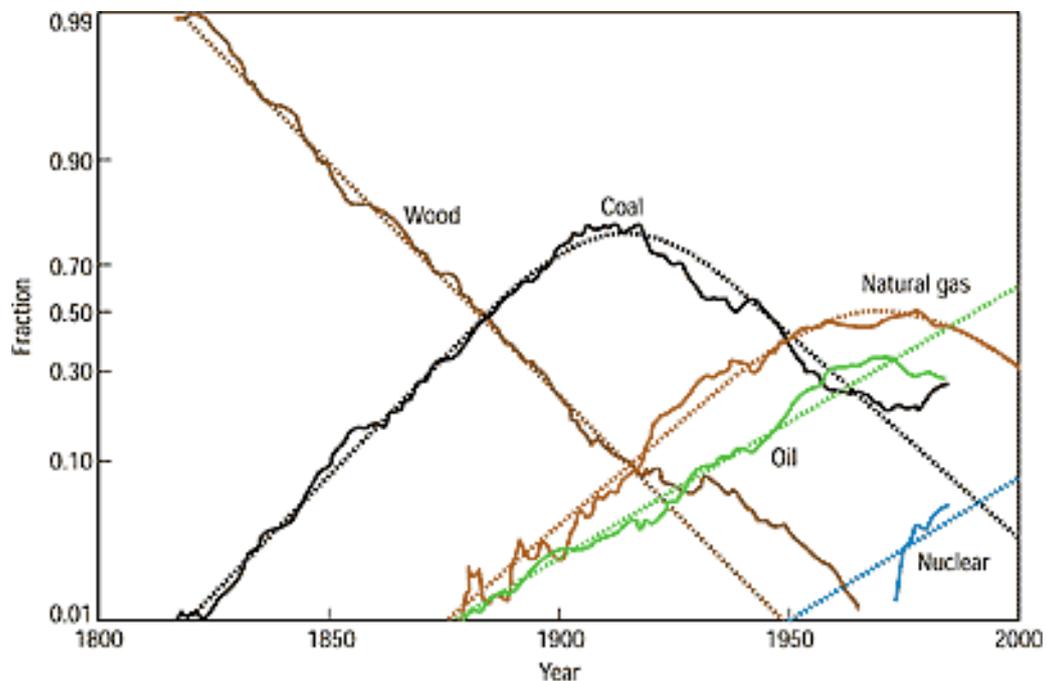
Da quanto detto sopra, l'energia può essere considerata secondo diverse dimensioni. Di seguito ne consideriamo tre: 1) per fonte, 2) per modalità di uso nei trasporti o, infine, 3) secondo lo stato fisico della fonte (solido, liquido o gassoso). Ulteriori categorizzazioni possono riferirsi al luogo di produzione, al costo, all'uso finale ecc.

I grafici seguenti servono semplicemente a fornire un'interpretazione intuitiva del ruolo dell'energia nella società. Mostrano inoltre l'azione congiunta di energia e tecnologia (che ne consuma) attraverso le applicazioni sviluppate nel tempo.

I grafici sono delle regressioni logistiche e mostrano la parte in percentuale della fonte nel lungo periodo, al fine di cogliere le maggiori transizioni energetiche e tecnologiche.

1 L'energia secondo le fonti primarie

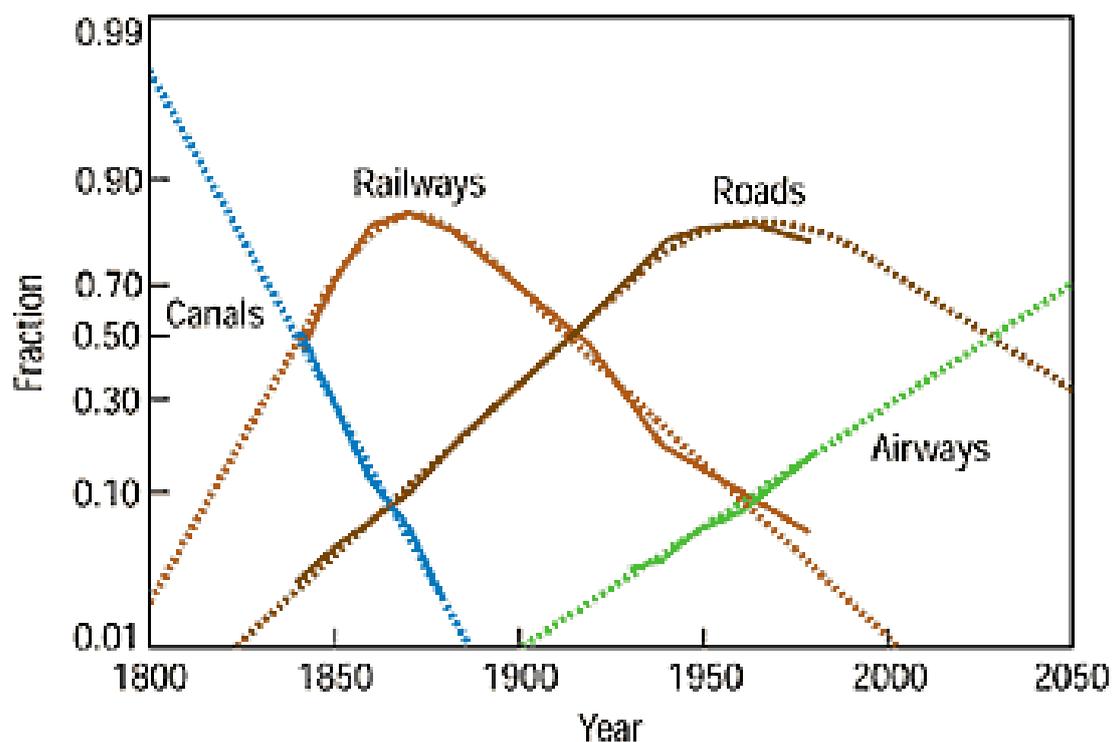
Grafico 1 - Fonti di energia primaria negli USA dal 1800



Fonte: Nakicenovic, N. *Cities and Their Vital Systems: Infrastructure Past, Present, and Future*; Ausubel, J. H., Herman, R., Eds.; National Academy Press: Washington, DC, 1988

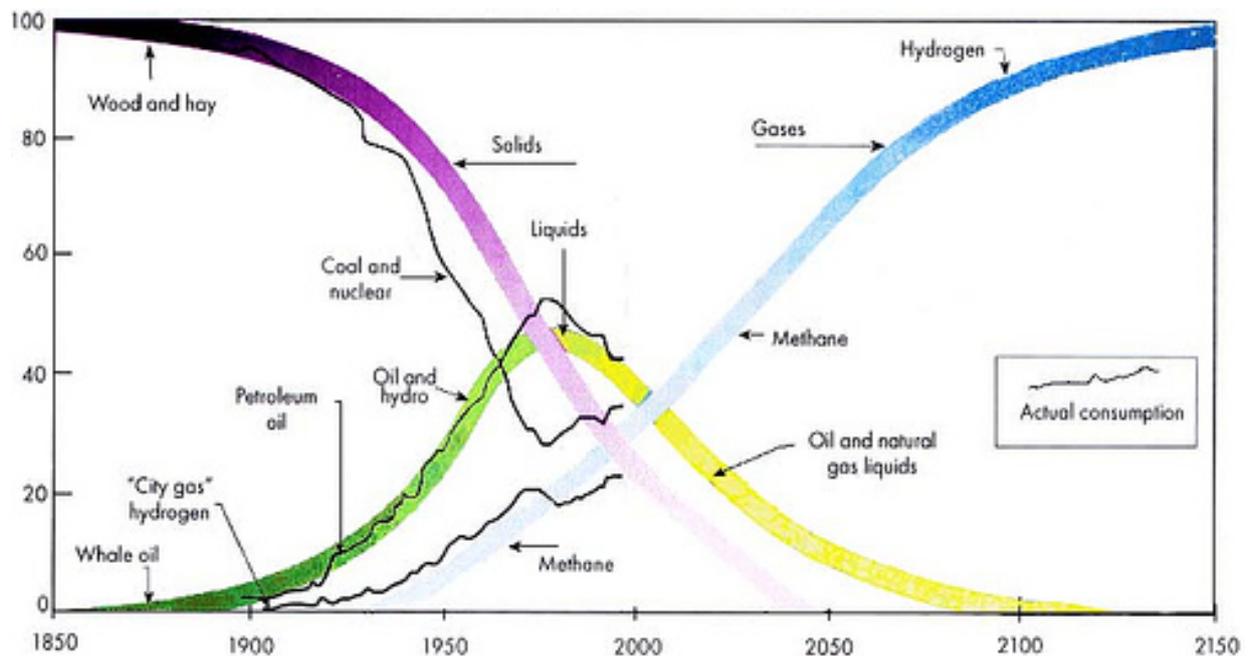
2 L'energia secondo le infrastrutture dei trasporti

Figura 2. Distribuzione delle miglia extraurbane percorse negli USA



Fonte: Nakicenovic et al.

Grafico 3 – L'energia secondo il tipo di carburanti



Fonte: Seth Dunn, *Hydrogen Futures: Toward a Sustainable Energy System*, 2004, adattato dall'autore.

Energia primaria, vettori e usi finali

Una prima distinzione fondamentale concerne la “fase” dell'energia che si intende considerare. Distinguiamo tra:

- Energia primaria: le fonti (spesso quelle estratte dalla terra);
- Vettori energetici: come si trasmette (elettricità, calore, idrogeno) sulle reti di distribuzione;
- Usi finali dell'energia: come viene consumata, allo scopo di ottenere “servizi”, quali luce, caldo, freddo, forza motrice ecc.

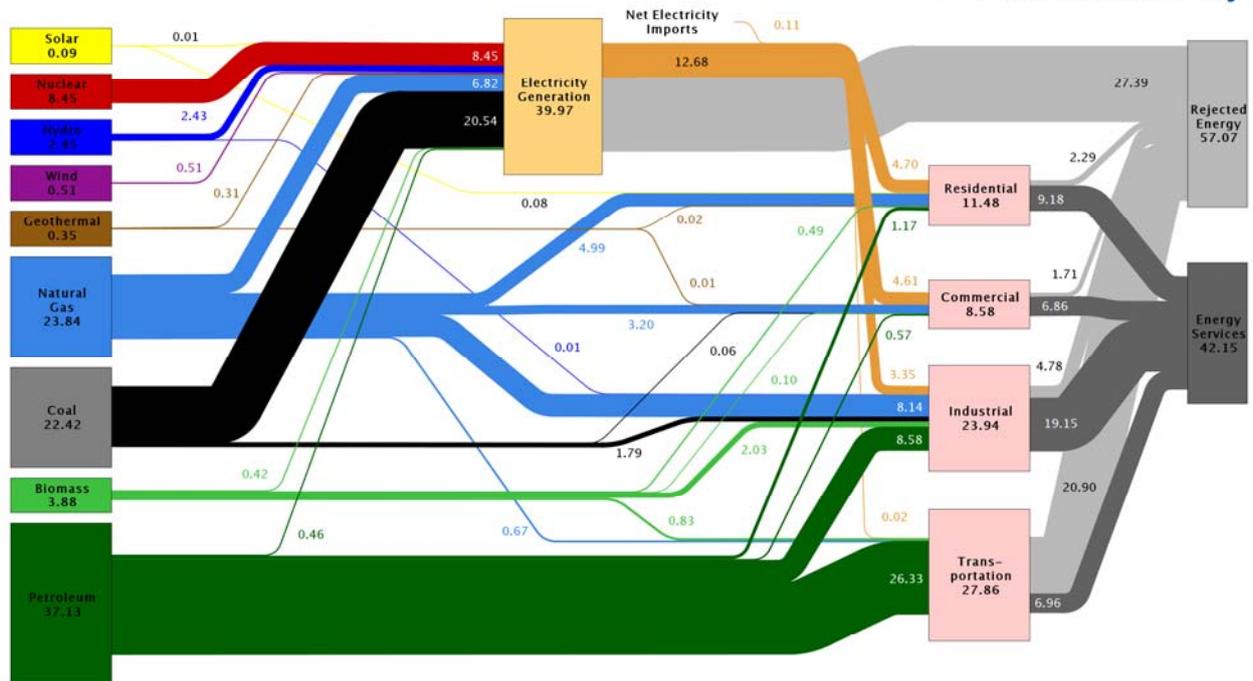
Ai diversi stadi dell'energia corrispondono statistiche ampiamente usate nei media, che usano unità di misura diverse e che possono generare confusione.

L'idea di base è che l'energia si converte, fa parte di un ciclo di conversione che passa dall'estrazione (miniera, pozzo) alla conversione, alla distribuzione fino all'uso finale ed al corrispondente effetto.

Al fine di “vedere” il ciclo dell'energia, presentiamo di seguito un grafico importante (e, relativamente, intuitivo), che rappresenta il ciclo dell'energia in un paese – gli USA - durante un anno: **l'energia “in filiera” (diagramma Sankey)**:

Grafico 4 - I flussi energetici negli USA (unità: Quad = $1,055 \times 10^{18}$ J = Exajoules = EJ)

Estimated U.S. Energy Use in 2008: ~99.2 Quads



Source: LLNL 2009. Data is based on DOE/EIA-0384(2008), June 2009. If this information or a reproduction of it is used, credit must be given to the Lawrence Livermore National Laboratory and the Department of Energy, under whose auspices the work was performed. Distributed electricity represents only retail electricity sales and does not include self-generation. EIA reports flows for non-thermal resources (i.e., hydro, wind and solar) in BTU-equivalent values by assuming a typical fossil fuel plant "heat rate." The efficiency of electricity production is calculated as the total retail electricity delivered divided by the primary energy input into electricity generation. End use efficiency is estimated as 80% for the residential, commercial and industrial sectors, and as 25% for the transportation sector. Totals may not equal sum of components due to independent rounding. LLNL-MI-410527

Fonte: Lawrence Livermore National Laboratory

→ **Notare lo spreco, ("Rejected Energy" = 57.07) al livello di consumi finali.**

I trasporti usano 27,86 EJ, di cui solo 6.96 diventano *energy services*, o energia finale/utile (20,9 sono sprecati), quindi $6.96/27.86 = 24\%$ → efficienza. Nel traffico urbano l'efficienza delle auto scende al 10%.

Tutto (consumi, inquinamento e, in buona misura, anche i costi) dipende dal **secondo principio della Termodinamica** (Carnot 1820), che definisce i limiti teorici della conversione tra diverse forme (chimica, meccanica, termica).

- l'elettricità: unico vettore (altri possibili sono l'idrogeno e il calore mediante teleriscaldamento);
- poco petrolio per fare elettricità (0.46): negli USA molto carbone
- biomassa nei trasporti: negli USA è etanolo prodotto dal mais (0.83),
- poco solare (0.01 + 0.09).

Gli stadi dell'energia

L'Energia primaria

E' quella estratta dalla natura (suolo, atmosfera, spazio). Questa energia deve subire delle trasformazioni prima di essere disponibile dei consumatori sotto forma di energia secondaria: petrolio greggio, uranio, biomassa.

L'Energia secondaria

Risulta dalla trasformazione o conversione dell'energia primaria per permettere l'impiego nelle macchine, installazioni energetiche (elettricità, prodotti di raffinazione del petrolio, carbone raffinato e calibrato, gas depurato, legno tagliato, combustibile nucleare arricchito, ecc.). Le trasformazioni implicano perdite per trasformazione e trasporto. Al netto si trova...

L'Energia finale (o distribuita)

L'energia finale è la nozione usata in economia per definire il fattore di produzione (come il capitale, il lavoro o le materie prime); è utilizzata e sparisce nel processo produttivo.

L'energia distribuita è il termine usato dagli ingegneri per definire la penultima fase degli stadi dell'energia. L'ultimo?

L'Energia utile è caratterizzata dal bisogno soddisfatto dalla sua ultima conversione:

- calore in un processo industriale o in una casa;
- meccanica in una fresa industriale
- luce;
- acqua calda in ospedali e case;
- mobilità.

Ad ogni trasformazione corrispondono delle perdite (ancora Carnot).

N.B. L'energia non "finisce" (vedi 1^a principio della termodinamica), ma viene dissipata sotto forma inutilizzabile (calore nell'atmosfera), "finiscono" i vettori (o energy carriers), per il 2^o principio della termodinamica.

Energia primaria, un confronto tra paesi e nel tempo

L'energia primaria, un rapido confronto tra 4 paesi Europei, nel 1973 e nel 2008, mostra l'evoluzione del mix, a seguito di politiche differenti.

Da notare: Il ruolo del nucleare in Francia...su cui oggi in Italia si torna a puntare, ma limitata dai tempi lunghi, dal problema delle scorie, dai costi incerti e dall'accettabilità sul territorio).

Notare: Sono %, diverso è il paragone sui "livelli" → Spagna livello pre-industriale nel 1973.

Grafico 5a – Evoluzione delle fonti primarie in Italia Francia e Germania

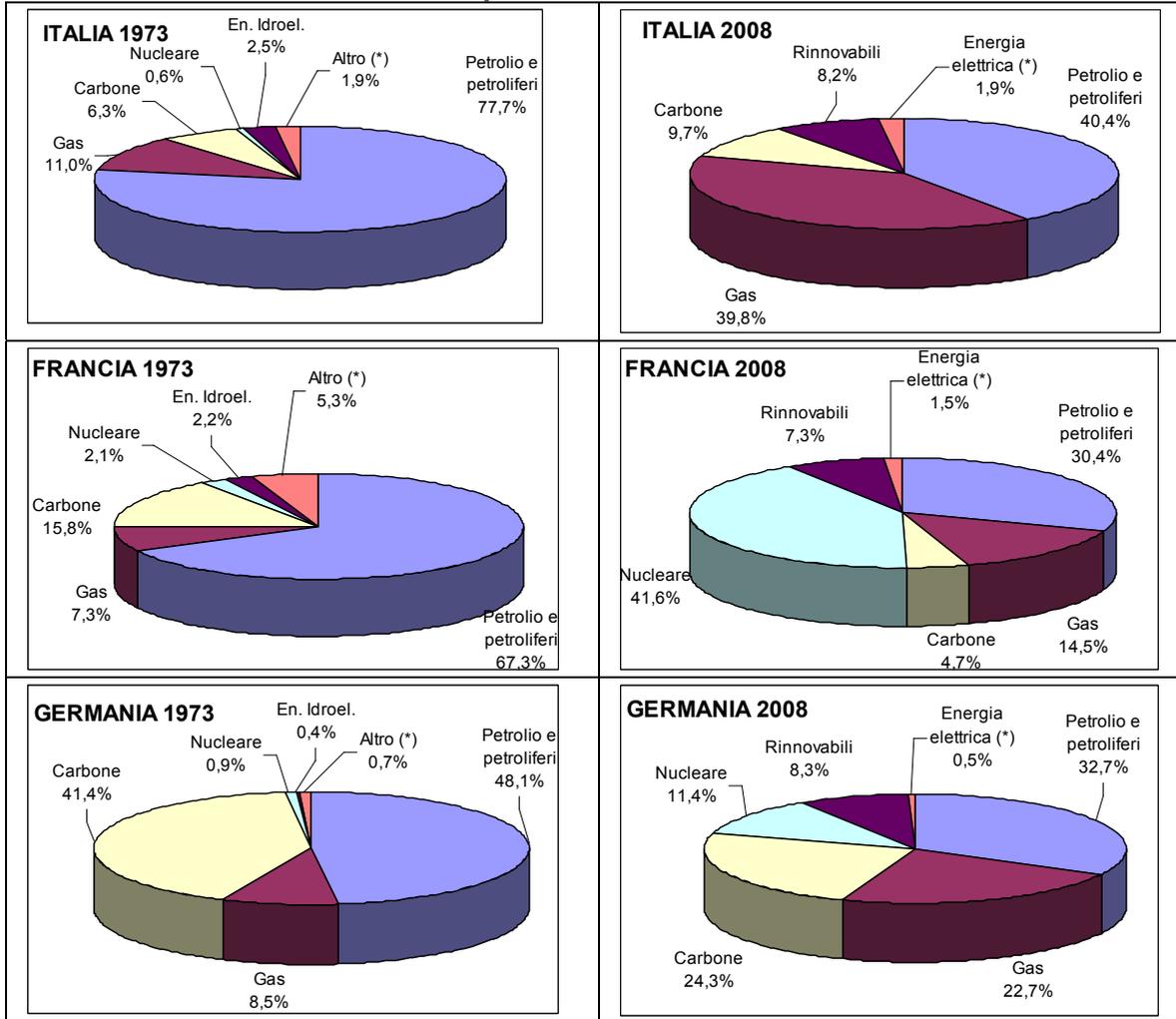
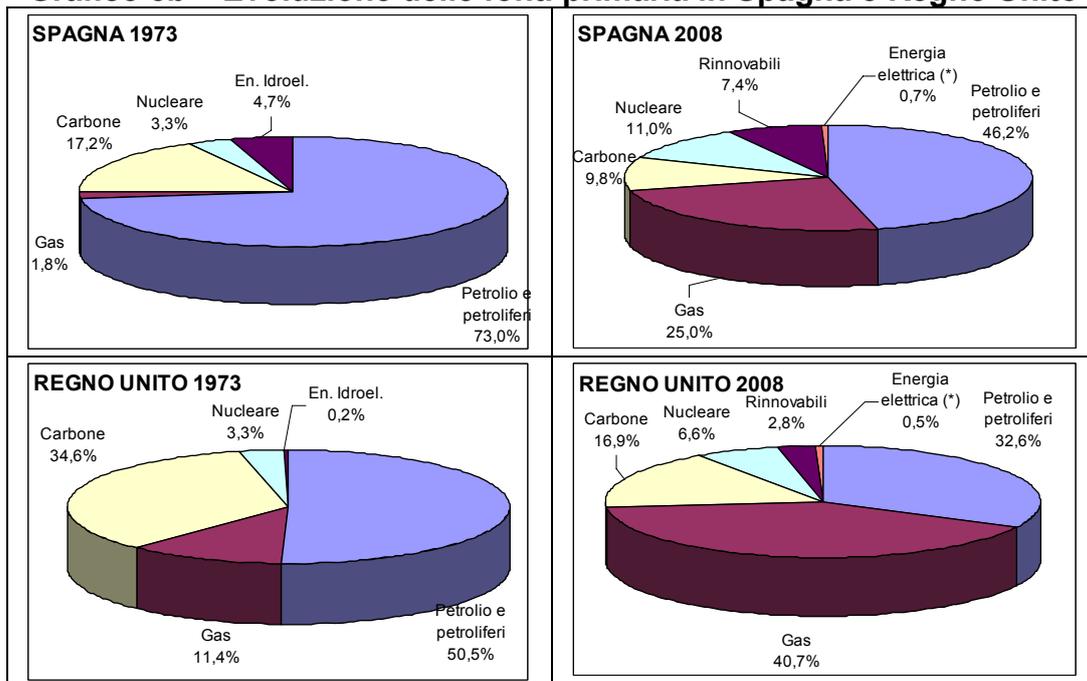


Grafico 5b – Evoluzione delle fonti primaria in Spagna e Regno Unito



Fonte: MEF, Quaderno dei Prodotti Petroliferi, dai IEA

Da ricordare

- Watt e Joules
- Energia primaria, vettori, energia finale
- Legame energia-storia-economia
- Lo sviluppo si caratterizza per le innovazioni tecnologiche che sfruttano al meglio l'energia
- Dalle innovazioni derivano:
 - infrastrutture, industria, mercati e...cultura

Nel tempo le infrastrutture energetiche si sono perfettamente integrate nel paesaggio e divenute caratteristiche dei luoghi

→ L'energia che diviene arte

Foto 1 - Esempio di "opera" idrica



Dove trovare le informazioni?

La conoscenza di base è gratis, quella più specifica, dati locali, paragonabili, attuali (che di solito serve) quasi sempre no.

Alcune fonti:

- IEA http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2009/key_stats_2009.pdf
- ENEA http://www.enea.it/produzione_scientifica/volumi/REA_2007/REA2007_Dati.html
- Eurostat <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/introduction>
- Energy Information Administration <http://www.eia.doe.gov/emeu/international/contents.html>
- Lawrence Livermore Nat. Lab (flussi) <https://publicaffairs.llnl.gov/news/energy/energy.html>

Bibliografia

- P. Malanima, Uomini, risorse, tecniche nell'economia europea dal X al XIX secolo, Milano, Bruno Mondadori, 2003
- Wikipedia, "Energia" e relativi link
- ENEA, Rapporto Energia e ambiente 2008 – Analisi e scenari
http://www.enea.it/produzione_scientifica/pdf_volumi/V2009_REA2008_Analisi.pdf
- Compendio IPS <http://www.ips.it/scuola/concorso/energia/>
- IEA Energy Prices and Taxes (quarterly) <http://www.iea.org/publications>
- IEA Energy Balances of OECD Countries <http://www.iea.org/publications>

2. Breve storia dell'energia

I bisogni, gli usi e la loro evoluzione

L'energia è rappresentativa della società, le applicazioni che necessitano energia, sono possibili grazie ad essa (auto, computer, stufa, condizionatore, cibo), al punto che l'energia che le ha rese possibili, (anche se ce ne dimentichiamo, dandola per scontata).

→ i mulini in Olanda incarnano l'idea stessa di paesaggio olandese.



In conclusione, è possibile affermare che “siamo” le nostre fonti energetiche e come le usiamo, ad esempio:

- Nei lunghi inverni del Nord un minimo di calore è necessario per vivere (caldaie di notte)
- Al Sud, ora, siamo dipendenti dai condizionatori (forti consumi elettrici nelle ore calde)
- Ovunque serve muovere cose e persone (filiera industriale di auto e petrolio)

Energia umana o metabolica

Poniamoci la domanda: *“Quanta energia occorre per spostare un uomo di 70kg di peso per 1 km?”*

<u>Veicolo</u>	<u>kJ/km</u>
Bicicletta	60
A piedi	200
Autobus	800
Tram	800
Treno	800
Motocicletta	1100
Auto diesel	1700
Auto a benzina	3000
Aereo	4000
Concorde	9000
Elicottero	16000

Fonte: Sexl, Raab, Streeruwitz, *Manuale di Fisica*, Zanichelli

Alternativamente, ecco alcuni esempi di energia metabolica, in ordine crescente di potenza istantanea:

- Camminare in pianura a 3 km/ora: 120W (40wh/km)
- Pedalare in pianura a 16 km/ora: 350W (21wh/km)
- Lavoro manuale leggero: 100-150W
- Lavoro manuale pesante: 200-500W
- Salire le scale: fino a 1000W

Da ricordare

- Prima della Rivoluzione industriale (sec. XVIII) l'energia usata dall'uomo era TUTTA rinnovabile
- Si usavano legno e carbone vegetale per scaldarsi, cuocere e trasformare la materia (metalli, pellame, ceramica ecc.)
- Ci si spostava con il vento per mari e fiumi o la forza animale su terra
- Quest'ultima, insieme alla forza muscolare umana, era legata ad una struttura sociale (la famiglia allargata, servitù, feudalesimo..)

Approfondimenti (da leggere):

- A.J.Lotka, *Contribution to the energetics of evolution e Natural selection as a physical principle*
- Fred Cottrell, *Energy and Society*
- Nicholas Georgescu-Roegen, *The entropy Law and the economic process*

Una digressione sull'energia e la gerarchia dei bisogni umani

Idea: L'uomo è mosso dal bisogno di soddisfare i bisogni primari, nutrirsi, scaldarsi ecc.

→ è la **società dei cacciatori e dei raccoglitori**

Solo in seguito con lo sviluppo dell'agricoltura si affermano le società stanziali: l'uomo deve prevedere i bisogni futuri, coltivare e mettere da parte il raccolto per l'inverno (stoccaggio). In seguito pensa a soddisfare il bisogno di confort e sicurezza (armi, mura ecc.) ed altre attività che necessitano energia.

Classificazione dei bisogni umani (in ordine crescente di “spiritualità” e non cronologico)

- Fisiologici (cibo, calore)
- Sicurezza (abitazioni, infrastrutture)
- Affettivi
- Stima di se
- Realizzazione personale
- Ad un livello più elevato:
- Bisogno di conoscenza (trasmissione delle informazioni, miti, riti)
- Esigenze estetiche (costruzioni e paesaggio, produzione artistica)
- Ricordo e trascendenza

I bisogni primari (fisiologici) implicano consumo di energia: alimentarsi, cuocere, scaldarsi, ecc.

