

Energia, risorse e ambiente

Vincenzo Balzani

Dipartimento di Chimica "Giacomo Ciamician"

Università di Bologna

vincenzo.balzani@unibo.it

Liceo Scientifico Enrico Fermi

Bologna, 23 novembre 2012

Se pensi
che l'istruzione
sia costosa,
prova l'ignoranza.

Derek Bok,
Harvard University, USA

vivere = usare energia

cibo

casa

Energia

trasporti

industrie

comunicazioni

...

Senza energia non si può fare nulla

Se vuoi capire bene una cosa
o un problema, prima di
tutto devi guardarli
da lontano

Italo Calvino

Foto scattata
dalla sonda
Cassini-Juygens
nel 2004,
quando si
trovava
presso gli anelli
di Saturno.

Questo è il nostro pianeta
la Terra



Earthrise



“We came all this way to explore the moon,
and the most important thing is that
we discovered the Earth”

L'astronave Terra

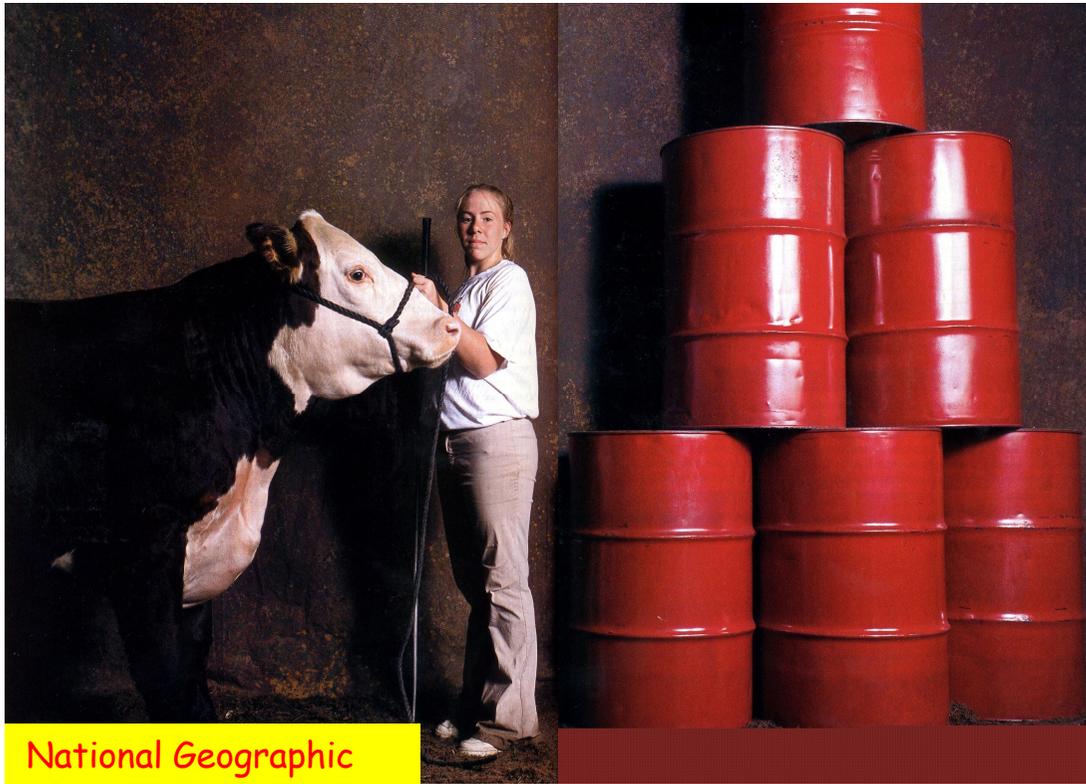


“passeggeri”: **7 miliardi**
che diventeranno
8 miliardi nel 2025

l' aumento è di
75 milioni all' anno

ogni minuto nascono
32 indiani e 24 cinesi

Energia “nascosta”



National Geographic

Per “fare” una mucca di 5 quintali sono necessari 6 barili (circa 1000 litri) di petrolio

Per “fare” 1 kg di carne di vitello si consumano “a monte” 7 litri di petrolio

Per far crescere pomodori di serra si consuma una quantità di energia **fino a 50 volte** **energetico**



maggiore del loro contenuto

Energia “nascosta”



Per fabbricare un PC
occorrono **1700 Kg** di
materiali vari, di cui **240 Kg**
di petrolio (energia)

Esso consuma **3/4**
dell'energia del suo ciclo
di vita **prima ancora di**
essere acceso



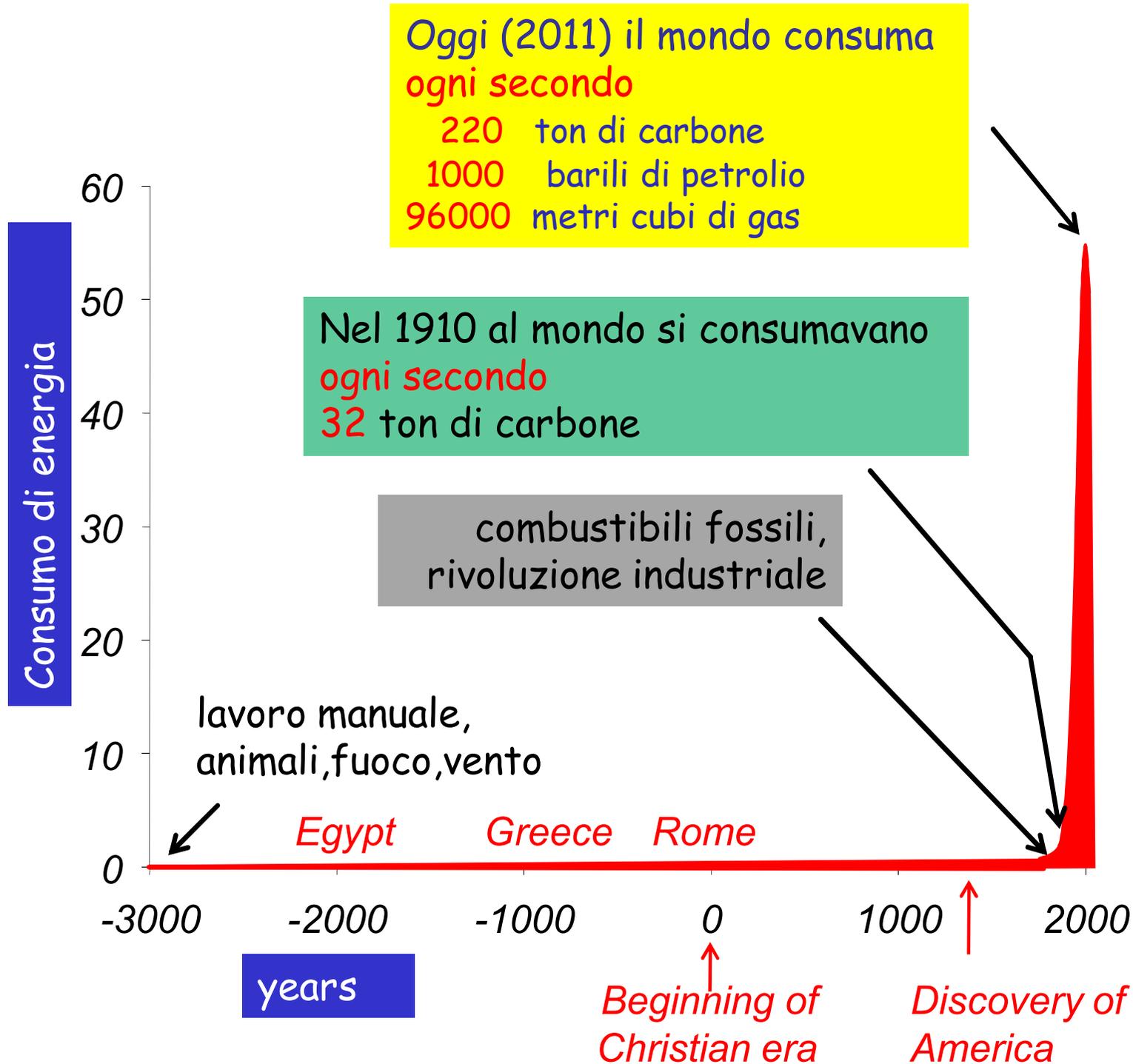
Messico

Stati Uniti

Il confine fra
Stati Uniti e
Messico

National Geographic

Consumo di energia nella storia della storia dell'uomo





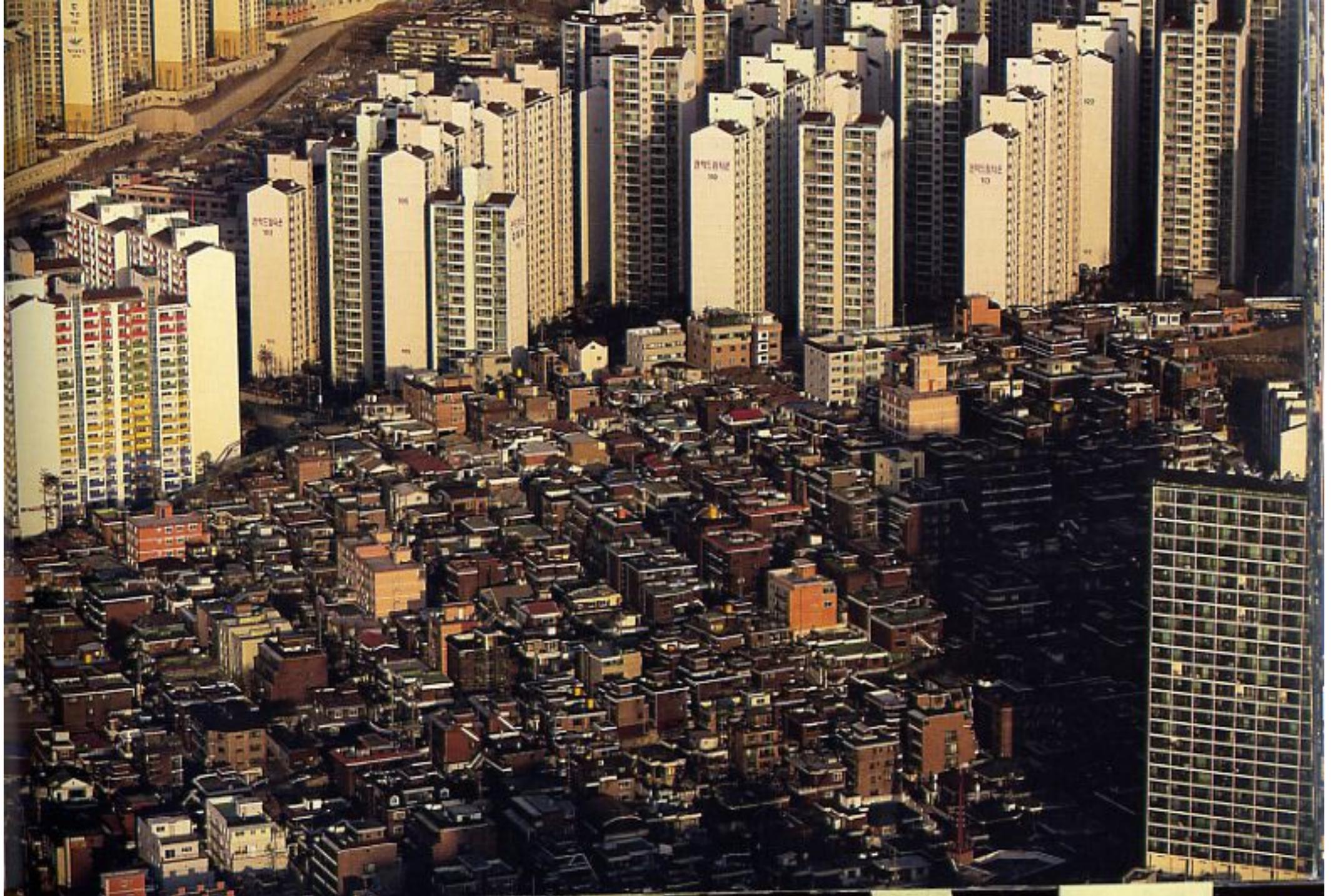
Miniera di carbone



Pozzi di petrolio



Estrazione di gas in mare



Una grande città: Seul



Uno svincolo autostradale in Giappone



Un'isola artificiale



Industria petrolifera



Agricoltura industrializzata



Allevamento intensivo di bestiame



Inquinamento atmosferico a San Paolo



Discarica ad Abidjan (Costa d'Avorio)



