

Uhlí vznikalo po dobu delší než 300 milionů let. Nyní se člověk snaží tuto zásobu uhlíku a sluneční energie, postupně akumulovanou po tak dlouhou dobu, uvolnit, energii využít pro uspokojování svých potřeb a oxid uhličitý vznikající spalováním fosilních paliv vrátit tam, kde byl v počátcích této planety. Tím člověk vyvolává velmi rychlé globální oteplování Země. Je možné považovat za přijatelné, aby zásoby fosilních paliv, vznikající po dobu více než 300 milionů let, byly využity za dobu kratší než 200 let, a tím byla ohrožena existence milionů živočišných a rostlinných druhů, včetně člověka samého?

JAROSLAV KADRNOŽKA, 2006

Energetické zdroje na Zemi

Energetická bilance, energetická rovnováha a oteplování Země

Bez energie nemůže docházet k žádnému pohybu¹ a bez pohybu nemůže existovat život. Kdyby na Zemi nebyl dostatek energie, veškerý pohyb by ustal a život by zanikl. Pro život na Zemi je proto nezbytný dostatek energie. Z hlediska vlastních zdrojů energie je Země velmi chudá. Jediným vlastním energetickým zdrojem Země je energie jaderná, ale k jejímu uvolňování v přírodě dochází jen ve velmi malém rozsahu². Větší uvolnění jaderné energie je možné jen v technických zařízeních vytvořených lidmi.

Zásobování Země energií je dáno především masivním přísunem energie ze Slunce. Tuto energii člověk využívá buď okamžitě, a to jako přímé sluneční záření a v podstatě i jako energii větru, nebo s krátkodobou akumulací, jako je tomu například u vodní energie a biomasy, nebo s dlouhodobou akumulací při využívání fosilních paliv.

Sluneční energie vzniká na základě jaderných procesů při syntéze jader lehkých prvků, za velmi vysokých teplot a tlaků. Rovněž geotermální energie má původ v jaderných reakcích v jádru, případně i v pláští a v kůře Země. V tomto případě však jde o radioaktivní rozpad izotopů uranu, thoria a draslíku, jak bylo uvedeno v odkazu výše.

Jedinou energií na Zemi, která nemá jaderný původ, je energie přílivu a odlivu. Tento energetický zdroj je vytvářen rotací Měsíce kolem Země.

Od nástupu průmyslové éry člověk využívá ve velkém rozsahu energie fosilních paliv. Energie v těchto palivech je konzervovaná pradávna sluneční energie. Z oxidu uhličitého, vody a slunečního záření vznikla biomasa, která se při vhodných podmínkách přeměnila ve fosilní paliva, z nichž nejdůležitější je uhlí, ropa a zemní plyn.

Pomineme-li poměrně malé množství energie uvolňované spalováním fosilních paliv³, malý geotermální výkon a velmi malé množství energie přílivu a odlivu, musí být energie dodaná ze Slunce ve formě krátkovlnného záření v rovnováze s energií vysálanou Zemí do kosmického prostoru ve formě dlouhovln-

- 1) Pod pojmem pohyb zde není míněn pohyb jen v mechanickém smyslu, ale pohyb ve smyslu jakékoliv změny, například proudění vzduchu, odpařování vody a vznik oblaků.
- 2) Je to uvolňování energie při přirozeném radioaktivním rozpadu některých izotopů prvků, například uranu $^{238}_{92}\text{U}$ a $^{235}_{92}\text{U}$, thoria $^{232}_{90}\text{Th}$ a draslíku $^{40}_{19}\text{K}$.
- 3) Podle tabulky 9.1 je tepelný výkon uvolňovaný ze všech primárních energetických zdrojů o 4 až 5 řádů menší než tepelný výkon dodávaný ze Slunce na Zemi. Rozhodující množství energie je dosud získáváno spalováním fosilních paliv, takže uvedená relace platí i pro poměr tepelného výkonu dodávaného na Zemi ze Slunce a tepelným výkonem uvolňovaným spalováním fosilních paliv.

ného tepelného záření. Jinak by došlo k energetické nerovnováze a ke zvyšování nebo snižování teploty Země. Taková vyrovnaná energetická bilance na Zemi také dosud vždy v podstatě byla, a proto průměrná globální teplota Země kolísala jen ve velmi úzkém pásmu⁴ a k teplotním změnám docházelo velmi pomalu, v průběhu statisíců až stovek milionů let⁵.

