

Environmentální aspekty průmyslových činností

(02a)

Výroba energie

Ivan Holoubek

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>



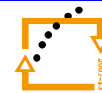
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Globální primární produkce E

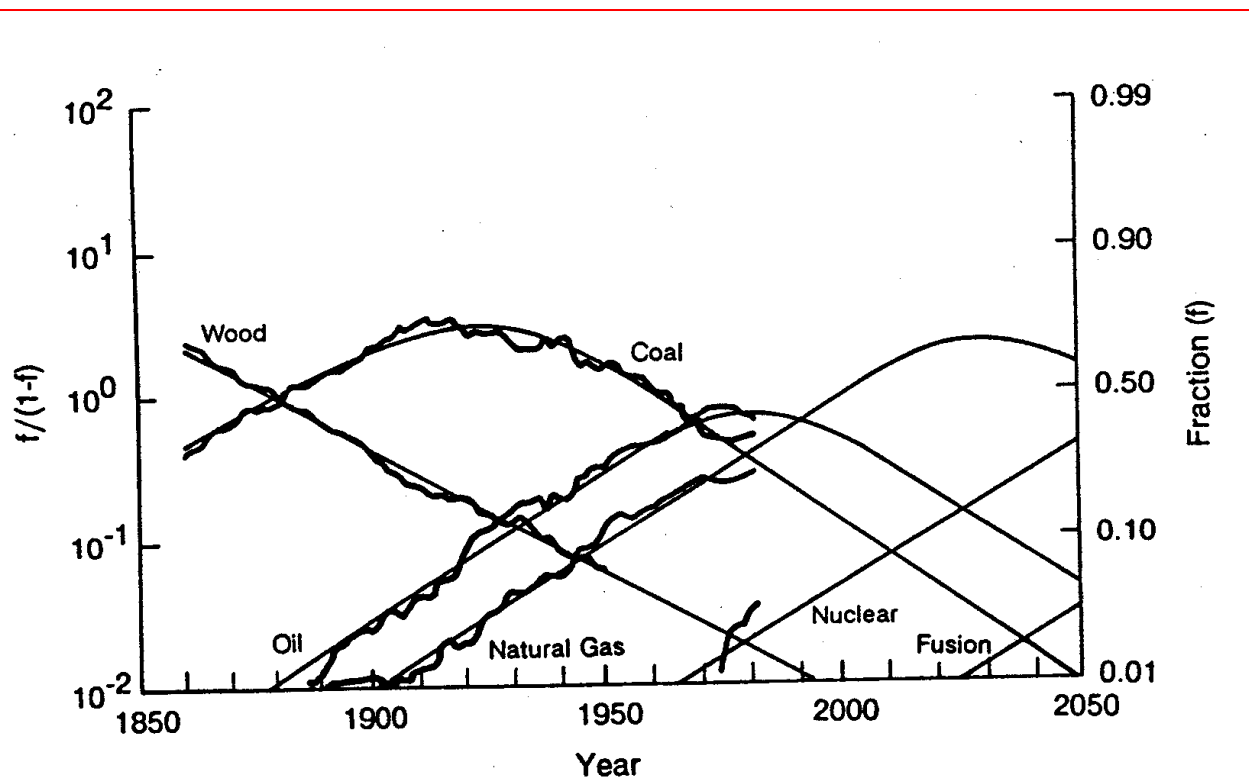


FIGURE 1 Historical and projected trends in global primary energy consumption. The amount of energy (tons of coal equivalent) from each source is plotted as a fraction f of the total energy market, with $\log f/(1-f)$ as the ordinates. The smooth secular trends are the model estimates based on historical data; irregular lines are historical data. SOURCE: Marchetti and Nakicenovic (1979).

Globální primární produkce E

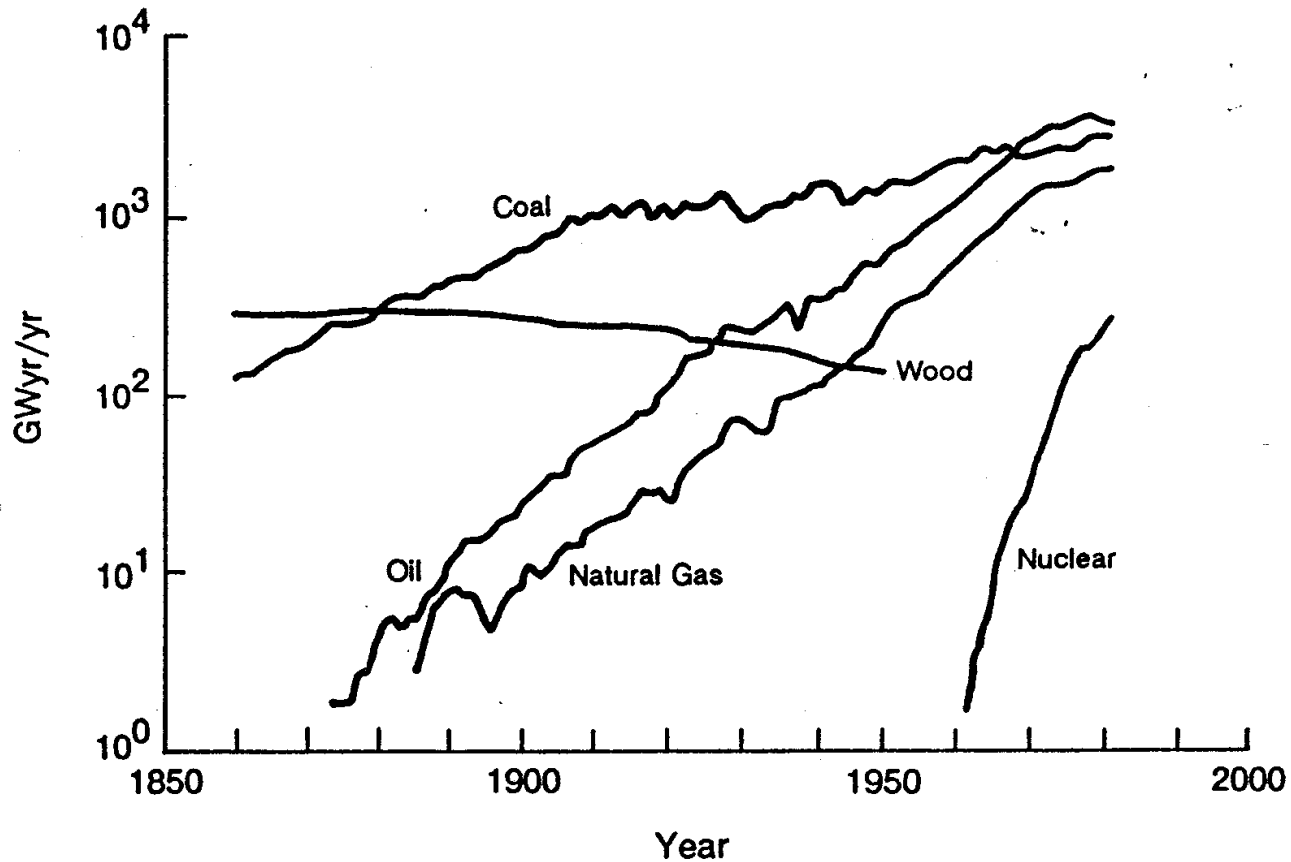
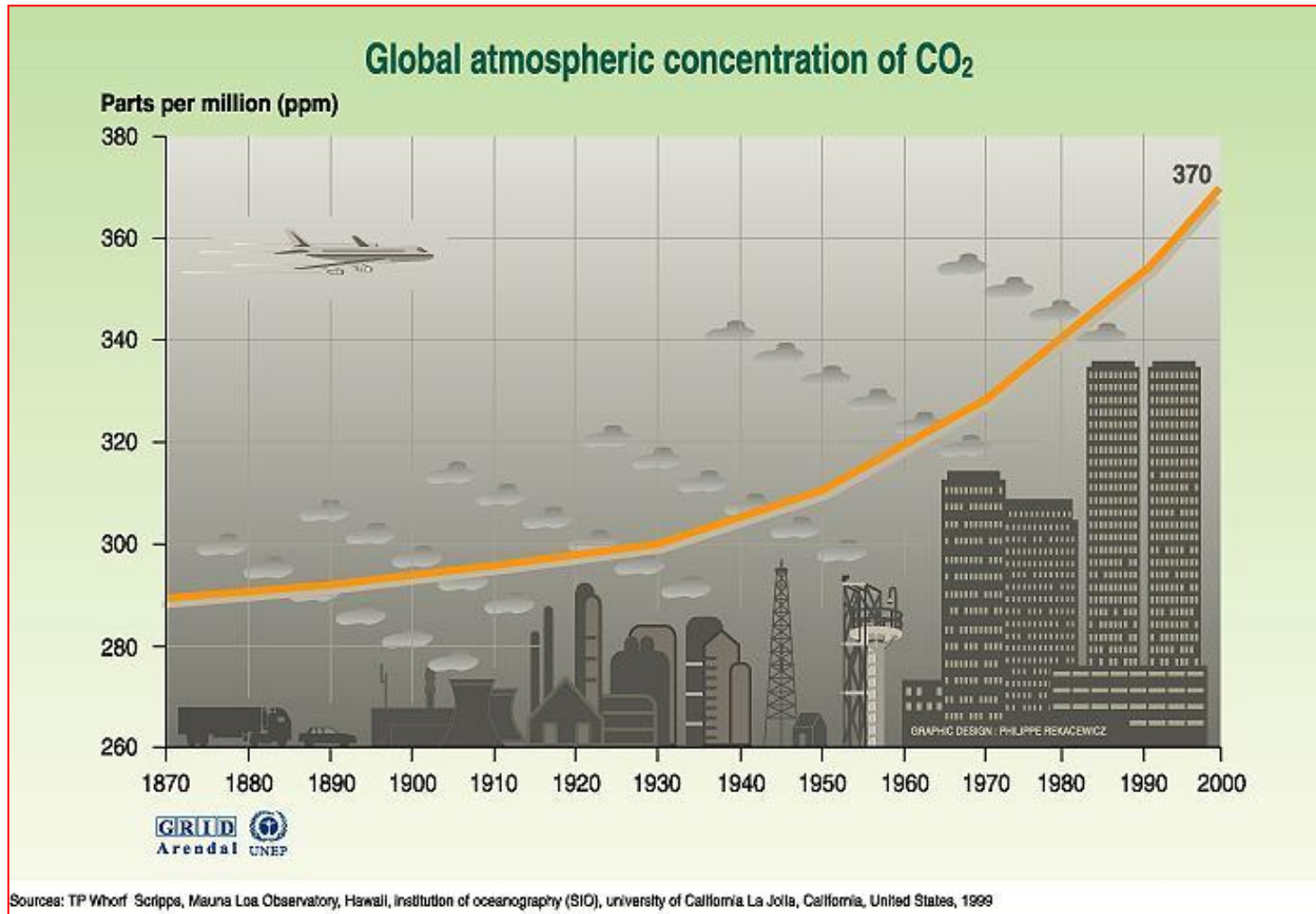