Scomparsa dei ghiacciai



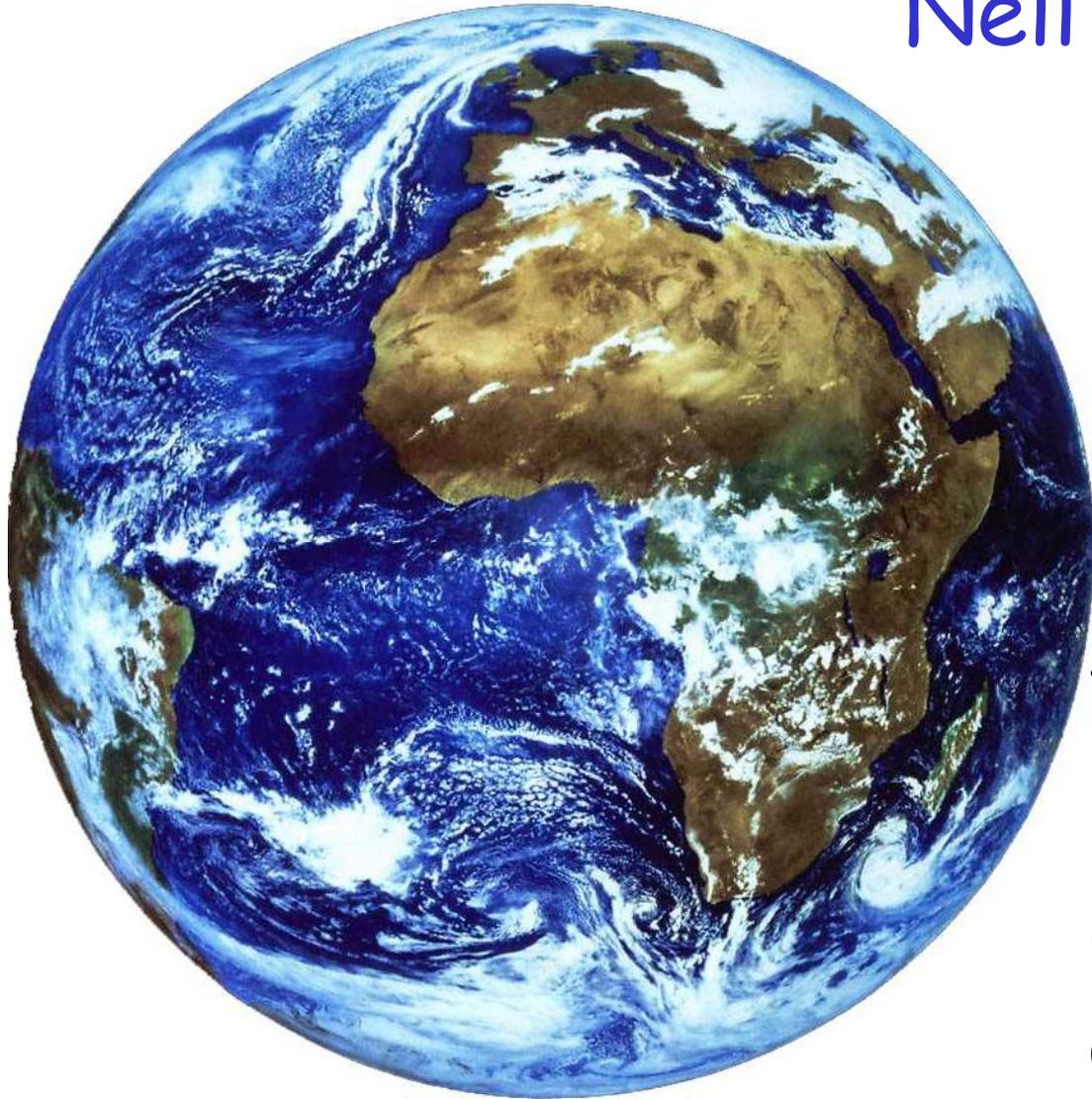
Est coast USA
at night

Antropocene

(Paul Crutzen premio Nobel per la Chimica 1995)

Epoca storica iniziata
con l'uso dei combustibili
fossili, caratterizzata da
profonde "impronte"
lasciate dall'uomo sulla Terra.

L'astronave Terra



Nell'era dell'**antropocene**

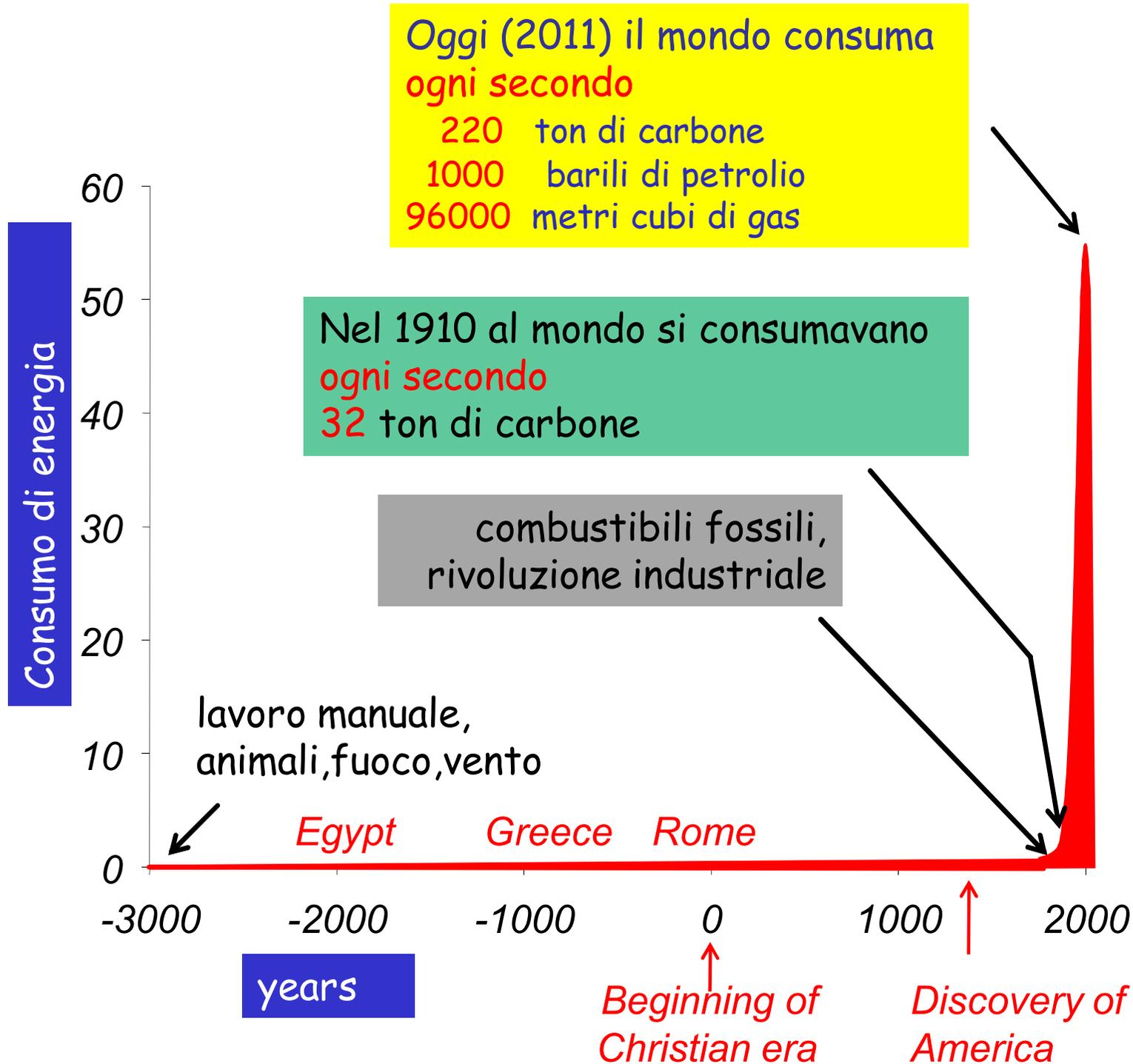
non siamo più
passeggeri passivi

dominiamo la
Natura

siamo nella cabina di
comando e stiamo
cambiando le regole di
funzionamento della
astronave

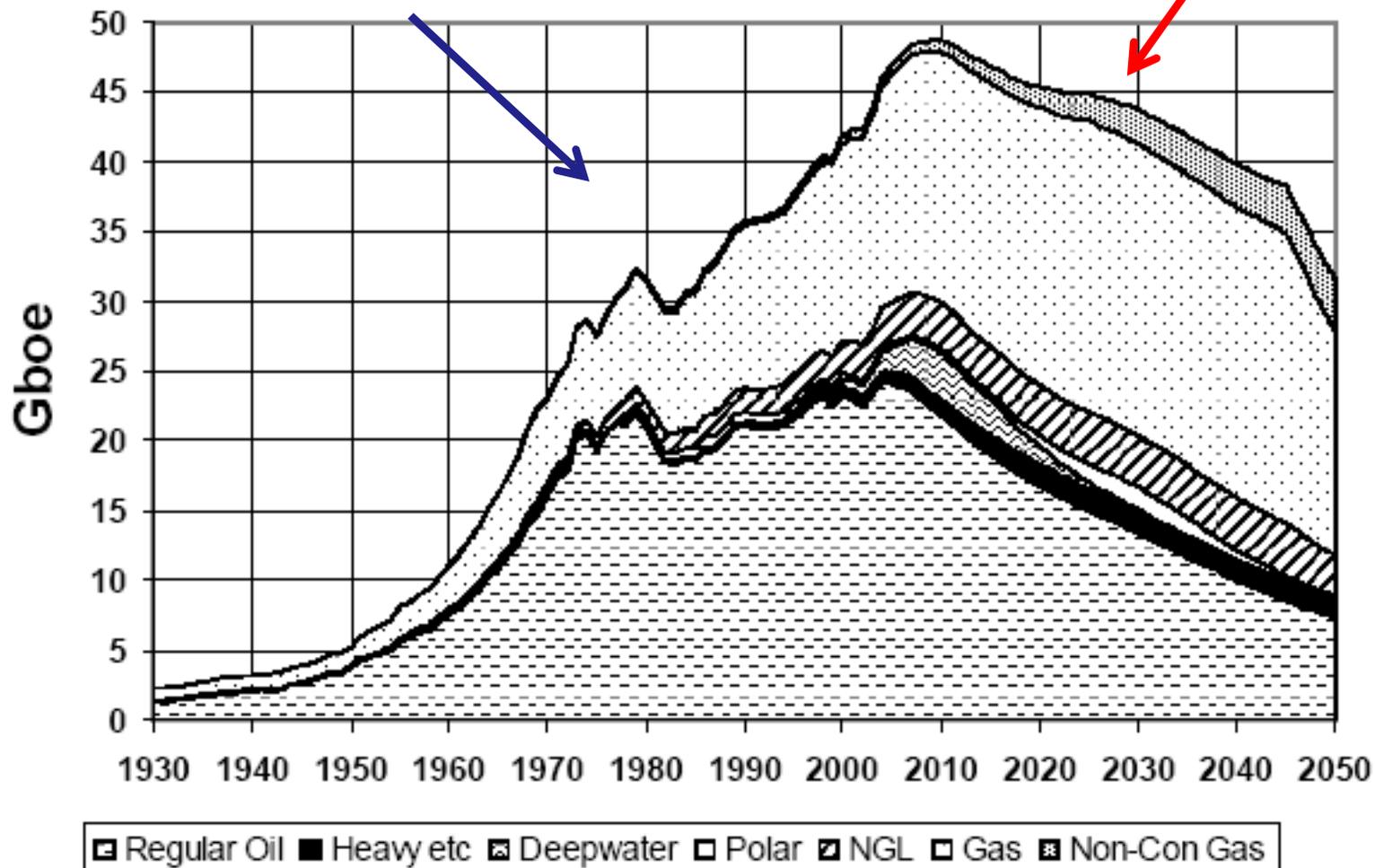
Questa è la ragione per cui il mondo è fragile

Consumo di energia nella storia della storia dell'uomo



Periodo del
“petrolio facile”

“Periodo del
petrolio “difficile”

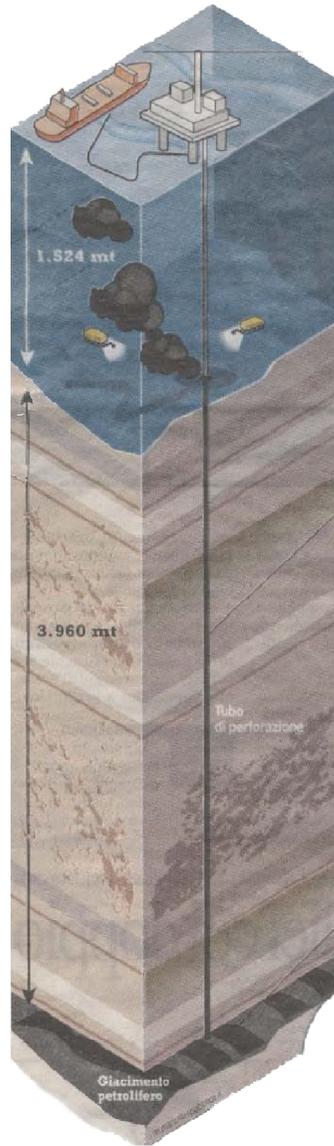


Picco di produzione del petrolio e del gas

I combustibili fossili sono in via di esaurimento

catastrofe
ecologica

Fino a che punto
“conviene”?



