



Consiglio Nazionale delle Ricerche

ENERGIA PER IL XXI SECOLO

Nicola Armaroli

Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività (ISOF), Bologna

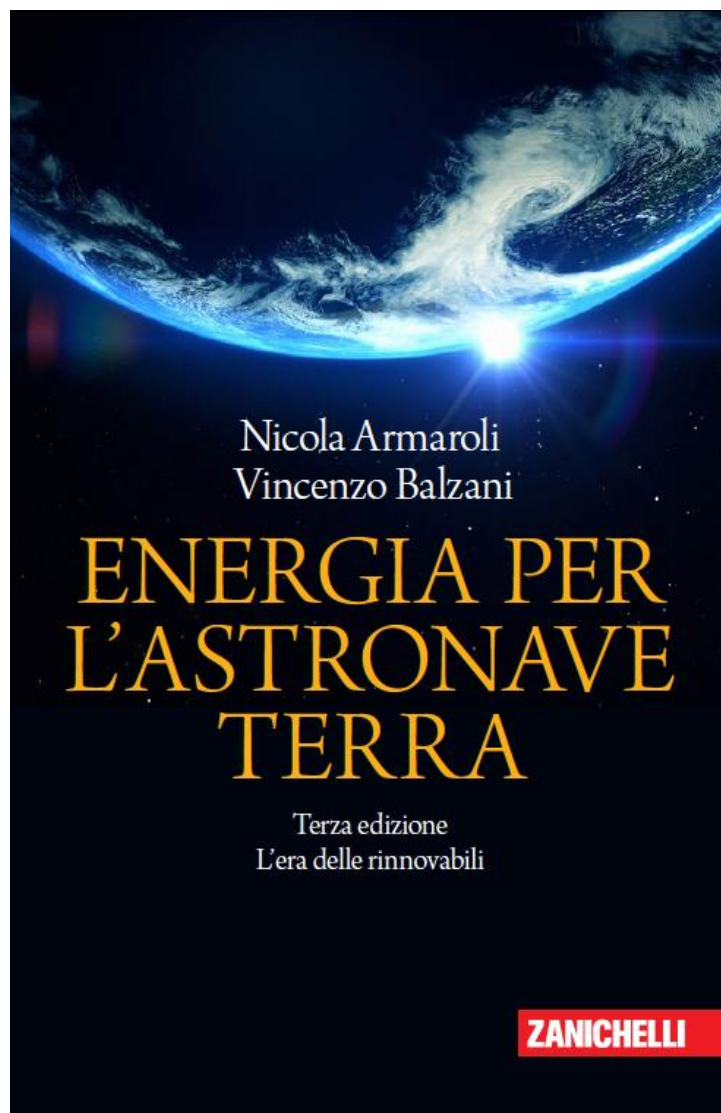
Dipartimento di Scienze Chimiche e Tecnologie dei Materiali del CNR

nicola.armaroli@cnr.it — www.isof.cnr.it/armaroli-nicola



La deontologia nella comunicazione delle innovazioni su energia e salute

Piacenza, 2 Dicembre 2017

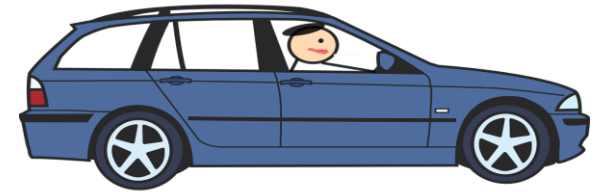
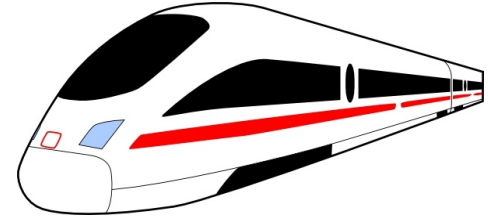


Terza Edizione, 2017



**Sapere – Numero speciale energia
Giugno-Luglio 2017**

È QUELLA “COSA” CHE CI PERMETTE DI FARE TUTTO, IN OGNI ISTANTE DELLA GIORNATA



I NOSTRI CONSUMI QUOTIDIANI

Distribuzione dei consumi finali di energia
finale nei paesi ricchi

~ 75 %

DIBATTITO
SBILANCIATO!

~ 25 %



ELETTRICITÀ



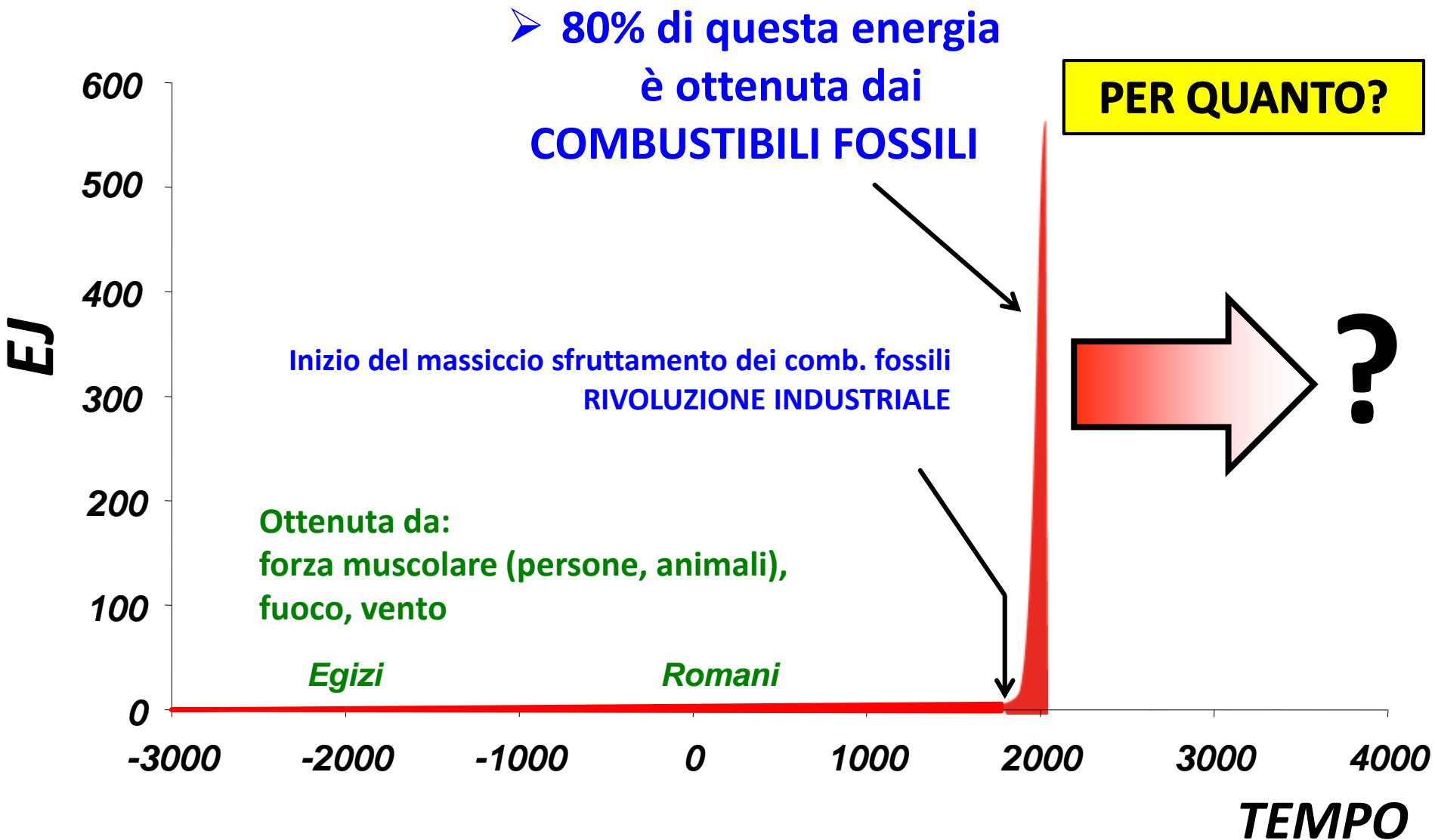
COMBUSTIBILI
(calore, trasporti)

ENERGIA

Alcune idee e numeri



ENERGIA NELLA STORIA



PROVIAMO AD AVERE PERCEZIONE DELLA NOSTRA “CUCCAGNA ENERGETICA”



UN IPOTETICO “SCHIAVO ENERGETICO” A DISPOSIZIONE

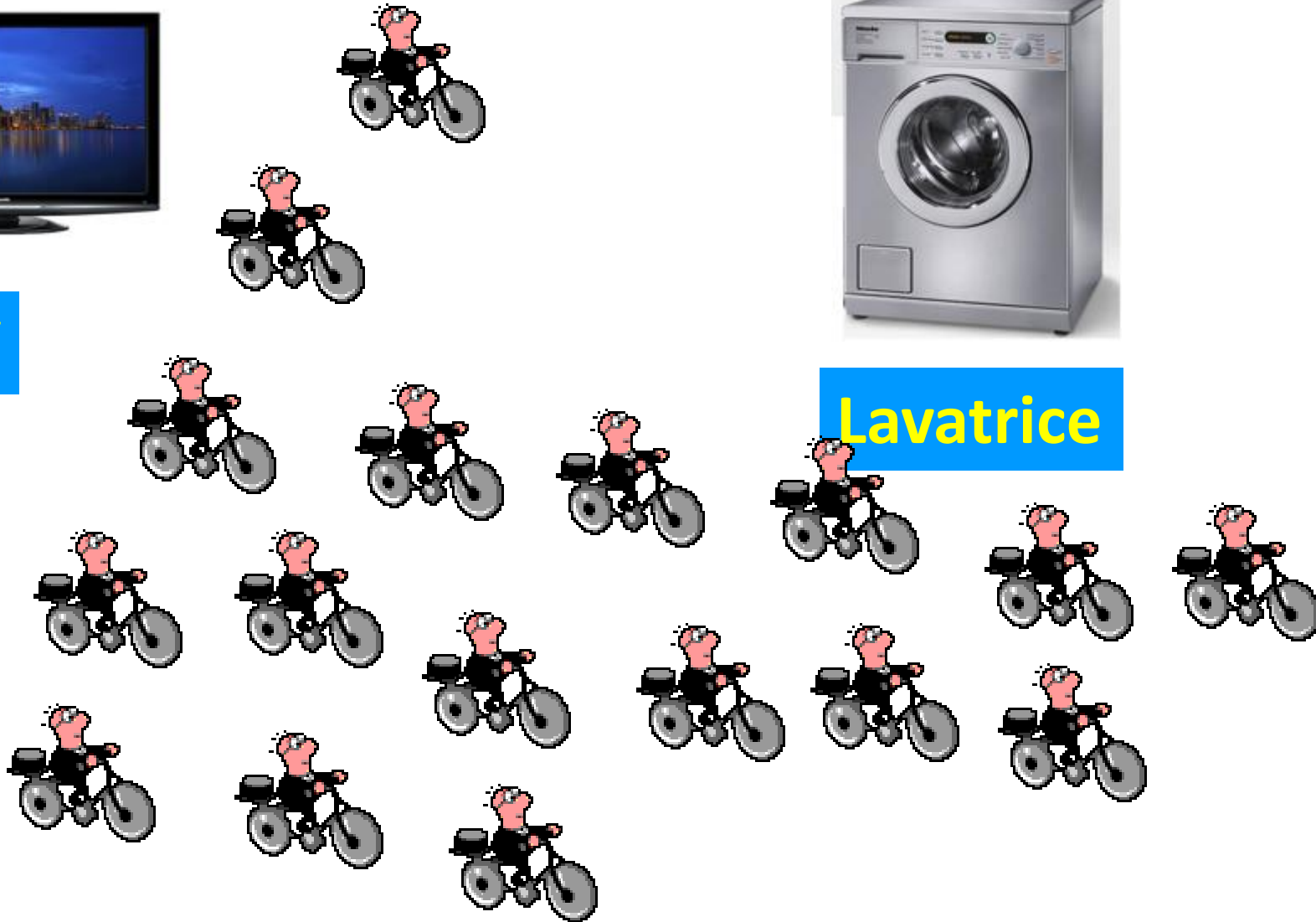
(ca. 50 W per 8 ore, costanti)



