



L'energia



L'energia

2

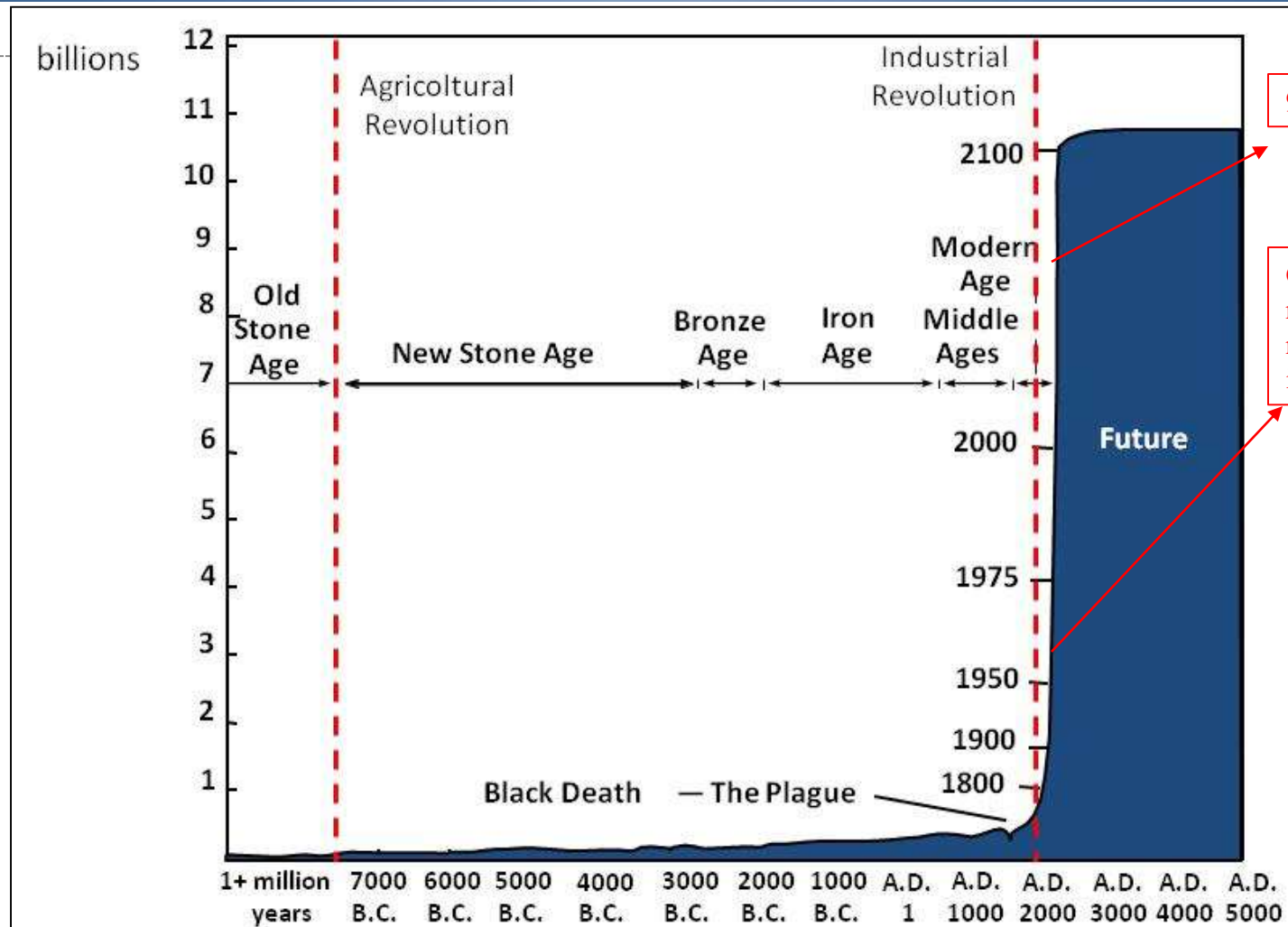
- L'energia è una risorsa fondamentale per gli uomini.
- Fra il 1950 e il 2000, il consumo di energia mondiale si è duplicato per ben tre volte, con una crescita media annua della domanda pari al 3.5%.
- Secondo l'International Energy Association (IEA), la domanda mondiale di energia aumenterà enormemente nei prossimi 25 anni. La maggior parte di questa domanda proverrà dai paesi in via di sviluppo, specialmente India e Cina.
- Soddisfare questa domanda non sarà facile in un sistema energetico globale vincolato da insicurezza geopolitica, scarsità di fonti energetiche, pressioni crescenti di riduzione delle emissioni di carbonio generate dai combustibili fossili.

Key facts (1)

3

- La crescita della popolazione e del reddito sono fattori chiave per la crescita della domanda di energia.
- Negli ultimi 20 anni la popolazione mondiale è cresciuta di 1.6 miliardi di persone, ma ci si aspetta una decelerazione.
- Ci si aspetta che la crescita del GDP globale acceleri, spinta dalle economie a basso e medio reddito.
- Ciò implica un'accelerazione della crescita del reddito procapite.

World population through history



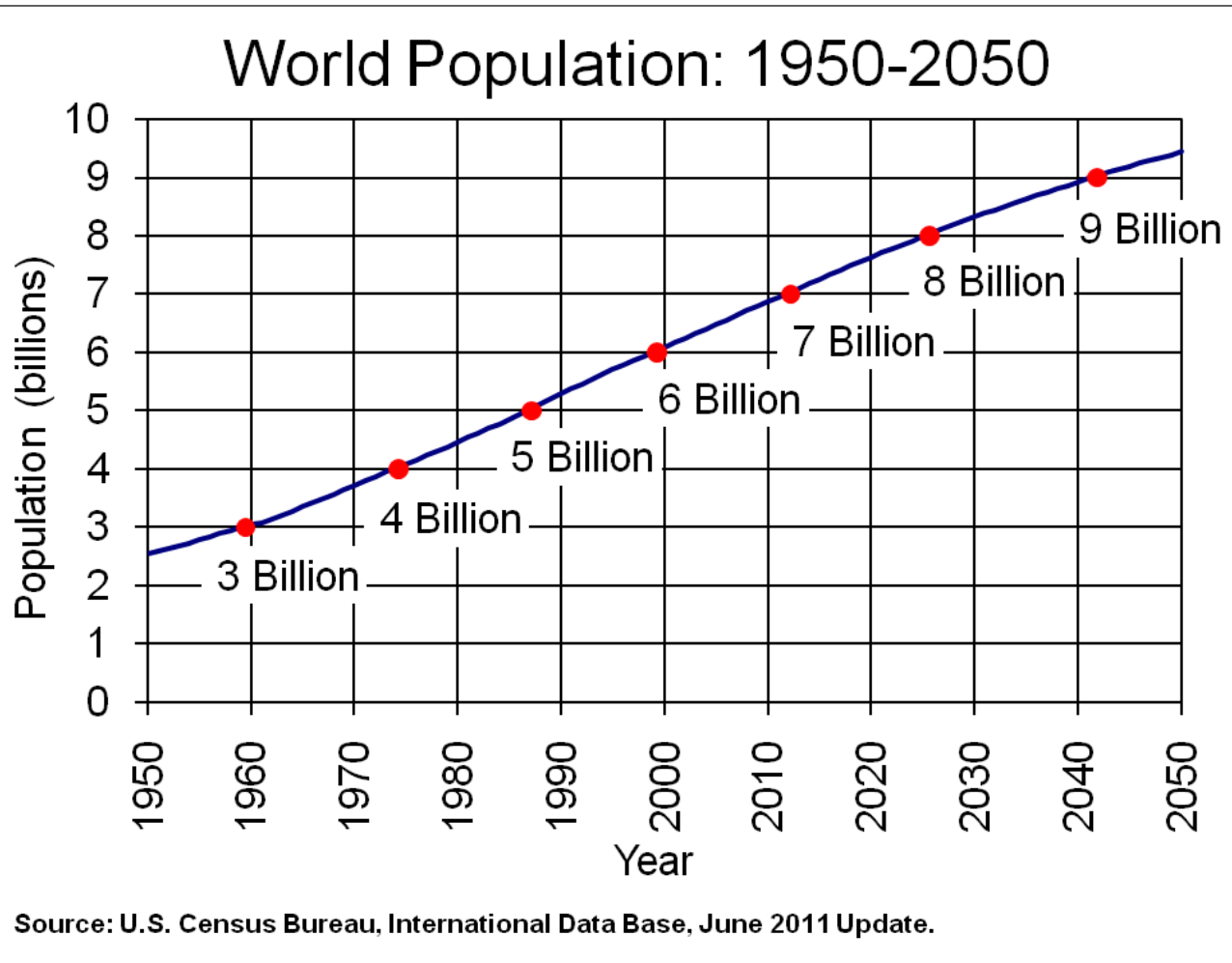
9 miliardi nel 2044

Crescita da 3 miliardi nel 1959 a 6 miliardi nel 1999 (raddoppio in 40 anni)

Source: Population Reference Bureau & United Nations, *World Population Projections to 2100* (1998).

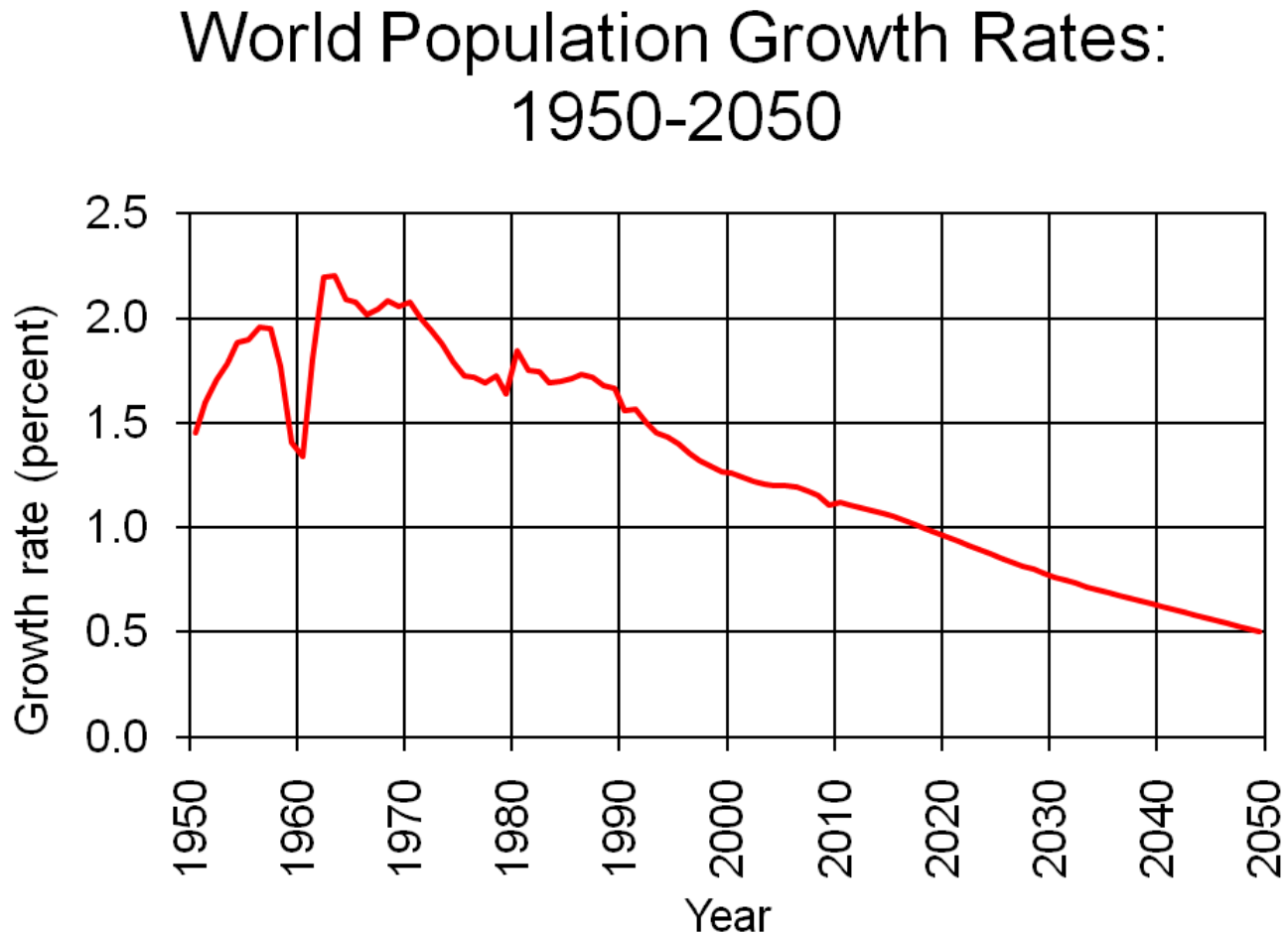
World Population trend: 1950-2050

5



World Population growth rates: 1950-2050

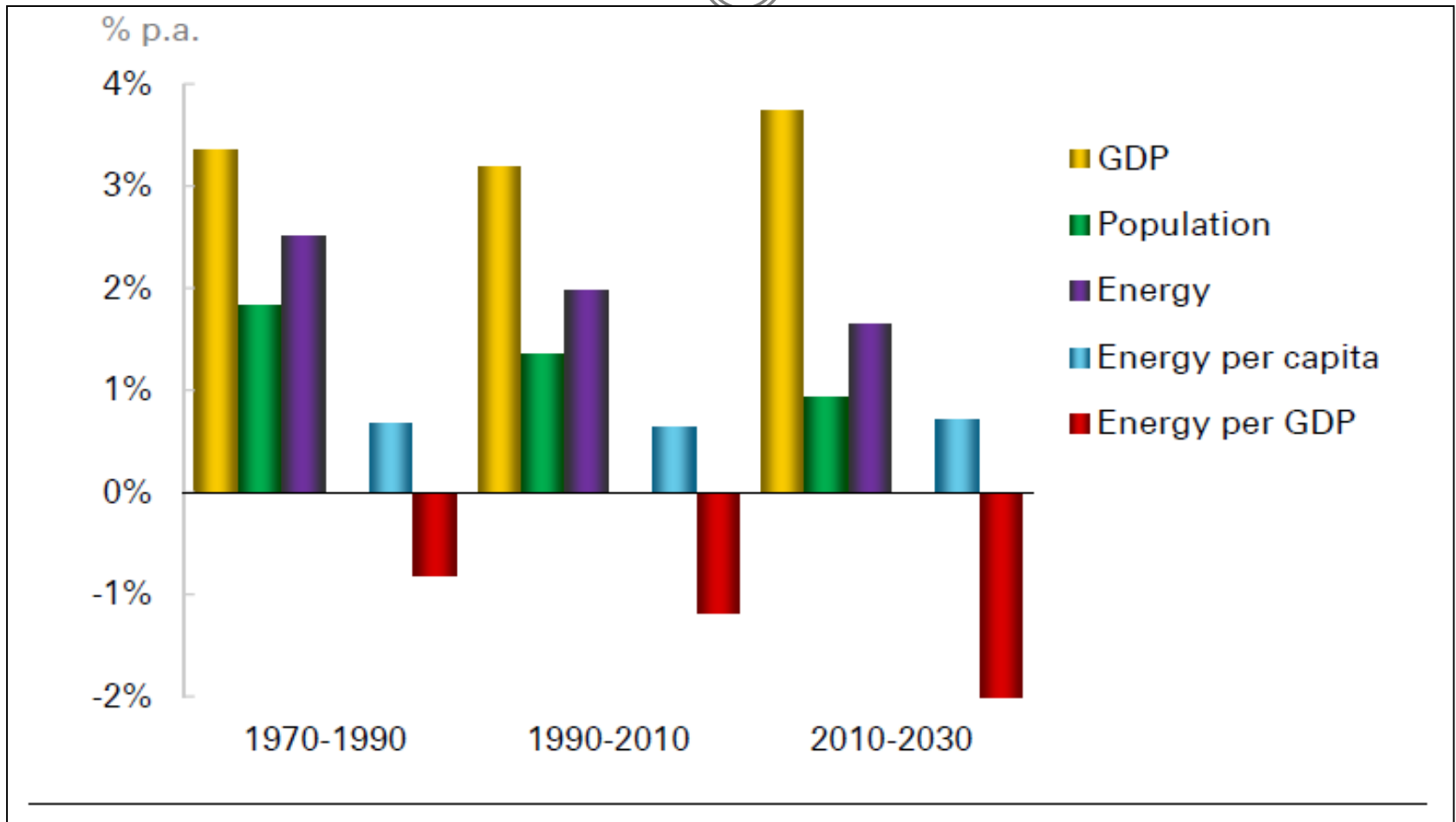
6



Source: U.S. Census Bureau, International Data Base, June 2011 Update.

Global growth rates

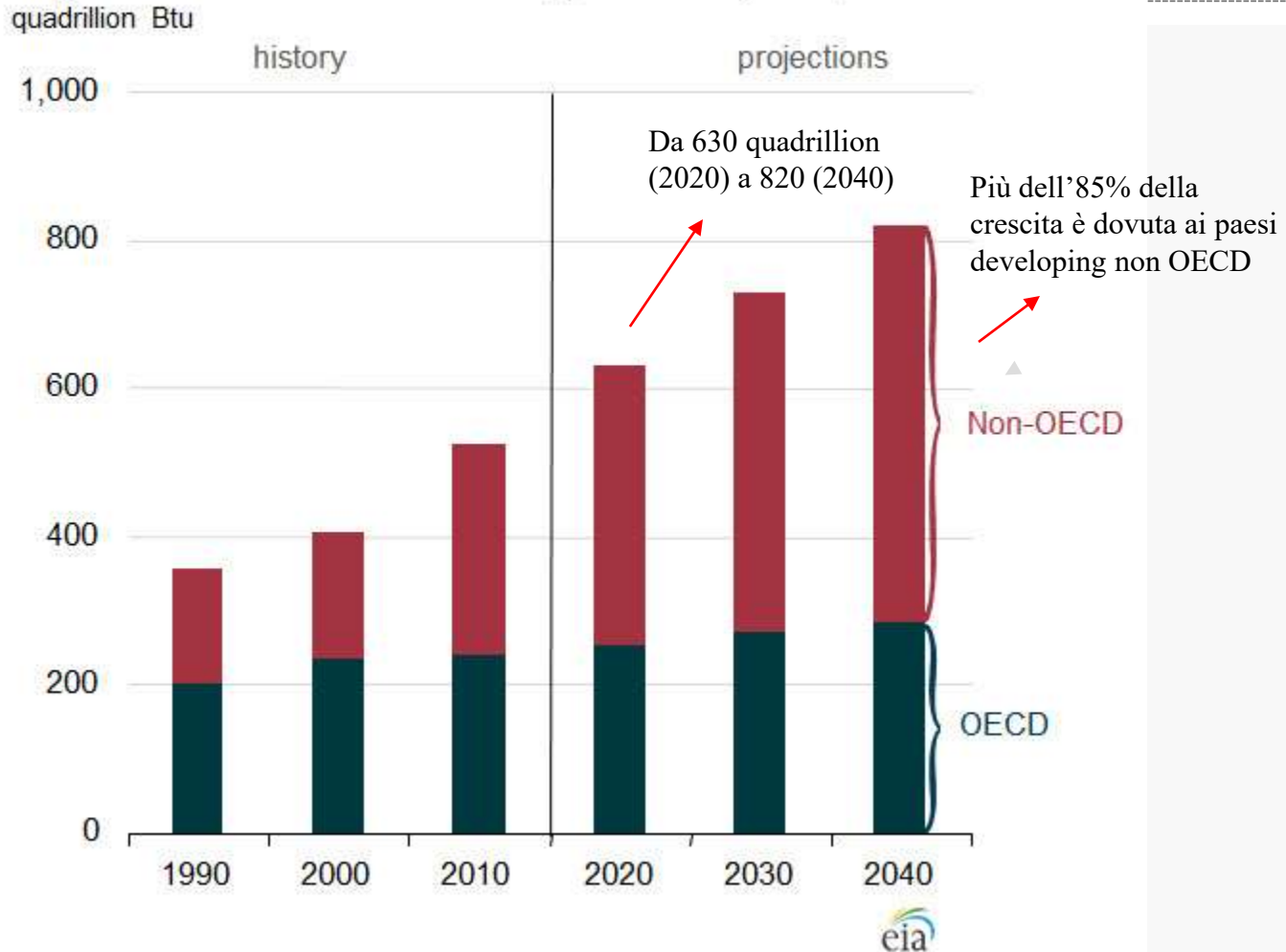
7



Source: British Petroleum, Energy Outlook 2012-2030

World energy consumption

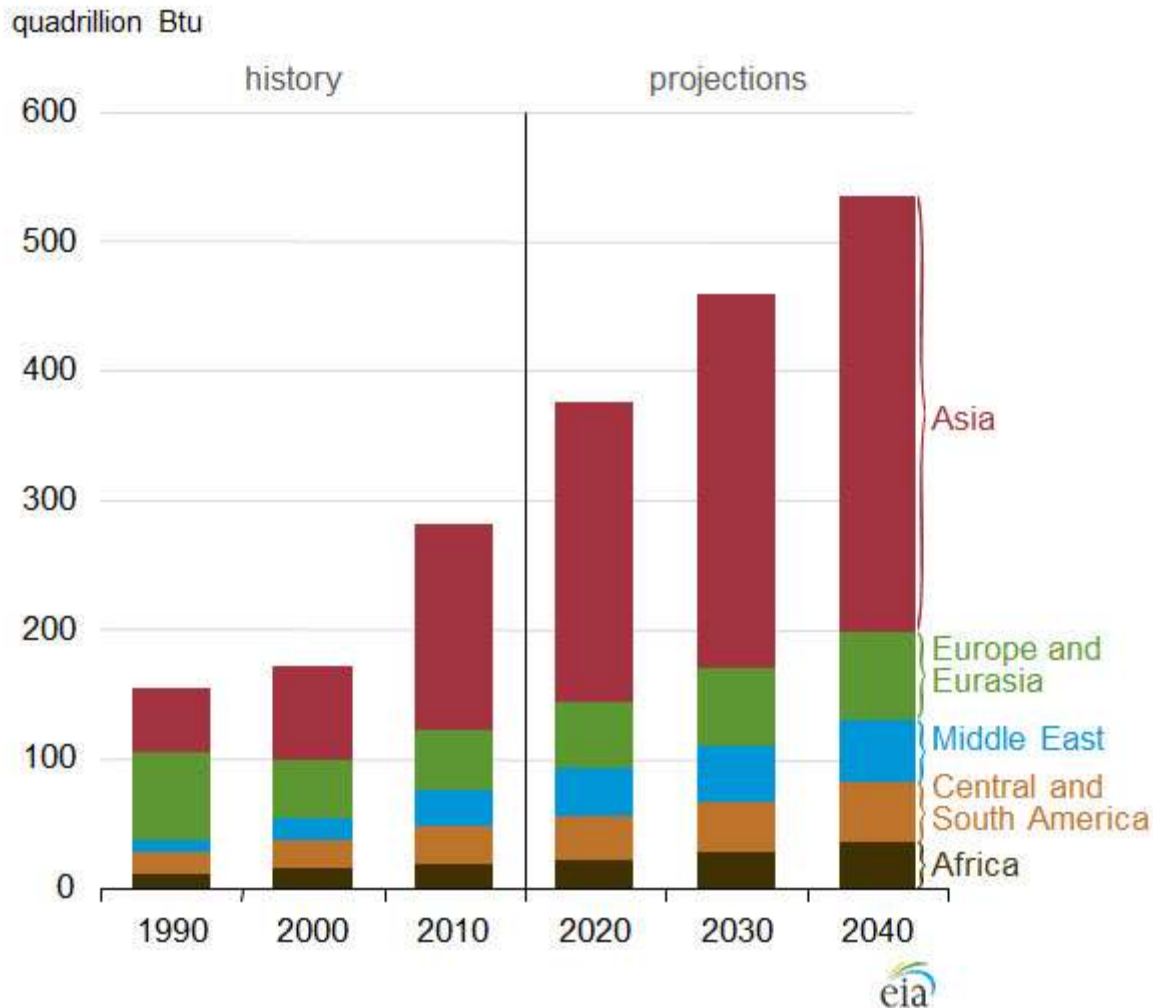
Figure 12. World total energy consumption, 1990-2040



