

aeren



associació per a l'estudi
dels recursos energètics

El Miratge Nuclear

Marcel Coderch

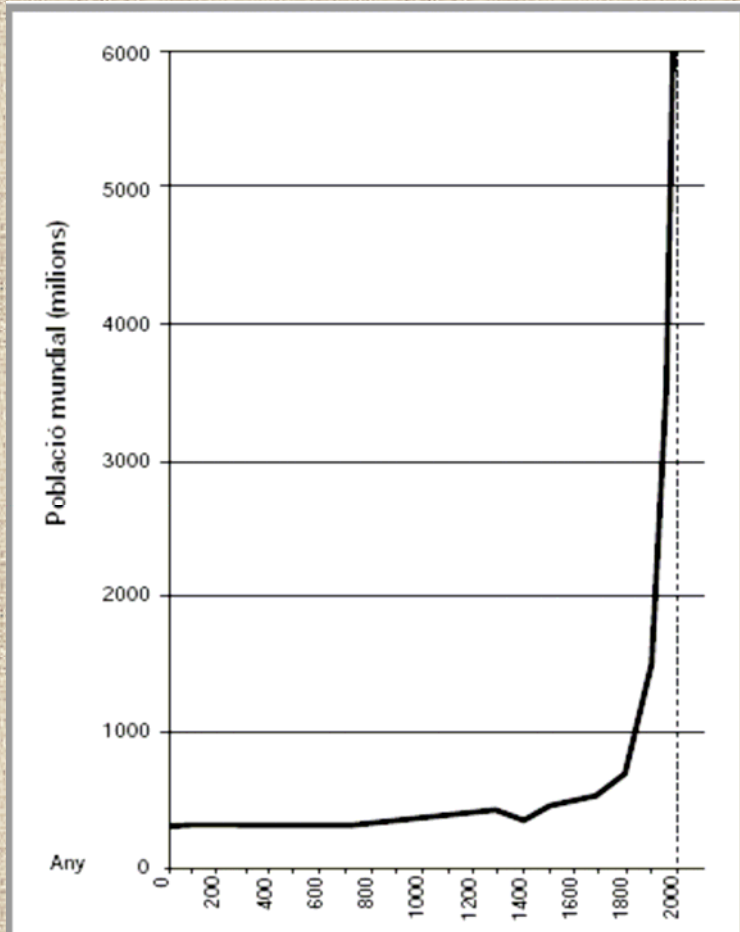
Els quatre reptes energètics del segle XXI

- **Augment de demanda:** 1/3 de la població mundial en vies d'industrialització i 1/3 subdesenvolupada.
- **Peak Oil:** La més que probable arribada al màxim de producció mundial de petroli convencional seguit anys després pel gas natural.
- **Competència geoestratègica:** Concentració de reserves fòssils en àrees d'inestabilitat geoestratègica.
- **Canvi Climàtic:** Obligació de reduir significativament les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Dilema energètic/climàtic

Reducció de consum de combustibles fòssils

Recursos Energètics i Societat Industrial



- La Societat Industrial té 150 anys
- Carbó: 1750, Petroli: 1850, Gas: 1920
- Població x 6 , esperança de vida x 2
- Consum energètic per càpita x **50**
- Consum energètic total x **300**
- Consum **diari** de petroli :