Muoversi e trasportare cose aumenta le opportunità, la conoscenza e, quindi, la sicurezza. La gerarchia e l'importanza dei bisogni superiori dipende dall'individuo, funzione di cultura, educazione, ecc..

Tuttavia, quale che sia il suo livello di sviluppo, tutti hanno bisogni spirituali e/o religiosi

L'Evoluzione storica del consumo di energia

L'uomo primitivo consumava solo l'energia proveniente dal nutrimento che coglieva, circa 8MJ/giorno (2000 kcalorie/g) o 0,1 kW anno /anno.

Nel Paleolitico, l'uomo-cacciatore apprende a fabbricare strumenti di pietra e d'osso e a fare il fuoco per scaldarsi e cuocere; i consumi passano a 20MJ/g (0,25 kW anno/anno).

Dal Neolitico (10.000 a.C.) l'energia muscolare viene ad aggiungersi per l'agricoltura, la macina del grano ecc. Nel 5000 a.C. si passa a 50MJ/g (0,6 kWanno/anno).

Crescono le tecniche di estrazione e lavorazione dei metalli: è l'Età del Bronzo (3000 a.C.), iniziata con i Sumeri. In questo periodo nasce una mano d'opera specializzata, serve più calore. Un riferimento è *L'Epica di Gilgamesh*, che **tagliò la foresta sacra dei cedri**, iniziando la desertificazione dell'attuale Iraq.

Nel 2500 a.C. inizia l'Età del ferro, grazie alla riduzione del minerale ferroso nei forni a carbone...fino al Medio Evo quando il consumo energetico è appena 100 MJ/giorno (1,2 kW anno/anno per abitante)

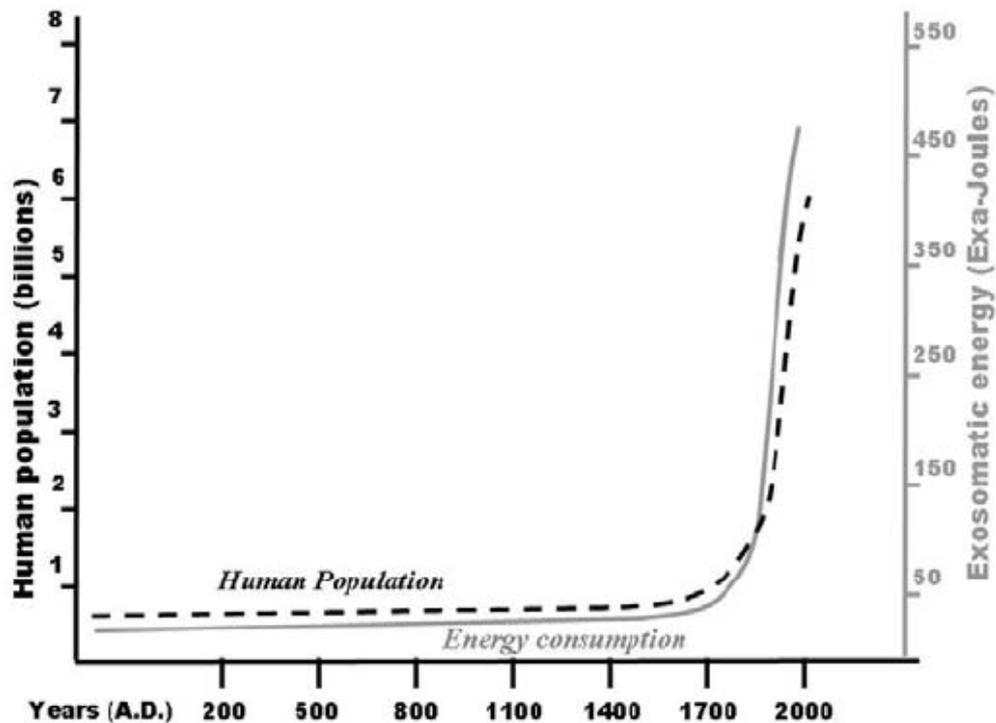
→ I consumi erano SOLO raddoppiati in 6400 anni!
→ Il tasso di crescita dei consumi è stato dello 0,01% l'anno!

Nel Rinascimento assistiamo ad una crescita esponenziale in cui il consumo di energia pro capite raddoppia a intervalli di tempo via via inferiori.

Arriva la rivoluzione Industriale

Nel 1750 l'evoluzione della macchina a vapore (inventata da Erone d'Alessandria nel I secolo d.C.), applicata da James Watt all'estrazione del carbone, permise un aumento esponenziale della produttività. Il risultato è stato un aumento esponenziale sia dei consumi energetici che della popolazione.

Grafico 7 - Popolazione ed energia



Fonte: Giampietro, Sorman 2009 (pag. 20)

http://158.109.67.81/pdf/ICTATechnicalReport_2009-1.pdf

La macchina di Watt ha permesso un'accelerazione dello sfruttamento delle risorse energetiche di carbone in Inghilterra.

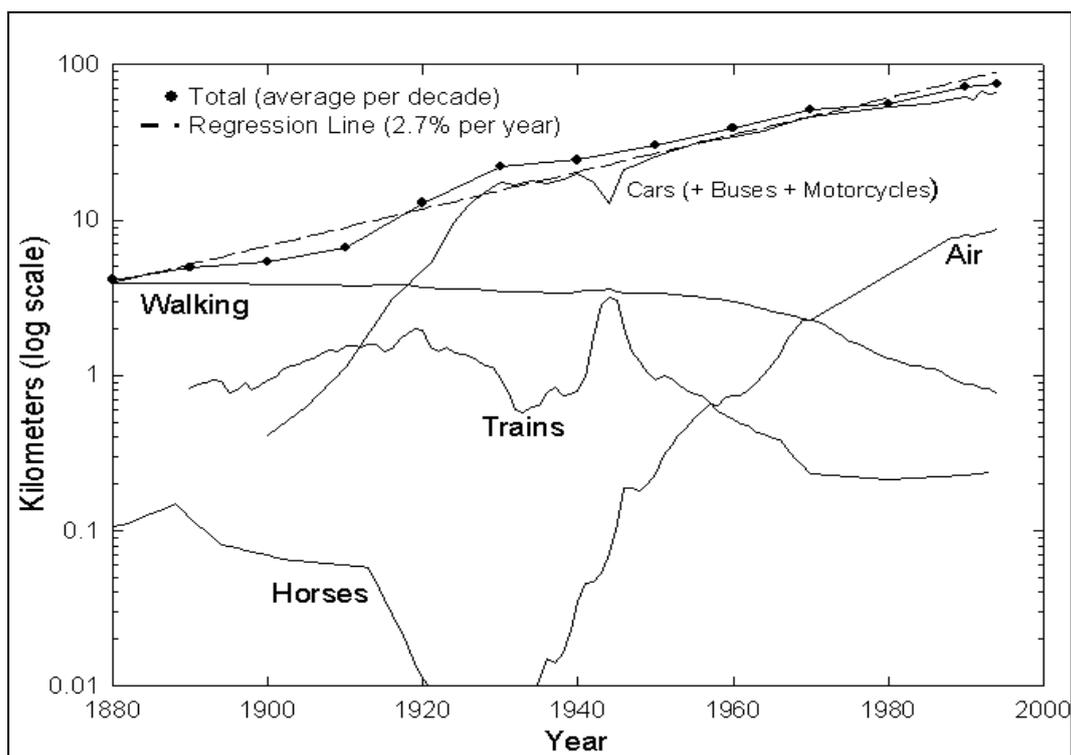
- Si poteva estrarre molto più carbone con le macchine a vapore (a carbone) di quanto le macchine non consumassero.
- Si iniziò a produrre l'acciaio!
- Per fare molte macchine (es. settore tessile)...
- ..ma anche ferrovie, treni, navi, ecc.

La Rivoluzione industriale ha portato ad un aumento enorme della mobilità, la cui motivazione risiede nel bisogno umano primario di *muoversi* (per lavoro o nel tempo libero), ma le cui radici, tuttavia, affondano negli istinti primordiali di sopravvivenza. A proposito della mobilità, è stato detto che:

“Per capire la mobilità si parte dalla biologia: gli uomini sono animali territoriali, caratterizzati da una tendenza istintiva a massimizzare il territorio, perché ‘territorio’ significa opportunità e risorse”.

Il come cose e persone si muovono nello spazio è dipeso nell'era moderna dai carburanti (grano, fieno, carbone, petrolio ecc), dai motori (buoi, cavalli, treni, bici, auto, aereo) e dalle infrastrutture di trasporto (strade, autostrade, ferrovie) a disposizione. La tecnologia influisce su tutte e tre le componenti, mentre le scelte politiche hanno storicamente influenzano decisamente l'ultima.

Grafico 8 - L'evoluzione dei mezzi di trasporto (1880 – 2000)



Fonte: Marchetti e Ausubel

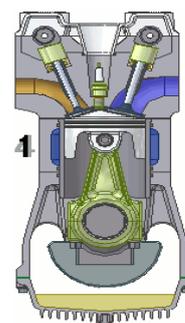
I motori della rivoluzione industriale

Con la macchina a vapore, l'Europa passava da un sistema legno-acqua ad uno carbone-vapore. Alla fine del 18 secolo il consumo di energia pro-capite è di **1,6 KWanno/anno**. In sintesi, un carburante (carbone) ed un motore (macchina di Watt) permettono la nascita dell'industria. Inoltre, dal 1850,

- si sviluppano i motori elettrici,
- inizia la produzione di petrolio (Col. Drake, Titusville, 29 agosto 1859),
- Otto e Benz inventano il motore a combustione interna (1862, 1879)

→ un nuovo motore che necessita un nuovo carburante

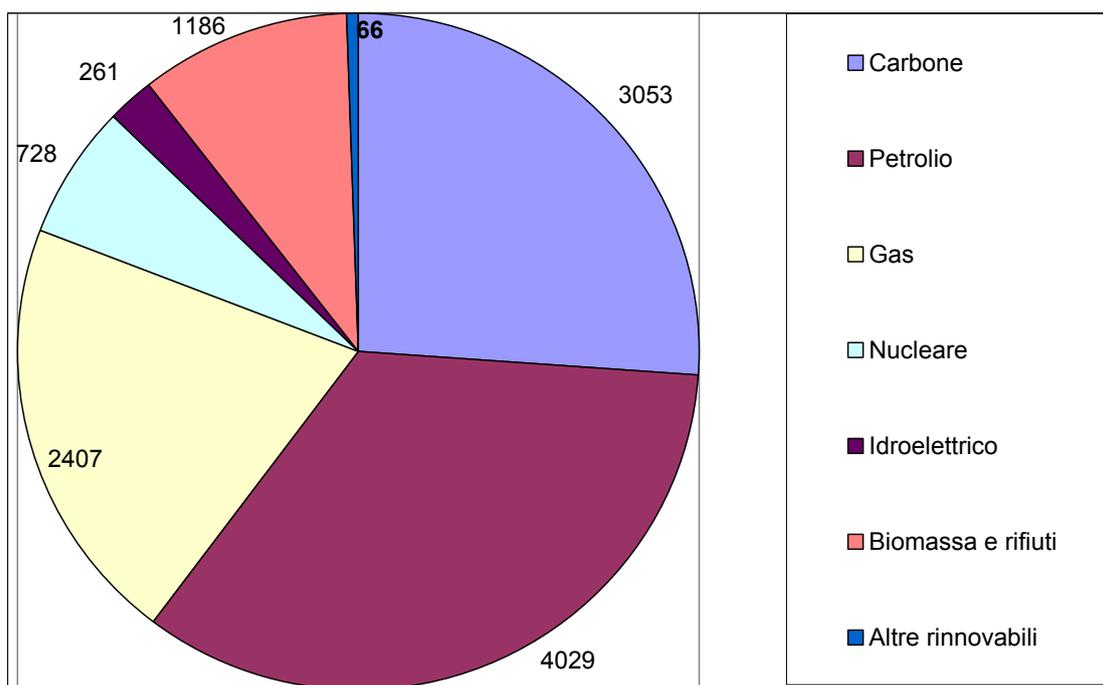
Lo stesso carburante-petrolio servirà sia per i motori a scoppio nei veicoli, ma anche per produrre elettricità mediante i generatori (alimentati da i motori a scoppio), utile a far funzionare i motori elettrici, utili ai trasporti (tram e treni) e all'industria manifatturiera.



L'energia nel mondo, in Europa e...in casa

Nel grafico seguente sono presentati i consumi mondiali di energia nel 2006, oltre 11 miliardi di TOE. Si evidenziano i contributi di ciascuna fonte energetica: il petrolio rappresenta un terzo dell'energia mondiale (34%), il carbone vale circa il 25%, mentre il gas naturale il 21%. Il nucleare rappresenta il 6%, l'idroelettrico il 2% e le altre rinnovabili (eolico, solare, geotermia) lo 0,6%. Sole e vento sono, tuttavia, molto cresciuti dal 2006 (vedi sezione dedicata).

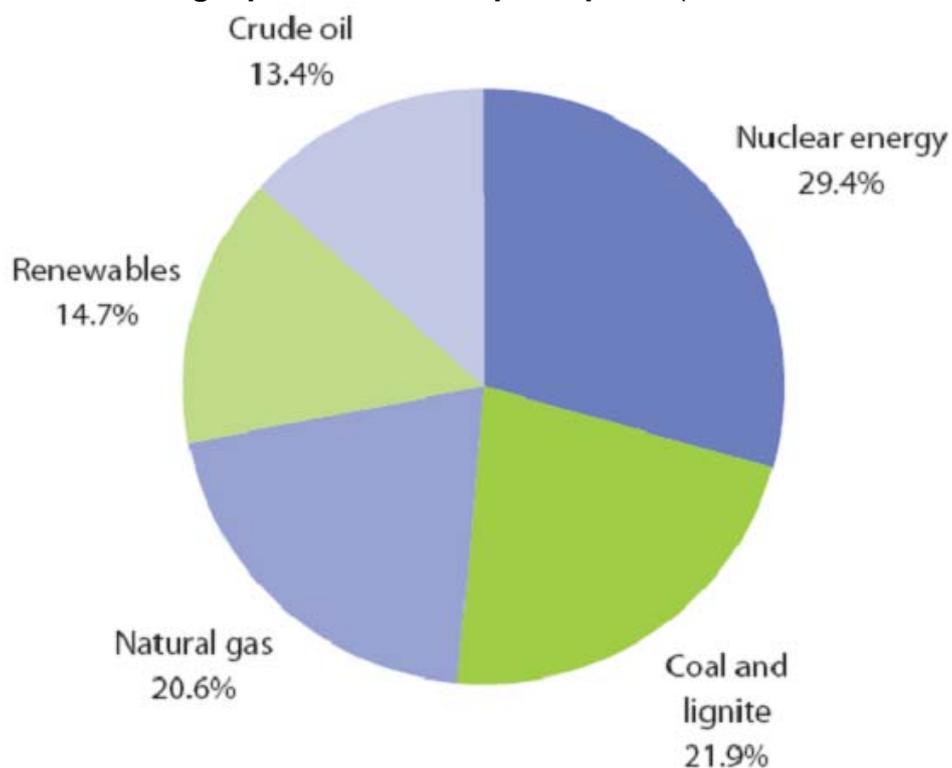
Grafico 9 - L'energia primaria nel mondo (dati 2006, milioni di TOE)



Fonte: IEA, World Energy Outlook 2008

In basso sono riportati I consumi primari in Europa. Le parti di ciascuna fonte variano a favore dell'energia nucleare e della maggiore quote di energia idroelettrica nel mix di fonti rinnovabili. Il petrolio in Europa rappresenta una quota inferiore rispetto al totale mondiale.

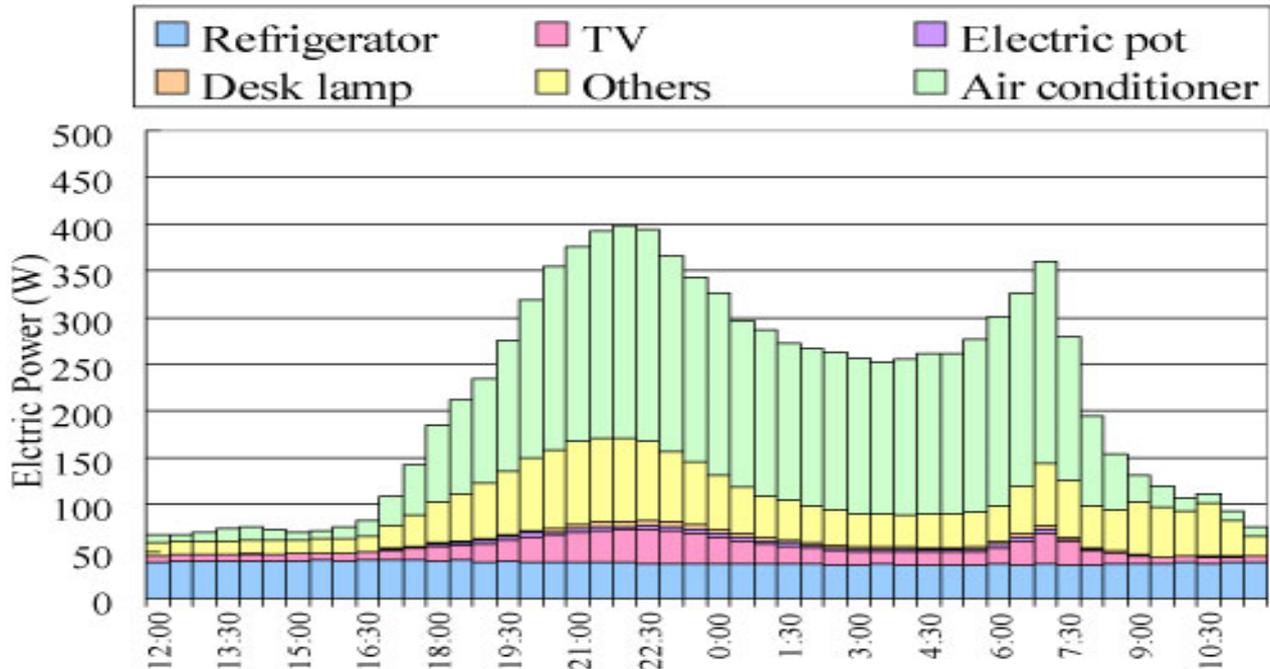
Grafico 10 - L'energia primaria in Europa 27 paesi (dati 2006, milioni di TOE)



Fonte: Eurostat Pocketbook Key figures on Europe 2009 Edition

Scendendo al livello di una casa e, dunque, agli elettrodomestici, in potenza oraria (l'energia è la somma delle aree), vediamo il consumo costante del frigorifero ed il forte contributo del condizionatore, un'applicazione energivora, in rapida diffusione negli ultimi anni.

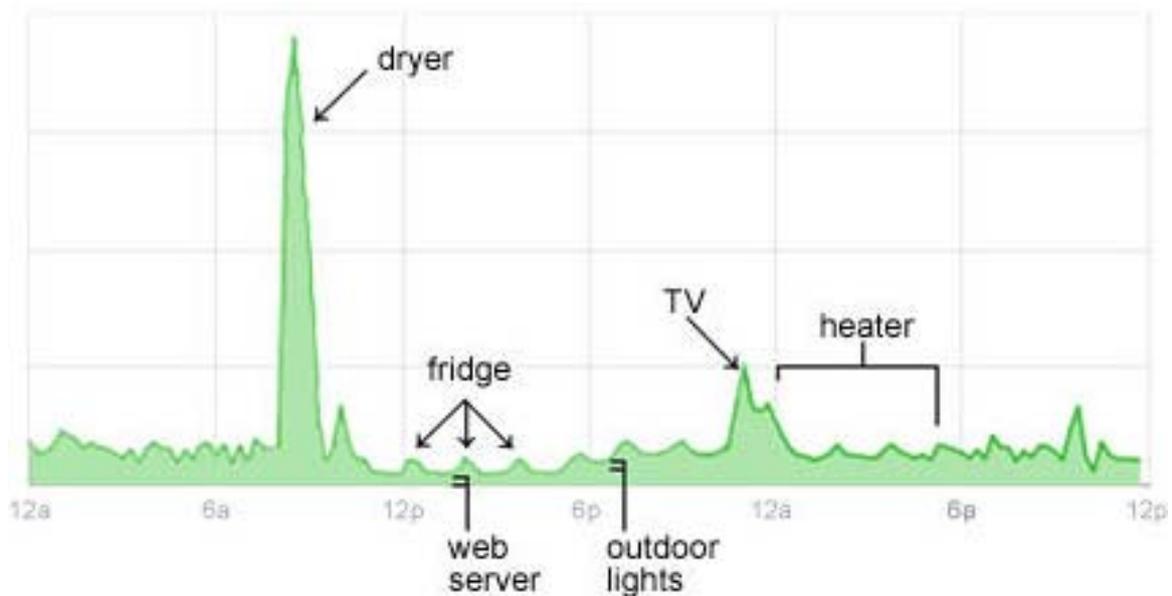
Grafico 11 – L'energia in casa distinta per elettrodomestico



Fonte: <http://www.terrapass.com>

Alternativamente possiamo vedere il totale, con il ruolo degli asciugatori per panni. Come nel caso del Grafico 10 gli usi termici (aria condizionata) sono molto importanti).

Grafico 12 – Usi elettrici in casa



Fonte: Google

3. Le fonti energetiche

3.1 Le energie fossili

La definizione di risorse e riserve

Risorsa: lo “stock” complessivo di un minerale dal punto di vista fisico, senza chiamare in causa il valore economico o una stima della sua probabilità di estrazione.

Esempio: c'è l'oro nel Po, ma si deve lavorare una settimana per estrarre qualche grammo, questo conduce alla nozione di costo di opportunità: il tempo ha un valore:

→ Quanto tempo per trovare una pepita (da xx grammi d'oro a xx€/grammo)

Riserva: la parte di risorse sfruttabile dal punto di vista tecnico (con le tecnologie esistenti). La stima delle riserve è difficile.

Riserve provate: quantità di petrolio e gas contenuta nei giacimenti conosciuti, che si stima commercialmente recuperabile con “ragionevole certezza”, in base alle condizioni economiche, tecnologiche, normative. Per “ragionevole certezza” si intende una **probabilità di recupero redditizio** pari almeno al 90% delle riserve considerate

Riserve probabili: la probabilità di recupero redditizio non inferiore al 50%

Riserve possibili: la probabilità di recupero redditizio non inferiore al 10%

Il Carbone

Il carbone minerale fossile (opposto a quello vegetale) si è formato nel Carbonifero (circa 300 milioni di anni fa), per decomposizione di piante ed alberi giganti. Mentre gran parte del legno viene ossidato e si scompone in CO₂ ed acqua, una piccola percentuale si è accumulata negli strati profondi del terreno.



A seconda delle condizioni di temperatura e pressione e dei componenti chimici del terreno la fermentazione anaerobica (in assenza d'aria) ha prodotto e arricchito i componenti vegetali di carbonio, producendo: torba, lignite, carbon fossile, antracite e diamante (in ordine crescente di contenuto di carbonio).

I diversi tipi di carbone

La “Carbonizzazione” è il processo di invecchiamento di materiale organico, che si arricchisce in carbonio, con perdita degli altri elementi organici (idrogeno ed ossigeno).

Il primo stadio coincide con la “torba” (circa l'1,5% della superficie terrestre è ricoperto di torba, in particolare l'emisfero nord (elevato contenuto d'acqua e basso potere calorifico). Lo stadio successivo del processo di carbonizzazione è costituito dalla lignite, gradino più basso del carbone, con elevato contenuto d'acqua, e con potere calorifico un po' più elevato (3.500-4.600 kcal/kg).

Lo stadio successivo è costituito dai carboni bituminosi, con contenuto in carbonio fino all'86% e potere calorifico > 6.400 kcal/kg.

Infine il carbone più "antico": l'antracite dal contenuto in carbonio fra 86-98%.

Usi del carbone

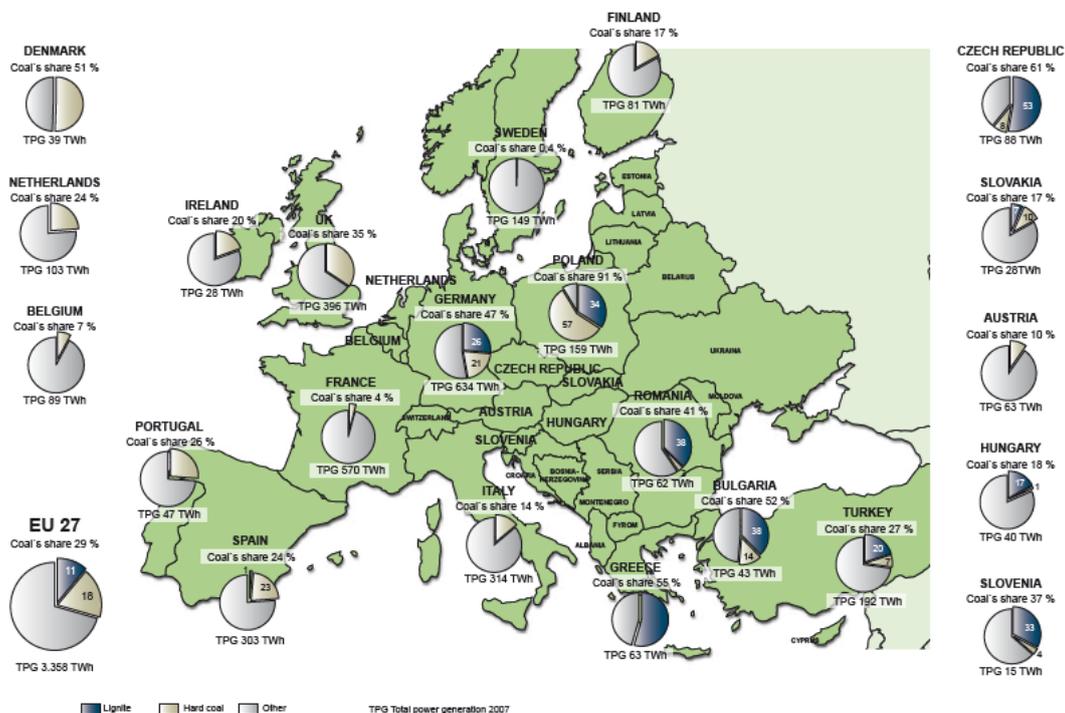
Il carbone serve a:

- generare elettricità in centrali elettriche, con turbine a vapore
- fare l'acciaio (dal coke)

→ **industria metallurgica = 20% degli usi mondiali nel 2006**

Alcuni paesi come Cina e Stati Uniti se ne servono ampiamente. In Europa rappresenta una frazione molto variabile (90% in Polonia, lo 0,4% in Svezia).

Grafico 13 - Il Carbone in Europa



Fonte: Eurocoal.org

Una brutta reputazione

Il carbone ha una brutta reputazione dovuta all'associazione con il mestiere di minatore, i relativi pericoli e lo smog delle città dove serviva a cuocere e scaldarsi. Nell'immaginario collettivo evoca le atmosfere cupe narrate da Charles Dickens; inoltre si pensa al carbone come ad una energia del passato.

In realtà il carbone è la seconda fonte energetica mondiale ed il consumo è in crescita!

Le Cause? → E' abbondante ed economico.

I limiti del carbone

Il carbone causa – come noto - l'inquinamento locale, producendo durante la sua combustione con l'ossigeno ossidi di zolfo (SO₂), ossidi di azoto (NO_x), e rilasciando nell'aria i metalli contenuti (come il pericoloso mercurio). L'uso del carbone produce anche grandi quantità di emissioni globali (CO₂), responsabili dei mutamenti climatici.

In una centrale elettrica, ad esempio, il carbone emette il 70% in più di CO₂ del gas naturale ed il 30% in più del petrolio.

Tabella 1 - Risorse e riserve di Carbone (2008)

Paese	Riserve provate (Miliardi di tonnellate fisiche)	Vita utile (Anni)
Stati Uniti	246,6	234
Russia	157	508
Cina	114,5	48
India	92,4	207
Australia	78,5	210
Sudafrica	48,8	190
Ucraina	34,2	424
Kazakhstan	31,3	325
Polonia	14	90
Brasile	10,1	1605
Germania	6,7	34
Colombia	6,6	101
Canada	6,6	105
Rep. Ceca	5,6	89
Totale mondo	909,1	147

Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2009

Il carbone rappresenta un “pericolo” in quanto fonte largamente disponibile ed economica per i paesi che non possono permettersi energia pulita. Il pericolo deriva dal suo uso, non ostante le tecnologie di sequestro del carbone (*carbon capture and storage, CCS*) in depositi sotterranei si stiano sviluppando, al fine di rendere “sostenibile” il suo uso.

