

# Obnovitelné zdroje energie: zelený ráj nebo zelené peklo?

---

MUES – 1. dubna 2009

Petr Musil

# Struktura:

1. Seznamte se: Obnovitelné zdroje energie (OZE)
2. Co, nebo kdo nás straší energetickou krizí,...
3. ...kdo strašil generace před námi,...
4. ...a proč není důvod se bát?
5. Proč má svět využívat OZE...
6. ...aneb o cestě, dlážděné dobrými úmysly

# 1. Seznamte se: obnovitelné zdroje energie (OZE)

---

# Co jsou to OZE?

- *OZE = takové zdroje, které se obnovují přirozeně nebo za přispění člověka, a jsou tedy v relativně krátké době využitelné opakovaně*
- přirozeně se obnovující OZE: **vítr, voda, Slunce, geotermální energie**
- OZE, k jejichž obnově přispívá člověk: **biomasa**
- obnova výše uvedených zdrojů však souvisí s existencí Slunce, setrvačností soustavy Země-Měsíc, teplotou zemského jádra a procesy v něm, tudíž:
- absolutně obnovitelné (donekonečna využitelné) zdroje energie neexistují

# Praktická využitelnost OZE - Slunce

- fotovoltaika, fototermika, fotosyntéza, termojaderná fúze vodíku
- fotovoltaika = výroba elektřiny ze slunečního záření
- fototermika = akumulace tepla slunečního záření k ohřevu vody
- fotosyntéza = proces přeměny  $\text{CO}_2$  a vody v  $\text{O}_2$  za současného uvolnění energie – přirozeně probíhá v rostlinách, ale snahy o „umělou“ fotosyntézu
- termojaderná fúze vodíku = proces slučování lehkých jader vodíku v těžší jádro za současného uvolnění energie – probíhá přirozeně na Slunci, na Zemi: vodíková bomba, TOKAMAK, ITER

# Praktická využitelnost OZE - vítr

- v minulosti: pohon plachetnic, dnes: větrné elektrárny
- rotory („vrtule“) s horizontální i vertikální osou
- problém: maximální dosažitelná účinnost = 59 % (Betzovo pravidlo)
- problém č. 2: max. efektivnost až při větru od 10 m/s

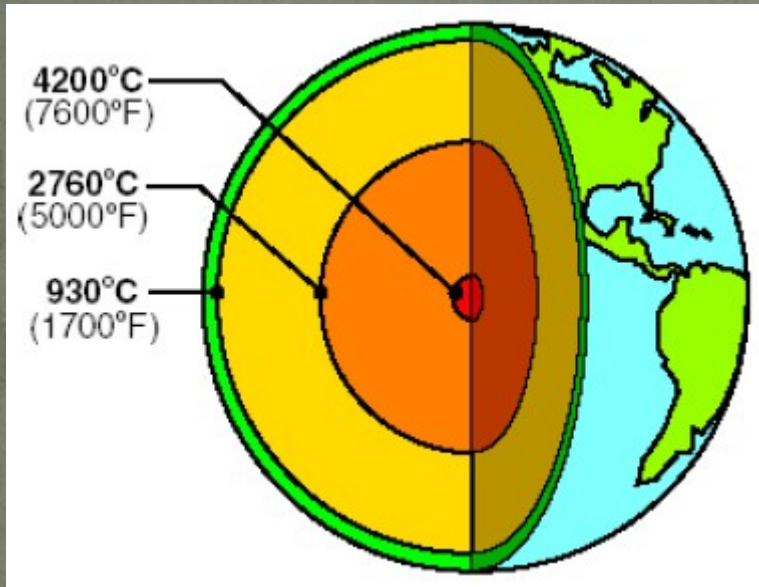




# Praktická využitelnost OZE - voda

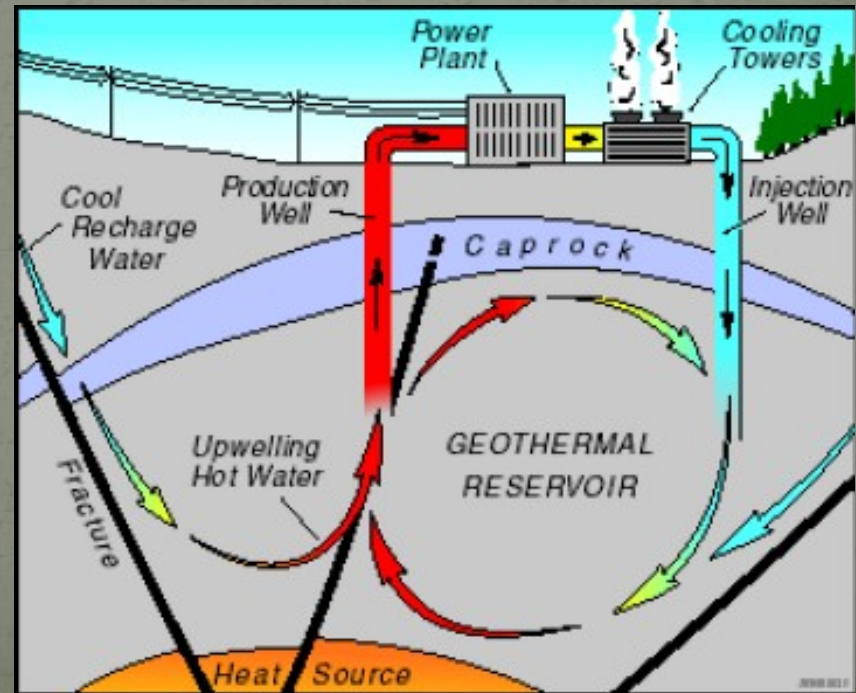
- dnes především k výrobě elektřiny ve vodních (řeky) a přílivových (mořské šelfy) elektrárnách
- VE nízkotlaké, středotlaké, vysokotlaké (dle výšky vodního spádu), přečerpávací (voda se nejprve přečerpá do požadované výšky)
- využití vodních turbín – účinnost až 95% (nejdokonalejší mechanické motory vůbec)
- Francisova a Kaplanova turbína (nízké spády), Peltonova turbína (vysoké spády)
- relativně nízká flexibilita zdroje

# Praktická využitelnost OZE – geotermální energie



- využití tepla zemského jádra – pláště – kůry
- tepelná čerpadla pro vytápění budov nebo...

- ...geotermální elektrárny

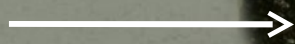




# Praktická využitelnost OZE - biomasa

- zřejmě nejpestřeji využitelný druh OZE a nejvíce rozšířený (vzhledem k podmínkám)
- různé možnosti využití: přímé spalování (dřevo, tráva ☺), výroba spalitelného zdroje (bioplyn, biolíh, peletky)
- problém: nízká energetická hustota, a tedy náročná na plochu

