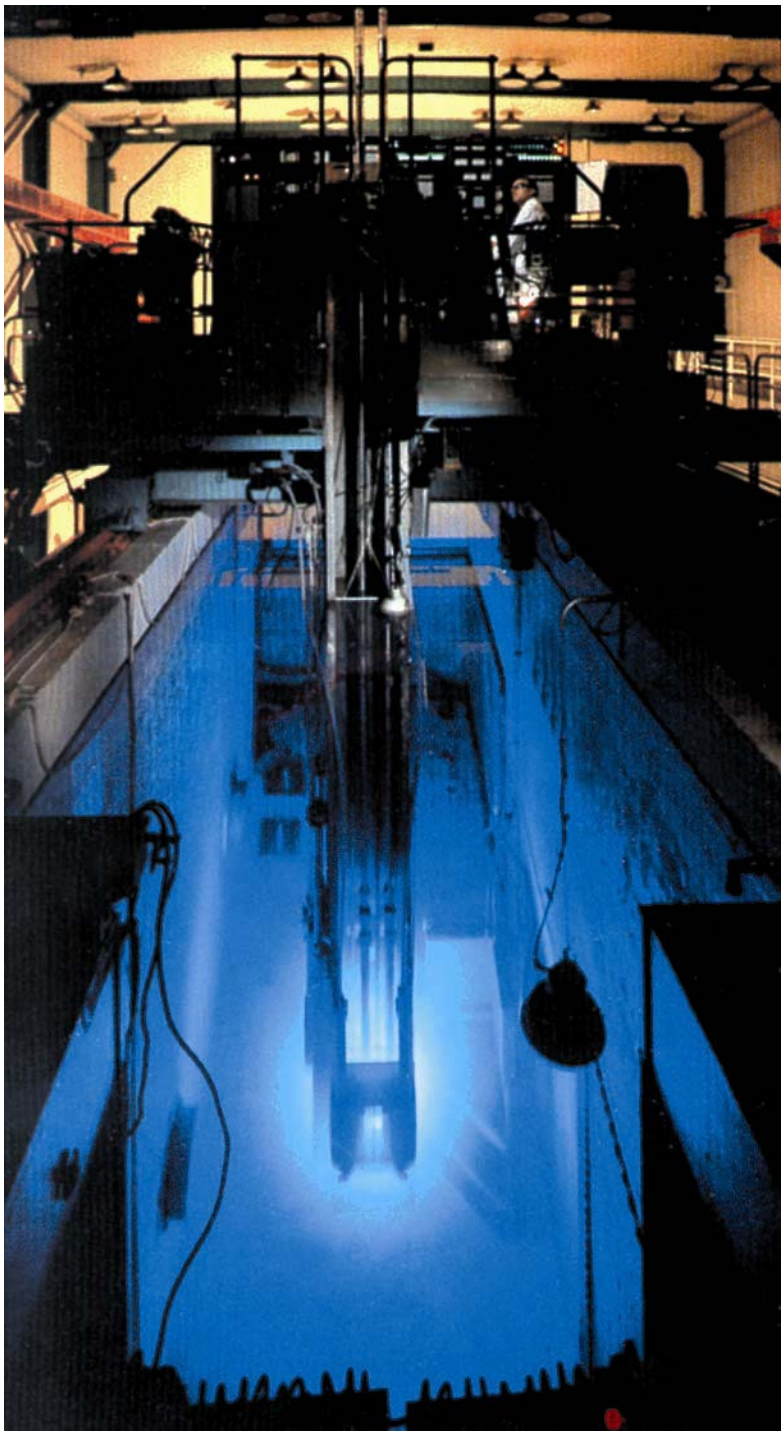
OBSAH:

1.	**Energie a společnost ve 21. století**	**4. str.**
2.	**Uhelné elektrárny pro Českou republiku**	**31. str.**
3.	**Jaderné zdroje pro Českou republiku**	**53. str.**
4.	**Vize české elektroenergetiky**	**79. str.**

Elektroenergetika ve 21. století

Globální světové energetické hospodářství a jeho vliv na Českou republiku



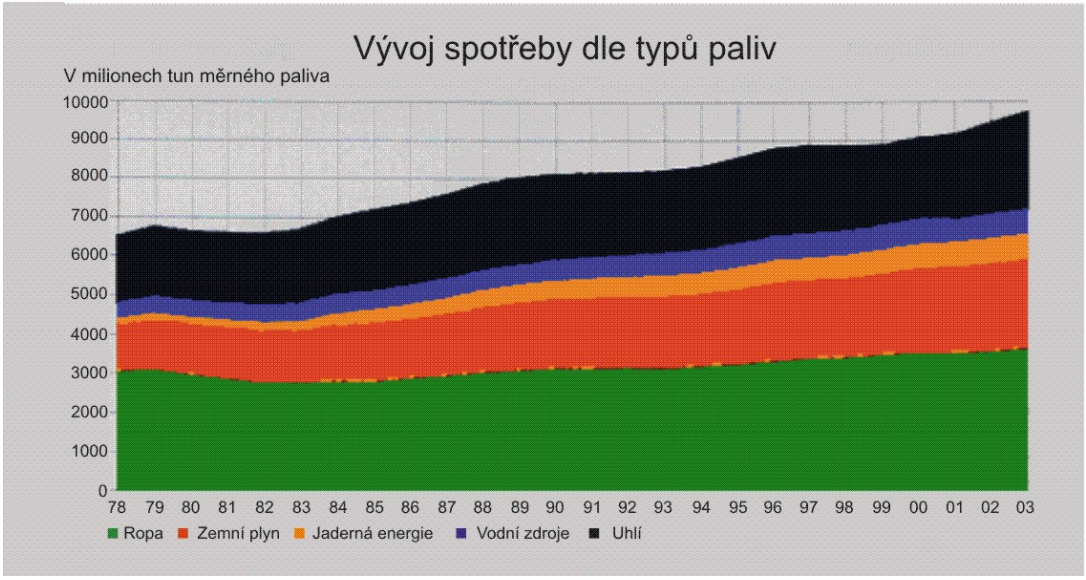
Praha, duben 2006

Doc. Ing. Petr Otčenášek, CSc.

I. Energie a společnost ve 21. století

Problémy světové energetiky

Očekávané vyčerpání ropy a zemního plynu již v průběhu 21. století, růst světové populace i nároků jednotlivců na celém světě na energii, prohlubující se závislost soudobé civilizace na spolehlivé dodávce energie, ohrožení biosféry, na kterém se energetické hospodářství včetně dopravy výrazně podílí a nerovnoměrnost zdrojů i spotřeby paliv vytvářejí prostředí, které se bude výrazně lišit od poměrně bezproblémové situace, na kterou si při čerpání paliv a využívání energie zvykli obyvatelé průmyslových zemí ve 20. století. Současná situace a směry vývoje ukazují na pravděpodobnost nevratných vlivů na světové hospodářství i na globální klima. Nároky na energii neustále porostou a budou odčerpávat zejména nenahraditelné fosilní zdroje energie, které jsou ale zároveň chemickou surovinou.



Obr. I.1. *Spotřeba energie celosvětově nezadržitelně roste (Zdroj: British Petrol)*

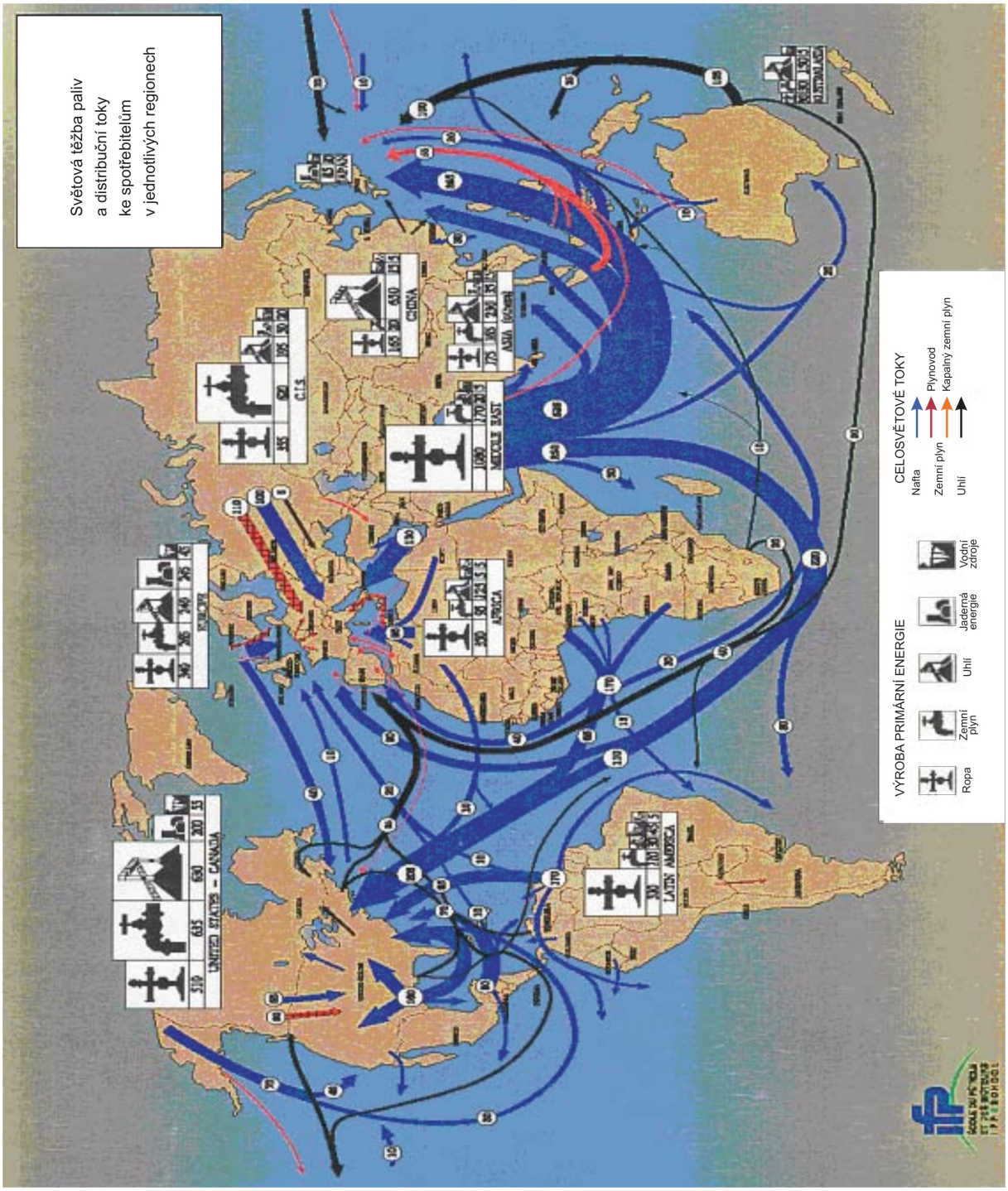
Růst cen energie, který svět prožívá, je pravděpodobně předzvěstí dlouhodobějšího trendu. Cena ropy, která byla do roku 1970 jeden USD za barel (159 litrů), vzrostla v průběhu energetických krizí v letech 1971-73 na 17 – 20 USD/barel, v roce 2004 přesáhla magickou hranici 50 USD/barel a v roce 2005 dosažením hodnoty 63 USD/barel začala ohrožovat hospodářství i jednotlivce. Tato eskalace ukončila svět levné energie.

Hodnocení perspektiv vývoje světové energetiky nemůže opomenout ekonomická, ekologická, sociální a geopolitická rizika. 19. Světový energetický kongres (World Energy Council – WEC) konaný v září 2004 v Sydney formuloval s ohledem na tyto i další problémy naléhavost opatření a akcí k jejich řešení. Globální světová energetická situace vytváří kritický problém, kterému se lidstvo nevyhne, ale přesto mu nevěnuje odpovídající pozornost. Ve 21. století bude stále více otřásat lidskou civilizací zcela jistě vyčerpávání zdrojů ropy a zemního plynu a zřejmě také důsledky klimatických změn vyvolaných spalovacími procesy. Více než osmdesát milionů barelů ropy spálených každodenně spolu s řádově stejným podílem zemního plynu a uhlí povede více než 8 miliard obyvatel Země již ve 21. století do katastrofických situací.

Obyvatel průmyslově vyspělého státu získává z různých zdrojů energii více než dvěstěkrát přesahující jeho vlastní energetický potenciál, který je cca 2 MJ/den (megajoule/den). Tepelné stroje: turbíny, spalovací a výbušné motory jsou zdrojem energie, který vyvolal průmyslovou revoluci, která po rozvoji strojního a textilního průmyslu ovlivnila výrobní, dopravní i sociální činnosti a následně změnila nejen lidskou společnost, ale i přírodu a povrch světa. Paradoxem současné civilizace je fakt, že biosféra, ze které lidé získávají energii a tím ji ovlivňují, je obklopena mocnými toky energie ve vesmíru i v hlubinách Země, ale soudobé technologie na ni dosud nejsou schopné dosáhnout.

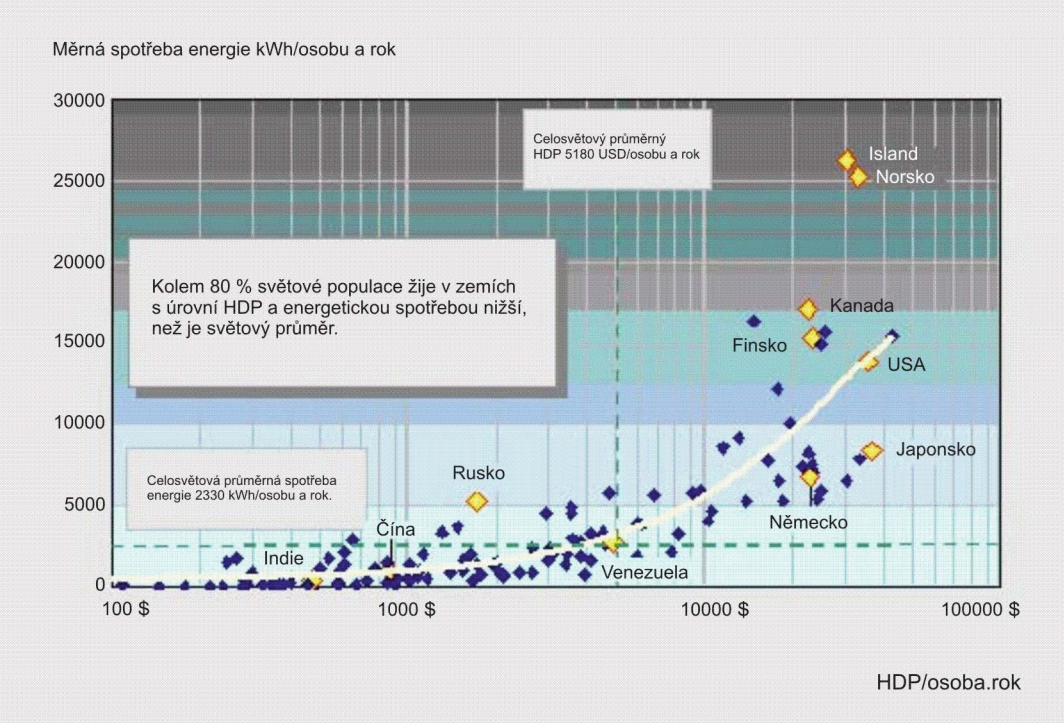
Obr. I.2. *Některá rizika zmiňuje Zelená kniha EU – strategický dokument zaměřený na výhled evropské energetiky.*

WEC akcentuje tři „A“ – Accessability – Availibility – Acceptability, tj. dostupnost energetických zdrojů pro každého, pohotovost energetických služeb zejména z hlediska spolehlivosti zásobování a její přijatelnost širokou veřejností. Realitou ovšem je, že ani jedno z těchto tří A není celosvětově dosažitelné. Jedna třetina lidstva na přístup k energii nedosahuje. 1300 milionů obyvatel světa žije ve světě bez elektřiny. Energetický systém ztělesňující takové nerovnosti ale není podle WEC ani udržitelný ani přijatelný. Na příklad spotřeba energie na osobu je v Indii 580 kWh/rok a v rozvinutých zemích 10 000 kWh/rok. Až dosud kopíruje časová závislost DPH spotřebu elektrické energie. Chudé státy zůstanou chudými, pokud nezajistí zdroje energie pro vytváření bohatství vlastními silami. Proto Indie připravila program růstu o 10 000 MW v nových jaderných elektrárnách do roku 2012 a 32 000 MW do roku 2020. Analogicky budou postupovat další státy jako Čína a Brazílie. To zvýší tlak na trhy i ohrožení životního prostředí. Pohotovost energetických služeb bude tím intenzivněji ohrožována rostoucím vyčerpáváním paliv, ohrožováním biosféry i řadou dalších faktorů. Přijatelnost energetické volby širokou veřejností není dosažitelná ve světě, který občany pomocí sdělovacích prostředků ani neupozorňuje na fakta a argumenty zaměřené na budoucí svět energetiky.



Obr. I.3. *Nerovnoměrnost rozdělení zdrojů paliv a jejich spotřeby dokumentovaná distribučními toky paliv je geopolitickým faktorem prvořadého významu. (Zdroj: WEC 2000)*

Nerovnoměrnost spotřeby vytváří sociální rozdíly.

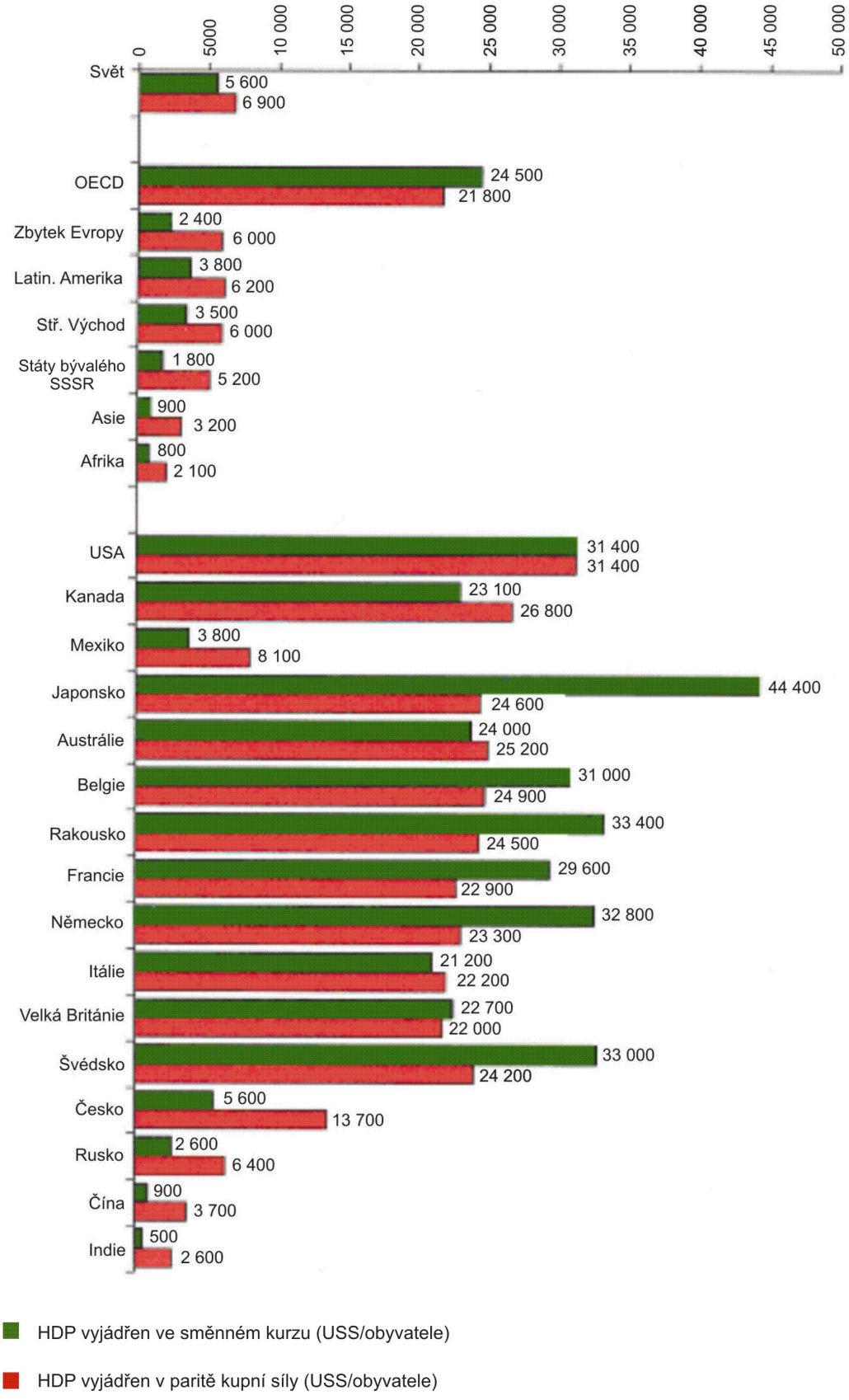


Obr. I.4. *Odchylky ve spotřebě energie a hodnoty HDP se u jednotlivých zemí výrazně odlišují. (Zdroj: Světová banka, IEA/OECD, UN)*

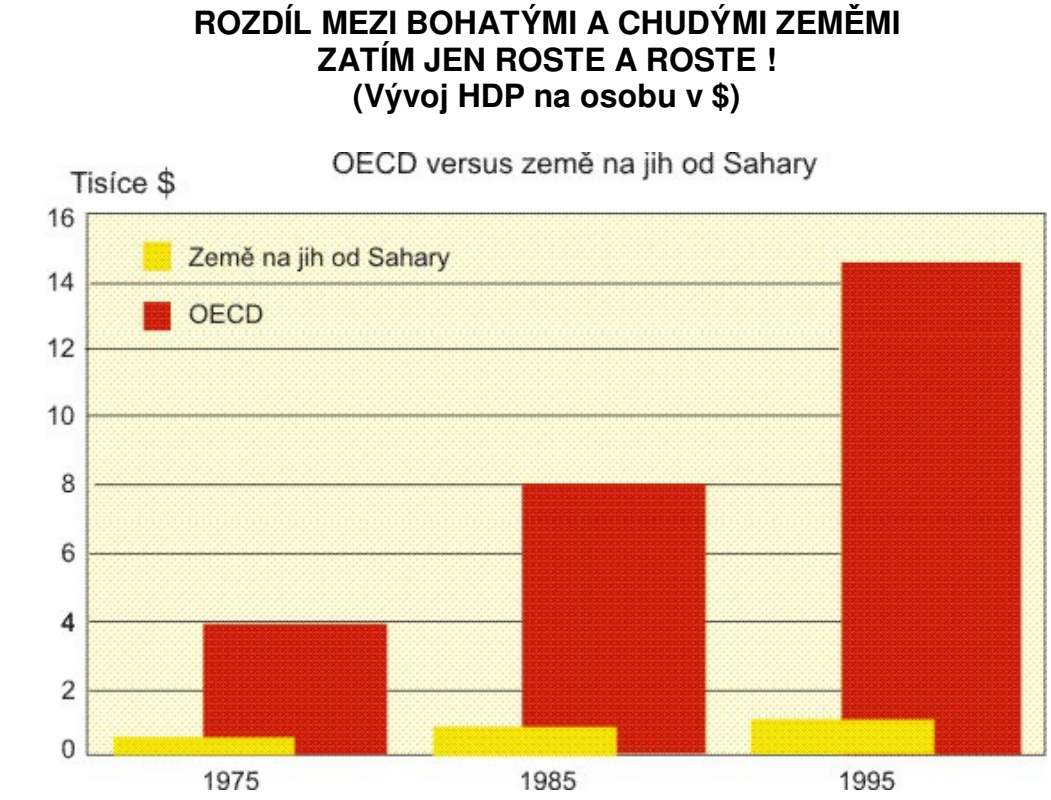
Vztah mezi spotřebou elektrické energie a hrubým domácím produktem na obyvatele je základní charakteristikou soudobého světového hospodářství. Celosvětová průměrná hodnota HDP v roce 2004 byla 5 180 USD/osobu a rok, celosvětová průměrná spotřeba energie 2330 kWh/osobu a rok. 80% světové populace žije v zemích s úrovní HDP a spotřeby energie nižší než je světový průměr.

1,6 miliard lidí nemá dosud přístup k elektřině.

Dohoda o konkrétních opatřeních při řešení regionálních i globálních problémů naráží na lokální zájmy, na prohlubující se rozpory mezi ekonomickými zájmy průmyslového rozvoje a ochranou životního prostředí. Jejich výsledkem je neochota ustoupit od krajních názorů, která vyústila mnohde do ztráty dialogu. Nepodložené naivní představy o ekologických řešeních mnohde vyúsťující až k ekoterorismu a odvracejí i racionálně myslící občany od ekologicky oprávněných řešení. Optimistickým závěrem WEC je formulace hodnotící fungující energetické systémy jako dosažitelné i v 21. století. Podmínkou pro naplnění takové prognózy je splnění četných výzev, které musí být řešeny. Vytvoření strategické vize a realizace kroků k jejímu upřesňování a naplňování v energetické politice, ekonomice energetiky, technologickém vývoji a v respektování sociálních a ekologických mezí se ale neobejde bez zásadních kompromisů v oblasti sociálního a ekonomického rozvoje. Najdou rozhodující místa k takovým změnám ochotu, prostředky a skromnost?

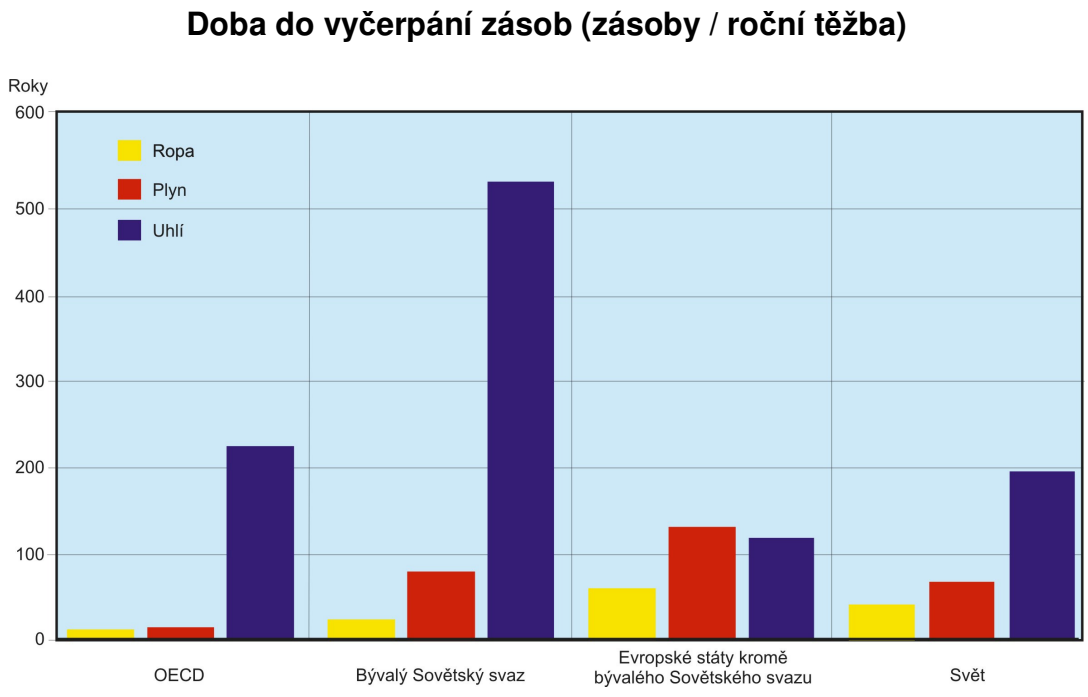


Obr. I.5. *Roční spotřeba primárních energetických zdrojů a elektřiny ve světě je výrazně nerovnoměrná (Zdroj: IEA 2002)*



Obr. I.6. *Snižování rozdílů mezi regiony je něčím mezi přáním a lží (Zdroj: Agens Nyheter, 2000)*

K vyčerpání fosilních paliv dojde již ve 21. století.

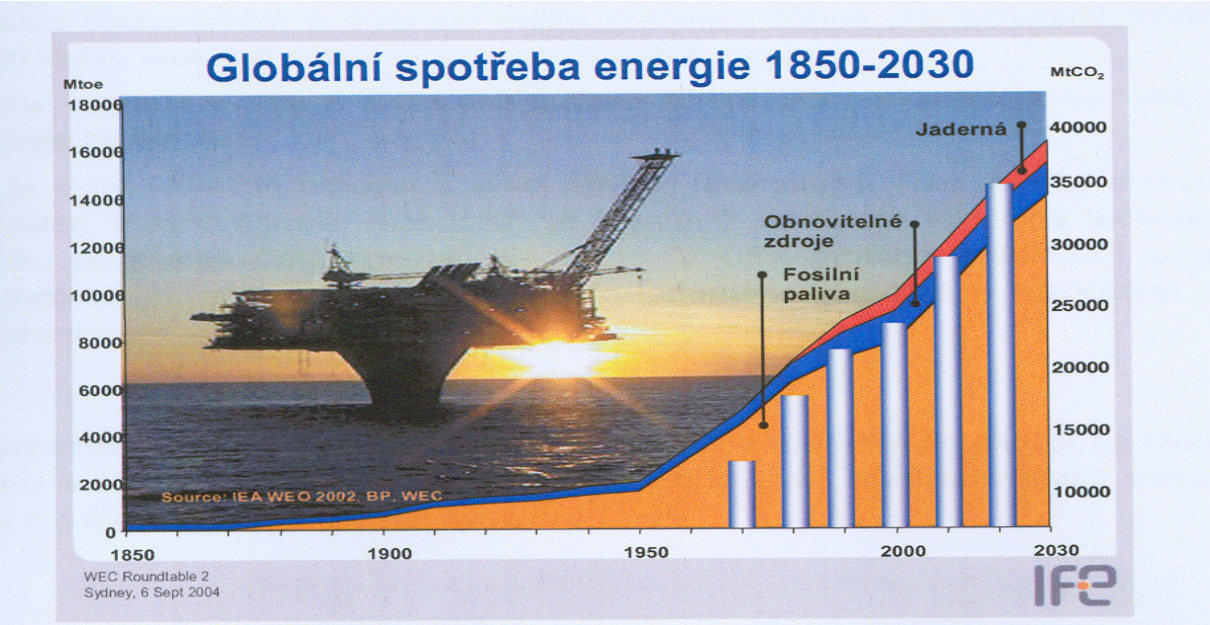


Obr. I.7. *Doba vyčerpání paliv je v různých regionech velmi odlišná*

První závažná varování již přišla. Výpadky zásobování v důsledku velkých poruch, zaznamenané opakovaně nejen v rozvojových zemích, ale také v Severní Americe a v Evropě, vyvolaly ekonomické ztráty jdoucí do desítek miliard USD a tím upozornily na význam zajištění spolehlivého zásobování energií. Nestačily však vytvořit prostředí, ve kterém by byla zřetelně zviditelněna katastrofická vize jako možný důsledek pokračování v historicky vyjetých kolejích. Základní podmínka udržitelného rozvoje je formulována jako rozvoj energetických soustav šetrný ke zdrojům energie a k životnímu prostředí, dostupnost moderních energetických služeb a dostatek energie pro každého. Je tato deklarace splnitelná ve světě rostoucí populace s vizí vyčerpání ropy a zemního plynu již v období několika dekád? Umožní omezené a ve světě nerovnoměrné rozdělené zdroje paliv dosáhnout na řešení alespoň pro první polovinu 21. století? Významné problémy nejsou řešeny: nároky na energii rostou v průmyslových i rozvojových zemích, nerovnoměrnost mezi regiony se prohlubuje, opatření pro ochranu životního prostředí jsou jen kosmetickou úpravou a informovanost obyvatelstva o energetických problémech jako důsledek mlčení sdělovacích prostředků je zanedbatelně nízká. Proto považuje většina obyvatel průmyslových států (neoprávněně) spolehlivou dodávku energie za přirozené právo.

V uplynulých deseti letech se projevil rostoucí vliv liberalizace trhu s elektřinou. Ta má i své negativní stránky (krize v Kalifornii a v případě Enronu, přerušování dodávek elektřiny v USA i v Evropě, kolísání a růst cen energie). Proto je vysoce aktuální otázka jaké efektivní a koherentní modely spotřeby energie lze zavést a jak orientovat sjednocený svět na proveditelná energetická řešení.

Růst spotřeby energie nelze zastavit.



Obr. I.8. *Globální spotřeba energie poroste extrémně rychle zejména v rozvojových zemích.*

Přes polarizaci názorů organizací i jednotlivců na různé zdroje energie si lidstvo nemůže dovolit žádnou energetickou volbu idealizovat ani zatracovat. Diversifikace snižuje závislost. Usiluje-li svět o zvládnutí pohrůžky klimatických změn, nemůže si dovolit zabouchnout dveře před jakoukoliv energií.

- Obnovitelné zdroje kombinované s úsporami energie a růstem energetické efektivnosti nebudou postačovat.
- Fosilní zdroje budou i nadále součástí energetické skladby pro 21. století.
- Bezemisní energie jako je jaderná, jsou nezbytné a žádoucí.

V tomto směru mají jednotlivé země své priority a výzvy.

Růst nároků na energii a udržitelný rozvoj

Koncepce udržitelného rozvoje se vyvíjí, stále otevřená otázka je, jak ji můžeme dlouhodobě zajistit a za jakých podmínek. Jak hledat udržitelné cesty dotování nezbytných investic bez nadměrného rizika? Jaké kompromisy jsou nutné mezi všeobecným přístupem k energii a udržitelným rozvojem? Budeme mít ale odvahu připustit, že jaderná energie nemůže být ignorována? Není jaderná fúze pro 21. století fikcí, na kterou se odborníci upínají jako na zdroj energie pro miliony roků? Budou obnovitelné zdroje realisticky hodnoceny jako doplňkové v současném i viditelném časovém horizontu? Naleznou se prostředky k dosažení rozhodujícího pokroku v technologii čistého uhlí? Uvědomí si provozovatelé uhelných elektráren, že technologicky lze zvýšit účinnost elektráren cca o 15%, ovšem jen tehdy, když se provede finančně nákladná rekonstrukce nebo výstavba nových bloků? Podpoří vlády takové změny, které budou šetřit uhlí i životní prostředí? Získá výzkum a vývoj nových energeticky orientovaných technologií podporu, která by svým potenciálem snížila pravděpodobnost výskytu rizikových jevů? Jak bude řešeno dilema tržně orientované společnosti: na jedné straně s využíváním energie vytvářet podnikání nesoucí zisk a na druhé straně povzbuzovat zákazníka, aby spotřebovával méně (nejen energie)?

Podle klasické definice udržitelný rozvoj představuje „rovnováhu mezi ekonomickými zájmy, ochranou životního prostředí a sociálními zájmy“. Tato rovnováha musí být udržována v čase a mezi současnou a budoucími generacemi. Ve vztahu k energii může být interpretována jako přístup energetických služeb pro všechny, dostupnost a spolehlivost energetických služeb a společenskou přijatelnost založenou na bezpečném a odpovědném užití energetických zdrojů průmyslem. Cíle těchto složek jsou ale konfliktní. Neexistuje žádná jednoduchá cesta k jejich současné realizaci. Investiční cykly jsou v energetice až 40 roků a to nedovoluje radikální strukturní změny systému. Narůst účinnosti tepelných elektráren o 10 % by mohl trvat přibližně 30 let (Harry Roels, RWE). Politická opatření jsou často zásahem bez znalosti následků. Příkladem je vzrůst účinnosti elektrických podniků, který vedl v SRN ke snížení čistých prodejních cen o 16 %, ale zvýšené zdanění má za důsledek, že domácnosti platily v roce 2004 za elektřinu o 4 % více než v roce 1998.

Ceny paliv a jejich dostatek nejsou jediným problémem. Dožívající elektrárny si ve světě vyžádají významné investice. Podle WEC pouhá instalace nebo renovace 500 GW výkonu v EU do roku 2030 si vyžádá v následujících 25 letech náklad 300 až 350 miliard euro. Obdobnou sumu si vyžádají investice do přenosových a distribučních sítí. Takové požadavky jsou enormní zvláště se zřetelem na dlouhé investiční cykly, neurčitost cen paliv a rozporná očekávání účastníků. Přesto jsou velmi nízké ve srovnání s očekávaným přechodem na alternativní paliva (vodík?) v dopravě po vyčerpání ropy a zemního plynu.

Jako samozřejmost je vnímáno průběžné zvyšování účinnosti ve výrobě, přenosu a spotřebě energie. Růst počtu obyvatel ve světě a zvyšování energetických nároků jednotlivců přesto vede ke zvyšování spotřeby energie a tím nejen k rychlejšímu vyčerpávání paliv ale i k přibližování avízovaného zásadního ohrožení biosféry. Rozhodujícím řešením není cesta úspor, protože v tržním hospodářství neexistují omezení přístupu k energii pro občany,

výrobce a dopravce. Světová populace a energetické nároky jednotlivců rostou rychleji, než se mohou uplatňovat úsporná opatření. Podle posledních analýz IEA se očekává v období 2000 – 2030 roční růst spotřeby energie asi o 1,7 %. Uspokojení tohoto růstu si vyžádá jen v USA masivní investice přes 16 bilionů dolarů. Tytéž projekce očekávají, že se na tomto růstu budou podílet fosilní paliva asi 90 %, což současně znamená růst objemu emisí skleníkových plynů o 70%. Spotřeba energie roste ve všech světadílech:

Světadíl	přírůstek spotřeby energie (%/rok) v letech 1991 - 2000
Severní Amerika	0,6 – 1,1
Jižní Amerika	2,3 – 2,7
Západní Evropa	0,6 – 1,1
Východní Evropa	1,1 – 1,5
Afrika	2,2 – 2,7
Jihovýchodní Pacifik	2,2 – 2,8

Zdroj: WEC

Nároky na energii neklesají ani v průmyslových ani v rozvojových zemích.