Il sequestro del carbonio (CCS)

Si deve sottolineare che, attualmente, la CCS rappresenta un procedimento sperimentale, che non solo aumenta considerevolmente i costi di generazione elettrica, ma per il quale non è accertata possibile determinare degli adeguati standard di sicurezza. In caso di fughe di CO₂, infatti, le zone circostanti il deposito sono a forte rischio soffocamento delle forme di vita (la CO₂ non è velenosa ma soffoca).

Il Petrolio ...o il “re” petrolio.

Deriva dal latino “*oli*” e “*petra*”, l’olio della pietra. Non si deve pensare ai giacimenti come dei laghi di petrolio.

→ Il petrolio si trova intrappolato nelle rocce sedimentarie porose

La storia recente in un barile

Il barile è un’unità di misura “anomala”, divenuta di uso comune. Come tutti i prodotti “fondamentali”, diventa autoreferenziale ed “inventa” una propria unità di misura.

→ Grano si misura in Bushel = 35,24 litri (poi divenuto unità di peso da 27,21 kg)

Il Petrolio usa il Barile che ha origine nelle botti di legno, utilizzate per il whisky (sic!), usate dai cercatori della Pennsylvania intorno al 1860. Il barile ha una capienza di 42 galloni e corrisponde a 158 litri..



I numeri del petrolio: riserve e vita utile dei principali paesi

Tabella 2 - Riserve di petrolio e vita utile

Paese	Riserve provate (Miliardi di barili)	Vita utile (Anni)
Arabia Saudita	259,8	68
Iran	163,3	85
Iraq	115	164
Kuwait	101,5	109
Emirati Arabi Uniti	97,8	84
Venezuela	80	77
Russia	60	17
Libia	41,5	58
Nigeria	36,2	40
Kazakhstan	30	19
Stati Uniti	29,9	11
Cina	16	14
Qatar	15,2	34
Messico	12,4	10
Algeria	12,3	15
Totale mondo	1147,5	38

Fonte: ENI World Oil and Gas Review 2007 http://www.eni.it/wogr_2008/default_en.htm

Da notare

- Iraq: molti anni perché sotto embargo all’epoca dei dati.
- Kuwait: piccolissimo paese (consuma molto procapite ma poco rispetto alle riserve)
- Stati Uniti: importano tutto quello che consumano (vedi *Tabella 3*)

Tabella 3 - Produzione e consumi di petrolio per paese nel 2008

Paese	Produzione (Milioni di barili)	Ratio Produzione/ consumo interno
Arabia Saudita	10846	4,88
Russia	9886	3,54
Stati Uniti	6736	0,35
Iran	4325	2,50
Cina	3795	0,47
Messico	3157	1,55
Canada	3238	1,41
Emirati Arabi Uniti	2980	6,38
Kuwait	2784	9,29
Venezuela	2566	3,57
Iraq	2423	3,39
Norvegia	2455	11,67
Nigeria	2170	9,80
Brasile	1899	0,79
Algeria	1993	6,41
Totale mondo (2006)	83170	

Fonte: BP Statistical Review of World Energy 2009

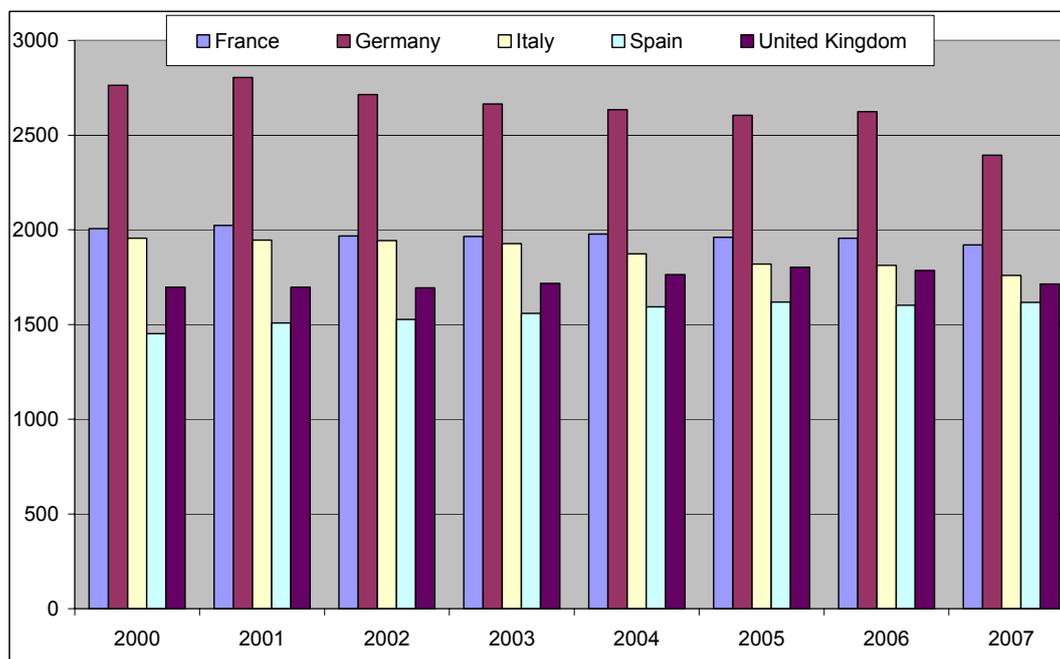
Il petrolio, le dimensioni delle riserve ed il loro controllo nel tempo

- Il 65% delle riserve mondiali si trova concentrato in 5 paesi del Golfo Persico: Arabia Saudita, Iraq, Kuwait, Emirati Arabi Uniti e Iran.
- Fuori da questa regione solo la Russia ed il Venezuela hanno riserve importanti
- Ovunque le riserve sono sotto il controllo statale,
- A volte sono sfruttate direttamente dalle Compagnie nazionali
- Il controllo delle riserve fa parte della storia dei paesi produttori (vedi: nazionalizzazione di Mossadeq in Iran e relativo blocco navale inglese nel 1960)

Il petrolio in Europa

L'Europa a differenza degli USA e dei Paesi in via di sviluppo, diminuisce i consumi a causa di una saturazione dei consumi, delle politiche per il risparmio energetico e dell'esistenza di un sistema di trasporto pubblico efficiente (specialmente nel Nord-Europa).

**Grafico 14 - Evoluzione dei consumi di petrolio dei principali paesi europei
(migliaia di barili al giorno)**

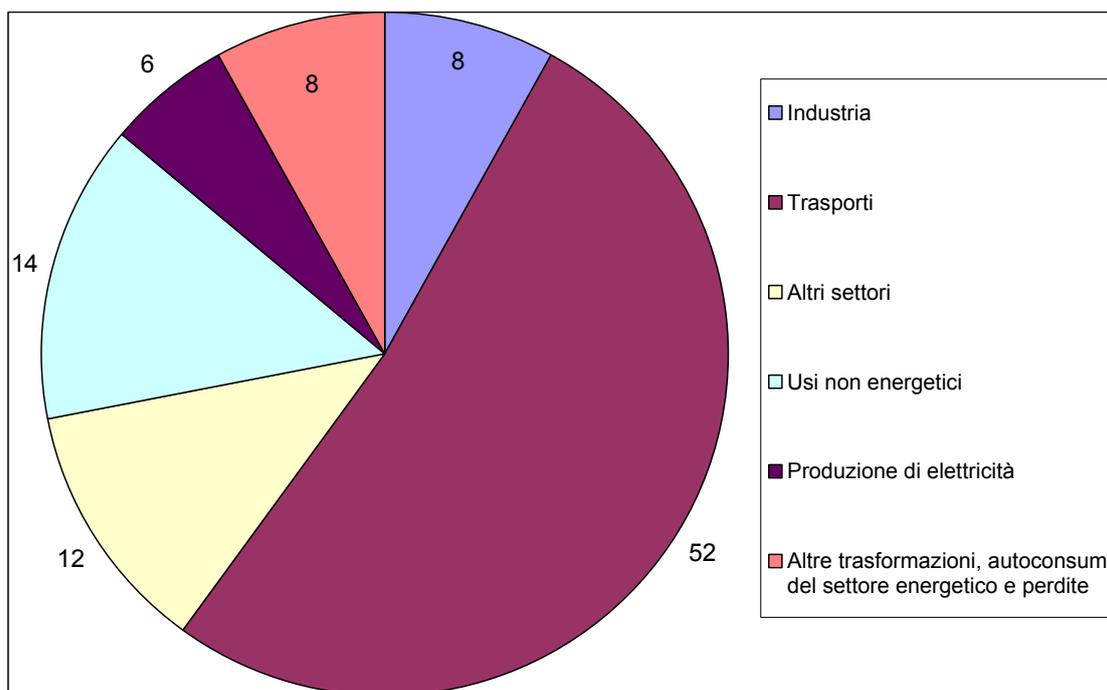


Fonte: calcoli autore su dati BP Statistical Review 2009

Gli usi del petrolio nei settori dell'economia

Attualmente, l'utilizzo del petrolio è fortemente legato ai trasporti e come materia prima nell'industria petrolchimica.

Grafico 15 - Gli usi del petrolio "a cosa serve" (%)



Fonte: ENI World Oil and Gas Review 2007

Dal grafico sopra emerge come il 50% serve ai trasporti, poiché serve:

- su terra (benzina e diesel),
- per mare (diesel)
- nei cieli (kerosene)

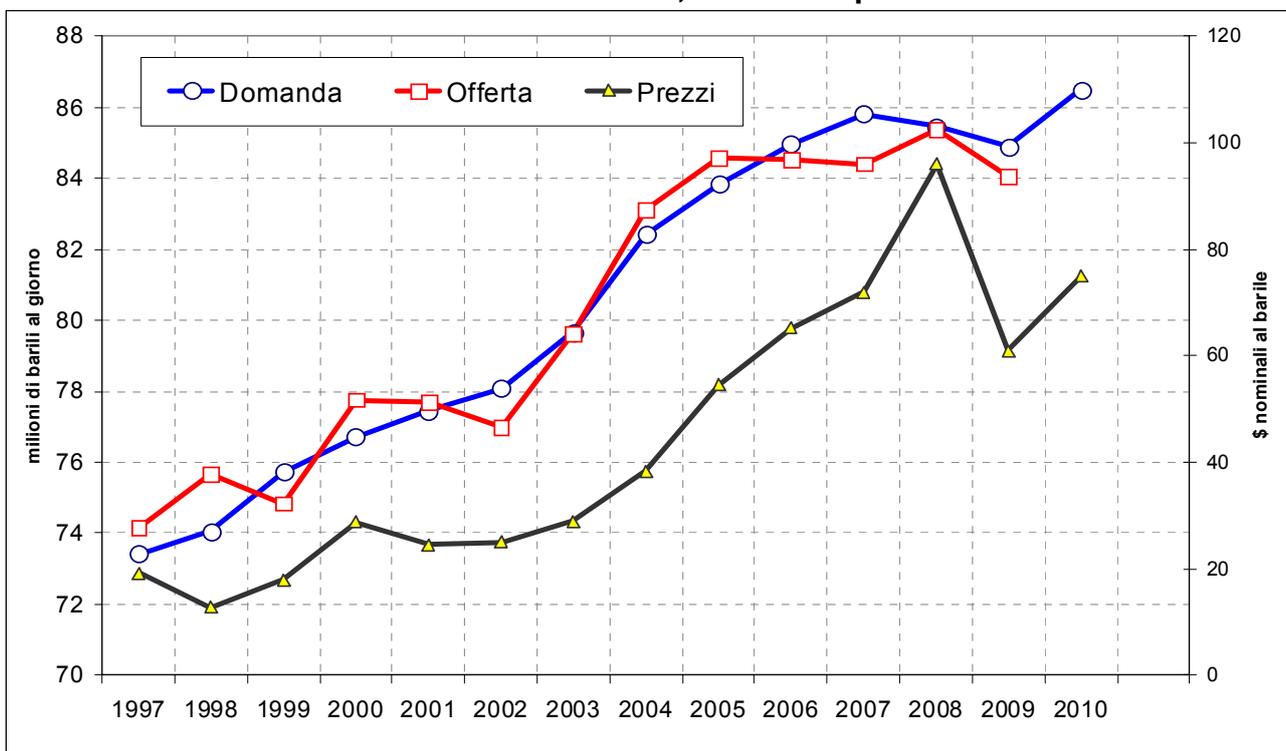
Domanda ed offerta di petrolio

Dal punto di vista linguistico, la domanda è identificata con i consumi, l'offerta con la produzione.

La produzione, tecnicamente, si quantifica con la capacità di raffinazione, che definisce quanto petrolio si può produrre se tutte le raffinerie funzionassero al massimo?

Da un indicatore derivato: la capacità di raffinazione in eccesso, dipendono i prezzi sui mercati internazionali. Quando capacità di raffinazione in eccesso scende sotto una certa soglia, i mercati entrano in fibrillazione, i prezzi dei *future* sul petrolio schizzano e si avviano le speculazioni di borsa, come nell'estate 2008. In tale occasione la forte domanda, i margini ai minimi e i timori relativi ad un possibile picco di produzione ("peak oil" in seguito), derivanti da alcuni studi, hanno portato il barile di greggio al prezzo record assoluto di 147\$/barile.

Grafico 16 - Domanda, offerta e...prezzi



Fonte: Calcoli dell'autore su dati EIA

(*) 2010 Domanda: previsione IEA feb-10, Prezzi: Brent parziali feb.10

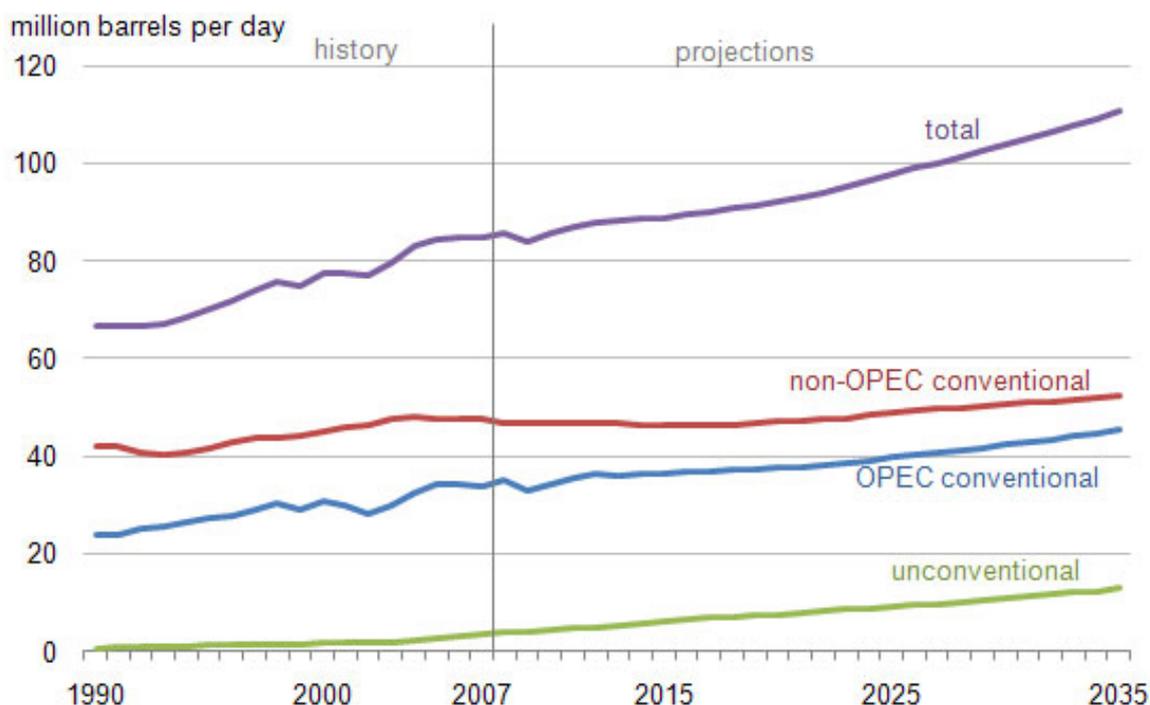
Conclusioni e previsioni sul petrolio

Il petrolio è un bene strategico

- Serve per fare le cose, confezionarle, distribuirle e anche per smaltirle (camion, ruspe)
- Con il motore a scoppio rappresenta la seconda “coppia” carburante-motore della Rivoluzione Industriale (dopo quella macchina a vapore-carbone)
- Ha creato il mondo in cui viviamo oggi
- ...ed è responsabile di buona parte dei suoi difetti!

Tuttavia, secondo le stime tra le più autorevoli rimarrà la principale fonte di energia nei prossimi anni. Nello scenario dell'EIA, infatti, il mondo consumerà 92 mbg nel 2020, 104 mbg nel 2030 e ben 110 nel 2035. Tuttavia, gli esperti di Peak Oil ritengono che 90 mbg sia il limite produttivo.

Grafico 17 – Produzione petrolifera per area 1990 - 2035



Fonte: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/highlights.html>

Bibliografia

L. Maugeri, *L'era del petrolio*, Feltrinelli

Per i termini tecnici: *Oilfield Glossary* di Schlumberger (costruttore di raffinerie)

<http://www.glossary.oilfield.slb.com/default.cfm>

Chris Srebowsky, *The production reality*

<http://www.energyinvestmentstrategies.com/infoFiles/articlePDFs/060105SkrebowskiProjections.pdf>

G. Fiorito, *Petrolio – 2009*

<http://www.locchiodiromolo.it/blog/wp-content/uploads/2009/03/petrolio-2009.pdf> e

G. Fiorito, *Petrolio - Picco dei prezzi o delle quantità?*

<http://www.locchiodiromolo.it/blog/petrolio-picco-dei-prezzi-o-delle-quantita.html>

Il Gas naturale

La storia

Era considerato il “cugino povero” del petrolio: quando si trovava accanto ai pozzi di petrolio, ma lontano dai mercati di consumo, si preferiva bruciarlo o liberarlo nell’atmosfera.

Servivano i gasdotti! La realizzazione, cioè, di una infrastruttura pubblica (ENI) per la diffusione di un’energia pulita ed economica, atta ad assicurare lo sviluppo sia dei paesi consumatori che di quelli produttori, è

→ La “visione” di Enrico Mattei

Vedi: http://www.latermotecnica.net/pdf_riv/200909/20090915002_1.pdf

Negli ultimi 40 anni le cose sono drasticamente cambiate e oggi il metano è la terza fonte (dopo petrolio e carbone) per i consumi mondiali di energia, ed è quella con le migliori prospettive di crescita.

Risorse e riserve di gas naturale

Le risorse di gas naturale complessivamente disponibili sono ritenute immense; anche le riserve provate sono più che abbondanti: circa 180.000 miliardi di m³, a fronte di un consumo mondiale annuo di 3.000 miliardi di m³.

→ vita residua > 60 anni

Tuttavia, anche per il gas naturale le riserve provate sono molto concentrate: tre soli paesi (Russia, Iran e Qatar) ne controllano circa il 55%.

Tabella 4 - Riserve e vita utile per paese

Paese	Riserve Provate (migliaia di miliardi di metri cubi)	Vita utile (anni)
Russia	47,8	78
Iran	27,5	327
Qatar	25,8	564
Arabia Saudita	6,8	101
Emirati Arabi Uniti	6,0	136
Stati Uniti	5,5	11
Nigeria	5,2	244
Algeria	4,5	45
Venezuela	4,3	156
Iraq	3,2	1253
Norvegia	3,2	35
Turkmenistan	2,9	47
Totale mondo	179,7	63

Fonte: ENI World Oil and Gas Review 2007

Gli impieghi

A livello degli impieghi il gas naturale serve per generare elettricità e calore nelle centrali, e per l'uso domestico. Serve all'industria come materia prima per la produzione di fertilizzanti azotati, fibre tessili, vernici, acciaio e materie plastiche.

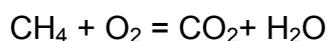
Tabella 5 - Gas naturale: Impieghi per settore nel mondo

Settore	Quota %
Termoelettrico	35
Industriale	18
Civile	24
<i>di cui: Residenziale</i>	17
Commerciale	7
Altre trasformazioni	12
<i>di cui: attività upstream e minerarie</i>	5
<i>impianti di generazione di calore</i>	4
Raffinazione	2
<i>di cui: consumi per la produzione di GNL</i>	0,7
Gas-to-Liquids	0,3
Usi non energetici	6
<i>di cui: petrolchimico</i>	5
Altro	5
<i>di cui: consumi, perdite trasporto e distribuzione</i>	4

Fonte: International Energy Agency

Conclusioni e futuro del gas naturale

Il gas naturale è la principale fonte per la generazione di elettricità in Italia, il risultato di un enorme sforzo infrastrutturale (gasdotti) pubblico nel dopoguerra. In questi ultimi anni sta divenendo un carburante per i trasporti, contribuendo a migliorare la qualità dell'aria, ma non può risolvere l'effetto serra. Infatti la reazione di combustione è:



Viene generata una molecola di anidride carbonica per molecola ossidata di metano (oltre a una di acqua).

Energia nucleare

Il nucleare, un'energia che divide

Secondo i favorevoli, l'energia nucleare è il complemento più credibile alla produzione di energia da fonti fossili tradizionali (carbone, petrolio, gas).

Dopo 50 anni di sviluppo, l'energia nucleare attualmente copre il 16% dei consumi mondiali di energia elettrica. Il nucleare, come visto precedentemente, rappresenta il 6% dell'energia primaria.

Secondo i contrari, questa quota di energia non rappresenta una quota significativa dei consumi mondiali. Inoltre permane la preoccupazione per la sicurezza degli impianti, per il confinamento delle scorie (ad alta radioattività residua), e la proliferazione di armi e, soprattutto, sottrae risorse alle energie rinnovabili.

Perche il nucleare oggi?

SI - Con i cambiamenti climatici il nucleare ritorna in auge come soluzione
→ Non emette CO2 mentre produce elettricità e calore

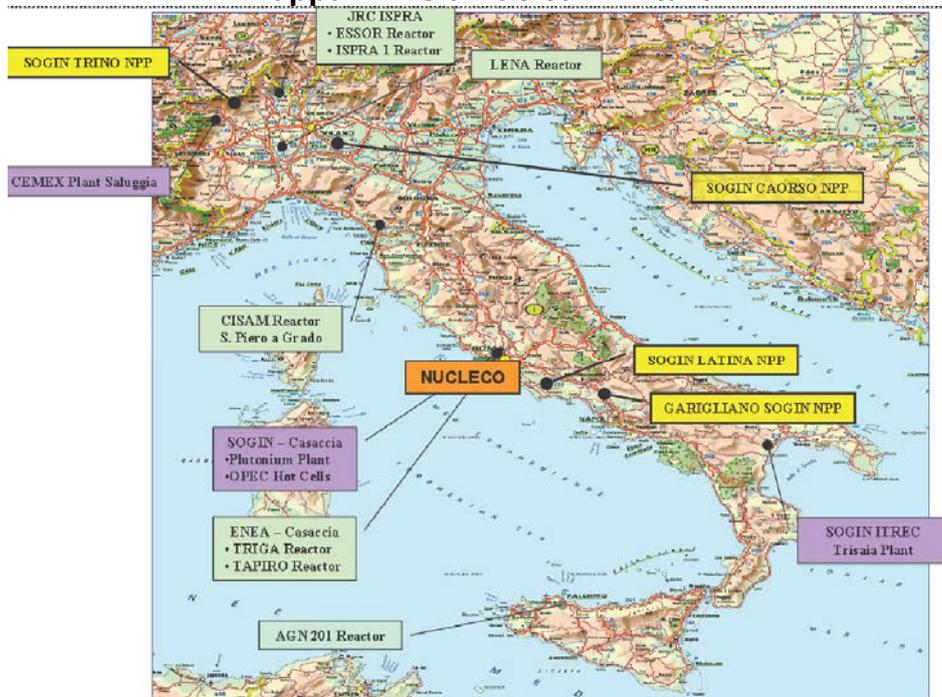
NO - La preparazione del combustibile nucleare, la costruzione e lo smantellamento delle centrali sono invece estremamente energivori...e “vanno” a petrolio (cemento, ruspe, acciaio ecc.)

Il nucleare in Italia

In seguito all'incidente nucleare di Chernobyl del 1986 lo sviluppo del nucleare si è fermato. Inoltre, 25 anni fa sussistevano delle ragioni economiche molto evidenti rappresentate dal crollo del prezzo del petrolio, cui seguirono quelli del metano e del carbone.

Dall'insediamento del Governo Berlusconi III, nel 2008, in Italia si ritorna a considerare l'opzione nucleare, per diminuire sia la dipendenza dal gas naturale che i prezzi dell'elettricità. I siti delle centrali nucleari non sono stati resi noti, tra le opzioni possibili si trovano i siti nucleari già impiegati in passato (vedi Mappa seguente).

Mappa 1 - I siti nucleari in Italia



Fonte: Nucleco

Tecnologia nucleare

Gli impianti nucleari in esercizio e in costruzione sono tutti impianti a fissione nucleare = scindono l'atomo. Il grande sogno dei fisici è la **fusione nucleare**, che risolverebbe il problema delle scorie radioattive).

Quasi tutti gli impianti attuali sono del tipo ad uranio arricchito al 3-4% di U²³⁵, un isotopo.

Un isotopo è un atomo di uno stesso elemento chimico, e quindi con lo stesso numero atomico Z, ma con differente numero di massa A. La differenza dei numeri di massa è dovuta ad un diverso numero di neutroni presenti nel nucleo dell'atomo a parità di numero atomico. Degli stessi isotopi che differiscono solamente per lo stato eccitato vengono definiti isomeri.

N.B. Per la bomba atomica è necessario dell'uranio arricchito al 90% o del Plutonio. L'Uranio impoverito è invece l'uranio a forte concentrazione di U²³⁸.

Una centrale nucleare da 1.000 MW (1GW) necessita di circa 30tonn/anno di Uranio arricchito; mentre per una centrale analoga a carbone servono circa 2 milioni di tonn/anno di carbone.

Notare la differente densità energetica tra uranio e petrolio:

1kg Uranio arricchito ≈ 1.800 ton. petrolio (circa 1,8 milioni di volte più elevata!).

Le Riserve provate di Uranio ammontano a 2×10^6 ton

Tipologia dei reattori nucleari

I reattori di 1a generazione sono quelli progettati e realizzati prima degli anni 1970

I Reattori di 2a generazione sono prevalentemente reattori ad acqua leggera (PWR, BWR) progettati e realizzati a partire dagli anni 1970 e 1980 ed ancora in funzione ed in esercizio.

Reattori di 3a generazione: si tratta di reattori avanzati, progettati e realizzati ottimizzando gli attuali reattori ad acqua leggera (miglioramenti sia dal punto di vista della sicurezza, che del rendimento), quali:

- EPR (European Pressurized Water Reactor) in corso di costruzione in Finlandia (Olkiluoto 3),
- AP1000 (Advanced Passive)
- ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) in corso di costruzione in Giappone.



In Italia si è scelto l'EPR, secondo il modello in corso di costruzione in Finlandia: Ilkuoto 3 (1600MW).

Costo di una centrale nucleare

Varia da 4 a 7 miliardi di €

Max. sicurezza, min. scorie radioattive (= min. rischi di proliferazione nucleare, che dipende dal Plutonio)

Il Ciclo di vita previsto è di 60 anni (contro i 30 anni degli impianti precedenti).
Per questi reattori i costi variabili (di esercizio) sono bassi rispetto ai costi fissi (costruzione e smantellamento delle centrali).

I tempi di costruzione

Il più grande ostacolo per la realizzazione di impianti nucleari è costituito dai lunghi tempi di progettazione e costruzione delle centrali. Il tempo di progettazione e costruzione è quello che intercorre tra la decisione e la costruzione della centrale può variare da 7 a 15 anni, per cui i costi stimati (circa 2.000 \$/kW installato nel 2003) possono anche raddoppiare.

Il tempo medio per la costruzione e varie altre fasi è risultato essere 109 mesi (9 anni), cui vanno aggiunti i tempi per la scelta del sito, per la VIA, ecc.(in totale si potrebbero raggiungere anche i 200 mesi!). Soltanto il Giappone è riuscito a completare una centrale in 60 mesi.