oceano: 1.524 m

roccia sottostante:
3960 m

petrolio

Piattaforma Deepwater Horizon, BP, 2010

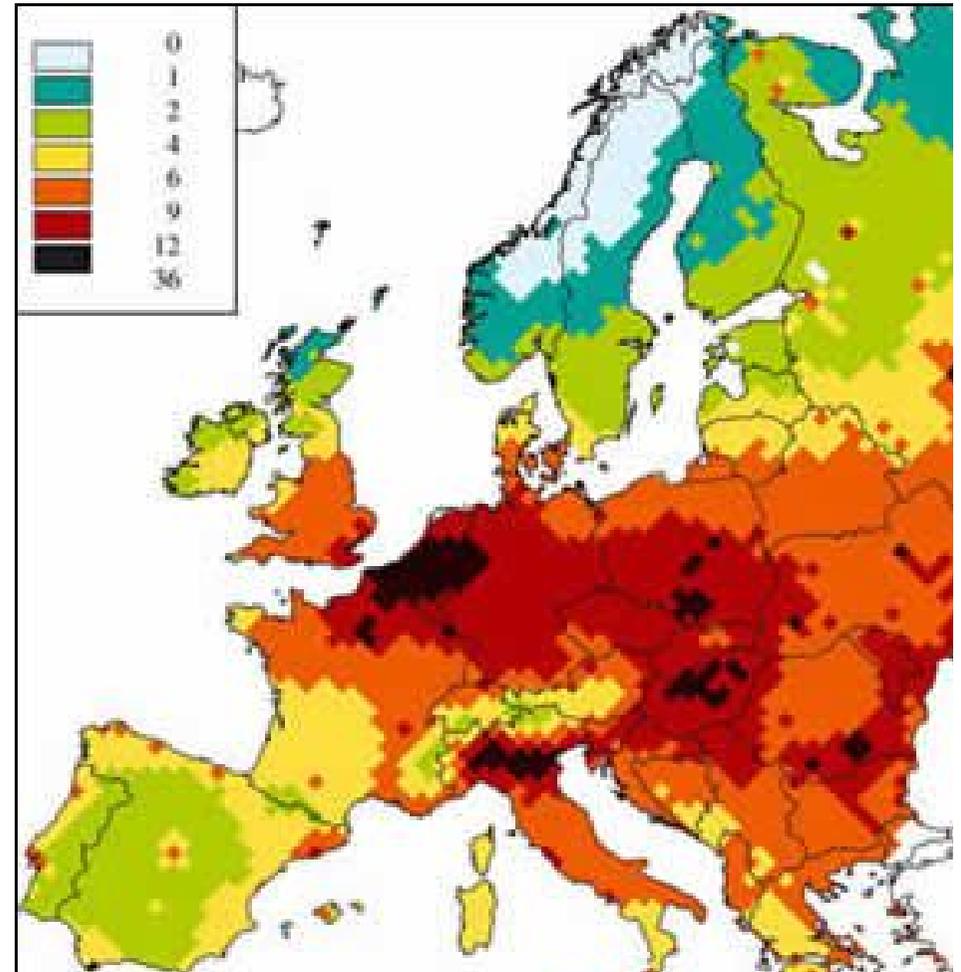
Science

24 March 2006 | \$10

Climate Change
Breaking the Ice

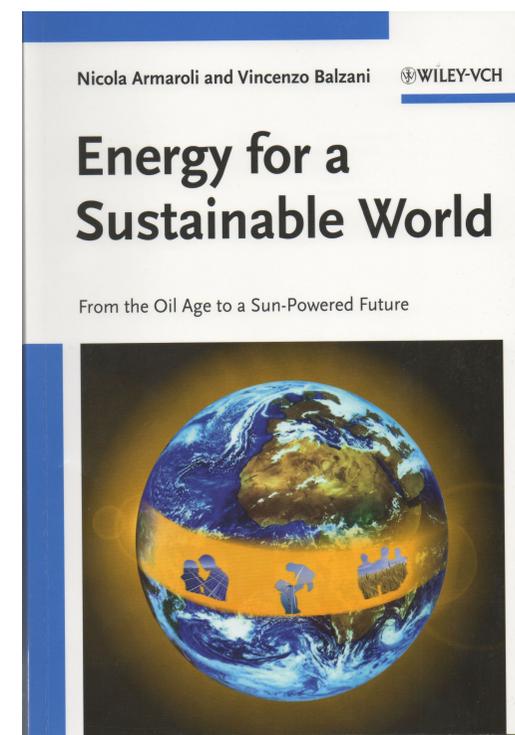
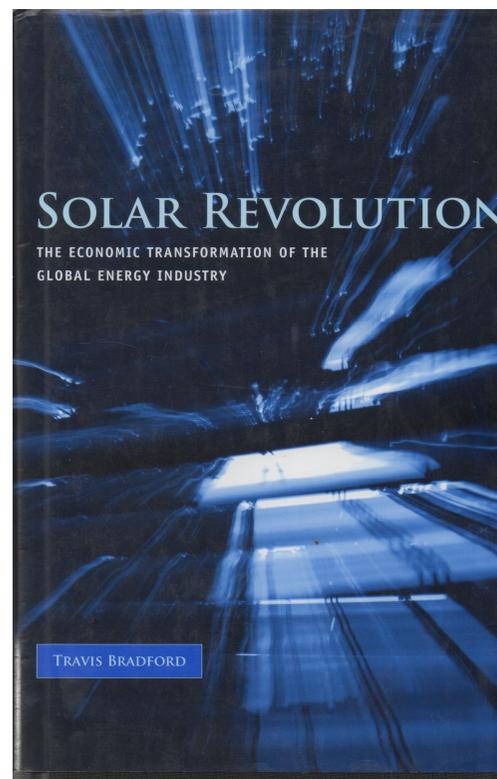
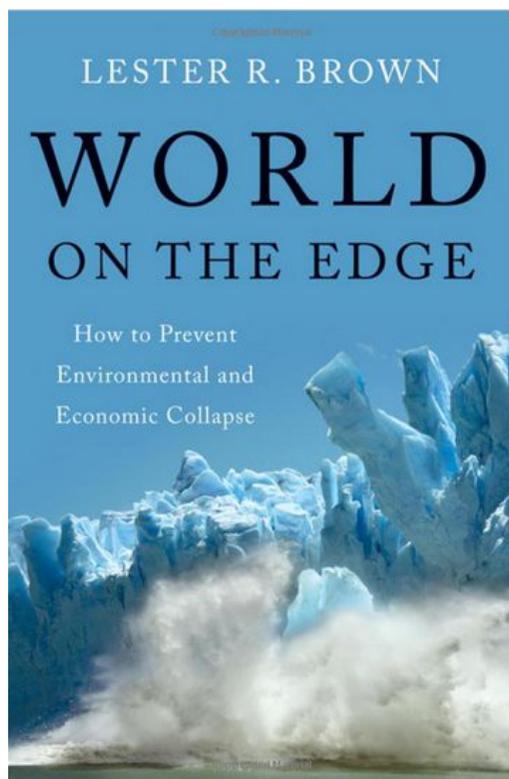
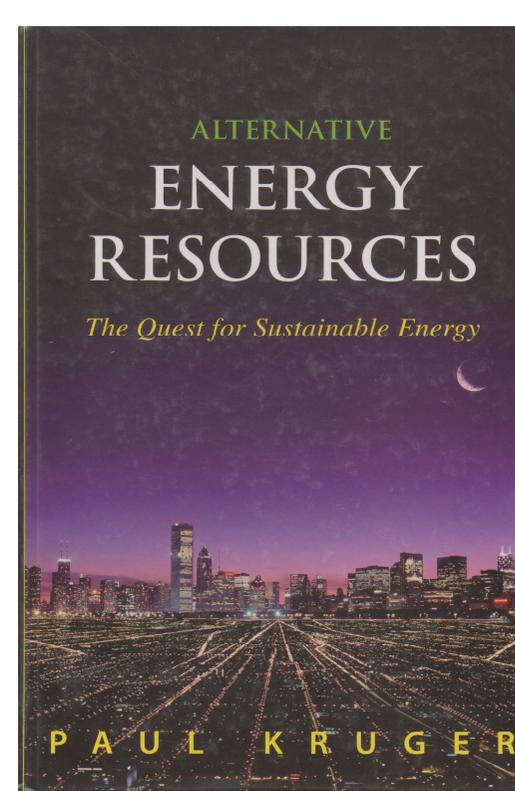
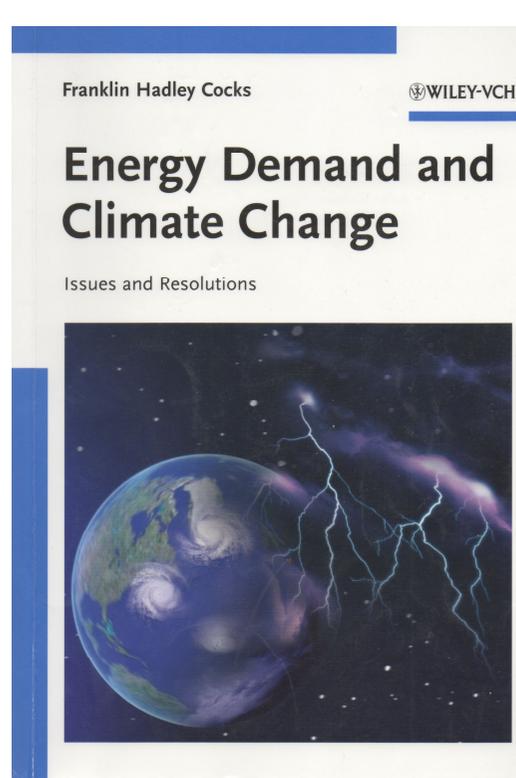
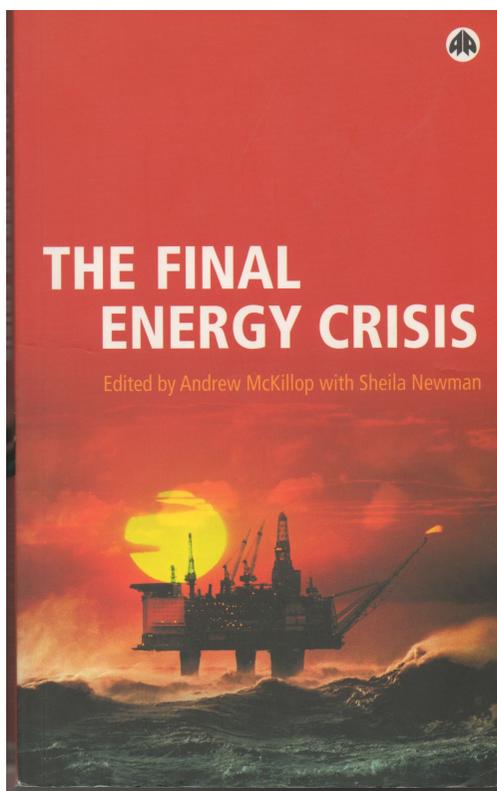
AAAS

Inquinamento



Mappa delle polveri sottili

danni alla salute





La zona del mondo nella quale si trova
il 70% delle riserve di petrolio
e di metano



Baghdad, Ministero del Petrolio, Aprile 2003

Disuguaglianza nell'uso delle risorse energetiche

Un americano consuma energia come

due europei

una decina di cinesi

una quindicina di indiani

una trentina di africani

Gli Stati Uniti, con meno del 5% della popolazione mondiale, consumano circa il 25% dell'energia

Abitanti
in milioni

Automobili
ogni mille abitanti

USA

300

840

Cina

1300

40

India

1100

20



Il governatore della California fa il pieno nel suo Hummer SUV

Auto più piccole da Cina, India, Italia, ...

nano

“fusione” FIAT-Chrysler

La Chrysler vende la FIAT 500 in USA

La FIAT vende il SUV Freemont in Italia (!)