Source: EIA, INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2013

Energy inequality

Figure 15. Non-OECD energy consumption by country grouping, 1990-2040



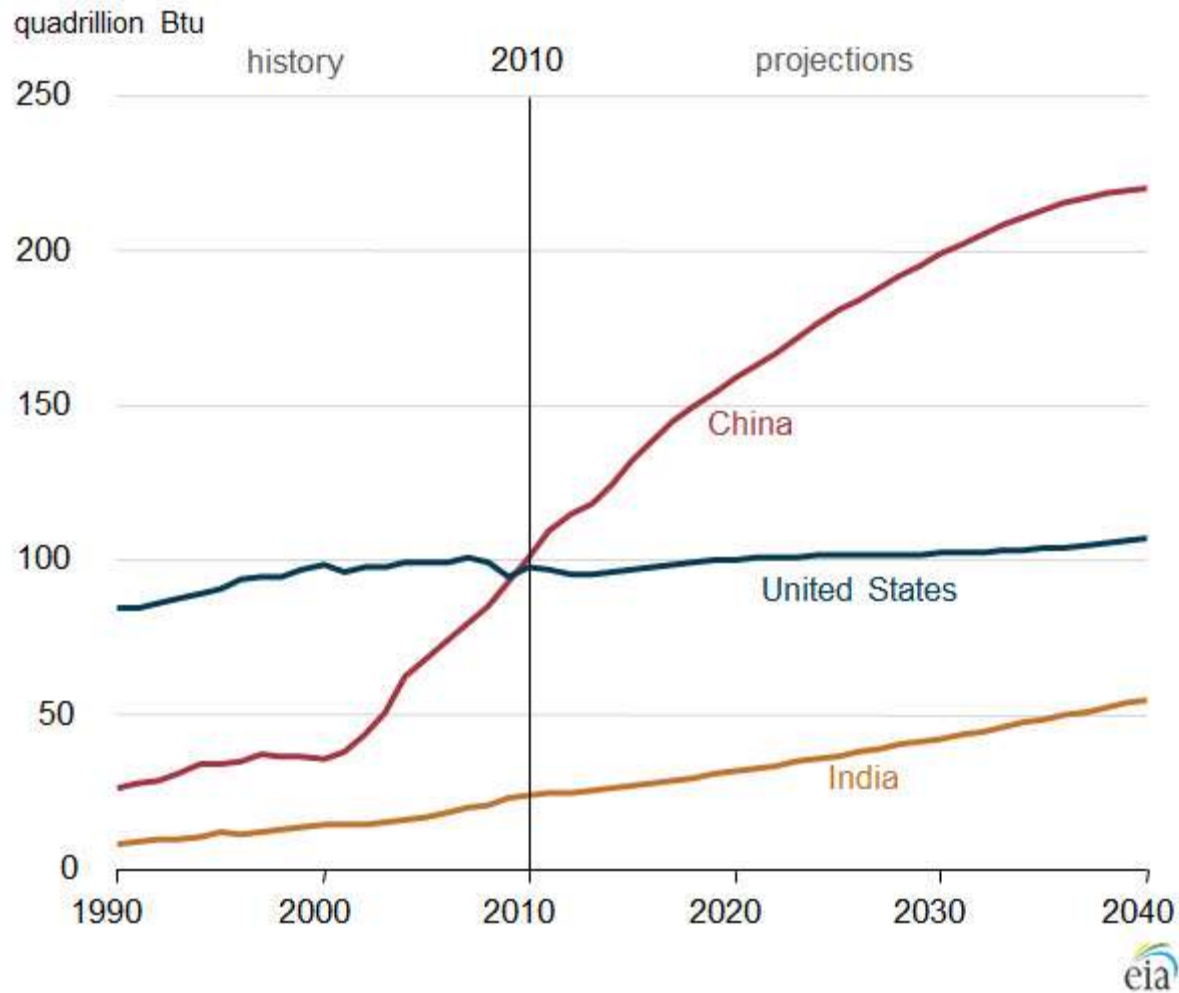
Source: EIA, INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2013

The growth is almost all in the non-OECD

9

- La domanda di energia primaria crescerà del 41% tra il 2012 e il 2035 (growth averaging 1.5% per year)
- I tassi di crescita rallentano: 2.2% p.a. per 2005-15, 1.7% p.a. 2015-25 ; 1.1% p.a. nell'ultimo decennio.
- La fase di crescita elevate del consumo di energia è guidata dal processo di industrializzazione dei paesi non-OECD, soprattutto Cina.
- Il contributo della Cina alla crescita della domanda di energia rallenterà, mentre aumenterà quello dell'India.

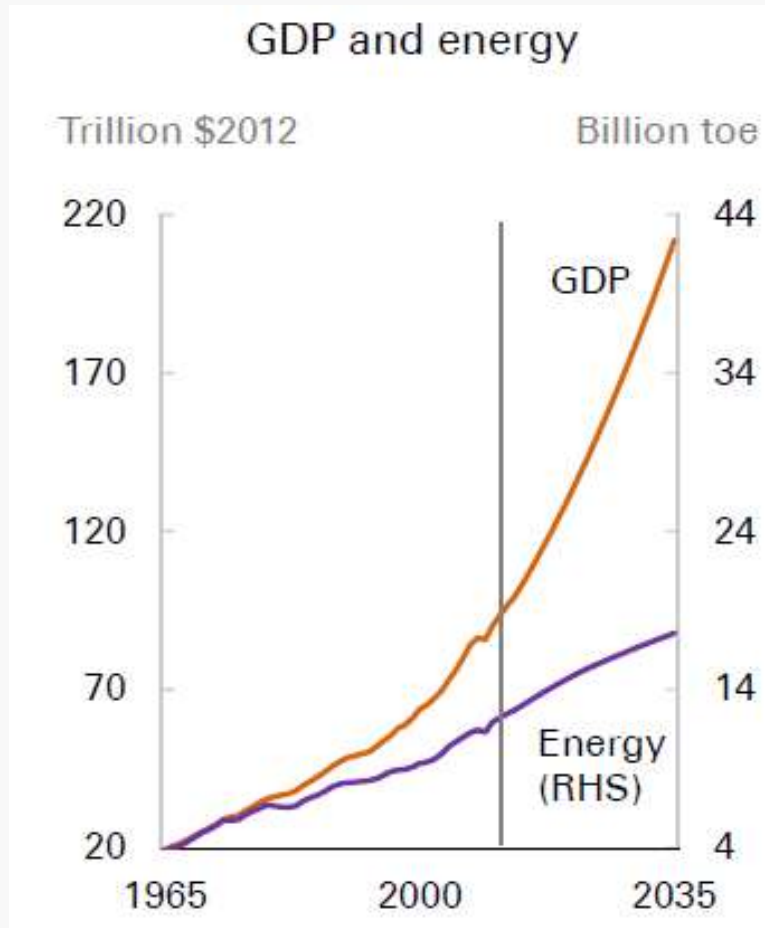
Figure 13. Energy consumption in the United States, China, and India, 1990-2040



Source: EIA, INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2013

Energy is gradually decoupling from economic growth

12



Il consumo di energia cresce meno rapidamente della crescita del GDP (GDP growth averaging 3.5% p.a. 2012-35). Di conseguenza l'INTENSITA' ENERGETICA, l'ammontare di energia richiesto per unità di GDP, si ridurrà del 36% (1.9% p.a.) tra il 2012 e il 2035.

Source: British Petroleum, Energy Outlook 2035

Fuel mix and dependence from fossil fuels

17

- Attualmente il sistema energetico dipende dai combustibili fossili, con carbone, petrolio e gas naturale che soddisfano circa l'80% della domanda di energia primaria mondiale.
- La quota del petrolio continua a ridursi, la sua posizione come combustibile principale si indebolisce a favore di carbone e gas.
- Insieme, i combustibili fossili saranno ancora la principale forma di energia nel 2035 (quota dell' 81%, rispetto a 86% nel 2012).
- Le rinnovabili (inclusi biofuels) aumentano la quota rapidamente, da 2% attualmente a 7% entro il 2035, mentre idroelettrico e nucleare rimarranno costanti.
- Le rinnovabili supereranno il nucleare nel 2025, e dal 2035 raggiungeranno l'idro.

Fuel mix and dependence from fossil fuels

(14)

Shares of primary energy

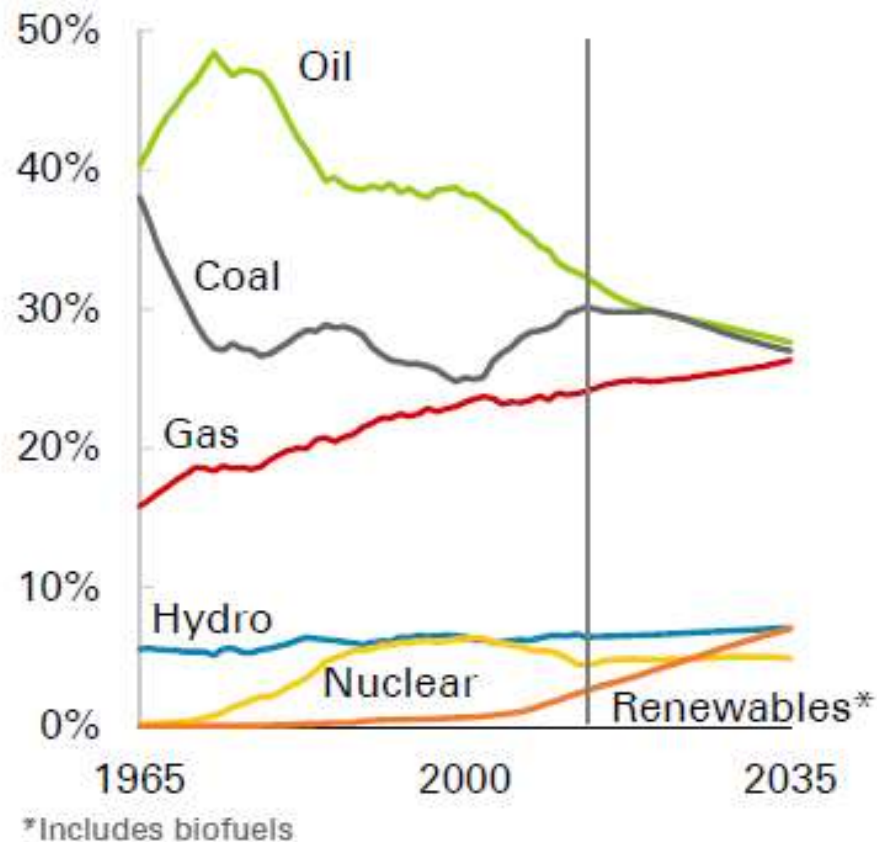
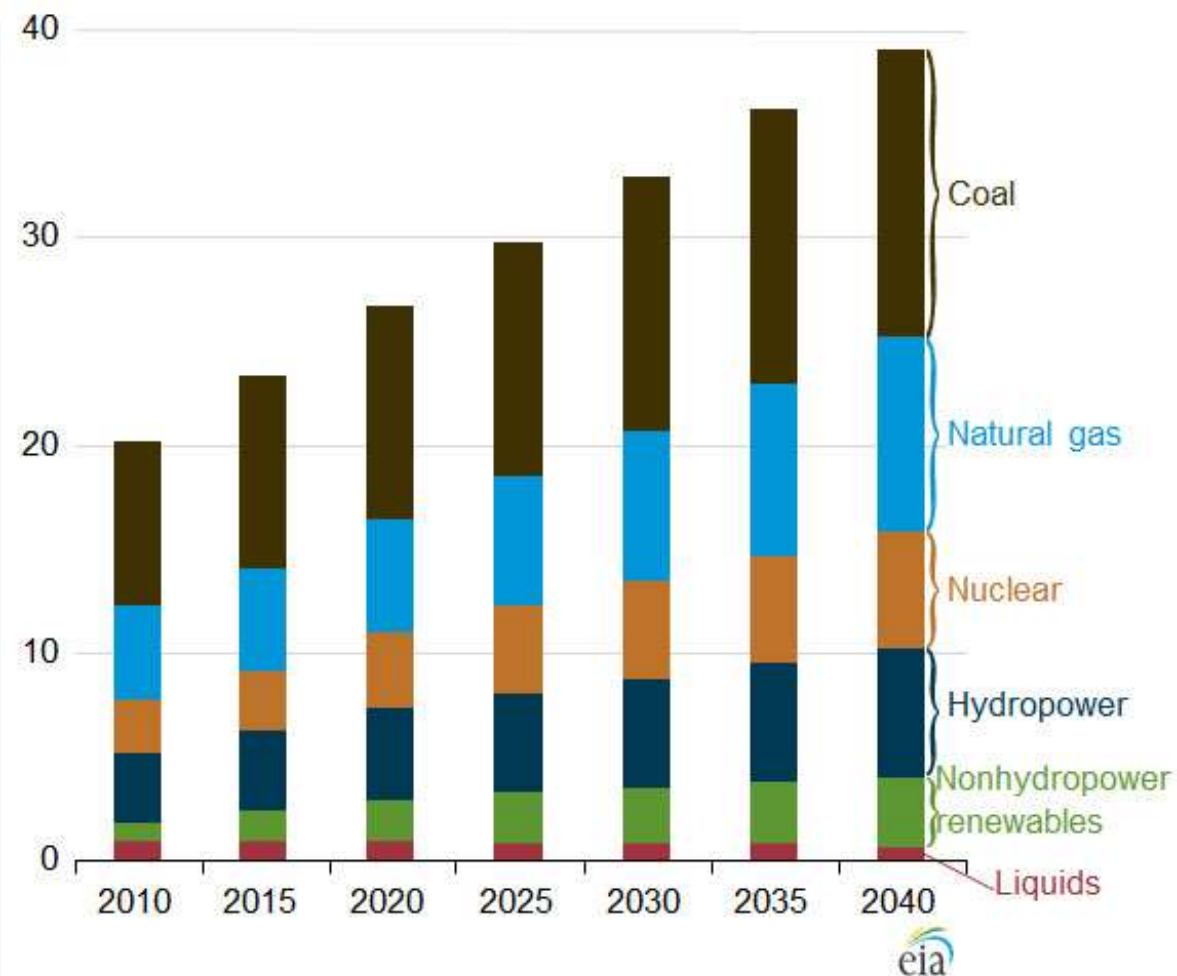


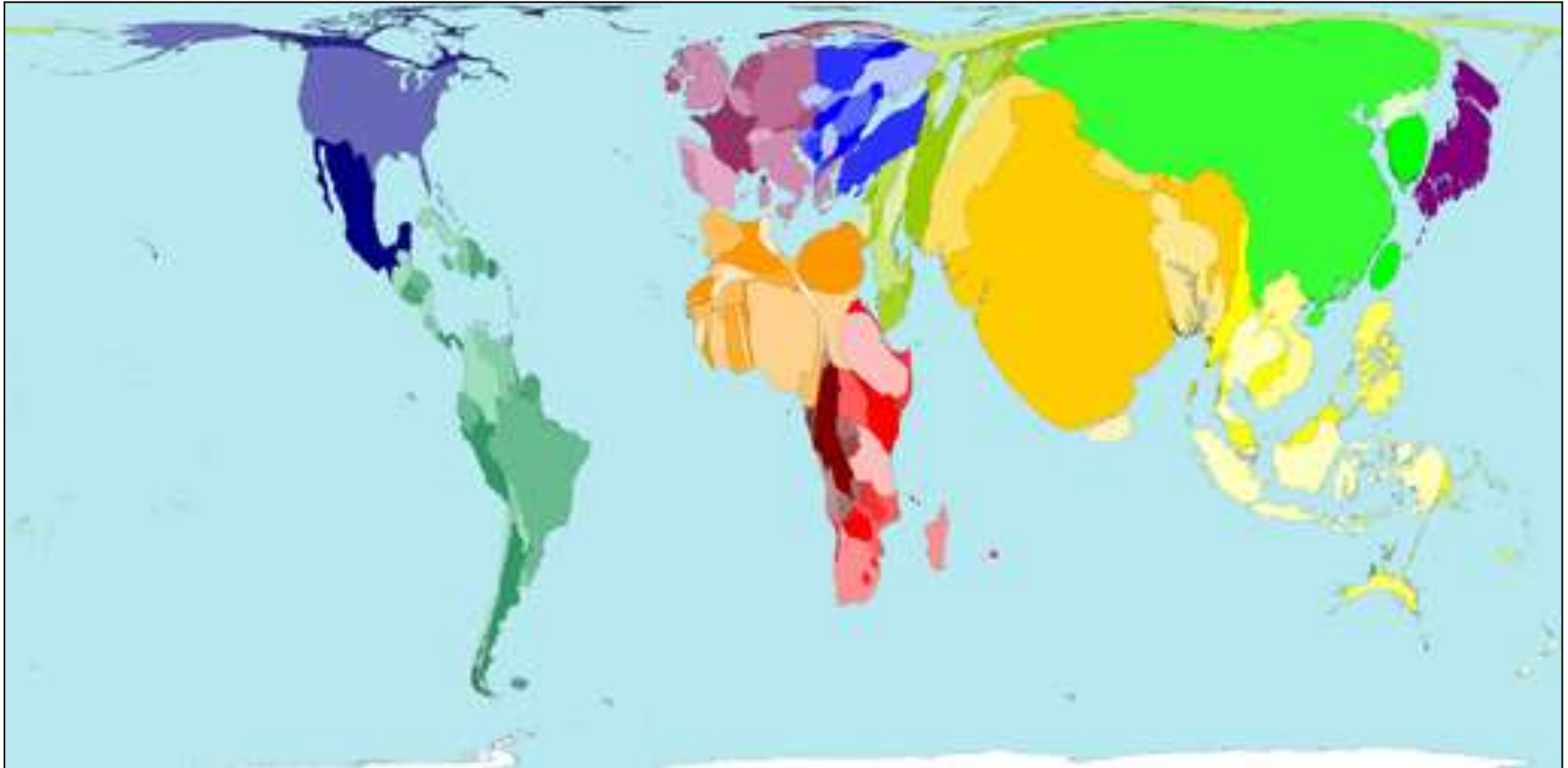
Figure 18. World net electricity generation by energy source, 2010-2040

trillion kilowatthours



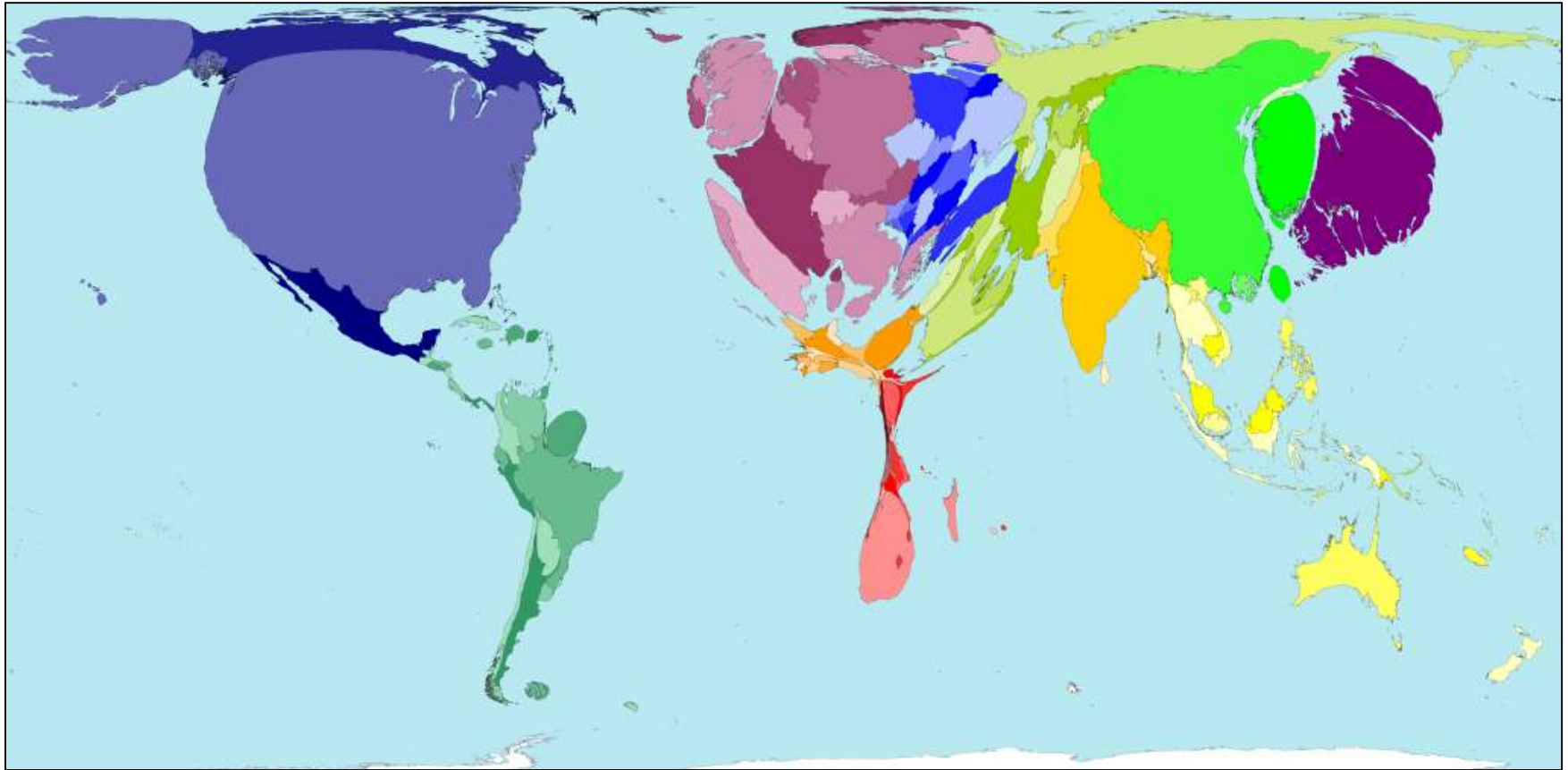
Fonte: EIA, INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK 2013