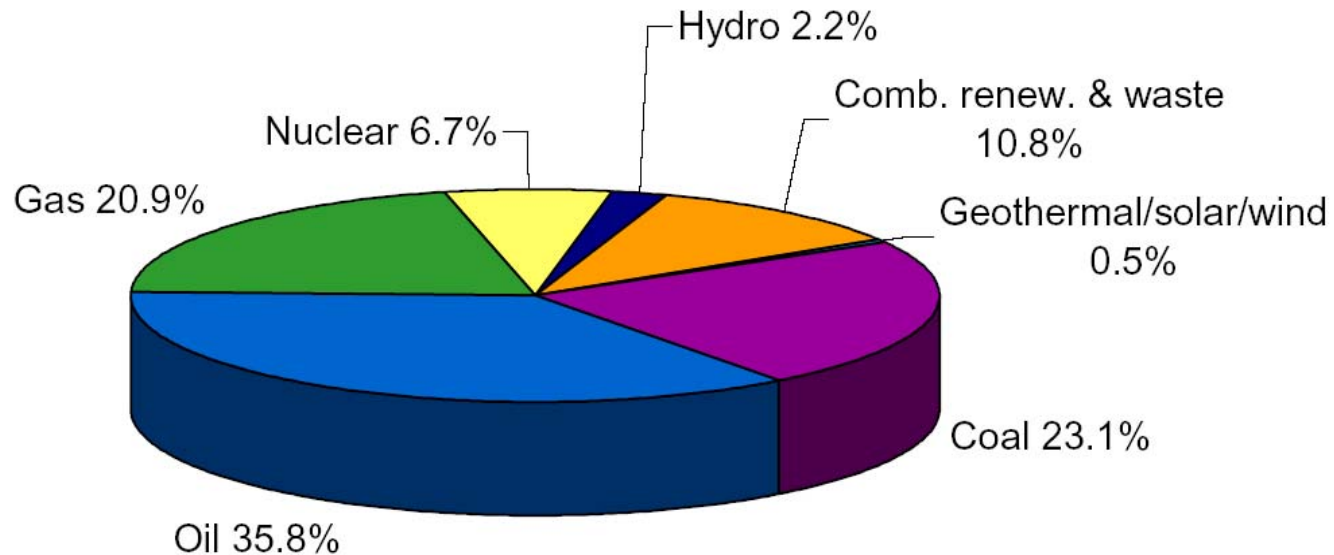
84 milions de barrils

14.000 milions de litres

De viure de flux a viure d'stock

Recursos Energètics i Societat Industrial