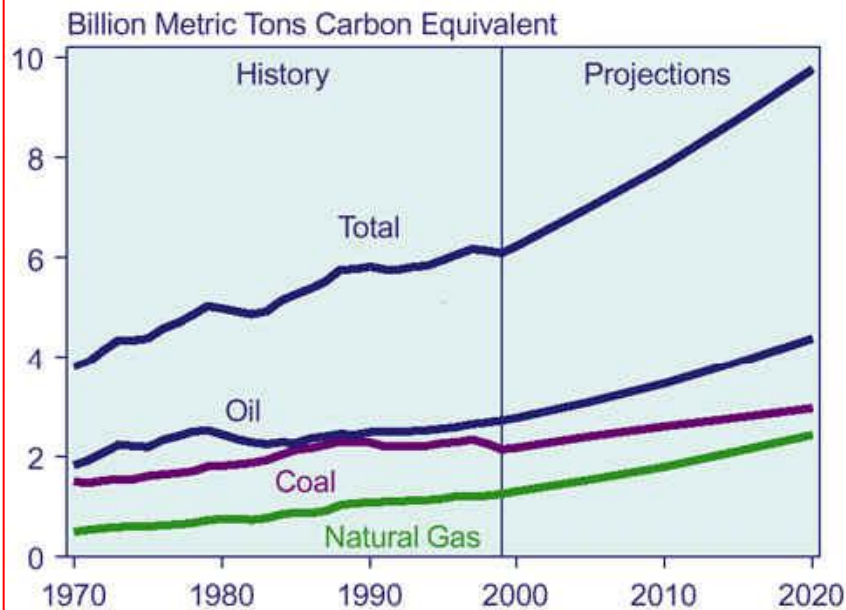
FIGURE 2 World primary energy consumption (in gigawatt-years per year). SOURCE: Grubler and Nakicenovic (1988, p. 15).

Globální atmosférické koncentrace CO₂

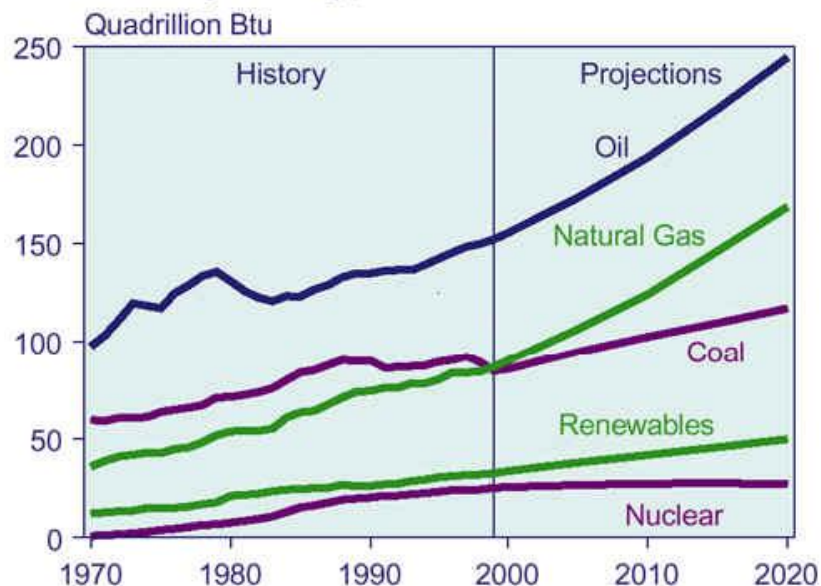


Globální spotřeba paliv a globální emise CO₂ z různých typů paliv, 1970- 2020

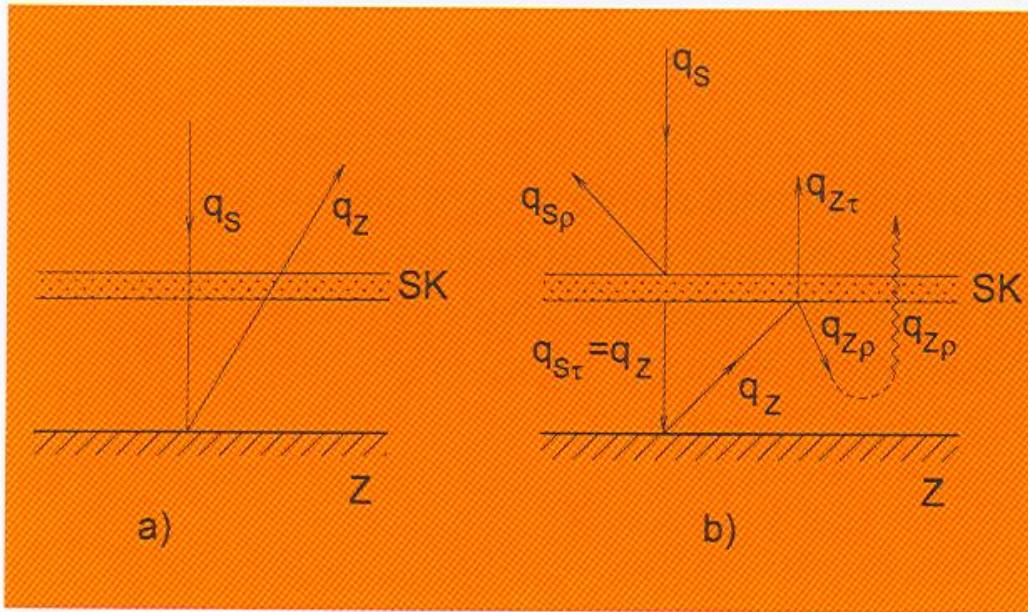
World Carbon Dioxide Emissions by Fuel Type, 1970-2020



World Energy Consumption by Fuel Type, 1970-2020



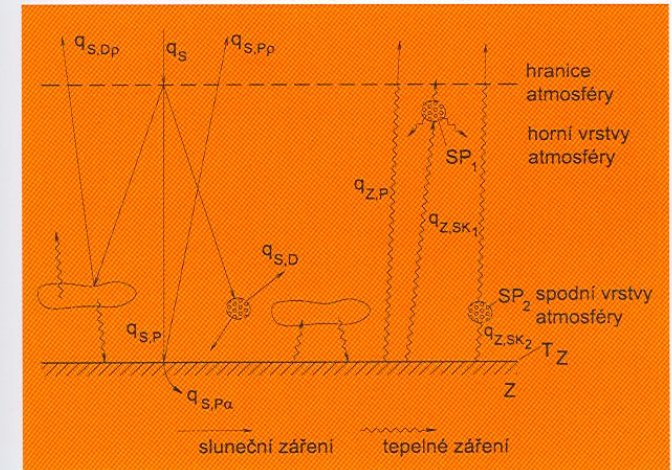
Podstata skleníkového efektu



Obrázek 4.4

Znázornění fyzikální funkce skleníku

a – sklo (SK) s dokonalou propustností pro sluneční záření
 b – sklo s částečnou propustností a s částečnou odrazivostí pro sluneční záření a s částečnou odrazivostí pro záření vysílané ze Země

