

# “SISTEMI ENERGETICI”

## Energetica

Impatto Globale e Locale delle Risorse Energetiche  
e delle Tecnologie per la Loro Conversione

**Prof. Pier Ruggero Spina**  
Dipartimento di Ingegneria



università di ferrara  
DA SEICENTO ANNI GUARDIAMO AVANTI.

# Sommario

- Unità di misura dell'energia
- Fabbisogni di energia
- Energia e qualità della vita
- Sostenibilità ambientale
- Sostenibilità sociale
- Sostenibilità economica
- Sostenibilità tecnologica
- Energia da fonte nucleare (cenno)



# Unità di misura dell'energia

L'unità di misura dell'energia nel SI è il joule (J):  $1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$

Altre unità di misura dell'energia sono:

- il wattora (Wh):  $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$
- la caloria (cal):  $1 \text{ cal} = 4.1868 \text{ J}$
- la tonnellata equivalente di petrolio (TEP, TOE):  
 $1 \text{ TEP} = 41.868 \text{ GJ} = 11.630 \text{ MWh} = 10000000 \text{ kcal} = 10^7 \text{ kcal}$
- Il barile equivalente di petrolio:  $0.164 \text{ TEP}$



# Fabbisogni di energia

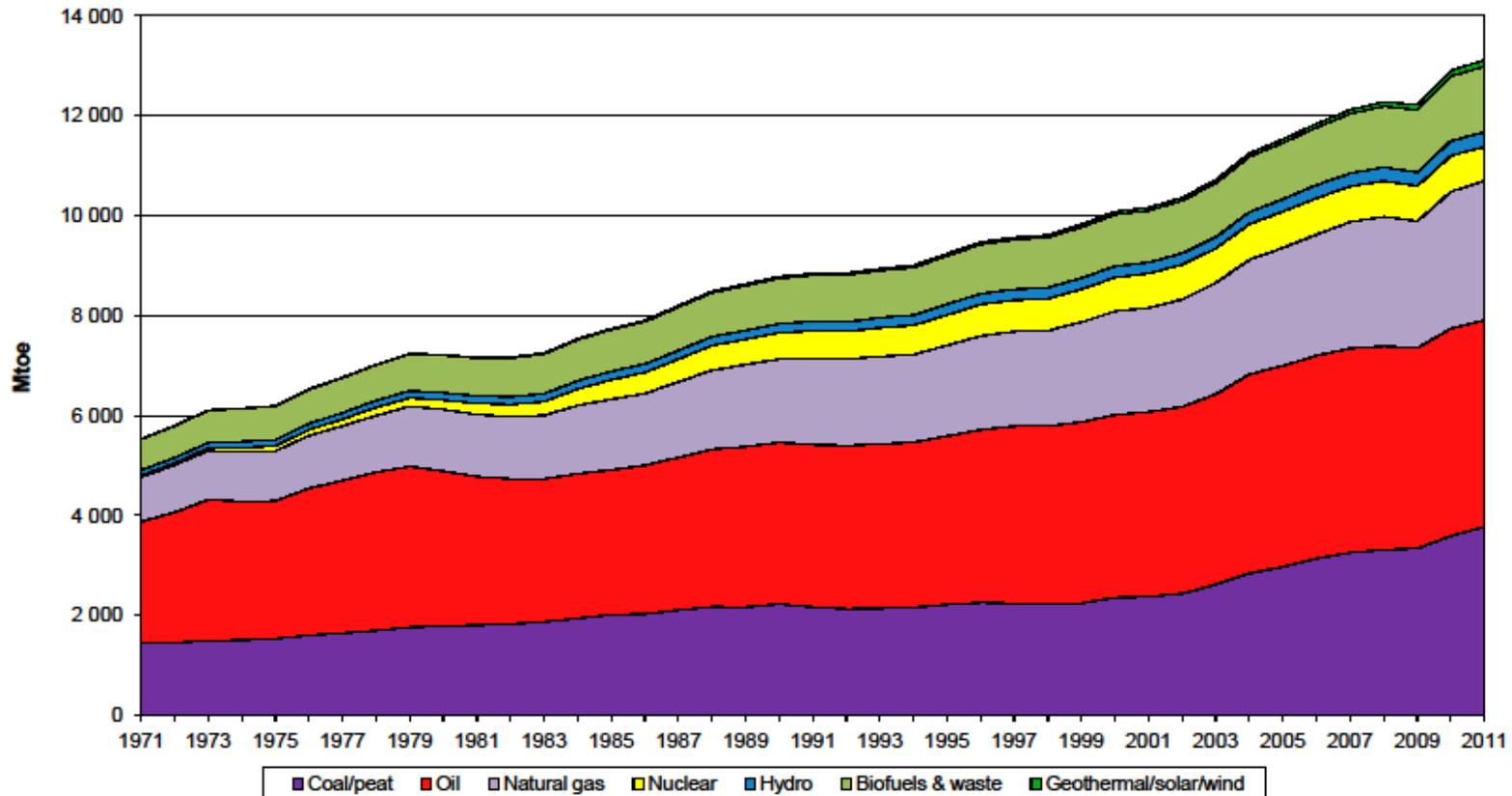


# Fabbisogni di energia - mondo (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>

## Total primary energy supply\* World



\* Excluding electricity trade.

© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



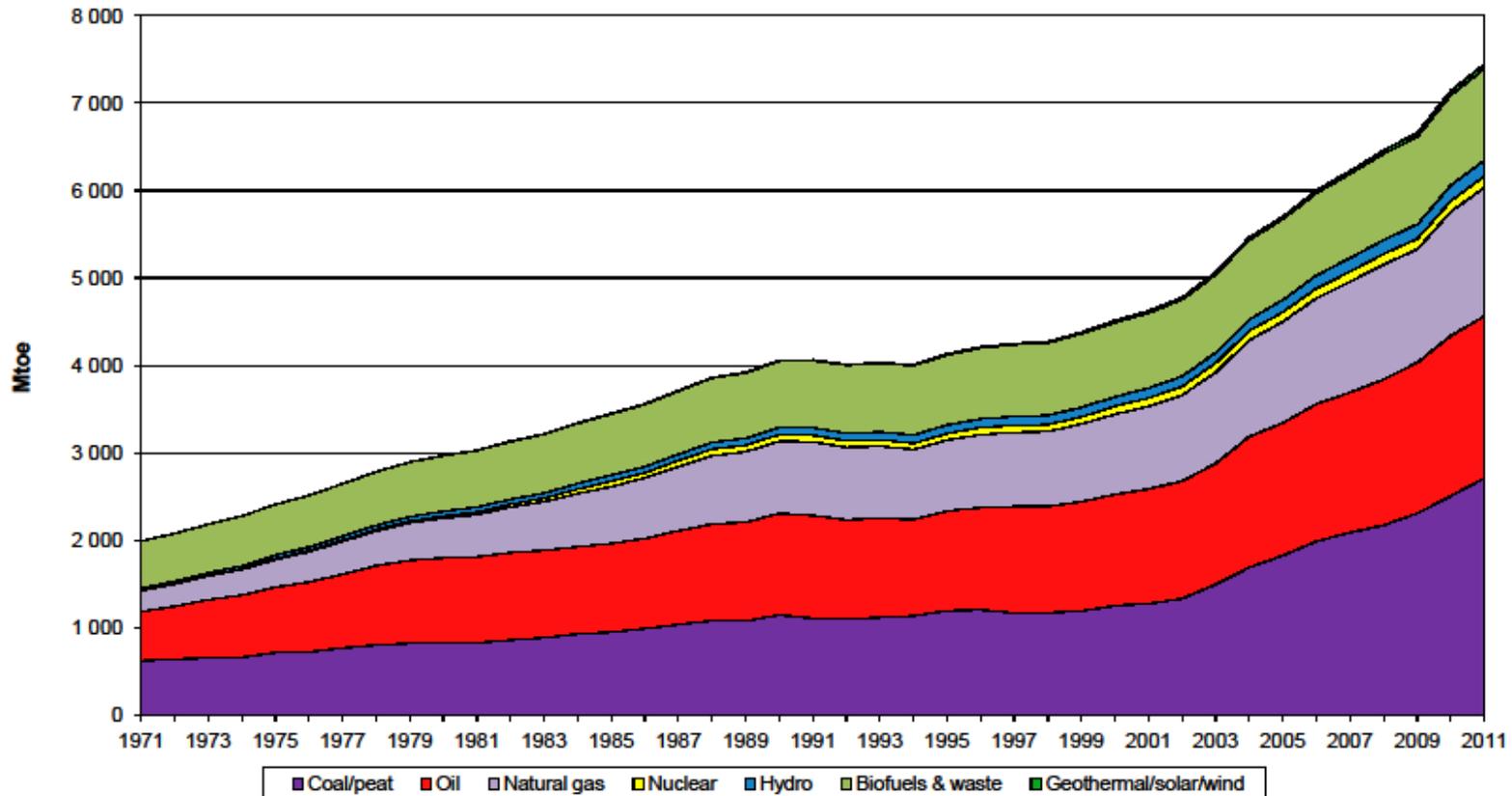
# Fabbisogni di energia - paesi non OCSE (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



Total primary energy supply\*  
*Non-OECD Total*



\* Excluding electricity trade.

© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



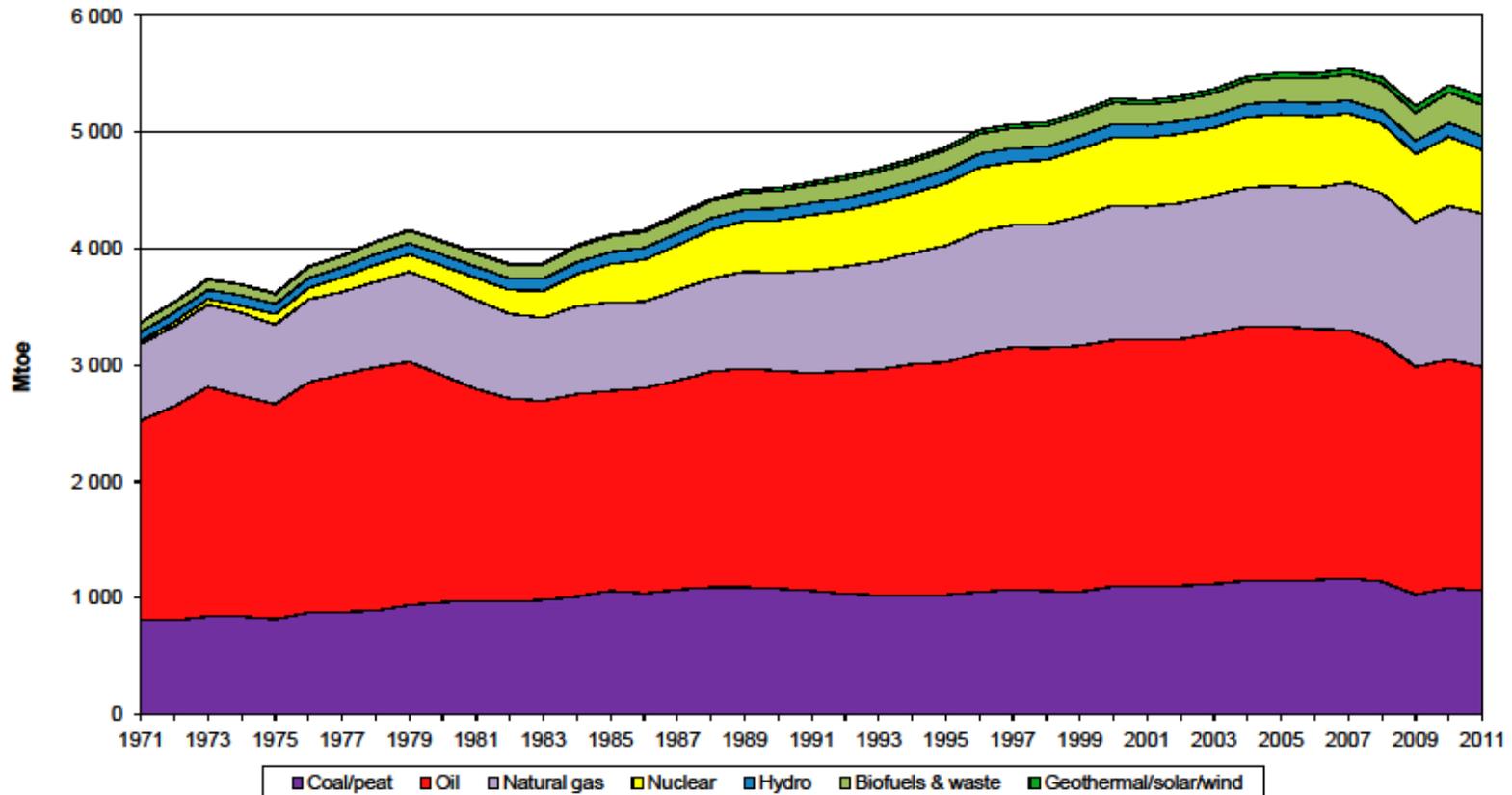
# Fabbisogni di energia - paesi OCSE (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



Total primary energy supply\*  
OECD34 excl Estonia/Slovenia before 1990



\* Excluding electricity trade.

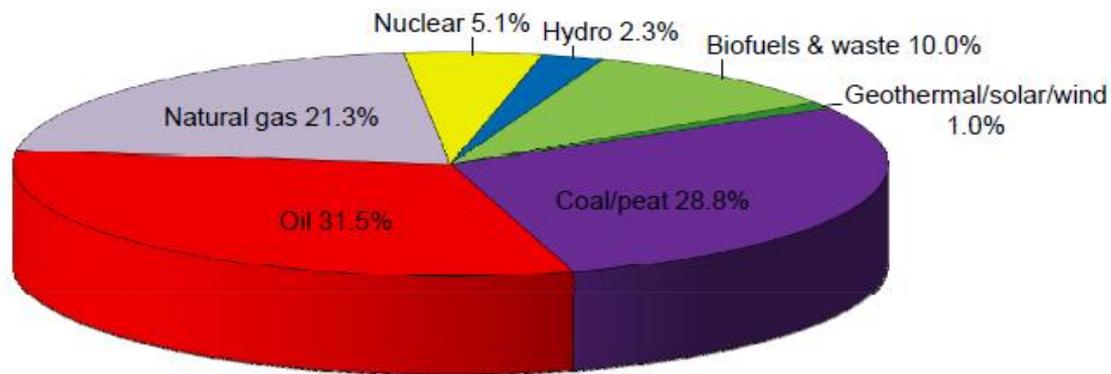
© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



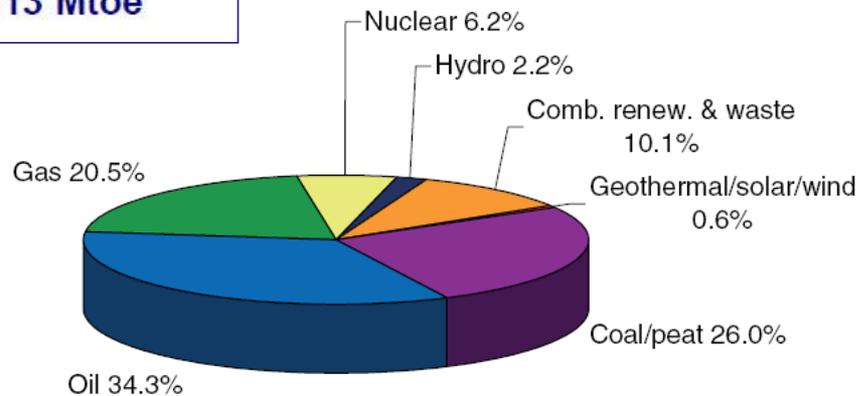
# Ripartizione fabbisogni energetici per fonte

World (2011)



13 113 Mtoe

World (2006)

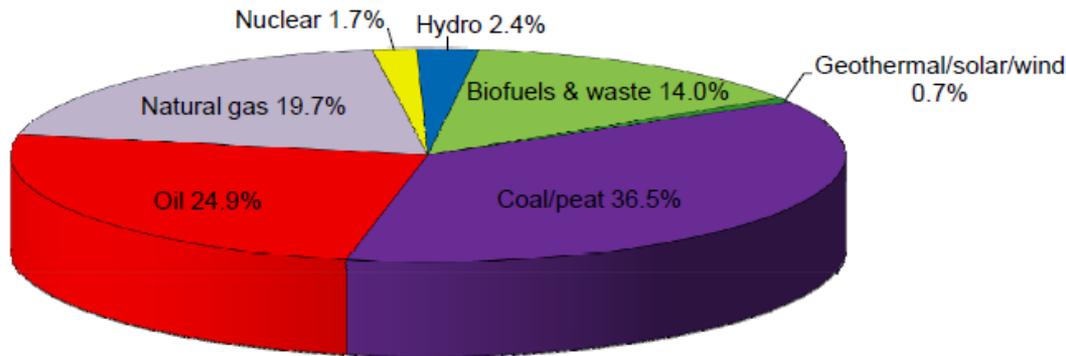


11,740 Mtoe



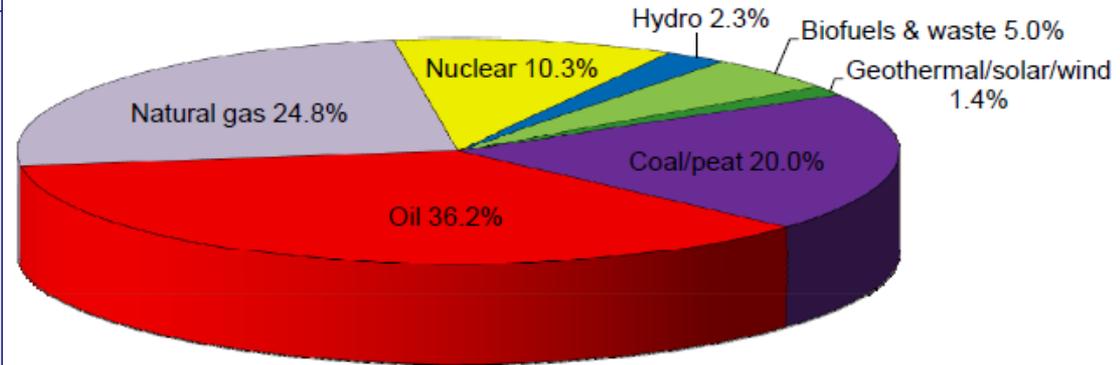
# Ripartizione fabbisogni energetici per fonte (2011)

*Non-OECD Total*



7 448 Mtoe

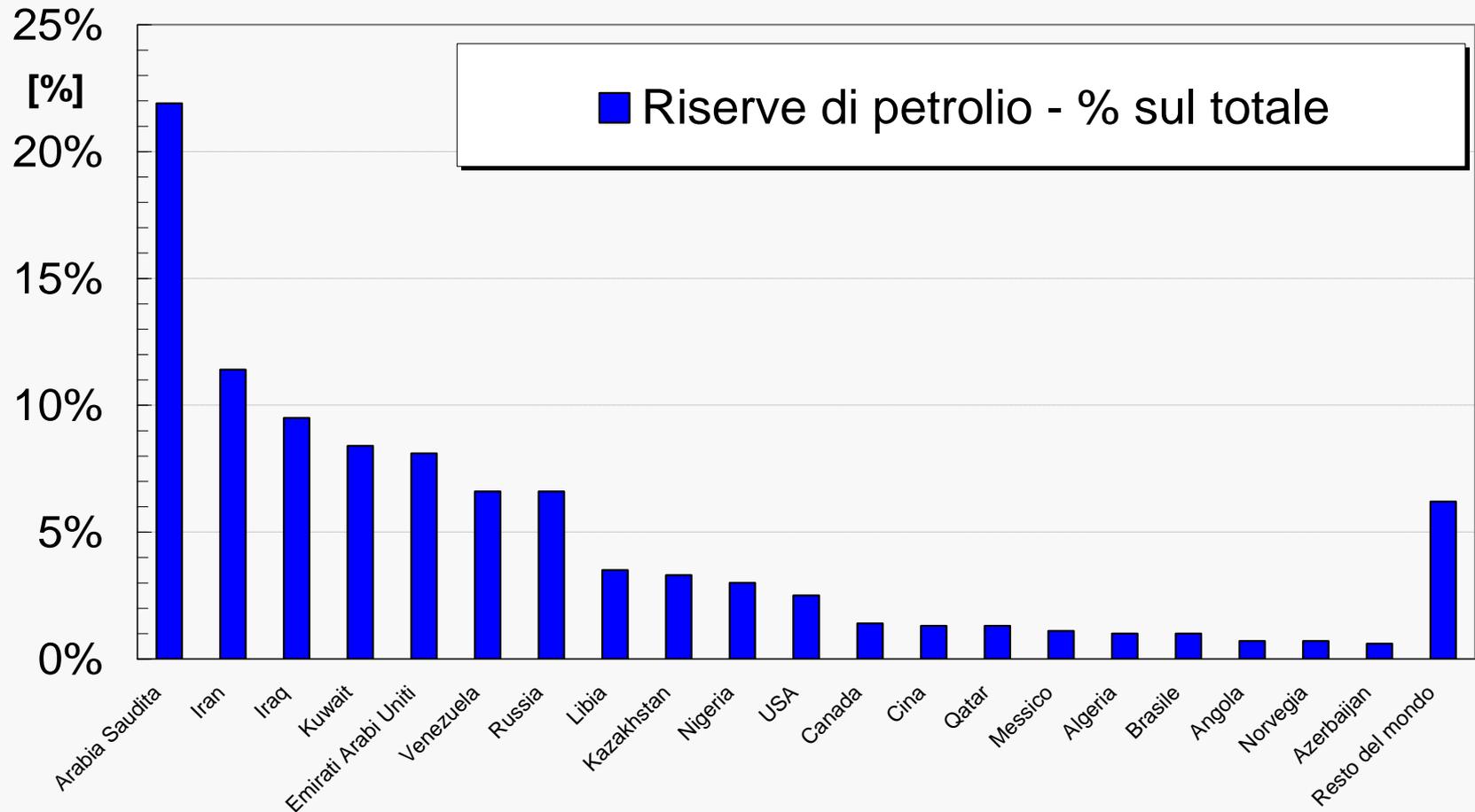
*OECD34 excl Estonia/Slovenia before 1990*



5 305 Mtoe



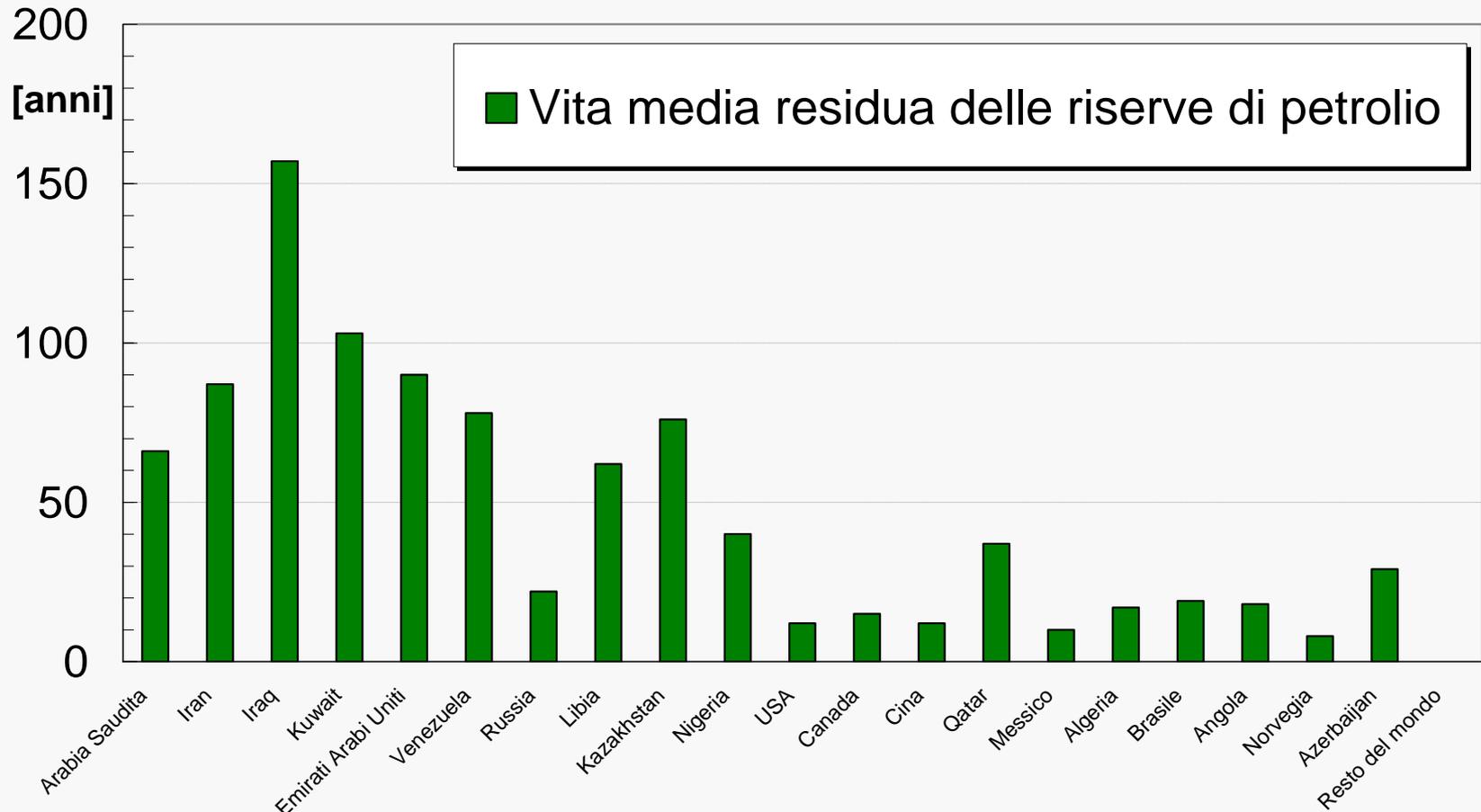
# Riserve mondiali di petrolio



Fonte: BP Statistical Review of World Energy - June 2007.



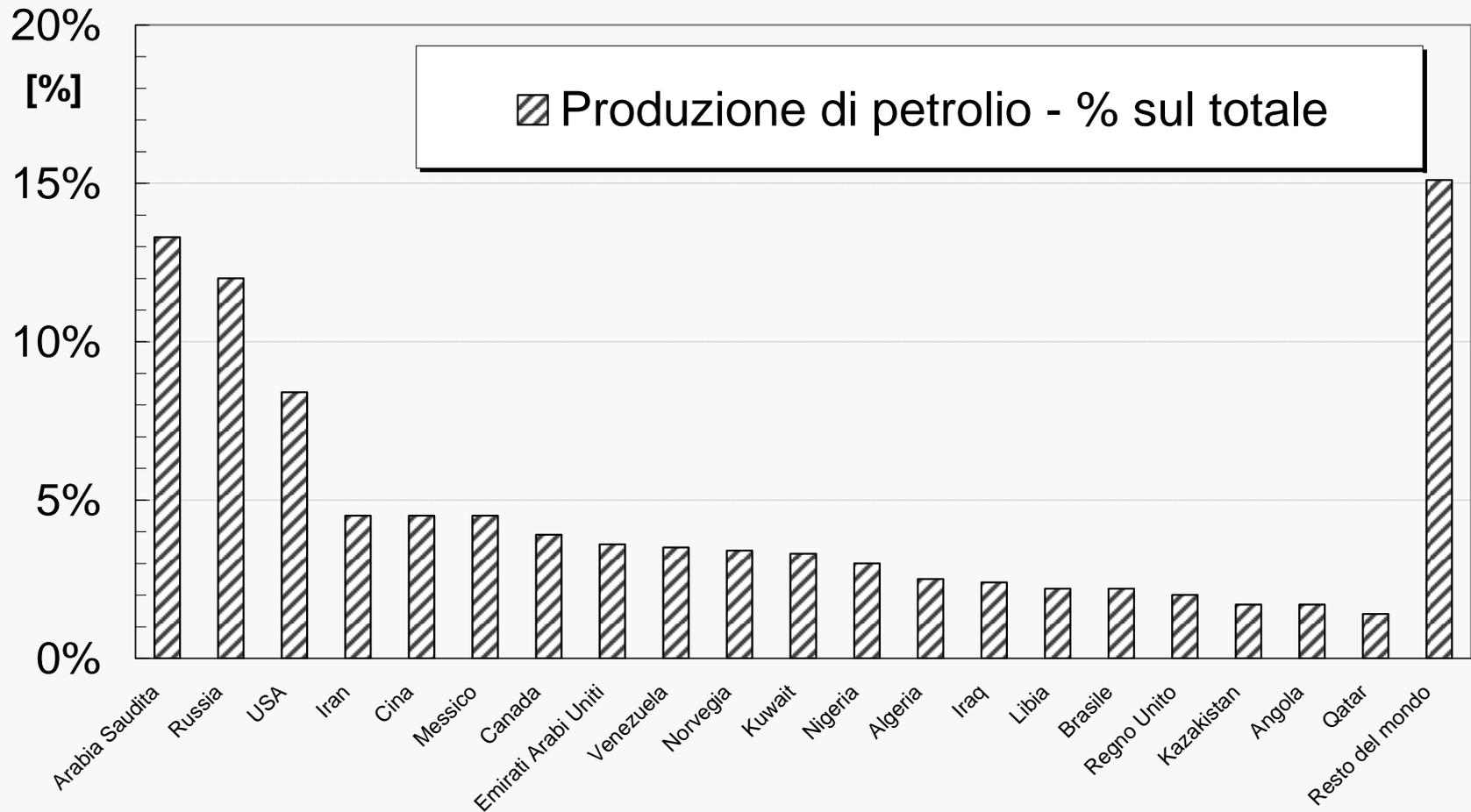
# Vita media residua delle riserve mondiali di petrolio



Fonte: BP Statistical Review of World Energy - June 2007.



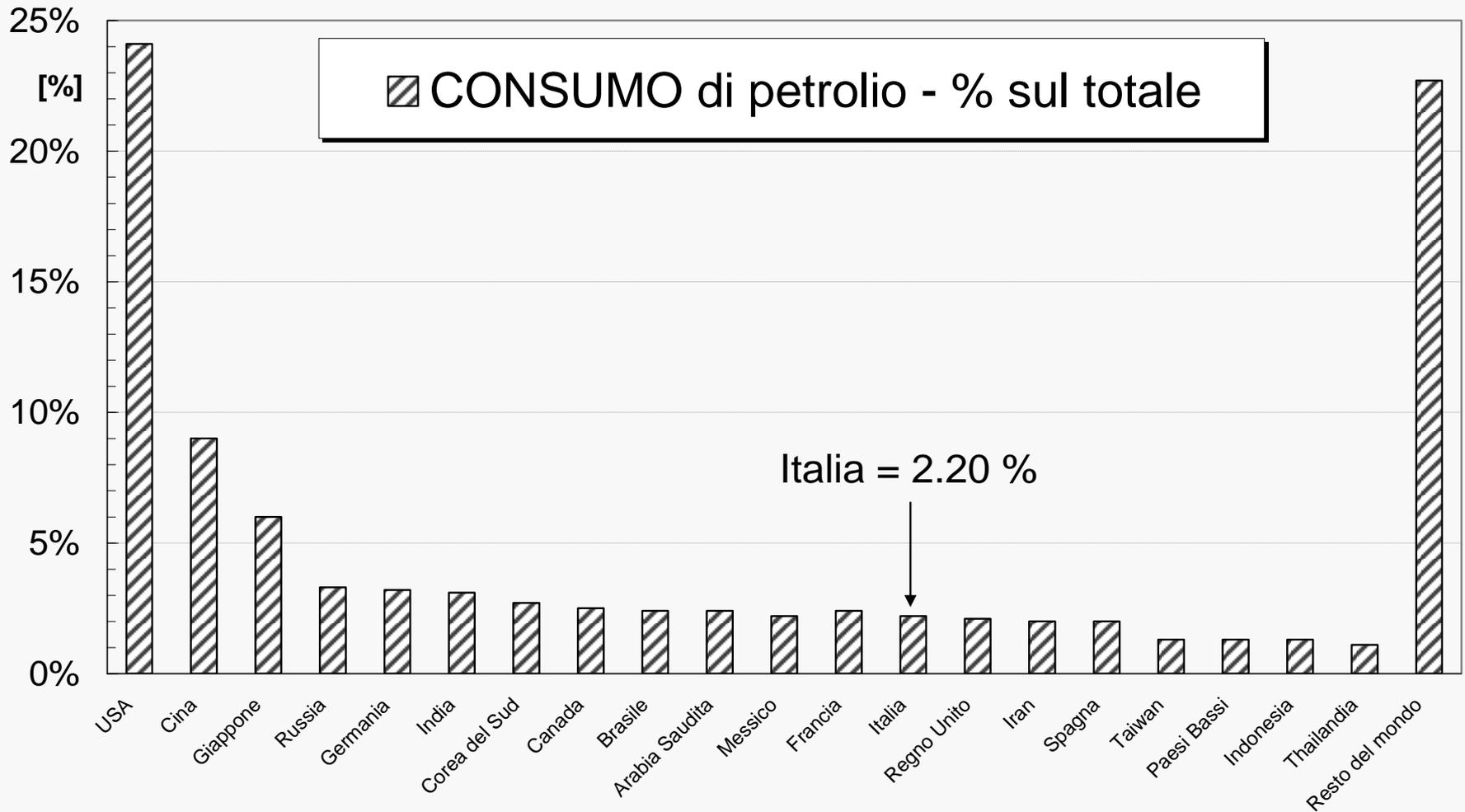
# Produzione mondiale di petrolio



Fonte: BP Statistical Review of World Energy - June 2007.