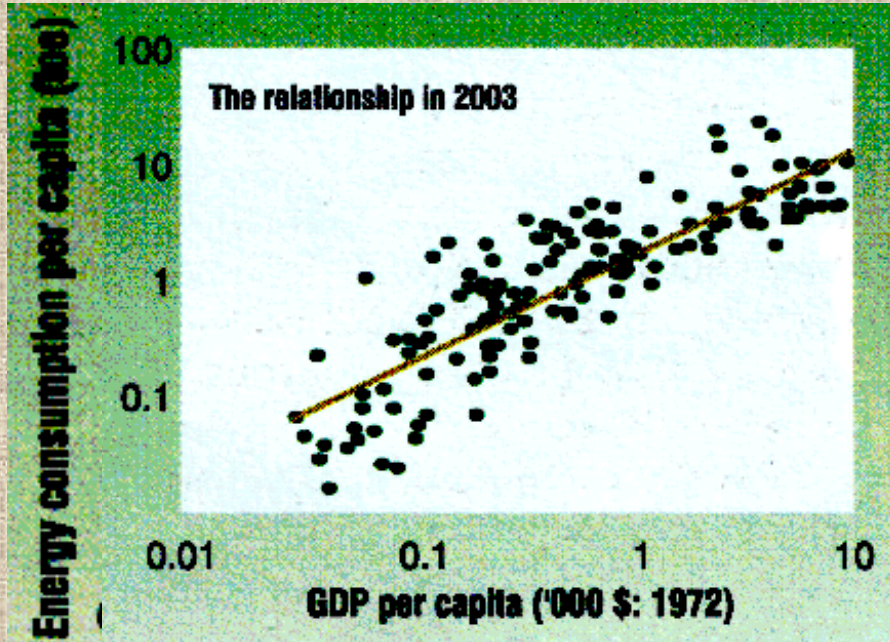
Consum mundial energia primària 2002



10 376 Mtoe

80% energia fòssil

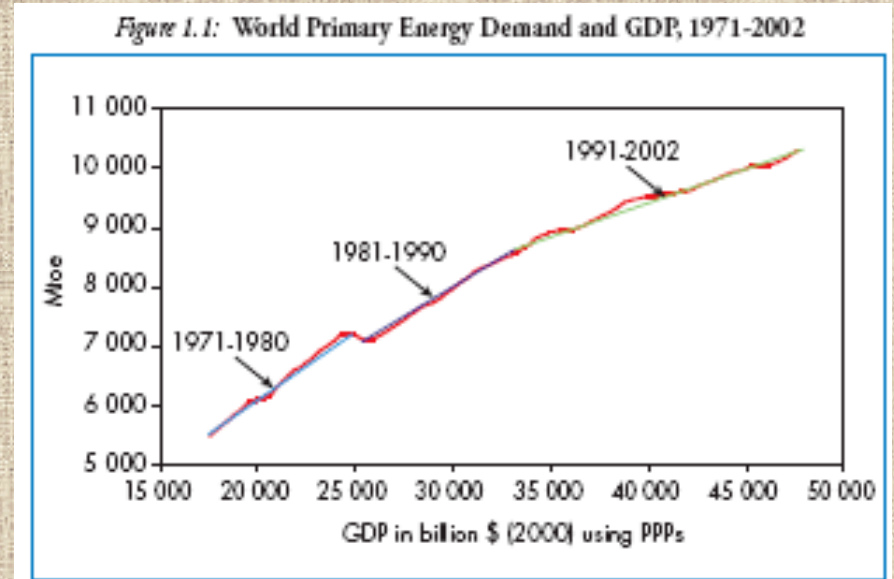
Recursos Energètics i Societat Industrial



