ENERGIA PER L'ASTRONAVE TERRA

Nicola Armaroli
Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività
CNR- Consiglio Nazionale delle Ricerche
nicola.armaroli@cnr.it
http://www.isof.cnr.it/photoscience/Nicola.Armaroli/

Consiglio Nazionale delle Ricerche

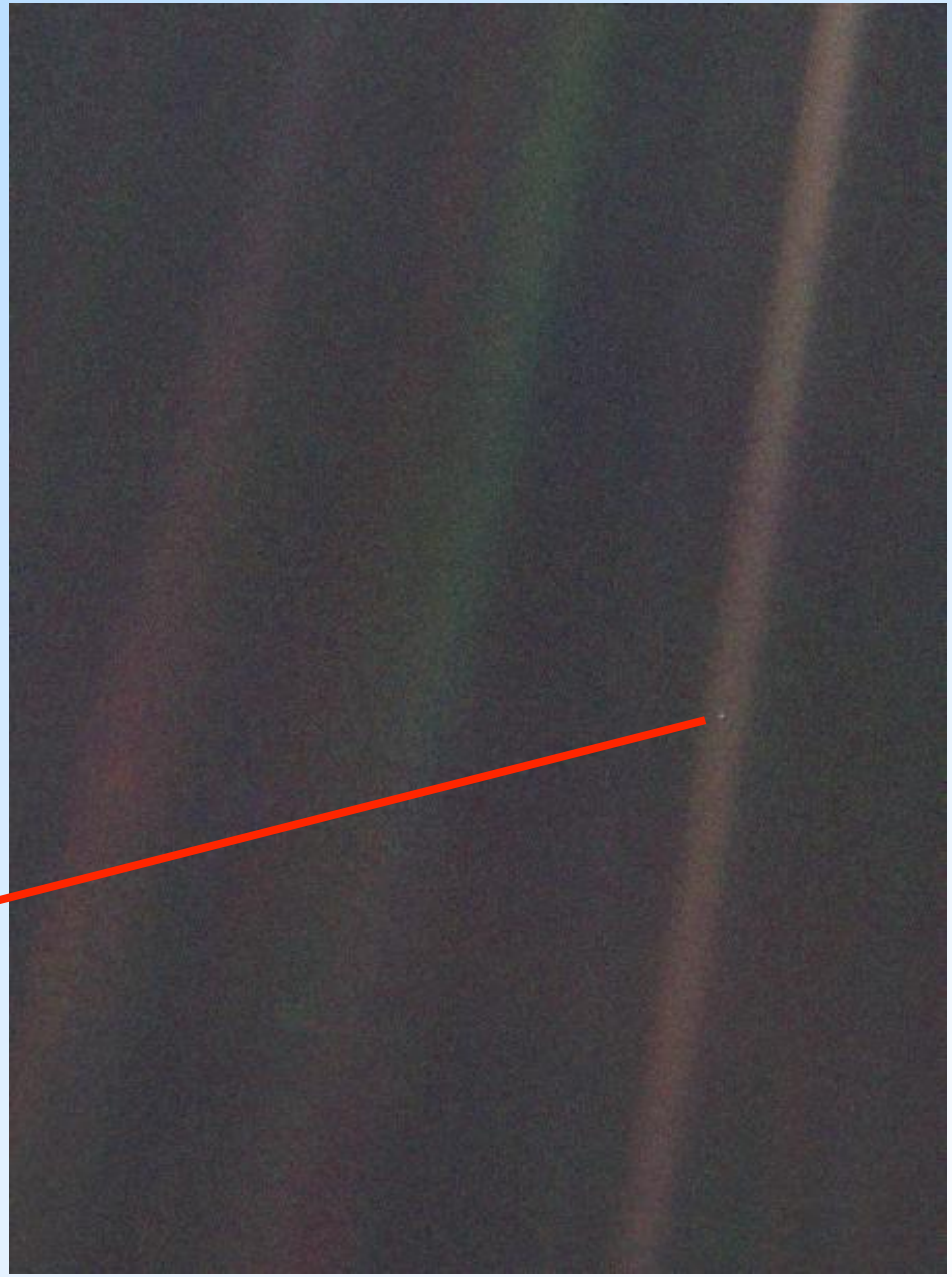
MOLECULAR PHOTOSCIENCE GROUP

Novara, 19 Febbraio 2011

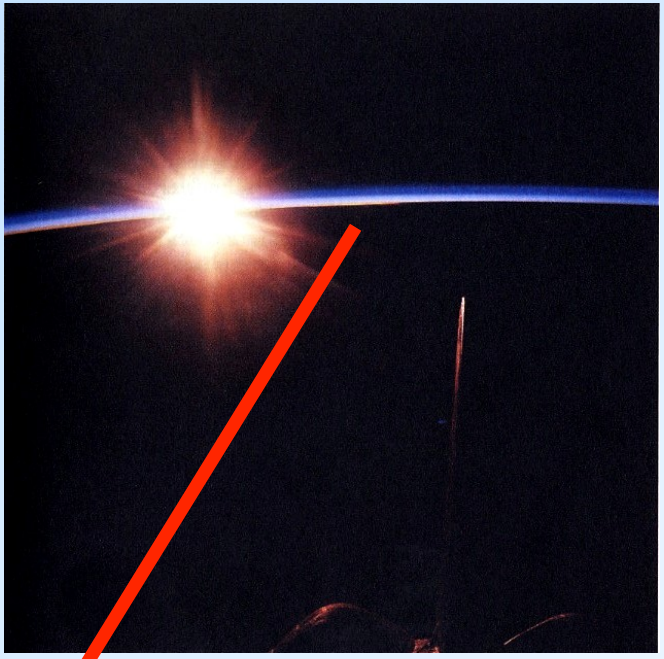
PERCHE' ASTRONAVE?

La Terra è un'astronave, a ben guardare

La Terra fotografata da 6 miliardi di Km di distanza: una nicchia di vita in un'immensità di materia inanimata

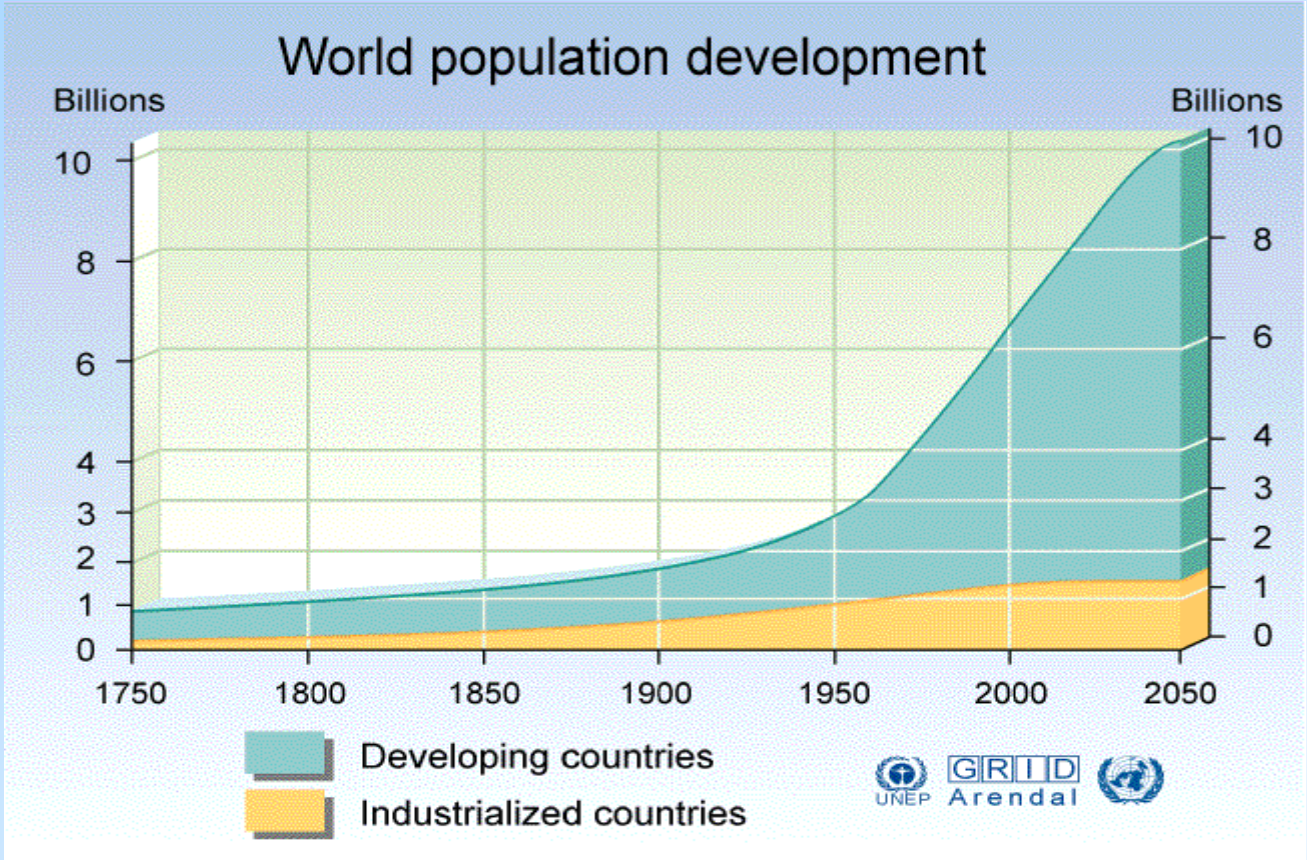


Ha anche una capsula!



BIOSFERA: solo qui la VITA può nascere e svilupparsi. (1/400 del raggio terrestre)

I PASSEGGERI DELL'ASTRONAVE: 1750-2050

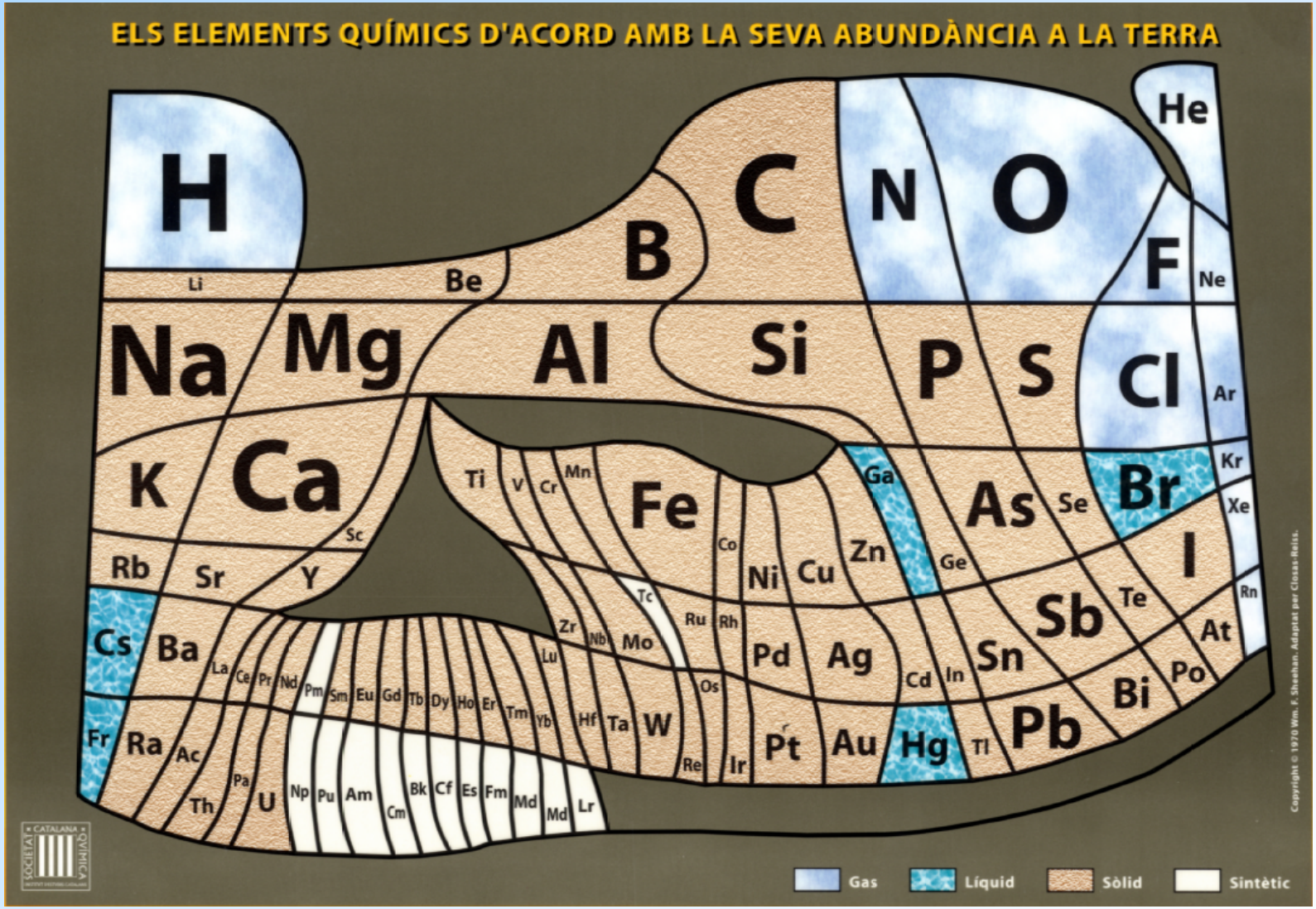


- La maggioranza della popolazione vive nelle nazioni "meno sviluppate"
- Crescita **2010**: + **83 milioni, 220 mila abitanti al giorno** (dati U.S. PRB)