# Consumo mondiale di petrolio

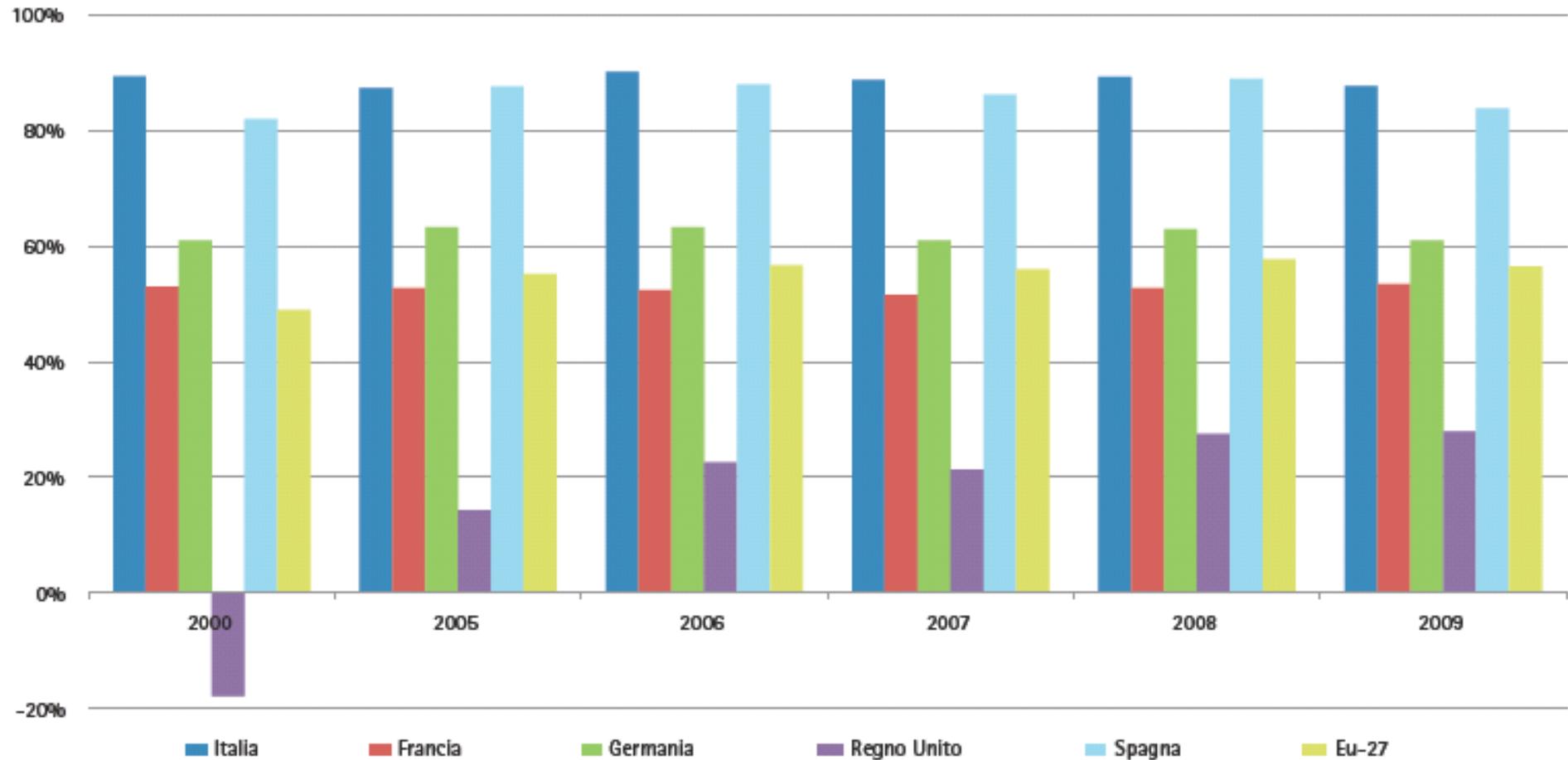


Fonte: BP Statistical Review of World Energy - June 2007.



# Dipendenza energetica di alcuni paesi europei

Dipendenza energetica di alcuni paesi europei (2000-2009)



Fonte: Enerdata 2010



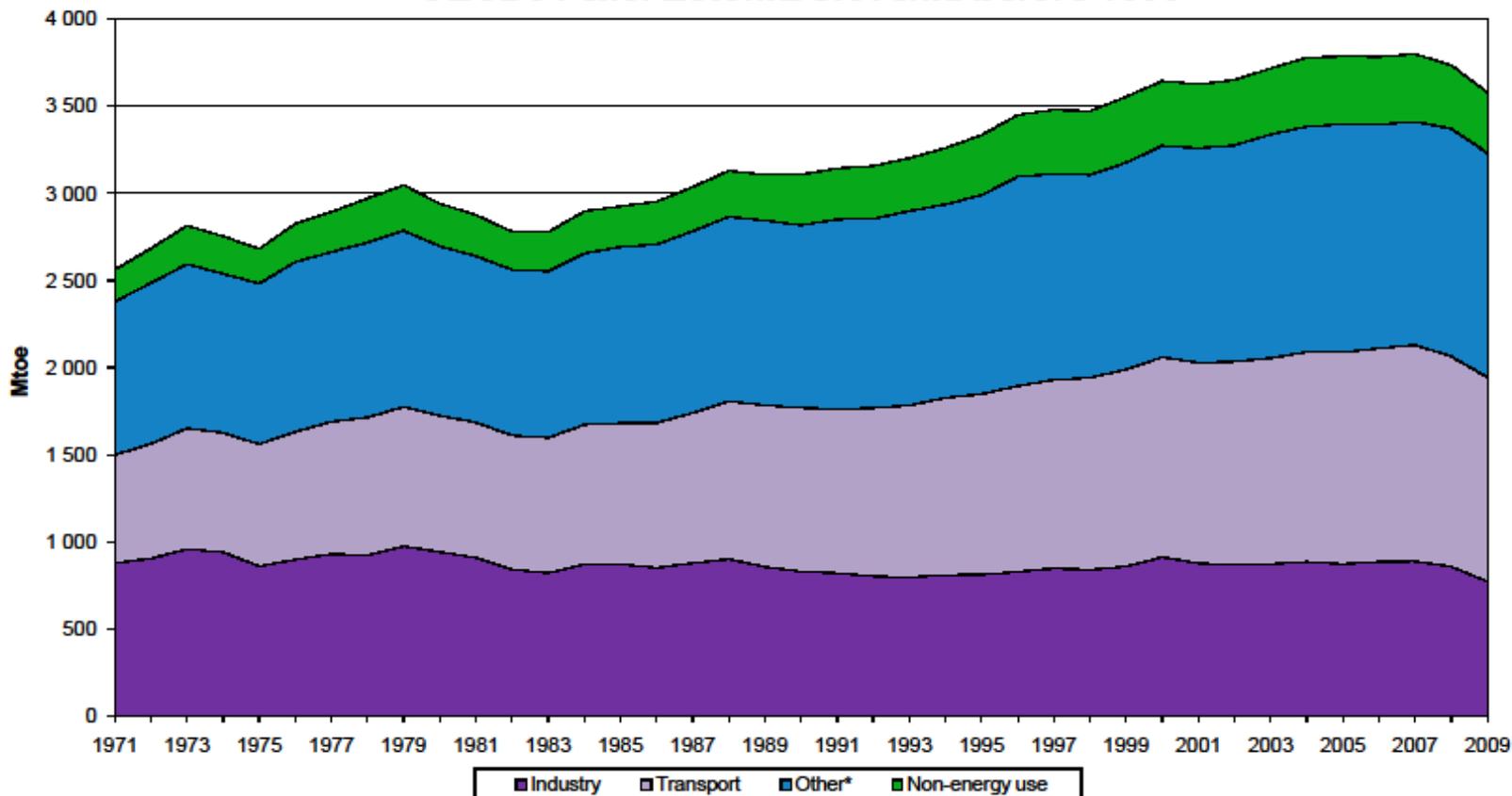
# Consumi finali per settore - paesi OCSE (1971 - 2009)

IEA Energy Statistics

Statistics on the Web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



Final consumption by sector  
*OECD34 excl Estonia/Slovenia before 1990*



\* Includes residential, commercial and public services, agriculture/forestry, fishing and non-specified.

© OECD/IEA 2011

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



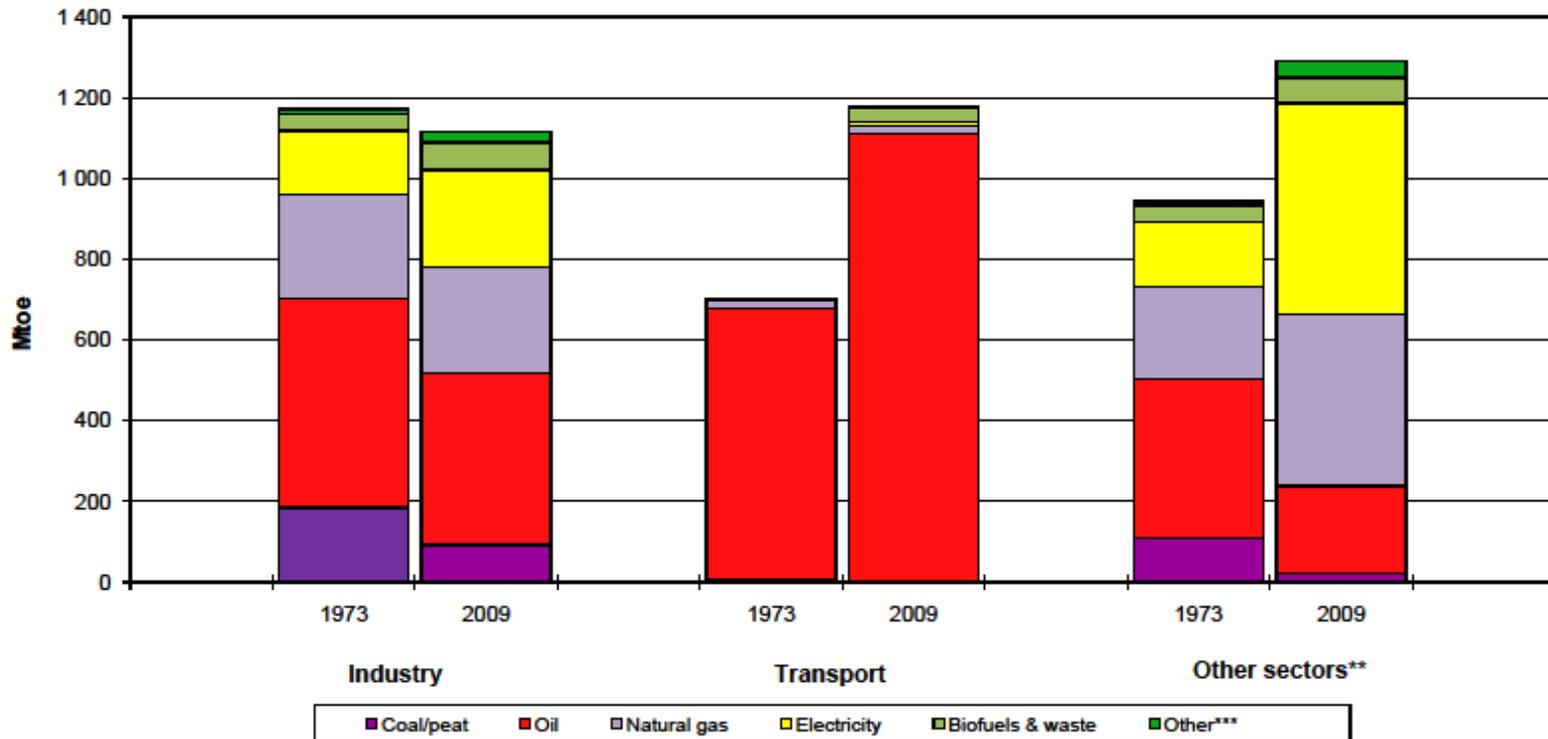
# Consumi finali per settore - paesi OCSE (1973 - 2009)

IEA Energy Statistics

Statistics on the Web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>

Breakdown of sectoral final consumption by source\*

OECD34 excl Estonia/Slovenia before 1990



\* Includes non-energy use.

\*\* Includes residential, commercial and public services, agriculture/forestry, fishing and non-specified.

\*\*\* Includes direct use of geothermal/solar thermal and heat produced in CHP/heat plants.

© OECD/IEA 2011

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.

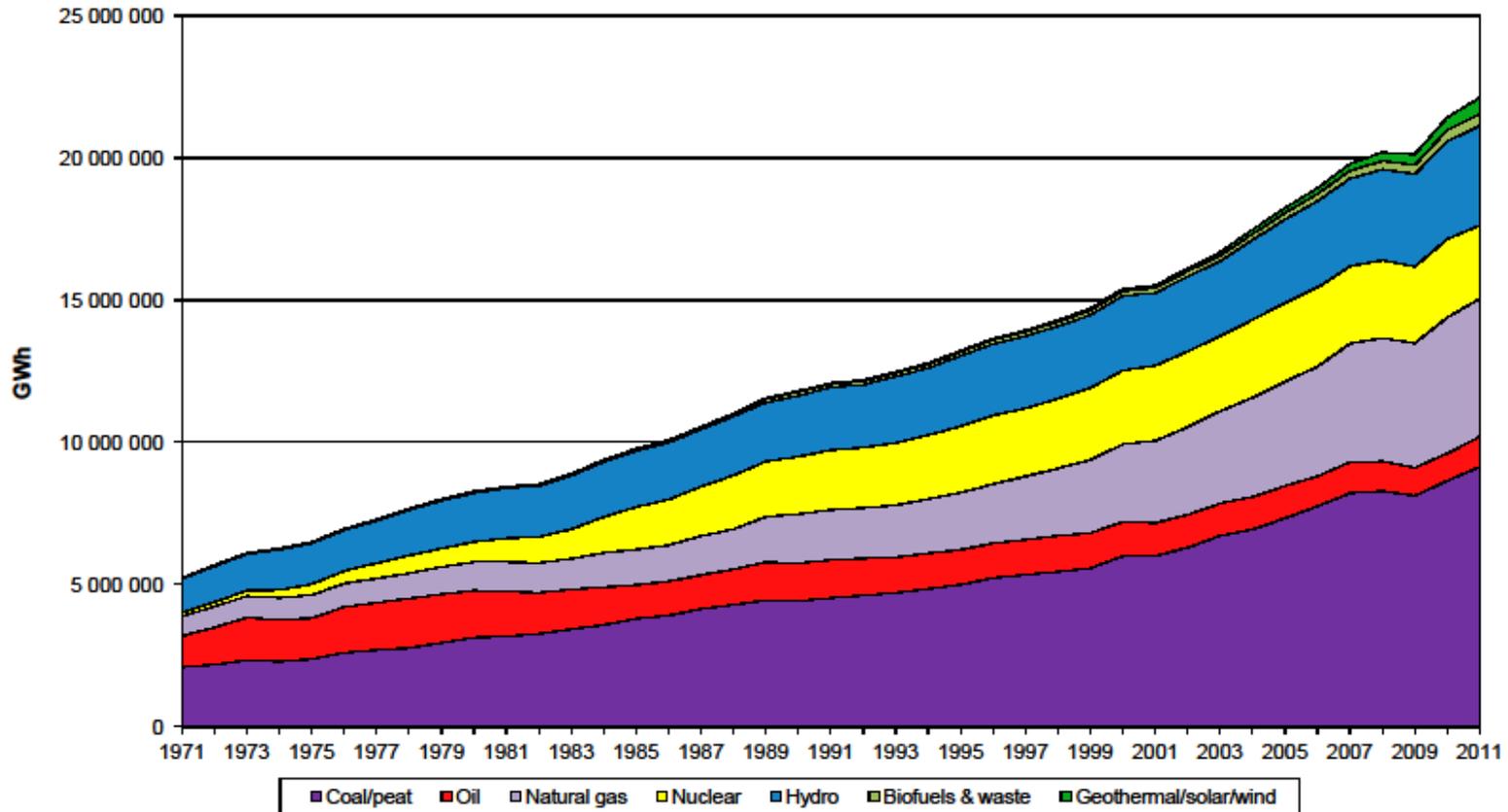


# Produzione di energia elettrica - mondo (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>

Electricity generation by fuel  
*World*



© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



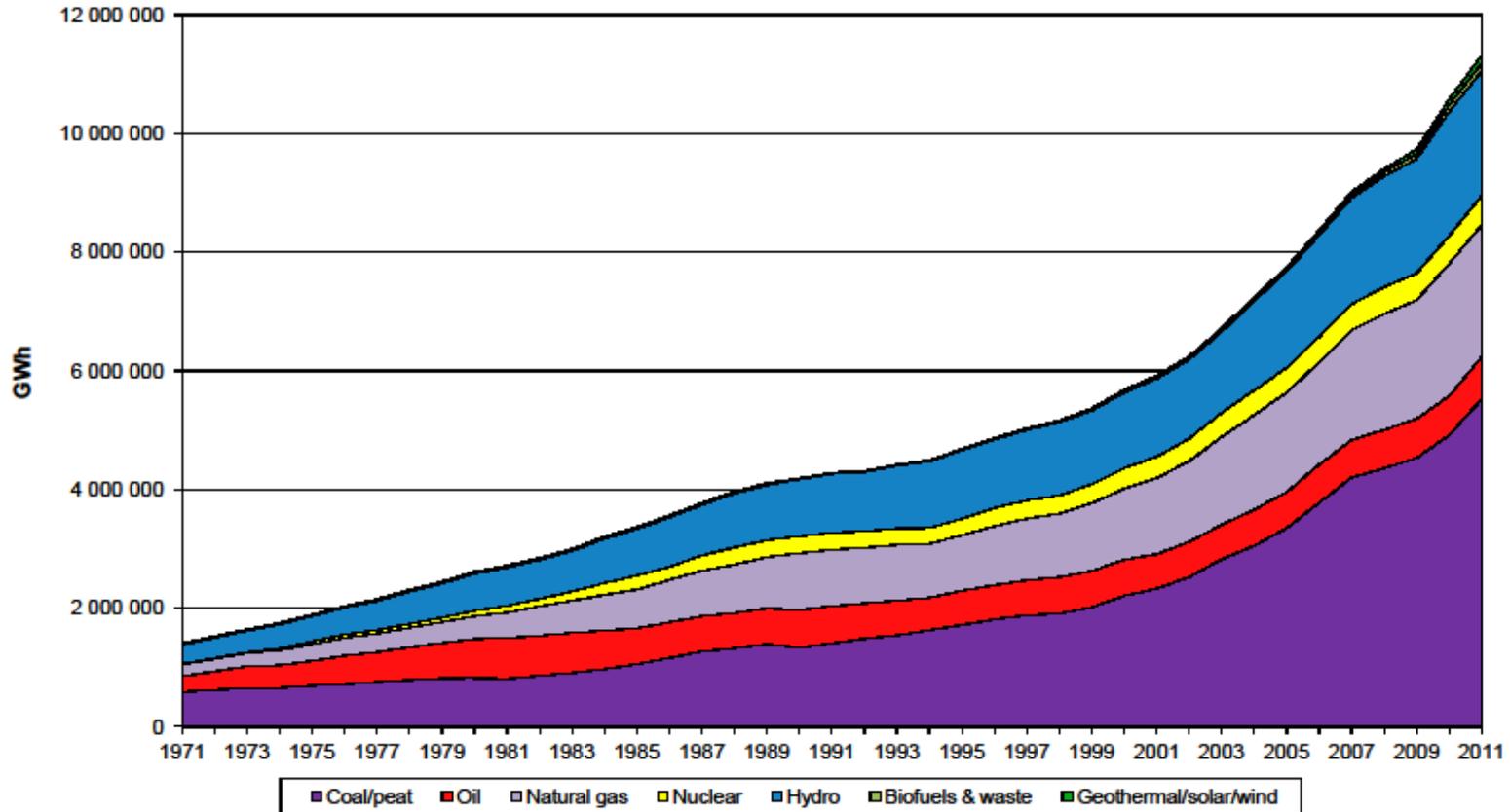
# Produzione di en. elettrica - paesi non OCSE (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



Electricity generation by fuel  
*Non-OECD Total*



© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



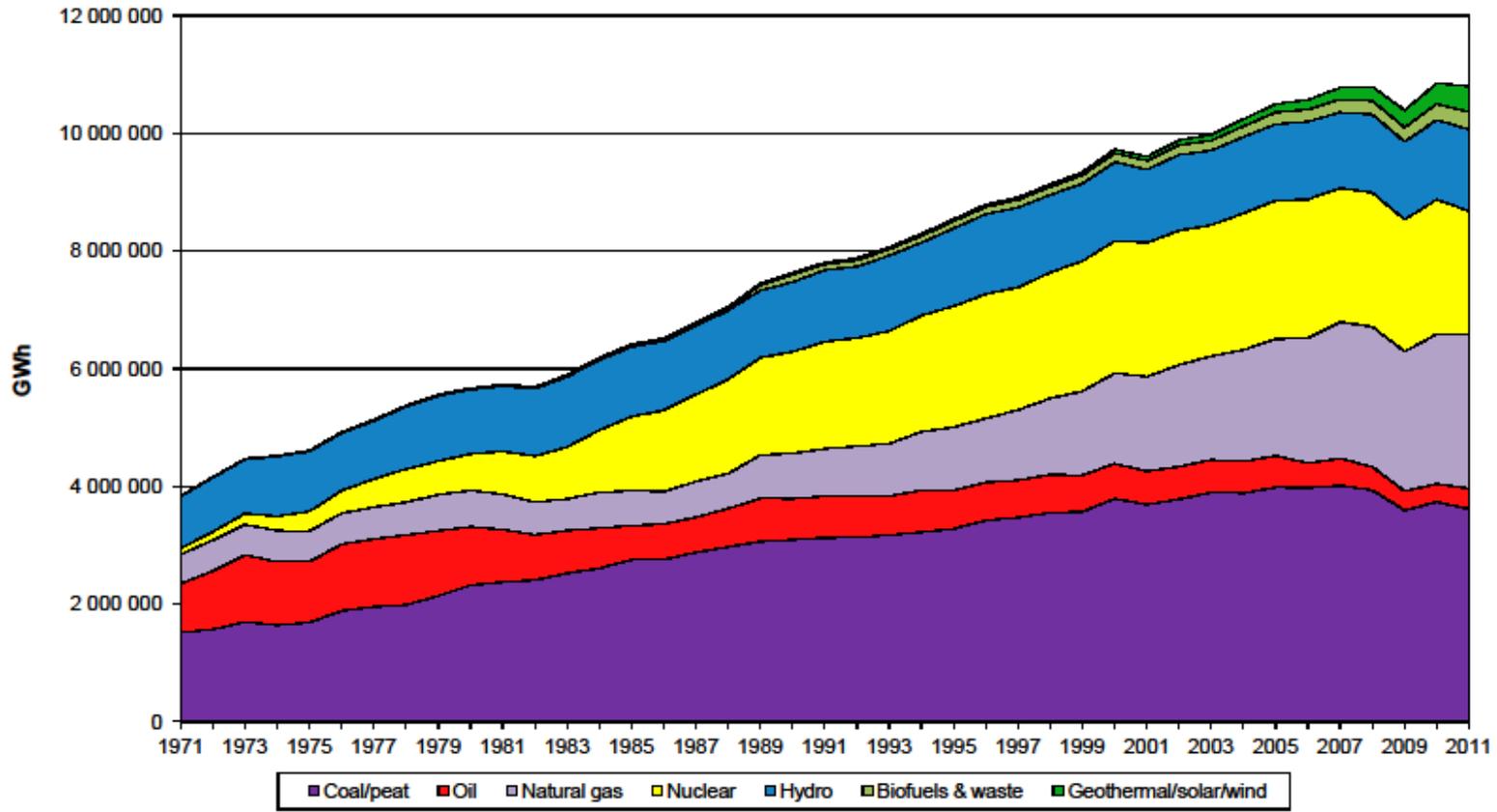
# Produzione di energia elettrica - paesi OCSE (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



Electricity generation by fuel  
OECD34 excl Estonia/Slovenia before 1990



© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



# Produzione e consumo di energia elettrica - Italia

	2005	2006	Variazione
Produzione lorda	303.672	315.016	3,7%
Servizi ausiliari	13.064	13.290	1,7%
Produzione netta	290.608	301.726	3,8%
Saldo estero	49.155	44.718	-9,0%
Energia destinata ai pompaggi	9.319	8.648	-7,2%
<b>Fabbisogno</b>	<b>330.444</b>	<b>337.796</b>	<b>2,2%</b>

Dati in GWh

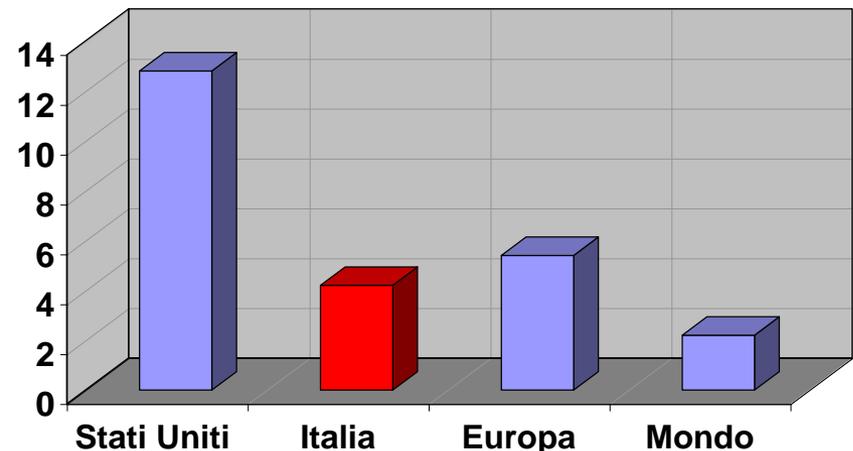
## Consumo pro-capite in Italia

- 5640 kWh/yr nel 2005
- 5765 kWh/yr nel 2006

## Energia importata/prodotta

- 14.9 % nel 2005
- 13.2 % nel 2006

CONSUMO ELETTRICO PRO-CAPITE  
(migliaia di kWh per persona)



# Produzione e consumo di energia elettrica - Italia

	2009	2010(A)	VARIAZIONE %
Produzione lorda	292.642	298.208	1,9%
Servizi ausiliari	11.535	11.677	1,2%
Produzione netta	281.107	286.531	1,9%
Ricevuta da fornitori esteri	47.071	45.761	-2,8%
Ceduta a clienti esteri	2.111	1.817	-13,9%
Destinata ai pompaggi	5.798	4.310	-25,7%
<b>Disponibilità per il consumo</b>	<b>320.268</b>	<b>326.165</b>	<b>1,8%</b>
Perdite	20.353	20.665	1,5%
Consumi al netto delle perdite	299.915	305.500	1,9%
Mercato tutelato	84.454	80.000	-5,3%
Mercato libero (inclusa salvaguardia)	197.931	208.200	5,2%
Autoconsumi	17.531	17.300	-1,3%

(A) Dati provvisori.

Fonte: Elaborazione AEEG su dati provvisori di Terna.

Dati in GWh



# Produzione di energia elettrica per fonte - Italia

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010(A)	
Produzione termoelettrica	239.197	241.626	248.228	256.879	260.323	255.362	219.007	219.750	<b>73.7%</b>
Solidi	38.813	45.518	43.606	44.207	44.112	43.074	39.745	37.900	12.7%
Gas naturale	117.301	129.772	149.259	158.079	172.646	172.697	147.270	153.800	51.6%
Prodotti petroliferi	65.771	47.253	35.846	33.830	22.865	19.195	15.878	10.850	3.6%
Altri	17.312	19.083	19.517	20.762	20.700	20.396	16.113	17.200	5.8%
Produzione da fonti rinnovabili	47.065	54.531	48.584	50.781	47.899	58.164	69.330	75.270	<b>25.2%</b>
Biomassa e rifiuti	3.587	4.499	4.845	5.286	5.441	5.966	7.631	9.281	3.1%
Eolico	1.458	1.847	2.343	2.971	4.034	4.861	6.543	8.449	2.8%
Fotovoltaico	5	4	4	2	39	193	677	1.600	0.5%
Geotermico	5.341	5.437	5.325	5.527	5.569	5.520	5.342	5.358	1.8%
Idroelettrico da apporti naturali	36.674	42.744	36.067	36.994	32.815	41.623	49.138	50.582	17.0%
Produzione idroelettrica da pompaggi	7.603	7.164	6.860	6.431	5.666	5.604	4.305	3.189	<b>1.1%</b>
<b>PRODUZIONE TOTALE</b>	<b>293.865</b>	<b>303.321</b>	<b>303.672</b>	<b>314.090</b>	<b>313.888</b>	<b>319.130</b>	<b>292.642</b>	<b>298.208</b>	<b><u>100%</u></b>
Per memoria:									
<i>Produzione idroelettrica totale</i>	<i>44.277</i>	<i>49.908</i>	<i>42.927</i>	<i>43.425</i>	<i>38.481</i>	<i>47.227</i>	<i>53.443</i>	<i>53.771</i>	

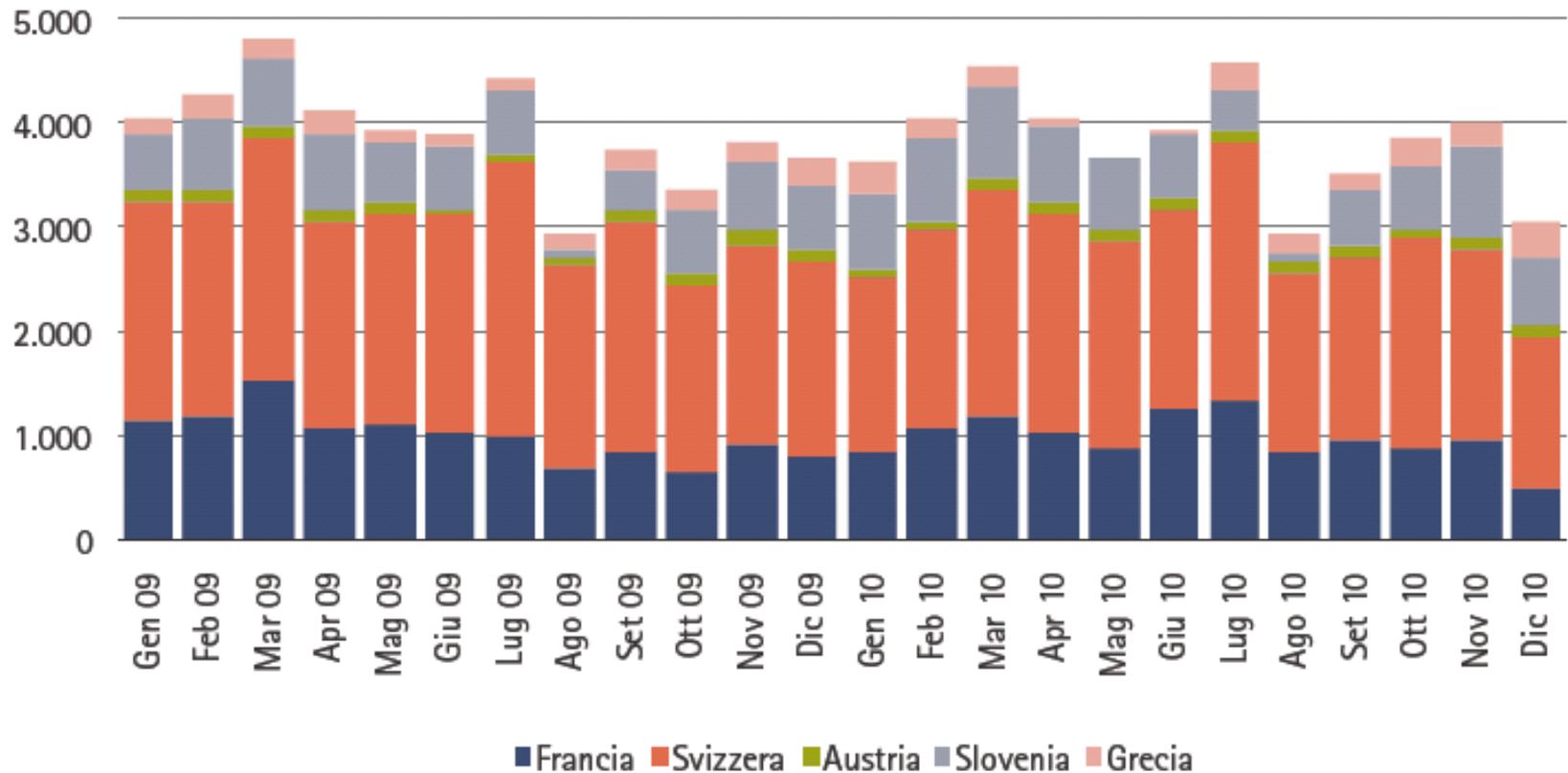
(A) Dati provvisori.

