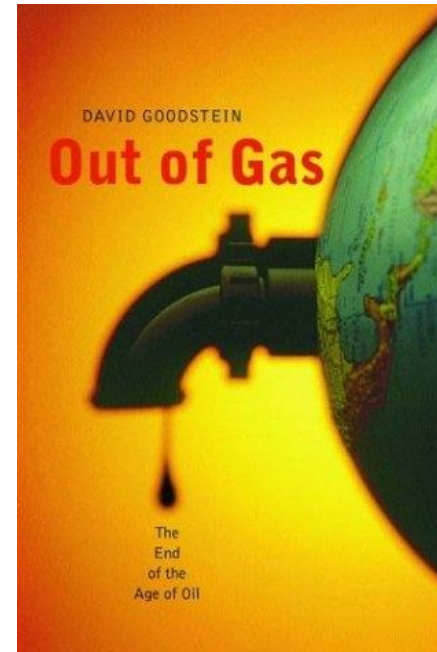


# IL MONDO IN RISERVA

ENERGIA CLIMA  
IL FUTURO DELLA  
CIVILTÀ

David Goodstein

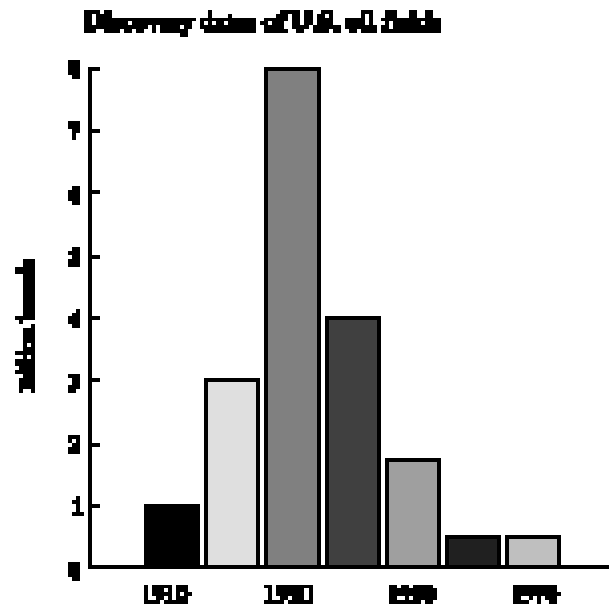


INFN – LNF  
24 Giugno 2004

# Falsi Miti

- È necessario conservare energia.
- Mezzo dollaro al litro è un prezzo troppo alto per la benzina.
- Il petrolio è prodotto dalle compagnie petrolifere.
- Quando finiamo il petrolio, il mercato farà in modo che venga sostituito da qualcos'altro.
- C'è abbastanza carburante nel sottosuolo da andare avanti per centinaia di anni.
- Effetto serra e riscaldamento globale sono dannosi