Doprava je sektorem jehož energetické krytí bude se zřetelem na neúprosný civilizační, technologický a demografický vývoj vést k vyhrocování situace. Dnešní růst cen pohonných hmot, který zřejmě vyústí následně až do omezení mobility obyvatel je jedním z předpokládaných důsledků konfliktu mezi růstem počtu dopravních prostředků a možností jejich zásobování palivem. Již dnes se vyskytují situace, ve kterých těžba ropy a provoz rafinerií pracují na mezi možností. To ovšem vytváří záminku a příležitost k růstu cen ropy od všech dodavatelů.

Technologický pokrok pokračuje, ale modernizace infrastruktur soustav si vyžádá čas. Lze předpokládat, že by si lidstvo poradilo i s nejnáročnějšími úkoly spojenými s udržitelným rozvojem, pokud by na jejich řešení mělo čas. Ten ale nemá. Vědomí rizik v globalizované energetice se projevuje stále více snahou o regulující politické intervence mající formu nadnárodních dohod. Politické intervence a regulace ale vyžadují strategické opodstatnění, v současné době zřetelně zaměřené na spolehlivost dodávky energie, na ohledy k životnímu prostředí a na ceny. Principiálním pravidlem je, že stát má regulovat a intervenovat pouze v míře zcela nezbytné. Úlohou regulátorů je stanovit správné stimuly a tržní síly nechat působit pro a ne proti udržitelným výsledkům.

Princip hospodářské soutěže nemůže být globálně aplikován na energetiku proto, že tržní hospodářství samo o sobě nemůže nahradit koherentní energetickou politiku a už vůbec ne strategii. Stabilní politický rámec pro liberalizovanou i regulovanou složku trhu je ale pro investice v energetice nepostradatelný.

Historii energetiky naplňoval technologický pokrok, ale formovala ji geopolitika. Ropné šoky byly politickým fenoménem. Energetický problém je ve své podstatě globální, žádný stát není nedotčen, žádný nekoná v izolaci. Geopolitické faktory budou hrát významnou roli i v budoucnosti. Jedním z nich je napjatá situace mezi muslimským a západním světem. Nelze vyloučit překvapení s vážnými důsledky pro ropné trhy jako jsou významné výpadky dodávek nebo cenové špičky. Ani energetické trhy dvacátého století nebyly pro většinu světa volnými trhy. Uplatnilo se mnoho intervencí s cílem chránit výrobce nebo spotřebitele, stabilizovat ceny, omezit nebo naopak povzbudit spotřebu některých komodit a chránit spolehlivost dodávek. Není proto realistické očekávat, že pouhé tržní síly budou formovat ekonomiku energetiky v celém světě ve 21. století. Přirozená motivace pro mezinárodní propojení národních rozvodných sítí a jejich koordinovaný provoz může být zpomalena nebo zastavena

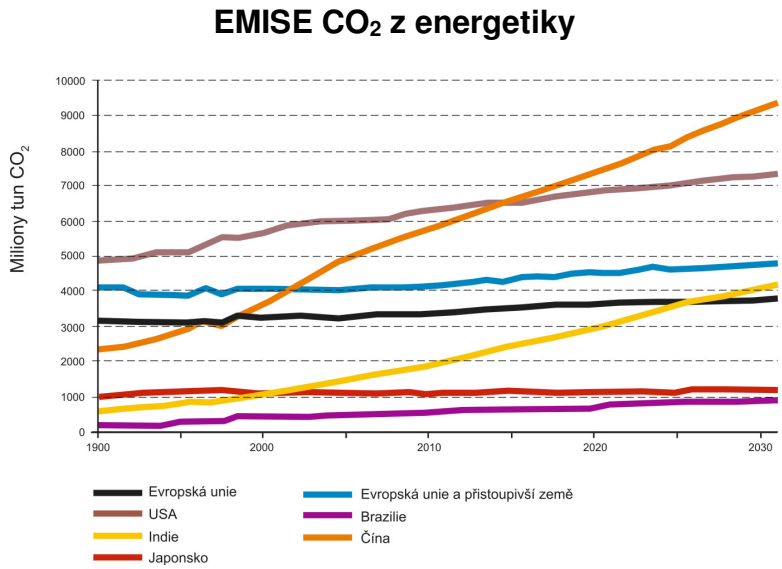
z důvodu nedostatku technické harmonizace mezi soustavami, rozměrem nezbytných investic, ale také komerčními nebo politickými bariérami.

Udržitelnost zásobování a udržitelnost spotřeby

Udržitelnost energetiky ve všech jejích rozměrech (dostupnost, pohotovost, přijatelnost) je kritickým problémem, jemuž dnes lidstvo čelí. Protože neexistuje žádné absolutní měřítko udržitelného rozvoje a neexistuje žádná technologie bez rizika nebo odpadu, musí být každý zdroj posuzován pouze v porovnání s ostatními zdroji. Takové porovnání se nemůže omezit pouze na vlastnosti minulých nebo současných technologií, ale vyžaduje přístup s pohledem vpřed (forward-looking approach), který bere v úvahu probíhající výzkum, vývoj a inovace.

V období 1850 až 2002, tedy za 152 roků, lidstvo spotřebovalo 718 miliard barelů ropy. Současný trend znamená, že stejné množství ropy bude spotřebováno za 20 let. Podle názoru většiny geologů jsou celkové využitelné zásoby 2 až 3 biliony barelů. Proto je zřejmé, že ropná epocha skončí v tomto století. Otázkou zůstává, kdy její spotřeba dosáhne maxima a kdy začne klesat.

Udržitelnost emisí CO_2 nastoluje požadavek transformace energetických ekonomik, i kdyby cílem bylo jen udržení emisí na současné úrovni. Konkrétní opatření jsou dosud pouze okrajová. Kšeftování s emisemi, které je viditelnou ale chatrnou náplastí, je směšně nedostatečným opatřením. Právě konkrétní opatření týkající se geopolitiky, trhů a spolehlivosti dodávky jsou nejspornějším a nejsložitějším problémem energetické politiky vyvolávajícím silné konflikty názorů a zájmů. Opatřením zaměřeným na budoucnost je široký konsensus o roli výzkumu a vývoje a transferu technologií.

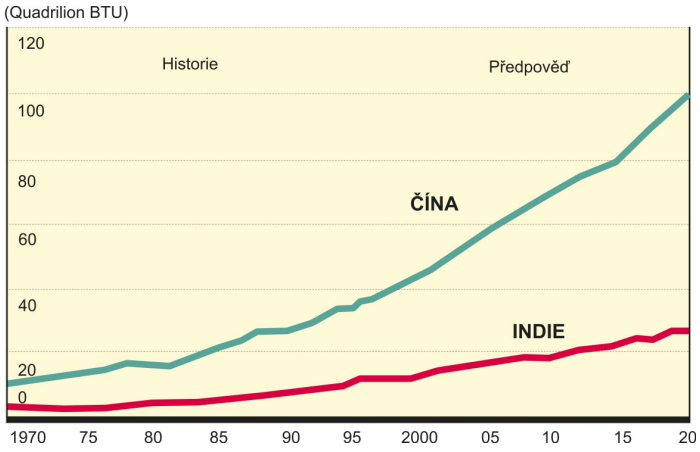


Obr. I.9. *Emise z energetického hospodářství porostou všude, ale zejména ve vybraných rozvojových zemích.*

Je zřejmé, že **cena energie** bude mít rostoucí význam činitele regulujícího spotřebu. To ovšem znamená, že se při očekávaném rostoucím nedostatku paliv bude rozšiřovat propast mezi těmi, kdo na energii dosáhnou a ostatními. A to je v protikladu k deklarovanému principu Accessability. Cena za znehodnocování životního prostředí bude zřejmě zabudována do ceny energie i pro rozvojové země. Externí náklady je nezbytné uplatnit na straně výroby: výrobci energie s vysokými emisemi musí platit za potlačení emisí, výrobci z jaderných zdrojů za správu odpadu a lesnictví za obnovu porostů (a celý svět za ochranu a obnovu

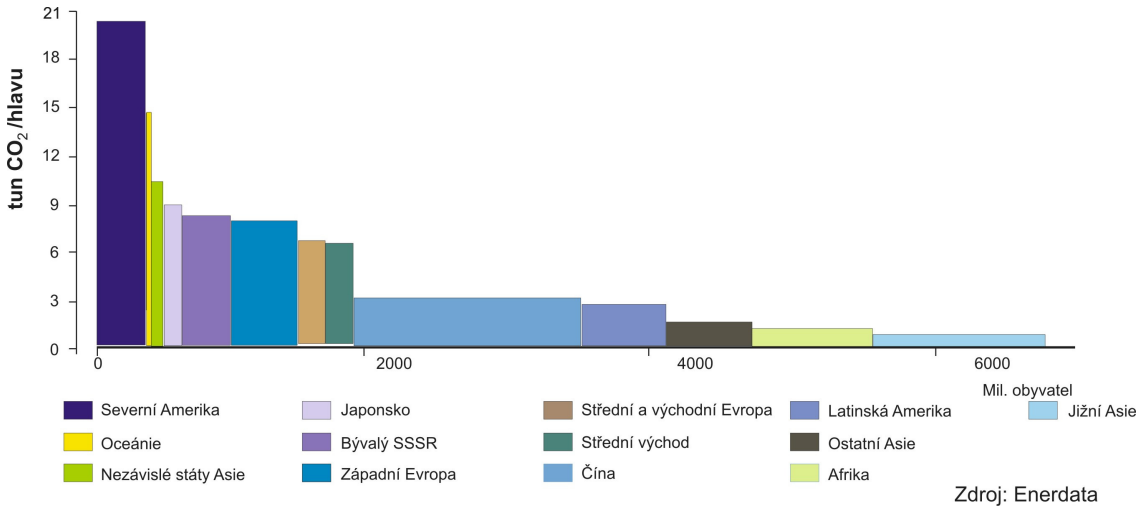
deštných pralesů v Amazonii). Představa, že spotřeba energie bude reagovat na cenové signály, a proto poptávka po energii klesne, a že na straně zásobování i spotřeby dojde k rebilanci vstupů výroby v zájmu dlouhodobé udržitelnosti, je povzbuzující, ale její optimistický nátěr snad až příliš zřejmý. Protokol z Kjóta je prvním krokem, který je ale naprosto nedostatečný. USA, které protokol neratifikovaly, emitují cca 25 % globální produkce skleníkových plynů, Čína, Indie a Brazílie budou kolem roku 2030 způsobovat 50 % současných světových emisí. Tyto i další skutečnosti prokazují, že růst koncentrace skleníkových plynů bude i nadále výrazný.

Současný a předpokládaný růst spotřeby energie



Obr. I.10. *Programový růst spotřeby energie v Číně a Indii je ohromující*
Poznámka: (BTU-British thermal unit).

Goddardův ústav NASA pro vesmírné studie vypočetl, že průměrná teplota zemského povrchu se již zvýšila o cca 0,75 °C a na postupu je růst o dalších cca 0,7 °C, Mezinárodní panel klimatických studií očekává ještě výraznější hodnoty oteplení v rozmezí 1,4 až 5,8 °C do roku 2100. Poslední analýza IEA z roku 2004 očekává meziroční nárůst spotřeby energie v letech 2000-2030 o 1,7 %. Tytéž odhady předpokládají, že na tomto růstu se budou fosilní paliva podílet asi 90 % a to znamená vzrůst objemu emisí skleníkových plynů o 70 %.

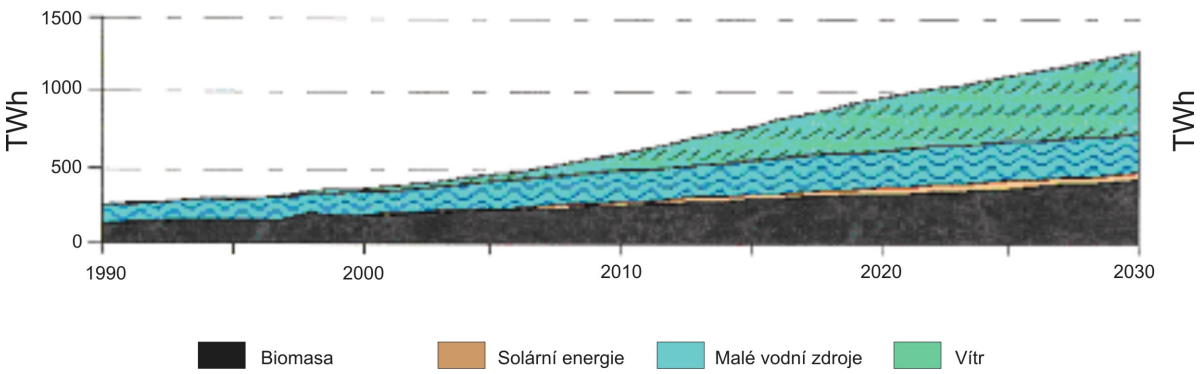


Obr. I.11. *Rozdíly v měrných emisích jsou ve světě extrémní*

Jaderná energie umožňuje snižovat emise skleníkových plynů

Jaderná energie má již dnes zásluhu na snížená emisí skleníkových plynů o 600 milionů tun ročně, což je 10 % celkových emisí. Navíc jaderná energie se prokazuje jako vysoce konkurence schopná na trhu s elektřinou. Je tedy i z hlediska ochrany životního prostředí i nákladů nejefektivnější cestou ke snížení emisí skleníkových plynů. Na jaderné energii ale leží klatba Mechanizmu společné implementace a čistého rozvoje (Joint Implementation and Clean Development Mechanisms). A ta není jediným významným protijaderným faktorem. Světová banka a Regionální banky odmítají podílové spolufinancování jaderně energetických projektů. Je to rozumné za situace, kdy obnovitelné zdroje kombinované s úsporami energie a růstem energetické efektivnosti nebudou postačovat k dosažení urgentního požadavku udržitelnosti? Uhlí, ropa a zemní plyn se začaly vytvářet před třiceti miliony roků. Lidstvo je čerpá milionkrát rychleji, než se tvořily, a s takovou změnou se příroda nevyrovná. Nelze očekávat (a doufat), že se můžeme adaptovat na radikální změny klimatu. Pro udržitelný rozvoj se musíme rozhodovat již nyní. Akcent na obnovitelné zdroje má svá varování: výrazně se zvyšují náklady na udržování rovnovážné bilance elektřiny a rozvoj přenosové soustavy vynucený farmami větrných elektráren.

SVĚTOVÁ VÝROBA ENERGIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ



I přes extrémně technologicky a ekonomicky podporované a vítané zvyšování podílu bezemisních obnovitelných zdrojů na výrobě elektrické energie (nárust až 7 % ročně)

tyto zdroje budou i nadále v blízkých desetiletích tvořit jen 2 – 4 % celkové světové výroby elektrické energie !!!

Obr. I.12. *Potenciál obnovitelných zdrojů nedává naději na optimistické řešení*

Hrozba skleníkových plynů

Mohou být uspokojeny energetické potřeby rostoucí populace, která směřuje k počtu 8 miliard v roce 2030, i se zřetelem na adekvátní ekonomický růst? Opatrná odpověď zní ANO, ale řešení bude nákladné. Znamenalo by využití všech perspektivních energetických zdrojů,

fosilních, jaderných a obnovitelných. Ale náklady neřešení energetického problému by byly obrovské. Podle odhadu WEC se pohybují odhady k financování potřebných procesů a energetického vývoje v miliardách euro na rok.

Dominantní problémy životního prostředí lze formulovat jako:

- vysokou územní nerovnoměrnost produkce skleníkových plynů,
- neochotu velkých emitentů podrobit se protokolu z Kjóta,
- ekonomickou náročnost současných opatření pro zmírnění vlivu na životní prostředí dnes nejdůležitějšího typu zdrojů: elektráren na fosilní paliva. Připravovaná opatření, tj zachytávání a skladování CO_2 jsou technologicky a finančně náročná a zdá se, že do nejbližších dekád nezasáhnou. Obnovitelné zdroje, skloňované ekologickými aktivisty ve všech pádech, nemají šanci v příštích dekádách výrazněji zasáhnout do celkového vývoje, při tom ale výrazně prohlubují deficity v oblasti financování rozvoje.
- vodní energie je jediným rozsáhlým obnovitelným zdrojem, který může uspokojit nárůst poptávky po elektrické energii a zároveň být efektivním řešením boje s globálním oteplováním. Řízení vodních zdrojů může zajišťovat pitnou vodu, zlepšovat zavlažování, zajišťovat protipovodňovou ochranu, otevírat nové vodní toky pro snížení nákladů na dopravu a vytvářet nové rekreační příležitosti. Projekty je nutné vytvářet se zřetelem na environmentální a sociální aspekty,
- jaderná energie, která může přispět k řešení celosvětového energetického systému je odmítána právě těmi, kdož slovně o ekologické řešení usilují.

Protože jednoduchá odpověď neexistuje, jsou rozumná dílčí opatření zaměřená na:

- růst energetické účinnosti,
- regulaci spotřeby konzervací energie,
- technologický vývoj transformace fosilních paliv,
- vývoj dalších generací jaderných elektráren,
- rozumnou expanzi obnovitelných zdrojů,
- využívání nízkoemisních paliv (plyn a čistší uhlí).

Klíčové pravidlo je možné formulovat jako

Otevřené ponechání všech energetických variant.

Ačkoliv názory na opodstatněnou regulaci trhu s elektřinou v Evropě mají v podstatě zdravé základy, navazující slátanina národních energetických politik a regulací a daňových nerovnoměrností neposkytuje stabilitu pro konzistentní a tržní orientaci, kterou investoři potřebují.

Strategické vládní dokumenty usilují o dlouhodobě spolehlivou energetiku

Nutnou podmínkou pro udržení úrovně soudobé společnosti je dlouhodobě spolehlivá dodávka energie. Její dosažení je životně závislé na politickém, legislativním, ekonomickém, technologickém, sociálním a ekologickém prostředí státu. Proto vlády průmyslových i rozvojových zemí, které si uvědomily rizika plynoucí z očekávaného nedostatku paliv a z neschopnosti tržních nástrojů vytvořit koherentní energetickou politiku, usilují o zásahy státu schopné zabezpečit dlouhodobě spolehlivé energetické hospodářství. Výměna zkušeností k identifikaci úspěšné i neúspěšné energetické politiky a praxe i na ni navazujících modelů umožní vymezit celosvětově přijatelné směry rozvoje ekonomiky jako celku.

Národní energetické strategie vypracované s třiceti až padesátiletým horizontem nejen v průmyslově vyspělých, ale také v rozvíjejících se zemích **vesměs reagují na obavy ze ztráty spolehlivosti dodávky energie.** Energie je v tržním hospodářství hodnocena jako každá jiná komodita. Přesto proniká do povědomí strategicky myslících politiků a odborníků

fakt, že spolehlivá dodávka energie je nutnou podmínkou hospodářské a politické stability státu. Není náhodou, že první státní energetická koncepce (National Energy Strategy USA) vznikla bezprostředně po prvních krocích otevírajících v USA trh s elektřinou a plynem. Opuštění dlouhodobě stabilizovaného systému Integral Resource Planning jako metody založené na minimalizaci nákladů na uspokojení energetických potřeb (least cost planning) znamenalo krok neověřeným směrem, před kterým řada odborníků varovala.

Vývoj hrubého národního produktu ve všech vyspělých státech kopíruje spotřebu elektrické energie. Proto všechny země světa trvale usilují o spolehlivou, hospodárnou a málo zranitelnou energetiku. Strategické představy analyzují možnosti státu v daném ekonomickém prostředí a usilují o vytvoření nástrojů k omezení nebo překonání rizik v energetice.

Mezi nejvýznamnější světové dokumenty zaměřené na dlouhodobé zabezpečení spolehlivých dodávek energie, poznání podstatných problémů a korigování minulých chybných hodnocení a z nich přetrvávajících nereálných stanovisek patří:

- **National Energy Policy USA (May 2001),**
- **Zelená kniha jako podklad EU „K evropské strategii pro zabezpečení dodávek energie“.**

- **Francouzská „Étude économique prospective de la filiére électrique nucléair“, (Francie,2003)**
- **„Strategy of nuclear power development in Russia in the first half of the 21st century“ (2003)**
- **White Paper GB (Velká Británie 2003)**
- **Korejský dokument KAERI (2002)**

V současném světě je přebytek energie pro každého, kdo ji dokáže zaplatit. Tato situace se bude dlouhodobě měnit z řady příčin, z nichž zvláště významné jsou:

- celosvětově politicky iniciované a prováděné globální zásahy do historicky stabilizovaného systému energetiky,
- růst počtu obyvatel Země a růst jejich individuálních nároků,
- masivní růst potřeby energie v rozvojových zemích (Čína, Indie, Brazílie,…)
- prohlubující se závislost soudobé civilizace na energetické podpoře,
- postupné vyčerpávání primárních energetických zdrojů,
- změny klimatu na nichž se podílí i využívání energie,
- problémy s odpady,
- nerovnoměrnost spotřeby energie ve světě a z ní plynoucí rozdíly mezi bohatými a chudými státy zdrojů včetně ekonomických, politických, bezpečnostních a sociálních souvislosti,
- geografická nerovnoměrnost rozdělení primárních energetických zdrojů,
- významná ztráta státní podpory energeticky orientovanému výzkumu.

Transformace energetického hospodářství, ve kterém vedle klasických vztahů mezi **energií, materiály** a **společností** se navíc a stále důrazněji uplatňují **životní prostředí, kapitál** a **nadnárodní regulace** se neobejde bez legislativních, technických, ekonomických a společenských změn prováděných na úrovni státu, výrobců, distributorů i spotřebitelů elektrické energie, a také bez projevů rizik ohrožujících funkci energetického hospodářství jako systému. Scénou, na které se tyto vztahy vyvíjejí, je blízký konec uhlovodíkového věku. **Konkurenceschopnost průmyslu, životaschopnost a úroveň společnosti již je a bude stále více ohrožována rizikem ztráty spolehlivých dodávek přiměřeně levné energie.**

Reformy energetického hospodářství od prospekce paliv přes jejich těžbu, výrobu a přenos energie až k trhu s elektrickou energií vycházejí z velmi rozdílných výchozích technologických, geofyzikálních a sociálně ekonomických podmínek a z rozdílně formulovaných priorit a jsou také různě motivovány. Jedním z hnacích momentů významného podílu zásahů do energetické politiky států i nadstátních systémů je poznání neschopnosti trhu nahradit koherentní energetickou politiku nebo dokonce i strategii. Spolehlivá energetika je klíčovou podmínkou hospodářské a politické stability státu, dodávka energie jako veřejná služba je neopomenutelná, energii nelze nahradit jiným substitutem, a proto trh s elektřinou nikdy nebude „standardním trhem" obvyklým pro ostatní komodity.

Většina zemí v současné době směřuje k uplatnění trhu v elektroenergetice různou rychlostí a různými způsoby, ale s využitím subsidiarity, tj. při **rozumném a zdůvodněném zachování výhod pro národní hospodářství**.

Deklarované důvody, které vedly a vedou vlády mnoha zemí na celém světě k provádění zásadních změn v elektroenergetice, mají tyto společné činitele:

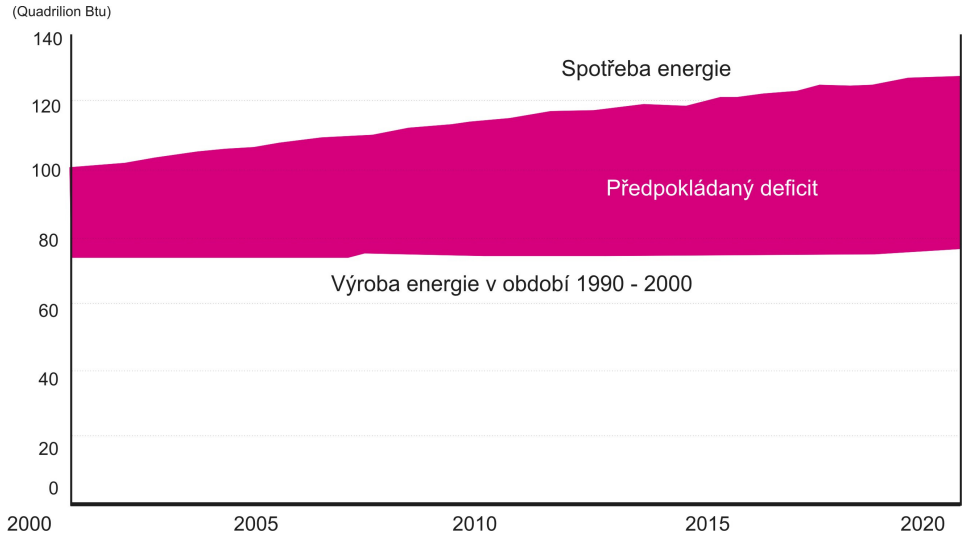
- dlouhodobé dosažení bezpečné a stabilní dodávky elektrické energie za ceny přijatelné z hlediska dosažení konkurenceschopnosti národního průmyslu na světových trzích a při tvorbě národního produktu,
- omezení výsadních práv monopolů vůči těm zákazníkům, kteří si nemohou vybrat jiného dodavatele a musí někdy platit neoprávněně vysoké a stoupající ceny,
- snaha po snížení vysokých cen elektřiny, tj. zboží v mnoha formách užití nenahraditelného jiným substitutem,
- privatizace elektroenergetiky jako průvodní jev liberalizace má v některých případech snížit nároky elektroenergetiky na zdroje ze státního rozpočtu a výnosem z prodeje snížit zadlužení státu.

Strategicky dominantní otázkou je, zda **politicky deklarované a prosazované záměry reforem energetiky budou skutečně dosaženy na úrovni a v kvalitě, kterou předpokládá politická moc**. V tomto směru nejen že neexistují záruky, ale již dnes jsou závažné pochybnosti a současné i očekávané problémy.

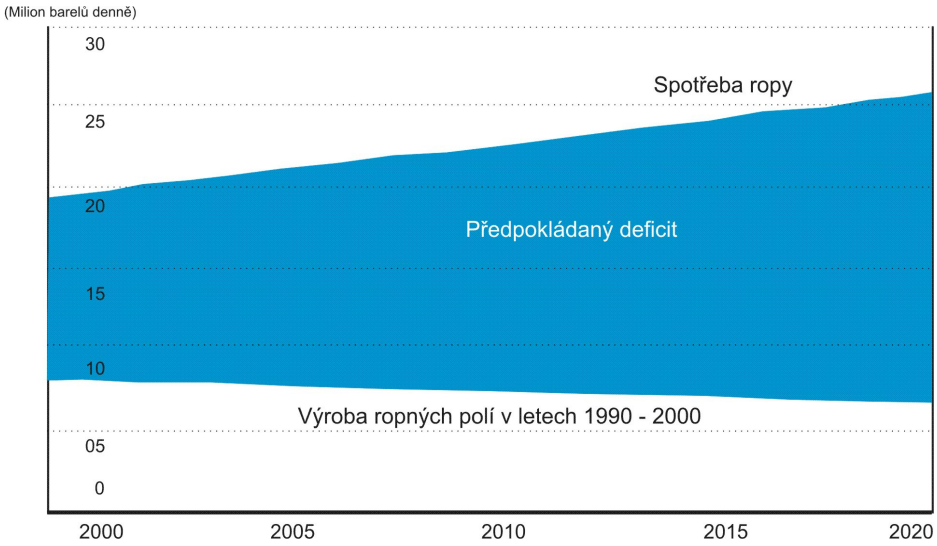
Dosavadní přístup národních vlád k energetickému hospodářství vycházel (pokud vůbec existoval) z energetické politiky státu formované po parlamentních volbách na několikaleté volební období. Takový přístup nebyl zárukou souvislého a stabilního dlouhodobého vývoje pro energetický sektor, ve kterém je nutné připravovat a uskutečňovat investiční záměry v intervalech výrazně delších. Pětileté období je příliš krátkou dobou na realizaci významné změny v energetickém hospodářství, například pro výstavbu rafinerie, elektrárny nebo rozvodné soustavy, pro hlubinnou i lomovou těžbu uhlí. Rychlé změny cen paliv nemohou být následovány výstavbou součástí energetických výrobních a rozvodných soustav, která vyžaduje mnohaleté termíny. Proto vzniká v řadě států snaha vytvořit strategickou vizi energetiky, která by s výhledem na 30 – 50 roků umožnila uskutečňovat dobře zdůvodněné postupy pro zajištění spolehlivých dodávek energie. Energetický sektor ve světě je konfrontován s výzvami a problémy, které nemohou být řešeny jen trhem, doporučením nebo nařízením. V naší čerstvé paměti jsou minulé české omyly při zavádění přímotopů nebo v plynofikaci obcí. Průběžně (floating) upřesňovaná dlouhodobá vize ukáže nejen potřebu korigovat předchozí rozhodnutí, ale reparovat krátkodobé i strategické důsledky i rizikové jevy, které se jako důsledek krátkodobých výhledů i drastických změn v současné energetice hromadily a hromadí. Může připravit legislativní prostředí i nástroje k řešení krizových jevů, které jsou očekávány z hlediska stability dodávek energie již v první polovině 21. století.

Představy formulované světovými renomovanými organizacemi jako je EPRI, WEC a OECD analyticky a vědecky odůvodněně vykreslují problémy světového energetického hospodářství výrazně ostřeji než národní energetické strategie.

Je zdánlivě nepochopitelné proč první vládou, která vypracovala strategický dokument zaměřený na dlouhodobý energetický program, byla právě exekutiva USA. Proč vedení nejvýznamnější světové ekonomiky, založené na svobodě podnikání, vypracovalo dlouhodobý plán závazný prakticky pro všechny resorty? Důvod je prostý: obavy ze stoupající závislosti na dovozu paliv a obavy o energetickou budoucnost hospodářství USA, na které závisí hospodářská i politická stabilita.



Obr. I.13. *Rostoucí deficit energie v USA*
Impulsem k přípravě energetické strategie USA byl pohled na rostoucí závislost země na dovozu paliv. (Zdroj: National Energy Policy USA)



Obr. I.14. *Hrozivě vypadá analýza očekávaných nároků na dovoz ropy do USA*
(Zdroj: ational Energy Policy)

Prognóza prohlubující se závislosti USA na energii, na dovozu ropy a očekávané problémy nejen na úrovni státu, ale i na životní úrovni obyvatel opodstatnily plánování s cílem dlouhodobě zabezpečit hospodářskou i politickou stabilitu za podmínek přijatelných pro obyvatele i pro životní prostředí.

National Energy Policy USA prakticky a cílevědomě usiluje o energetiku **„**Spolehlivou, přiměřenou (affordable - takovou, jakou si mohou dovolit) z hlediska životního prostředí a zdravou pro budoucnost Ameriky. **Amerika musí mít energetickou politiku, která plánuje pro budoucnost, ale splňuje požadavky současnosti. Georg Bush)**

Meze těžby ropy vyvolávají růst cen všech paliv

Aktuální těžké období obrovského vzestupu cen ropy na světových trzích zásadním způsobem ovlivňuje hospodářství ve světě a v každé zemi zvlášť. Ropa kryje v současné době 40 % světových energetických potřeb a její podíl stále roste. Dnešní světová spotřeba 80 milionů barelů denně je zřejmě na hranici možností těžby, protože potřebné dva miliony navíc vytvářejí problém. Budování těžařských zřízení brání obavy investorů z teroristických útoků v oblasti nejvydatnějších nalezišť saúdského trojúhelníku. Nejistý vývoj ruského trhu, prudký vzestup cen za obří tankery, situace v Iráku, rostoucí spotřeba ropy v Číně, která se celosvětově podílí na růstu spotřeby 40 % a jejíž spotřeba se má v příštích dvaceti letech zdvojnásobit a přesáhnout hodnotu deseti milionů barelů denně, to je jen hrot ledovce rizik pro energetické hospodářství plovoucí v oceánu problémů globalizovaného světa. Odpoutání od závislosti na ropě například tak, jak bylo formulováno v Německu výrokem ministra životního prostředí „Weg vom Ől“ (pryč s ropou) je pochopitelné, ale prakticky nereálné.

V současném světě 20 % obyvatel spotřebovává 80 % primárních energetických zdrojů a to vytváří již pro blízkou budoucnost závažný geopolitický problém. Hrozba politicky nestabilních oblastí pro zásobování světa kapalnými palivy povede k orientaci i na další území s ropnými zdroji. Za zmínku stojí odhad těžitelných zásob ropy v Iráku dosahující 200 miliard barelů. Možné je vynaložení velkých investic v Angole, Rovníkové Guinei, Nigérii a v Čadu. Návratnost investic ale nebude rychlá a opatrnost investorů je na místě. Mezi další globální problémy patří možné střety amerických, ruských a čínských zájmů ve využívání kaspické oblasti, kde se zásoby v Azerbajdžanu, Kazachstanu a Turkmenii odhadují na 30 miliard barelů ropy. Tu chtějí získávat USA ropovodem Baku – Tbilisi – Ceyhan. Ropovod dlouhý 1760 km vybudovaný s nákladem 3 miliard USD (to je o 50% více než náklady na stavbu kanálu pod La Manche) dopravuje milion barelů ropy denně potrubím o průměru cca 1 m). Za třicet let ale jeho zdroj vyschne. Šanghajská skupina prosazující čínské zájmy chystá vložit velké investice do výstavby gigantického ropovodu, kterým by zásobovala nejen sebe, ale také Koreu a Japonsko. O geopolitickém významu ropy svědčí i dohoda Německa a Ruska o výstavbě obřího ropovodu. Očekávané vyčerpání dostupných zásob ropy je skutečností, která nepochybně otřese základy hospodářské a sociální politiky světa již ve 21. století.

Zelená kniha Evropské unie

České problémy je nutné konfrontovat s perspektivou Evropské unie. Zelená kniha EU otevřeně konstatuje

Energetická soběstačnost EU není dosažitelná.

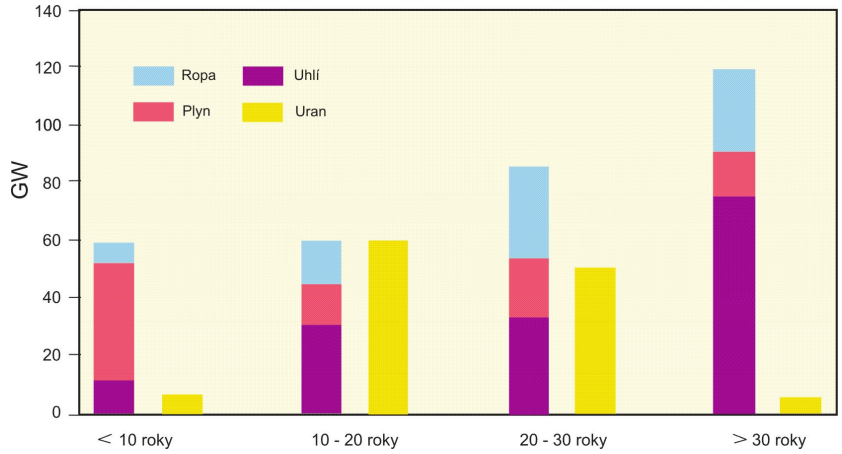
Navíc**:** vlastní zdroje EU jsou cenově limitovány:

uhlí - náklady na produkci jsou 4 – 5 krát vyšší než světové,
ropa - náklady na produkci jsou 2 – 7 krát vyšší než světové, vlastní zásoby na 8 let,
zemní plyn - 2% světových zásob, zásoby na 20 let,
uran - 2% světových zásob, zásoby na 40 let.

Mezi problémy v době přijetí Směrnice 96/92 EC známé, ale teprve nyní akcentované, patří zejména:

- rostoucí závislost Unie na dovozu paliv,
- znepokojující prudký a trvalý růst ceny ropy,
- neshody v opatřeních pro ozdravění světového i regionálního klimatu,
- nutnost rozhodnout o energetických investicích již v dohledně krátké době,
- neschopnost EU politicky ovlivňovat světové ceny energie přesto, že je hlavním hráčem na světovém trhu (14 – 15 % spotřeby energie),
- negativní zkušenosti s vlivem liberalizace trhu s elektřinou na její spolehlivé dodávky,
- politizace otázek energetického hospodářství,
- účelové vytváření mylných názorů veřejnosti (na příklad o možnostech obnovitelných zdrojů nebo o riziku jaderné energie).

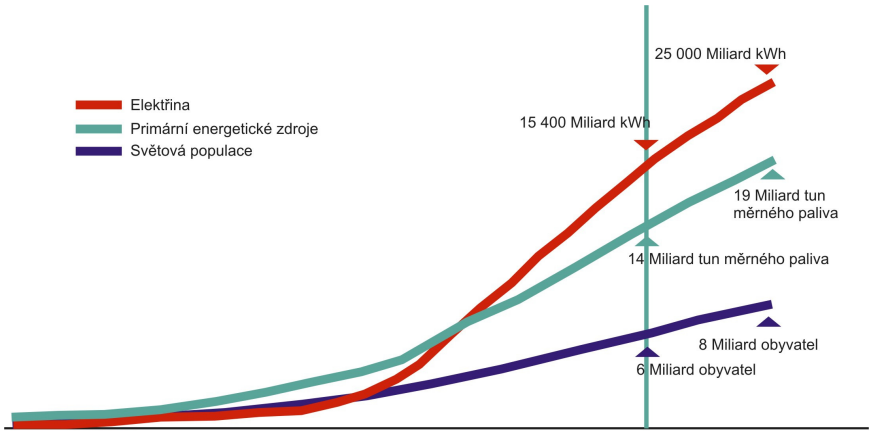
EU je odhodlána čelit hrozbám nestability dodávek paliv (Green paper).



Obr. I.15. *Evropské elektrárny dožívají*

Spotřeba energie v EU roste při poklesu vlastních zdrojů paliv a výsledkem je růst nároků na dovoz (Green paper).