Fonte: Elaborazione AEEG su dati provvisori di Terna.

Dati in GWh



# Importazioni di energia elettrica (Italia, 2009-2010)

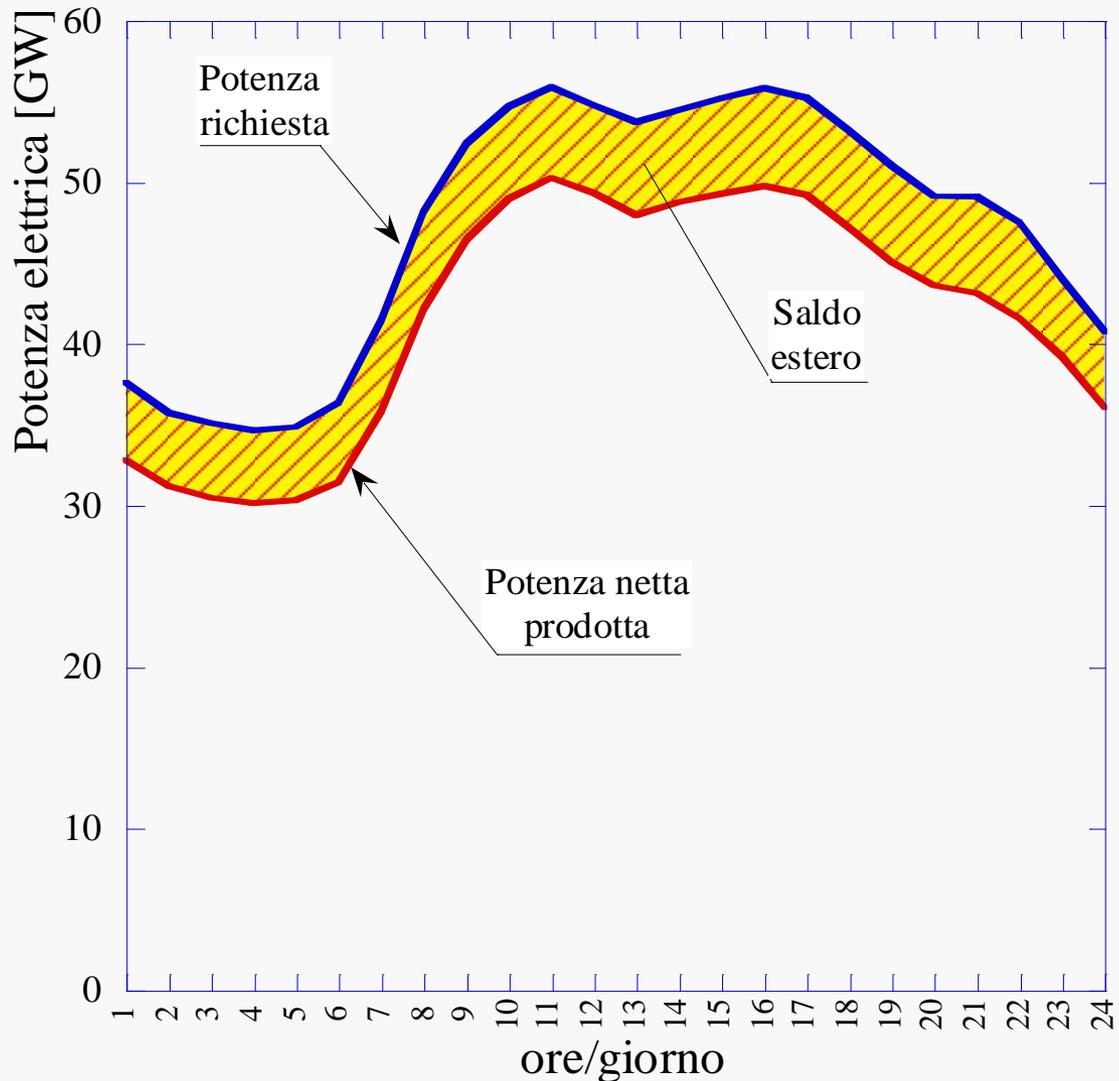


Fonte: Elaborazione AEEG su dati provvisori di Terna.

Dati in GWh



# Curva di richiesta e produzione di potenza elettrica

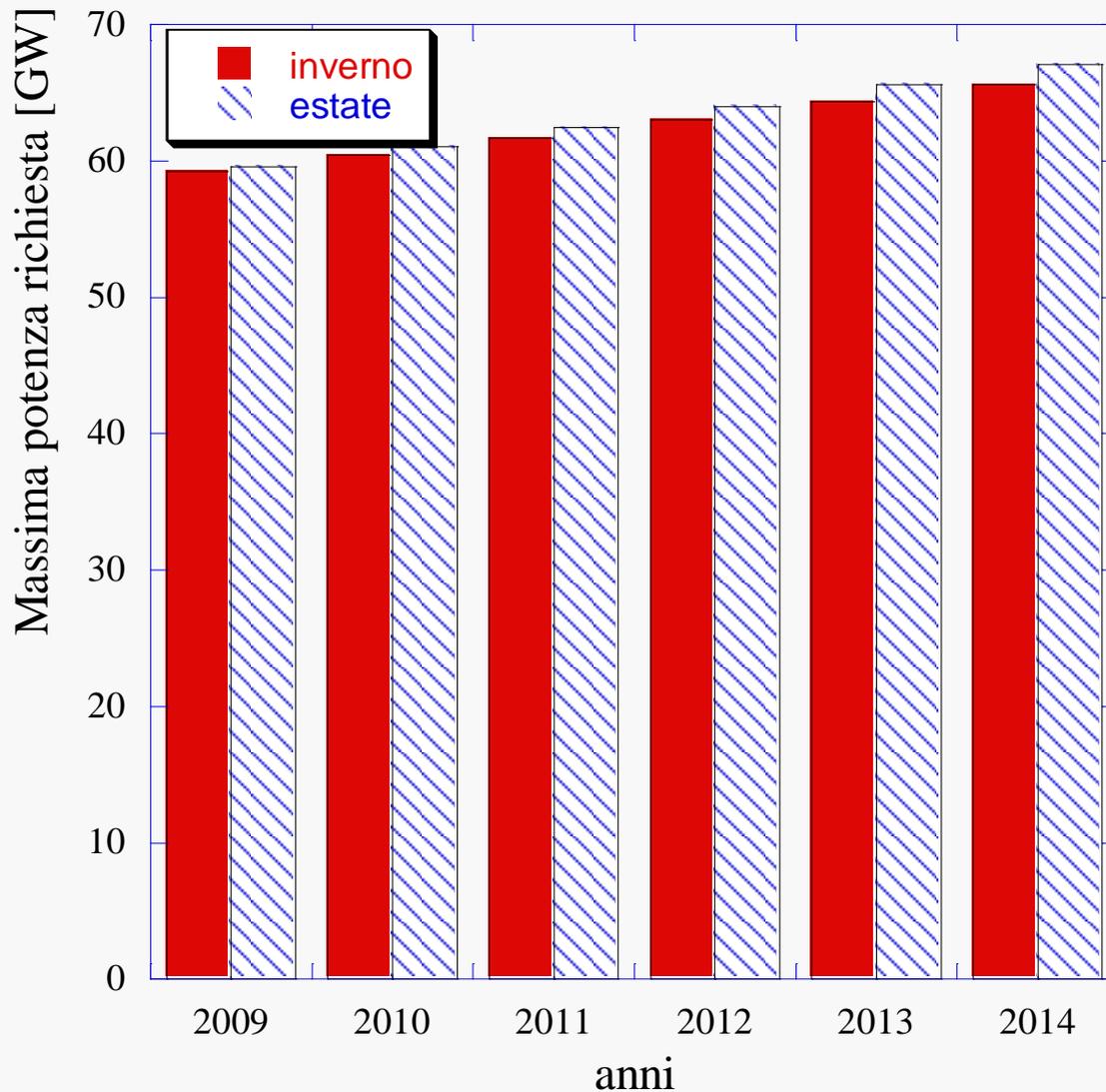


Curva giornaliera di richiesta e produzione di potenza elettrica in un giorno di luglio 2007

(Fonte: Terna)



# Picchi di richiesta di potenza elettrica



Previsione dei picchi di richiesta di potenza elettrica

(Fonte: Terna)



# Prezzo Unico Nazionale (PUN) d'acquisto

Pun medio annuale per gruppi di ore (€/MWh)

	2010		2009		2008		2007		2006		2005	
	€/MWh	Delta%	€/MWh	Delta%	€/MWh	Delta%	€/MWh	Delta%	€/MWh	Delta%	€/MWh	Delta%
<b>Totale</b>	64,12	0,6%	63,72	-26,8%	86,99	22,5%	70,99	-5,0%	74,75	27,6%	58,59	-
<i>Picco (a)</i>	76,77	-7,6%	83,05	-27,4%	114,38	9,0%	104,90	-3,5%	108,73	23,8%	87,80	-
<i>Fuori picco (b)</i>	57,34	7,4%	53,41	-26,4%	72,53	36,8%	53,00	-7,1%	57,06	32,1%	43,18	-
- <i>Lavorativo (b1)</i>	54,20	12,2%	48,29	-28,7%	67,75	41,0%	48,06	-11,2%	54,12	28,4%	42,15	-
- <i>Festivo (b2)</i>	60,98	2,9%	59,27	-23,9%	77,88	33,0%	58,58	-2,8%	60,25	35,9%	44,33	-
<i>a/b1</i>	1,42	-17,6%	1,72	1,9%	1,69	-22,6%	2,18	8,6%	2,01	-3,6%	2,08	-
<i>b2/b1</i>	1,13	-8,3%	1,23	6,8%	1,15	-5,7%	1,22	9,5%	1,11	5,8%	1,05	-



# Prezzo Unico Nazionale (PUN) d'acquisto

Pun medio annuale per gruppi di ore (€/MWh)

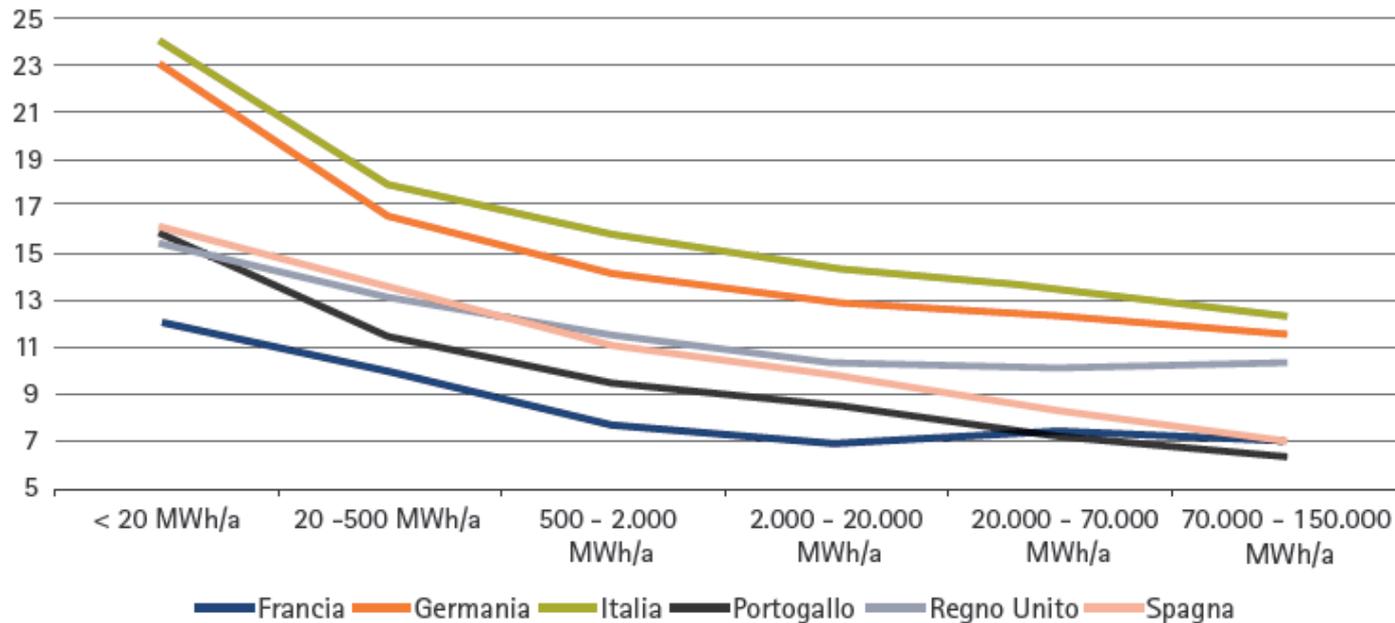
	2010		2009		2008		2007		2006		2005	
	€/MWh	Delta%										
<b>Totale</b>	64,12	0,6%	63,72	-26,8%	86,99	22,5%	70,99	-5,0%	74,75	27,6%	58,59	-

## Prezzi spot medi annuali sulle principali borse elettriche europee (€/MWh)

Area di riferimento	2010		2009	2008	2007	2006	2005
	Media	Var. tend.	Media	Media	Media	Media	Media
Italia (GME)	64,12	0,6%	63,72	86,99	70,99	74,75	58,59
Germania (EPEX)	44,49	14,5%	38,85	65,76	37,99	50,79	45,98
Francia (EPEX)	47,50	10,4%	43,01	69,15	40,88	49,29	46,67
Area scandinava (NordPool)	53,06	51,5%	35,02	44,73	27,93	48,59	29,33
Spagna (OMEL)	37,01	0,1%	36,96	64,44	39,35	50,53	53,68
PUN-PME	19,03	-20,2%	23,85	20,38	32,24	24,28	12,43



# Prezzi finali dell'energia elettrica – usi industriali



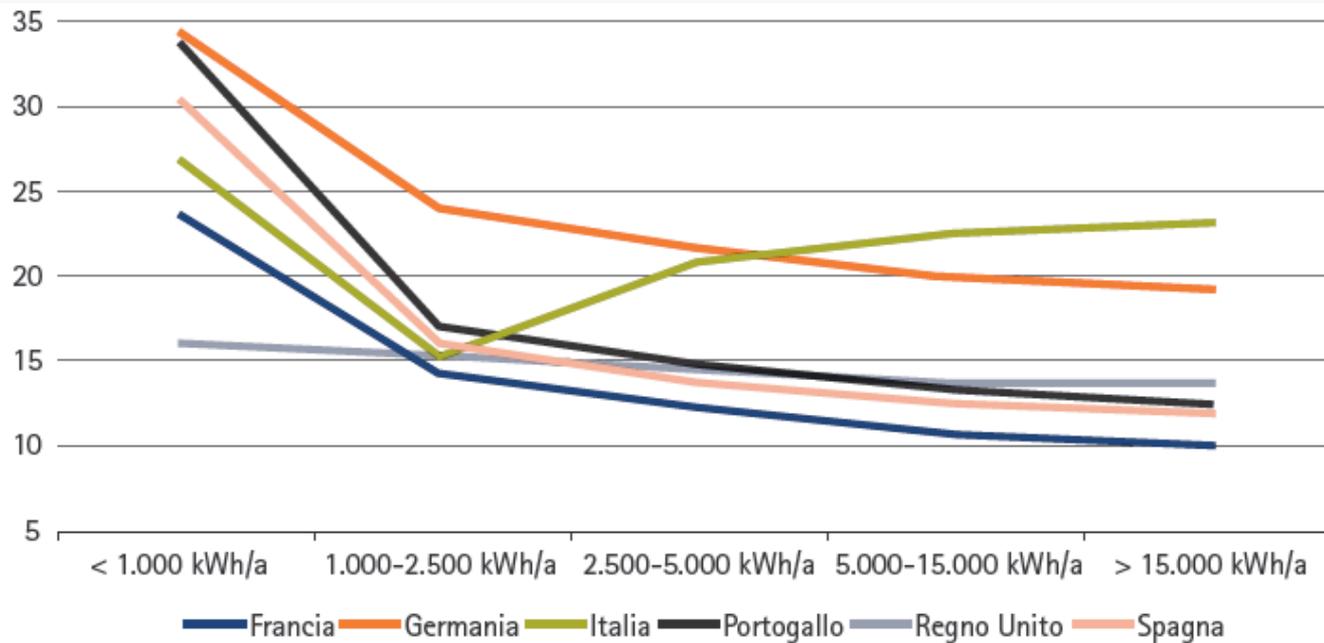
Prezzi finali dell'energia elettrica per usi industriali per i principali Paesi europei

Prezzi al lordo delle imposte; gennaio-giugno 2008; c€/kWh

Fonte: Elaborazione AEEG su dati Eurostat.



# Prezzi finali dell'energia elettrica – usi domestici



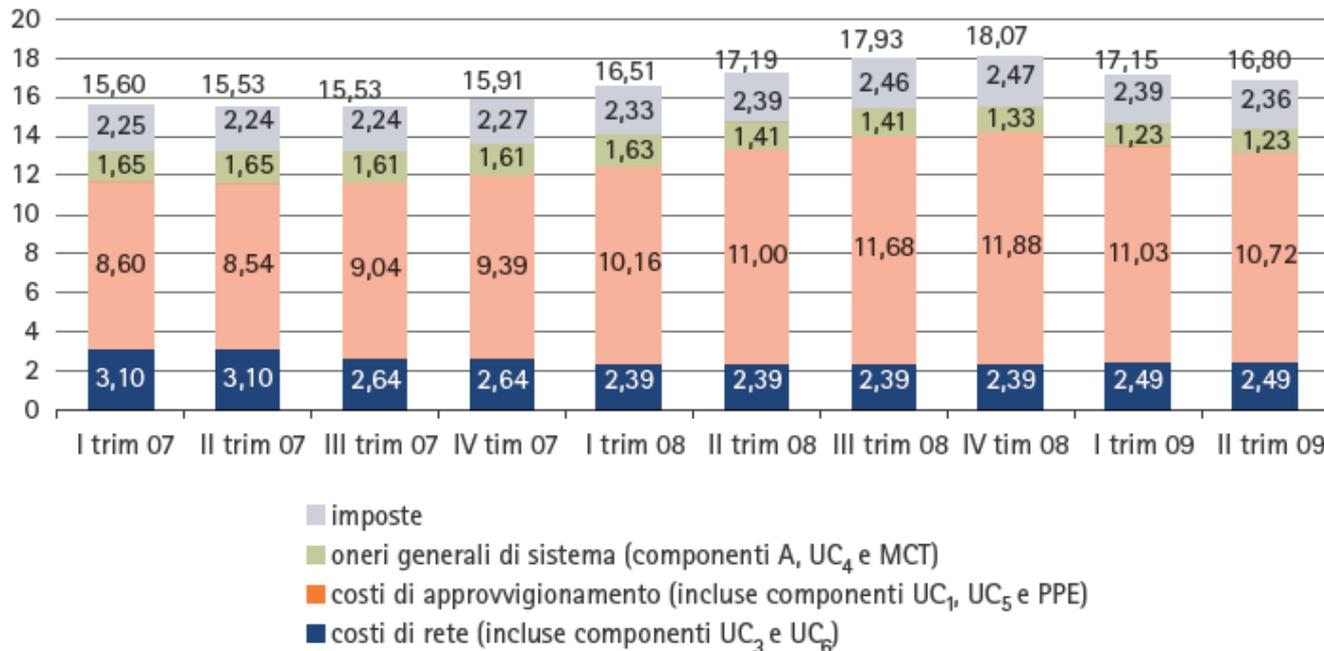
Prezzi finali dell'energia elettrica per usi domestici per i principali Paesi europei

Prezzi al lordo delle imposte; gennaio-giugno 2008; c€/kWh

Fonte: Elaborazione AEEG su dati Eurostat.



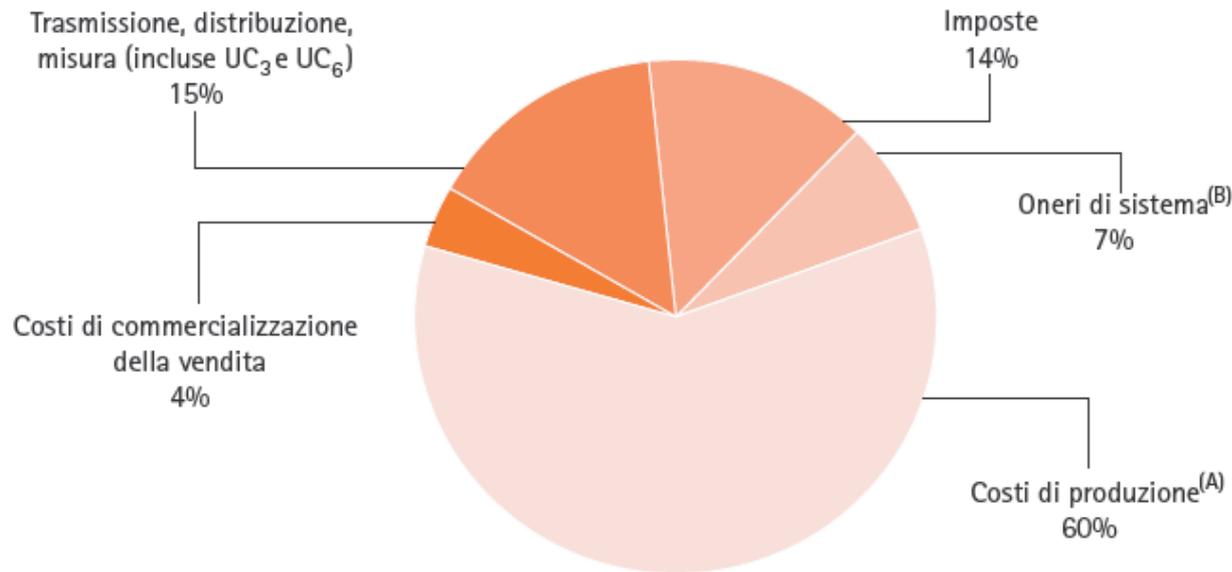
# Prezzi finali dell'energia elettrica – usi domestici



Condizioni economiche  
 di maggior tutela  
 per il consumatore  
 domestico tipo  
 con consumi annui pari  
 a 2.700 kWh e potenza  
 pari a 3 kW  
 c€/KWh; 2007-2008



# Prezzi finali dell'energia elettrica – usi domestici



Condizioni economiche di maggior tutela per il consumatore domestico tipo con consumi annui pari a 2.700 kWh e potenza pari a 3kW  
Composizione percentuale all'1 aprile 2009

(A) I costi di produzione comprendono il costo del combustibile, i costi fissi di generazione, il costo del dispacciamento, la remunerazione della capacità produttiva e del servizio di interrompibilità, le componenti UC<sub>1</sub>, UC<sub>5</sub> e PPE.

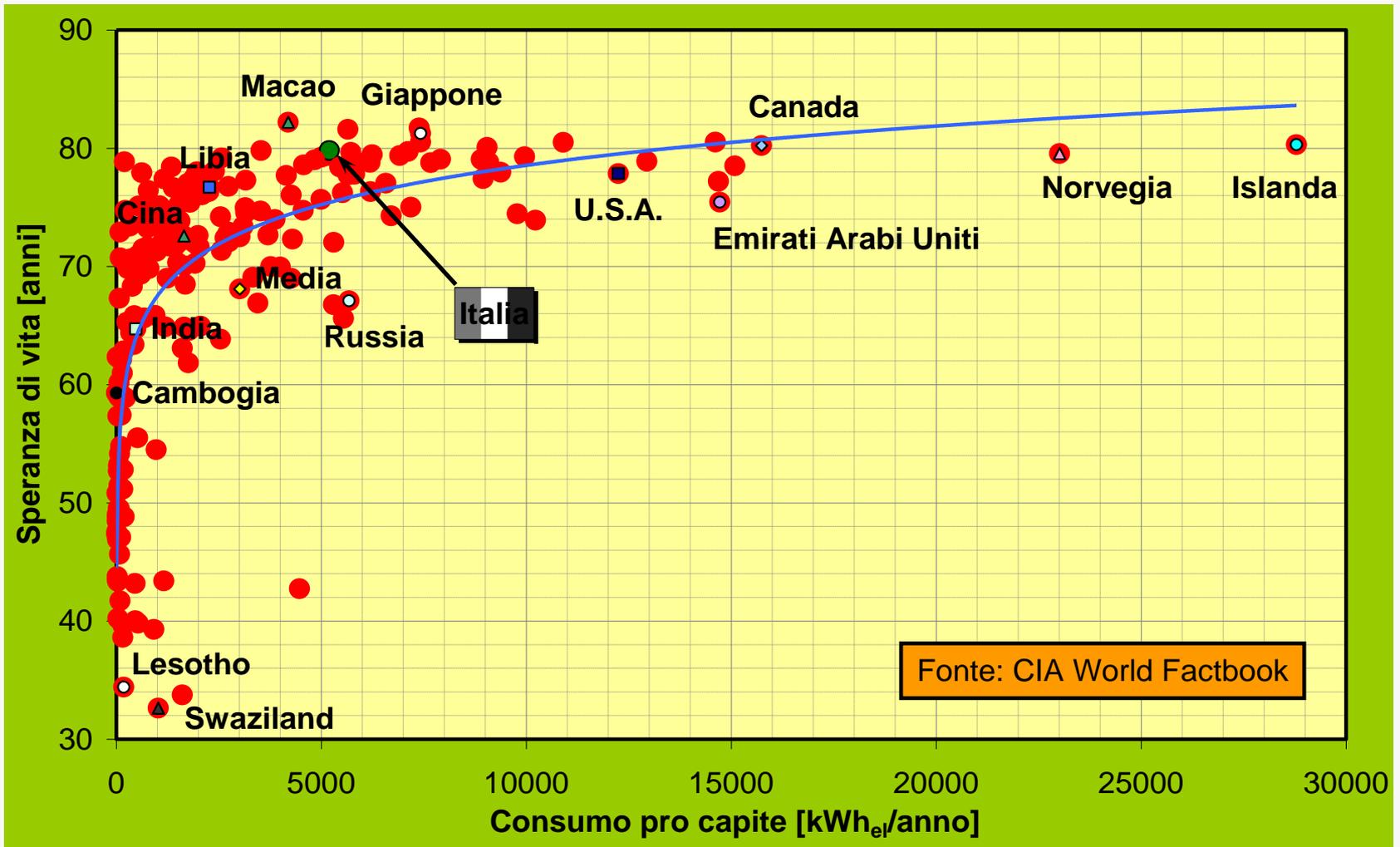
(B) Gli oneri di sistema includono tutte le componenti A, la componente UC<sub>4</sub> e la componente MCT.