Relació directa PIB-Consum Energètic

1% PIB = 0,7% energia

Diferències 100 a 1



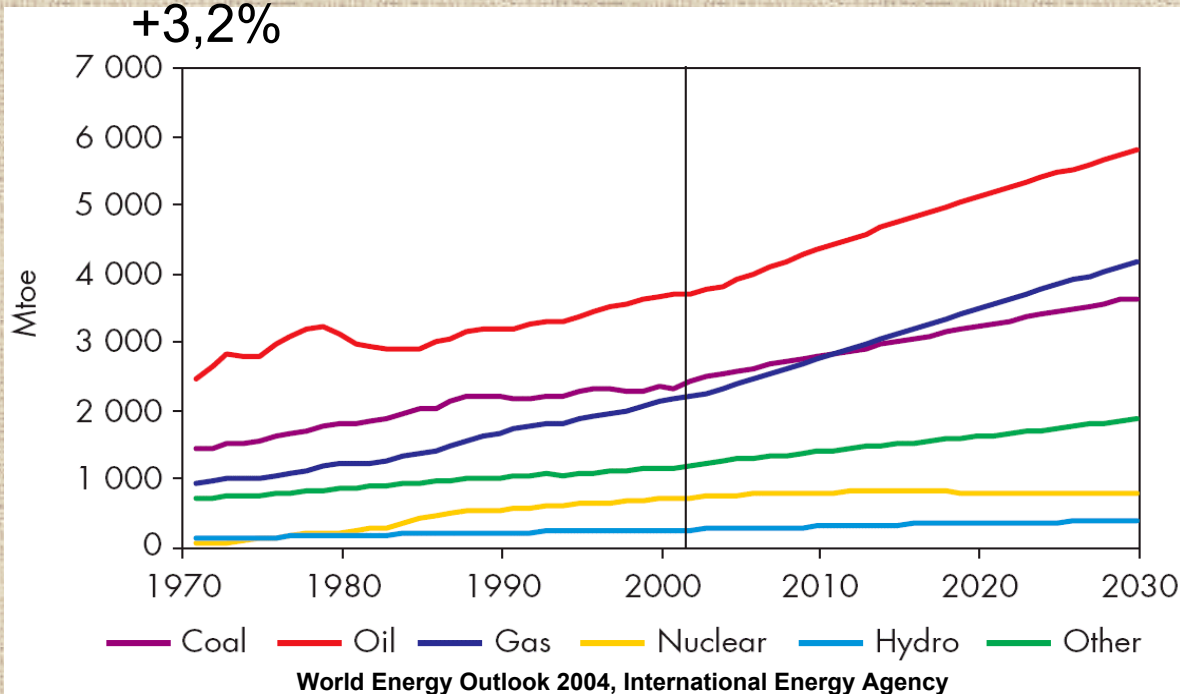
Increment continuat del consum

Petita millora intensitat energètica

Energia i Escenaris Econòmics de Futur

Escenari "business-as-usual": PIB

+3,2%



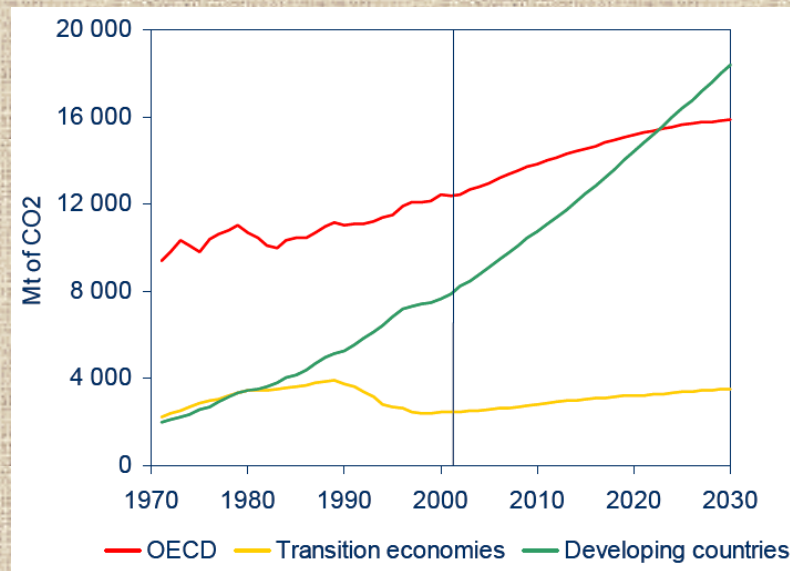
- 85% increment de demanda cobert amb energia fòssil
- Al 2030 82% d'energia fòssil
- Gran increment petroli i gas natural
- Nuclear estancada i en lleuger descens
- Petit increment energies alternatives

Petroli de 84 mb/d a 120mb/d (+60%, +1,7% any)

Increment d'emissions +60%

Recursos Fòssils i Canvi Climàtic

- El canvi climàtic és una realitat cada cop més evident.
- Per mantenir una concentració de CO₂ pròxima al doble de la pre-industrial a finals de segle, tot l'augment d'energia d'aquí al 2050 hauria de ser lliure d'emissions.



Sense un canvi (radical) de model energètic i econòmic, no hi ha manera d'aturar les emissions. Kioto és testimonial i, tot i així, no es complirà.

Si seguim igual, els països en desenvolupament generaran el CO₂ que nosaltres ja hem generat, i nosaltres continuarem generant-ne cada cop més.

Segons els partidaris de la opció nuclear

...

- Cal reprendre les construccions nuclears.
 - Per reduir significativament les emissions de CO₂.
 - Per aturar o compensar l'augment de preus del combustibles fòssils.
 - Per reduir la dependència envers països “inestables”: seguretat energètica.
 - Per proporcionar energia als països en vies d'industrialització.
- Els inconvenients – residus, seguretat, proliferació, costos – o no existeixen, o són contrapartides assumibles i gestionables.