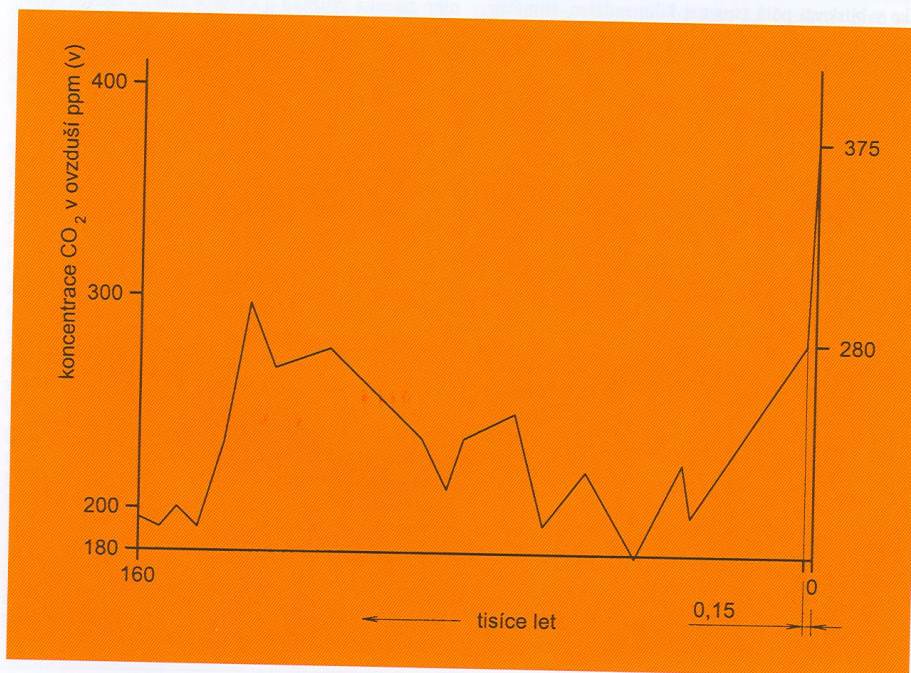


Obrázek 4.5

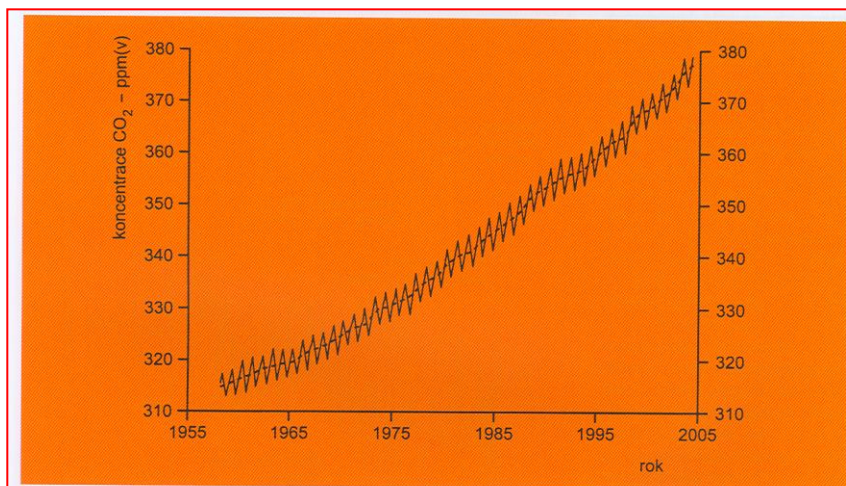
Průnik slunečního záření atmosférou Země a podstata skleníkového efektu v ovzduší

q_s – sluneční záření na hranici atmosféry Země,
 $q_{s,p}$ – přímé sluneční záření,
 $q_{s,d}$ – difúzní sluneční záření,
 $q_{s,dp}$ – část difúzního záření odražená do kosmického prostoru,
 $q_{s,pa}$ – pohlcená část přímého slunečního záření,
 $q_{s,pp}$ – odražená část přímého slunečního záření,
 $q_{z,p}$ – přímo vysílané tepelné záření ze Země,
 $q_{z,sk1}$ – část tepelného záření zachycená a pohlcená skleníkovými plyny v horních vrstvách atmosféry,
 $q_{z,sk2}$ – část tepelného záření zachycená a pohlcená skleníkovými plyny v dolních vrstvách atmosféry

Růst koncentrace CO₂

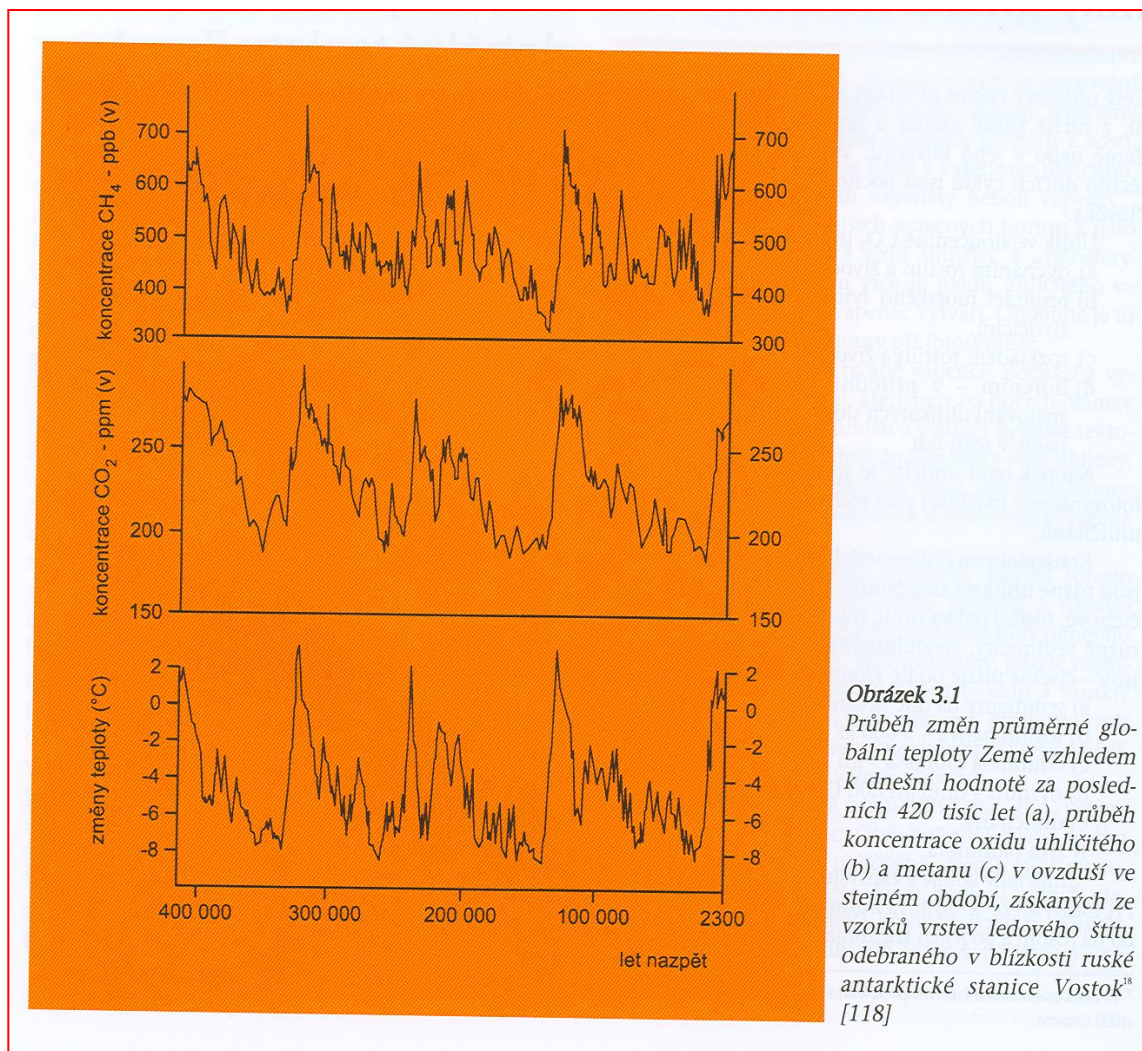


Obrázek 3.2
Kolísání koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší v posledních 160 000 letech – zpracováno podle Erbana [34]

