

Il contesto energetico globale: consumi, riserve, prospettive future

Unità di energia utili: il “tep” (tonnellata di petrolio equivalente)
= potere calorifico medio di 1 ton di olio combustibile (1000 kg = 7.33 barili)

$$\mathbf{1\ tep = 10\ Gcal = 41.87\ GJ = 11,630\ kWh}$$

**(1 tep di un combustibile fossile bruciato in una centrale termoelettrica con
efficienza del 52% produce 6,050 kWh di elettricità)**

(1tep a \$100/bbl costa €500; 6,050 kWh di elettricità a 0.22 €/kWh valgono €1350)

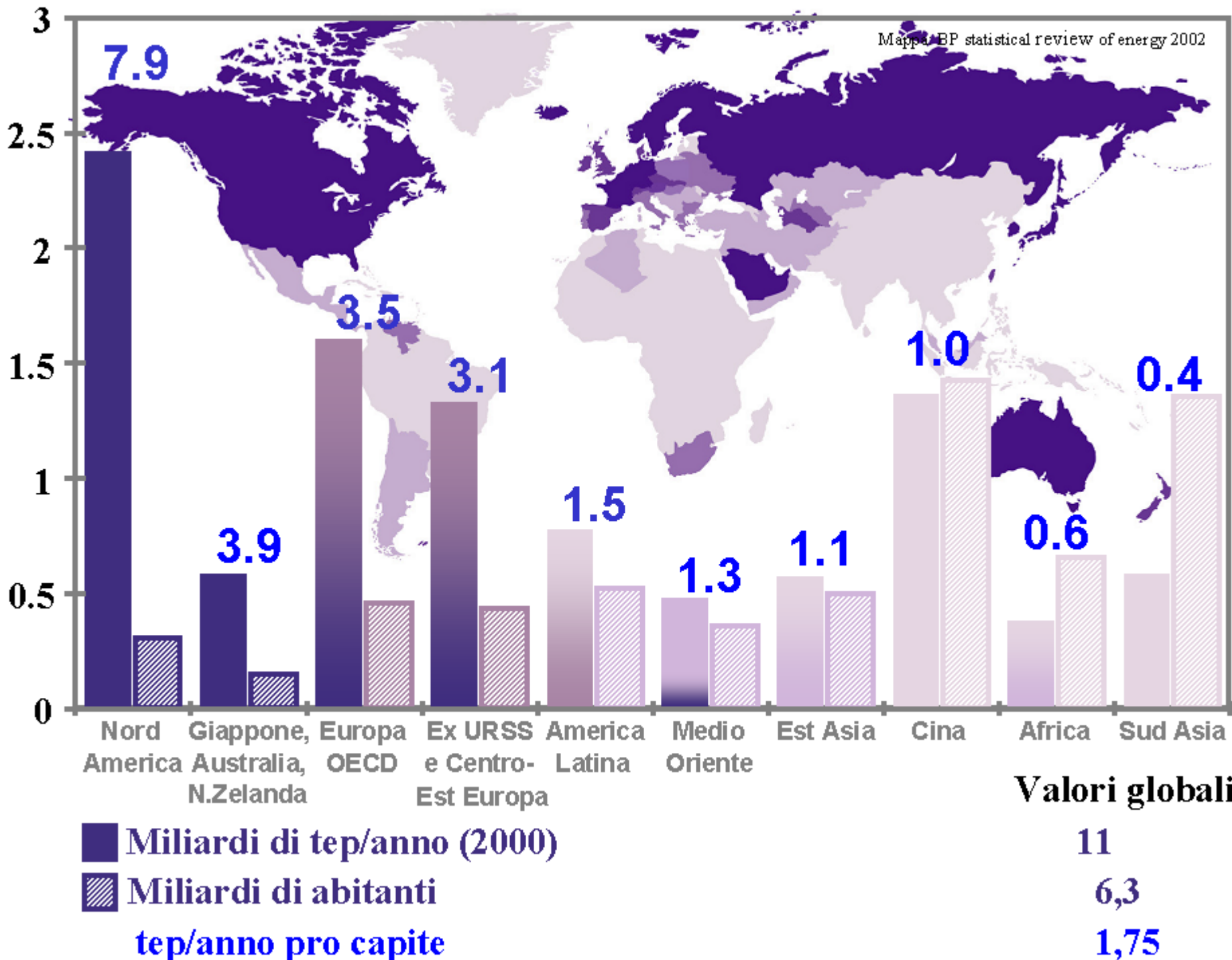


Consumi pro-capite medi di energia primaria:

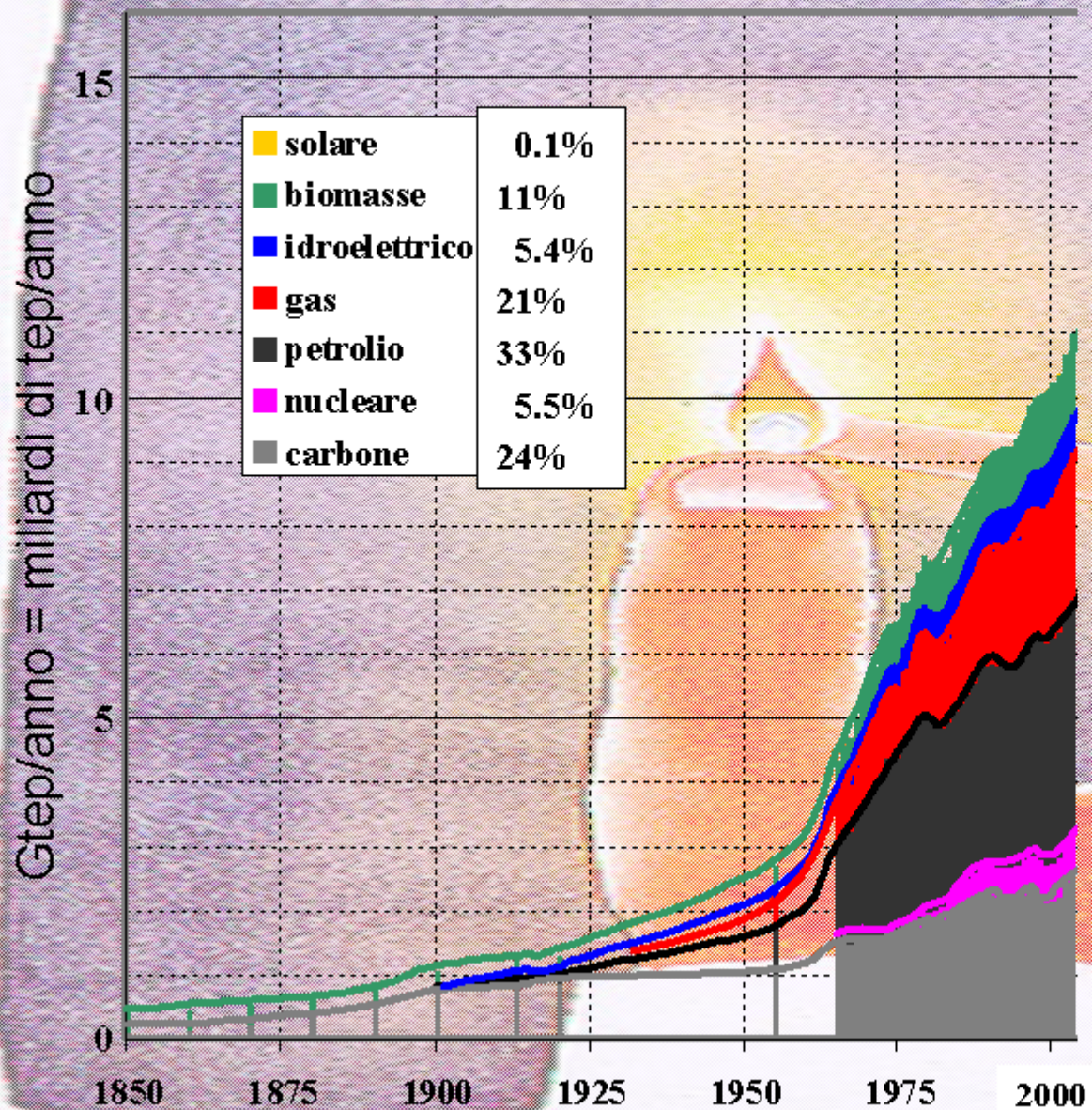
negli U.S.A. = 7.9 tep/anno = 25 litri/giorno (11 €/giorno)

in Europa = 3.5 tep/anno = 11 litri/giorno (5 €/giorno)

nel mondo = 1.7 tep/anno = 5,5 litri/giorno (2.5 €/giorno)