Risorse minerarie

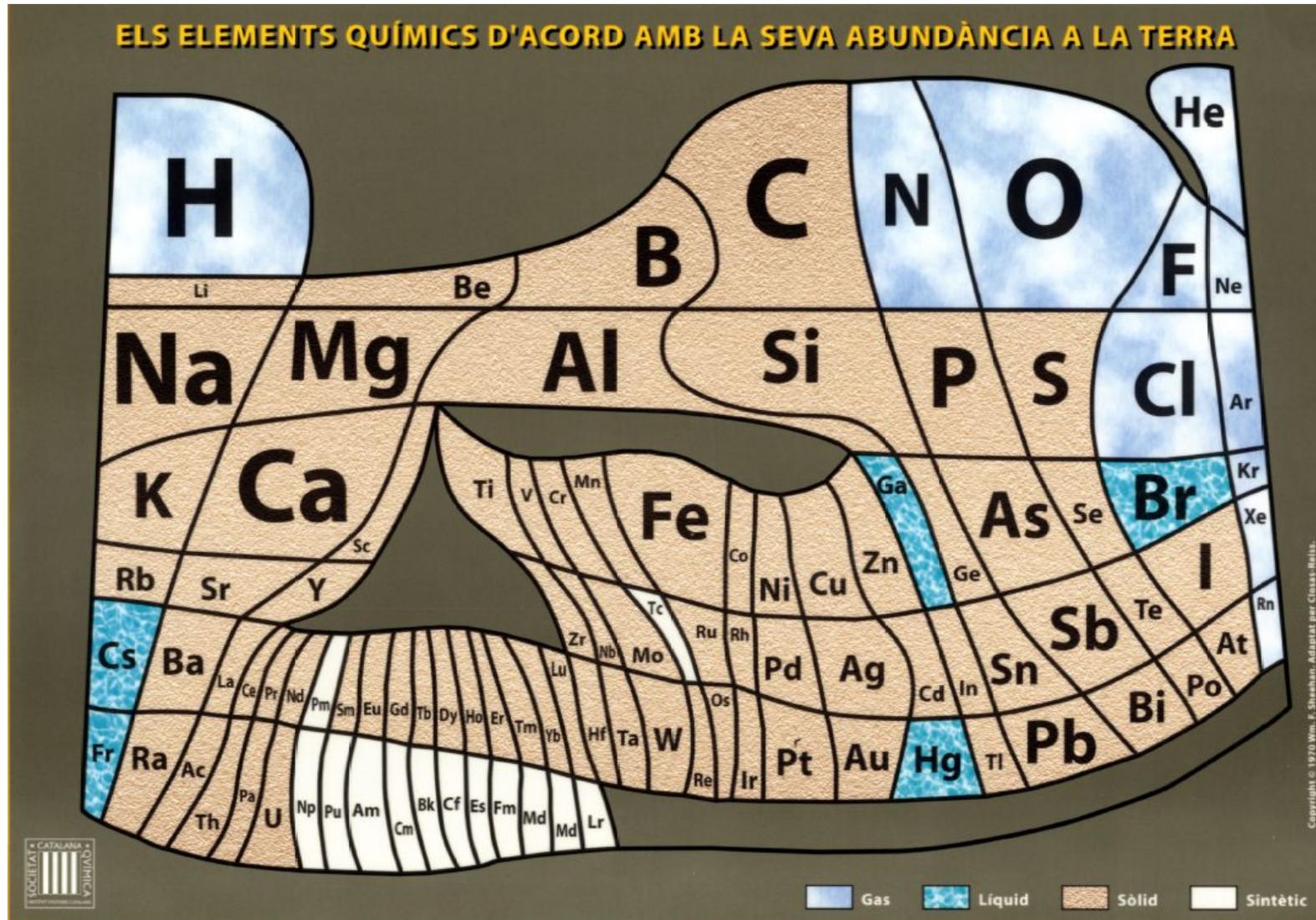
Nel 1970 l'umanità estraeva dalla Terra
30 miliardi di tonnellate di materie prime all'anno.

Nel 2011 sono stati estratti dalla Terra
70 miliardi di tonnellate di materie prime all'anno

Per ogni essere umano:

10 tonn di materie prime all'anno, 27 kg al giorno

Abbondanza relativa degli elementi



Fino al 1990, tutto ciò che c'era in una casa era costituito da meno di 20 elementi.

Oggi in un telefonino ci sono più di 60 elementi diversi.

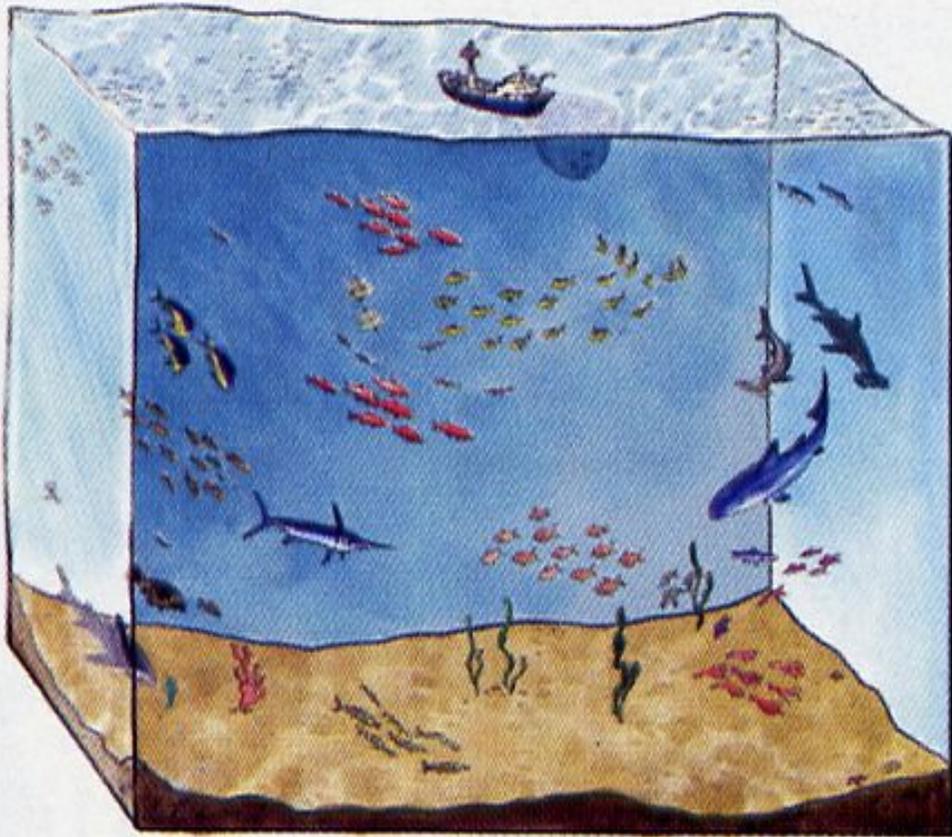
Strategie per contrastare la scarsità di alcuni materiali

Fare con meno

Riusare

Riciclare

Sostituire



ieri

oggi



In un mondo con risorse limitate,
consumi non possono crescere all'infinito



Le reti
vuote
dell'Adriatico

L'impronta ecologica

"la superficie di Terra capace di fornire le risorse necessarie al consumo quotidiano di una persona e di smaltirne i rifiuti"

biocapacità: **1,8** ettari per persona

media mondiale consumi: **2,2** ettari per persona

Cittadino

americano (USA)

tedesco

italiano

cinese

indiano

eritreo

9,5

4,8

3,8

1,5

0,8

0,3

Viviamo sopra le nostre possibilità
Disuguaglianze troppo grandi

Ettari per persona

Insostenibilità sociale

Le persone che viaggiano sull'astronave Terra sono collocate in "classi" molto, troppo diverse.

- I 50 milioni di cittadini più ricchi di Europa e Nordamerica hanno lo stesso reddito di 2,7 miliardi di poveri.
- In Italia il 10% della popolazione possiede il 45% della ricchezza (ma solo il 2 per mille dei contribuenti dichiara più di 200.000 € annuali)

Insostenibilità sociale

Stipendi dei manager in Italia (in milioni di €)

- Tronchetti Provera (Pirelli) 22,7
(pari a 61 mila euro al giorno)
- Geronzi (Generali) 17,8
- Guarguaglini (Finmeccanica) 11,3
- Montezemolo (FIAT) 5,6
- Scaroni (ENI) 4,8
- Conti (ENEL) 4,3

- Stipendio di un operaio 0,02

La Repubblica, 4 maggio 2012

L'Onu: i soldi di Gates, del sultano del Brunei e di Waltman equivalgono al Pil di 43 paesi

I SUPERMILIARDARI



Il re del software Bill Gates

Fondatore, presidente e maggiore azionista della Microsoft, Bill Gates ha azioni per circa 85 miliardi di dollari



Il boss del market Robson Walton

S. Robson Walton ha ereditato dal padre Sam il controllo degli ipermercati Wal-Mart. Patrimonio: 16,5 miliardi di dollari.



Il sultano del Brunei

Il sultano del Brunei, Haj Hassanal Bolkiah, guida la classifica dei reali più ricchi della Terra. Patrimonio: 30 miliardi di dollari

Tre uomini ricchi come l'Africa Ma un miliardo di persone ha un dollaro al giorno

dal nostro corrispondente ARTURO ZAMPAGLIONE

NEW YORK — Il primo è il papà di due bimbi e il fondatore di una società tentacolare di software. Il secondo è il sultano del Brunei, un mini-stato adagiato su una immenso mare di petrolio. Il terzo è il primogenito di una famiglia arricchitasi con una catena di ipermercati. I tre si chiamano Bill Gates, Haji Hassanal Bolkiah e Robson Walton: insieme hanno un patrimonio di 250 mila miliardi, lira più lira meno, che è maggiore dell'intero prodotto nazionale lordo di 43 paesi, quasi tutti in Africa. Questa grottesca fotografia dello squilibrio mondiale è suggerita dal Unpd, l'agenzia per lo sviluppo dell'Onu, che ha appena pubblicato il rapporto annuale.

Lungo 260 pagine, "firmato" da personaggi illustri, come il premio Nobel Amartya Sen e il papà della Cnn Ted Turner, il rapporto '99 sullo sviluppo umano è incentrato sui guasti e le promesse della globalizzazione. Un fenomeno complesso che certamente domina la scena economica di fine millennio, e sotto il cui cappello - come spiega bene Thomas Friedman, nell'ultimo saggio «The Lexus and the olive tree», rientrano tendenze molto diverse, dalla liberalizzazione finanziaria allo sviluppo di Internet, dallo

E Internet esaspera i contrasti nello sviluppo

Una mamma in
un centro di
assistenza
all'infanzia di
Addis Abeba



matrimoni tra multinazionali, dall'interdipendenza planetaria al crollo dei costi telefonici (3 minuti di conversazione tra Londra e New York costavano l'equivalente di 245 dollari nel 1930, ora appena 35 centesimi)

La globalizzazione ha portato finora all'allargamento della forbice tra ricchi e poveri. Secondo gli esperti del Unpd, negli ultimi quattro anni le duecento persone più ricche del mondo, da Gates in giù, hanno le loro fortune, che ormai ammontano a circa 1000 miliardi di dollari, mentre 1,3 miliardi di

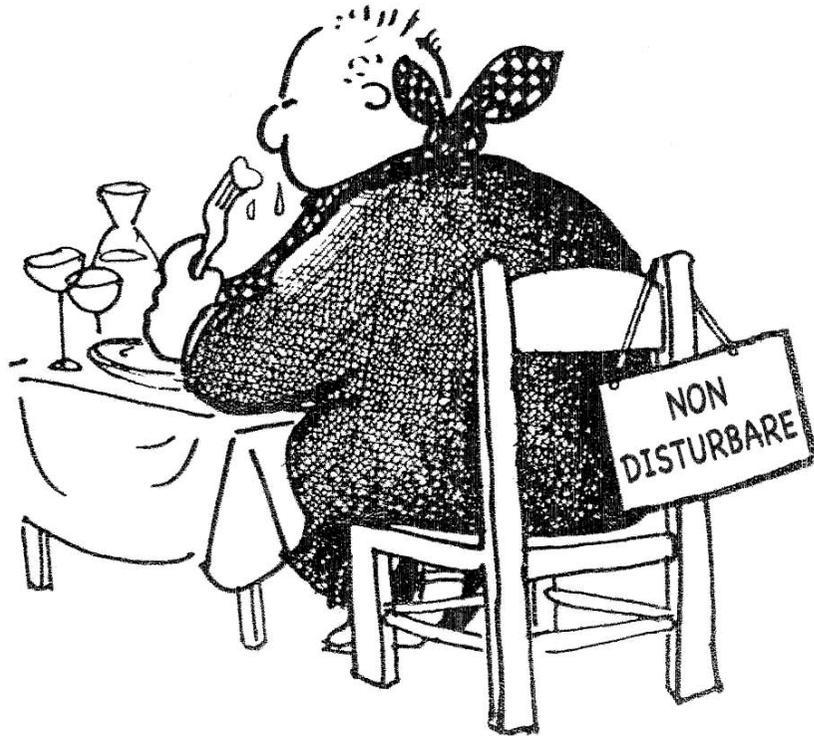
dollaro al giorno. Un quinto dell'umanità vive nei paesi più opulenti che controllano l'86 per cento del prodotto lordo mondiale; un altro quinto si deve accontentare dell'uno per cento.

Anche la tecnologia esaspera i contrasti, a cominciare da Internet, i cui "sudditi" passeranno dai 143 milioni nel 1998 a 700 milioni nel 2001, creando opportunità e ricchezze nei paesi più avanzati, dove si concentrano l'88 per degli utenti, a scapito di tutti gli altri. Nella sola area metropolitana di New York ci sono più linee telefoniche che non in tutto il continen-

te. Come negli anni precedenti, il rapporto dell'Onu tenta una hit parade delle nazioni, classificate in base all'indice dello sviluppo umano, cioè non solo della ricchezza economica ma anche delle opportunità sociali e educative. Il Canada guida la lista, seguito da Norvegia, Stati Uniti e Giappone. L'Italia è in diciannovesima posizione, dopo la Nuova Zelanda e prima dell'Irlanda. In cosa ci sono solo paesi dell'Africa: Sierra Leone (ultimo), Niger, Etiopia, Burkina Faso, Burundi, Mozambico.

«Anche se la globalizzazione avanza rapidamente, la nostra comprensione degli impatti sociali è molto lenta» ammette Ted Turner. Per garantire una educazione di base a tutti i bambini della Terra basterebbe che gli uomini più ricchi rinunciassero all'1 per cento del loro patrimonio. Ma il rapporto del Unpd non si azzarda a tanto. Propone invece una serie di misure intese, nel lungo termine a «riscrivere le regole della globalizzazione» e, nel breve termine - «d qui a tre anni - a correggere alcuni squilibri. Una delle ipotesi è l'istituzione di una "bit tax", una tassa su ogni messaggio elettronico mandato via Internet, che serva a finanziare lo sviluppo tecnologico nei paesi

Nella Comunità Europea gli agricoltori ricevono un sussidio di 3 € al giorno per ogni mucca che allevano.