Po nástupu průmyslové éry začali lidé těžit a spalovat fosilní paliva. Zpočátku v malém rozsahu, ale postupně intenzita těžby a spalování fosilních paliv stoukala a v posledních desetiletích dosáhla ohromného rozsahu. Intenzita uvolňování energie spalováním fosilních paliv je přesto v porovnání s energií dodávanou na Zemi ze Slunce nepatrná, takže energetická bilance Země se téměř nezměnila. Spalováním uhlíku ve fosilních palivech však vzniká oxid uhličitý, který se hromadí v ovzduší a ztěžuje propustnost atmosféry pro dlouhovlnné tepelné záření, působí jako sklo u pozemského skleníku. Obdobný účinek mají i další plyny, jako jsou metan, oxid dusný a další, které proto také patří mezi skleníkové plyny. Dosud má však hlavní podíl na takzvaném skleníkovém efektu oxid uhličitý.

Skleníkové plyny vytvářejí v atmosféře Země jakousi tepelně izolační vrstvu, jakýsi tepelný odpor, a proto pro vysílání stejného tepelného výkonu do kosmického prostoru, jaký Země přijala ze Slunce, je nezbytná vyšší teplota zemského povrchu. To je příčina globálního oteplování planety, ke kterému dochází v posledním století a zejména v posledních letech. *A oteplování Země bude pokračovat i nadále s nedozírnými následky pro život na Zemi i pro člověka, pokud lidé nepřijmou velmi rychle razantní opatření pro zmenšení spotřeby energie a nedojde k zásadním změnám při opatřování energie.*

Sluneční energie

Životadárným zdrojem rozhodujícího množství energie na Zemi je Slunce⁶. Zdrojem sluneční energie je sluneční jádro. Termonukleární reakcí⁷ v jádru Slunce je uvolněná energie do zářivé zóny transportována na základě konvektivních procesů a ze zářivé zóny je transportována do kosmického prostoru radiací (sáláním).

Paradoxně, čím více energie Slunce vydalo, a tedy čím více vodíku bylo přeměněno na helium, tím vyšší je teplota Slunce. Jednou teplota Slunce dosáhne takové výše, že dojde k výbuchu a zhroucení Slunce. Slunce jako hvězda zanikne.

-
- 4) V první polovině života Země v pásmu od 5 do 25 °C a později dokonce jen v pásmu širokém 6 až 10 °C, což je rozdíl průměrné globální teploty Země v interglaciálním, teplém meziledovém období a v glaciálním období, v době ledové.
 - 5) K rychlejším změnám teploty docházelo jen zcela výjimečně, například při dopadu velkých kosmických těles na Zemi.
 - 6) V porovnání se Zemí je Slunce velmi velké. Jeho průměr je 1 392 000 km, čili 109 průměrů Země. Hmotnost Slunce je rovněž ohromná a představuje $1,99 \cdot 10^{30}$ kg. To je 99,9 procent hmotnosti celé Sluneční soustavy. Průměrná hustota Slunce činí asi 25 procent průměrné hustoty Země, ale v jádru Slunce je hustota 15krát větší, než je hustota vody. Slunce se skládá asi z 73,5 procenta vodíku, asi 24,9 procenta helia a zbytek ve výši 1,6 procenta tvoří kyslík, uhlík, železo, dusík a malé množství dalších prvků. Gravitace na povrchu Slunce je 28krát větší než zemská gravitace. Zářivý výkon Slunce je pro pozemské lidské poměry nepředstavitelný, činí $3,85 \cdot 10^{26}$ W = 385 trilionů MW. Pro srovnání tepelný výkon Jaderné elektrárny Temelín, což je výkon uvolňovaný štěpnou reakcí v jaderných reaktorech, je asi 6 000 MW a elektrický výkon činí 2 000 MW. Zářivý výkon Slunce tedy odpovídá tepelnému výkonu $64,2 \cdot 10^{15}$ = 64,2 tisíc bilionů jaderných elektráren typu Temelín.
 - 7) Sluneční energie vzniká na základě jaderných procesů při syntéze jader vodíku na jádra helia za vysokých teplot a tlaků v jádře Slunce, jak je uvedeno v 1. kapitole. Slunce je vlastně převážně vodíková koule s centrálním jaderným reaktorem pracujícím na principu syntézy při ohromných tlacích daných velkou hmotností Slunce a při teplotách asi 15 milionů stupňů a při výše uvedené hustotě.