Consumo globale e mix di fonti negli ultimi 150 anni



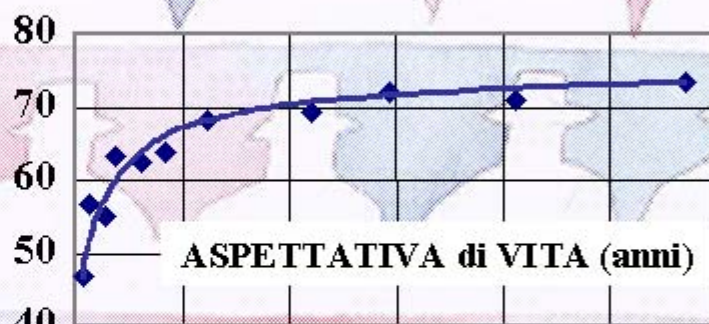
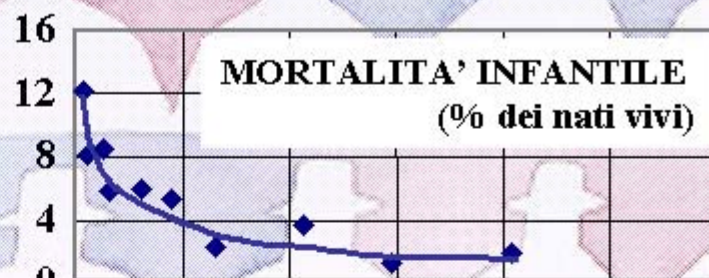
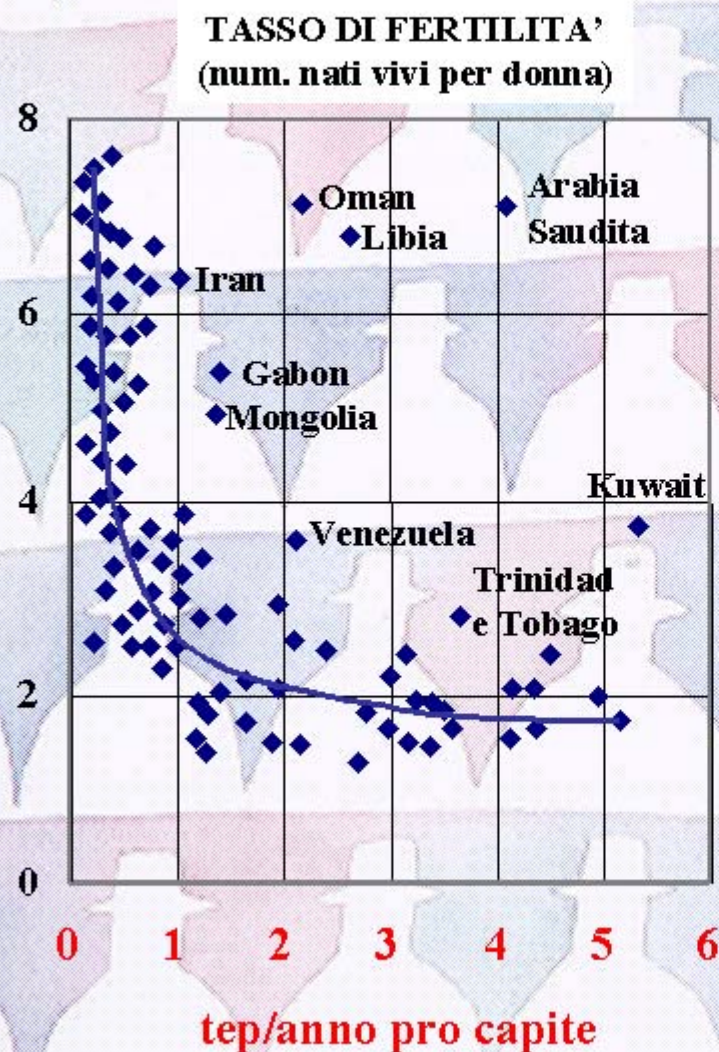
Storia dei consumi pro-capite annui di energia

alimenti per la sopravvivenza (3000 kcal/giorno)	0,11 tep/anno
umanità dopo scoperta fuoco (500.000 anni fa)	0,22 tep/anno
neolitico - età bronzo e ferro	0,45 tep/anno
economia rurale-artigianale greco-romana	0,50 tep/anno
1800 - Inghilterra	0,55 tep/anno
1900 - Inghilterra	2,8 tep/anno
2000 - Inghilterra	3,5 tep/anno

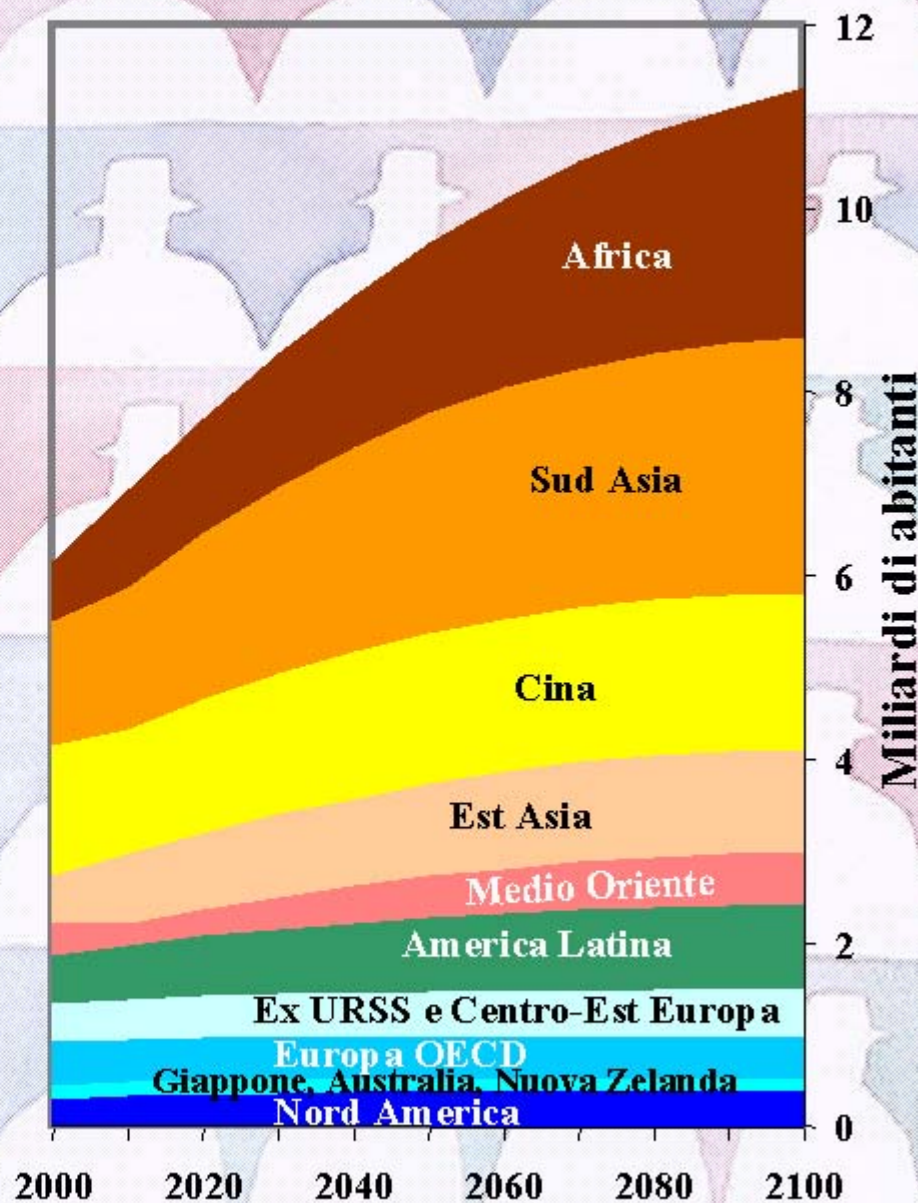
	frazione agricola del prodotto lordo	
<1900 - Italia	66 %	0,50 tep/anno
1900 - Italia	50 %	0,50 tep/anno
1913 - Italia	42 %	0,55 tep/anno
1939 - Italia	28 %	1,0 tep/anno
1981 - Italia	6,4 %	2,5 tep/anno
2000 - Italia	3,3 %	3,0 tep/anno

	fabbisogno globale	numero di abitanti	media pro capite
epoca greco-romana	0,15 Gtep/anno	300 milioni	0,5 tep/anno
2000 - intera umanità	10,3 Gtep/anno	6200 milioni	1,7 tep/anno