...ho avuto fame
e non mi
avete dato
da mangiare,
ho avuto sete
e non mi
avete dato
da bere, ...

Matteo 25, 31-45



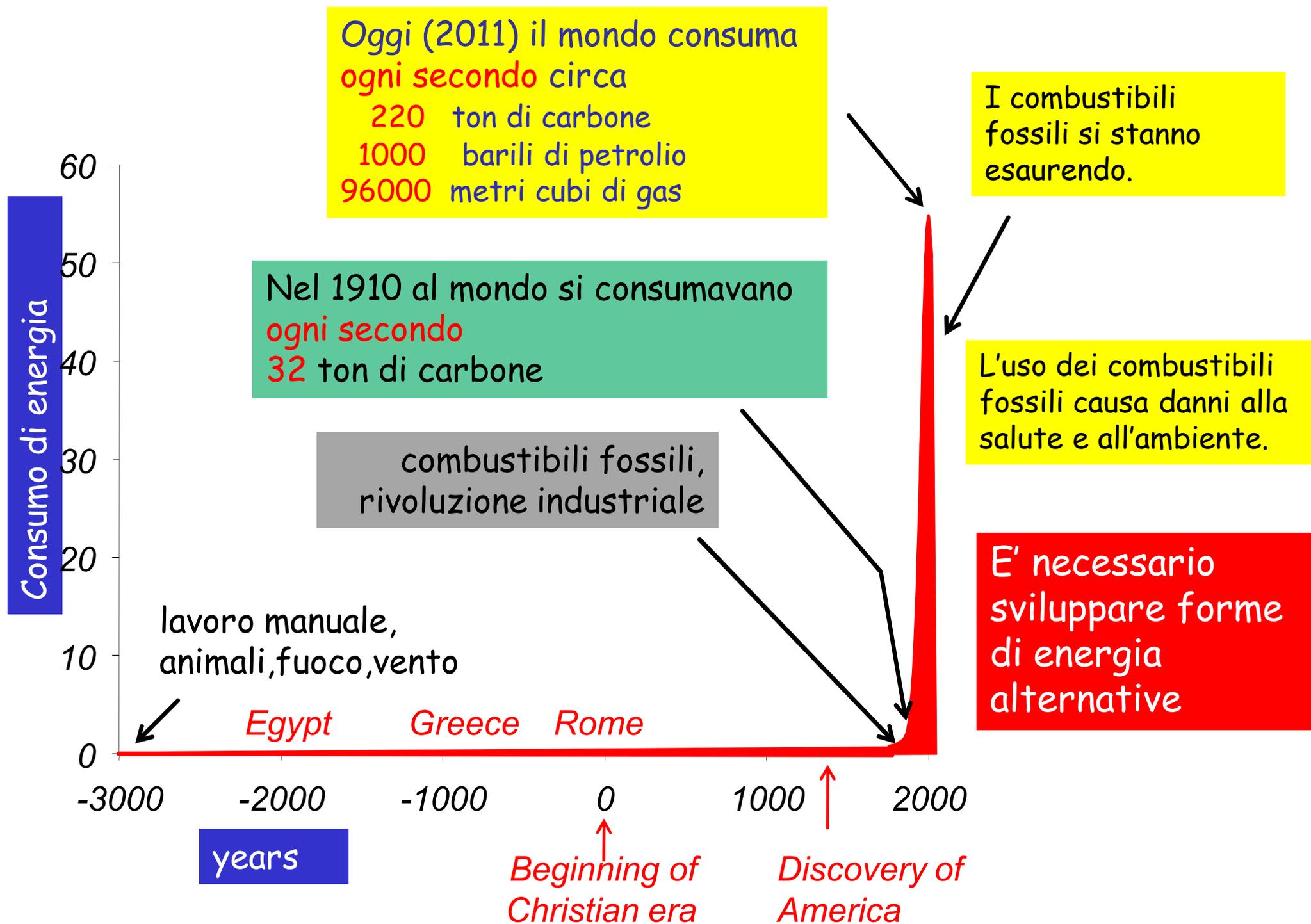
..., ero straniero

e non mi avete accolto, ...

Matteo 25, 31-45

Survivors rescued by tunny nets close to the coasts of southern Italy

Consumo di energia nella storia della storia dell'uomo



Requisiti richiesti alla fonte energetica necessaria per custodire il pianeta

- abbondante
- inesauribile
- ben distribuita
- non pericolosa per l' uomo e per il pianeta (né oggi, né in futuro)
- capace di:
 - favorire lo sviluppo economico
 - colmare le disuguaglianze
 - favorire la pace

Soluzioni proposte per la crisi energetica

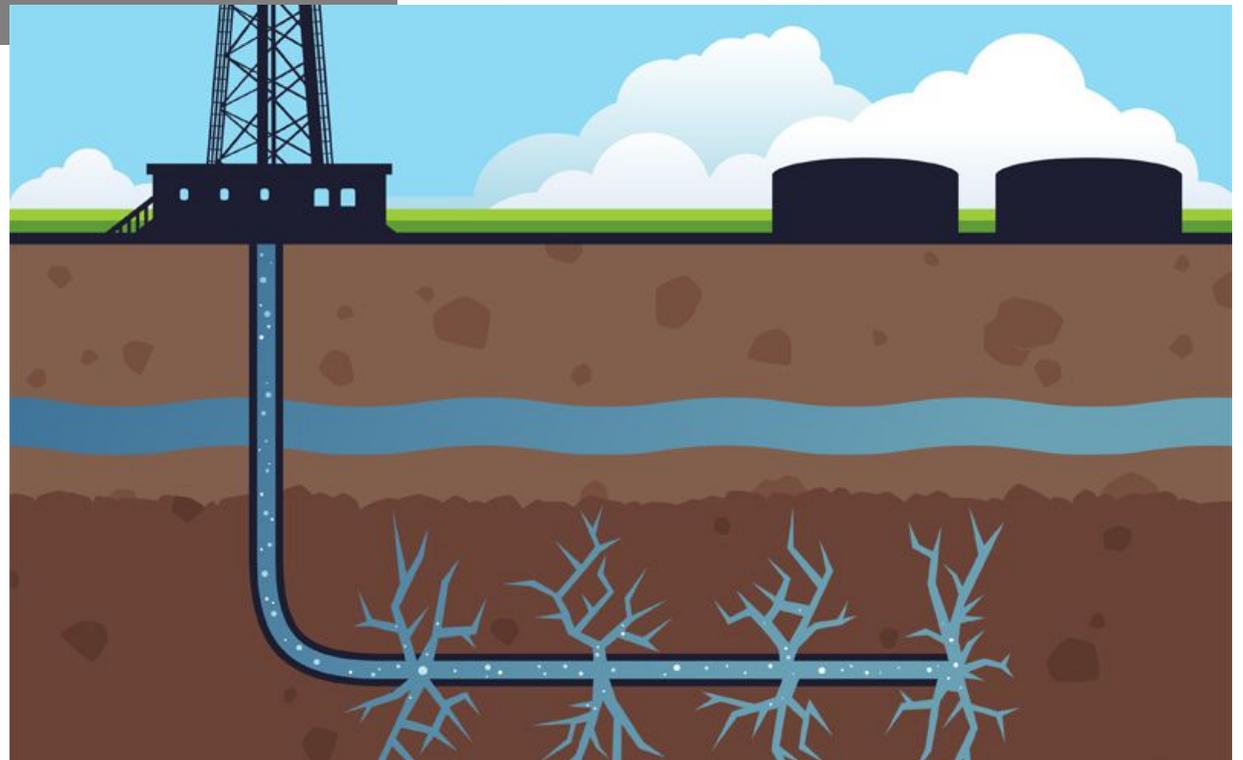
- Continuare ad usare i combustibili fossili sfruttando anche **petrolio e gas non-convenzionali**
- Espandere l'uso dell'**energia** nucleare
- Sviluppare le **energie rinnovabili**



Spremere il petrolio dalle sabbie bituminose ha distrutto il territorio in Alberta (Canada)

Raschiare il terreno per ottenere **petrolio non-convenzionale**

Le trivellazioni per ottenere **gas non-convenzionale** usano cariche di dinamite, causano inquinamento delle falde acquifere, emissione di metano nell'atmosfera e forse terremoti.



Perforazioni per **gas non-convenzionale**

Nuclear power

The dream that failed

A year after Fukushima, the future for nuclear power is not bright—for reasons of cost as much as safety

Mar 10th 2012 | From the print edition

Like

1k

Tweet

481



Energia nucleare

Non è economicamente conveniente

Produce **scorie radioattive**

Le centrali sono difficili da **smantellare**

Ha un alto grado di **pericolosità**

Favorisce la **proliferazione** di armi nucleari

Complica le relazioni fra gli Stati

Aumenta la **disuguaglianza** fra le nazioni

Energia solare e altre rinnovabili

Energia solare diretta

Calore

Energia elettrica

Energia chimica

Energie solare indiretta

Idroelettrica

Eolica

Biomasse

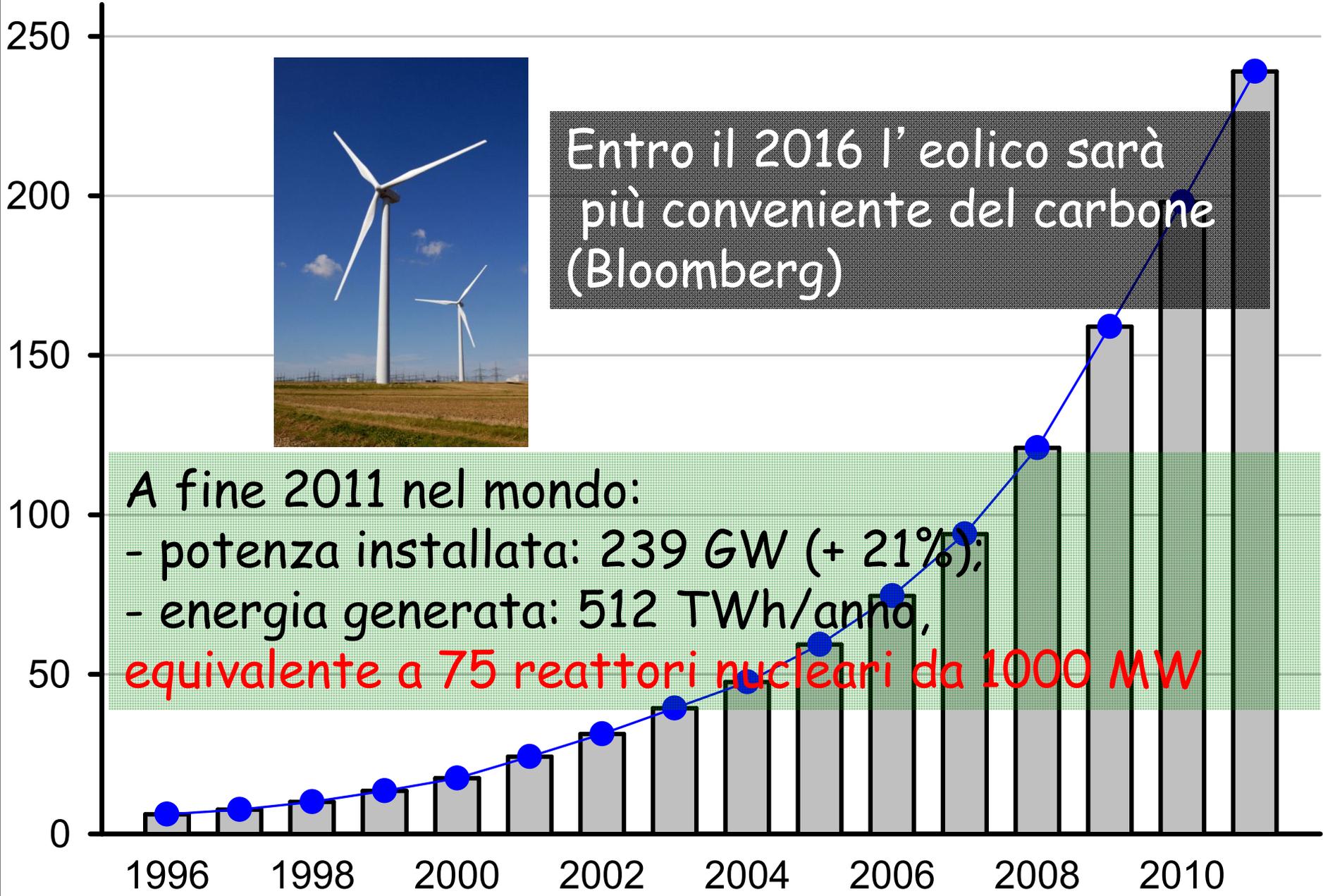
Gradienti di temperatura (oceani)