TV



Lavatrice



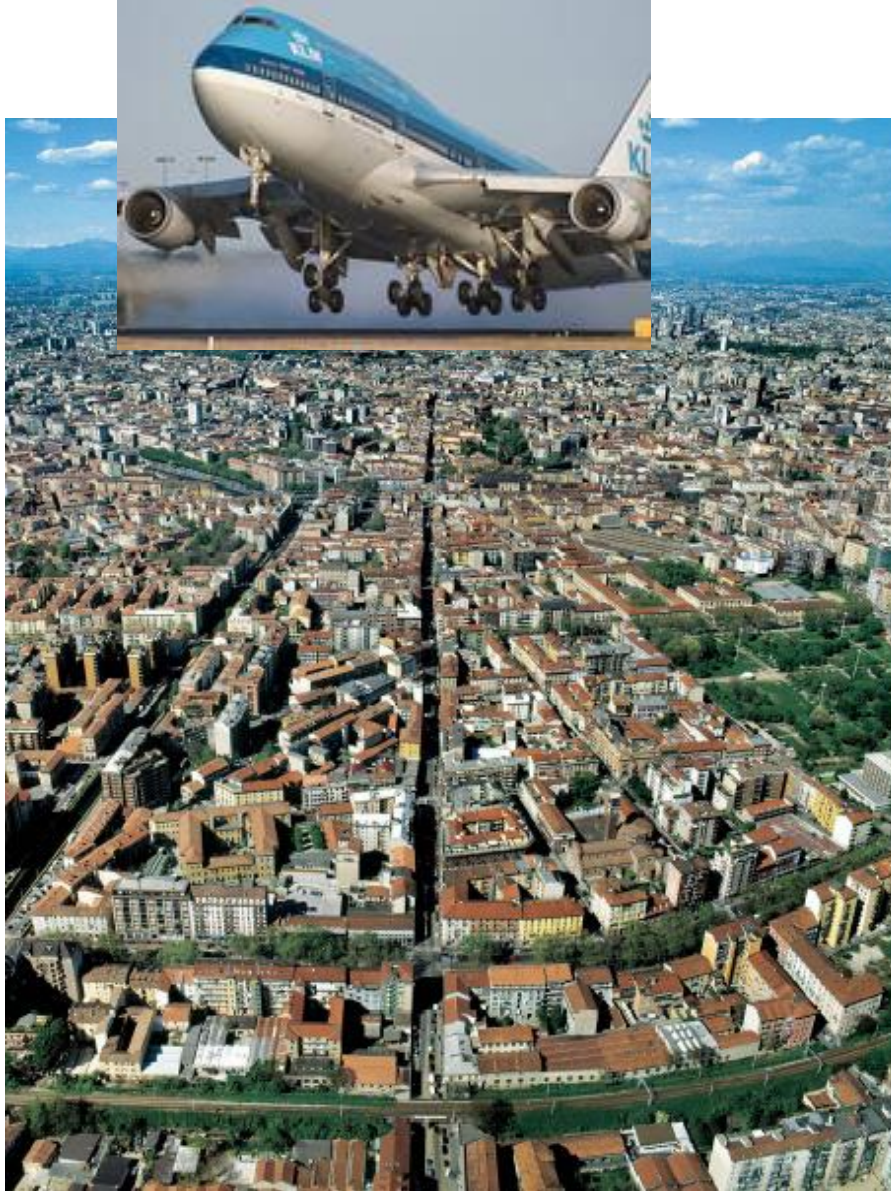


Auto da 115 CV, 100 Km/h



1600

Boeing 747-400 al decollo



1.6 MILIONI

L'ENERGIA È COSTOSA?

**costo PETROLIO:
58 \$/barile**



0.30 €/litro

Meno caro di...



**BENZINA: ca. 1.5 €/l
(65 % tasse!!!)**

Più economica di ...



UNA IMBARAZZANTE VERITÀ

La benzina costa meno
dell'acqua minerale,
nonostante un carico fiscale
enormemente maggiore



COME È POSSIBILE?

theguardian

Fossil fuel subsidies are a staggering \$5 tn per year

John Abraham • Monday 7 August 2017 11.00 BST



In this photo taken on November 19, 2015, smoke belches from a coal-fired power station near Datong, in China's northern Shanxi province. Photograph: Greg Baker/AFP/Getty Images

CONSUMI DI ENERGIA

Qualche numero



Consumo mondiale di energia PRIMARIA*



31.7%, PETROLIO



28.1%, CARBONE



21.6%, GAS

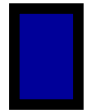
81.4%



9.7%, BIOMASSE



4.9 %, NUCLEARE



2.5%, IDRO

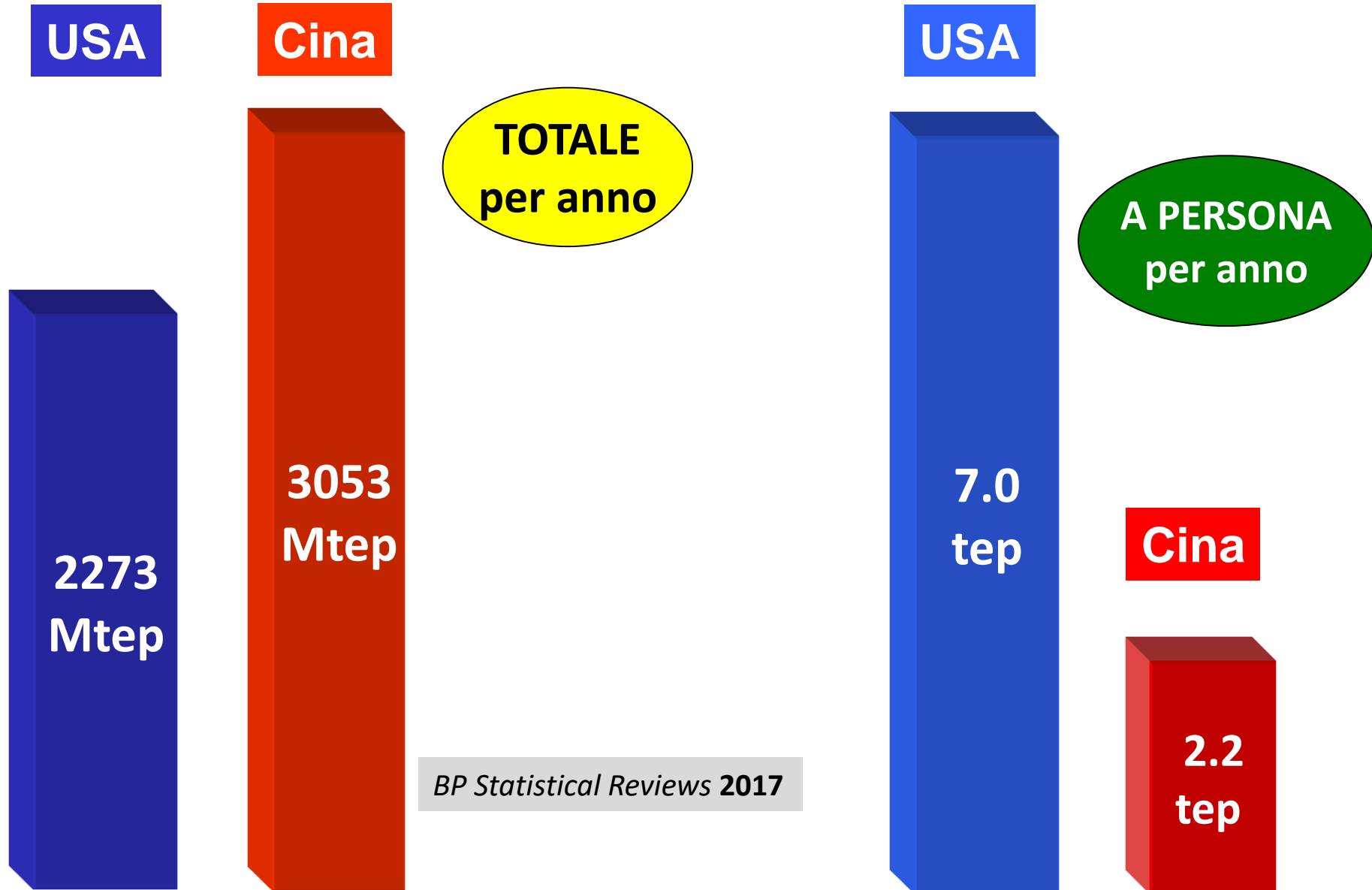


1.5 %, SOLARE, EOLICO, GEOT., ecc.



*International
Energy Agency (IEA)
2017

OCCHIO AI NUMERI: USA vs. CINA



IL PETROLIO

**Petrolio Convenzionale
(petrolio facile)**



**Petrolio NON Convenzionale
(petrolio difficile, “estremo”)**



10 principali detentori di riserve di petrolio

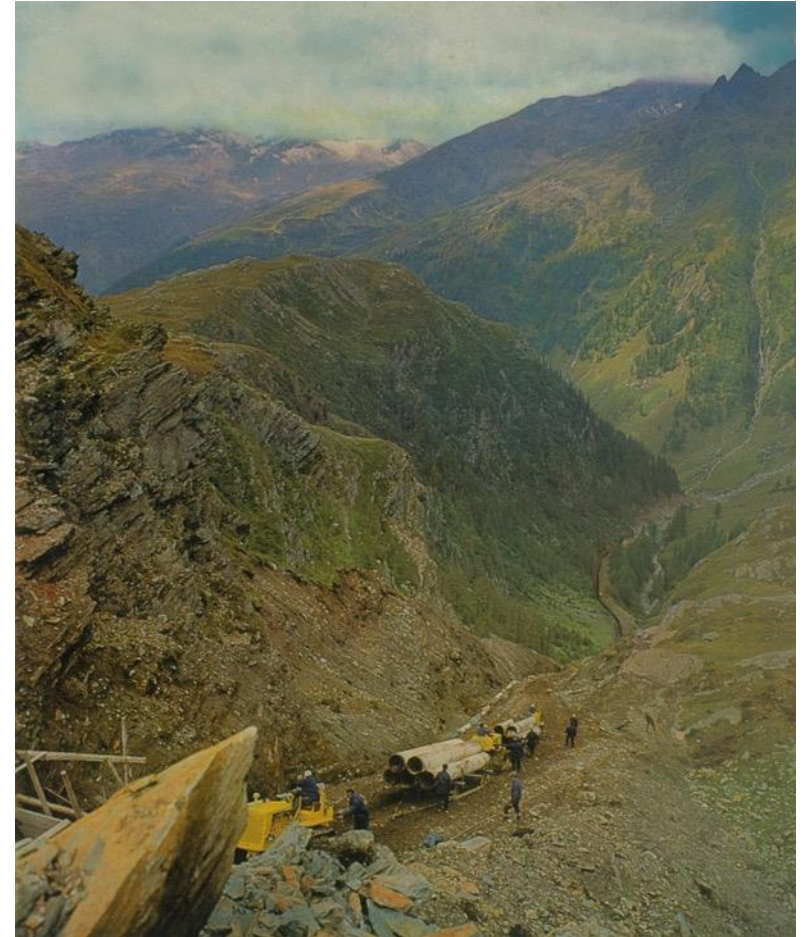
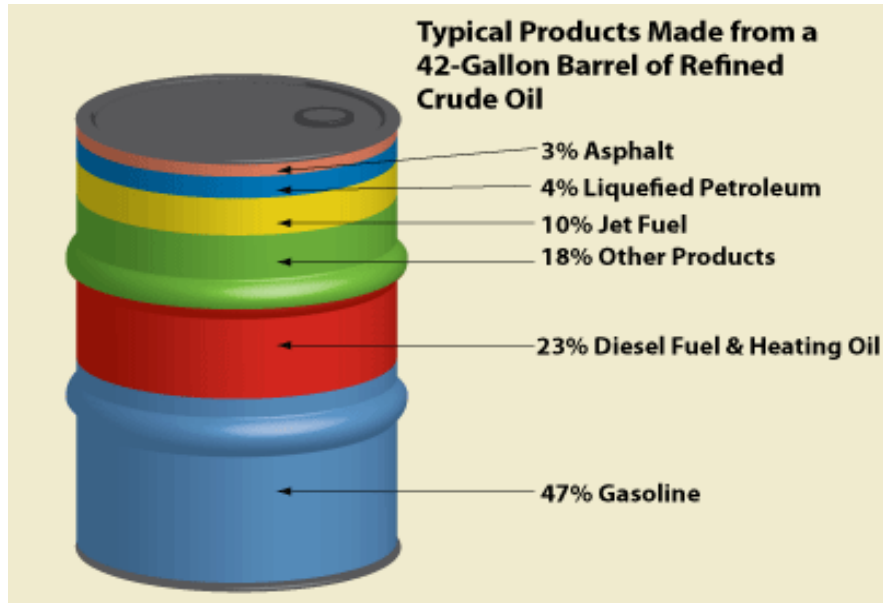
	Gbbi	%
Venezuela	300.9	17.6
Arabia Saudita	266.5	15.6
Canada	171.5	10.0
Iran	158.4	9.3
Iraq	153.0	9.0
Russia	109.5	6.4
Kuwait	101.5	5.9
Emirati Arabi Uniti	97.8	5.7
Libia	48.4	2.8
USA	48.0	2.8
Italia	0.5	<0.05

61.5%

REFERENDUM
TRIVELLAZIONI
?