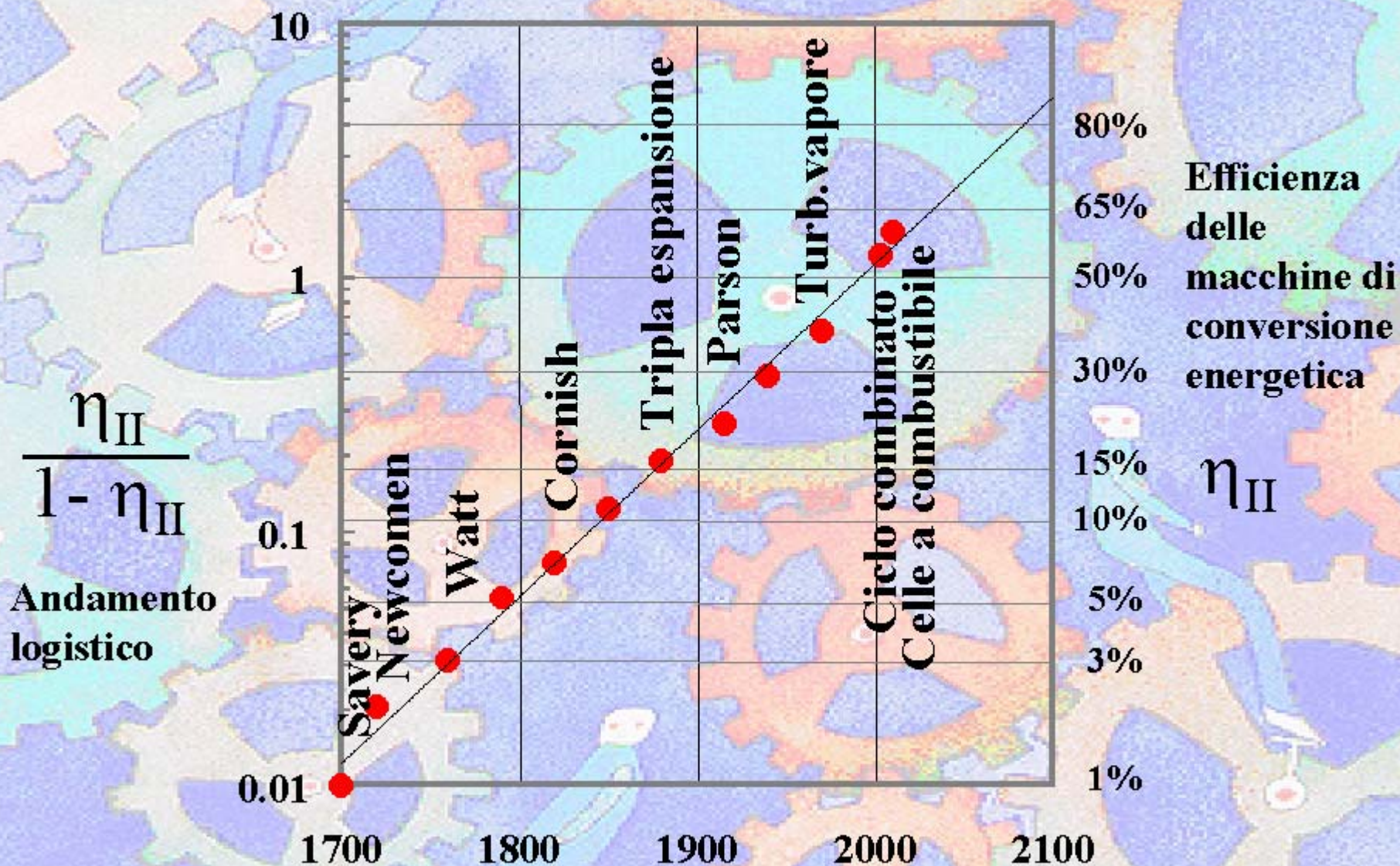
Sviluppo socio-economico e consumo pro capite di energia