**Cal combatre aquests “arguments”
amb les seves propies armes.**

Panorama Energètic Global a 2030: WEO2004, AIE

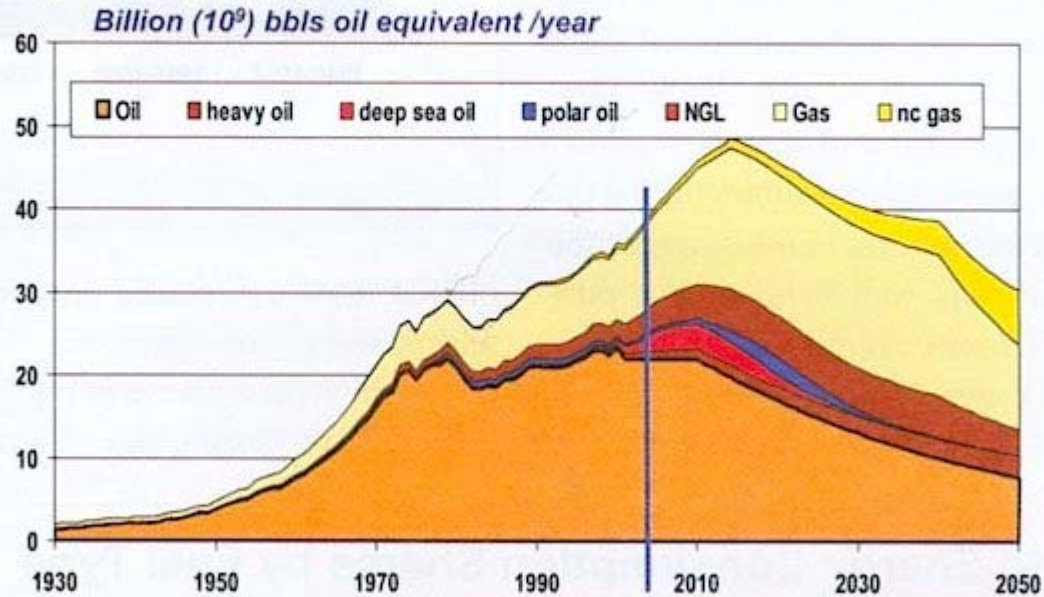
- Creixement econòmic **3,2%** anual, Xina 5%.
- Població: de 6.200 m a 8.000 m. 80% de població en economies en desenvolupament.
- Augment de consum energètic: +1,7% anual.
- Intensitat energètica +1,5% anual.
- Combustibles fòssils més del 80% del consum.
- Consum de petroli de 77 mb/d a 121 mb/d = 4 Arabies Saudites.
- Es duplica el consum d'electricitat.
- 4.800 GWe de generació addicional.
- Energia nuclear +0,4% anual.
- 62% d'increment de les emissions de CO₂.

Un escenari inviable i suïcida

Així ho pensa fins i tot Repsol ...

World Total Annual Oil & Gas Production 1930 to 2050(e)

With today's traditional oil declining, future growth in production relies on non conventional oils, oil from difficult areas as deep waters or the Artic, and, significantly on higher gas production



Source: History: BP Statistical Review, BGR. Forecast: Petroconsultants, Petrodata, BGR, Petroleum Economist

June 13th 2005



És possible aquest escenari amb nuclears?

- Ja sigui per reducció de la oferta o per consideracions climàtiques caldrà reduir el consum de combustibles fòssils.
- És possible mantenir aquest escenari augmentant significativament les construccions nuclears per substituir els combustibles fòssils?
- Escenari alternatiu WEO2004:
 - - 10% de consum d'energia primària.
 - Increment de les renovables un 30 %.
 - Increment de la nuclear un 14 %.
 - Increment d'emissions del 39 %.
- En aquest escenari es segueix incrementant el consum de petroli.
- Accepten que “les emissions no es reduïrien suficientment per estabilitzar les concentracions atmosfèriques”.

Per tant, caldrien més nuclears, si els hem de fer cas.

És viable el model francès ?

- Sovint es planteja com a model a França.
- D'aquí al 2030, eliminar els combustibles fòssils de la generació elèctrica. La electricitat, o nuclear o renovable.
- Estalviaria un 40% de les emissions de CO₂.
- Trauria pressió als preus del petroli i del gas.
- S'allunyaria la data del Peak Oil, i del Peak Gas.

Deixant de banda altres qüestions, és això possible ?

Quants reactors caldria construir ?