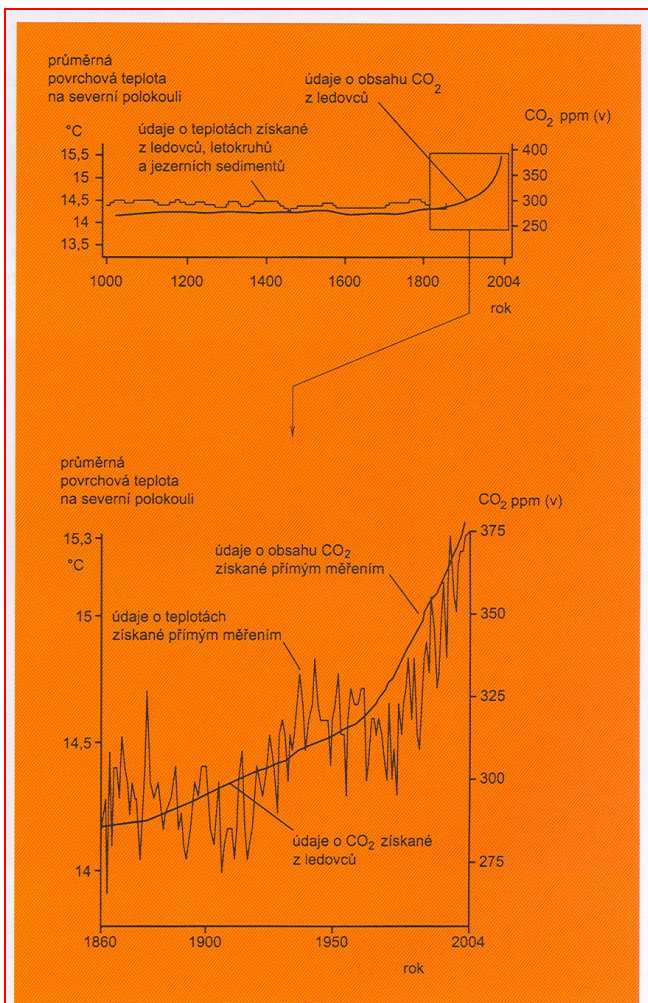


Obrázek 3.4
Růst koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší v posledním půlstoletí podle měření Scripps Institut of Oceanography (období 1958 až 1974) a podle měření NOAA's Mauna Loa Observatory²⁷ (období 1974 až 2003)

Průběh změn průměrné globální teploty Země



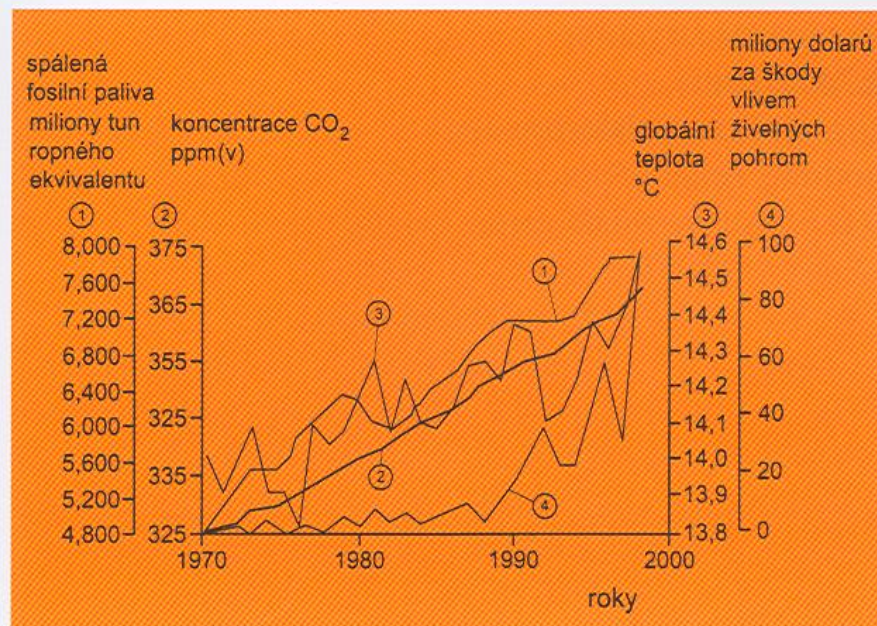
Vývoj koncentrace CO₂ v ovzduší a průběh teplot na Zemi za posledních 200 let



Obrázek 3.3

Vývoj koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší a průběh teplot na Zemi za posledních 1 000 let - zpracováno podle National Geographic [118]

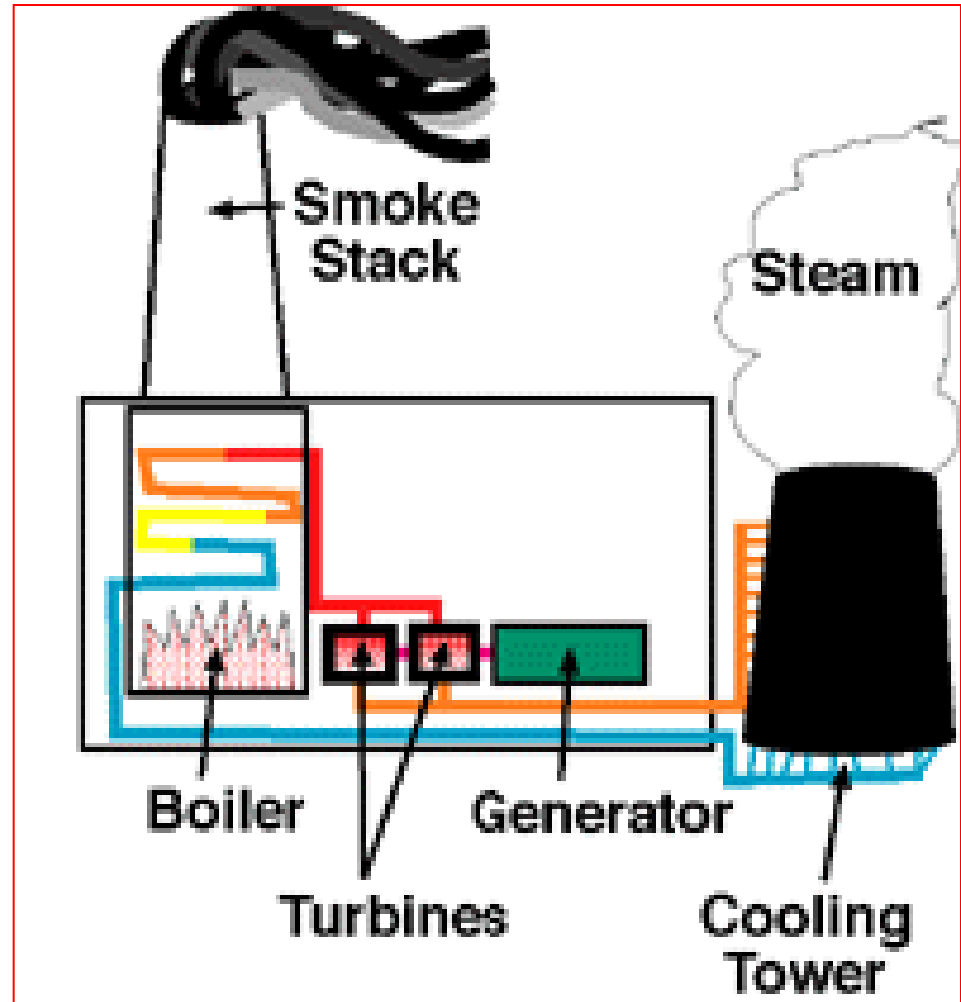
Vývoj spotřeby fosilních paliv, koncentrace CO₂ v ovzduší, průměrné globální teploty a nákladů na krytí škod způsobených živelnými pohromami