LA PRESSIONE SULLE RISORSE NATURALI

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

METALLI E ALTRI ELEMENTI

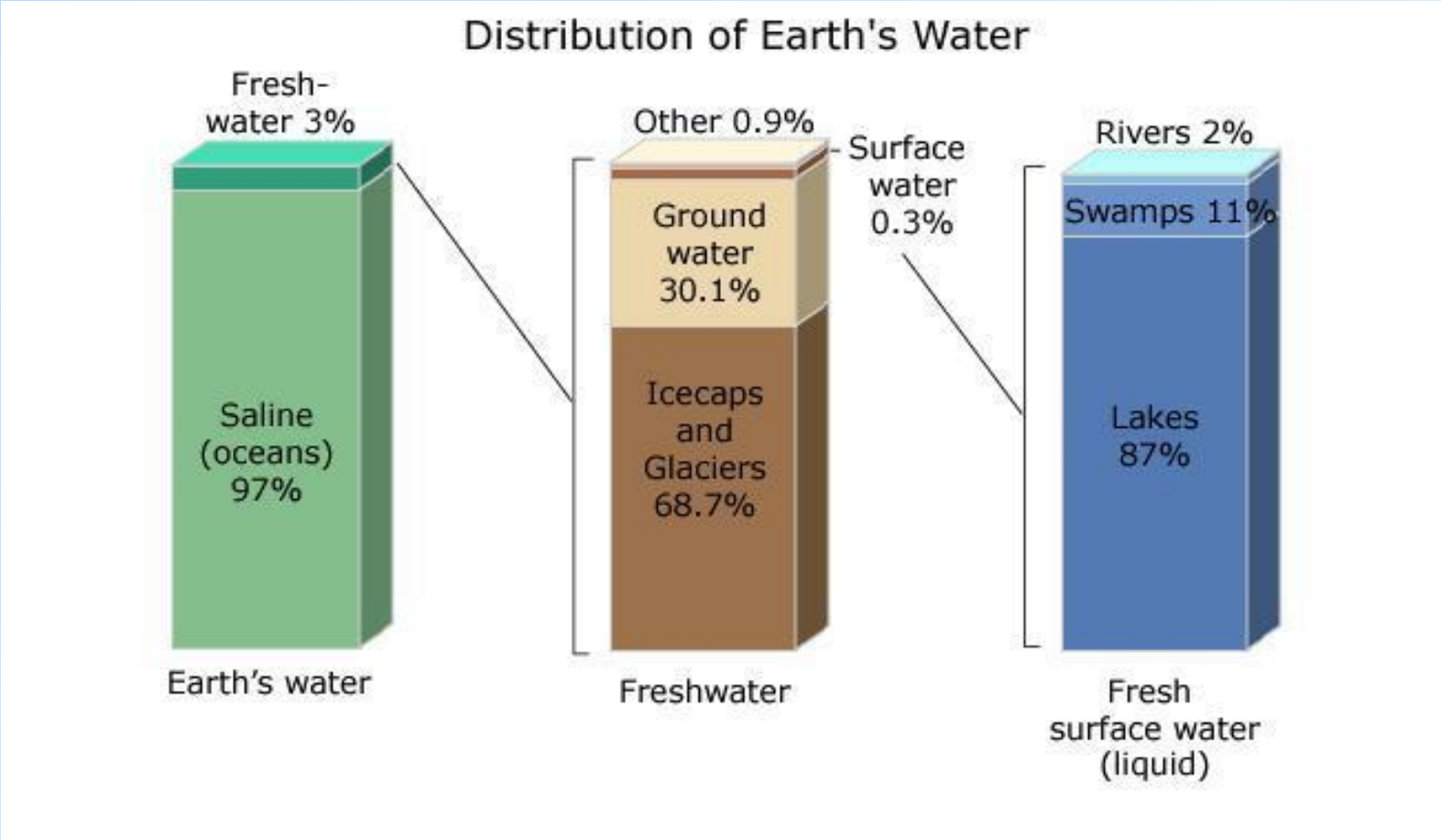


Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

ACQUA

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

L'acqua dolce è una minima frazione del totale



Source: U.S. Geological Survey

SUOLO

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

“Dust Bowl”
USA, anni ‘30

Australia, 2010

Senza andare tanto lontano …

Cementificazione in Italia

Abbiamo davanti un compito IMMANE: LA SECONDA RIVOLUZIONE VERDE

"Entro il 2050, quando la popolazione mondiale avrà raggiunto circa i 9 miliardi, **la domanda globale di cibo sarà quasi doppia rispetto ai livelli attuali**.
Questo avverrà in quadro di **crescente competizione nell'uso della suolo e dell'acqua** per l'espansione delle aree urbane e della produzione di biocombustibili. Il tutto dovrà avvenire in un quadro di adattamento ai cambiamenti climatici."

FAO,
How to feed the world
Roma, 2009

La prima “rivoluzione verde”

- Nel XX secolo l’estensione delle terre coltivate è aumentata del **30%** …

… i raccolti sono aumentati del **600%** …

… ma i consumi energetici in agricoltura sono aumentati dell’ **8000%** … !!

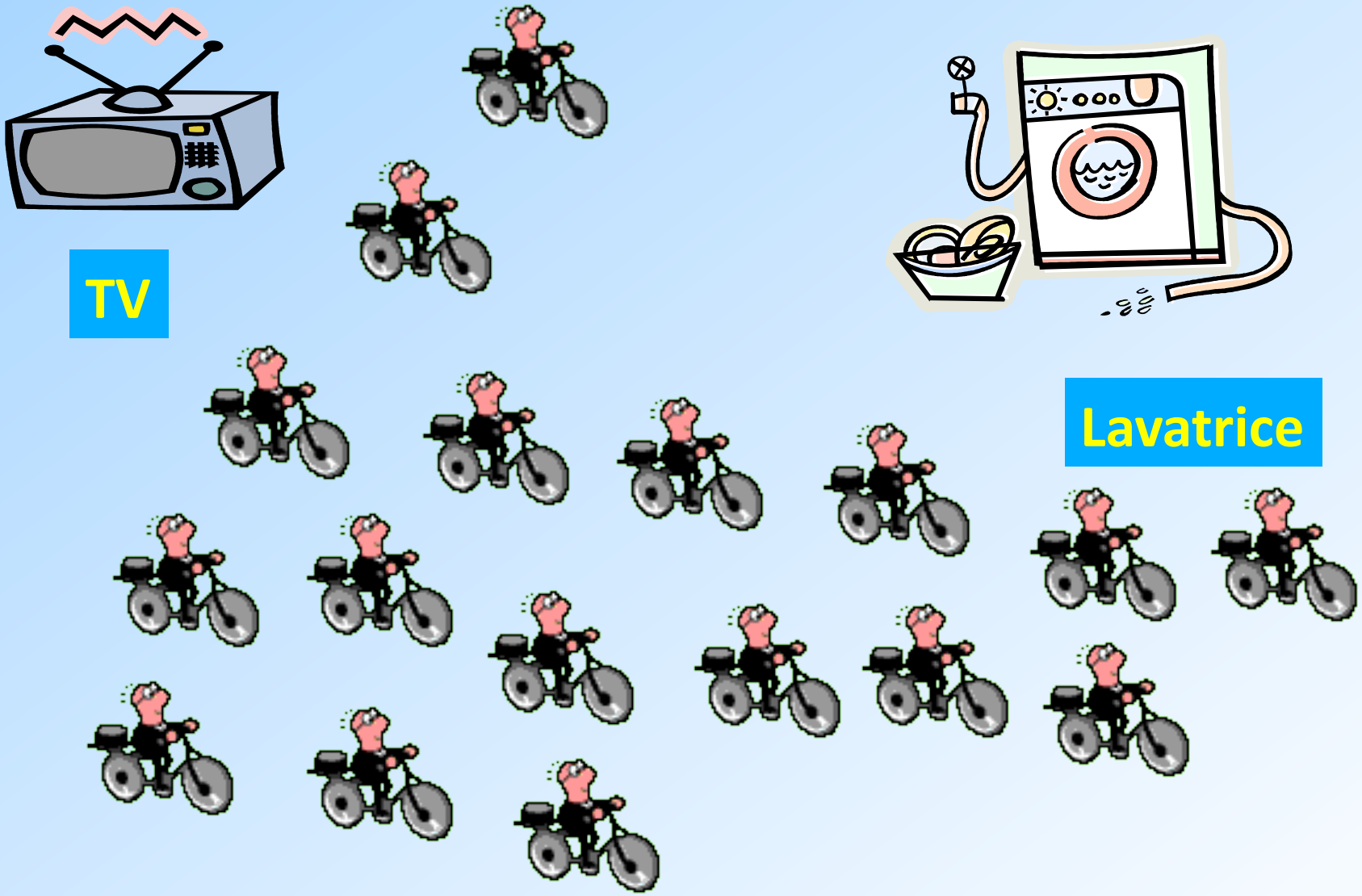
John Deere 8530: trattore da 330 cavalli

Sviluppa 246 kW la potenza di 4920 agricoltori/ braccianti virtuali

VITA DA IMPERATORE

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

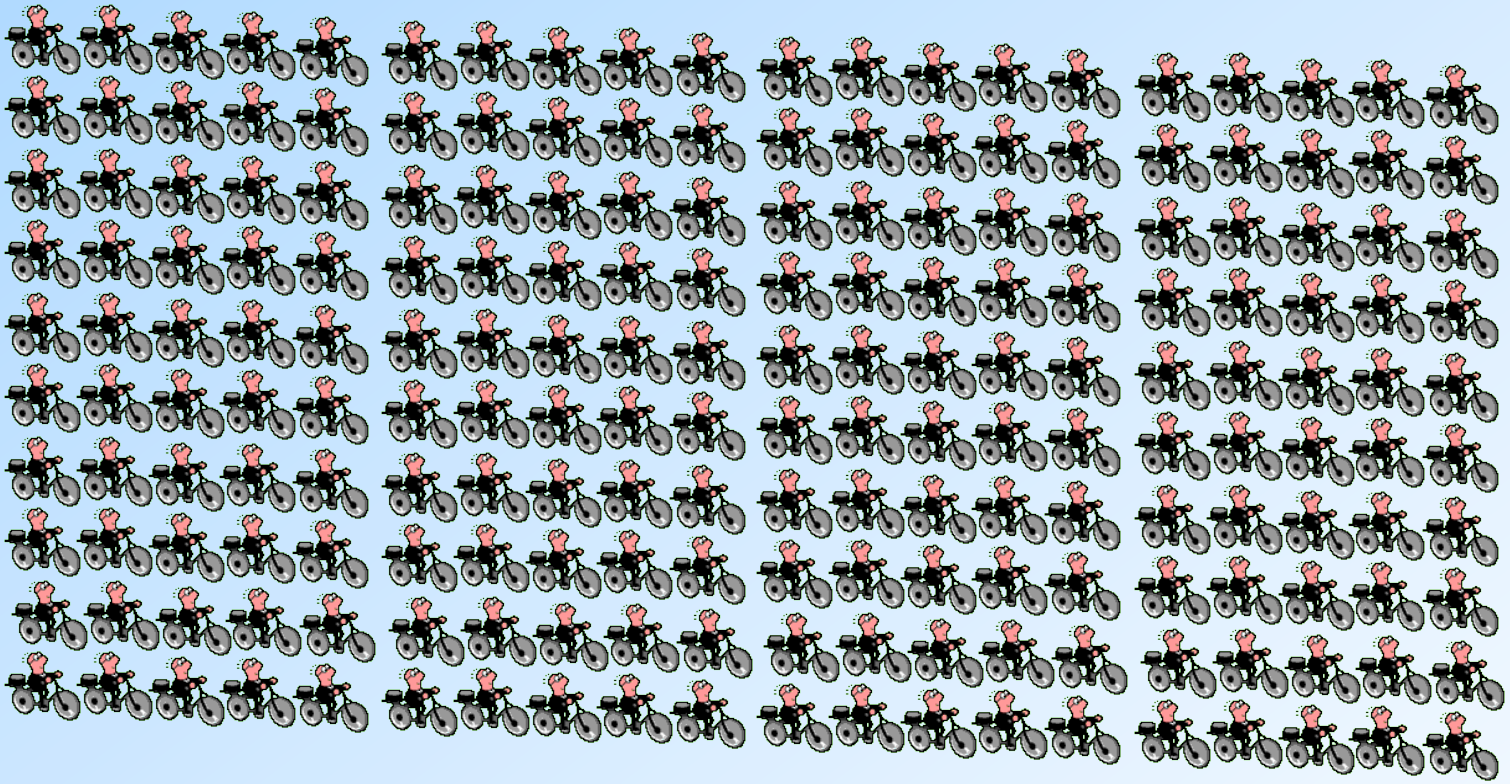
La potenza a ns. disposizione: gli “schiavi energetici”*



*Una persona di età e salute media può sviluppare una potenza muscolare continua per molte ore di circa 50-60 W
http://www.isof.cnr.it/photoscience/Nicola.Armaroli/articles/KOS%20Dic%202005.pdf