**SVĚTOVÝ VÝVOJ POČTU OBYVATEL,
SPOTŘEBY PRIMÁRNÍ ENERGIE A SPOTŘEBY ELEKTŘINY**



Zdroj: Framatome ANP, 2004

Obr. I.16. *Vývoj světové populace a prognózy spotřeby energie a elektřiny potvrzují expanzi lidské civilizace do viditelných horizontů i za ně.*

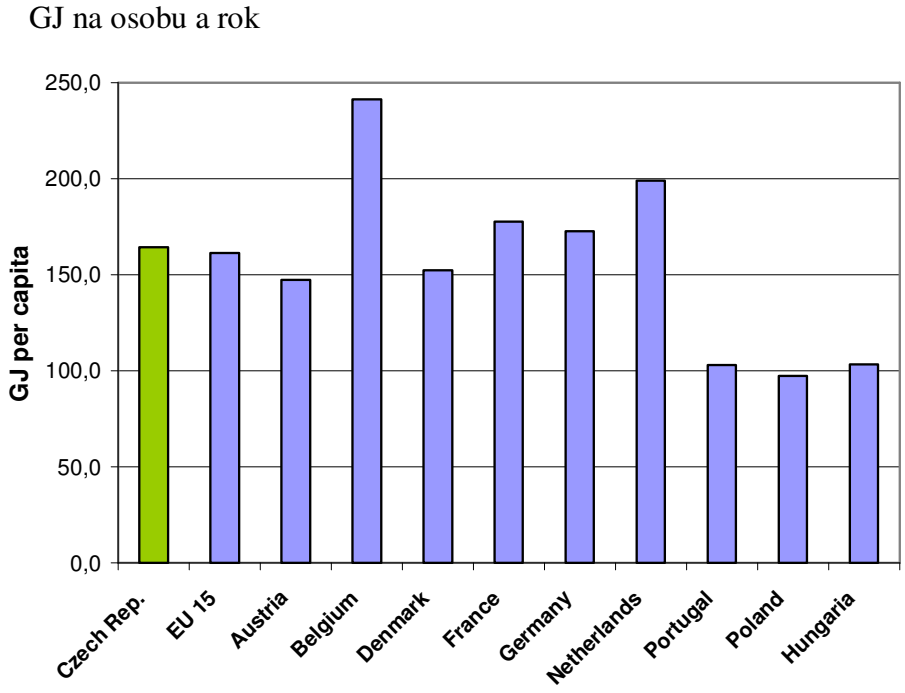
Česká energetika

Česká ekonomika a energetika je nedílnou součástí globálního světa. Proto musí respektovat světovou situaci a možnosti vývoje nejen vedení státu a energetických společností, ale měly by tak činit i sdělovací prostředky a veřejnost. Poznání světových úspěšných i neúspěšných energetických politik i praxe je pro nás zdrojem poznání.

Česká společnost nepoznala až dosud z vlastní zkušenosti delší přerušení dodávky elektrické energie. Na sektorové vypínání elektřiny z padesátých let si nevzpomenou ani ti nejstarší. Přerušení dodávky tepla po havárii v elektrárně Opatovice ponechalo více než 50 000 obyvatel aglomerace Hradec Králové – Pardubice v mrazivém listopadu 2002 bez dodávky tepla a teplé vody přibližně dva týdny, ale zásobování elektřinou a kapalnými palivy pokračovalo spolehlivě dál. Ropné krize sedmdesátých let minulého století se nás prakticky ani nedotkly. Přerušení dodávky elektřiny vyvolané nedostatečností přenosových sítí, která se projevila například v USA, jsou u nás neznámá vzhledem k péči, se kterou je česká přenosová soustava udržována a rozvíjena. Proto považují obyvatelé České republiky spolehlivou dodávku energie trvale kdekoliv za své přirozené právo. Mnohé průmyslově vyspělé státy mají ale již své zkušenosti s několikadenními nebo krátkodobými výpadky.

Sdělovací prostředky nepřispívají u nás k vytváření reálných názorů zejména na očekávaný vývoj spolehlivé dodávky energie. Výroba elektřiny se stala spíše předmětem kritických poznámek ze zorného úhlu Zelených nebo zastánců rozvoje obnovitelných zdrojů. Uhelné a jaderné elektrárny jako spolehlivé zdroje levné energie jsou pojímány jako samozřejmost, někdy jako nutné zlo. Přeceňování možností obnovitelných zdrojů se stalo pravidlem. Ohrožení životního prostředí odpady produkovanými v důsledku průmyslových, dopravních a sociálních činností je vnímáno jako hrozba velmi vzdálená. Procitnutí z iluze dostatku energie, oprávněně i u nás očekávané již v první polovině 21. století, může znamenat přechod z iluze do velmi tvrdé reality. Proto je dobré poznat reálně očekávaný vývoj a vytvořit nástroje k omezení rizik, která se vynořuje za viditelným časovým horizontem několika desítek roků. **Věcná a číselně doložená informace se může stát podkladem pro politická jednání, zdrojem poznání široké veřejnosti i pozváním k věcné diskuzi podložené fakty.**

Vysvětlení energetické budoucnosti České republiky se neobejde bez pochopení širších souvislostí se světovou a evropskou situací. Výroba elektřiny je pouze částí energetického hospodářství a neřeší souvislosti s koncem uhlovodíkového věku, tedy s vyčerpáním ropy a zemního plynu ve 21. století. Dostatek elektřiny může přechodem na vodíkové hospodářství zabezpečit náhradu kapalných paliv pro dopravu i průmysl. Pokud by ale každý dopravní prostředek měl v období několika roků přejít na vodíkové palivo, byl by takový zásah celosvětově nejrozsáhlejší změnou technologie, kterou lidstvo zažilo a náklady na ni by přesáhly dnes rozumně myslitelné meze.



Obr. I.17. *Česká republika se ve spotřebě energie na obyvatele neodlišuje od vyspělých evropských zemí (Zdroj: SEK)*

Státní energetická koncepce České republiky

V roce 2003 předložilo ministerstvo průmyslu a obchodu k veřejné diskuzi návrh státní energetické koncepce (SEK). Předložený text měl strategicky orientovaný charakter zaměřený na období do roku 2030 a v některých aspektech i do dalších horizontů 21. století. Schválením uvedeného dokumentu zaujala vláda České republiky stanovisko k energetickému problému, který ovlivní hospodářskou i sociální stabilitu a postavení podniků i všech obyvatel.

Jeho posláním je vytvářet pomocí racionálně podložených kroků nástroje k řešení očekávaných problémů, které se s pravděpodobností hraničící s jistotou v zásobování energií projeví. Dobře připravené legislativní prostředí se ve stabilitě dodávek energie již projevuje (působení energetického zákona č. 458/2000 Sb., zákona č. 406/2000 o hospodaření s energií, národního programu hospodárného nakládání s energií).

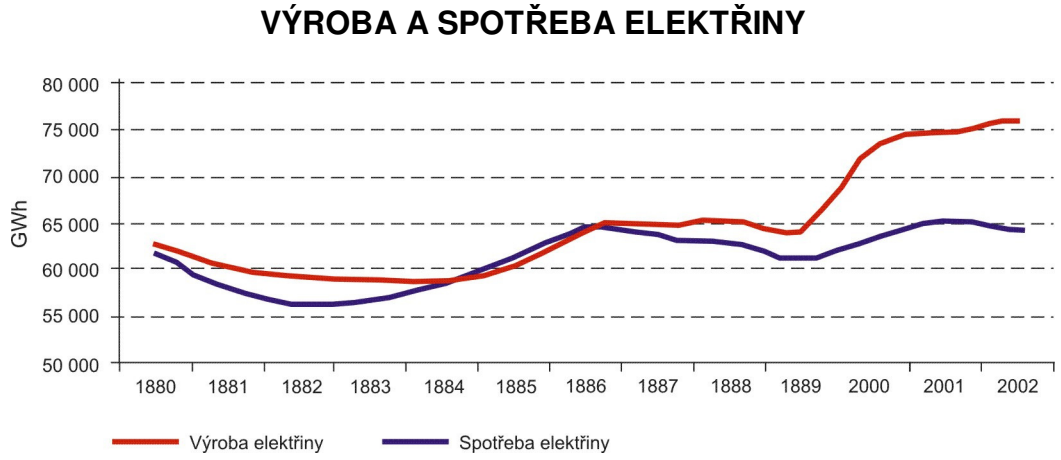
Státní energetická koncepce České republiky schválená usnesením vlády České republiky č. 211 ze dne 10. března 2004 je výrazem poznání významu strategického řízení energetického hospodářství a vyjádřením státní odpovědnosti za vytváření podmínek pro zabezpečení spolehlivých dodávek energie v podmínkách tržně orientované ekonomiky za přiměřené ceny a za vytváření podmínek pro efektivní využívání energie s ohledem na životní prostředí a v souladu se zásadami udržitelného rozvoje.

Dokument stanovuje soubory priorit a dlouhodobých cílů a účinných nástrojů a opatření k jeho naplňování, jichž chce stát dosáhnout při ovlivňování energetického hospodářství ve výhledu příštích 30 let.. Při volbě priorit, cílů a souboru nástrojů byla respektována energetická, ekologická, ekonomická i sociální hlediska. Jako všechny ostatní státní strategicky orientované dokumenty vychází ze současné situace, ale vzhledem k očekávaným i nepředvídaným změnám předpokládá aktualizaci textu po tříletých intervalech.

Základními prioritami jsou:

- největší dosažitelná nezávislost na cizích zdrojích energie, na zdrojích energie z rizikových oblastí a nespolehlivých zdrojů,
- bezpečnost zdrojů energie,
- udržitelný rozvoj zejména z hlediska ochrany životního prostředí i ekonomického a sociálního rozvoje.

V porovnání s politicky stabilizovanými systémy významných průmyslově vyspělých států vznikala až do roku 2003 v České republice řada vedlejších problémů, které bránily soustředění na závažné priority. Posláním a hlavní filosofií státní energetické koncepce poprvé v novodobé historii samostatné České republiky nebylo maximalizovat efektivnost výroby a úspory energií, urychleně dokončit liberalizaci trhu a privatizovat vše, co privatizovat jde. V rozporu s ideologiemi zeleného a ultraliberálního typu byla dominujícím cílem maximalizace naší energetické nezávislosti a dosažení dlouhodobé spolehlivosti dodávek. Co nejvyšší nezávislost na cizích zdrojích, a to zejména při výrobě elektřiny, zeslabí hrozivě vypadající problémy jako pád ruské firmy Jukos, či sdělení Norska, že export plynu ze Severního moře skončí nejpozději v roce 2020. Ceny ropy, které otřásají světovou ekonomikou, mohou nepříjemně zvýšit ceny pohonných hmot, ale s cenou elektrické energie výrazně nepohnou. Energetické souvislosti politických nestabilit ve světě, vývoj importních cen paliv i pokles vlastního evropského energetického potenciálu jsou správnými podpůrnými argumenty pro vládou přijatou variantu energetické strategie.



Obr. I.18. *Výroba elektrické energie v České republice nejen trvale pokrývá spotřebu, ale je i významnou vývozní komoditou (Zdroj: MPO, 2003)*

Odmítnutí neuvážené a rychlé privatizace elektroenergetiky a namísto toho dokončení integrace s většinou rozvodných společností je krokem napravujícím katastrofickou atomizaci českého trhu z devadesátých let. Pouze společnost se silným zázemím stabilních zákazníků může udržet kvalitní výrobní základnu včetně dnes nejefektivnějších zdrojů – jaderných elektráren. Tak se chovají Francouzi se svou EdF, Němci se společnostmi E.ON, RWE a dalšími. Tím, že dnes výrazně posílený ČEZ uspěl v tendru na distribuční společnosti v Bulharsku a Rumunsku, stává se velmi významným evropským hráčem na energetickém

trhu. Není bez zajímavosti, že Česká republika je dnes druhým největším exportérem elektřiny v Evropě a tak významně pozitivně přispívá ke zlepšování bilance našeho zahraničního obchodu.

Podpora jaderné energetiky, která se ještě před rokem mohla zdát krokem zpět, je z dnešního hlediska aktuální. Finsko staví dnes nový blok jaderné elektrárny, o obnově jaderných elektráren ve Francii není žádných pochyb, nadnárodní společnosti (např. AREVA) vyvíjejí nové typy jaderných elektráren.

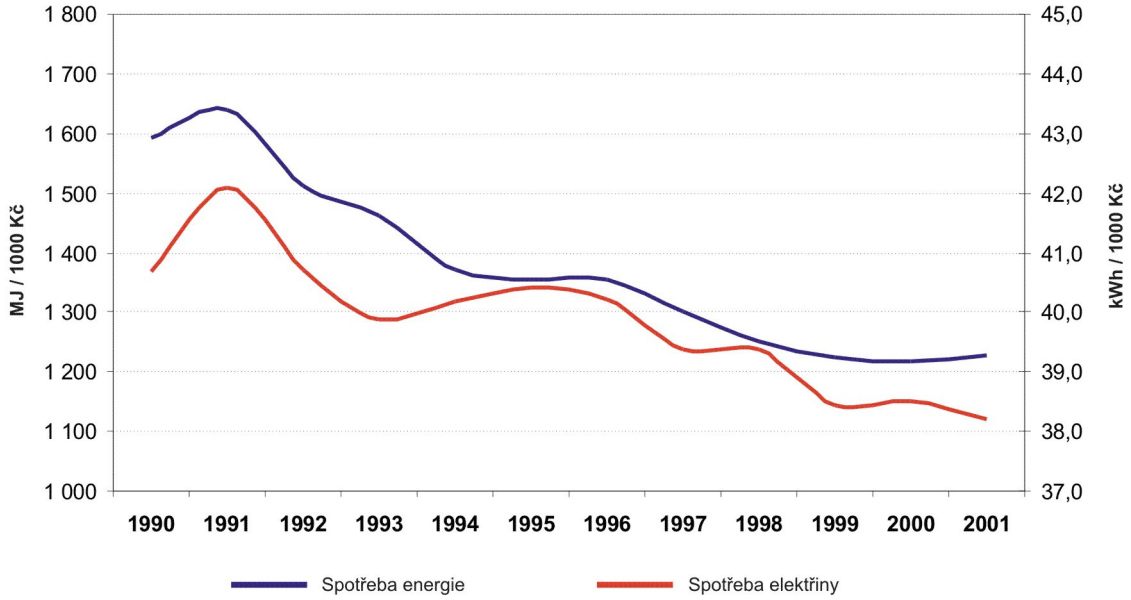
Cíle státní energetické koncepce

jsou dosažitelné a jejich splnění je pro další pokrok nezbytné. U některých z nich se jedná spíše o rychlé vyrovnání minulého chybného vývoje než o výrazný pokrok proti vyspělým státům:

1. maximalizace energetické efektivnosti při
- zhodnocování energie (energetická náročnost tvorby HDP je v ČR stále téměř dvojnásobná v porovnání se zeměmi EU),
- získávání a transformacích zdrojů energie,
- dosahování úspor,
- využívání energie s vysokou účinností,
- rozvodu energie
2. zajištění hladiny a struktury spotřeby primárních energetických zdrojů při:
- podpoře výroby energie z obnovitelných zdrojů,
- optimalizaci využívání domácích zdrojů energie,
- racionálním využívání jaderné energie,
3. zajištění šetrnosti k životnímu prostředí při:
- minimalizaci emisí poškozujících životní prostředí včetně skleníkových plynů,
- minimalizaci ekologického zatížení budoucích generací z minulých let i z dalšího vývoje.
4. Dokončení transformace a liberalizace energetického hospodářství při:
- dokončení transformačních opatření,
- minimalizaci cenové hladiny všech druhů energie,
- optimálním zálohování zdrojů energie.

Pro dosažení těchto cílů je nutné efektivně **využít standardní nástroje i vytvořit nové.**

Zvyšování energetické efektivnosti musí probíhat v širokém spektru využívání energie a energetických přeměn tj. podnikatelských subjektů, veřejného sektoru a obyvatelstva s vhodně cílenou podporou ze strany státu. Takový cíl sníží poptávku po energii a závislost na dovozu, ušetří životní prostředí a prodlouží životnost zásob uhlí. Stabilita vznikající při dokončování transformace a liberalizace energetického hospodářství pomůže vytvořit prostředí pro investice a jejich návratnost. Nově navržené nástroje specifikované ve státní energetické koncepce (například Dlouhodobý výhled energetického hospodářství do roku 2030, Indikativní koncepce obnovy a náhrady dožívajících výroben elektřiny za zdroje s vyšší energetickou účinností a příznivějším vlivem na životní prostředí, Podpora využití kombinované výroby elektřiny a tepla, Národní program hospodárného nakládání s energií a využívání jejích obnovitelných a druhotných zdrojů na roky 2006 - 2009) prakticky zahrnou průmysl, zemědělství, dopravu i komunální sféru.



Obr. I.19. *Spotřeba energie na jednotku hrubého domácího produktu se v uplynulých deseti letech vyvíjela v České republice velmi příznivě.*
Cílem SEK je dosažení hodnoty 454 MJ/1000 Kč.

Kardinálním problémem je **zajištění efektivní výše a struktury spotřeby primárních energetických zdrojů.** Při orientaci výroby elektřiny na domácí uhlí, uran a obnovitelné zdroje energie je problém dlouhodobě řešitelný. Závislost na dovozu ropy a zemního plynu je prakticky 100 % a požadavky na objem dovozu zřejmě porostou i přes podporu domácích energetických zdrojů a obnovitelných zdrojů energie. Tato skutečnost není typická jen pro ČR, ale pro celý svět a právě v ní tkví nejistoty budoucího vývoje. Při dovozu kapalných a plynných paliv nelze hovořit o spolehlivém řešení, ale pouze o zmírnění tempa růstu závislosti na dovozech. Proto akcent na růst energetické efektivnosti, podporu obnovitelných zdrojů, prodloužení životnosti domácích zásob uhlí, především hnědého (prodloužení nejméně o 40 roků je podmínkou pro investice do výstavby moderních uhelných elektráren). Krátkodobým nástrojem pro snížení rizika dodávky kapalných paliv je vytvoření a udržení strategických zásob ropy až na úroveň 90 dnů. Přesto nároky na spotřebu plynných a kapalných paliva zřejmě vzrostou ze současných 33 % a budou stále více zatěžovat dovozní energetickou závislost.

Zvolená varianta státní energetické politiky

V rámci přípravy Státní energetické politiky bylo analyzováno několik desítek scénářů a citlivostních analýz, které byly hodnoceny podle energetických, ekologických a sociálních parametrů z hlediska možného vývoje energetického hospodářství. Konečná volba preferovaného směru rozvoje se opírá o rozhodnutí:

- administrativně nevylučovat žádný zdroj primární energie,
- usilovat o nejnižší rozumně dosažitelnou dovozní energetickou náročnost s minimálními dopady na snižování zaměstnanosti,
- stavby uhelných elektráren, které po roce 2010 nahradí dožívající uhelné elektrárny,
- orientace na domácí paliva je nejodolnějším směrem vůči kolísání světových cen, s příznivými dopady na ceny elektřiny a tepla z velkých tepláren,
- využívání domácích paliv odpovídá historickým tradicím České republiky

V České republice se postupně změní struktura paliv

Hnědé uhlí bude po celé období nejvýznamnějším primárním zdrojem energie. Stále větší roli bude hrát dovozové černé uhlí. Veškerá potřeba koksu bude kryta dovozem. **Velmi** ambiciózním záměrem Státní energetické politiky je snížit na polovinu spotřebu ropy. Spotřeba zemního plynu by měla vzrůst do roku 2030 o 20%, jaderného paliva dva a půl násobně a uplatnění obnovitelných zdrojů by mělo vzrůst více než šestkrát v porovnání s rokem 2000. Očekávaný meziroční růst spotřeby elektřiny cca 1,3% je v souladu se světovou tendencí. Před uvedením dalších jaderných elektráren do provozu je nutné počítat s dovozy elektřiny kolem roku 2020. Po roce 2025 se jaderná energie stane nejvýznamnější technologií výroby elektřiny. Obnova uhelných elektráren započne v roce 2010. Do roku 2030 dojde k úplné výměně většiny výrobních kapacit na černé a hnědé uhlí i zdrojů na zemní plyn.

Vládou doporučený „Zelený scénář“ byl nejčastěji doporučován při veřejné diskuzi k návrhu Státní energetické politiky.

Protože vývoj nových poznatků a především odborná doporučení vzešlá z veřejné diskuze vyžadovaly provést úpravy původního „Zeleného scénáře“, byly tyto skutečnosti zohledněny v jeho upravené verzi s pracovním označením „Scénář zelený – U“.

Základní předpoklady nového scénáře jsou:

- zvýšení disponibility domácích energetických zdrojů – hnědého uhlí (racionální přehodnocení územně – ekologických limitů těžeb),
- růst energetické efektivnosti,
- vyšší podpora obnovitelných zdrojů
- výstavba dalších jaderných elektráren.

Předpoklady, za kterých byl scénář přijat, jsou racionálně podložené a doporučení z nich plynoucí odpovídají světovému technologickému vývoji i očekávanému vývoji. Přesto může dojít a také již dochází k dramatickému vývoji, který může přijatou variantu ohrožovat. Připravená časově specifikovaná modifikace SEK dává možnost reagovat podle okolností na změny i odchylky a včas připravená riziková analýza může v předstihu připravit nástroje k řešení krizových jevů. Z tohoto hlediska mají výstupy z přijatého scénáře omezenou platnost zejména ve výhledu na delší období. Tak je tomu ovšem u všech textů přijatých vládami průmyslově vyspělých zemí.

Záměrem přijatého dlouhodobého výhledu české energetiky je zejména:

- snižovat energetickou náročnost tvorby HDP (z 1,212 na 0,454 MJ/Kč, tj. na 37 %),
- zdokonalit všechny významné kvalitativní parametry energetického hospodářství,
- zvýšit zhodnocování spotřebované energie,
- zvýšit úspory energie,
- snížit zatěžování životního prostředí.

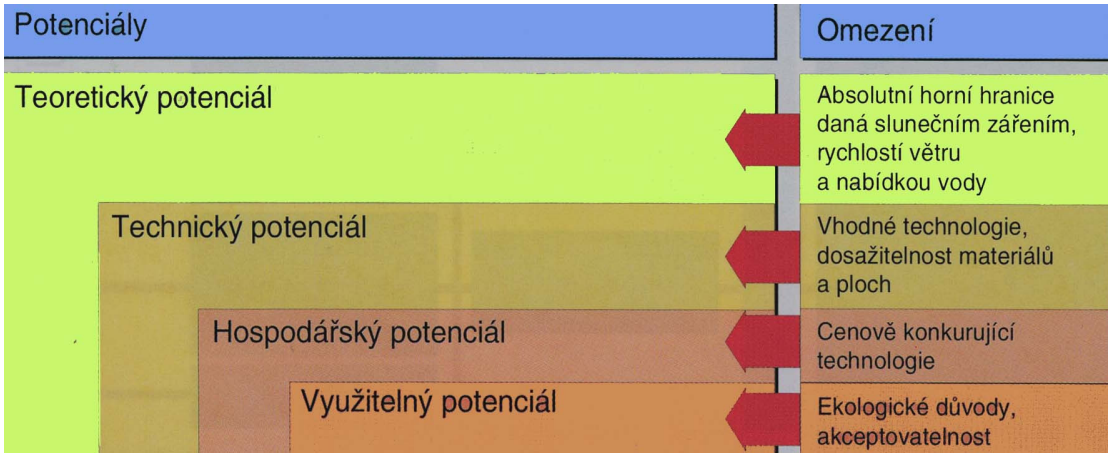
Informovanost a celospolečenské přijetí této koncepce je vkladem do budoucnosti.

Elektřina z obnovitelných zdrojů

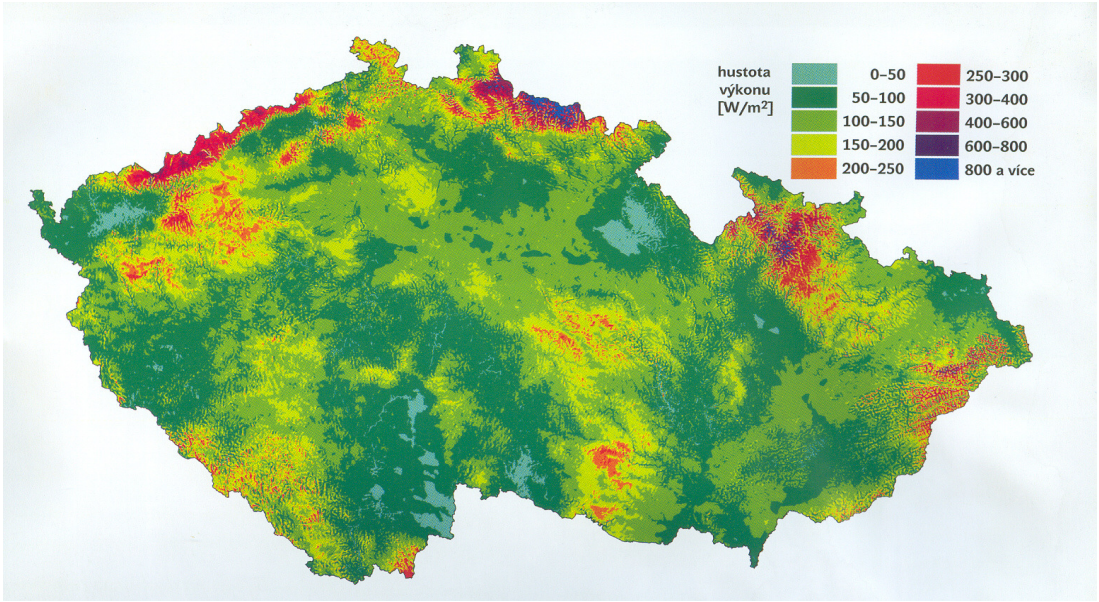
Obnovitelné zdroje energie jsou doplňkovými zdroji, které zasluhují pozornost věnovanou jejich výzkumu a vývoji. Jejich současnou nevýhodou je, že nesplňují požadavky kladené na velkou energetiku (konkurenceschopnost, vliv na životní prostředí, kontinuita výroby). Analýza možností obnovitelných zdrojů energie v Evropské unii prokazuje (Zelená kniha), že i při velmi optimistickém růstu instalovaného výkonu obnovitelných zdrojů nebudou schopné ani pokrýt přírůstky spotřeby, natož výrazně nahradit stávající fosilní a jaderné zdroje. Přesto

je nutná jejich podpora všude tam, kde jejich využitelný potenciál přispívá k energetické soběstačnosti.

Roční světový energetický potenciál obnovitelných zdrojů vyjádřený v miliardách tun měrného paliva je pro biomasu 5, vodní energii 1,5, solární energii 1,0 větrnou energii 1,0, geotermální energii 1,5, energii moře 0,5, tedy celkem 10,5 miliard tun. Uvedený teoretický potenciál je absolutní horní hranicí danou například slunečním zářením, rychlostí větru a nabídkou vodního potenciálu. Jen část z něho tvoří technický potenciál, který vymezuje tu část teoretického potenciálu, která je využitelná dostupnými technologiemi a rozlohou území, kterou lze uvolnit pro výrobu elektřiny. Další snížení plyne z konkurenceschopnosti a navíc z ekologické přijatelnosti, protože ne každý obnovitelný zdroj je vhodný z hlediska vlivu na životní prostředí a na krajinu. Pro hodnocení zdrojů energie je významný jen **využitelný potenciál**, který je výrazně nižší.



Obr. I.20. *Potenciály obnovitelných zdrojů*



Obr.I.21. *Prostorové rozložení hustoty výkonu větru (W/m^2) nad územím ČR ve výšce 40 m nad povrchem (model VAS/WAsP)*

Vesmír 84, červen 2005

Lokalitu příhodnou pro stavbu větrných elektráren vymezuje dolní mez hustoty výkonu větru, která vychází navíc z ekonomické analýzy. Německá studie z roku 1994 udávala mezní hodnotu 210 W/m^2. V současné době se bere na území České republiky za metní hodnotu průměrné roční rychlosti větru ve výšce 30 m údaj 5,2 m/s. Ke konci roku 2004 představoval instalovaný výkon všech větrných elektráren v České republice 17 160 kW. Využití větrné energie v roce dosahuje cca 1000 hodin ročně. Rozvoj byl motivován zvýšením výkupních cen elektrické energie (v letech 2002 a 2003 - 3 Kč/kWh, v roce 2004 - 2,70 Kč/kWh a v roce 2005 - 2,60 Kč/kWh. Proti větrným elektrárnám hovoří také pohled z hlediska krajinné ekologie. Umístění větrných elektráren na vrcholové partie českých severních hor je problematické. Nesouhlas obyvatel s umístěním obnovitelných zdrojů zřejmě zabrání vybudování přečerpacích elektráren i elektráren větrných. Obava z narušení životního prostředí vedla v červenci 2005 k odmítnutí větrného parku v obci Koclířov.

Větrná elektrárna s výškou stožáru 105 m a průměrem rotoru 90 m o výkonu 3 MW by vyprodukovala v Krušných horách 9 710 MWh.

Potenciál vodních toků je v ČR prakticky vyčerpán. I tak ohromné vodné dílo, jakým je vltavská kaskáda dává jen cca jedno procento spotřeby energie.

Využití obnovitelných zdrojů zcela jistě v budoucnosti poroste, zejména poté, až vyčerpávání fosilních paliv výrazně zvýší ceny energie.

Globální technický a teoretický potenciál alternativních zdrojů ve světě (EJ/rok)

Zdroj	nynější využití	technický potenciál	teoretický potenciál
Hydro elektrárny	10	50	150
Energie biomasy	50	více než 250	2900
Sluneční energie	0,2	více než 1600	3 900 000
Větrná energie	0,2	800	6 000
Geotermální energie	2	5000	140 milionů
Energie moří	-	-	7 400

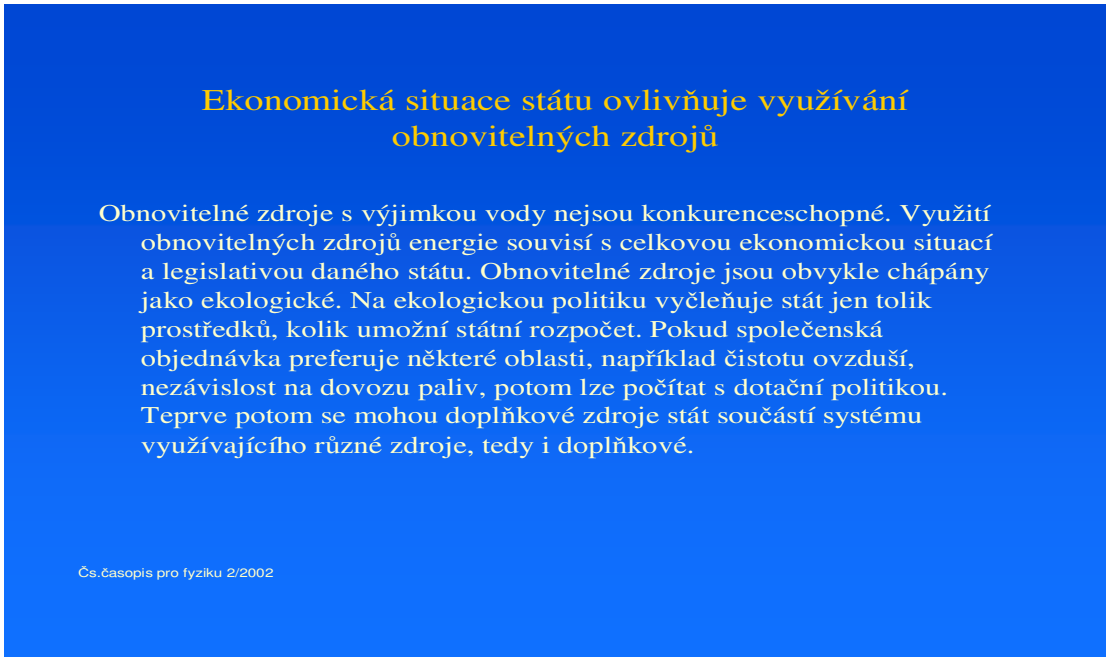
Požadavky na zdroje energie

Každý zdroj energie má své specifické vlastnosti, které určují možnosti jeho využití.Opodstatněné vyhodnocení zdrojů se proto neobejde bez vyhodnocení všech významných činitelů rozhodujících o využitelnosti pro velkou elektroenergetiku. Teprve úplným rozborem lze hodnotit zdroje energie jejich odmítnutím podle vylučujících měřítek (kritérií). Takové hodnocení ukáže, že zdrojů je sice dost, ale zdrojů přijatelných ze všech hledisek je významně méně. Výsledkem je dosti pesimistická předpověď pro energetické potřeby lidstva již z hlediska viditelné budoucnosti. Pokud jakýkoliv zdroj energie nesplňuje některý ze zásadních požadavků, nemá šanci na uplatnění.

Vylučující kritéria pro zdroje energie :

- vysoké investiční náklady,
- vysoké provozní náklady,
- vysoké externí náklady (včetně nákladů na ukončení provozu),
- technologická nezralost,
- ekologická nepřijatelnost,
- společenská nepřijatelnost,

- technologická nedostupnost,
- nedostatečné roční využití,
- nízká výkonová hustota,
- geopolitická nedostupnost a z ní plynoucí rizika,
- problémová bezpečnost a spolehlivost,
- nejistoty ve strategickém zajištění paliv,
- očekávané problémy s kvalifikací,
- vyčerpání zdroje,
- problémy s odpady,
- životnost technologie,
- geopolitické hodnocení,
- sociální aspekty.



Obr. I.22. *Hlavní podmínka pro využívání obnovitelných zdrojů*

Milníky na cestě ke spolehlivé dodávce elektřiny

Obnovitelné zdroje budou v první třetině 21. století v České republice pouze doplňkovým zdrojem, jehož výkon nepokryje ani předpokládané přírůstky požadavků na energii. Proto má-li být spolehlivá dodávka elektřiny zabezpečena pro několik nejbližších desítek roků, potom musejí výrobci elektřiny i veřejnost v České republice vyřešit dva významné problémy. Prvním z nich je výstavba nových a retrofit (rekonstrukce a modernizace) dožívajících elektráren spalujících hnědé uhlí po roce 2012 a uvedení nových jaderných zdrojů elektřiny po roce 2020 do provozu. Vedlejším problémem vynuceným nutností regulací spotřeby je výstavba plynových a přečerpacích elektráren nižšího výkonu.

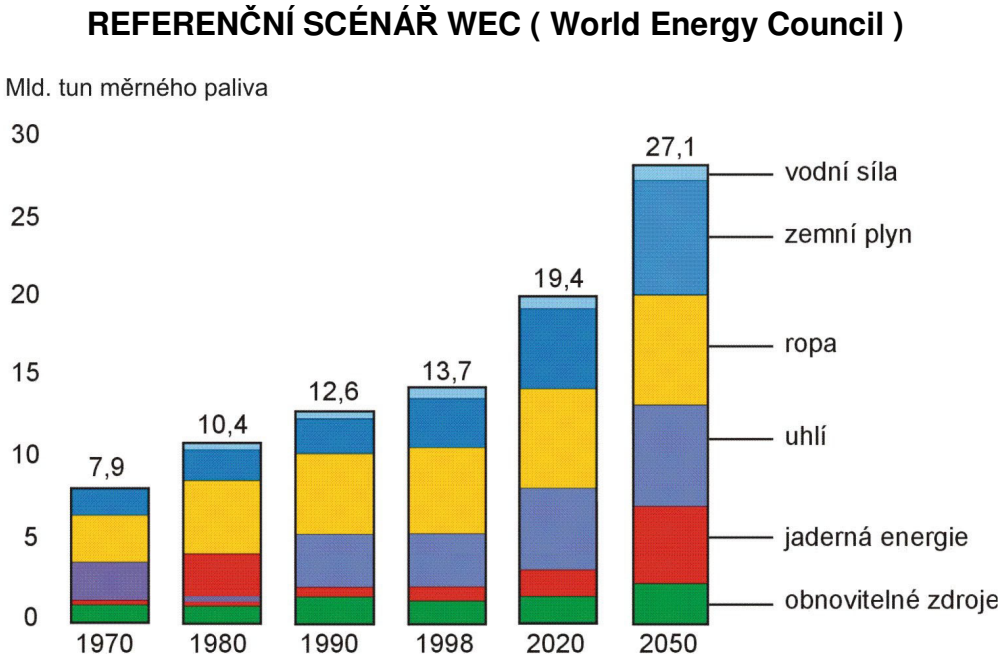
Naplňování těchto cílů musí začít neprodleně. Cena nečinnosti je odkazem, který zanecháme našim dětem.

II. Uhelné elektrárny pro Českou republiku

Fosilní paliva ve světové energetice

Uhlí, ropné produkty a zemní plyn zásobovaly lidstvo energií od vynálezu parního stroje až dodnes. Bez ohledu na problémy spojené s vyčerpáváním fosilních paliv (uhlí, ropy a zemního plynu) signalizují odhady renomovaných světových organizací pokračující využívání spalovacích technologií. Bez ohledu na ohrožení světového klimatu a také přesto, že fosilní paliva jsou cennou surovinou pro průmysl, budou podle kvalifikovaných prognóz všechna ekonomicky i technologicky dostupná paliva spálena.

Uhlí je neodmyslitelným pilířem energetického zásobování. Zdroje uhlí jsou vydatné a rezervy ve vztahu ke spotřebě představují více než 300 let, v porovnání se 40 lety pro ropu a 60 pro plyn. Od uhlí nelze ustupovat, i když emise CO_2 jsou v porovnání s jinými alternativami vysoké. S očekávaným ústupem zásobování ropou v nejbližších dekádách svět naléhavě potřebuje najít využití čistého uhlí způsobem příznivým pro životní prostředí, neboť tento zdroj je hojný a široce dostupný zvláště v rozvojových zemích. Technologický vývoj usilující o čisté uhelné technologie je zaměřen na správu CO_2. Význam nulových emisí CO_2 musí být ale vážen v porovnání s vyššími investičními náklady a sníženou účinností. Tato technologie je ale daleko od zralosti a dá se očekávat až po roce 2020.