Questi tempi vanno confrontati con quelli degli altri impianti:

- 2 anni per la centrali con Turbine a gas a ciclo combinato (vapore)
- 4 anni per le centrali a carbone

Il “Decommissioning” delle centrali nucleari

Lo smantellamento di una centrale nucleare è una fase molto costosa e complessa, in quanto concerne del materiale radioattivo da “distuggere”. Operazione fisica sotto protezione di altissimo livello, a casua dell’alta pericolosità del cuore del reattore.

Dall’inizio dell’era nucleare sono state chiuse in totale 110 centrali nucleari, ma soltanto 8 centrali sono state dimesse e completamente smantellate.

I costi di smantellamento sono paragonabili a quelli di costruzione (per una centrale da 1GW possono variare da 0,5 a 2,6 miliardi di \$)

Il *decommissioning* deve essere calcolato all’atto della costruzione ed accantonate ogni anno dal produttore stesso come una quota-parte del prezzo dell’energia elettrica fornita al cliente, ma....sono state sottostimate in passato.

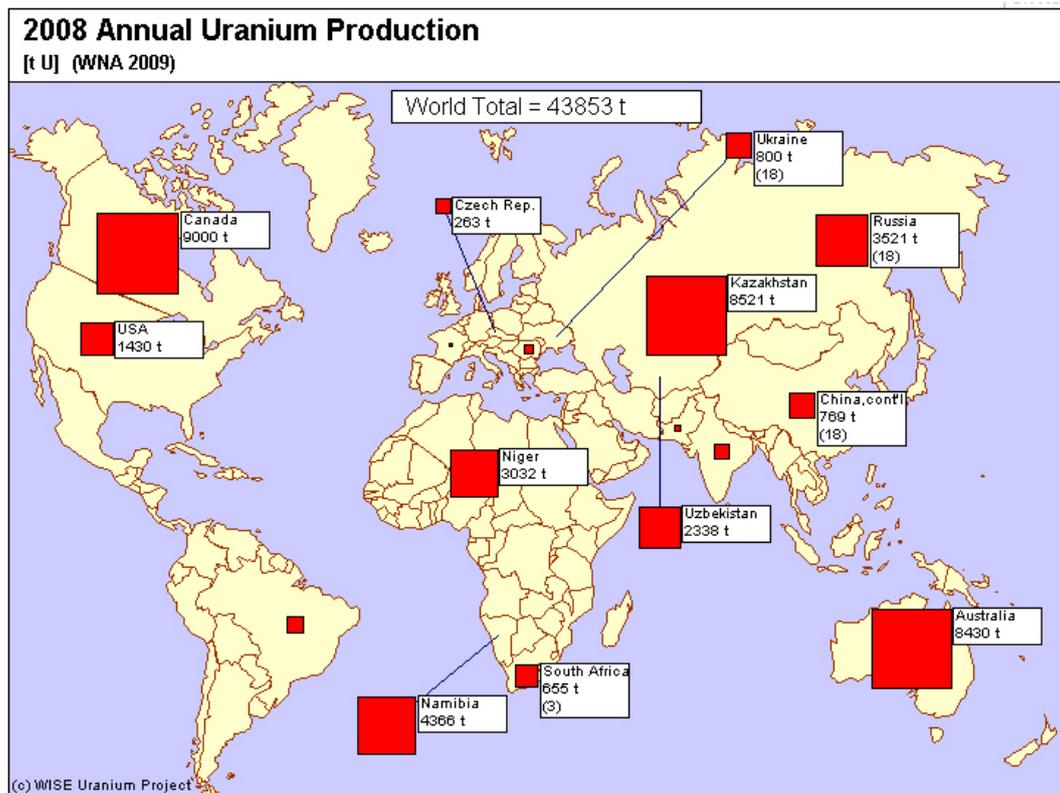
Per approfondimenti, vedi Wiki: [Costo_dello_smantellamento_nucleare](#)

Il problema, economicamente, potrebbe diventare critico nei prossimi anni per la contemporanea dismissione di molti impianti ormai a fine vita utile.

L’uranio nel mondo

I maggiori paesi produttori di Uranio sono: Australia, Canada, Kazakistan.

Mapa 2 - La produzione di uranio nel 2008



Fonte: <http://www.wise-uranium.org/umaps.html>

Il nucleare europeo: ieri e oggi

- Nel 1990 esistevano nel mondo 419 reattori, con un totale di 325.000 MW (325GW) di potenza installata.
- Nel 2006 i contavano 438 reattori nel mondo con un totale di 370 GW di potenza installata:
- **19 reattori in 16 anni**

Attualmente c'è un solo impianto in costruzione in Europa in Finlandia (Olkiluoto, vdi sopra). Tuttavia, diversi impianti nucleari sono in costruzione in Cina, India e, come noto, in Iran. Tra le motivazioni troviamo il bisogno di consenso politico "interno" mediante "nazionalismo energetico" (ad esempio in Iran).

Tabella 6 - Riserve di combustibile nucleare e vita utile

Paese	Riserve provate (tonnellate di Uranio <\$40/kgU)	Vita utile
Australia	701.000	72
Canada	287.200	25
Kazakhstan	278.840	64
Nigeria	172.866	56
Brasile	139.900	1272
Sudafrica	88.548	131
Namibia	62.186	20
Uzbekistan	59.743	26
Russia	57.530	17
Giordania	30.375	-
Totale	1.947.383	

3.2 Le Energie rinnovabili

Le rinnovabili sono tali perché non esauribili. Non esauribili in quanto flussi di energia. Al contrario, le energie fossili rappresentano uno stock di energia rinnovabile accumulato e conservato nei sedimenti geologici nel corso di milioni di anni (carbone, gas, petrolio) sono il prodotto della degradazione di piante e animali preistorici nel corso delle ere geologiche.

La fonte rinnovabile è il **Sole**, che:

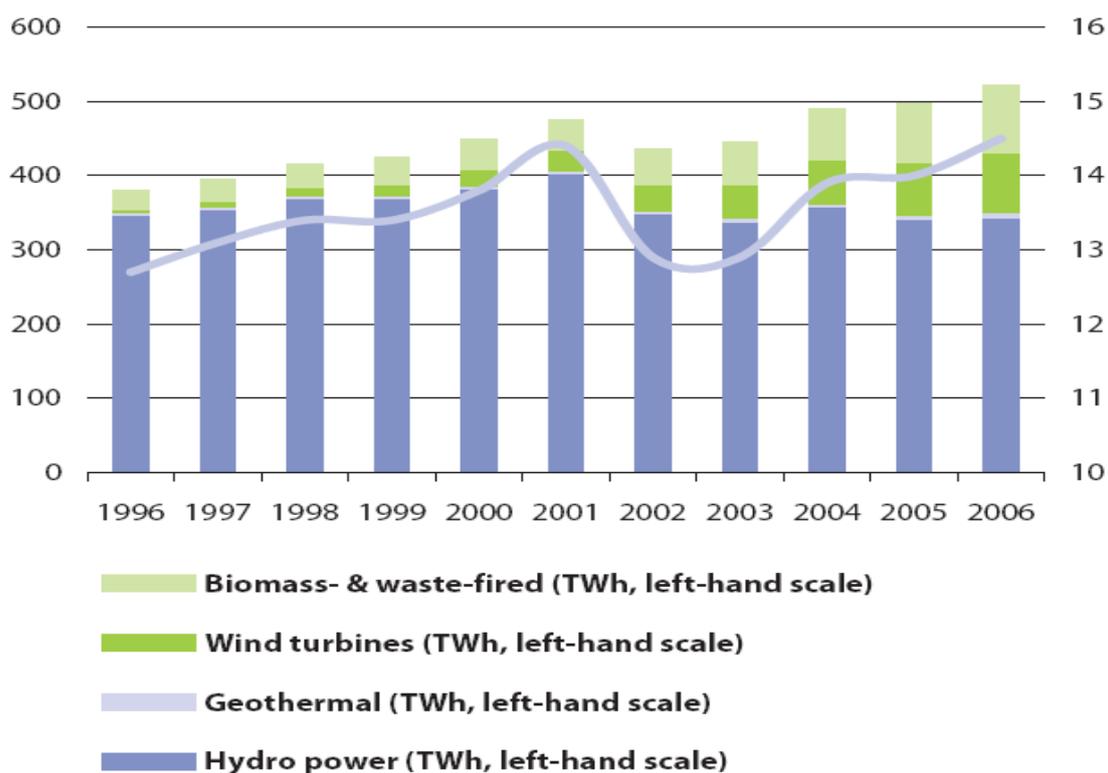


- Produce la luce ed il calore della terra;
- Il calore crea le correnti dell'aria (eolico), ma anche del mare (energia maremotrice, che sfrutta le maree) e della pioggia;
- Il ciclo dell'acqua permette di ottenere l'energia idroelettrica;
- L'unica energia rinnovabile non dipendente dal sole è la geotermia: dipende dalla terra

Energia prodotta in Europa da fonti rinnovabili

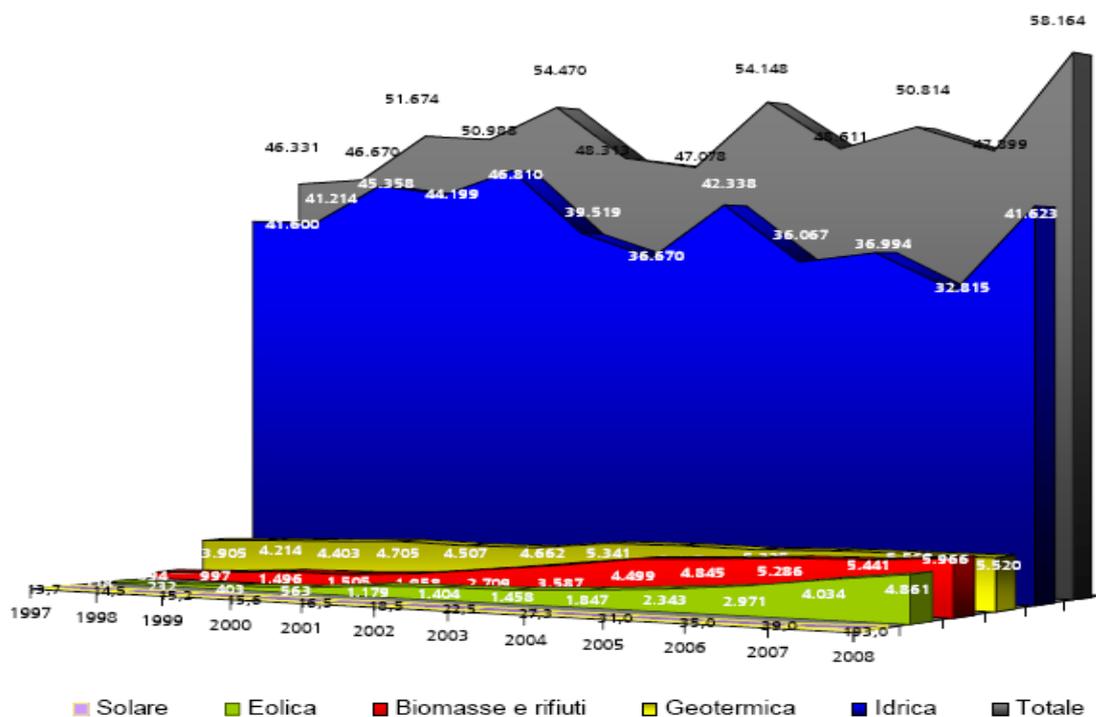
In Europa, l'energia rinnovabile attualmente rappresenta circa il 15% del totale dell'energia primaria. Nel *Grafico 15* vediamo il contributo di ciascuna fonte (istogrammi sulla scala sinistra, in TWh), con la parte percentuale rispetto al totale dell'energia sull'asse destro (linea continua).

Grafico 18 - Energia prodotta in Europa da fonti rinnovabili (TWh)



Fonte: Eurostat Key figures on Europe – 2009 edition

Grafico 19 - L'energia rinnovabile in Italia (in GWh, Anno 2008)



Fonte: Gestore servizi energetici: Statistiche sulle fonti rinnovabili in Italia 2010

Da notare:

- Il forte peso dell'idroelettrico
- L'avanzata dell'eolico e di biomassa e termovalorizzatori ("waste-fired")
- La quasi assenza dell'energia solare fotovoltaica, dovuta alla preponderanza dei siti isolati dalla rete (autoconsumo)

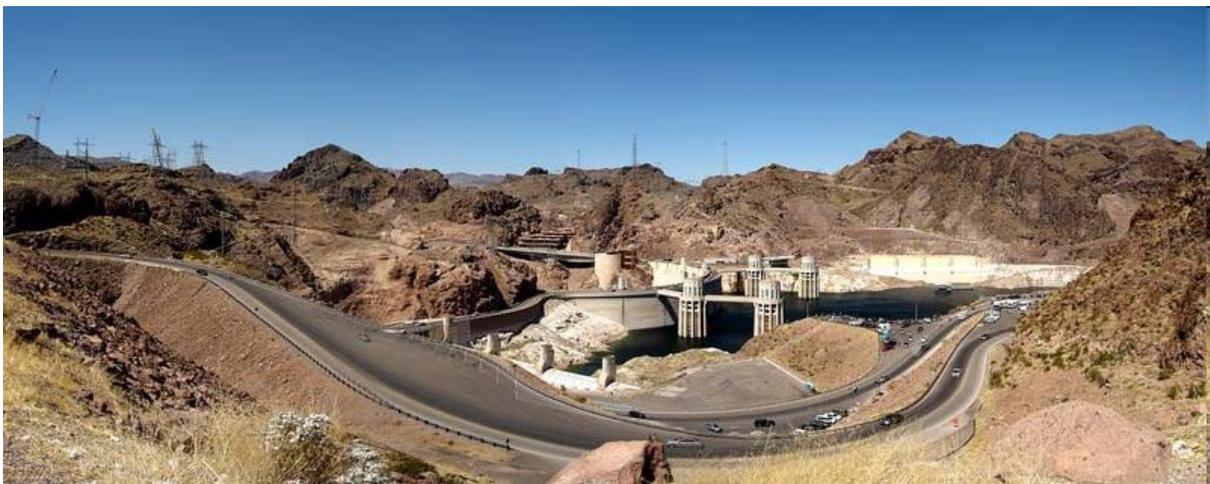
L'energia idroelettrica

Limiti e problemi dell'idroelettrico

L'energia idroelettrica ha il problema di non permettere previsioni certe nella produzione. Risulta, dunque, poco affidabile, perché dipende soprattutto dall'idraulicità, che può essere anche molto variabile anno per anno. Questo è il problema delle dighe ad acqua fluente, che sfruttano l'altezza tra due punti (la caduta) del flusso dell'acqua.

Una soluzione è rappresentata dalle dighe con bacino di accumulo. La creazione di un bacino dietro alla diga permette un migliore "controllo" dell'energia. Il bacino di accumulo significa la distruzione dell'area inondata. Spesso si tratta di aree densamente popolate, poiché in prossimità del fiume su cui si intende costruire la diga.

Foto 3 – Diga ad accumulo



Gli impatti dell'energia idroelettrica

Le dighe con bacini di accumulo sono sempre una devastazione. Mentre i progetti ad acqua fluente (limitati nella dimensione e nell'impatto sull'ambiente) sono stati sviluppati nell'800 e nel '900, per fornire energia elettrica di potenza adatta per le industrie eleggere (tessile, meccanica) e le città, le dighe ad accumulo rispondono alle esigenze delle industrie energivore (alluminio e chimica) o per assicurare i consumi delle megalopoli del XX e XXI secolo.

In conclusione, i grandi progetti idroelettrici con bacino di accumulo, sono sempre motivati da quel paradigma di sviluppo, che cerca di ottenere l'energia a basso costo per attrarre investimenti industriali con ritorno economico nel breve periodo, ma...l'impatto si vede sempre!

Foto 4 – Chiesa sommersa del lago di Resia (Val Venosta)



La capacità idroelettrica (potenza installata) è presentata di seguito, si nota la Cina che con il progetto delle Tre gole, ha sopravanzato gli Stati Uniti.

Tabella 7 - Capacità di generazione idroelettrica nel mondo

Paese	Capacità installata (GW)	Quota (%)
Cina	115	13
Stati Uniti	97	11
Canada	72	8
Brasile	71	8
Giappone	47	5
Russia	45	5
India	31	4
Norvegia	28	3
Francia	25	3
Italia	21	2
Totale primi 10	552	62
Resto del mondo	310	38
Totale mondo	862	

Fonti: IEA. Per Cina, Brasile, Russia India e Resto del Mondo: Enerdata

A livello di energia prodotta (Tabella 8), si nota il secondo posto del Canada, che con il sistema dei Grandi Laghi americano ad acqua fluente, può produrre in modo continuo grandi quantità di energia. Simile al Canada il sistema idroelettrico del Brasile.

N.B. Dividendo l'energia per la capacità si ottengono le ore annue di funzionamento alla massima potenza de sistema idroelettrico del paese.

Tabella 8 - Produzione di energia idroelettrica

Paese	Produzione (TWora)	Quota (%)
Cina	397	14
Canada	364	12
Brasile	337	12
Stati Uniti	272	9
Russia	173	6
Norvegia	136	5
India	100	3
Giappone	78	3
Venezuela	75	3
Svezia	73	2
Totale primi 10	2005	69
Resto del mondo	917	31
Totale mondo	2922	

Fonti: IEA. Per Cina, Brasile, Russia India e Resto del Mondo: Enerdata

Da ricordare

- Produzione mondiale \approx 3.000 TWh/anno
- il 16% dei circa 18.000 TWh/anno di energia elettrica consumati nel mondo (dati 2005).
- Potenza idroelettrica installata \approx 860 GW nel Mondo.
- In Italia si producono circa 40 TWora l'anno con energia idroelettrica

Considerazioni finali

- Gli impianti idroelettrici sono gli impianti di produzione più longevi in assoluto.
- Nel 1960 la produzione idroelettrica copriva l'84% del fabbisogno italiano!
- Il 1° impianto idroelettrico risale al 1882 nel Wisconsin (USA), ed è ancora in funzione.
- L'uso prioritario dell'acqua rimane tuttavia quello di soddisfare i fabbisogni idrici di popolazione, agricoltura, industria

→ tutte attività in conflitto con la produzione di energia elettrica

- Il potenziale di sfruttamento è vicino a punto di saturazione, quindi sarà impossibile aumentare il contributo in futuro.
- Ulteriori progetti di sviluppo idroelettrico possono essere causa di conflitti tra i paesi attraversati dai fiumi, come, ad esempio, nel caso delle dighe sul Nilo Azzurro, progettate dall'Etiopia fortemente avversate dall'Egitto. → Guerre dell'acqua.

Energia Solare

La storia

L'effetto fotovoltaico, osservato per la prima volta da Alexandre Edmond Becquerel nel 1839, fu teorizzato nell'ambito della fisica teorica da Albert Einstein nel 1905, che con questa motivazione vinse il Nobel, non per la Teoria della Relatività!

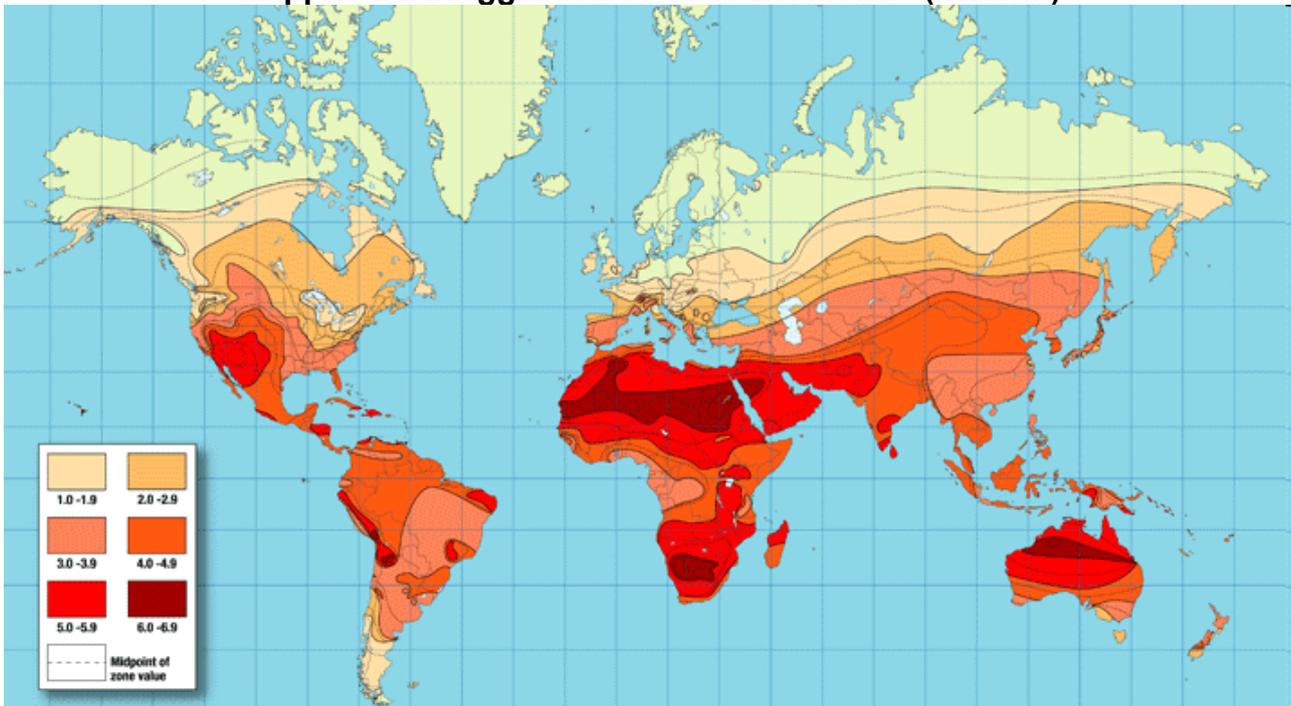


Oggi, il sole rappresenta una “speranza” per lo sviluppo sostenibile del genere umano.

→ **l'effetto fotovoltaico ha forti similitudini con la fotosintesi**

Il basso impatto rispetto alle “energie pulite” concorrenti e le incoraggianti prospettive tecnologiche alimentano molte aspettative nelle potenzialità del fotovoltaico, anche se, ad oggi, l'energia solare non arriva a coprire l'1 per mille dei consumi globali di energia.

Mappa 3 - L'irraggiamento solare nel mondo (kWh/m²)



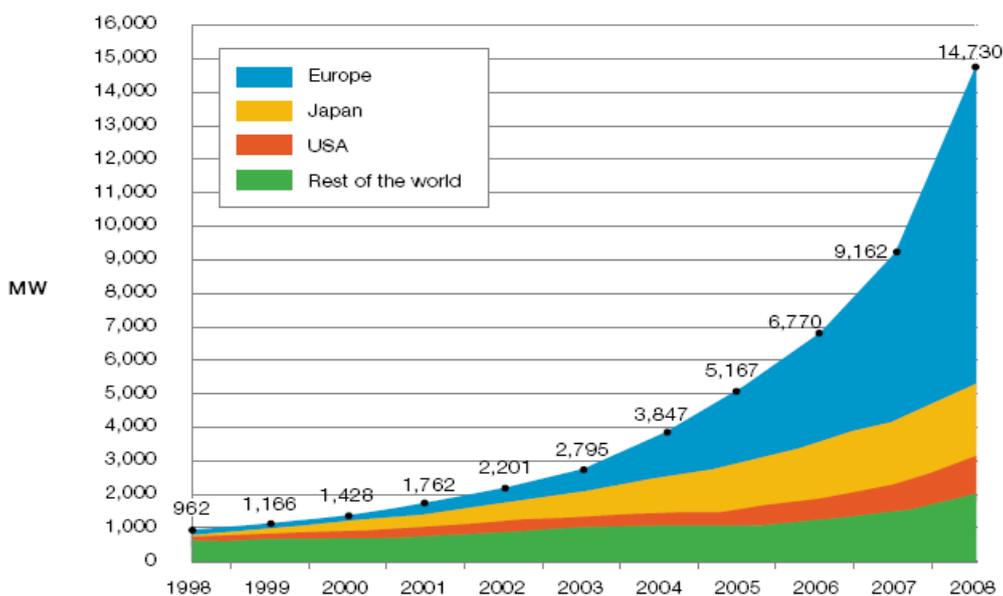
Fonte: National Renewable Energy Laboratory

Nonostante i limiti dovuti alla poca densità di energia ricavabile della celle fotovoltaiche (che al 10% dell'efficienza di conversione realizzano una potenza di 100 W/m² nei siti più soleggiati) il mercato del fotovoltaico è in forte crescita. Da un lato, infatti, gli aumenti del prezzo del petrolio si ripercuotono sulla bolletta, incoraggiando, dove possibile (ville) l'installazione dei pannelli. Dall'altro le tariffe incentivanti (vedi **Conto energia** del Gestore dei Servizi elettrici) permettono un ritorno dell'investimento in tempi brevi.

Infine, tra le ragioni dello sviluppo del fotovoltaico, si trova, naturalmente, la tecnologia, che risulta in rapido sviluppo, permettendo costi più bassi e minor utilizzo di silicio (vedi tecnologia a film sottile) e di energia nella fabbricazione dei moduli.

Grafico 20 - Capacità solare installata nel mondo

Figure 1: Historical development of Global cumulative PV power installed per Region



Fonte: European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook 2009

A livello di energia prodotta, la *Tabella 9* permette di cogliere i mercati principali. Da notare che il totale si misura in GWora e non in TWhora, come per l'idroelettrico e l'eolico.

Tabella 9 - Produzione di energia elettrica fotovoltaica (2006)

Paese	Produzione (GW ora)	Quota (%)
Germania	2500	35,7
Giappone	1800	25,7
Stati Uniti	750	10,7
Spagna	130	1,9
India	130	1,9
Cina	110	1,6
Australia	85	1,2
Italia	60	0,9
Olanda	50	0,7
Francia	35	0,5
Totale primi 10	5650	80,8
Totale mondo	7000	

Fonte: World Energy Council, EPIA

Solare, favorevoli e contrari

I favorevoli ritengono che,

- l'energia solare possa essere la vera grande speranza energetica per il futuro dell'umanità poiché,

- ogni anno la terra riceve dal sole una quantità di energia migliaia di volte più grande di quella che l'uomo consuma globalmente (basterebbe catturarne una minima parte);
- è un'energia disponibile senza danni per il clima e per l'ambiente, non limitata dal concetto di risorse e riserve

Mappa 4 - Area necessaria per soddisfare i consumi mondiali con il fotovoltaico



Fonte: Ecoalfabeta, Gizmodo.com

I contrari sottolineano che,

L'energia solare è limitata al giorno e all'insolazione (nuvole)

Fare pannelli consuma molta energia. Infatti il calcolo dell'energia consumata per produrre un pannello e l'energia prodotta dallo stesso pannello si ottiene,

→ energy payback time ≈ dai 2 ai 5 anni

EPT = energia per fabbricare pannello/energia prodotta in 1 anno

L'EPT aumenta se si conteggiano anche le batterie necessarie in un sistema PV isolato, non connesso alla rete.

Un dimensionamento

Considerando una centrale standard da 500 MW.

Una centrale a gas naturale occupa 8 ettari per l'impianto e 30 di spazio di servitù e di sicurezza.

Una centrale fotovoltaica necessiterebbe 600-1000 ettari di terreno.

→ è vero che molti terreni agricoli sono abbandonati...