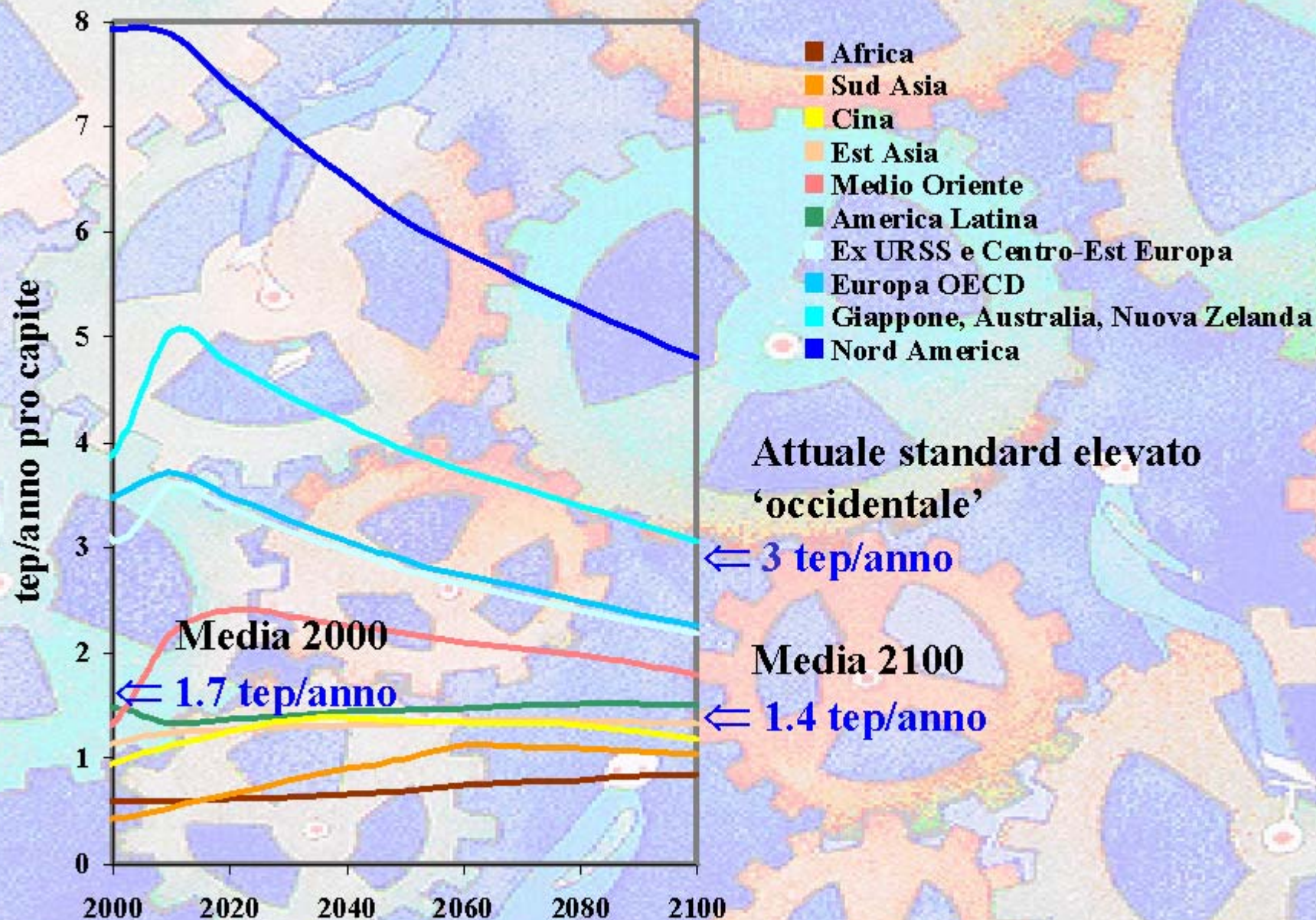
Previsione di crescita demografica



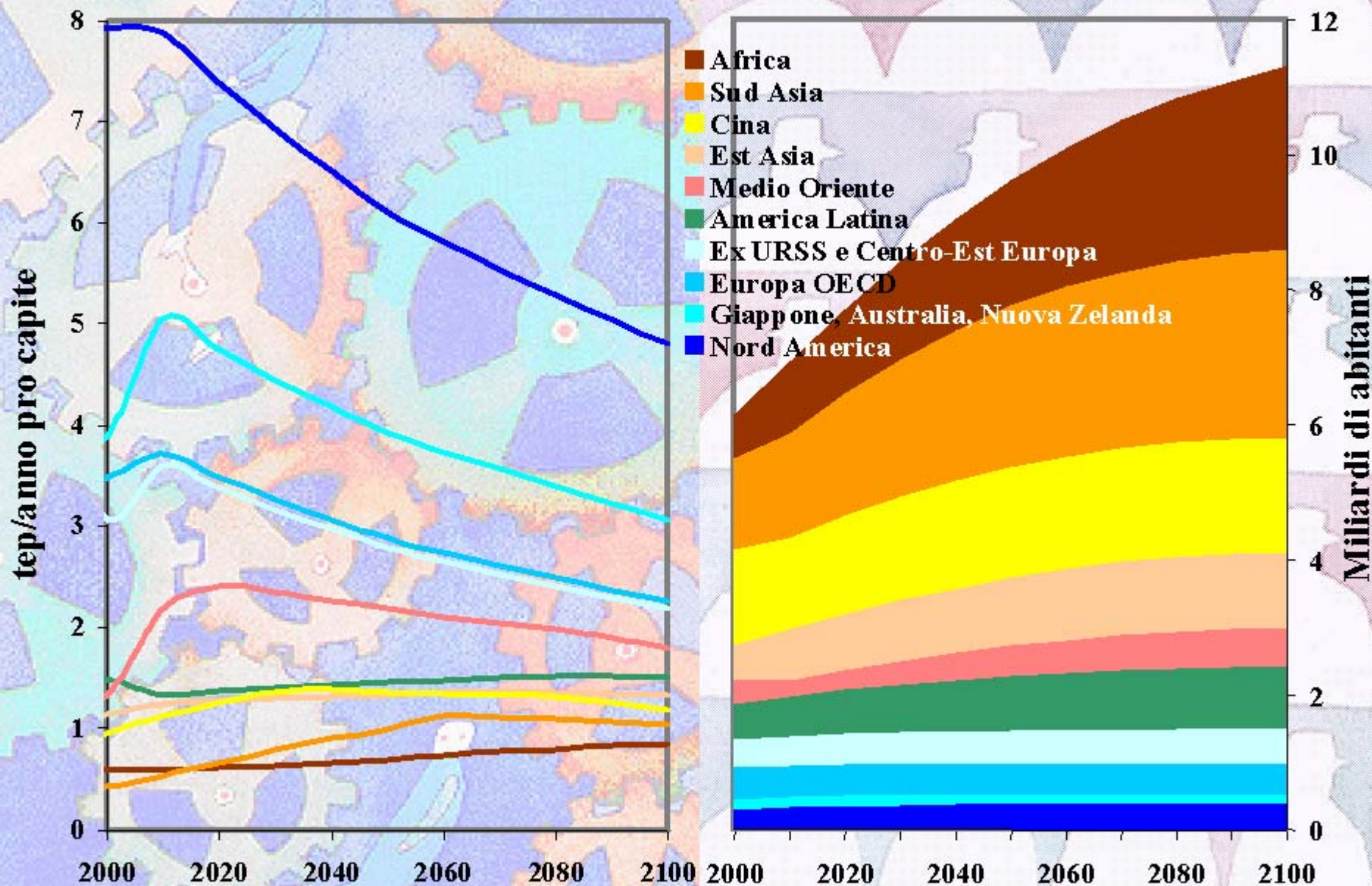
Ruolo della ricerca scientifica e tecnologica



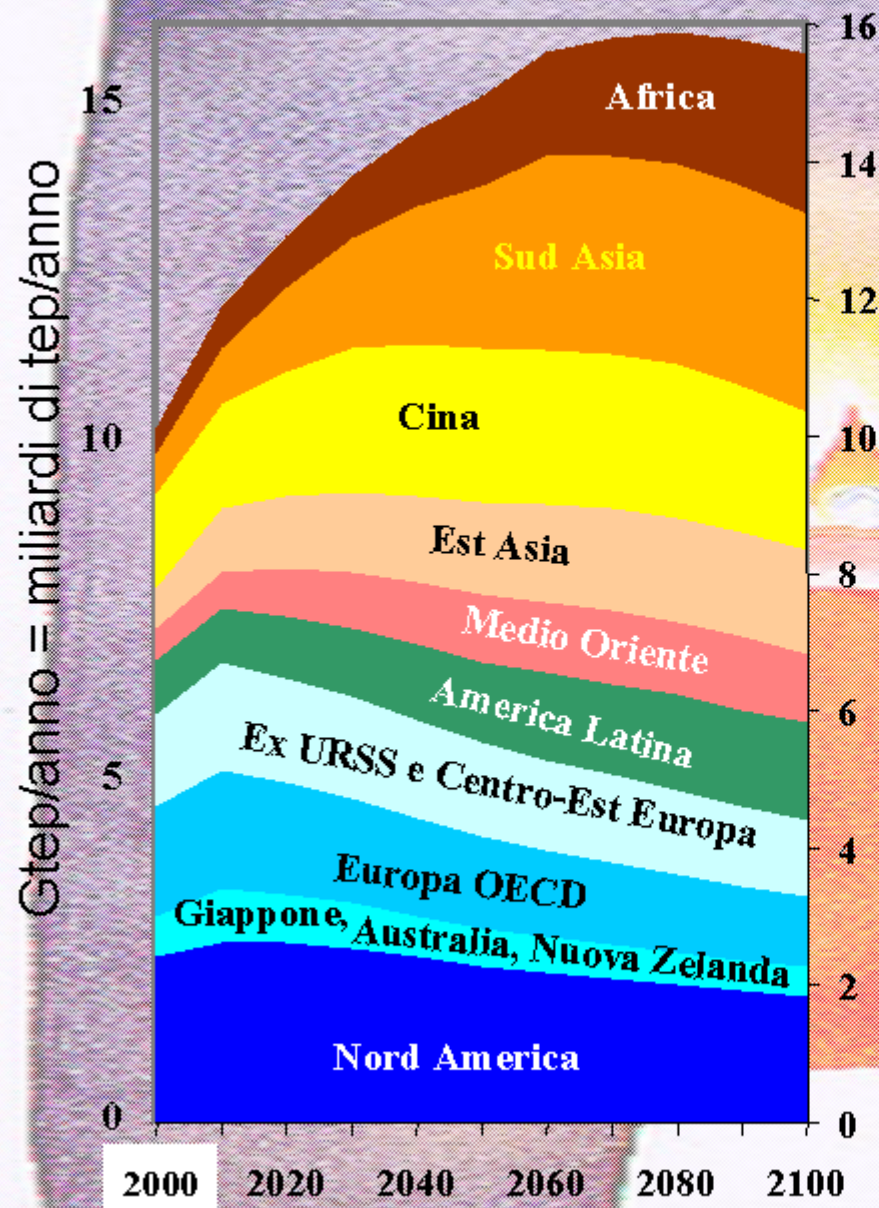
Previsione efficienza “da fonti a usi finali” pro-capite