Population distribution



Source: A. Lorenzoni 2011

World energy consumption

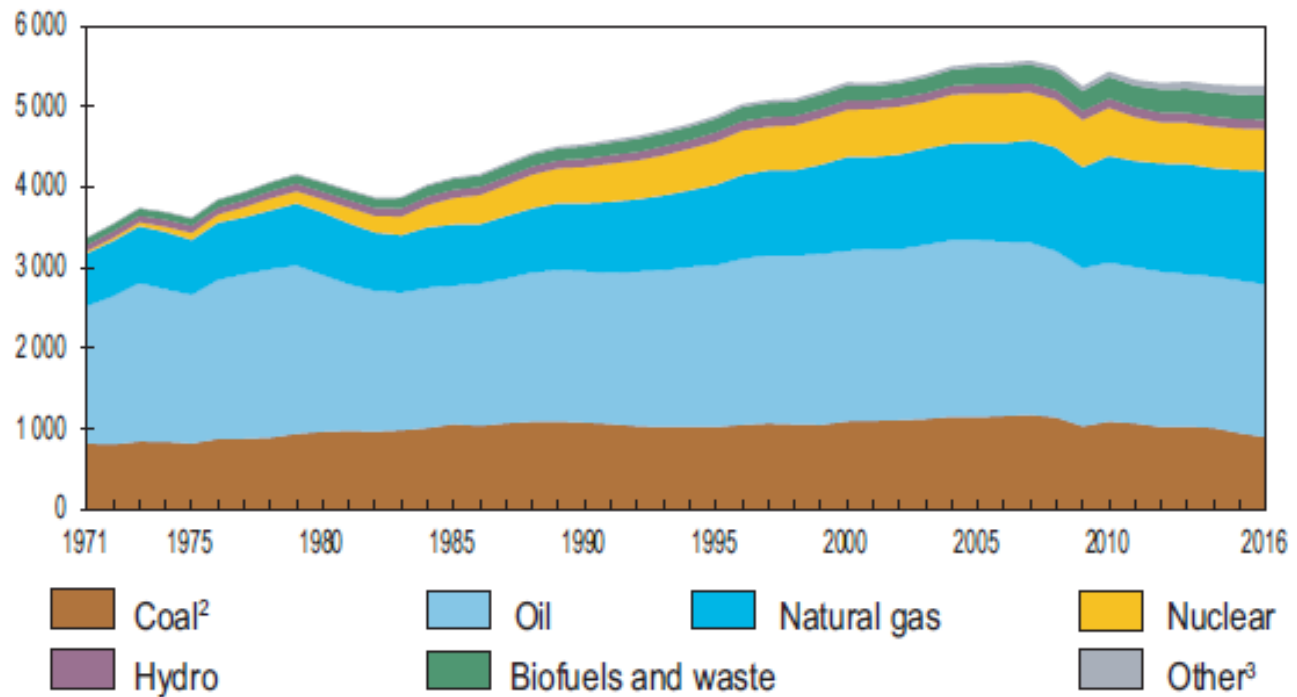


Source: A. Lorenzoni 2011

Global energy



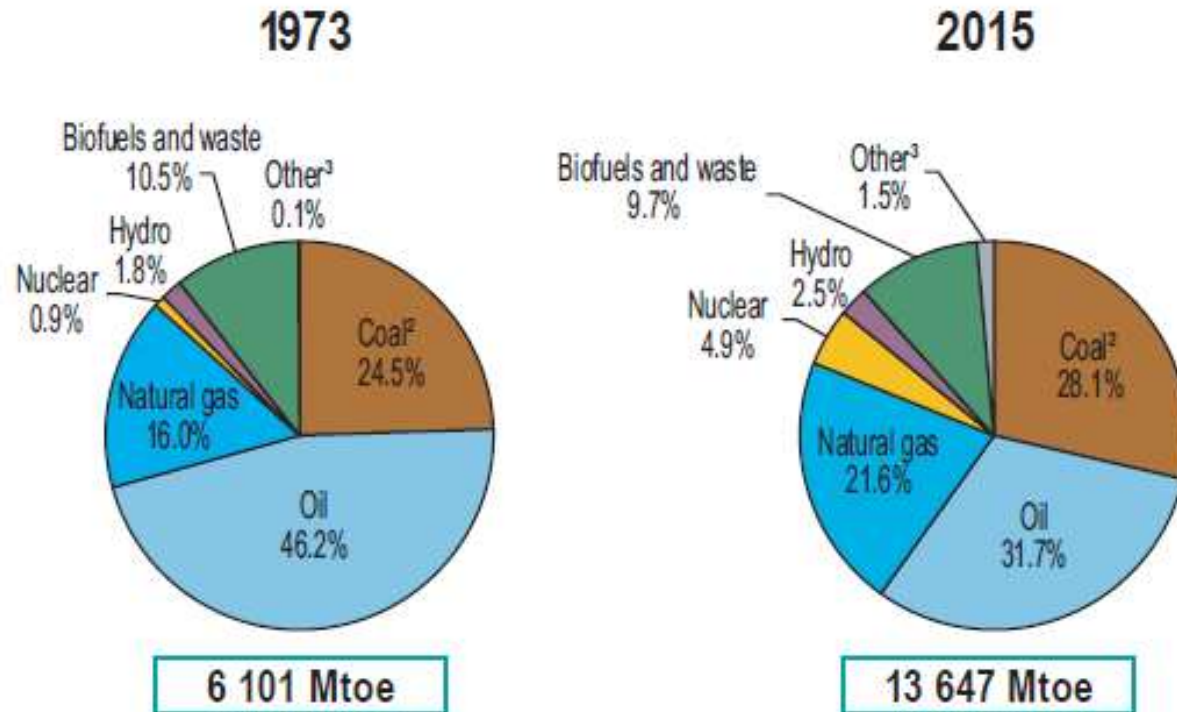
OECD TPES¹ from 1971 to 2016 by fuel (Mtoe)



Source: IEA, Key World Statistics 2017

Global energy

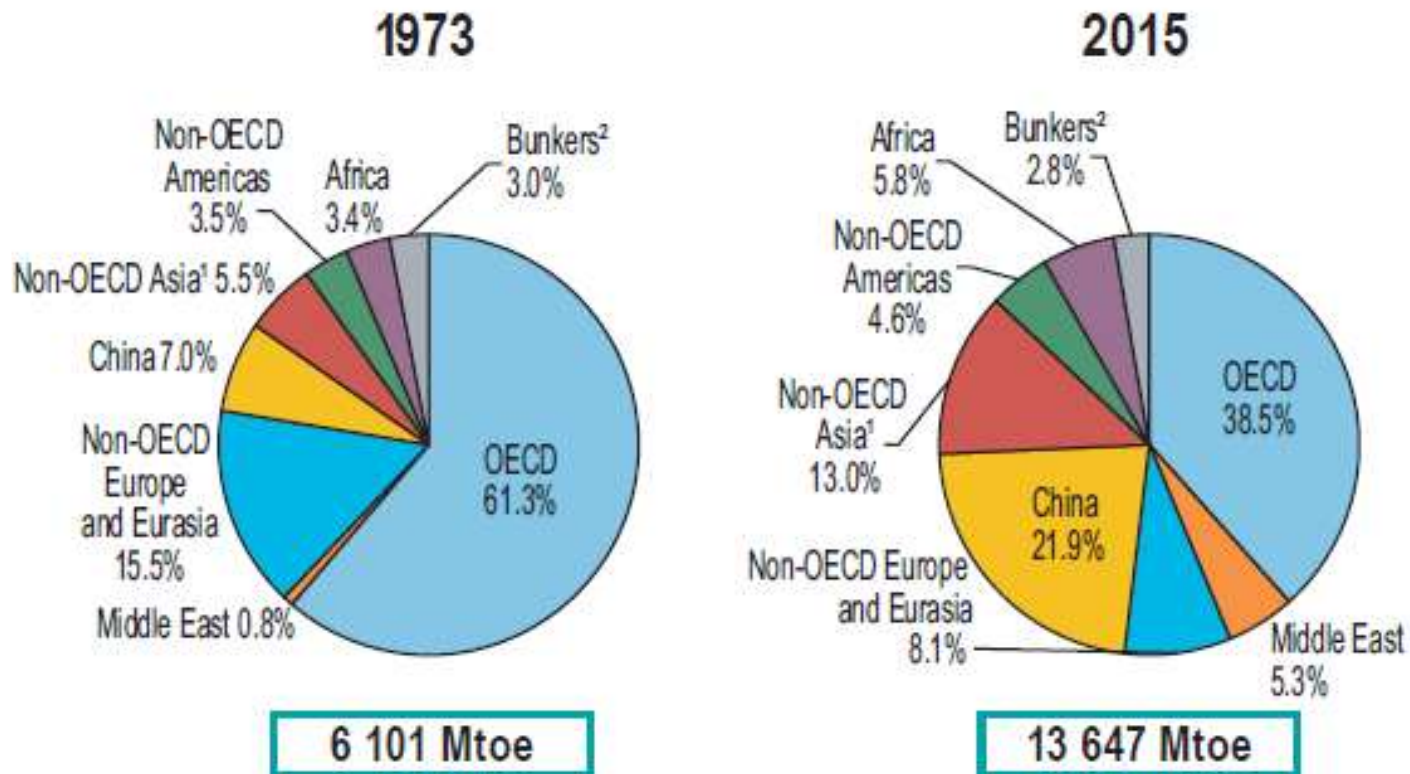
19



Source: IEA, Key World Statistics 2017

Supply

1973 and 2015 regional shares of TPES

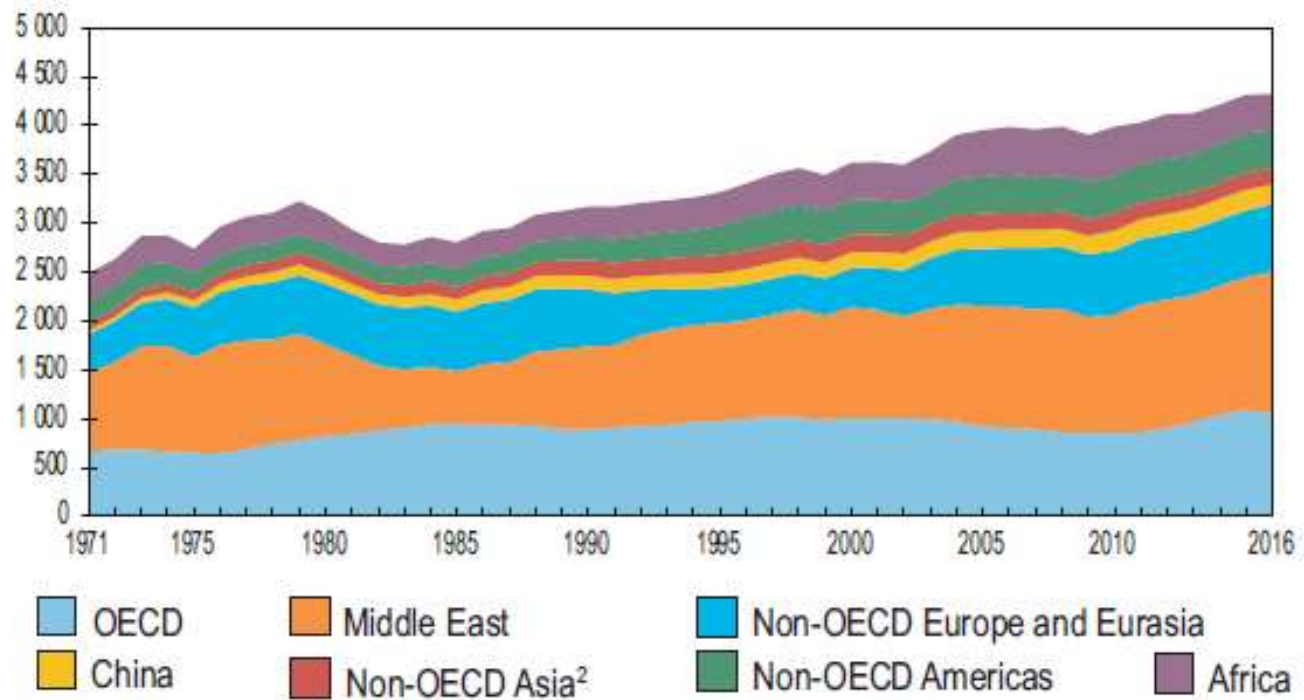


Source: IEA, Key World Statistics 2017

Crude oil

(21)

World crude oil¹ production from 1971 to 2016 by region (Mt)

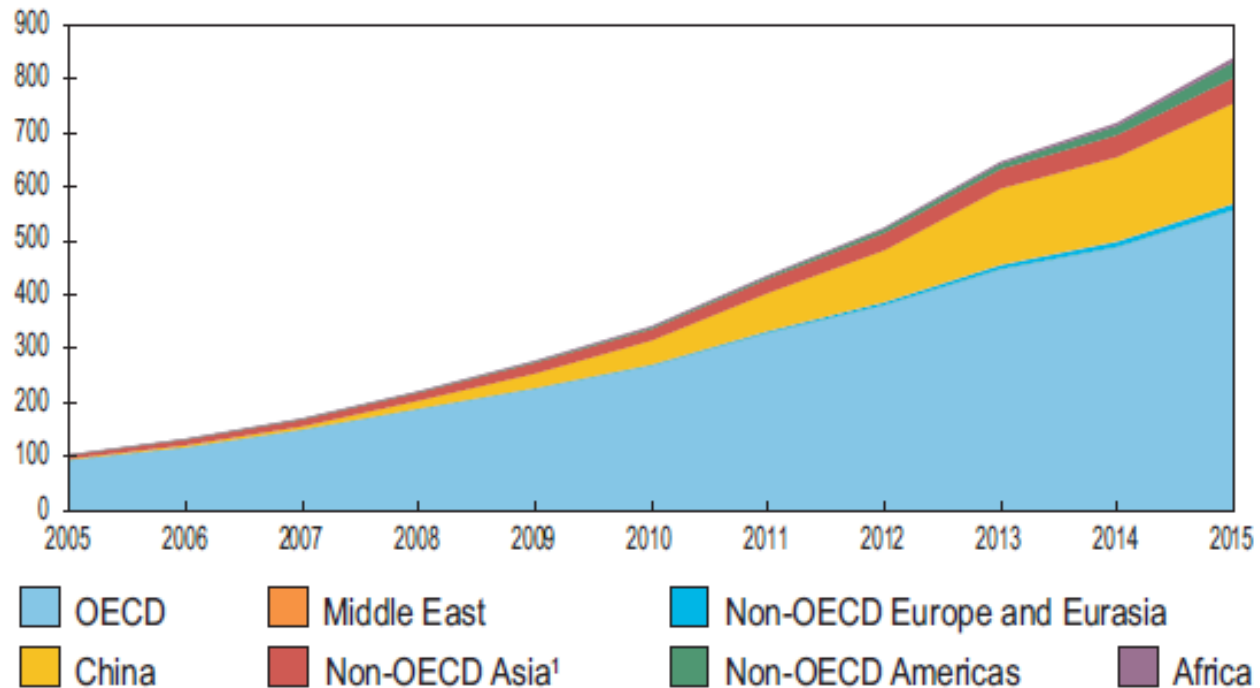


Source: IEA, Key World Statistics 2017

Wind



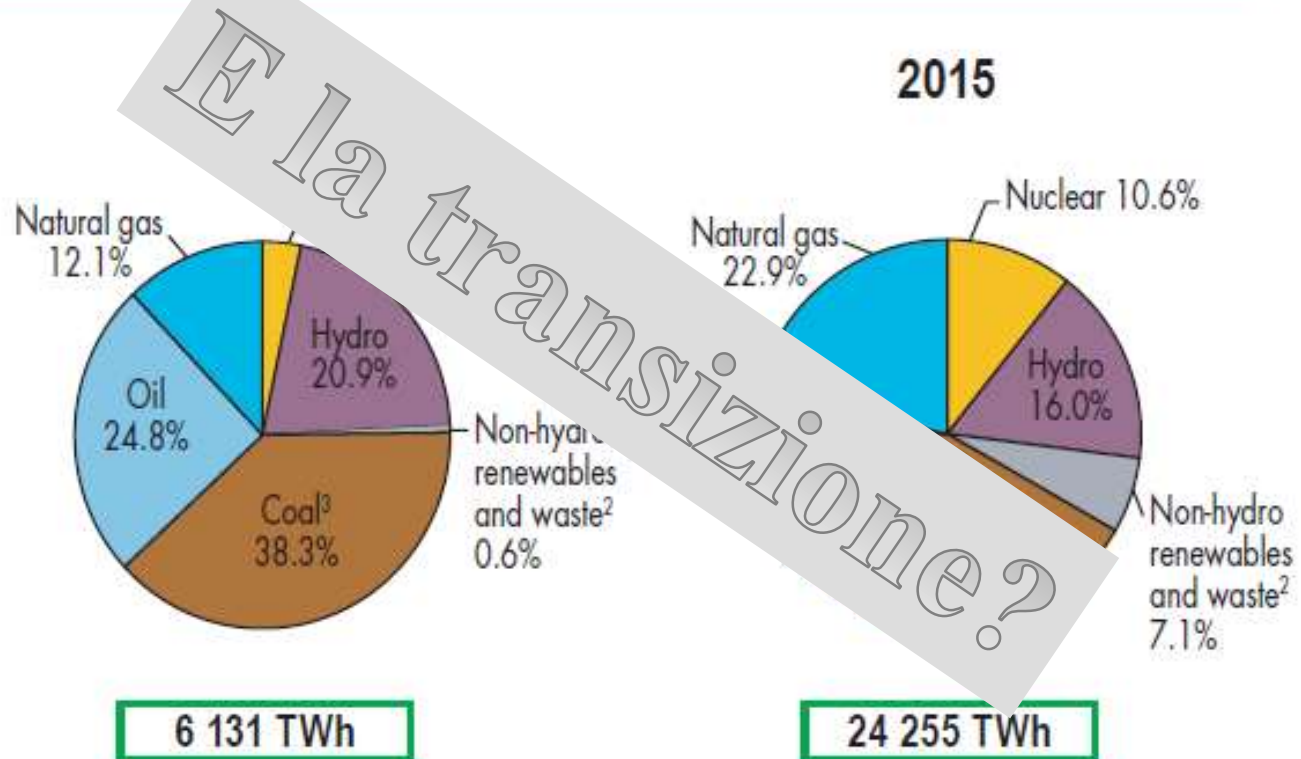
World wind electricity production from 2005 to 2015 by region (TWh)