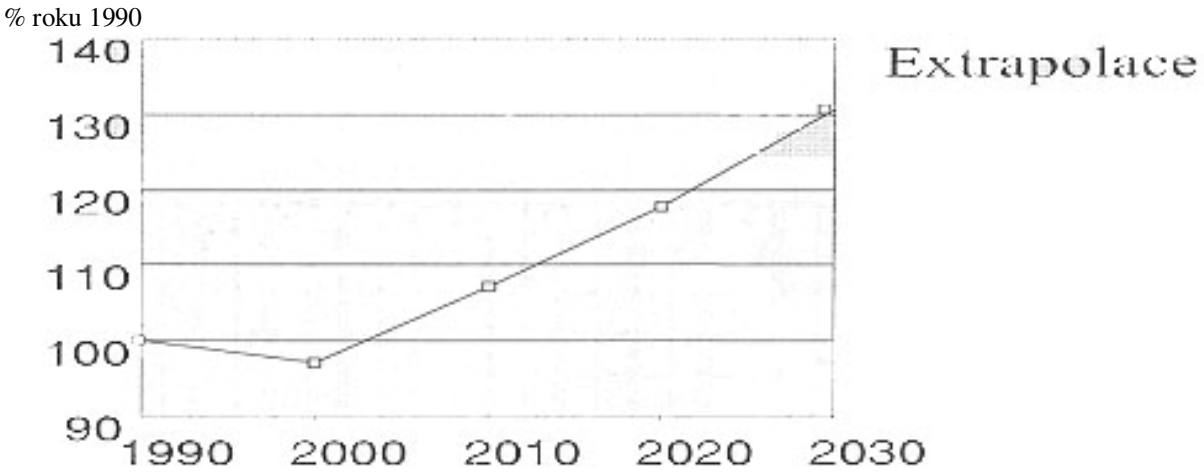


Obr. II.1. *Rozmanitá paliva budou vytvářet energetický mix v první polovině 21. století*

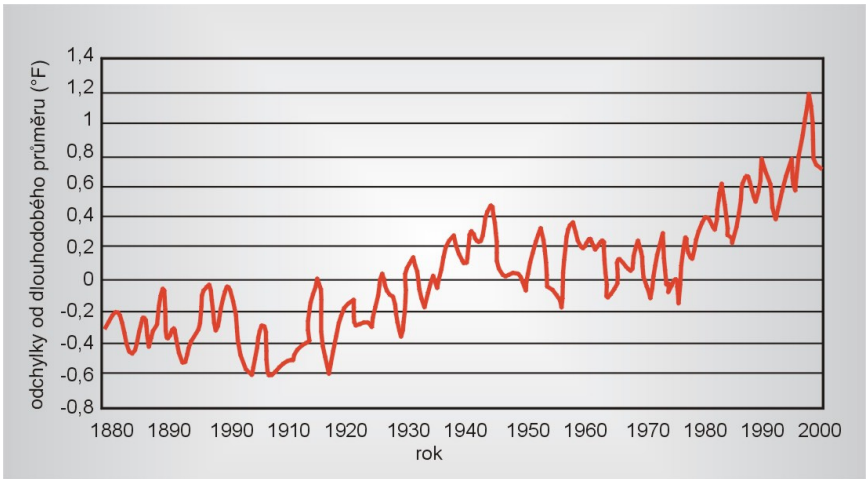
Fosilní paliva způsobují 75 % člověkem vyrobených emisí oxidu uhličitého, s možností globálního ovlivnění klimatu s významnými konsekvencemi v životním prostředí. IPCC (Mezivládní panel pro klimatické změny) varoval, že dokonce ani nepravděpodobné snižování roční produkce CO_2 o 2 % v průmyslových zemích nepovede ke stabilizaci CO_2 v nastávajících dekádách proto, že k předpokládanému zvyšování produkce dojde v rozvojových zemích. Klíčovou otázkou je, jaká změna koncentrace skleníkových plynů umožní ekosystémům adaptaci na změny klimatu.

Přes dosaženou dohodu redukovat emise na úroveň 1990 k roku 2000, více než polovina průmyslových zemí zvýšila emise z roku 1990 nejméně o 10 %. WEC varuje, že celkové zvýšení může být větší než 8 %. Nedávné studie DOE USA poukázaly, že globální emise k roku 2020 budou o 70 % nad hranicí roku 1990, se čtyř až pěti násobkem navýšení vyvolaným v rozvojových zemích. Fosilní paliva mohou vyvolat externí náklady tím, že vypouštějí NO_x, toxické polutanty a zejména skleníkové plyny (GHG), obnovitelné a jaderné zdroje jsou externími efekty zatíženy podstatně méně. V roce 1998 byl IEA (mezinárodní energetická agentura) vydán Climate Change and Nuclear Power's Future, který ilustruje vliv monetarizovaných nákladů a uhlíkové hodnoty na produkci skleníkových plynů (GHG).

Spalovací procesy jsou zdrojem emisí skleníkových plynů



Obr. II.2. *I přes mírný pokles budou emise oxidu uhlíku v evropské unii dále výrazně růst (Zdroj: Zelená kniha EU)*



Obr. II.3. *Oteplování zemské atmosféry (Zdroj: Čs. Časopis pro fyziku)*

Uhelné elektrárny mají vzhledem k ohromnému množství paliv vysoké nároky na přepravu paliva a nejvyšší externí náklady. Náklady na transport uhlí jsou několikrát vyšší než u jaderných zařízení a jsou přičítány k výrobním nákladům, které zvyšují asi o 25 až 100 %. Zásadním směrem, který může zvýšit akceptovatelnost uhelných elektráren, je zvyšování účinnosti využití energie obsažené v uhlí a vývoj čistých uhelných technologií (clean coal technologies).

Bruto účinnost elektráren spalujících černé uhlí je v Číně a v Rusku 23 %, v USA 37 %, ve světě průměrně 31 %, současný stav techniky umožňuje dosažení 47 % a potenciál ukazuje na 52 %. Proto by bylo výhodné přebudovat světový park uhelných elektráren. Náklady na výstavbu zařízení podle stavu techniky jsou nízké v porovnání s úsporami paliva. Reinvestice cyklu uhelných elektráren by snížila produkci CO_2 o 1,5 miliardy tun ročně. Přesto se jedná o změnu, která bude uskutečňována jen pozvolně.

Determinující vliv světových cen ropy

Elektroenergetika využívající uhelné zdroje nemůže opomenout postavení ropy jako politického faktoru číslo jedna. Cena ropy silně kolísá (nejen z objektivních ale i účelově vytvářených důvodů) a tím ovlivňuje celé světové hospodářství. Přesto, že cena ropy je určující i pro ceny ostatních paliv, v elektroenergetice a plynárenství spolupůsobí minoritně vedle ropy s jejími krátkodobými finančními efekty i další paliva, jejichž ceny byly donedávna relativně stabilní. V očekávání dalšího rozvoje jaderné energetiky se i cena U_3O_8 za poslední rok zdvojnásobila. Významně rostly také náklady na pořízení odpovídajících technologií.

Náhlé dramatické změny v cenách ropy mají škodlivý vliv na hospodářství. Tato zranitelnost průmyslu přímo souvisí s tím, jak

- ropa přímo ovlivňuje hospodářství,
- je systém zásobování energií schopen přejít na alternativní paliva,
- jsou tvořeny zásoby všech paliv.

Tyto souvislosti mají nadnárodní charakter, jsou ovlivněny světovou situací a změní se i tehdy, když situace v regionu není přímou příčinou změny dotčena. Snížení, ale nikoliv odstranění této hospodářské zranitelnosti lze provádět širokým rozsahem systémových opatření: zvyšováním účinnosti využívání energie, zvyšováním rezerv a užitím alternativních paliv.

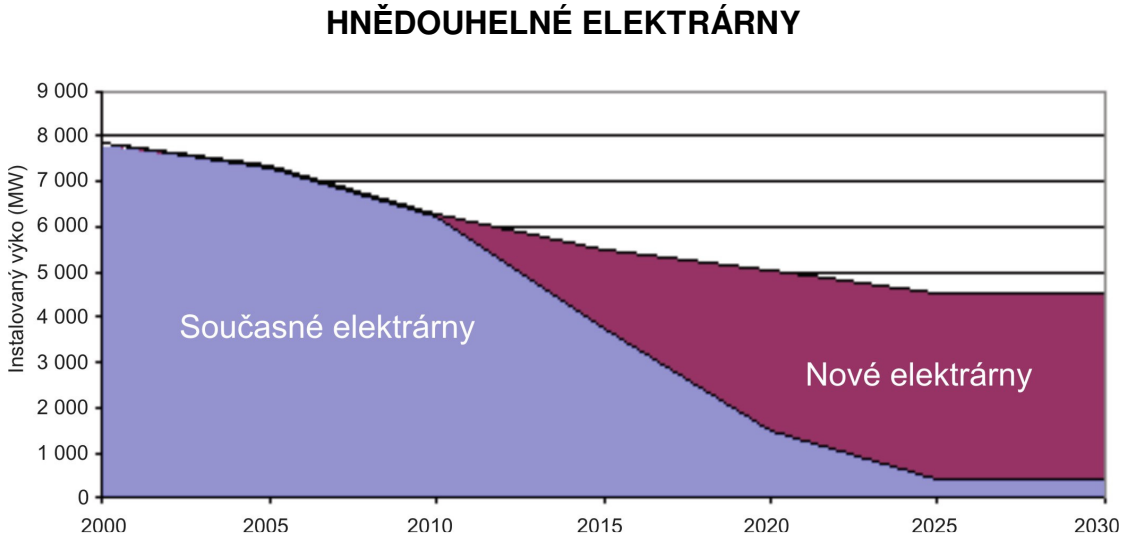
Dá se předpokládat, že hlavní importéři ropy budou stále více závislí na ropě ze Zálivu. Nelze vyloučit ošklivá překvapení s vážnými důsledky pro ropné trhy jako významné výpadky dodávek a výskyt cenových špiček nebo posunu cenové hladiny směrem vzhůru. To by mělo být výchozím bodem pro geopolitické strategie a politickou odezvu ve vztahu k ropné spolehlivosti.

Rizikem je současná evropská orientace na zemní plyn, jehož dominantním dodavatelem je Rusko, výrazně slabším dodavatelem je Norsko a UK, které mají horizont svých dodávek časově ohraničený proto, že ropa a zemní plyn v Severním moři jsou zdrojem na necelých dvacet roků, ostatní dodávky zemního plynu od dalších dodavatelů jsou nevýznamné. Po očekávaném napojování dalších spotřebitelů zemního plynu bude jeho cena zřejmě trvale růst a to rychleji, než bude odpovídat růstu ceny ropy. U zemního plynu je nutné hovořit o zajatých zákaznících - celých státech, dnes opouštějících ostatní primární zdroje energie, ke kterým se ale v dalším vývoji budou zřejmě nuceny vracet.

Fosilní paliva v ČR pro první polovinu 21. století

Hnědé uhlí bude po celé období nejvýznamnějším primárním zdrojem energie. Záměrem Státní energetické politiky je snížit na polovinu spotřebu ropy. Spotřeba zemního plynu by měla vzrůst do roku 2030 o 20 %, jaderného paliva dva a půl násobně a uplatnění obnovitelných zdrojů by mělo vzrůst více než šestkrát v porovnání s rokem 2000. Očekávaný meziroční růst spotřeby elektřiny cca 1,3 % je v souladu se světovou tendencí. Obnova uhelných elektráren započne v roce 2010. Do roku 2030 dojde k úplné výměně většiny výrobních kapacit na černé a hnědé uhlí i zdrojů na zemní plyn. Dovozy energie a paliv budou

stále výrazněji převyšovat vývozy. Dovozní energetická náročnost České republiky vzroste v následujících třiceti letech téměř dvojnásobně. Plná závislost na zemním plynu, ropě a jaderném palivu se rozšíří o vysokou závislost na černém uhlí.



Obr. II.4. *Předpokládaná skladba výkonu elektráren spalujících české hnědé uhlí (Zdroj: MPO, 2003)*

Budoucnost uhlí jako paliva pro českou elektroenergetiku

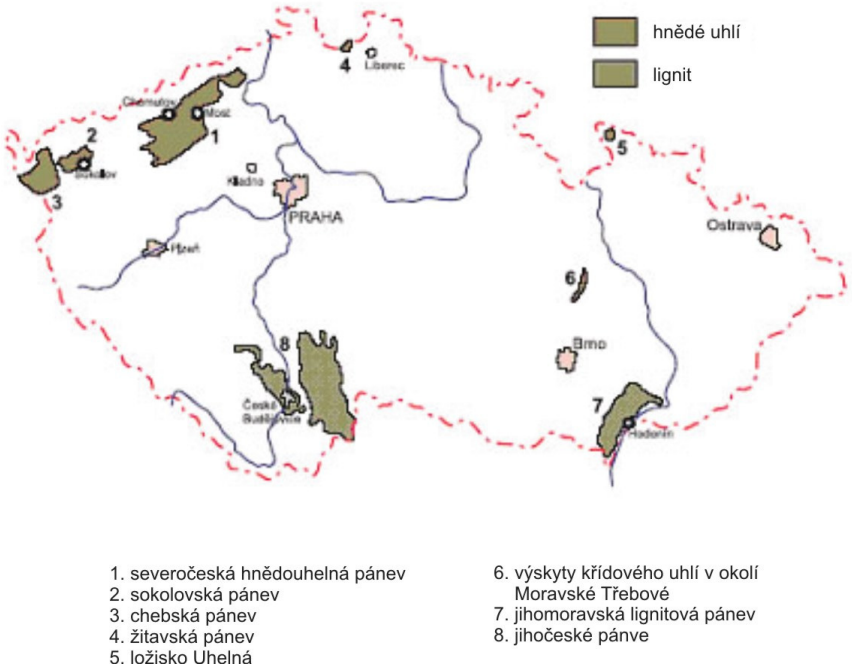
V ČR jsou ložiska **černého uhlí** využívána jak v energetice, tak v koksárenství. Těžba pokračuje už jen v hornoslezské pánvi. Odhadovaná životnost domácích zásob při současné výši těžby je cca 80 let. Ostatní významné dosud nevyužívané domácí zdroje jsou z hlediska těžby charakteristické nepříznivými geologicko-technickými podmínkami jako hloubkou uložení, průtržemi plynů apod. Prozkoumané zásoby černého uhlí leží v okolí Frenštátu pod Radhoštěm s hloubkou uložení slojí cca 1 km. Jejich eventuální těžební otvírka je však limitována existencí CHKO Beskydy, nevyjasněnými ekonomickými podmínkami její realizace i finančními možnostmi OKD jako potenciálního investora. Zatím se s využitím těchto zásob nepočítá. Efektivní využití uhelných zásob v slánské a mělnické pánvi by se zřejmě dostalo do neřešitelných střetů zejména s vodohospodářskými zájmy a se zájmy ochrany životního prostředí. V případě slánské pánve přistupují i složité báňsko-technické podmínky, které vedly k likvidaci otvírkových báňských děl u Slaného v roce 1992. **Ekonomika volného trhu bude pravděpodobně inklinovat k dovozům levnějšího černého uhlí ze zahraničí.**

Hnědé uhlí a lignit.

Pro další využívání hnědého uhlí jsou zásadní otázky objemu zásob domácích zdrojů, s tím související otázky územně ekologických limitů (ÚEL), přijatelnost závislosti ČR na dovozu primárních energetických zdrojů (PEZ), ochrana životního prostředí, regionální zaměstnanost a spolehlivost dodávek energetických zdrojů pro výrobu elektrické energie. Otazník nad velikostí využitelných zásob hnědého uhlí vytvořilo usnesení vlády ČR č. 444/1991, které limitovalo rozsah těžby vymezením oblastí, ve kterých lze uhelnou substanci těžit.

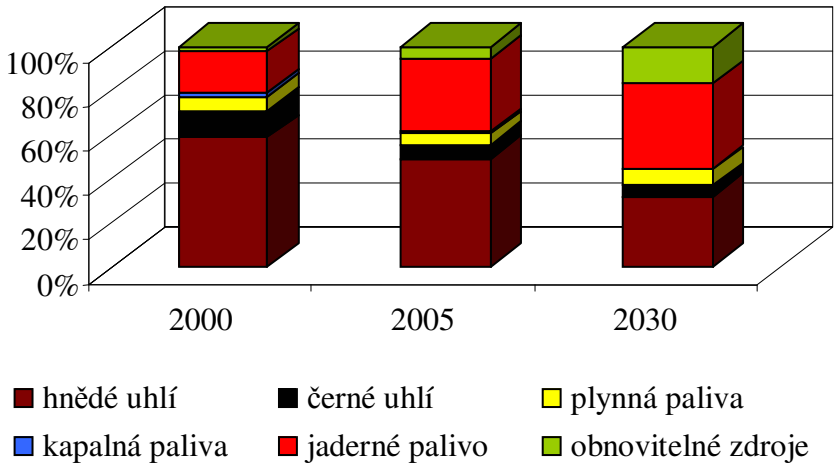
Průmyslově využít lze pouze hnědouhelné pánve při severozápadní hranici ČR se SRN v případě hnědého uhlí. U lignitu se jedná prakticky pouze o jihomoravskou lignitovou pánev poblíž Hodonína, jejíž příspěvek pro elektrizační soustavu je cca 1 %. Její význam se omezuje

na místní zdroj tepla. Roční těžba Lignitu Hodonín, s.r.o. je cca 0,5 mil. tun. Zajišťuje je poslední provozovaný důl Důl Mír v Mikulčicích, jehož budoucnost je z dnešního pohledu velmi neurčitá. Uzavřením a likvidací tohoto dolu bude ukončena těžba lignitu v regionu. Rozložení hnědouhelných a lignitových ložisek na území ČR ukazuje mapka na obrázku.



Obr. II.5. *Hnědé uhlí je stále hlavním zdrojem pro výrobu elektrické energie v ČR (cca 42 %).*

PODÍLY NA VÝROBĚ ELEKTŘINY A JEJICH OČEKÁVANÝ VÝVOJ



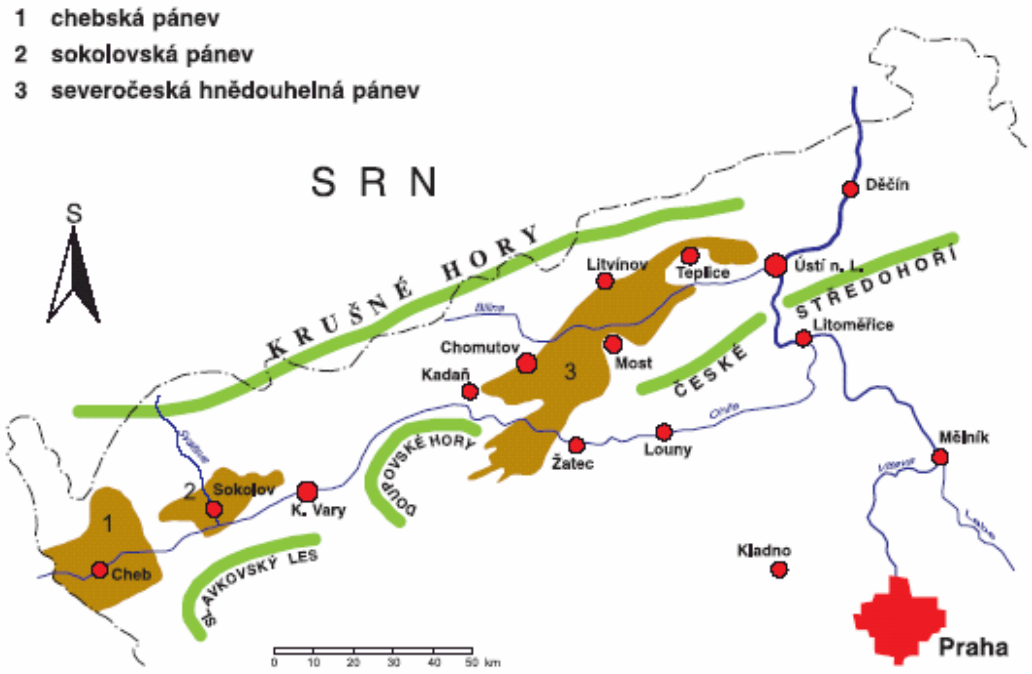
(Zdroj: MPO 2003)

V následující tabulce je uvedena odhadovaná životnost zásob hnědého uhlí, jejichž vydobytí je dnes povoleno v rámci platných územních ekologických limitů (ÚEL) a za ÚEL.

společnost	Lokalita	činné lokality				rezervní lokality		postprognózní lokality	
		vytěžitelné zás. v ÚEL (mil. tun)	odhadované ukončení provozu	vytěžitelné zás. za ÚEL (mil. tun)	Odhadované ukončení provozu	vytěžitelné zás. za ÚEL (mil. tun)	Odhadova-ná doba provozu	vytěžitelné zás. za ÚEL (mil. tun)	Odhadova-né ukončení provozu
SD, a. s.	Libouš	329	2038	-	-	-	-	-	-
	Bílina	249	2033	120	2052	-	-	-	-
	Podlesice – Veliká Ves	-	-	-	-	124	31	-	-
	Zahořany	-	-	-	-	164	33	-	-
MUS, a. s.	Vršany+J. Šverma	335	2048	-	-	-	-	-	-
	ČSA I. a II. Etapa	72	2018	264	2062	-	-	-	-
	ČSA III. a IV. Etapa	-	-	-	-	-	-	486	2123
	Bylany	-	-	-	-	163	33	-	-
SU, a. s.	Jiří	159	2025	-	-	-	-	-	-
	Družba	83	2039	-	-	-	-	-	-

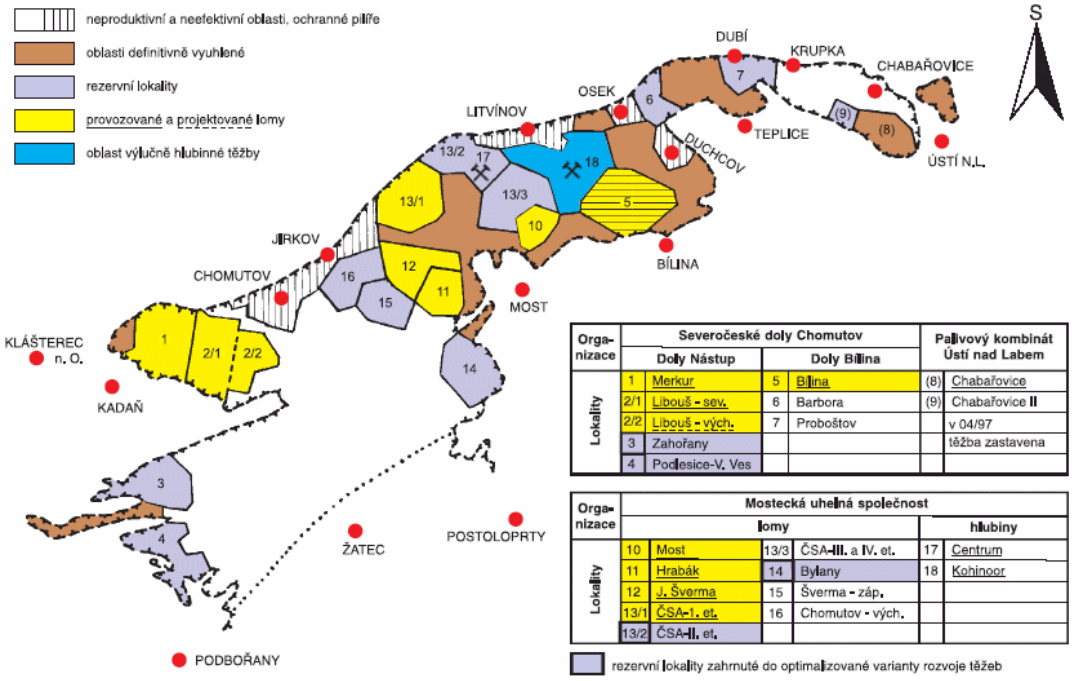
Vytěžitelné zásoby jsou uváděny k 1. 1. 2003 resp. k 1. 1. 2005 u SD, a. s., a nejsou zde uvedeny hlubinné doly, které ukončí těžbu během roku 2005.

Z dlouhodobého pohledu mají tedy praktický význam pouze hnědouhelné pánve situované v podkrušnohorském úvalu severozápadních Čech.



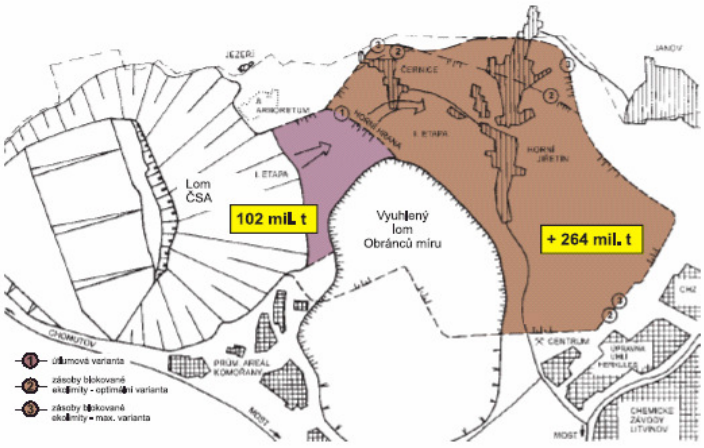
Obr. II.6. *České hnědouhelné pánve*

Zejména z hlediska ochrany františkolázeňských termálních pramenů se o využití zhruba 1 mld. tun geologických zásob chebského ložiska hnědého uhlí ani v dlouhodobé perspektivě neuvažuje. Ve dvou stávajících hnědouhelných pánvích se těží uhlí průmyslovým způsobem více než 150 let. Současnou situaci severočeského hnědouhelného revíru zachycuje schematická mapka na obrázku.



Obr. II.7. *Současná situace severočeského hnědouhelného revíru (Zdroj: Severočeské doly)*

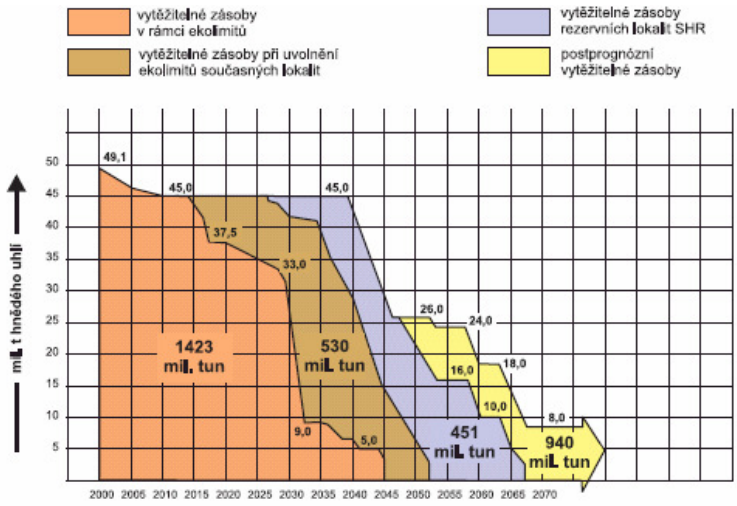
Představu o tom, jak vládní usnesení o územně ekologických limitech z roku 1991 omezuje těžbu, vytváří schematická mapka možného postupu porubních front velkolomu ČSA, MUS, a.s., centrální část severočeské hnědouhelné pánve. V rámci ÚEL bylo na tomto lomu ke konci roku 1997 k dispozici již jen 102 mil. tun vytěžitelných zásob. Za hranicí územně ekologických limitů zůstává usnesením české vlády z roku 1991 vázáno v dobývacím prostoru 392 mil. tun geologických zásob, z toho 264 mil. tun reálně vytěžitelných. Situaci zachycuje obrázek.



Obr. II.8. *Představa o územních ekologických limitech*

Navíc postup lomu ČSA do prostoru za hranici ÚEL by umožnil v daleké budoucnosti (po roce 2050) i vytěžení centrální části severočeské pánve s 940 mil. tun hnědouhelných zásob. Nelze již počítat se 100 mil. tun kvalitního nízkosirnatého uhlí z lomu Chabařovice, který byl již v březnu roku 1997 zastaven a jeho zbytková jáma je zaplavována.

Výhledově se tedy může jednat o eventuelní otvírku tří lokalit situovaných vně ÚEL v severočeské hnědouhelné pánvi (SHP), tzv. „na zelené louce“, tj. lokalit Bylany (v zájmové těžební oblasti MUS, a.s.), Podlesice -Veliká Ves a Zahořany (zájmová oblast SD, a.s.), v souhrnu s cca 451 mil. tun hnědouhelných zásob. Pouze tyto tři lokality totiž doporučila Studie sektoru uhlí k možné perspektivní těžbě z celkového počtu devíti rezervních (výhledových) lokalit, vybraných do dlouhodobé perspektivy ještě v roce 1990. Do vytěžitelných zásob lze navíc ve velmi dlouhodobé perspektivě zahrnout i necelou 1 mld. tun hnědouhelných zásob v prostoru centrální části revíru dalším postupem velkolomu ČSA a zvýšit tak vytěžitelné zásoby jen v SHP až na 3 mld. tun. Tyto alternativní možnosti využití zásob hnědého uhlí v ČR ukazuje graf.



Zdroj grafů: Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s., Most

Obr. II.9. *Alternativní možnosti využití zásob hnědého uhlí v ČR*

Rozhodnutí o případné revizi ÚEL závisí na řadě aspektů:

1) **zásoby**
   a) výhody:
      - jsou dobře prozkoumané a v dostatečném množství pro potřebnou obnovu klasických zdrojů výroby elektřiny
      - hnědé uhlí je prakticky jediná komodita, která může plně pokrýt domácí potřeby elektroenergetiky
   b) nevýhody:
      - velká část je vázána ÚEL

2) **dopad na ekonomiku ČR**
   a) výhody:
      - hnědé uhlí je jediným surovinovým zdrojem, který nezatěžuje negativně saldo zahraničního obchodu
      - hnědé uhlí nepodléhá cenovým výkyvům, které známe u ropy a zemního plynu (oboje podléhá vývoji cen ropy na světových trzích)

b) nevýhody:
   - jako zdroj emisí skleníkových plynů musí být jeho spotřeba kryta povolenkami

3) dopad na životní prostředí

a) výhody:
   - použitím nových technologií spalování CCT (čisté uhelné technologie) dochází k minimalizaci zatěžování životního prostředí emisemi

b) nevýhody:
   - přes veškerá technická a technologická opatření je zdrojem hluku, prachu, emisí

4) bezpečnost dodávek

a) výhody:
   - doprava uhlí prakticky neznamená žádné nebezpečí
   - nepochází z politicky nestabilních oblastí (na rozdíl od ropy a zemního plynu)

5) dostupnost zásob

a) výhody:
   - zásoby domácího hnědého uhlí jsou ověřené a skýtají dostatečnou podporu místním elektrárnám

b) nevýhody:
   - blokované významné množství zásob za ÚEL

6) dopad na regionální zaměstnanost

a) výhody:
   - podle zahraničních zdrojů připadá na jednoho člověka zaměstnaného v řetězci těžba – výroba elektřiny z uhlí, pět lidí v navazujících profesích (služby)

b) nevýhody:
   - dnes již nelze říci, že s tímto odvětvím je spojena nízká kvalifikace lidí

Při komplexním hodnocení významu hnědého uhlí pro budoucnost energetiky je nezbytné posoudit proces, kterým se uhlí dostane z ložiska až ke zdroji spotřeby. Tento proces je nazýván energetickým řetězcem a má tři základní fáze:

1. těžba
2. doprava ke spotřebiteli
3. vlastní spotřeba (spálení a likvidace vzniklých odpadů)

Fáze 1. - těžba uhlí

Nejdříve musí být odtěžena veškerá zemina (hornina), která uhelnou sloj přikrývá. Tady je nutné rozdělit odtěžení hmot kategorie zúrodnitelných zemin (ornice, spraše), které musí být odtěženy a deponovány selektivně, a ostatní horniny. Zúrodnitelné zeminy jsou odtěženy v předstihu před postupem lomu zpravidla diskontinuální technologií (dozer, lopatová rypadla + nákladní automobily).

rypadlo K 10.000
teoretický výkon 10.000 m^3/hod.
váha 6.000 tun

II.10. *Rypadlo*

rypadlo KU 800
teoretický výkon 6.500 m^3/hod.
váha 4.500 tun

II. 11. *Rypadlo*

Uhlí od rypadla putuje po dálkové pasové dopravě, buď přímo ke spotřebiteli, nebo v častějším případě na skládku. Na této trase, nebo v úpravně je uhlí upraveno dle potřeb zákazníka (drcení uhlí, odstranění nežádoucích příměsí, třídění podle druhů, případně další úprava dle požadavků zákazníka – aditivace). Potom je uhlí naloženo nejčastěji do vagónů, méně často na nákladní auta, případně u místních elektráren po pasech.

Obr.II.12. *Skládkový stroj KSS 4.000/3.500*

Ochrana životního prostředí

Ochrana životního prostředí je jednou z významných priorit a náklady na ochranu životního prostředí každoročně dosahují značných částek. Minimalizaci dopadů na životní prostředí můžeme charakterizovat jako snahu o:

- minimalizaci negativních vlivů těžby a zpracování uhlí na životní prostředí
- maximálně rychlé napravení negativních vlivů, pokud již k nim došlo

Prvním stupněm, kde se rozhoduje o vlivu na životní prostředí je báňské řešení. V něm se určuje postup lomu a rozhoduje o záborech pozemků a narušení vodního režimu, o ukládání skrývkových zemin na výsypky a o založení a době provozu vnějších výsypek. Snaha je vždy co nejvíce a co nejdříve uložit maximum těchto zemin do vyrubaných prostor.

V báňském řešení se také rozhoduje o tom, jak budou úrodné a zúrodnění schopné zeminy těženy a kam budou ukládány, aby se co nejvíce usnadnilo jejich pozdější využití. Určuje se tvar výsypek i zbytkové jámy a rozhoduje se tedy v hlavních rysech o budoucím uspořádání krajiny. Určuje se technologické vybavení a rozhoduje se také o tom, jaké budou náklady na budoucí technické rekultivace. Báňské řešení je zpracováno až do skončení životnosti dolu.

Ochrana ovzduší

Prašnost na dolech vzniká při těžbě uhlí i skrývky a při jejich dopravě. V praxi se v dolech prašnost snižuje:

- budováním bezprašných komunikací a skrápěním prašných komunikací
- krytováním přesypů na pasové dopravě
- instalováním mokrých hladinových odlučovačů a parních skrápěčů při úpravě uhlí
- zachycováním prachových částic při úpravě uhlí vodní mlhou se smáčedlem
- použitím průmyslových vysavačů

Opatření ke snížení plynných emisí jsou dvojího druhu:

První jsou zaměřena na vlastní provozy a k nim patří zejména opatření k zamezení a eventuelní likvidaci zápar a ohňů. Dodržování přísných zásad a opatření k zamezení zápar a ohňů patří k základním povinnostem při těžbě stejně tak, jako včasné provádění preventivních opatření, mezi něž patří zejména uzavírání nafáraných důlních hlubinných děl tak, aby se čelilo oxidaci a výronům důlních plynů a dále převrstvování uhelné substance v místech náchylných k samovznícení inertními materiály.

Druhá část opatření je obrácena ke spotřebitelům a spočívá v nabídce tříděného i energetického uhlí s malým obsahem síry a paliva aditivovaného vápenným hydrátem. Tato opatření umožňují za určitých předpokladů provoz spalovacích zařízení bez nákladných odsiřovacích zařízení. Pro objektivní a nezávislé monitorování prašnosti v okolí lomů je provozován monitoring prašnosti ve vztahu k obcím metodou kontinuálního měření s dálkovým přenosem dat. Monitoring provozuje akreditovaná laboratoř měření prašnosti a jeho výsledky, formou protokolu, jsou dotčeným obcím měsíčně předávány.

Ochrana vod

Režim ochrany vod je odvislý od toho, zda se jedná o vody důlní nebo odpadní. Důlní vody, tzn. takové, které do dolu vcházejí a jsou z něho odváděny zpravidla čerpáním, mají často kolísající nízkou hodnotu pH, unášejí s sebou nerozpustné látky a mají také obvykle zvýšený obsah kovů. Prvním opatřením je oddělení povrchových vod, aby se objem důlních vod snížil na minimum. Vlastní úprava důlních vod se řeší nejprve v sedimentačních jímkách a následně pak v čistírnách důlních vod, které pracují oxidačně-neutralizačním způsobem. Zejména se odstraňuje železo, mangan a nerozpustné látky.

Průmyslové odpadní vody vznikají v provozech, např. při mytí technologie, aut a pomocné mechanizace. Pro jejich zneškodňování byla vybudována řada čistíren pracujících většinou jako recirkulační. Splaškové odpadní vody z různých sociálních zařízení jsou čištěny v mechanicko-biologických čistírnách pracujících s vysokou účinností a spolehlivostí.

Odpadové hospodářství

Základním cílem je omezit vznik odpadů, především nebezpečných, na minimum. Pokud již odpad vnikne je organizován jeho sběr, třídění, úprava, využívání, recyklace a konečné zneškodnění dále nevyužitelného odpadu, podle jeho charakteru, spalováním a skládkováním.

Upravené a certifikované produkty po spalování jsou na dolech využívány např. k rekultivačním účelům nebo jako stabilizující prvek při stavbě výsypek.

Na dolech jsou provozovány mobilní drtiče stavebních odpadů, produkty jsou využívány pro vnitřní potřebu dolů (stavba provozních cest a drenážních systémů).

Na některých lokalitách byly na vnitřních výsypkách vybudovány skládky. Jde o řízené, plně zabezpečené skládky na kterých je možné ukládat odpady zařazené do skupin inertní odpad, ostatní odpad a dokonce nebezpečný odpad.

Hluk

Zdrojem hluku na dolech je velkostrojová technika a doplňková mechanizace. Pro šíření hluku je rozhodující vzdálenost zdroje a tvar terénu. Nejúčinnější je snižovat hluk přímo na zdrojích, což je někdy technicky velmi obtížné. V praxi se realizují zejména tato opatření:

- použití vyvážených válečků u pasové dopravy
- použití kvalitnějších, méně hlučných převodovek
- zakrytování pohonů pasových dopravníků
- zabudování protihlukových clon u některých pohonů a středních dílů pasové dopravy
- v předstihu se budují ochranné zemní valy a lesní pásy

Monitoring hluku ve všech obcích, které jsou dotčeny provozem dolů, je pravidelně měsíčně prováděn nezávislou akreditovanou laboratoří měření hluku a výsledky jsou rovněž předávány v měsíčních intervalech dotčeným obcím. Vlastního měření se pochopitelně mohou, v případě zájmu, zástupci obcí zúčastnit.