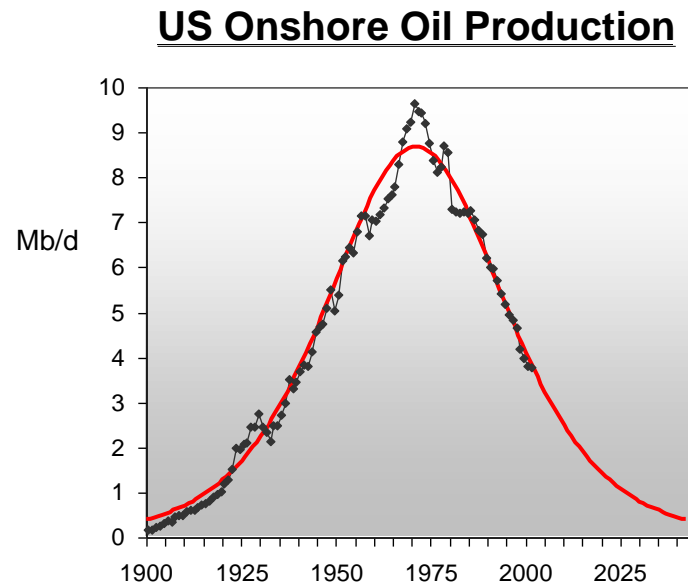
# M. King Hubbert



**Scoperte di nuovi giacimenti negli USA**

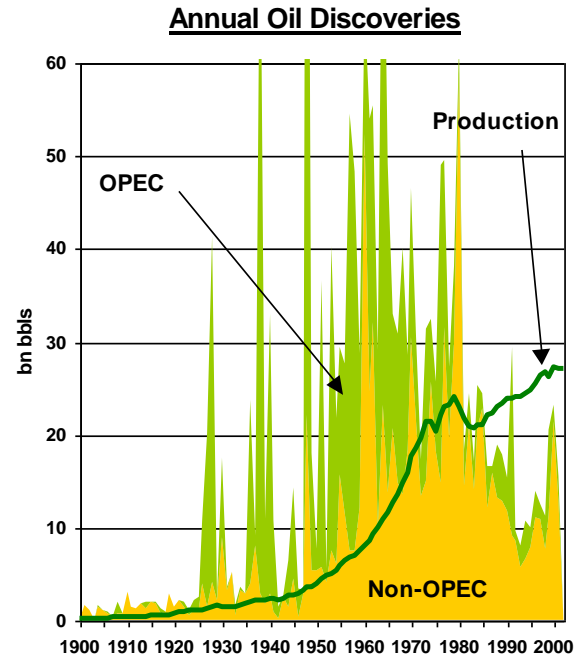
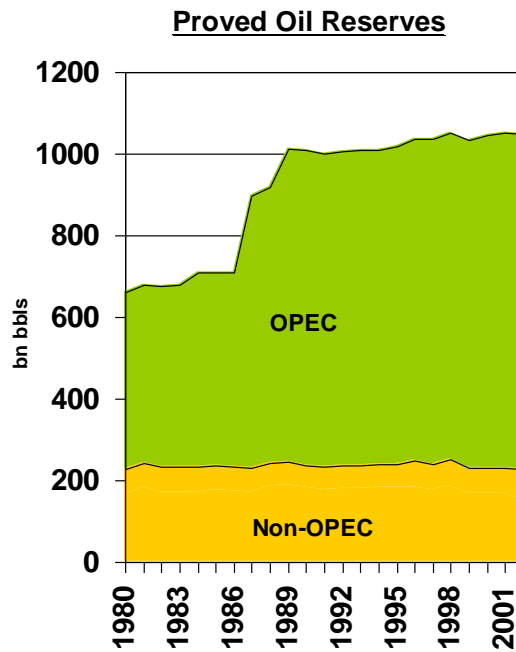
# IL PICCO DI HUBBERT