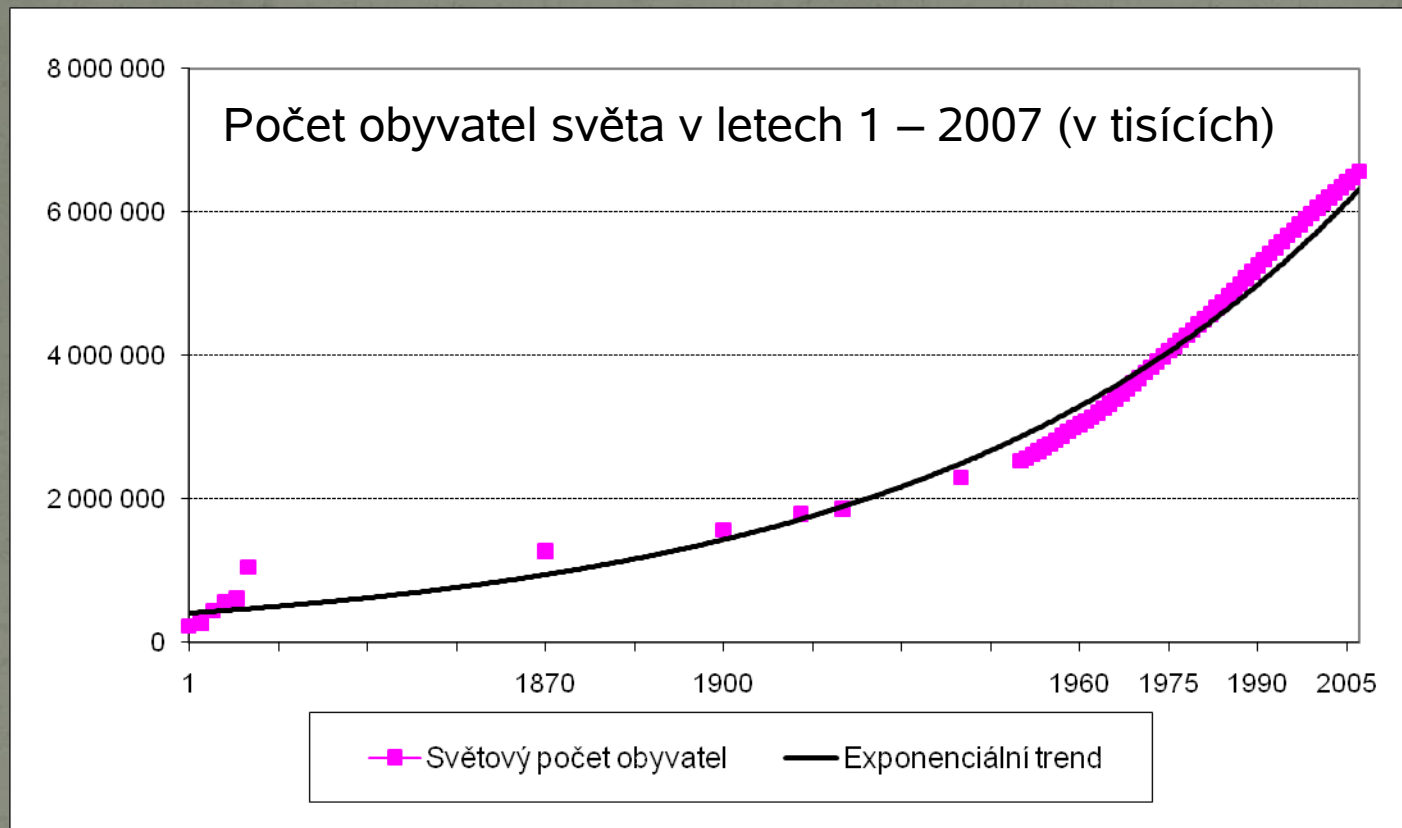
Sloní tráva



2. Co, nebo kdo nás straší  
energetickou krizí?

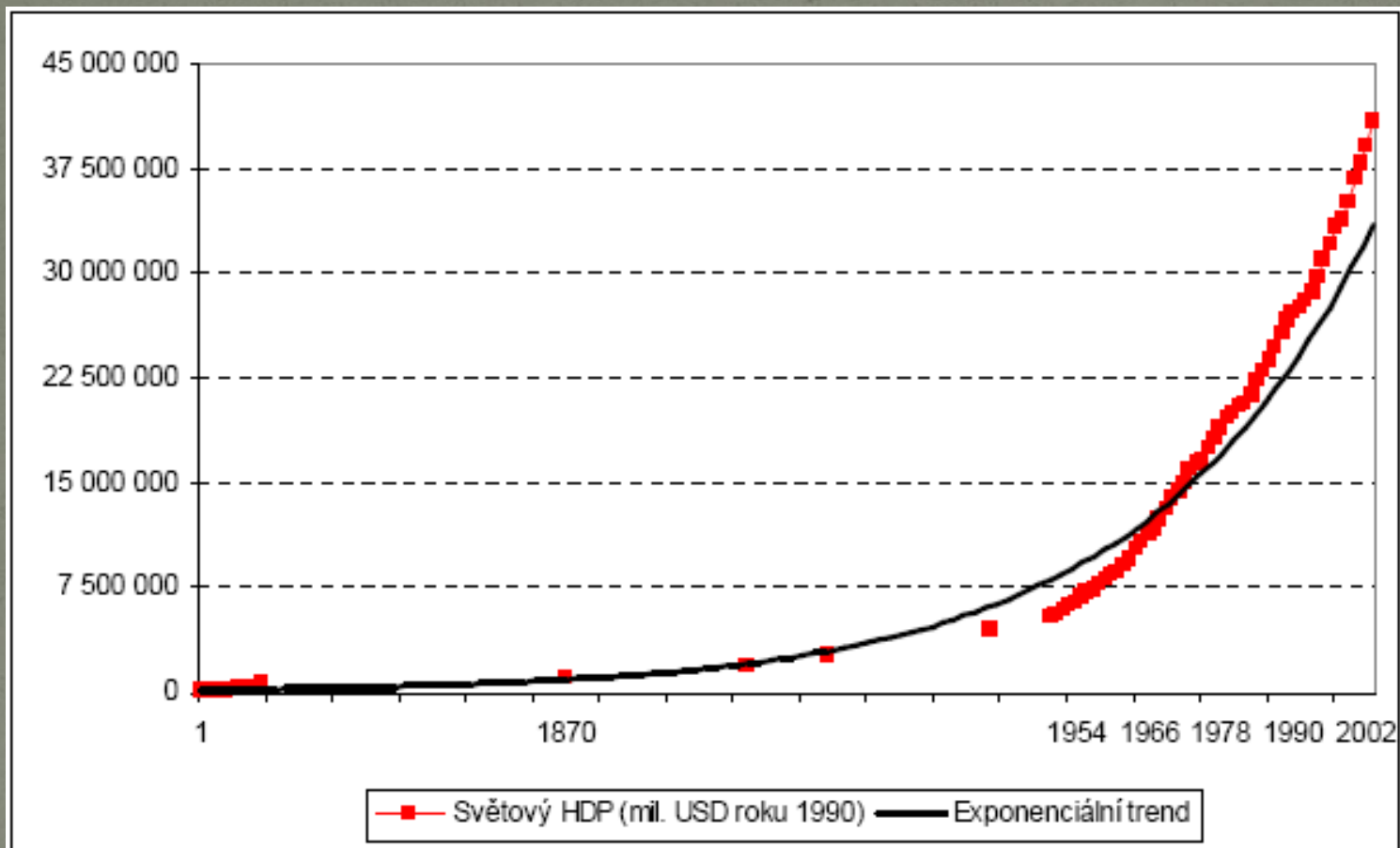
---

# Světový počet obyvatel roste exponenciálně



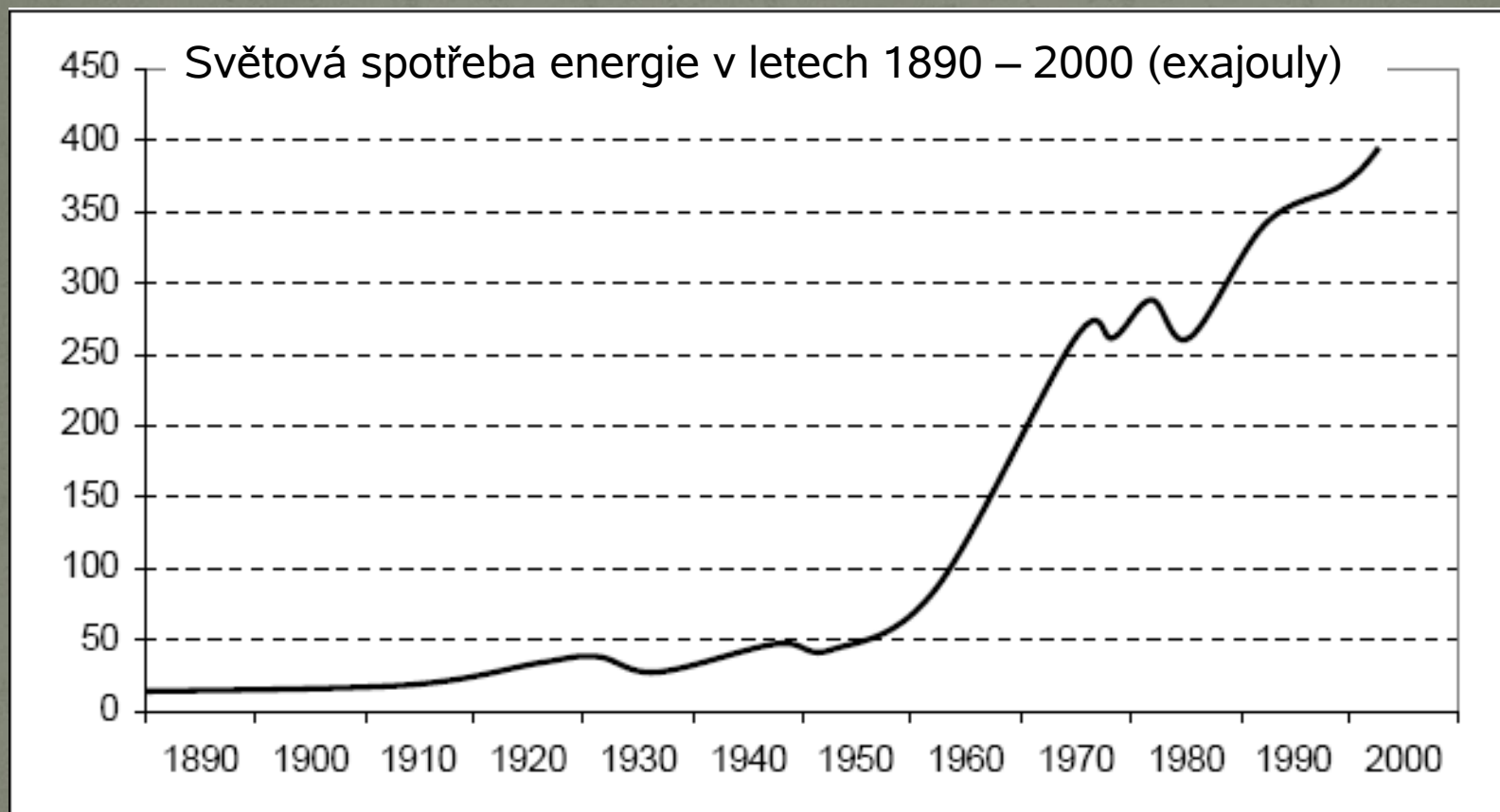
Zdroj: OECD (2003), US Bureau of the Census (2005), vlastní výpočty

# Světový HDP také...




Zdroj: OECD (2003), US Bureau of the Census (2005), vlastní výpočty

# ...stejně jako světová spotřeba energie



Zdroj: Lomborg (2001)

# Proč je to problém?

- v posledních cca 200 letech rapidně rostl podíl fosilních zdrojů a jádra na výrobě a spotřebě energie (uhlí, ropa, zemní plyn)
  - fosilní zdroje + jádro jsou neobnovitelné a tedy vyčerpitelné energetické zdroje
  - okamžik vyčerpání zdrojů se tedy blíží
  - lidstvo ceteris paribus neodvratně spěje k energetické krizi – vyčerpání zdrojů, války o zdroje, zkáza lidské civilizace
- 
- takové vize se cyklicky opakují: předpověď katastrofy – nenaplnění vize – ústup ze středu zájmu – předpověď katastrofy... atd.