Při jedné termonukleární reakci se spotřebují čtyři jádra atomu vodíku (čtyři protony o hmotnosti $4,1,672\ 623 \cdot 10^{-27}$ = $6,690\ 492 \cdot 10^{-27}$ kg), dojde k hmotnostnímu deficitu $4,765\ 228 \cdot 10^{-29}$ kg a k uvolnění energie $4,282\ 989 \cdot 10^{-12}$ J.

Ačkoliv se ve středu Slunce každou sekundu přemění na energii asi 4,28 miliardy tun hmoty⁸, má naše hvězda – Slunce takové obrovské rozměry, že dokáže tímto způsobem vyrábět energii ještě asi 7,5 miliardy let⁹. A ani potom nebudou energetické zásoby Slunce zcela vyčerpány, jak je uvedeno v předchozí poznámce pod čarou a podrobněji v subkapitole „Změna klimatu neznamená zánik Země...“.

Jak bylo uvedeno, sálavý výkon Slunce je asi $3,85 \cdot 10^{26}$ W. Tepelný tok dodávaný Sluncem na Zemi je jen nepatrnou částí celkového sálavého výkonu Slunce, a to činí $1,75 \cdot 10^{17}$ W, což je jen asi 0,45 miliardtiny sálavého výkonu Slunce. Asi 30 procent sluneční energie se rozptýlí na molekulách vzduchu, odrazí od oblaků, hladin oceánů a od zemského povrchu. Asi 70 procent sluneční energie dopadá na zemský povrch, takže příkon energie ze Slunce na zemském povrchu je asi $Q_{SZ} = 1,23 \cdot 10^{17}$ W. Jak je patrné z tabulky 9.1, je tento energetický příkon o několik řádů větší, než odpovídá průměrnému příkonu danému spotřebou všech primárních energetických zdrojů na Zemi.

Tabulka 9.1 Srovnání roční spotřeby energie z primárních energetických zdrojů (PEZ), z toho vyplývajícího průměrného ročního příkonu z PEZ a porovnání průměrného příkonu z PEZ a příkonu sluneční energie na zemském povrchu ($Q_{SZ} = 1,23 \cdot 10^{17}$ W), spotřeba PEZ podle WEC 2000

Spotřeba PEZ v roce (Gt_{oe}/rok)		Spotřeba energie z PEZ (J/rok)	Průměrný příkon z PEZ \dot{Q}_{PEZ} (W)	$\frac{\dot{Q}_{PEZ}}{\dot{Q}_{SZ}}$
1990	9	$378 \cdot 10^{18}$	$1,2 \cdot 10^{13}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$
2100	min.	$882 \cdot 10^{18}$	$2,8 \cdot 10^{13}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$
	max.	$1890 \cdot 10^{18}$	$6,0 \cdot 10^{13}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$

Fosilní paliva

Fosilní paliva představují vlastně rovněž sluneční energii, ale jde o energii dodanou na Zemi před 22 až 350 milióny let a konzervovanou ve formě uhlí, ropy a zemního plynu. Tradiční periodické zprávy WEC¹⁰ se vždy vyznačovaly bilancováním zásob fosilních paliv na Zemi podle druhů, lokalizace a klasifikace, jež zpravidla zásoby rozdělovala na zásoby těžitelné, zásoby jisté a ověřené, zásoby předpokládané pro ověření v kratším a vzdálenějším období. Porovnáváním současné a předpokládané budoucí spotřeby těchto paliv se zásobami byly prováděny odhady životnosti zásob fosilních paliv.

Úbytku hmotnosti Slunce o 1 kg odpovídá spotřeba vodíku 140,7 kg. Rychlost spotřebovávání vodíku daná zářivým výkonem Slunce je tedy $6,02 \cdot 10^{11}$ kg/s a za předpokládanou dobu života Slunce se ho při konstantní rychlosti termonukleárních reakcí spotřebuje $2,278 \cdot 10^{29}$ kg, což činí 11,4 procenta hmotnosti Slunce a 14,7 procenta z počátečního množství vodíku. Jestliže současný poměr hmotnosti vodíku a helia na Slunci podle výše uvedeného složení je 2,951, pak počáteční byl 3,771 a na konci předpokládaného života Slunce (12 miliard let od počátku života) bude 2,068. Na počátku života Slunce byl (pro neměnné množství minoritních prvků) podíl vodíku 77,8 procenta a helia 20,6 procenta a po 12 miliardách let bude podíl vodíku 66,4 procenta a podíl helia 32,0 procent.