Source: IEA, Key World Statistics 2017

Electricity by source

1973 and 2015 source shares of electricity generation¹

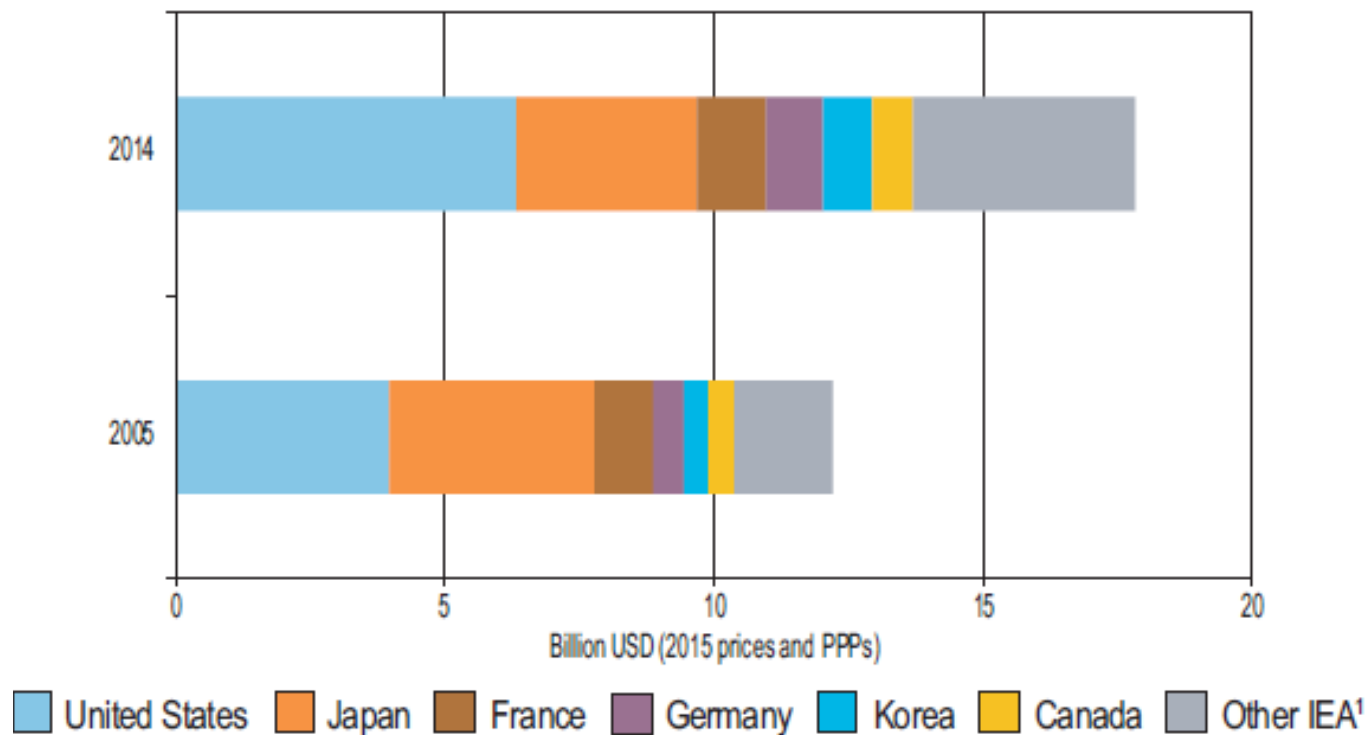


Source: IEA, Key World Statistics 2017

R&D



Total public energy RD&D for selected countries in 2005 and 2014

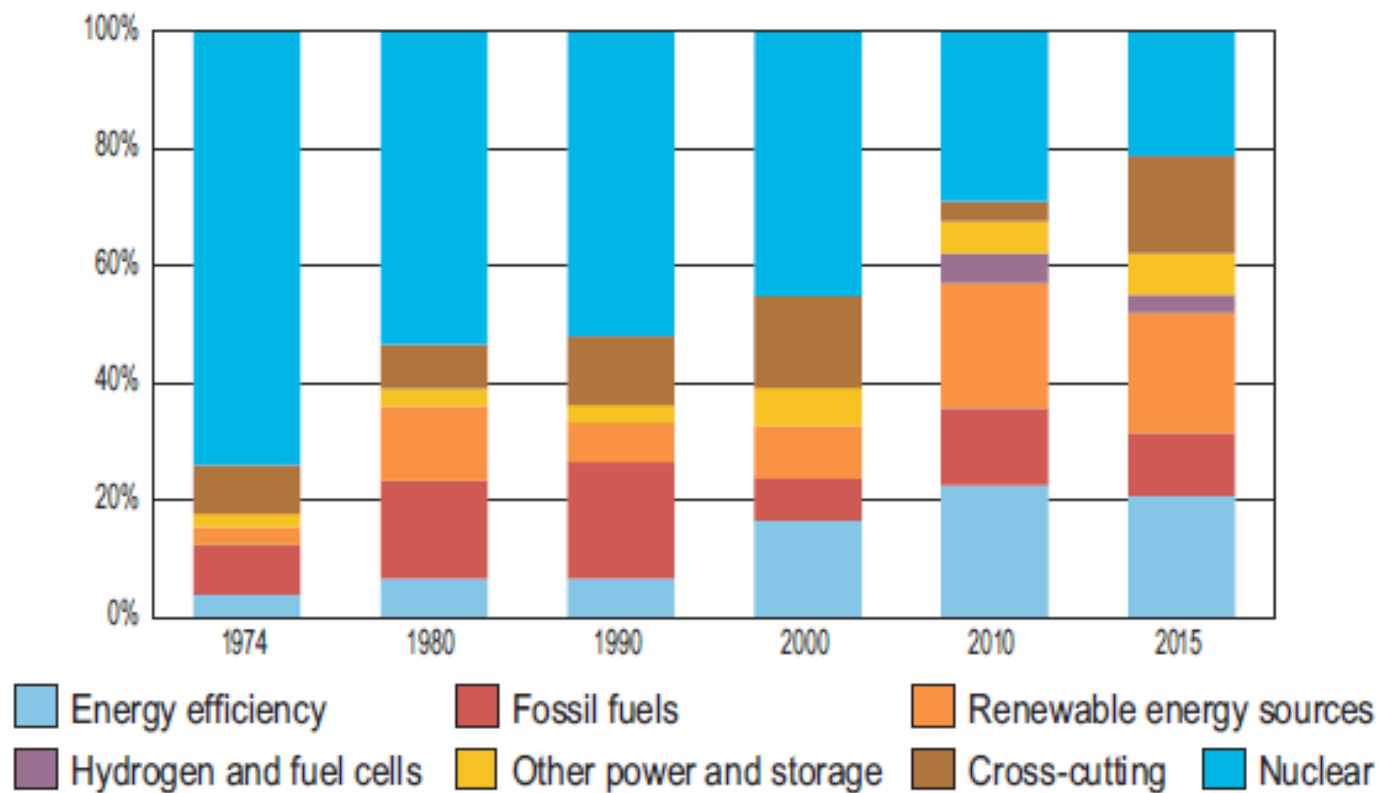


Source: IEA, Key World Statistics 2017

R&D



IEA total public energy RD&D budget by technology²

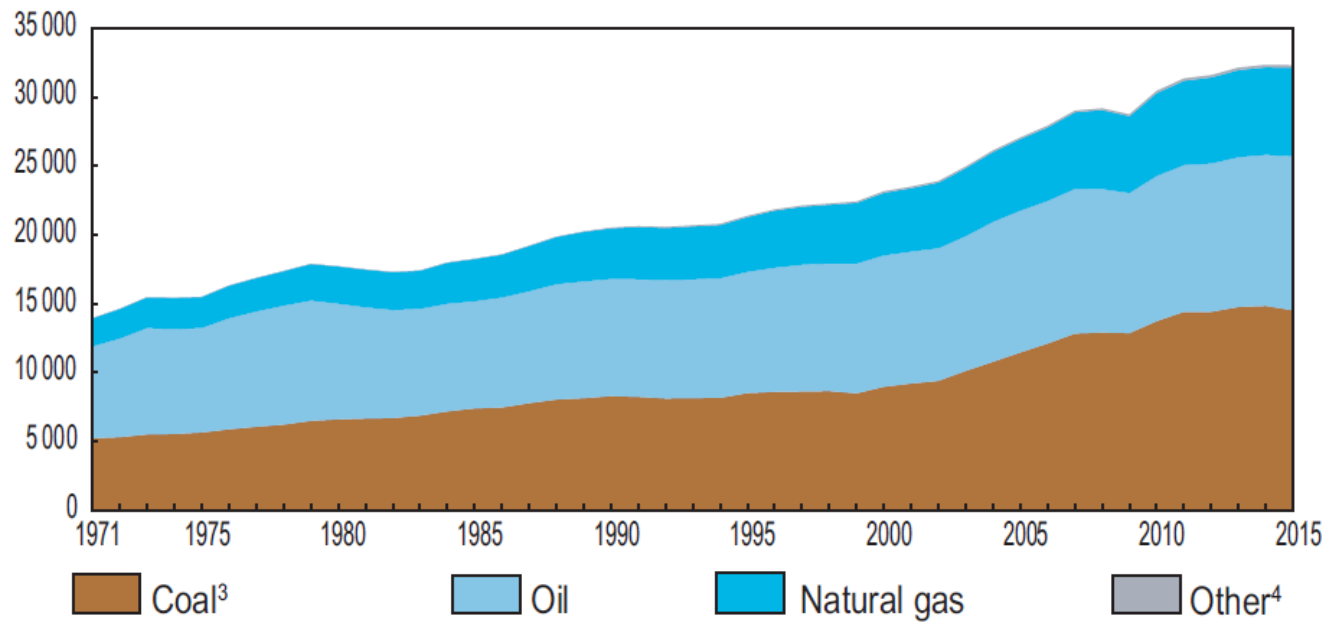


Source: IEA, Key World Statistics 2017

CO₂

26

World¹ CO₂ emissions from fuel combustion² from 1971 to 2015
by fuel (Mt of CO₂)

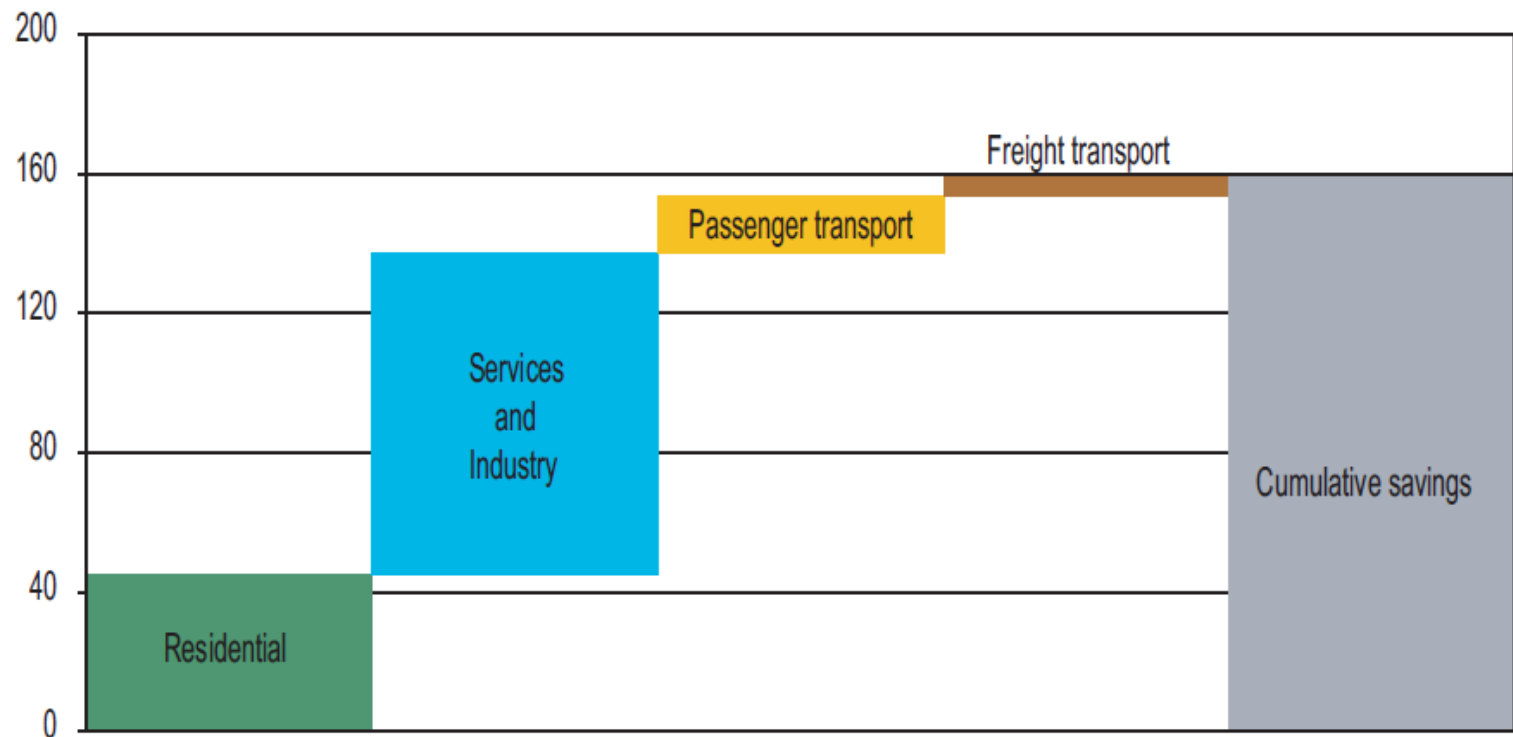


Source: IEA, Key World Statistics 2017

Energy efficiency

(27)

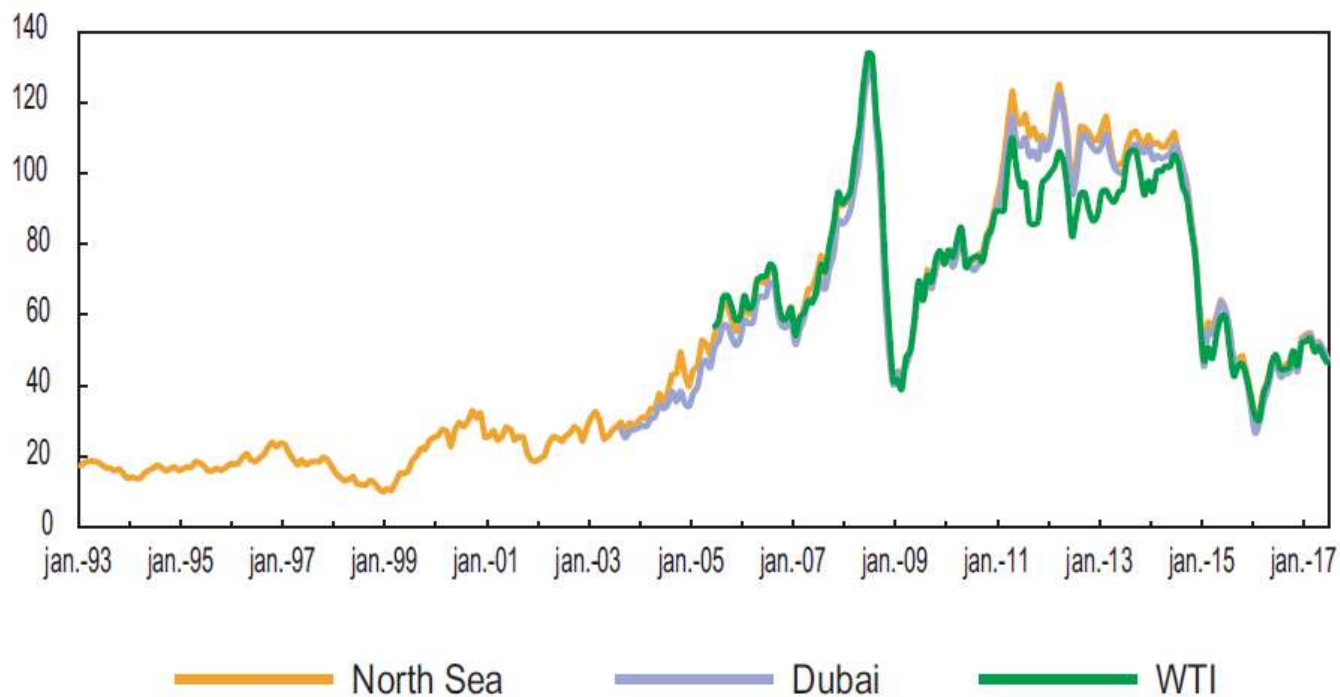
Estimated cumulative energy savings by sector in IEA, 2000-15 (EJ)



Source: IEA, Key World Statistics 2017

Ci «fidiamo» dei prezzi?

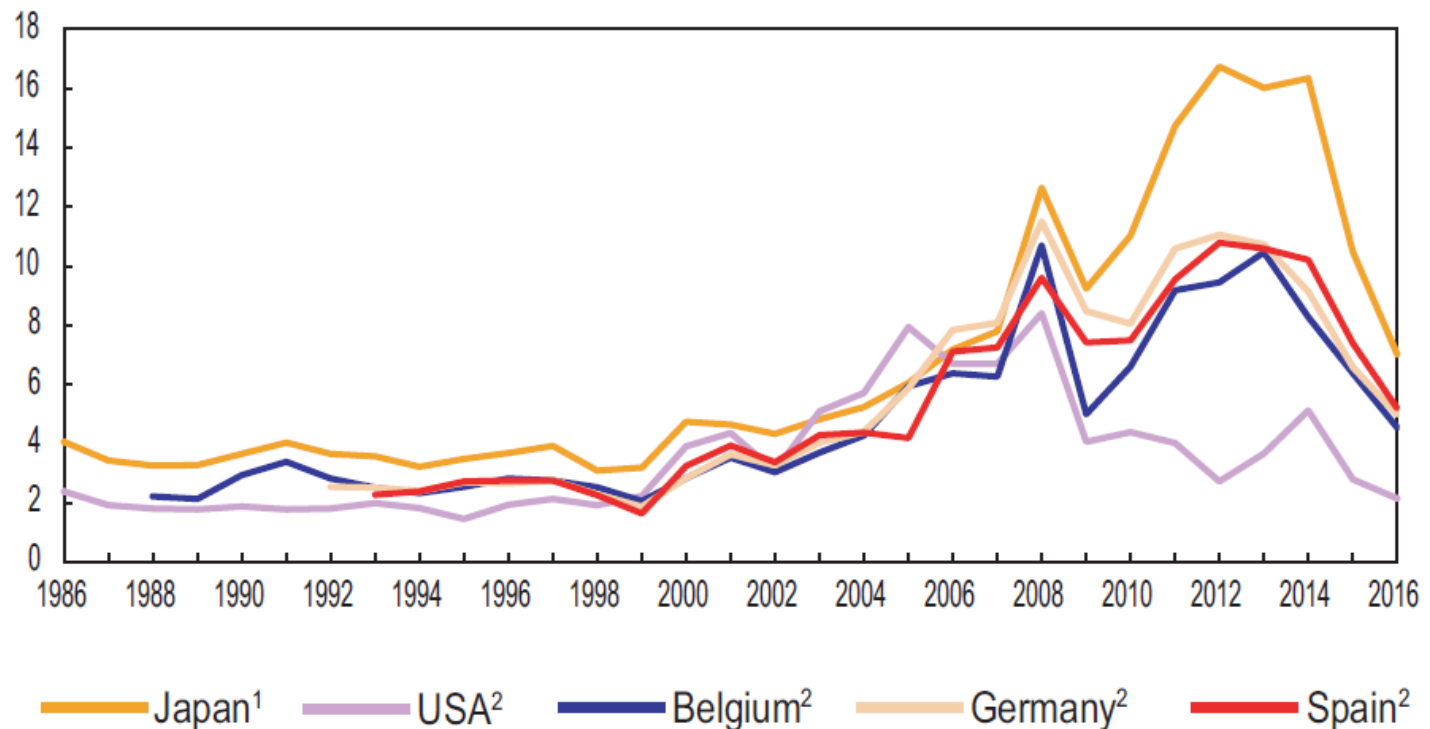
Average key crude oil spot prices in USD/barrel



Source: IEA, Key World Statistics 2017

Ci «fidiamo» dei prezzi?