# Kdo nás takto straší?

Zpravidla (ne vždy a ne všichni):

- neekonomové (Club of Rome) – snaha vědecky dokázat, že energetické možnosti Země jsou omezené (viz např. Limits to Growth)
- ekologisté (nikoli ekologové) – snaha se zviditelnit („zaprudit“ za každou cenu)
- politické strany a hnutí – snaha získat politickou moc pod záminkou ochrany planety a lidstva (Zelení všech zemí, spojte se) – obchod se strachem

3. ...kdo strašil generace před  
námi,...

---



# Od Malthuse k Římskému klubu

**1798 – T. R. Malthus: *Essay on the Principles of Population*:**

- nesoulad mezi exponenciálním růstem britské populace a lineárním růstem možností obživy
- lidstvo v zajetí populačního zákona – vlny populačních explozí a poklesů
- řešení: mzda na úrovni existenčního minima jako „regulátor“ populačního růstu
- jeho předpovědi se nenaplnily, ale:
- dobrý základ pro neomalthusiánce



# Od Malthuse k Římskému klubu

## *David Ricardo a jeho zákon klesající výnosnosti půd*



- aplikace na surovinová ložiska (uhlí)
- 20.léta 19.stol.: do konce století budou vytěženy všechny ekonomicky dosažitelné zásoby uhlí a cena uhlí vzroste o 70 – 80 % (Hampl, 2004)
- opět nenaplnění předpovědi: cena uhlí klesla a počet uhelných dolů stoupal (tudíž i objem rezerv)
- zřejmě nedocenil význam technologického pokroku

# Od Malthuse k Římskému klubu

**1865 – W. S. Jevons: *The Coal Question*:**

- odmítnutí Malthuse a Ricarda
- vysvětlil pokles relativní ceny uhlí pomocí technologického pokroku, navíc:
- známé rezervy nejsou konstantní kategorií
- na základě dat však varoval, že Británie bude do 100 let trpět nedostatkem uhlí:
- v r. 1865 známé rezervy = 90 mld. tun, roční těžba v r. 1961 měla být 2,6 mld. tun, avšak v r. 2005 roční spotřeba uhlí v UK činila jen 62 mil. tun uhlí (*BP, 2008*)
- řešil otázku využití jiných zdrojů: ropa jako neperspektivní zdroj, uhlí dominantní i v daleké budoucnosti



# Od Malthuse k Římskému klubu

- Jevonsův efekt (Jevonsův paradox):
- vyšší efektivita využití zdroje by měla vést k jeho nižší spotřebě, ale:
- Wattův parní stroj spotřeboval o 75 % uhlí méně než parní stroj Thomase Newcomena z r. 1712, přesto však spotřeba uhlí rostla
- souvislost s cenovou elasticitou poptávky po uhlí
- realita tedy ukázala, že: *vyšší efektivita využití uhlí vede k poklesu jeho ceny a, je-li poptávka cenově elastická, spotřeba uhlí poroste relativně více (prosazuje se Jevonsův efekt)*

# Od Malthuse k Římskému klubu

## **1968 – R. P. Ehrlich: The Population Bomb:**

- v 70. a 80. letech měly umírat stovky milionů lidí hladem
- Indie nebude schopna uživit svou rostoucí populaci

## **1972 – Meadows et al.: Limits to Growth:**

Zdroj	Roční tempo růstu spotřeby (%)	Doba užití v letech		
		Statický index (R/P)	Exponenciální index	Exponenciální index při 5-násobném objemu rezerv
Chrom	2,6	420	93	154
Zlato	4,1	11	9	29
Železo	1,8	240	93	173
Ropa	3,9	31	20	50

Zdroj: Meadows et al. (1972)

4. ...a proč není důvod se bát?

---

# Několik opomíjených faktorů

**cenový mechanismus** – hypotetický růst relativní ceny zdroje vysílá signály:

- těžařským firmám – aby hledaly nová ložiska nebo aby stávající těžily efektivněji
- spotřebitelům – aby neplýtvali se zdroji
- výrobcům – aby vyráběli méně energeticky náročné zboží

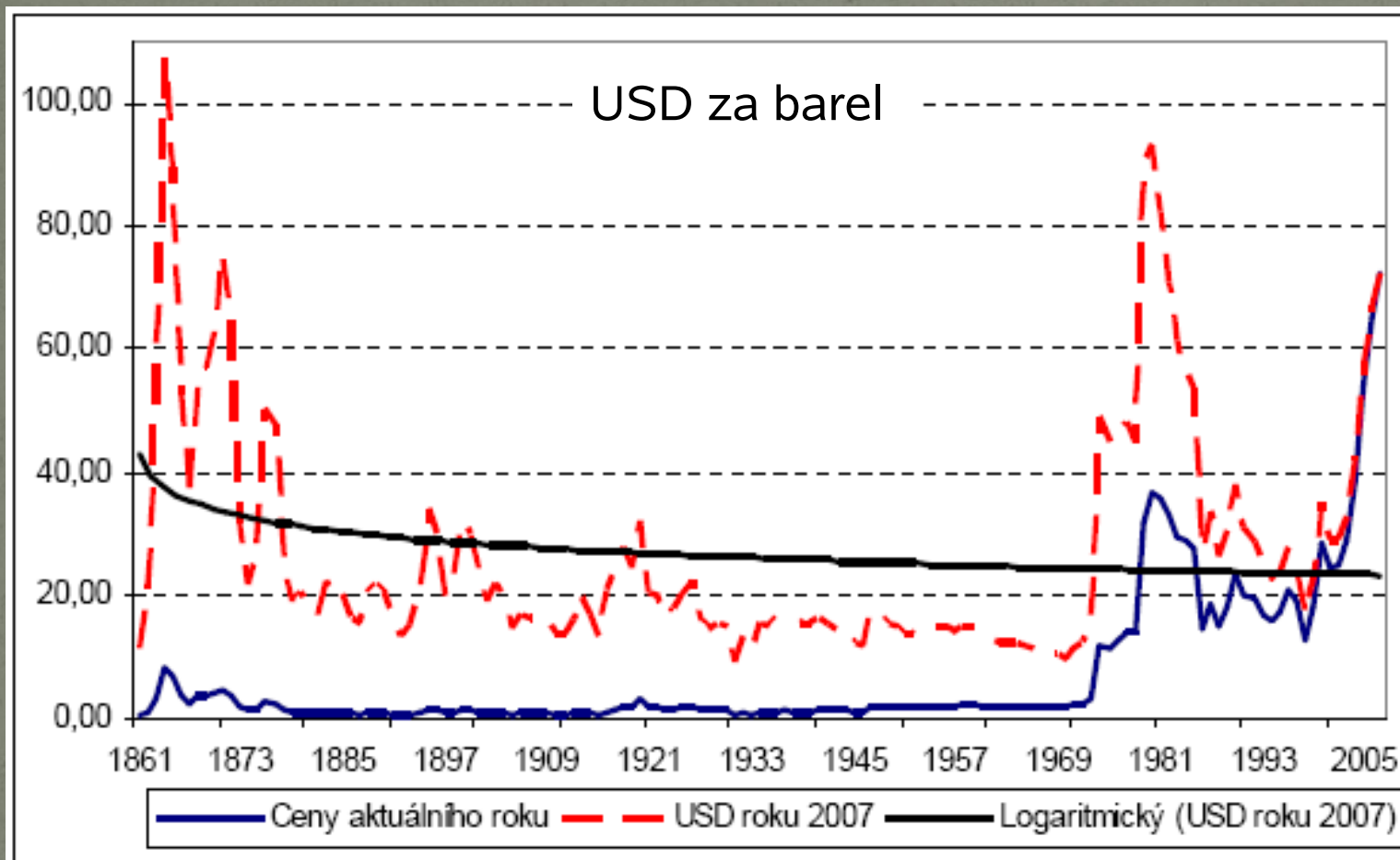
**technologický pokrok** – jako důsledek cenových šoků (např. ropné šoky), ale i jako příčina faktického poklesu relativních cen zdrojů

**schopnost hledat substituty ke stávajícím zdrojům** – jako důsledek hypotetického růstu relativní ceny zdroje a technologického pokroku



**neobnovitelné zdroje se stávají stále hojnějšími**

# Ropa dlouhodobě zlevňuje...



Zdroj: British Petroleum (2008)



# ...stejně jako ostatní komodity

Ceny vybraných komodit ve vztahu ke mzdám v USA (1990=100)