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

Auto 115 CV a 100 Km/h



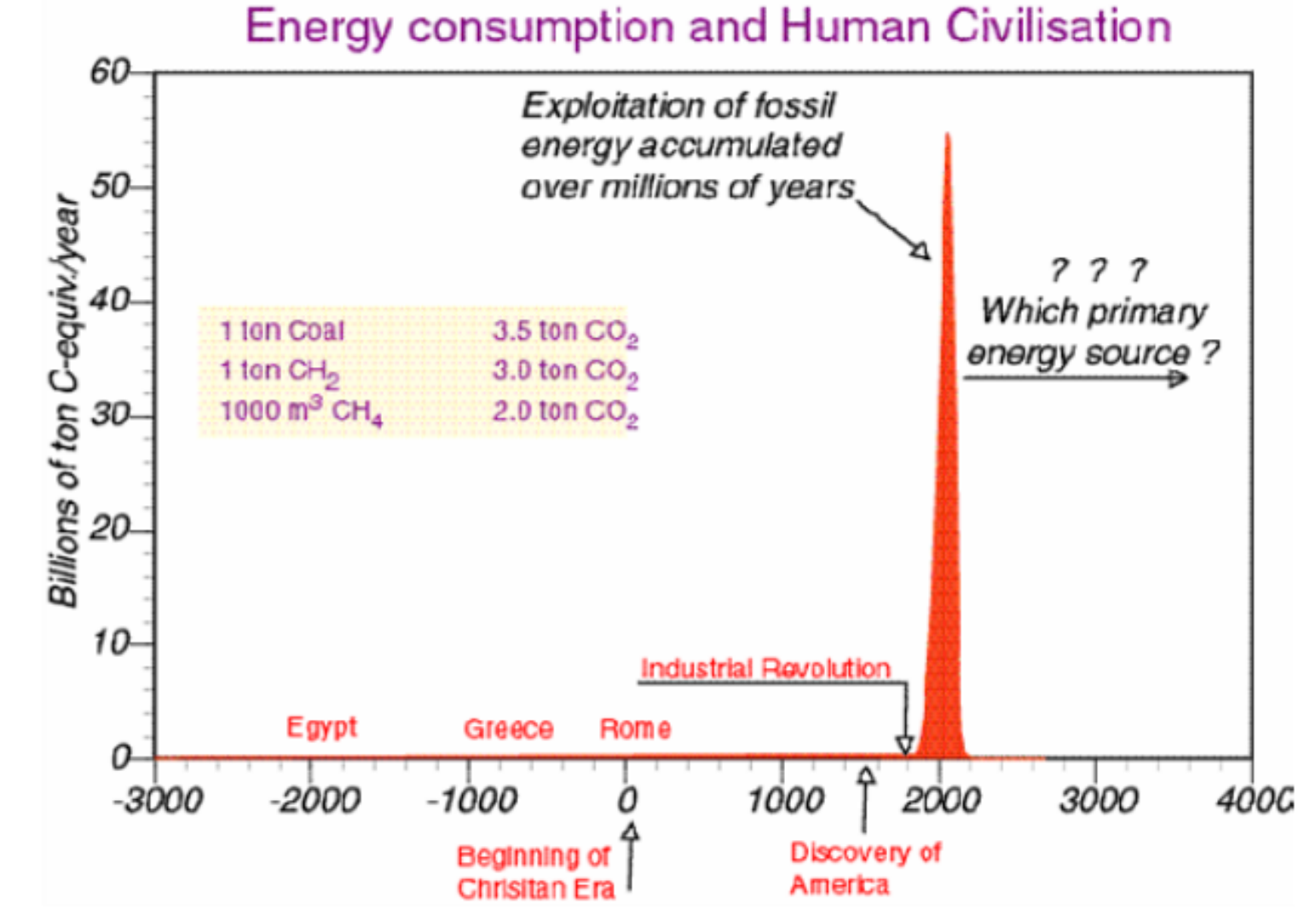
1600

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

Boeing 747-400 al decollo

1.6 MILIONI
di schiavi energetici

Consumi energetici nella storia della civiltà umana: non è andata sempre come oggi



Consumo mondiale energia primaria *

33.2%, petrolio

27,0%, carbone

21.1%, gas naturale

81.3%

10.0%, biomasse

5.8 %, nucleare

2.2%, idroel.

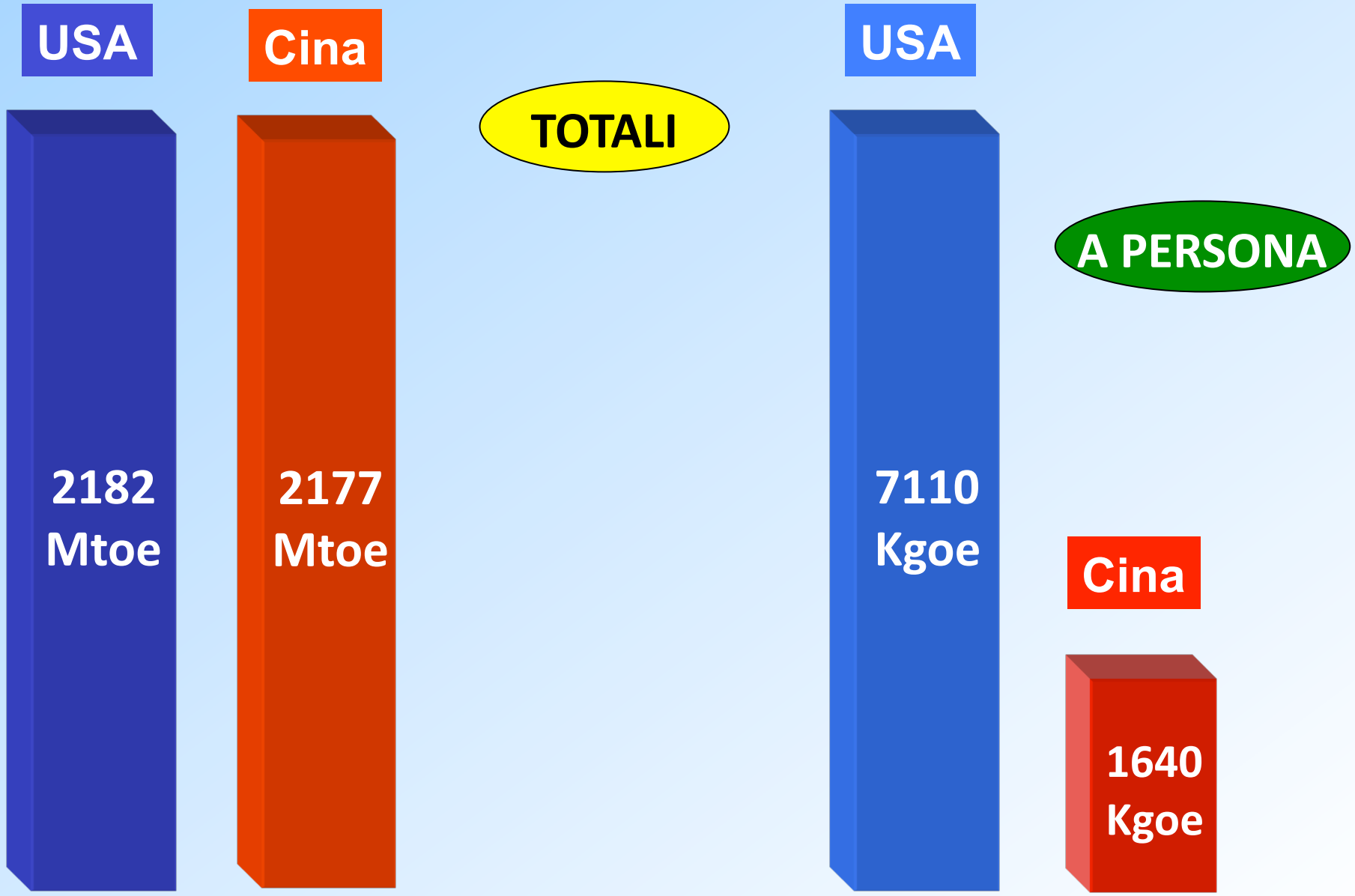
0.7 %, geot., eolico, solare

*International Energy Agency (IEA) 2010

La “ellisse strategica dell’energia”: Il perno della fragilità del nostro mondo

16 stati, 70% delle riserve mondiali di petrolio e gas

Consumi di energia: USA vs. Cina



PETROLIO

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

IL PETROLIO E' TROPPO CARO! O NO …?

costo PETROLIO:
87 $/barile

→ 0.42 €/litro

Meno caro di…

costo BENZINA ca. 1.4 €/l
(65 % tasse!!!)