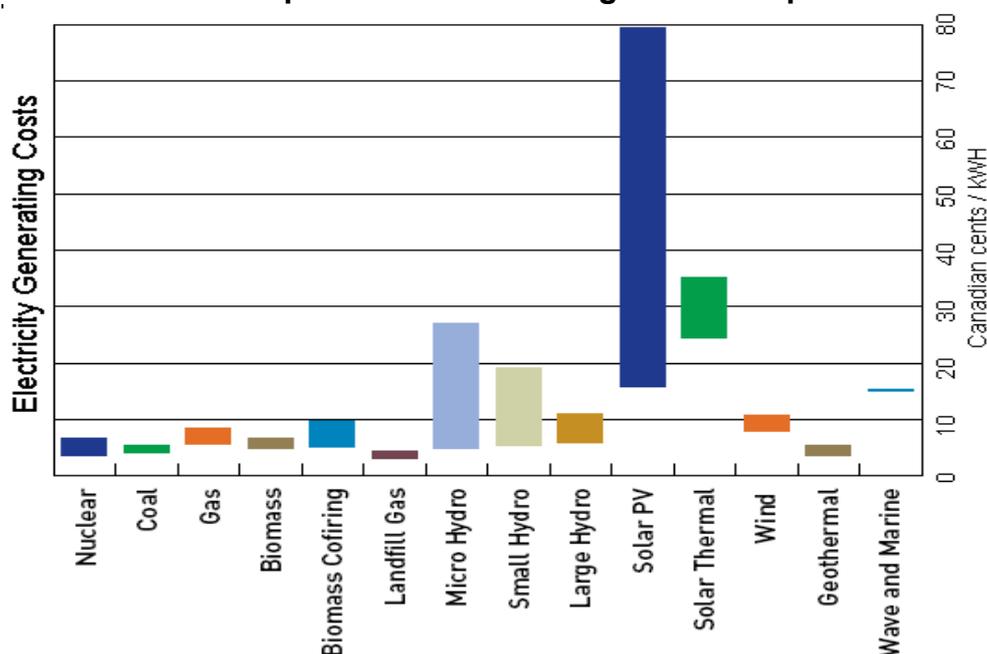
→ ma il kWh fotovoltaico costa anche molto di più e in termini di costi fissi, i pannelli PV costano ≈ 6000 €/kW istallato.

Il costo di produzione dell'energia solare

Il costo di produzione dell'elettricità fotovoltaica (kWh), è il più alto di tutte le fonti di energia e necessita di cospicue sovvenzioni pubbliche. Tali aiuti possono distorcere il mercato e attualmente in diversi paesi europei, la corsa all'istallazione di pannelli è dovuta alla garanzia dei diversi "Conti energia" approvati dai Governi.

Infatti, alcuni recenti studi, dimostrano come delle sovvenzioni "eccessive" portino ad alti costi senza fornire stimolo all'economia, un reale miglioramento dell'ambiente o della sicurezza energetica. Per approfondimenti, vedi: Frondel et al. *Economic Impacts from the Promotion of Renewable Energy Technologies The German Experience*, Disponibile al sito : http://repec.rwi-essen.de/files/REP_09_156.pdf

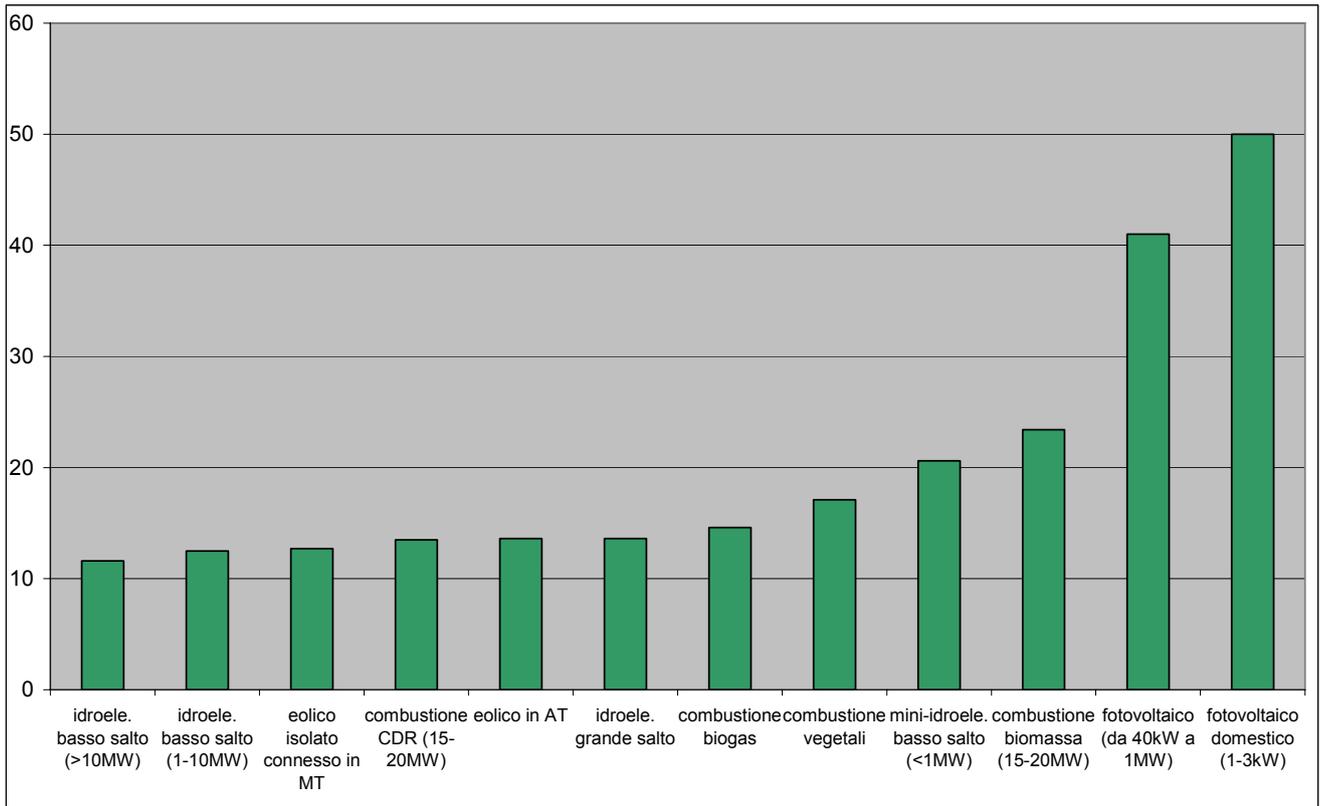
Grafico 21 - Costo di produzione dell'energia elettrica per diverse fonti



Fonte: <http://www.mpoweruk.com>

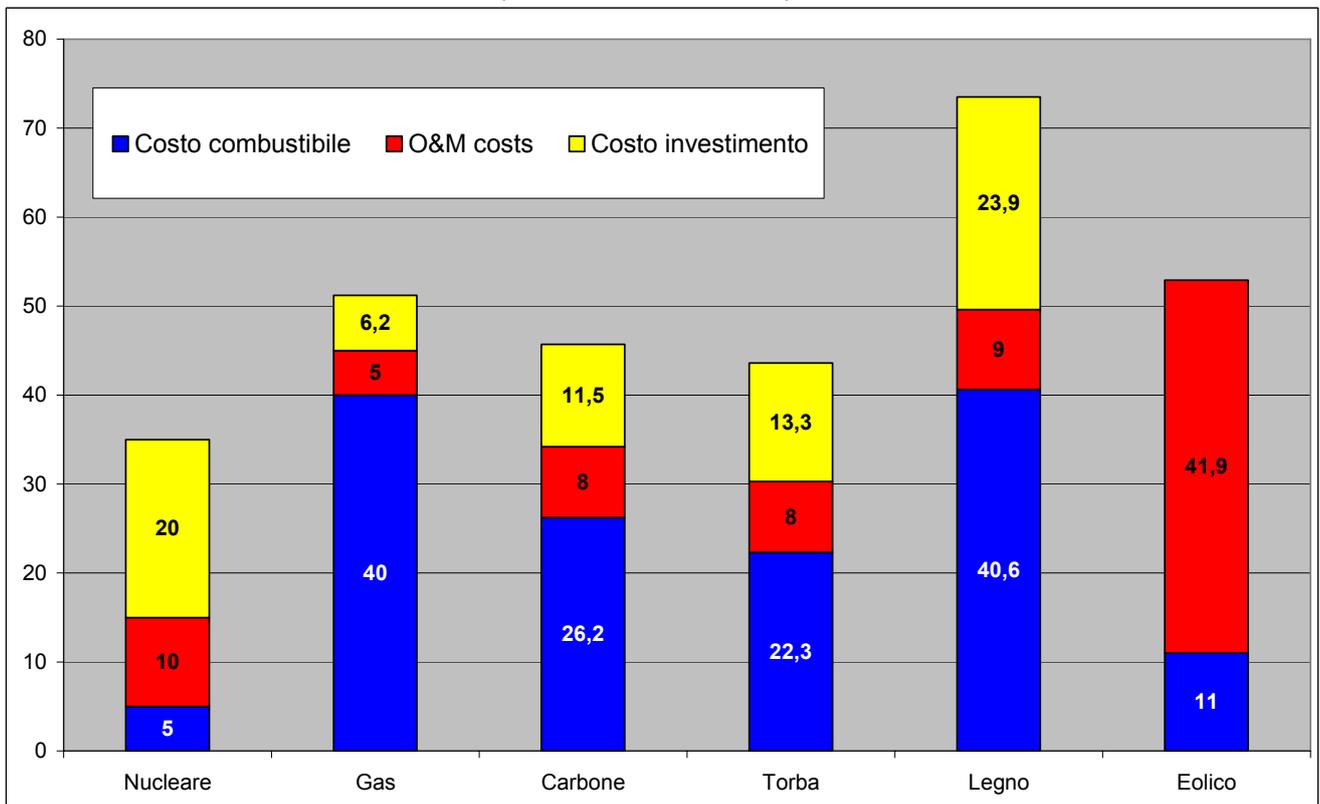
In alternativa, è possibile ordinare diverse tipologie di energia rinnovabile (i) a seconda del costo di generazione, mentre il dettaglio del costo (investimento, combustibile e operazione e manutenzione) è prodotto nel *Grafico 20* di seguito.

Grafico 22 - Costo di generazione da fonti rinnovabili
(€/kWh, anno 2007)



Fonte: Aper 2007

Grafico 23 - Le Componenti del Costo di generazione
(€/kWh, anno 2007)



Fonte: Risto and Aija 2008

Approfondimenti energia solare

http://www.ingegneriadelsolare.it/energy_pay_back_time.htm

<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35489.pdf>

http://www.clca.columbia.edu/papers/Photovoltaic_Energy_Payback_Times.pdf

<http://www.solarbuzz.com/consumer/payback.htm>

<http://www.solarpowergeneration.com/solarcents1.html>

<http://aspoitalia.blogspot.com/search/label/fotovoltaico>

Energia eolica

La capacità istallata

L'energia eolica è in forte progressione nel mondo. Negli ultimi 10 anni le turbine eoliche sono passate da una potenza nominale di qualche centinaio di kW a 5 MW (turbine da 7MW sono in una fase di sviluppo avanzato): abbastanza per una villaggio di qualche migliaio di abitanti). Attualmente vi sono 550.000 impieghi nel settore e si prevede che raggiungeranno il milione nel 2012.



Nel Grafico 20 viene rappresentata la capacità cumulata istallata nel mondo, che nel 2010 dovrebbe raggiungere i 200 gigawatt..

Grafico 24 - Capacità eolica istallata

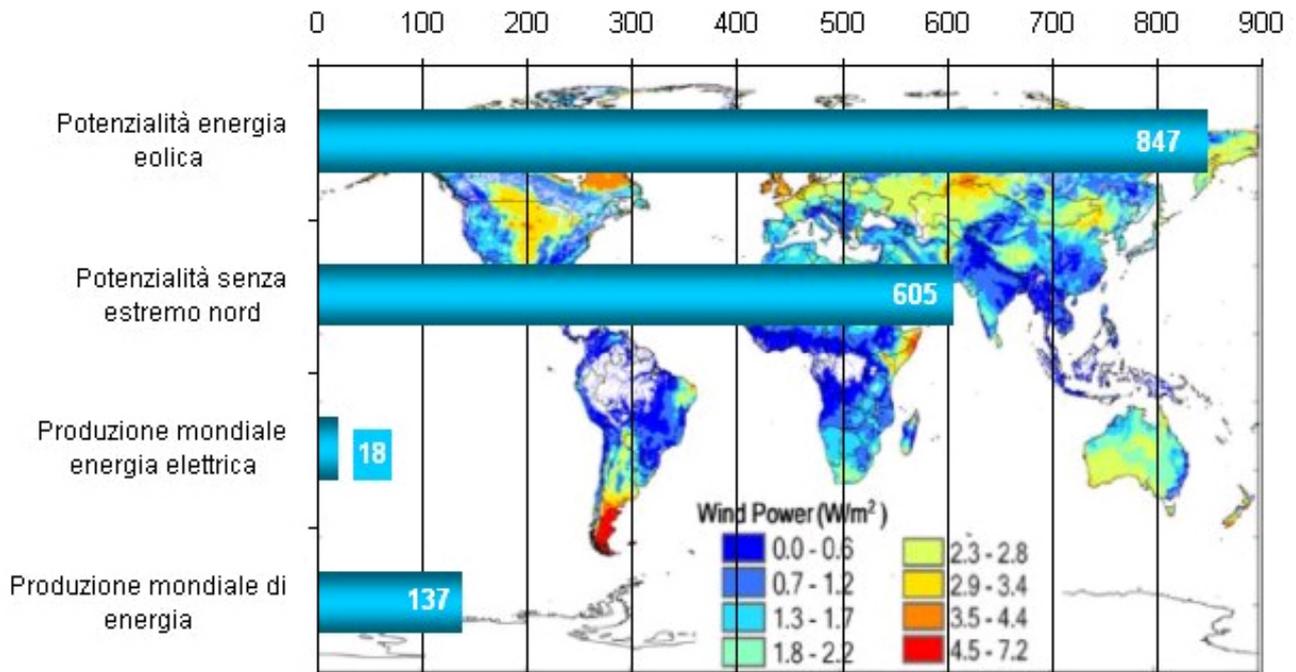


Fonte. EWEA

Potenziale eolico

Un ulteriore vantaggio dell'energia eolica è rappresentato dall'enorme potenziale sfruttabile, che, a differenza dell'energia idroelettrica è enorme. Esiste, infatti, sulla carta la possibilità di soddisfare il totale dei bisogni mondiali di energia con la sola energia del vento (*Grafico 21*). Si tratta di un esercizio teorico, che tuttavia rende l'idea del possibile sviluppo della tecnologia, in grado di sostituire il presente sistema energetico basato sui combustibili fossili.

Grafico 25 - Potenzialità dell'eolico nel mondo (in PWh/anno)

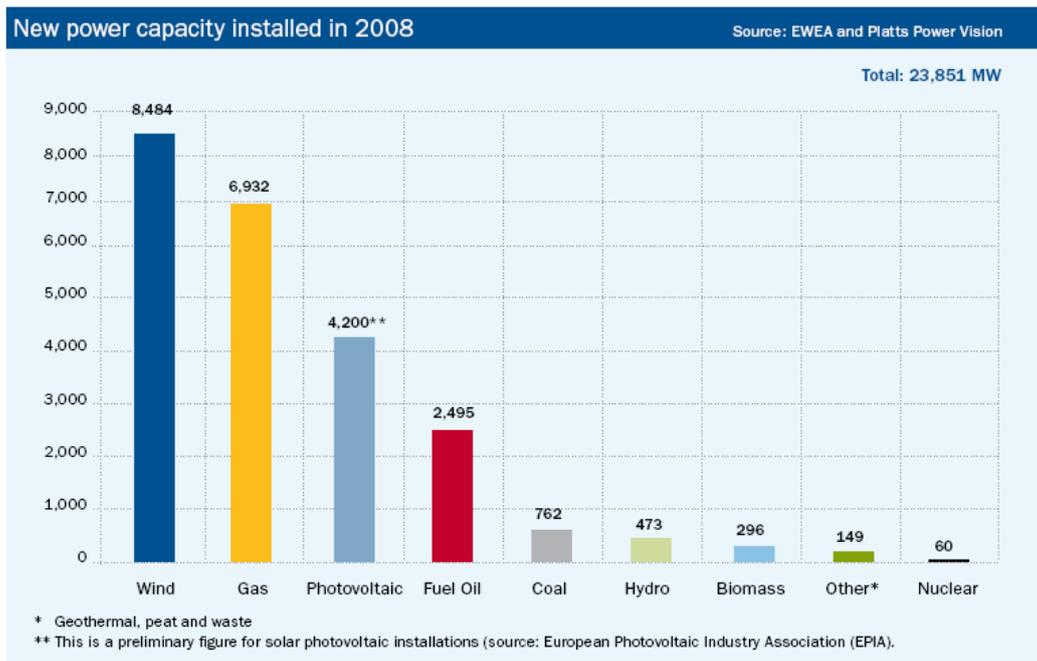


Fonte Lu et al. PNAS 2009

Confronto della capacità installata per fonte

Una dimostrazione concreta del positivo sviluppo della tecnologia eolica, è rappresentata dal confronto della capacità installata nel 2008 secondo la tipologia di fonte. Nel *Grafico 23*, di seguito, appare evidente come la capacità eolica installata vinca il confronto con il gas.

Grafico 26 - Capacità istallata per fonte nel 2008



Fonte. EWEA

La produzione di energia eolica per paese è riprodotta nella tabella 10 in basso.

Tabella 10 - Produzione di energia eolica (2008)

Paese	Produzione (TW ora)	Quota (%)
Stati Uniti	70,8	32
Germania	37,2	17
Spagna	36,6	17
Cina	26,9	12
India	14,8	7
Francia	7,8	4
Portogallo	7,5	3
Regno Unito	7,1	3
Danimarca	6,9	3
Italia	4,9	2
Totale primi 10	220,5	
Totale mondo	340	

Fonte: World Wind Energy Report 2009

Considerazioni sull'eolico

L'energia eolica sta conoscendo un vero e proprio boom e in alcuni paesi (Germania, Danimarca, Spagna), copre una parte non trascurabile della domanda di energia.

Il vento può fornire quantitativi di energia importanti, comparabili con quelli delle fonti fossili, negli ultimi anni la potenza della singola turbina è passata da pochi kW a oltre 5MW.

Nell'interpretare statistiche e notizie sull'eolico si deve fare attenzione a distinguere tra capacità installata, (potenza in MW), e l'energia che la centrale genererà nel corso dell'anno (in GWh o TWh)

Il costo di installazione è di circa 1,5€/watt; a titolo di confronto, un impianto fotovoltaico ha un costo di circa 5€/watt installato.

Limiti e futuro dell'eolico

- Non è come una centrale nucleare che funziona "a tappeto" durante l'anno
- È intermittente: la sua disponibilità dipende infatti dalla meteorologia
- In prospettiva, si stima che l'eolico off-shore potrà coprire una percentuale importante
- Secondo uno studio dell'EWEA, nel mondo vi sono 2.600 TWh economicamente sfruttabili al 2020

→ equivalenti al 60-70% della domanda di elettricità

Che salgono fino a 3.400 TWh nel 2030, questo rappresenta

→ 80% della domanda di elettricità dell'EU

Il futuro dell'eolico non è solo rappresentato da grandi pale da qualche MW di potenza, ma anche dalle pale "domestiche, da 1 kW.

Si tratta del cosiddetto mini eolico, una tecnologia "chiavi in mano" che permette di realizzare l'autosufficienza energetica, sinora limitata a siti isolati o barche a vela. Un esempio è rappresentato dalla tecnologia della Nheolis da 1,8 kW.



Biomasse e biocarburanti

Il ciclo del carbonio

La motivazione per l'uso delle biomasse risiede nel ciclo del carbonio. Le piante assorbono carbonio durante la crescita: Quando muoiono rilasciano lentamente carbonio nella terra e nell'atmosfera. Bruciandole si accelera tale rilascio, senza produzione supplementare, come nel caso delle stock di energia organica delle fonti fossili. Il bilancio è - teoricamente - nullo.

Schema 1 - Il ciclo del carbonio



Definizione di biomasse

Per "Biomassa" si intendono tutti quei materiali di origine organica, animale o vegetale, che non hanno subito alcun processo di fossilizzazione,

→ Petrolio, carbone e altri combustibili fossili, pur essendo di origine organica non possono essere definiti biomassa

Nei bilanci energetici, il termine "biomassa" è usato per definire la produzione di energia da impianti a biomassa. Il contenuto energetico dei diversi materiali può infatti essere sfruttato per produrre energia, sostituendo i combustibili fossili, ottenendo emissioni di anidride carbonica molto inferiori (vedi, ciclo del carbonio).

Tipologia delle biomasse

Attualmente questa energia soddisfa circa il 10% dei consumi mondiali di energia, dunque:

→ Prima fonte rinnovabile

Ma, contrariamente, a quanto si può pensare non è una fonte "pulita", anzi...

Si tratta in realtà prevalentemente di un utilizzo tradizionale di legno, residui vegetali e sterco animale. Gli impianti sono localizzati soprattutto in Cina, India ed Africa.

Escludendo questi "usi poveri", l'impiego delle biomasse (intese come vera e propria energia rinnovabile) ai fini energetici copre soltanto il 3% circa dei consumi mondiali. I recenti sviluppi delle biomasse (colture dedicate alla produzione di energia) e dei prezzi

dell'energia hanno portato l'industria agricola a sostenere la produzione di carburanti da coltivazioni dedicate.

Dalla biomassa all'etanolo

L'agroindustria tenta di ottenere fondi per produrre etanolo per le auto, puntando sul (teorico) ciclo nullo di carbonio. In realtà il rendimento ciclo è molto dubbio, in quanto, da un lato, la produzione dei biofuels è energivora e meccanizzata

→ **pesticidi, fertilizzanti, trattori, acqua...**

Inoltre gli *Energy harvest* si basano su monocolture, causando la fine piccoli produttori e la distruzione della dimensione sociale del sistema agricolo. Dal punto di vista di un chimico, la produzione di molecole complesse (cibo) per i trasporti, (mediante la loro scomposizione in alcool) è **un'eresia**.

Secondo i (molti) contrari, la produzione agricola per rimpiazzare il petrolio è un'aberrazione a livello concettuale:

Il progresso tecnico moderno si basa sul petrolio per risparmiare terra e lavoro,

mentre ora si vuole

usare terra e lavoro per risparmiare petrolio

Negli ultimi anni vaste aree agricole sono state convertite a coltivazione energetica (Energy harvest), in Brasile con la canna da zucchero e negli USA con il mais.

Tabella 11 - Produzione di etanolo (Milioni di galloni)

Paese	2004	2005	2006	2008	Materia prima
Stati Uniti	3,535	4,264	4,855	9000	Mais
Brasile	3,989	4,227	4,491	6472	Canna da zucchero
China	964	1,004	1,017	501,9	Mais
India	462	449	502	66	Canna da zucchero
Francia	219	240	251	Total EU 733	Barbabetola
Germania	71	114	202		Segale
Russia	198	198	171		Grano
Canada	61	61	153		Mais/Grano
Spagna	79	93	122	N.D.	Grano
South Africa	110	103	102		N.D.

Fonte: Renewable fuels association <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#E>

Approfondimenti

Giampietro, M. e Mayumi, K., *The Biofuel Delusion*

<http://www.locchiodiromolo.it/blog/la-delusione-biofuels.html>

Russi, D. *An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: Killing several birds with one stone,*

<http://www.theoil drum.com/node/2976>

<http://www.oecd.org/dataoecd/40/25/39266869.pdf>

Geotermia

L'energia geotermica rappresenta l'unica fonte rinnovabile priva di un legame (diretto o indiretto) con l'energia solare; legame che invece hanno sia l'energia idroelettrica che l'energia eolica, e naturalmente quella solare, nonché quella contenuta nelle biomasse.

Attualmente, il calore terrestre è sfruttato per la produzione di energia elettrica o per usi in ambito civile ed industriale.

Le potenzialità della geotermia: favorevoli e contrari

- **NO** - Il contributo della geotermia ai consumi energetici mondiali è molto ridotto, a causa della disponibilità della risorsa e dei costi per il suo utilizzo.
- La disponibilità fisica della geotermia, sfruttabile con le attuali tecnologie, è concentrata a poche zone del pianeta;
- La disponibilità economica dipende dalla profondità del giacimento, che, spesso si trova a profondità superiori ai 1000 mt.

- **SI** – Il geotermico è l'energia rinnovabile con il maggior potenziale di sviluppo per l'economia intera
- Il potenziale geotermico in Italia è rilevante: copre il 60% del territorio in Toscana, Lazio e Sardegna

La storia della geotermia in Italia

In Italia la geotermia ha una lunga tradizione, iniziata a Larderello. Nel 1818, nacque una fabbrica nei pressi di Montecerboli per l'estrazione dell'acido borico, usato nell'industria del vetro, nella lavorazione degli smalti, delle vernici, della pelle, della carta, degli adesivi e degli esplosivi. Nel 1865 vengono realizzate le prime pompe a vapore, costituite da dispositivi detti " pompatori " che sostituiscono i primitivi " bindoli " a trazione animale per il sollevamento delle acque boriche. Nel 1894, Ferdinando Raynant direttore generale delle fabbriche "de Larderel", progettò e fece costruire dalle officine Pineschi di Pomarance la prima caldaia tubolare della potenza di 8 cv alimentata da fluido endogeno, che viene adibita all'azionamento di macchine operatrici quali: molini, centrifughe ed agitatori per gli impianti chimici.

Nel 1904 il Principe Piero Ginori-Conti riuscì, mediante un esperimento, a trasformare l'energia termodinamica del vapore in energia elettrica, accendendo le prime cinque lampadine, utilizzando un motore alternativo accoppiato ad una dinamo. In seguito venne installato un motore da 40 CV e una dinamo di 20 KW.

Nel 1913 venne progettata e realizzata la prima centrale geotermoelettrica da 250 KW, che venne allacciata alle linee di distribuzione di Volterra e Pomarance. Dopo il reperimento del *Soffionissimo* (1931), iniziò il rapido sviluppo della produzione dell'energia elettrica, grazie alla notevole potenza dei nuovi soffioni, nel 1944 (prima della quasi totale distruzione del complesso industriale a seguito dei bombardamenti), Larderello raggiunse una potenza installata di 126 MW con una produzione annua di oltre 900 milioni di kWh.

Il 1950 per Larderello è sinonimo di ricostruzione degli impianti distrutti dal passaggio della guerra e l'entrata in funzione della Centrale 3, la più moderna e potente centrale geotermica al mondo del tempo. Nel 1959 la potenzialità delle centrali elettriche della "Larderello spa" raggiunge i 300 MW, e la produzione annua supera i 2 miliardi di kWh. Vengono scoperti due nuovi campi di ricerca geotermica a Bagnore (GR) e Piancastagnaio (SI). Nel 1971 viene trovato il pozzo denominato *Travale 22* o "Soffione della speranza", riaprendo così la zona a nuove ricerche e alla costruzione, nelle immediate vicinanze del pozzo, di una centrale che entrerà in funzione nel 1973.



→ l'Italia è considerata dagli addetti ai lavori la boutique mondiale della geotermia...

Approfondimenti geotermia

Blog di Beppe Caravita <http://blogs.it/0100206/>

Report *The Future of Geothermal Energy*

http://geothermal.inel.gov/publications/future_of_geothermal_energy.pdf

Sito http://www.geotermia.it/lard_e_geo/index_it.htm

Conclusioni

L'Italia ha il 10% del potenziale geotermico mondiale, 4800 GWh l'anno. Secondo i fautori, attraverso la Geotermia di terza generazione, nel medio termine (10 anni), è possibile raggiungere un contributo della geotermia pari al 10% dell'energia prodotta in Italia. Secondo i contrari, l'impatto c'è (tubi, costruzioni, odore). Nel caso di impianti in mare le esternalità sarebbero quasi nulle. Come tutte le energia rinnovabili, la geotermia ha:

- Investimenti rilevanti (perforazione, macchine circolazione fluido)
- Costi di esercizio bassi (manutenzione ordinaria)

L'idrogeno

L'idrogeno non è una fonte primaria di energia, ma un vettore energetico derivato da una fonte primaria.

→ Ottica di ciclo di vita,
(per le auto, dal pozzo alle ruote, "well-to-wheels")

L'idrogeno è l'elemento più abbondante nell'universo ma, essendo molto reattivo chimicamente, si trova quasi sempre combinato con altri elementi. Oltre il 95%

dell'idrogeno consumato oggi nel mondo è prodotto da gas naturale (per il 50%), dal petrolio (per il 30%) e dal carbone (per il 20%), cioè dalle fonti fossili. L'idrogeno più economico è oggi prodotto dal gas naturale e dal vapore d'acqua (mediante un processo chiamato *steam reforming*) a 3/5 \$ al kg.

Perche l'idrogeno?

Negli anni 90, le celle a combustibile hanno fatto passi da gigante, al punto di costituire una alternativa ai motori a scoppio,

→ Si è creata una Domanda

Si immagina per il futuro una filiera: Rinnovabili → idrogeno → fuel cell



Le unità dell'idrogeno

1 kg di idrogeno equivale, in termini di energia, ad un gallone di benzina (≈ 3,78 litri).