BP Statistical Reviews, 2017

PETROLIO: UN PRODOTTO ... INSUPERABILE



**Posa Oleodotto Europa Centrale
Passo Spluga 1963-64
(dismesso anni '80)**

PETROLIO E GAS NON CONVENZIONALI



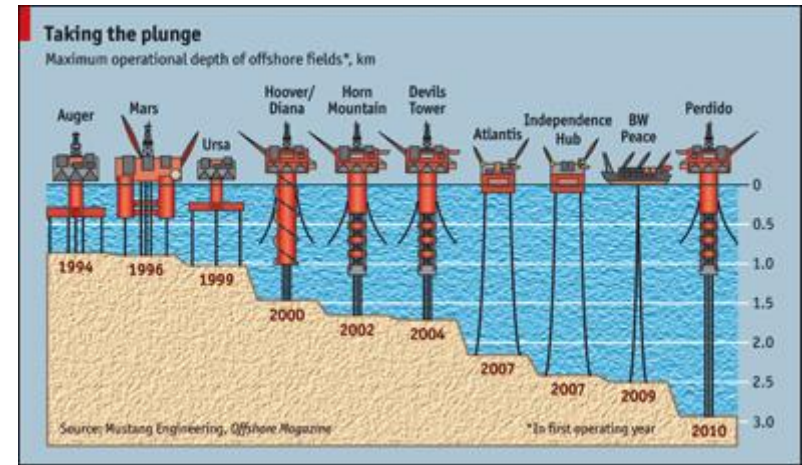
Sabbie bituminose



Petrolio/gas di scisto (fracking)

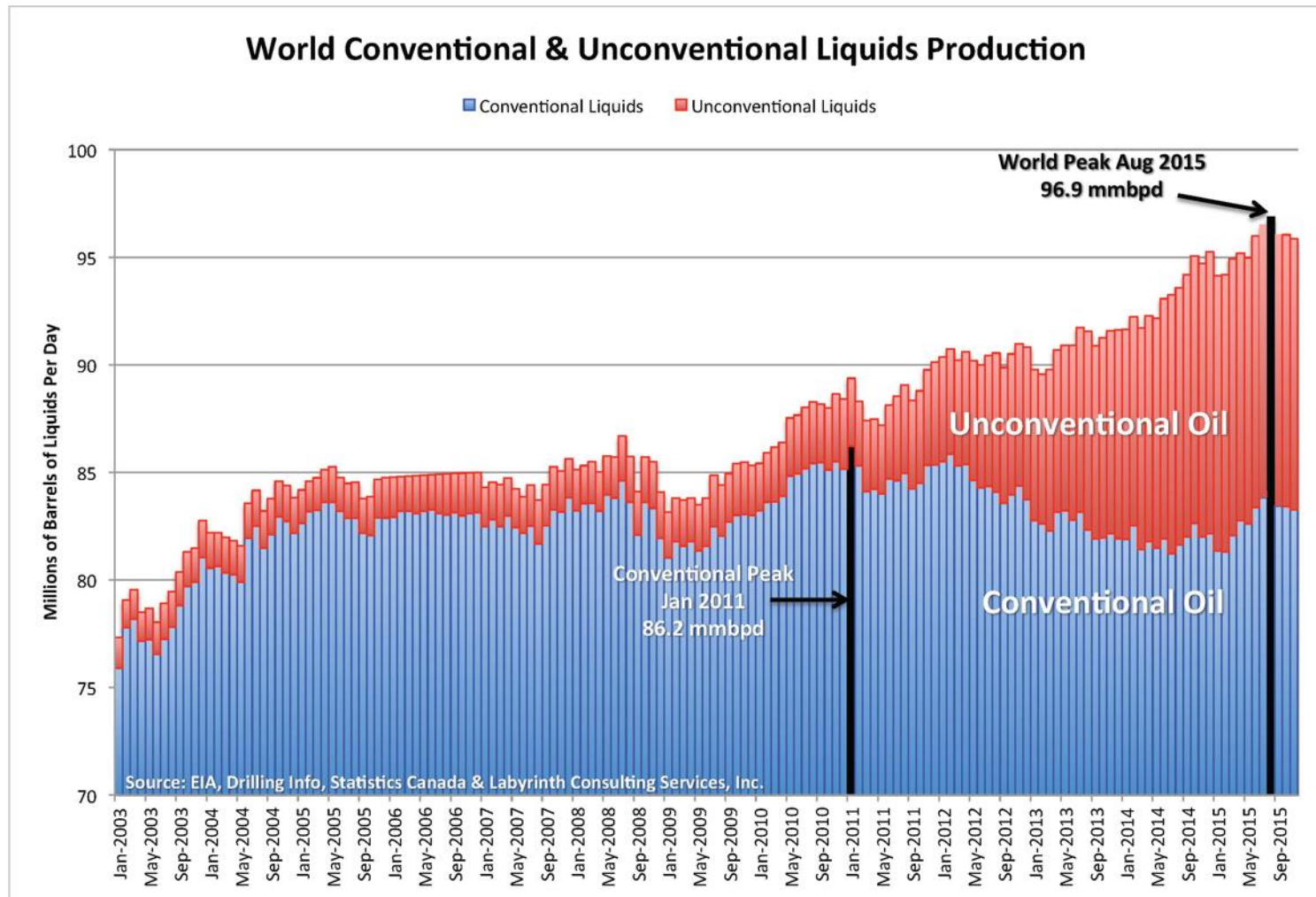


Estrazione in zone remote ...



... o nel mare a profondità crescenti

L'ASCESA DEL PETROLIO NON CONVENZIONALE



GLI ULTIMI 80 ANNI: L'ERA DEI COMBUSTIBILI FOSSILI



Ma tutto questo ha un prezzo ...

IL ROVESCIO DELLA MEDAGLIA



**Tensioni, guerre,
inquinamento, cambiamenti climatici**

L'UMANITÀ IMMETTE IN ATMOSFERA 36 MILIARDI DI TONNELLATE DI CO₂ L'ANNO



EFFETTO SERRA

CONSEGUENZE DEL RISCALDAMENTO GLOBALE



Distruzione barriera corallina (Australia)



Innalzamento mari (Pacific Islands)



Scioglimento permafrost (Siberia)



**Distruzione foreste boreali
(Canada, USA)**

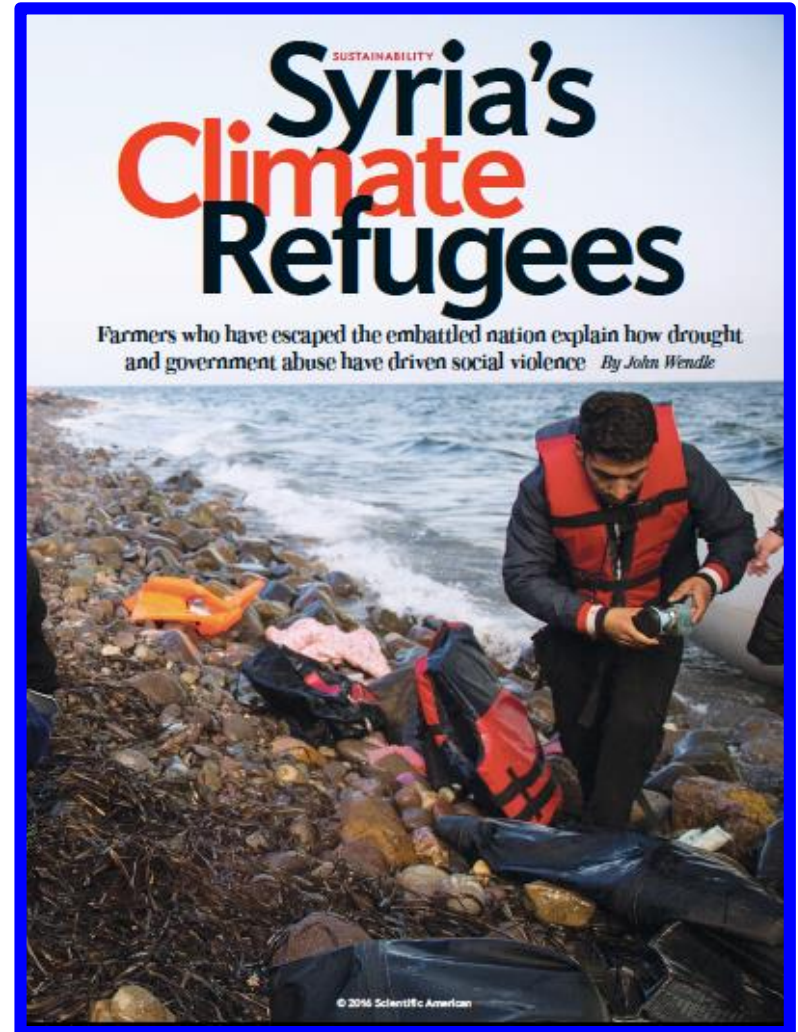
CONSEGUENZE SOCIALI: RIFUGIATI CLIMATICI



Confine Iraq-Siria, 2014

“Ogni anno, a partire dal 2008, una media di 21,5 milioni di persone si è dovuta allontanare a forza dalle proprie case per ragioni climatiche: inondazioni, uragani, incendi, temperature estreme.”