Average natural gas import prices in USD/MBtu

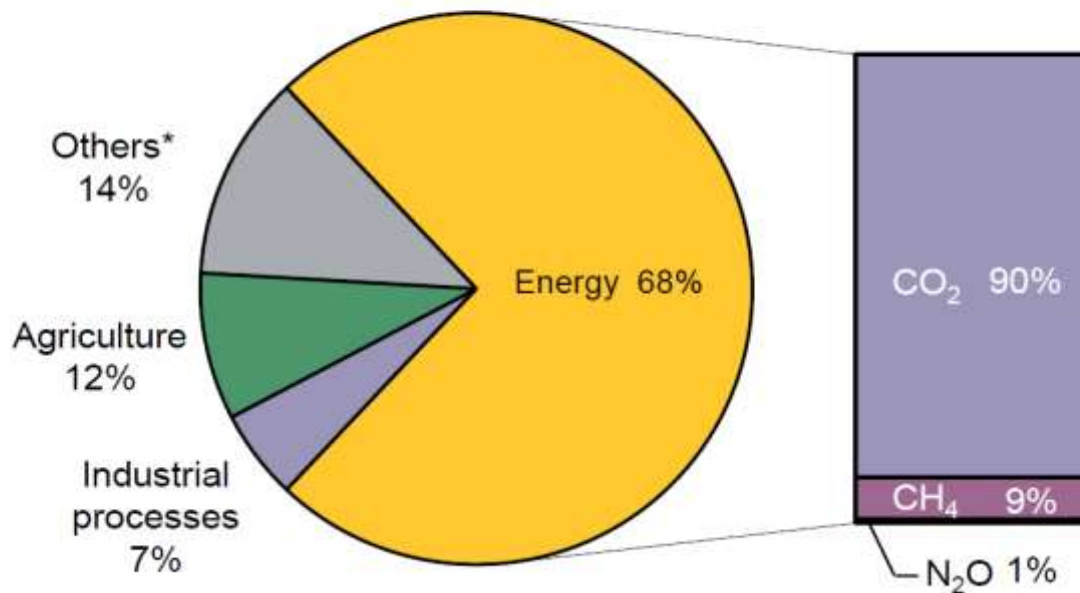


Source: IEA, Key World Statistics 2017

CO₂

30

Figure 1. Estimated shares of global anthropogenic GHG, 2014

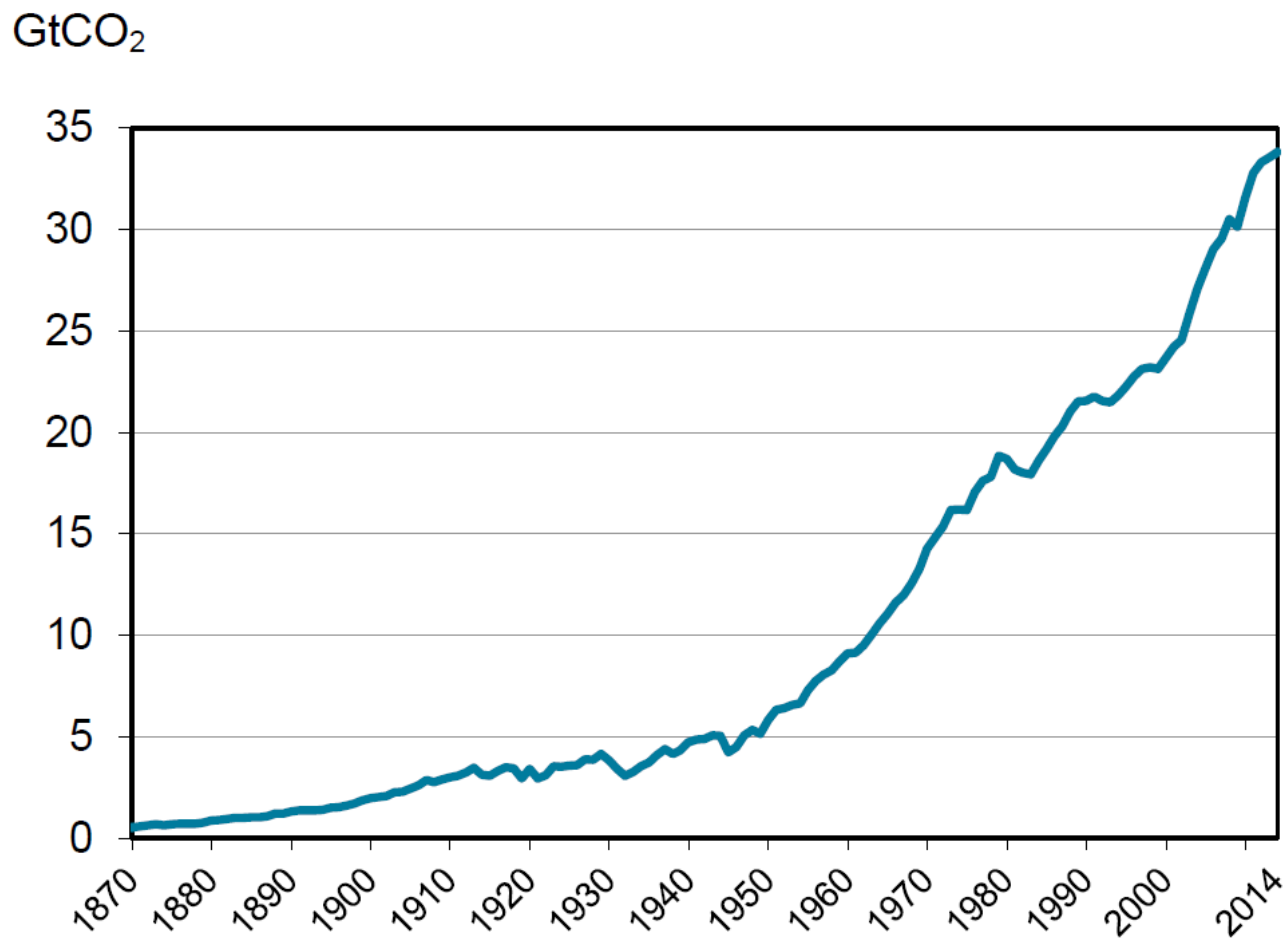


Source: IEA, Estimated emissions from fuel consumption 2017

CO₂



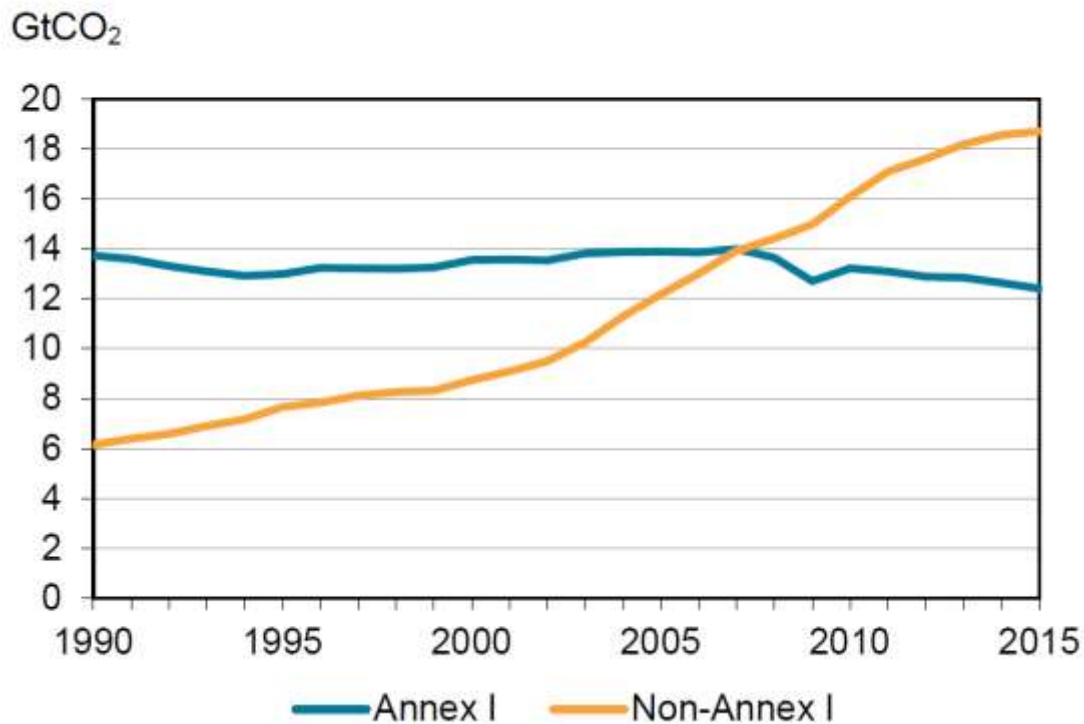
Figure 3. Trend in CO₂ emissions from fossil fuel combustion, 1870-2014



CO₂

32

Figure 4. Regional CO₂ emissions trends, 1990-2015



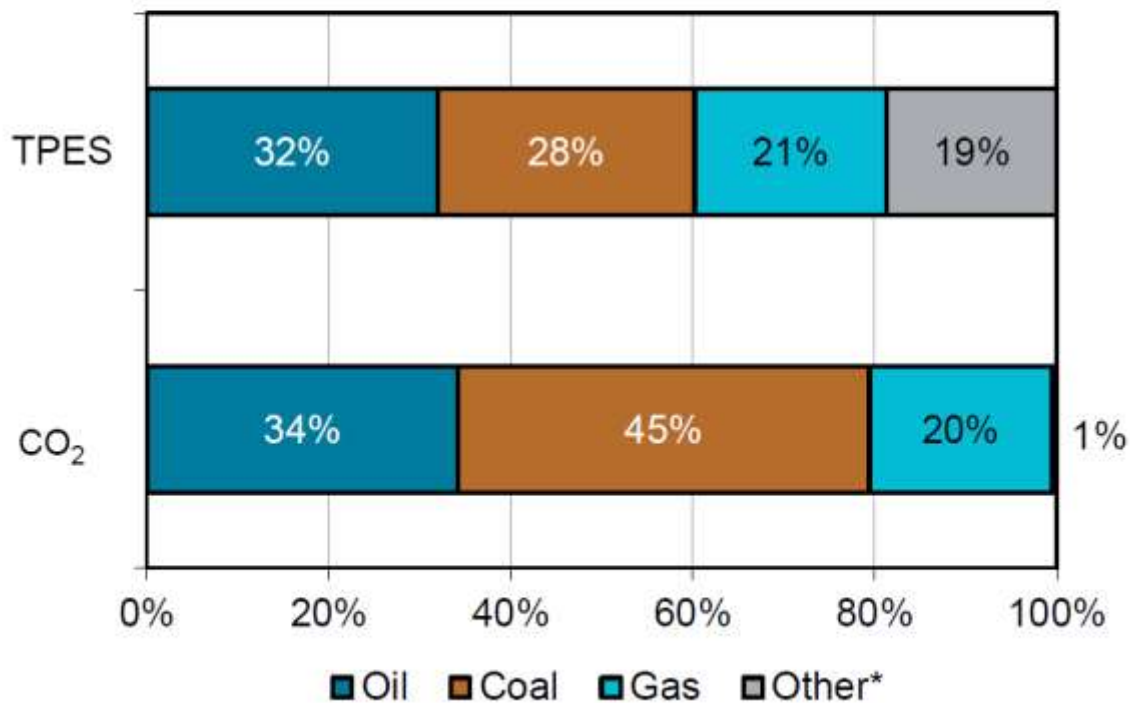
Source: IEA, Estimated emissions from fuel consumption 2017

CO₂



Figure 6. World primary energy supply and CO₂ emissions: shares by fuel in 2015

Percent share

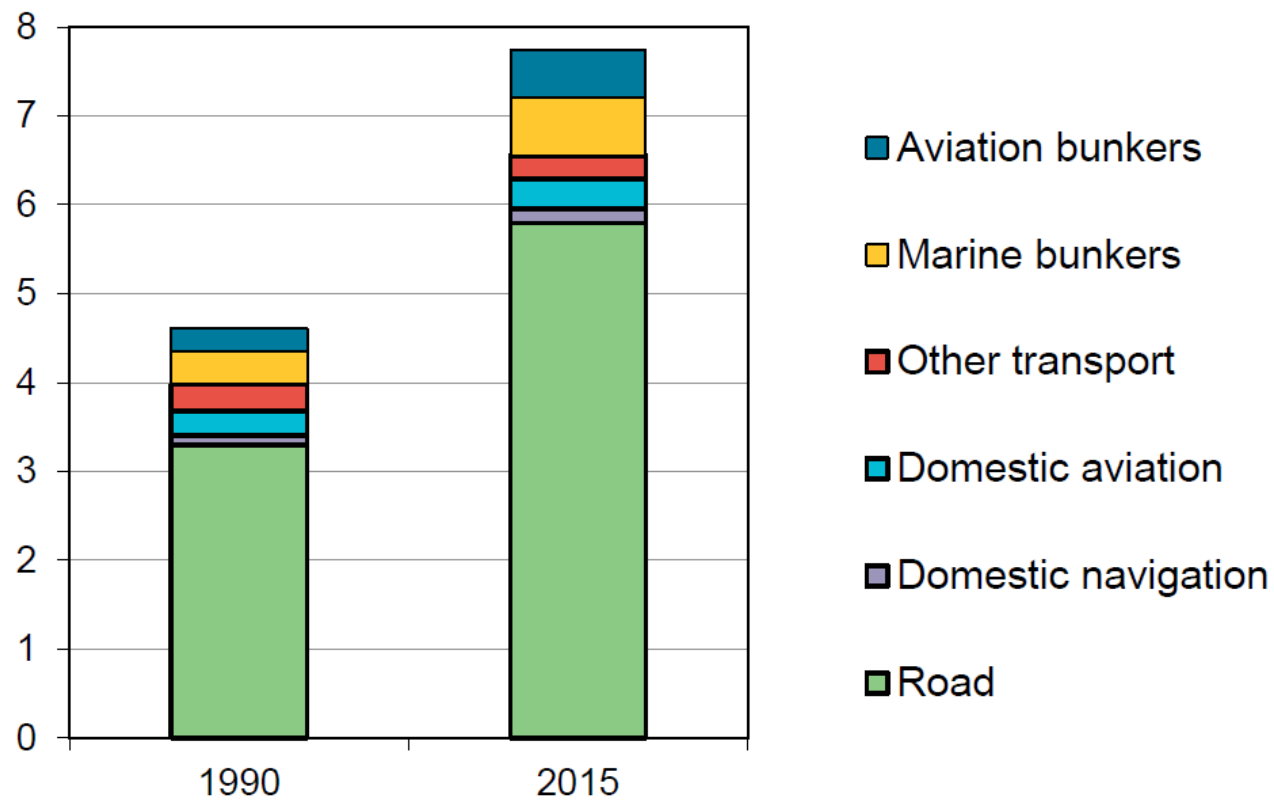


Source: IEA, Estimated emissions from fuel consumption 2017

CO₂

(34)

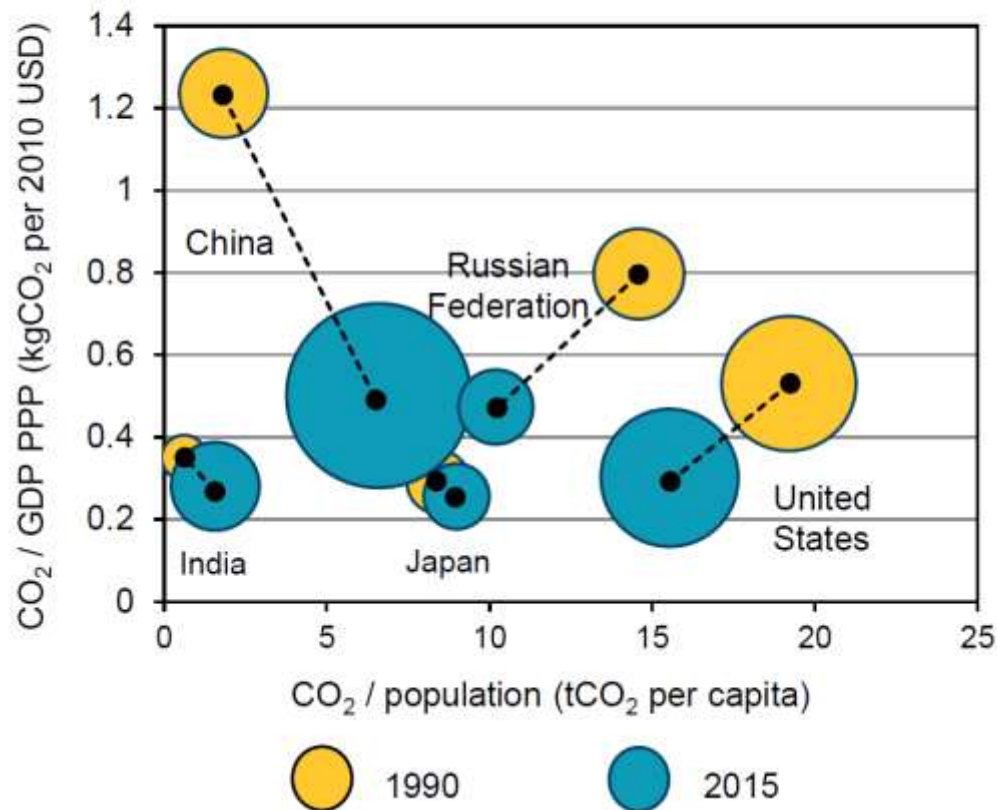
GtCO₂



Source: IEA, Estimated emissions from fuel consumption 2017

CO₂

Figure 15. Trends in CO₂ emission intensities for the top five emitting countries*, 1990 - 2015



Source: IEA, Estimated emissions from fuel consumption 2017

L'energia

36

La nostra dipendenza dal petrolio è in contrasto con la sua disponibilità.

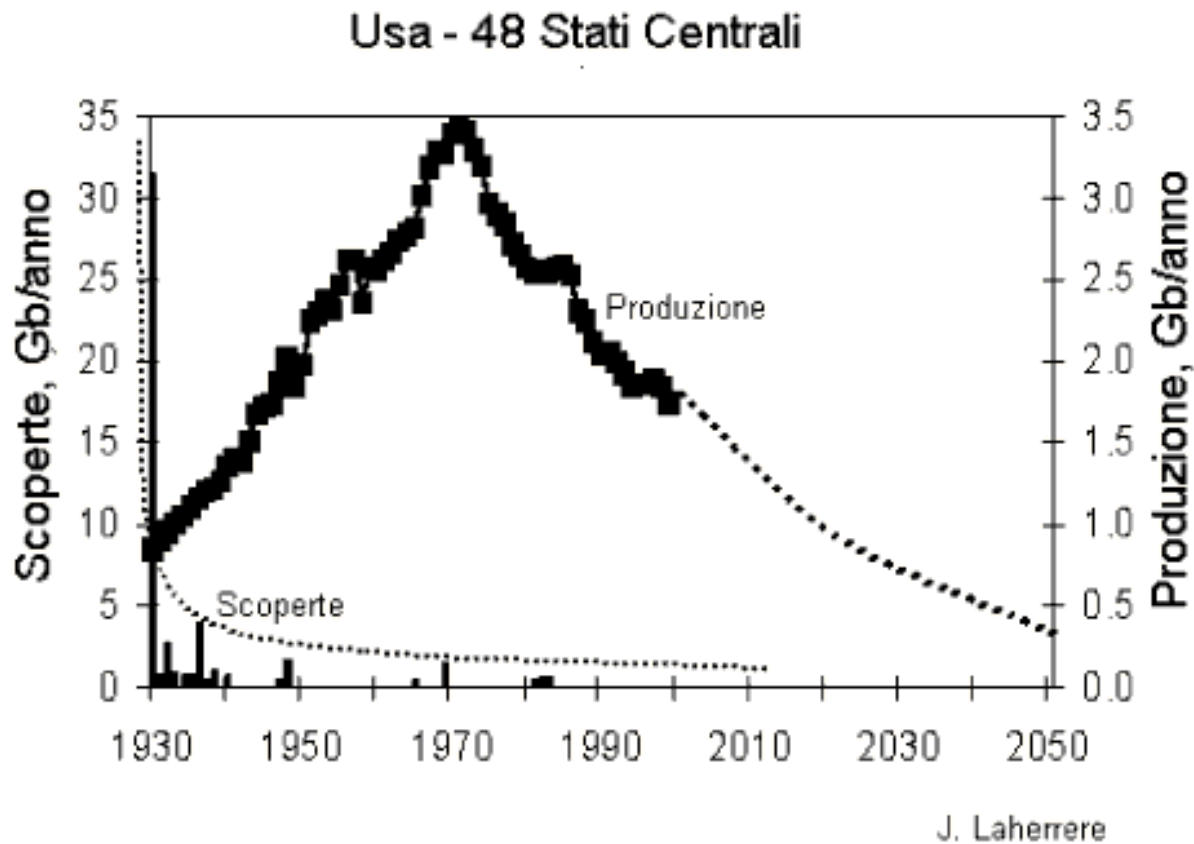
Il petrolio è una risorsa naturale limitata, come tale il suo sfruttamento segue una curva a campana (curva di Hubbert).

L'apice della curva, il picco di estrazione (*peak oil*) è già stato oltrepassato in molti paesi (gli stati Uniti, per esempio, hanno raggiunto per primi il picco di produzione, intorno al 1970).