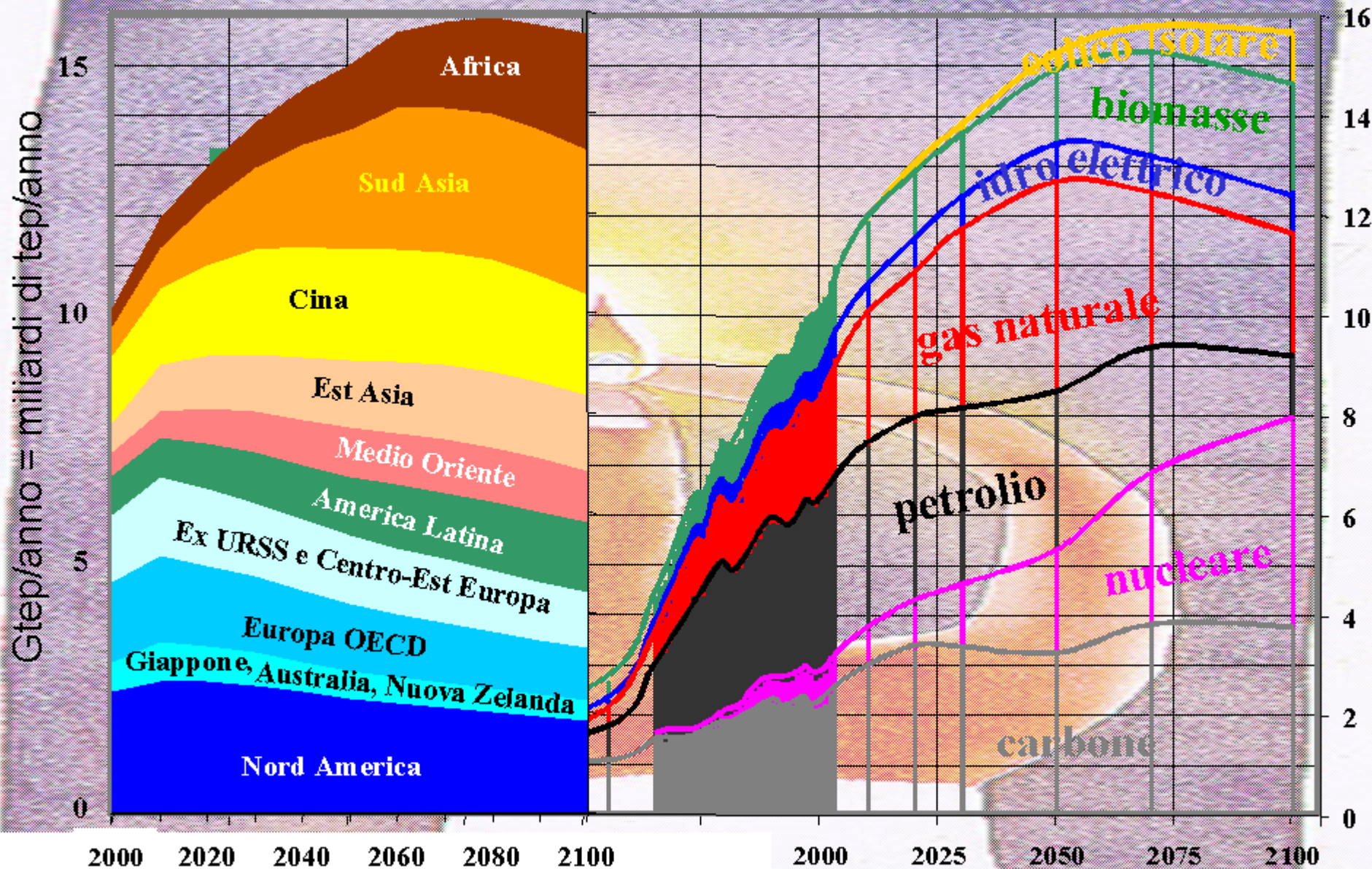
Efficienza uso pro-capite x crescita demografica = ...