Agenzia ONU per i rifugiati



Sci. Am. 2016, March, 50

L'ACCORDO DI PARIGI, DICEMBRE 2015



OLTRE I COMBUSTIBILI FOSSILI



ALTERNATIVE AI COMBUSTIBILI FOSSILI

SOLE



URANIO



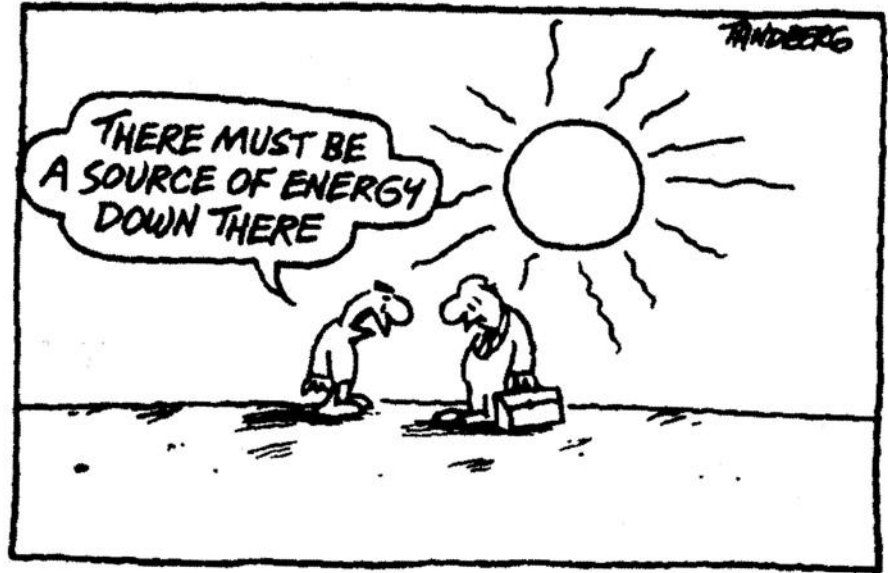
**CALORE DEL
SOTTOSUOLO**



**INTERAZIONE
GRAVITAZIONALE (MAREE)**



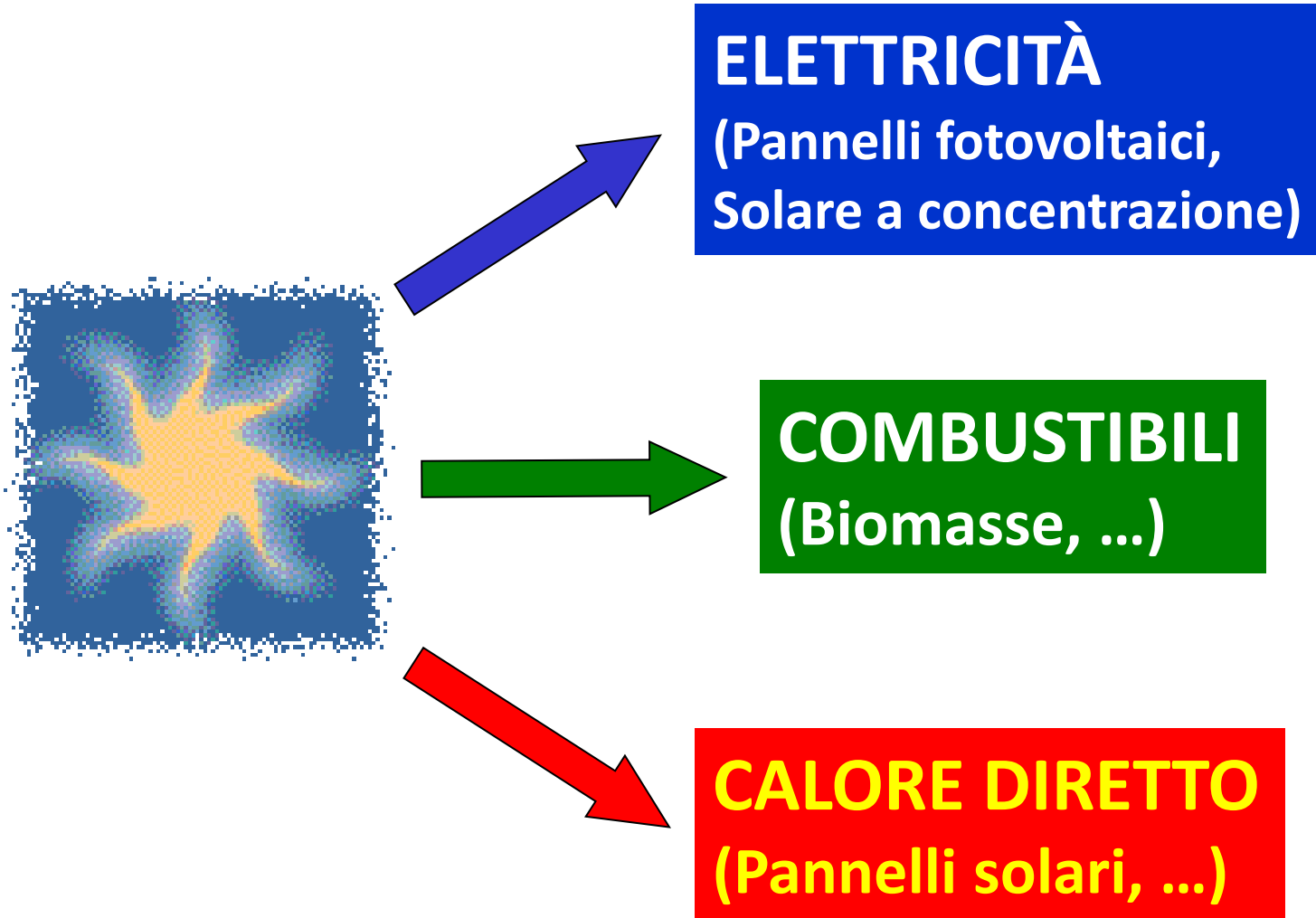
LA SOLUZIONE DEFINITIVA E PERENNE



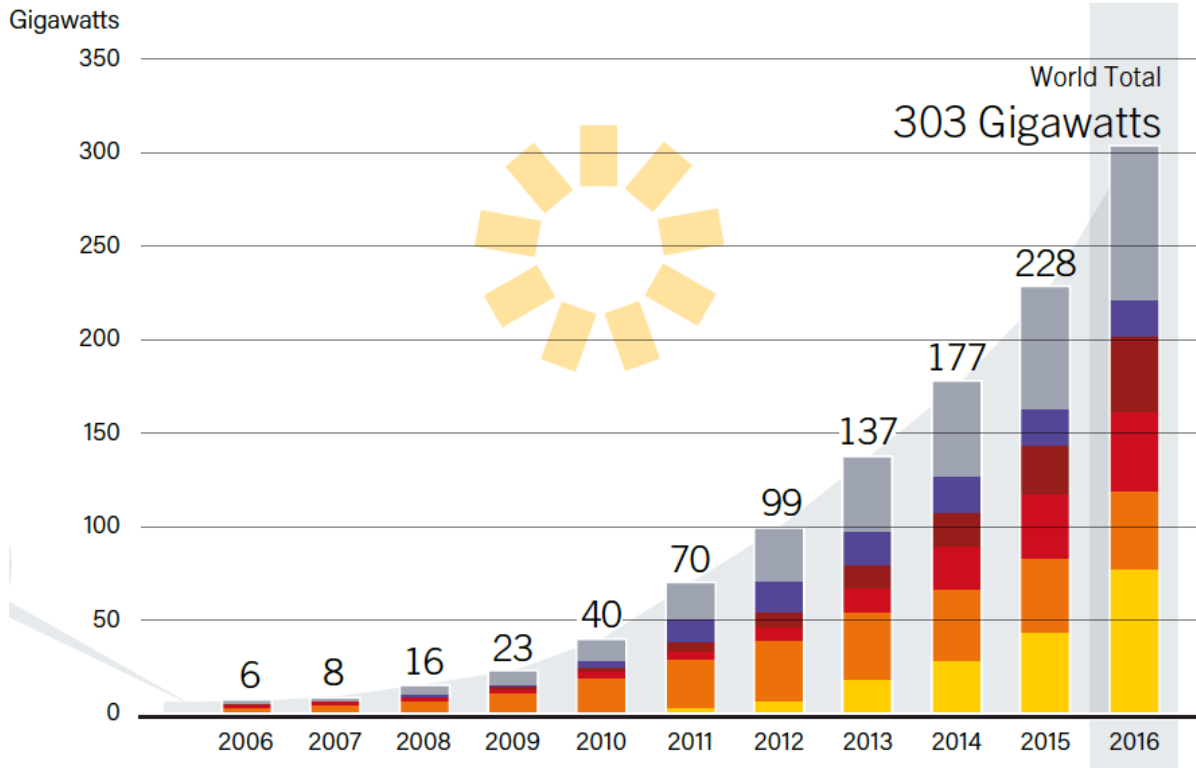
Il sole brillerà per altri **3-4 miliardi di anni**

Il sole invia sulla Terra **in un'ora** una quantità di energia pari a quella che l'umanità consuma **in un anno**

CON IL SOLE (E L'INGEGNO ...) POSSIAMO OTTENERE TUTTO QUEL CHE CI SERVE



SVILUPPO MONDIALE DEL FOTOVOLTAICO 2006-2016



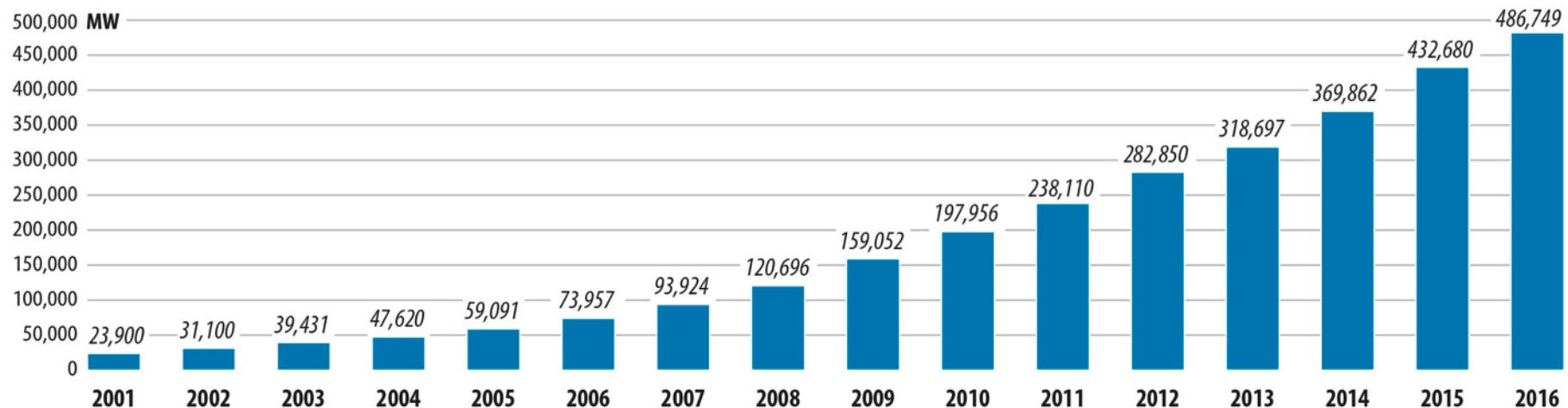
2016
l'equivalente di
50 centrali
nucleari
1,6% consumo
mondiale

**Nel 2015, l'ITALIA ha coperto IL 7,3%
dei suoi consumi con il fotovoltaico**



REN21 Report, 2017

SVILUPPO MONDIALE DELL'ENERGIA EOLICA, 2001-2016



Source: GWEC

**2016: 3.5% della produzione mondiale
≈ 130 centrali nucleari**

GWEC – Global Wind Energy Council, 2017

L'ASCESA DI EOLICO E FOTOVOLTAICO: 2016



920 TWh

(130 CENTRALI da 1000 MW)



340 TWh

(50 CENTRALI da 1000 MW)

VENTO + FV 2016: 1250 TWh (stima conservativa)
5,2 % della produzione elettrica mondiale
(50% della produzione nucleare)

COMBUSTIBILI DAL SOLE

Biocombustibili

1a GENERAZIONE: Colture Dedicare



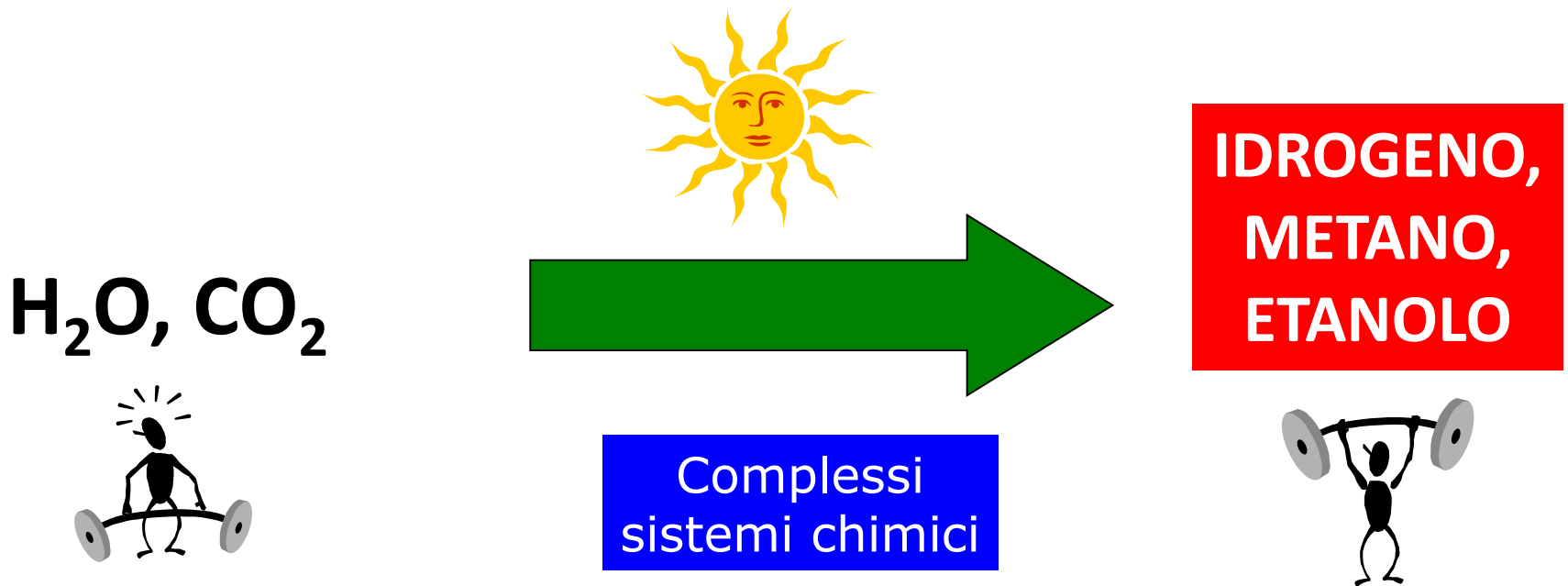
BIOETANOLO per motori **A BENZINA**
(da granoturco, barbabietola, ..)

BIODIESEL per motori **A GASOLIO**
(da olii vegetali: colza, girasole, ...)