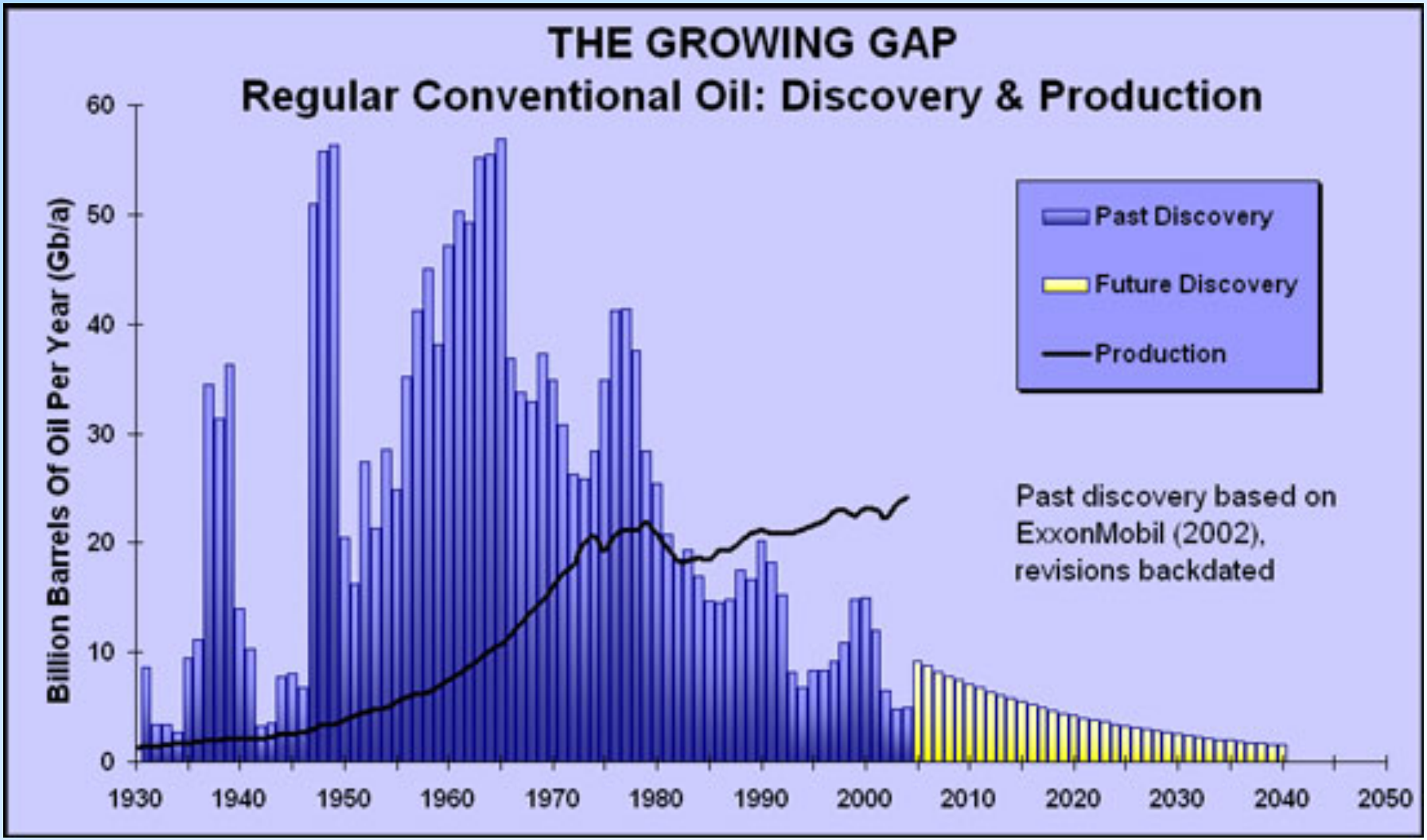
Molto più economica di …

Pizzeria: 10-15 €

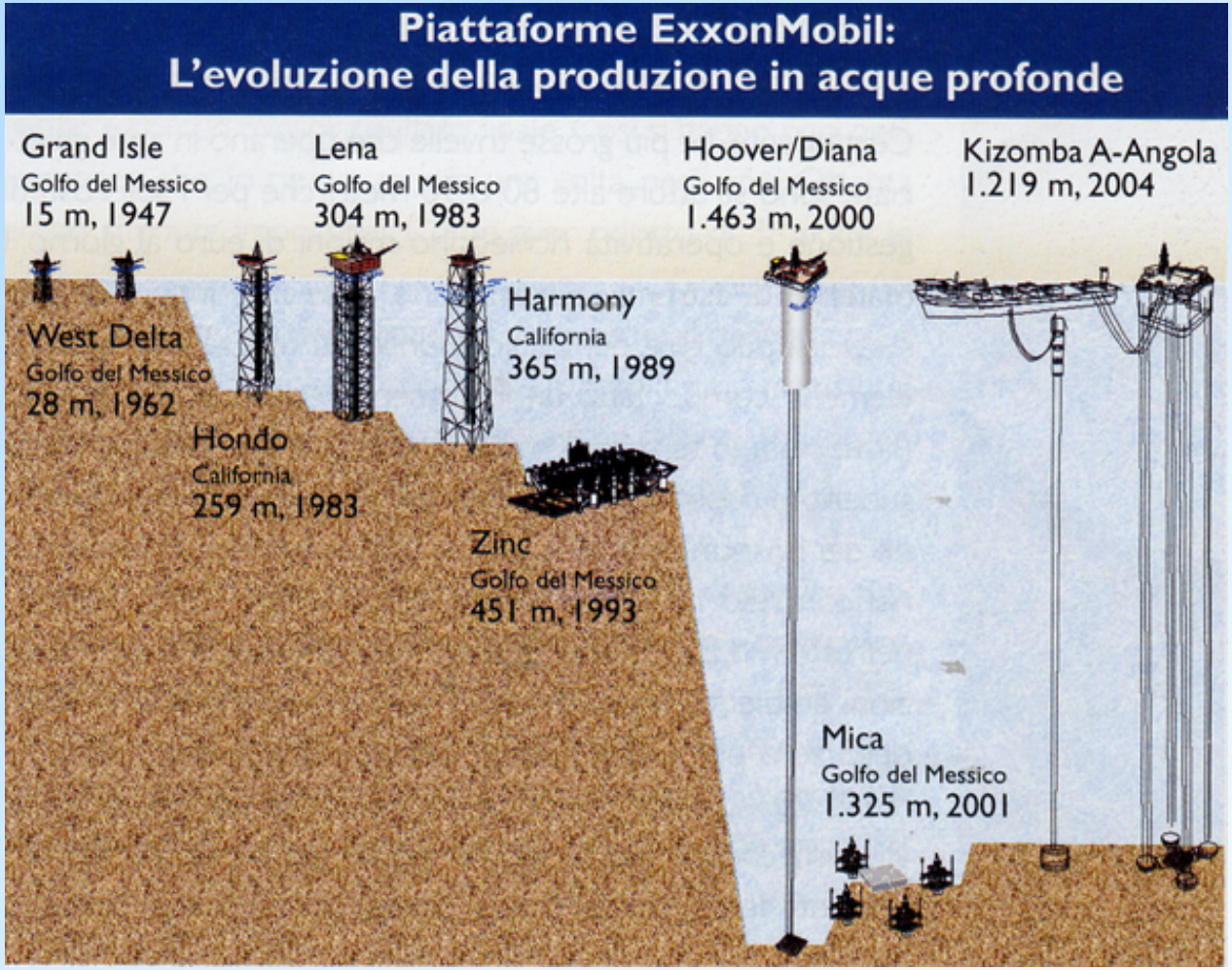
Doccia calda, 0.10 € gas

8 ore TV, 0.20 € elettricità

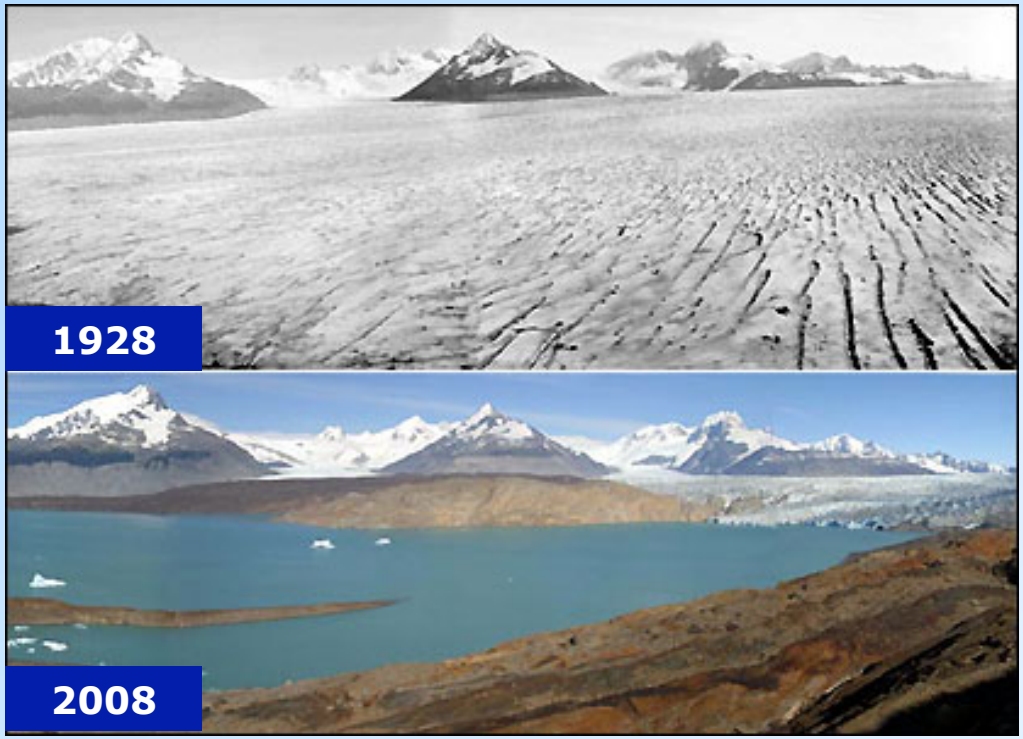
Andamento nelle scoperte di nuovi giacimenti di petrolio 1930-2040



La tecnologia ci permette di esplorare sempre più in profondità, MA C'E' UN LIMITE

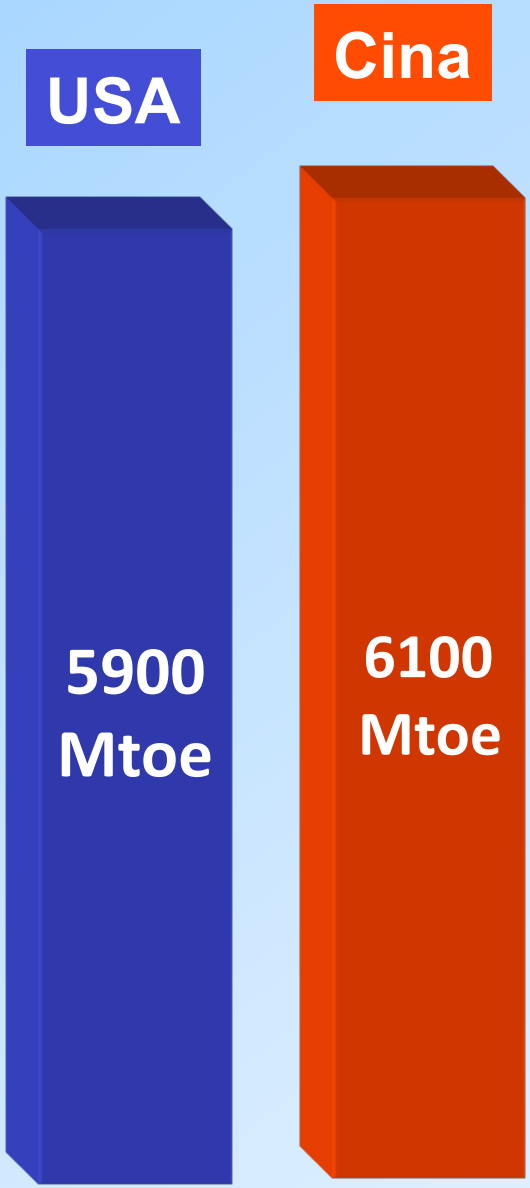


… E C'E' UN ALTRO PROBLEMA, AL MOMENTO PIU' IMPELLENTE

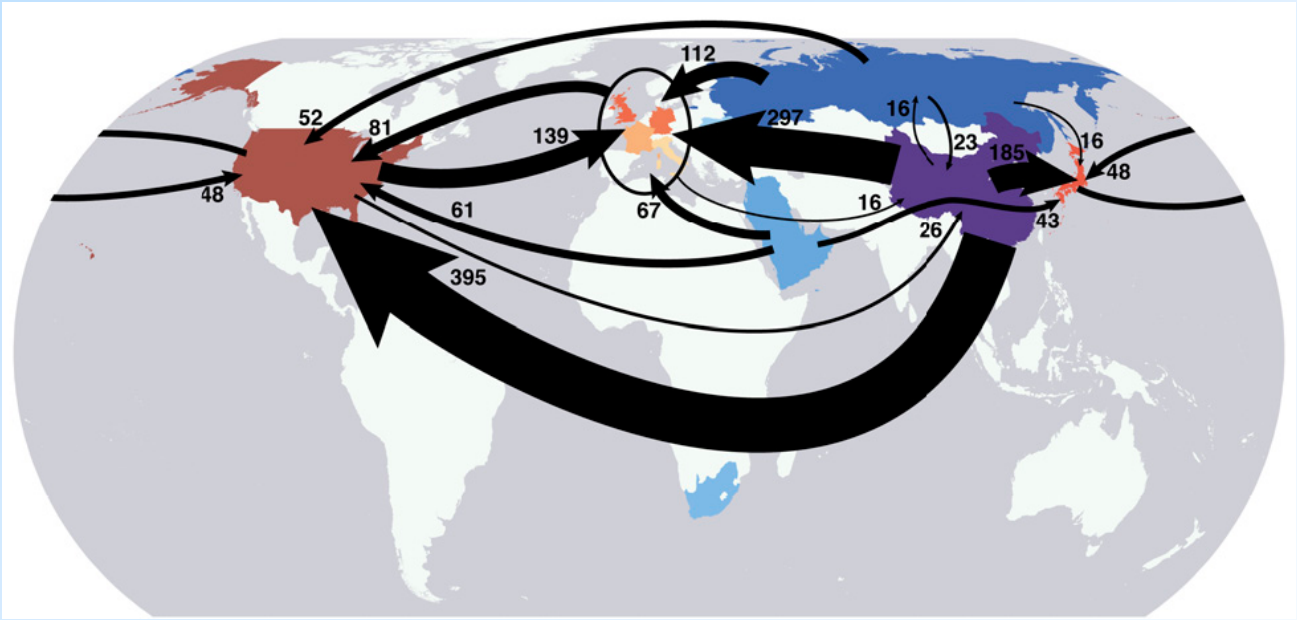


IL CONSUMO MASSICCIO DEI COMBUSTIBILI FOSSILI ALTERA IL CLIMA

Emissioni CO_2: la Cina ha superato gli USA



ma attenzione, c'è un "traffico" … nascosto



P. Natl. Acad. Sci. U.S.A. **2010**, *107*, 5687

L'ATTUALE SISTEMA ENERGETICO E' INSOSTENIBILE

MA … QUANTE OPZIONI ABBIAMO A DISPOSIZIONE?

5 (CINQUE)

2 sono <u>ESAURIBILI</u> (decenni o secoli)

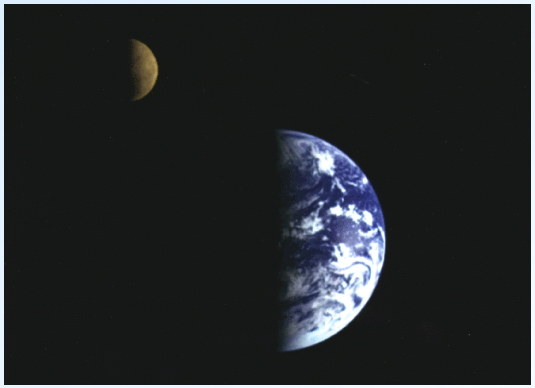
COMBUSTIBILI FOSSILI
(energia solare immagazzinata)

ENERGIA NUCLEARE
(elementi chimici "fissili": uranio, torio)

3 sono <u>INESAURIBILI</u>

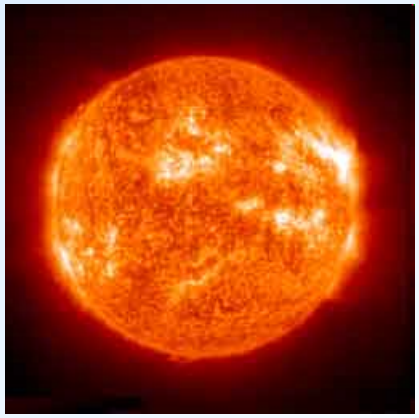
CALORE DEL SOTTOSUOLO
(Energia Geotermica)

ENERGIA GRAVITAZIONALE
(interazione Terra/Luna: maree)

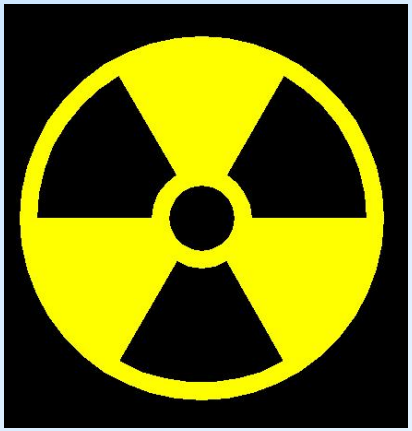


Energia Solare diretta e indiretta

L'energia solare ha una carattersitica singolare: è l'unica di origine <u>EXTRATERRESTRE</u>