- L'utilizzo dell'idrogeno garantirebbe inquinamento zero, ma la sua produzione mediante fonti fossili non evita danni nel processo di produzione.
- Una soluzione è quella di produrlo dall'elettrolisi dell'acqua: questo richiede elettricità e sposta il problema a monte.
- La speranza è che la produzione di idrogeno si innesti nel ciclo delle rinnovabili.

L'idrogeno nel sistema energetico futuro

In un mondo che tende verso un sistema elettrico decentralizzato, in cui le fonti rinnovabili avranno un peso crescente, si pone inevitabilmente la questione dell'intermittenza che caratterizza sole e vento.

La soluzione delle batterie (come la tecnologia agli ioni di Litio) sia per regolare una produzione elettrica fluttuante, che per alimentare il sistema dei trasporti, è insufficiente. Infatti le batterie hanno una bassa densità di potenza. Le auto elettriche a batteria non hanno una batteria, bensì un "carrello" di batterie.

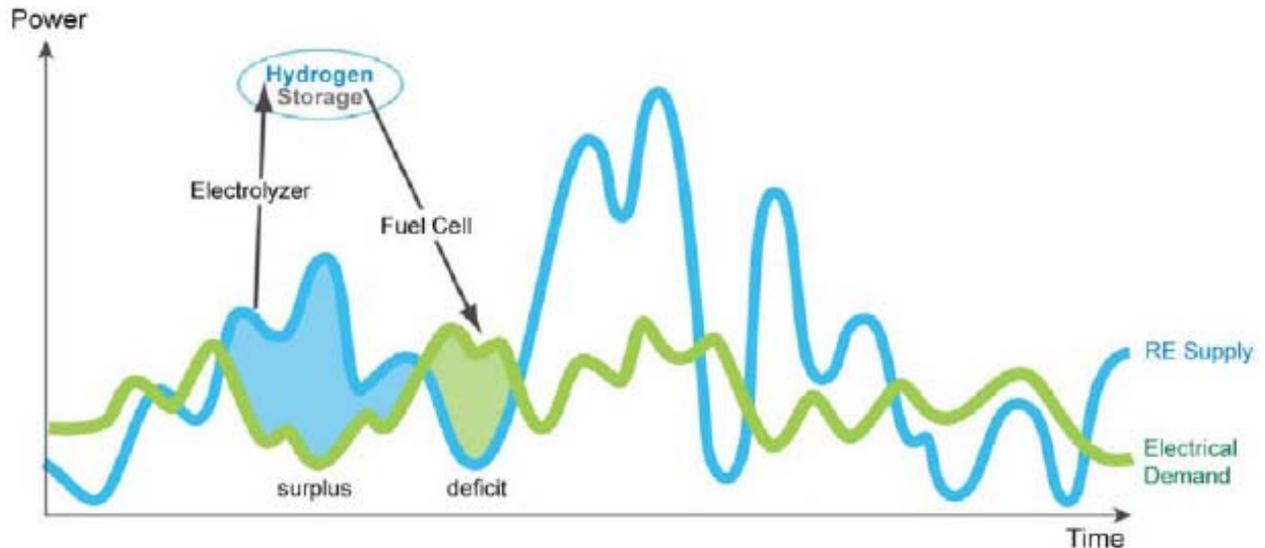
Sia per la crescente scarsità di petrolio che per contrastare i cambiamenti climatici, si pone la questione di sviluppare una filiera energetica che permetta di,

→ trovare un carburante rinnovabile

Un carburante rinnovabile è necessario per due ragioni:

- stabilizzare e valorizzare l'energia rinnovabile del futuro nella rete elettrica attuale
- alimentare i trasporti, oggi "viziati" dalla grande densità energetica garantita da benzina e diesel

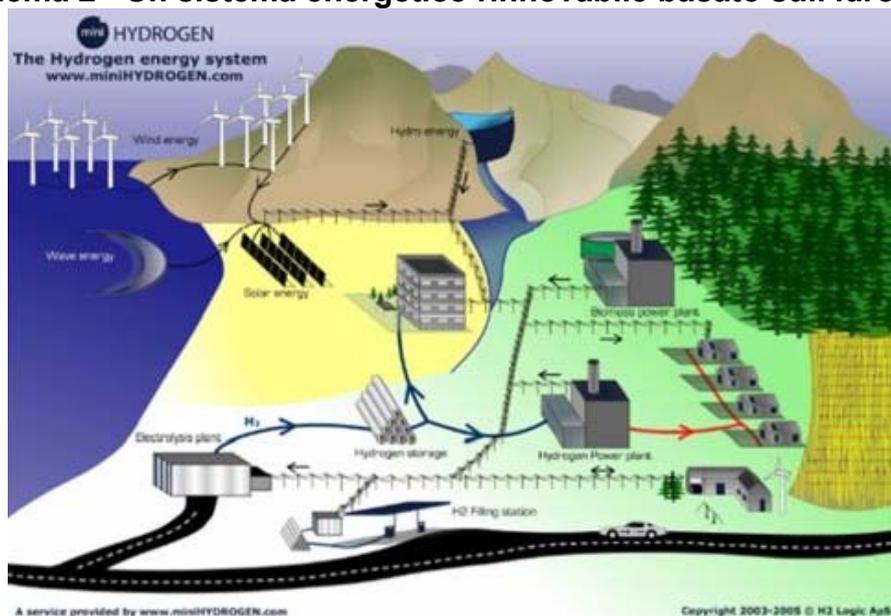
Grafico 27 – Lo stoccaggio di idrogeno per stabilizzare la produzione rinnovabile



Fonte: Hydrogenics

In generale l'idrogeno si inserisce in un sistema energetico basato su fonti rinnovabili come energia stoccata e "a disposizione". In questa visione, la produzione di idrogeno rimpiazza (o complementa), la soluzione dell'idroelettrico da pompaggio, oggi utilizzata per soddisfare i picchi elettrici giornalieri.

Schema 2 - Un sistema energetico rinnovabile basato sull'idrogeno



Il paradosso

1854 Eugenio (Nicolò) Barsanti e Felice Matteucci sviluppano il primo motore a scoppio funzionante con un mix di idrogeno e aria, lo brevettano a Londra, ma i documenti si perdono...in seguito Bersanti muore di tifo. In quegli stessi anni (1862) Nicholas Otto brevetta il "ciclo Otto", che riprende l'invenzione di Barsanti e Matteucci.

Approfondimenti idrogeno

Auto a batteria/fuel-cell www.cleancaroptions.com

P. Moriarty, *Estimating global hydrogen production from wind* (2009)

<http://www.locchiodiromolo.it/blog/tag/idrogeno>

4. L'inquinamento, le Definizioni, le Tipologie e le Azioni locali e globali

Definizione

L'inquinamento è un'alterazione dell'ambiente, di origine antropica o naturale, che produce disagi o danni permanenti per la vita di una zona e che non è in equilibrio con i cicli naturali esistenti.

Non esiste una sostanza di per sé inquinante, ma è l'uso di qualsiasi sostanza o un evento che possono essere inquinanti:

→ è inquinamento tutto ciò che è nocivo per la vita o altera in maniera significativa le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua, del suolo o dell'aria, tale da cambiare la struttura e l'abbondanza delle associazioni dei viventi o dei flussi di energia e soprattutto ciò che non viene compensato da una reazione naturale o antropica adeguata che ne annulli gli effetti negativi totali

Tipologie di inquinamento

Esistono molti tipi di inquinamento, suddivisi a seconda del tipo d'inquinamento: dell'aria, acqua, suolo, chimico, acustico, elettromagnetico, luminoso, termico, genetico o nucleare o della causa dell'inquinamento: naturale, domestico, architettonico, urbano, agricolo, industriale o biologico.

→ di solito si usa il primo per classificare l'inquinamento

Benché possano esistere cause naturali che possono provocare alterazioni ambientali sfavorevoli alla vita, il termine "inquinamento" si riferisce in genere alle attività antropiche.



Classificazione dell'inquinamento

L'inquinamento può essere classificato a seconda dell'area sulla quale impatta:

- Locale (inquinamento di prossimità) : rumore, luminoso, smog, Polveri totali sospese e frazione fine (PTS, PM10)
- Regionale (inquinamento a lunga distanza): CO, NOx, Composti organici volatili non metanici, SO2, NH3
- Globale (inquinamento planetario) : CO2, Metano, CHC, H2O,

Le prime analisi nella Storia



I primi scritti che trattano dell'inquinamento sono opera di medici e sapienti persiano ed arabi vissuti tra il IX ed il XIII sec. che trattarono di inquinamento di aria, acqua e suolo, e del trattamento dei rifiuti. Tra i primi si citano Rhazes, Avicenna e al-Masihi, mentre tra gli arabi troviamo al-Kindi, Qusta ibn Luqa, Ibn Al-Jazzar, al-Tamimi e Ali ibn Ridwan.

Fonte: Lutfallah Gari, *Ecology in Muslim Heritage: Treatises on Environmental Pollution up to the End of 13th Century*, <http://www.muslimheritage.com>

Sempre nel medioevo, in Europa, il fumo di Londra è conosciuto dai tempi dell'editto di Edoardo I (1272), che bandì l'uso del carbone per il riscaldamento a causa degli effetti sull'aria. Ma il problema continuò, per mancanza di alternative per scaldarsi e cuocere i cibi.

La rivoluzione industriale ha prodotto l'inquinamento come lo conosciamo oggi (vedi capitolo sul Carbone). In generale, si andò sviluppando una consapevolezza diffusa con il pericolo nucleare ed alcuni episodi specifici di inquinamento fluviale negli USA negli anni '50.

La progressiva comprensione dell'inquinamento

In passato ci si concentrò sull'inquinamento locale (visibile): la combustione del carbone produce un fumo che, oltre una soglia di concentrazione, può essere un pericolo per la salute.

Si credeva che quando l'inquinante fosse sufficientemente diluito non causasse danni. A contrastare tale opinione diffusa, gli studi di Rachel Carson (*Silent spring*, 1962) sull'effetto di concentrazione; la Carson, una biologa marina, dimostrò che i residui del DDT andavano concentrandosi nell'apparato digestivo dei pesci e finivano nei nostri piatti!

→ Era la prova scientifica dell'effetto di Biomagnificazione

La diffusione di *Silent Spring* sulla stampa generalista, accelerò la presa di coscienza dei pericoli dei pesticidi, portando alla creazione dell'Agenzia per la protezione Ambientale (EPA) e la messa al bando del DDT.

L'inquinamento deriva principalmente dalla combustione, dalle costruzioni, dall'attività mineraria, dall'agricoltura e dalle guerre. I veicoli a motore sono tra le principali sorgenti d'inquinamento.

La Cina, gli USA, la Russia, il Messico ed il Giappone sono i "leader" mondiali dell'inquinamento dell'aria. Tra le principali sorgenti "fisse" si trovano le industrie chimiche, le centrali a carbone, le raffinerie, gli impianti petrolchimici, i depositi di scorie nucleari, gli inceneritori, l'allevamento su grande scala (bovini, suini ed avicunicolo), fabbriche di policloruro di vinile e di materie plastiche, la produzione di metalli e delle altre industrie pesanti. L'inquinamento agricolo dell'aria proviene dalle pratiche moderne di deforestazione della vegetazione e dall'uso di pesticidi ed erbicidi.

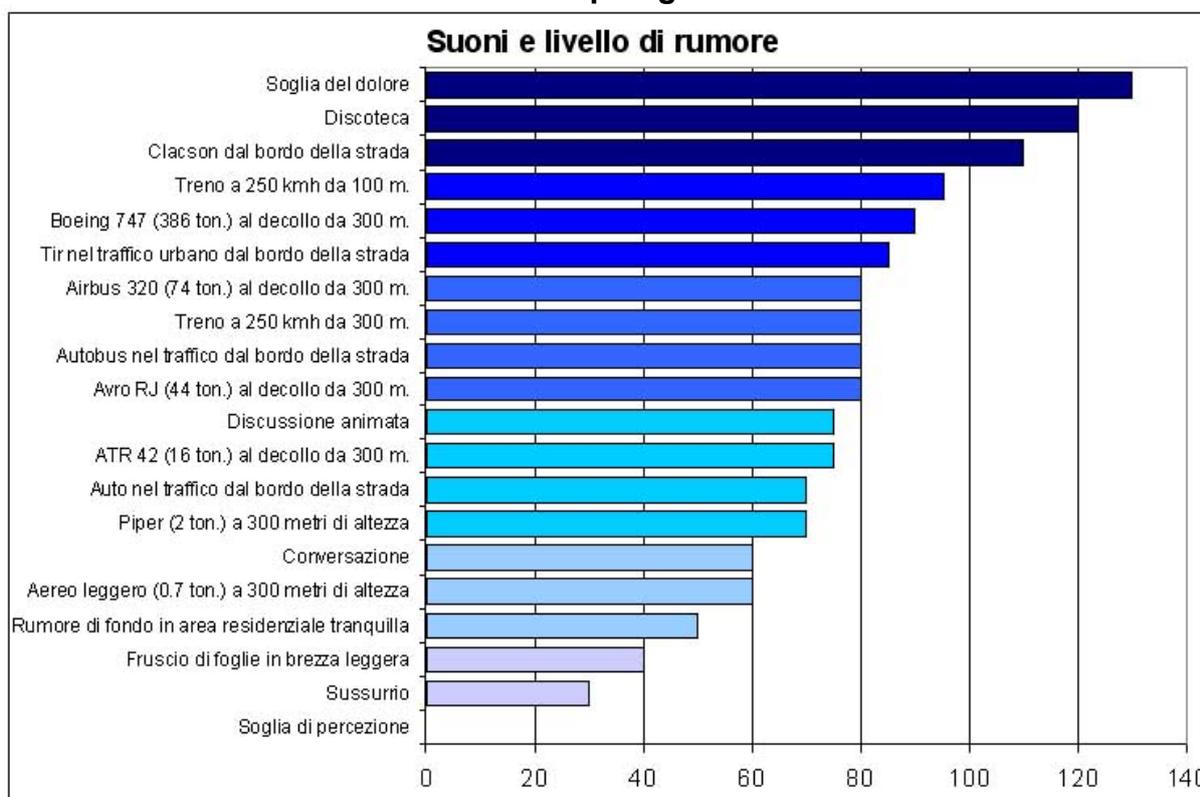
Digressione sull'inquinamento sonoro

L'inquinamento acustico deriva da un'eccessiva esposizione a suoni e rumori di elevata intensità; la legge n. 447/1995 art. 2 definisce l'inquinamento acustico: "l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo o nell'ambiente esterno tale da provocare fastidio o disturbo al riposo e alle attività umane, pericolo per la salute umana, deterioramento degli ecosistemi, dei beni materiali, dei monumenti, dell'ambiente abitativo o dell'ambiente esterno o tale da interferire con le normali funzioni degli ambienti stessi".

Nella vita di tutti i giorni siamo circondati da fonti di rumore, oltre un certo livello il rumore causa dei danni alla salute. Ma anche oltre una certa durata di esposizione dei rumori non

pericolosi di per se causano disturbi. La relazione causa – effetto non è ancora accertata con la precisione necessaria per una legislazione specifica.

Grafico 28 – Tipologia di rumori



Fonte: West LB, *Mobility in a Flat World 2006*, disponibile su richiesta

La legge in materia di rumore, attualmente, si limita a programmare la zonizzazione acustica delle aree urbane per **misurare** l'inquinamento acustico e, eventualmente, installare barriere antirumore. I divieti sono quasi sempre impossibili (chiusura aeroporto, strade ecc.).

→ impossibile prevenire, difficile curare

Il fenomeno dell'inquinamento acustico è dunque al contempo, diffuso, grave e complesso: ulteriori studi empirici saranno forieri di brutte sorprese in futuro.

L'inquinamento sonoro è molto pericoloso, poiché diffusissimo e poco capito. Si presume, infatti, che contribuisca a causare un enorme numero di decessi: 50.000/anno.

Tabella 12 – Tipologia di rumori ed effetti sulla salute

TYPE OF NOISE EXPOSURE	IMPACT	PROPORTION AFFECTED	POTENTIAL YEARS OF HEALTHY LIFE LOST IN EUROPE THROUGH NOISE-RELATED DEATH OR DISABILITY
Daytime traffic	 Heart disease	3% of all heart disease cases	211,000
Night-time background noise	 Sleep disturbance	2% of all Europeans	No figure
24-hour background noise	 Annoyance	15% of all Europeans	278,000
Traffic/leisure noise	 Tinnitus (ringing in the ears)	3% of all tinnitus cases (0.75% of all Europeans)	9300
Daytime and night-time noise	 Slower learning by children	0.01% of all Europeans	45,000
Loud music	 Hearing loss from "leisure noise"	1.8% of 7 to 19-year-olds in Europe	6800

Fonte: World Health Organisation

Approfondimenti sull'inquinamento sonoro

Traffic noise reduction in Europe

http://www.transportenvironment.org/Publications/prep_hand_out/lid:495

Noise pollution clearinghouse <http://www.nonoise.org/library.htm>

Ministero dell'ambiente (dati Arpa 2000)

http://www2.minambiente.it/Sito/pubblicazioni/Collana_RSA/RSA_2001/Parte_b/8.2_acustico.pdf

http://en.wikipedia.org/wiki/Noise_pollution

Sito Noise pollution dell'OMS <http://www.euro.who.int/Noise>

Sintesi legislazione UE

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/noise_pollution/index_it.htm

Siti Arpa di Lombardia e Veneto

http://ita.arpalombardia.it/ita/console/files/download/19/11_Inquinamento%20acustico.pdf

N.B. Per il resto del testo si tratterà di inquinamento direttamente legato all'energia, anche se il rumore è quasi sempre collegato a motori...o comunque ad attività produttive che consumano energia.



Inquinamento ed energia

Le trasformazioni dell'energia necessarie ad ottenere energia utile, causano dei sottoprodotti, "byproducts" più o meno voluti e nocivi. Questi sottoprodotti rappresentano una produzione congiunta associabile a qualunque conversione energetica. In Economia, viene frequentemente impiegato il termine "esternalità" per definire i danni direttamente collegati all'attività produttiva.

Nel caso delle trasformazioni energetiche (vedi *Le fasi dell'energia*), oltre alle perdite, vengono prodotti degli inquinanti e, anche nel caso della combustione "pulita",

→ l'ossidazione di un idrocarburo produce H₂O per la componente idrogeno e CO₂ per la componente carbonio

La presenza di altre sostanze nel "combustibile" produce altri ossidi (Zolfo, Azoto, particolato, metalli ecc.).

Al livello di un intero paese, le variabili considerate per la quantificazione dell'anidride carbonica sono la popolazione, il PIL, l'energia consumata ed il tasso di carbonio per unità di energia, come esplicitato nel *Grafico 24* seguente.

Un'equazione per la stima dell'inquinamento

L'identità Kaya è un'equazione che mette in relazione dei fattori che determinano il livello di impatto umano sul clima, sotto forma di emissioni di gas ad effetto serra (CO2 equivalenti); ipotizza che il livello totale di emissioni può essere espresso come il prodotto di 4 inputs: popolazione, PIL per abitante, energia consumata per unità di PIL, emissioni di carbonio per unità di energia consumata. L'equazione è allo stesso tempo estremamente semplice e complessa, a seconda del formato e qualità dei dati disponibili.

L'identità Kaya è stata sviluppata dall'economista dell'energia giapponese Yoichi Kaya, nel libro *Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability*, scritto con Keiichi Yokobori in occasione della Conferenza Global Environment, Energy, and Economic Development, svoltasi a Tokyo nel 1993.

L'identità si esprime con la formula:

$$F = P * (G / P) * (E / G) * (F / E) = P * g * e * f$$

Dove,

F: emissioni globali di CO₂ da di origine antropica,

P: popolazione mondiale,

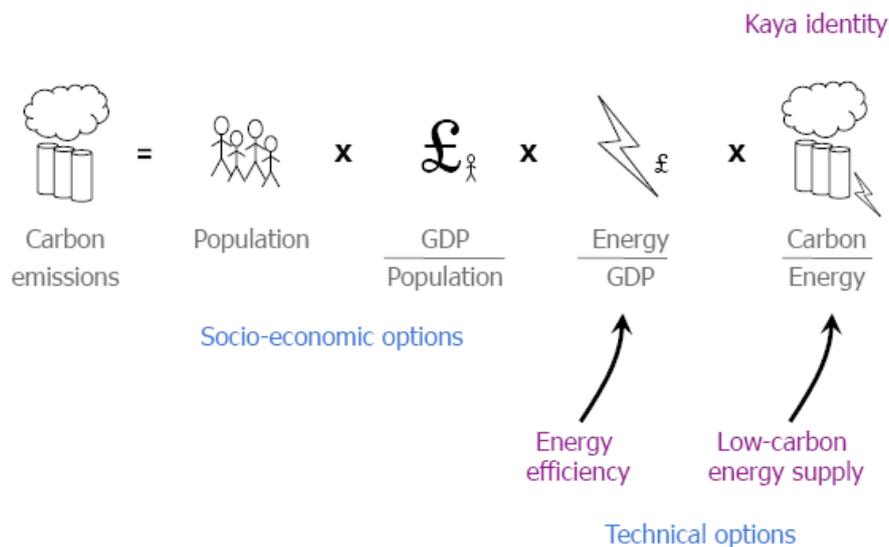
G: PIL mondiale e $g = (G/P)$ PIL per abitante,

E: consumo totale di energia primaria, $e = (E/G)$ intensità energetica del PIL mondiale,

$f = (F/E)$ intensità di carbonio dell'energia.

Le variabili "estensive" sono in maiuscolo, le intensive in minuscolo.

Grafico 29 – Identità di Kaya



$$CO_2 = \text{Abitanti} * \text{€/ab.} * \text{MJ/€} * \text{CO}_2/\text{MJ}$$

Metodologia per la stima delle emissioni

$E/\text{anno} = A/\text{anno} \times FE$, con :

- E : emissioni;
- A è un indicatore dell'attività (ad es. per le centrali termoelettriche, i consumi di combustibili);
- FE è un fattore di emissione per unità di attività espresso in grammi di inquinante per unità di attività (gr.CO₂/MW)

Indicatori e fattori di emissioni sono oggetto di stime presso agenzie locali, nazionali ed internazionali.

La tendenza delle emissioni di gas ad effetto serra è una stabilità per i paesi sviluppati (area OSCE) e un aumento dei paesi in via di sviluppo (PVS), specialmente i BRIC.

Inquinanti ed Effetti

- Gli ossidi di Zolfo e di Azoto causano le piogge acide che abbassano il pH del terreno
- Il Biossido di Azoto è “lavato” dall'aria dalla pioggia, ma entra nel terreno cambiando l'ecosistema

→ Il suolo perde di fertilità e diviene inadatto alle piante, con effetti sulla catena alimentare

- Lo Smog riduce la luce ricevuta dalle piante per la fotosintesi e porta alla produzione di ozono troposferico, che danneggia le piante e i nostri polmoni
- L'Anidride Carbonica causa l'acidificazione degli oceani, producendo una diminuzione del pH con la sua dissoluzione nelle acque profonde
- Gli altri Gas ad effetto serra (GHG) riscaldano il pianeta con molteplici effetti sugli ecosistemi

Unità di misura dei gas ad effetto serra (GHG)

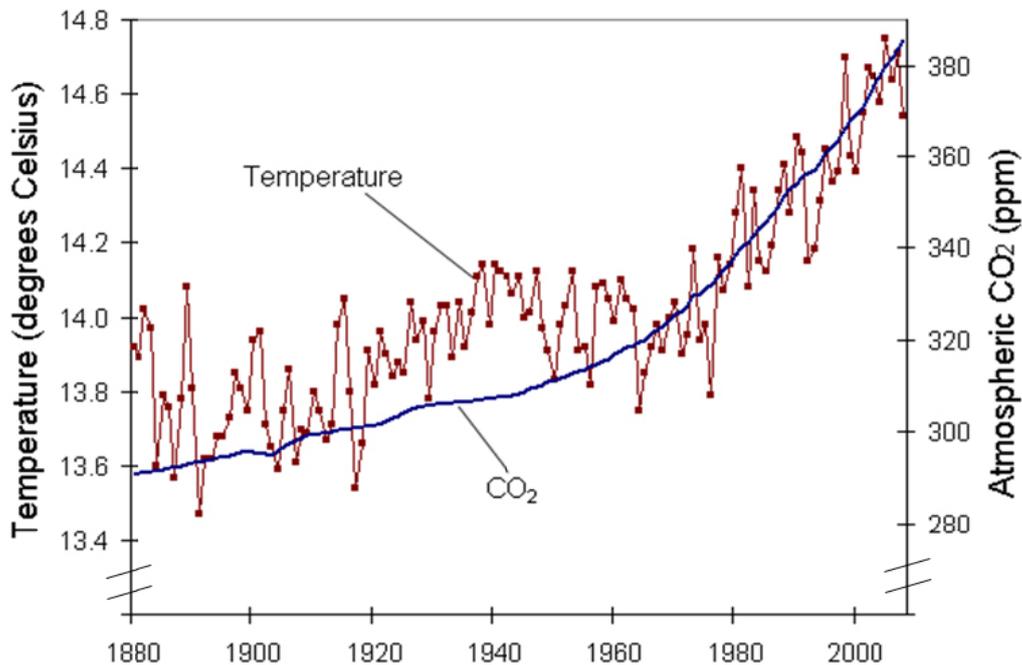
L'inquinamento si misura in tonnellate → “metric ton” di CO₂, SO₂, NO_x, H₂O ecc. o di **equivalente CO₂** nel caso di aggregazione dei diversi gas ad effetto serra (GHG).

L'aggregazione si opera ponderando le quantità per il potenziale di riscaldamento globale (GWP) che ogni gas ha sulla temperatura in un arco di tempo. In generale, si considera su un arco di 100 anni. Ad es. metano: GWP = 25, per la CO₂ = 1

http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/pdf/gases_it.pdf

I dati disponibili per la CO₂ coprono un periodo di tempo limitato, che inizia nel 1880, durante il quale è possibile verificare una relazione diretta tra la Temperatura media sulla terra e la concentrazione di CO₂ nell'atmosfera.

Grafico 30 – CO2 e temperature



Fonti: Nasa, NOAA

Ultimi dati e possibili effetti

- La terra si è riscaldata in media di 0.6°C dal 1970
- L'aumento delle temperature causa tempeste più violente e ondate di caldo che danneggiano i raccolti
- Secondo l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) la temperatura media aumenterà tra 1.1 e 6.4°C nel XXI sec.
- Per ogni grado di temperatura sopra la norma durante il periodo del raccolto, la resa di grano, riso e mais cala del 10%
- Il riscaldamento causa la Scomparsa dei ghiacciai

Mentre sulla terra:

- I grandi fiumi dell'Asia rischiano di divenire stagionali
- Crollo dei raccolti e desertificazione

...e sui Mari

- La Groenlandia e l'Antartide occidentale si sciolgono
- C'è acqua per innalzare (teoricamente) il mare di 12 metri!