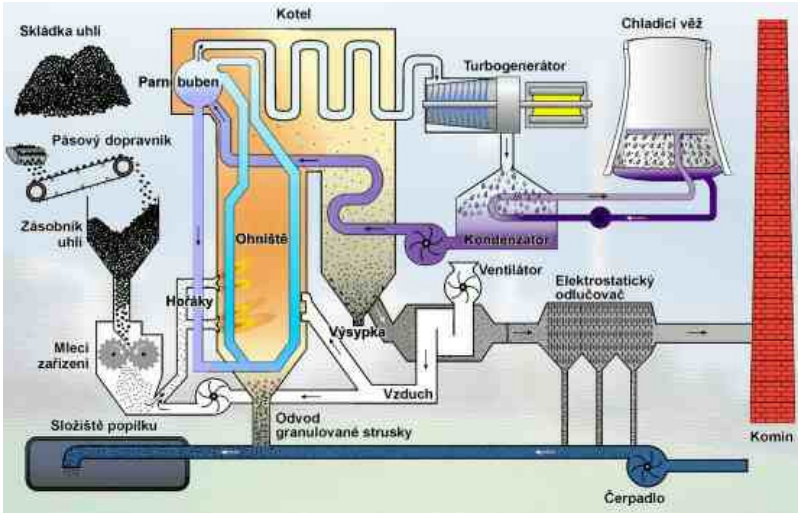
Fáze 2. – doprava uhlí ke zdroji spotřeby

Hnědé uhlí je zákazníkům v ČR dodáváno třemi dopravními cestami. Dálkovou pasovou dopravou, železničními vagóny a nákladními automobily. Doprava uhlí ve své podstatě neznamená žádnou další zátěž pro životní prostředí, než kterou je vlastní doprava. Navíc neexistuje nebezpečí spojené s dopravou zemního plynu, nebo ropy, kdy dojde ke změně politické situace v některé oblasti těžby nebo transportu, a dodávka bude přerušena. Není tak náchylná teroristickým útokům, které jsou opět zaměřeny zejména na produktovody (ropovod, plynovod).

Fáze 3. – vlastní spotřeba

Uhelné elektrárny

V uhelných elektrárnách se získává elektrická energie spalováním uhlí. Výroba elektrické energie v moderních elektrárnách je složitý technologický proces, na jehož konci je nejen elektrická energie, ale i produkty vzniklé spalováním uhlí, které se podílejí na znečišťování ovzduší. Jejich odstraňování je důležitým úkolem. Další cestou ke zvýšení účinnosti uhelných elektráren a současně ke snížení škodlivin je využití nejmodernějších zařízení a technologických postupů.



Obr. II.13. *Schema uhelné elektrárny (Zdroj: Encyklopedie energie, ČEZ)*

V uhelných elektrárnách se spalováním uhlí získává tepelná energie, která se předává vodě. Vyvíjí se pára, ta pohání parní turbínu a přes alternátor je vyráběna elektřina. Na stejném principu pracují vedle uhelných elektráren i elektrárny spalující mazut nebo zemní plyn.

Klasické tepelné elektrárny se v zásadě dělí na dva typy, na elektrárny kondenzační a na teplárny. Kondenzační elektrárny slouží pouze k výrobě elektrické energie. To znamená, že veškerá pára přivedená do turbíny po vykonání práce zkondenzuje na vodu v kondenzátoru. Teplárny na rozdíl od kondenzačních elektráren dodávají kromě elektrické energie i energii tepelnou na vytápění, ohřev vody apod. Výhodou tepláren je vyšší hospodárnost, nevýhodou naproti tomu je skutečnost, že elektrický výkon závisí na okamžitém množství páry odebírané tepelnými spotřebiči. Právě proto se teplárny nikdy nestaly základními výrobnami elektřiny pro energetické systémy. Jejich další nevýhodou je skutečnost, že je lze budovat pouze v místech koncentrovanější spotřeby tepla, což bývá zejména ve větších městských či průmyslových aglomeracích

Emise

Emise škodlivin představují vypouštění znečišťujících látek ze zdroje do ovzduší. Škodliviny anorganického a organického původu unikají téměř při všech průmyslových výrobách.

Emise znečišťujících látek při provozu elektráren

	kg CO_2	kg SO_2	kg NO_2	kg CO	kg popela	kg popílku
Při spálení 1 toe uhlí vzniká	4 800	6	11	4,5-20	220	1,4
Při spálení 1 toe topného oleje vzniká	3 100	20	6	6-30	0	0
Při spálení 1 toe zemního plynu (1120 m^3) vzniká	2 300	téměř 0	4	0,5-3	0	0
Štěpení uranu	0	0	0	0	0	0

1 tuna olejového ekvivalentu (toe) = 1,48 tuny měrného paliva (tmp)

Emise a imise

Uhelné elektrárny produkují zejména oxid uhličitý, siřičitý, oxidy dusíku a oxidy některých aromatických uhlovodíků. Práškovým spalováním dochází ke tvorbě značného množství popílku. Všechny tyto látky, které jsou vypouštěné ze zdroje, nazýváme emisemi.

Imise jsou přízemní koncentrace stejných látek (přibližně do výše 1,8 m). Do prostředí se dostávají někdy i ze vzdálených zdrojů znečištění ovzduší. Pro hodnocení a zdraví lidí jsou rozhodující imise. Vysoké komíny elektráren sníží tedy imisi škodlivých látek ve svém okolí, ale celková emise škodlivin zůstává nezměněna. Pouze dojde k rozptýlení kouřových plynů s obsahem oxidů a popílku na větší území, často přesahující i hranice států. Na druhou stranu za špatné životní prostředí nemohou jen škodliviny pocházející z velkých elektráren, ale spolu s nimi, a to více než z poloviny, se na něm podílejí lokální topeniště, automobily, chemický průmysl atd. Proces spalování v elektrárnách je, na rozdíl od vytápění domácností, přesně regulován.

Odstranění oxidů síry

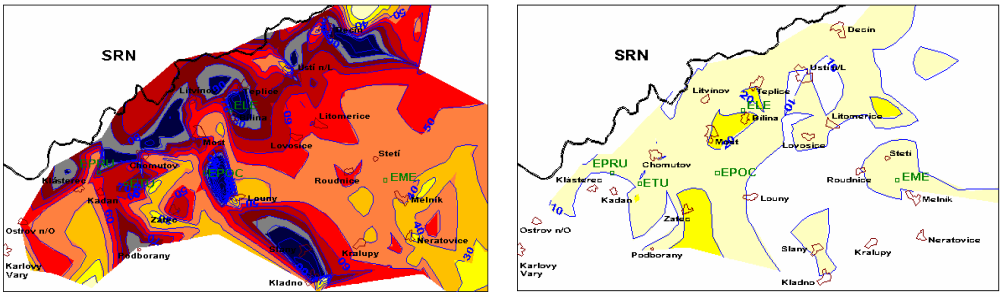
Mezi nejškodlivější látky, které se mohou dostat spalinami do vzduchu, patří oxidy síry. Síra se v uhlí vyskytuje ve dvou formách: z menší části v anorganických sloučeninách (pyrity, sirníky), z větší části ve formě organických sloučenin. Právě organické látky obsahující síru se při spalování oxidují na oxid siřičitý SO_2.

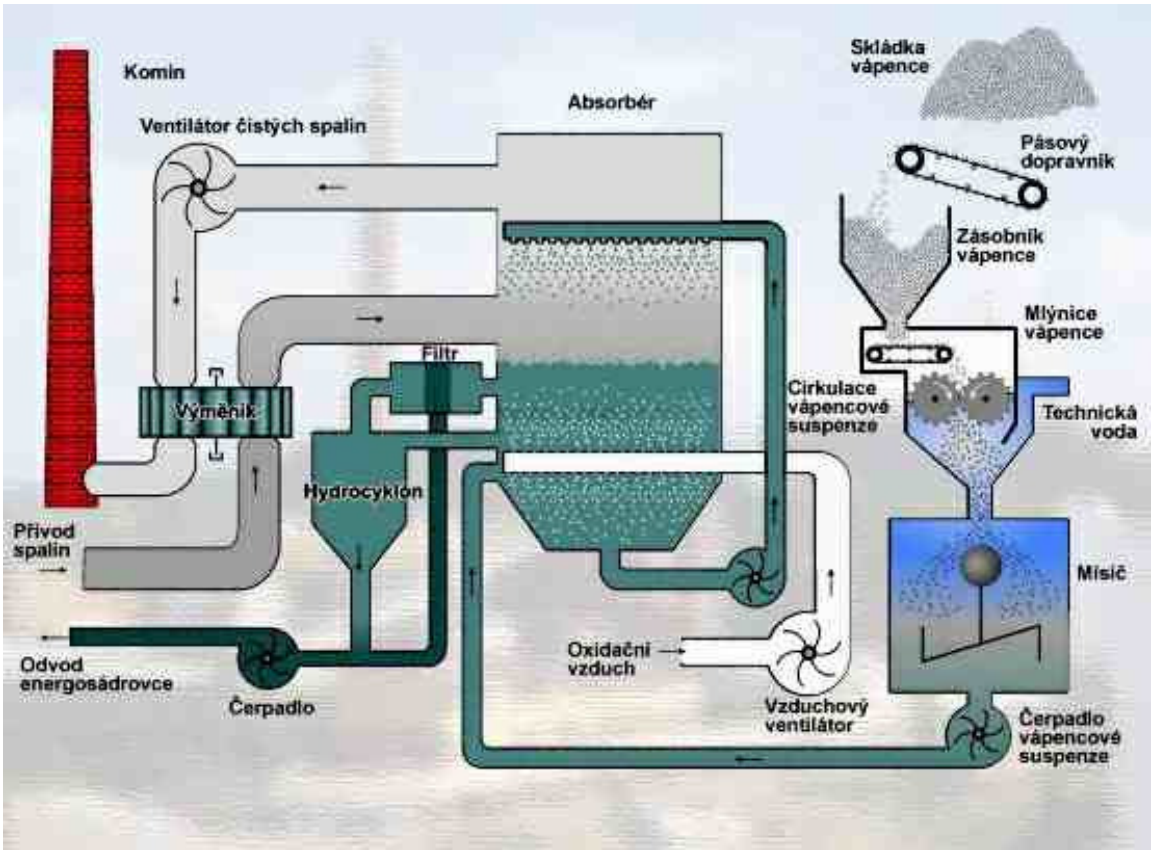
Devadesát procent oxidu siřičitého je unášeno spolu se spalinami komínem do ovzduší, kde z něj působením vlhkosti a slunečního záření vzniká kyselina sírová, která v podobě tzv. kyselých dešťů překyseluje půdu, snižuje možnost přísunu živných látek do listů a jehliček stromů, a tak vede k odumírání lesů. Kyselé deště působí nepříznivě i na zdraví lidí, poškozují stavební konstrukce, zejména vápenec a mramor, v půdě rozpouštějí těžké kovy, které se pak s vodou dostanou do živých organismů, člověka nevyjímaje.

Velmi důležitým krokem k ozdravení životního prostředí je odsíření uhelných elektráren. Chemicky lze odsířit jak palivo, tak kouřové plyny. Protože odsíření uhlí před spalováním by bylo ekonomicky příliš náročné, odsiřují se v praxi pouze kouřové plyny. Metody, které se k odsíření používají, se rozdělují do tří skupin: na suché, polosuché a mokré.

Při suché metodě se přidává mletý vápenec do ohniště, kde se teploty plynů pohybují kolem 900 – 1.200 °C. Vápenec $CaCO_3$ se tepelně rozkládá na oxid vápenatý a oxid uhličitý. Část oxidu siřičitého ve spalinách reaguje s oxidem vápenatým na siřičitan vápenatý $CaSO_3$. Kouřové plyny se tak zbaví 30 - 40 % síry. Proto se tato metoda rozšiřuje o další technologie, které umožňují např. vstřikováním vody reakci oxidu vápenatého na hydroxid vápenatý, který reaguje se zbytkem oxidu siřičitého ve spalinách na siřičitan vápenatý. Ten se dále oxiduje na síran vápenatý, čímž může účinnost stoupnout až na 70 %.

Isolinie imisí SO_2 v severních Čechách před a po dokončení ekologického programu ČEZ, a. s.





Obr. II.14. *Odsíření mokrou vápencovou metodou (Zdroj: Encyklopedie energie, ČEZ)*

Mokrá vápencová metoda (viz obrázek) spočívá ve vypírání kouřových plynů absorpční suspenzí, která obsahuje vodu, práškový vápenec $CaCO_3$, rozpuštěné siřičitanové ionty SO_3^{2-} a hydrogensiřičitanové HSO_3^- a oxid uhličitý. Oxidací vzniká tzv. energosádrovec $CaSO_4.2H_20$, který lze dále využít, např. ve stavebnictví.

Při polosuché metodě se rozprašuje vodní suspenze páleného vápna nebo vápenného hydrátu do kouřových plynů. Reakcí s kyselými složkami spalin vzniká siřičitan vápenatý a síran vápenatý. Odsiřovací zařízení používaná v uhelných elektrárnách v České republice mají účinnost kolem 95 %.

Odstranění oxidů dusíku

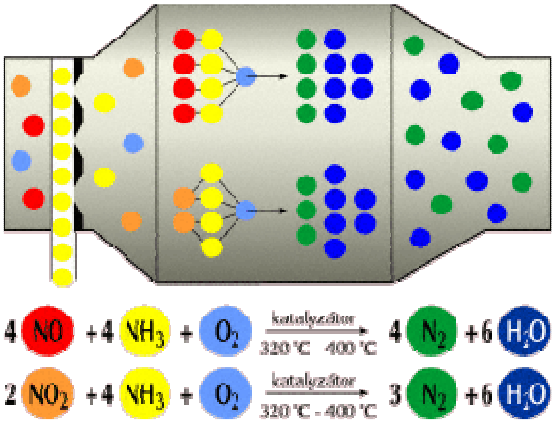
Mezi látky rovněž ohrožující zdraví lidí patří oxidy dusíku. Při spalování uhlí (ale i mazutu) za vysokých teplot vznikají oxidací paliva se spalovacím vzduchem oxidy dusíku. V kotlích elektráren vzniká především oxid dusnatý, měnící se na dioxid dusíku NO_2. Vedle něj se vyskytuje oxid dusitý a dusičnany. Ustálil se zvyk označovat souhrnně všechny oxidy dusíku jako NOx.

Oxidy dusíku zvyšují škodlivé účinky oxidu siřičitého a stejně jako on napadají sliznice dýchacích orgánů a devastují lesy. Podle lékařů a hygieniků jsou oxidy dusíku asi 6 až 10x nebezpečnější než oxid siřičitý.

Emise oxidů dusíku lze snížit již optimalizací spalování a snížením spalovacích teplot. Velmi efektivním zařízením je fluidní ohniště, neboť spalování ve fluidní vrstvě probíhá při

teplotách v rozmezí 800 - 900 °C, při kterých se tvoří podstatně méně oxidů dusíku než při běžném spalování. Fluidní kotle tedy odstraňují oxidy síry i oxidy dusíku zároveň.

Další cestou vedoucí ke snížení koncentrací NOx je vložení katalyzátoru do kouřových plynů. Jeho pomocí probíhá katalytická redukce, při které vzniká čistý dusík a vodní pára. Zařízení pro katalytickou redukci se říká Denox filtry.



II.15. *Katalyzátor kouřových plynů*
(Zdroj: Encyklopedie energie, ČEZ)

Oxid uhličitý

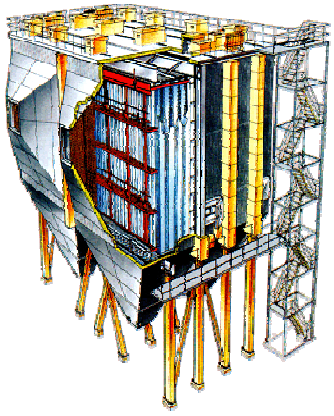
Při spalování vzniká kromě oxidu siřičitého a oxidů dusíku i oxid uhličitý. Přestože tento plyn není jedovatý, je nebezpečný tím, že se podílí na tzv. skleníkovém efektu. Zvyšování jeho množství v atmosféře by mohlo způsobit celkové oteplování a tím rozpouštění polárních ledovců, stoupnutí hladiny oceánů a další jen těžko předvídatelné klimatické změny a přírodní pohromy. V současnosti ale neexistuje žádná metoda, která by v praxi dokázala odstranit CO_2 ze spalin.

Oxid uhelnatý

Na rozdíl od oxidu uhličitého únik jedovatého oxidu uhelnatého lze optimálním spalováním podstatně snížit.

Popel

Vedle plynů vzniká při spalování uhlí popel. Popel je směs různě velkých částic. Více než tři čtvrtiny z celkového množství popela se vyskytují ve formě prachu se zrnitostí od tisícin milimetru do jednoho milimetru. Tato část je zachycována v elektrostatických odlučovačích, v nichž se dnes zachycuje více než 99,5 % veškerého popílku. Tahu spalin se staví do cesty soustava drátěných vysokonapěťových elektrod, které přitahují částice popílku s opačnými elektrickými náboji.



II. 16. Elektrostatický odlučovač popílku
(Zdroj:Encyklopedie energie, ČEZ)

Hrubý popel a struska se zrny o velikosti do pěti centimetrů tvoří přibližně jednu čtvrtinu odpadu. Tato část se zachycuje ve spodní partii ohniště pod spalovací komorou.

Kotle budoucnosti

Pravděpodobně nejvýhodnější způsob využití energetického uhlí představuje kombinace tlakového zplyňování uhlí a tzv. paroplynového cyklu. Tento způsob výrazně zvyšuje účinnost výroby elektrické energie a odborníci očekávají jeho bouřlivý rozvoj zejména v těch zemích, které jsou odkázány převážně na uhelné zdroje energie.

Rozemleté uhlí (vysoká sirnatost není problém) se v generátoru (zplynovači) za vysoké teploty a tlaku nejprve zplynuje. Veškeré pevné částice, které jinak unikají do vzduchu, se mění ve strusku vhodnou pro stavebnictví. Surový plyn je ochlazen, zbaven síry (tu lze výhodně prodat) a dalších nečistot.

Energetický plyn se vede dále do plynové turbíny, v jejíž komoře se spaluje. Vzniká elektrická energie a navíc plyn opouštějící turbínu je natolik horký, že v kotli ohřeje vodu na páru. V parní turbíně se pak vyrobí další elektřina.

Možnosti využívání odpadů z energetiky

K využívání odpadů z energetiky vytvářejí vlády různých zemí různé podmínky, které producenty a odběratele motivují či nutí odpady využívat. V úsilí o využití jsou nejdále země Beneluxu, z toho v Nizozemsku se využívá nebo vyváží plných 100 % energetických odpadů. I v jiných zemích se však nyní využití odpadů z energetiky dynamicky rozvíjí v souladu s rozvojem technologií a uvědomováním si globální důležitosti této problematiky. Možnosti využití popele jsou, mimo jiné, následující:

Popílek a škvára

Využití ve stavebnictví, při přípravě betonů a malt, přičemž popílek může působit jako aktivní i neaktivní složka (přispívá či nepřispívá k procesu tvrdnutí), struska a škvára zastává především funkci plniva. Popílek a strusku lze využít v největší míře při výrobě cementu.

Popílek a strusku je možno též využívat při výrobě cihel, přidává se do asfaltu atd. Tyto cihly mají podstatně lepší užitné vlastnosti ve srovnání s běžnými cihlami a díky svým vlastnostem a širokému spektru barev se využívají na vnější zdivo bez omítky (viz obrázky).

Výroba umělého kameniva. Je rozšířena např. v Nizozemsku, kde je téměř 20 % produkce popílku využito pro tyto účely. Existují v zásadě dvě technologie výroby kameniva (za studena např. Aardelite a za horka např. Lytag.

Obr. II.17. *Kamenivo z popílku*

Výroba náplní filtrů pro čistírny odpadních vod. Jsou dosahovány překvapivě vysoké účinnosti. Životnost náplně filtrů je 10 až 20 let.

Směs popílku, cementu a vody (popř. dalších přísad) po přidání např. ke kalu z ČOV vytvoří pevnou hmotu s velmi nízkou vyluhovatelností škodlivin, která může být bez rizika ukládána. Směs se vyrábí pod obchodním názvem Rhenipal.

Energosádrovec

Využití v cementárnách jako přísada pro regulaci tuhnutí cementu. Energosádrovec je pro tyto účely plnohodnotnou náhradou přírodního sádrovce. Energosádrovec se v cementárnách přidává do cementového mlýna ke slínku jako osvědčený regulátor tuhnutí cementu.

Využití pro výrobu sádry a sádrokartonových desek. Energosádrovec se po odvodnění zahřeje na teplotu kolem 100° C (tzv. kalcinace), přičemž vzniká běžná sádra, tzv. α-sádra, která může být samostatně expedována nebo bývá využita bezprostředně při výrobě sádrokartonových desek. Při této technologii se sádra, rozmíchaná s vodou a přísadami regulujícími tuhnutí, dávkuje na pás papíru. Vrstva sádry se překryje horní vrstvou papíru a vzniklá deska se nechá vytvrdnout. Vytvrdlé desky se ořežou na potřebné rozměry a případně dále povrchově upravují. Desky mají široké použití při výstavbě.

Produkt polosuché metody odsíření, stabilizát, aglomerát, deponát

Pro nenáročné stavby (vyplňování výkopů, zásypy, násypy, konstrukční vrstvy silnic a dálnic, vyplňování důlních prostor apod.) se využívá schopnosti těchto materiálů nabývat alespoň minimálních pevností. Stabilizát z produktů polosuché metody odsíření se používal např. při výstavbě Eurotunelu jako výplňový a konstrukční materiál.

Těsnicí vrstvy skládek, zahlazování důlní činnosti, rekultivace, krajinotvorba. Úpravou receptury stabilizátu a jeho ukládáním za určitých podmínek (hutnění) lze připravit vrstvu, která splňuje všechny požadavky na těsnicí materiál pro skládky. Vrstva stabilizátu upravená pro těsnicí účely dosahuje propustnosti vůči vodě řádu 10^{-9}-10^{-11} m/s. Vytvořenými chemickými vazbami, zhutněním vrstvy a nízkou propustností téměř nedochází k uvolňování případných škodlivin z vrstvy do životního prostředí. Je však nutno vytvořit vrstvu dostatečně silnou a pevnou, aby po zatížení vrstvou odpadu nedošlo k jejímu popraskání.

Vrstva stabilizátu, aglomerátu a deponátu může být úspěšně použita jako technická rekultivační vrstva skládek, složišť apod. před překrytím zeminou a konečnou úpravou

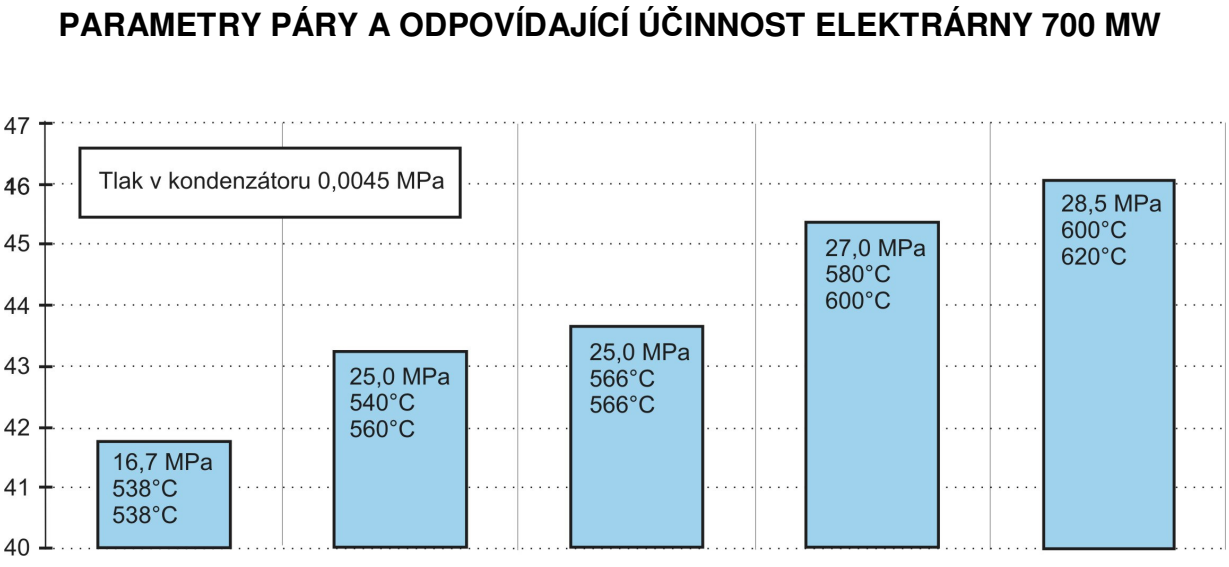
povrchu. Stabilizát je i velmi vhodným materiálem pro rekultivaci bývalých odkališť. Tyto materiály jsou též vhodné pro vyplňování prostor po povrchové těžbě a obnovení původního nebo vytváření nového reliéfu krajiny. Ve všech případech využití odpadů důsledně dbáme na to, aby nedošlo k poškození životního prostředí. K tomu nám slouží zejména systémy kontroly řízení jakosti, certifikace, popř. povinný proces posuzování vlivu na životní prostředí.

Čisté uhelné technologie (Clean Coal Technology - CCT)

Technologie čistého uhlí dosahují významný pokrok. Mezi komerčně dostupné technologie patří fluidní spalování, superkritické parní systémy, kontrola emisí malých částic, odsíření spalin, kontrola oxidů dusíku a zachycení rtuti. Mezi zlepšení, která jsou ve vývoji patří cirkulující vrstevnaté spalování, ultrasuperkritické parní cykly, spalováni za přítomnosti kyslíku, zplyňování uhlí, pokročilé postupy chemického řetězení. Vize dosažení účinnosti vyšší než 50 % není nereálná. Hnědouhelná elektrárna RWE (SRN) uvedená do provozu v roce 2002 má účinnost 43 %.

Konvenční uhelná elektrárna vyrábí elektřinu použitím jednoduchého cyklu. S převládající technologií existujících elektráren (spalování prachového uhlí s podkritickým parním cyklem) dosahují energetickou účinnost cca 33 % až 38 % přeměny uhlí na elektřinu. U moderních elektráren účinnost roste nad 40 %. Zbývající energie je ztracena hlavně jako odpadní teplo.

Pokrokové moderní elektrárny užívají v konstrukci speciálně vyvinuté vysokoteplotní slitiny oceli, které umožňují použít „nadkritický“ a „superkritický“ parní cyklus. Zde je více energie převedeno do páry za pomoci zvýšeného tlaku a teploty. Stav techniky elektráren s nadkritickým parním cyklem umožňuje v současné době provoz v hodnotách do 30 MPa s čistou účinností v řádu do 45 %. Oproti konvenční elektrárně vyšší účinnost sníží emise SO_2 a NO_x stejně jako CO_2 na jednotku elektřiny.



Obr. II.18. *Moderní uhelné elektrárny pracují s vysokými parametry páry (Zdroj: Siemens, 2005)*

Technologie jednoduchého cyklu

Používání nových zdokonalených materiálů poskytuje další zlepšení parních podmínek. V roce 2020 je očekáváno komerčně dosažitelných 650 až 700° C páry, s účinností cyklu do 55%.

Alternativou prachového spalování je fluidní lože. Pracuje na principu proudění plynu ložem jemných částeček až se tyto dostanou do vznosu (rozptýlí se). Lože se pak chová jako tekutina což má za následek rychlé míchání částeček. Uhlí je přidáváno do lože spolu s mletým vápencem a neustálé míchání podporuje úplné spálení.

Většina fluidních kotlů pracuje za atmosférického tlaku a z toho pramení název – atmosférické fluidní spalování (AFBC). Jako při spalování prachového uhlí, je tepelná účinnost funkčního parního cyklu v průměru do 38 %.

Výhodou této technologie oproti práškovému kotli je její schopnost plnit limity týkající se ochrany životního prostředí při spalování různých paliv, včetně těch s vysokým obsahem popela a vlhkosti.

Technologie kombinovaného cyklu

Dnes jsou k dispozici nové technologie, které umožňují pálit uhlí při výrobě elektrické energie v kombinovaném cyklu. Tyto kombinují cykly horkého plynu a páry ve výrobě elektřiny ze stejného paliva.

Základem uhelného kombinovaného cyklu je buď proces přetlakového spalování uhlí, nebo proces uhelného zplyňování schopný produkovat plyn vhodný pro spalování plynovou turbínou.

V systému tlakového fluidního spalování (PFBC), je uhlí spáleno v kotli za zvýšených tlaků (0,6 – 1,6 MPa), čímž se vytváří vysoký tlak proudu spalin. Tento plyn má dostatek energie k pohonu plynové turbíny generátoru. Současně kotel také ohřívá vodu, která produkuje páru pro konvenční parní cyklus. PFBC systémy dosahují výkonností do 45 %. Budoucí vývoj dává očekávat dosažení až 50 % účinnosti.

Pro typickou elektrárnu s paroplynovým cyklem s tlakovým fluidním zplyňováním je charakteristické, že je uhlí nakládáno do zplyňovače za tlaku okolo 3 MPa společně s kyslíkem ze vzduchové odlučovací jednotky.

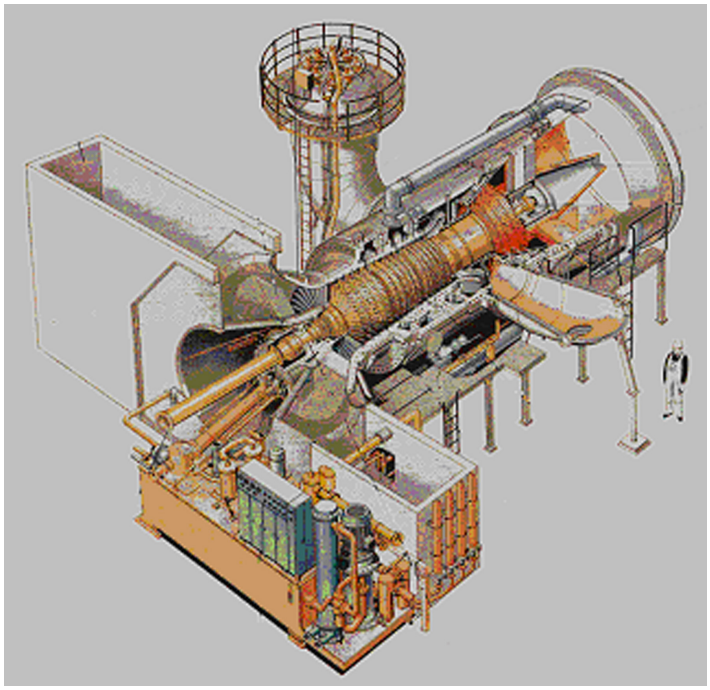
Vzniklý syntetický plyn (směs převážně kysličníku uhelnatého a vodíku) je vyroben ve zplyňovači v asi 1.300 °C a je chlazen na 200 °C před vypráním vodou s odloučením prachu a příměsí (jako je čpavek a chlorovodík). Tento plyn je pak vyprán znovu z důvodu odstranění příměsí síry. Vyčištěný plyn je spálen plynovou turbínou. Spaliny z turbíny zůstanou dostatečně horké, aby zvýšily teplotu páry pro konvenční parní cyklus.

S čistým syntetickým plynem jsou emise systému PFBC významně nižší než u konvenční elektrárny. Navíc, tepelná účinnost 45 % PFBC je stejná jako elektráren s nadkritickým parním cyklem. Projektovaná účinnost pro IGCC elektrárny po roce 2010 je řádově do 52 %. V budoucnu by mohl být vodíkový plyn z uhelného zplyňovacího systému používán v pokrokovém, vysokoteplotním palivovém článku. Hybridním systémem kombinace uhelného zplyňování a palivového článku (IGFC) by se mohla zvýšit účinnost až k 60 %, snížit množství vypouštěného oxidu uhličitého na přibližně polovinu množství produkovaného dnes konvenčními uhelnými elektrárnami.

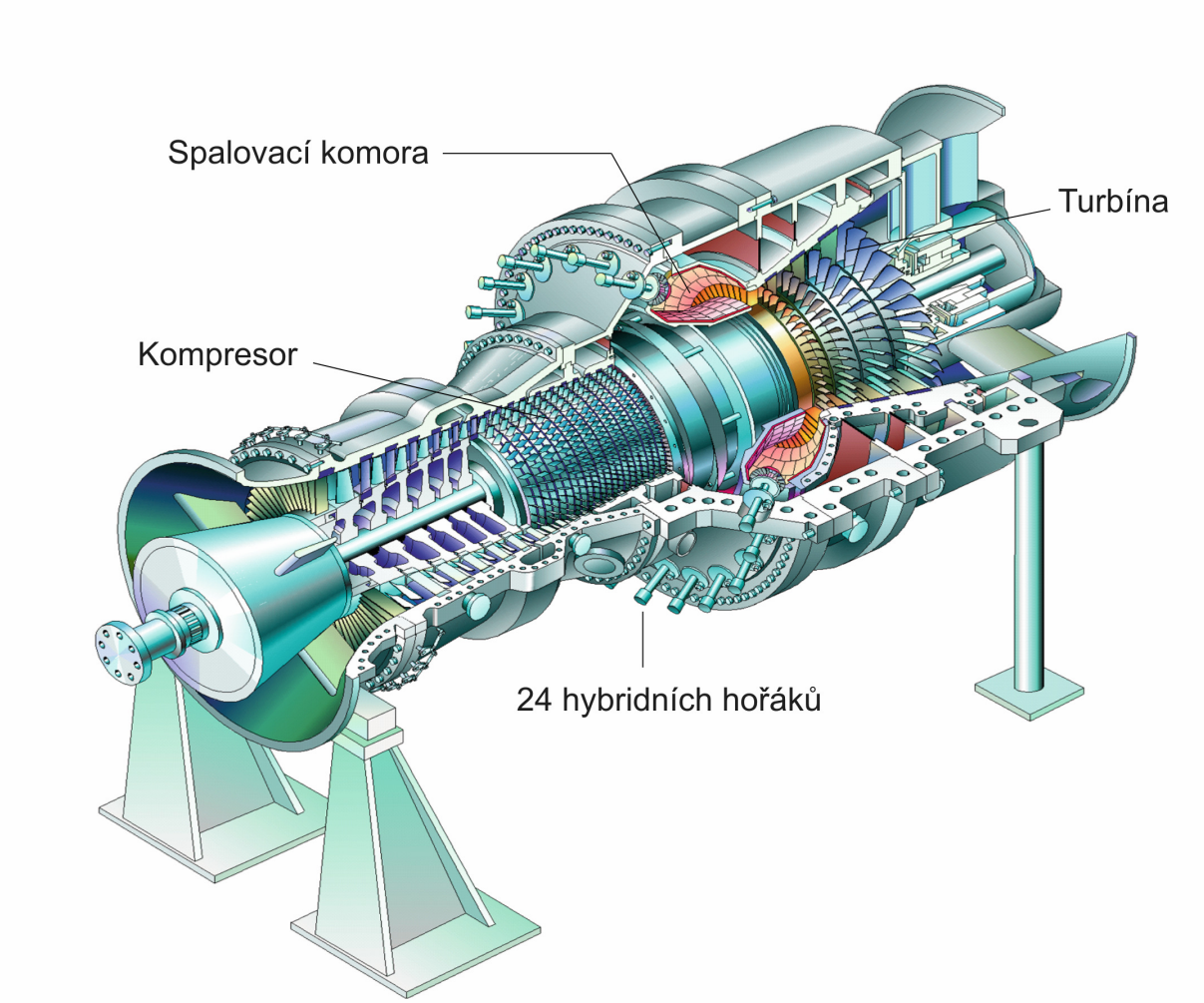
Obr. II.19. *Moderní uhelná elektrárna je objektem, který lze snadno zakomponovat do životného prostředí (Zdroj: Siemens)*

Plynové elektrárny

Jaderné a uhelné elektrárny se využívají se zřetelem k jejich vlastnostem pro pokrytí základního zatížení. Odchylky spotřeby v denním diagramu je nutné regulovat zařízením, které je snadno a rychle regulovatelné. Takové vlastnosti mají elektrárny využívající jako palivo zemní plyn. Při obnově parku elektráren bude patrně nezbytné využít i jistý výkon plynových elektráren. Jejich zřejmou výhodou je vedle snadné regulovatelnosti zejména krátká doba výstavby a vysoká účinnost přeměny energetického obsahu paliva na elektřinu. Jejich provoz je šetrnější z hlediska emise skleníkových plynů v porovnání s uhelnými.



Obr. II.20. *Plynová turbína*



Obr. II.21. *V současné době jsou na evropském i světovém trhu dostupné plynové elektrárny s výkonem vhodným pro kompletaci budoucí české elektroenergetické soustavy.*

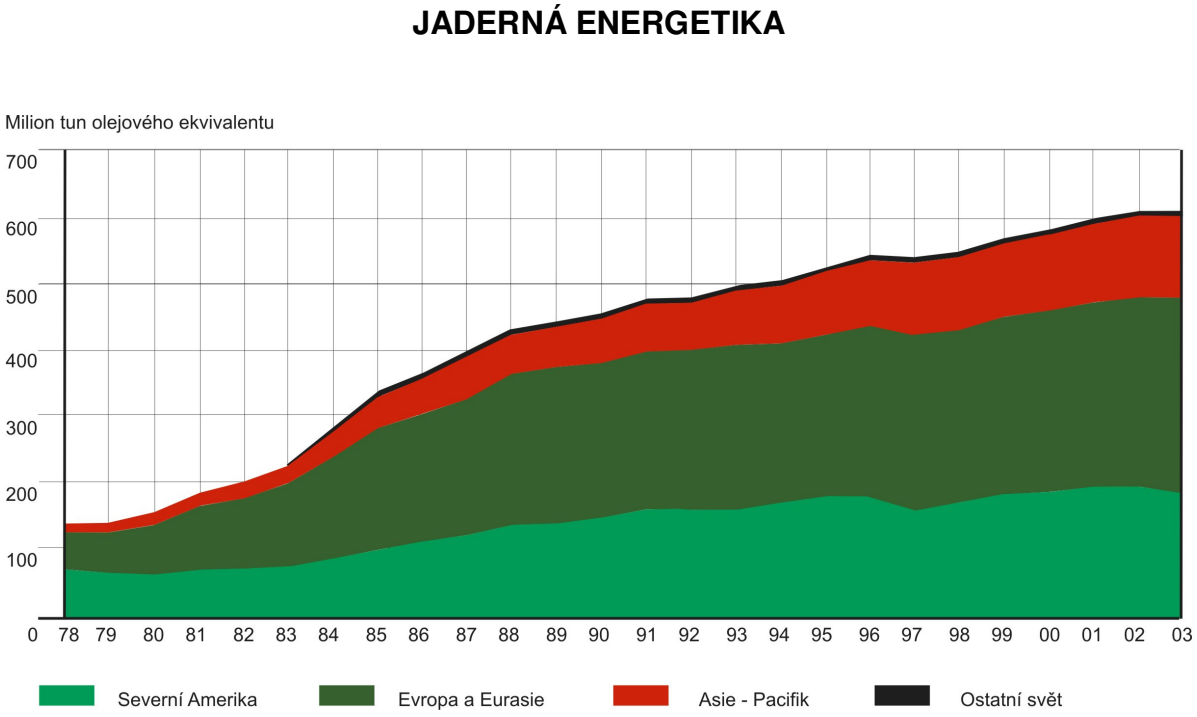
Budoucnost českého hnědého uhlí i jako sociální problém

Pro jakákoliv jednání o budoucnosti českého hnědého uhlí je významné, zda bude vítězit politicky průchodnější řešení nad řádnou argumentací a diskusí. Při tom je zcela reálné, že vzhledem k politickému klimatu nebudou otázky budoucnosti uhlí včas řešeny. Fakta hovoří jasně: energetický mix zahrnující využití českého uhlí a variantu dalšího rozvoje jaderné energetiky s takovým využitím obnovitelných zdrojů, které bude ekonomicky přijatelné - nebo dovoz elektřiny. Vyrobit velký podíl elektřiny z obnovitelných zdrojů je v podmínkách ČR zcela nemožné. Dovoz elektřiny ze zahraničí zatíží saldo zahraničního obchodu. V obou případech, nebo při jejich kombinaci, je zcela zřejmé, že za takovou elektřinu by Česká republika musela platit mnohonásobně více než platíme nyní. Navíc spolehlivost zásobování elektrické sítě se stane již po roce 2020 zřejmě problémová. V neposlední řadě se jedná o řešení nezaměstnanosti v již tak problémovém regionu severočeských uhelných dolů.