Capacidad Eléctrica Instalada (GWe)			
	2002	2025	2030
Carbón	987	1.403	1.511
Gas Natural y Petróleo	1.207	2.560	3.011
Nuclear	361	422	437
Renovables	763	1.110	1.201
TOTAL	3.318	5.495	6.160

Fuente: [International Energy Outlook 2005](#), DOE/IEA. Datos para 2030 extrapolados.

- Substituir 1.511 GWe de carbó, 3.011 GWe de petroli i gas, 72 reactors ja previstos i 146 per renovar els actuals = 4.740 reactors.
- Construir **un reactor cada dos dies durant 25 anys.**
- Si es tardés 5 anys per reactor, 950 equips construïnt contínuament.
- Anterior cicle (1963-1988): 423 reactors, 17 per any.
- Finançament ? 10 bilions €: el 50% del PIB espanyol cada any.

Suposem, però, que fos possible ...

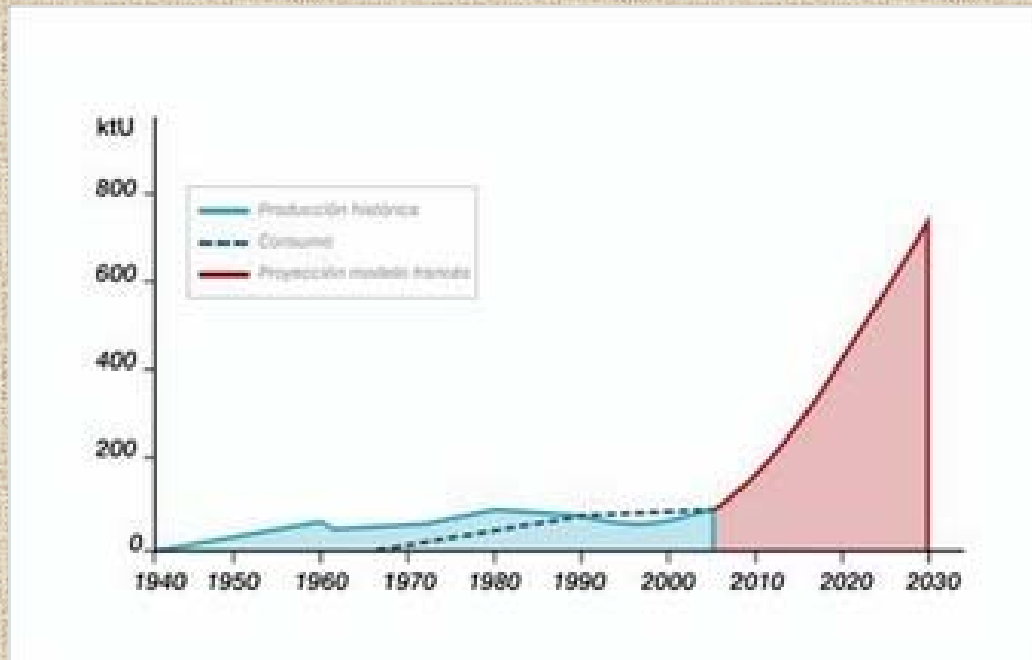
Quant d'urani caldria ?

Oferta y Demanda Mundial de Uranio (Toneladas de Uranio)						
	2004	2005	2006	2007	2010	2015
Demanda	66.658	68.400	69.600	70.800	74.800	79.400
Oferta						
Uranio militar	10.700	10.600	10.700	11.100	12.400	
Stocks DOE	385	1.192	1.192	1.192	2.154	2.346
Stocks comerciales	7.876	7.000	7.000			
Stocks Rusia	2.900	3.500	3.800	3.900		
MOX	2.500	2.500	2.600	2.800	3.000	3.600
Uranio reprocesado	1.500	1.500	1.700	1.700	2.000	2.000
Reaprovechamiento de colas	4.250	3.650	3.300	3.000	1.500	
Producción minera	36.263	36.575	36.094	42.286	48.014	50.321
TOTAL	66.374	66.517	66.386	65.978	69.068	58.267
Déficit	-284	-1.883	-3.214	-4.822	-5.732	-21.133

Fuente: [Moukhtar Dzhakishev, World Nuclear Association Annual Symposium, Londres 2004](#)

- Els reactors serien d'urani amb quelcom de MOX. Gen IV +2030.
- Any 2004: 365 GWe, 67 ktU, 36 ktU de mines.
- Any 2015: 400 ktU . Any 2030: 700 ktU
- Màxim històric: 68 ktU. Capacitat actual: 45 ktU.
- Es viu del desmantellament de armes atòmiques i stocks passats.
- El preu de l'urani s'ha multiplicat per tres en els darrers anys.