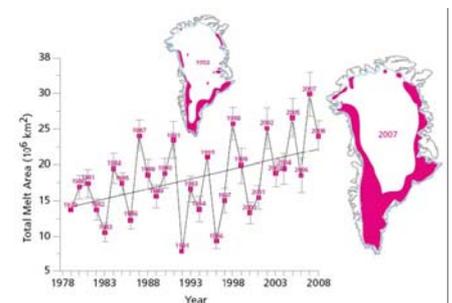
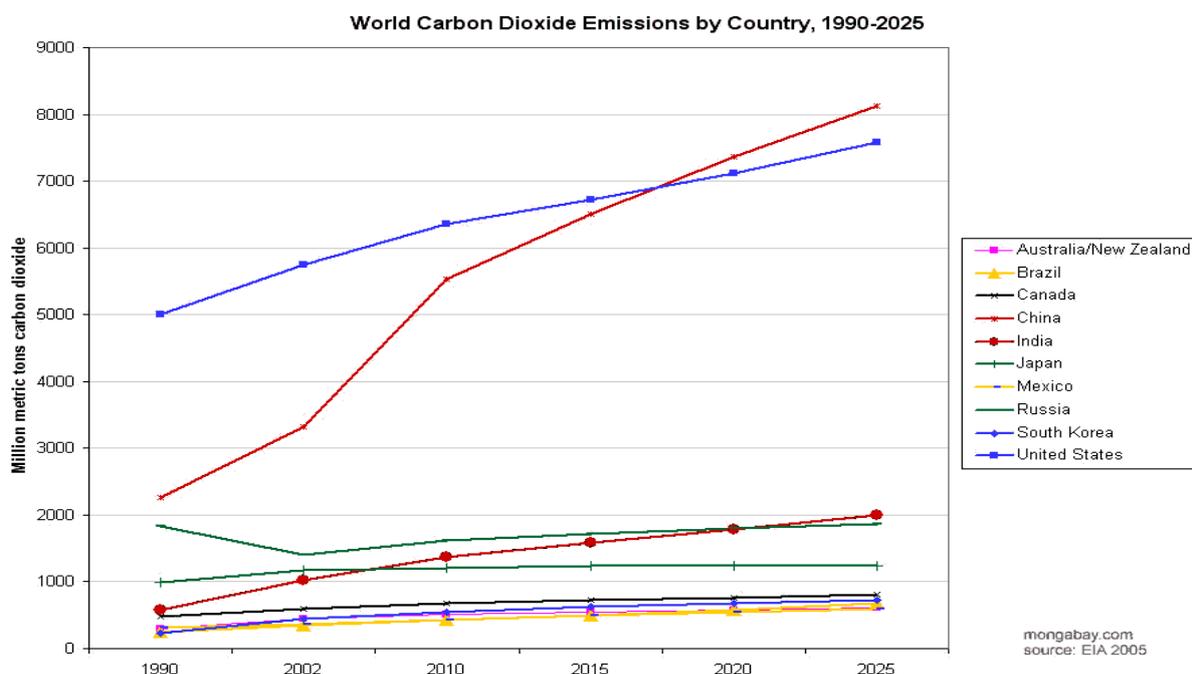


Grafico 31 - Scenario delle emissioni di CO₂ 1990-2025



Fonte: Energy Information Administration

Nei convegni internazionali si è convenuto a definire un obiettivo di riscaldamento massimo oltre il quale il clima subirebbe dei cambiamenti irreversibili ed autoalimentati, di estremo pericolo per la popolazione e le specie viventi in generale.

L'obiettivo 2°C dell'IPCC

Un aumento della temperatura fino a 2°C (rispetto ai livelli pre-industriali) permette l'adattamento a molti sistemi umani a costi economici, sociali ed ambientali accettabili. Come? Stabilizzando la concentrazione atmosferica dei gas ad effetto serra (GHG) intorno ad un valore compreso tra 445 e 490 parti per milione (ppm) di equivalente CO₂. Tale obiettivo corrisponde, quindi, a,

→ **Ridurre le emissioni globali del 50% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2050.**

Più a breve termine, questo implica che,

→ **Le emissioni dei Paesi Sviluppati dovranno ridursi del 25-40% rispetto al 1990 entro il 2020.**

E' un obiettivo importante e concreto, che, filosoficamente, pone dei limiti alla libera crescita economica, da sempre basata sulla libertà di consumare risorse e bruciare fonti energetiche fossili. Questo ha generato un dibattito, polarizzando le posizioni dei paesi ricchi e in via di sviluppo.

La posizione europea

L'Europa è favorevole ad un accordo attuativo, che coinvolga tutti i Paesi (con azioni di mitigazione per i PVS misurabili e verificabili) e un riferimento all'obiettivo di 2°C e la sua conversione in obiettivo di riduzione di medio e lungo termine.

Nel Lungo Termine gli obiettivi dettagliati sarebbero:

- 1) riduzione delle emissioni globali del 50% rispetto al 1990 da raggiungere entro il 2050;
- 2) riduzione delle emissioni per i PS del 30% rispetto al 1990 da raggiungere al 2020;
- 3) impegno dei PVS all'obiettivo globale di mitigazione nel range 15-30% rispetto al loro scenario *Business as Usual*;
- 4) risorse finanziarie aggiuntive a sostegno delle azioni di mitigazione e adattamento per i PVS.

La posizione dei paesi in via di sviluppo (Cina e India)

Esiste una responsabilità storica dei paesi sviluppati nella produzione delle emissioni nel tempo. Questo deve essere formalmente riconosciuto.

→ i PS devono avere gli obiettivi più ambiziosi di riduzione delle emissioni

In generale, i PVS assumono un impegno di riduzione emissioni dei solamente se:

- a) I paesi di area OCSE si Impegheranno finanziariamente con politiche di sostegno a favore dei PVS nell'adozione delle misure di mitigazione ed adattamento dei gas ad effetto serra;
- b) i PS accettano di assumere un obiettivo più ambizioso nel lungo periodo:

→ riduzione nell'ordine del ordine del 80-95% rispetto al 1990 entro il 2050

- c) obiettivo ambizioso di medio periodo per i PS

→ riduzione nell'ordine del ordine del 40-45% rispetto al 1990 entro il 2020

Le politiche di intervento In Italia

In Italia le politiche di intervento sono condotte dal Ministero dell'Ambiente e ARPA, che conduce le valutazioni di impatto ambientale (VIA), il monitoraggio tecnico-biologico e gli interventi sul territorio.

Il Ministero dello Sviluppo e l'ENEA per il monitoraggio del settore energetico, la gestione dei certificati e sovvenzioni e le statistiche sulle emissioni.

Un ruolo di "stimolo" proviene, inoltre da:

- Associazioni ambientaliste
- Multe (per inadempienza!) dell'Unione Europea

Per combattere i cambiamenti climatici vengono prodotte delle azioni, ripartite per area di intervento.

Azioni secondo le aree di intervento

Da notare che le Aree di intervento equivalgono ad una vera e propria classificazione.

- Energia (efficienza, nucleare, rinnovabili)
- Trasporti (efficienza, biofuels, veicoli elettrici)
- Rifiuti (raccolta differenziata)

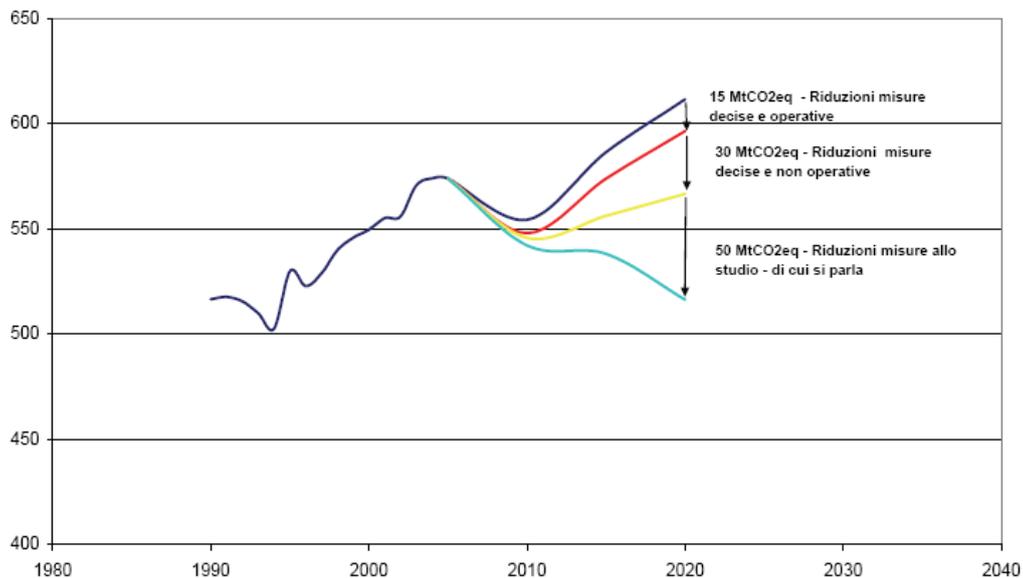
Inoltre, le misure si ripartiscono in base al grado di attuazione:

- Decise ed operative: sono il “Conto energia”, gli incentivi per l’efficienza degli edifici, i certificati bianchi, il trasporto ferroviario ad alta velocità & capacità, gli obiettivi per la raccolta differenziata. Queste misure, in totale produrrebbero un risparmio di **15MtCO₂eq.** → vedi pag. 145, Rapporto ENEA 2010)
- Decise e non operative: sviluppo del solare termico, della biomassa, del Trasporto Pubblico Locale su gomma, il trasferimento di una quota delle merci dalla gomma al mare. Queste misure, in totale produrrebbero un risparmio di **29,82MtCO₂eq.** (Rapporto ENEA 2010, pag. 146)
- Allo studio: Sviluppo dell’energia Solare termico, della cogenerazione, aumento degli standard di efficienza energetica, miglioramenti del trattamento dei rifiuti biodegradabili, e una tassa sui carburanti in funzione del contenuto di CO₂. Queste misure, in totale produrrebbero un risparmio di **50,25MtCO₂eq.** (Rapporto ENEA 2010, pag. 147)

La stima degli effetti

Le tre categorie di azioni producono effetti diversi sulle emissioni globali del paese. Il grafico 29 presenta gli effetti corrispondenti.

Grafico 32 - Gli effetti delle politiche di intervento
(Emissioni in milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti)



Fonte: ENEA, Valutazione dell’impatto potenziale dei programmi operativi 2010

Il Grafico sopra mostra chiaramente che:

→ Le misure “aggiuntive” sono essenziali per ridurre le emissioni!

Tuttavia, nel biennio 2009/2010, un effetto della crisi economica mondiale, collegato (come vedremo) alla diminuzione della produzione e del Prodotto Interno Lordo dei paesi, è una diminuzione delle emissioni ad effetto serra, quindi, è possibile affermare:

con la crisi → Kyoto “si avvicina”

Non è una buona notizia, poiché con le crisi aumentano le disuguaglianze tra le popolazioni dei diversi paesi e all'interno dei paesi stessi. Aumenta la povertà e, energeticamente, si rischia di aumentare l'uso delle fonti “sporche” (legno, carbone ecc.).

La crisi economica e l'effetto serra

In sintesi, vi sono 3 fattori che incidono sulla lotta ai cambiamenti climatici:

- crisi economica → riduce la produzione e dunque la CO₂,
- energie rinnovabili → non producono CO₂,
- efficienza energetica → riduce la CO₂ per lo stesso livello di produzione.

La CO₂ in Italia:

- 1990: 516,9 milioni di tonnellate di CO₂ equivalenti
- 2005: 573,6 MtCO₂ eq.
- 2008: 538,6 MtCO₂ eq.
- 2009: 502,3 MtCO₂ eq.

Considerazioni

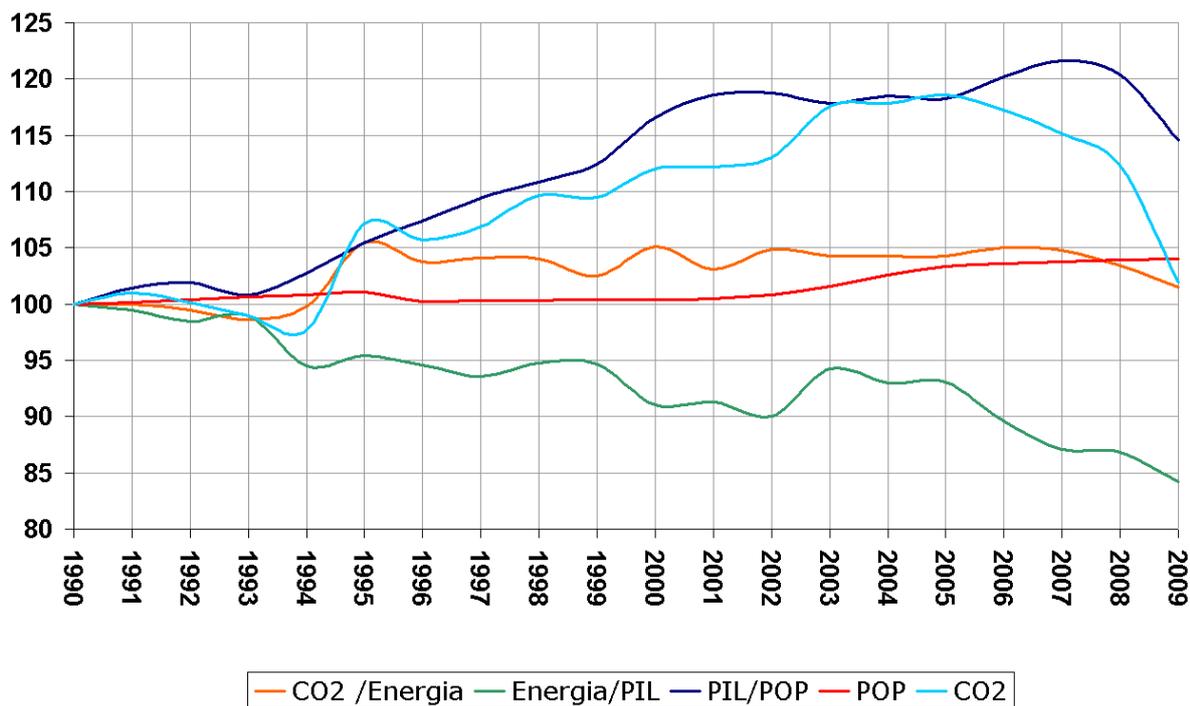
- 1990-2005: emissioni in aumento
- 2005-2008: dopo l'entrata in vigore del Protocollo di Kyoto (e l'adozione di alcune misure) le emissioni calano: -35 MtCO₂ eq.
- 2008-2009: effetto della crisi (prevalente), aumento delle rinnovabili (+9,3% nel 2009) e miglioramento dell'efficienza energetica (si riduce il kWh per € di Pil) causano una forte diminuzione: - 36,3 MtCO₂eq.
- In totale nel periodo 2000-2009: CO₂eq. -3%.

→ L'obiettivo di Kyoto per l'Italia è di 483,3 MtCO₂ eq. (- 6,5% rispetto al 1990)

→ ulteriori 19 Mton di CO₂eq. per raggiungere l'obiettivo di Kyoto: 483 Mton

→ 483 Mton raggiungibili con un tasso di riduzione precedente alla crisi e senza conteggiare i meccanismi flessibili (riduzione inquinamento negli altri paesi).

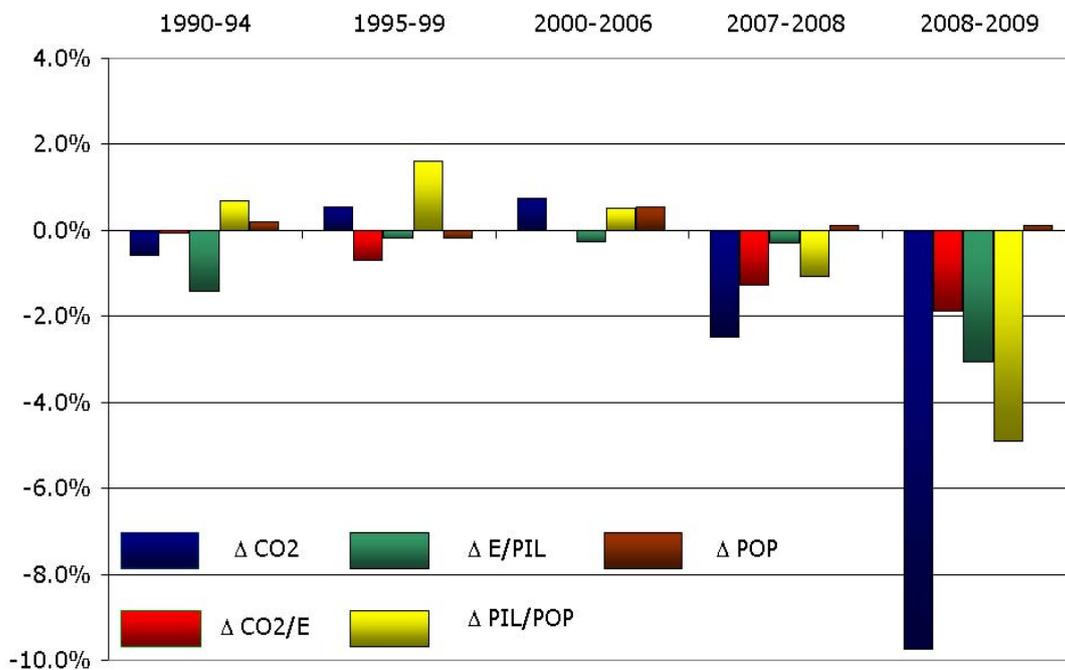
Grafico 33 – Emissioni e variabili economiche (livelli)



→ Scendono le emissioni per € (non per Joules)

Infatti, la diminuzione della CO₂ è dovuta al calo del PIL, come indicato dal *Grafico 31*.

Grafico 34 – Emissioni e variabili economiche (variazioni)



Fonte: FEEM 2009

Le principali criticità relative alla lotta all'effetto serra

“Particolarmente rilevanti per l'abbattimento delle emissioni di gas serra sono l'efficienza energetica, la produzione distribuita e la riduzione delle emissioni nei trasporti. L'andamento delle emissioni climalteranti, a livello nazionale, nel periodo 1990 –2004, evidenzia il peso particolarmente rilevante rivestito dai trasporti e dalle industrie energetiche” Fonte: EEA 2010

In una prospettiva di comunicazione

→ Auto e Elettricità “sfidano” Kyoto (titolo possibile?)

Tabella 13 – Emissioni per settore in Italia

Aumento delle emissioni di anidride carbonica per macro settore in Italia (in milioni di tonnellate annue)		
Settore	1990	2004
Industrie energetiche	134	161
Industrie manifatturiere e costruzioni	89	85
Trasporti	101	128
Altri settori	77	84
Altro	4	3
Totale Italia	434	490

Fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) 2006

L'economia internazionale e cambiamenti climatici

I paesi vanno convincendosi della necessità di stabilizzare le emissioni che alterano il clima, ma, la questione è **Come fare, chi lo deve fare e quanto?**

→ Sono nodi politici ed economici fondamentali

- Paesi poveri: basse emissioni, energia “sporca”, voglia di sviluppo e di emettere senza pagare;
- Paesi ricchi: stabilizzare al massimo, diminuire è difficile senza compromettere struttura industriale
- Multinazionali, pronte a vendere tecnologia ai poveri, ma rifiutano di sostituire il modello intensivo in K per uno intensivo in L

Inoltre, come accennato in precedenza, la grande industria (produttori di auto, petrolio, cemento, energia, metalli) rifiuta qualsiasi limite. Perché?

Perché il mercato dei capitali (e le borse) agiscono e prestano denaro sulla base del tasso di crescita atteso.

Gli investitori sono governati da una logica della crescita a breve termine, che equivale a chiedere agli amministratori delle aziende: “**di quanto crescerai l'anno prossimo**”.

→ No crescita, no party

Nel 2009, nel mondo si è assistito ad un forte intervento pubblico (anticiclico) a favore dell'industria automobilistica:

Mano MOLTO VISIBILE → né Adam Smith né
dogma del free-market



...viene spontaneo chiedersi: **E gli incentivi per i treni dei pendolari?**
Purtroppo tali incentivi per il trasporto pubblico, hanno un effetto nel lungo periodo, lontano dalle scadenze "elettorali"

→ sono poco visibili e non generano nessun acquisto.

La fruizione di un servizio ferroviario efficiente) soffre di scarsa "spendibilità" politica.
La redditività imposta alle aziende di trasporto pubblico ha determinato la priorità dell' alta velocità, rispetto agli investimenti per la mobilità locale.

Questo è la vera causa delle Tangenziali congestionate, ma "questa è un'altra storia".

Inesorabilmente la CO₂

Ogni litro di benzina produce, 2,3 kg di anidride carbonica,
mentre il diesel genera circa 2,8 kgCO₂
+ consumi = + CO₂

"Ricordati di Carnot, Luke..."



Le politiche per ridurre la CO₂

Applicazione del **free-market** → Si tenta di dare un valore alla CO₂, creando un mercato in cui quotare i diritto di emettere le tonnellate di anidride carbonica. Il meccanismo prevede di:

1. Fissare dei limiti per ogni paese dettagliati per settori industriali,
2. Quotare i kg di CO₂ in una borsa,
3. Far pagare chi supera i limiti.

→ **Emission trading scheme (ETS) o mercato delle emissioni**

Il mercato delle emissioni è uno strumento amministrativo utilizzato per controllare le emissioni di inquinanti e gas serra a livello internazionale attraverso la quotazione monetaria delle emissioni stesse ed il commercio delle quote di emissione tra stati diversi.

→ **Questo meccanismo ha – sinora - fallito**
→ **il prezzo della tonnellata di CO₂ è troppo basso**

Una politica + radicale consiste nel tassare il carbonio dei carburanti. Si tratta di una misura molto impopolare poiché rinforza la visione di stato-vampiro. Tuttavia, al di là delle misure dissuasive, si è creato un generale consenso a favore della costruzione di alternative al consumo di carbonio nel processo economico e lo svolgimento delle funzioni primarie di trasporto e sussistenza, quali l'incremento delle energie rinnovabili, dei trasporti pubblici elettrici, delle piste ciclabili ecc.

Riferimenti ed approfondimenti

Valutazione dell'impatto potenziale dei programmi operativi FESR sulla riduzione delle emissioni di gas serra

http://www.enea.it/produzione_scientifica/pdf_volumi/V2010_QSN.pdf

Mercato delle emissioni di carbonio

<http://www.pointcarbon.com/research/carbonmarketresearch/analyst/1.1083366>

Emission trading scheme

http://www.ambientediritto.it/dottrina/Politiche%20energetiche%20ambientali/politiche%20e.a/mercato_carbonio_defilippo.htm

http://it.wikipedia.org/wiki/Mercato_delle_emissioni

Carbon dioxide info analysis centre <http://cdiac.ornl.gov/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Emissions_trading

Rapporto Stern

http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm

Mitigating Climate Change Through Food and Land Use

<http://www.worldwatch.org/node/6126>

Castellari Sfida ai cambiamenti climatici http://www.kyotoclub.org/docs/roma120210_Castellari.pdf

Lowe Prospettive post-2012 http://www.kyotoclub.org/docs/roma120210_Lowe_KyotoClub.pdf

Green Power for Electric Cars

http://www.transportenvironment.org/Publications/prep_hand_out/lid/568

Cos'è Kyoto <http://www.ing.unitn.it/~devol/kyoto/baggio-kyoto.pdf>

Dati CO₂ http://unfccc.int/ghg_data/ghg_data_unfccc/time_series_annex_i/items/3814.php

5. Quale futuro per l'energia?

In questo capitolo finale viene proposta una visione soggettiva, ma aperta al confronto, con studenti e lettori. Non è facile fare previsioni in materia di energia ed ambiente e chi si dedica a questi temi li vede connessi con l'attività economica generale oltre che elementi fondanti la qualità della vita di tutti.

Per rispondere alla domanda **Quale futuro per l'energia?** vengono riassunti alcuni filoni di indagine e possibile sviluppo tecnologico promossi (o frenati) dalle politiche nazionali, che possono caratterizzare il prossimo futuro.

In primo luogo, occorre fornire un aggiornamento necessario relativo alla recente *United Nations Climate Change Conference* di Copenhagen, tenutasi dal 7 al 19 Dicembre 2009, che ha visto la presenza di 120 capi di stato. La conferenza aveva come obiettivo principale il raggiungimento di un accordo globale sulle politiche da adottare per la lotta ai cambiamenti climatici.

Flophenhagen o Hopenhagen?



Fallimento dell'accordo globale



Successo dell'accordo tra 61 paesi (80% emissioni) e del riconoscimento del bisogno di raggiungerlo da parte di tutti. Certamente, è andata affermandosi la convinzione che un processo verso la

→ **low-carbon economy** è "inevitabile"

Come?

- Aumentando l'efficienza nella produzione e consumo di energia,
- Aumentando del trasporto elettrico e su ferro,
- Promuovendo il trasferimento di tecnologia verso i PVS,
- Sequestrando il carbonio nelle centrali ad alte emissioni (a carbone),
- Riducendo il disboscamento ed aumentando la riforestazione,
- Aumentando la produzione (e autoproduzione) di energia rinnovabile,
- Fornendo un impulso allo sviluppo dell'eolico,
- Investendo nelle reti intelligenti (*smart grids*), per accogliere la produzione rinnovabile (decentrata e discontinua).

Volendo tentare una sintesi di queste politiche, vediamo che il futuro dell'energia passa per una triplice prospettiva, che coinvolge i trasporti, la produzione di elettricità e l'efficienza di entrambi i settori.

La triplice prospettiva dell'energia futura

La prospettiva di riduzione dell'inquinamento e crescente scarsità delle fonti fossili (specialmente quelle a buon mercato) implica:

- 1) la decarbonizzazione dei trasporti, per ridurre l'inquinamento globale e locale e la dipendenza (e i rischi del progressivo esaurimento) del petrolio;
- 2) l'incremento delle fonti rinnovabili (equivalente alla riduzione della CO₂) nella produzione di energia elettrica e calore;

3) l'aumento dell'efficienza energetica e il risparmio di energia, in un contesto di alti prezzi che:

- a) spingerà per aumentare gli investimenti in infrastrutture (costi fissi),
- b) abbatte i costi variabili di funzionamento (combustibile).

1) Quale futuro per i Trasporti?

I trasporti sono un settore caratterizzato da fortissime criticità.

a) Il tasso di motorizzazione in Italia è un record negativo: con 60-70 auto ogni 100 abitanti, il nostro paese ha più veicoli che qualsiasi altro stato al mondo. Considerando che a ogni motore a scoppio corrisponde un'efficienza del 10% dei veicoli a motore nei centri urbani, il nostro paese paga un prezzo altissimo di inefficienza, emissioni e fattura petrolifera, al settore trasporti nel suo complesso.

Il presente "tutto auto" per cose e persone, non permette di intravedere una singola strategia vincente, che consenta di:

- mantenere la domanda di trasporto (i km totali percorsi),
- diminuendo al contempo le emissioni di GHG.

Sarà molto probabilmente necessario

- diminuire le emissioni per km percorso (meno carbonio nei carburanti),
- aumentare l'efficienza dei motori (diminuendo i litri al km o aumentando i km/litro)...ma anche
- diminuire i km percorsi! (= Usare meno il mezzo privato)

Questo equivale ad una netta inversione di tendenza, una "sconfitta" del settore e, culturalmente, alla

→ fine del mito dell'automobile

I trasporti a livello locale

b) L'inquinamento atmosferico ed acustico (derivante dai motori a scoppio) è la piaga delle città.

La necessità di disporre di una mobilità pulita e silenziosa per cose e persone è probabilmente la priorità di ogni amministratore lungimirante. Tuttavia, l'orizzonte elettorale (4/5 anni) e di fondi limitati non permettono la pianificazione di lungo periodo e dagli alti costi per la realizzazione di un'infrastruttura per la mobilità alternativa all'automobile.

La tecnologia motoristica ha tempi lunghi, e l'industria chiede tempo, ma il futuro si intravede: ibridi, biofuels e idrogeno.

- La tecnologia ibrida è già sul mercato (Toyota, Honda) ed è avvantaggiata dall'uso dei combustibili tradizionali, con la relativa infrastruttura di distribuzione presente sul territorio (pompe di benzina, diesel, GPL e metano).
- I Biofuels hanno un bilancio energetico di difficile calcolo e rappresentano una strategia rischiosa.
- L'idrogeno (e le *fuel cell*) costituiscono una transizione più radicale.