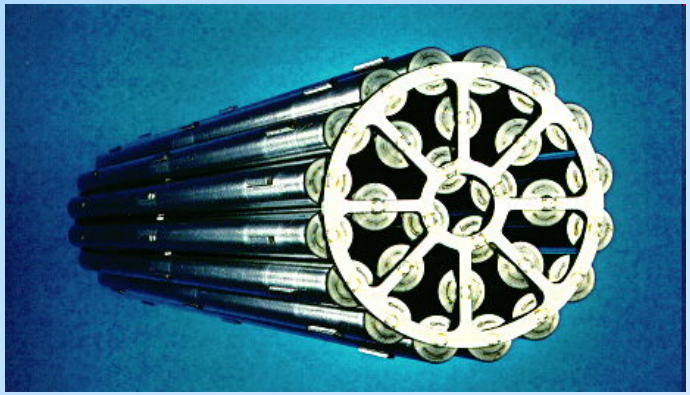
ENERGIA NUCLEARE



Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

L'ENERGIA NUCLEARE E' FANTASTICA

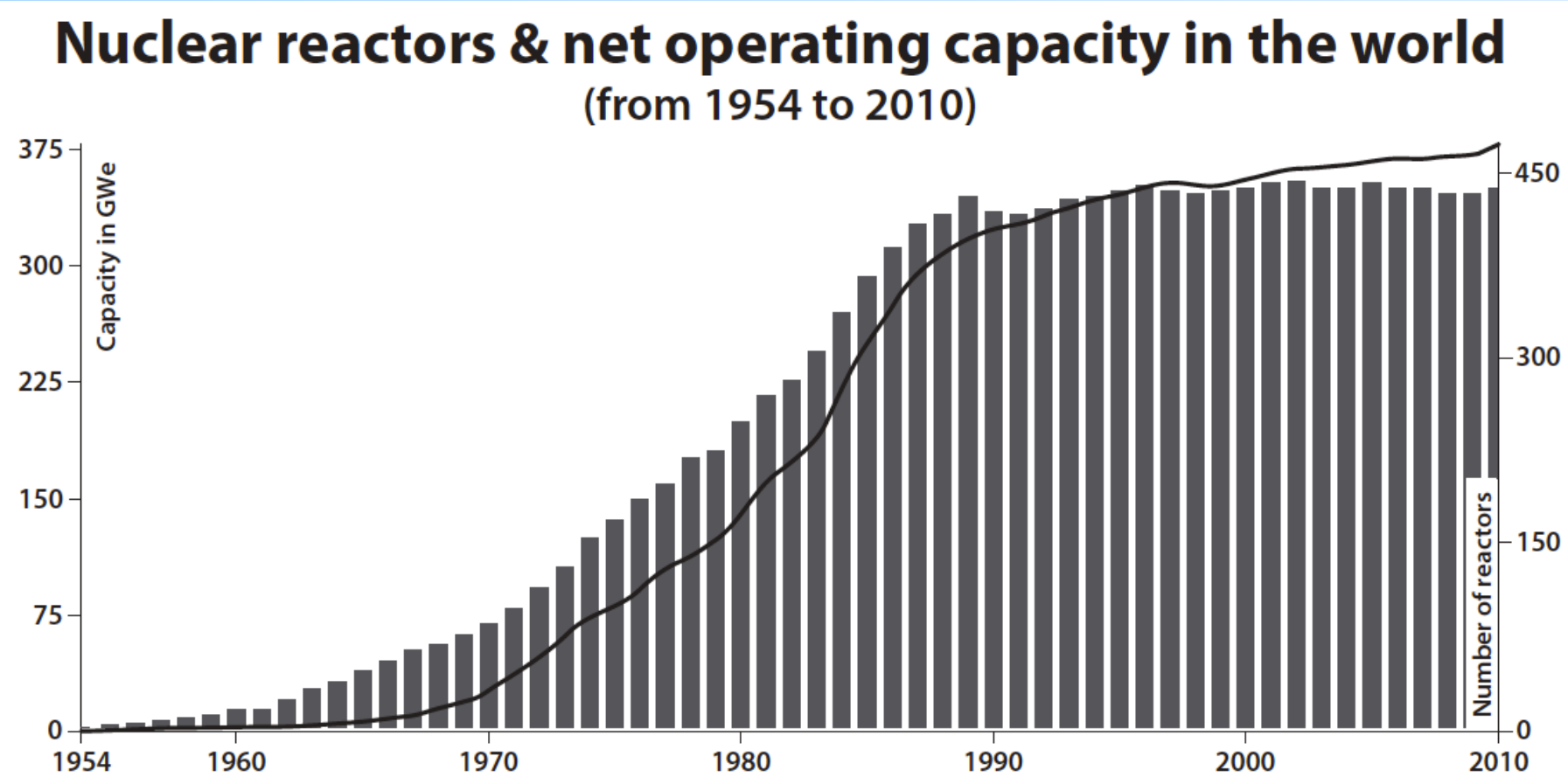
Per una centrale elettrica da 1000 MW



25 ton/anno di barre di uranio arricchito

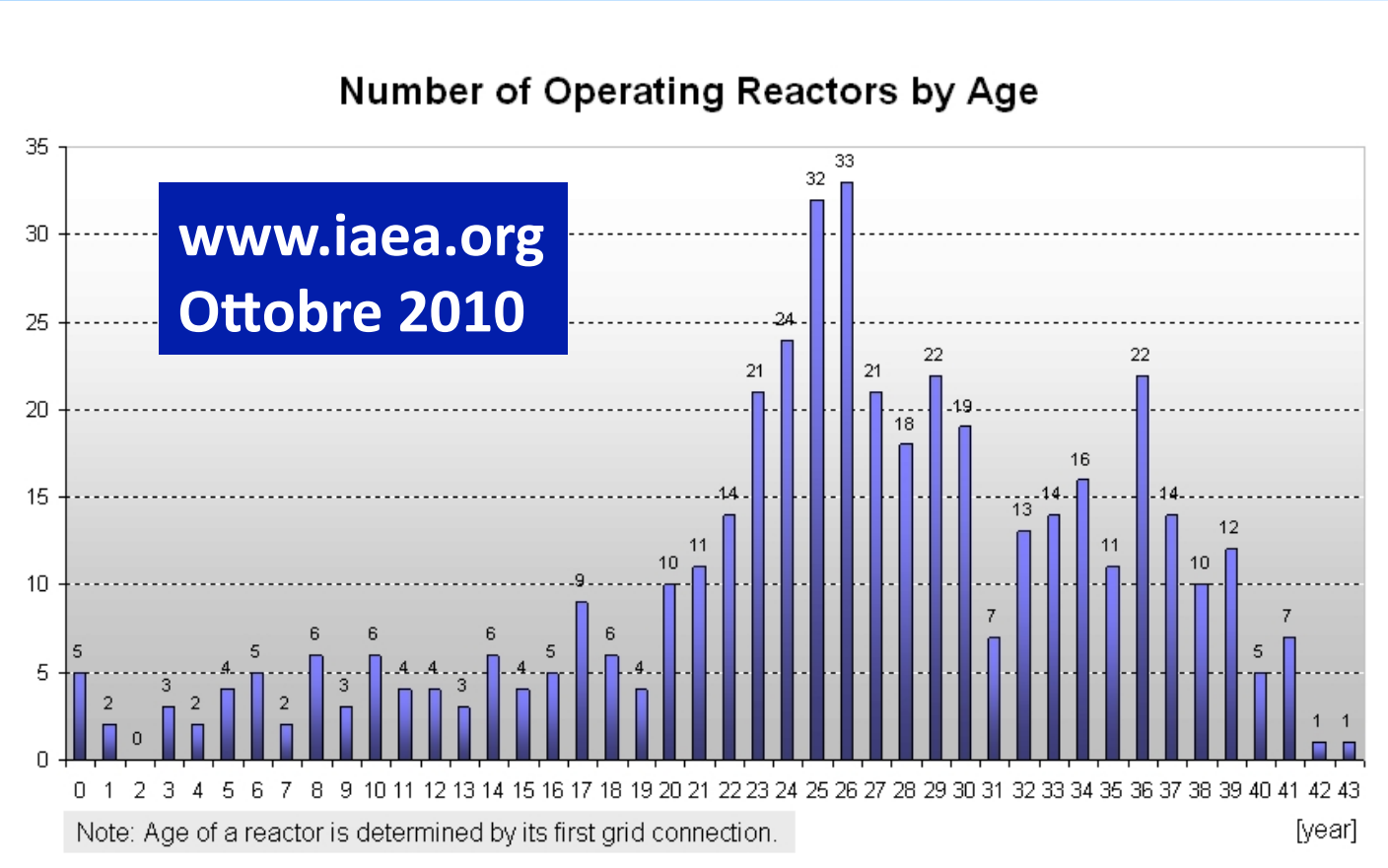
2,5 milioni di ton/anno di carbone

SVILUPPO MONDIALE DELL'ENERGIA NUCLEARE, 1954-2009



N. Armaroli, V. Balzani
Energy for a Sustainable World
Wiley-VCH, 2011, p. 131

ETA' DEI 441 REATTORI OPERATIVI NEL MONDO



60 "nuovi" reattori in costruzione nel mondo: non riusciranno a rimpiazzare le centrali che dovranno essere pensionate

Perchè il nucleare è in crisi da 30 anni?

- Gli incidenti di Chernobyl e Three Mile Island hanno minato la accettabilità sociale della tecnologia

- La LIBERALIZZAZIONE DEI MERCATI ENERGETICI (= lo Stato esce dalla partita) ha di fatto tagliato le gambe all'energia nucleare

- Nessuna impresa privata è disposta ad investire in un settore così ad alto rischio senza precise garanzie e coperture da parte delle finanze pubbliche

L'ENERGIA NUCLEARE NON SOPRAVVIVE IN REGIME DI LIBERO MERCATO

Il progetto EPR Olkiluoto 3, Finlandia

- Richiesta autorizzazione: 2000
- Inizio produzione previsto: 2009
- Inizio produzione stimato: 2013
- Sforamento budget: 2.5 miliardi € (+ 75%, sinora)
- Nel 2008 l'Autorità pubblica di controllo finlandese STUK ha riscontrato nel cantiere oltre 2100 "non conformità"

Che si tratti di un fiasco, non è un gran segreto

International Herald Tribune

FRIDAY, MAY 29, 2009 — THE GLOBAL EDITION OF THE NEW YORK TIMES — GLOBAL.NYTIMES.COM

In Gaza, nothing to do but get angrier

GAZA

Four months after Israel battered the coastal strip, it remains an oasis of pain

BY ETHAN BRONNER

Dozens of families sift in tents amid collapsed buildings and rusting pipes. With construction materials barred, a few are building mud-brick homes. Everything but food and medicine has to be smuggled through desert tunnels from Egypt. Among the most sought-after items is an addictive pain reliever used to fight depression.

Four months after Israel waged a war here to stop Hamas rocket fire and two

Nuclear power renaissance stalls in Finland

OLKILUOTO, FINLAND

BY JAMES KANTER

The massive power plant under construction on muddy terrain here was to be the showpiece for a coming nuclear renaissance.

The most powerful reactor ever built, its modular design was supposed to allow it to be built quickly and with greater certainty about costs, just in time to meet the clamor for cleaner sources of energy to combat global warming. The plant was to be the first in a wave of simpler and safer nuclear plants.

But things are not working out as planned.

After four years of construction and thousands of recorded defects and deficiencies, the original €3 billion, or $4.2 billion, price tag on the Olkiluoto reactor has climbed at least 50 percent. The reactor was supposed to be completed this summer, but work is so far behind schedule that Areva, the French company building the facility, and Teollisuuden Voima, the utility that ordered it, no longer are willing to predict with certainty when it will go online.

"We have had it easy here," said Juuti Ilkonmiemi, the project manager at Olkiluoto. At least it is a geologically stable site. Earthquake risks in places like China and the United States or even the threat of storm surges mean that building these new reactors will be even trickier elsewhere, he said.

The story is likely to be the same around Europe and in the United States as governments reopen the door to nuclear power.

Areva and its backers maintain that a new fleet of reactors known as EPRs would be standardized down to "the carpeting and wallpaper," resulting in significant cost benefits, according to Michael J. Wallace, the chairman of Unistar Nuclear Energy, a joint venture between Constellation Energy, the east coast utility, and Areva.

Yet despite streamlined approvals, government loan guarantees and other incentives for utilities, early experience suggests that these new reactors will be no easier or less costly to build than those of a quarter-century ago, when soaring cost overruns — as well as accidents at Three Mile Island and Chernobyl — brought the construction boom to a halt.

A clone of the Finnish reactor now under construction in Flamanville, France, is also behind schedule and over budget, raising doubts about the industry's con-

NUCLEAR, PAGE 10

A reactor pressure vessel model in Finland.

Renewed interest

Construction began on 10 nuclear reactors in 2008, the most since 1985, as governments sought to meet energy demand and reduce reliance on fuels that contribute to climate change.

CONSTRUCTION STARTS OF NUCLEAR POWER PLANTS

REACTORS UNDER CONSTRUCTION, 2009

China	12
Russia	8
India	6
South Korea	5
Bulgaria	2
Japan	2
Taiwan	2
Ukraine	2
Argentina	1
Finland	1
France	1
Iran	1
Pakistan	1
United States*	1

*Ordered in 1970; construction suspended in 1985; plan to resume construction announced in 2007.

Source: International Atomic Energy Agency

International Herald Tribune 29 Maggio **2009**

Uranio: indipendenza energetica europea?

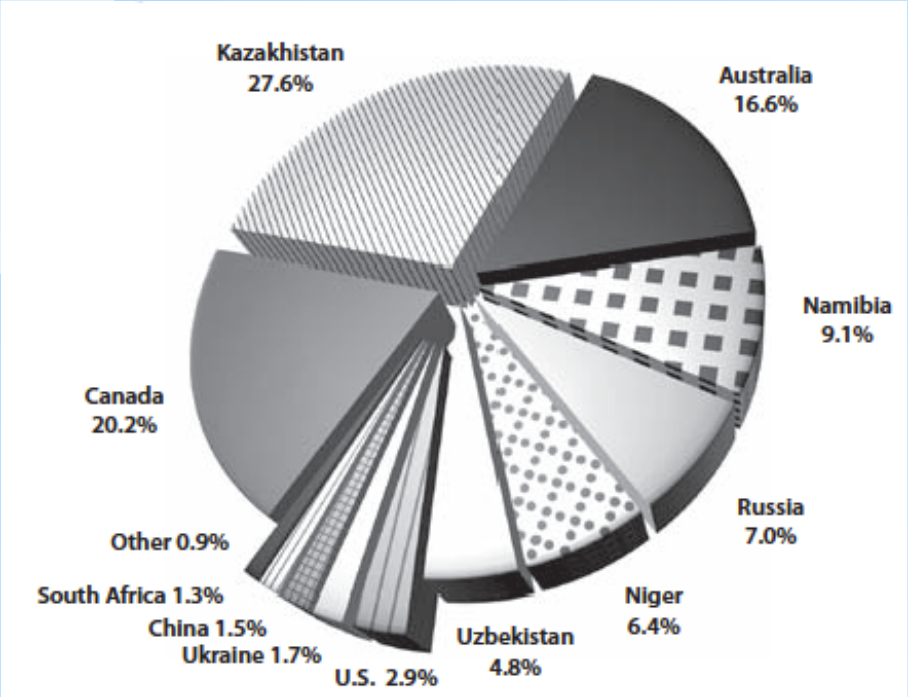
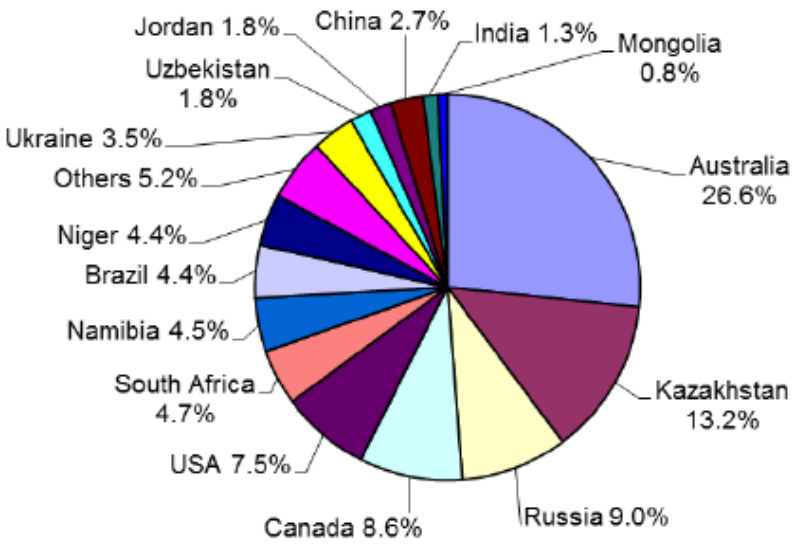


Figure 6.6 Distribution of Identified Uranium Resources (RAR plus IR) at less than US$ 260/kgU production costs. Total at 1 January 2009: 6 306 000 tU (Source: adapted from NEA/IAEA, 2010)



Un mito da sfatare

World Energy Council, ***2010***

IL PROBLEMA DELLA MESSA IN SICUREZZA DELLE SCORIE RADIOATTIVE RESTA DEL TUTTO IRRISOLTO

Il progetto USA YUCCA MOUNTAIN

Partito nel 1982

Certificato sicuro per 10 mila anni (???)

Costo complessivo 80 miliardi di dollari

Apertura pianificata varie Volte tra il 1998 e il 2020

Cancellato nel 2009

Allo stato attuale, servirebbe nel mondo una deposito delle dimensioni di Yucca Mountain ogni 2 anni

AL DI LA' DEI PROBLEMI TECNICI ED ECONOMICI, L'ENERGIA NUCLEARE E' LA STRADA GIUSTA PER RENDERE IL NOSTRO PIANETA PIU' SICURO?