És possible aquest creixement ?



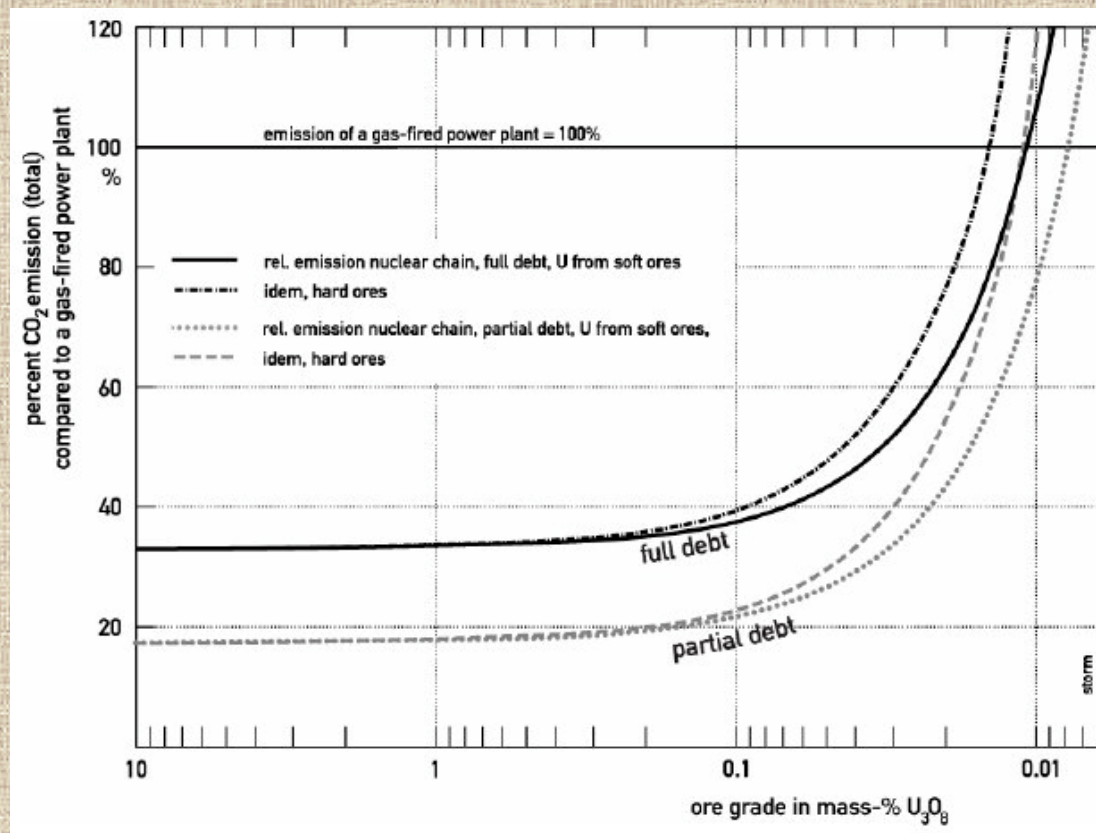
- Segons Tim Gitzel, Vicepresident d'AREVA:
 - “El període entre una senyal de falta d'urani al mercat i la resposta en forma de subministrament és de 20 anys, i aquest període és incompresible”.
- Dit al simposi anual de la World Nuclear Association de 2004 en una ponència sobre *Natural Uranium Availability to Fuel a Nuclear Renaissance: Challenging or Easy ?*

Suposem, però, que facin miracles ...