L'energia

7

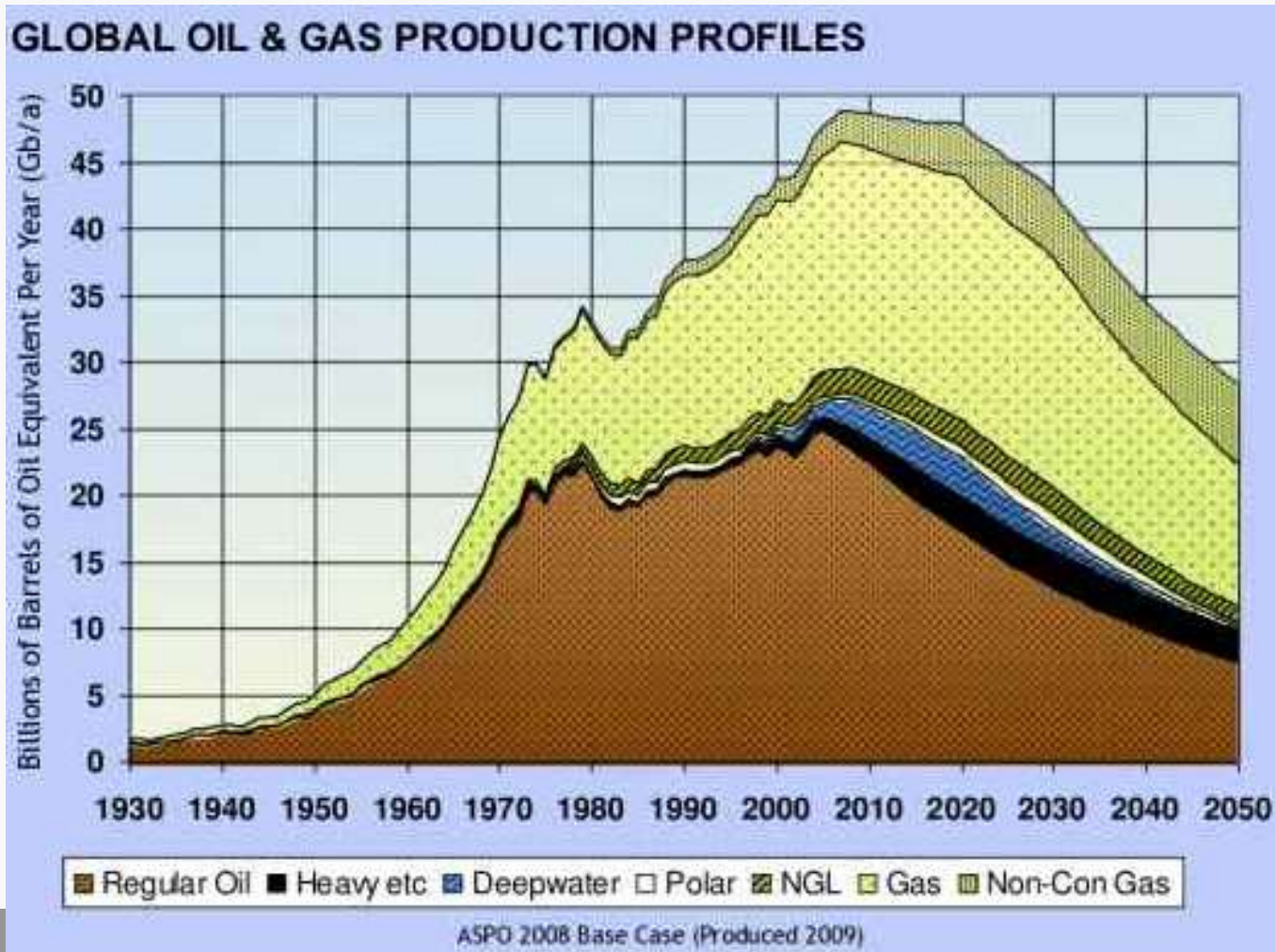
Curva della produzione americana



L'energia

38

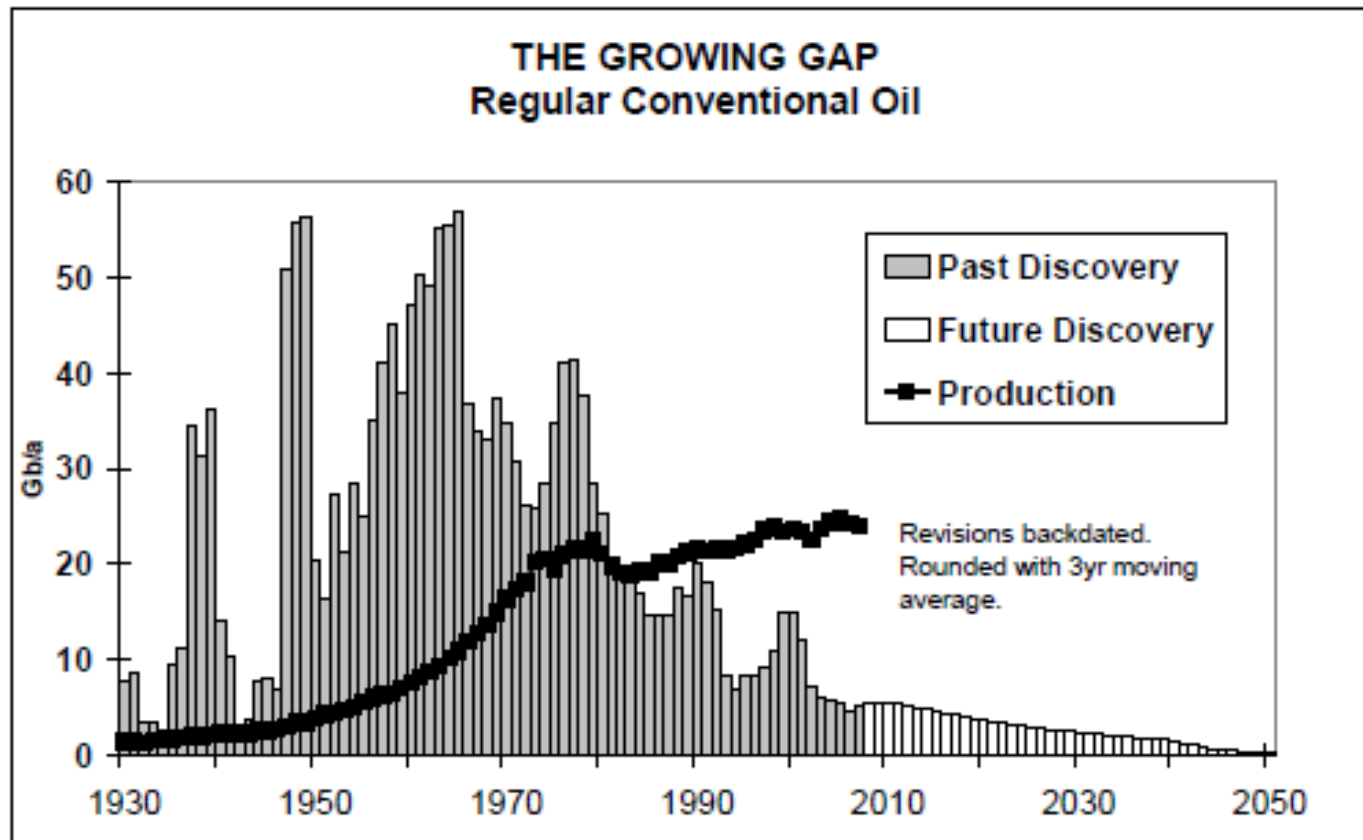
Produzione mondiale di petrolio e gas (ASPO Newsletter, 2009)



L'energia

39

Produzione mondiale di petrolio (ASPO Newsletter, 2009)



Oil production

Producers	Mt	% of world total
Saudi Arabia	544	13.1
Russian Federation	520	12.6
United States	387	9.3
People's Rep. of China	206	5.0
Islamic Rep. of Iran	186	4.5
Canada	182	4.4
United Arab Emirates	163	3.9
Venezuela	162	3.9
Kuwait	152	3.7
Iraq	148	3.6
Rest of the world	1 492	36.0
World	4 142	100.0

2012 data

Net exporters	Mt
Saudi Arabia	353
Russian Federation	247
Islamic Rep. of Iran	122
Nigeria	121
United Arab Emirates	114
Iraq	108
Venezuela	93
Kuwait	89
Canada	82
Angola	79
Others	574
Total	1 982

2011 data

Net importers	Mt
United States	500
People's Rep. of China	251
Japan	177
India	172
Korea	125
Germany	90
Italy	77
France	64
Singapore	58
Netherlands	57
Others	508
Total	2 079

2011 data

L'energia

41

Sebbene attualmente dipendiamo ancora dalle risorse non rinnovabili (petrolio e gas) per soddisfare la maggior parte del nostro fabbisogno energetico...

... Nel lungo periodo le risorse energetiche esauribili dovranno essere sostituite da quelle rinnovabili.

In un mercato efficiente il passaggio sarebbe graduale e armonioso.

Nella realtà i mercati energetici sono soggetti ad una serie di problemi specifici.

Il controllo dei prezzi

42

- L'esperienza americana: nel 1938 il Natural Gas Act istituisce una agenzia federale (Federal Power Commission) preposta a fissare dei prezzi “equi”.
- I prezzi artificialmente bassi incentivano un uso eccessivo della risorsa.
- Il tetto impedì ai prezzi di raggiungere i loro livelli normali. Conseguenze:
 - sovraconsumo di gas naturale, con conseguenti problemi di scarsità
 - una quantità maggiore di risorse venne utilizzata nei primi anni, con un balzo improvviso nei prezzi.

Il controllo dei prezzi

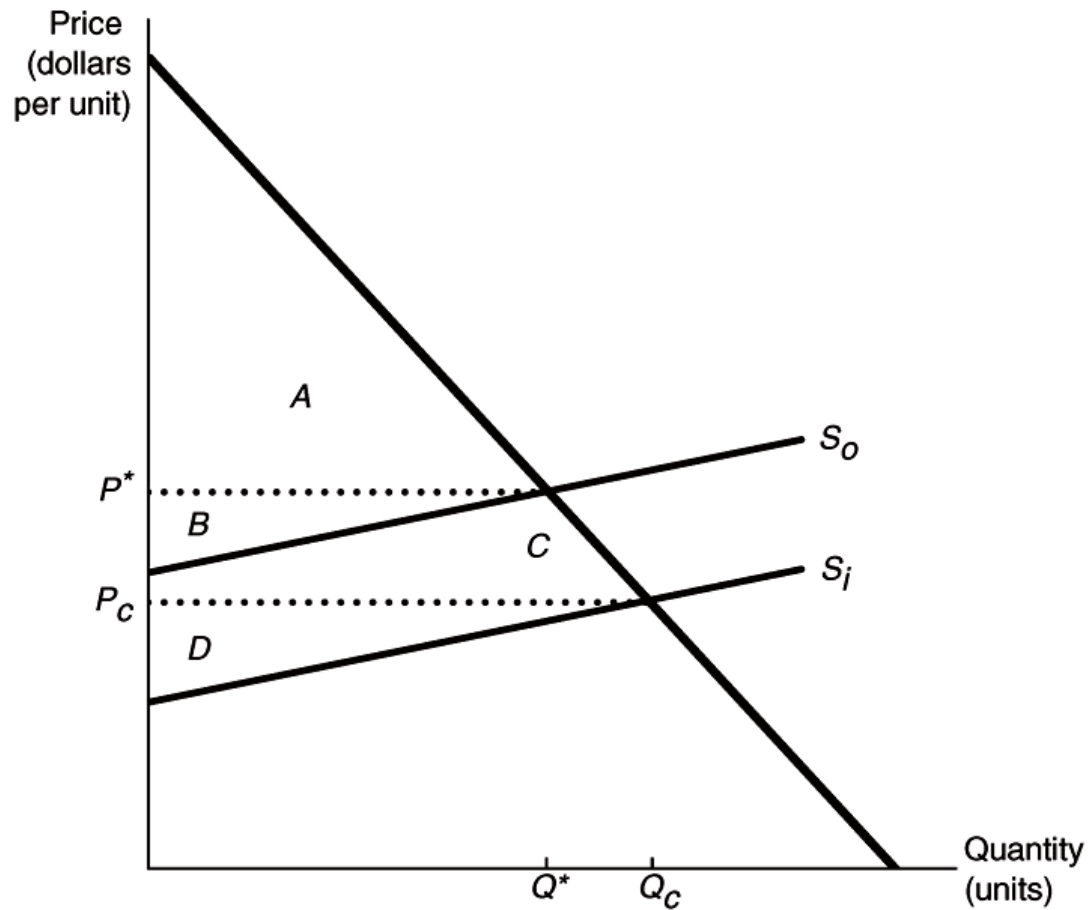
43

- I produttori producono una risorsa solo quando è vantaggioso farlo. Quando l'aumento del costo marginale raggiunge il tetto di prezzo, non viene più prodotta la risorsa, anche se c'è domanda della risorsa a quel prezzo.
 - Il controllo dei prezzi danneggia i produttori (i loro profitti correnti non includono la rendita di scarsità);
 - anche i consumatori futuri non sono tutelati a sufficienza (il consumo eccessivo fa aumentare i costi marginali di estrazione) $\Rightarrow$ eccesso di domanda
- Dal lato dell'offerta, i produttori che si aspettano un aumento del tetto, hanno incentivi a razionare la produzione e ad attendere l'aumento dei prezzi, aggravando la scarsità esistente.

Il controllo dei prezzi

44

Gli effetti del controllo dei prezzi



Il controllo dei prezzi

45

- I meccanismi di controllo dei prezzi possono essere uno strumento politico appetibile (i consumatori correnti/elettori ne beneficerebbero) ma inefficiente (nel 1974-75 gravi problemi di scarsità del gas negli USA).
- Sono anche iniqui, perché distorcono l'allocazione della risorsa a favore del periodo presente.
⇒ Dal 1978 (Natural Gas Policy Act), negli USA è stato avviato un processo di graduale liberalizzazione dei prezzi del gas (terminato nel 1993).

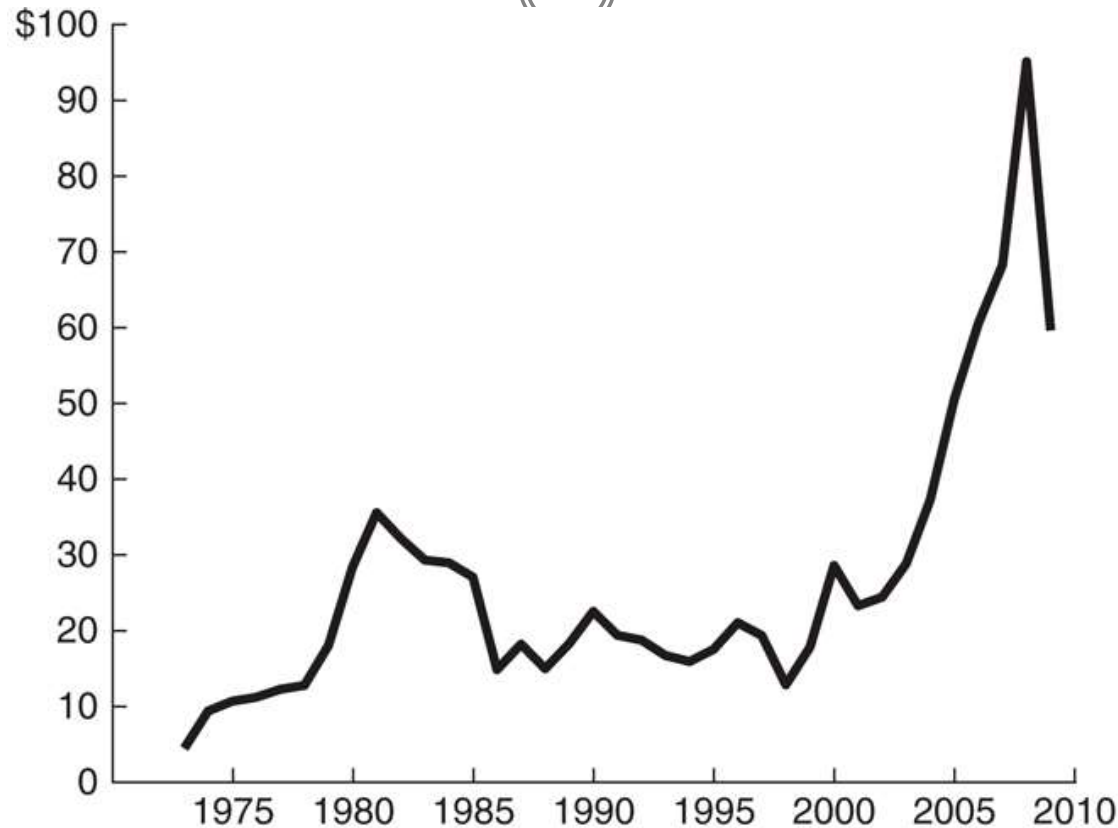
Il petrolio: il problema del cartello

46

- La maggior parte del petrolio è prodotta dal cartello Organization of Petroleum Exporting Countries (OPEC).
- I paesi membri colludono per influenzare la fissazione del prezzo del greggio.
⇒ allocazione inefficiente
- Ma quali fattori consentono la costituzione di un cartello?
 - l'elasticità della domanda di petrolio rispetto al prezzo;
 - l'elasticità della domanda di petrolio rispetto al reddito;
 - l'esistenza di una offerta alternativa proveniente dai paesi non OPEC;
 - la compatibilità degli interessi dei paesi membri all'interno del cartello.

Andamento dei prezzi del greggio (1973–2009)

(47)



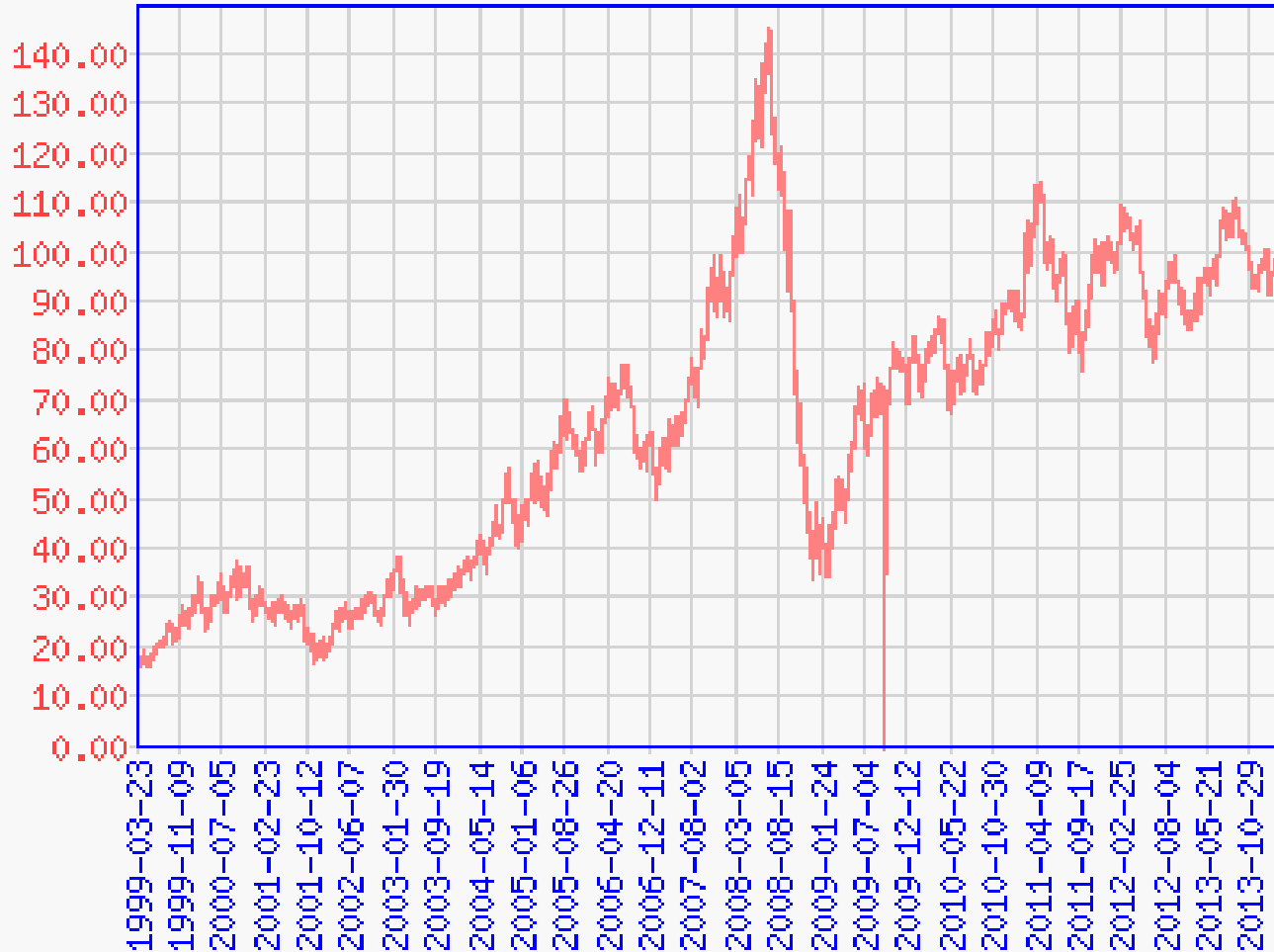
Sources: Monthly Energy Review (MER), U.S. Energy Information Administration (EIA) (<http://www.eia.doe.gov/mer/prices.html>); Consumer Price Index (CPI), Bureau of Labor Statistics (<http://www.bls.gov/cpi/data.htm>).

Note: Prices are in 2009 dollars.

L'energia

48

Andamento dei prezzi di petrolio (Crude oil prices - \$ / Barrel)

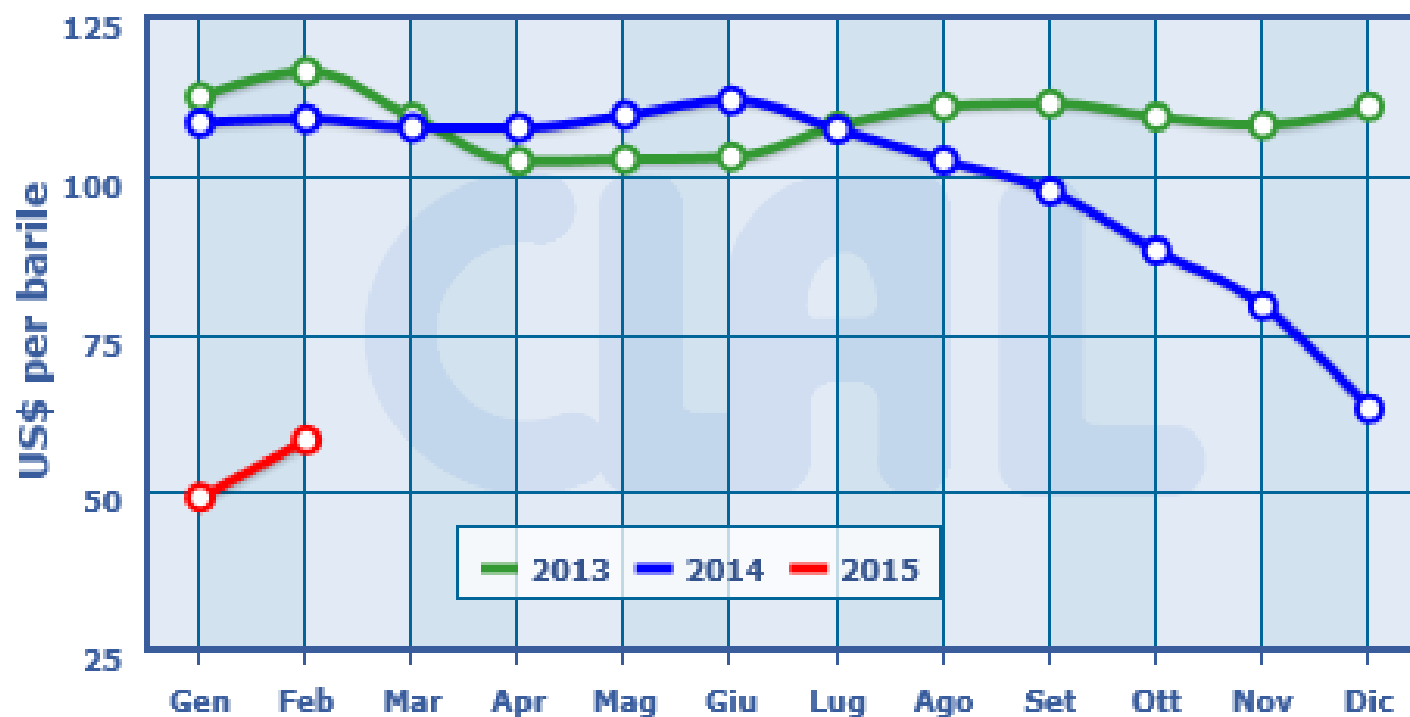


Il prezzo del petrolio

49

Quotazioni petrolio greggio Europe Spot Brent Price FOB (\$/bbl)

Fonte: U.S. Department of Energy, Energy Information Administration



1. L'elasticità della domanda al prezzo

50

- Più la domanda è inelastica, maggiori sono gli aumenti di ricavi che seguono ad aumenti dei prezzi.
- Ma l'elasticità dipende dalla disponibilità di fonti sostitutive.
- Il prezzo delle fonti sostitutive fissa il limite massimo al rialzo nel prezzo del greggio.
- In futuro secondo Lovins (1976), due strade percorribili:
 - la via dura, con il nucleare;
 - la via morbida, con l'energia solare e le dighe.

2. L'elasticità della domanda al reddito

51

- Tale misura indica il grado di sensibilità della domanda alle fasi del ciclo economico. Maggiore è l'elasticità della domanda al reddito, più la domanda è sensibile alle fluttuazioni economiche:
 - Le recessioni comportano pressioni su OPEC mentre le espansioni sono vantaggiose.
- ⇒ l'aumento del prezzo sarebbe richiesto nelle fasi espansive per mantenere i consumi in linea con la disponibilità delle risorse.

3. Il ruolo dei paesi fornitori non OPEC

52

Un cartello ha più potere di mercato se può impedire a nuovi fornitori di entrare nel mercato e ridurre i prezzi.