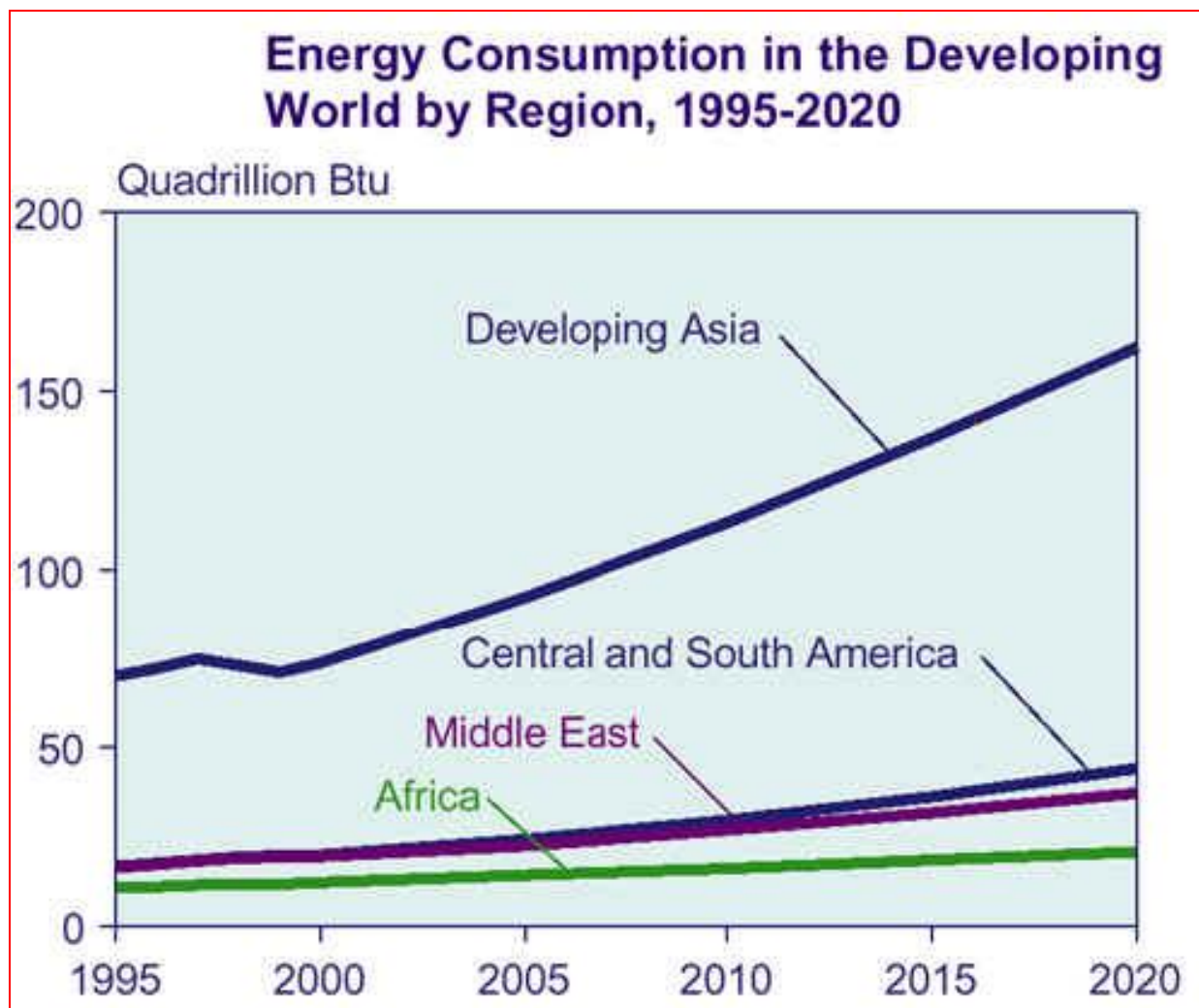
Obrázek 5.2

Vývoj spotřeby fosilních paliv vyjádřený v milionech tun olejového ekvivalentu, koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší, průměrné globální teploty a nákladů na krytí škod způsobených živelnými pohromami, podle Worldwatch Institute, počátek roku 2000, zvyšování teploty odpovídá dalším podkladům, ale stupnice teploty asi o 1,3 °C posunuta níže

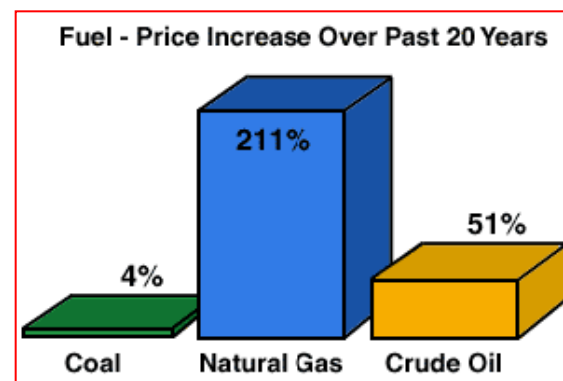
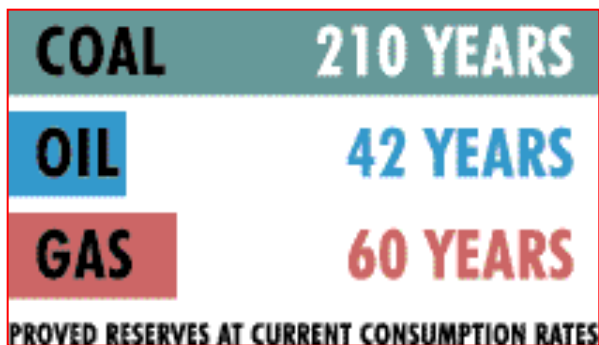
Spalování fosilních paliv



Spotřeba E v rozvojových zemích, 1995-2020



Fosilní paliva



Zdroje znečištění prostředí

TĚŽEBNÍ ČINNOST

- ↪ uhlí - hlušina
- ↪ kovy, rudy - hlušina
- ↪ ropa – úniky
- ↪ narušení krajiny

ZPRACOVÁNÍ UHLÍ

- ↪ těžba – (S), hlušina, zásahy do krajiny
- ↪ doprava

využití:

- ↪ výroba energie a tepla
- ↪ výroba koksu
- ↪ výroba plynu
- ↪ úprava
- ↪ surovina pro chemický průmysl