III. Jaderné zdroje pro Českou republiku

Světová a evropská situace přeje renesanci jaderných zdrojů energie

V současné době není názor na další rozvoj jaderné energetiky ustálený. Pro ni jsou precizně formulovány problémy, které je nutné pro další využívání řešit. Tak detailní rozbory, jaké byly vypracovány pro jaderné zdroje energie, zdaleka nebyly připraveny pro ostatní zdroje energie. Kromě věcných námitek a námětů k řešení a zdokonalování existují ale názory vědecky zcela nepodložené, skreslující, lobystické a účelově politizované. Po dosažení zralosti jaderných elektráren s lehkovodními reaktory vývoj jaderných elektráren pokračuje se zaměřením na reaktory rychlé a vysokoteplotní. K roku 2005 dosáhly provozované jaderné elektrárny hodnoty 11 500 reaktorroků. Vývoj dalších generací jaderných elektráren s inherentní bezpečností řadu dnešních námitek odstraní. Specifikace problémů všech zdrojů energie je výzvou k diskusi s cílem pokusit se nalézt reálný rámec vývoje evropské energetiky. Podle EPRI, WEC a OECD bude využívání jaderné energie ve 21. století nezbytné a žádoucí.



Obr. III.1. *Jaderná energetika našla v poslední čtvrtině 20. století své místo ve světovém energetickém mixu (Zdroj: WEC 2004)*

Jaderných paliv je dostatek

Ekonomicky a technicky těžitelné zásoby uranu a thoria ve světě vystačí v současných typech reaktorů na stovky let, při použití v rychlých reaktorech na tisíce let. Klíčové instituce EU, jako je Evropský ekonomický a sociální výbor (ESC) se výrazně postavily za využívání jaderné energie, která může v budoucnu zajistit zásobování energií při řešení problému změn podnebí. ESC uvádí „Je obtížné vidět, jak může EU v budoucnu splnit požadavek zabránění změnám podnebí a zajistit zásobování energií za přiměřené ceny bez toho, aby si jaderná energetika zachovala alespoň svůj dnešní podíl na výrobě elektřiny“. Výbor doporučil, aby i nadále členské státy EU činily vlastní rozhodnutí o využívání jaderné energetiky. Další výbor EU pro průmysl, vnější obchod, výzkum a energii (ITRE) volá po realizmu v jaderné volbě a doporučuje zachovat financování výzkumu v nových technologiích včetně jaderné fúze. Konstatuje rovněž, že jaderná energie je bezpečná a spolehlivá evropská technologie provozovaná za přísných podmínek regulace a že spoléhání na nepravidelnou výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů není reálnou alternativou pro výrobu v základním zatížení. Výrobní náklady i ceny energie z různých zdrojů se sbližují. Od roku 1980 do roku 2000 se vymezily v USA do hodnot mezi 2 až 4 centy za kWh. Z ekonomického hlediska jsou proto uhlí, zemní plyn, topné oleje a jaderné palivo rovnocennými zdroji.

Cena barelu explozivně vzrostla z 1 USD v roce 1970 na současných více než 60 USD. Takový vývoj neponechal na stálé úrovni ceny zemního plynu a uhlí. Vyčerpávání fosilních paliv a poškozování biosféry emisemi ze spalovacích procesů nelze přehlížet. Energetické strategie USA, Francie, Ruska ale také Číny a Indie považují jadernou energii za součást nově rozvíjené energetiky. **Výhodami jaderné energie v energetickém mixu jsou: spolehlivý provoz jaderných elektráren, bezpečnost jaderných elektráren ve srovnání s uhelnými, ceny elektřiny srovnatelné s cenami z uhelných a plynových elektráren, nízký vliv palivových nákladů a zejména výroba nezatížená emisemi škodlivin, zejména oxidu uhlíku.**

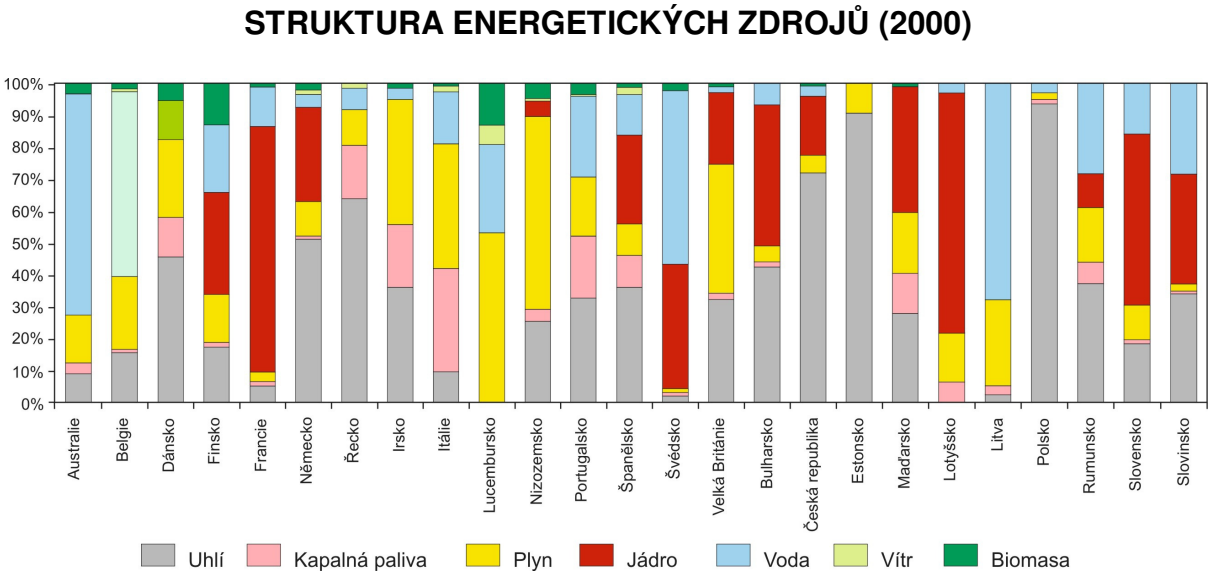
Proto v uplynulých měsících roste i cena uranu. Na jaderné elektrárny je nutné pohlížet i ze vzdálenější perspektivy. Zkušenosti s provozem současných typů jaderných elektráren jsou nezastupitelným odrazovým můstkem k očekávanému využívání jaderné fúze jako energetické spásy lidstva. Proto zřejmě dochází ve světovém měřítku k dalšímu rozvoji jaderné energetiky využívající nejen štěpení těžkých jader, ale i vizi využití jaderné fuze.

Provozní zkušenosti jaderných elektráren vytvářejí významnou informační bázi

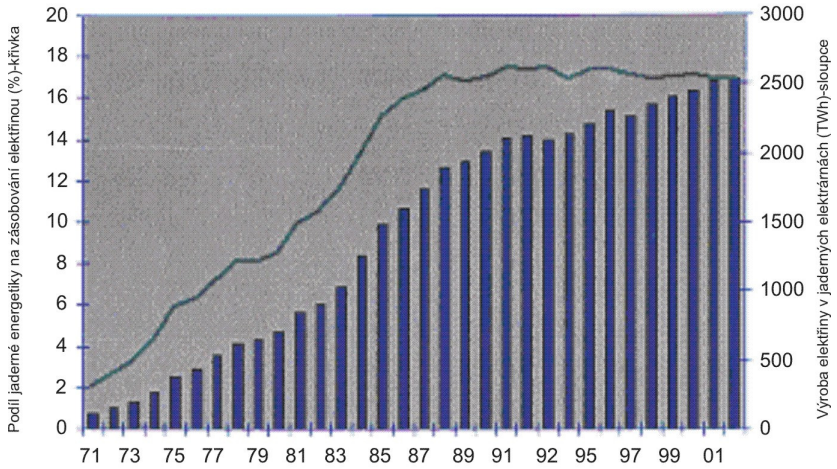
K roku 2005 bylo v 31 státech v provozu 445 jaderných elektráren. Z tohoto počtu je provozováno nejvíce v USA (104), Francii (59), Japonsku (55), Velké Británii (33), Rusku (31) a Německu (19). Ve výstavbě je finské Olkiliuto 3, u kterého se předpokládá uvedení do provozu v roce 2009 a ve Francii je připravována výstavba jaderné elektrárny další generace EPR s výkonem 1600 MW ve Flamanville. V USA probíhá ambiciózní program vývoje propojených technologií, včetně specifického typu jaderného reaktoru, s rozpočtem 1,2 miliardy dolarů. Také Japonsko, Čína, Indie, Pakistán, a Jižní Korea významně investují do jaderného programu.

Každý stát využívá ta paliva, která má k dispozici

Struktura zdrojů energie ukazuje, že každý stát využívá ta paliva, která má k dispozici. Tak např. Rakousko, které vyrábí 74 % elektrické energie ve vodních elektrárnách nepotřebuje jadernou energii.



Obr. III.2. *Skladba zdrojů energie v různých státech závisí na přírodních podmínkách a politickém řešení (Zdroj: MPO, 2003)*

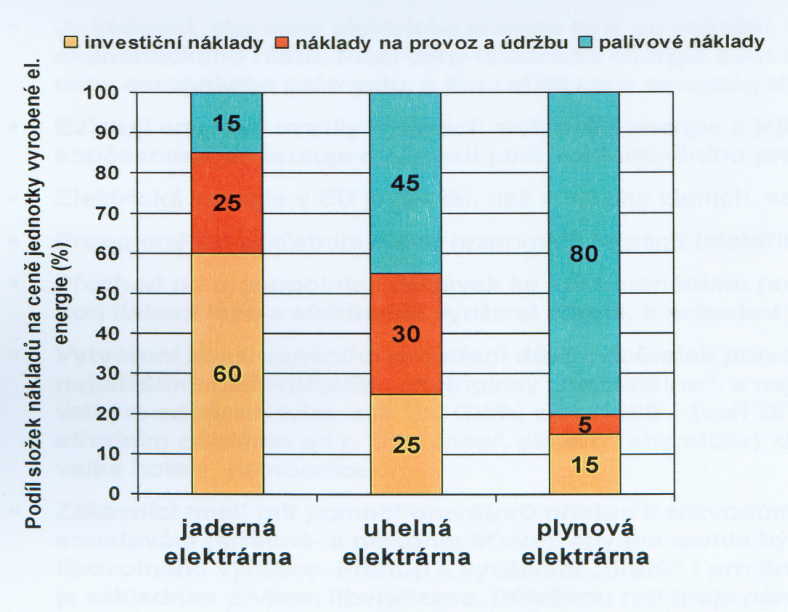


Obr. III.3. *Ve třetí třetině 20. století výrazně rostl instalovaný výkon jaderných elektráren (Zdroj: WNA)*

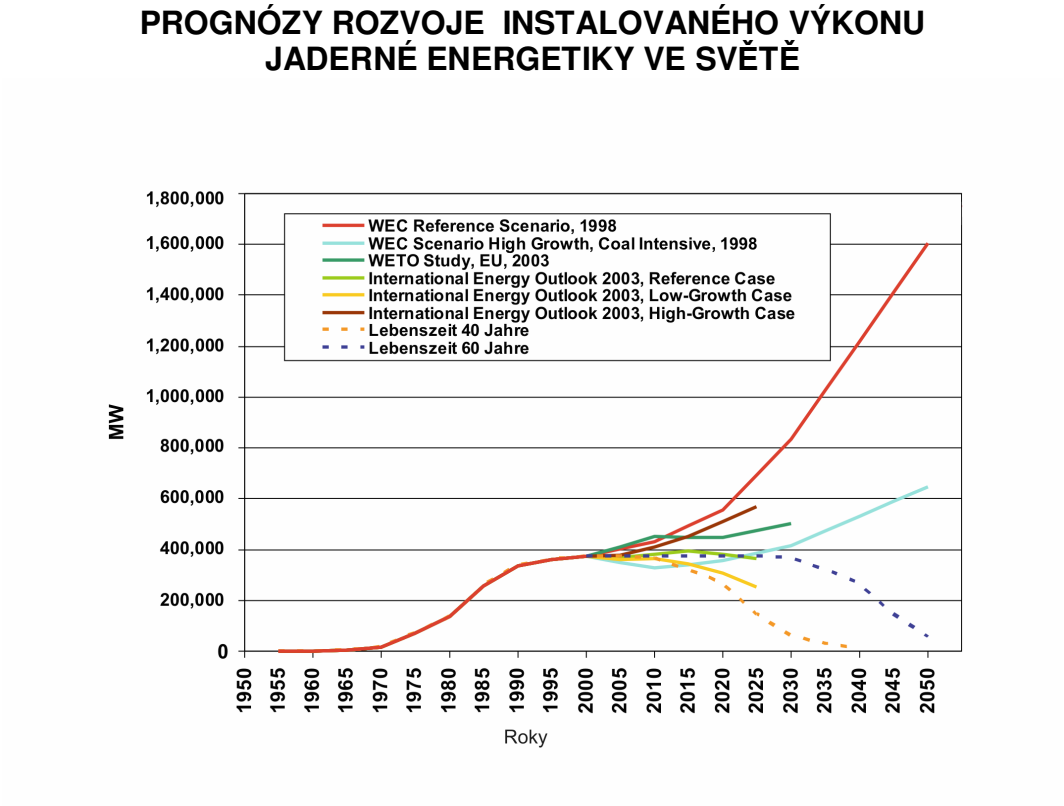
Rychlý rozvoj jaderné energetiky byl dočasně výrazně omezen stagnací, která se projevila zejména v USA a v Evropě. Nedotkla se ale Japonska. Mezi důvody stagnace výstavby jaderných elektráren při rozhodování o nových investicích patřily vysoké celkové i měrné investiční náklady pro nové elektrárny, dlouhé licenční řízení pro nové elektrárny a jejich politizace, relativně dlouhá doba výstavby a politická nejistota. Tyto nevýhody dosud více než převažovaly ostatní výhody jaderných elektráren.

Výhodami jaderné energie v energetickém mixu jsou:,

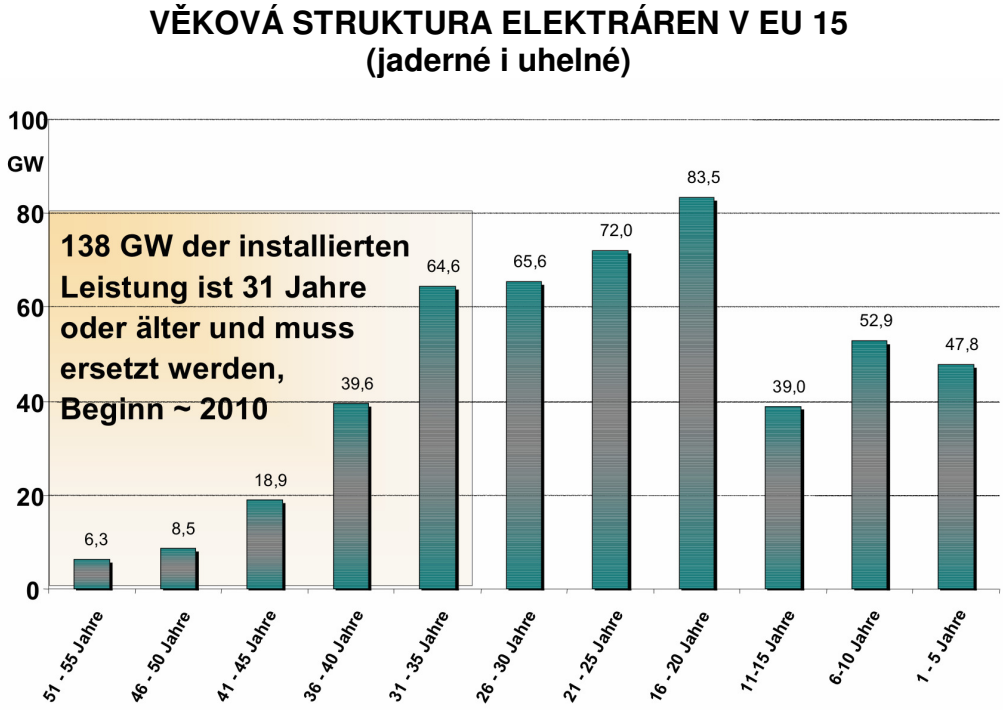
spolehlivý provoz jaderných elektráren, bezpečnost jaderných elektráren, ceny elektřiny srovnatelné s cenami z uhelných a plynových elektráren, nízký vliv palivových nákladů a zejména výroba nezatížená emisemi škodlivin, zejména oxidu uhlíku.



Obr. III.4. *Jaderná elektrárna má poměrně vysoké investiční náklady, ale nízké náklady na obstarání paliva. Nízké palivové náklady jsou výhodou pro období předpokládaného růstu cen paliv. Z obr. III.4 lze snadno získat představu o změně nákladů vzniklé růstem ceny plynu na dvojnásobek.*



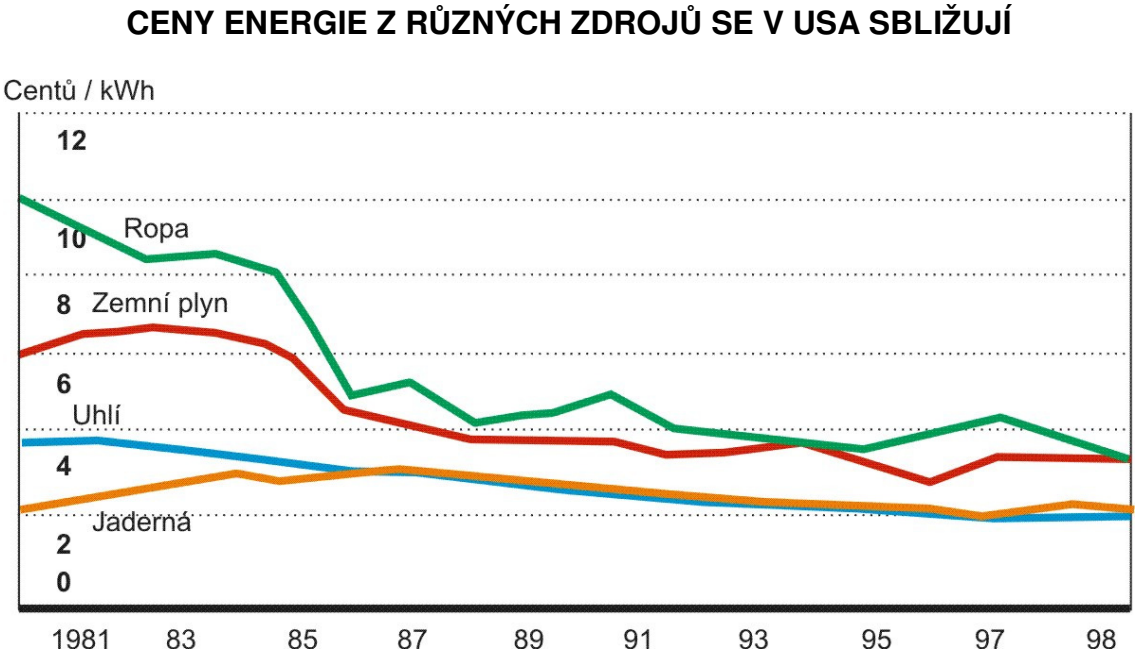
Obr. III.5. *Prognózy rozvoje jaderné energetiky jsou optimistické. (Zdroj: AREVA, 2004)*



Obr. III.6. *138 GW instalovaného výkonu je starší než 31 let a bude muset být nahrazeno po roce2010. (Zdroj: Siemens, 2004)*

Evropské jaderné elektrárny stárnou a jejich náhrada novými zdroji se stává aktuálním problémem.

Ceny energie z různých zdrojů



Obr. III.7. *Náklady na energii z různých zdrojů mají tendenci ke sbližování (Zdroj: National Energy Policy USA, 1998)*

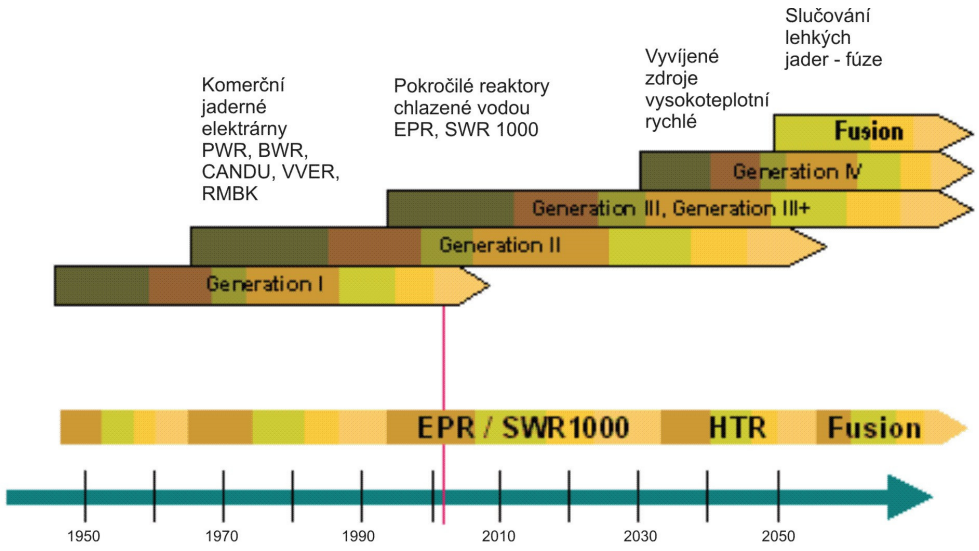
Investiční náklady jaderných elektráren a elektráren využívajících uhlí a plyn se sbližují:

Investiční náklady elektráren

Elektrárna	inv. Náklady (USD/kW)	doba stavby (roky)
jaderná lehkovodní	2000-2500	6 – 7
jaderná moderní	1500-2000	4 – 6
uhelná	1000-2000	4 – 5
Plynová	500-900	2 – 3

(Zdroj: GC (44)/9 IAEA)

ČASOVÁ POSLOUPNOST GENERACÍ REAKTORŮ



Obr. III.8. *Věda a výzkum využívají zkušenosti nabyté dlouhodobým provozem jaderných elektráren při vývoji pokročilých typů lehkovodních, rychlých a také fúzních reaktorů*

Jaderné zdroje elektrické energie

Jaderných paliv je dostatek. V současné době představují identifikované zásoby uranu 2,3 Mt a jeho celkové těžitelné zásoby desetinásobek. Společně s uranem z moří, z hornin a s thoriem z hornin představují těžitelné zásoby nejméně 160 Mt. Těžitelné zásoby lithia v horninách a mořích jsou 1,2 Gt a těžitelné zásoby deuteria 200 Gt. Proto by identifikované zásoby využívané v lehkovodních reaktorech bez recyklování vystačily na 50 až 100 let, v rychlých reaktorech na 5000 roků. Pokud by měl jaderně energetický systém využívající reaktory na rychlých neutronech zásobovat lidstvo primární energií, jakou spotřebovává celý svět, potom by těžitelné zásoby štěpných a plodících materiálů vystačily na více než 30 tisíc let. Zásoby lithia pro fúzní rektory jsou na 46 milionů let.

Protože takový potenciál nemá žádné jiné palivo, je jaderná energetika příslibem energetické budoucnosti lidstva. Nehody v jaderném průmyslu, hrozba jaderných zbraní, radioaktivní inventář vznikající za provozu jaderných elektráren, ale i nesouvisející politické faktory vytvořily opozici proti jaderným elektrárnám. Ve srovnání s historicky známým odporem k novým technologiím se jedná zejména co do rozsahu i účinků o kvantitativně nový jev, který brzdí hospodářský rozvoj, vytváří hrozbu nedostatku energie již pro blízkou budoucnost a v řadě zemí brání paradoxně ozdravnému ekologickému procesu.

Rámec volby zdrojů energie je vytvářen za dramatické situace ohrožování klimatu skleníkovými plyny, dosud nebývalých nejistot a rizik v investicích do velké energetiky a otevírání trhu s energií. Proto dochází ve světovém měřítku k renesanci jaderné energetiky využívající nejen štěpení těžkých jader, ale i vizi využití jaderné fúze. Globální perspektivy jaderné energetiky jsou závislé na třech klíčových faktorech: přijatelnost veřejností, konkurenceschopnost a spolehlivost dodávky energie. To se projevilo v průmyslových zemích a méně v rozvojových, hledajících zdroje elektřiny pro vlastní žádoucí průmyslový rozvoj. Při rozhodování o dalším osudu jaderné energetiky je nutné odpovědět na dvě zásadní otázky:

Lze uspokojit energetické potřeby lidstva bez jaderné energie?
Je riziko jaderné energetiky přijatelné v porovnání s jejím přínosem?

Současná věda a technika nezná kromě rychlých štěpných reaktorů (a později snad fúzních reaktorů) žádný jiný zdroj, který by mohl svým potenciálem dlouhodobě, tj. s výhledem na tisíce roků, vyřešit hrozbu vyčerpávání paliv. Porovnání rizika z různých zdrojů energie ukazuje, že v evropských podmínkách připadá na jednotku vyrobené energie (se zahrnutím nehod při získávání paliv a materiálů, konstrukci a provozu elektrárny a ukončení včetně palivového cyklu) v uhelné energetice 40-70krát vyšší počet fatálních příhod v porovnání s jadernou.

Projekty jaderných elektráren se vyvíjejí

Projekty jaderných elektráren nové generace jsou vyvíjeny dvěma směry. Evoluční cesta je extrapolací vývoje zdokonalováním jaderných elektráren s využitím dlouhodobých zkušeností cílená na vysoce bezpečné jaderné elektrárny konkurenceschopné s uhelnými. Dalším směrem je vývoj projektů jaderných elektráren s inherentní bezpečností, orientovaných na pasivní bezpečnost. Významným projektem pro budoucí Evropu je European Pressurised Water Reaktor – EPR s předpokládaným výkonem vyšším než 1500 MW, který využívá osvědčené projekty německých a francouzských jaderných elektráren. Dalším významným projektem je varný reaktor SWR-1000, jehož cílem je vyvinout jadernou elektrárnu, která by dosáhla nové kvality využitím jednoduché koncepce bezpečnosti. Zvláštní kapitolou jaderné energetiky je vývoj reaktorů s rychlými neutrony. Vhodným uspořádáním aktivní zóny lze dosáhnout toho, že rychlý reaktor vyrobí více štěpitelného materiálu, než sám spotřebuje. Taková zařízení vyvíjela Francie, Velká Britanie, Japonsko a USA. Jadernou energii lze využít nejen k výrobě elektrické energie, ale také jako zdroje procesního tepla v průmyslu. Teplota chladiva v reaktoru není omezena jaderně fyzikálními vlastnostmi, ale materiálovými a termohydraulickými požadavky. Proto lze získat výstupní teploty až tisíců kelvinů. Palivové články chlazené inertním plynem dosahují výstupní teploty chladiva z reaktoru 770 stupňů Celsia. Vývoj vysokoteplotního reaktoru pokračuje v celosvětovém měřítku.

Má-li jaderná technologie přispět k vyřešení problému pokrytí budoucích potřeb energie a pomoci potlačit závažné důsledky jiných, dosud používaných zdrojů energie na životní prostředí, potom je nutné, aby se jí dostalo podpory veřejnosti. To lze provést pravdivým informováním o všech souvislostech, které jsou ve vztahu k jaderné energii vysloveny.

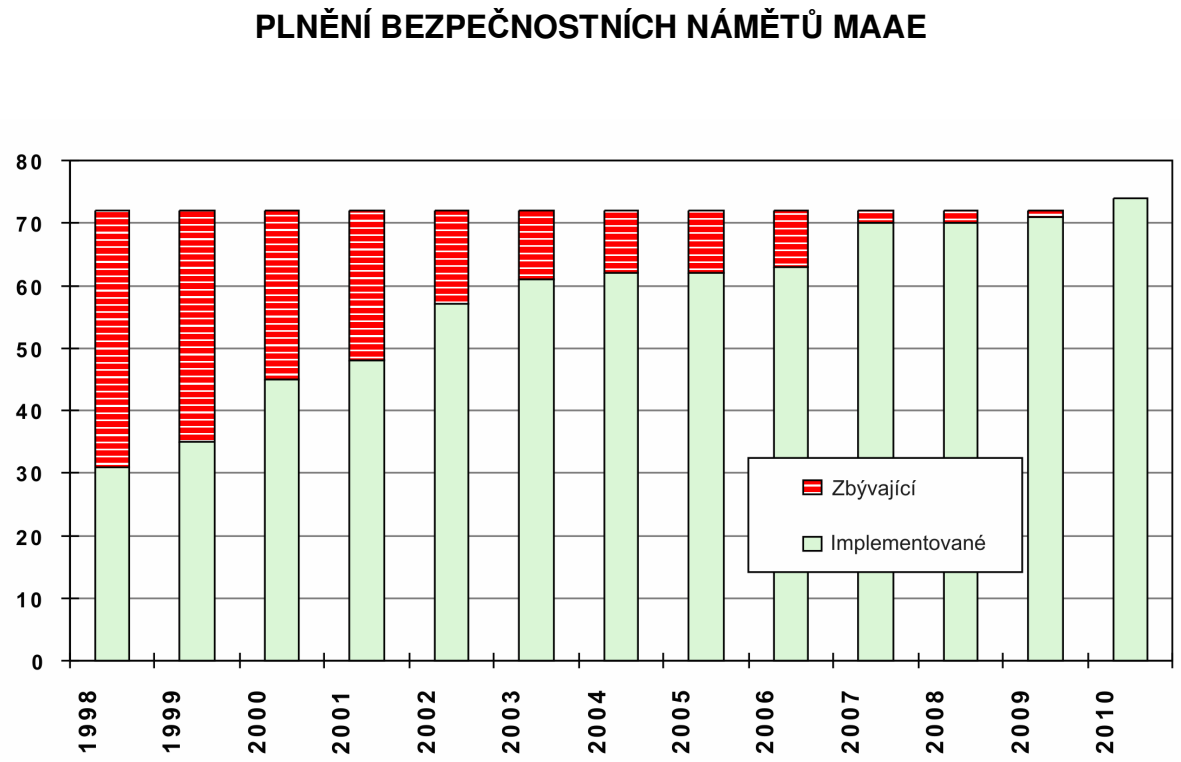
České jaderné zdroje elektrické energie

České jaderné elektrárny dosahují vynikající výsledky. V roce 2004 bylo podle hodnocení WANO jejich roční využití 82,1 %, kolektivní dávka záření byla nejnižší ze všech elektráren typu VVER v EU.

Jaderná elektrárna Dukovany

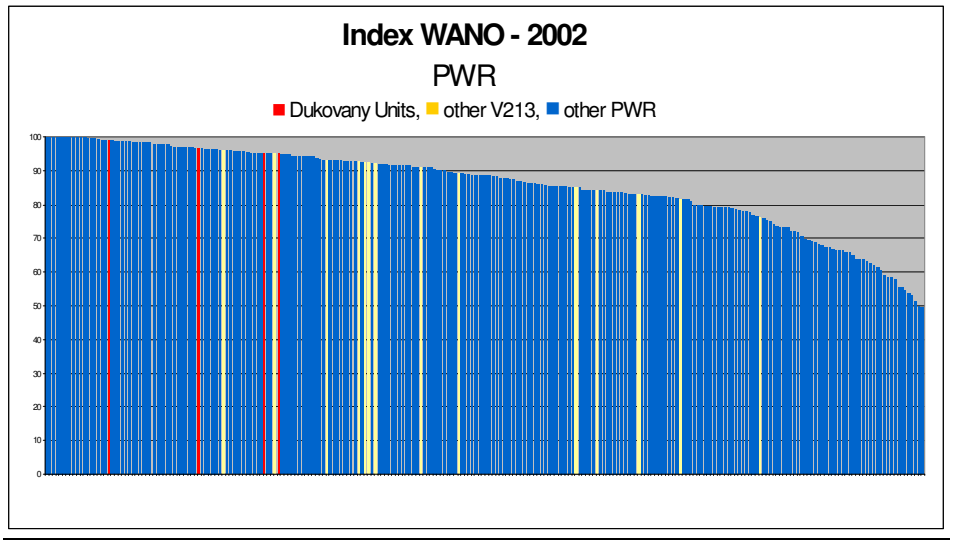
uvedla první blok do provozu v roce 1985. V roce 2005 dosáhla dvacetiletého bezpečného provozu. Jaderná elektrárna Dukovany prochází právě tak jako ostatní jaderné elektrárny ve světě procesem modernizace. V současné době jsou cíle modernizace stanoveny jako
1. zvyšování bezpečnosti,
2. zvyšování účinnosti a spolehlivosti,
3. náhrada vybraných zařízení,
4. konstrukce nových komponent.

Při modernizaci vychází z doporučení IAEA, OSART, WANO, Nových legislativních požadavků a zdokonalování pomocí nové dostupné technologie. Postupně je připravováno zvýšení výkonu elektrárny ze 1760 MW na 1945 MW (tedy celkem o 9,5 %) k roku 2012. Trvale je zvyšováno vyhoření paliva, které se k roku 2005 blíží 45 MW dnů/tU. V roce 1999 získala jaderná elektrárna ocenění jako bezpečný podnik. Zvyšování výkonnosti je dosahováno při snižování počtu zaměstnanců elektrárny (ze 2750 v roce 1990 na 1540 v roce 2001).