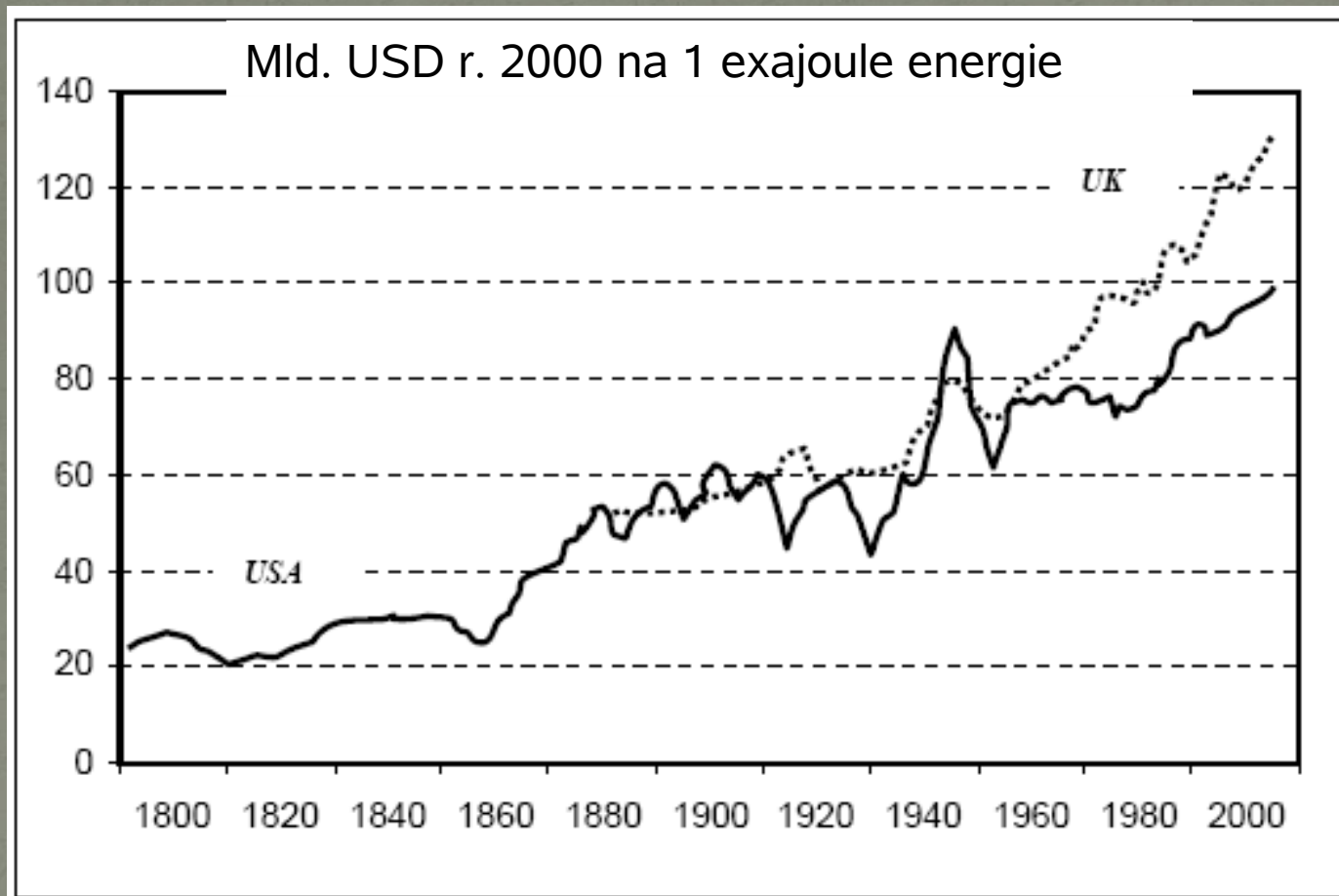
<b>Zdroj</b>	<b>1950</b>	<b>1960</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>Změna v % (1990/1950)</b>
<b>Potraviny</b>	386	210	145	161	100	- 74
<b>Dřevo</b>	170	114	95	126	100	- 41
<b>Papír</b>	139	121	97	104	100	- 28
<b>Minerály</b>	194	147	179	217	100	- 48
<b>Energie*</b>	184	126	74	138	100	- 46

Zdroj: Hampl (2004)

# Technologický pokrok

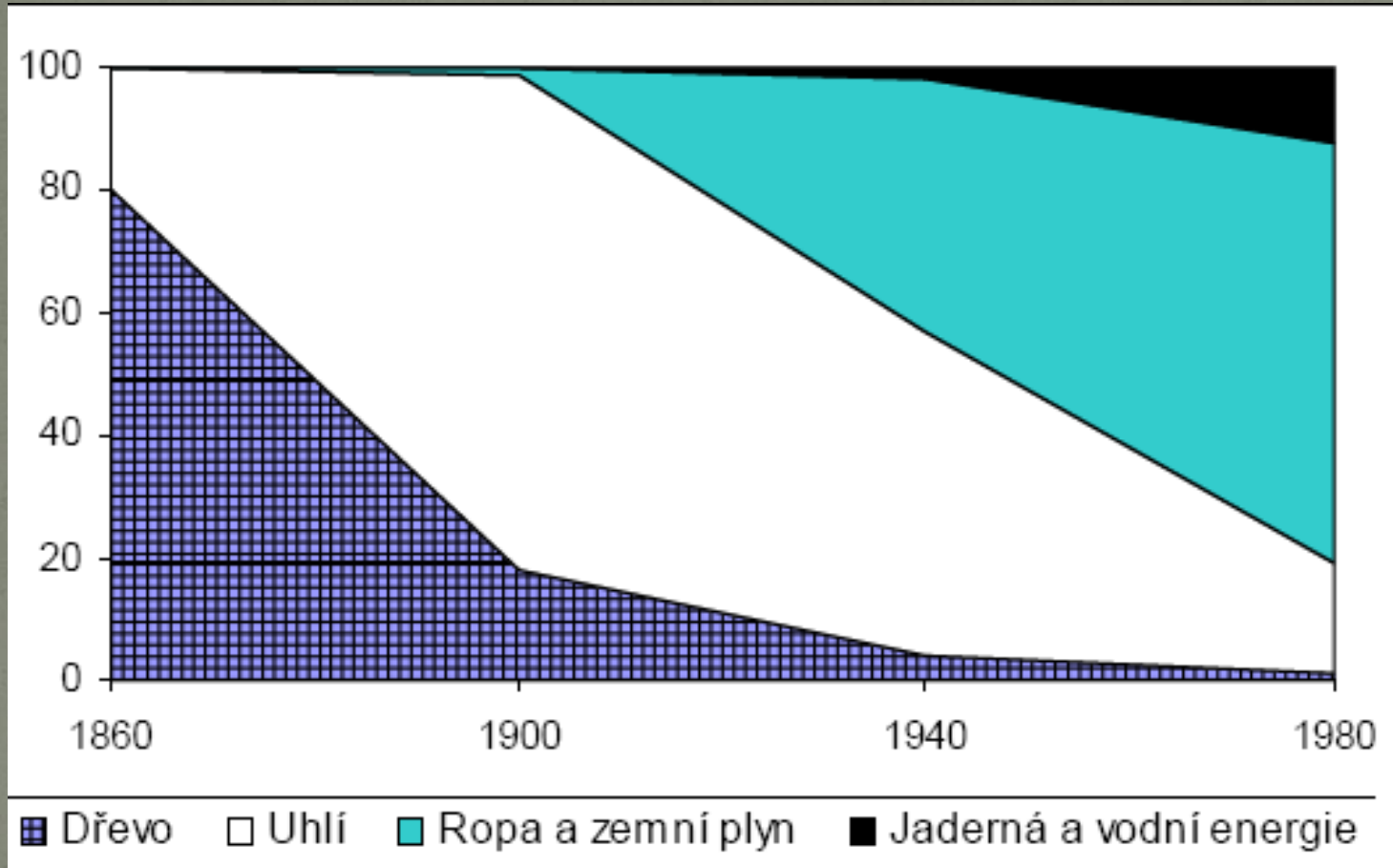
- v počátcích těžby ropy se vytěžilo jen 20 % vrtu, dnes zhruba polovina (*Lomborg, 2001*)
- dnes je těžba ropy a zemního plynu možná tam, kde to bylo dříve technicky nemožné (mořská dna)
- spotřeba automobilů klesla od období ropných šoků až o 60 % (*Lomborg, 2001*)
- zdokonalují se geologické znalosti o Zemi