Povrchový důl na hnědé uhlí

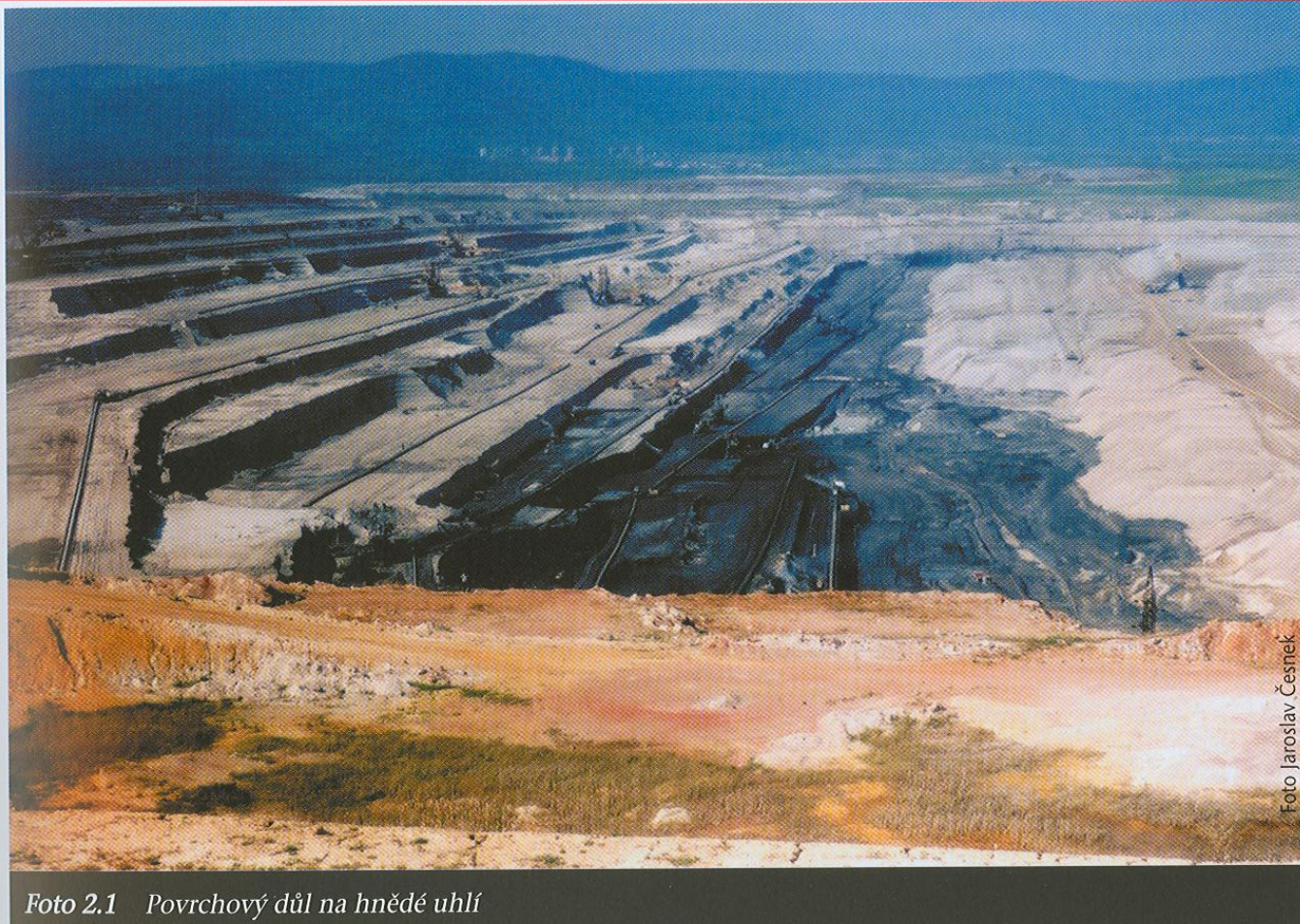


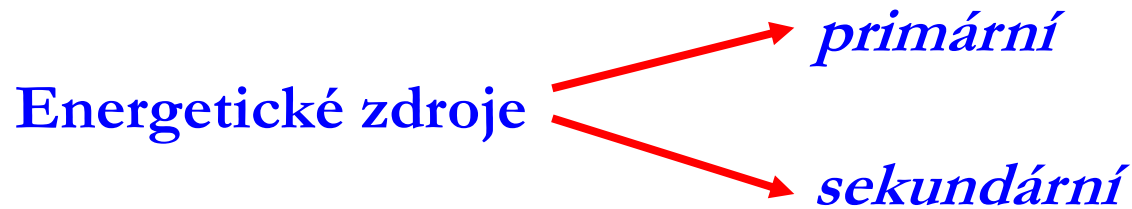
Foto 2.1 Povrchový důl na hnědé uhlí

Povrchová těžba uhlí



Foto 3.4 Povrchový důl na hnědé uhlí

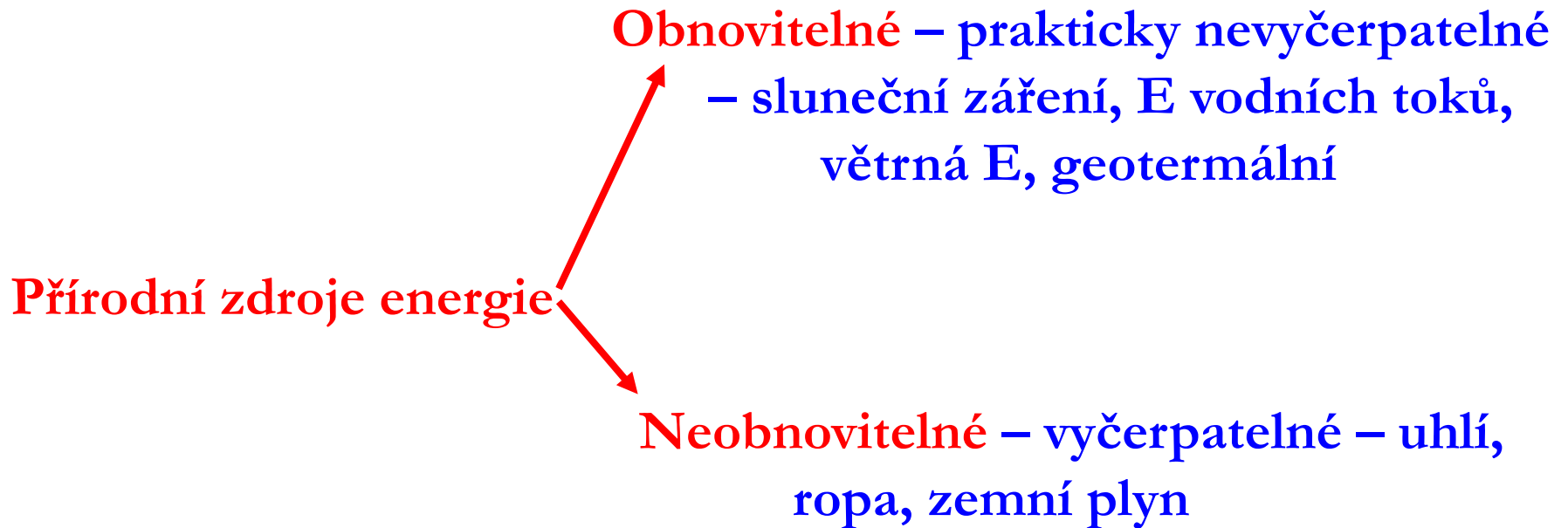
Výroba energie



Primární - získané přímo z přírody (dřevo, uhlí, ropa, uranová ruda)

Sekundární - úpravou primárních zdrojů a jejich přeměnou (svítiplyn, brikety, benzín, nafta, topné oleje)

Výroba energie



Obnovitelné zdroje

Primární

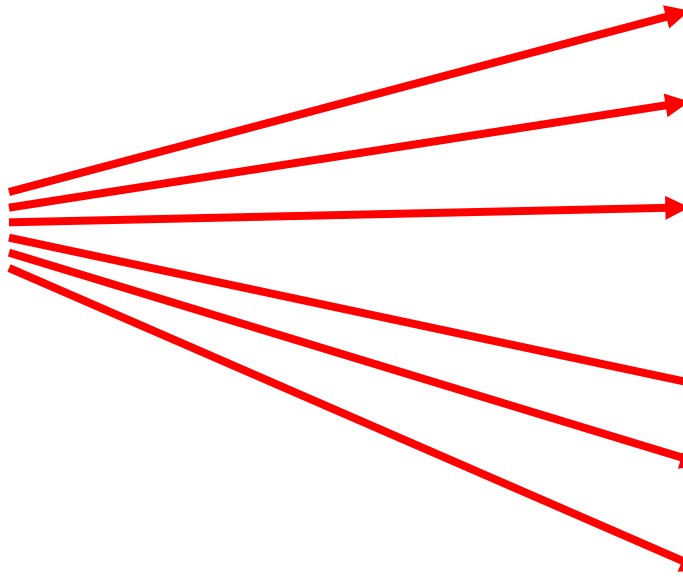


Využitelná forma E

**Rozpad radionuklidů
uvnitř země**

Geotermální

**Záření z kosmického
prostoru**



Sluneční

Vodních toků

Ledovců

Větrná

Mořských vln a proudů

Chemická

Pohyb planet

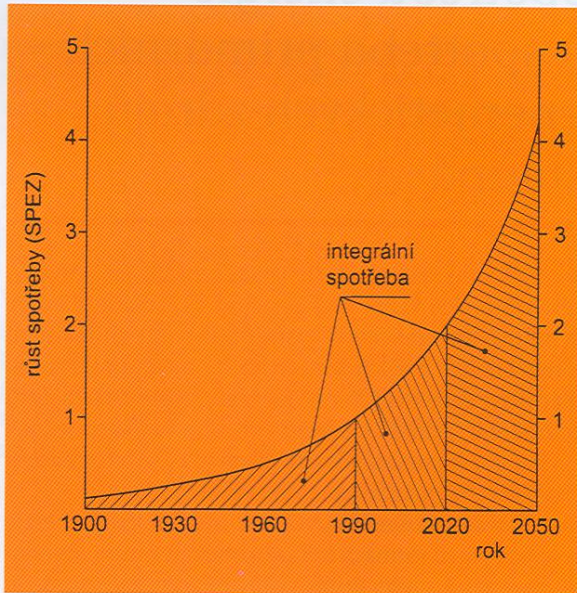


Příliv, odliv

Nárůst počtu obyvatel a spotřeby E

	1950	1980	1990	2000	Nárůst
Počet obyvatel (mld)	2,5	4,4	5,2	6,1	2,44-krát
Spotřeba primární E (mld. tmp)	2,0	11,8	19,0	29,0	16,94-krát
Spotřeba E /obyv. (tmp /obyv.)	1,04	2,7	3,65	4,75	

Růst spotřeby primárních zdrojů



Obrázek 1.1

Růst spotřeby primárních energetických zdrojů (SPEZ) pro konstantní meziroční přírůstek $q = 1,024$ (v roce 1990 je bráno $SPEZ = 1$) a integrální spotřeba primárních energetických zdrojů za určité období:

integrální spotřeba

od počátku průmyslové éry do roku 1990 $(IS)_1 = 42,7$

integrální spotřeba 1990–2020 $(IS)_2 = 43,2$

integrální spotřeba 2020–2050 $(IS)_3 = 88,2$

integrální spotřeba 1990–2050 $(IS)_{1+2+3} = 131,4 = 3,1 \cdot (IS)_1$

Tabulka 2.5

Spotřeba primárních energetických zdrojů (PEZ) podle druhů (v procentech) v jednotlivých částech světa v roce 2002, zdroj British Petroleum

Oblast světa - PEZ	Ropa	Zemní plyn	Uhlí	Jaderná energie	Vodní energie
Evropa	33	33	18	10	6
Amerika	40	25	19	7	9
Střední východ	52	46	1,5	-	0,5
Afrika	40	20	30	1	9
Asie a Austrálie	36,5	11	44	4	4,5
Svět celkem	37,5	24	25,5	7	6

Výroba elektřiny

Tabulka 1.1

Výroba elektřiny v minulosti a v budoucnosti, podíl uhlí na výrobě elektřiny podle IEA a průměrný meziroční přírůstek výroby elektřiny podle autora

Rok	Výroba elektřiny (10 ¹² kWh)	Podíl uhlí na výrobě elektřiny (%)	Průměrný meziroční přírůstek výroby elektřiny (%/rok)
1971	5,2	40,5	4,79
1980	8,3	38,0	
1998	14,4	38,0	3,11
2010	20,9	37,0	3,15
2020	27,3	37,0	2,71

Tabulka 1.2

Meziroční přírůstky hrubého domácího produktu a meziroční přírůstky spotřeby primárních energetických zdrojů p (%/rok) od roku 1990 do roku 2100 a doby zdvojnásobení spotřeby D₂ (roků), podle scénářů WEC 2000 zpracováno autorem

Scénář	A		B		C		
	p (%/r)	D ₂ (r)	p (%/r)	D ₂ (r)	p (%/r)	D ₂ (r)	
Hrubý domácí produkt v období:	1990–2050	2,72	25,8	2,23	31,5	2,23	31,5
	2050–2100	2,22	31,5	1,98	35,3	2,18	32,2
Spotřeba primárních energetických zdrojů v období:	1990–2050	1,72	40,7	1,72	40,7	0,74	94,1
	2050–2100	1,18	59,0	0,67	103,0	0,81	85,5

Vývoj energetiky

Tabulka 1.9

Některé charakteristiky scénáře WEC 1993 pro rok 2050 a 2100, rozšířeno a doplněno autorem

Scénář WEC	Rok	A		B		C	
		1990	2050	2100	2050	2100	2050
Celková spotřeba PEZ ²⁰ (Gt _{oe} /rok)	8,8	27	42	23	33	15	20
Z toho: fosilní paliva (%)	77	58	40	57	33	58	15
jaderná energie (%)	5	14	29	15	28	8	11
nové obnovitelné zdroje (%)	2	15	24	14	26	20	50
Průměrný meziroční přírůstek spotřeby energie (%)	-	1,89	1,43	1,61	1,21	0,89	0,75
Počet roků pro zdvojnásobení spotřeby energie	-	37	49	43	58	78	93

¹⁸ WEC – World Energy Council.