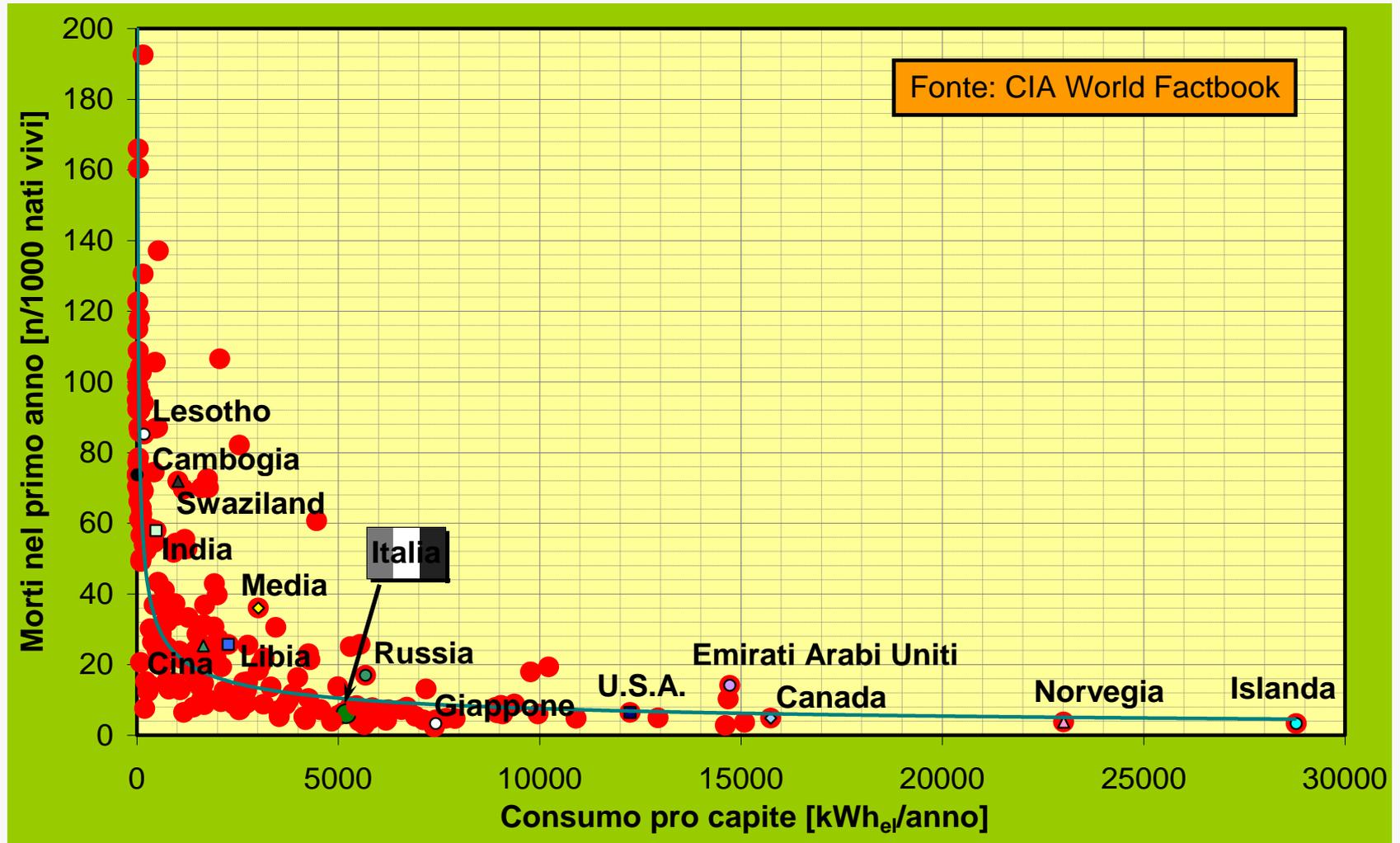
# Energia e qualità della vita



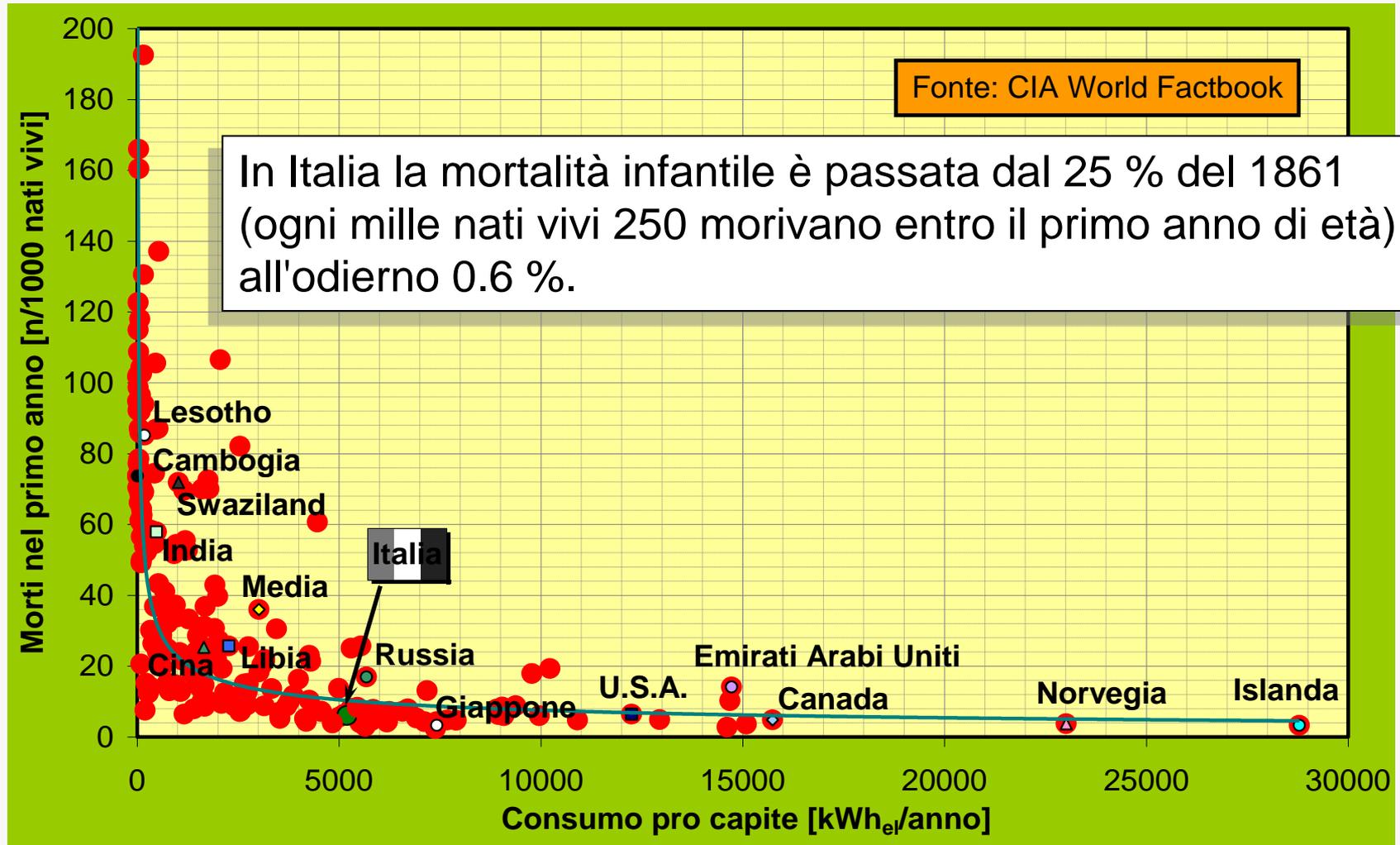
# Speranza di vita e consumo pro capite di energia



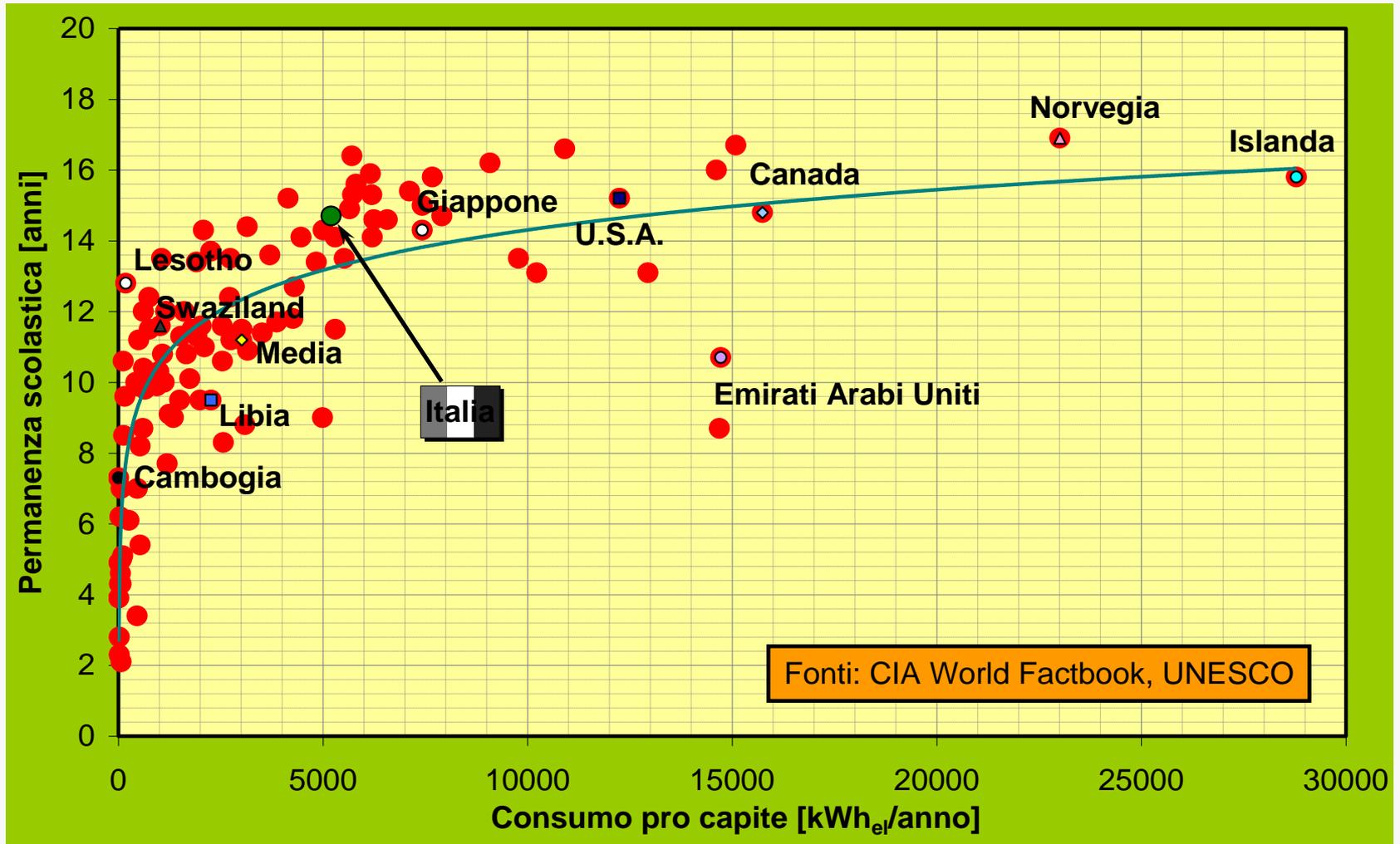
# Mortalità infantile e consumo pro capite di energia



# Mortalità infantile e consumo pro capite di energia



# Istruzione e consumo pro capite di energia



# Sostenibilità ambientale



# Sostenibilità ambientale

Le emissioni in atmosfera di un sistema energetico basato sulla combustione possono essere classificate in:

## Gas climalteranti

- $\text{CO}_2$
- $\text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_4$  <sup>(1)</sup>
- $\text{N}_2\text{O}$

## Inquinanti nocivi

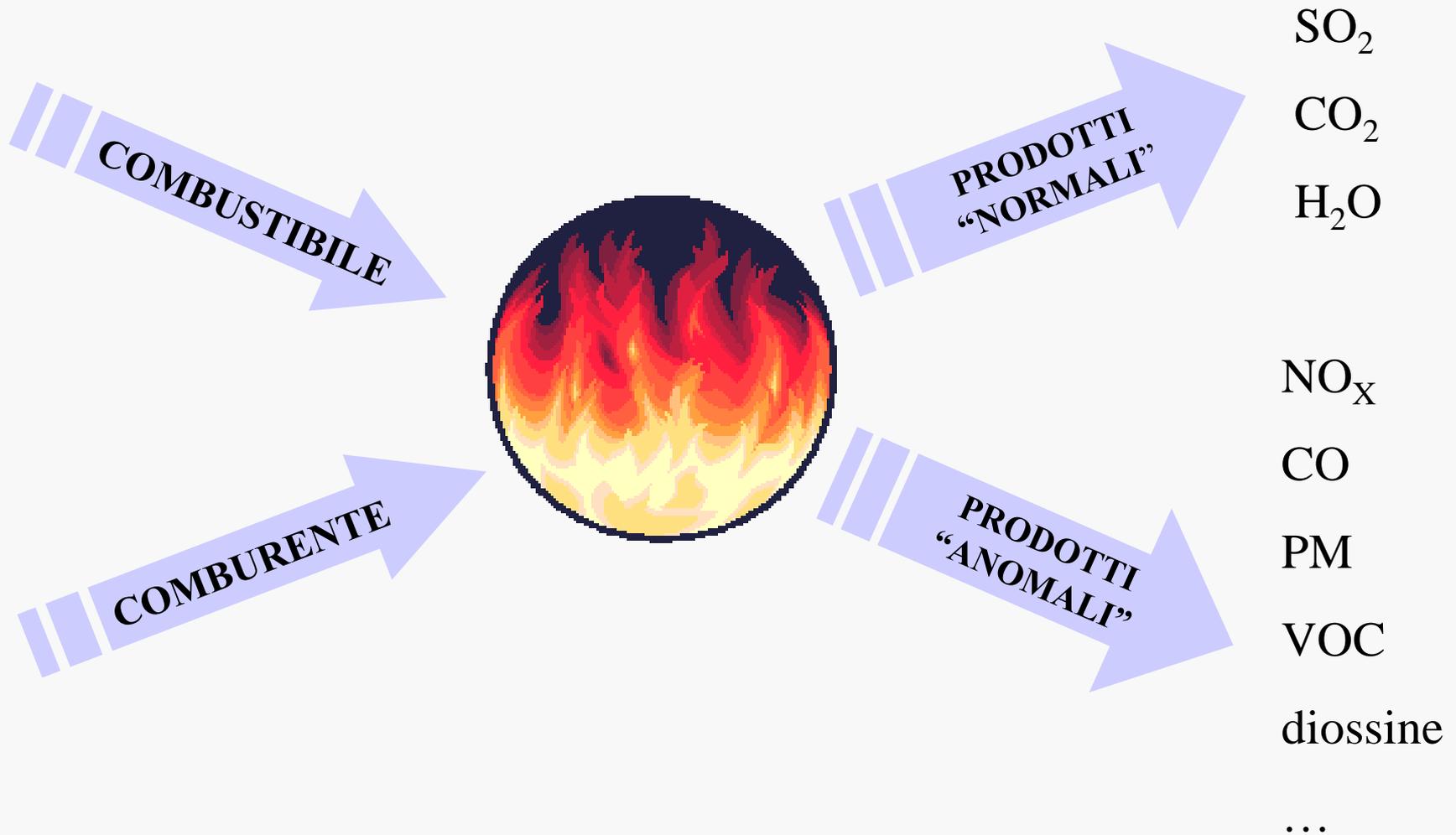
- $\text{NO}_x$
- $\text{SO}_2/\text{SO}_3$
- $\text{CO}$
- VOC
- particolato (PM)
- diossine

Per ridurre le emissioni è necessario, a parità di combustibile utilizzato, un aumento dell'efficienza di conversione.

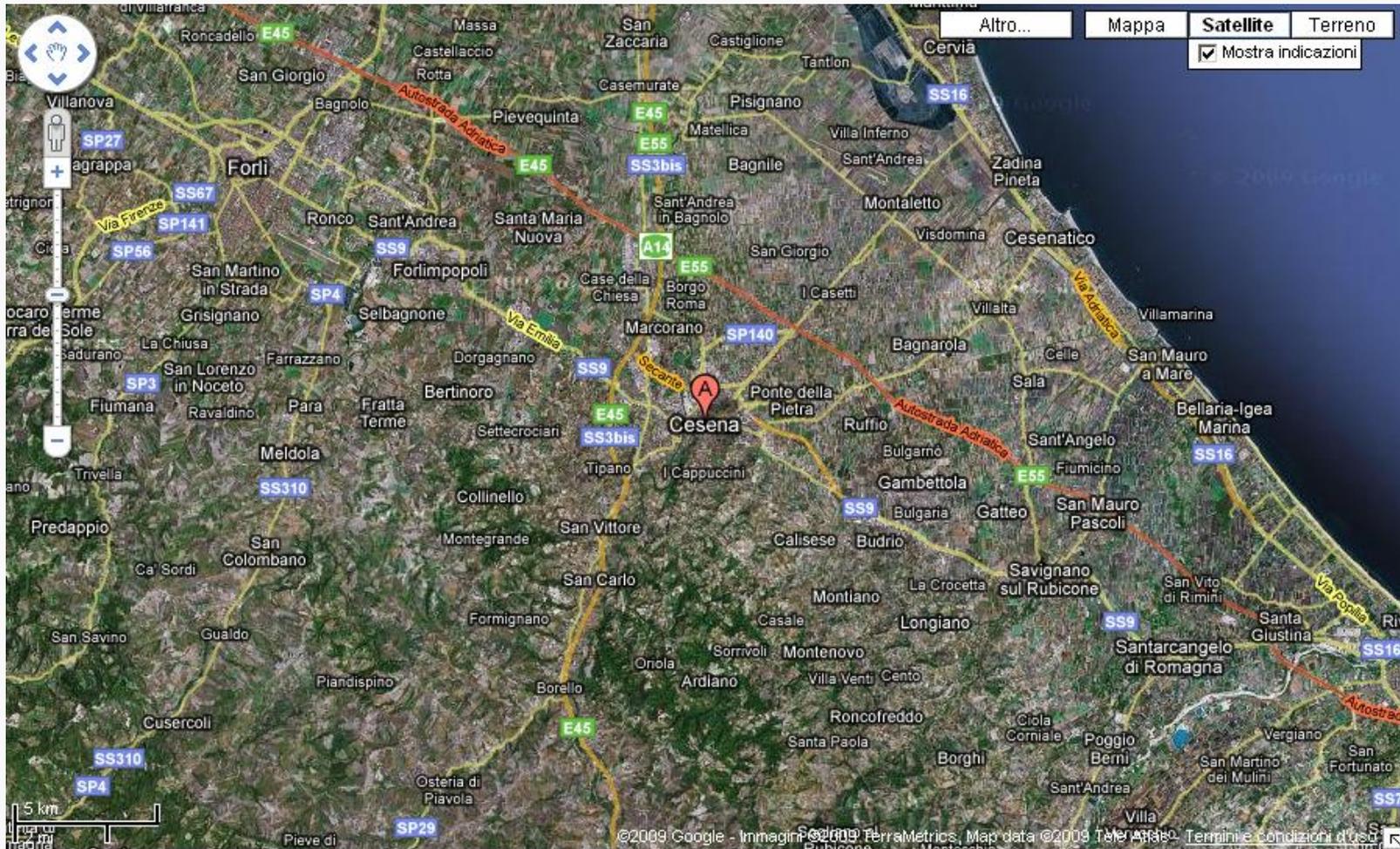
<sup>(1)</sup> **N.B.** Potere climalterante (per unità di massa) circa **20 volte** superiore alla  $\text{CO}_2$



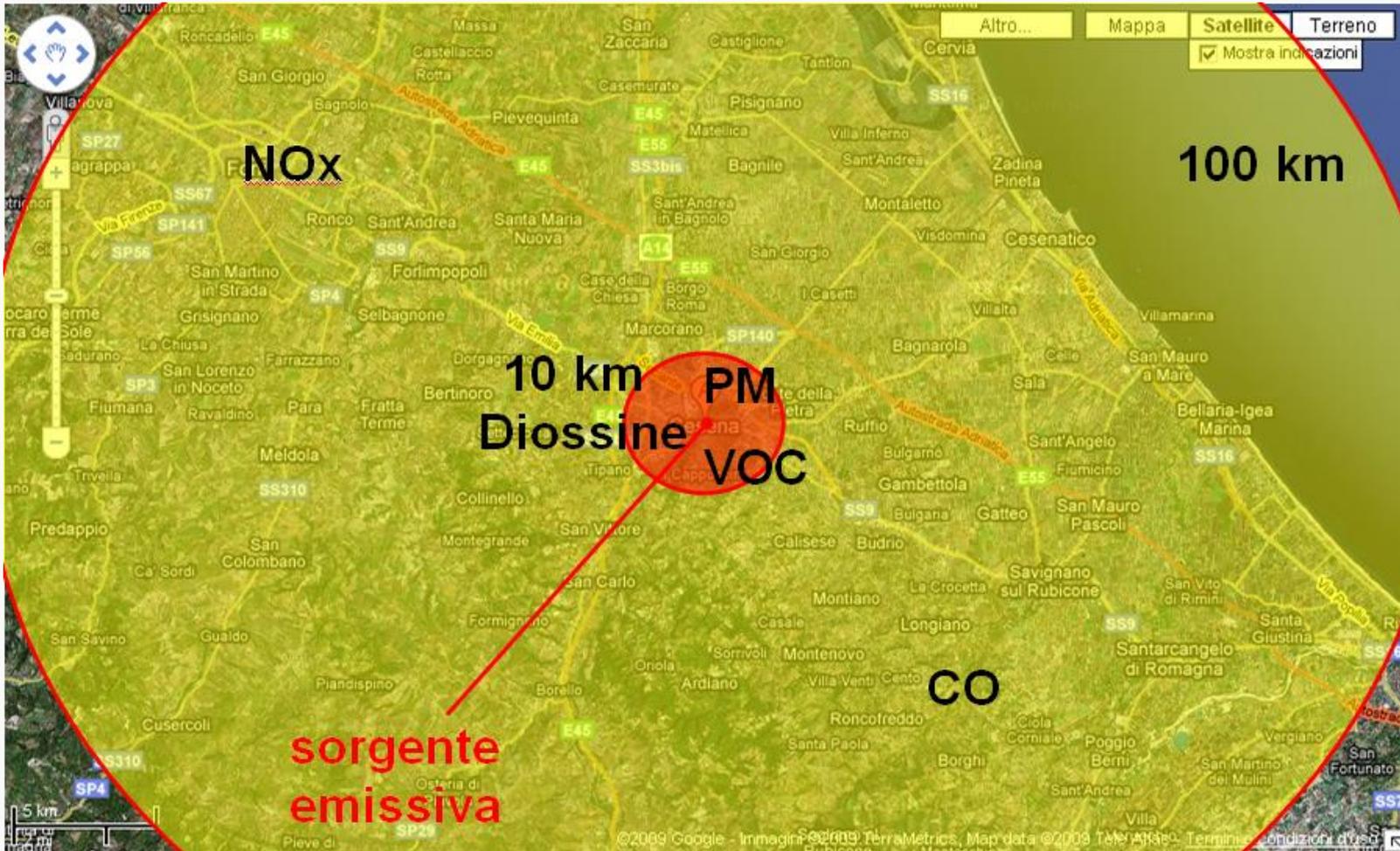
# Sostenibilità ambientale



# Impatto locale o globale



# Impatto locale o globale



# Impatto locale o globale



# Sostenibilità ambientale

	SO2		NOx		CO		COVNM	
	1990	2003	1990	2003	1990	2003	1990	2003
a) Processi energetici	1706	480	1911	1240	6711	4021	1318	744
- industrie energetiche	1001	256	454	141	29	37	8	7
- industrie manifatturiere e delle costruzioni	303	90	289	184	318	379	12	12
- trasporti	211	70	979	695	5730	3066	1071	575
- civile	110	21	173	204	551	500	103	68
b) Altri processi	89	26	36	20	439	409	714	567
Totale emissioni	1795	506	1947	1260	7150	4430	2032	1311

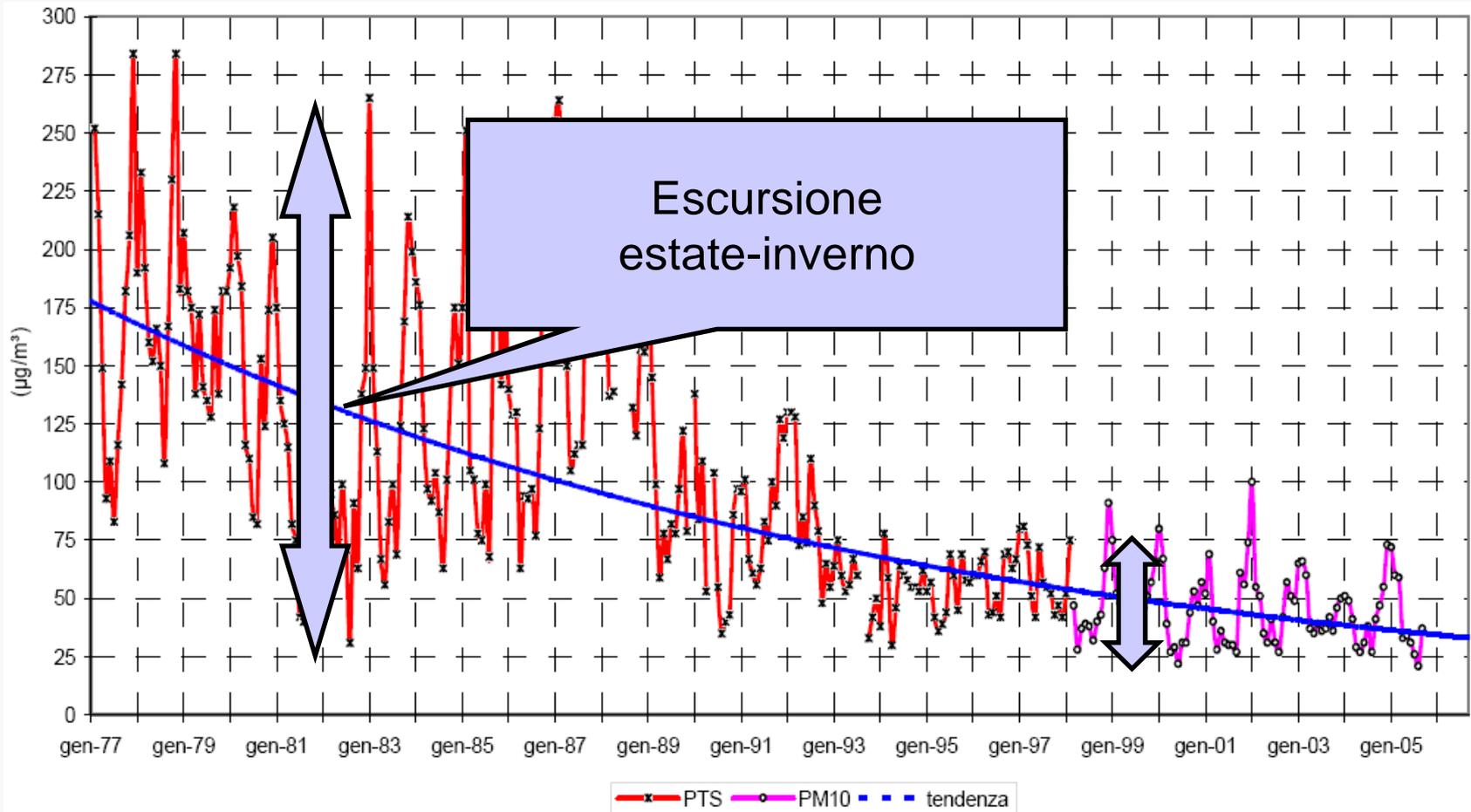
Emissioni in atmosfera in Italia (kt/anno)

Fonte: ENEA



# Sostenibilità ambientale

Medie mensili delle polveri misurate a Milano.



ARPA Lombardia, 2006, La qualità dell'aria in Lombardia, disponibile on-line



# Sostenibilità ambientale

## Los Angeles City Hall



1953

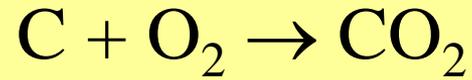


2005

*California Air Is Cleaner, but Troubles Remain*, New York Times, 3 agosto 2005



# Sostenibilità ambientale



	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2003
Europa (EU-15)	3146	3110	3059	3174	3157	3149	3208	3267
Italia	403	401	389	413	429	434	441	457
Italia % su EU	12,8	12,9	12,7	13,0	13,6	13,8	13,7	14,0

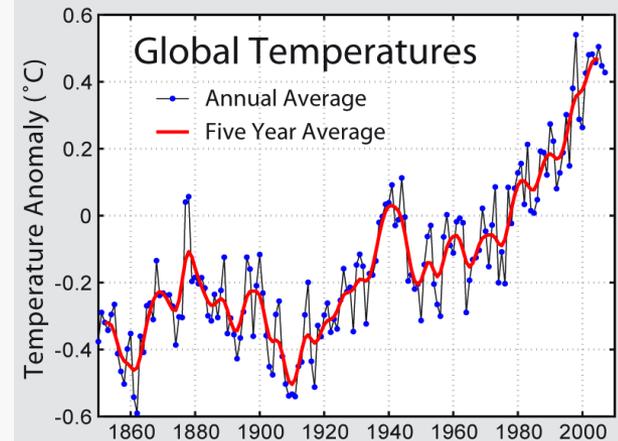
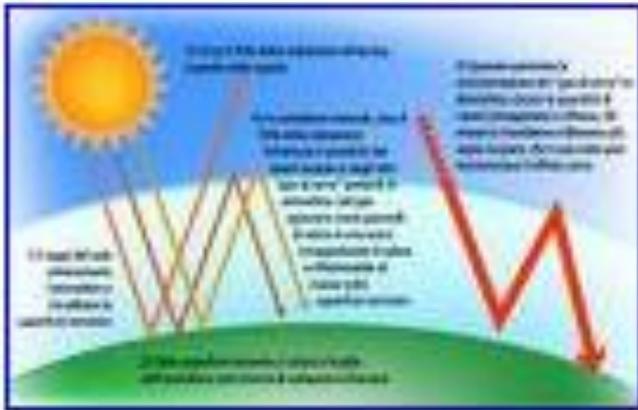
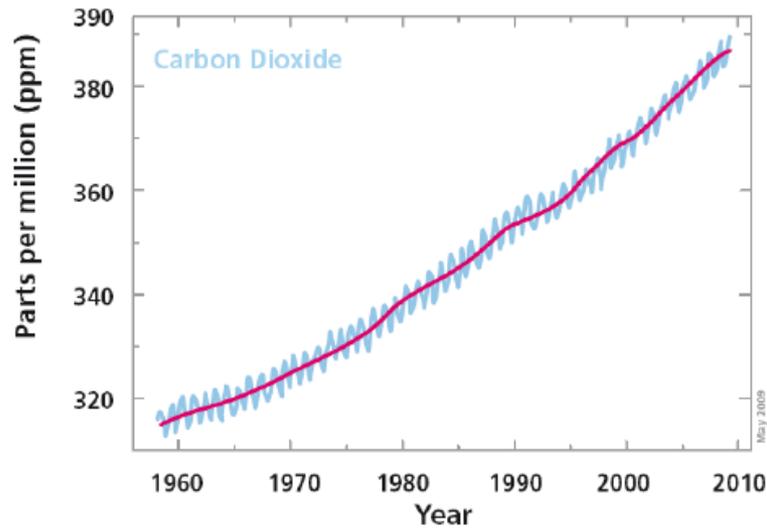
Emissioni di CO<sub>2</sub> in Italia e in Europa per la sola produzione di energia (Mt/anno)

Fonte: ENEA

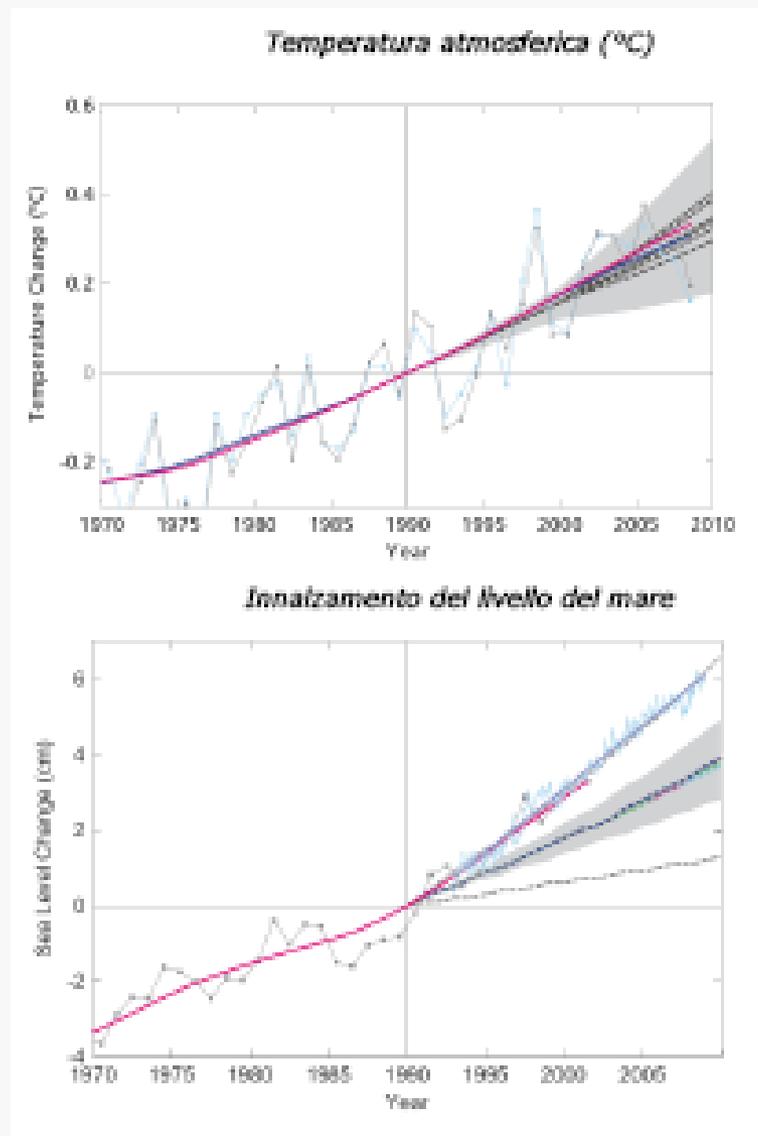


# Effetti sul clima – CO<sub>2</sub>

Concentrazione di CO<sub>2</sub> in atm (ppmv)