MtU	Conventional Resources				Unconventional Resources.
	RAR	Inferred or EAR-1	Hypothetical	Speculatives	
US\$/kg U \$/lbU308					
< 40 < 15	1,7	0,8	1,5	4,4	Around 15 to 25 Costs unknown
40 – 80 15 - 30	0,8	0,3			
80 – 130 30-50	0,7	0,3	0,8	3.1	
> 130 > 50	?	?			
	3,2	1.4	2.3	7.5	
TOTAL	<u>4,6</u>	14.4	<u>9,8</u>		15 – 25

- Alimentar 4.959 reactors durant tot el seu cicle de vida requereix uns 45 milions de tones d'urani.
- Les reserves conegudes són d'uns 3,2 milions de tones.
- Ni sumant les conegudes, les hipotètiques, les especulatives i les no-convencionals arribem a aquesta xifra.

No haviem quedat en que no generen CO₂?



- Per mines amb mena inferior a les 150 ppm es genera igual o més CO₂ en les operacions d'extracció, enriquiment, etc. que el que es generaria amb una generació equivalent amb gas natural.

I els residus què ?

- Els 4.959 reactors de la opció francesa, generarien 86.000 tones de residus d'alta activitat per any: **més d'un milió de tones en els propers 25 anys.**
- No hi ha cap magatzem geològic operatiu.
- Yucca Mountain porta 15 anys en estudi i encara no està clar si començarà a operar el 2012. Standards per 10.000 anys o per 1.000.000 d'anys (EPA).
- En tot cas, està previst per 70.000 tones. El de Finlàndia per 4.000 tones. No hi caben ni els residus ja generats.
- S'hauria de fer un YM cada any al món.
- Els Magatzems Temporals Centralitzats (MTC) no són una solució, sinó la demostració de que no tenen solució pels residus.
- Transmutació: un altre miratge.
- Reciclatge: necessari per Gen IV i per la viabilitat del futur nuclear.

I els accidents ?

- Descomptant els reactors soviètics, la taxa històrica d'accidents amb fusió del nucli ha estat de 10^{-4} accidents per reactor-any (MIT).
- Freqüència d'accidents “acceptable” (MIT) :
 - Menys d'un accident greu amb emissions radioactives cada 50 anys en tot el cicle nuclear.
- Suposant que amb reactors de 3^a generació (EPR) es reduís la taxa a 10^{-5} ,
 - 5.000 reactors funcionant = 1 accident cada 20 anys.
- Limitació de responsabilitat civil: Price-Anderson.
- Si tan segurs estan de que un altra Txèrnobil és impossible, perquè ningú vol assegurar una central nuclear?.

I la qüestió econòmica ?

- La nuclear no ha estat mai competitiva, sempre ha estat una “qüestió d’estat”.
- A Espanya les elèctriques estaven en fallida als anys 80. La moratòria va ser la excusa per salvar-les.
- És un problema de taxa d’interès. El 75% del cost és financer.
- Les elèctriques prefereixen el gas.
- Puja preu petroli i gas, inflació, recessió i pugen els interessos.
- Bush, Blair, Finlàndia ...

Conclusions

- Ampliar el parc de reactors nuclears per substituir els combustibles fòssils en la generació d'electricitat **no és viable**, al menys amb la tecnologia nuclear que podria desplegar-se en les pròximes dècades.
- Encara menys ho seria per substituir petroli per hidrògen.
- Construir uns quants reactors no resoldria cap problema i agreujaria els actuals .
- Els qui defensen l'energia nuclear parlant del canvi climàtic i del petroli no fan més que servir-se d'una cortina de fum per salvar una indústria que agonitza.
- Hem de desemmascarar-los demanant que facin propostes concretes.

És un problema de “voluntat” política

...

- “La opción nuclear no es una opción de empresas: es una opción de país ... si se quiere que se hagan instalaciones ... la sociedad española tendrá que establecer los mecanismos de pago, de seguridad jurídica y de compensación de estas decisiones”.

Eduardo González, Presidente Foro

Nuclear