L'OPEC al momento produce circa il 45% del petrolio mondiale. Ma deve tenere conto dei paesi non-OPEC quando fissa i prezzi.

Rilevanza delle pressioni sul cartello:

- nel 1979 i paesi OPEC producevano il 50% del petrolio mondiale. Nel 1986 la quota era scesa al 30%.
- nel 1986 il prezzo del petrolio si abbassò da 34,95 \$ a 11,4\$ al barile.
- Nel 2008 il prezzo raggiunse 138 \$ al barile a seguito della domanda mondiale e le restrizioni di offerta dovute alla guerra in Iraq – I prezzi elevati hanno rivelato le difficoltà delle maggiori compagnie a trovare produttori alternativi al di fuori dell'OPEC.

4. La coesione interna del cartello

53

L'elasticità della domanda al prezzo è molto più alta per un singolo componente che per l'intero gruppo.
L'incentivo alla riduzione del prezzo è più alta per il singolo paese membro che per il cartello nel suo insieme.

Ci può essere dissenso tra i membri riguardo alle decisioni sui prezzi e sulla produzione
Es: L'Arabia Saudita detiene circa il 33 % delle riserve OPEC.

⇒ orizzonti temporali differenti tra i paesi membri indeboliscono le prospettive future di successo del cartello.

Le maggiori riserve petrolifere mondiali

54

Country	Reserves (in billions of barrels)
Saudi Arabia	261.5
Iraq	112.5
United Arab Emirates	97.8
Kuwait	96.5
Iran	93.0
Venezuela	71.7
Russia	48.6
Mexico	40.0
Libya	29.5
China	24.0
United States	22.5
Nigeria	16.8

Source: *Oil and Gas Journal* (<http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/table81.htm>).

Implicazioni sul clima

55

- Il diossido di carbonio è uno dei principali responsabili del climate change.
- Le preoccupazioni sul clima influenzano la politica energetica:
 - Il livello di mix tra i vari tipi di consumi energetici è rilevante
 - Il mix delle fonti energetiche è rilevante
- Le strategie energetiche basate sul mercato impongono l'esternalità su chi utilizza l'energia.

Contenuto di carbonio nelle fonti energetiche

56

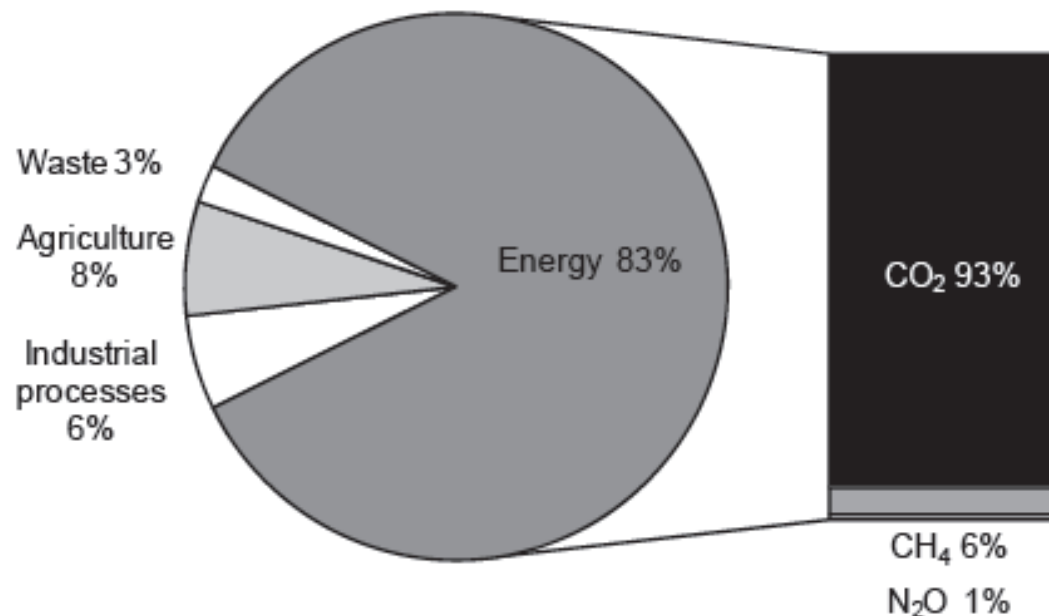
Fuel Type	Metric Tons of Carbon (per billion BTUs)
Coal	25.61
Coal (Electricity Generation)	25.71
Natural Gas	14.47
Residual Fuel Oil	21.49
Oil (Electricity Generation)	19.95
Liquid Petroleum Gas	17.02
Distillate Fuel Oil	19.95

Source: Energy Information Administration.

Gli usi energetici sono i principali responsabili delle emissioni di CO₂

57

Figure 1. Shares of anthropogenic GHG emissions in Annex I countries, 2011*



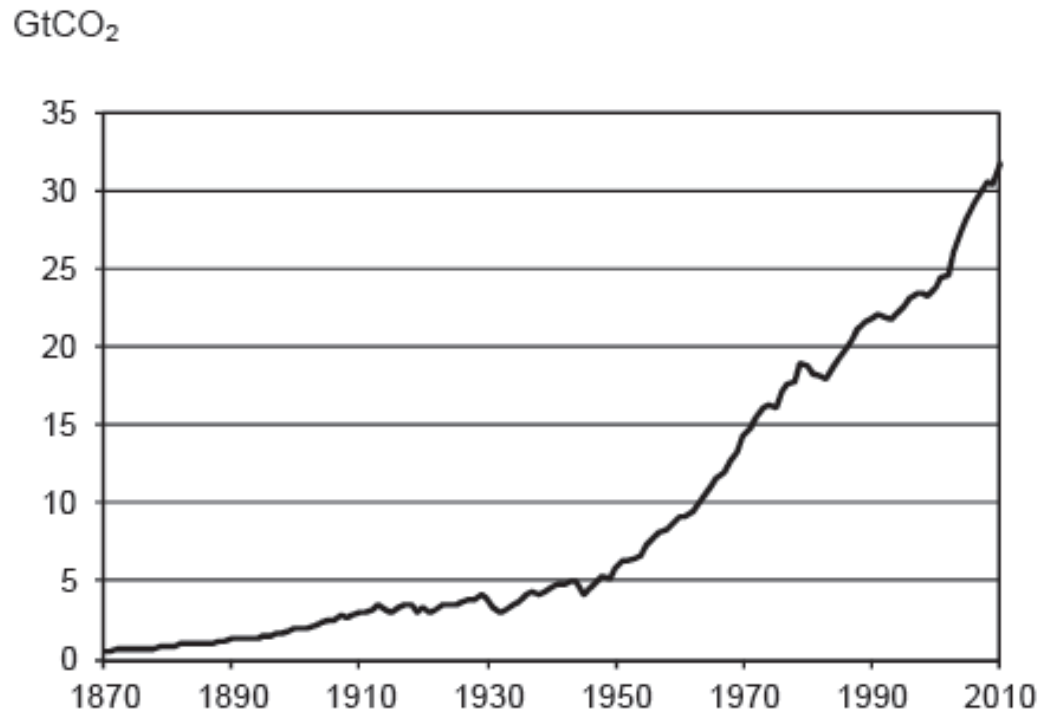
* Based on Annex I data for 2011; without Land Use, Land-Use Change and Forestry, and with Solvent Use included in Industrial Processes and "other" included with waste.

Source: UNFCCC.

Dal 1870 le emissioni di CO₂ da combustibili fossili sono cresciute esponenzialmente

58

Figure 3. Trend in CO₂ emissions from fossil fuel combustion



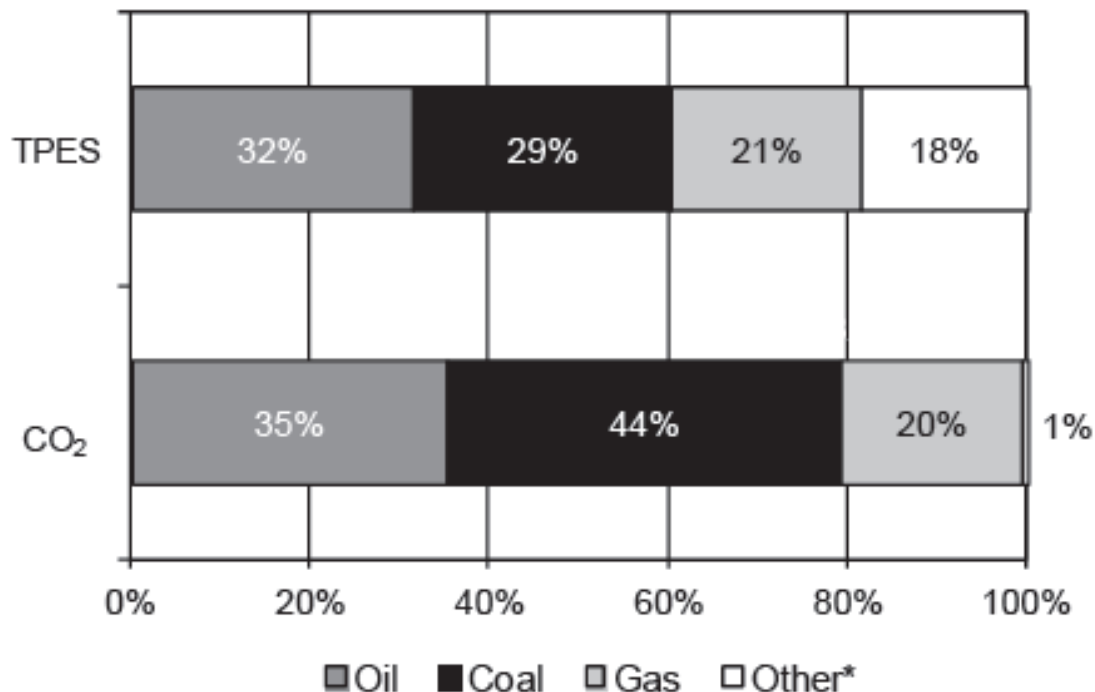
Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., United States.

Il carbone contribuisce alla quota maggiore di CO₂, anche se è il petrolio la principale fonte energetica

59

Figure 5. World primary energy supply and CO₂ emissions: shares by fuel in 2011

Percent share

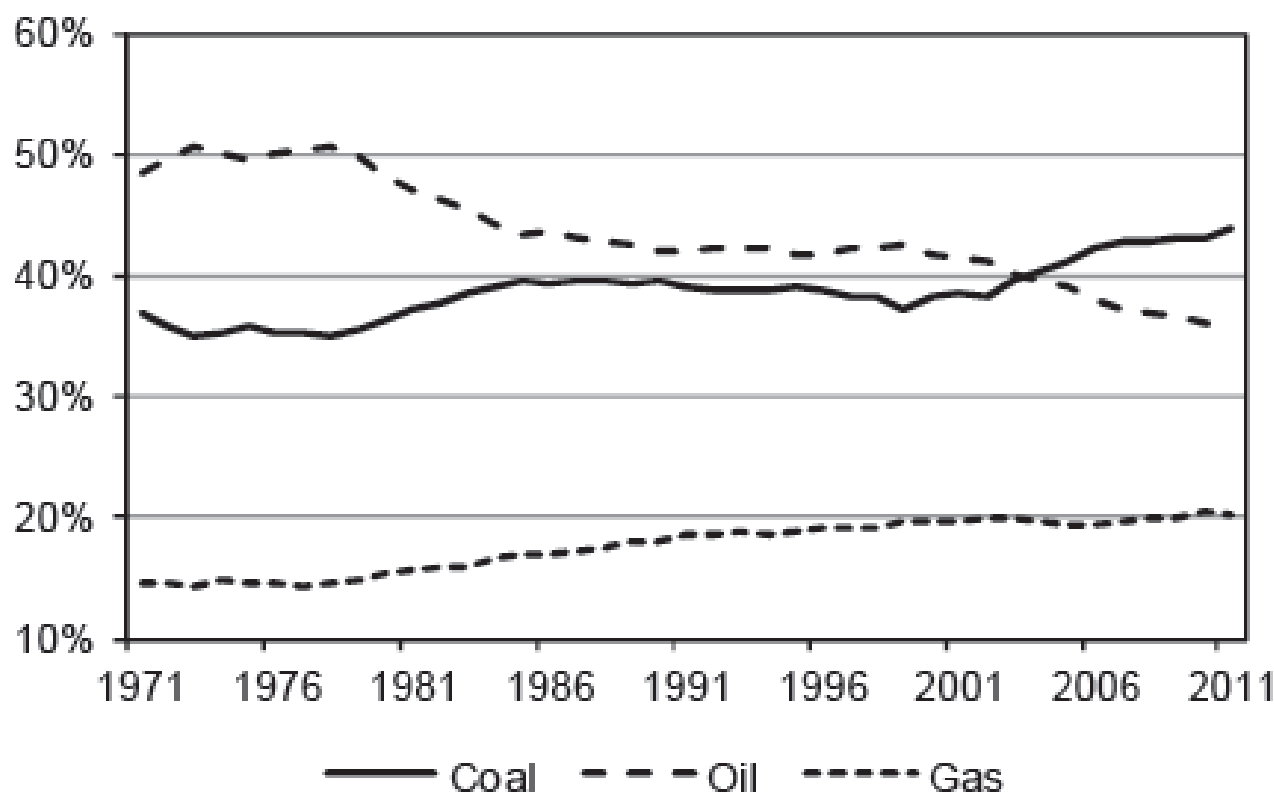


* Other includes nuclear, hydro, geothermal, solar, tide, wind, biofuels and waste.

Il mix di combustibili fossili è cambiato negli ultimi 10 anni, il carbone è diventato la principale fonte di CO₂.

60

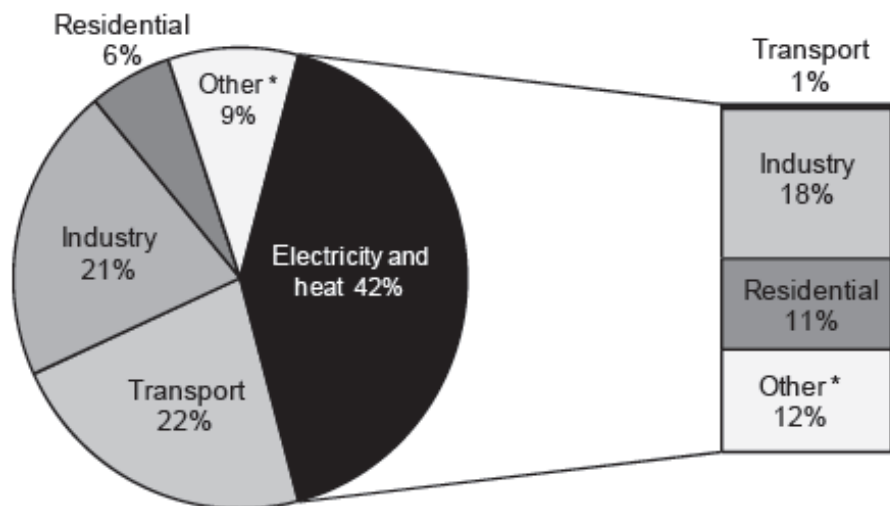
Figure 6. Fuel shares in global CO₂ emissions



La produzione di energia elettrica e termica è stata responsabile dei due terzi delle emissioni globali nel 2011

61

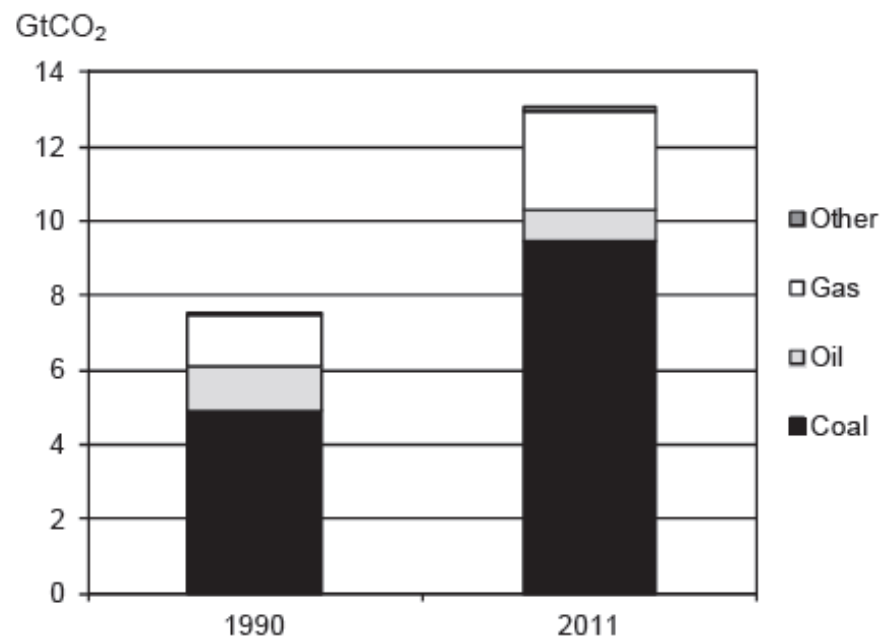
Figure 9. World CO₂ emissions by sector in 2011



Note: Also shows allocation of electricity and heat to end-use sectors.

* Other includes commercial/public services, agriculture/forestry, fishing, energy industries other than electricity and heat generation, and other emissions not specified elsewhere.

Figure 10. CO₂ emissions from electricity and heat generation*



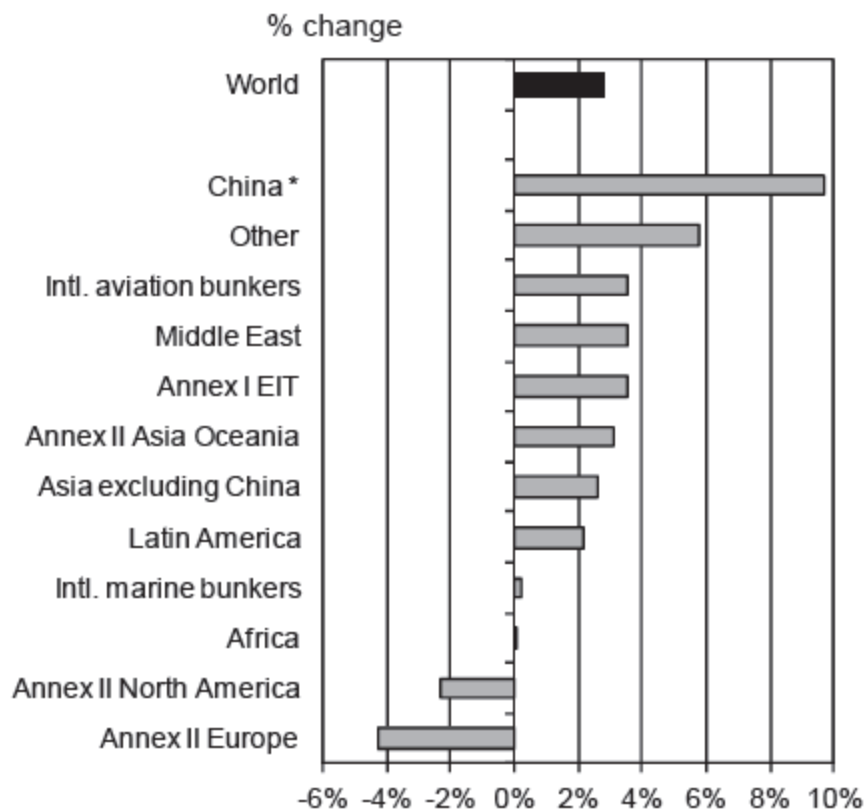
* Refers to main activity producers and autoproducers of electricity and heat.

Le emissioni di CO₂ da elettricità e calore sono raddoppiate tra il 1990 e il 2011, spinte dall'incremento della produzione da carbone.

I primi 10 paesi produttori di CO₂ realizzano i due terzi delle emissioni globali

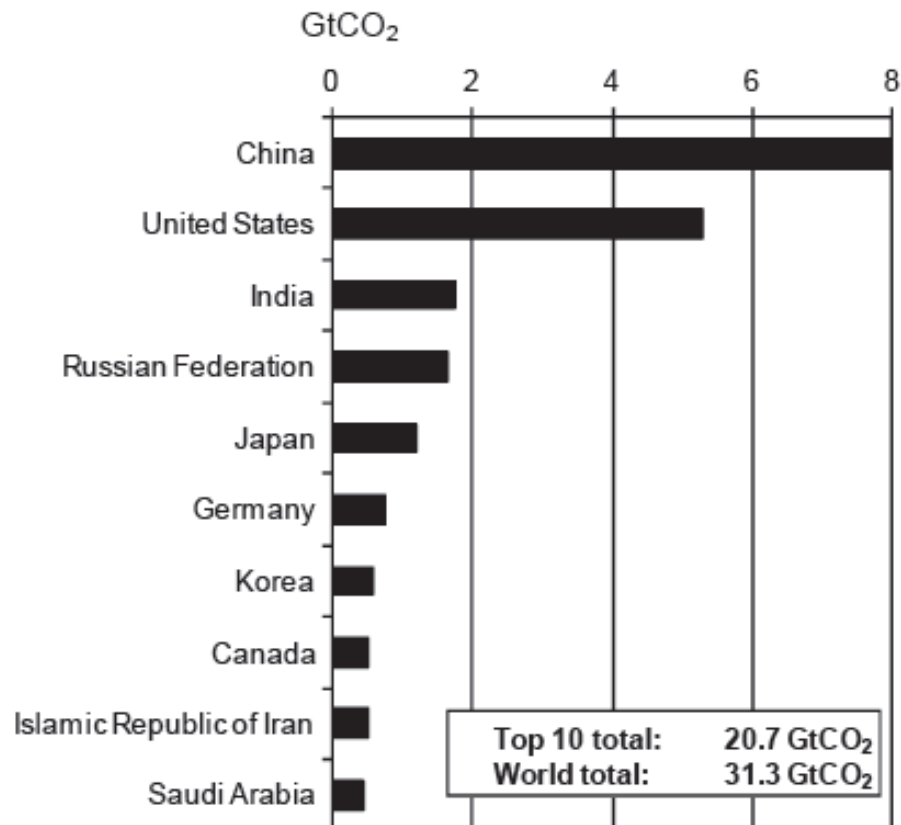
62

Figure 7. Change in CO₂ emissions by region (2010-11)



* China includes Hong Kong.