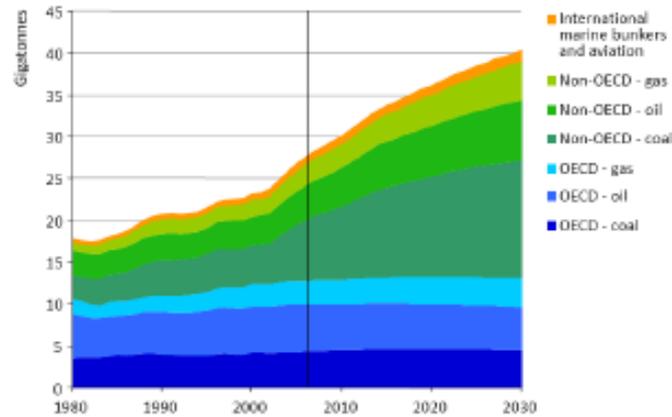


# Effetti sul clima – CO<sub>2</sub>



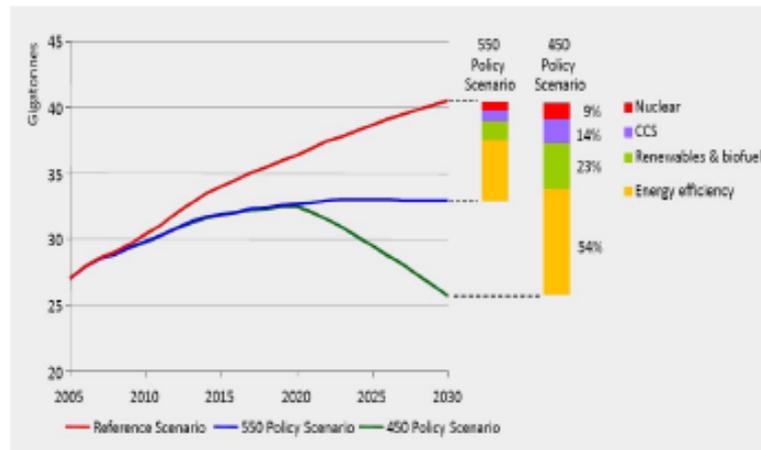
# Emissioni di gas ad effetto serra

Emissioni di gas serra per area geografica nello scenario tendenziale dell'AIE



Fonte: AIE – World Energy Outlook 2008

Scenari di mitigazione delle emissioni dell'AIE

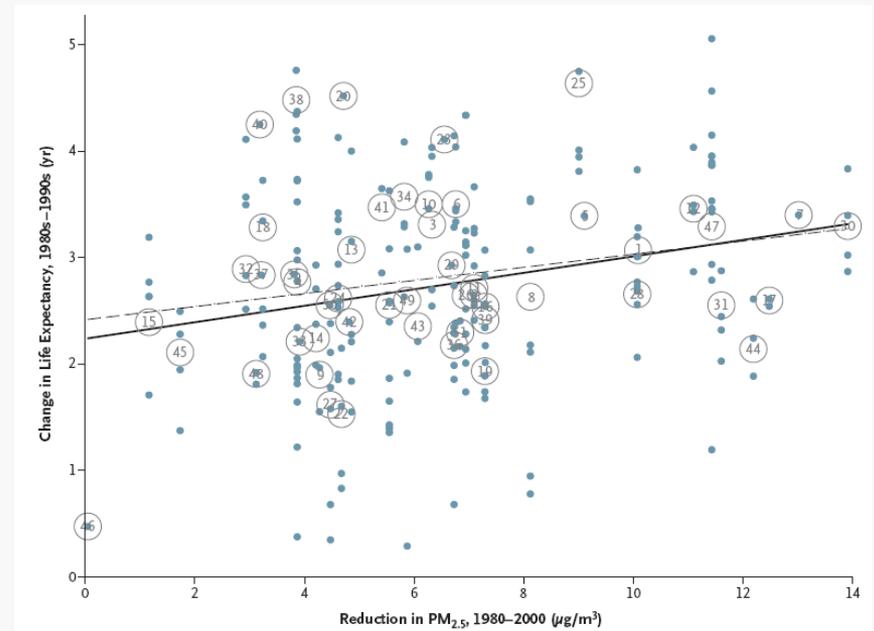
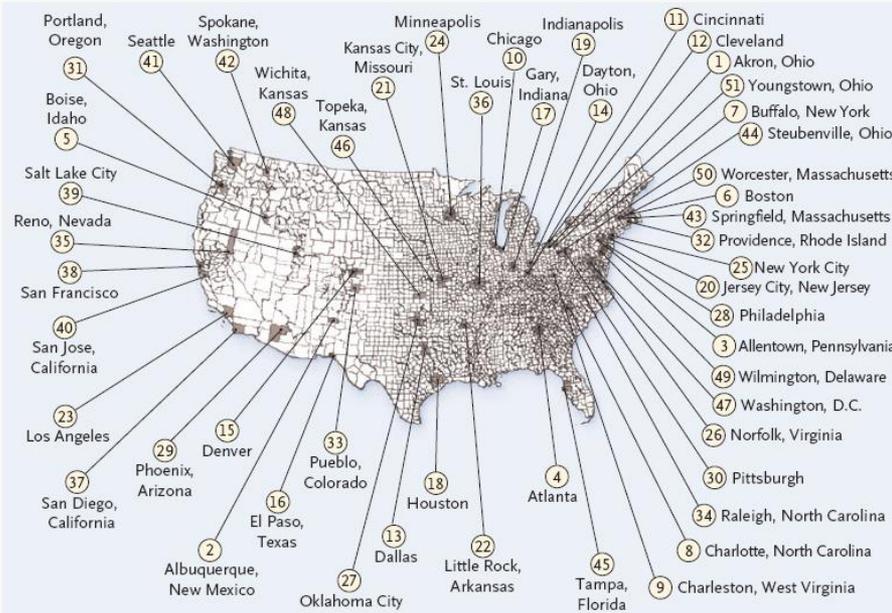


Fonte: AIE – World Energy Outlook 2008



# Effetti sulla salute - PM

Un recente studio mostra come una **riduzione** dell'inquinamento di particolato atmosferico fine di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  porti ad un **aumento** dell'aspettativa di vita di circa 7 mesi.



Paradossalmente si può dire che è possibile sapere quanto l'inquinamento faccia male, proprio perché l'inquinamento si sta riducendo.



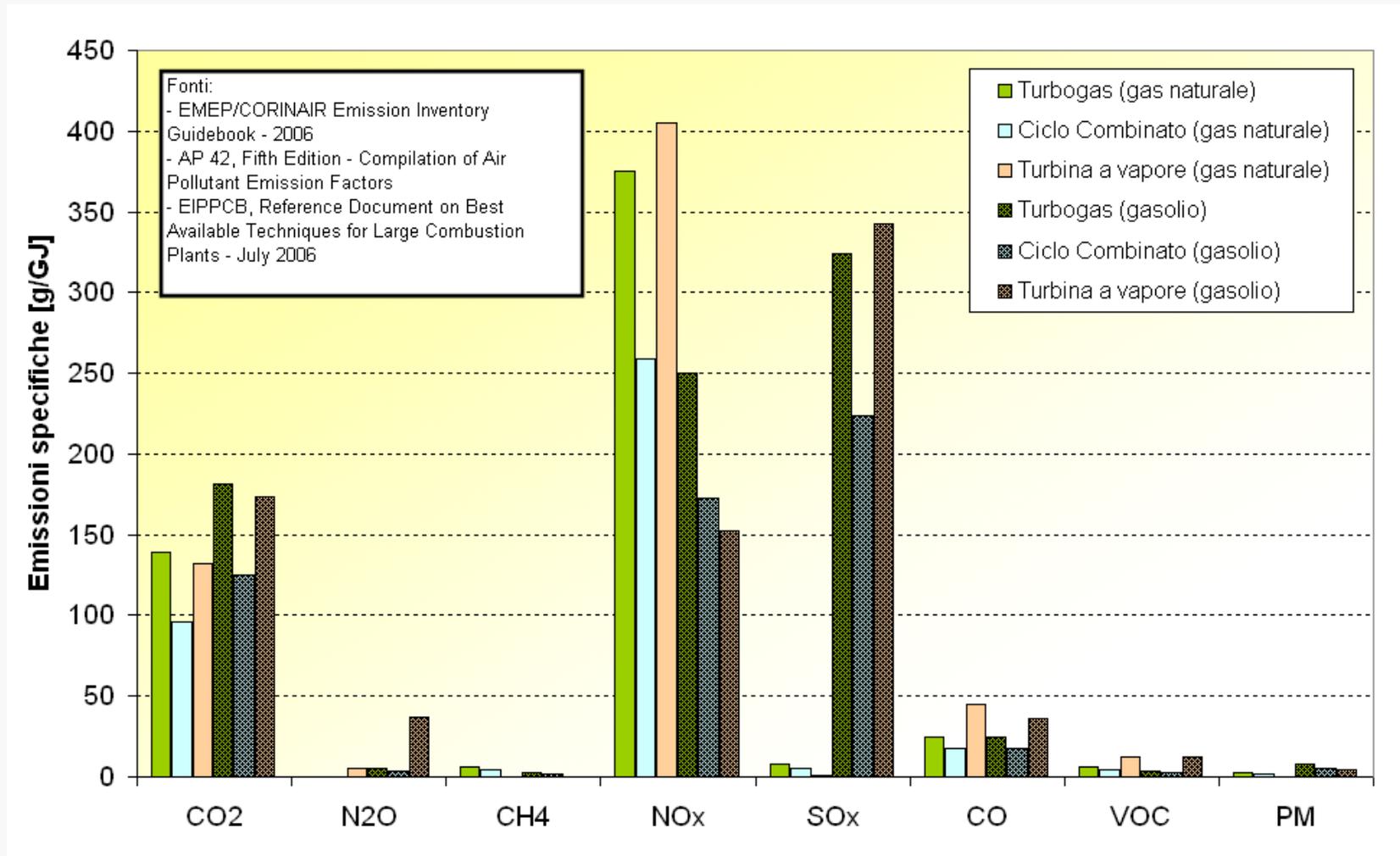
# Effetti sull'eco-sistema



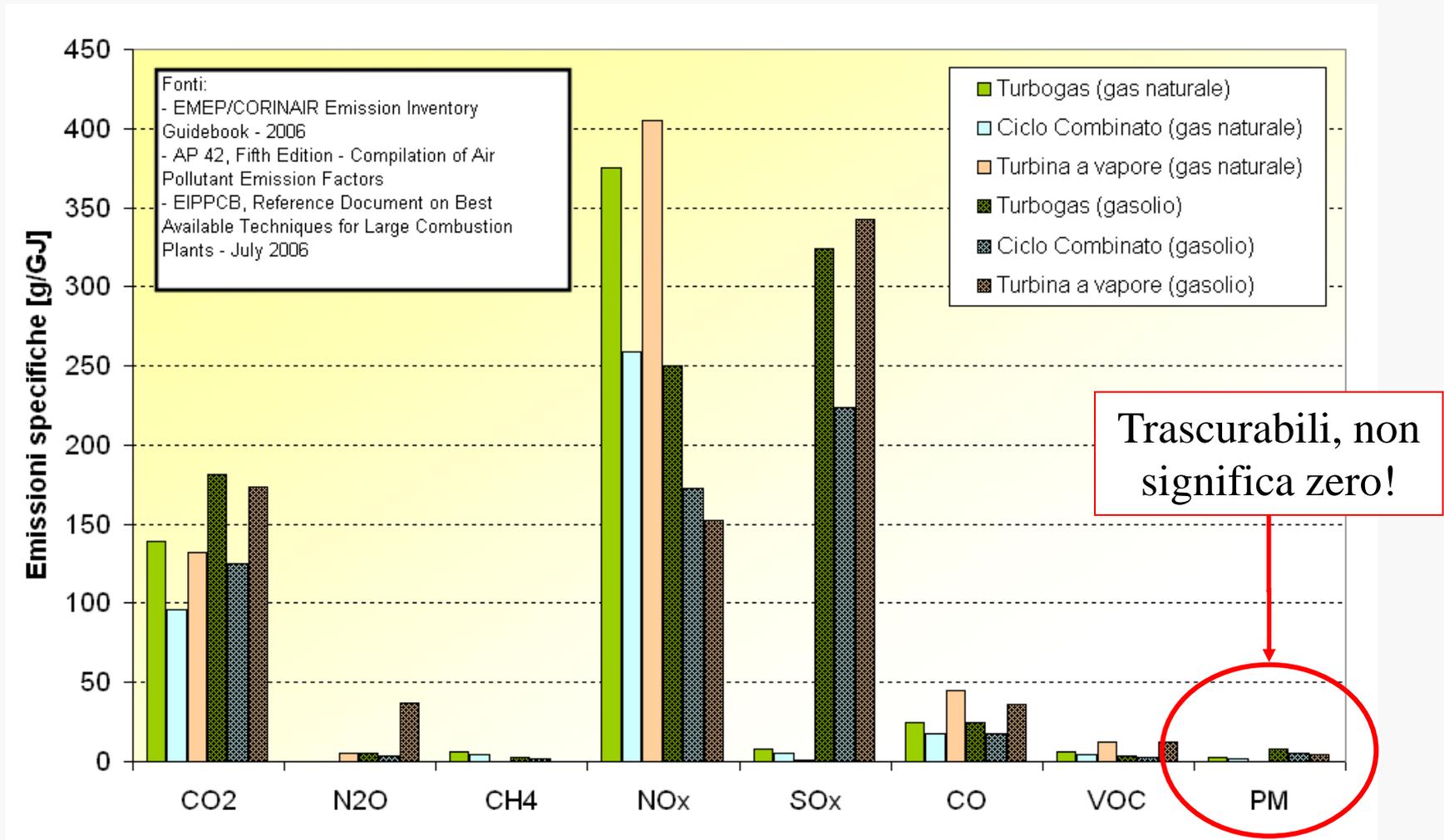
**Biston Betularia.** Nella seconda parte dell'ottocento la città di Manchester era tra le più inquinate del mondo per via della rivoluzione industriale in pieno svolgimento. L'inquinamento era tale che le betulle erano ricoperte da fuliggine tanto che le falene bianche non riuscivano più a mimetizzarsi e finivano preda degli uccelli. Per selezione naturale una mutazione della Biston Betularia di colore nero (morpha carbonaria) prese quindi il sopravvento su quella bianca.



# Sostenibilità ambientale



# Sostenibilità ambientale



# Sostenibilità ambientale

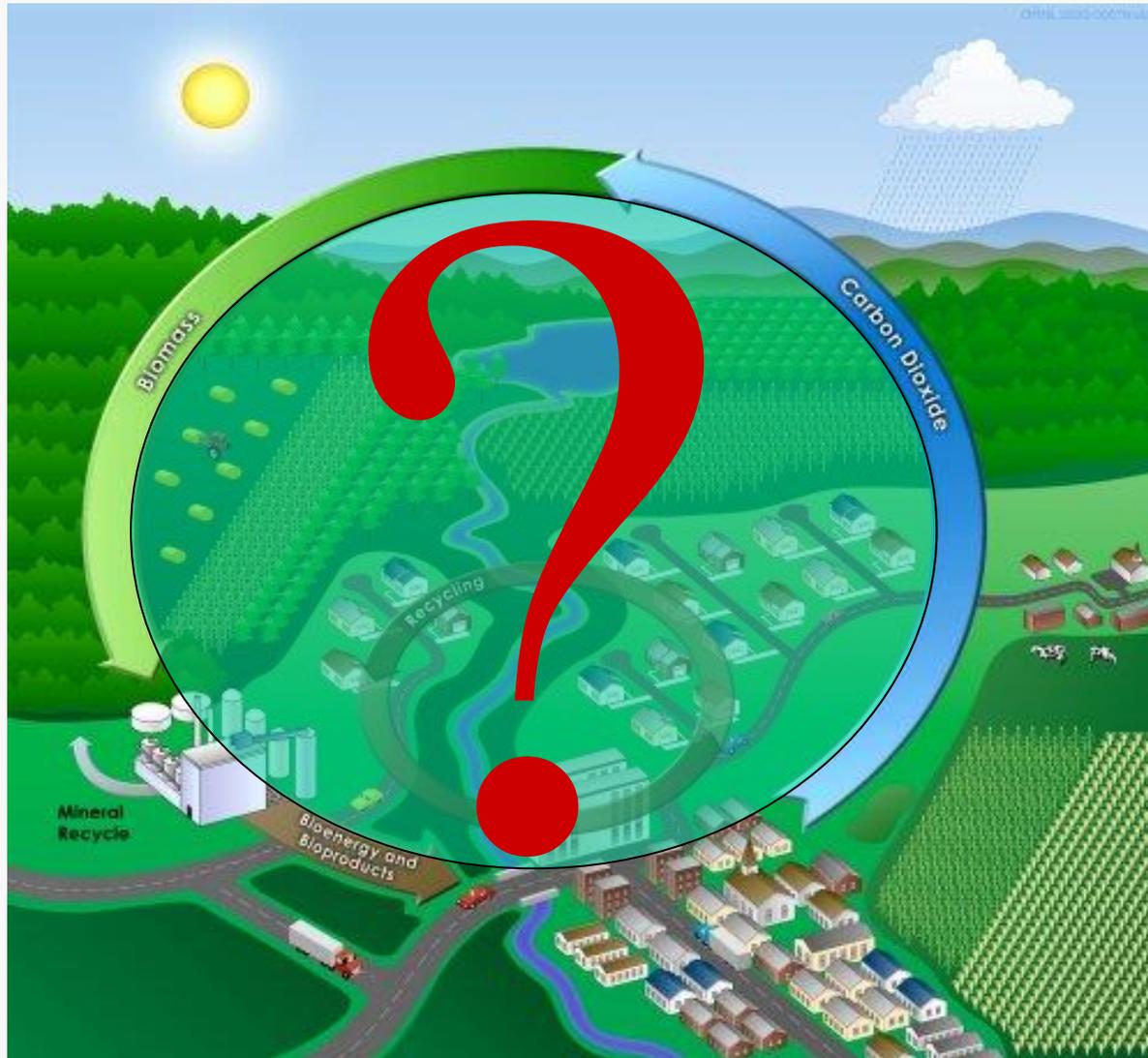
Oltre alle emissioni in atmosfera vanno valutate anche gli altri tipi di interazione del sistema energetico con l'ambiente: utilizzo di fonti di acqua per il raffreddamento, alterazione di ecosistemi, modifica dello stato d'uso del suolo, etc.

Per esempio, l'utilizzo estensivo di pannelli solari può provocare una alterazione dell'albedo, mentre si ritiene che gli invasi per alimentare impianti idroelettrici di grande taglia aumentino la probabilità di terremoti a causa dello sbilanciamento a cui gli invasi stessi sottopongono le zolle tettoniche.

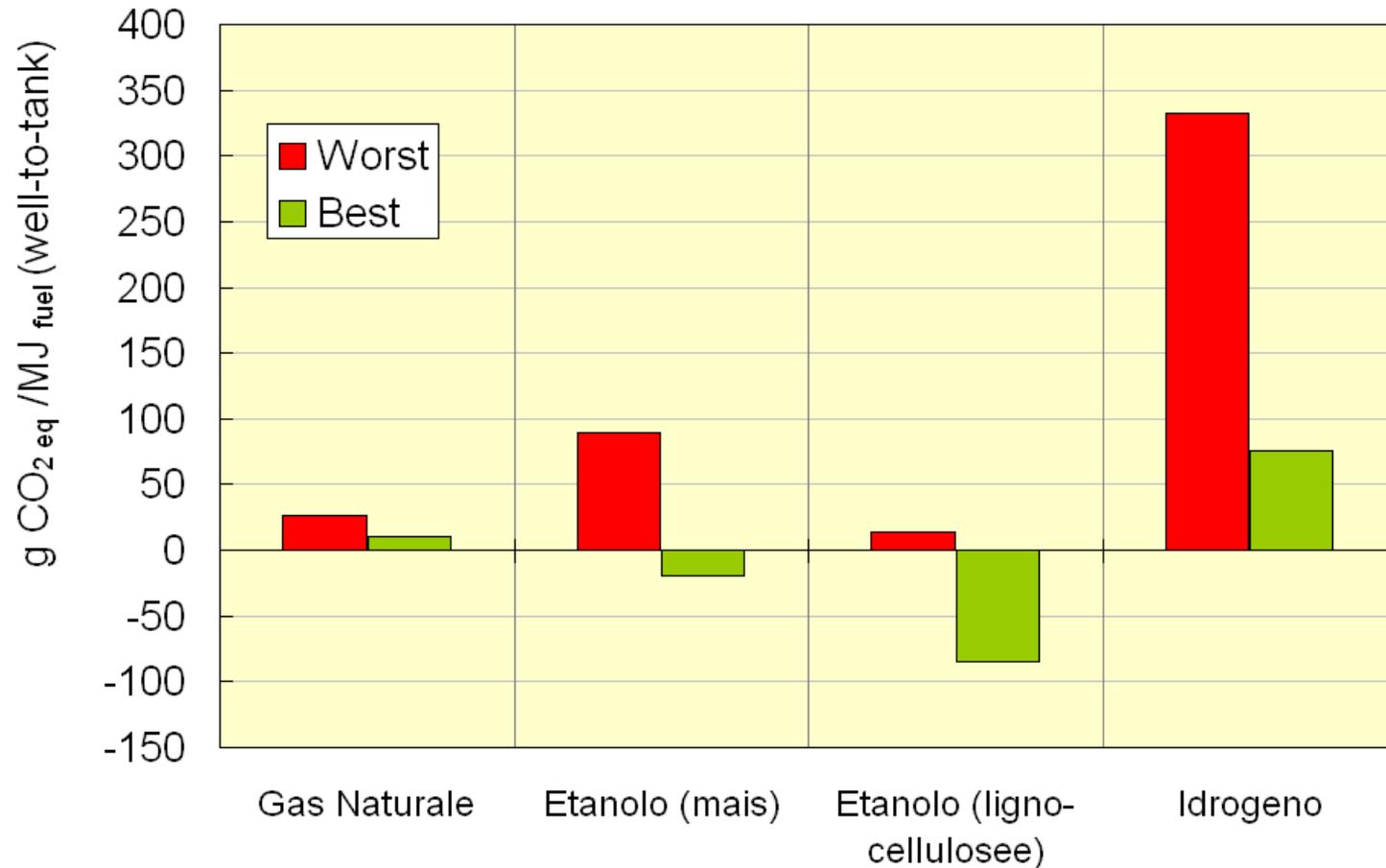
Anche le biomasse ...



# Energia da fonti rinnovabili: sostenibilità ambientale



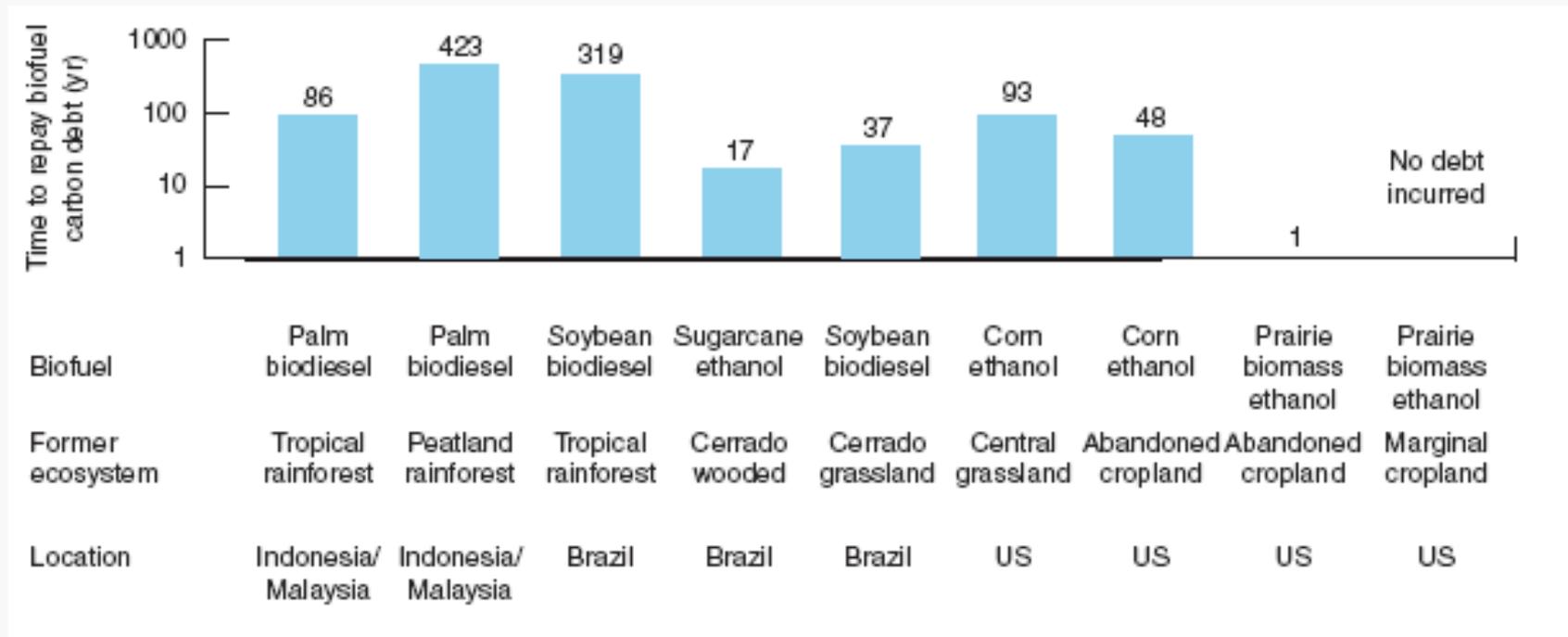
# Energia da biomasse: sostenibilità ambientale



H.L. MacLean, L.B. Lave, 2003, Prog. En. Comb. Science, **29**, pp. 1–69



# Energia da biomasse: sostenibilità ambientale



L'utilizzo dei biocombustibili deve essere trattato come un investimento: per ripagare il debito di CO<sub>2</sub> dovuto alla deforestazione per creare superficie coltivabile possono essere necessarie anche centinaia di anni.

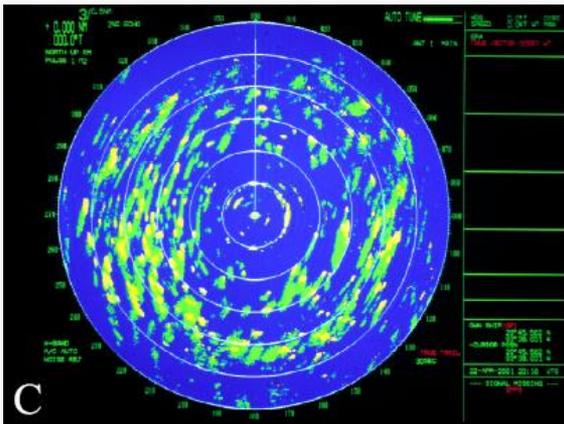
Joseph Fargione et al., 2008, Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, Science, **319**, pp. 1235-8



# Energia eolica: sostenibilità ambientale

In California le 11 500 torri eoliche installate sono responsabili della morte di 20 000 - 30 000 volatili l'anno.

Uno studio ha monitorato via radar il campo eolico di Buffalo Ridge in Minnesota: attraverso le 350 torri in un anno sono passati circa 3 500 000 volatili, di questi solo un migliaio sono stati uccisi (circa 3 per ogni turbina).



Arrivo di uno stormo in Luisiana  
il 22 aprile 2001

Stime di morti di uccelli per ogni anno negli USA divise per causa

Collisione con palazzi	550 milioni	59.0 %
Collisione con rete elettrica	130 milioni	14.0 %
Gatti	100 milioni	10.7 %
Automobili	80 milioni	8.6 %
Pesticidi	67 milioni	7.2 %
Torri per telecomunicazioni	4.5 milioni	0.5 %
Turbine eoliche	28 500	< 0.01 %
Aeroplani	25 000	< 0.01 %

USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-191. 2005



# Gatti Vs. Turbine eoliche

Se, per diminuire la mortalità dei volatili, dovessimo scegliere tra una riduzione del numero dei gatti o del numero delle turbine eoliche, e ci venisse detto questo:

*Ridurre del 20 % i gatti americani porterebbe ad una riduzione relativa dell'incidenza del 17.3 %*

*Ridurre del 20 % il numero di pale eoliche porterebbe ad una riduzione relativa dell'incidenza del 33.3 %.*

**cosa decideremmo?**

La comunicazione di un dato, la sua rappresentazione incide moltissimo sull'esito delle nostre decisioni.



# Rappresentazione del dato



100 000 000 di volatili  $\xrightarrow{-20\%}$  80 000 000 di volatili

Tasso di incidenza

10.7 %  $\xrightarrow{\quad}$  8.8 %

Diminuzione assoluta dell'incidenza: - 1.9 %

Diminuzione relativa: - 17.8 %



28 500 volatili  $\xrightarrow{-20\%}$  22 800 volatili

Tasso di incidenza

0.00003 %  $\xrightarrow{\quad}$  0.00002 %

Diminuzione assoluta dell'incidenza: - 0.00001 %

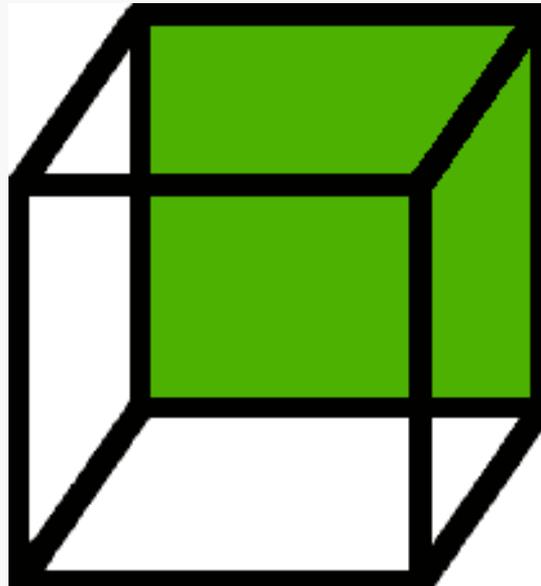
Diminuzione relativa: - 33.3 %



# Rappresentazione del dato

## Il cubo di Necker

Dove si trova la faccia verde trasparente?  
Davanti o dietro?



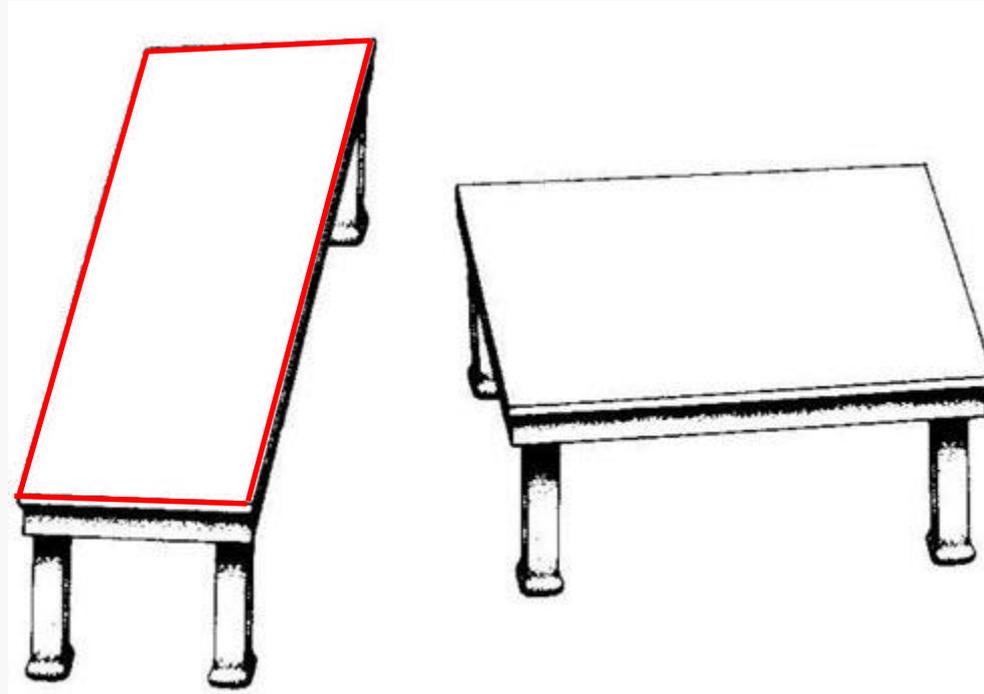
La nostra mente tende automaticamente a creare il certo dall'incerto.  
Vediamo alternativamente la faccia verde avanti o indietro (gestalt switch), ma  
senza ambiguità.



# Rappresentazione del dato

## Turning the Tables (Roger Shepard, 1990)

Qual è la tavola più lunga?



Le due tavole sono **uguali**. La nostra mente è vittima di una certezza illusoria generata dal modo in cui è presentato il dato (gli elementi prospettici in questo particolare caso).