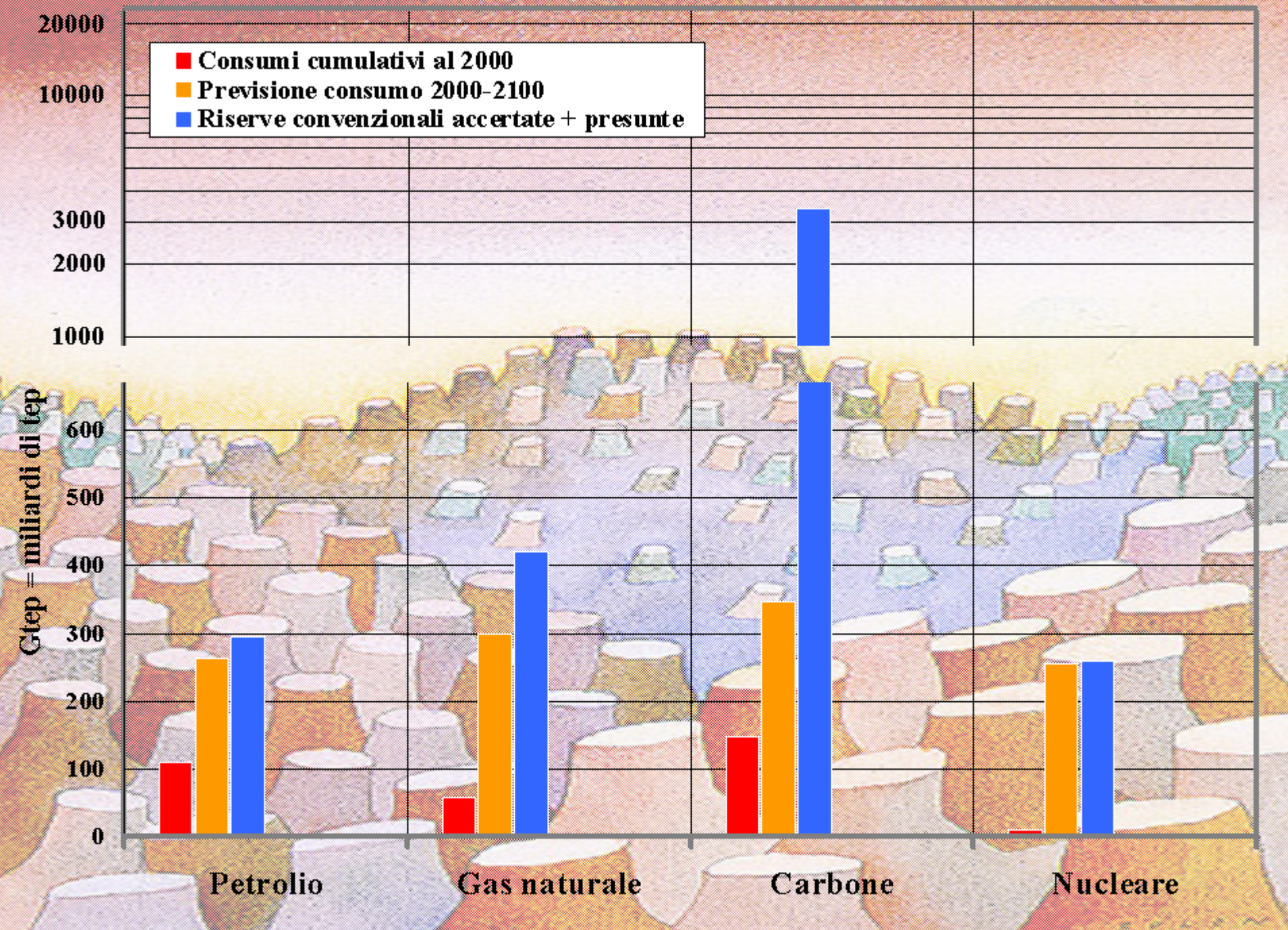


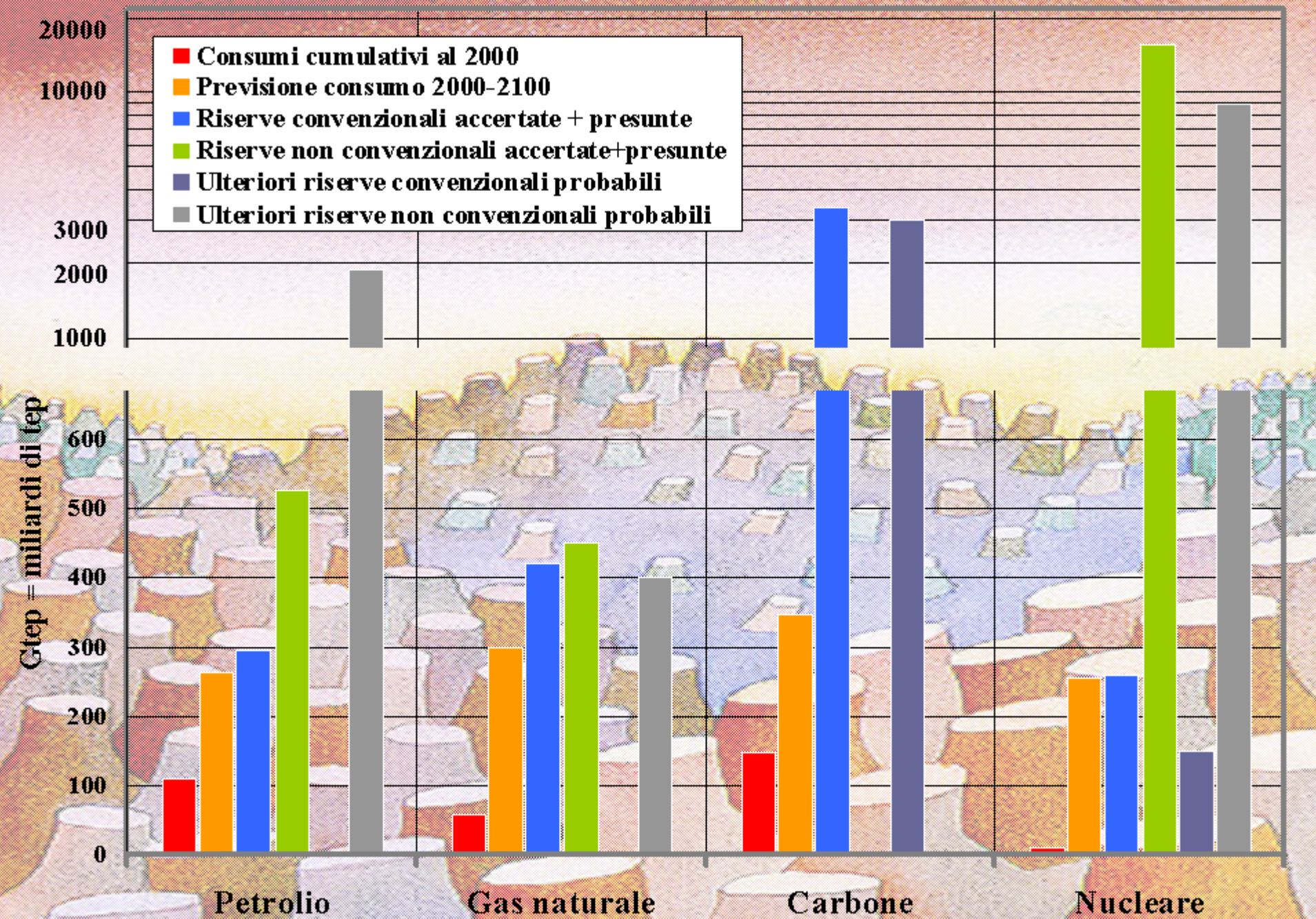
... = previsione di crescita del fabbisogno di energia



...un plausibile mix di fonti primarie







La combustione di

produce

1 tep di legna

4,6 ton di CO₂

1 tep di carbone

4,0 ton di CO₂

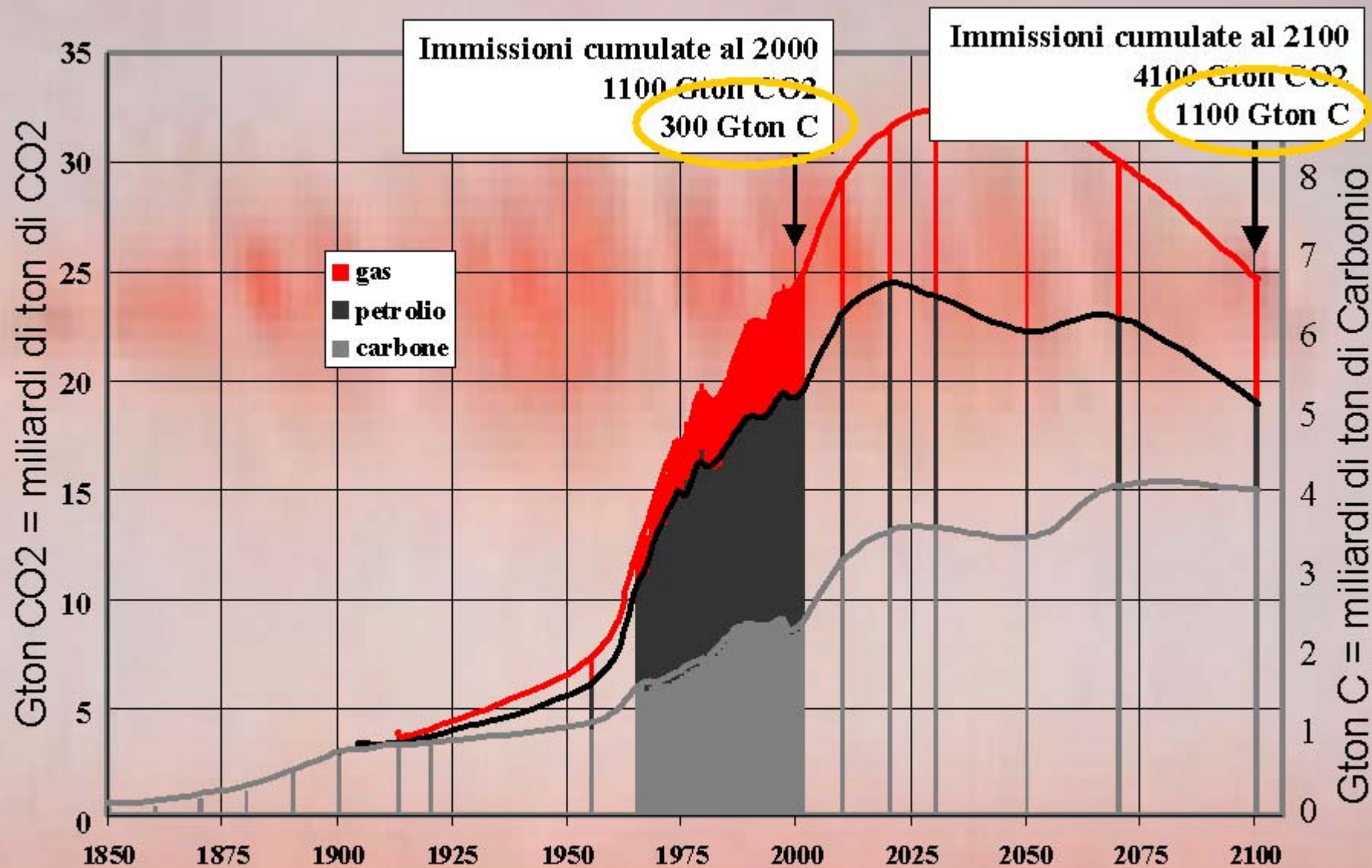
1 tep di petrolio

3,1 ton di CO₂

1 tep di gas naturale

2,3 ton di CO₂





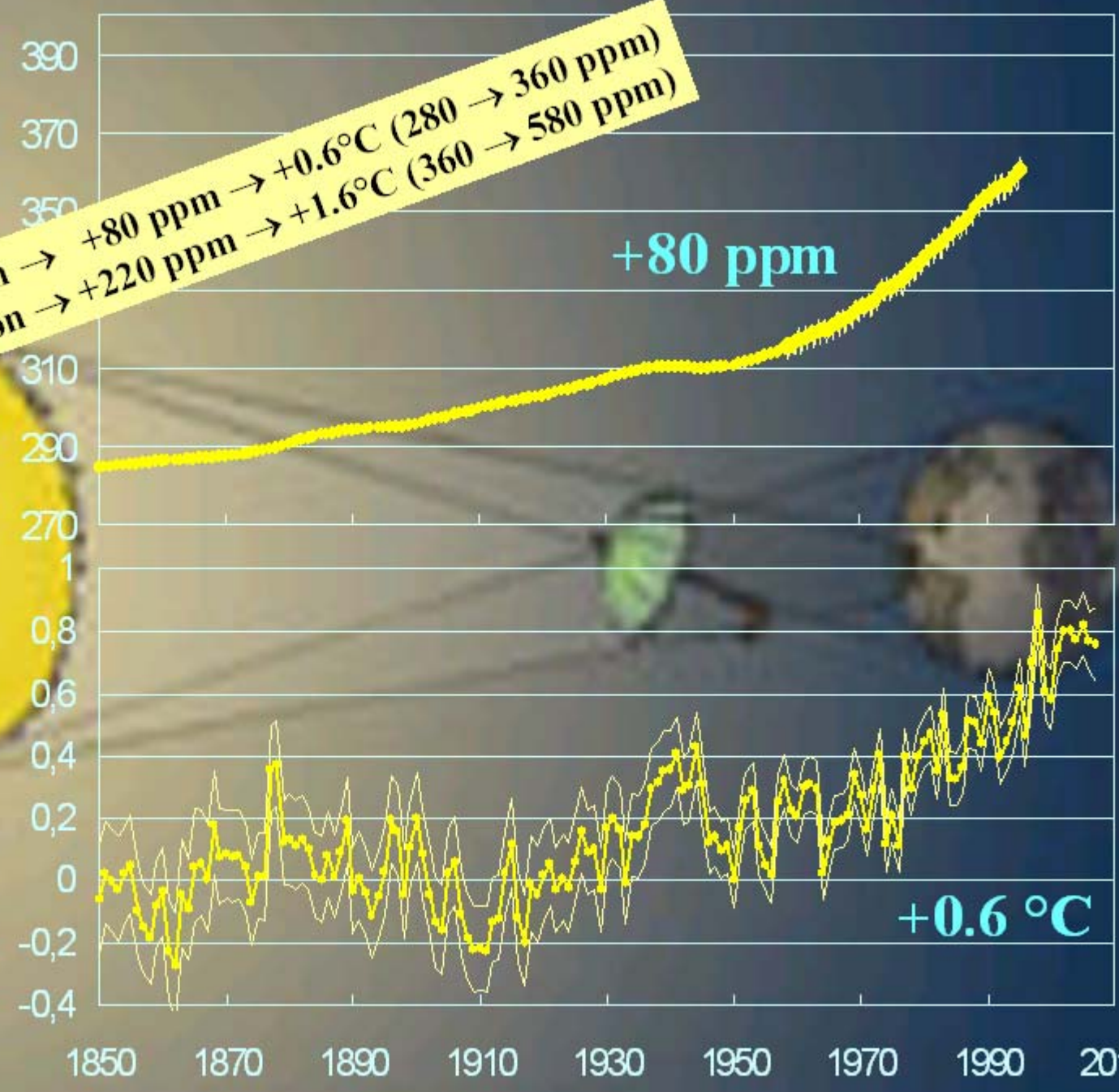
Scambi e accumuli di carbonio sulla Terra