Energia geotermica

Energia dalle maree

Eolico

GW

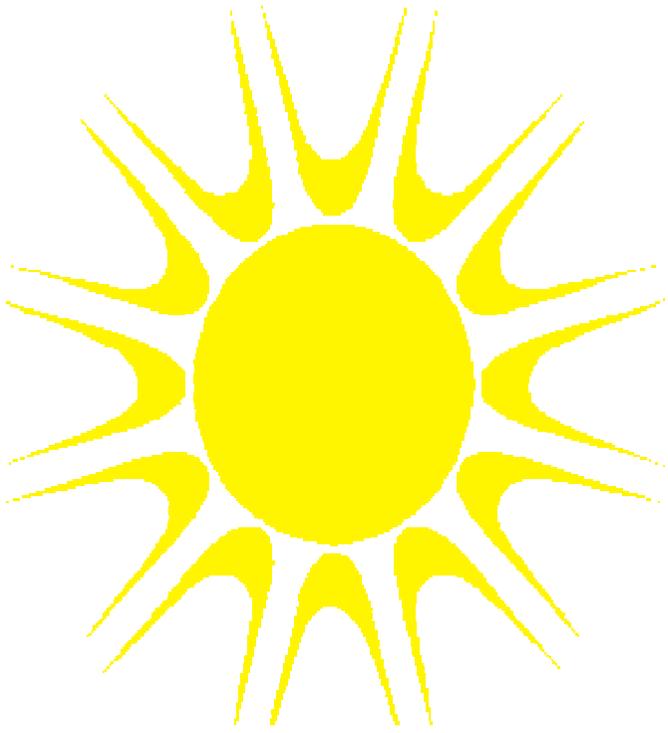


Entro il 2016 l' eolico sarà più conveniente del carbone (Bloomberg)

A fine 2011 nel mondo:
- potenza installata: 239 GW (+ 21%);
- energia generata: 512 TWh/anno,
equivalente a 75 reattori nucleari da 1000 MW

Anni

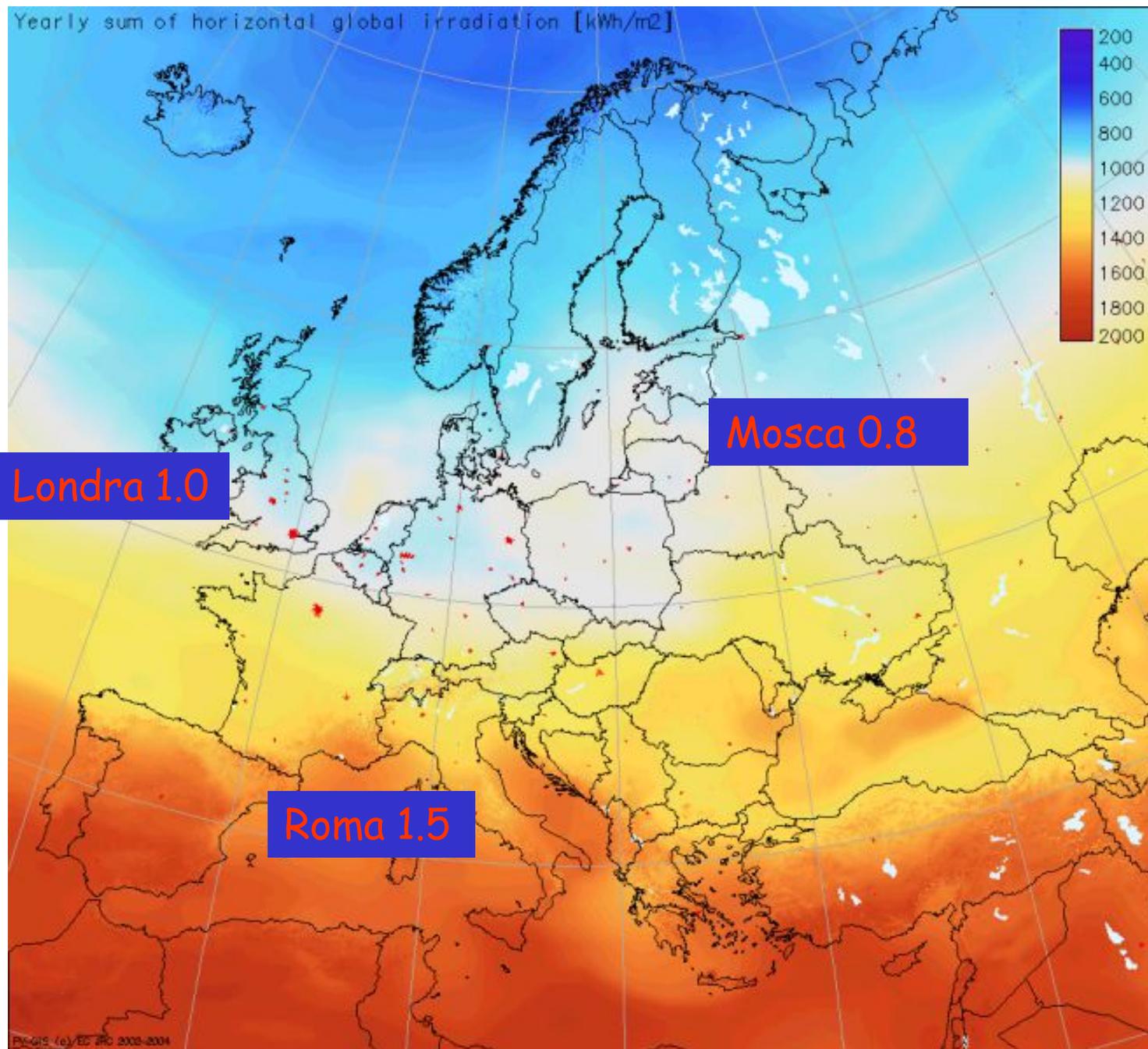
L'astronave Terra



- La Terra riceve dal Sole in 1 ora una quantità di energia pari a quella che l'umanità consuma in 1 anno!

- Il Sole brillerà per 4,5 miliardi di anni!

- L'energia solare è ben distribuita su tutta la Terra.



L'energia solare è diffusa su tutti i luoghi della Terra

"A wise, detailed, and comprehensive blueprint" —President Bill Clinton

REINVENTING FIRE®

Fino ad oggi lo sviluppo della civiltà si è basato sul fuoco generato prima dalla legna e poi dai combustibili fossili.

Nel futuro, lo sviluppo delle civiltà sarà alimentato da un nuovo fuoco, la luce del sole

JOHN W. ROWE, CHAIRMAN AND CEO, EXELON CORPORATION

'A wise, detailed, and comprehensive blueprint' — President Bill Clinton
REINVENTING
FIRE®
Il fuoco vecchio si otteneva scavando
Il nuovo fuoco scende dall'alto

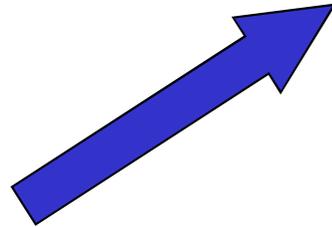
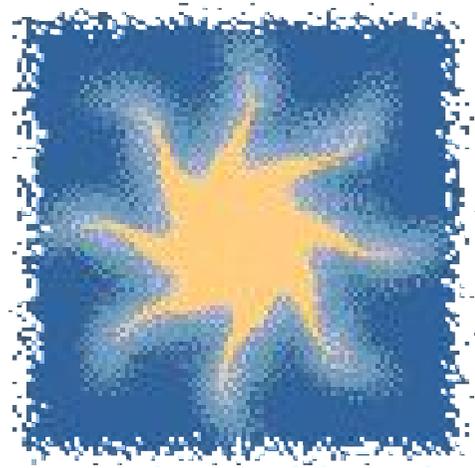
Il fuoco vecchio era scarso
Il nuovo fuoco è abbondante

Il fuoco vecchio era locale
Il nuovo fuoco è dappertutto

Il fuoco vecchio finiva
Il nuovo fuoco non finisce mai

La transizione dai combustibili fossili alla energia solare creerà un'economia più forte e un ambiente più sano

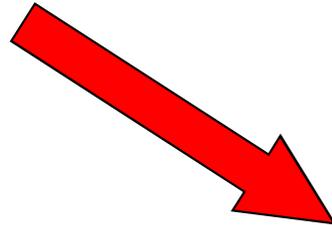
Conversione dell'energia solare



Combustibili
(biomasse,
fotosintesi artificiale)

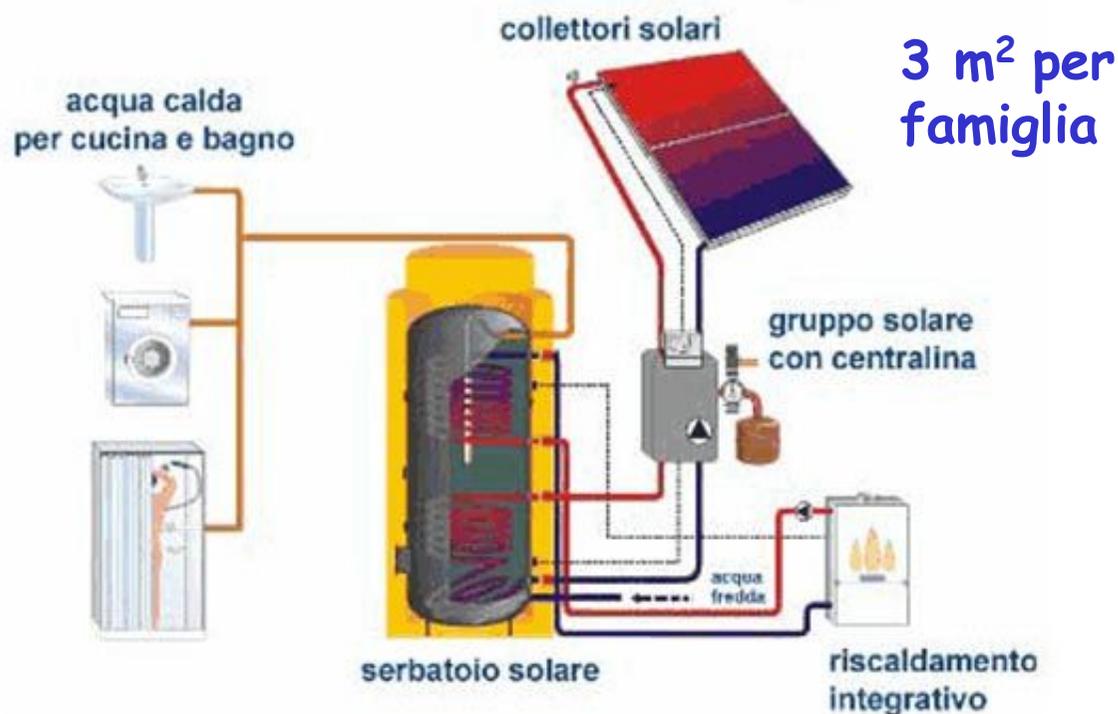


Elettricità
(pannelli fotovoltaici,
metodi a concentrazione)



Calore
(pannelli termici)

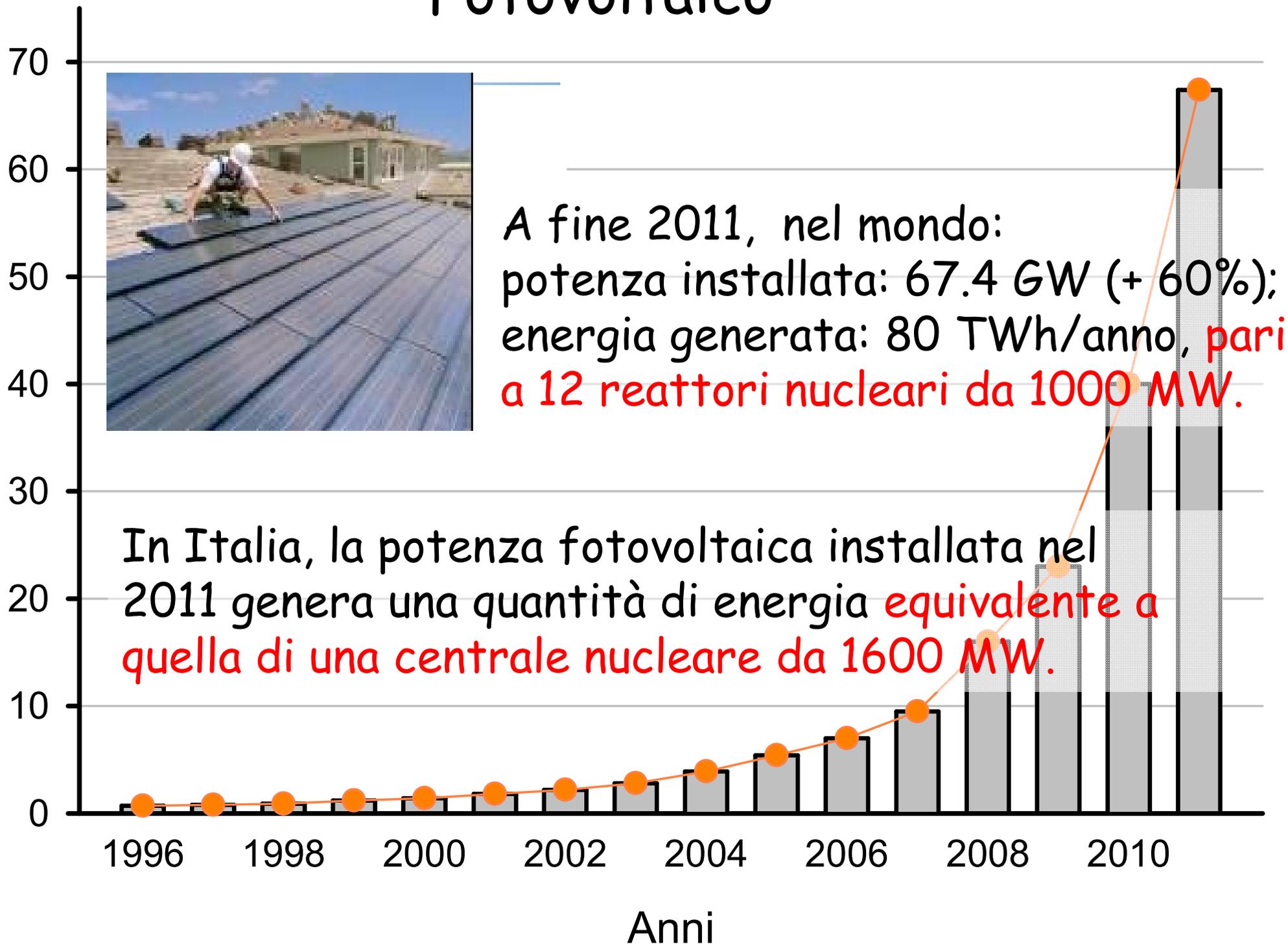
Acqua calda solare



- Potenza installata nel mondo: 220 GW (65% in Cina)
- Collettori installati: in Austria: 512 m²/1000 abitanti
in **Italia**: 34 m²/1000 abitanti
- Aumento annuale: circa 500.000 m² in Germania,
circa 125.000 m² in **Italia**

Fotovoltaico

GW





In Italia, grazie al fotovoltaico, il prezzo del kWh alla borsa elettrica durante le ore di picco è diminuito del 30% dall'ottobre 2009 all'ottobre 2011.