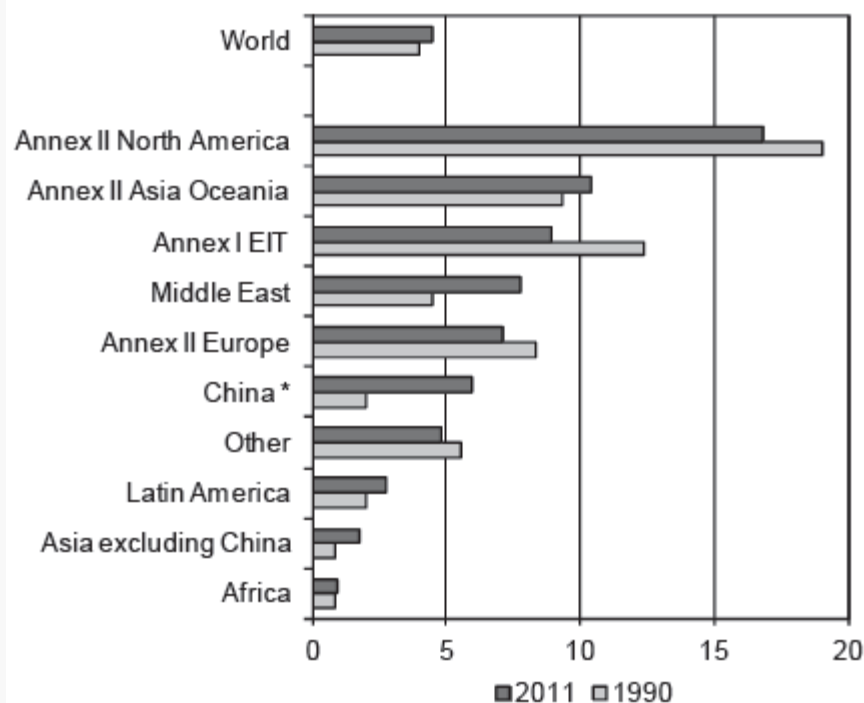
Figure 8. Top 10 emitting countries in 2011



Le emissioni procapite e le emission intensities variano notevolmente tra i paesi nel mondo

Figure 12. CO₂ emissions per capita by major world regions

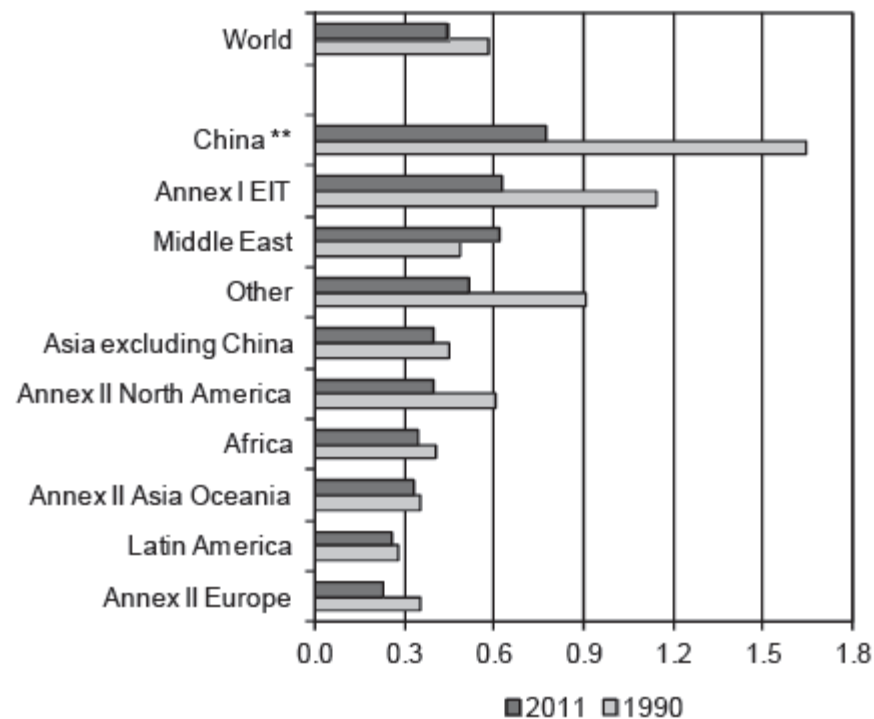
tCO₂ per capita



* China includes Hong Kong.

Figure 13. CO₂ emissions per GDP* by major world regions

kgCO₂ per USD



* GDP in 2005 USD, using purchasing power parities.

** China includes Hong Kong.

Combustibili Fossili : Sicurezza nazionale e considerazioni climatiche

64

- **Sicurezza nazionale**
 - La sicurezza nazionale è un bene pubblico. Il mercato darebbe luogo ad una eccessiva dipendenza dalle importazioni.
 - La curva di offerta interna di lungo periodo del petrolio riflette una crescente disponibilità di petrolio interno a prezzi più alti.

Le altre fonti non rinnovabili: Petrolio non convenzionale, carbone e energia nucleare

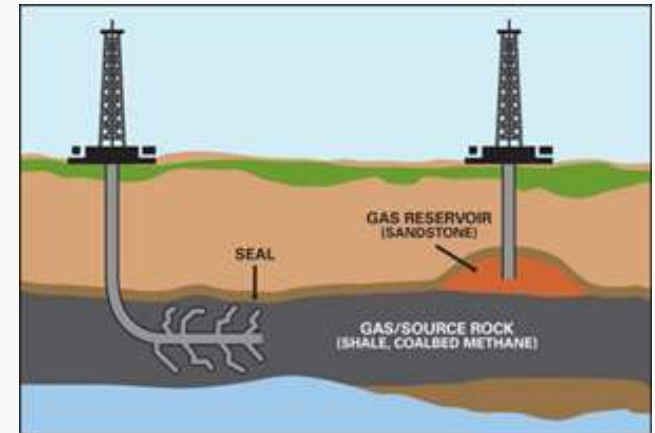
65

- Le fonti di petrolio non convenzionale
 - Sono generalmente più difficili e costose
 - Ci sono perplessità circa il loro impatto ambientale
 - ✦ Utilizzano più energia per estrarre la risorsa
 - ✦ Rilasciano emissioni inquinanti

Shale gas e oil

66

- Lo shale gas è gas naturale non convenzionale; è stato a lungo non estraibile, a causa della roccia (impermeabile) in cui il gas si trova.
- Attraverso la perforazione orizzontale e la fratturazione idraulica, l'operazione oggi è economicamente conveniente.



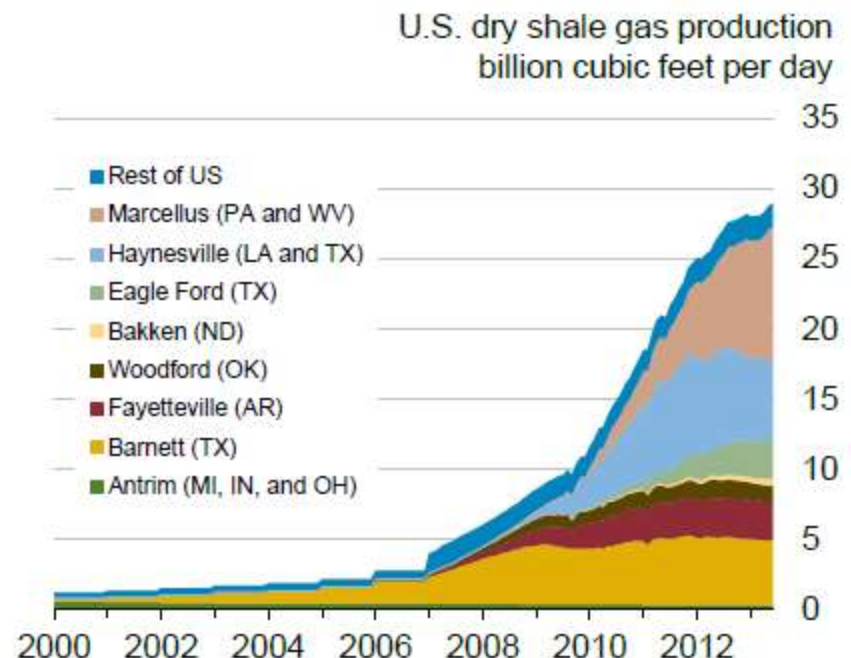
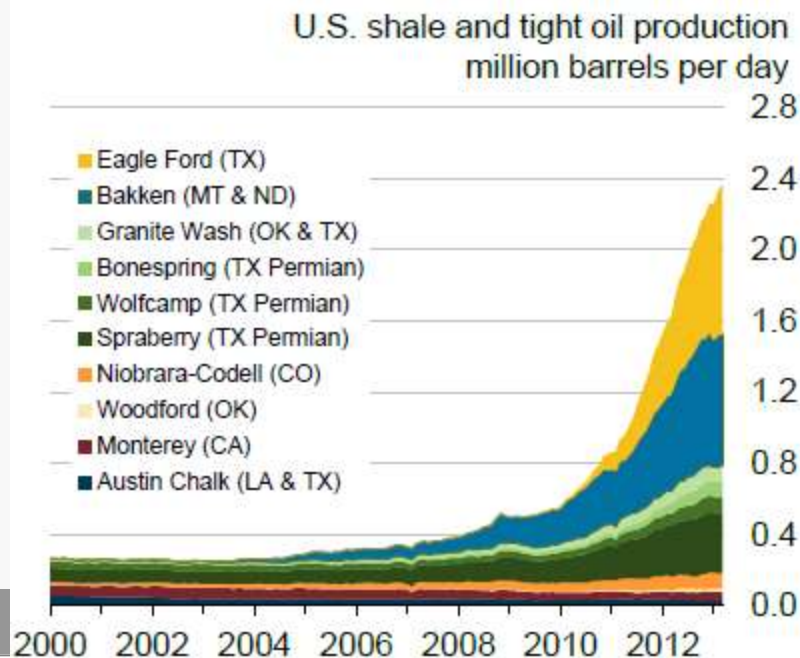
Grazie allo sfruttamento dei giacimenti di shale gas e di altro gas non convenzionale, la produzione interna degli Stati Uniti è aumentata del 50% (624 miliardi di m³ nel 2009), con oltre il 10% di shale gas.

Shale gas and oil in US

67

Rapido aumento della produzione di gas naturale e petrolio da shale in U.S.

- Sei “giacimenti” considerati insieme rappresentano il 90% della crescita della produzione interna di petrolio e quasi tutta la crescita della produzione interna di gas negli ultimi due anni.
- Tra questi 6, il Bakken and Eagle Ford conta per circa il 67% della crescita della produzione di petrolio; il Marcellus play conta per il 75% della crescita della produzione di gas naturale (Source: EIA, 2014)



Disponibilità mondiale di shale gas

	2009 Natural Gas Market ⁽¹⁾ (trillion cubic feet, dry basis)			Proved Natural Gas Reserves ⁽²⁾ (trillion cubic feet)	Technically Recoverable Shale Gas Resources (trillion cubic feet)
	Production	Consump- tion	Imports (Exports)		
Europe					
France	0.03	1.73	98%	0.2	180
Germany	0.51	3.27	84%	6.2	8
Netherlands	2.79	1.72	(62%)	49.0	17
Norway	3.65	0.16	(2,156%)	72.0	83
U.K.	2.09	3.11	33%	9.0	20
Denmark	0.30	0.16	(91%)	2.1	23
Sweden	-	0.04	100%	-	41
Poland	0.21	0.58	64%	5.8	187
Turkey	0.03	1.24	98%	0.2	15
Ukraine	0.72	1.56	54%	39.0	42
Lithuania	-	0.10	100%	-	4
Others ⁽³⁾	0.48	0.95	50%	2.71	19
North America					
United States ⁽⁴⁾	20.6	22.8	10%	272.5	862
Canada	5.63	3.01	(87%)	62.0	388
Mexico	1.77	2.15	18%	12.0	681
Asia					
China	2.93	3.08	5%	107.0	1,275
India	1.43	1.87	24%	37.9	63
Pakistan	1.36	1.36	-	29.7	51
Australia	1.67	1.09	(52%)	110.0	396
Africa					
South Africa	0.07	0.19	63%	-	485
Libya	0.56	0.21	(165%)	54.7	290
Tunisia	0.13	0.17	26%	2.3	18
Algeria	2.88	1.02	(183%)	159.0	231
Morocco	0.00	0.02	90%	0.1	11
Western Sahara	-	-	-	-	7
Mauritania	-	-	-	1.0	0
South America					
Venezuela	0.65	0.71	9%	178.9	11
Colombia	0.37	0.31	(21%)	4.0	19
Argentina	1.46	1.52	4%	13.4	774
Brazil	0.36	0.66	45%	12.9	226
Chile	0.05	0.10	52%	3.5	64
Uruguay	-	0.00	100%	-	21
Paraguay	-	-	-	-	62
Bolivia	0.45	0.10	(346%)	26.5	48
Total of above areas	53.1	55.0	(3%)	1,001	6,622
Total world	106.5	106.7	0%	6,609	

Sources:

¹ Dry production and consumption: EIA, International Energy Statistics, as of March 8, 2011.

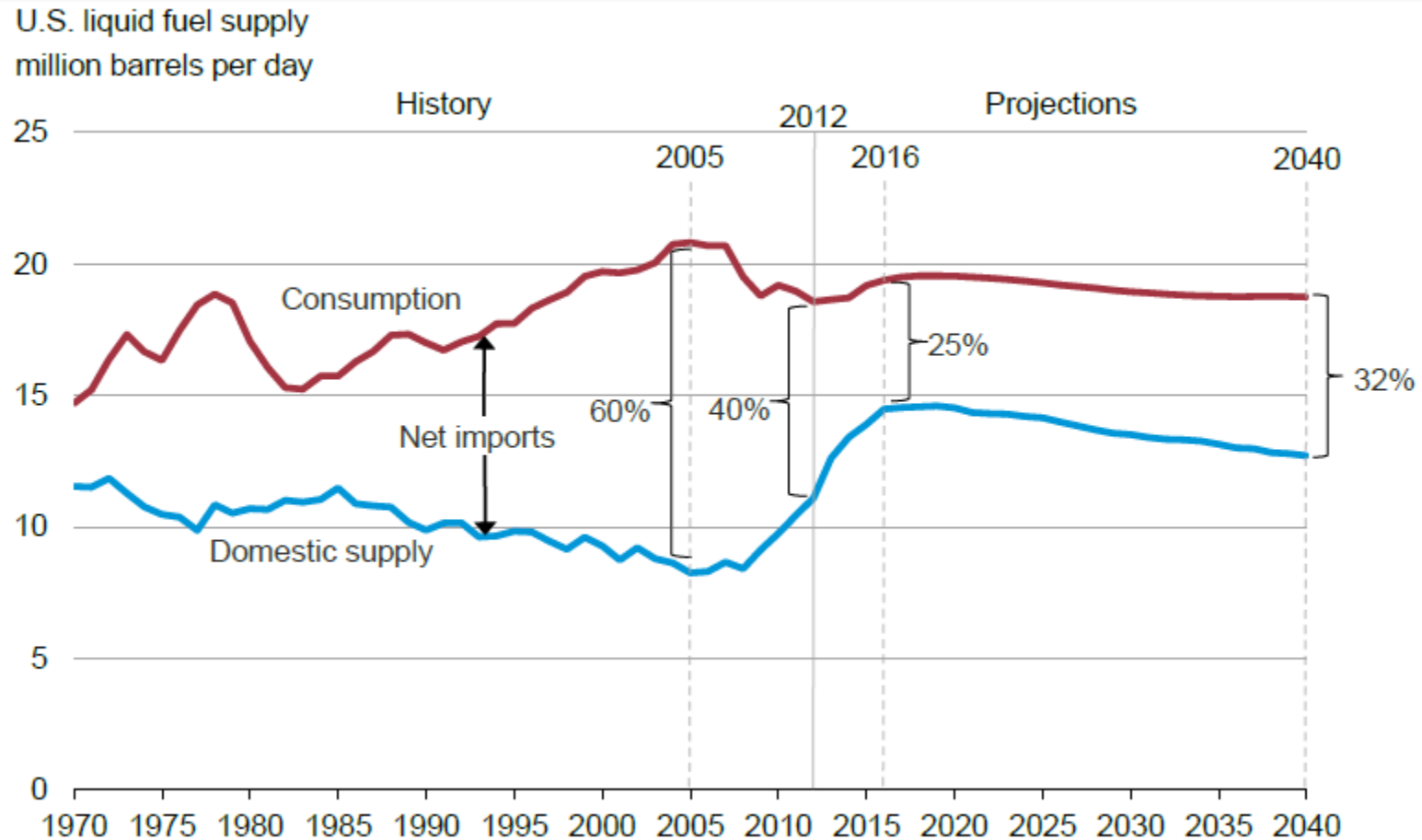
² Proved gas reserves: *Oil and Gas Journal*, Dec., 6, 2010, P. 46-49.

³ Romania, Hungary, Bulgaria.

⁴ U.S. data are from various EIA sources.

U.S. dipendenza dalle importazioni di petrolio

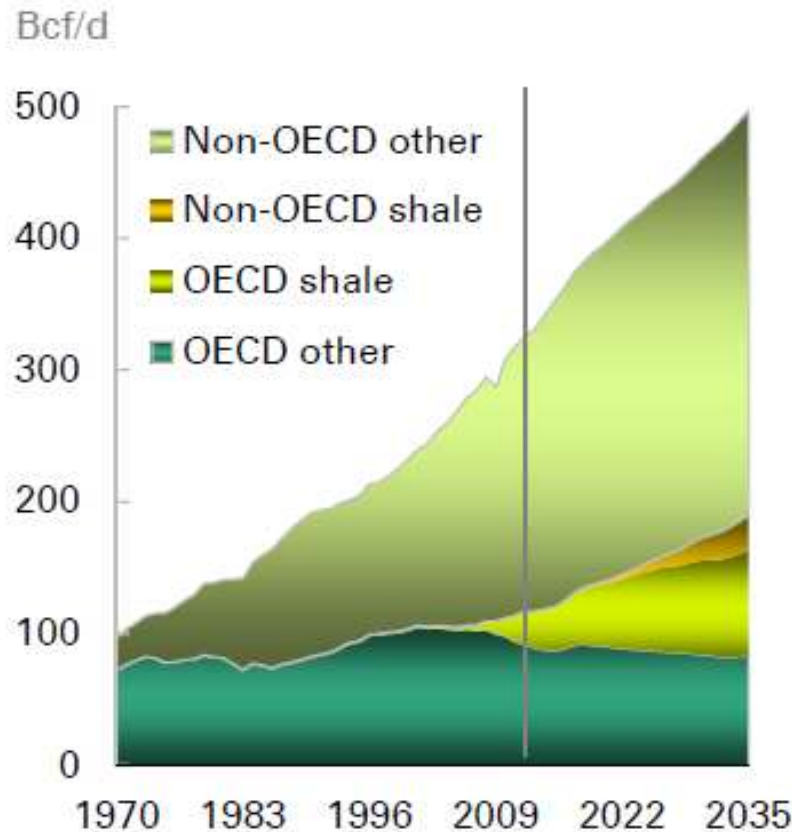
69



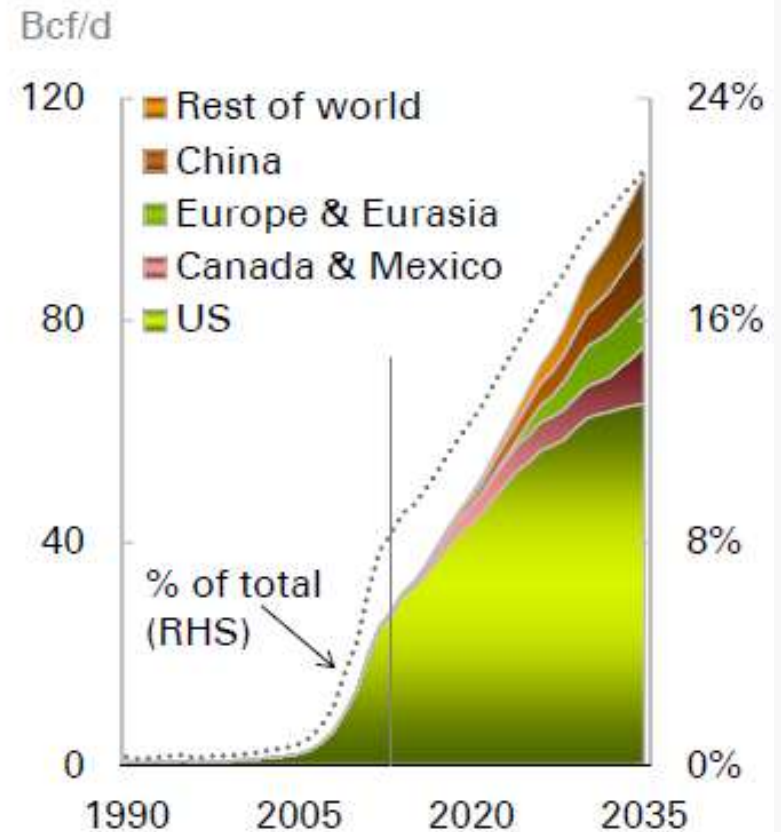
Previsioni di crescita degli shale gas

70

Gas production by type and region



Shale gas production



Shale gas e oil: impatti ambientali

71

Impatti ambientali legati alle tecniche idrauliche di frattura (fracking):

- Utilizzo di energia per l'estrazione (il recupero netto di energia è minore)
- Si richiedono grandi quantità di acqua per separare il bitume dalla roccia (o per produrre vapore – a seconda della tecnica di recupero del petrolio)
- Rischi di inquinamento delle falde acquifere (i liquidi prodotti dal fracking sono molto inquinanti)
- Le emissioni di inquinanti atmosferici, inclusa CO₂, sono maggiori di quelle derivanti dalla produzione delle fonti energetiche convenzionali.