## Hubbert Curves



# RISERVE NOTE E SCOPERTE MONDIALI

## Oil Reserve Data

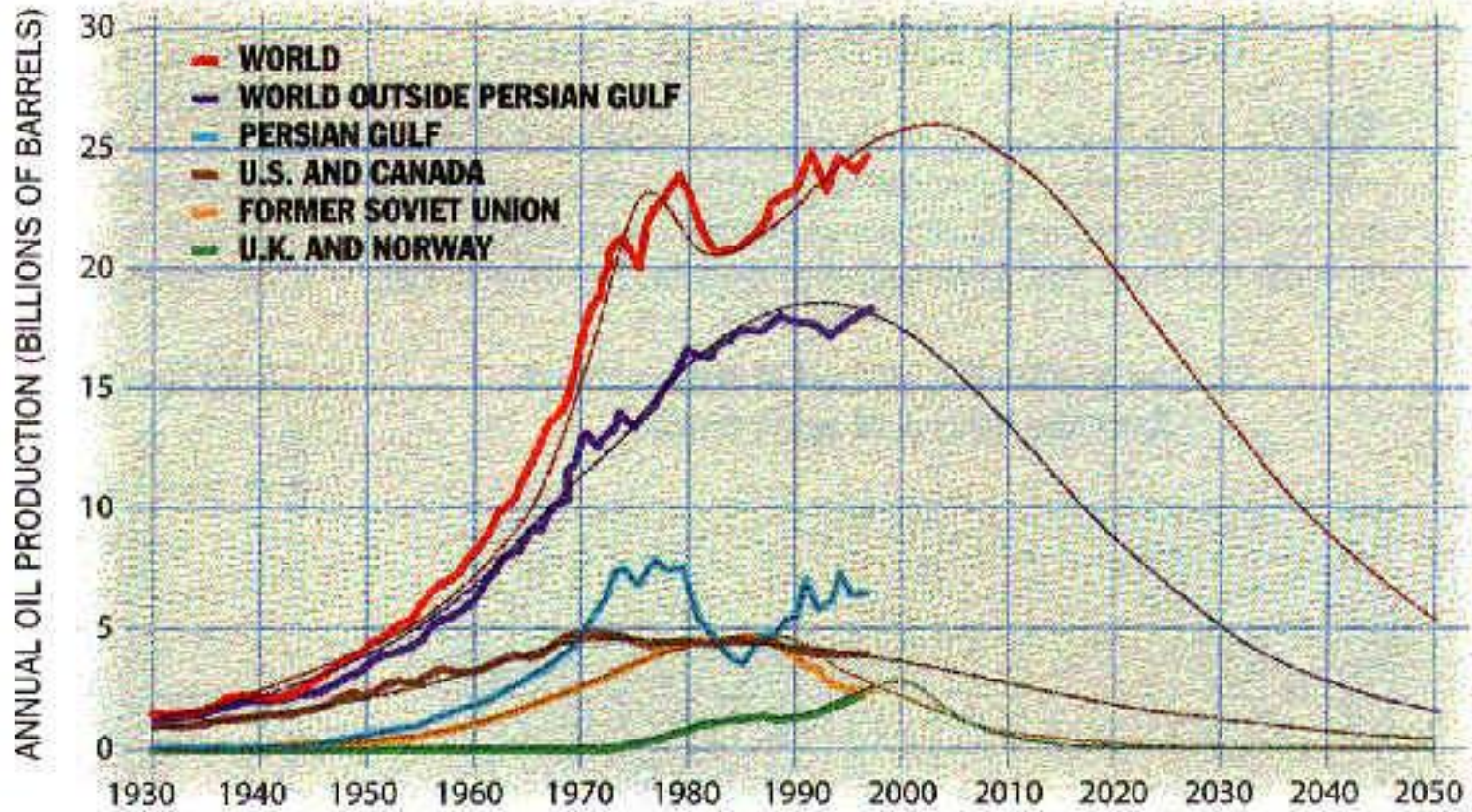


Source: BP Statistical Review of World Energy 2003



# UN MODELLO

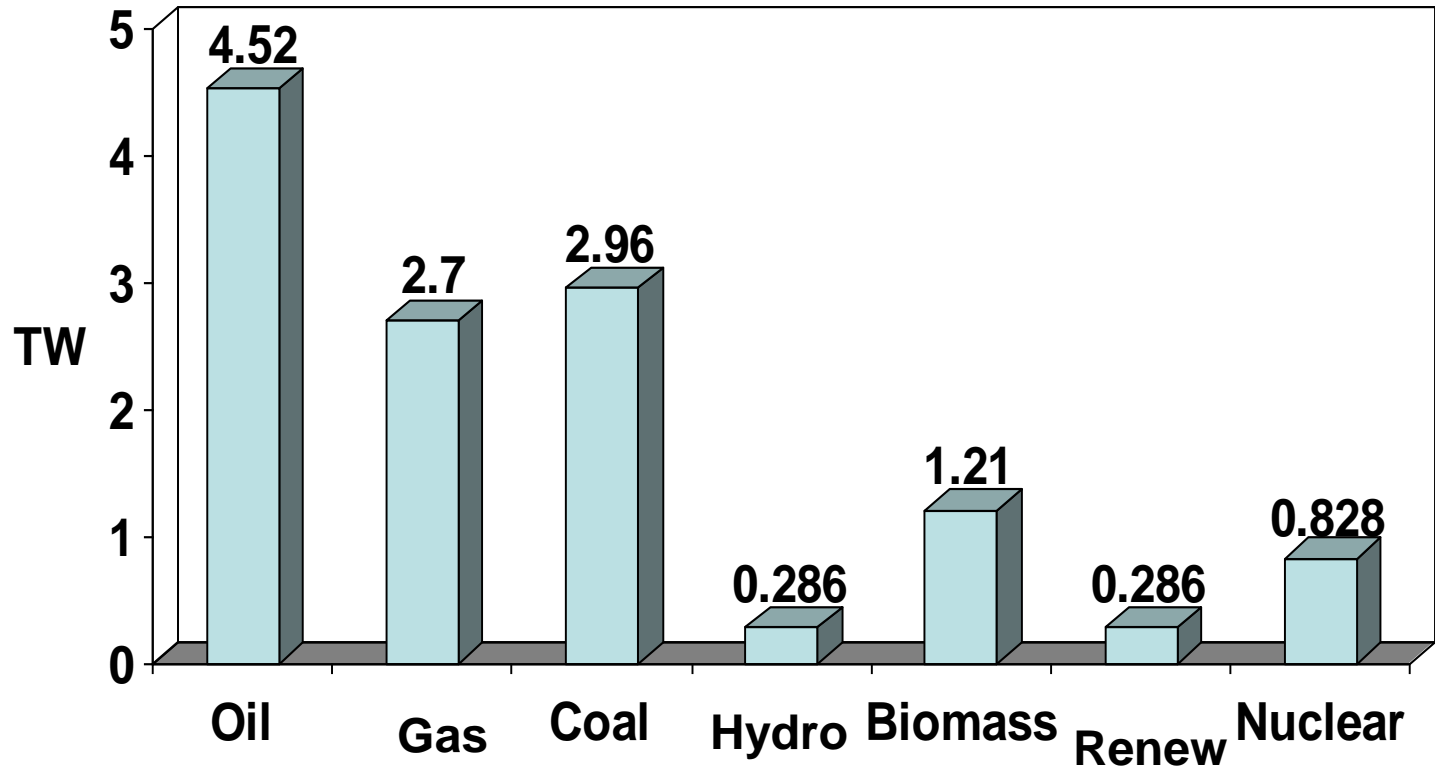
Colin J. Campbell and Jean H. Laherrère Sci. Amer., 1998



# Attenzione!

- 1.800 miliardi di barili
- Tecnologia = Scoperte
- La quantità estraibile cresce col prezzo
- La quantità di riserve note non è un numero molto affidabile
- Valido il concetto centrale

# Consumo globale di energia, 1998



Totale: 12.8 TW

U.S.A.: 3.3 TW



*Kenneth Deffeyes:*

***The Texas Railroad Commission announced a  
100% allowable for next month***

***The San Francisco Chronicle, 1971***

***The New York Times, February 24, 2004***

*Forecast of Rising Oil Demand Challenges Tired Saudi Fields*

*By JEFF GERTH*

...the country's oil fields now are in decline, prompting industry and government officials to raise serious questions about whether the kingdom will be able to satisfy the world's thirst for oil in coming years.

...