# Sostenibilità sociale



# Sostenibilità sociale

Le scelte politiche, spesso improntate alla segretezza (esperimenti atomici) e alla minimizzazione dei rischi reali (Vajont, Seveso, Chernobyl, mucca pazza, ecc.), hanno portato il cittadino ad essere incline alla diffidenza nei confronti di scienza e tecnologia.

In particolare, in relazione ai sistemi energetici, si assiste alla nascita di comitati di opposizione ovunque si decida di impiantare una nuova centrale per la produzione di energia elettrica.

Questi comitati, per quanto legittimi, sembrano spesso mossi da irrazionali pregiudizi, alimentati da una insufficiente informazione e da uno scarso coinvolgimento nelle fasi decisionali.



# Il caso Armaroli-Po

In un lavoro italiano pubblicato nel maggio 2003<sup>[1]</sup>, basato su un precedente lavoro americano<sup>[2]</sup>, viene affermato che cicli combinati alimentati a gas naturale della taglia di 800 MW emettono una quantità di micropolveri, 290 t/anno, «dell'ordine di quella prodotta dal traffico della città di Bologna».

Le quantità emesse venivano anche calcolate attraverso fattori di emissioni dell'EPA (Environmental Protection Agency), e risultavano pari a 48 t/anno, ma si concludeva che **«per una serie di motivi, tali valori debbono essere considerati stime molto approssimate delle emissioni di una centrale»** mentre i risultati estrapolati dal lavoro americano garantiscono «una stima dei dati di emissione largamente affidabile e confrontabile con dati di centrali “reali”».

[1] Armaroli, N., Po, C., 2003, “Emissioni da centrali termoelettriche a gas naturale – La letteratura corrente e l'esperienza statunitense”, Chimica e industria, vol. 85(4), pp.45-50.

[2] Spath, P.L., Mann, M.K., 2000, “Life Cycle Assessment of a Natural Gas Combined Cycle Power Generation System.”, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, TP-570-27715.



# Il caso Armaroli-Po

**Le autrici dello studio americano avevano però anch'esse utilizzato le tabelle di emissione EPA.**

Ma mentre i due autori italiani usarono quelle del 2000 le americane calcolarono le emissioni con quelle del 1995, e da qui la differenza tra i valori di 290 t/anno e 48 t/anno.

Il lavoro americano è datato settembre 2000, l'EPA nell'aprile del 2000 ha rinnovato le tabelle di emissione per quanto riguarda i turbogas, aggiornando i valori e, soprattutto, eliminando la possibilità di riferirsi all'energia prodotta (questo nel caso particolare penalizzava la tecnologia efficiente dei cicli combinati). Le nuove tabelle riportano, per il particolato solido, un fattore di emissione che è circa dieci volte inferiore rispetto alle tabelle del 1995.



# Il caso Armaroli-Po

I dati riportati dall'articolo sono frutto di un approccio approssimato al problema e le conclusioni sono affrettate e sbagliate: un'analisi approfondita del lavoro americano avrebbe mostrato che, per il calcolo delle emissioni dei prodotti indiretti della combustione, anch'esso utilizza i fattori di emissione.

Si riporta questo caso come emblematico di cattivo utilizzo dell'informazione: se da un lato infatti l'articolo metteva giustamente in risalto la necessità di effettuare stime delle emissioni di particolato, dall'altro si estrapolavano dall'articolo solo quei dati, peraltro largamente sopravvalutati a causa di approssimazioni dei calcoli, che potessero supportare una protesta.



# Turbogas Ferrara

Rappresentativo degli effetti di questa cattiva informazione è l'intervento della signora Dora P. nella rubrica delle lettere de La Nuova Ferrara del 7 febbraio 2007.

La signora invitava ad esprimersi contro la centrale a ciclo combinato ferrarese allora in costruzione facendo notare che a Torino avevano appena installato una centrale che ***“da un metro cubo di metano bruciato trasforma in energia l'87 %”***.

La centrale, citata dalla signora Dora come esempio di eccellenza, è a Moncalieri e usa la stessa tecnologia della centrale di Ferrara.

## LA REPLICA

### Io voterò no

Mi riferisco alla lettera del signor Gianni Pesci che mi è parsa un po' troppo tranciante. Per due motivi: perché, ormai, come tutti i ferraresi bada più a «chi» dice, piuttosto alle «cose» sensate che uno dice (l'ing. Tavolazzi, a suo dire, non avrebbe diritto di parola perché quand'era city manager non si schierò contro la turbogas - così l'avrebbero esonerato prima!). Poi perché dà degli sprovveduti a coloro che dicono no alla turbogas. Ebbene mi sento sprovveduta anch'io. Andrò a votare al referendum per dire no alla centrale, a questa centrale, perché sparerà in aria tonnellate di gas, polveri e in particolare anidride carbonica. Signor Pesci, a Torino, hanno fatto una centrale che riutilizza il materiale che “brucia”. Da un metro cubo di metano «bruciato», trasforma in energia l'87 per cento. Si informi e venga a dire no anche lei. L'aspetto!

Dora P.

**la Nuova Ferrara**  
QUOTIDIANO D'INFORMAZIONE



## a pochi chilometri di distanza ...

*«Dal punto di vista politico tutti i comuni del Delta sono solidali con noi. Nel processo contro l'Enel ci siamo soltanto noi e Goro per via del fatto che sono stati individuati dalla Procura solo questi territori sicuramente coinvolti dalla Procura. Siamo nettamente contrari alla riconversione della centrale a carbone e proprio stasera (ieri, ndr) nel corso di un'iniziativa a Monticelli consegneremo all'onorevole Alessandro Bratti un migliaio di firme per dire no alla centrale. **Se si vuol riconvertire almeno si utilizzi il gas-metano: il carbone non va bene in un ecosistema così fragile, troppi i danni»***

Lorenzo Marchesini, sindaco di Mesola - 14 marzo 2009

**la Nuova Ferrara**  
QUOTIDIANO D'INFORMAZIONE



# Anche l'energia da fonti rinnovabili incontra opposizioni

di STEFANO LOLLÌ

**F**ERRARA diventerà la capitale mondiale dei pannelli fotovoltaici? «Provincia e Comune farebbero bene ad approfondire la materia e informare la città, per non riprodurre gli errori devastanti compiuti nelle vicende turbogas e inceneritore...». Dal portavoce dei comitati ambientalisti Valentino Tavolazzi arriva il primo monito sul progetto di 'Estelux', la società — fondata da Domenico Sartore detentore di azioni del colosso tedesco Solon —

che annuncia la realizzazione di un maxi impianto nell'area del polo chimico. Un impianto (presentato un mese fa dal 'Resto del Carlino') per la produzione di 25 mila tonnellate l'anno di polisilicio, impiegato nella fabbricazione di pannelli fotovoltaici: un investimento stimato in oltre 300 milioni di euro, e per circa 200-250 posti di lavoro. «La produzione mondiale di polisilicio, stimata in 50 mila tonnellate annue, è nelle mani di poche aziende, americane, giapponesi e tedesche». Il gruppo di Sartore perciò «realizzerebbe a Ferrara lo stabilimento più



L'impianto per la produzione di «polisilicio» è previsto nell'area del polo chimico

## IL MEGA PROGETTO

# 'Estelux', monito ambientalista sul business del fotovoltaico

grande del mondo — afferma l'esponente di Medicina Democratica —, con una capacità a regime pari alla metà dell'intera produzione mondiale. Considerando però che l'investimento per una capacità di 3 mila tonnellate l'anno è di circa 250 milioni di dollari, ci si domanda se Estelux disponga di tali capitali o se sia sostenuta da qualche colosso mondiale». Ma il dubbio di Tavolazzi non è soltanto legato al piano finanzia-

### COMITATI

**«Ferrara sarà leader mondiali dei pannelli solari? Non sia un bis del caso turbogas...»**

«Il silicio siderurgico costituisce la materia prima del processo. Esso viene poi trattato con acido cloridrico, idrogeno, in reazioni chimiche che utilizzano composti di arsenico e fosforo. Le sostanze impiegate sono molto velenose: alcune

rio del maxi impianto: «Sateriale e Dall'Acqua sanno qualcosa del processo Siemens a reattore Cvd per la produzione di polisilicio?», il... quiz di Tavolazzi. La risposta però desta qualche perplessità:

sono state utilizzate come gas tossico nella seconda guerra mondiale con effetti disastrosi. Altre sono combustibili, se non esplosive, mentre l'acido cloridrico in forma gassosa è pericoloso e estremamente corrosivo. Manipolare queste sostanze, nel rispetto della sicurezza degli operatori, dell'ambiente e della salute, non è né facile — afferma Tavolazzi —. E' questa la meravigliosa operazione che dobbiamo attenderci a Ferrara?». Non vi è dubbio alcuno invece sul business: «Lo sviluppo dei pannelli fotovoltaici e l'elevato consumo del prodotto negli ultimi anni, hanno determinato

un forte squilibrio fra domanda ed offerta, con un incremento strepitoso dei prezzi del polisilicio (da 30 dollari al chilo nel 2003 a punte di 140 nel 2007). Pertanto non vi è alcun dubbio sulla convenienza del progetto per l'investitore — conclude l'ambientalista —, come non c'erano dubbi per la centrale a turbogas e il mega inceneritore. Ma qual è l'impatto ambientale della produzione di polisilicio? E quanto conviene ai ferraresi questo nuovo progetto?». Alle istituzioni, chiude il portavoce dei Comitati, il compito di dare subito risposte chiare.

Il Resto del Carlino – ed. di Ferrara – 27 dicembre 2007



# Anche l'energia da fonti rinnovabili incontra opposizioni

**IL PROGETTO** MA GIULIO BARBIERI ACCUSA: «NON PRODURRA' MARGHERITE...»

## Estelux, 'via' libera in Provincia

**'VIA' LIBERA** a Estelux ieri in Provincia da parte della Conferenza dei Servizi (formata da istituzioni locali, Azienda Usl, Arpa); ora l'iter per il maxi stabilimento che produrrà la materia prima per i pannelli fotovoltaici, registra un'ulteriore accelerazione. Già oggi infatti potrebbe arrivare un ulteriore ok da parte della Regione, lunedì sarà il Consiglio comunale a pronunciarsi definitivamente sulle autorizzazioni al progetto. Ieri è stata comunque recepita la 'via' (valutazione d'impatto ambientale) che la società guidata da Domenico Sartore e di proprietà del colosso tedesco Solon ha presentato in modo volontario, a garanzia che il futuro impianto sarà come si dice in gergo ecologicamente compatibile. Ma su questo aspetto esprime forti dubbi Giulio Barbieri, candidato a sindaco di Io Amo Ferrara: «Ho letto che Tiziano Tagliani del Pd contesta al nostro gruppo consiliare di aver votato contro la delibera iniziale, e ci accusa di voler boicottare un progetto da 300 posti di lavoro. Lo tranquillizzo: non siamo contro l'occupazione, ma lunedì in Consiglio ribadiremo il nostro no».

I motivi? «Lo stabilimento che produce policristallo di silicio, in alcune fasi della lavorazione opera come un altoforno a temperature di 1400-1600 gradi — afferma Barbieri —; perciò abbiamo il timore che dai camini possa uscire particolato ultrafine, potenzialmente nocivo per la salute». Di qui la richiesta «che oltre alla valutazione d'impatto ambientale, attuata volontariamente da Estelux e che Comune e Provincia prendono per buona senza eccepire — incalza il candidato civico —, sia realizzata anche una valutazione sanitaria da un ente terzo. Anche su via del Salice 'Io Amo Ferrara' era stata l'unica ad astenersi, i fatti ci hanno purtroppo dato ragione. Non vorremmo che fra cinque anni si scoprisse che Estelux non produce margherite...». Ultimo dubbio sull'iter urbanistico: «Non è stato richiesto un piano particolareggiato, ma monetizzati gli oneri fin dalla fase iniziale. Un trattamento — chiude Barbieri — che non so a quanti altri imprenditori sia stato concesso...».

s. l.

**FOTOVOLTAICO**  
«Nella separazione  
del silicio i 'forni'  
emetteranno  
polveri ultrafini»

Il Resto del Carlino – ed. di Ferrara – 20 marzo 2009



# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia



fonte: Osservatorio Media Permanente Nimby Forum© III edizione



# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia

Termovalorizzatore di Forlì



Termovalorizzatore di Rimini

fonte: Osservatorio Media Permanente Nimby Forum® III edizione



# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia

Parco Eolico Valli Idice - Sillaro

Centrale a biomasse di Russi

Termovalorizzatore di Forlì

Termovalorizzatore di Montale

Termovalorizzatore di Prato

Termovalorizzatore di Rimini

Termovalorizzatore di Selvapiana

Termovalorizzatore di Firenze

fonte: Osservatorio Media Permanente

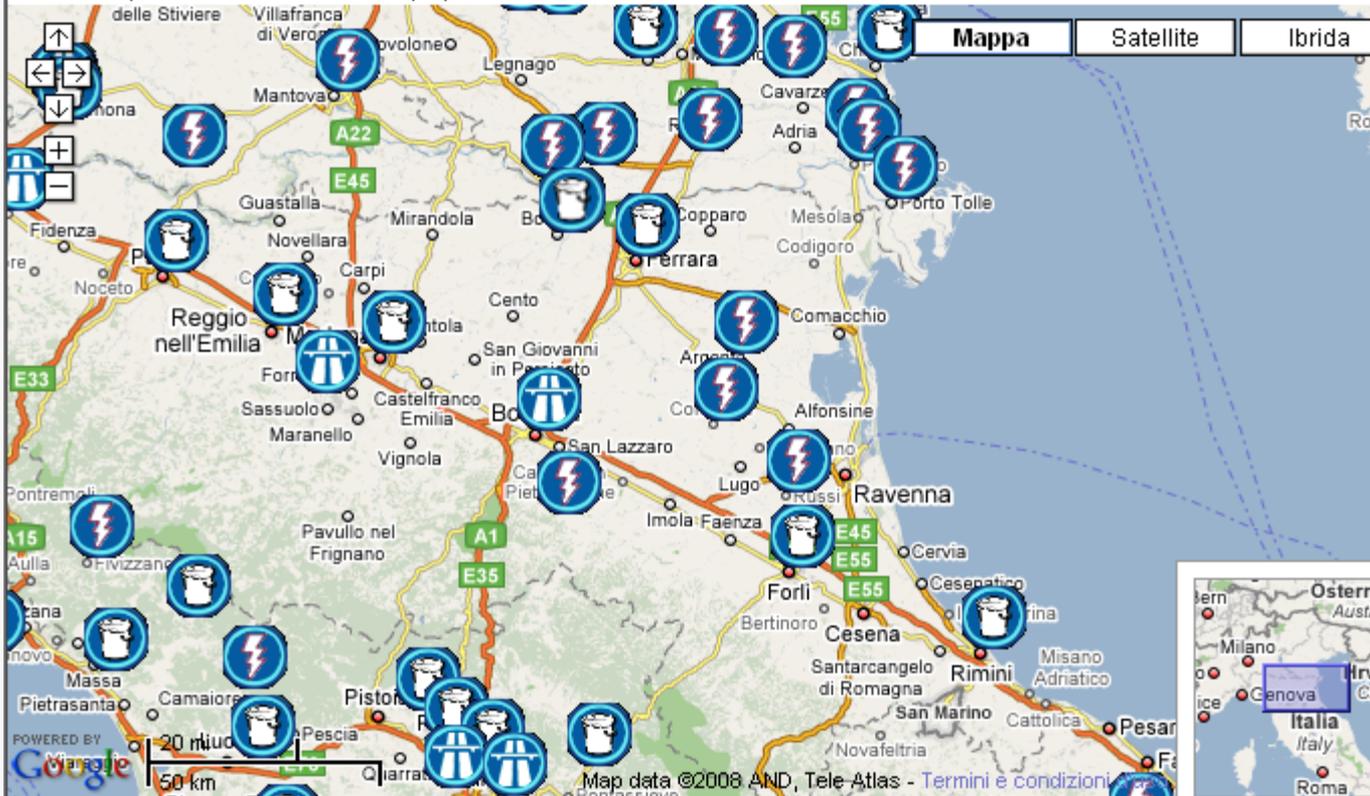


# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia



fonte: Osservatorio Media Permanente Nimby Forum® III edizione

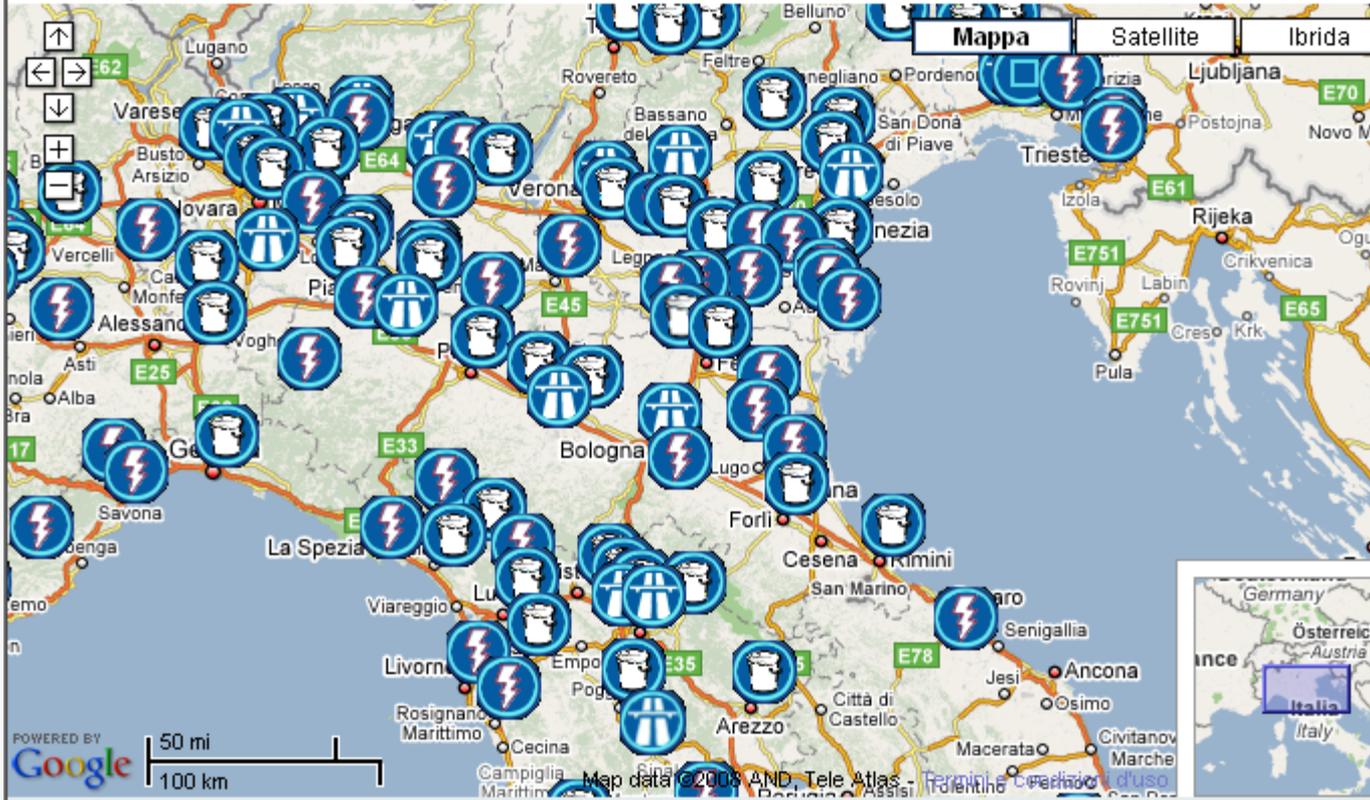


# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia



fonte: Osservatorio Media Permanente Nimby Forum® III edizione





# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia



fonte: Osservatorio Media Permanente Nimby Forum® III edizione



# Le contestazioni

**L'espresso**

**Non nel mio giardino!**

Elenco impianti contestati dalla popolazione residente in Italia



fonte: Osservatorio Media Permanente Nimby Forum® III edizione



# Dove costruire nuovi impianti?

Poiché i nostri consumi aumentano sarebbe giusto affiancare alla **NIMBY** (Not In My Back Yard) un nuovo tipo di fenomeno, la sindrome

## **BYEBYE**

(Build-it in Your Evergreen Back Yard, Eventually)

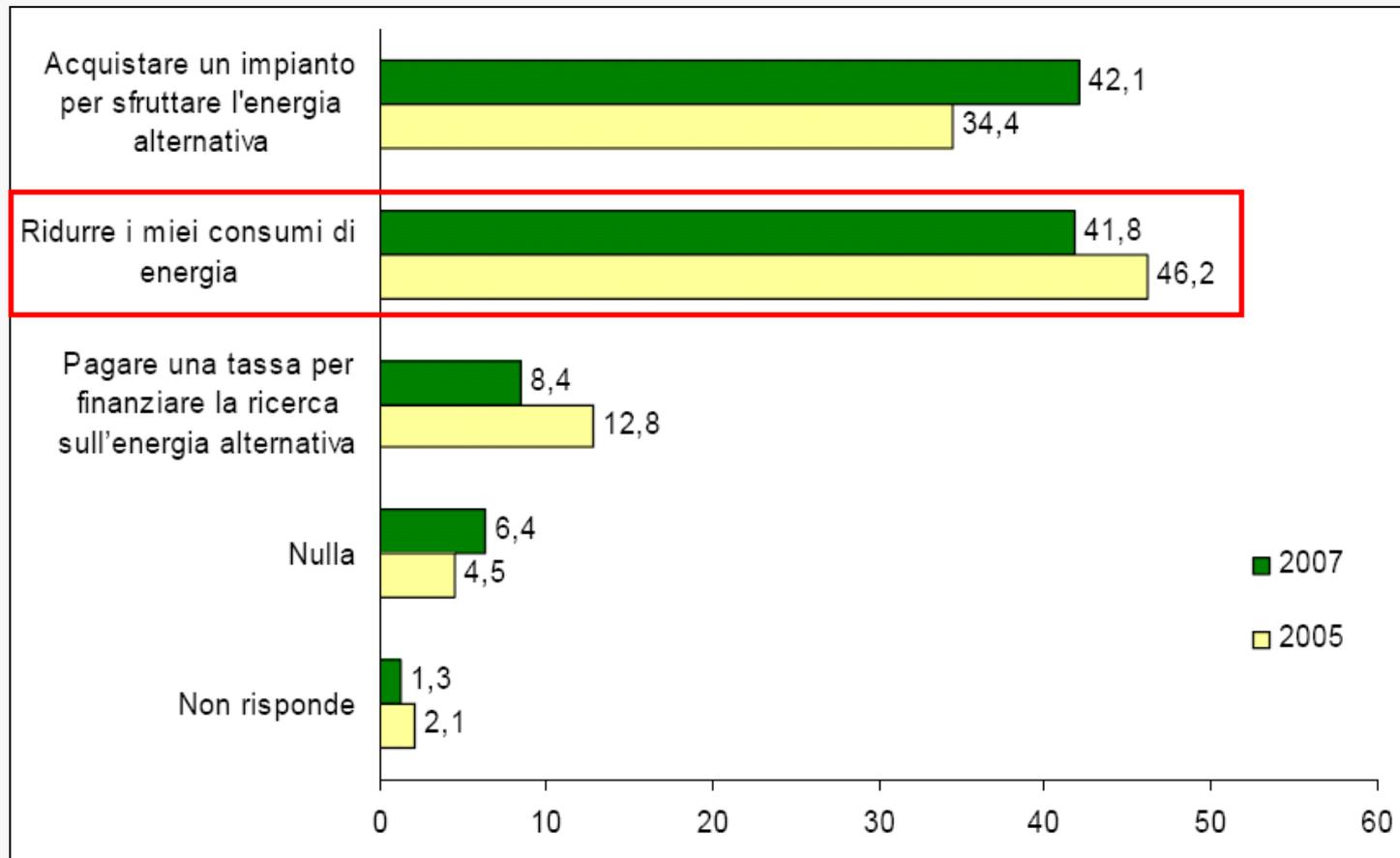
che può essere tradotta come: “alla fine, costruiscitela nel tuo sempreverde giardino”.

Cioè si è sempre pronti a osteggiare la costruzione di impianti di generazione dell’energia ma allo stesso tempo nessuno vuole rinunciare al benessere alimentato dall’energia.



# Sostenibilità sociale

Cosa sarebbe disposto a fare per risolvere i problemi energetici?

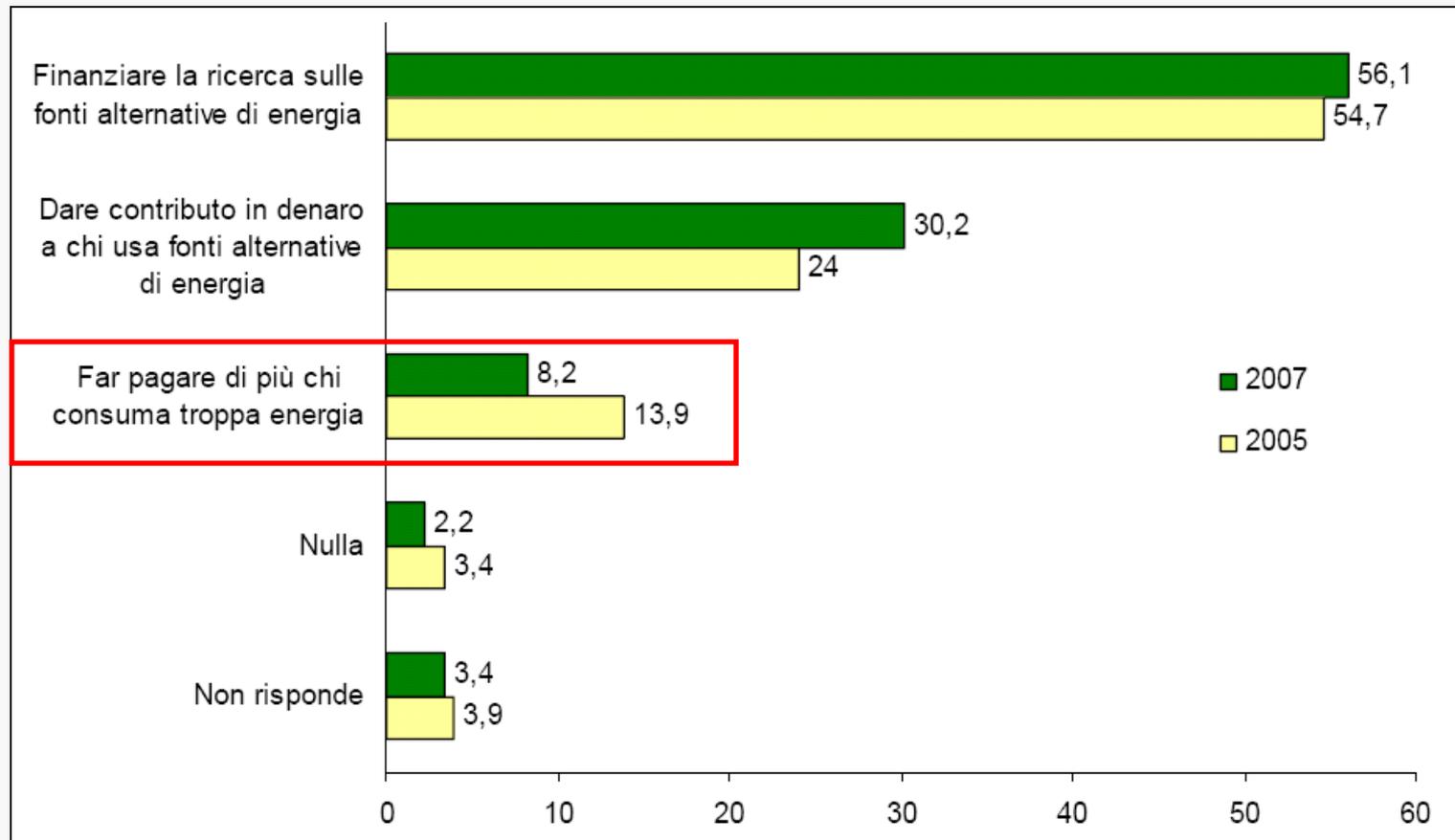


Fonte: Osservatorio Scienza e Società 2007, Observa



# Sostenibilità sociale

Cosa dovrebbe fare il governo per risolvere i problemi energetici?



Fonte: Osservatorio Scienza e Società 2007, Observa



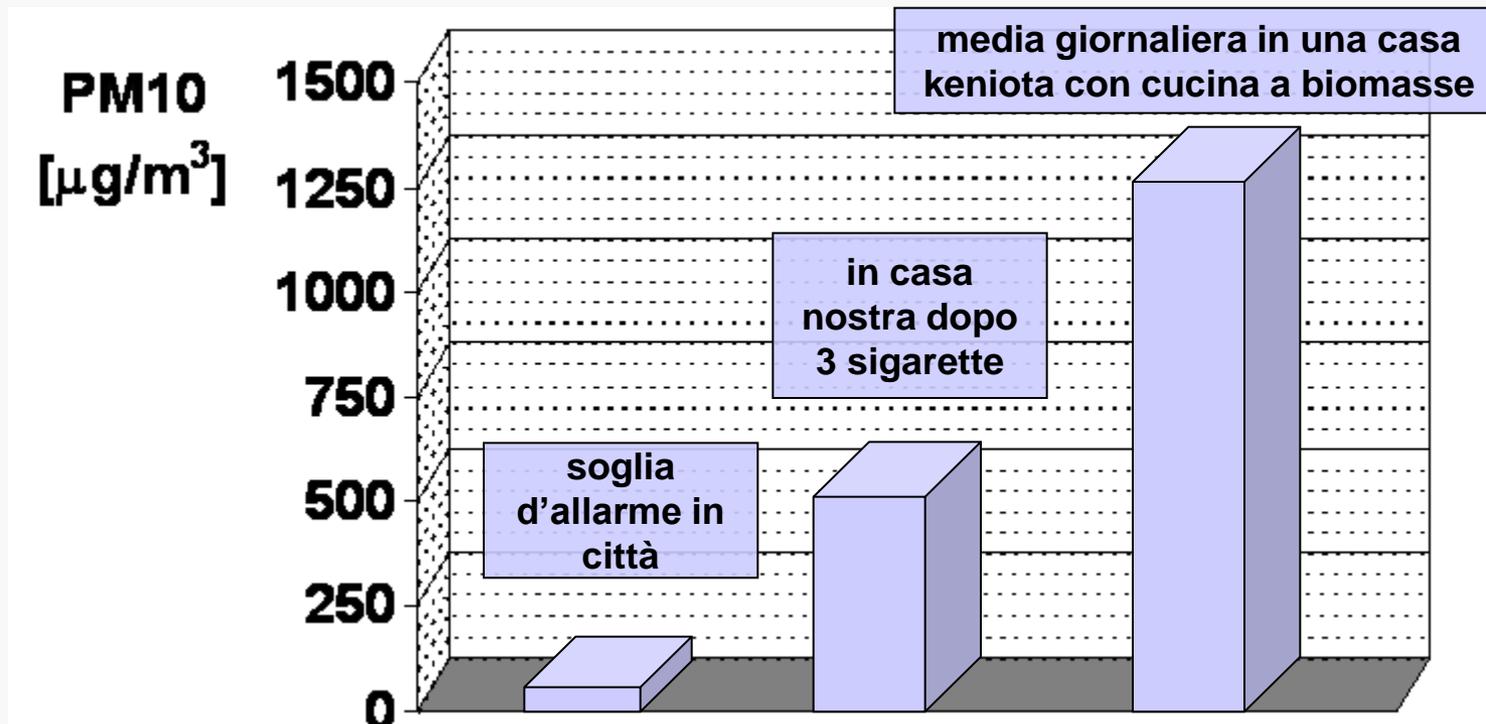
# Sostenibilità sociale

L'accettabilità di un rischio, la sua percezione e la sua tollerabilità non dipendono solo dalla gravità delle sue possibili conseguenze, ma soprattutto da una pluralità di fattori etici, psicologici e culturali che sono (i) la volontarietà all'esposizione al rischio, (ii) il livello di conoscenza del rischio, (iii) l'equilibrio (o il vantaggio) nel bilancio tra rischio e beneficio ed (iv) il controllo che si ritiene di avere sulla situazione o sulla tecnologia che genera il rischio e la familiarità.