# Zvýšení energetické efektivity v USA a UK



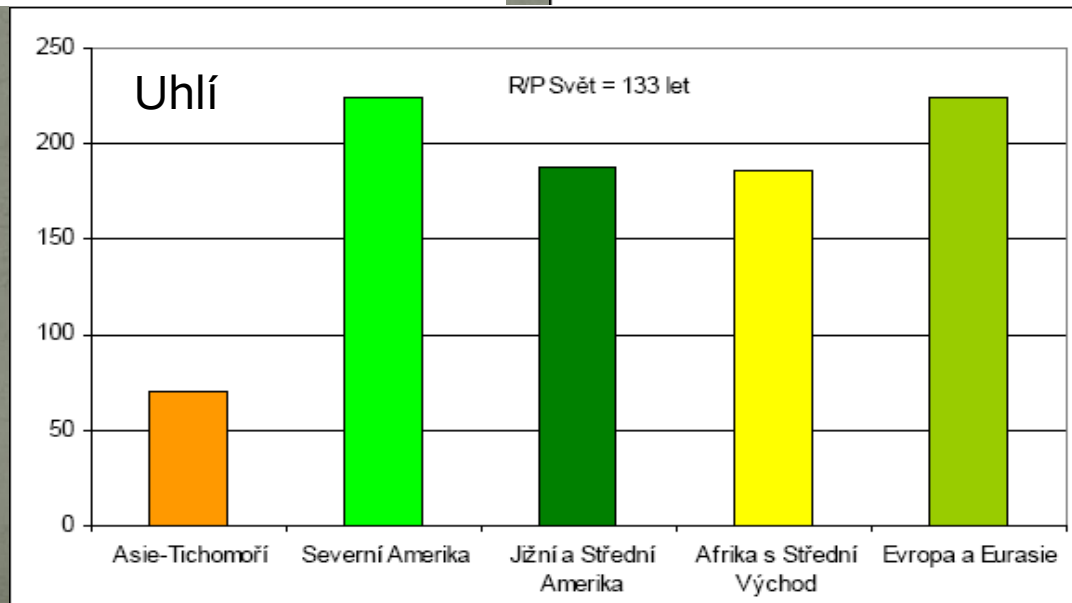
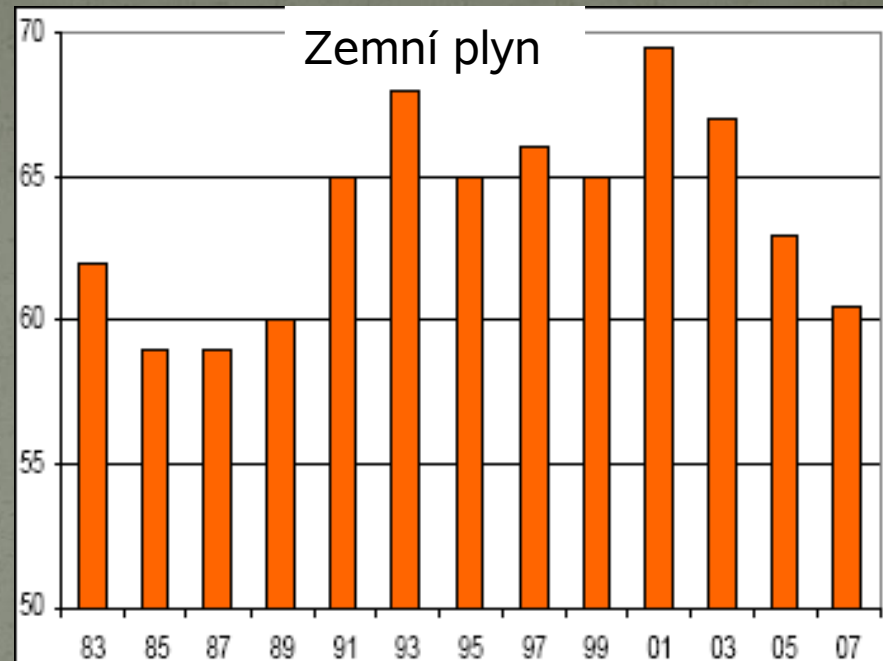
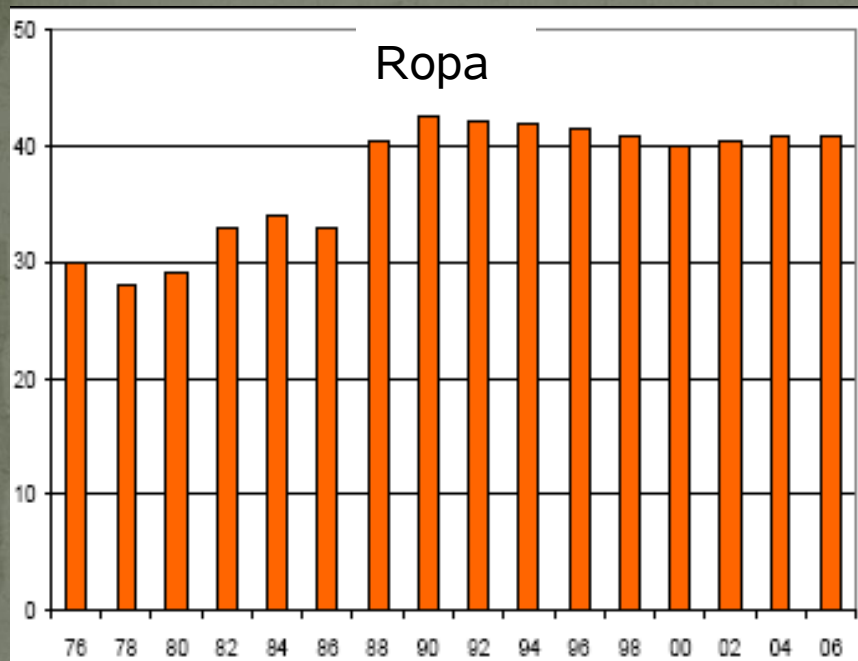
Zdroj:  
Lomborg(2001)

# Substituce zdrojů během 120 let (podíly v %)



Zdroj: Hampl (2004)

# Zásoby zdrojů jako poměr R/P (v letech užití)



# 5. Proč má svět využívat OZE...

---



# Proč využívat OZE?

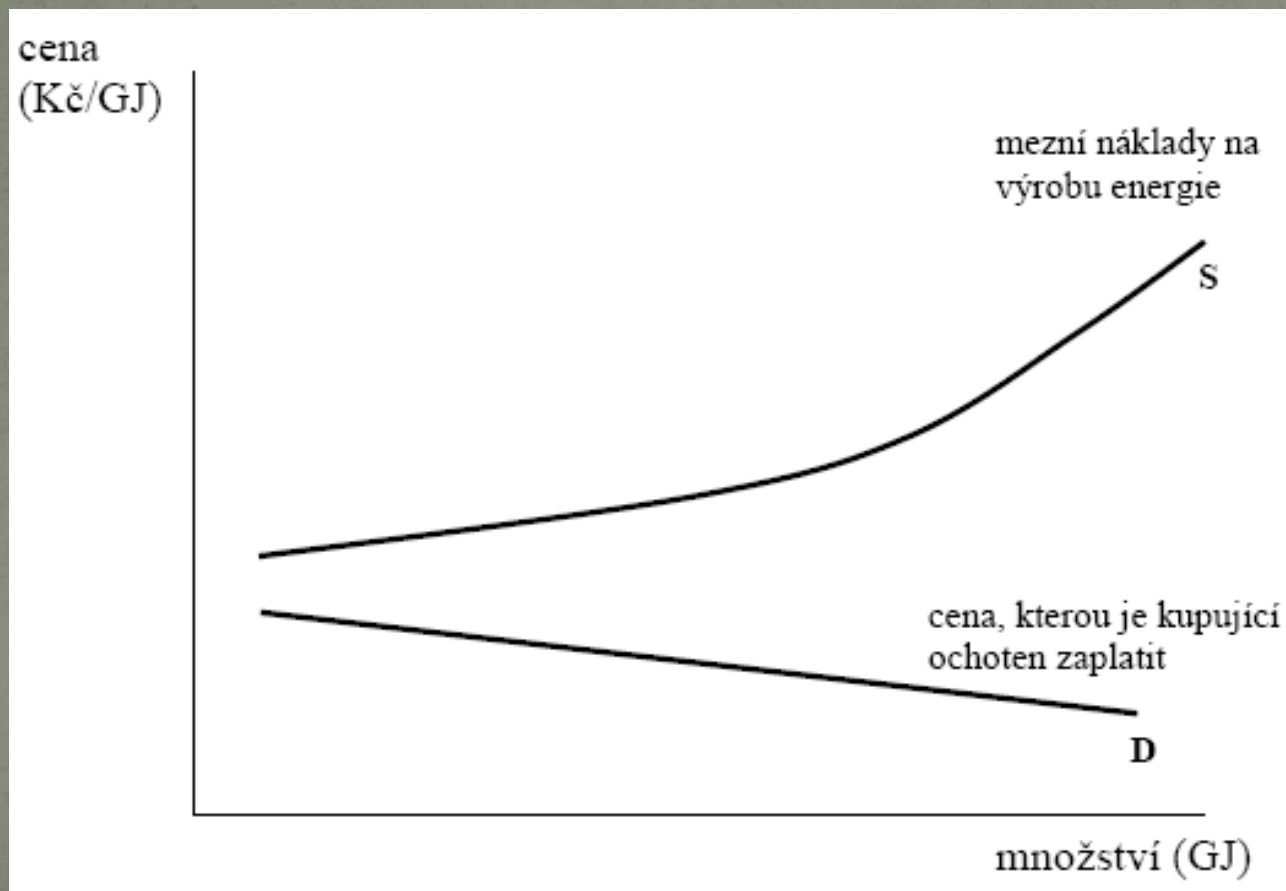
- obecně: protože si to přejí politici (zejména na úrovni EU) + „pár“ nadšených ochránců přírody

## Oficiálně kvůli:

- snižování závislosti na dovozu ropy a plynu z Ruska a Středního východu (obava jak v EU, tak v USA)
- boji proti klimatickým změnám (zejména v EU a teď již zřejmě i v USA – Obama)
- očekávaným pozitivním makroekonomickým dopadům (investice do OZE → podpora eko.růstu, tvorba pracovních míst apod.)
- **problém: OZE nejsou (zatím) zcela konkurenceschopné vůči non-OZE → nutné veřejné podpory**