*Some economists are ...optimistic that if oil prices rise high enough, advanced recovery techniques will be applied, averting supply problems.*

*But privately, some Saudi oil officials are less sanguine.*

# Combustibili fossili

Petrolio convenzionale

Petrolio pesante

Sabbie petrolifere

Sabbie catramose

Scisti petroliferi

Gas naturale (metano)

Idrato di metano

Carbone



# carbone

- Centinaia o migliaia di anni secondo l'uso attuale
- Può venire liquefatto

Però,

- Sporco (zolfo, mercurio, arsenico)
- Per sostituire petrolio, almeno 5 volte più rapidamente
- Crescita della popolazione mondiale
- Standard di vita del mondo in via di sviluppo
- Picco di Hubbert—questo secolo
- **L'effetto serra**

# L'effetto serra

Prima della  
rivoluzione  
industriale

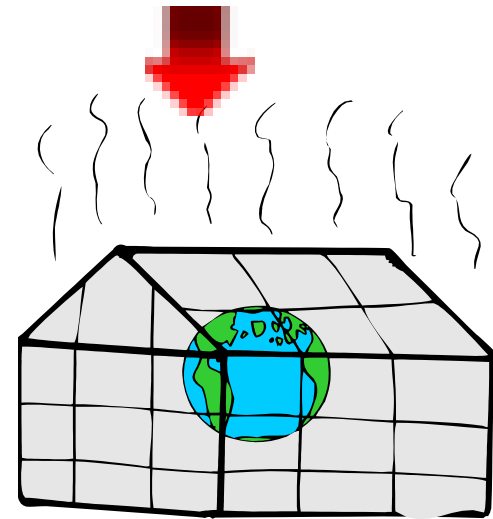
Flusso solare medio:  $343 \text{ W/m}^2$

Vapore acqueo, metano,  
anidride carbonica, ecc

88% effetto serra

$T = 287\text{K} = 14^\circ\text{C}$

*Venere*



# IL FUTURO

- Crisi di petrolio molto presto
- Fine dell'età dell'energia fossile entro questo secolo
- Effetto imprevedibile sul clima
- Solare e nucleare
- La grande sfida: trovare un modo per vivere senza combustibili fossili

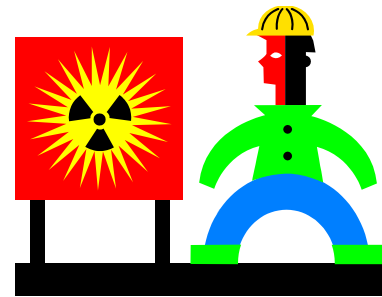
# Energia Solare

- Idroelettriche
- Energia eolica
- Celle solari (10 TW = 220,000 km<sup>2</sup>)



# Energia Nucleare

- Energia Geotermica
- Fissione Nucleare  
(10 TW = 10,000 GW  
centrali)
- Fusione Nucleare





# Trasporto

- Batterie elettriche avanzate
- L'idrogeno e celle elettriche
- Altri combustibili

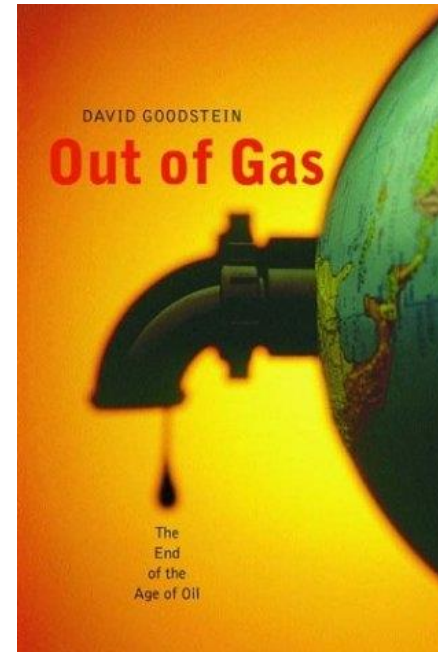


La civiltà come la conosciamo non sopravviverà,  
a meno di trovare un modo per vivere senza  
combustibili fossili.

# Out of Gas

The end of the age of oil

David Goodstein



# IL MONDO IN RISERVA

David Goodstein

ENERGIA CLIMA  
IL FUTURO DELLA CIVILTÀ

Prefazione di  
Franco Carlini

UNIVERSITÀ BOCCONI EDITORE