Per gli impianti di conversione dell'energia il problema fondamentale è che **non viene percepito il beneficio**, benché, come visto, l'energia sia il pilastro sul quale si basa il nostro benessere.



# La percezione del rischio

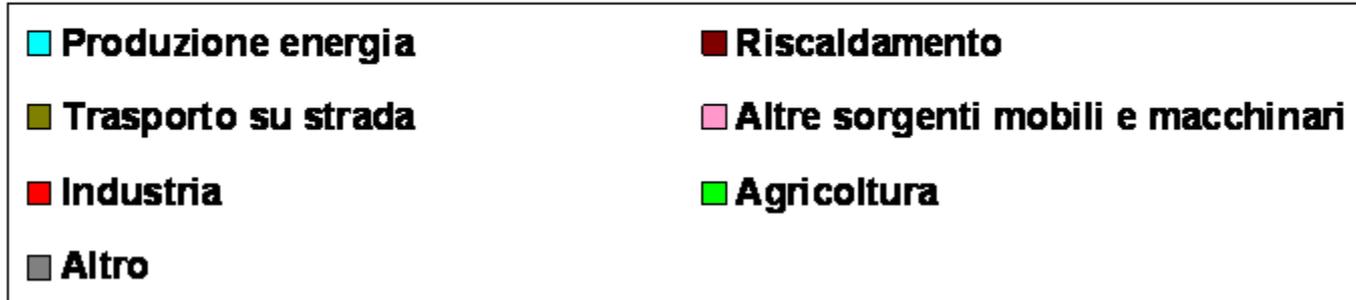
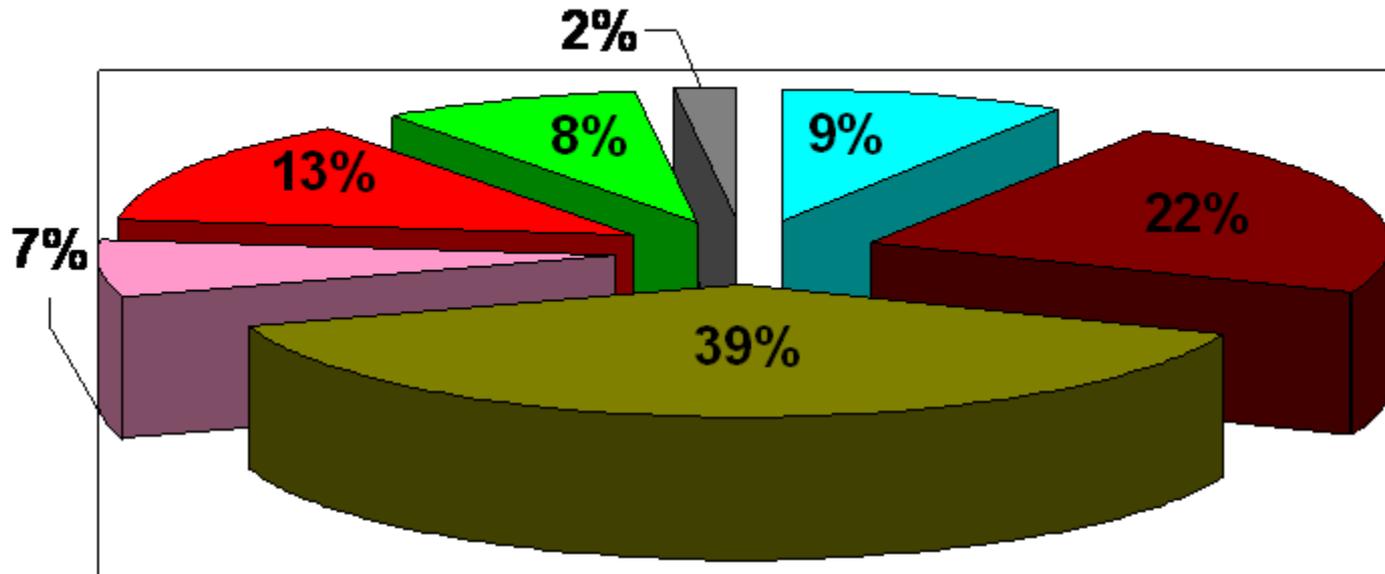


M. Ezzati, D.M. Kammen, 2002, *The Health Impacts of Exposure to Indoor Air Pollution from Solid Fuels in Developing Countries: Knowledge, Gaps, and Data Needs*, Discussion Paper 02-24, August, Resources for the Future, Washington  
G. Invernizzi, A. Ruprecht, R. Mazza, E. Rossetti, A. Sasco, S. Nardini, R. Boffi, 2004, *Particulate matter from tobacco versus diesel car exhaust: an educational perspective*, *Tobacco Control*, vol. 13, pp. 219-221



# La visione distorta

Fonti del particolato atmosferico in Lombardia

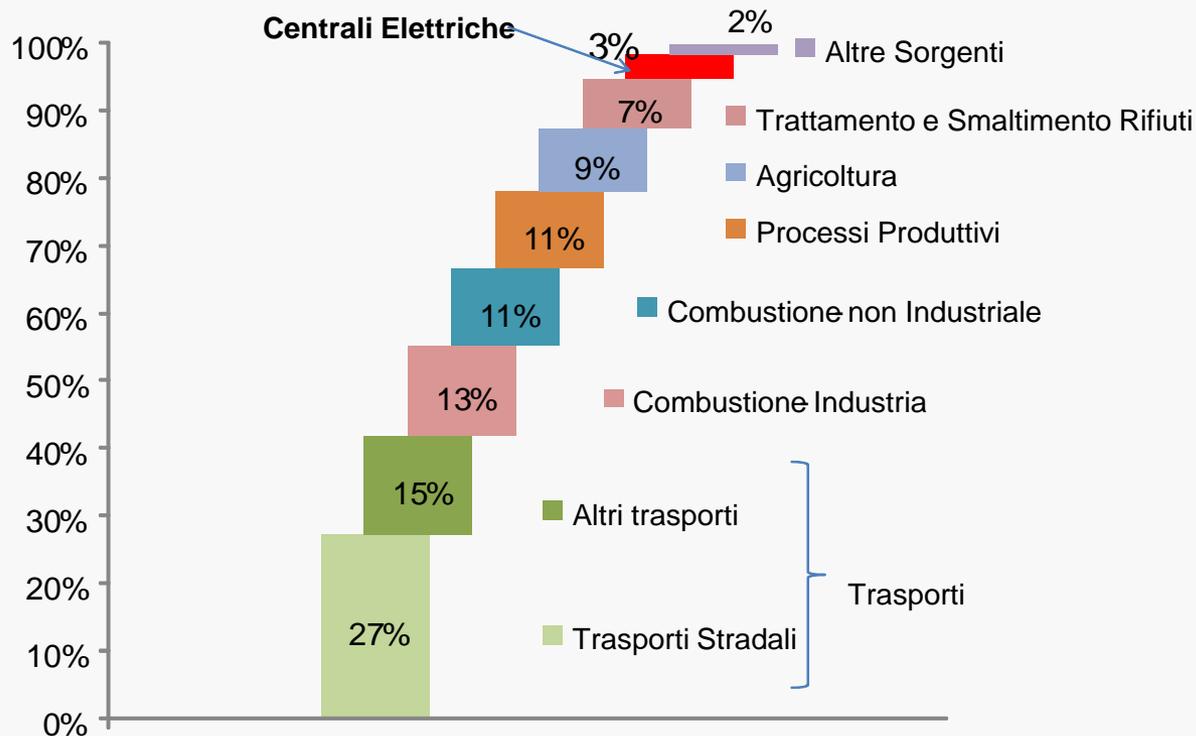


ARPA Lombardia, 2006, La qualità dell'aria in Lombardia, disponibile on-line



# La visione distorta

## Contributo alle emissioni di PM10 in Italia nel 2005

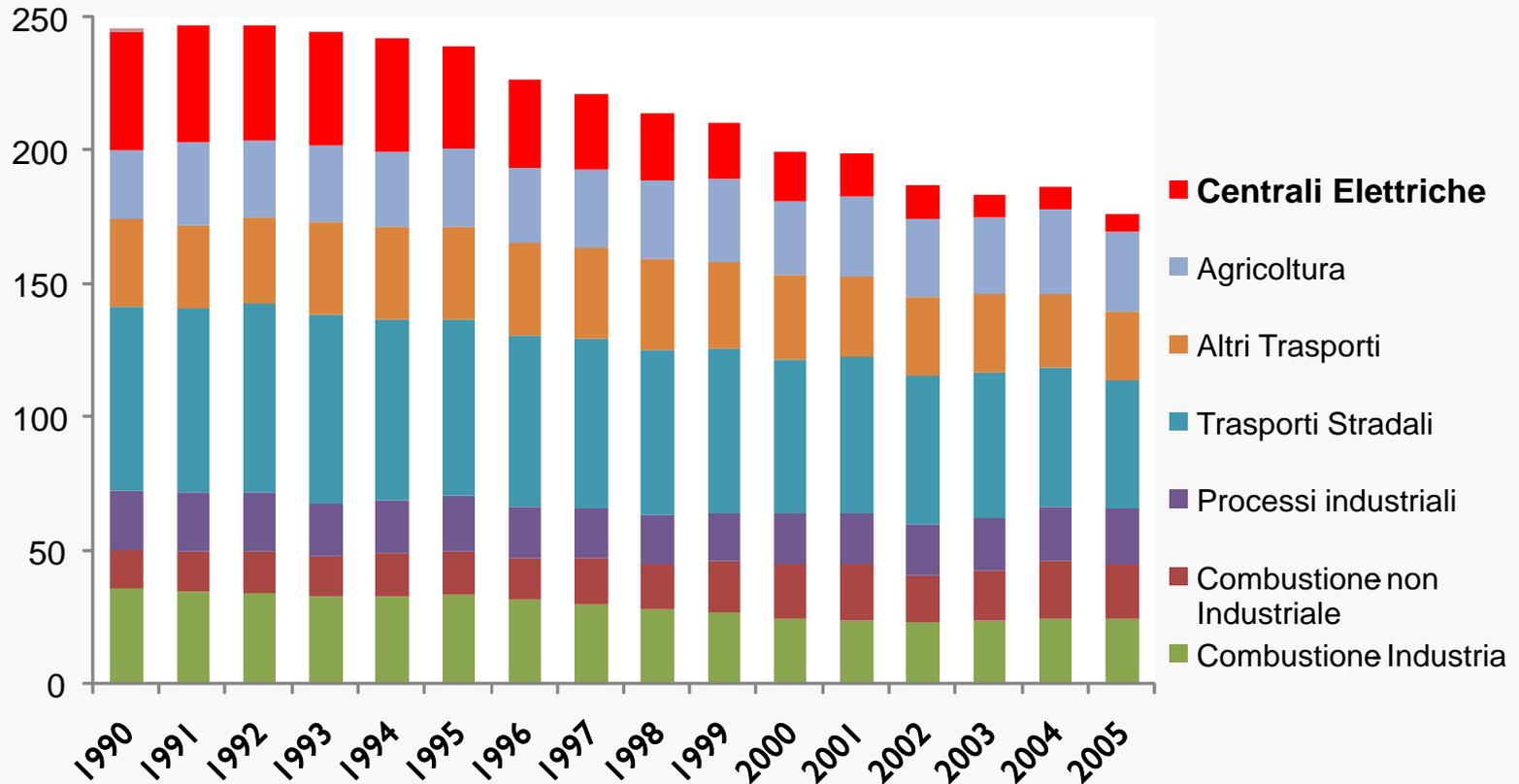


Fonte: Elaborazione NE Nomisma Energia dei dati APAT



# La visione distorta

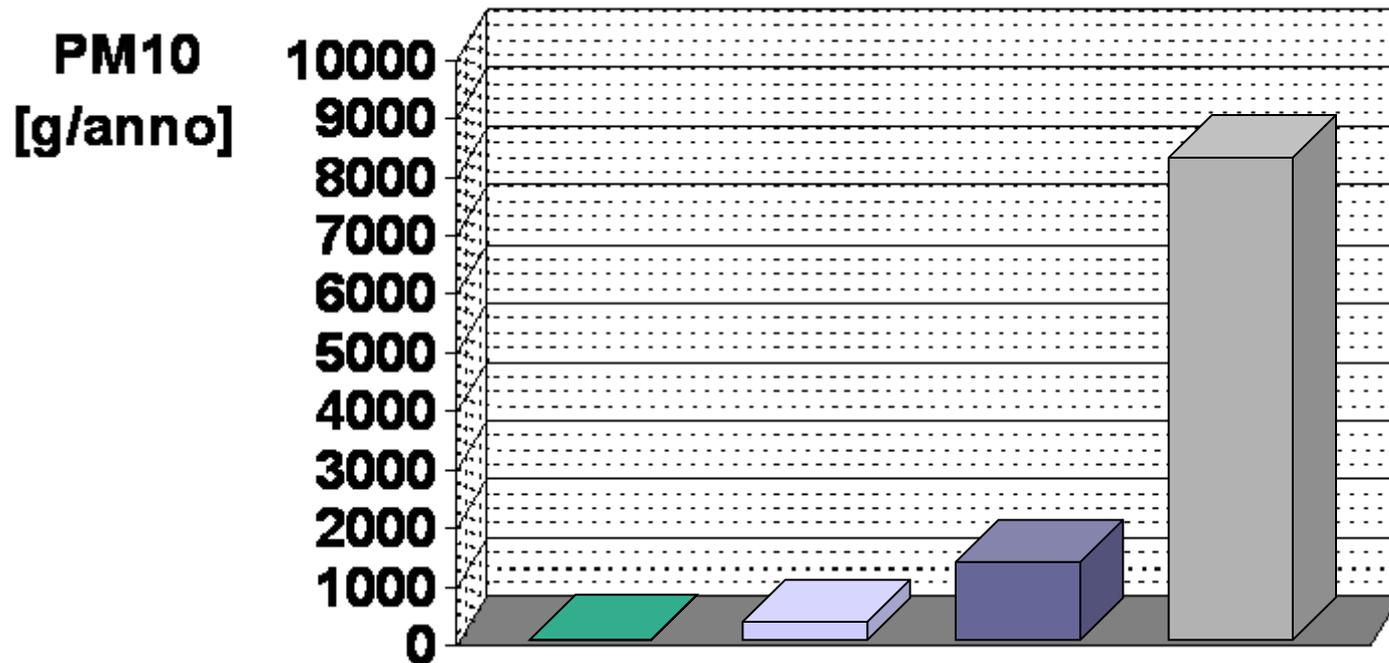
Emissioni di PM10 in kt/anno



Fonte: NE Nomisma Energia



# Tecnologie buone e cattive



Emissioni annuali per riscaldamento e acqua calda di una famiglia di quattro persone

**Caldaia a gas naturale – 7 g/anno**

Caldaia a gasolio – 167 g/anno

Caldaia a olio combustibile – 1333 g/anno

Sistema innovativo a basse emissioni  
e caldaia alimentata a biomasse

8182 g/anno



# Tecnologie cattive ?

» Corriere della Sera > Scienze > Giappone: studio sul «mal di turbina»



SOSPETTI SU SUONI A BASSA FREQUENZA EMESSI DAGLI IMPIANTI

## Giappone: studio sul «mal di turbina»

*Insonnia, mal di testa e vertigini per chi vive vicino a impianti eolici*



(Foto Afp)

**ROMA** - Dopo crescenti proteste e un ondata di denunce, il Giappone lancerà uno studio sul cosiddetto «mal di turbina eolica». Secondo il quotidiano Asahi Shimbun, un sempre maggior numero di persone che vivono nei pressi di campi eolici soffre di una persistente quanto misteriosa malattia, ribattezzata appunto «mal di turbina».

**I SINTOMI** - Mal di testa, vertigini e insonnia sono i sintomi più ricorrenti. Le cause non sono state ancora accertate, ma il

ministero dell'Ambiente giapponese sospetta che tutto questo sia legato ai suoni a bassa frequenza emessi dalla turbine eoliche. Disturbi simili sono stati riscontrati tra le persone che lavorano o vivono vicino a condizionatori o fabbriche di caldaie. Entrambe emettono effettivamente suoni a bassa frequenza, sotto i 100 hertz. Se lo studio dovesse stabilire il legame tra i disturbi e le pale eoliche, il governo di Tokio ha già annunciato che correrà ai ripari. Al momento, in Giappone ci sono oltre 1400 aerogeneratori.

11 febbraio 2009

**CORRIERE DELLA SERA.it**



# Sostenibilità economica



# Sostenibilità economica

L'impatto economico di un sistema energetico può essere

- diretto

Costo capitale dell'impianto di conversione, costo operativo e costo fonte energetica contribuiscono a formare il prezzo dell'energia elettrica.

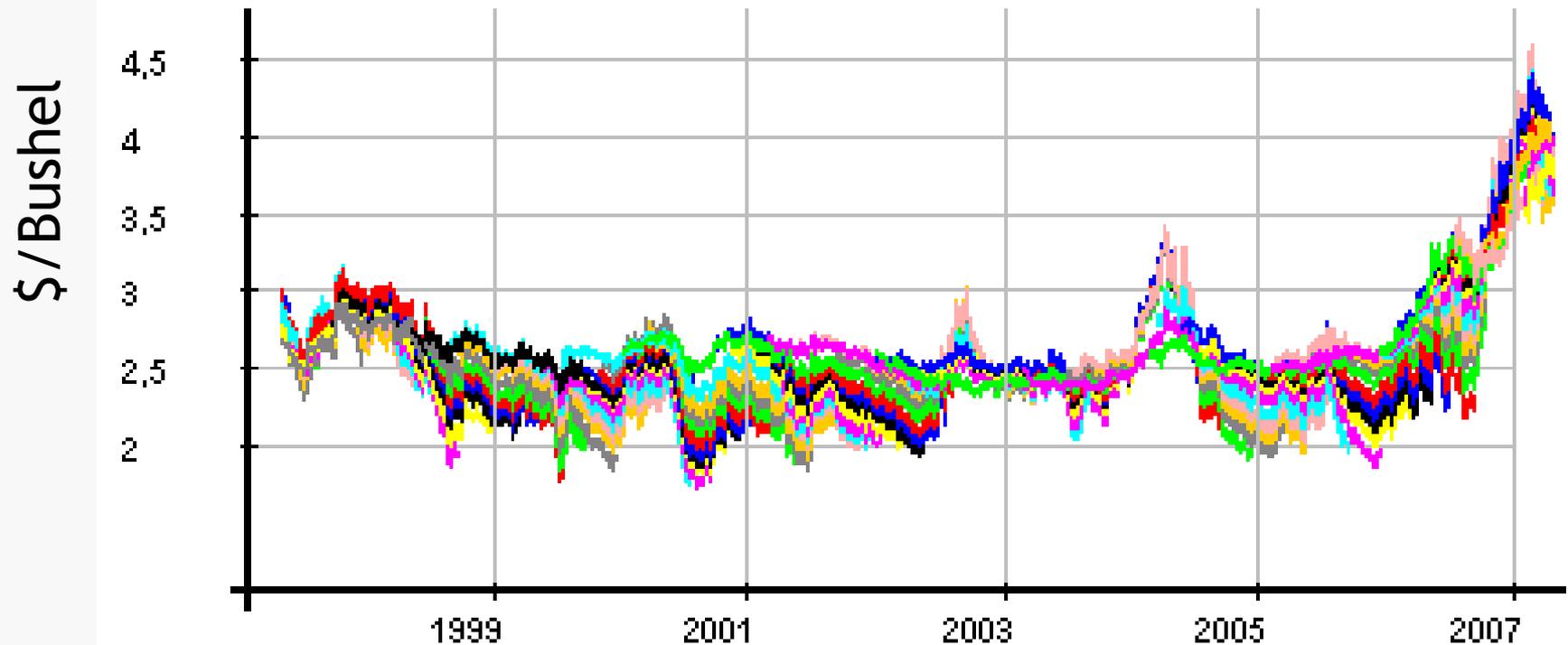
- indiretto

La scelta di una fonte energetica può influire sulle attività economiche di un paese (es. i rotori eolici possono ridurre l'attrattività turistica) e ...



# Sostenibilità economica

La direzione intrapresa dagli Stati Uniti verso la sostituzione della benzina con l'etanolo ha provocato un incremento del prezzo del mais prossimo al 100 %, con effetti più marcati sulle fasce povere (aumento del prezzo della tortilla circa del 60 % nell'ultimo anno)



Fonte: San Francisco Chronicle



# Sostenibilità economica



Nell'isola di Haiti l'aumento di riso, grano e mais di oltre il 50 % dovuto alla concorrenza dei biocombustibili da colture dedicate ha provocato disordini nell'aprile del 2008, con almeno 5 morti, e la caduta del governo.

Lo stesso è successo in Madagascar, dove, tra le altre "malefatte", il governo, scalzato dai rivoltosi, nel luglio del 2008 aveva ceduto, quasi gratuitamente, in concessione per 99 anni circa 900000 ha (un terzo della superficie arabile del paese) alla multinazionale sudcoreana Daewoo. Il terreno sarebbe stato utilizzato per la coltivazione di mais e palma a fini energetici.



# Sostenibilità economica

Ovviamente, l'utilizzo di certe tecnologie può essere visto anche come un'opportunità economica

- biomasse (utilizzo di terreni agricoli “set a side” conseguenti ai PAC, improduttivi o coltivabili per prodotti no food)
- rifiuti e reflui zootecnici (waste-to-energy, termovalorizzazione dei rifiuti indifferenziati, etc.)
- fotovoltaico (creazione di un indotto tecnologico)
- carbone (creazione di un ingente numero di posti di lavoro)



# Sostenibilità tecnologica



# Sostenibilità tecnologica

## Rete a 400 kV



39 427 km di linee

Linee a 380 kV : 9 812 km

Linee a 220 kV : 9 773 km

Linee a < 150 kV : 19 842 km

362 stazioni di trasformazione e smistamento

567 Trasformatori

3 centri di tele conduzione

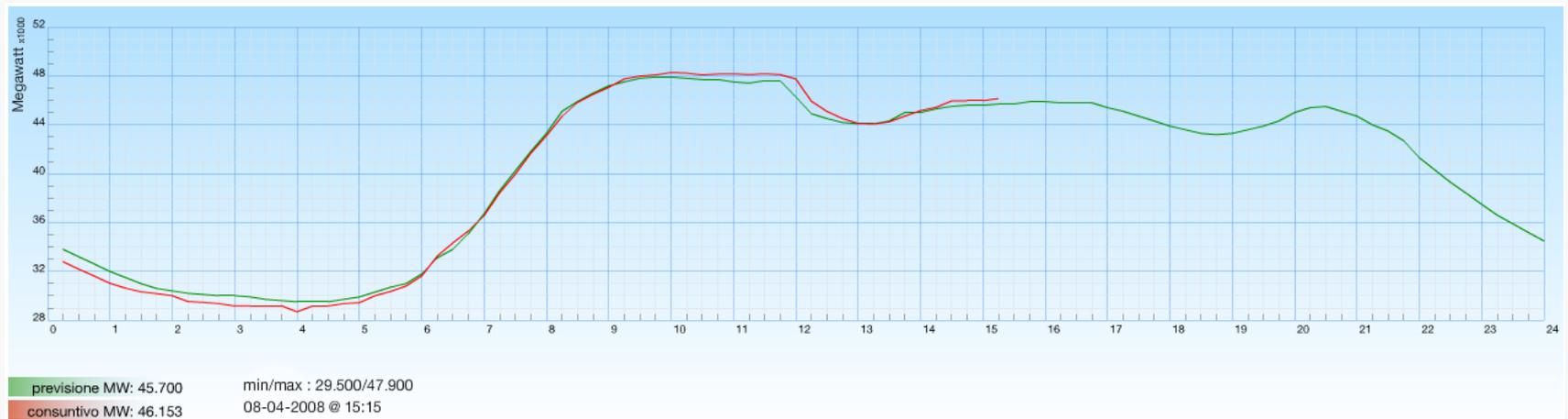


# Sostenibilità tecnologica

## Regolazione della frequenza di rete

- l'ente gestore della rete deve garantire l'equilibrio tra la domanda e l'offerta di potenza al fine di mantenere costante la frequenza di rete al valore di 50 Hz

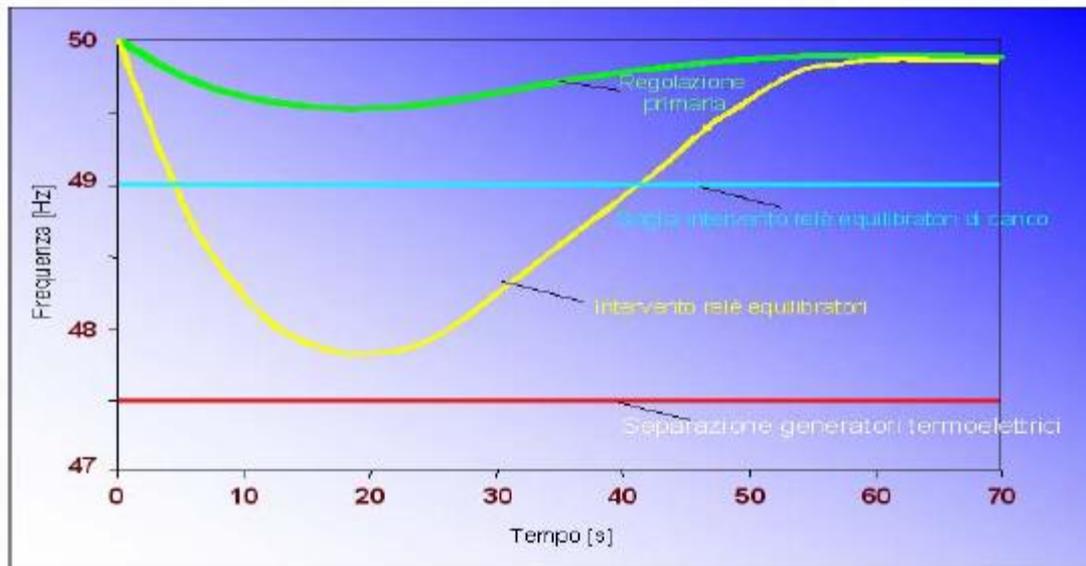
La regolazione è effettuata in primo luogo programmando accensione, spegnimento e variazione di carico delle centrali



# Sostenibilità tecnologica

Nel caso in cui per disfunzioni ci sia il distacco dalla rete di alcune unità produttive, con conseguente deficit di potenza e calo della frequenza di rete, intervengono (i) regolazione primaria e (ii) alleggerimento del carico, con lo scopo di arrestare la variazione di frequenza.

Se il calo di frequenza non si arresta, alla frequenza di 47.5 Hz c'è il distacco dei gruppi termoelettrici con conseguente **BLACKOUT**.



Intervento della **REGOLAZIONE PRIMARIA** di frequenza e del Piano di **ALLEGGERIMENTO DEL CARICO**

La variazione della **FREQUENZA** non si arresta

Il Sistema Elettrico evolve in uno stato di **Black out**



# Il blackout del 28 settembre 2003

L'Italia importa costantemente circa 6500 MW di potenza elettrica dall'estero per ridurre il costo medio del kWh.

Di notte questo prelievo corrisponde a circa il 25% della potenza elettrica richiesta, a fronte di una “riserva calda” non disponibile a coprire totalmente questo prelievo.

L'interruzione notturna della fornitura estera (causata alle 3:02 da una scarica verso albero nella linea svizzera 400 kV Lavorgo-Mettlen) ha comportato il sovraccarico della rete nazionale, un repentino calo di frequenza e il distacco di tutti gli impianti di produzione.

La capacità di trasporto degli elettrodotti è saturata ormai da molti anni.

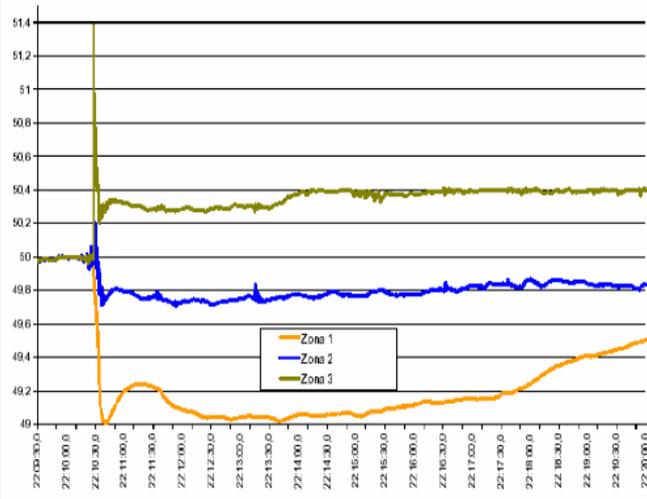
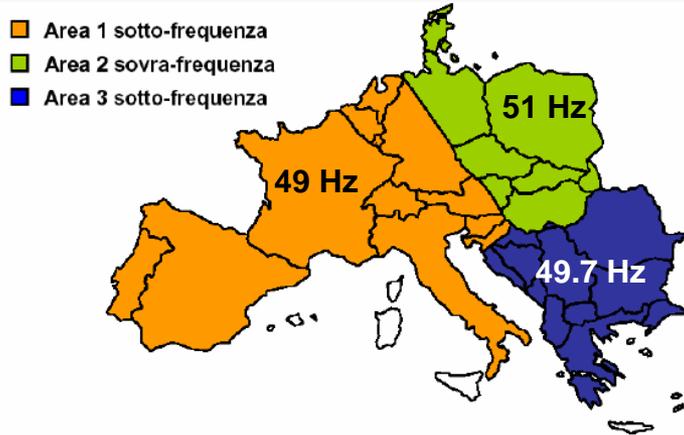
La realizzazione di nuovi elettrodotti è ostacolata dalle amministrazioni locali per la paura dell’“**elettrosmog**”.





**Black out 28 settembre 2003**

# Il blackout del 4 novembre 2006



Il deficit di potenza di 8940 MW in Germania (causato dalla disattivazione di una linea ad alta tensione per lasciar passare una nave in fase di varo) ha provocato un transitorio con sotto-frequenza di 0.13 Hz/s nell'AREA 1.

L'abbassamento di frequenza ha causato lo scatto di ulteriori 10900 MW (eolici e da **piccola generazione distribuita**).