- 8) Zářivý výkon Slunce je asi $3,85 \cdot 10^{26}$ W a tomuto tepelnému výkonu odpovídá podle výše uvedené poznámky pod čarou rychlost úbytku hmotnosti Slunce o $4,28 \cdot 10^{12}$ kg/s = 4,28 miliard tun za sekundu.
- 9) Celková délka života Slunce se předpokládá o něco více než 12 miliard let. Po zhruba dvanácti miliardách let vyzařování energie vznikající termonukleární transformací vodíku na helium a postupného zvyšování objemu a tepelného výkonu se Slunce přemění v červeného obra a po více než 12 miliardách let života, během nichž bude značná část vodíku přeměněna na helium, dojde k reakci označované 3α , jejímž důsledkem bude výbuch, který vyvrhne většinu hmoty Slunce do kosmického prostoru (podrobněji viz 17. kapitola).
- 10) WEC – World Energy Council.



Foto 9.1 Povrchový uhelný důl (foto Jaroslav Česnek)

Od konce minulého století WEC již takové bilance neprovádí, a to je zcela v souladu s názorem autora a s celým zaměřením této knihy, podle kterého *zásoby fosilních paliv nelze vyčerpát, protože jejich těžba a spálení v relativně krátkém časovém intervalu dvě sta až tři sta let by vyvolalo takové změny na Zemi, které by s největší pravděpodobností mnoho rostlinných a živočišných druhů, a mezi nimi člověk, nepřežilo.* Uvádění zásob fosilních paliv na Zemi proto nemá smysl.

Nověji WEC zpracovává scénáře růstu celkové energetické spotřeby na základě předpokládaného rozvoje ekonomiky a snižování energetické náročnosti ekonomiky a krytí těchto energetických potřeb jednotlivými primárními energetickými zdroji. Takový scénář byl vydán WEC v roce 1993 a další v roce 2000. Hlavní charakteristiky scénářů WEC 1993 jsou uvedeny v tabulce 9.2 a hlavní charakteristiky scénářů WEC 2000 jsou uvedeny v tabulkách 7.1 a 7.2.

Tabulka 9.2 Některé charakteristiky scénářů WEC 1993 pro rok 2050 a pro rok 2100, rozšířeno a doplněno autorem

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

11) PEZ – primární energetické zdroje.

Tabulka 9.3 Skladba spotřeby primárních zdrojů (PEZ) v procentech v České republice a v Evropské unii

Druh PEZ	Česká republika		Evropská unie
	rok 2000	rok 2005	rok 2001
hnědé uhlí	37	30	15 ¹²
černé uhlí	18	15	
ropa	16	16	41
zemní plyn	19	20	22
jaderná energie	8	16	15
obnovitelné zdroje	1,9	3	7
odpady	0,1	-	-
Celkem	100,0	100	100

Ze srovnání tabulky 9.2 a tabulky 7.1 vyplývá překvapivý závěr: novější prognóza WEC 2000 předpokládá větší podíl fosilních zdrojů. Je to dáno jednak menším podílem obnovitelných zdrojů, jak bylo možné předpokládat po značném rozčarování a vystrážlivění z přehnaných očekávání od obnovitelných zdrojů, ale překvapivě i snížením podílu jaderné energie. Ve scénářích WEC 1993 byl pro rok 2050 předpokládán podíl nových obnovitelných zdrojů od 14 do 20 procent. Ve scénářích WEC 2000 se pro rok 2050 uvádí podíl obnovitelných zdrojů od 22 do 37 procent, ale jedná se o veškeré obnovitelné zdroje, nikoliv jen nové obnovitelné zdroje. Subscénáře A2 a C1 prognózy WEC 2000 naopak předpokládají podíl jaderné energie jen třetinový až poloviční v porovnání se starším scénářem.