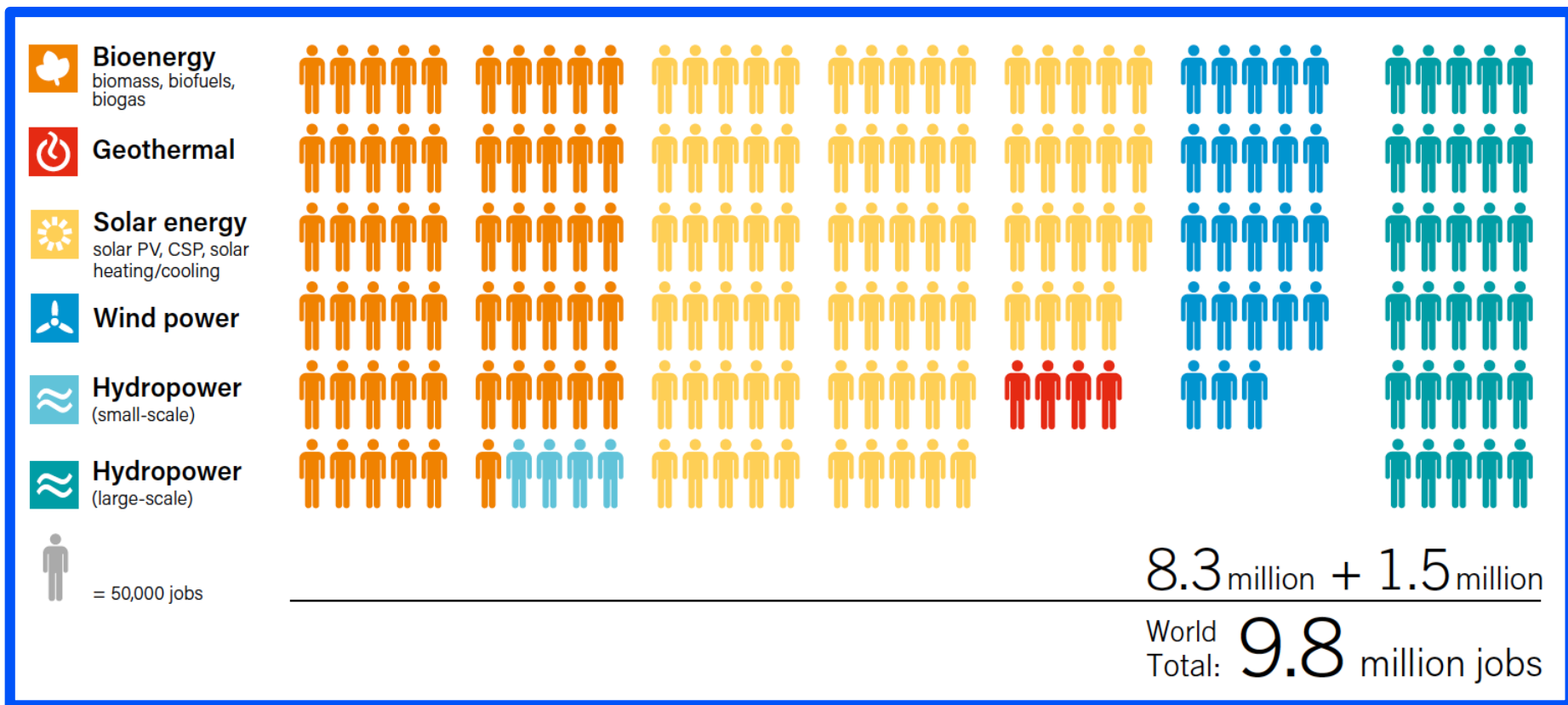
2a GENERAZIONE Scarti Agricoli



3a GENERAZIONE: FOTOSINTESI ARTIFICIALE



RINNOVABILI = POSTI DI LAVORO



REN21, Renewables 2017, Global Status Report



ALLE RINNOVABILI IN ITALIA



Crollo delle installazioni di solare e eolico

Come il governo Renzi sta bloccando le energie pulite e le opportunità di un futuro rinnovabile per l'Italia



LEGAMBIENTE

L'ORA DELLE SCELTE (sostenibili)



TRASPORTO: BIOCOMBUSTIBILI O ELETTRICO?



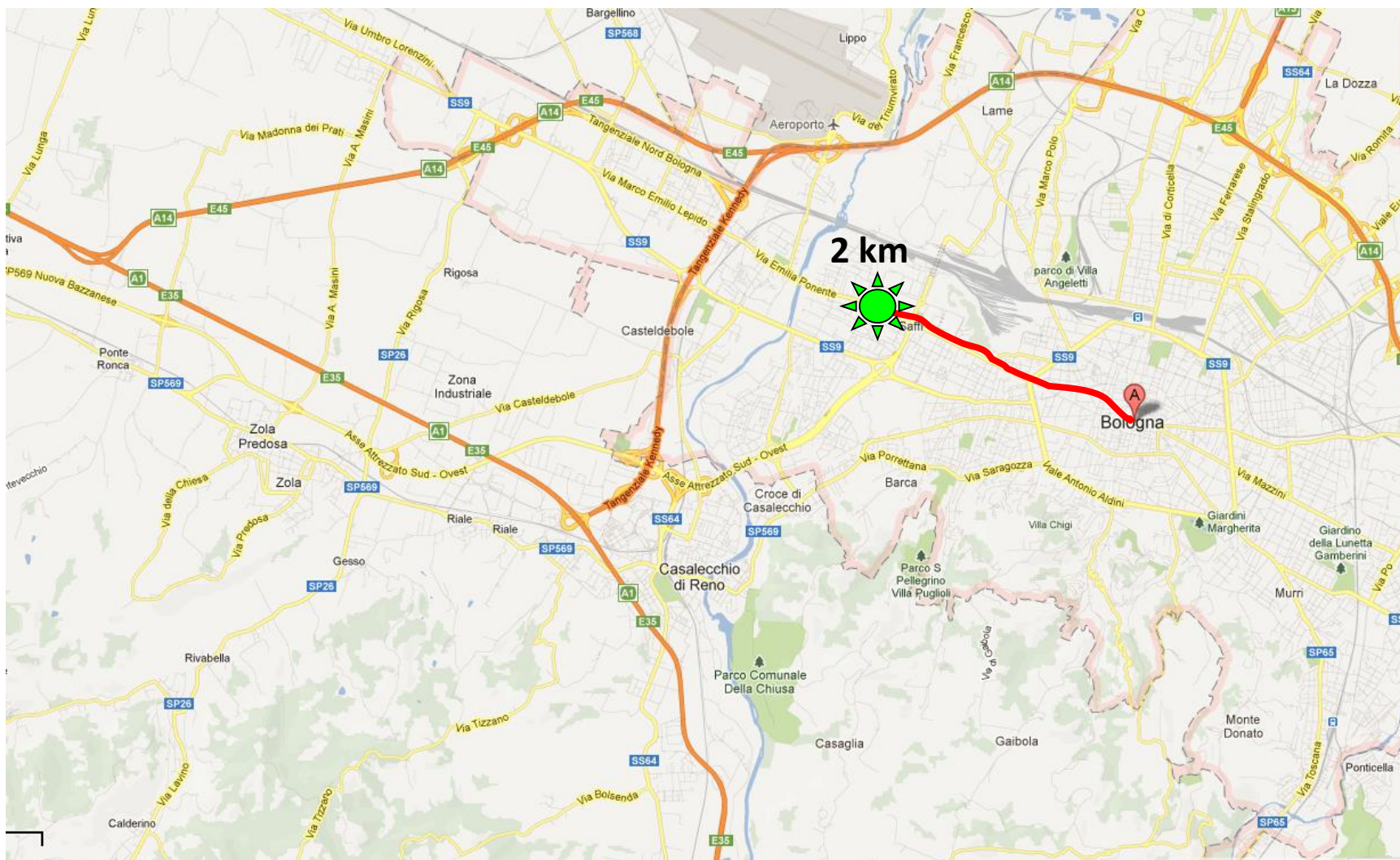
CONFRONTO NEL ... NOSTRO GIARDINO

Biodiesel

su 1 m² di terreno coltivo **COLZA** e produco biodiesel. Quello che ottengo in un anno lo metto nel serbatoio di un'auto diesel...



... quanti chilometri faccio?



CONFRONTO NEL ... NOSTRO GIARDINO

Elettricità

su 1 m² installo un pannello fotovoltaico. Con l'elettricità ottenuta in un anno, carico una batteria di un'auto elettrica...

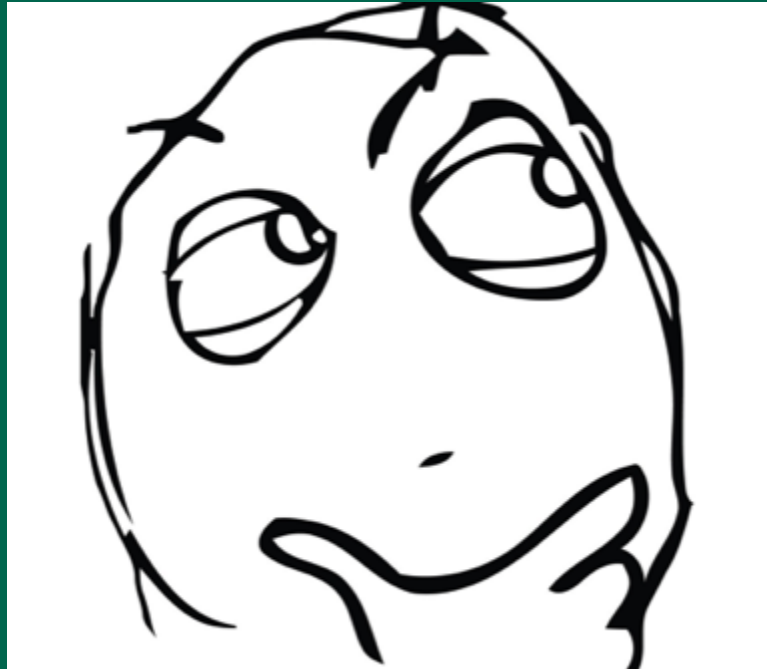


... quanti chilometri faccio?



500 km

CE LA POSSIAMO FARE ...?



SAREBBE POSSIBILE ANDARE TUTTI IN AUTO ELETTRICA?



CONSUMO: 0.18 kWh/km

In Italia: 37 milioni di auto

Chilometraggio medio: 12000 km/anno

**Se Tesla S, consumerebbero: 80 TWh
(tutti gli italiani in auto extra lusso!)**

Italia, 2015: 110 TWh da RINNOVABILI (ca. 35% del consumo totale)



49%



19%



16%

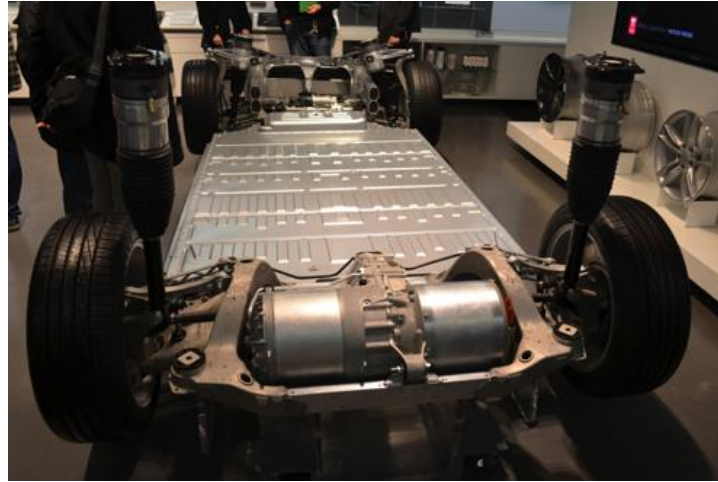
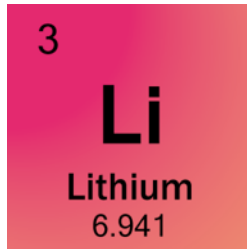


13%



5%

E IL LITIO PER LE BATTERIE?



Auto vendute annualmente nel mondo: **70 milioni**

Se elettriche: \approx **700 000 ton** di Litio (10 kg/auto)

Attuale produzione mondiale di Litio: **35 000 ton/anno**
(USGS, 2015)

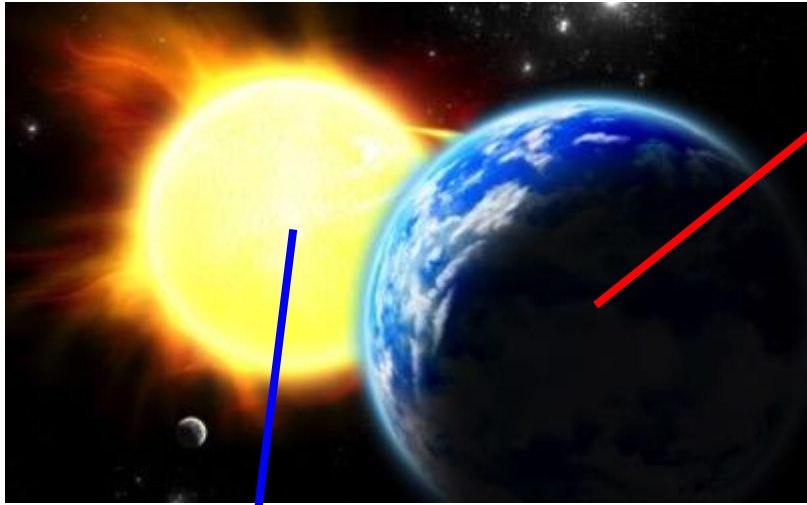


Il litio serve non solo per le batterie auto ...