The New York Times
nytimes.com

PRINTER-FRIENDLY FORMAT SPONSORED BY slumd millionai

October 28, 2008

Rate of Nuclear Thefts 'Disturbingly High,' Monitoring Chief Says

By NEIL MACFARQUHAR

UNITED NATIONS — Mohamed ElBaradei, the chief of the International Atomic Energy Agency, said in a speech on Monday that the number of reports of nuclear or radioactive material stolen around the world last year was "disturbingly high."

Dr. ElBaradei, in his annual report to the General Assembly, said nearly 250 such thefts were reported in the year ending in June.

NEWS IN BRIEF

Italian mafia accused of trafficking nuclear waste

Italy's anti-mafia squad has launched an official investigation into allegations of illegal trafficking and disposal of nuclear waste — as well as clandestine production of plutonium — by managers of the Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment (ENEA).

Eight former employees of ENEA's Trisaia research centre in the southern town of Rotondella, and two alleged members of the 'Ndrangheta mafia, are under suspicion following a decade-long inquiry. Trisaia is now a multidisciplinary research centre, but in the 1970s and 1980s it specialized in nuclear waste processing and storage.

A mafia informer told the anti-mafia bureau in Potenza that an ENEA manager paid the 'Ndrangheta mafia to get rid of 600 drums of nuclear and toxic waste from Germany, France, Switzerland and the United States in 1987. He claimed that the mafia disposed of the radioactive material at unauthorized, non-secure sites in southern Italy, Somalia and in the Mediterranean Sea.

Investigators also suspect that the centre illegally produced plutonium during the 1980s, which the mafia allegedly sent to Iraq. ENEA denies all charges and says

Nature **2007**, *449*, 768

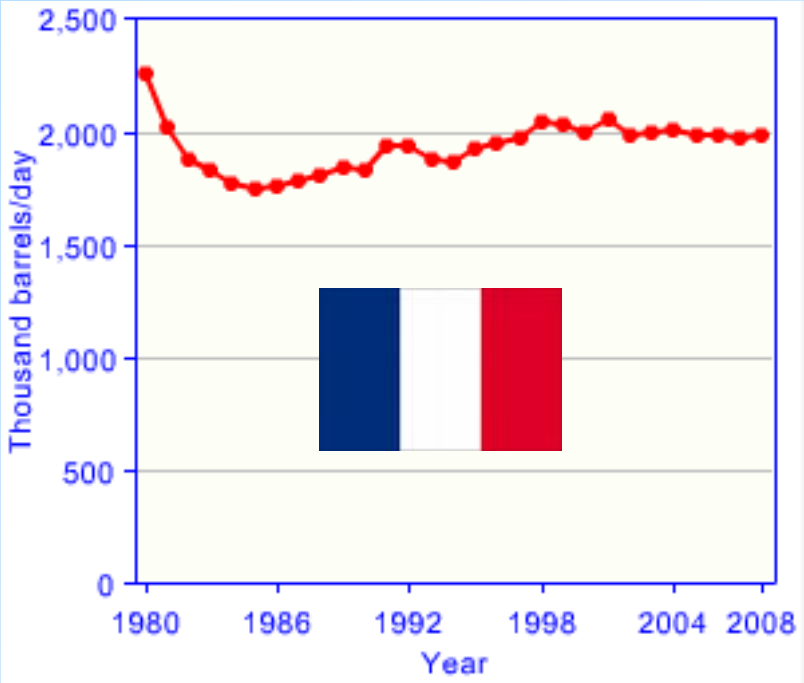
Ricordiamoci che viviamo in un mondo molto fragile

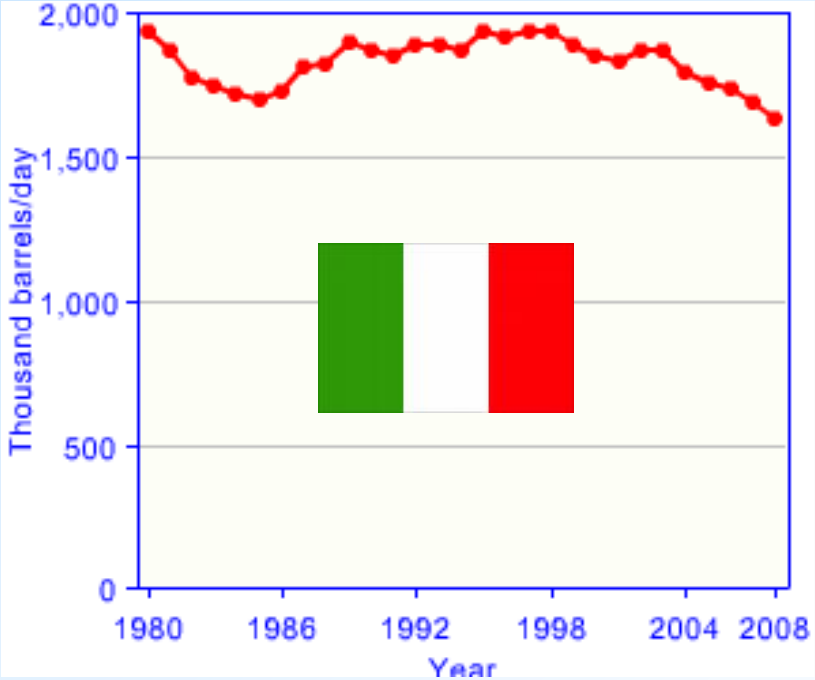
UNO SGUARDO ALL'ITALIA

IL NUCLEARE SOSTITUISCE IL PETROLIO?

Produzione elettrica per via nucleare:
Francia 78%, Italia 0% (n. di abitanti: identico, ~ 60 mil.)

CONSUMI DI PETROLIO: più alti in Francia





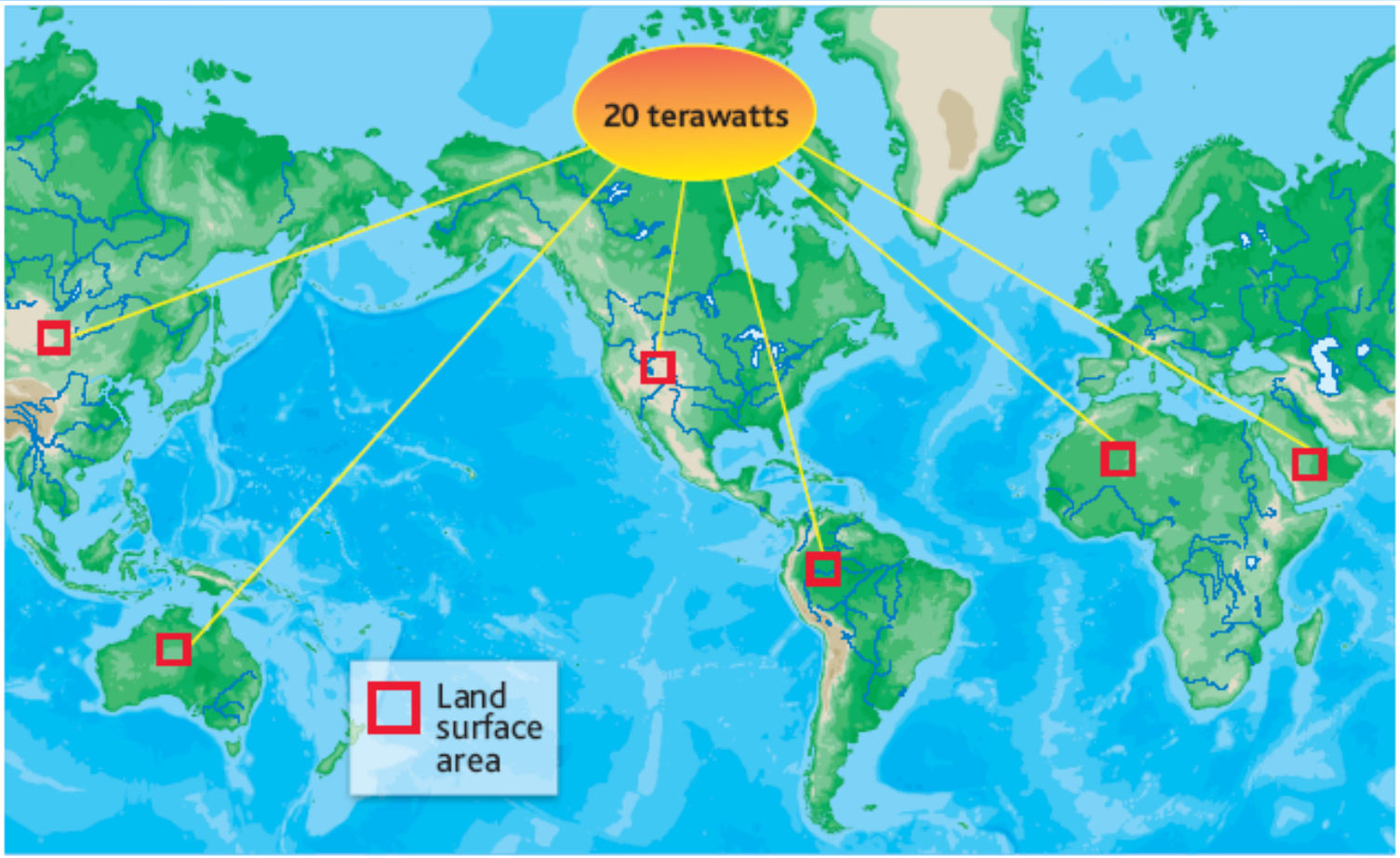
Fonte: EIA, U.S. Dept. of Energy, 2010

ENERGIA SOLARE

Il vantaggio n. 1 del sole: l'abbondanza

Richiesta media di potenza energetica mondiale: 15 TW

Flusso di energia solare sulla superficie terrestre: 170000 TW



Global need. This map shows the amount of land needed to generate 20 TW with 10% efficient solar cells.

Science, 2005, **309**, 548

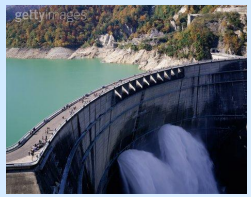
Il problema n.1 del sole: **la diluizione**

Valori di **densità di potenza** di alcune tecnologie energetiche

FOSSILI: 1000-10000 W/m^2

FOTOV. 20-60 W/m^2

IDRO 10-50 W/m^2

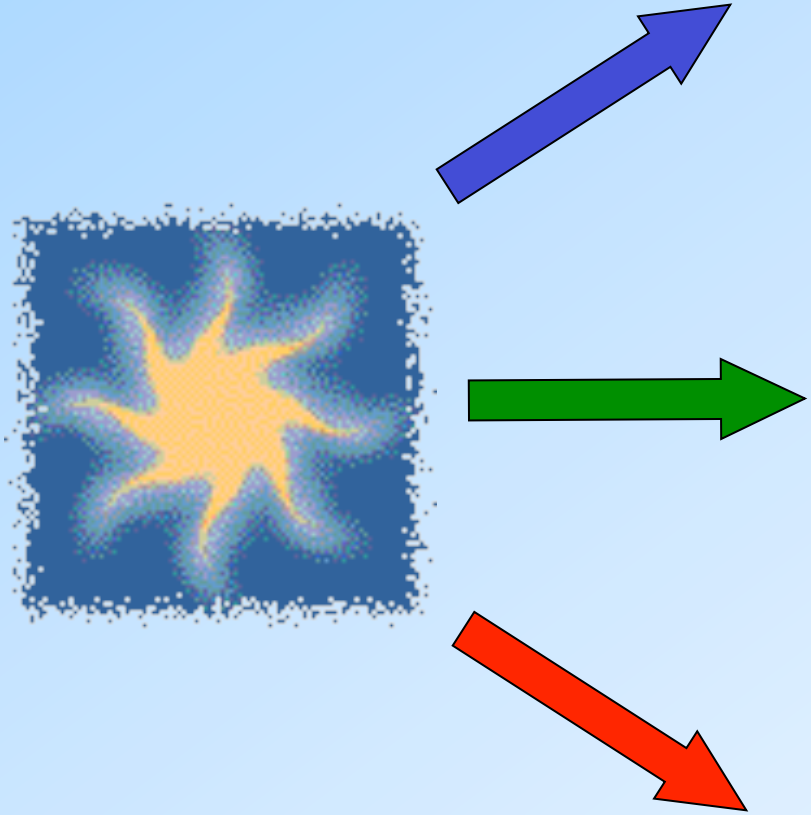


EOLICO 10-50 W/m^2

BIOMASSE 0.1-1.2 W/m^2

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

Cosa possiamo fare con l'energia solare



Elettricità
(Sistemi fotovoltaici, Solare a concentrazione)

Combustibili
(biomasse, …)

Calore
(Pannelli solari, …)