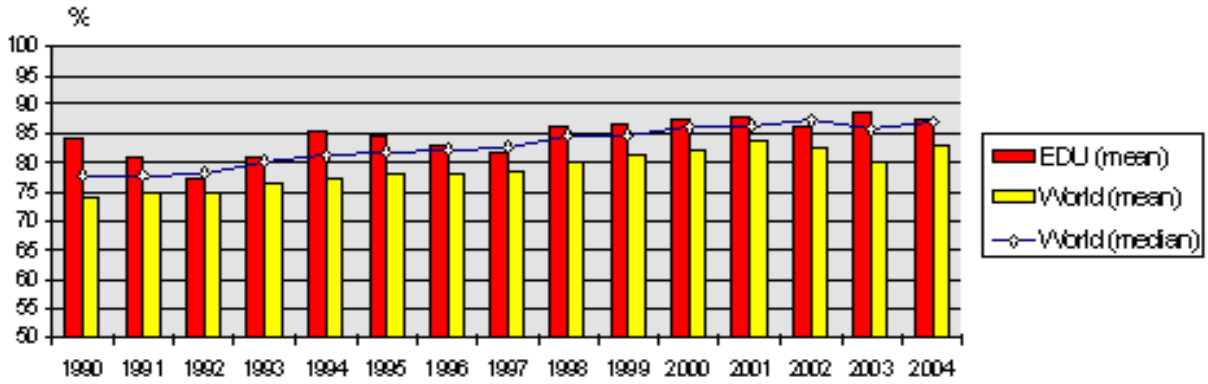


Obr. III.9. *Jaderná elektrárna Dukovany odstraňuje koncepční rozdíly formulované porovnáním s produkty západního světa (Zdroj: ČEZ, 2001)*

.POROVNÁNÍ SE SVĚTEM

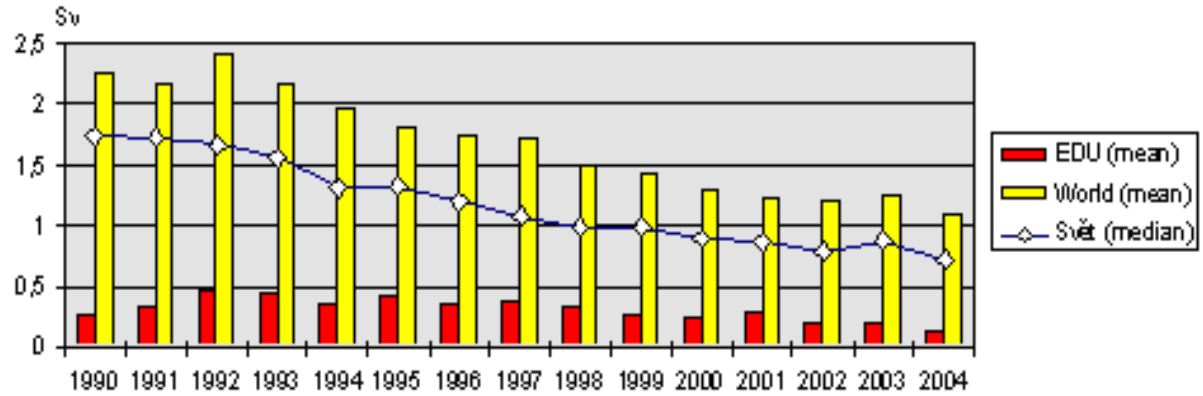


Obr. III.11. *Jaderná elektrárna Dukovany je hodnocena v první dvacítce nejlépe provozovaných elektráren světa (Zdroj: WANO, 2000)*

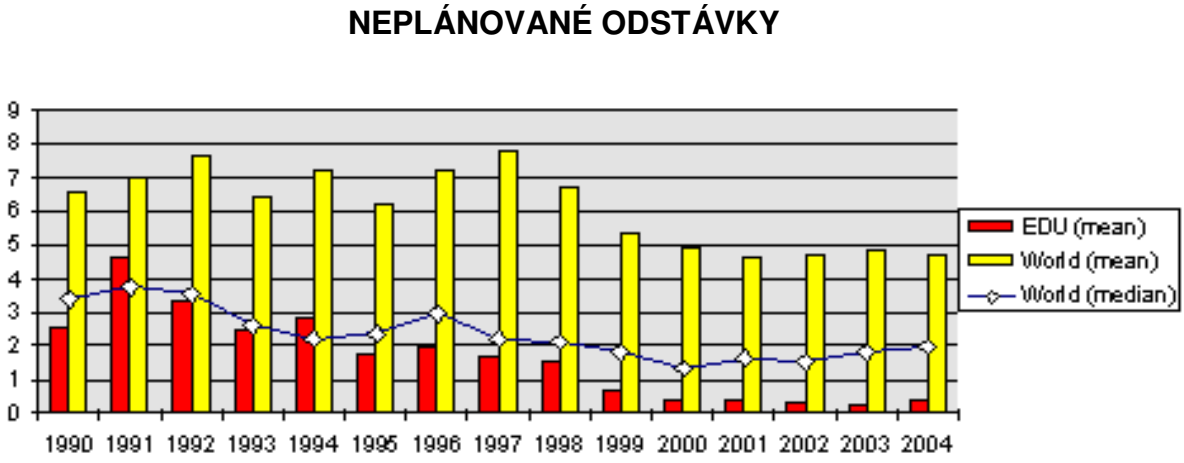


Obr. III.12. *Využití jaderné elektrárny Dukovany v roce vykazuje rostoucí tendenci*

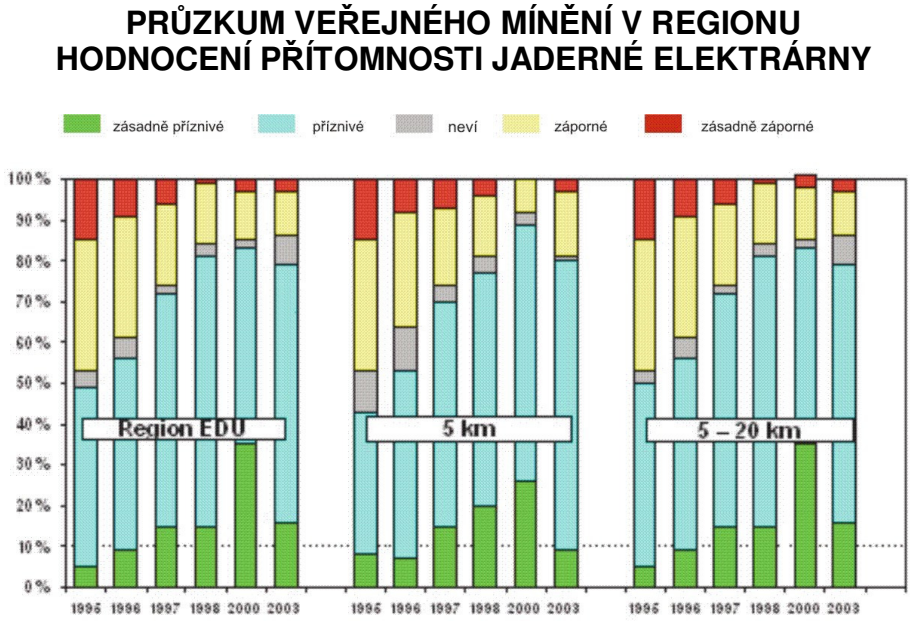
POROVNÁNÍ KOLEKTIVNÍ DÁVKY (MAN SIEVERT NA REAKTOR)



Obr. III.13. Nízká *kolektivní radiační dávka v jaderné elektrárně je dokladem vysoké kvality provozování této elektrárny*



Obr. III.14. *Výskyt neplánovaných odstávek EDU prokazuje spolehlivé ovládnutí technologie jako celku*



Obr. III.15. *Výsledkem úspěšného provozu EDU je rostoucí akceptování obyvatelstvem*

Jaderná elektrárna Temelín

Jak bezpečný je Temelín?

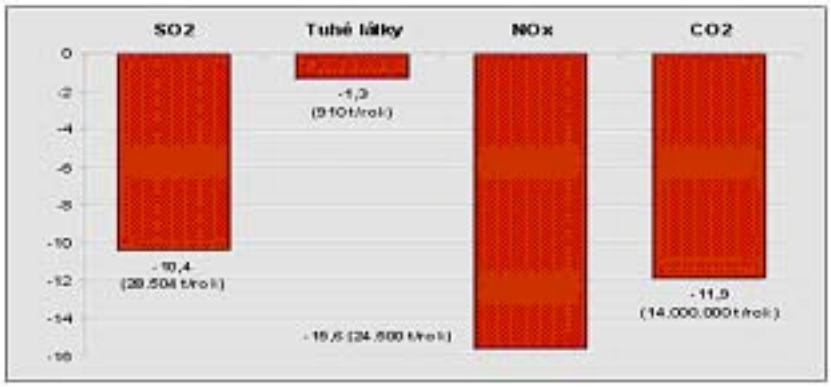
Framatome ANP vydala 18. 1. 2002 prohlášení k bezpečnosti jaderné elektrárny Temelín. Prohlášení bylo odezvou na vládní snahy Rakouska zastavit Temelín. Expertýza Framatome ANP se opírala o:

- znalosti ruských tlakovodních reaktorů,
- publikované posudky národních i mezinárodních expertních organizací.

Prohlášení konstatuje, že Temelín patří k nejbezpečnější pokročilé generaci standardních tlakovodních reaktorů, jeho bezpečnostní niveau je velmi blízko západním standardům, je vybaven plnotlakým kontejnmentem a bezpečnostním chlazením. Provedené změny a zvláště záměna paliva a systému řízení firmou Westinghouse výrazně zvýšily bezpečnost. Zvyšování

bezpečnosti Temelína je realitou, odchylky od přístupu Framatome, jsou akceptovatelné v USA. I nadále je zřejmé, že každý stát má právo rozhodnout, zda chce využívat jadernou energii nebo ne.

JADERNÁ ELEKTRÁRNA TEMELÍN UŠETŘÍ ROČNĚ OHROMNÉ MNOŽSTVÍ EMISÍ V POROVNÁNÍ S UHELNOU STEJNÉHO VÝKONU

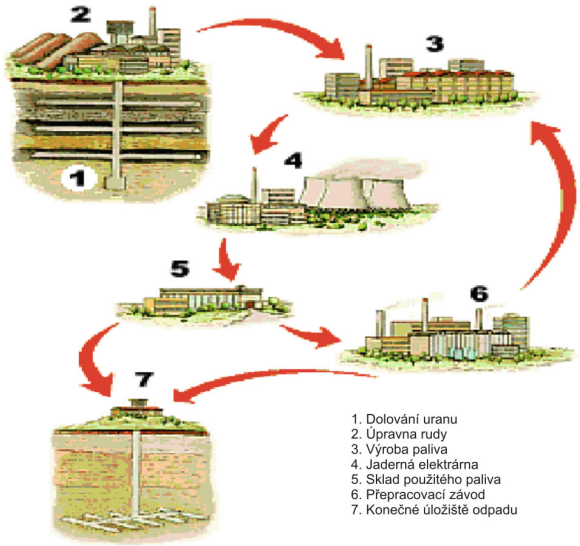


Obr. III.16. *Provoz ETE snižuje emise skleníkových a dalších plynů*

Sklad použitého jaderného paliva v jaderné elektrárně Temelín

V současné době prochází jaderná elektrárna Temelín obdobím stabilizace provozu. Elektrárnu je potřebné vybavit skladem použitého jaderného paliva. Této stavbě je věnována mimořádná pozornost ne proto, že by šlo o dílo mimořádně náročné. Naopak, zkušenosti z jaderné elektrárny Dukovany jsou snadno přenositelné s tím, že změnou bude se zřetelem na odlišný typ jaderného paliva konstrukčně jiný obalový soubor. Mimořádná pozornost projektu skladu plyne z požadavku na mezinárodní projednávání vlivu stavby na životní prostředí (Environmental Impact Assessment –EIA) v souladu s článkem 5 dohody z Espoo. Takové projednávání se neobejde bez informací o konci jaderného palivového cyklu.

Palivový cyklus jaderných elektráren

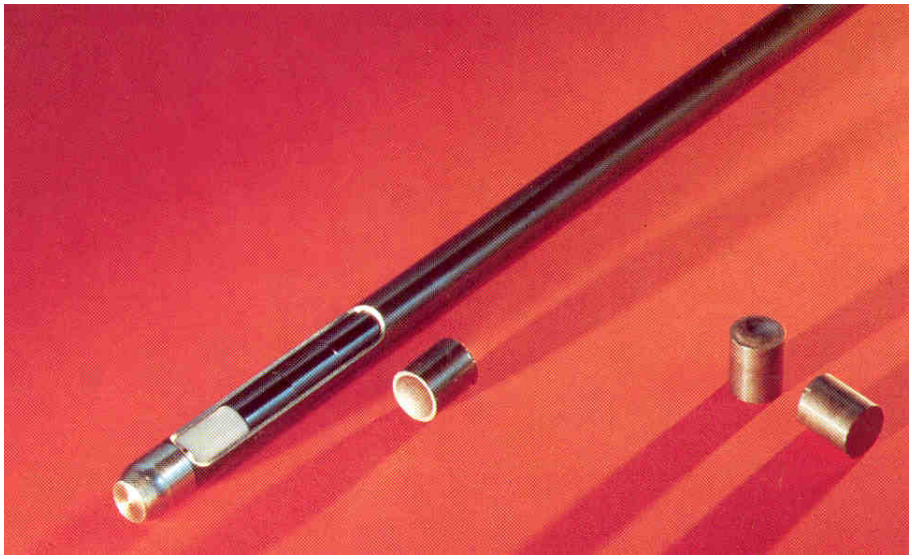


Obr. III.17. *Jaderný palivový cyklus (Zdroj: Vzdělávací program ČEZ)*

Obr. III.18. *Palivový cyklus jaderných elektráren má i v současnosti přijatelná řešení.*

V současné době je klíčovým úkolem zaměřeným na dosažení přijatelnosti jaderných paliv trvalé zdokonalování technologií, zpřísňování dozoru pro nakládání s radioaktivními odpady a jejich srozumitelné objasnění široké veřejnosti.

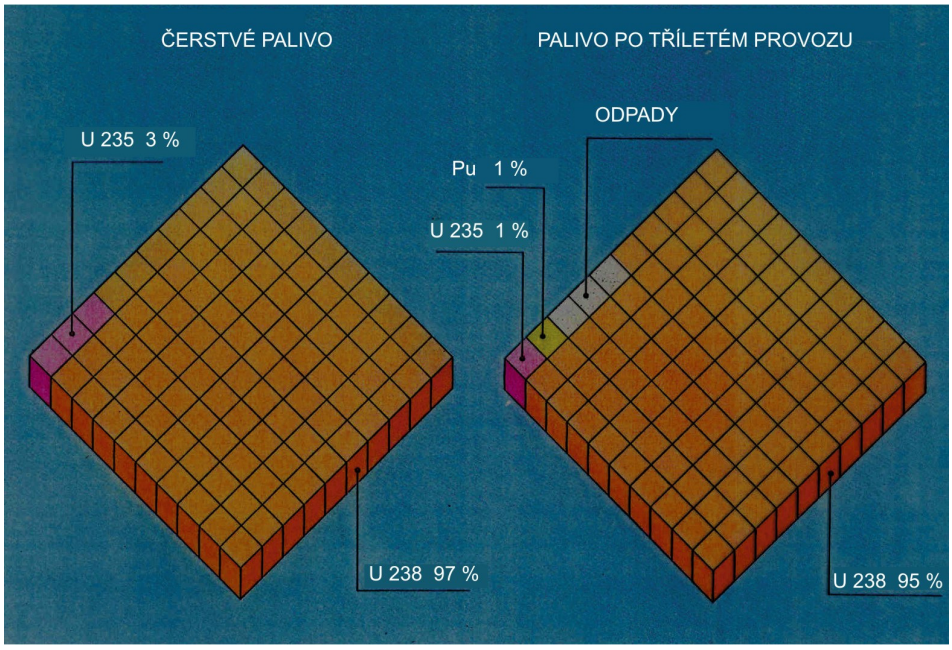
V současné době je jaderné palivo celosvětově používáno ve formě oxidu uraničitého, zpracovaného do tvaru tablety s průměrem a výškou cca 1cm. Jedna taková palivová tableta (peleta) poskytuje při čtyřleté palivové kampani výkon cca 200 W po dobu 4 let. Pelety jsou v lehkovodních energetických reaktorech hermeticky uzavřeny v trubičce ze slitiny zirkonu o délce cca 4 m.



Obr. III.19. *Palivový článek lehkovodního reaktoru.*

Obr .III.20. *Z palivových článků je vytvořen soubor – palivová kazeta*

Čerstvé palivo je tvořeno nejvýše z 5 % uranem 235 štěpitelným tepelnými neutrony, 95 a více procent tvoří uran 238, který je štěpitelný pouze neutrony s vysokými energiemi. Absorpce neutronu v uranu 238 vytváří plutonium 239, které je také vynikajícím jaderným palivem. Vyhořelé palivové proutky obsahují přibližně 95 procent uranu 238, jedno procento uranu 235, jedno procento plutonia a asi 3 procenta štěpných produktů vzniklých při štěpení.

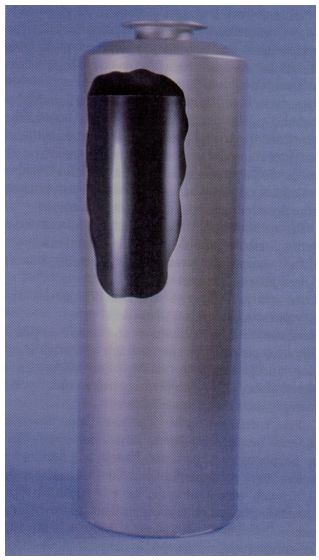


Obr. III.21. *Izotopické složení čerstvého a použitého paliva lehkovodních reaktorů*

Uran a plutonium jsou energeticky dále využitelné v reaktorech s rychlými neutrony, které jsou nejen ve vývoji, ale již i dlouhodobě v provozu. Separace uranu a plutonia z použitého paliva umožní jejich oddělení od skutečného odpadu, kterým jsou štěpné produkty a aktinidy. V současné době existují dvě technologie ukončení jaderného palivového cyklu. Přepracování použitého paliva prováděné společnostmi BNFL a Cogema vytěží energeticky využitelný materiál. Další metodou ukončení palivového cyklu je přímé uložení, které vrací do hlubin

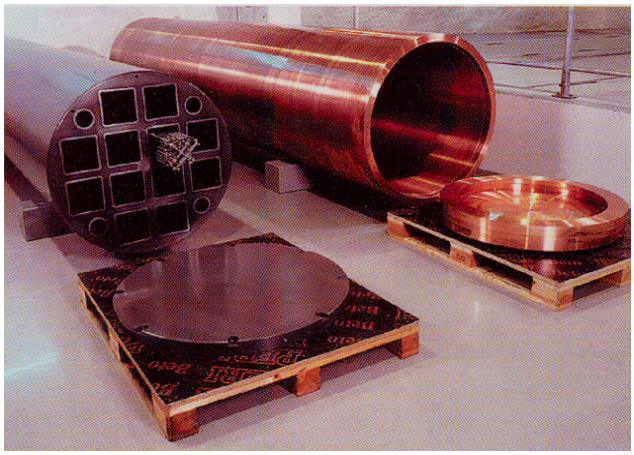
země nejen odpady, ale i energeticky využitelné suroviny – uran a plutonium. Použité palivo je tedy nejen odpadem, ale také využitelnou surovinou.

Obě metody jsou využívány. Některé země (například Francie) se přiklonily k otevřenému palivovému cyklu, který použité palivo přepracovává.



Obr. III.22. *Ocelový obalový soubor pro radioaktivní odpady uložené ve skle (vitrifikované)*

Jiné země (Finsko) preferují uzavřený cyklus, ve kterém je použité jaderné palivo prohlášeno za odpad a zavedeno do hlubinného úložiště.



Obr. III.23. *Finská varianta obalového souboru pro přímé uložení*

I po hlubinném uložení se ponechávají zadní vrátka plněním požadavku na „retrievabilitu“ hlubinného úložiště, tedy na takovou technologii uložení a podzemní části úložiště, která by v budoucnosti umožnila případné vyjmutí použitého paliva jako suroviny, která může být značně cennější než jakákoliv jiná surovina včetně ryzího zlata. Otevřený a uzavřený palivový cyklus mají své výhody a nevýhody, oba jsou zdokonalovány a náklady na ně se proto mění. Proto nemá ani smysl usilovat o analýzu, která by preferovala některý z nich. Například Německo přechází z otevřeného cyklu na přímé uložení použitého paliva bez přepracování. Japonsko předpokládá využívání obou cyklů, kdy otevřený cyklus bude mít přednost

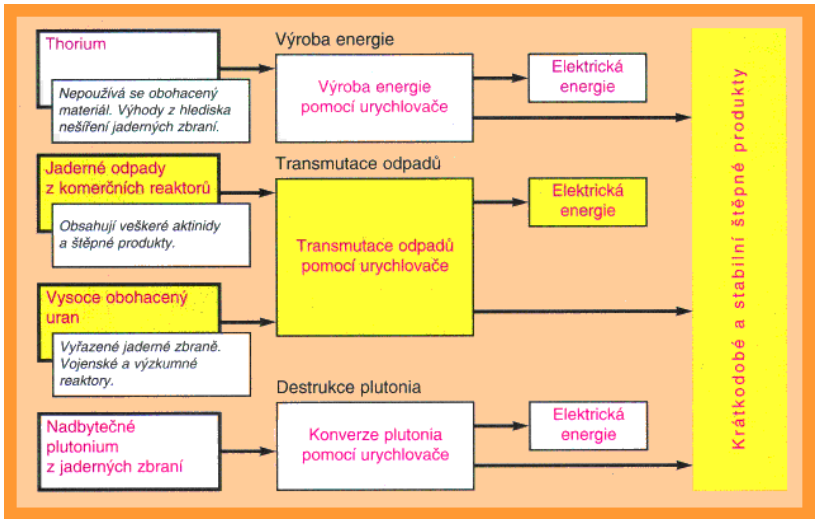
u použitého jaderného paliva s vyšším obsahem plutonia. USA do loňského roku 2004 nepočítala s přepracováním pro jeho ekonomickou náročnost, v roce 2005 se po dramatickém růstu cen ropy k němu začala přiklánět.

NOVÉ MOŽNOSTI LIKVIDACE POUŽITÉHO JADERNÉHO PALIVA

Významný výzkum je zaměřen na vývoj dalších metod ukončení jaderného palivového cyklu. Ozařování dlouhodobých radionuklidů vyvolává reakce, které je přemění na střednědobé nebo krátkodobé a tím se může výrazně zkrátit doba působení rizikového potenciálu radioaktivního inventáře. Snad nejznámější metodou je využití urychlovačem řízeného transmutačního zařízení (Accelerator Driven Transmutation Technology - ADTT). Princip je znám již od počátku 50. let. Metoda ADTT vychází z možnosti získat urychlovačem protony s energií až 3 GeV, které reakcí na terči z olova nebo arsenu vyvolají tříštění. Při něm vznikají neutrony využitelné k žádoucím transmutacím. Projekty založené na ADTT předpokládají, že použité jaderné palivo z jaderných elektráren se dále energeticky využije a současně se významně zkrátí doba, po kterou je jaderné palivo vysoce radioaktivní.

Jako cíle vyvíjených transmutačních technologií jsou nejčastěji uváděny:

1) snížení radiotoxicity použitého jaderného paliva,
2) možnost náhrady uranu 235 jinými štěpnými materiály při výrobě energie, tedy rozšíření potenciálních energetických zdrojů,
3) snížení nákladů a dalších nároků na konečné uložení odpadů palivového cyklu,
4) denaturace plutonia (tj. snížení obsahu štěpitelných izotopů) s cílem znehodnotit jej pro vojenské zneužití.

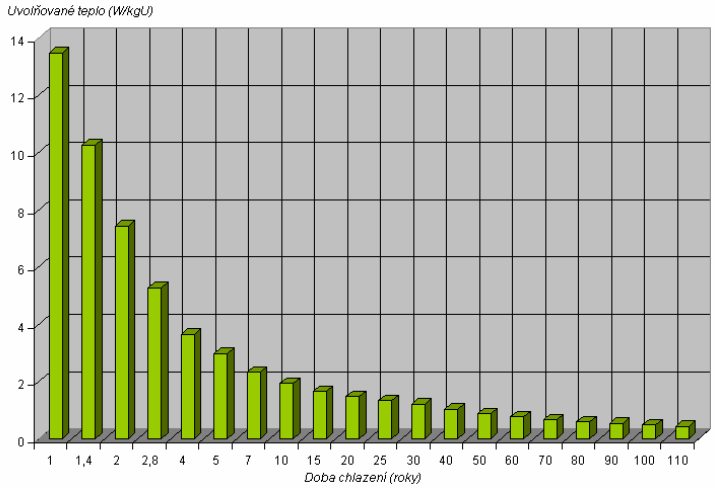


Obr. III.24. *Budoucí nakládání s odpady je schopné řešit s nasazením urychlovačů i využití thoria, likvidaci zbraňového plutonia a paliva z výkumných reaktorů a při tom získat energii.*

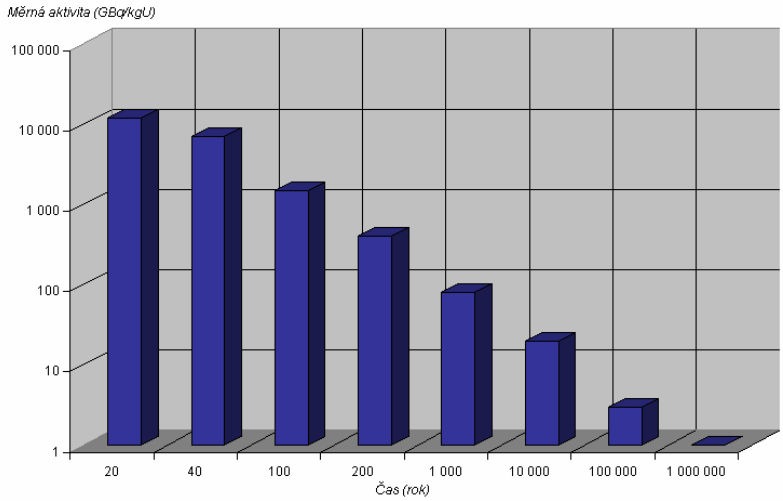
Skladování použitého paliva

Mezi koncem využívání jaderného paliva v reaktoru a jeho zpracováním podle zvolené technologie se vyhořelé palivo skladuje. Rozpad radioaktivních odpadů v etapě skladování sníží radioaktivitu i vývin tepla, a tím umožní bezpečnější a levnější přepracování paliva nebo jeho umístění do hlubinného úložiště. Čas získaný skladováním umožní získat podklady k volbě mezi uložením a přepracováním nebo k využití některé z dalších metod, v současnosti

intenzivně vědecky i technicky rozvíjených. Doba skladování je v různých zemích rozdílná (například licence v USA je na 20 let, ale současně platí závěr NRC (Nuclear Regulatory Commission), že suché sklady využívající obalové soubory jsou bezpečné po staletí). V České republice se předpokládá celková doba skladování od vyjmutí paliva z reaktoru cca 80 let. Tomu odpovídá pro první palivové soubory z jaderné elektrárny Dukovany předpokládaný termín zprovoznění hlubinného úložiště v roce 2065.

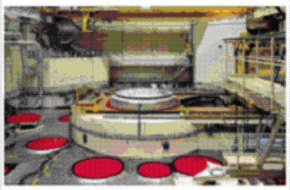
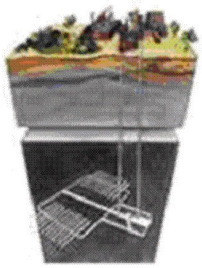


Obr. III.25. *Tepelný výkon použitého paliva se výrazně snižuje po vyjmutí z reaktoru (palivo tlakovodních reaktorů s vyhořením 50MWd/kgU, s měrným výkonem 40 kW/kgU*



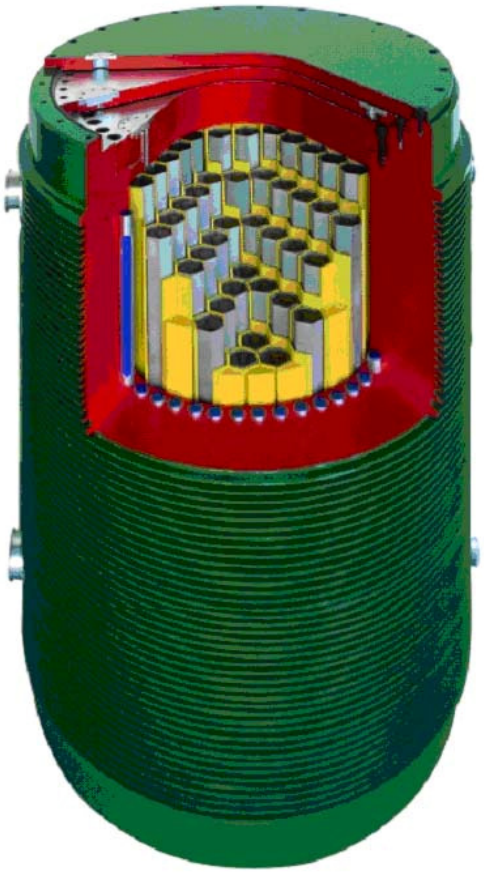
Obr. III.26. *V závislosti na době od vyjmutí paliva z reaktoru se snižuje také měrná aktivita použitého jaderného paliva*

Bezprostředně po vyjmutí paliva z reaktoru je nutné se zřetelem k vysokému vývinu tepla chladit jaderné palivo několik let vodou v bazénech umístěných v jaderné elektrárně. Následně je možné použité palivo převést do samostatných na elektrárně nezávislých objektů-skladů. Většinou jsou objekty skladů vybudovány v blízkosti jaderné elektrárny, ale mohou být i v jiné lokalitě, pak jde o tzv. centrální sklady. Například v USA se nyní budují sklady v lokalitách jaderných elektráren, ale předpokládá se vybudování skladů i centrálních, které by byly vhodné například pro skladování paliva z odstavených elektráren. V Německu se spíše přechází od používání již vybudovaných centrálních skladů k výstavbě skladů v lokalitách elektráren. V Japonsku se naproti tomu předpokládá vybudování nového velkého centrálního skladu.

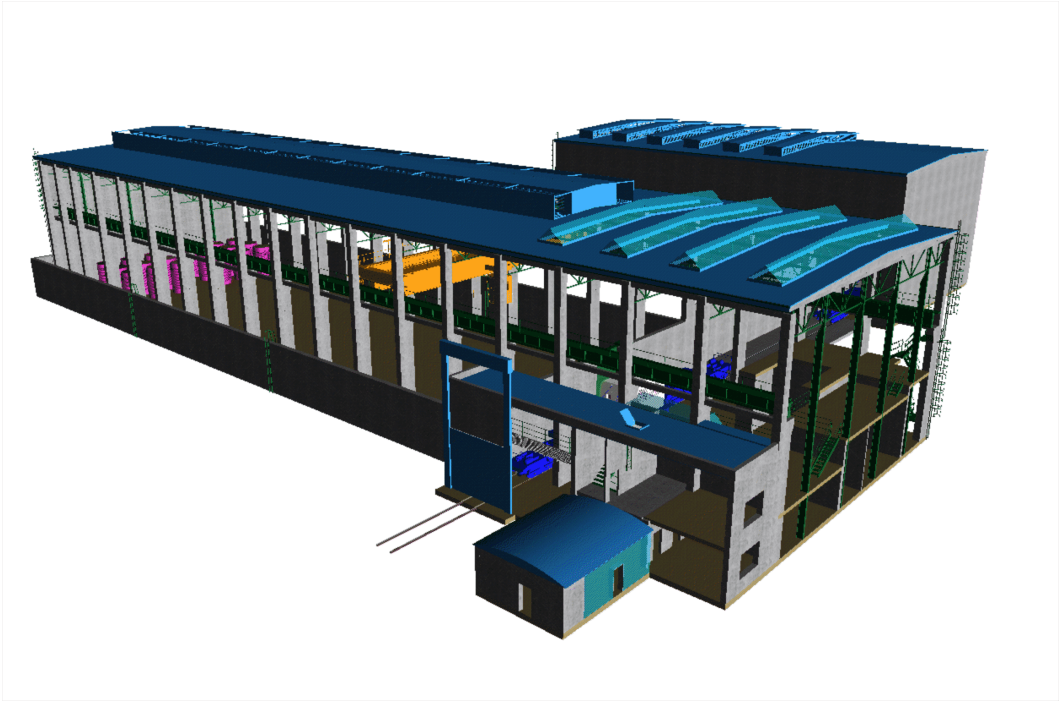
Doba setrvání použitého paliva	cca 5 – 13 let	cca 70 let	trvale
Místo	Bazény použitého paliva EDU a ETE 	Sklady EDU Sklad ETE Záložní Skalka	Hlubiné úložiště 
Zodpovídá	Energetická společnost ČEZ, a. s.		SÚRAO
Dozor vykonává	Státní úřad pro jadernou bezpečnost SÚJB		
Finanční prostředky	Příslušný rozpočet ČEZ, a. s.		Jaderný účet (odvody ČEZ, a. s.)

Obr. III.27. *Schéma konce jaderného palivového cyklu v České republice*

Projektové řešení skladů se řídí požadavky, specifikovanými Mezinárodní agenturou pro atomovou energii, je zaměřené na dlouhodobé bezpečné a ekonomické provedení včetně nároků zamezujících zneužití použitého paliva. Možné je skladování pod vodou v bazénech (na povrchu např. ve Francii, Rusku, Velké Británii, Slovensku nebo výjimečně v podzemí - sklad CLAB ve Švédsku), možné jsou i suché sklípkové sklady (použité např. v Maďarsku nebo v řešení skladu CASCAD ve Francii), horizontální betonové moduly, do kterých je vkládán tenkostěnný kovový kanistr (např. řešení NUHOMS používané v USA) nebo suché kovové nebo betonové obalové soubory umístěné pod širým nebem (např. USA). Pro skladování v Česku, obdobně jako v Německu, se používají suché dvojúčelové (pro skladování a přepravu) obalové soubory umístěné v železobetonové budově. Každá z technologií má své výhody. Kombinace jednoduchosti, modularity, nízkých provozních nákladů a rizik pro skladování v kovových nebo betonových obalových souborech preferuje současně tuto technologii.



Obr. III.28. *Skladovací kontejner CASTOR v jaderné elektrárně Dukovany*



Obr. III.29. *Sklady v areálu elektrárny Dukovany. V pozadí je dnes již zaplněný mezisklad na 600 t použitého paliva, v popředí v současné době dokončený nový sklad na 1340 tun použitého paliva*

České sklady v areálu elektrárny Dukovany používají kovové obalové soubory pro 84 palivových souborů s modelovým označením CASTOR 440/84 a novější CASTOR 440/84M modifikovaný na novější palivo s vyšším vyhořením. Použité palivo z jaderné elektrárny Temelín bude skladováno v obalových souborech, umožňujících uložení paliva VVER 1000, které se od paliva pro reaktory VVER 440 zásadně liší jak rozměry, tak konstrukcí. Požadavky na skladování budou opět vycházet z mezinárodních doporučení a budou systémově analogické. Obalové soubory temelínské elektrárny budou uloženy v železobetonových budovách umožňujících odvod zbytkového výkonu přirozeným prouděním vzduchu. Ten po vstupu otvory podél budovy bude obtékat obalové soubory, ohřátý stoupat a vystupovat světlíkem ve střeše. Budova zeslabí dále gama záření a neutronové záření z použitého paliva, zabezpečí fyzickou ochranu skladu a ochrání obalové soubory před nepříznivými vnějšími vlivy. Budova je dimenzována na málo pravděpodobné přírodní živelné události jako jsou zemětřesení nebo extrémní klimatické podmínky. Rovněž odolá pádu letadla o 2 tunách, výbuchu silniční cisterny nebo dalším v úvahu přicházejícím událostem způsobeným člověkem. U nově připravovaného skladu v areálu elektrárny Temelín byl analyzován i dopad teroristického útoku vedeného velkým dopravním letadlem. Výsledek analýz potvrzuje jiné zahraniční výsledky obdobných studií, že by sice došlo ke značnému poškození budovy skladu a následnému požáru, ale že i v tomto případě by nedošlo k významným radiologickým důsledkům na okolí tj. nebyly by dosaženy úrovně efektivních dávek vyžadující neodkladná opatření a se zanedbatelnou pravděpodobností by bylo nutné zavedení následných ochranných opatření.

Po etapě skladování bude použité palivo převezeno do povrchového areálu hlubinného úložiště. Transporty použitého paliva jsou podle zkušeností po technické stránce vysoce bezpečné a přístupy k nim se dále průběžně vylepšují. Snaha o jejich minimalizaci nevychází tedy ze snahy snížit riziko transportů na přijatelnou úroveň, ale z organizačních komplikací způsobených odpůrci jaderné energetiky, které mají vliv na zvýšení nákladů na transporty. V povrchovém areálu bude použité palivo přeloženo z transportního obalového souboru do úložného obalového souboru. Na úložný obalový soubor jsou kladeny jiné požadavky než na

obalové soubory pro skladování a transport. Nemusí například zajišťovat vysokou stínící schopnost, ale musí naopak zachovat po dlouhou dobu těsnost i při kontaktu s vodou. Jiné jsou i požadavky na odvod tepla. Na příklad se předpokládá, že úložný obalový soubor pro palivo VVER 440 pojme pouze 7 palivových souborů. Po naplnění a uzavření bude úložný obalový soubor převezen do podzemní části vybudované v hloubkách 300 až 1 000 metrů pod povrchem země a zde umístěn do lože z bentonitu nebo jílu. Bentonit při styku s vodou zvětšuje objem a tím vytváří v okolí úložného obalového souboru další hermetické těsnění. Vrstva nadložní horniny společně s uměle vytvořenými bariérami je zárukou, že ani po dlouhé době desetitisíců let nedojde k úniku radionuklidů do biosféry. Výběr vhodné lokality pro hlubinné úložiště je dlouhodobým projektem, který v Česku řídí nikoliv provozovatel jaderných elektráren, který již nemusí ve vzdálenějším časovém horizontu existovat, ale obdobně jako v jiných zemích stát prostřednictvím Správy úložišť radioaktivních odpadů. Náklady na přípravu a realizaci hlubinného úložiště budou čerpány z jaderného účtu vytvořeného odvody z prodeje elektřiny v každé jaderné elektrárně. Pro umístění hlubinného úložiště jsou vhodné pouze stabilní a neporušené geologické formace. Řada kritérií na volbu úložiště je dobře specifikována. Není na příklad možné využít stará důlní díla budovaná téměř výhradně v nehomogenních masivech, ve kterých byla navíc dolováním a odstřely narušena tektonika horninových vrstev. Hlubinné úložiště bude otevřeno novým důlním dílem v důkladně a po všech stránkách prozkoumaném geologickém prostředí. Hostitelským masivem může být hornina, která se prokazatelně nezměnila po dobu několika milionů let a lze předpokládat, že zůstane stabilní i nadále.

Jaderné odpady vzbuzují zhledem ke svému charakteru obavy lidí přesto, že velké množství jiných antropogenních (vyrobených člověkem) i přírodních odpadů ohrožuje biosféru nesrovnatelně více. Odpady z průmyslu zejména hutního, chemického a zpracovatelského i z komunálního hospodářství, ale také z dopravy, energetiky, zemědělství a zdravotnictví ohrožují již v současné době biosféru a jsou významnou hrozbou pro budoucí funkci biosféry. Lidé se ale obávají radioaktivních odpadů přesto, že ohrožení z nich plynoucí je při současné světové legislativě nepatrné a nakládání s nimi by mohlo být vzorem pro globální odpadové hospodářství. Již fakt, že k získání energie z uhlí je potřebné spálit desetimilionkrát větší hmotnost paliva v porovnáním s uranem, určuje hmotnost jaderných odpadů, která je desetimilionkrát nižší. Proto je také technicky možno jejich dokonalé, i když nákladné oddělení od životního prostředí. Jaderné záření pocházející z odpadů proto vytváří jen nepatrný podíl celkové dávky vytvářené všemi přírodními i umělými zdroji.