¹⁹ IEA – International Energy Agency.

²⁰ PEZ – primární energetické zdroje.

Skladba spotřeby primárních zdrojů v ČR a EU

Tabulka 2.3

Skladba spotřeby primárních energetických zdrojů (PEZ, v procentech) v České republice a v Evropské unii

Druh PEZ	Česká republika		Evropská unie (EU 15)
	rok 2000	předpoklad roku 2005	rok 2001
Hnědé uhlí	37	30	15 ³
Černé uhlí	18	15	
Ropa	16	16	41
Zemní plyn	19	20	22
Jaderná energie	8	16	15
Obnovitelné zdroje	1,9	3	7
Odpady	0,1	-	-
Celkem	100,0	100	100

² WEC – World Energy Council.

³ Uhlí celkem.

Energetické problémy ČR

- ↪ vyčerpané prvotní energetické zdroje
- ↪ zanedbatelná zásoba ušlechtilých paliv
- ↪ energetická náročnost ekonomiky
- ↪ relativně nižší úroveň zhodnocení paliv a energie

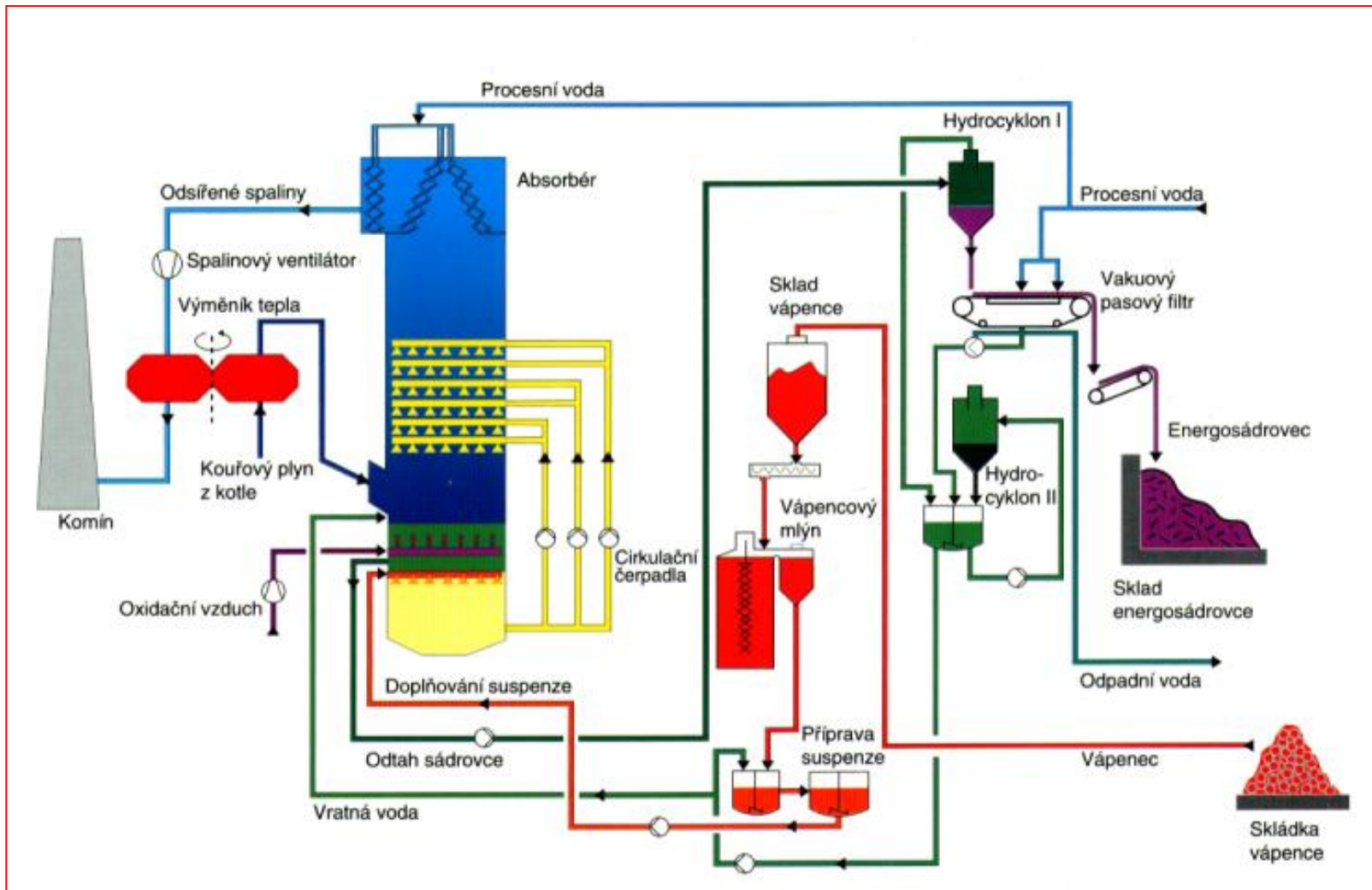
Možná opatření:

- ↪ zvýšení účinnosti při využívání E a orientace na úsporná opatření (krátkodobé hledisko)
- ↪ vývoj a zavádění technologií usnadňujících přechod a zplynování (střednědobé)
- ↪ uplatnění nefosilních zásob E (dlouhodobé)
- ↪ restrukturalizace průmyslu
- ↪ snížení energetické náročnosti