# Proč veřejná podpora OZE?

- nemusí se vytvořit rovnováha na trhu s obnovitelným zdrojem





# Jaké podpory pro OZE?

- veřejná podpora poptávkové i nabídkové strany trhu s obnovitelnou energií



# Jednotlivé nástroje podpory OZE

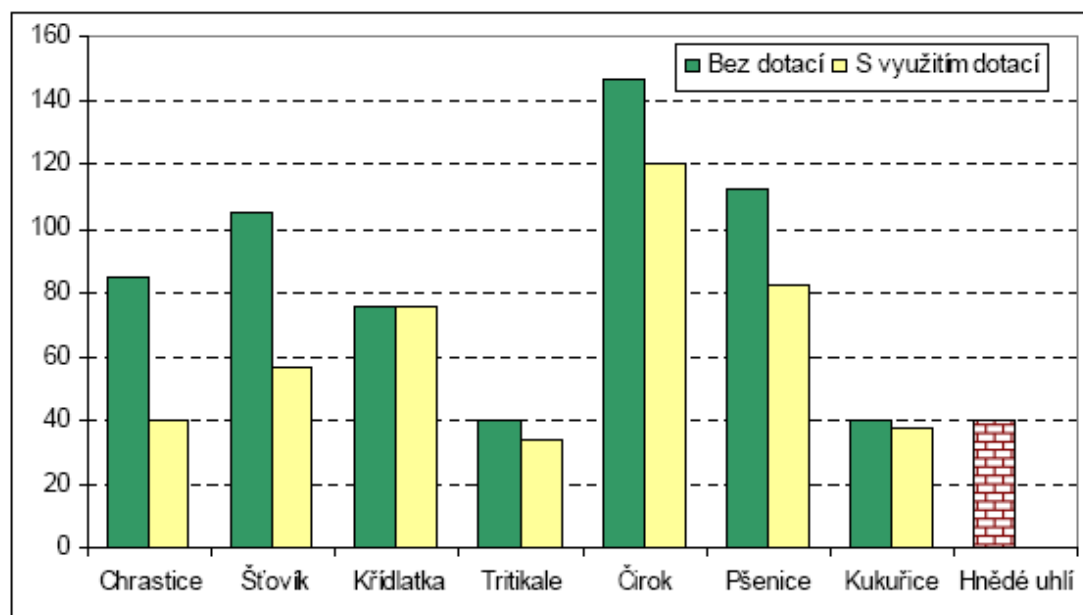
- **pevné tarify, aukční systém** – garantování minimální výkupní ceny obnovitelné energie státem: zvýšení nabídky → vytvoření rovnováhy na trhu
- **investiční subvence** – podpora tvorby kapacit pro výrobu OZE – přímá dotace na investiční projekt: zvýšení nabídky → vytvoření rovnováhy na trhu
- **zelené certifikáty** – podpora poptávkové strany – emise certifikátů dle stanovené kvóty spotřeby energie z OZE – povinnost firem tuto energii kupovat, certifikát je dokladem, kterým se firma prokáže státu – pokud získá větší množství certifikátů než kolik musí odevzdat státu, může prodat jiné firmě na trhu (která kvótu nesplnila): růst poptávky → vytvoření rovnováhy na trhu

# Jednotlivé nástroje podpory OZE

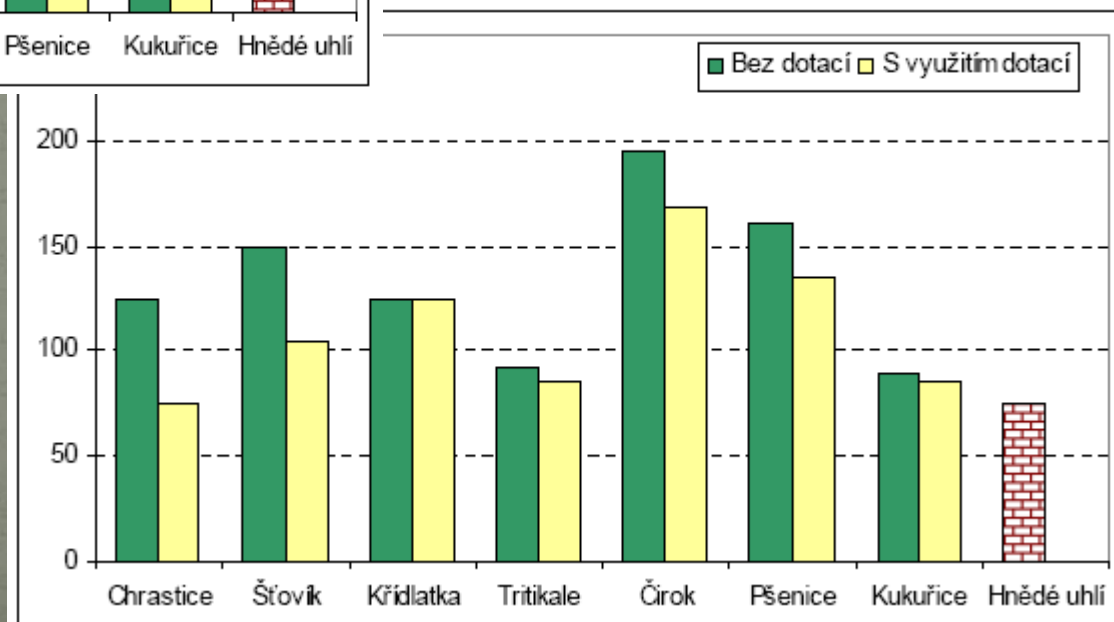
- **fiskální opatření** – zpravidla daňové nástroje – stimulace nabídkové i poptávkové strany, např.: daňové úlevy pro výrobce energie z OZE, ale i pro spotřebitele obnovitelné energie
- **zdanění spotřeby neobnovitelného zdroje** – standardní spotřební daně – otázka účinnosti (cenová elasticita poptávky po neobnovitelném zdroji), otázka efektivnosti a zdanění (mrtvá ztráta daně)

# Konkurenceschopnost OZE (Kč na 1 GJ energie)

## Energetická řezanka



## Biopaliva – brikety



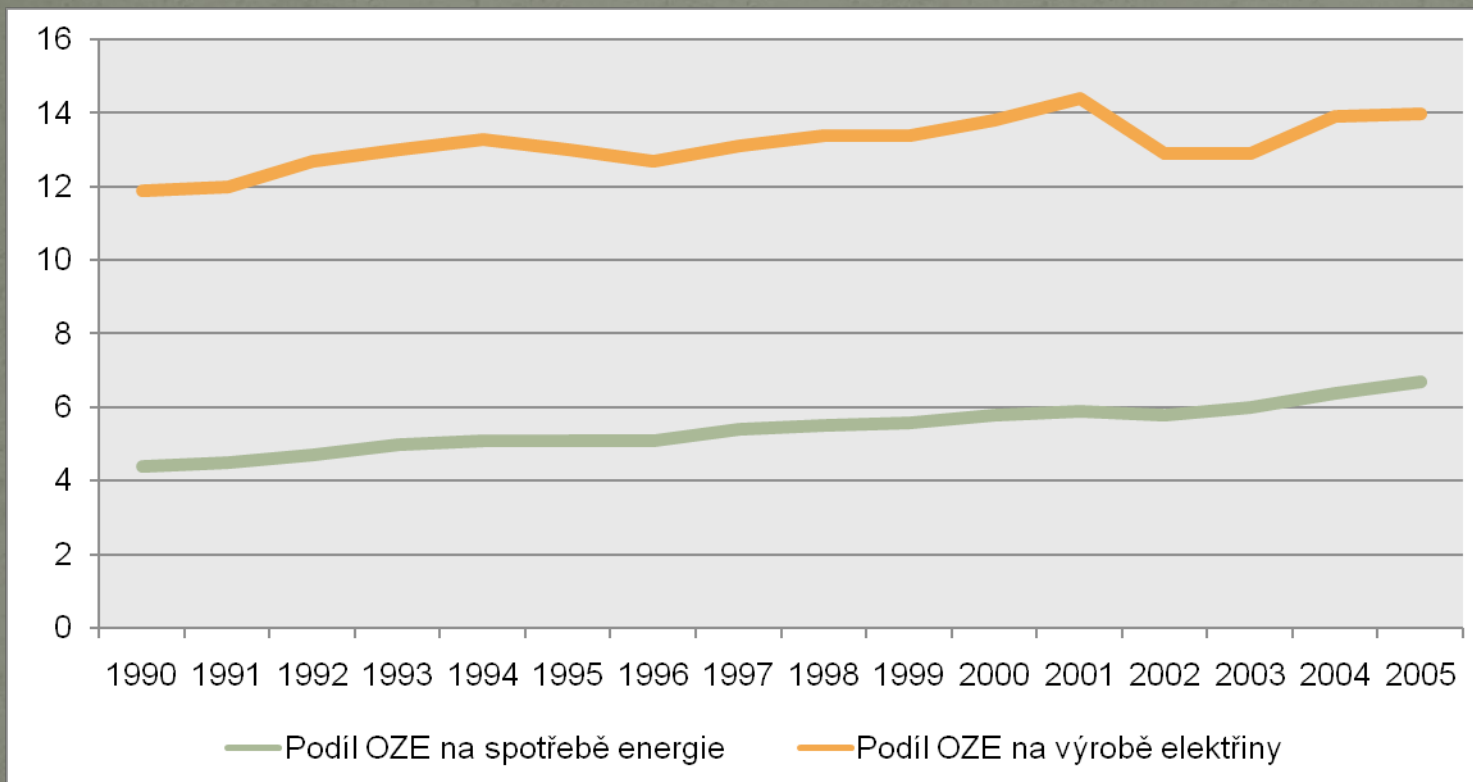
Zdroj: Abrham et al. (2004)