IL COLLO DI BOTTIGLIA MATERIALE



LA TRANSIZIONE ENERGETICA HA DEI LIMITI



**Occorrono CONVERTITORI E
ACCUMULATORI DI ENERGIA
SOLARE: fatti di materiali
“terrestri”, quindi disponibili in
modo limitato**

ENERGIA SOLARE
Input “extraterrestre”
largamente superiore
al nostro fabbisogno



IL COLLO DI BOTTIGLIA DEL “RITORNO ENERGETICO”



PER OTTENERE ENERGIA UTILE SI SPENDE ENERGIA



“EROI”

Rapporto tra energia guadagnata ed
energia spesa per ottenerla: **DEVE ESSERE ALMENO 5**

RECUPERARE IL SENSO DEL LIMITE



**Operazioni di bonifica
sulle coste
della Louisiana (USA)
dopo la catastrofe della
piattaforma Deepwater
Horizon**

**La scienza e la tecnologia NON sono la
soluzione a tutti i nostri problemi**



“Se continueremo a consumare il mondo finché non ci sarà nient’altro da consumare arriverà allora un giorno, è assolutamente certo, in cui i nostri figli, o i loro figli, o i figli dei loro figli ripenseranno a noi – a me e a te – e si diranno: *Mio Dio, ma che razza di mostri erano questi?*”

Daniel Quinn

POST SCRIPTUM SULL'INFORMAZIONE

Trento, 3 Ottobre 2017

Marchionne «Auto elettrica, una minaccia»

Marchionne alla lectio per il diploma magistrale: «Prima produrre energia da fonti rinnovabili» Il neodottore in meccatronica crede invece nell'automazione: «Possibile azzerare gli incidenti»

Corriere dell'Alto Adige 3 Oct 2017
altre +3 Damaggio

ROVERETO Non s'è fatto attendere. Mezz'ora prima della cerimonia, alle undici in punto, la sua Maserati marrone ha varcato i cancelli di Trentino sviluppo. Una visita ai laboratori di Prom Facility scortato dal governatore Ugo Rossi, dal vicepresidente Alessandro Olivi e dal presidente di Fbk, Francesco Profumo. Poi l'avvio della liturgia accademica, sulle note del

tradizionale Gaudeamus igitur. Sergio Marchionne ha ricevuto così il diploma di laurea magistrale in Ingegneria meccatronica «per l'eccezionale professionalità, impegno ed efficacia nella gestione di diverse realtà industriali». Un riconoscimento che l'amministratore delegato di Fiat Chrysler, Fca Italy nonché ad di Fca Usa ha accolto indicando «la più grande rivoluzione nel mondo dei trasporti, ormai alle porte». Se la «riduzione della dipendenza dal petrolio» è necessaria, Marchionne non pare affatto convinto dalle virtù delle auto elettriche, definite «un'arma a doppio taglio». Sia ambientale sia in termini di profitto («Per ogni 500 elettrica che vendiamo negli Stati Uniti perdiamo circa 20.000 dollari: su larga scala →



Dottore Sergio Marchionne ha ricevuto ieri dall'Università di Trento la laurea ad honorem in meccatronica



Governo Italiano
Presidenza del Consiglio dei Ministri

Seguici su: 

Cerca... 

[Il Presidente](#) [Il Governo](#) [Presidenza del Consiglio dei Ministri](#)

Progetto "Insieme per un futuro low carbon"

Condividi 

21 Novembre 2017



Nicola Armaroli, ISOF-CNR, BOLOGNA – Piacenza, 2 Dicembre 2017

A ROMA FURGONI A METANO, A BRUXELLES ...

European battery alliance launched in Brussels

By Frédéric Simon | EURACTIV.com with Reuters

📅 12 ott 2017 (updated: 📅 20 nov 2017)



COMMENTO DA UNA MINUSCOLA TRIBUNA

Sapere SCIE
NZA

NEWS

RUBRICHE

ABOUT

RUBRICA - L'opinione di...

L'auto dei sogni

di [Nicola Armaroli](#)

Dimensione Font - +



Trent'anni fa possedevo una **Fiat 127** usata, a metano. Motore eccezionale, finiture spartane, carrozzeria penosa. Rappresentava un modello produttivo destinato a scomparire nel giro di pochi anni, sotto i colpi della qualità totale di stampo giapponese. All'epoca sognavo che i miei figli avrebbero guidato un'auto "spaziale": sexy come la Batmobile e a inquinamento zero. Non fui un gran profeta: guidano una Fiat Punto usata a **benzina**, degna nipote della mia 127.



Qualche settimana fa Sergio Marchionne, amministratore delegato di FCA (ex Fiat), ha gettato molti dubbi sulle prospettive dell'**auto elettrica**: la sua azienda punta con decisione sull'**auto a metano**. Ma guarda un po' – ho pensato – negli anni '80 scarrozzavo fidanzata e amici su un'auto fantascientifica, e non lo sapevo. Davvero sorprendente questo filosofo prestato all'industria automobilistica, altro che Batmobile dei miei sogni! Naturalmente sto scherzando, e vorrei usare il poco spazio che mi resta per parlare di cose serie.

Negli stessi giorni in cui le affermazioni di Marchionne riempivano giornali, siti, televisioni e radio, si è tenuto a **Bruxelles** un evento largamente ignorato dai media italiani. Consapevole del rischio di perdere la partita del trasporto elettrico contro i colossi asiatici e nordamericani, la **Commissione Europea** ha convocato governi e aziende per gettare le basi per un grande **consorzio sulle batterie**. L'obiettivo è replicare il successo del consorzio europeo Airbus, un'iniziativa che, cinquant'anni fa, evitò il monopolio degli Stati Uniti nel settore aeronautico. Tutti i colossi dell'auto europei erano presenti all'incontro. Non c'era FCA, che pure ha sede legale in Olanda. Chissà, forse sono concentrati sulla progettazione di un nuovo tipo di bombola a gas?

<http://www.saperescienza.it/rubriche/l-opinione-di/l-auto-dei-sogni>

LA ELLISSE STRATEGICA DELL'ENERGIA



**16 nazioni, 70% delle risorse
convenzionali di PETROLIO e GAS
LA REGIONE PIÙ “CALDA” DEL MONDO**

IL SOLE: MOLTO VERSATILE

TECNOLOGIE DIRETTE



Calore



Elettricità

FORME INDIRETTE



Biomasse



Vento



Idro

ELETTRICITÀ DAL SOLE - 1

Sistemi fotovoltaici



TETTI FOTOVOLTAICI



**“CENTRALI”
FOTOVOLTAICHE**

ELETTRICITÀ (INDIRETTA) DAL SOLE

Energia eolica

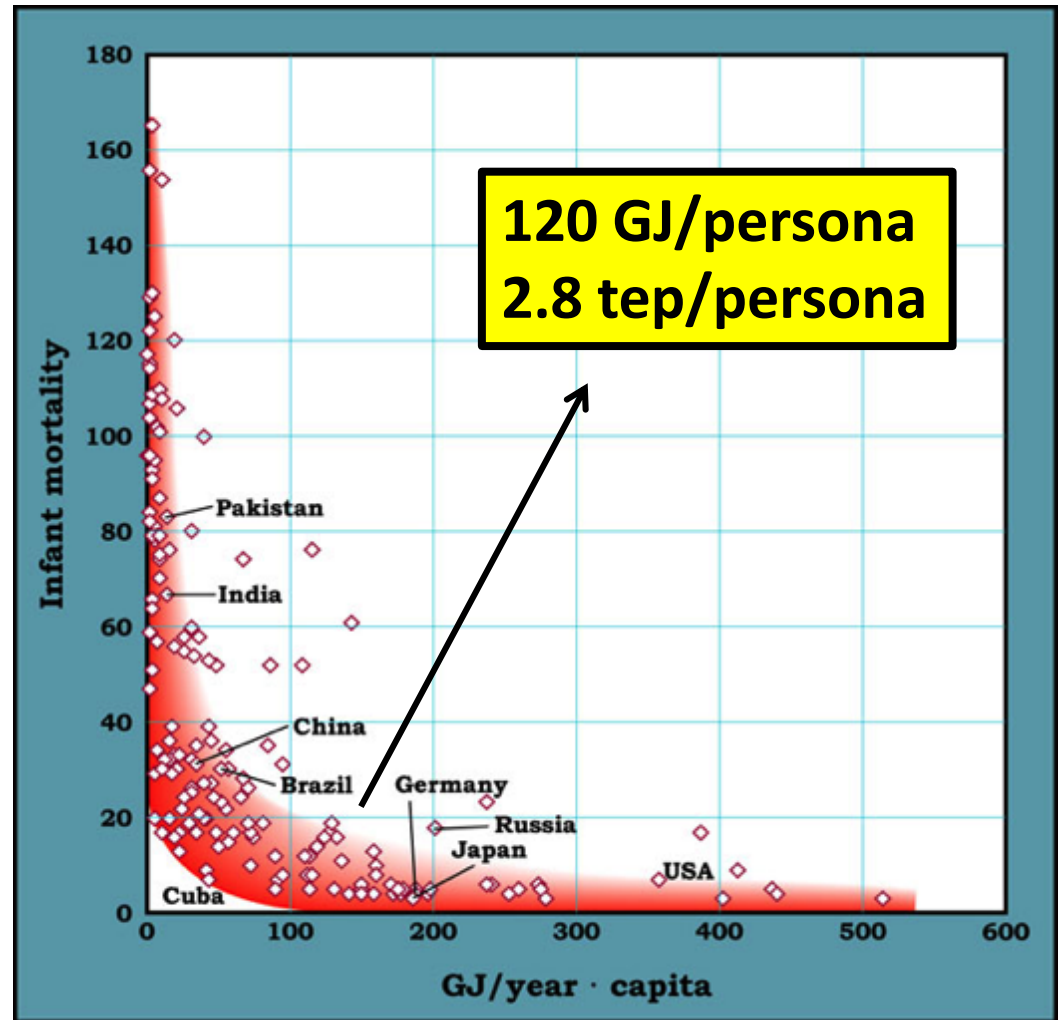


HA SENSO AUMENTARE SEMPRE I CONSUMI?

NO!

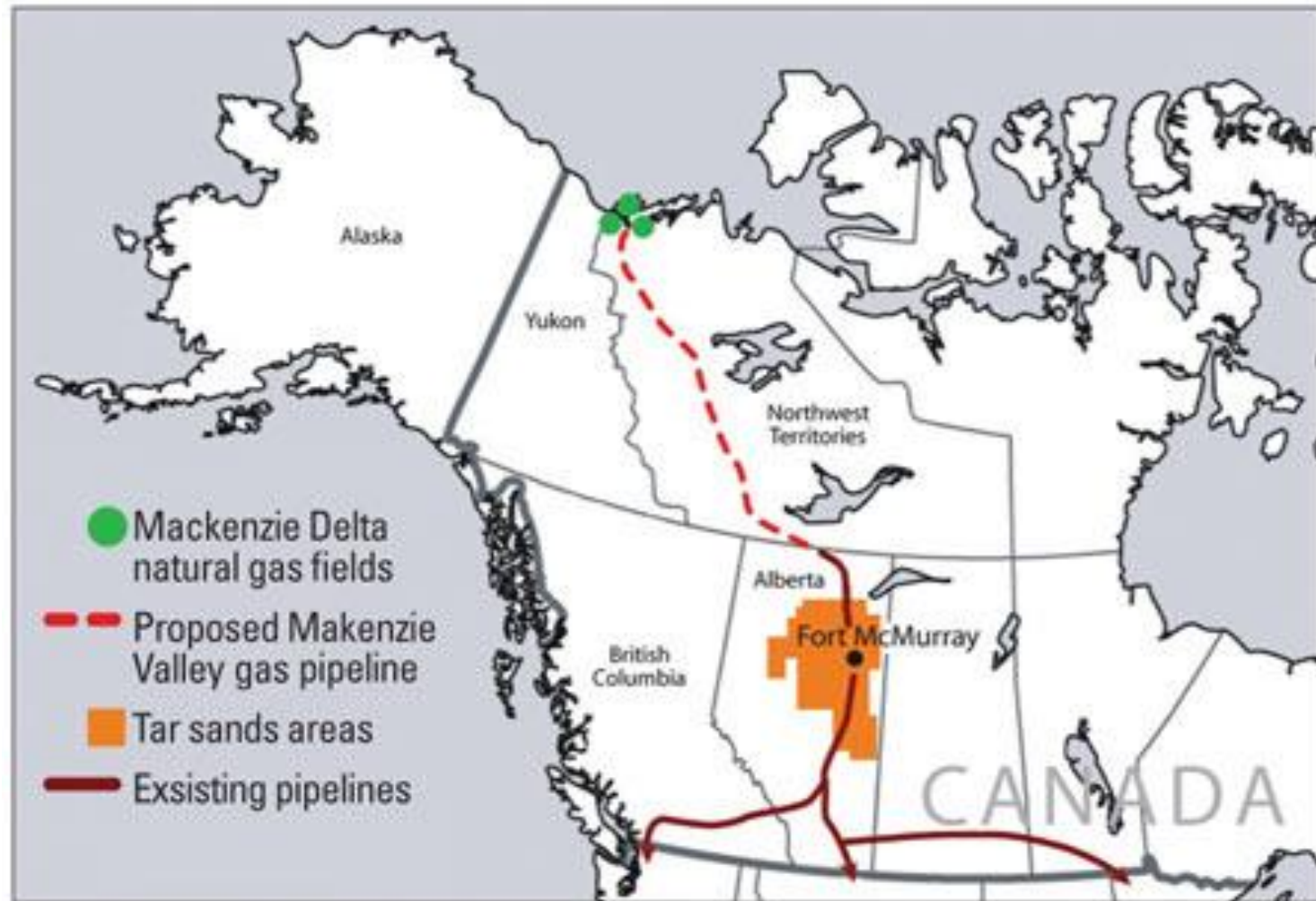
Un esempio

**Mortalità
infantile**



Credit: Prof. Vaclav Smil, Univ. of Manitoba, CANADA

1 – SABBIE BITUMINOSE, Alberta (Canada)



DISTRUZIONE DELLA FORESTA BOREALE CANADESE







National Geographic Magazine, **Marzo 2009**

Nicola Armaroli, ISOF-CNR, BOLOGNA – Piacenza, 2 Dicembre 2017

EFFETTI ... INASPETTATI



Nature **2010**, 468, 499

UN CAMMINO SOSTENIBILE AL 2050?