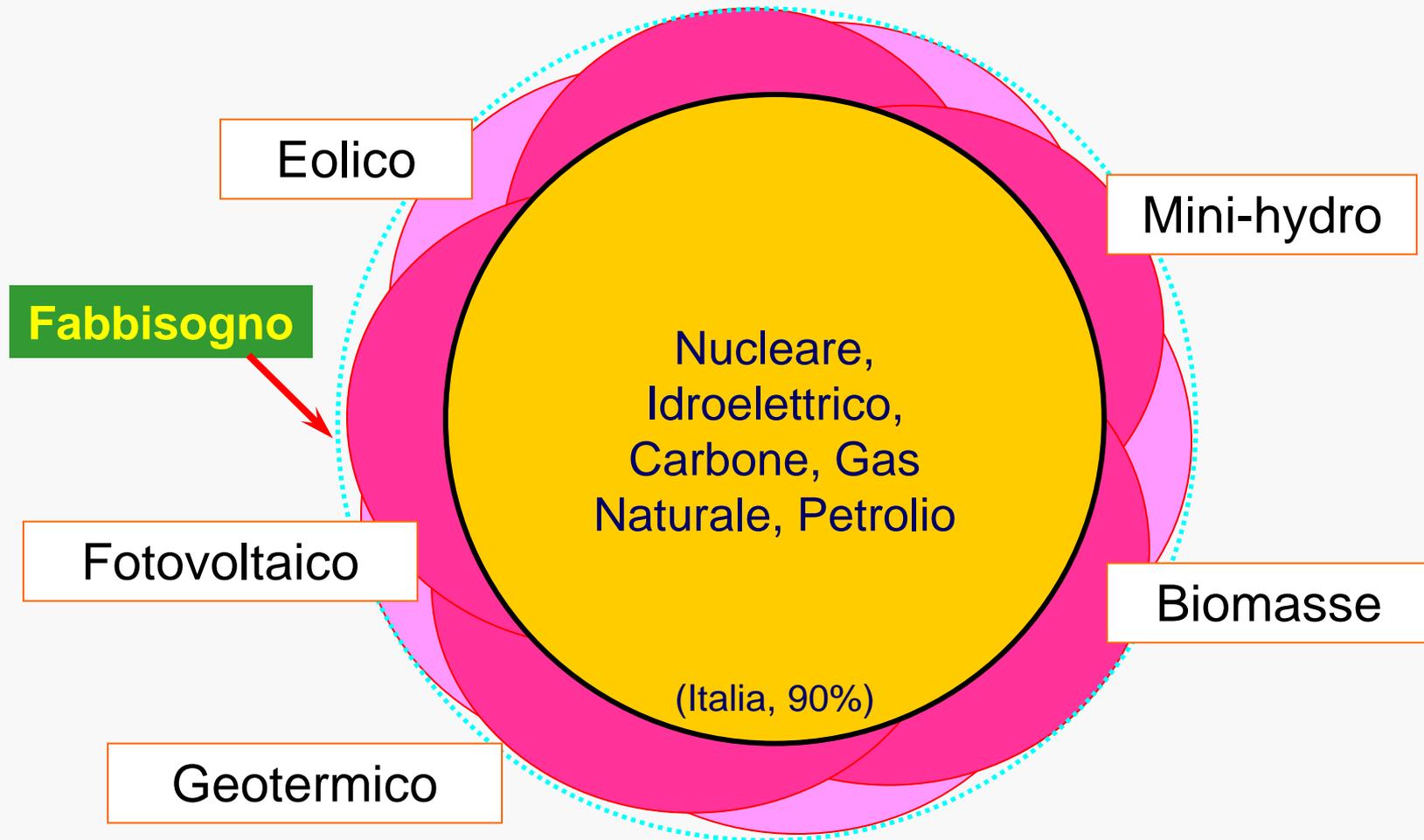
Il deficit di potenza totale è passato da 8940 MW a 19840 MW.

Per ristabilire l'equilibrio tra produzione e consumo è intervenuta la regolazione primaria, che ha aumentato la produzione di 3040 MW, e sono intervenuti i piani di alleggerimento del carico, che hanno staccato 16800 MW (15 milioni di utenti disconnessi).



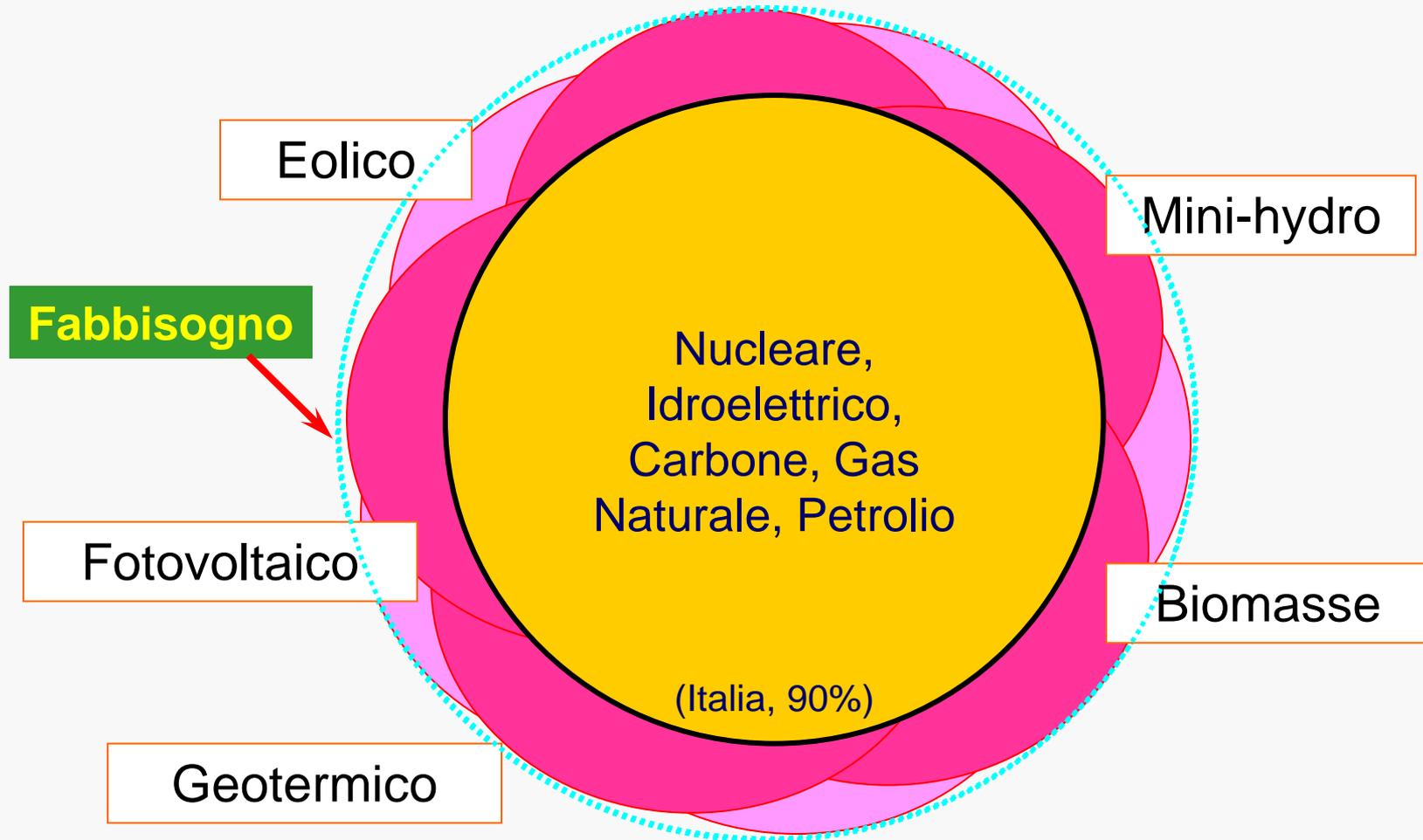
# La rosa delle opportunità

Costruire un Piano Energetico, significa sfogliare la rosa delle opportunità per trovare una soluzione sostenibile alle esigenze (fabbisogno).



# La rosa delle opportunità

Con la consapevolezza che una riduzione del fabbisogno porterebbe ad una soluzione **più** sostenibile.

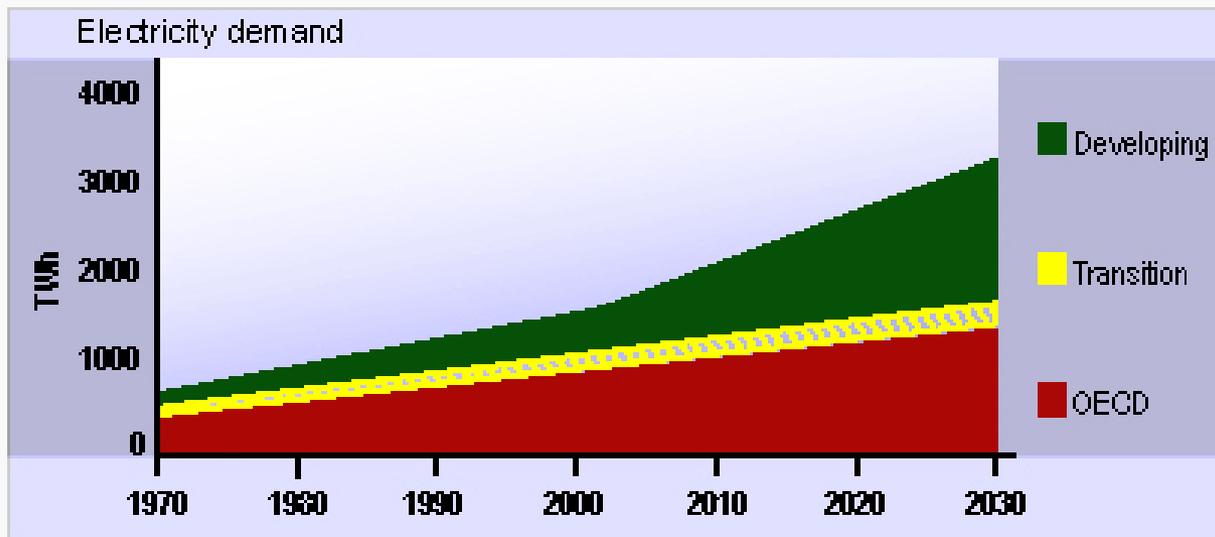


# Produzione dell'energia da fonte nucleare



# Motivazioni per l'uso dell'energia nucleare (1/2)

- Riduzione delle scorte di combustibili fossili e problemi “politici”
- Aumento considerevole del consumo di energia
  - Nuove abitudini “energetiche”
  - Maggior numero di consumatori potenziali



Source: OECD/IEA World Energy Outlook 2004



# Motivazioni per l'uso dell'energia nucleare (2/2)

- Aumento conseguente delle emissioni (gas ad effetto serra)
  - Nord-America: 54 kg<sub>CO2</sub>/giorno/persona
  - Europa e Giappone: 23 kg<sub>CO2</sub>/giorno/persona
  - Cina (1.4 miliardi di persone!!!): 6 kg<sub>CO2</sub>/giorno/persona
- Riscaldamento globale
- Limitato contributo alla produzione di energia delle fonti rinnovabili (stimato 6% dell'energia elettrica richiesta nel 2030)



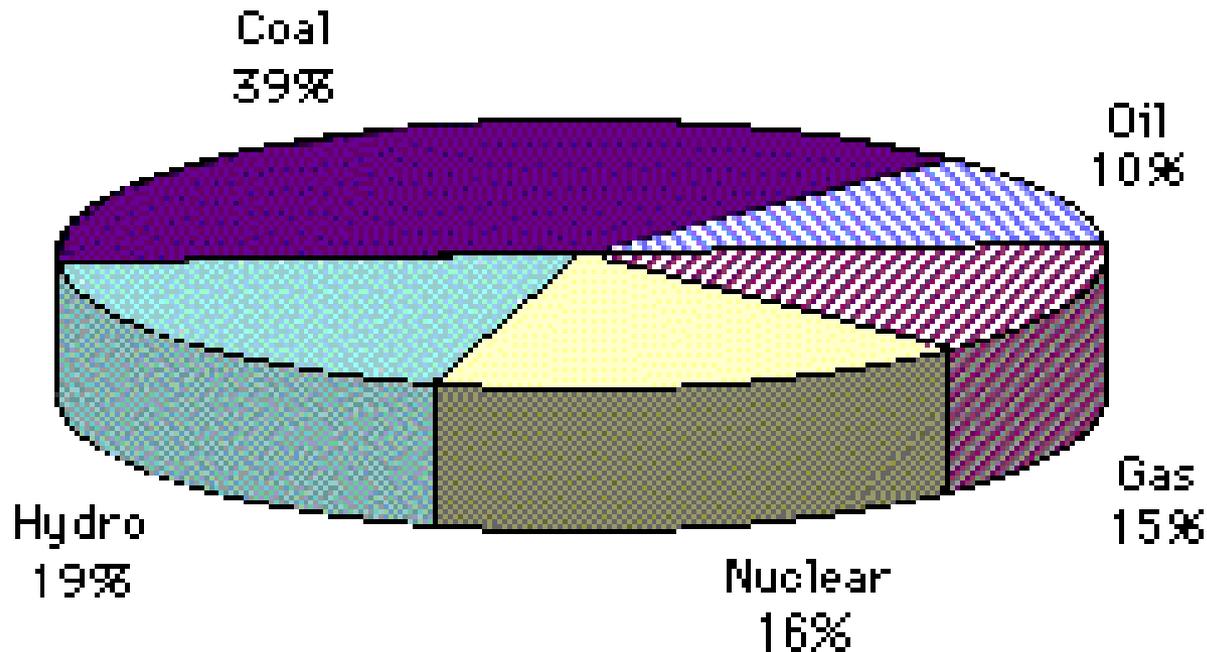
# Resistenze all'uso dell'energia nucleare

- Rischio di contaminazione e di incidenti catastrofici  
(problema sociale)
- Smaltimento dei residui e delle scorie



# Produzione di energia - fonti

Il 16% dell'energia mondiale è prodotta da fonte nucleare  
(> dell'energia prodotta da tutte le fonti nel 1960)



Produzione di energia nel mondo al 2008

Fonte: <http://www.world-nuclear.org/>



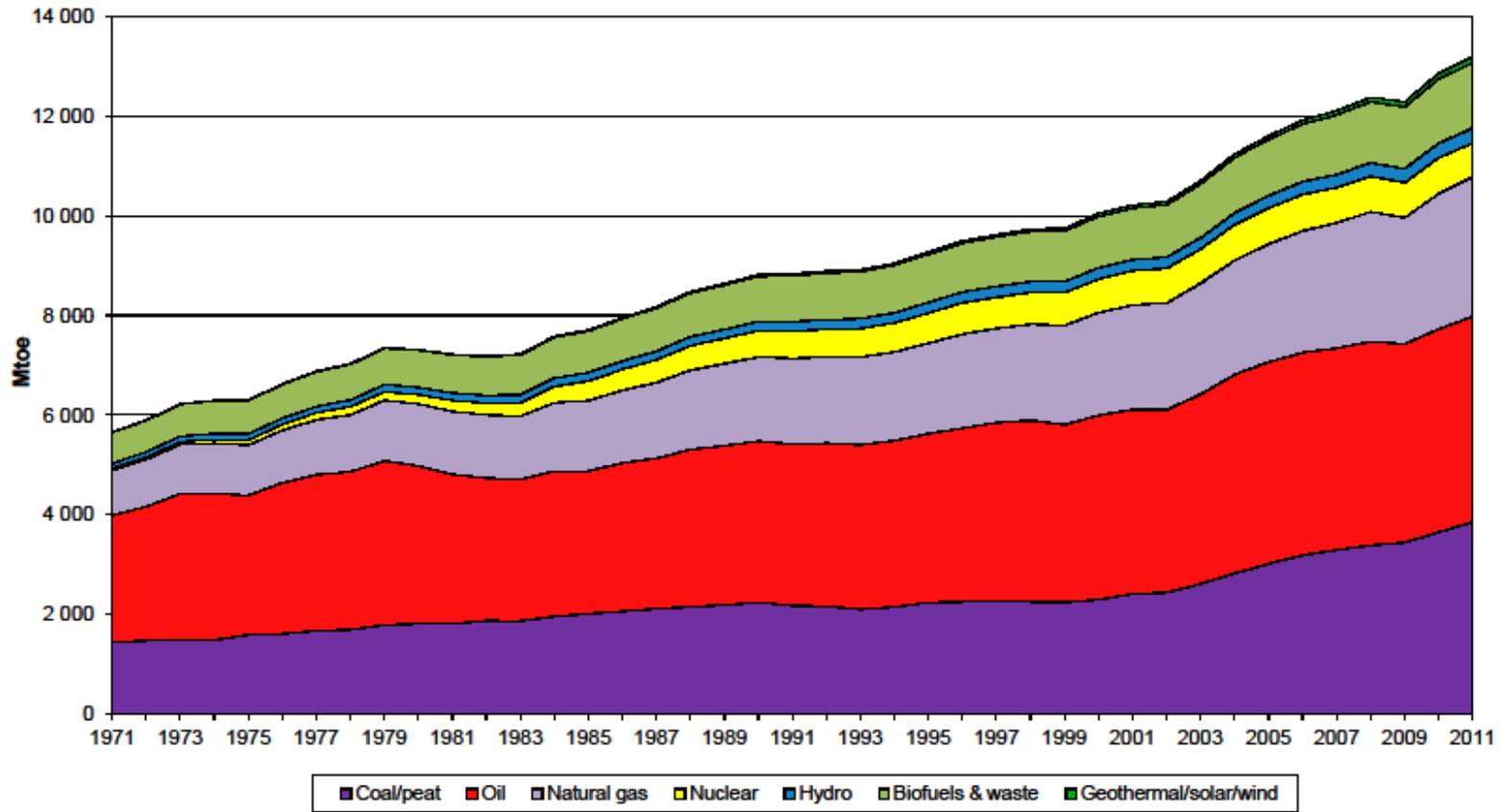
# Produzione mondiale di energia (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



## Energy production World



© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



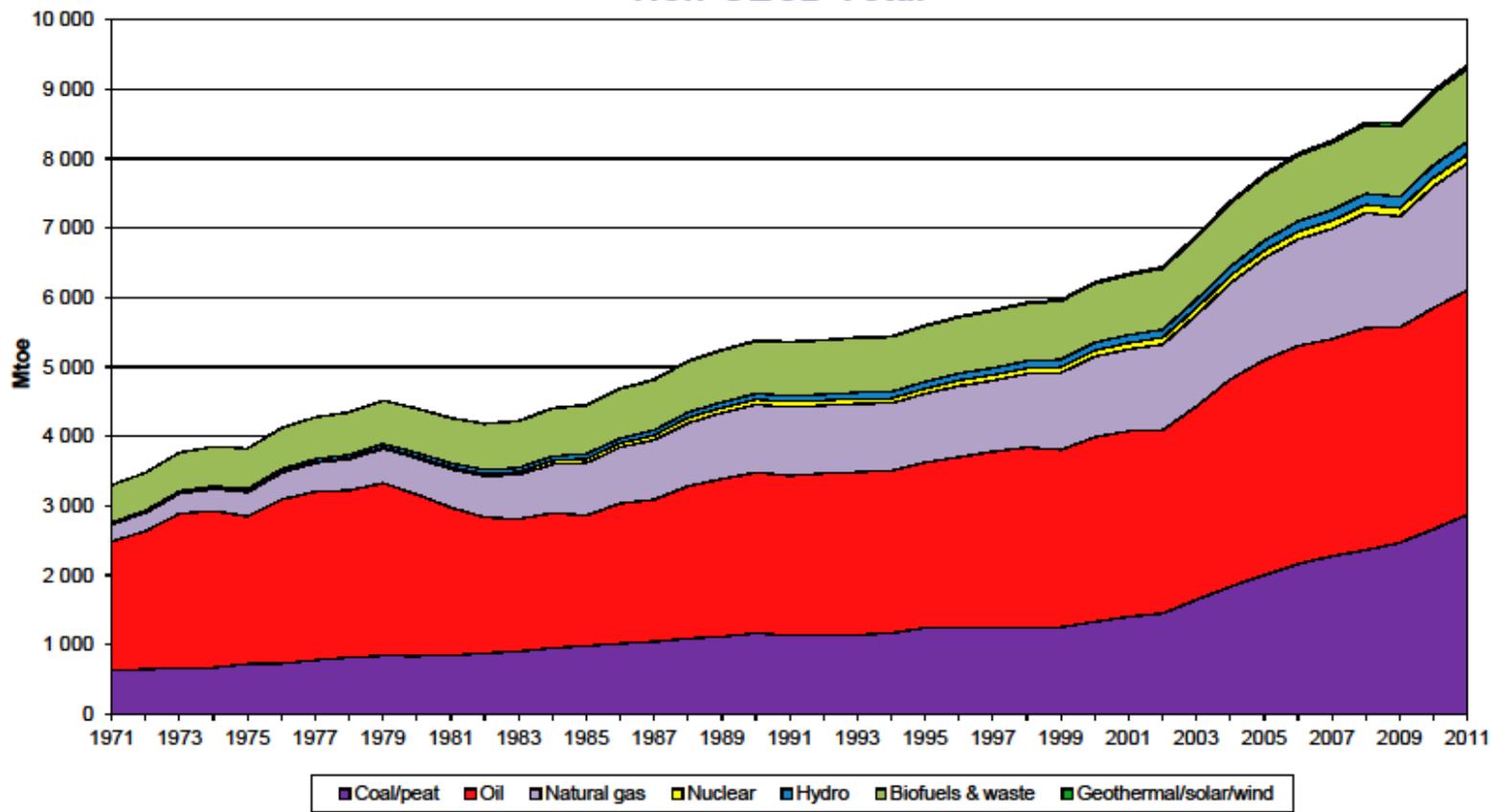
# Produzione di energia paesi non OCSE (1971 - 2011)

IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



## Energy production Non-OECD Total



© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



# Produzione di energia paesi OCSE (1971 - 2011)

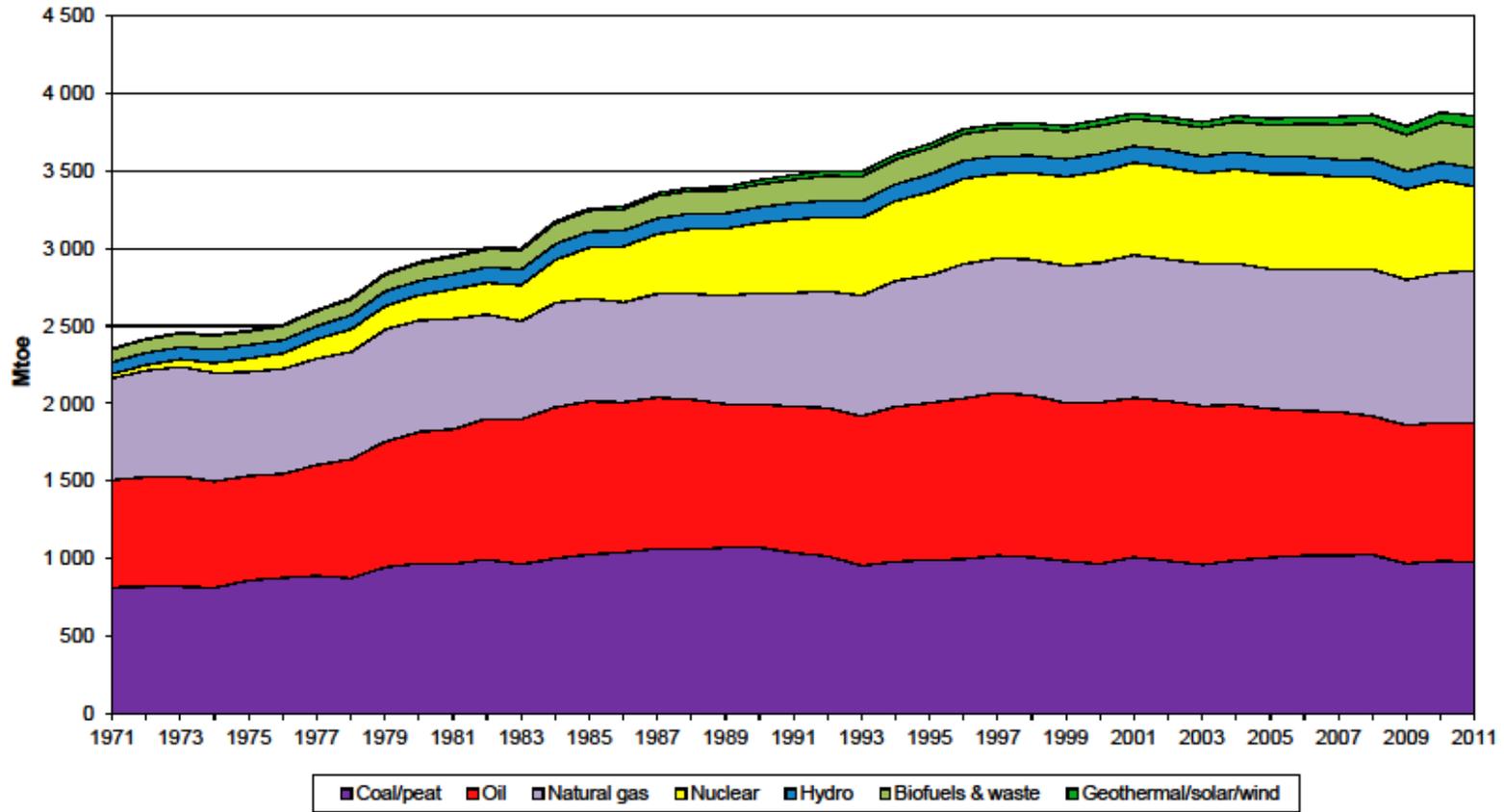
IEA Energy Statistics

Statistics on the web: <http://www.iea.org/stats/index.asp>



## Energy production

### OECD34 excl Estonia/Slovenia before 1990



© OECD/IEA 2013

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.



# Produzione ed utilizzo dell'energia (USA – 2006)

Figure 1. Energy prices, 1980-2030 (2005 dollars per million Btu)

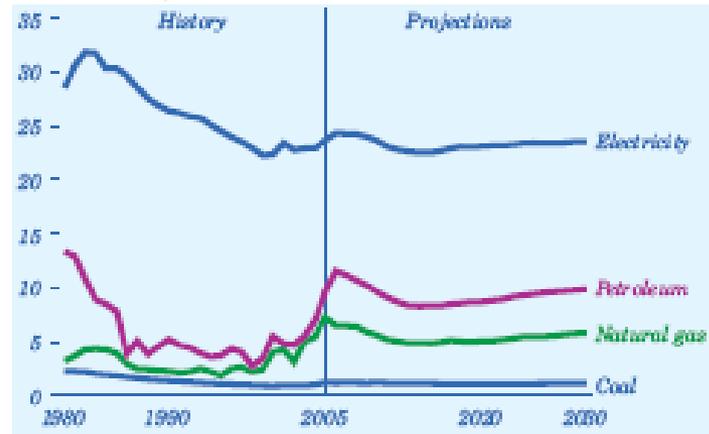


Figure 2. Delivered energy consumption by sector, 1980-2030 (quadrillion Btu)

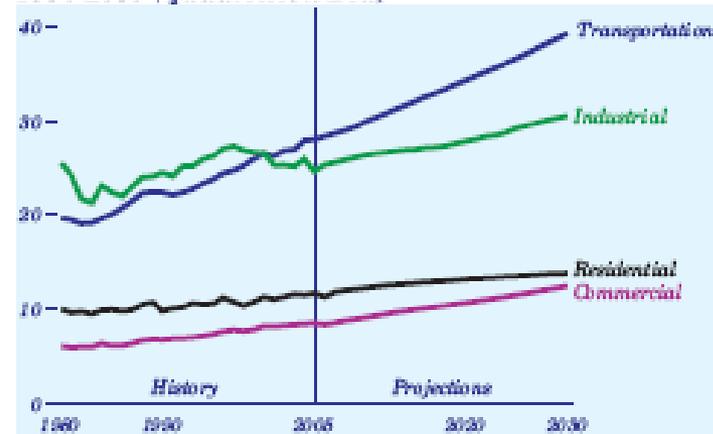


Figure 3. Energy consumption by fuel, 1980-2030 (quadrillion Btu)

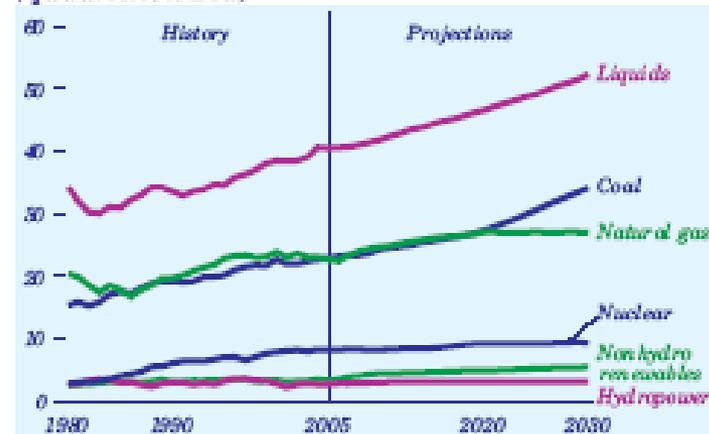
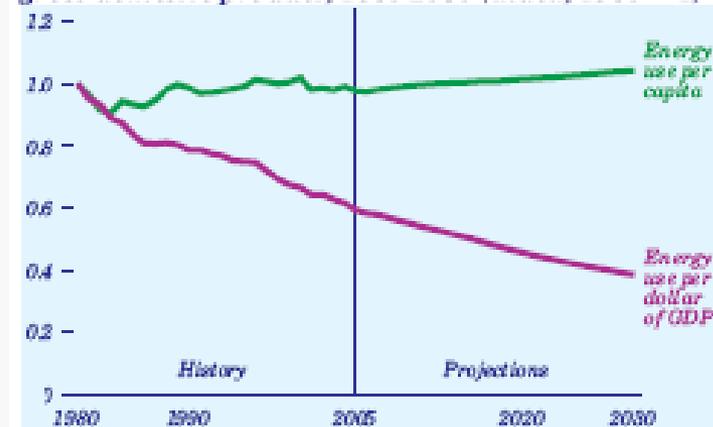


Figure 4. Energy use per capita and per dollar of gross domestic product, 1980-2030 (index, 1980 = 1)



# Produzione ed utilizzo dell'energia (USA – 2006)

Figure 5. Electricity generation by fuel, 1980-2030 (billion kilowatthours)

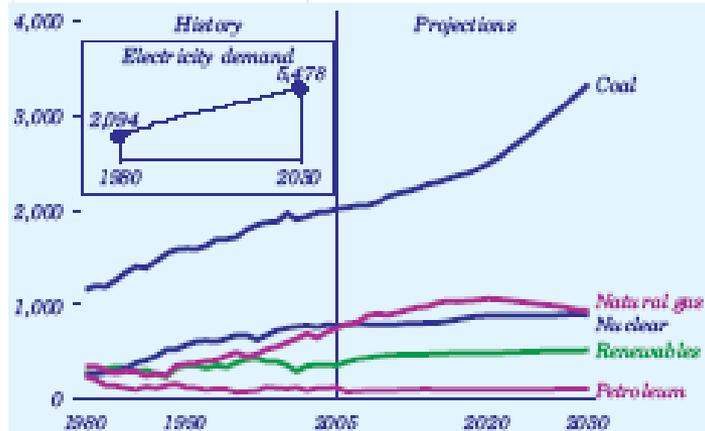


Figure 6. Total energy production and consumption, 1980-2030 (quadrillion Btu)

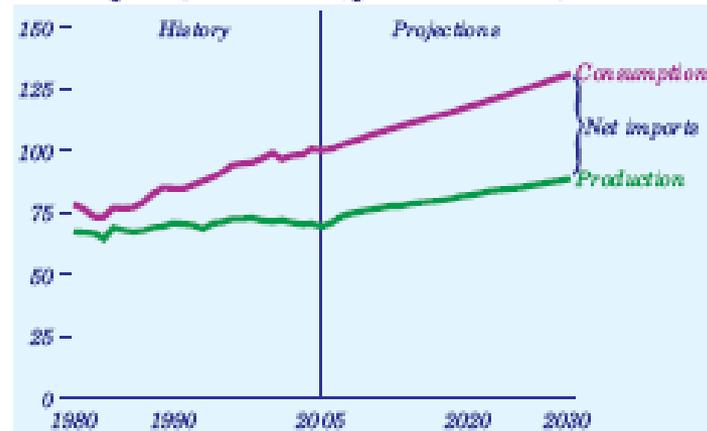


Figure 7. Energy production by fuel, 1980-2030 (quadrillion Btu)

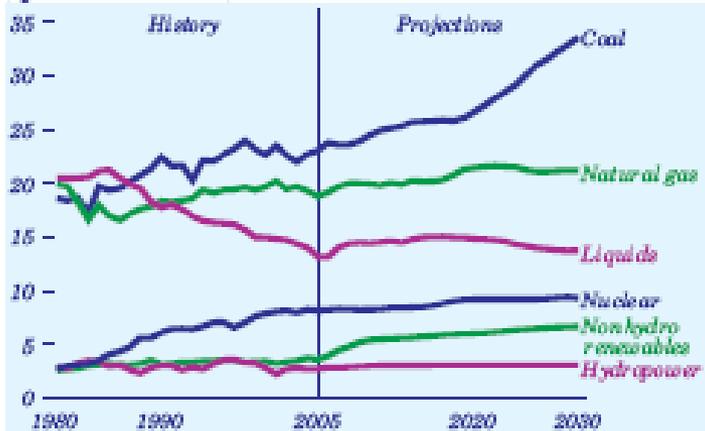


Figure 8. U.S. carbon dioxide emissions by sector and fuel, 1990-2030 (million metric tons)