Pro srovnání je vhodné doplnit, že v roce 1950 kryla fosilní paliva 98,2 procent všech energetických potřeb tehdejšího Československa. Z toho 60,5 procenta krylo uhlí, 27,5 procenta pokrývala kovaná paliva a 10,2 procenta bylo kryto plynými palivy. Jen 1,8 procenta celkových energetických potřeb kryla tak zvaná primární elektřina – elektřina z vodních elektráren. Skladba primárních energetických zdrojů v České republice a v Evropské unii v poslední době je uvedena na tabulce 9.3. Z této tabulky je vidět, že nejdůležitějším energetickým zdrojem v České republice zůstává tuzemské uhlí, i když se jeho podíl za posledních padesát let podstatně snížil. V porovnání s Evropskou unií je podíl uhlí v České republice trojnásobný. Naproti tomu podíl ropy je v České republice asi 2,5krát menší než v původní Evropské unii (EU 15). Vzhledem k tomu, že současná celosvětová těžba ropy je v blízkosti svého vrcholu, a proto lze do budoucna očekávat snižování její těžby a dostupnosti na světových trzích, což povede k citelnému zvyšování její ceny, je možné oprávněně očekávat, že podíl ropy v české palivo-energetické bilanci bude klesat. V souhrnu je současný téměř 80procentní podíl fosilních paliv ze všech primárních energetických zdrojů v České republice dosud zcela dominantní, ale je jen nepatrně vyšší než v původní Evropské unii. Proto nejen před Českou republikou, ale i před Evropskou unií, stojí velmi závažný a obtížný úkol – zásadně zmenšit podíl fosilních paliv.

Pokud nebudou v České republice politicky prolomeny dohodnuté limity těžby uhlí v severních Čechách, bude podíl uhlí na celkové energetické bilanci postupně poměrně rychle klesat. Lze očekávat nárůst spotřeby zemního plynu, jaderné energie¹³ a obnovitelných zdrojů energie.

Jaderná energie

V dřívějších scénářích WEC byly tradičně uváděny též zásoby jaderných paliv s příslušnou lokalizací a klasifikací nejen z hlediska úrovně ověření zásob, ale i z hlediska těžebních nákladů. V novějších prognó-

12) Uhlí celkem.

13) Bohužel podle koaličních dohod uzavřených při formování vlády v roce 2006 nemá být v České republice jaderná energetika dále rozvíjena. To je v příkrém rozporu se světovým vývojem (Kadmožka, 2007b).

zách se rozsah zásob a očekávatelná životnost jaderných energetických zdrojů neuvádí. Je to však z jiných důvodů než u fosilních paliv.

U jaderných energetických zdrojů není důvodem ovlivňování životního prostředí, nýbrž podstatně menší spotřeba, než bylo dříve očekáváno, v důsledku podstatně pomalejšího rozvoje jaderné energetiky. Tato okolnost byla rovněž důvodem, proč se dosud neprosadily jaderné elektrárny s rychlými reaktory, které by byly schopné využívat uran $^{235}_{92}\text{U}$, jenž tvoří rozhodující část přírodního uranu. I když dnešní jaderné elektrárny s pomalými (tepelnými) neutrony využívají jen uran $^{235}_{92}\text{U}$, kterého je v přírodním uranu pouze 0,712 procenta, je nabídka uranu taková, že těžba se uplatňuje jen v technicky a ekonomicky nejvýhodnějších podmínkách. Přesto jsou ve 13. kapitole uvedeny odhadované zásoby uranu podle těžebních oblastí lišících se bohatostí rudných žil.



Foto 9.2 a 9.3 Uranový důl – Jáma Svornost (foto Karel Škvor)

Přírodní uran je v zemské kůře zastoupen velmi hojně, ale v ještě větším množství se v zemské kůře vyskytuje další jaderný energetický zdroj – thorium.

Takzvané vyhořelé palivo z dnešních jaderných elektráren není z energetického hlediska odpad, ale velice cenná energetická surovina. Tento „odpad“ obsahuje v převážné míře uran $^{238}_{92}\text{U}$, dále asi 1 procento uranu $^{235}_{92}\text{U}$, plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$ a jeho další izotopy v celkovém množství asi 1 procento a dále je „znečištěno“ štěpnými produkty. Tato energetická surovina může být využita buď po přepracování, při kterém jsou odděleny štěpné produkty, nebo v nových typech jaderných elektráren s urychlovači.