	Mtep/nazione	tep/pers.	
TARGET 2050	25 200	2.8	2050 9 MILIARDI
MONDO 2015	13 276	1.8	2016 7.44 MILIARDI

Elaborati da EIA, Eurostat, World Bank and BP Statistical Reviews 2017

**NB: IN ALCUNI PAESI IL CONSUMO
È 30 VOLTE INFERIORE AL NOSTRO**

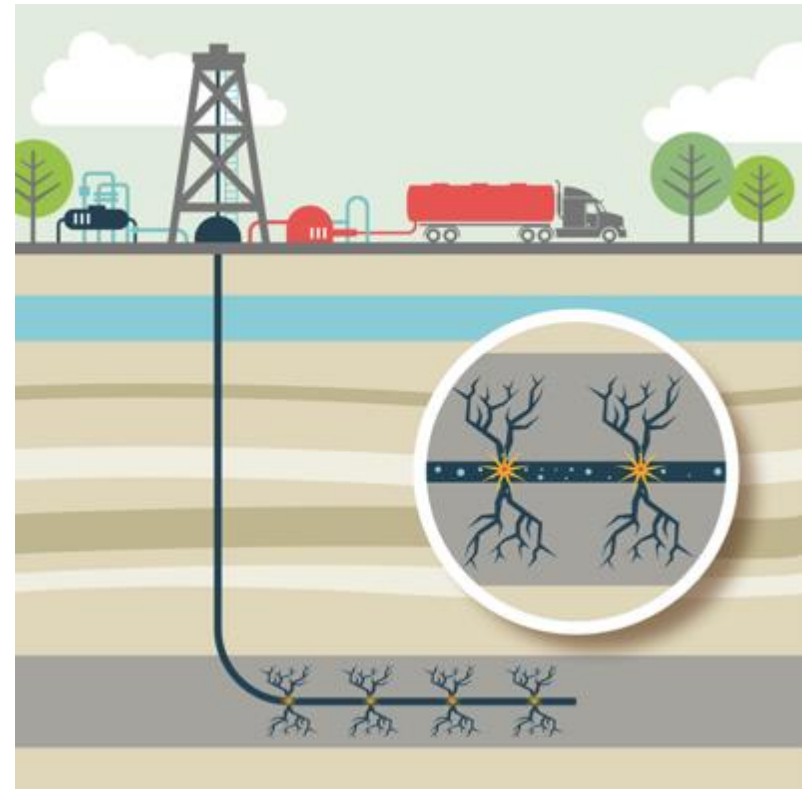


Tu cosa faresti?

2 – IDROCARBURI DA SCISTO (“TIGHT”)

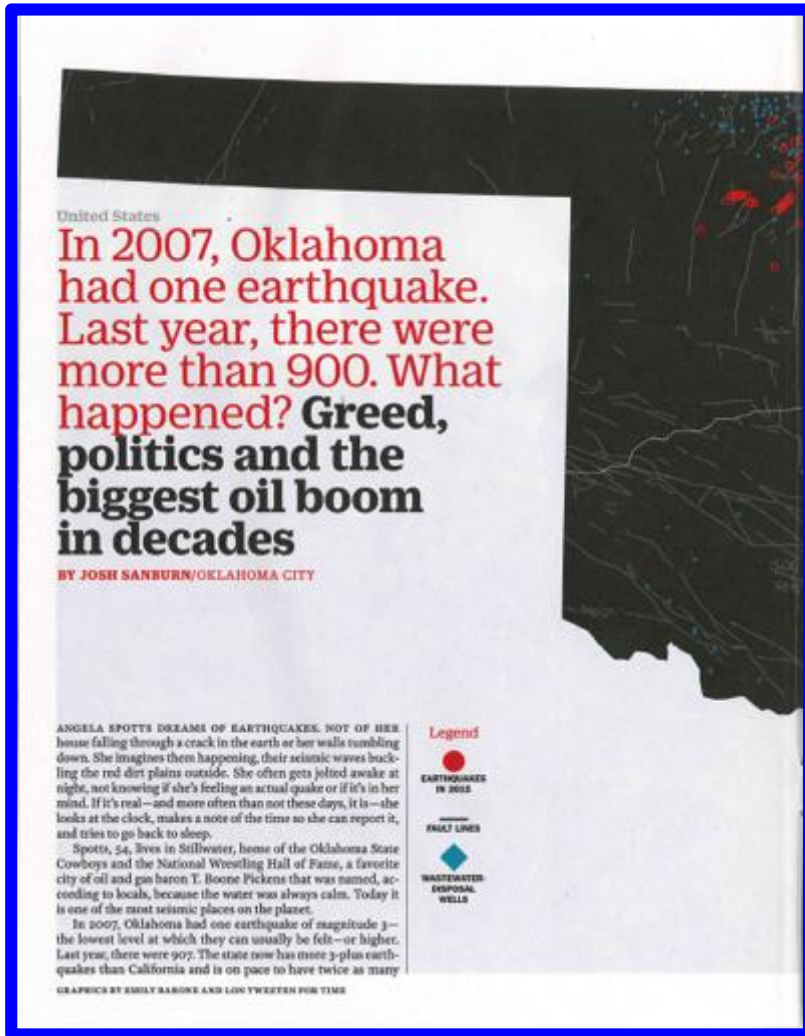


“FRACKING”



Numerosi impatti ambientali ...

TERREMOTI INDOTTI IN USA



TIME, 21 Marzo 2016

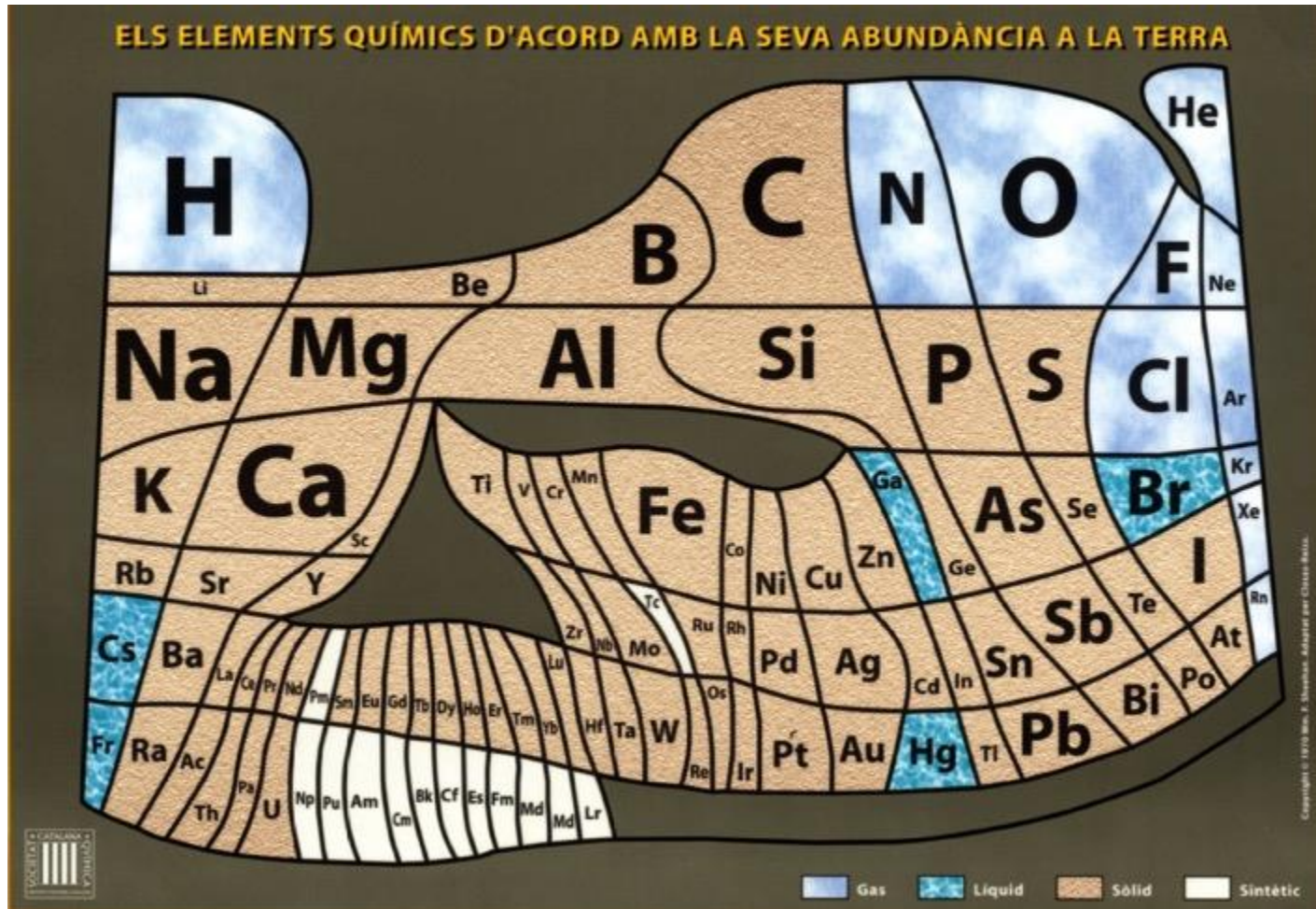


2011



2016

LA TAVOLA PERIODICA “QUANTITATIVA”



Alcuni tipi di atomi sono disponibili in quantità limitate

ELEMENTI RARI nelle tecnologie energetiche: alcuni esempi



Neodimio
Praseodimio
Disprosio



- Neodimio, Praseodimio, Disprosio
- Lantanio, Cerio, Litio



Europio, Terbio, Ittrio, Cerio

SMARTPHONE: oltre 40 elementi

ELEMENTS OF A SMARTPHONE

ELEMENTS COLOUR KEY: ● ALKALI METAL ● ALKALINE EARTH METAL ● TRANSITION METAL ● GROUP 13 ● GROUP 14 ● GROUP 15 ● GROUP 16 ● HALOGEN ● LANTHANIDE

SCREEN

Indium tin oxide is a mixture of indium oxide and tin oxide, used in a transparent film in the screen that conducts electricity. This allows the screen to function as a touch screen.

The glass used on the majority of smartphones is an aluminosilicate glass, composed of a mix of alumina (Al_2O_3) and silica (SiO_2). This glass also contains potassium ions, which help to strengthen it.

A variety of Rare Earth Element compounds are used in small quantities to produce the colours in the smartphone's screen. Some compounds are also used to reduce UV light penetration into the phone.

49 In Indium	8 O Oxygen
50 Sn Tin	
13 Al Aluminium	14 Si Silicon
8 O Oxygen	19 K Potassium
39 Y Yttrium	57 La Lanthanum
65 Tb Terbium	
59 Pr Praseodymium	63 Eu Europium
64 Gd Gadolinium	69 Dy Dysprosium

ELECTRONICS

Copper is used for wiring in the phone, whilst copper, gold and silver are the major metals from which microelectrical components are fashioned. Tantalum is the major component of micro-capacitors.

Nickel is used in the microphone as well as for other electrical connections. Alloys including the elements praseodymium, gadolinium and neodymium are used in the magnets in the speaker and microphone. Neodymium, terbium and dysprosium are used in the vibration unit.

Pure silicon is used to manufacture the chip in the phone. It is oxidised to produce non-conducting regions, then other elements are added in order to allow the chip to conduct electricity.

Tin & lead are used to solder electronics in the phone. Newer lead-free solders use a mix of tin, copper and silver.