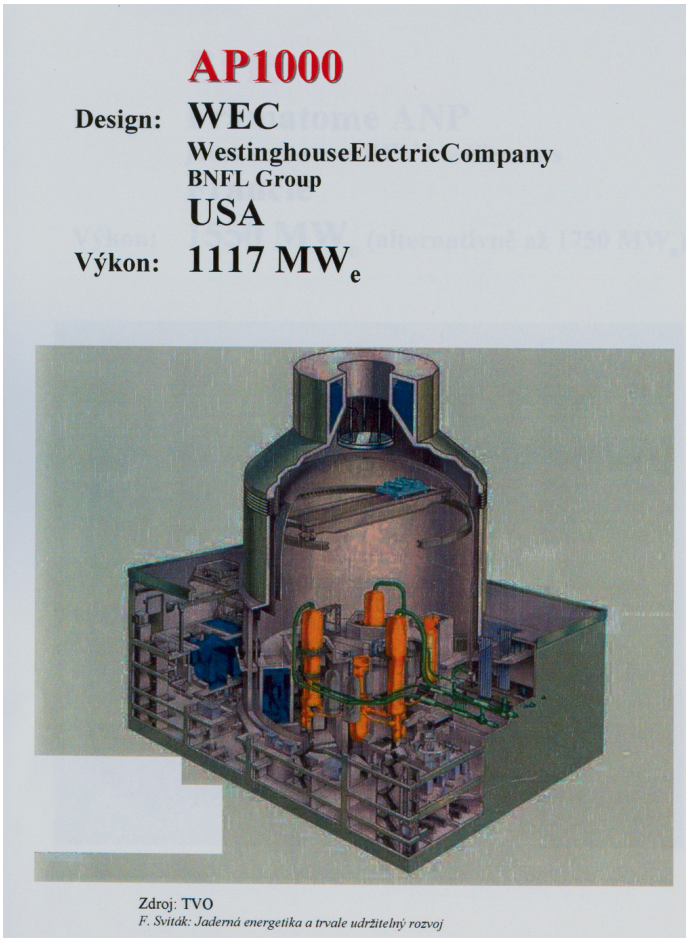
Uložení odpadů z jaderných elektráren

Přestože hlubinná úložiště budou projektována s životností „na věky“ lze se zřetelem na vyčerpávání všech paliv včetně jaderných očekávat, že již generace v nejbližších stoletích budou materiály z úložišť potřebovat. Sklady použitého paliva a hlubinná úložiště nejsou problémové z hlediska techniky, ale jsou kartami v politických hrách a předmětem tlaku vyvolávaného odpůrci jaderné energetiky. Tím významnější je pravdivé informování veřejnosti, které by zvýšilo přijatelnost takového díla a poukázalo na ohromné finanční částky, které zvolený region získá z jaderného účtu pro vlastní rozvoj. Kompenzace pro nejbližší okolí jaderných zařízení jsou opodstatněny, že ze stavby v jejich sousedství má užitek široká veřejnost a že z obdobných staveb mohou mít neinformovaní obyvatelé přirozený strach, jako z něčeho neznámého. Pro další postup v přípravě hlubinného úložiště je proto nezbytná otevřenost, pravdivost a srozumitelnost ve všech aspektech. Zejména je nutné vysvětlovat principy zajištění bezpečnosti, nezávislost jejího ověřování a přínos

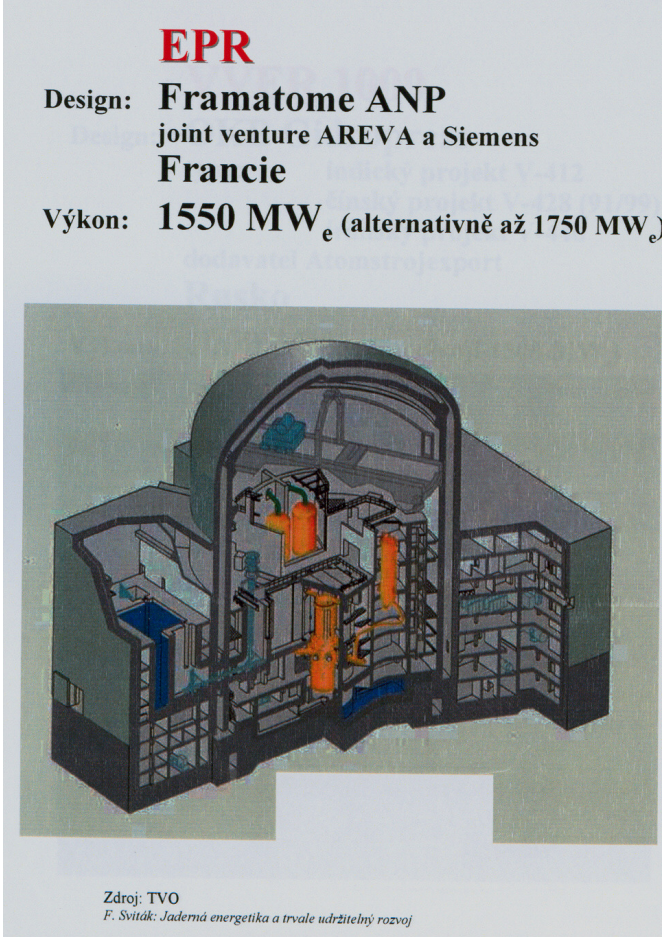
jaderné energetiky pro spolehlivost dodávky energie. Ani přes veškeré úsilí nelze dosáhnout souhlas všech a to nejen pro úložiště jaderného paliva, ale jak ukazuje současná praxe, ani pro další stavby jako jsou dálnice, průmyslové zóny a další celospolečensky významné stavby. Nelze ani zajistit informovanost někoho, kdo informován být nechce.

Jaderných paliv je dostatek. V současné době představují identifikované zásoby uranu 2,3 Mt a jeho celkové těžitelné zásoby desetinásobek. Společně s uranem z moří, z hornin a z thoria z hornin představují těžitelné zásoby nejméně 160 Mt. Proto by identifikované zásoby využívané v lehkovodních reaktorech bez recyklování vystačily na 50 až 100 let, v rychlých reaktorech na 5000 roků. Pokud by měl jaderně energetický systém využívající reaktory na rychlých neutronech zásobovat lidstvo primární energií, jakou spotřebovává celý svět, potom by těžitelné zásoby štěpných a plodících materiálů vystačily na více než 30 tisíc let. Těžitelné zásoby lithia v horninách a mořích jsou 1,2 Gt a těžitelné zásoby deuteria 200 Gt. Zásoby lithia pro fúzní rektory tedy vystačí na 46 milionů let. Protože takový potenciál nemá žádné jiné palivo, je jaderná energetika příslibem energetické budoucnosti lidstva. Transparentní řešení celého palivového cyklu je však nutnou podmínkou přijatelnosti jaderné energetiky současnosti i budoucnosti.

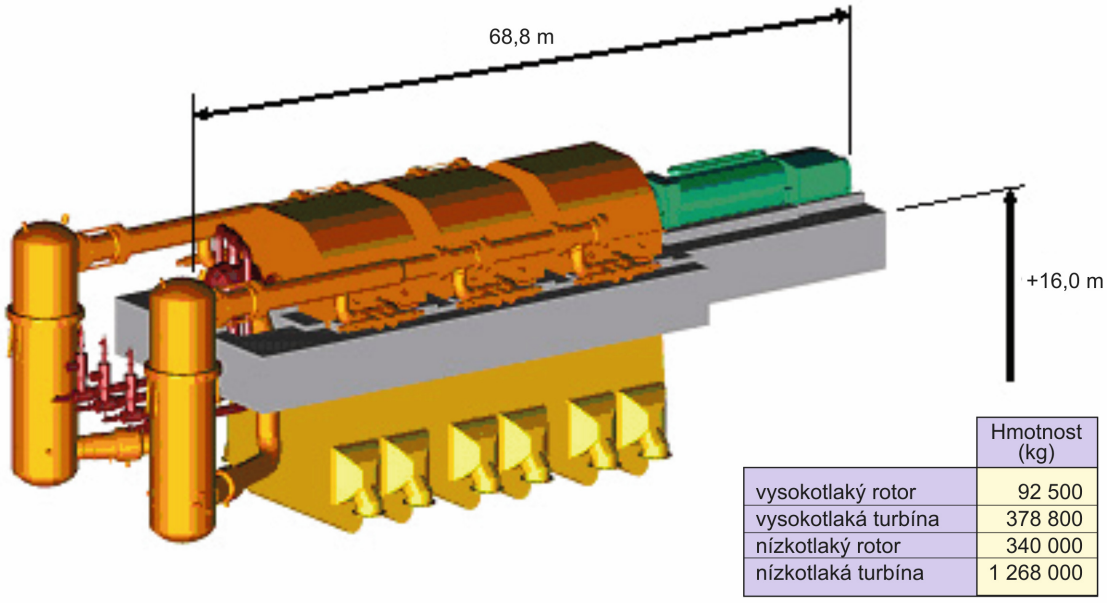
Moderní projekty tlakovodních elektráren



Obr. III.30. *Pokročilý jaderný reaktor vyvíjí firma Westinghouse*

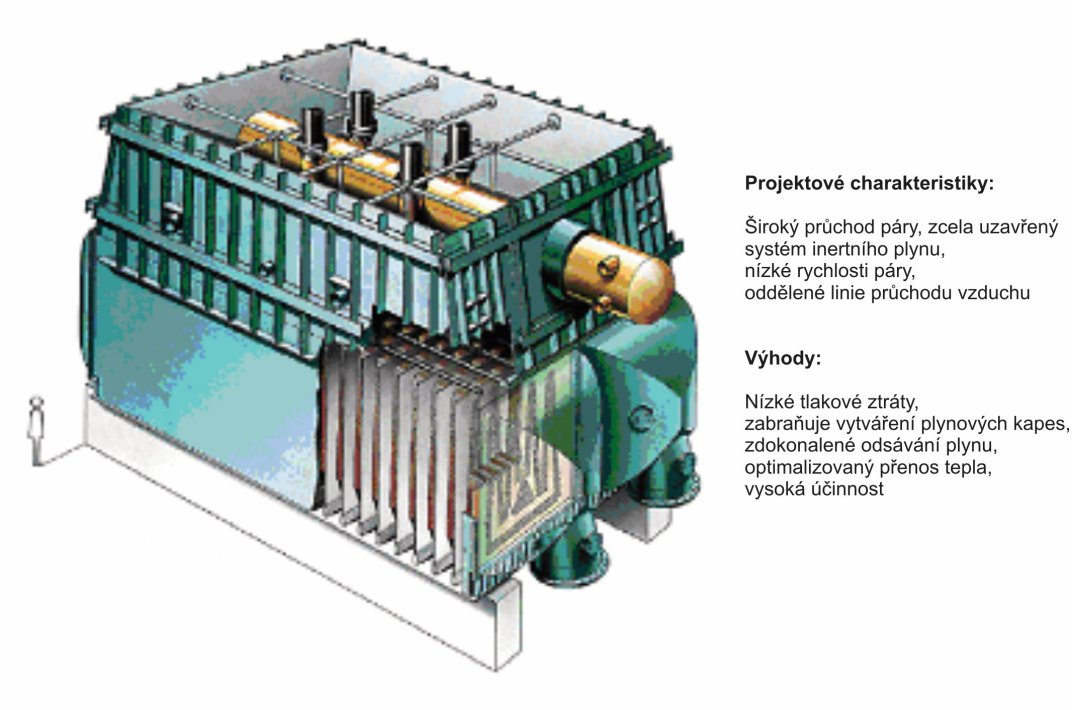


Obr. III.31 *Technické parametry EPR prokazují jeho všestrannou výhodnost*

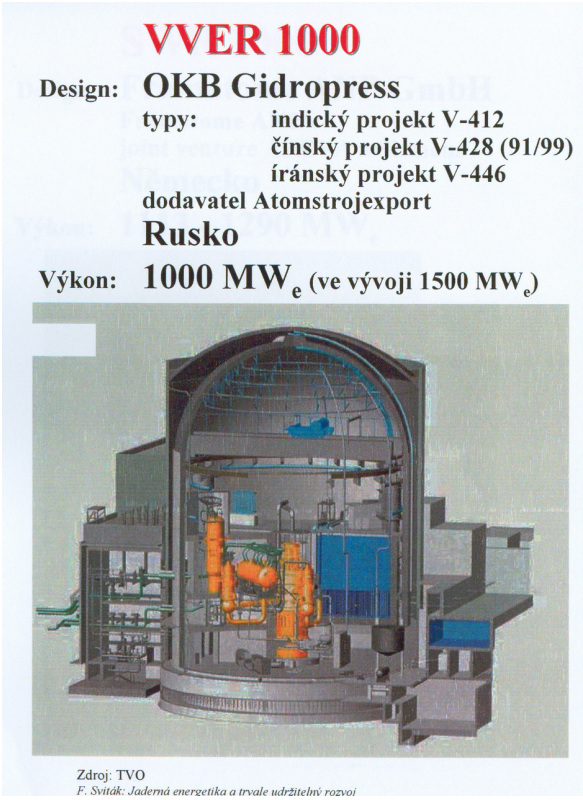


	Hmotnost (kg)
vysokotlaký rotor	92 500
vysokotlaká turbína	378 800
nízkotlaký rotor	340 000
nízkotlaká turbína	1 268 000

Obr. III.32. *Vývoj jaderných elektráren zahrnuje i nové parní turbíny (Zdroj: Siemens, 2005)*

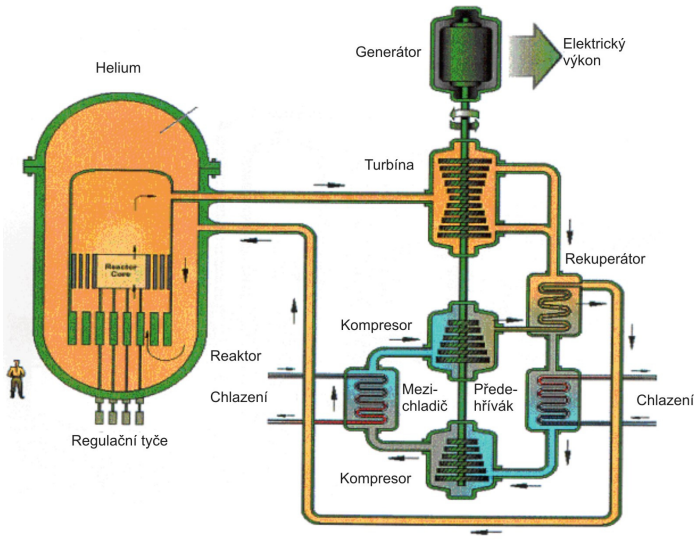


Obr. III.33. *I další komponenty jaderné elektrárny procházejí náročným vývojem (Zdroj: Siemens, 2005)*



Obr. III.34. *Ruský jaderný program úspěšně navázal na zkušenosti s reaktory typu VVER*

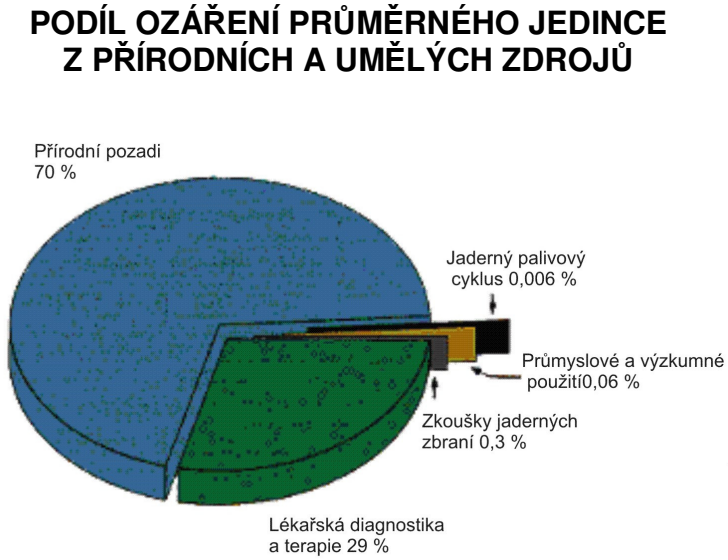
Elektrárny s rychlými reaktory



Obr. III.35. *Rychlé reaktory dalších generací mohou být chlazeny plynem. Tak odpadnou problémy s chlazením tekutými kovy (Zdroj: Generation IV. International Forum, 2001)*

Soudobé jaderné elektrárny pracují s poměrně nízkými teplotami páry na vstupu do turbíny. Proto mají i nižší účinnost ve využití energetického potenciálu jaderného paliva. Protože ale v jaderné elektrárně není teplota chladicího média omezena jaderně fyzikálními vlastnostmi, ale výhradně materiálovými, je směrem zvyšování účinnosti jaderných elektráren využití takových materiálů schopných pracovat s vyššími teplotami pokrytí paliva a chladicího média. Proto je vyvíjen jaderný reaktor schopný pracovat s nadkritickými parametry páry právě tak, jak tomu je v elektrárnách spalujících uhlí.

Riziko jaderných zdrojů záření



Obr. III.36. *Jaderná energetika přispívá k roční dávce nepatrně v porovnání s přirozeným pozadím, ale také s dávkami pocházejícími z využití v medicíně.*

POROVNÁNÍ ZDRAVOTNÍCH RIZIK

		Průměrné ozáření (mSv/rok)
Přírodní zdroje	Radon (podloží, budovy, podzemní voda)	1,30
	Gama záření zemského povrchu	0,46
	Kosmické záření	0,39
	Přírodní radionuklidy v těle člověka	0,23
	Celkem	2,38 (v ČR 3-3,5 mSv)
Umělé zdroje	Lékařské ozáření (včetně roentgenového vyšetření)	0,3
	Letecká doprava	0,01
	Spad (zkoušky jaderných zbraní, jaderné havárie)	0,007
	Ozáření při práci	0,002
	Výpusti z jaderných zařízení	0,001
	Spotřební zboží	0,0005
	Celkem	cca 0,32

Zdroj: Rentgen Bulletin září 2001, UNSCEAR (1993)

Průměrný celkový počet úmrtí u různých způsobů výroby elektřiny (počet úmrtí na 1 vyrobenou TWh)

	Počet úmrtí
Olejová elektrárna	4,1
Uhelná elektrárna	2,2
Plynová elektrárna	1,9
Sluneční elektrárna	1,2
Větrná elektrárna	0,07
Jaderná elektrárna	0,005

Trvale existující rizika úmrtí (počet úmrtí na 1 milion obyvatel)

	Počet úmrtí
Přirozené nemoci	10 000
Nemoci kuřáků	2 000
Nehody všeho druhu kromě dopravních	500
Dopravní nehody	300
Elektřina (nehody v průmyslu, službách a v domácnostech)	20
Emise oxidu siřičitého (z elektráren spalujících fosilní paliva)	3
Přírodní katastrofy	1
Jaderné elektrárny	0,1

Obr. III.37. *Bezpečnost jaderných elektráren prokazuje jejich společenskou přijatelnost*

Nové jaderné elektrárny

Renesance jaderných elektráren již prakticky probíhá. Výstavba další jaderné elektrárny ve Finsku a příprava projektu další jaderné elektrárny ve Francii (Flamanville) je zřejmým důkazem. Ekonomické a ekologické výhody jaderné energie s přihlédnutím k nevýhodám ostatních paliv vytvářejí atmosféru nevyhnutelnosti výhledu, že jaderné elektrárny budou objednávány i v USA. Licence na nové reaktory jsou již v USA uděleny. Jaderná energie bude nezbytným klíčem udržitelného rozvoje po celém světě ve 21. století. V USA jsou certifikovány pokročilé reaktory, provádějí se změny v licencování a další iniciativy zařazené do plánu Vision 2020. Kongres USA podporuje jadernou energetiku legislativními opatřeními včetně stimulů pro jaderné elektrárny. Pro následující dvě desetiletí volba velkých zdrojů elektřiny ukazuje jadernou energii jako jediný velký zdroj, který je prostý emisí a je schopný rozvoje. Užití jaderné energie k produkci vodíku a odsolování je nejdůležitější aplikací pro 21. století. Další rozvoj jaderných kapacit rozšiřuje základnu přírodních zdrojů pro krytí rostoucích energetických potřeb, zvyšuje technologický a lidský kapitál a zachází-li se s ním

bezpečně, má vliv na lidské zdraví a ekosystémy a to v průběhu celého řetězce od jaderného zdroje až k energetické službě. V USA probíhá ambiciózní program vývoje propojených technologií včetně specifického jaderného reaktoru, s rozpočtem 1,2 miliardy USD.

Korea provozuje jaderné elektrárny s instalovaným výkonem 20,2 GW s ročním využitím 94,2 %, 8 dalších je ve výstavbě.

Z tohoto hlediska je záměr efektivně dlouhodobě provozovat moderní jadernou elektrárnu Temelín, usilovat prováděním modernizace jaderné elektrárny Dukovany o její využití v dalších dvaceti až čtyřiceti letech a pečlivě vybrat dodavatele další jaderné elektrárny, která zajistí spolehlivou dodávku elektřiny, logický a správný. Nová jaderná elektrárna by měla být podle záměru státní energetické koncepce České republiky uvedena do provozu po roce 2020, a měla by být spolehlivým a bezpečným zdrojem elektrické energie i za horizontem poloviny 21. století.

Vize vodíkové ekonomiky je slibnou technologií pro výrobu kapalného paliva pro dopravu i průmysl, pokud se k výrobě vodíku použijí čisté zdroje energie. Jaderná energie takovou technologií bezesporu je, teplot využitelných pro výrobu vodíku již bylo ve vysokoteplotních reaktorech dosaženo.

Ve všech směrech je pohled na perspektivy jaderné energie optimistický, její místo v energetickém mixu je nezastupitelné.

Hlavním problémem investora v jaderné energetice je volba instalovaného výkonu: investice do nezměnitelného projektu velké jaderné elektrárny nebo výstavbu pružného sledu menších modulárních jaderných elektráren, který snižuje rizika.

Výroba elektrické energie v jaderných elektrárnách je:

- s ohledem na dlouhodobě stabilní cenu jaderného paliva, minimální náklady na jeho dopravu a vysoký energetický obsah **levná,**
- **čistá a ekologicky šetrná** ke globálním změnám klimatu (bez emisí oxidů síry, dusíku a uhlíku) a dává možnost využití odpadního tepla k vytápění.
- v současnosti **realizovatelná** s přijatelnou mírou celospolečenského rizika jaderných elektráren s lehkovodními reaktory, které dosáhly v osmdesátých letech 20. století průmyslovou zralost.
- v blízké budoucnosti **téměř bezodpadová** a využívající použité jaderné palivo jako druhotnou surovinu a minimalizující odpady pro konečné uložení
- s ohledem na zásoby uranu **perspektivní** a dlouhodobě využitelná.

Současná uhlíková daň 30 USD na tunu navíc ke zhruba 40 – 60 USD za tunu fosilního paliva zvýší poměrné náklady na vyrobenou elektřinu o 10 až 20 %. Uhlíková daň evidentně vůbec neovlivní výrobní náklady z jaderných, vodních a většiny obnovitelných zdrojů.

IV. Vize české elektroenergetiky

Svět energie se ve 21. století změní

Očekávané vyčerpání ropy a zemního plynu již v průběhu 21. století, růst světové populace i nároků jednotlivců na celém světě na energii, prohlubující se závislost soudobé civilizace na spolehlivé dodávce energie, ohrožení biosféry, na kterém se energetické hospodářství včetně dopravy výrazně podílí a nerovnoměrnost zdrojů i spotřeby paliv vytvářejí rámec, ve kterém se bude rozvíjet česká elektroenergetika v první polovině 21. století. Z něj vychází **Státní energetická koncepce České republiky** jako vize dlouhodobé spolehlivé dodávky energie. Základními prioritami dokumentu jsou:

- největší dosažitelná nezávislost na cizích zdrojích energie, na zdrojích energie z rizikových oblastí a nespolehlivých zdrojů,
- bezpečnost zdrojů energie,
- udržitelný rozvoj zejména z hlediska ochrany životního prostředí i ekonomického a sociálního rozvoje.

Důraz kladený na nezávislost na dovážených zdrojích vyústil v přijetí varianty opírající se o jaderné palivo, domácí uhlí a přiměřený rozvoj obnovitelných zdrojů.

Proč je právě energii věnována tak významná pozornost?

Energii je věnována mimořádná pozornost vzhledem ke třem specifickým vlastnostem:

- I krátkodobý nedostatek energie zcela ochromí prakticky všechny obory lidské činnosti.
- Energii nelze skladovat ve významném množství. Zásobníky ohromných množství zemního plynu a ropy jsou v porovnání s roční spotřebou malé a mohou působit jen jako nárazník proti změnám dodávek a cen. Výjimkou je jaderné palivo, jehož zásoby lze vytvořit na dobu mnoha let.
- Vytvoření rovnováhy mezi výrobou a spotřebou nelze dosáhnout pouze uplatněním tržních principů zejména proto, že tržní principy působí v podstatně kratších intervalech než jsou doby výstavby a změn v provozu velkých energetických zařízení.

Již v současné době rostoucí ceny ropy prokázaly, že konkurenceschopnost průmyslu, životaschopnost a úroveň společnosti je stále více ohrožována rizikem ztráty spolehlivých dodávek přiměřeně levné energie.

Cena energie má ještě jednu dimenzi (jak poznaly a respektují USA) a tou je **národní účet za energii** jako faktor ovlivňující konkurenceschopnost průmyslu a sociální stabilitu.

Široká shoda s energetickou koncepcí je nezbytná

Občané České republiky nemají významné zkušenosti s přerušením dodávky energie, několikahodinové poruchy jsou spíše následkem živelných událostí. Proto bude obtížné eliminovat představu, že spolehlivá dodávka sekundárních zdrojů energie (elektřiny, tepla, paliva pro mobilitu) je přirozeným právem občana. Proto bude také velmi obtížné přijmout text státní energetické koncepce v pojetí "National Energy Policy USA", která **nepřipouští uplatňování falešných rozporů mezi zastánci energetiky a ochránci životního prostředí** a jako podmínku úspěšné aplikovatelnosti předpokládá **dosažení souladu obou politických stran** (v našem politickém prostředí dosažení konsensu ve spektru významných stran). Jen tak lze překonat diskontinuity a nestability spojené se střídáním vlád, ke kterému dochází v podstatně kratších intervalech, než se uskutečňují strukturální změny a změny v řízení energetického hospodářství.

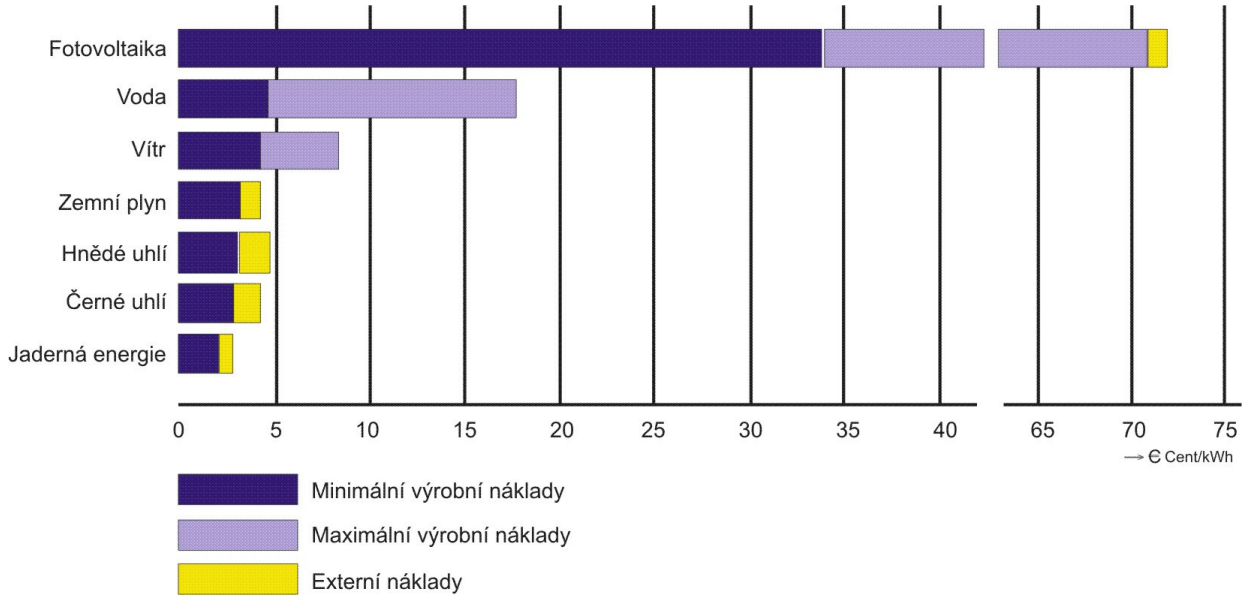
Každý obyvatel naší republiky je existenčně závislý na dodávce energie. Energii nelze ničím nahradit, energie není komoditou běžného typu. Přesto se vytvořila situace, ve které obce ani občané nesouhlasí s výstavbou žádného energetického zařízení v bezprostředním i vzdáleném okolí. Výstavba elektráren spalujících fosilní nebo jaderná paliva, skladů odpadu, větrných nebo vodních elektráren bude zřejmě narážet na tvrdý odpor. Proto je nezbytné vytvářet situaci, která by přispěla k přijatelnosti výstavby energetických staveb. Její součástí bude i finanční zainteresovanost těch obcí, které s takovými stavbami vysloví souhlas.

Energetika nejen nemá jednoduché a dlouhodobé řešení, ale je až dosud zahalena do účelově vytvářených polopravd a mystifikací. Obnovitelné zdroje jsou prohlašovány za přijatelné, fosilní a jaderné za nebezpečné. Jen věcná a číselně doložená informace se může stát podkladem pro politická jednání, zdrojem poznání široké veřejnosti i pozváním k věcné diskuzi podložené fakty. Takový podklad ale nebyl až dosud vytvořen.

Nedostatek přiměřených informací je faktorem, který vyvolává obavy veřejnosti. Nedávné rozsáhlé průzkumy veřejného mínění prováděné v EU ukázaly, že jen asi 20 % obyvatel se cítí být dobře informováno o skutečnostech spojených s využitím jaderné energie. Občané ani nemají zájem poznat podstatu problému a to ani na vlastní úrovni vzdělanosti přesto, že jaderný průmysl ve svých informačních střediscích tuto možnost bohatě poskytuje a vynakládá na ni nemalé prostředky. Výsledkem jsou nepodložené protesty a prostor pro média, která ale z komerčních důvodů preferují pohledy vyvolávající emoce a honbu za sensacemi, aniž by akcentovaly nutnost poznání problému na úrovni soudobé vědy, techniky, společenské přijatelnosti a politických aspektů, tj. strategických zájmů státu. **Energetické hospodářství se neobejde bez nadstranické vize, která dá prostor vědeckému řešení, demokratickému přístupu informovaných občanů a která významně zamezí volnému působení nevědeckých a účelových skreslování.**

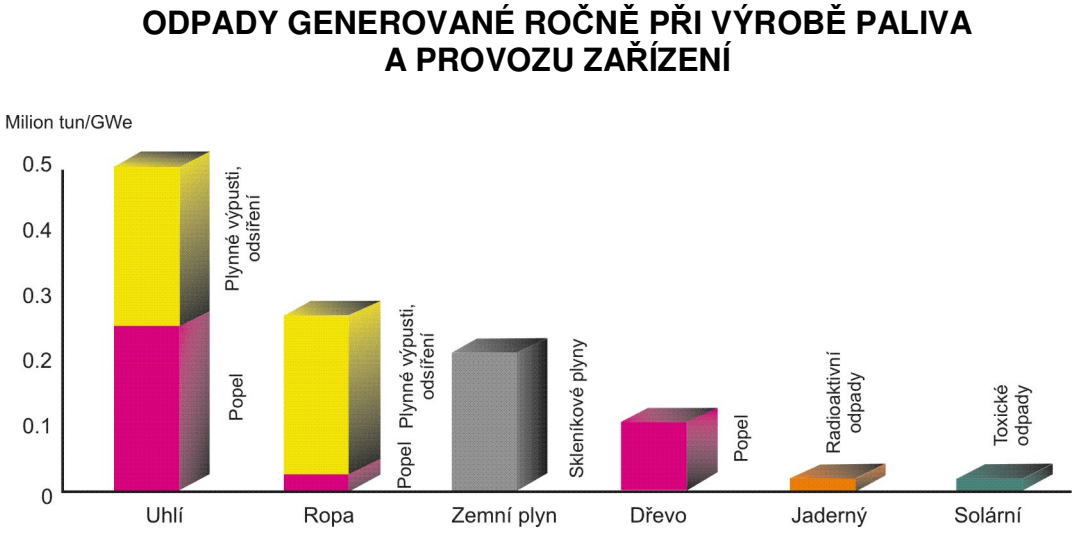
.

Při rozhodování o zdrojích energie jsou v tržní společnosti rozhodující náklady na vyrobenou energii.



Obr. IV.1. *Náklady na elektřinu z různých zdrojů (Zdroj: Universita Stuttgart)*

Dalším údajem, který zasluhuje stále větší míru respektování, je množství a riziko odpadů vznikajících z různých zdrojů energie



Obr. IV.2. *Rozdílné jsou také odpady pocházející z různých zdrojů energie*

Rozdílné je i působení provozu jednotlivých součástí energetického mixu na zdraví populace.

Určení nákladů spojených s poškozením zdraví není jednoduché. Vyžaduje provedení odhadů jak pro zaměstnance, tak pro veřejnost a to pro celý palivový řetězec od získání paliva až k ukončení provozu a to nejen pro lokalitu, ale i regionálně. Kompaktní projekt ExternE Evropské Komise organizovaný ve spolupráci s ministerstvem energetiky USA vyvinul úplnou řetězovou metodologii k vyjádření monetárních hodnot vlivu na zdraví i proměnlivých efektů na výrobní náklady. První výsledky je třeba brát s určitou rezervou, protože ne všechny vlivy na životní prostředí jsou plně kvantifikovatelné a některé výsledky bude ještě nutné přehodnotit. Přesto ale tyto první výsledky potvrzují ekologičnost výroby v jaderných elektrárnách.

Projekt ExternE odhaduje vztahy mezi externími a finančními náklady u různých technologií takto:

	náklady (centy USD/kWh)		
technologie	externí	finanční	celkové
uhlí	2,0	5,0	7,0
ropa	1,6	4,5	6,0
plyn	0,36	3,5	3,9
vítr	0,22	6,0	6,2
voda	0,22	4,5	4,7
jádro	0,04	3,5	3,5

Nesystémové kroky v energetickém hospodářství

Není pochyb o tom, že mnohé dosavadní kroky, uskutečněné v energetice od roku 1990, byly více méně chaotické a poznamenané nedostatkem strategické vize. Příkladem je částečná privatizace ČEZ, a. s., postupná ztráta majority státu v REAS a pozdější obnovování majority v některých REAS. Kořeny rizika takových operací, které v konečném efektu představují ztráty a ne pokrok, mají společného jmenovatele a tím byla chybějící strategická, tj. cílová vize žádoucího stavu, smysluplnost jednotlivých kroků a jejich opodstatnění. Pokud ta chybí, nemá ani státní energetická politika svoje opodstatnění.

Státní energetická koncepce je prakticky prvním krokem směřujícím do vzdálené budoucnosti. Podmínkou pro další postup je legislativní připravenost. Ta ale není hodnocena jako bezchybná ani na úrovni EU a pokud se týče České republiky, nemůžeme být zdaleka optimisty.

Jednotlivé státy EU by měly vypracovat svoji legislativu nejen tak, aby byla v souladu s unijním právem, ale i s dosud neexistující strategickou vizí Evropy a všestranně přijatou vizí národní. Problémem je zejména dosažení a udržení dlouhodobé politické shody a následné schválení odpovídajících vizí, zákonů i podzákonných pravidel, propracování modelu energetiky včetně systémového napojení relevantní legislativy na stávající právní řád.

Energetické hospodářství se neobejde bez nadstranické vize, která dá prostor vědeckému řešení, demokratickému přístupu informovaných občanů a která významně zamezí volnému působení nevědeckých a lobbyistických skreslování.

V současné době začíná být problém spolehlivosti dodávky elektrické energie v České republice časově naléhavý pouze z hlediska přípravy očekávaných změn. V následujících deseti letech bude její výroba zabezpečena z českého uhlí a z českých jaderných elektráren. Ve stejné době je i riziko poruch dodávky zemního plynu a ropy hodnoceno jako přiměřeně nízké. Ani v jaderné energetice nejsou časově dominantní problémy, protože nejvýznamnější problém hlubinného uložení odpadů nevyžaduje bezprostřední řešení.

Vhodný energetický mix je výsledkem složité analýzy. Ta se musí vypracovat i aktualizovat individuálně. Pokud nebude národní energetická strategie vypracována na bázi dlouhodobých politicky akceptovaných kritérií a s vědomím dlouhodobé platnosti přijata, potom ani energetická politika nemůže deklarovat jasnější cíle, kam má česká energetika směřovat a o tom, kudy se má ubírat, tedy jaké primární energetické zdroje budou palivem pro elektrárny stavěné v ČR v první třetině 21. století, jaké technologie hodlá ČR v tomto období využívat ve velkovýrobě elektřiny a jaké vztahy považuje stát za optimální vzhledem k české elektroenergetice i plynárenství. Strategie je rozhodující pro formování modelu energetiky a ten zase pro formulaci konkrétní státní energetické politiky a modelu energetického hospodářství. **Projednání záměrů rozvoje elektroenergetiky na významných úrovních státní správy je nezbytné pro dosažení politických, ekonomických, ekologických a sociálních cílů. Stanovení a plnění časového programu výstavby nových uhelných, plynových, obnovitelných, přečerpacích a jaderných zdrojů elektřiny v ČR je podmínkou hospodářské a politické stability země.**

Prvním prubířským kamenem rozumné shody je dosažení shody při výstavbě skladu jaderného paliva v jaderné elektrárně Temelín. Druhou, v tomto případě již časovanou hrozbou je dožití elektráren spalujících české hnědé uhlí. Retrofit celého výkonového rozsahu všech kapacit těchto zdrojů není přijatelný, rekonstrukce bude zřejmě provedena ve spojení s výstavbou nových bloků. Pro výstavbu nových bloků je potřebné dát budoucímu investorovi záruky, že pro ně bude dostatek hnědého uhlí po dobu životnosti 30 až 50 let. Územní limity nejsou jen rozhodnutím o rozšíření záboru půdy, ale také o stabilitě svahů v

lomové těžbě. České hnědé uhlí může být v horizontu SEK významným spolehlivým zdrojem elektřiny jen za podmínek racionálního hospodaření s uhelnou substancí. Třetím problémem, jehož řešení se neobejde bez poznání strategických souvislostí, je výstavba nových jaderných zdrojů elektřiny.

Kromě těchto dnes již poznaných úskalí čeká na českou, evropskou i světovou energetiku řešení jak dnes poznaných tak dosud tušených i neznámých problémů, které se na cestě za energií zcela jistě vyskytnou.

Je nejvýše nutné jasně formulovat a přijmout dohody a to napříč celou společností, vládami, podnikateli zvláště v energetickém sektoru. Dohodnout se znamená konat bezprostředně, neboť dnešní činy budou levnější než činy budoucí.