ENERGIA SOLARE
COME CONCENTRARLA

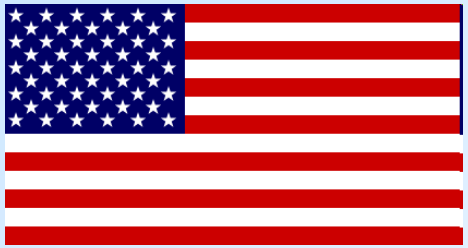
Collettori parabolici

Collettori a disco con motore termico

Torri solari

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

Mojave Desert, California



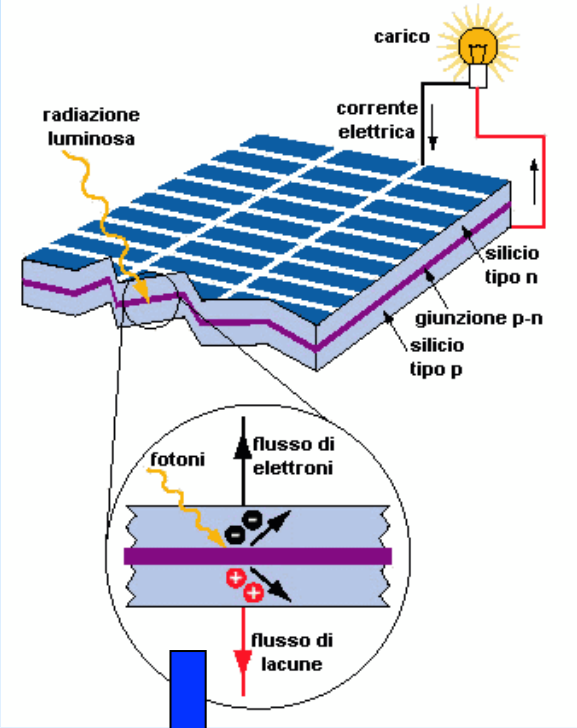
Collettori Parabolici 354 MW

Andalusia, SPAGNA

Torri solari 30 MW

ENERGIA SOLARE

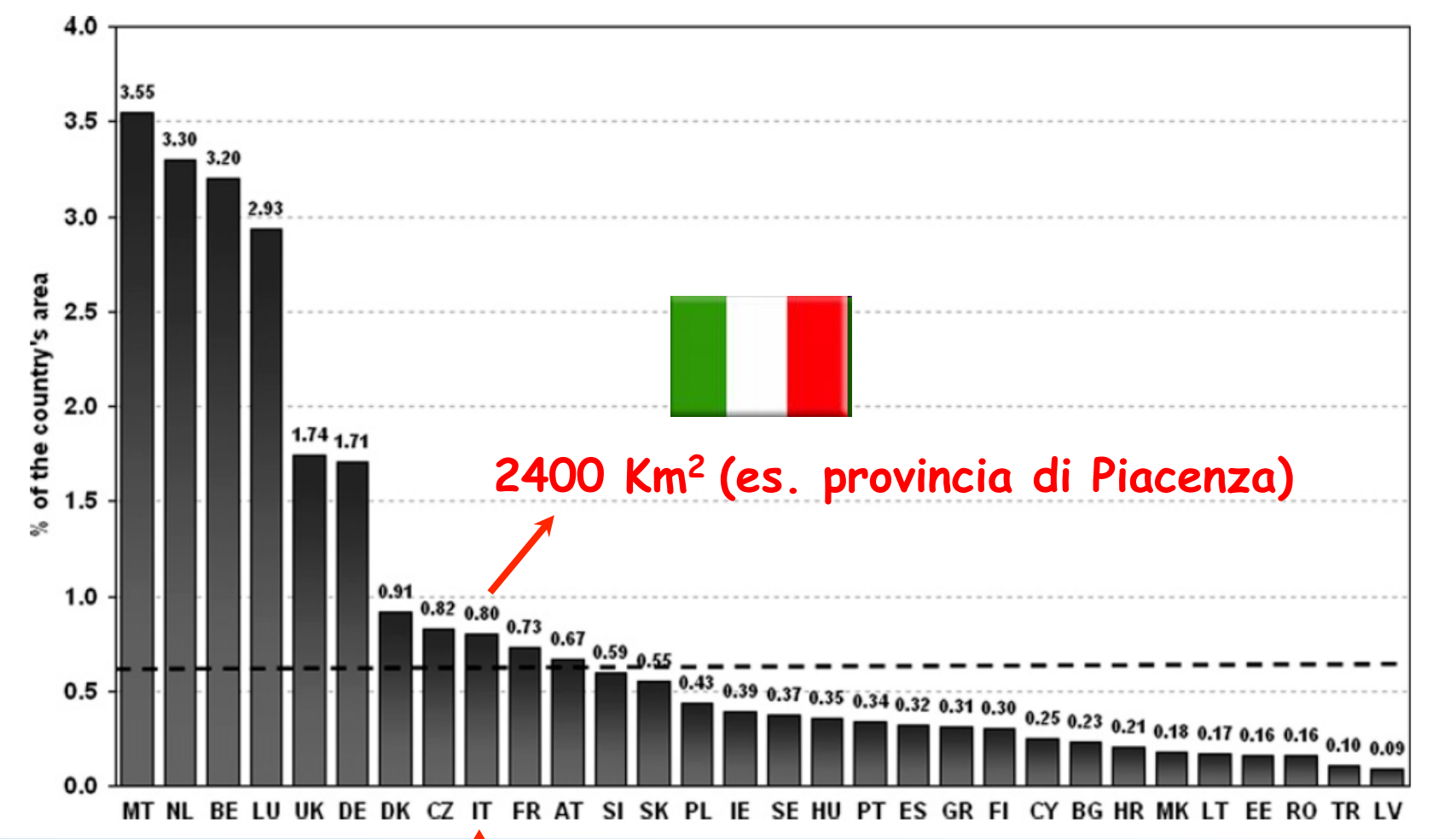
(ELETTRICITÀ)



Spessore di centinaia di micron (fraz. di mm)

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

POTENZIALE FOTOVOLTAICO EUROPEO: superficie di pannelli PV montati ad angolazione ottimale per **soddisfare il 100% del fabbisogno elettrico di ogni nazione** UE (espresso come percentuale della superficie nazionale). Linea tratteggiata: media europea, 0.6%



Sol. Energy **2007**, *81*, 1295

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

ENERGIA SOLARE
CALORE SU PICCOLA SCALA

Pannelli solari termici

Forni solari

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

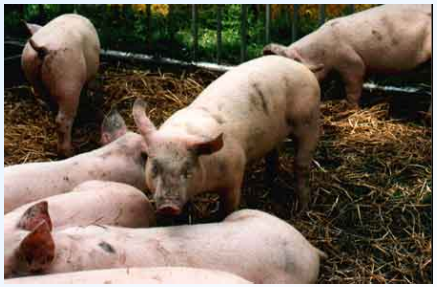
ENERGIA SOLARE
(COMBUSTIBILI)

BIOCOMBUSTIBILI, OGGI

BIOETANOLO per motori a benzina
(da granoturco, canna da zucchero, barbabietola, sorgo)

BIODIESEL per motori diesel
(da olii vegetali: colza, girasole, soia, palma, ecc.)

BIOGAS per ottenere metano
(da discariche RSU, reflui zootecnici, scarti ind. agroalimentare)



COMBUSTIBILI dal sole: prospettive

A) Migliorare la strategia attuale

LUCE SOLARE ⟶ CARBOIDRATI ⟶ COMBUSTIBILI (H_2, CH_3OH, …)

PRODURRE COMBUSTIBILI CON LA PARTE NON EDIBILE DELLE PIANTE: MATERIALI LIGNOCELLULOSICI

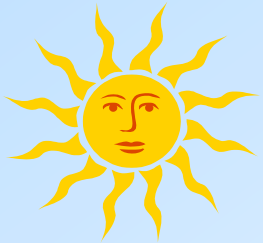
B) Cambiare strategia

LUCE SOLARE ~~⟶~~ ~~CARBOIDRATI~~ ~~⟶~~ COMBUSTIBILI (H_2, CH_3OH, …)

"COLTIVAZIONE" DI ORGANISMI CHE PRODUCONO COMBUSTIBILI: PRODUZIONE DI H_2 E FISSAZIONE DI CO_2 MEDIANTE ALGHE, BATTERI, ECC.

MA soprattutto … il Santo Graal della ricerca chimica

LA FOTOSINTESI ARTIFICIALE



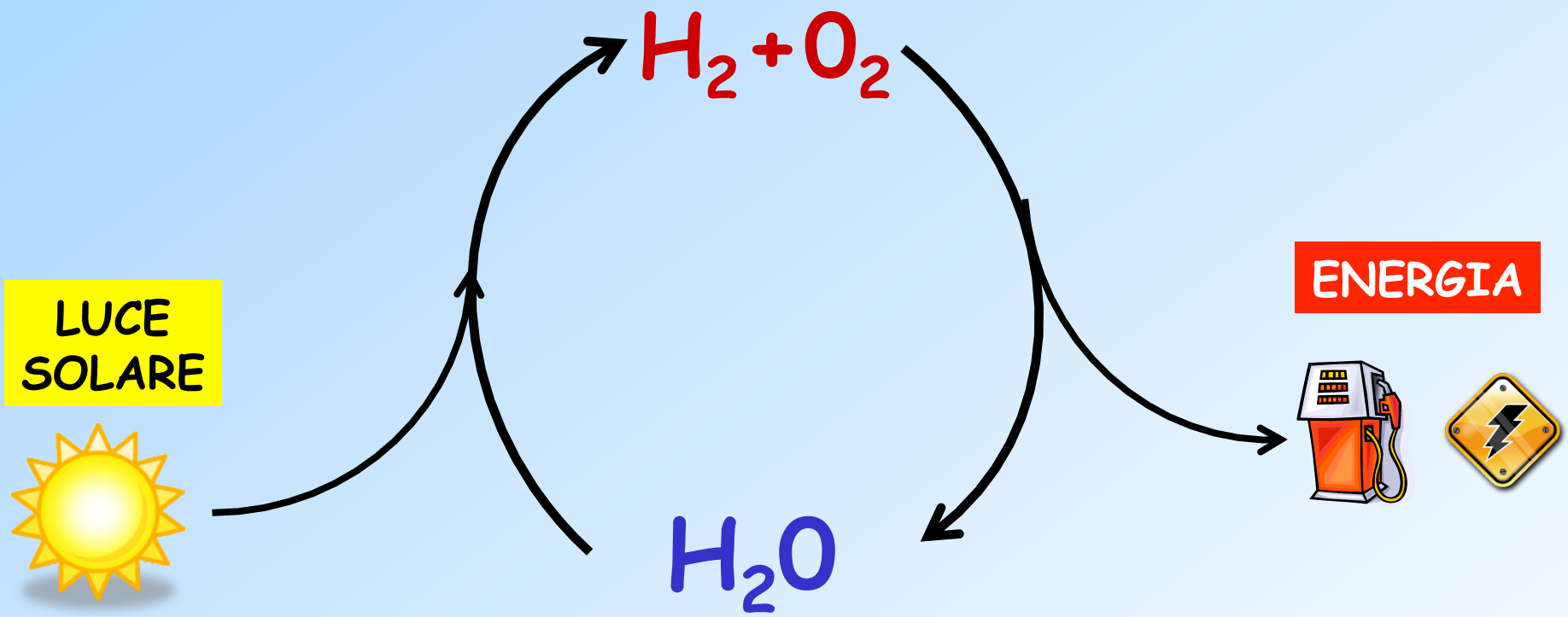
H_2O, CO_2

Complessi sistemi chimici

IDROGENO, METANO, ETANOLO

SONO NECESSARI GRANDI <u>INVESTIMENTI</u> NELLA RICERCA SCIENTIFICA

Fotosintesi artificiale: un processo circolare, "chiuso"



Combustibili fossili, INVECE: un processo lineare, "aperto"

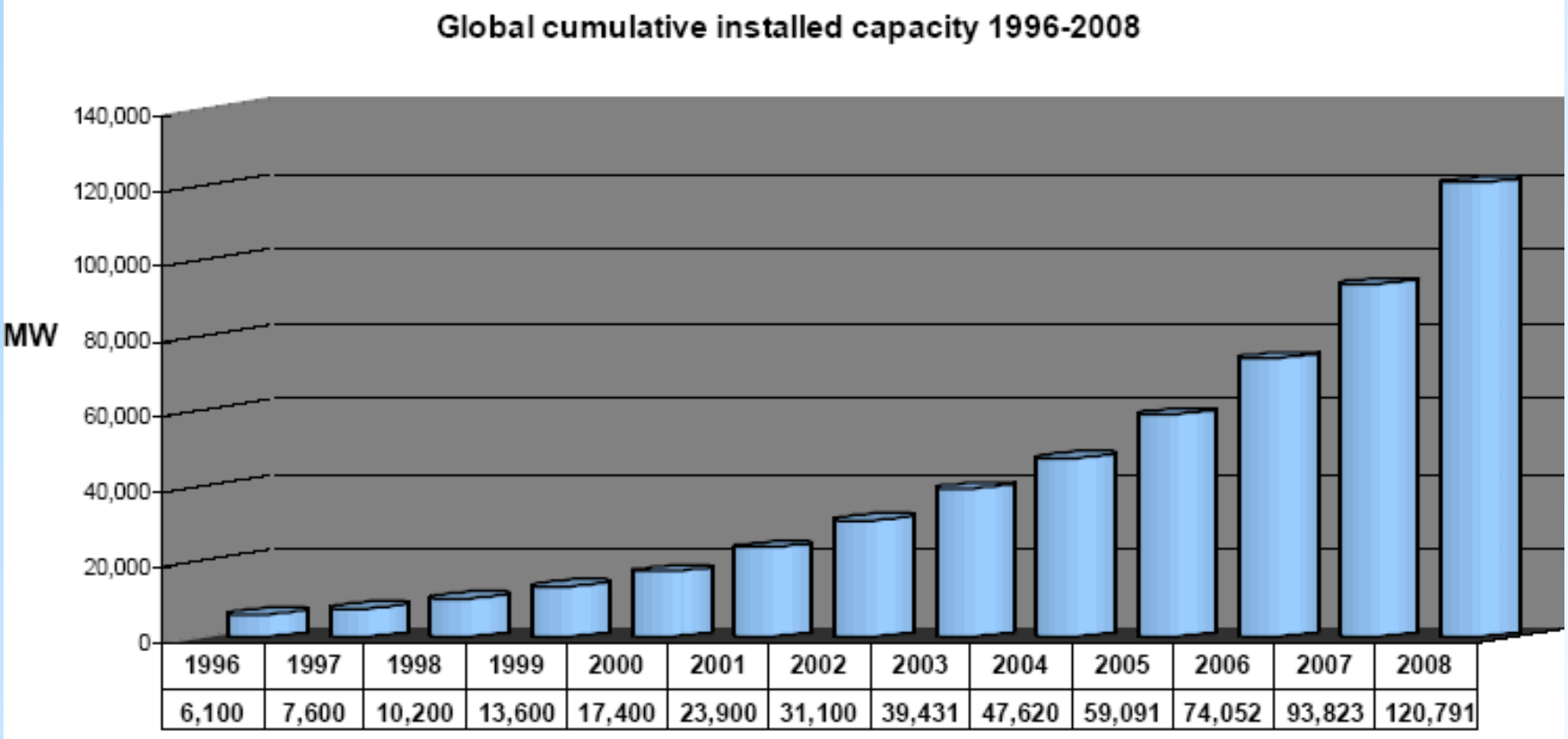
Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