29 Cu Copper	47 Ag Silver
79 Au Gold	73 Ta Tantalum
28 Ni Nickel	66 Dy Dysprosium
59 Pr Praseodymium	
65 Tb Terbium	60 Nd Neodymium
64 Gd Gadolinium	
14 Si Silicon	8 O Oxygen
51 Sb Antimony	
33 As Arsenic	15 P Phosphorus
31 Ga Gallium	
50 Sn Tin	82 Pb Lead

BATTERY

The majority of phones use lithium ion batteries, which are composed of lithium cobalt oxide as a positive electrode and graphite (carbon) as the negative electrode. Some batteries use other metals, such as manganese, in place of cobalt. The battery's casing is made of aluminium.

3 Li Lithium	27 Co Cobalt
6 C Carbon	13 Al Aluminium
	8 O Oxygen

CASING

Magnesium compounds are alloyed to make some phone cases, whilst many are made of plastics. Plastics will also include flame retardant compounds, some of which contain bromine, whilst nickel can be included to reduce electromagnetic interference.

6 C Carbon	12 Mg Magnesium
35 Br Bromine	28 Ni Nickel



© COMPOUND INTEREST 2014 - WWW.COMPOUNDCHEM.COM | Twitter: @compoundchem | Facebook: www.facebook.com/compoundchem
Shared under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives licence.



PRIMA COSA DA FARE: RICICLARE

TASSO DI RICICLO DEGI ELEMENTI CHIMICI

1 H	TASSO DI RICICLO DEGI ELEMENTI CHIMICI																2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	(117) (Uus)	118 Uuo

* Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
** Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

<1%
 1-10%
 >10-25%
 >25-50%
 >50%

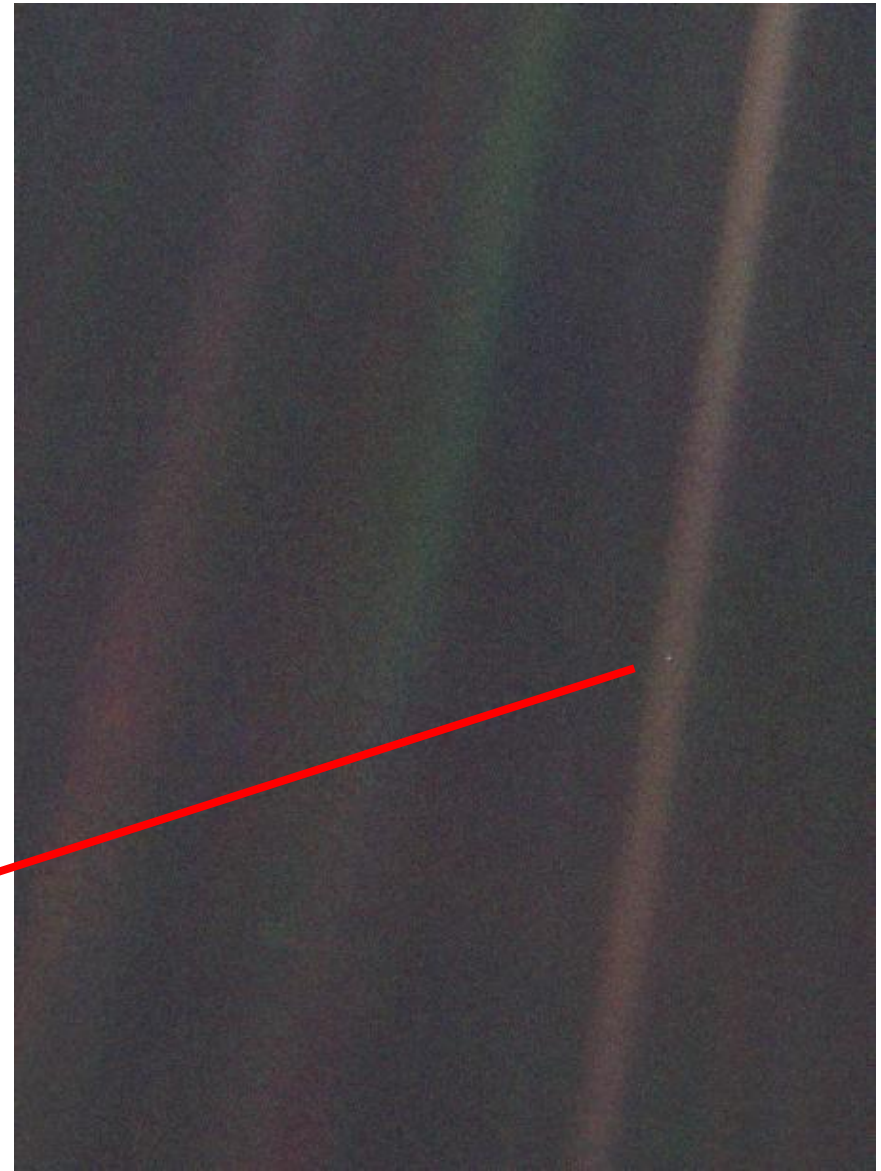
Science
2012, 337, 690

N.B.: RICICLARE COSTA MOLTA ENERGIA

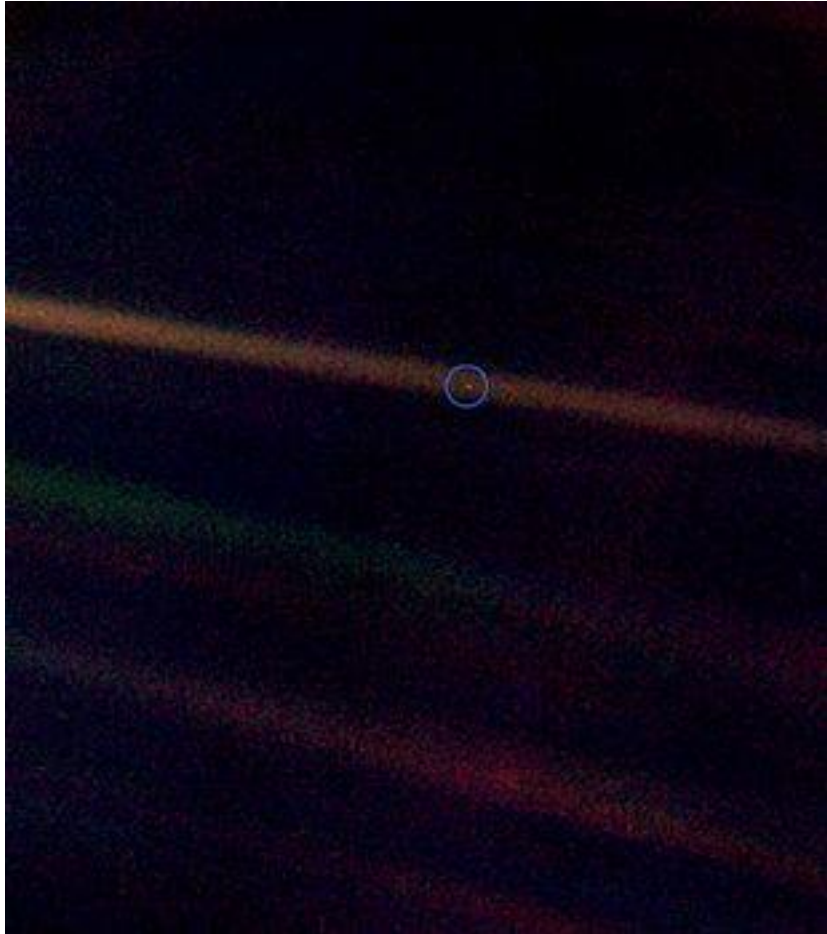
L'ASTRONAVE TERRA

PALE BLUE DOT

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



15 Febbraio 1990, VOYAGER 1



“Che ci piaccia o meno, per il momento la Terra è dove ci giochiamo le nostre carte ... Non c'è forse migliore dimostrazione della follia delle vanità umane che questa distante immagine del nostro minuscolo mondo. Per me, sottolinea la nostra responsabilità di occuparci più gentilmente l'uno dell'altro, e di preservare e proteggere il pallido puntino blu, l'unica casa che abbiamo mai conosciuto.”

Carl Sagan

IL SENSO DEL LIMITE



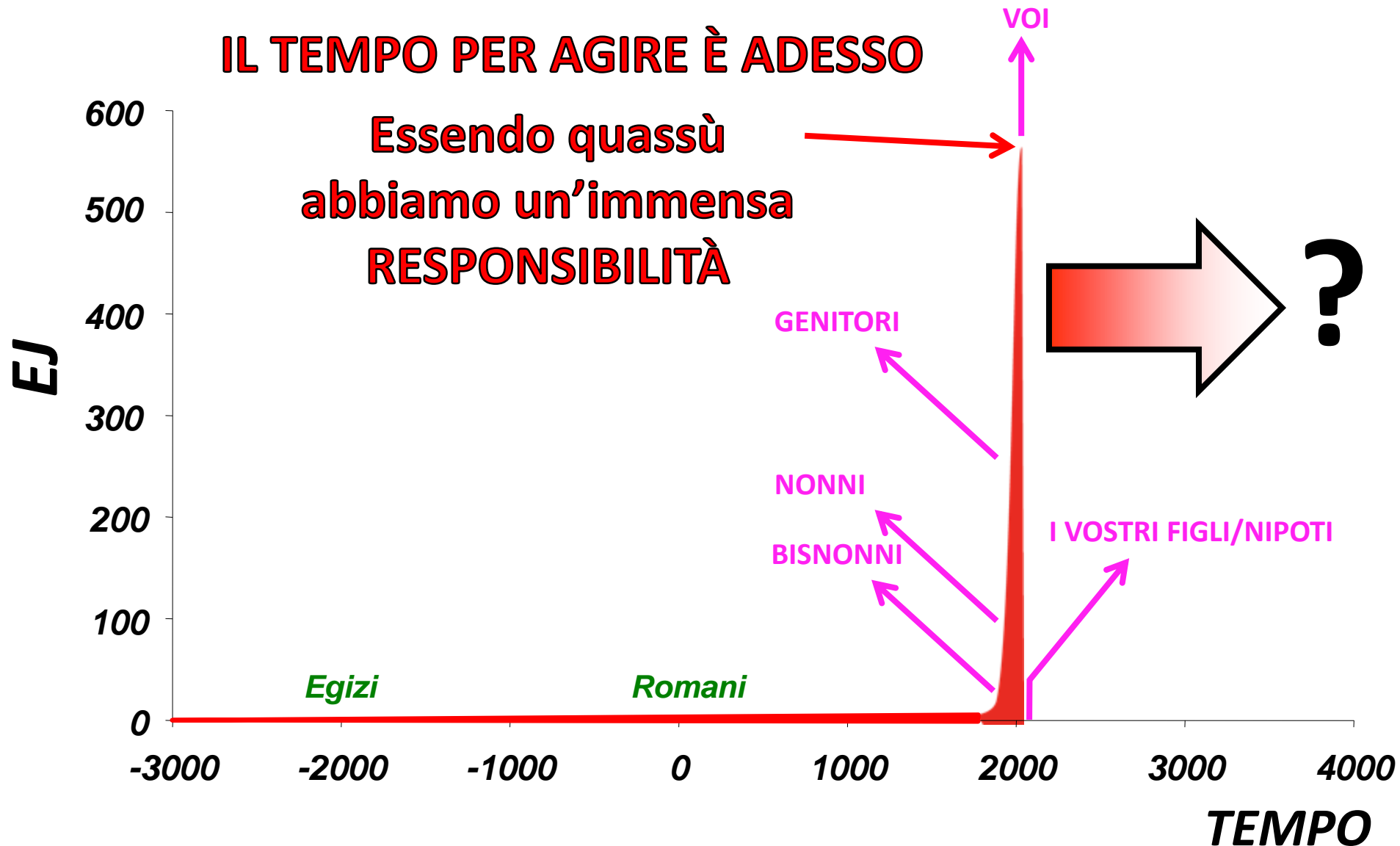
**Operazioni di bonifica
sulle coste
della Louisiana (USA)
dopo la catastrofe della
piattaforma Deepwater Horizon**

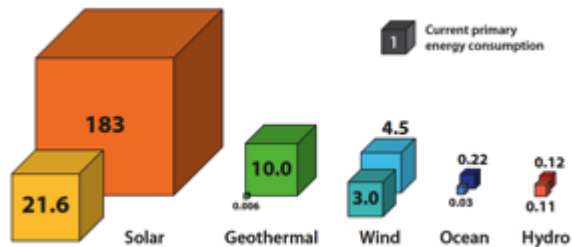
**La scienza e la tecnologia
NON sono la soluzione a tutti i nostri problemi**

LA LINEA DEL TEMPO DELL'ENERGIA

IL TEMPO PER AGIRE È ADESSO

**Essendo quassù
abbiamo un'immensa
RESPONSIBILITÀ**





La Terra non ci è stata lasciata in eredità dai nostri padri, ma ci è stata data in prestito dai nostri figli

Proverbio Indiano