Pro dnešní jaderné elektrárny s lehkovodními reaktory se přírodní uran obohacuje tak, aby podíl uranu $^{235}_{92}\text{U}$ byl 3 až 5 procent a zbytek, ochuzený uran, jímž je téměř čistý uran $^{238}_{92}\text{U}$, se ukládá a nebo se dokonce hledají jiné, neenergetické způsoby jeho využití.

Je překvapivé, že WEC 2000 věnuje poměrně velkou pozornost emisím uhlíku ve formě oxidu uhličitého a růstu koncentrace tohoto skleníkového plynu v ovzduší, a přitom v porovnání s WEC 1993 tak razantně snižuje prognózy podílu jaderné energie. Rozhodně pro to neexistují technické důvody, jak je ukázáno ve 14. kapitole. Navíc náklady na elektrickou energii vyráběnou v dnešních jaderných elektrárnách jsou nižší než ve většině elektráren na fosilní paliva. Ve světě dochází k rychlé renesanci jaderné energetiky, a proto lze očekávat, že příští prognóza WEC bude předpokládat podstatně větší podíl jaderné energie, především na úkor energie z fosilních paliv.

Kromě snížení emisí skleníkových plynů dosud produkovaných při výrobě elektřiny z fosilních paliv může jaderná energetika zajistit další dva významné ekologické přínosy. Prvním je výroba vodíku ve velkém množství, která zajistí náhradu ropných produktů v dopravě a později i náhradu zemního plynu přechodně využívaného v dopravě a také pro vytápění. Druhým významný ekologickým přínosem je cesta k řešení problému nedostatku pitné vody pro obyvatelstvo a později snad i pro zavlažování zemědělských ploch.

Černobylský komplex je bohužel stále velmi silně využíván (nebo spíše zneužíván?) zastánci fosilní energetiky pro prosazování jejich zájmů, ačkoliv již i přední představitelé hnutí Greenpeace a dalších ekologických hnutí zásadně přehodnotili svůj původně odmítavý vztah k jaderné energetice, jak je uvedeno ve 14. kapitole. V dalších kapitolách se proto autor pokouší dokázat, že právě jaderná energie je nejdůležitější nástroj pro řešení problému globálního oteplování Země. Proto i v České republice by měla být co nejdříve zahájena příprava další jaderné elektrárny¹⁴ (Kadrnožka, 2007b).

Obnovitelné zdroje energie

Do obnovitelných zdrojů energie je zahrnována vodní energie, energie větru, sluneční energie, energie mořských vln, energie přílivu a odlivu a geotermální energie¹⁵. V poslední době se často používá pojem „nové obnovitelné zdroje energie“, aniž by byl tento pojem náležitě definován. Za klasické využívání obnovitelných zdrojů energie je možné považovat využívání biomasy vzniklé v přírodě bez bližšího určení pro energetické účely¹⁶, využívání odpadů z dřevozpracujícího průmyslu a využívání hydraulického potenciálu ve velkých vodních elektrárnách. Tyto energetické zdroje tedy do nových energetických zdrojů nepatří.

Mezi nové energetické zdroje nepochybně patří biomasa uměle pěstovaná pro energetické účely. S jistou dávkou tolerance je možné do nových energetických zdrojů zařadit i biomasu získanou jako odpady při údržbě lesů, sadů. Dříve se totiž odpady z lesa a sadů zpravidla ponechávaly k rozložení přirozeným způsobem – hnitím. Nepochybně mezi nové energetické zdroje patří využívání energie větru pro výrobu elektrické energie, ačkoliv i dříve byla energie větru využívána, především u větrných mlýnů, ale i k pohonu lodí. Obdobně je možno mezi nové obnovitelné zdroje zařadit sluneční energii spotřebovanou při výrobě elektrické energie, při vytápění objektů a při ohřívání vody, protože i sluneční energie byla dříve využívána jen velmi omezeně, především k sušení. Méně problematické je zařazení do nových energetických zdrojů energie vln, energie přílivu a odlivu a geotermální energie¹⁷.