In Italia entro il 2013 si raggiungerà la *grid parity* con le turbine a ciclo combinato

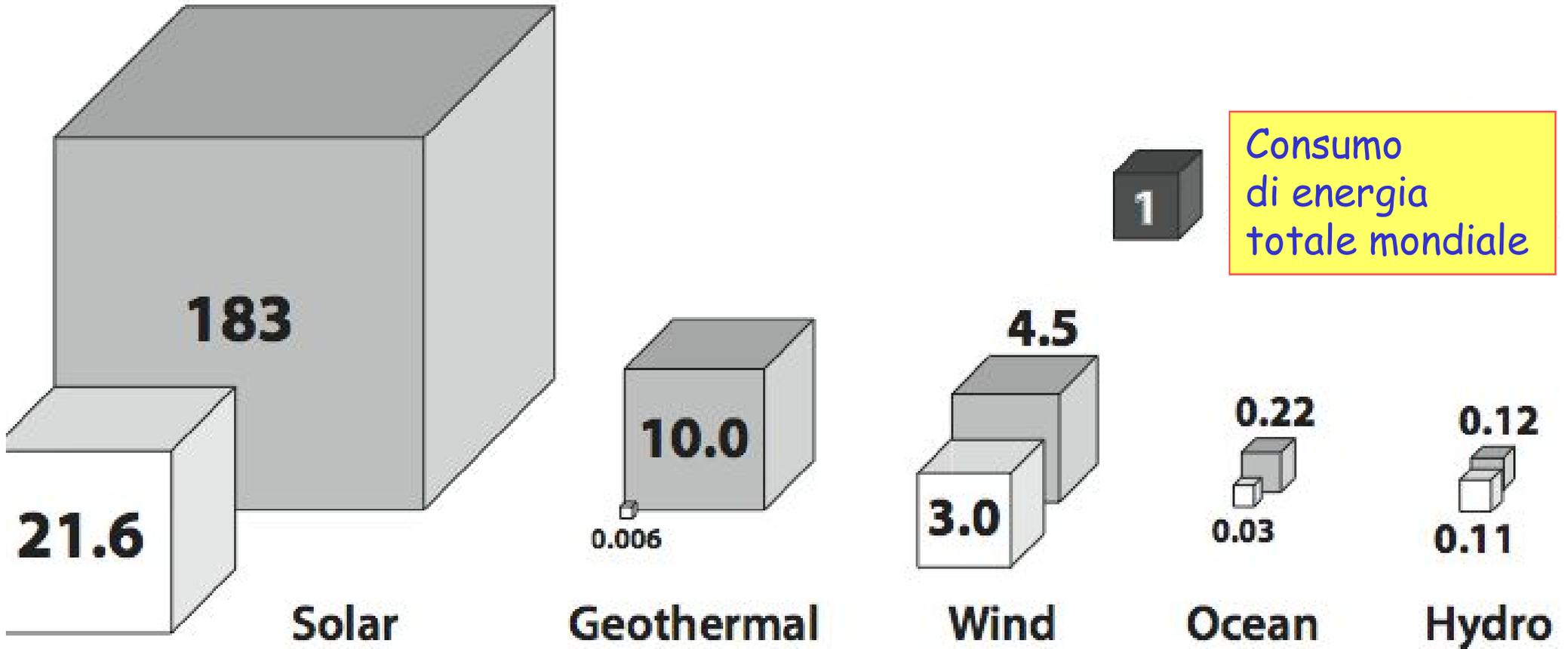


pompa elettrica solare

Nei paesi del **Terzo Mondo**, dove manca un'infrastruttura per la produzione e distribuzione dell'elettricità, i **pannelli fotovoltaici** possono costituire una soluzione, rapida ed efficace per fornire energia elettrica a due miliardi di persone.

Energie rinnovabili

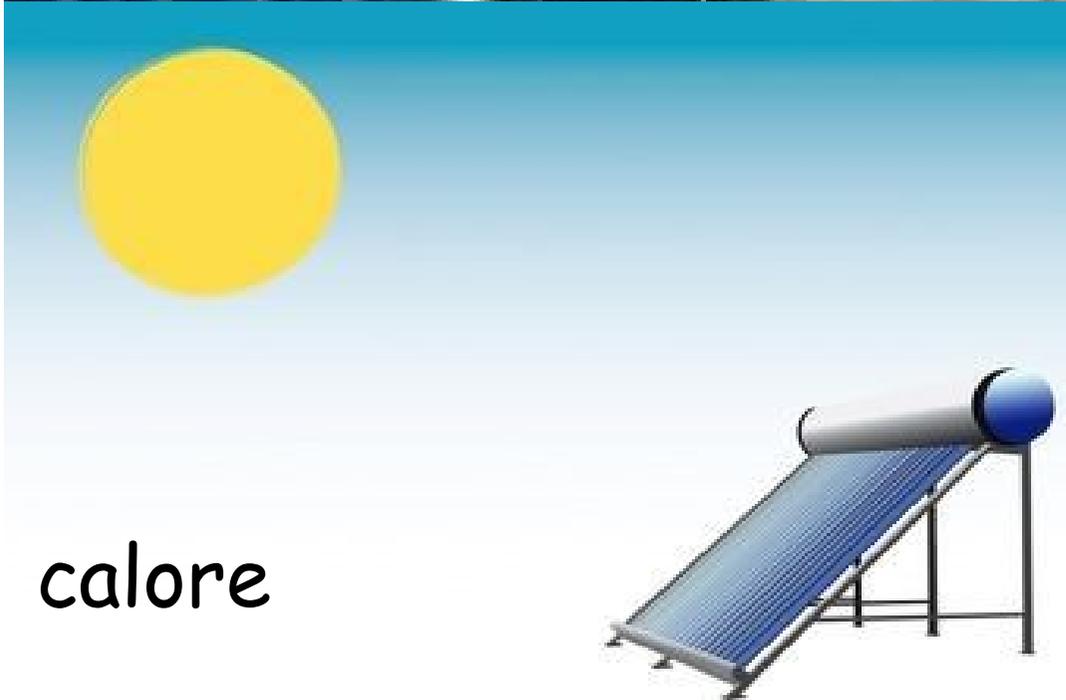
cubi grigi: potenzialmente disponibile



cubi bianchi: tecnicamente utilizzabile

elettricità

efficienza: 15-20%, cento volte più alta dell'efficienza con cui l'energia solare viene convertita nel processo di fotosintesi naturale



calore



combustibili

energie rinnovabili



sole, vento, acqua,
terra, mare

energia per usi finali



elettricità, calore,
combustibili



dispositivi, congegni, apparati

(celle FV, turbine eoliche, pompe, batterie, ecc.)



metalli e altri materiali
che si trovano sulla Terra

Tavola Periodica degli Elementi

Elementi critici

Legend:

- Solidi (pink)
- Liquidi (cyan)
- Gassosi (yellow)
- Preparati artificialmente (green)

Annotations:

- Li: batterie
- Pt, Ir, Rh, Co, ecc: catalizzatori; celle a combustibile
- La: batterie
- Nd: magneti permanenti
- Dy: motori ibridi
- Eu, In, Te: celle fotovoltaiche

1																	18													
1 H 1,008																	2 He 4,003													
3 Li 6,94	4 Be 9,012											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18													
11 Na 23,00	12 Mg 24,30											13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95													
19 K 39,10	20 Ca 40,08											21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,39	31 Ga 69,72	32 Ge 72,61	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,8			
37 Rb 85,47	38 Sr 87,6											39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,94	43 Tc 99	44 Ru 101,07	45 Rh 102,91	46 Pd 106,42	47 Ag 107,89	48 Cd 112,41	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,90	54 Xe 131,29			
55 Cs 132,91	56 Ba 137,33	57 La 138,91	58 Ce 140,12	59 Pr 140,91	60 Nd 144,24	61 Pm 145	62 Eu 150,36	63 Gd 157,25	64 Tb 158,93	65 Dy 162,50	66 Ho 164,93	67 Er 167,26	68 Tm 168,93	69 Yb 173,04	70 Lu 174,97	71 Hf 178,49	72 Ta 180,95	73 W 183,84	74 Re 186,21	75 Os 190,23	76 Ir 192,22	77 Pt 195,08	78 Au 196,97	79 Hg 200,59	80 Tl 204,38	81 Pb 207	82 Bi 208,98	83 Po 209	84 At 210	85 Rn 222
87 Fr 223	88 Ra 226	89 Ac 227	90 Th 232,04	91 Pa 231	92 U 238,03	93 Np 237	94 Pu 244	95 Am 243	96 Cm 247	97 Bk 247	98 Cf 251	99 Es 254	100 Fm 257	101 Md 258	102 No 259	103 Lr 260	104 Rf 261	105 Db 262	106 Sg 263	107 Bh 262	108 Hs 265	109 Mt 256								

Il 50% delle riserve e il 98% della produzione di Terre rare sono in Cina

Monumento alle Terre Rare nel campo eolico di Damao, Cina



“La casa delle terre rare ti dà il benvenuto”

Attualm

etta

the logic of sufficiency

thomas princen

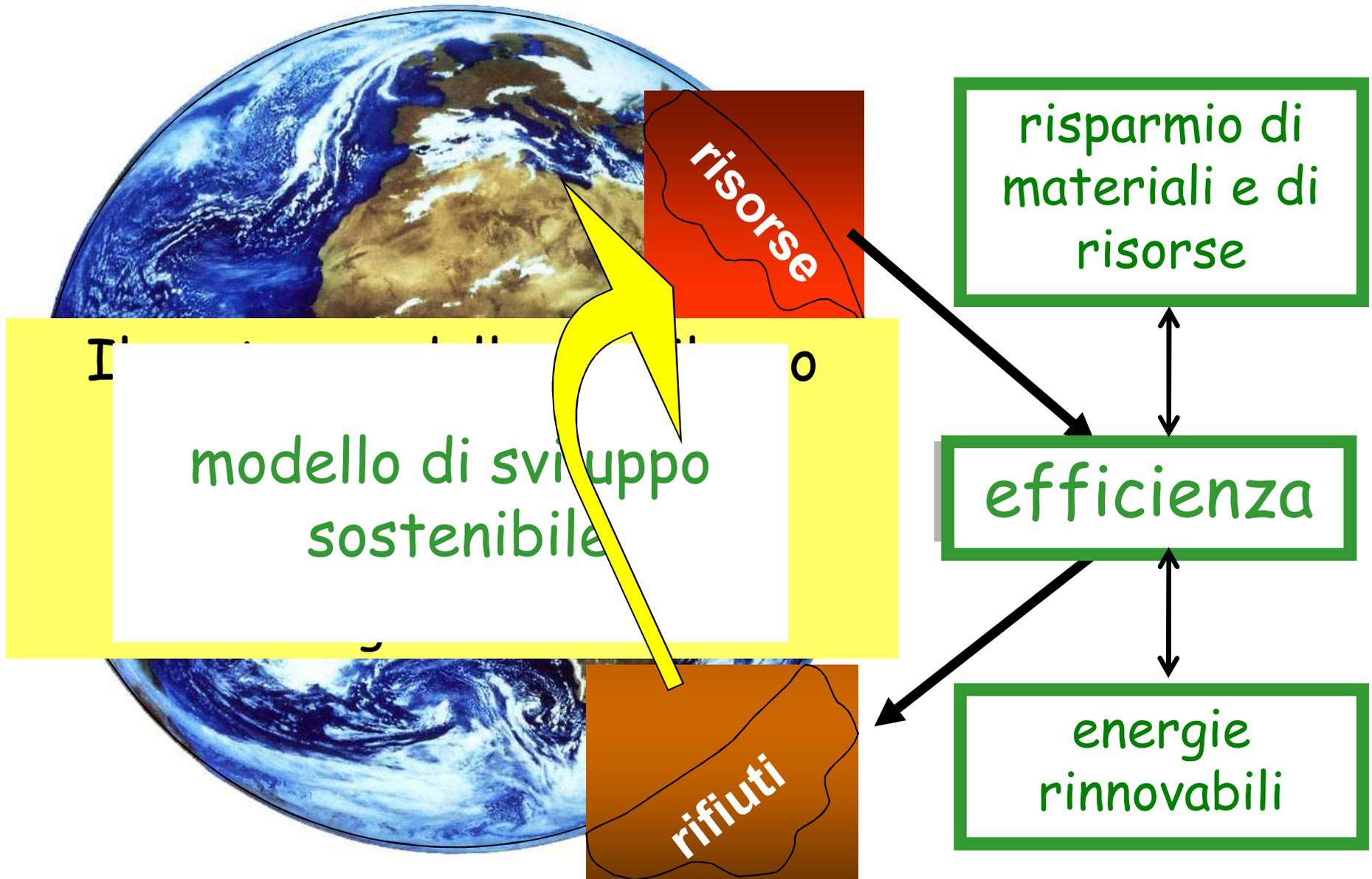
La nostra
aumento
non può s

Al vizio dello spreco, bisogna sostituire
la logica della sufficienza

Dobbiamo imparare a dire
"mi basta"