# 6. ...aneb o cestě, dlážděné dobrými úmysly



# A jak to vlastně je?

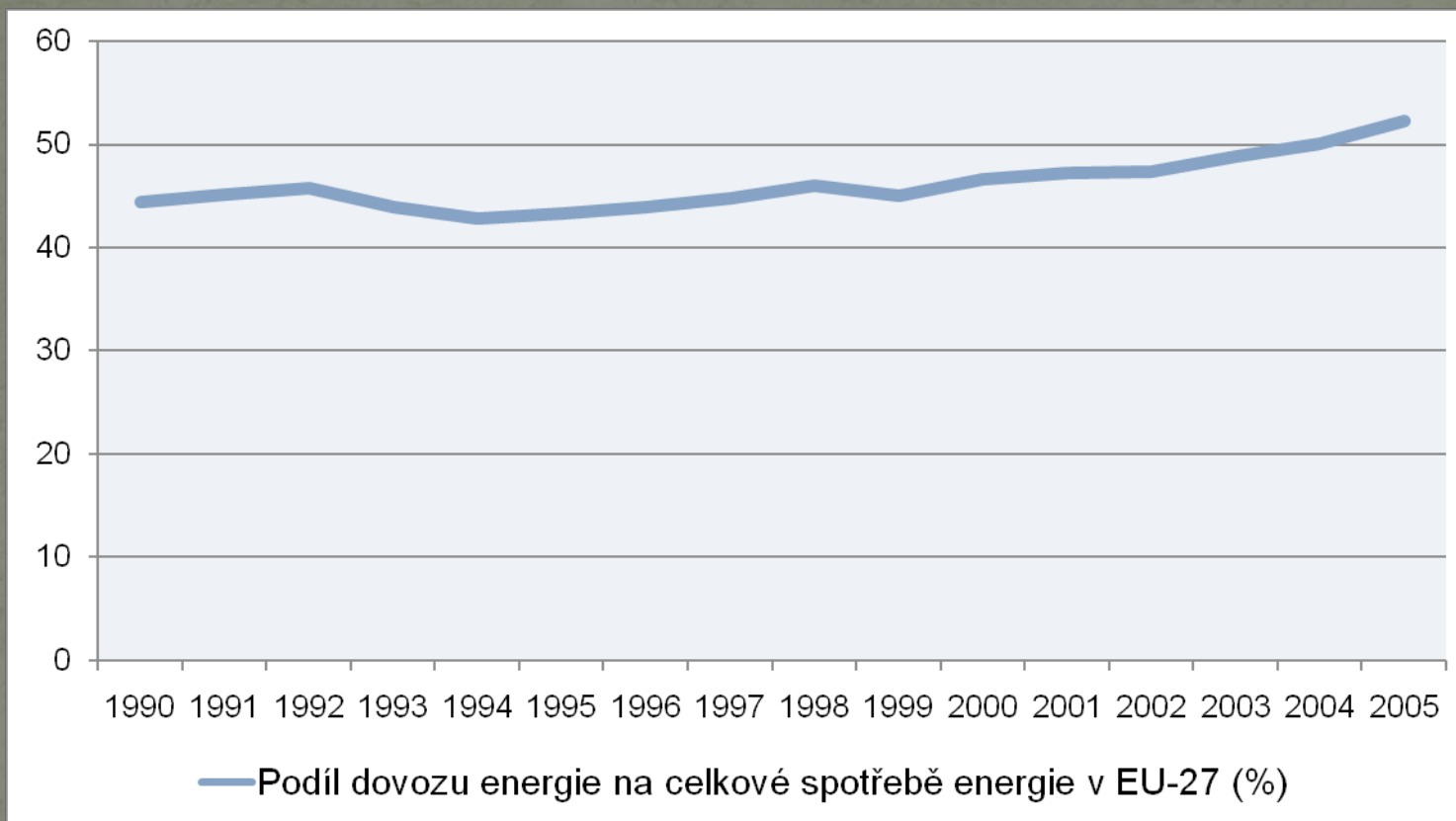
## Význam obnovitelných zdrojů v EU-27 roste



Zdroj: Eurostat (2008)

ALE:

# Řeší to závislost EU na dovozech energie?



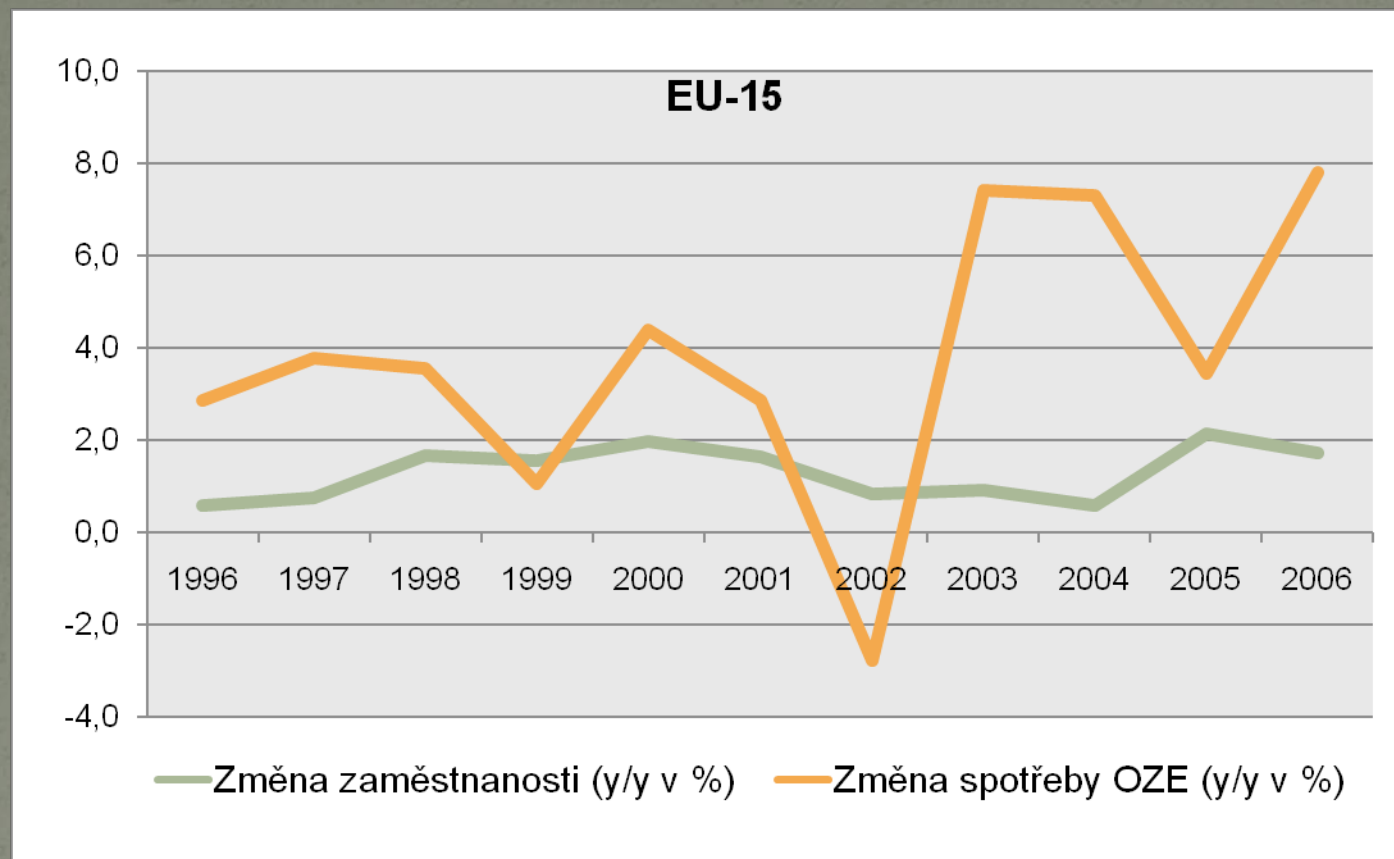
Zdroj: Eurostat (2008)

# A co na to klima?

- dle některých analýz výroba biopaliv spotřebuje o 27 – 118 % více energie z fosilních zdrojů, než kolik se z biopaliv získá (*Lang, 2005*) → jak je tím ušetřeno klima?
- při spalování biomasy se uvolní 1,5 – 1,7krát více tzv. skleníkových plynů než při spalování nafty (sníží se sice emise CO<sub>2</sub>, ale rostou emise NO<sub>x</sub>) (*Monbiot, 2008*)
- v zájmu boje proti klimatu se likvidují deštné pralesy v Brazílii a plochy se osazují monokulturami olejnatých palem (důsledek nařízení přimíchávání biopaliv do pohonných hmot) – snížíme sice emise CO<sub>2</sub>, ale zlikvidujeme „plíce světa“



# Tak alespoň ta nová pracovní místa?



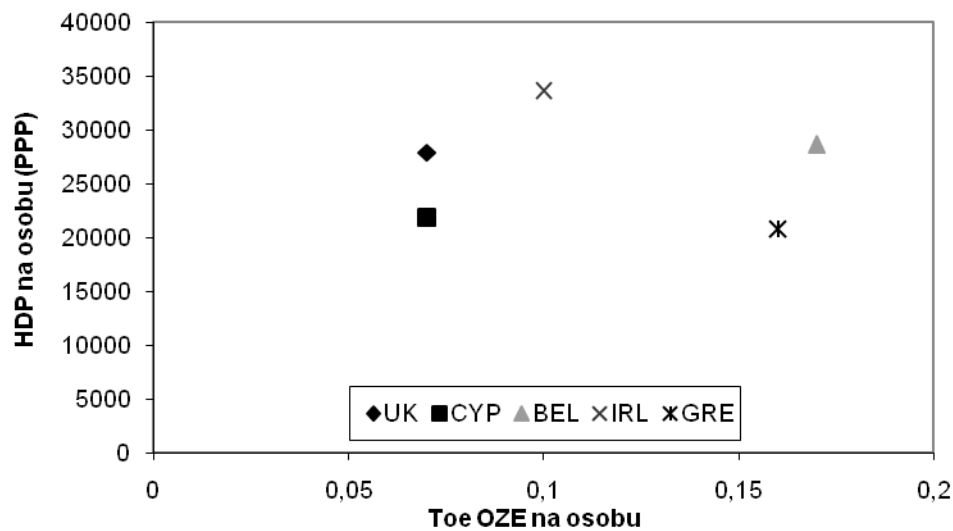
Zdroj: Eurostat (2008)