14) Po větší část první dekády v 21. století měla Česká republika poměrně velký přebytek výkonu instalovaného v elektrárnách v porovnání s potřebným odběrem. To bylo využíváno pro dosti velký export elektřiny, a často za velmi dobrých ekonomických podmínek, při nedostatku výkonu v elektrárnách v jiných evropských zemích. Spotřeba elektřiny však rychle stoupá a přebytek výkonu se může rychle změnit na nedostatek výkonu v elektrizační soustavě. Minulá ekonomická výhoda plynoucí z cenově výhodného exportu elektřiny se může změnit na ekonomickou nevýhodu v důsledku nezbytného nákupu drahé elektřiny v zahraničí. Cena elektřiny již stoupá, a bude stoupat z mnoha důvodů, ale též proto, že se již nyní na evropském i světovém trhu projevuje nedostatek elektřiny. Vzniklou výkonovou disproporcí nelze vyřešit rychle, protože pro vybudování jaderné elektrárny od prvního rozhodnutí o výstavbě až po uvedení do provozu je stále zapotřebí 10 až 15 roků.

15) Podle Zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře a využívání obnovitelných zdrojů se obnovitelnými zdroji rozumí obnovitelné nefosilní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu. Biomasou se dále podle tohoto zákona rozumí rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků z provozování zemědělství a hospodaření v lesích a v souvisejících průmyslových odvětvích, zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a rovněž biologicky rozložitelná část vytržitého průmyslového a komunálního odpadu.

16) Část biomasy vypěstované v člověkem založených a ošetřovaných lesích slouží ke spálení pro získání tepla (větvě, kořeny atd.). Dílčím cílem pěstování lesa byly tedy též energetické důvody.

17) Podle Zákona č. 180 Sb. energie půdy.

Zpráva IIASA¹⁸ z roku 1995 konstatovala, že obnovitelné zdroje by v roce 2050 mohly pokrývat jednu pětinu až jednu třetinu celkové spotřeby energie. Zpráva však současně dodávala, že by to bylo za cenu podstatného zdražení energie.



Foto 9.4 Niagarské vodopády (foto Leonard Hobst)

Zkušenosti s uplatňováním obnovitelných zdrojů energie v uplynulých patnácti letech ukázaly, že větší využívání obnovitelných zdrojů energie je možné, ale využívání některých obnovitelných zdrojů energie má také řadu negativních důsledků a získaná energie je značně drahá. Prozatím ne příliš dobré zkušenosti byly získány především u větrných elektráren a u fotovoltaických elektráren. Lepšími technickými, ekonomickými a ekologickými parametry se vyznačují malé vodní elektrárny. To není překvapující, protože vodní elektrárny lze již označit za klasické elektrárny. Hydraulický potenciál světa je vyčerpán jen asi z 36 procent, ale ve většině průmyslově vyspělých zemích je vodní energetický potenciál již více či méně vyčerpán a disponibilní potenciál se nachází zpravidla v obtížně dosažitelných lokalitách a nejčastěji mimo těžiště spotřeby energie.



Foto 9.5 Větrná energie se využívala i v minulosti (foto archiv autora)

18) IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis.

V některých oblastech představují obnovitelné zdroje podstatný podíl v celkových energetických bilancích. Například v Brazílii činí podíl vodní energie a energetického využívání biomasy asi 60 procent ze všech primárních energetických zdrojů. V Latinské Americe a v Karibiku tvoří tyto obnovitelné zdroje energie 34 procent všech primárních energetických zdrojů.



Foto 9.6 Geotermální energie – Gejzír (Island) (foto Leonard Hobst)

Globální technický a teoretický potenciál obnovitelných zdrojů energie je uveden v tabulce 9.4 a předpokládaný příspěvek nových obnovitelných zdrojů energie v roce 2020 podle WEC 2000 je uveden v tabulce 9.5. V tabulce 9.5 je též uvedeno množství energie získatelné z nových obnovitelných zdrojů a jejich struktura podle scénáře WEC 2000 v roce 2020.

V Evropské unii byla vydána s platností od 1. září 2001 směrnice k podpoře využívání obnovitelných zdrojů energie¹⁹. Podle této směrnice každý členský stát stanovuje kvantitativní cíle výroby elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů do roku 2010. Česká republika dohodla v přístupových jednáních s Evropskou unií osmiprocentní podíl obnovitelných zdrojů energie na výrobě elektřiny a šestiprocentní podíl obnovitelných zdrojů energie na výrobě tepla.

Další podrobnosti o rozsahu a o technických možnostech využívání obnovitelných zdrojů energie jsou uvedeny v 13. kapitole.