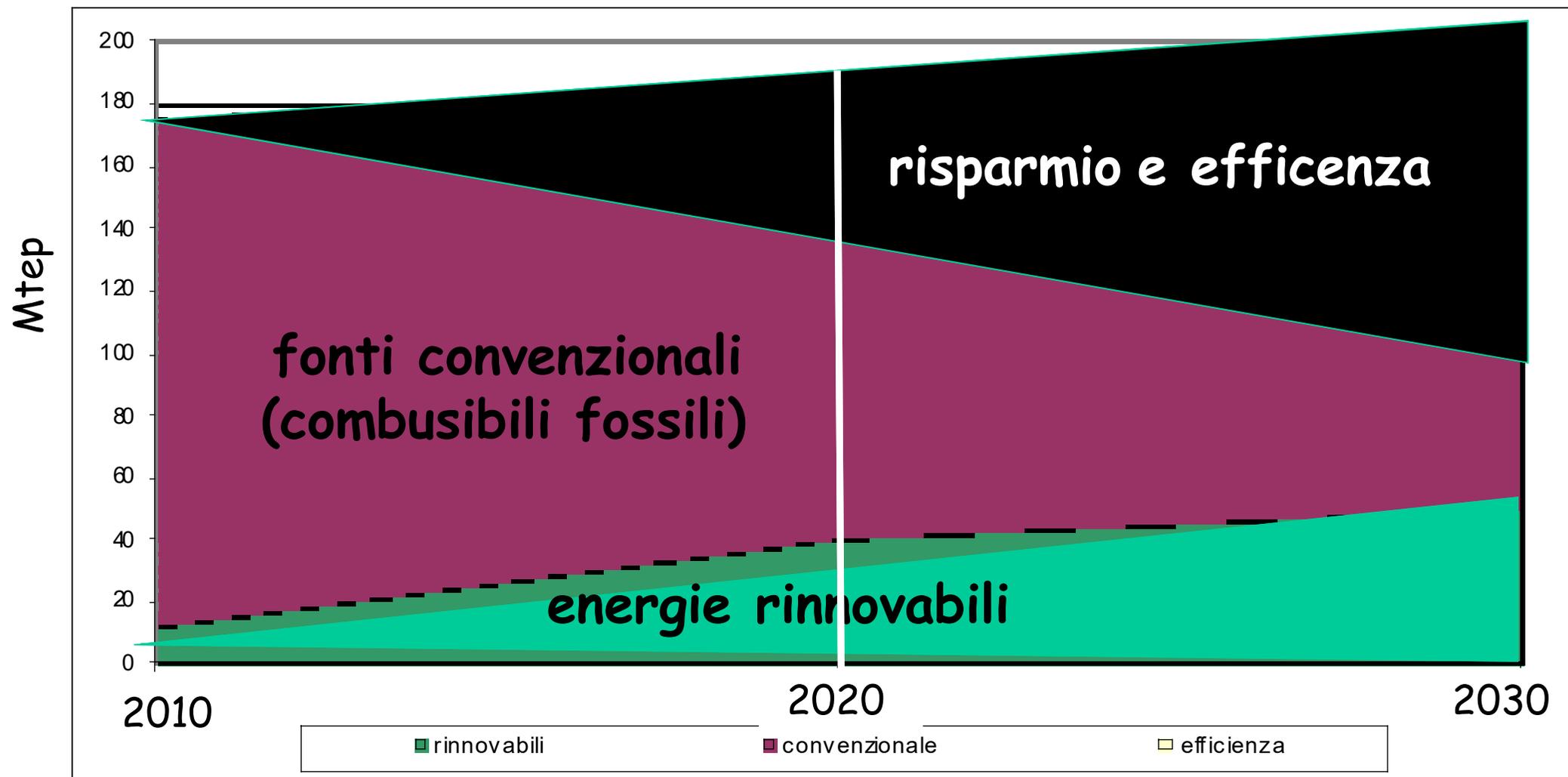
The MIT press

sostenibilità ecologica



La civiltà dell'usa, ripara, riusa e ricicla

Strategia energetica europea ("pacchetto" 20-20-20)



Road Map European Climate Foundation:
nel 2050, 80% dell'energia da fonti rinnovabili

Tre verità scomode



1. Dobbiamo vivere tutti assieme sull'astronave Terra. Dobbiamo custodirla bene
2. Le risorse disponibili nell'astronave sono limitate; quindi dobbiamo usarle con molta cura e dobbiamo riusarle e riciclarle per quanto è possibile.
3. Le risorse debbono essere distribuite in modo più equo fra tutti i passeggeri.

Bugie rassicuranti

Verità
Scomparse

- Non è necessario risparmiare energia

- Non preoccupatevi troppo dell'inquinamento, la tecnologia risolverà tutti i problemi

Bugie
Rassicuranti

- L'effetto serra ed i cambiamenti climatici se li sono inventati gli scienziati

- Il nucleare è la soluzione ideale per il problema energetico.

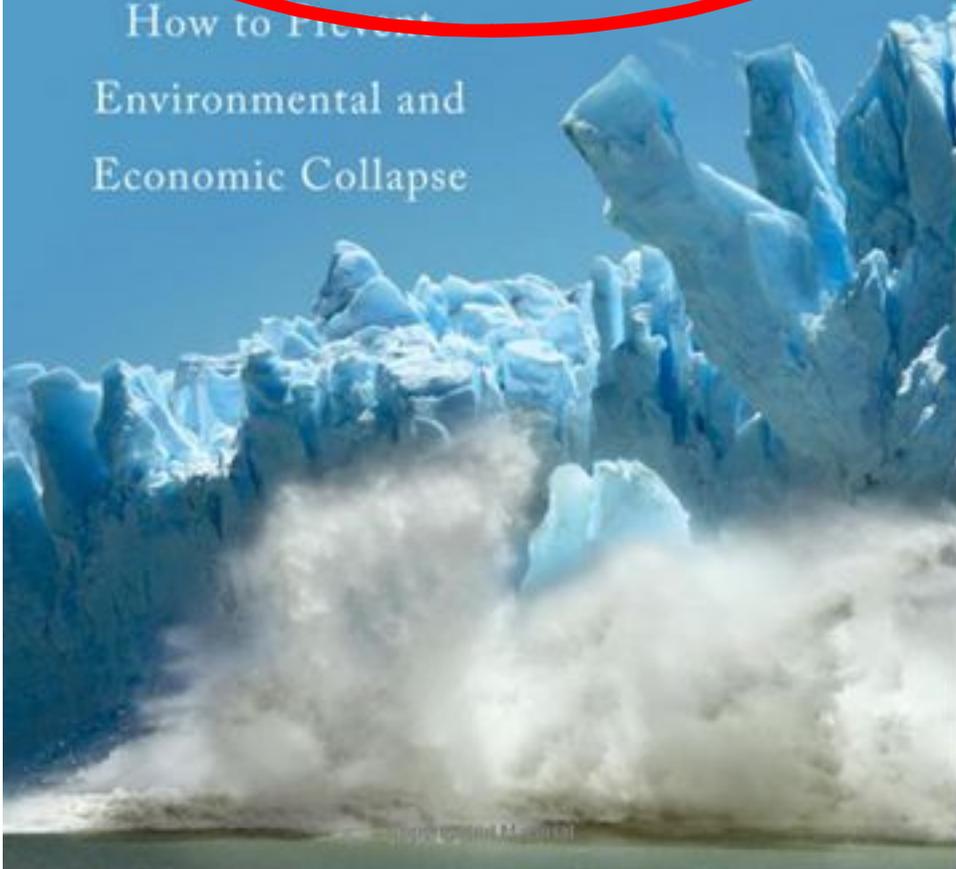
- Per fare star meglio i poveri bisogna che prima i ricchi diventino ancora più ricchi

.....

LESTER R. BROWN

WORLD ON THE EDGE

How to Prevent
Environmental and
Economic Collapse

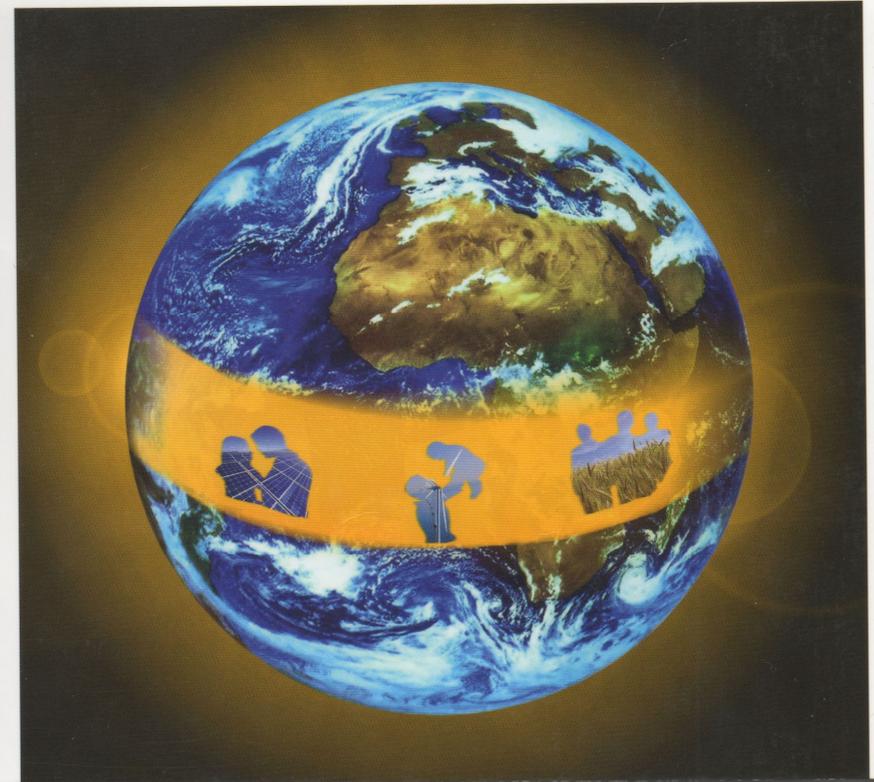


Nicola Armaroli and Vincenzo Balzani

WILEY-VCH

Energy for a Sustainable World

From the Oil Age to a Sun-Powered Future



Il politico e lo statista

Il **politico** guarda
alla sua nazione e alle
prossime elezioni,

lo **statista** guarda invece
a tutta la Terra e anche alle
prossime generazioni.

Agisci sempre
come se le tue azioni
facessero la differenza.

La fanno.

William James

Concern for man himself and his fate must always constitute the chief objective of all scientific endeavors. Never forget this in the midst of your diagrams and equations.

A. Einstein



Se conoscessi tutti i misteri e tutta la scienza, e possedessi la pienezza della fede così da trasportare le montagne, ma non avessi la carità, non sono nulla.

San Paolo

Nicola Armaroli
Vincenzo Balzani
**Energia per
l'astronave Terra**

Nuova edizione aggiornata e ampliata
con gli scenari energetici per l'Italia di domani



Vincitore
del premio
Epitesto
per la divulgazione
scientifica

CHIAVI DI LETTURA **ZANICHELLI**

Vincenzo Balzani and Nicola Armaroli

 WILEY-VCH

Energy for a Sustainable World

From the Oil Age to a Sun-Powered Future



PV germania



Strategia Energetica Nazionale: per un'energia più competitiva e sostenibile

LE SCELTE DI FONDO E GLI OBIETTIVI

Nel medio periodo, sono state identificate 7 priorità con obiettivi concreti e specifiche misure a supporto



1 Efficienza energetica



2 Sviluppo mercato competitivo e Hub del gas sud-europeo



3 Sviluppo sostenibile delle energie rinnovabili



4 Sviluppo dell'infrastruttura e del mercato elettrico



5 Ristrutturazione della raffinazione e della rete di distribuzione dei carburanti



6 Produzione sostenibile di idrocarburi nazionali



7 Modernizzazione del sistema di *governance*



Ricerca e sviluppo nel settore dell'energia