# Vliv na životní úroveň? (HDP/cap. dle PPP – v EUR)

Země s vysokou spotřebou OZE

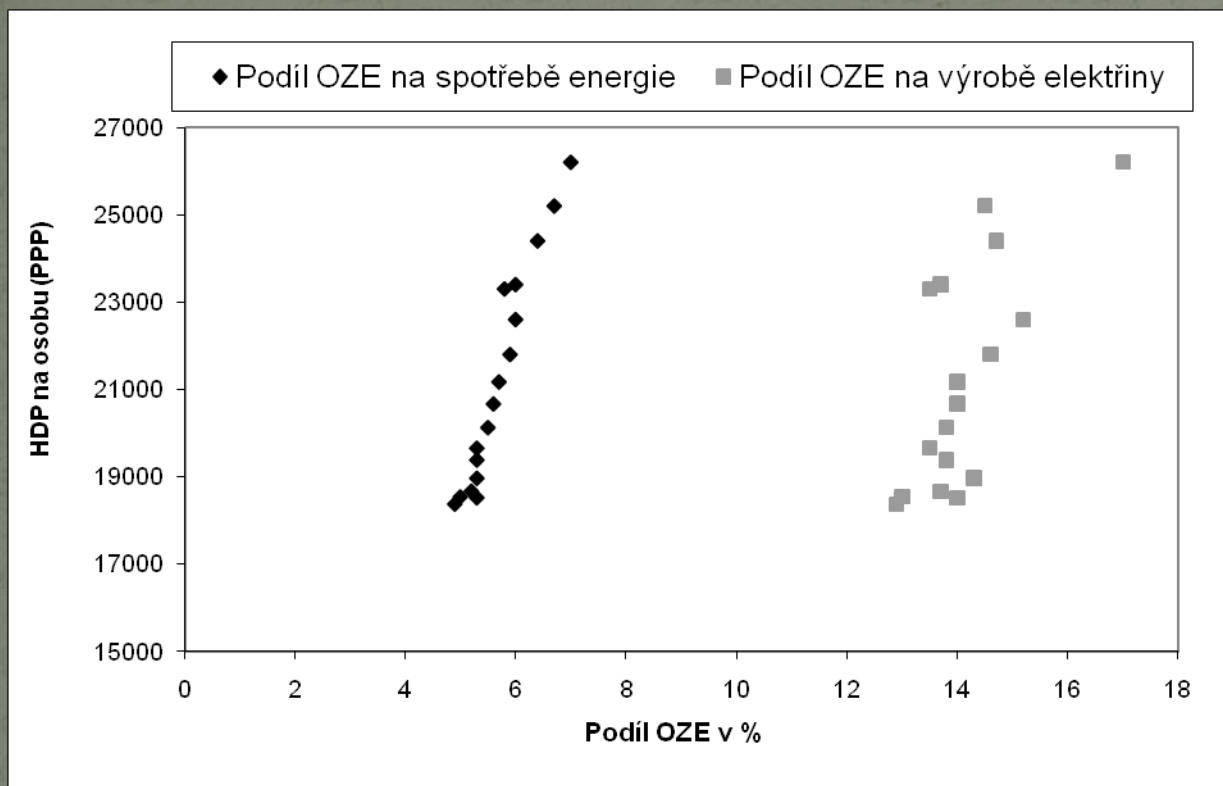


Země s nízkou spotřebou OZE



Zdroj: Eurostat (2008), vlastní výpočty

# HDP/cap. a podíl OZE v EU-15



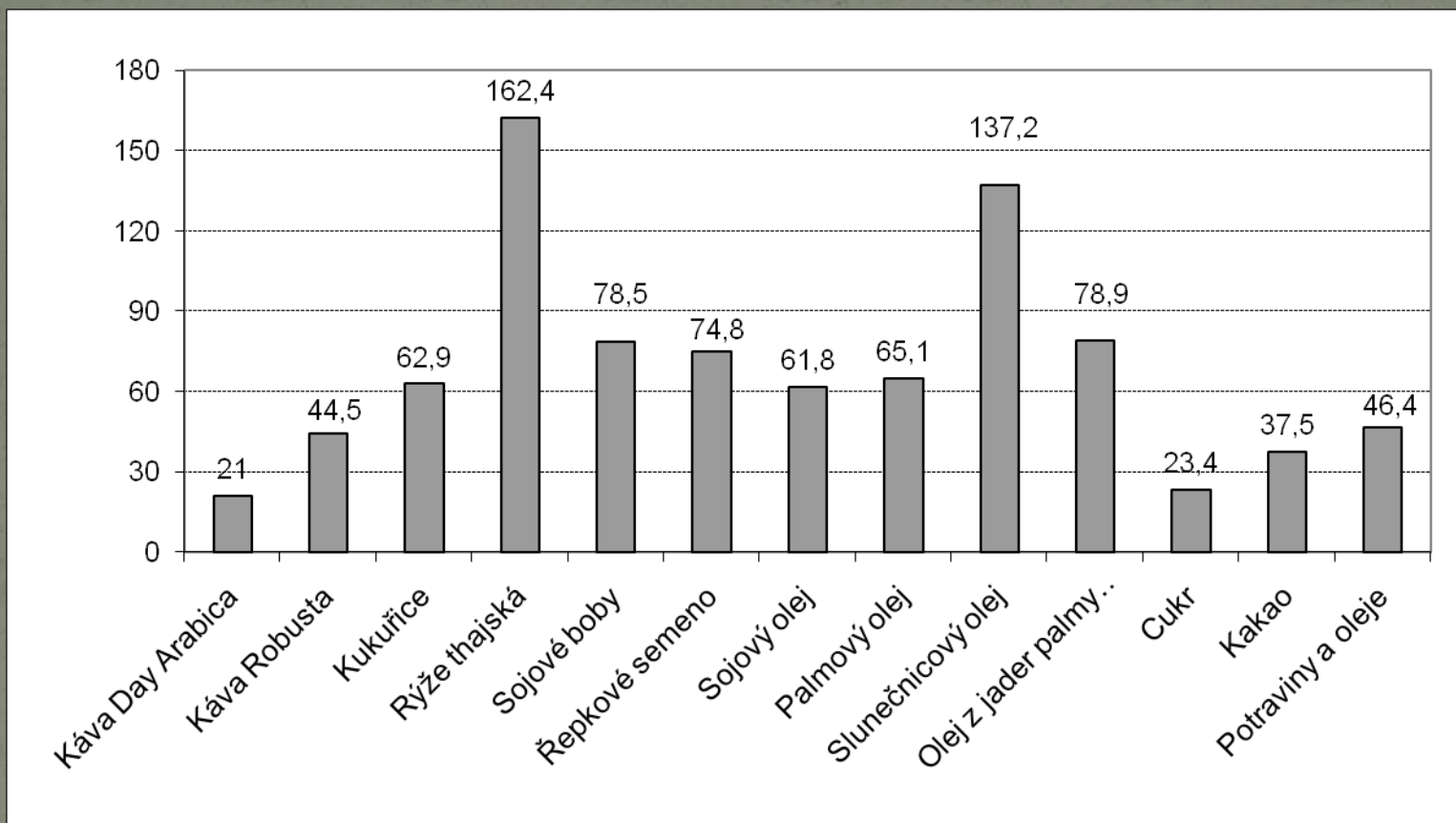
Bylo dřív vejce nebo slepice?  
Viz např. EKC  
(Environmental  
Kuznets Curve)

Zdroj: Eurostat (2008), vlastní výpočty

# Kdo způsobuje potravinové krize třetího světa: sucho nebo boj „Severu“ za záchranu planety?

- zjednodušeně: „*oni (třetí svět) nemají co jíst a my s tím tady topíme*“
- přelom 2007 a 2008 – USA a EU nařizují přimíchávání biosložek do pohonných hmot → rapidní růst cen potravin
- kvůli biopalivům by mohl vzrůst počet hladovějících lidí z 900 milionů až na miliardu během několika málo let (*Brezina, 2007*)

# Meziroční změny cen vybraných plodin v dubnu 2008 (%)



Zdroj: Svaz průmyslu a dopravy ČR (2008)

# Shrnutí:

- energetická krize nehrozí, a to ani v souvislosti se závislostí některých zemí (regionů) na dovozu energetických komodit
- obnovitelné zdroje energie spíše jako doplňkový zdroj (snad se nepletu jako Jevons s ropou)
- OZE jsou dnes „in“, spíše módní vlna – otázka času, kdy budou „out“
- obrovský potenciál skrývá zvládnutí a ovládnutí procesu termojaderné fúze
- neopomíjeme renesanci jaderné energetiky (viz např. diskuse o minireaktorech)

Díky za pozornost