Tabulka 9.4 Globální technický a teoretický světový potenciál obnovitelných zdrojů energie (EJ²⁰/rok), podle Vesmír 84, červen 2005

Zdroj OZE	Nynější využití	Technický potenciál	Teoretický potenciál
vodní	10	50	150
biomasa	50	více než 250	2 900
sluneční	0,2	více než 1 600	3 900 000
větrná	0,2	800	6 000
geotermální	2	5 000	140 milionů
energie moří	-	-	7 400

19) Směrnice Evropského parlamentu a Rady číslo 2001/77/EC o podpoře výroby elektřiny a tepla z obnovitelných zdrojů (Directive EC, 2001), na niž navazuje český zákon čís. 180/2005 Sb.

20) EJ (exajoule) = 1.10^{18} J = 1.10^9 GJ.

Tabulka 9.5 Předpokládaný příspěvek nových obnovitelných zdrojů energie (OZE) v roce 2020 podle WEC 2000

Druh OZE	Minimum		Maximum	
	Mt _{oe} ²¹	%	Mt _{oe}	%
biomasa	243	45	561	42
solární energie	109	20	355	26
jiné (vítr, geotermální, malé vodní elektrárny)	187	35	429	32
Celkem	539	100	1345	100
Podíl ze všech PEZ (%)	3 až 4		8 až 12	

Užití primárních energetických zdrojů

Spotřeba energie na Zemi je veřejností nejčastěji spojována především s elektrickou energií. V ekonomicky a průmyslově vyspělých zemích středního zeměpisného pásma, které spotřebovávají rozhodující část primárních energetických zdrojů, je na výrobu elektrické energie spotřebována jen zhruba čtvrtina všech primárních energetických zdrojů. Přibližně polovina primárních energetických zdrojů je spotřebována na výrobu tepla, a to z větší části na výrobu nízkopotenciálního tepla (vytápění a ohřívání vody). Poslední čtvrtina primárních energetických zdrojů je spotřebována v dopravě, ale tento podíl stoupá a nyní již dosahuje téměř jedné třetiny všech primárních energetických zdrojů. Je to na úkor spotřeby při výrobě elektřiny, jejíž spotřeba sice roste nejrychleji ze všech konečných energetických druhů, ale účinnost elektráren se v posledních dvaceti až třiceti letech poměrně značně zvýšila. Rovněž podíl spotřeby primárních energetických zdrojů na výrobu tepla se snižuje. K tomu přispívá především podstatně zvýšená hospodárnost při využívání tepla při vytápění i při přípravě teplé užitkové vody. Zmenšování podílu spotřeby paliv na výrobu elektřiny a tepla je ovlivněno též zvětšováním rozsahu kombinované výroby elektřiny a tepla, a v poslední době též kombinovanou výrobou elektřiny, tepla a chladu.

Podíl spotřeby primárních energetických zdrojů v dopravě velmi rychle stoupá i přes zlepšující se měrnou spotřebu vztahenou na jednotku dopravního výkonu²². V dopravě se přitom spotřebovává nejvyšší kvalita fosilního paliva – ropa. Jen velmi pomalu se začíná v dopravě využívat též zemní plyn a biopaliva (bionafta a biolih).

Spotřeba primárních energetických zdrojů podle druhů v jednotlivých částech světa v roce 2002 je uvedena v tabulce 9.6. Je vidět, že zastoupení jednotlivých primárních energetických zdrojů v energetických bilancích v různých částech světa se značně liší. Například Střední východ kryje většinu svých energetických potřeb ropou a zemním plynem, což není překvapivé vzhledem k velkým nalezištím těchto paliv v této oblasti. Největší rozdíly mezi jednotlivými oblastmi jsou v podílu vodní energie a jaderné energie. Spotřeba ropy je poměrně vyrovnaná, ale překvapivě nejmenší podíl ropy má Evropa. Evropa naopak nejvíce využívá jadernou energii. Z tabulky 9.6 vyplývá téměř zdrcující zjištění: v roce 2002 kryla fosilní paliva 87 procent všech světových energetických potřeb.

21) 1 t_{oe} (olejového ekvivalentu) = 42 GJ, $1 \text{ Mt}_{\text{oe}} = 1.10^6 \text{ t}_{\text{oe}} = 42.10^6 \text{ GJ} = 42.10^{15} \text{ J}$.

22) Osobokilometr, tunokilometr.