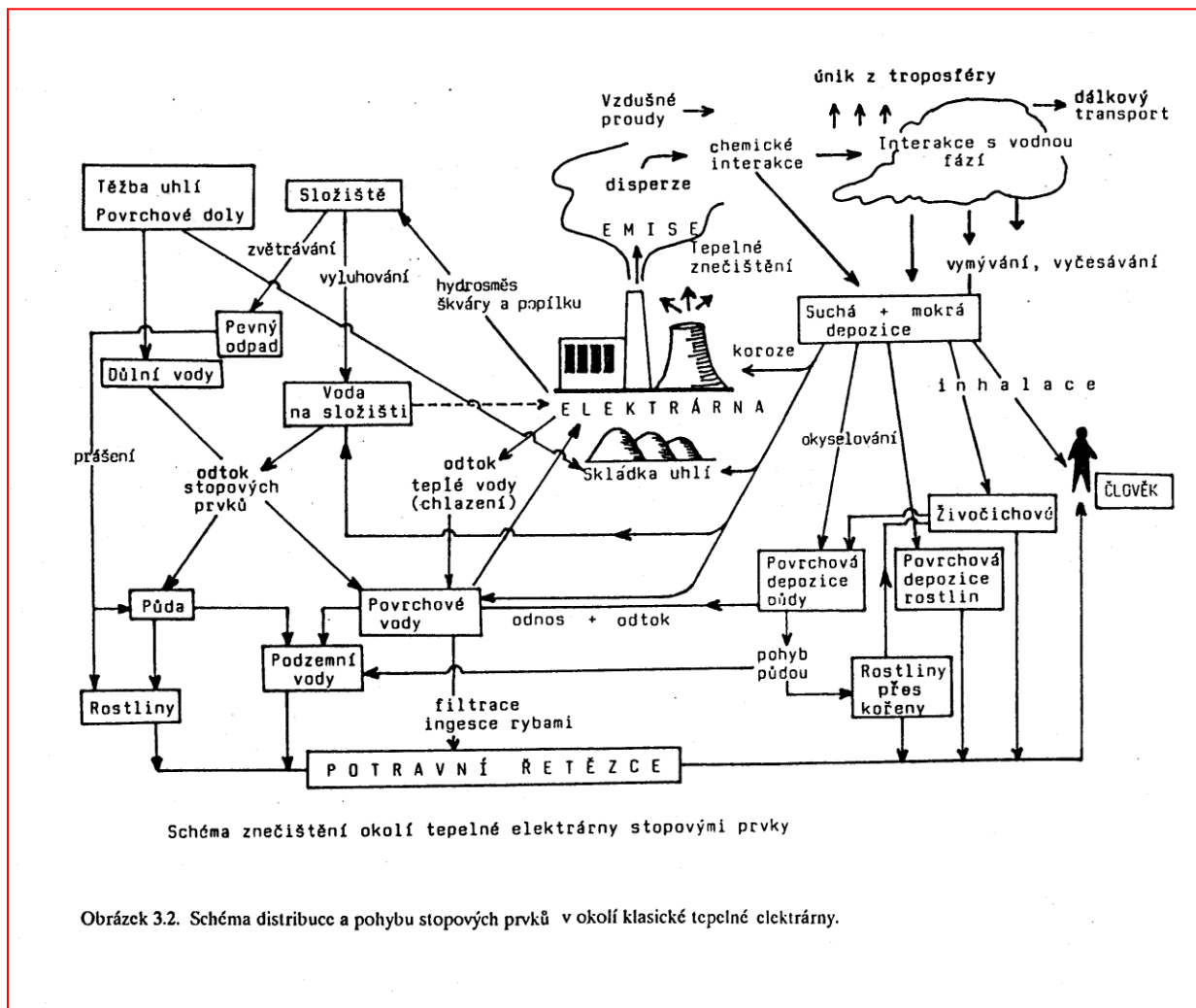
Elektrárna Mělník



Elektrárna Prunéřov II



Distribuci stopových prvků v okolí tepelné elektrárny

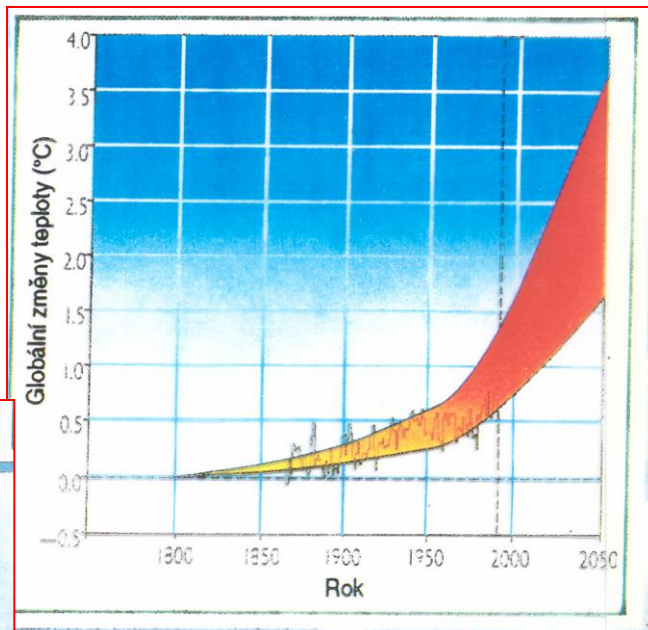
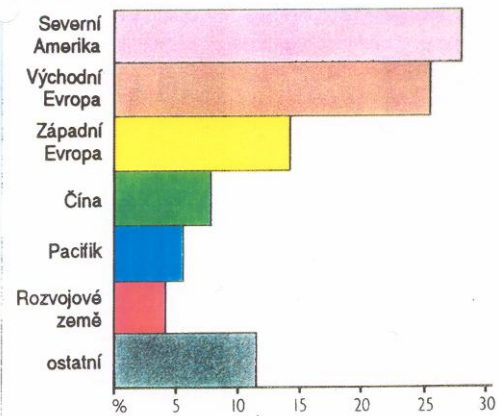


Důsledky výroby energie



CELKOVÉ EMISE CO₂ PODLE REGIONŮ

Po dvou ropných krizích v sedmdesátých letech, kdy se roční přírůstek emisí uhlíku zpomalil, nastal od roku 1983 rychlý růst emisí - průměrně o 2,8 % ročně. Za 70 % emisí uhlíku ze spalování fosilních paliv odpovídá pouze čtvrtina světové populace - průmyslové země. Bezkonkurenčně nejvyššími producenty jsou USA a země bývalého Sovětského svazu.

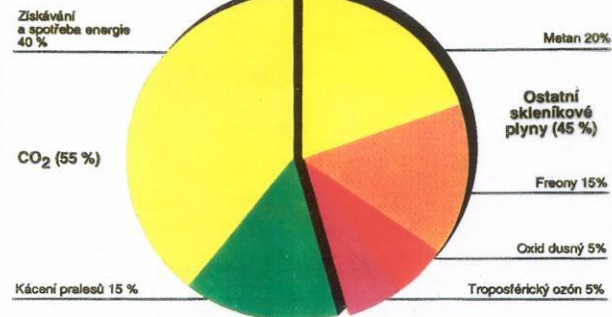


Důsledky výroby energie

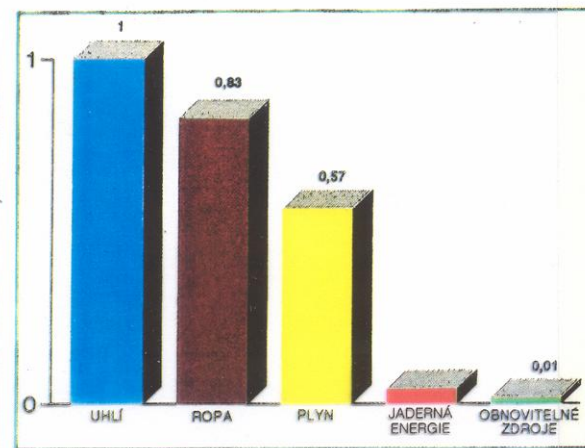
POROVNÁNÍ SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ

Plyn	Koncentrace v atmosféře		Rychlost růstu (ppb/rok)	Relativní efekt globálního oteplování (CO ₂ =1)	Životnost v atmosféře (roky)
	(ppb) 1800	1990			
CO ₂	280 000	350 000	1800	1	50 - 200
CH ₄	800	1700	15	30	10
N ₂ O	290	310	0,8	160-300	150
CFC	0	0,1	0,03	15 000 - 25 000	70 - 130

ppb = částice z miliardy
 CO₂ = oxid uhličitý
 CH₄ = metan
 N₂O = oxid dusný
 CFC = chlorofluorovodíky (freony)



PODÍL JEDNOTLIVÝCH SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ NA OTEPLOVÁNÍ ZEMĚ



Možná opatření pro snížení vlivů tepelných elektráren na ŽP

- ↪ **zvýšení rozptylu – extrémně vysoké komíny**
- ↪ **jednorázová opatření k dočasnému zlepšení:**
 - na vstupu – použití kvalitnějšího paliva
 - na výstupu – chemické vázání škodlivin
- ↪ **použití kontinuálních metod odsiřování méně hodnotných paliv a tuhých paliv s vysokým obsahem síry**
- ↪ **použití bezodpadových technologií**

Hlavní způsoby omezování plynných emisí

- ↪ **odsiřování paliv**
 - zplyňování paliv s následným zachycením H₂S
- ↪ **desulfurace spalin**

200 MW – spaliny 1 – 1,2 mil. m³.h⁻¹ plynu (T = 130 – 180 °C)

ČR:

Hnědé uhlí – popel, S, As

Jedno z hlavních paliv do roku 2000:

- ↪ zhoršující se kvalita
- ↪ soustředění jeho spalování do elektráren vybavených odsiřovacím zařízením
- ↪ zplyňování uhlí s velkým obsahem síry

Hlavní způsoby omezování plynných emisí

Ropa:

- ↪ nejpoužívanější energetický zdroj
- ↪ surovinová základna petrochemického průmyslu
- ↪ spalování odpadů z petrochemie
- ↪ těžké topné oleje – S – odstranění technologicky možné
- ↪ vyšší cena (hydrogenace H₂S)
- ↪ lehké topné oleje – malospotřebitelé ve městech

Zemní plyn: - *nejušlechtilejší palivo* – náročné technologické procesy, komunální bytová sféra, surovina pro chemický průmysl

Vliv energetiky na ŽP

Kombinace výroby tepla a elektřiny:

účinnost klasické elektrárny – max. 40%

kombinace - ~ 70%

rozvod tepla - emise se nezmenšují, ale jsou soustředěny na jedno místo

Hlavní problémy: SO₂, NO_x, prach, těžké kovy, PAHs

	Uhlí	Topný olej	Zemní plyn
SO ₂ (bez odsíření) [t.r ⁻¹]	120 000	38 600	20
SO ₂ (odsíření) [t.r ⁻¹]	24 000	2 000	0
NO ₂ (bez) [t.r ⁻¹]	27 000	26 000	13 400
TČ (bez) [t.r ⁻¹]	270 000	26 000	518
TČ (s čistěním) [t.r ⁻¹]	2 000	150	4
Radioaktivní látky [Mbq.r ⁻¹]	740	18,5	0
Odpadní teplo [mld kWh.r ⁻¹] 15%	1,64	1,71	2,2
Spotřeba chladicí vody [mld l.r ⁻¹]	10 000	10 000	10 000



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Inovace tohoto předmětu je spolufinancována
Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem
České republiky**