ALTRE RINNOVABILI

ENERGIA EOLICA

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

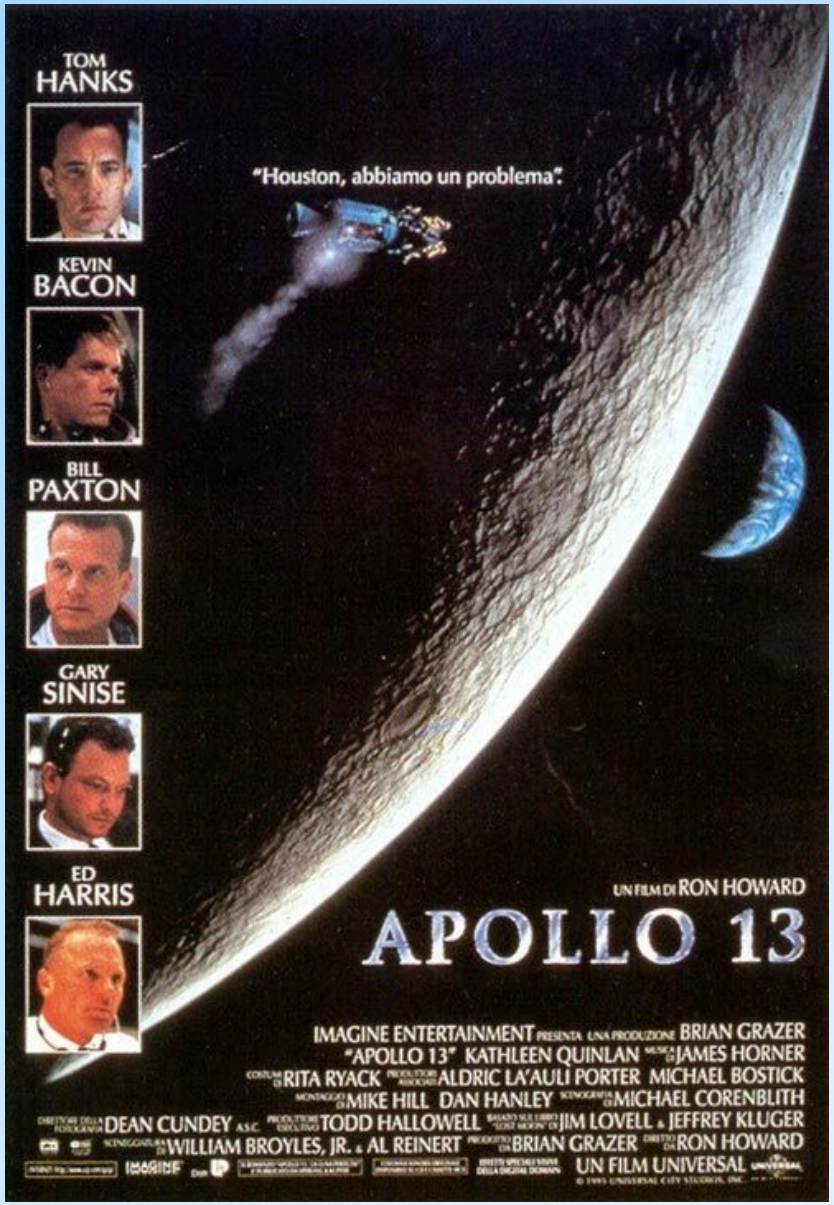
BOOM EOLICO MONDIALE 1996-2008



1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
6,100	7,600	10,200	13,600	17,400	23,900	31,100	39,431	47,620	59,091	74,052	93,823	120,791

"Come tutti quelli che vogliono esaurire un argomento non riuscì che ad esaurire gli ascoltatori"

Oscar Wilde



"Houston, abbiamo un problema"

Jack Swygert, 13 Aprile 1970
ore 3.13, CET

Sull'Astronave Terra ne abbiamo più di uno ...

- La popolazione aumenterà di altri 2 miliardi da qui al 2050 (a meno di ...)
- La domanda di cibo è destinata a raddoppiare
- Il consumo di energia è destinato a raddoppiare
- La pressione sulle risorse naturali (NON illimitate) aumenterà
- Il clima terrestre si sta riscaldando con conseguenze socio-economiche imprevedibili

La disponibilità di energia sostenibile può ALLEVIARE alcuni dei nostri problemi …

ACQUA

CIBO

SALUTE

RISORSE

ma NON tutti …

FORESTE

SUOLO

RISORSE ITTICHE

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

LA PRIMA COSA DA FARE: RIDURRE I CONSUMI (sic!) E GLI SPRECHI

CAPITOLO 3

Quanta energia sprechiamo?

Il buon senso c'era, ma stava nascosto
per paura del senso comune.

Alessandro Manzoni

Come abbiamo visto, il Secondo Principio della termodinamica pone limiti fisici insormontabili alla conversione utile dell'energia. Quando produciamo (cioè trasformiamo) energia, una quota più o meno ampia del prodotto finale è calore, che non potrà mai essere totalmente utilizzato. Lo spreco energetico è quindi, in un certo senso, una legge della fisica.

Purtroppo però l'enorme disponibilità di energia a basso costo, di cui parte dell'umanità ha goduto negli ultimi cinquant'anni, ha subdolamente ampliato lo spreco energetico ben oltre i vincoli fisici, rendendolo una delle caratteristiche principali del nostro stile di vita, spesso un autentico affronto al buon senso.

Oggi per esempio negli Stati Uniti soltanto il 44% dell'energia primaria si trasforma in servizio energetico utile: il 56% va perduto. Il sistema industriale potrebbe riciclare in parte questo «scarto», producendo una quantità di elettricità pari a quella di 65 centrali da 1000 MW. E un'azione di questo tipo renderebbe del tutto superata la travagliata di-

QUALE PUO' ESSERE UNA QUOTA ENERGETICA PRO CAPITE "DIGNITOSA"?

Dividendo i consumi mondiali di energia per il numero di tutti gli abitanti si ottiene un consumo medio a persona di

60 GJ

Un valore **MOLTO** interessante …

Consumo annuale medio pro capite EU attuale: 150 GJ

Più si consuma energia, migliore è la qualità della vita? ESEMPIO: i trasporti

SHINKANSEN

Consumo energetico:
5 volte meno di un auto

400 Km/h, ritardo medio: **5 sec**

Passeggeri trasportati: **6 miliardi**

Vittime per incidente: **ZERO**

VITTIME DELLA STRADA EU 25

41.300

Feriti 1.700.000

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

La responsabilità dei governi: il tempo delle SCELTE

"Gli investimenti federali degli Stati Uniti in ricerca energetica ammontano oggi a circa 3 miliardi di $/anno: meno di due giorni di spesa del Pentagono."

Jeffrey D. Sachs, *Sci. Am., Feb* **2009**, p. 23

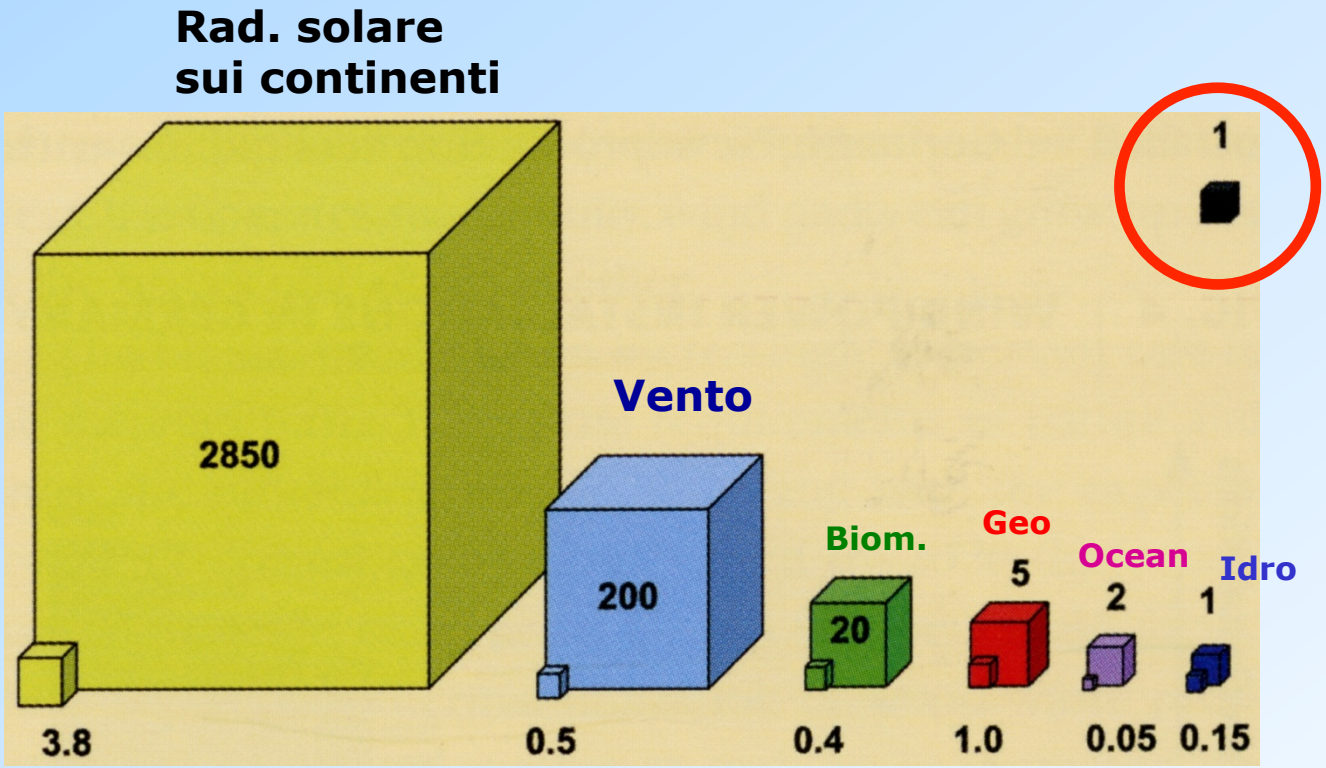
Qualcosa si muove - EUROPA

OBIETTIVO 20-20-20

Le nazioni UE detengono lo
0.5, 1.6, e 3.5 %
delle riserve provate di
petrolio, gas, e carbone rispettivamente,
e non hanno riserve significative di uranio

LA NOSTRA INVIDIABILE PROSPERITA' E' BASATA SU RISORSE PROVENIENTI DA ALTRI CONTINENTI

Ma basteranno le risorse energetiche rinnovabili …?



CUBI PICCOLI: Frazione di ogni fonte che è tecnicamente, economicamente ed ecologicamente sfruttabile

R. Wengenmay , T. Bührke (Eds.), *Renewable Energy*, Wiley-VCH, ***2008***

… E … I (NOSTRI) QUATTRINI?

100 GW di pannelli FV
(2 volte la domanda elettrica media)

400 miliardi di €

2.000.000 nuove auto l'anno (15.000 €/auto)

30 miliardi di €

36 milioni di auto in circol. (3.000 €/auto)

108 miliardi di €

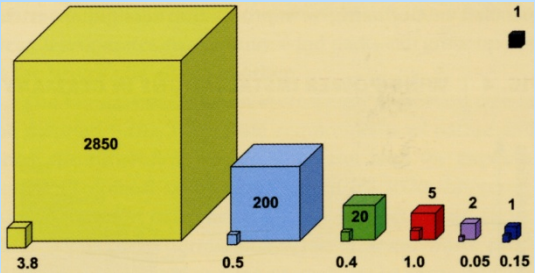
400 miliardi di €
25 ANNI

138 miliardi di €
L'ANNO

Nicola Armaroli CNR-ISOF, Bologna

- Siamo tutti sulla stessa astronave. Un'astronave con … MOLTI problemi
- La condizione minima per riuscire a non farsi male è cambiare con decisione il sistema energetico, passando alle energie solari. Le uniche che ci svincolano dai limiti inesorabili della nostra astronave

- PERO' nessuna tecnologia solare potrà mai vincere l'ignoranza, lo spreco e il disprezzo dei limiti fisici della biosfera.
- Il lungo cammino della transizione energetica è un'affascinante e difficile sfida scientifica e tecnologica.
  Ma ancor più, una sfida culturale, morale e civile verso la SOBRIETÀ e la RESPONSABILITÀ individuale e collettiva



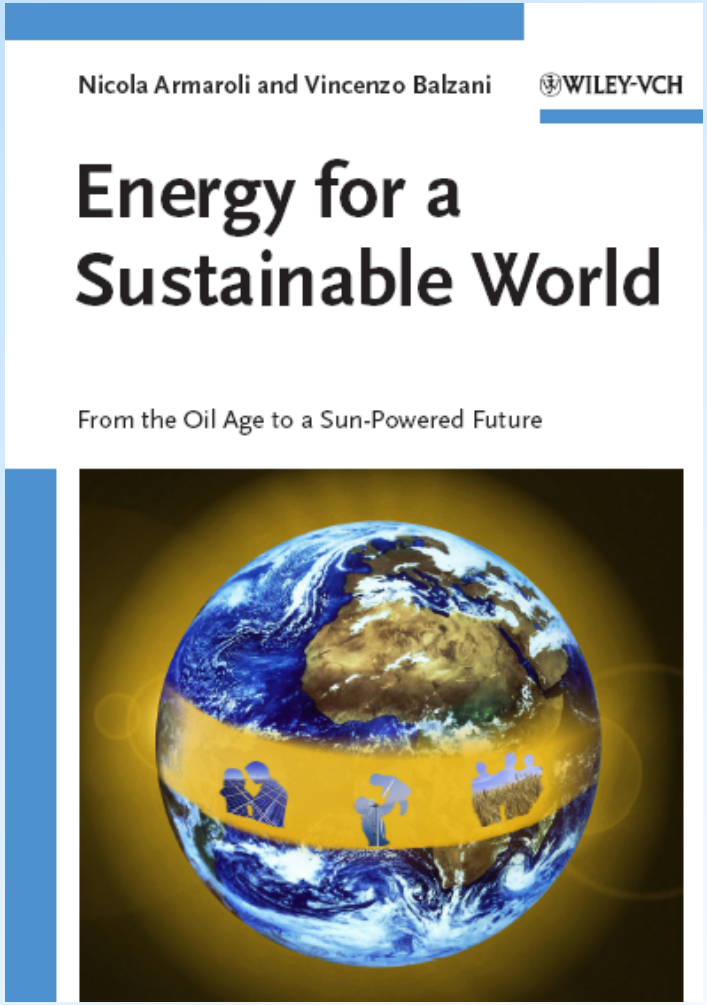
Agisci come se quello che fai facesse la differenza. La fa

William James

www.energiaperilfuturo.it

Per saperne di più

2008



2011