Quantità di carbonio scambiate annualmente	Gton C/anno
immissioni antropiche in atmosfera	8
scambi naturali fra superficie terrestre e atmosfera	60
scambi naturali fra superficie oceani e atmosfera	90
$8/(60+90) \sim 5\%$	
scambi naturali fra profondità e superficie oceani	100

Quantità di carbonio immagazzinate	Gton C
nell'atmosfera	750
negli oceani (strati superficiali)	1000
sulla superficie terrestre	2200
negli oceani (strati intermedi e profondi)	38000
immissioni antropiche cumulate prossimo secolo	800
$800/(38000+2200+1000) \sim 2\%$	

Annual average CO2
conc. at Mauna Loa
plus Law Dome DE08,
DE08-2, DSS IceCores

1850-2000: +300 Gton $\rightarrow$ +80 ppm $\rightarrow$ +0.6°C (280 $\rightarrow$ 360 ppm)
2000-2100: +800 Gton $\rightarrow$ +220 ppm $\rightarrow$ +1.6°C (360 $\rightarrow$ 580 ppm)



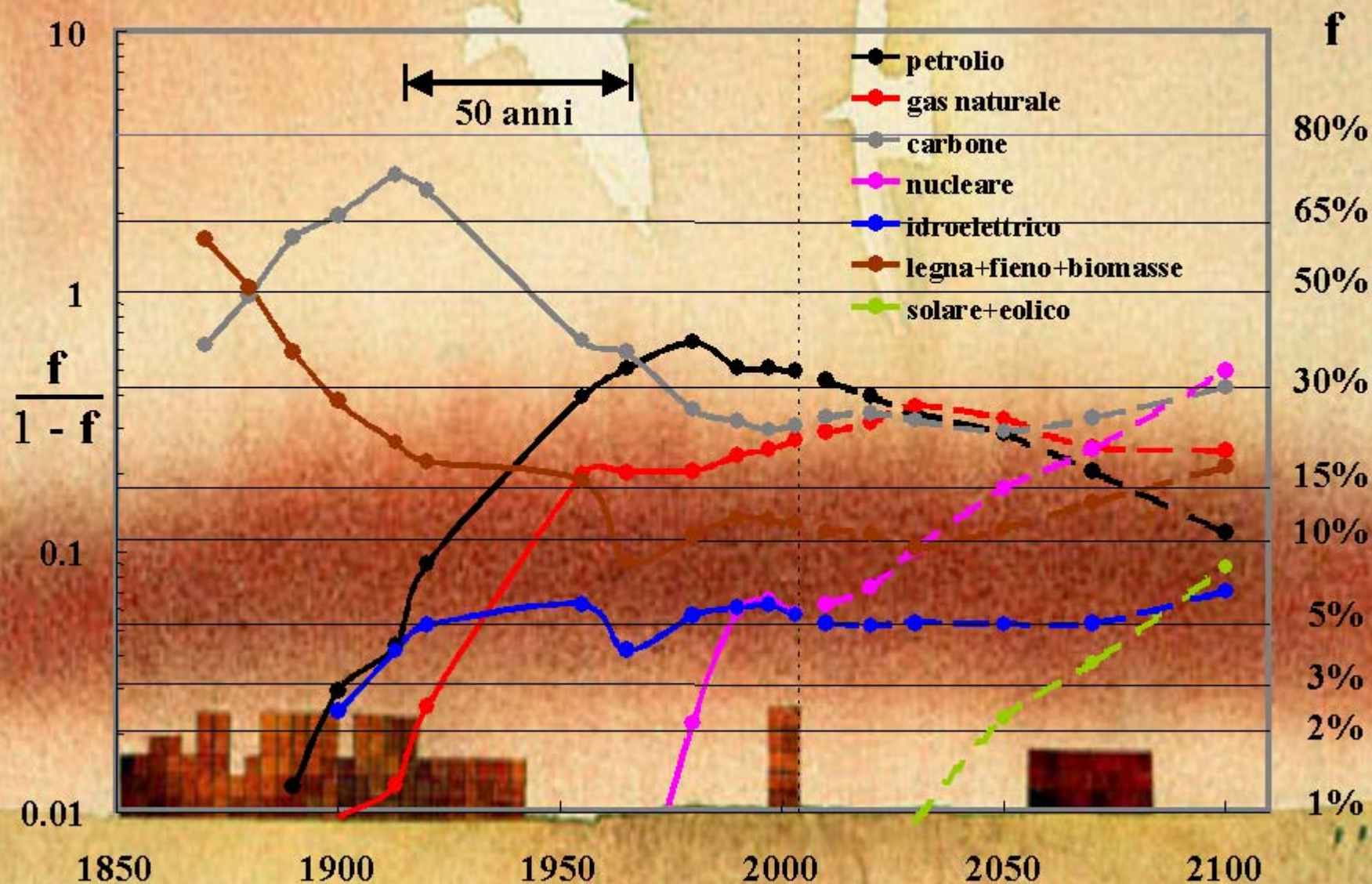
Annual global average
temperature anomaly in
w.r.to 1850-1920 mean

Art by J. Kapusta - from S. Brand,
Nature 450, 797 (2007)



Investire nella ricerca!

Inerzia del sistema: storia e previsione quote di mercato



Grazie dell'attenzione e arrivederci !

Questa presentazione e altro materiale disponibili al sito:
http://dimgruppi.ing.unibs.it/fisica_tecnica/beretta/gian_paolo_beretta.htm

E-mail: beretta@ing.unibs.it

La combustione di

produce

1 tep di legna

4,6 ton di CO₂

1 tep di carbone

4,0 ton di CO₂

1 tep di petrolio

3,1 ton di CO₂

1 tep di gas naturale

2,3 ton di CO₂

1 tep di RSU (~6 ton)

– 10 ton di CO₂

**La termovalorizzazione di 6 ton di rifiuti solidi urbani
produce un risparmio di energia primaria di 1 tep e
riduce**

rispetto allo smaltimento in discarica ben controllata

– 2,4 ton di CO₂(eq)

rispetto allo smaltimento in discarica non controllata

– 17 ton di CO₂(eq)



“Sviluppo sostenibile”

- definizione di Bruntland (primo ministro norvegese, 1987):
“soddisfare i fabbisogni del presente senza compromettere la stessa possibilità per le generazioni future”
- definizione di Schumacher (economista e filosofo, 1973):
“vivere degli interessi e non del capitale delle risorse naturali”

Cultura dell'energia e dell'ambiente
significa anche
combattere la disinformazione!

“Sviluppo sostenibile”

Il vettore idrogeno può avere un ruolo?

- L'idrogeno **non è una fonte primaria di energia**: non ci sono molecole libere di H_2 sulla Terra.
- Può essere generato artificialmente, **come l'elettricità**, per usarlo come **vettore energetico**, ma **a parità di benefici comporta maggiori consumi di fonti primarie.**
- Per dimostrare la sostenibilità energetica occorre **considerare tutto il ciclo di vita dell'energia**: **dalla fonte primaria all'uso finale** (“from well to wheel”)

“Sviluppo sostenibile”

L'idrogeno? ... Un miraggio!