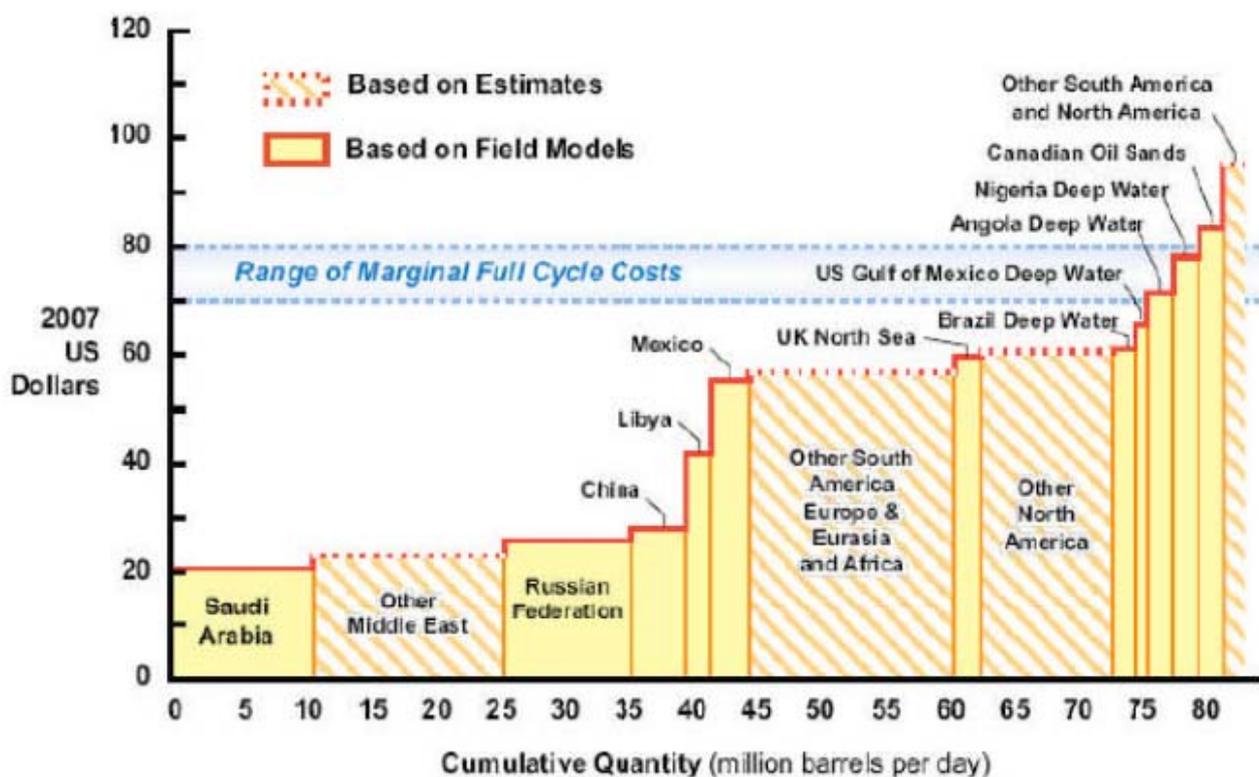
In tutte le opzioni, il criterio di valutazione è il bilancio ambientale globale o *life cycle analysis* (LCA)

→ idrogeno vs. biocarburanti vs. batterie

c) Esaurimento del petrolio a buon mercato

Nonostante la crescita degli investimenti dell'industria petrolifera, negli anni futuri i carburanti rimarranno costosi, sia a causa del controllo degli stati sovrani sui pozzi, che dei costi di produzione dei pozzi stessi. Nel *Grafico 30* seguente sono riprodotti i costi e le quantità prodotte associate ai principali giacimenti esistenti al mondo. Si nota che i primi giacimenti erano estremamente facili: l'oro nero zampillava a pochi metri e anonimi pionieri potevano fare fortuna azzeccando il sito giusto. Non è ovviamente più così: i giacimenti a basso costo sono in via di esaurimento ed oggi il petrolio viene trovato ed estratto in mare o nei pozzi profondi. A costi molto superiori.

Grafico 35 – Costo di produzione dei diversi giacimenti di petrolio



Fonte: Cambridge Energy Research Associates

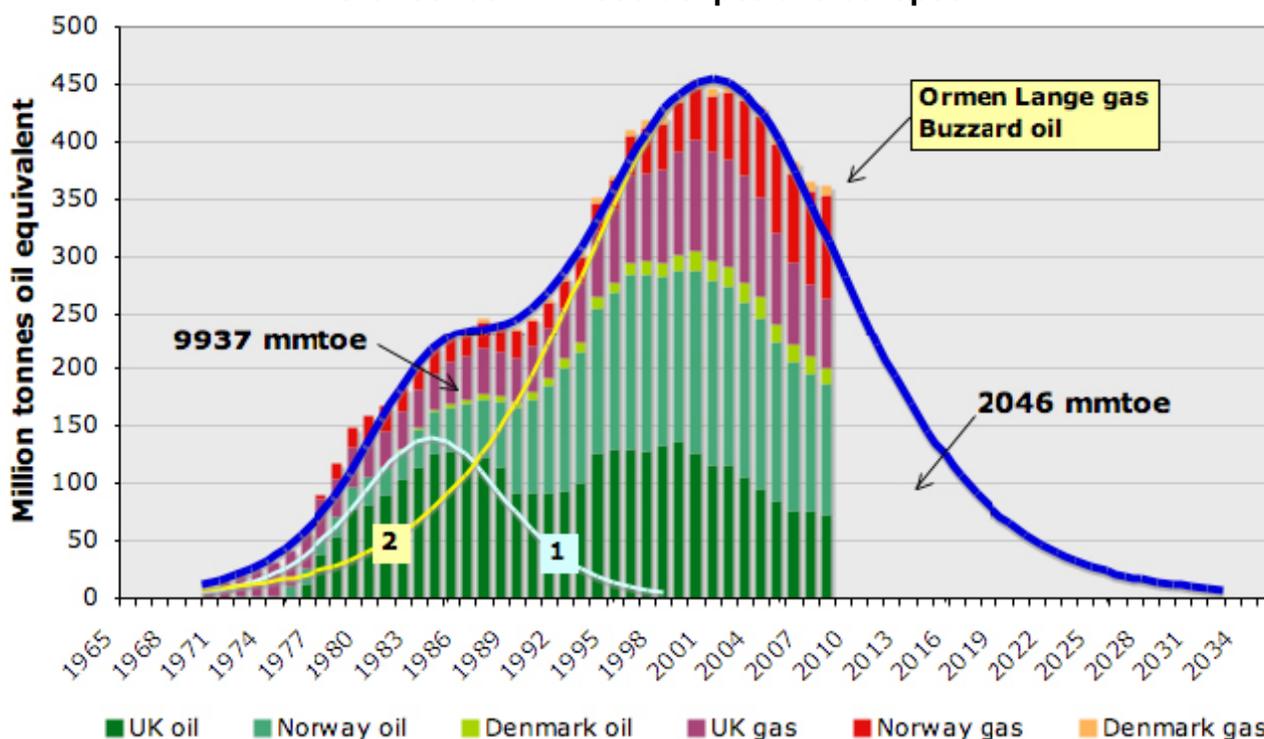
Il picco del petrolio

Il picco del petrolio è una teoria che prevede una forma a campana della produzione petrolifera a livello di pozzo, regione o stato. E' stata sviluppata dal geologo statunitense Marion King Hubbert, che nel 1950 stimò il picco della produzione di petrolio negli USA al 1970. La previsione si avverò. A livello mondiale

La cosiddetta “curva di Hubbert” applicata al pianeta, ovviamente non rispecchia fedelmente l’andamento “a campana” del pozzo individuale. Trattandosi di migliaia di pozzi diversi si ritiene che la produzione mondiale possa raggiungere un livello massimo e poi mantenersi su un livello variabile intorno ad un massimo, chiamato “*ondulating plateau*” per diversi anni, per in seguito calare. Le conseguenze sui prezzi del picco sono ovviamente problematiche in quanto avendo meno petrolio disponibile rischia di crearsi un eccesso di domanda di greggio sui mercati.

Nonostante il dibattito relativo alla data in cui la produzione mondiale di petrolio avverrà sappiamo che negli Stati Uniti ed in Europa tale massimo è già avvenuto. Nel caso del Brent – il petrolio del Mare del Nord – in questi anni la produzione è in diminuzione, come si vede dal grafico 33 di seguito.

Grafico 36 – Il Picco del petrolio europeo



Fonti: Aspo Italia, dieoff.org, The Oil Drum

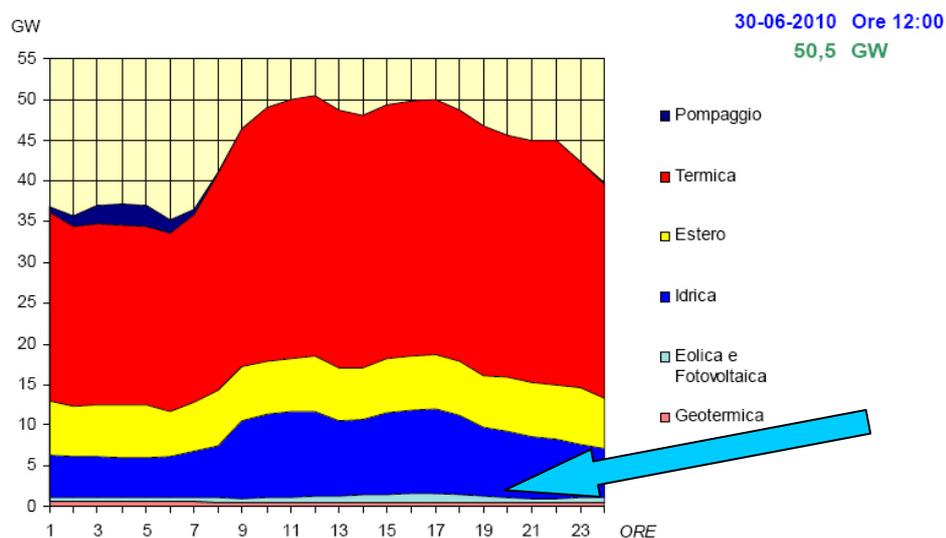
2) “A tutto rinnovabile”?

Come si è visto, l’energia rinnovabile, sfrutta i flussi, per questo è poco concentrata e discontinua (pianificazione). L’idroelettrico è già sfruttato, le rinnovabili nuove “iniziano” a conquistare quote del mix.

Spesso molto poco...

In Italia ad esempio, eolico e solare rappresentano ancora una quota insignificante di energia prodotta, nell’arco di una tipica giornata estiva...

Diagramma di fabbisogno nel giorno di punta del mese di giugno 2010



Fonte: Terna

La “versione ufficiale” (IEA, big oil) è che il mondo “andrà a fossili” ancora per molti anni (inerzia di sistema complesso) e l’elettricità sarà generata con centrali a gas e nucleari (politica), in extremis...questo risulta negli obiettivi UE, denominati “20-20-20, che rappresentano il risultato de

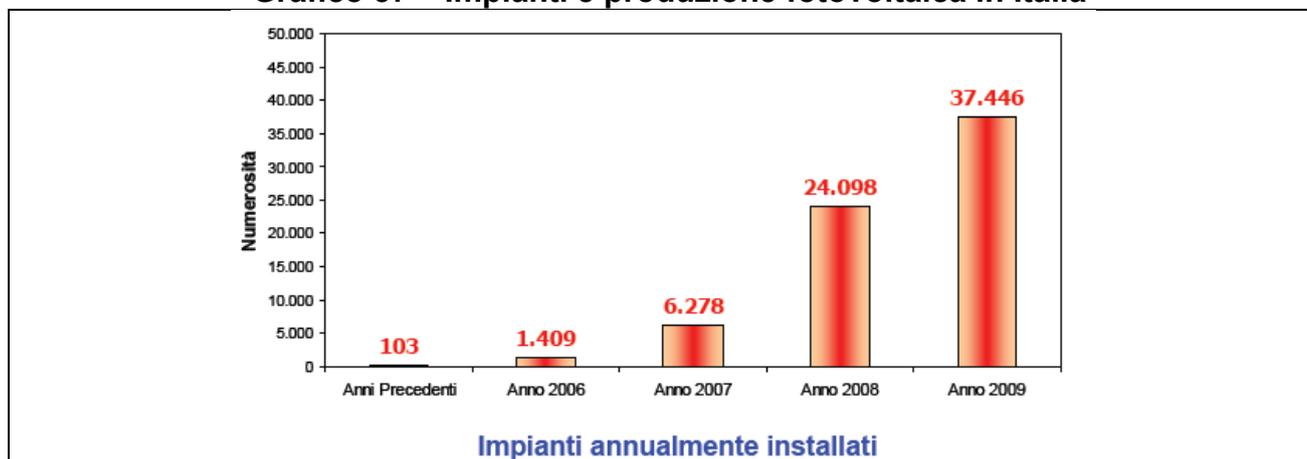
→ L’approccio pragmatico dell’“Ingegnere” Angela Merkel

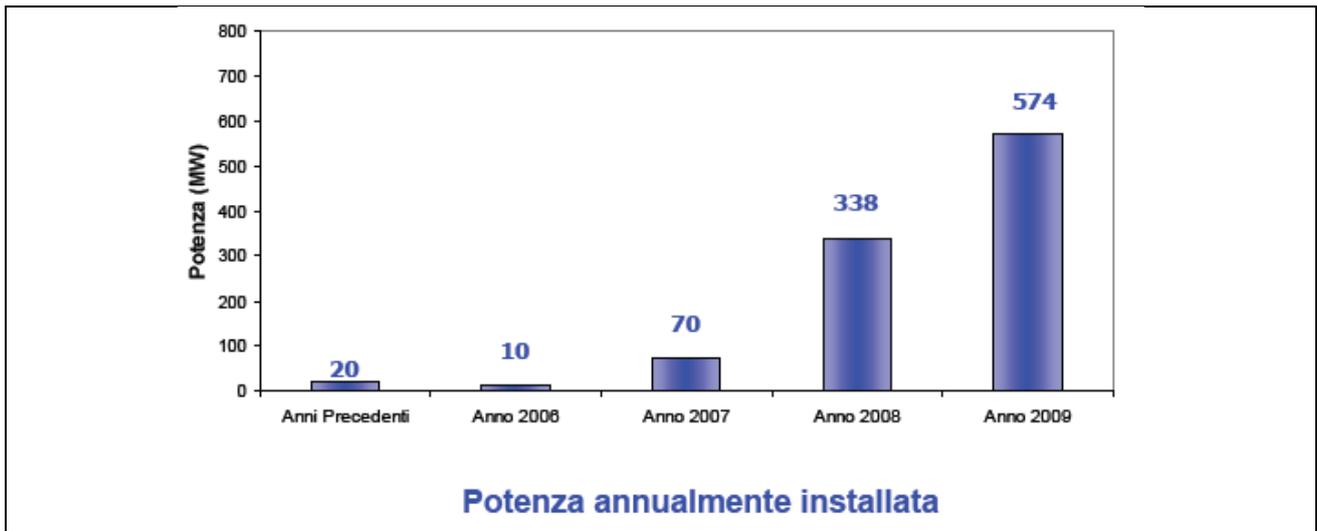
Molto diverso da una classe politica europea composta da avvocati e economisti.

Ultime Notizie

Nel 2009 in Italia si è raggiunto 1GW di potenza fotovoltaica installata,
http://www.sviluppoeconomico.gov.it/pdf_upload/documenti/Slide_fotovoltaico.pdf

Grafico 37 – Impianti e produzione fotovoltaica in Italia





Esiste la reale possibilità che una transizione sia all'orizzonte e che le rinnovabili - come in Germania, Spagna e Danimarca - potranno conquistare quote significative dell'energia primaria, ad esempio, l'energia rinnovabile rappresenta:

- il 20% in Spagna
- il 15% in Germania
- il 14% in Danimarca

Inoltre...l'idrogeno (opinione personale)

L'idrogeno può costituire il ponte tra energia elettrica rinnovabile discontinua e i carburanti per la mobilità. Come?



→ Nel caso di un surplus temporaneo di energia, l'idrogeno realizza uno stoccaggio

→ H_2 = produzione di elettricità (e forza motrice) a 0 emissioni ed alta efficienza.

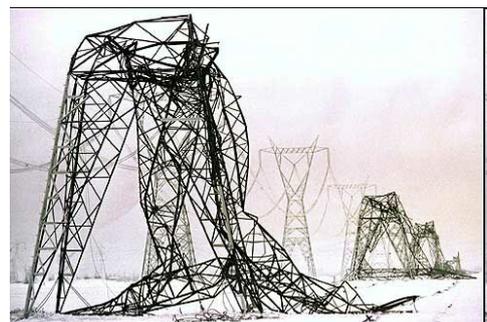
Diversi sistemi *fuel cell* (vedi Wikipedia) possono fornire l'elettricità distribuita necessaria a livello di immobile o di quartiere. Il concetto di *hydricity* (H_2 +electricity) sembra poter rispondere alle necessità, (leggi: "domanda"), di un sistema energetico strutturato come una rete più che nella forma piramidale attuale

La domanda energetica futura

Al mondo connesso via web serve poca elettricità ma affidabile, cioè, intelligente, monitorabile, gestibile, direi... "gentile".

→ Non la produzione della grande centrale

Cadono i tralicci?



L'evoluzione della rete elettrica

La rete elettrica del futuro diventa orizzontale, simile al web per la trasmissione di informazioni e integrata con esso.

Si tratta di una struttura con molti “nodi” e non più pochi punti di generazione ad alto voltaggio, caratterizzata, invece, da flussi a media e bassa tensione, reversibili poiché originati da piccoli produttori/consumatori di fonti rinnovabili.

3) Risparmio ed efficienza energetica

La società post-industriale è evoluta verso un uso “fine” dell'energia (non più basato sulla grande industria energivora), per elettronica, informatica, biotecnologie ecc. Diminuiscono i bisogni forza motrice e energia termica (da energia elettrica per l'industria) a favore di elettricità affidabile, utile all'elettronica (ad esempio per i *servers*). È un cambiamento fondamentale delle motivazioni dello sviluppo economico.

In passato si costruivano le grandi centrali per assicurare che le industrie arrivassero: lo Stato creava le infrastrutture fisiche e le centrali elettriche, in modo da facilitare l'arrivo degli imprenditori, che avevano garantite, sia le strade che l'elettricità a basso costo.

Oggi assistiamo ad una deindustrializzazione del Paese, che ha perso importanti settori industriali (chimica, siderurgia ecc.); questo necessita un'altra energia. Inoltre, a causa degli alti costi (prima che per ragioni ambientali, volontarie) siamo costretti ad una parsimonia nell'uso dell'energia.

A livello dei consumi i costi crescenti dell'energia inducono a investire nel risparmio, come, ad esempio nel riscaldamento autonomo, in una migliore coibentazione delle abitazioni, nel solare termico per l'acqua calda della villa ecc.

A livello della produzione industriale, le industrie (che non delocalizzano per risparmiare sul fattore lavoro) sono obbligate a innovare la produzione per evitare gli sprechi di energia e materiali, aumentare il riciclo, installare impianti di cogenerazione di energia e calore (ed eventualmente acqua calda e freddo) nella centrale dedicata alla fabbrica.

Un riassunto delle tendenze di fondo

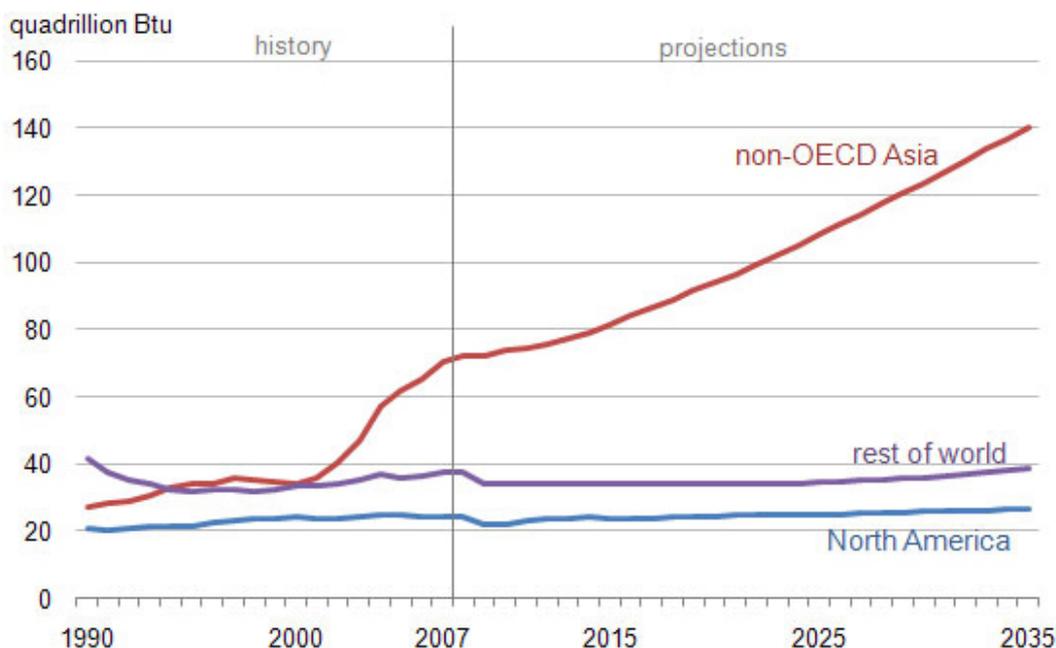
- L'energia ha permesso lo sviluppo come oggi lo conosciamo
- Tale sviluppo ne è dipendente, vedi funzione di produzione: $Y=f(K,L,E)$
- Causa problemi di inquinamento locale e globale
- Le fonti fossili potrebbero aver iniziato la discesa (Picco del petrolio)
- Le rinnovabili sono costose, discontinue e “deboli” (bassa intensità, in W/lt e/o W/kg del sistema) per soddisfare i bisogni attuali (comfort, velocità ecc.)

Quali scenari per il futuro?

Le statistiche ufficiali si basano sul passato per la formulazione di scenari futuri. Subiscono quindi un'inerzia nell'estrapolazione delle tendenze. Ad esempio l'Energy Information Administration (l'Istat dell'energia negli Stati Uniti) prevede un forte aumento delle emissioni, dell'uso del carbone e del petrolio (vedi *Grafico 17* con lo scenario della produzione petrolifera per area). Nel caso del carbone un aumento come quello

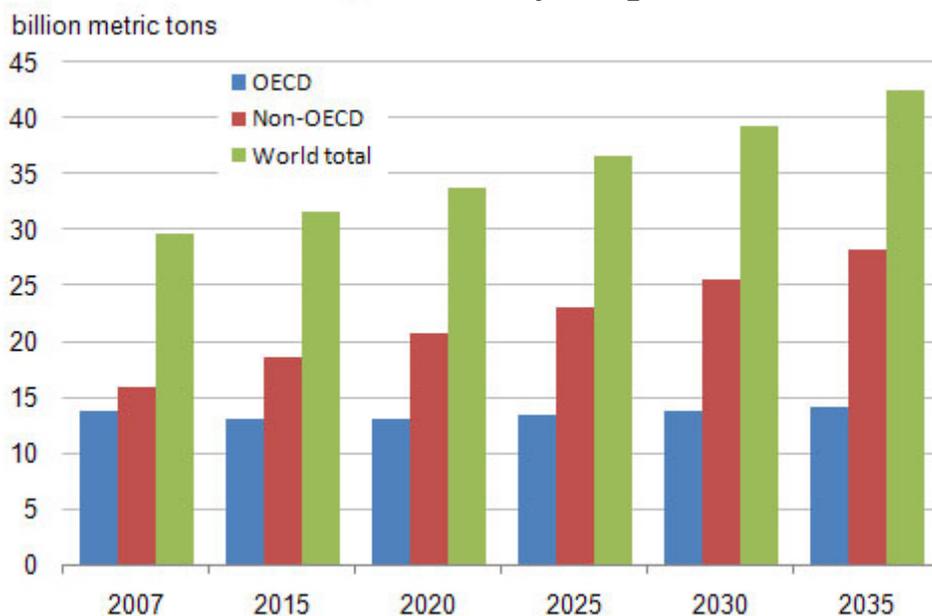
preconizzato dall'EIA nell'International Energy Outlook 2010 e riprodotto nel *Grafico 35* sarebbe un reale disastro per la stabilizzazione delle emissioni climalteranti.

Grafico 38 – Consumi di carbone per regione 1990-2035



La prova del fallimento della strategia di lotta ai cambiamenti climatici risulta dall'evoluzione delle emissioni di CO₂, che passano da 29,7 miliardi di tonnellate nel 2007 a 42,4 nel 2035 (vedi *Grafico 36*).

Grafico 39 – Emissioni di CO₂ per regione 1990-2035



Fonte: EIA - International Energy Outlook 2010

Per approfondimenti sugli scenari, vedi <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/highlights.html>

Una transizione all'orizzonte

Come oggi i carburanti vengono prodotti con poche perdite dall'energia primaria del petrolio, mentre l'energia utile (forza motrice, luce, elettricità e calore) è caratterizzata da bassa efficienza, con perdite dell'ordine del 50-70%, in futuro sarà vero il contrario: l'energia utile dalle fonti rinnovabili (vettore elettricità) conquisterà lo status di energia primaria, venendo generata con perdite minori e, in contrasto, più alte perdite dovranno essere accettate per la produzione di carburanti per la forza motrice.

→ L'inizio della fine del regalo rappresentato dai giacimenti di petrolio e gas

Ma delle serie, e per gli "energy-addicted" (es. Stati Uniti) drammatiche rinunce sono inevitabili. Non è pessimismo, ma la coscienza che quell'energia che ha permesso di pianificare, costruire, consumare e buttare la nostra ricchezza in un ciclo sempre più rapido, con lo slogan "far girare l'economia" sta realmente finendo. Lo provano, le guerre del Golfo, le guerriglie associabili al petrolio (es. Nigeria), i movimenti nazionalistici (Venezuela) e, in generale le politiche di rincaro dei prezzi di petrolio e gas.

Le rinunce

Alcuni esempi:

- Le auto oggi ci permettono accelerazioni mai sperimentate nella storia umana
- Il comfort domestico (es. girare in mutande in una casa tutta finestre d'inverno)
- La piscina, il cibo esotico tutto l'anno
- La carne che necessita 2/3 dei terreni coltivati e dell'acqua dolce
- Gli imballaggi dei prodotti (plastica, carta e metallo, a volte uniti es. tetrapack) per le esigenze di stoccaggio e contabilizzazione delle merci
- Le enormi quantità di rifiuti non riciclati

Un ricordo

Nel 1845 il Governo degli Stati Uniti fece pressione su Capo Seattle e la sua tribù di nativi americani per acquistare i territori dove loro vivevano e cacciavano: due milioni di acri in cambio di 150 mila dollari e di una riserva. Capo Seattle rispose con un discorso che non solo dipinge la società urbana degli Stati Uniti del 1850, ma delinea un pauroso ritratto del mondo di oggi. La sua risposta costituisce una delle più alte espressioni di consapevolezza ambientale mai fatte dall'uomo.

"Nelle città dell'uomo bianco non c'è un posto tranquillo, un posto dove ascoltare le foglie che si dischiudono in primavera e il frinire delle ali di un insetto.

Per l' uomo rosso l'aria è preziosa, perché tutte le cose dividono il medesimo respiro; l'animale, l'albero, l'uomo...dividono tutti lo stesso respiro. L'uomo bianco non sembra far caso all'aria che respira. Come l'uomo che agonizza, non si accorge del proprio fetore.

Cos'è l'uomo senza gli animali? Se tutti gli animali sparissero, l'uomo morrebbe di una grande solitudine dello spirito. Perché tutto quello che accade agli animali presto accade all'uomo. Tutte le cose sono collegate.

Dovete insegnare ai vostri bambini che il terreno sul quale camminano è formato dalle ceneri dei vostri nonni. Affinché rispettino la terra, dite loro che è ricca delle vite della vostra gente. Insegnate ai vostri bambini quel che noi abbiamo insegnato ai nostri, che la terra è la nostra madre. Quel che avviene alla terra, avviene ai figli della terra. Se gli uomini sputano sulla terra, sputano su loro stessi.

Questo noi lo sappiamo: non è la terra che appartiene all'uomo, ma l'uomo alla terra. Questo lo sappiamo.

Tutte le cose sono collegate, come il sangue che unisce i membri di una stessa famiglia. Tutte le cose sono collegate. Quel che avviene alla terra, avviene ai figli della terra. L'uomo non tesse la sua trama della vita, ne è semplicemente uno dei fili. Qualsiasi cosa fa alla tela, la fa a se stesso."

Capo Seattle, 1850

Panta rei

Il fiume di energia rinnovabile stoccato nelle foreste preistoriche fossilizzate, un "regalo" che ha permesso la rivoluzione industriale, l'aumento esponenziale della popolazione e, per 1/5 della popolazione mondiale, standard di vita mai raggiunti, sta finendo.

Tuttavia, il mare di energia solare che le ha generate è ancora qui vivo e pronto ad essere canalizzato, valorizzato e stoccato in calorie (raccolti) e *joules* nelle batterie e (sotto forma di idrogeno) nelle *fuel cell*.

E' un mare che possiamo navigare, ma dobbiamo rispettare. Usando le vele, i mulini, le "foglie" di silicio (e in futuro altri materiali) ed i batteri "buoni", per convertire dolcemente molecole e sintetizzare energia utile.

Nella "coltivazione" dell'energia necessaria e preziosa possiamo ricordarci del mare di lava esistente nel sottosuolo e sfruttarlo con la geotermia per produrre necessario calore ed elettricità...magari usando il "mattone della materia".

Giancarlo Fiorito, 15/07/2010