Per altre considerazioni vedi: “Vero e falso sull'idrogeno” al sito
http://dimgruppi.ing.unibs.it/fisica_tecnica/beretta/gian_paolo_beretta.htm

Confronto (fonte primaria: gas naturale)

AUTO A IDROGENO

"dalla fonte primaria
all'uso finale" **24 %**

Fonte primaria (gas naturale)

Estrazione
Trasporto in gasdotto
Purificazione
Distribuzione in gasdotto

Vettore intermedio (metano)

Reforming del metano
Compressione dell'idrogeno
Trasporto in idrogenodotto
Distribuzione in stazione di rifornimento

Vettore finale (idrogeno compresso)

Accumulo in bombole a bordo auto
Conversione elettrochimica (fuel cell)

Vettore intermedio (elettricità)

Conversione elettromeccanica (motore)

Uso finale (trazione dell'auto)

AUTO ELETTRICA

"dalla fonte primaria
all'uso finale" **34%**

Fonte primaria (gas naturale)

Estrazione
Trasporto in gasdotto
Purificazione
Distribuzione in gasdotto

Vettore intermedio (metano)

Conversione termoelettrica
Trasporto in elettrodotto A.T.
Trasformazione e distribuzione B.T.

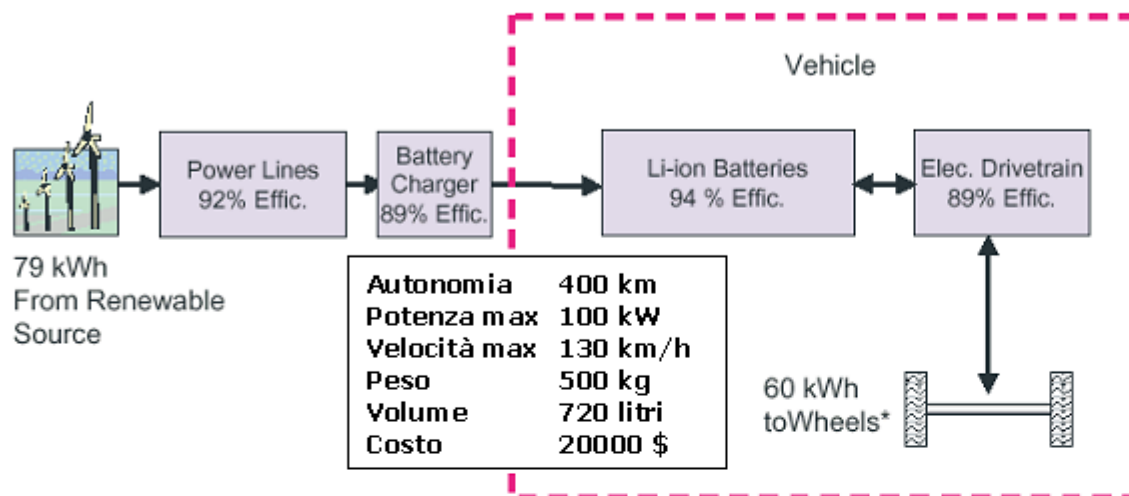
Vettore finale (elettricità)

Carica/scarica batterie a bordo auto
Conversione elettromeccanica (motore)

Uso finale (trazione dell'auto)

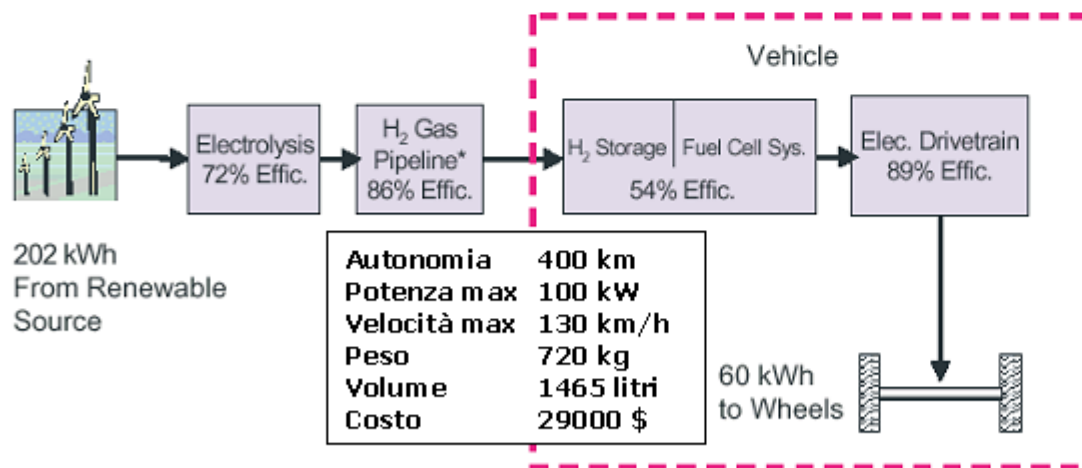
Confronto in uno scenario "tutto rinnovabile"

S. Eaves, J. Eaves / *Journal of Power Sources* 130 (2004) 208–212



*The BEV regeneration capability reduces the 60kWh requirement by 6kWh while achieving the same range

Fig. 1. Well-to-wheel energy pathway for battery electric vehicle.



* "Pipeline" includes losses from compression, expansion, storage and distribution

Fig. 2. Well-to-wheel energy pathway for fuel-cell vehicle.

AUTO ELETTRICA

"dalla fonte all'uso finale"

62%*

AUTO A IDROGENO

"dalla fonte all'uso finale"

27%*

Possibili filiere per l'autotrazione

"dalla fonte primaria all'uso finale"

Consumo
rispetto
all'auto elettrica
a parità di fonte

Scenario energetico	Fonte primaria	Vettore finale	A bordo auto	Tipo propulsore	$(\eta_e - \eta)/\eta$
Mix fonti tradizionali	Varie*	Elettricità	batterie	elettrico	0%
	Petrolio	Gasolio	serbatoio + batterie	ibrido: elettr. + Diesel	+1%
	Carbone	Gasolio sintetico LD	serbatoio + batterie	ibrido: elettr. + Diesel	+7%
	Petrolio	Benzina	serbatoio + batterie	ibrido: elettr. + a scoppio	+19%
	Gas Naturale	Metano compresso	serbatoio + batterie	ibrido: elettr. + a scoppio	+27%
	Carbone	Gasolio sintetico FT	serbatoio + batterie	ibrido: elettr. + Diesel	+30%
	Petrolio	GPL	serbatoio + batterie	ibrido: elettr. + a scoppio	+31%
	Varie*	H2 compresso da conv. termoch.	bombole H2 + fuel cell	elettrico (fuel cell)	+43%
	Gas Naturale	Metano compresso	bombole+reformer+f.c	elettrico (fuel cell)	+48%
	Varie*	H2 liquido da conv. termoch.	bombole H2 + fuel cell	elettrico (fuel cell)	+69%
	Petrolio	Gasolio	serbatoio	Diesel	+70%
	Petrolio	Benzina	serbatoio	a scoppio	+95%
	Carbone	Metanolo	serbatoio+reformer+f.c	elettrico (fuel cell)	+132%
	Varie*	H2 compresso da elettrolisi	bombole H2 + fuel cell	elettrico (fuel cell)	+156%
	Varie*	H2 liquido da elettrolisi	bombole H2 + fuel cell	elettrico (fuel cell)	+199%
Fonti "rinnovabili"	Idroelettrico /	Elettricità	batterie	elettrico	0%
	Solare fotovolta. /	H2 compresso da elettrolisi	bombole H2 + fuel cell	elettrico (fuel cell)	+130%
	Vento / Maree	H2 liquido da elettrolisi	bombole H2 + fuel cell	elettrico (fuel cell)	+172%

Assunto $\eta_{griglia} = 90\%$. Dati η' e η'' di prospettiva tratti in parte da: M.A.Weiss, J.B.Heywood, A.Shafer, V.K.Natarajan, *MIT report* no.LFEE 2003-01 RP; F.Kreith, R.E.West, *Transportation Quarterly*, Vol.56, 51 (2002); S.Eaves, J.Eaves, *Journal of Power Sources*, Vol.130, 208 (2004).

* Varie = Petrolio / Carbone / Gas naturale / Nucleare / Biomasse / Solare termico